TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC

KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

HÀ NỘI 14 - 11 - 2024

ERSD 2024



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

ĐƠN VỊ TỔ CHỨC

Trường Đại học Mỏ - Địa chất (HUMG)

CÁC ĐƠN VỊ PHỐI HỢP TỔ CHỨC

Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam
Tổng hội Địa chất Việt Nam
Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam
Cục Bản đồ - Bộ Tổng tham mưu
Hội Cơ học Đá Việt Nam
Hội Công trình ngầm Việt Nam
Hội Dầu khí Việt Nam
Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam
Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam
Hội Địa chất Kinh tế Việt Nam
Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam
Hội Khoa học Kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam
Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam
Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam
Viện Khoa học Công nghệ Mỏ

BAN TỔ CHỨC

Trưởng ban

GS.TS Trần Thanh Hải, *Trường Đại học Mỏ Địa - chất*

Phó Trưởng ban

PGS.TS Triệu Hùng Trường, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Ủy viên

GS.TS Võ Chí Mỹ, *Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam*
GS.TS Bùi Xuân Nam, *Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam*
GS.TS Nguyễn Quang Phích, *Hội Công trình ngầm Việt Nam*
GS.TS Đỗ Như Tráng, *Hội Cơ học Đá Việt Nam*
PGS.TS Đỗ Ngọc Anh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS Lê Hồng Anh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS. TS Đỗ Văn Bình, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS Phạm Văn Hòa, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS Nguyễn Văn Lâm, *Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam*
PGS.TS Khổng Cao Phong, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS Nguyễn Xuân Thảo, *Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam*
PGS.TS Đặng Trung Thành, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS Tạ Đức Thịnh, *Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam*
PGS.TS Lê Đức Tình, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS Nguyễn Như Trung, *Hội Khoa học kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam*
PGS.TS Nguyễn Thế Vinh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Trần Thị Phúc An, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Công Tiến Dũng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Nguyễn Tiến Dũng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Nguyễn Đại Đồng, *Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam*
TS Đào Hồng Quảng, *Viện Khoa học Công nghệ Mỏ*
TS Nguyễn Quốc Thập, *Hội Dầu khí Việt Nam*
TS Bùi Thị Thu Thủy, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Lê Ái Thụ, *Hội Địa chất Kinh tế Việt Nam*
TS Bùi Yên Tĩnh, *Cục Bản đồ - Bộ Tổng tham mưu*

BAN KHOA HỌC

Trưởng ban

PGS.TS Đỗ Ngọc Anh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Phó trưởng ban

TS Nguyễn Thạc Khánh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Ủy viên

GS.TSKH Hoàng Ngọc Hà, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
GS.TS Võ Trọng Hùng, *Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam*
GS.TS Trương Xuân Luận, *Tổng Hội Địa chất Việt Nam*
GS.TS Bùi Xuân Nam, *Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam*
GS.TS Đỗ Như Tráng, *Hội Cơ học Đá Việt Nam*
PGS.TS Lê Hồng Anh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS Lê Ngọc Ánh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS Đỗ Văn Bình, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS Phạm Văn Hòa, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS Nguyễn Quang Minh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS Phạm Xuân Núi, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS Khổng Cao Phong, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS Ngô Xuân Thành, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS Lê Minh Thống, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS Tạ Đức Thịnh, *Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam*
PGS.TS Nguyễn Thế Vinh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS Nguyễn Văn Xô, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS Đỗ Như Ý, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Nguyễn Thị Mai Dung, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Công Tiến Dũng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Nguyễn Đại Đồng, *Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam*
TS Lê Quang Duyến, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Nguyễn Duy Huy, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Nguyễn Cao Khải, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Nguyễn Văn Phóng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Nguyễn Bách Thảo, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Dương Thành Trung, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

BAN BIÊN TẬP

Trưởng ban

TS Nguyễn Thạc Khánh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Phó Trưởng ban

PGS.TS Nguyễn Viết Nghĩa, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Ủy viên

PGS.TS Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS. TS Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Tô Xuân Bản, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Nguyễn Thị Mai Dung, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Nguyễn Khắc Long, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Dương Thành Trung, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Ngô Thanh Tuấn, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

BAN THƯ KÝ

Trưởng ban

PGS.TS Đỗ Ngọc Anh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Phó Trưởng ban

TS Nguyễn Thạc Khánh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Ủy viên

PGS.TS Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Tô Xuân Bản, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Nguyễn Khắc Long, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Nguyễn Duy Huy, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Ngô Thanh Tuấn, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Dương Thành Trung, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
ThS Hoàng Thu Hằng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
ThS Nguyễn Thanh Hải, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
ThS Phạm Đức Nghiệp, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

WEBSITE HỘI THẢO

Thông tin chi tiết của Hội nghị Toàn quốc Khoa học Trái đất và Tài nguyên với Phát triển bền vững - ERSD 2024 được đăng tải trên trang Website chính thức của Hội nghị tại địa chỉ: http://ersd.humg.edu.vn/

ĐỊA CHỈ LIÊN HỆ

Phòng Khoa học công nghệ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, số 18 phố Viên, phường Đức Thắng, quận Bắc Từ Liêm, thành phố Hà Nội, Việt Nam. ĐT: (+84) 24.3838643

MỤC LỤC

Ban tổ chức hội nghị i
Mục lục.....iii
Lời nói đầu v
Chương trình hội nghị vii
Tiểu ban Dữ liệu lớn và chuyển đổi số trong khoa học trái đất, tài nguyên môi trường.....1
Tiểu ban Trí tuệ nhân tạo, IOT, Blockchain và ứng dụng.....38
Tiểu ban Cơ - Điện…….....71
Tiểu ban Dầu khí tích hợp.....114
Tiểu ban Địa chất và tài nguyên du lịch.....238
Tiểu ban Địa chất công trình - Địa kỹ thuật.....312
Tiểu ban Địa chất thủy văn và Tài nguyên nước.....430
Tiểu ban Tài nguyên địa chất và Quản lý bền vững…….....516
Tiểu ban Quản lý tài nguyên và Môi trường.....597
Tiểu ban Công nghệ mới trong xử lý môi trường.....730
Tiểu ban Phát triển bền vững khoa học công nghệ Mỏ và Môi trường.....818
Tiểu ban Phát triển bền vững công nghiệp khai thác và Quản lý an toàn.....899
Tiểu ban Những tiến bộ trong chế biến khoáng sản và tái chế.....971
Tiểu ban Xây dựng công trình với phát triển bền vững.....1039
Tiểu ban Kỹ thuật Trắc địa - Bản đồ và Hệ thống thông tin địa lý.....1301
Tiểu ban Vật lý, Hóa học và ứng dụng.....1384
Tiểu ban Toán, Cơ học và ứng dụng.....1512
Tiểu ban Ngôn ngữ học.....1634

LỜI NÓI ĐẦU

Hội nghị Toàn quốc Khoa học Trái đất và Tài nguyên với Phát triển bền vững (ERSD) được Trường Đại học Mỏ - Địa chất (HUMG) và các đối tác tổ chức 2 năm một lần với mục tiêu tạo ra một môi trường bổ ích để các nhà chuyên môn trong và ngoài nước tụ hội và giới thiệu những kết quả và hướng mới trong nghiên cứu khoa học, thảo luận về các xu thế phát triển, thách thức và cơ hội đối với nhiều lĩnh khác nhau của Khoa học Trái đất, Tài nguyên địa chất, khai thác, chế biến, sử dụng và quản lý tài nguyên địa chất, bảo vệ môi trường và các ngành khác có liên quan.

Tiếp nối thành công của các Hội nghị ERSD2018, ERSD2020, ERSD2022, Hội nghị Toàn quốc Khoa học Trái đất và Tài nguyên với Phát triển bền vững lần thứ tư (ERSD2024) được Trường Đại học Mỏ - Địa chất (HUMG) đăng cai tổ chức với sự tham gia đồng tổ chức của nhiều cơ quan quản lý, tổ chức nghiên cứu khoa học, đào tạo, và doanh nghiệp có uy tín trong nước gồm Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, Tổng hội Địa chất Việt Nam, Cục Đo đạc - Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam, Cục Bản đồ - Bộ Tổng tham mưu, Hội Cơ học Đá Việt Nam, Hội Công trình ngầm Việt Nam, Hội Dầu khí Việt Nam, Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam, Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam, Hội Địa chất Kinh tế Việt Nam, Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam, Hội Khoa học Kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam, Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam, Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam, Viện Khoa học Công nghệ Mỏ và nhiều tổ chức và cá nhân khác.

Các chủ đề của Hội nghị tập trung vào nghiên cứu và ứng dụng khoa học công nghệ hướng tới phát triển bền vững đối với nhiều lĩnh vực khác nhau của Khoa học Trái đất và Tài nguyên thiên nhiên, Khai thác và sử dụng tài nguyên địa chất, Môi trường và các lĩnh vực khoa học khác có liên quan như Cơ - Điện, Công nghệ Thông tin, Xây dựng, ...

Trong quá trình tổ chức Hội nghị, Ban Tổ chức đã nhận được sự quan tâm của đông đảo các nhà khoa học, chuyên môn và quản lý trong và ngoài nước. Hơn 300 bản thảo báo cáo khoa học liên quan tới các chủ đề của Hội nghị đã được gửi tới Ban biên tập. Trên cơ sở đó, 269 báo cáo có chất lượng tốt đã được lựa chọn và xuất bản trong Tuyển tập các báo cáo toàn văn của Hội nghị với các chủ đề khoa học sau:

1. Dữ liệu lớn và chuyển đổi số trong khoa học trái đất, tài nguyên môi trường
2. Trí tuệ nhân tạo, IoT, Blockchain và ứng dụng
3. Cơ - Điện
4. Dầu khí tích hợp
5. Địa chất và Tài nguyên du lịch
6. Địa chất công trình - Địa kỹ thuật
7. Địa chất thủy văn và Tài nguyên nước
8. Tài nguyên địa chất và quản lý bền vững
9. Quản lý tài nguyên và môi trường
10. Công nghệ mới trong xử lý môi trường
11. Phát triển bền vững khoa học công nghệ mỏ và môi trường
12. Phát triển bền vững công nghiệp khai thác và quản lý an toàn
13. Những tiến bộ trong chế biến khoáng sản và tái chế
14. Xây dựng công trình với phát triển bền vững
15. Kỹ thuật Trắc địa - Bản đồ và Hệ thống thông tin địa lý
16. Vật lý, Hoá học và ứng dụng
17. Toán học, Cơ học và ứng dụng
18. Ngôn ngữ học

Toàn bộ thông tin khoa học về hội nghị được tích hợp vào Website chính thức của Hội nghị tại địa chỉ: http://ersd.humg.edu.vn/.

Ban tổ chức xin trân trọng cảm ơn Trường Đại học Mỏ - Địa chất, với tư cách là đơn vị đăng cai tổ chức Hội nghị, cùng các đơn vị đồng tổ chức đã hợp tác chặt chẽ và góp phần quan trọng vào việc tổ chức Hội nghị này. Cảm ơn các nhà khoa học và nhà chuyên môn đã đóng góp các công bố khoa học có giá trị cho Hội nghị. Ban tổ chức cũng đánh giá cao sự nỗ lực của các chuyên gia đọc bài đã có nhiều

nỗ lực và đóng góp để nâng cao chất lượng khoa học của các báo cáo, góp phần quan trọng vào thành công của hội nghị này.

Ban tổ chức mong muốn tiếp tục nhận được sự hợp tác chặt chẽ và góp ý chân thành của các đơn vị và cá nhân đối với việc chuẩn bị và tổ chức hội nghị, chất lượng báo cáo, biên tập, và xuất bản kỷ yếu hội nghị nhằm nâng cao chất lượng của các hội nghị tiếp theo, góp phần thúc đẩy sự phát triển bền vững của hoạt động nghiên cứu khoa học và trao đổi học thuật thuộc các lĩnh vực Khoa học Trái đất và Tài nguyên và các lĩnh vực khoa học khác có liên quan.

Hà Nội, tháng 11 năm 2024

THAY MẶT BAN TỔ CHỨC



GS.TS Trần Thanh Hải

TIỂU BAN
DỮ LIỆU LỚN VÀ CHUYỂN ĐỔI SỐ TRONG KHOA HỌC TRÁI ĐẤT, TÀI NGUYÊN MÔI TRƯỜNG

MỤC LỤC

Xây dựng ứng dụng hỗ trợ thẩm định và quản lý bất động sản dựa trên công nghệ di dộng và học máy
Trần Trung Chuyên, Nguyễn Quang Lộc, Lê Hồng Anh, Nguyễn Thị Phương Bắc, Nguyễn Thùy Dương 3

Enhancing temporal sea surface temperature prediction using LSTM model
Tran Thi Hoa, Tran Thanh Ha, Nguyen Thi Mai Dung, Tran Thi Ngoc 9

Ứng dụng công nghệ dữ liệu lớn (Big Data) trong lưu trữ dữ liệu thăm dò và khai thác dầu khí
Đặng Văn Nam, Nông Thị Oanh 15

Trực quan hóa trong vòng đời phát triển phần mềm
Nguyễn Thị Hữu Phương 22

Ứng dụng học sâu trong nhận dạng đối tượng trên ảnh vệ tinh
Nguyễn Văn Thắng, Lê Hồng Anh, Nguyễn Thị Mai Dung 30

Xây dựng ứng dụng hỗ trợ thẩm định và quản lý bất động sản dựa trên công nghệ di động và học máy

Trần Trung Chuyên[1,*], Nguyễn Quang Lộc[2], Lê Hồng Anh[1], Nguyễn Thị Phương Bắc[1], Nguyễn Thùy Dương[1]
[1]Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[2]Ngân hàng TMCP Đầu tư và Phát triển Việt Nam

TÓM TẮT

Trong quá trình thẩm định tài sản bất động sản dùng để đảm bảo cho các quyết định cấp tín dụng, việc định vị chính xác và xác minh thông tin tài sản là cần thiết để đảm bảo tính minh bạch và giảm thiểu rủi ro. Nghiên cứu này phát triển một ứng dụng di động dựa trên công nghệ học máy thông qua thư viện Google's ML Kit Text Recognition, để tự động hóa và tăng cường độ chính xác trong quá trình nhập liệu. Ứng dụng này sử dụng thiết bị di động để nhận dạng bảng tọa độ từ giấy tờ tài sản và tích hợp thông tin này với dữ liệu GPS, ảnh vệ tinh, và bản đồ, cung cấp một hình ảnh trực quan và chính xác về vị trí địa lý và đặc điểm của tài sản. Công nghệ này đã được tích hợp thành công vào ứng dụng thực tiễn "RBC Land VN", không chỉ cung cấp công cụ hiệu quả cho việc quản lý tài sản mà còn mở ra hướng tiếp cận mới trong việc áp dụng công nghệ thông tin vào lĩnh vực tài chính và bất động sản tại Việt Nam.

Từ khóa: thẩm định bất động sản; công nghệ định vị; nhận dạng văn bản; quản lý tài sản; công nghệ thông tin trong bất động sản

1. Đặt vấn đề

Trong lĩnh vực thẩm định tài sản bất động sản cho các quyết định cấp tín dụng, việc xác định chính xác và xác minh thông tin tài sản đóng vai trò quan trọng để đảm bảo tính minh bạch và giảm thiểu rủi ro. Một trong những công việc quan trọng của quy trình thẩm định tài sản bất động sản là phải xác định chính xác địa điểm, hình dạng, chiều dài các cạnh, diện tích ranh giới của tài sản từ hồ sơ xin cấp tín dụng. Các phương pháp truyền thống thường phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm cá nhân và ít được hỗ trợ bởi công nghệ, dẫn đến khó khăn trong việc quản lý và định giá chính xác và kịp thời. Tại các thị trường đang phát triển như Việt Nam, vấn đề này càng trở nên phức tạp do hệ thống thông tin đất đai chưa được chia sẻ hiệu quả (QHVN, 2023). Tuy nhiên, sự tiến bộ trong công nghệ di động cùng với việc hoàn thiện hệ thống thông tin đất đai đã bắt đầu mang lại giải pháp cho các vấn đề này. Chẳng hạn, ứng dụng iGeoTrans (Dieu, Chuyen, Biswajeet, Inge, & Razak, 2015), được phát triển cho các thiết bị iOS, sử dụng hệ thống định vị toàn cầu GPS để định vị và cho phép chuyển đổi tọa độ giữa các hệ tọa độ trên thế giới, bao gồm cả VN-2000 của Việt Nam, đã nâng cao khả năng ứng dụng của thiết bị di động trong thực tiễn thẩm định tài sản, đặc biệt trong việc xác định ranh giới thửa đất theo hệ tọa độ VN-2000. Các kết quả kiểm nghiệm cho thấy sai số trung bình theo mặt bằng và độ cao của iGeoTrans trên các thiết bị iPhone khoảng 4.11m và 3.51m cho các thử nghiệm tĩnh tương ứng. Độ chính xác này cho thấy rằng các ứng dụng di động tích hợp công nghệ định vị là công cụ đáng tin cậy trong việc hỗ trợ định vị tài sản bất động sản.

Nghiên cứu này tiến hành mở rộng tính năng và khắc phục những hạn chế của các phương pháp hiện tại bằng việc phát triển một ứng dụng di động mới RBC Land VN, ứng dụng công nghệ học máy thông qua thư viện Google's ML Kit Text Recognition (flutter-ml.dev, n.d.), để tự động hóa quá trình nhập liệu. Công nghệ này cho phép nhận dạng văn bản trong hình ảnh giấy tờ tài sản để chuyển đổi chúng thành dạng dữ liệu máy tính có thể đọc được, sau đó nghiên cứu này sẽ trích xuất chính xác bảng tọa độ ranh giới thửa đất, giúp giảm thiểu sai lầm do nhập liệu thủ công và tăng tốc độ xử lý dữ liệu. Việc áp dụng công nghệ này vào quy trình làm việc giúp người dùng xử lý các thông tin liên quan đến tài sản một cách nhanh chóng và chính xác hơn.

Kết quả từ các thử nghiệm cho thấy, ứng dụng RBC Land VN không chỉ cải thiện đáng kể khả năng xác minh và định vị tài sản, mà còn giảm thiểu sai sót và tăng cường hiệu quả trong quá trình thẩm định tài sản. Điều này được thể hiện qua các tính năng điều hướng trực quan tới thửa đất ngoài thực địa giúp người dùng

* *Tác giả liên hệ*
Email: trantrungchuyen@humg.edu.vn

dễ dàng đối sánh hình dạng và kích thước của thửa đất với giấy tờ gốc và chồng lên nền ảnh vệ tinh. Sự thành công của RBC Land VN mở ra hướng tiếp cận mới trong việc ứng dụng công nghệ thông tin vào lĩnh vực tài chính và bất động sản, hứa hẹn tiềm năng ứng dụng rộng rãi trong tương lai.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở lý thuyết về nhận dạng văn bản trong ảnh

Nhận dạng văn bản từ hình ảnh là một lĩnh vực quan trọng trong ngành công nghệ thông tin, liên quan đến việc chuyển đổi văn bản nhìn thấy trong các hình ảnh thành dạng văn bản máy tính có thể đọc được. Trong những năm gần đây, sự phát triển của học máy và trí tuệ nhân tạo đã nâng cao đáng kể khả năng của lĩnh vực nhận dạng ký tự quang học (OCR). Google's ML Kit Text Recognition đứng đầu trong số những thư viện tiên phong, cung cấp một giải pháp mạnh mẽ cho việc nhận dạng văn bản. Công nghệ này áp dụng các thuật toán học máy tiên tiến để cải thiện độ chính xác và hiệu quả trong việc chuyển đổi hình ảnh văn bản thành dữ liệu có thể đọc được bằng máy, từ đó hỗ trợ việc tự động hóa nhập liệu và cải thiện các quy trình làm việc số.

2.2.1. Google's ML Kit Text Recognition

Google’s ML Kit Text Recognition là một API mạnh mẽ sử dụng các mô hình học máy để phân tích và nhận dạng văn bản từ hình ảnh. API này cho phép các lập trình viên dễ dàng tích hợp chức năng nhận dạng văn bản vào ứng dụng di động. Người dùng có thể cung cấp hình ảnh đầu vào từ các nguồn như camera hoặc thư viện ảnh, và hệ thống sẽ tự động phát hiện và giải mã văn bản trên hình ảnh.

ML Kit Text Recognition hỗ trợ nhận dạng trên nhiều ngôn ngữ và kịch bản khác nhau, giúp tự động hóa quá trình nhập liệu và cải thiện đáng kể độ chính xác trong xử lý dữ liệu. Khả năng của API bao gồm: (1) nhận dạng văn bản trên nhiều kịch bản và ngôn ngữ, (2) phân tích cấu trúc văn bản, tách văn bản thành các khối, dòng, từ và ký tự, (3) xác định ngôn ngữ của văn bản nhận dạng được; (4) cung cấp khả năng nhận dạng thời gian thực, hoạt động nhanh chóng trên nhiều thiết bị.

Google’s ML Kit Text Recognition là một API miễn phí, cho phép các nhà phát triển tận dụng tính năng này mà không phải trả phí, đồng thời dễ dàng triển khai vào các ứng dụng để tăng cường hiệu quả và tự động hóa quy trình nhập liệu từ hình ảnh.

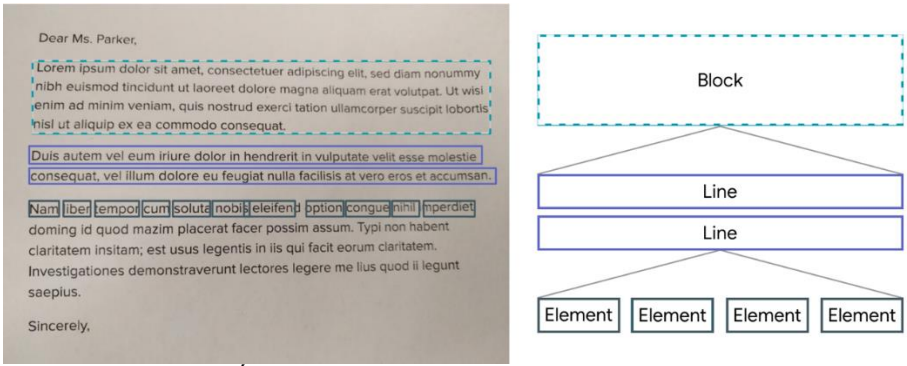
2.2.2. Cấu trúc văn bản nhận được

Văn bản nhận được từ trình nhận dạng văn bản (Text Recognizer) được phân đoạn thành các khối (Block), dòng (Line), phần tử (Element) và ký hiệu (Symbol):

- Block: là khối văn bản tập hợp các dòng văn bản liên tục, chẳng hạn như một đoạn văn hoặc cột.
- Line: là dòng văn bản tập hợp các từ liên tục trên cùng một trục.
- Element: là tập hợp các ký tự chữ và số liên tục trên cùng một trục trong hầu hết các ngôn ngữ Latinh, hoặc một từ trong ngôn ngữ tượng hình khác.
- Symbol: là một ký tự chữ hoặc số đơn lẻ trên cùng một trục trong hầu hết các ngôn ngữ Latinh, hoặc một ký tự trong ngôn ngữ tượng hình khác.

Hình 1 minh họa cấu trúc nhận dạng văn bản của ML Kit như mô tả ở trên. Khối đầu tiên được làm nổi bật màu xanh da trời nét đứt là một khối văn bản (TextBlock), Nhóm các khối được làm nổi bật tiếp theo, màu xanh lam, là các dòng văn bản (TextLine). Cuối cùng, nhóm các khối được làm nổi bật màu xanh đậm là các từ (TextElement).

API trả về danh sách các khối với thông tin bao gồm hộp giới hạn, điểm góc, góc xoay, điểm tin cậy, ngôn ngữ nhận dạng và văn bản được nhận dạng cho tất cả các khối, dòng, từ và ký tự phát hiện được.



Hình 1. Cấu trúc nhận dạng văn bản của ML Kit (Google, n.d.)

Dựa vào kết quả trả về từ API có thể xây dựng thuật toán để trích xuất chính xác bảng tọa độ ranh giới thửa đất, giúp giảm thiểu sai lầm do nhập liệu thủ công và tăng tốc độ xử lý dữ liệu trong xây dựng ứng dụng RBC Land VN.

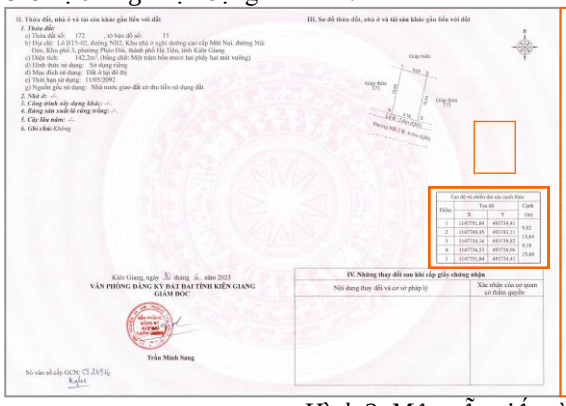
2.2. Phương pháp nghiên cứu áp dụng cho việc phát triển ứng dụng

Trong quá trình phát triển ứng dụng RBC Land VN, chúng tôi đã áp dụng một phương pháp nghiên cứu toàn diện, bao gồm các bước sau:

2.2.1. Dữ liệu đầu vào xử lý hình ảnh

Dữ liệu đầu vào được lấy từ hình ảnh giấy tờ tài sản như sổ đỏ, hợp đồng mua bán, ranh giới cấp phép, với thông tin tọa độ ranh giới thửa đất. Hình ảnh có thể chụp trực tiếp bằng camera thiết bị di động hoặc tải từ thư viện ảnh. Người dùng cần phóng to khu vực chứa bảng tọa độ để hệ thống nhận dạng văn bản, đảm bảo các ký tự đạt kích thước tối thiểu 16x16 pixel theo khuyến nghị của Google để tối ưu hóa độ chính xác.

Trong trường hợp hình ảnh có chất lượng kém hoặc ký tự không thể nhận diện chính xác, hệ thống cho phép người dùng nhập tọa độ thủ công, đảm bảo dữ liệu luôn được xử lý đầy đủ và chính xác cho quá trình thẩm định. *Hình 2* minh họa một mẫu giấy tờ tài sản chứa bảng tọa độ, được sử dụng làm dữ liệu đầu vào cho hệ thống nhận dạng văn bản.



Tọa độ và chiều dài các cạnh thửa

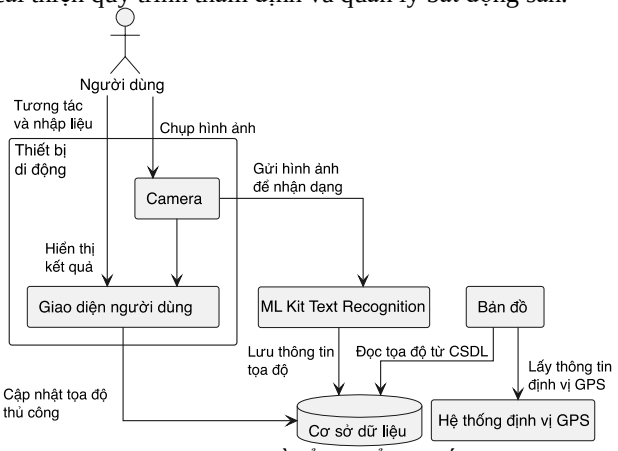
Điểm	Tọa độ		Cạnh (m)
	X	Y	
1	1147751,84	493734,41	9,02
2	1147749,45	493743,11	15,64
3	1147734,16	493739,82	9,18
4	1147736,53	493730,96	15,69
1	1147751,84	493734,41	

Hình 2. Một mẫu giấy tờ tài sản chứa bảng tọa độ

2.2.2. Phân tích và thiết kế hệ thống

Trong giai đoạn này, nhóm nghiên cứu đã xác định các yêu cầu chức năng và phi chức năng của ứng dụng. RBC Land VN được thiết kế với một giao diện người dùng trực quan, chia thành 3 tab chính để tối ưu hóa trải nghiệm người dùng và cải thiện quản lý công việc cũng như truy cập thông tin.

Hình 3 minh họa sơ đồ tổng thể của hệ thống ứng dụng, bao gồm các thành phần chính như Camera, ML Kit Text Recognition, Cơ sở dữ liệu, Bản đồ, và Hệ thống định vị GPS. Người dùng sử dụng Camera để chụp hình giấy tờ chứa tọa độ, sau đó hệ thống sẽ xử lý hình ảnh bằng ML Kit và lưu thông tin tọa độ vào Cơ sở dữ liệu. Bản đồ sẽ lấy tọa độ từ cơ sở dữ liệu và kết hợp với GPS để hiển thị vị trí và thông tin tài sản. Cấu trúc này đảm bảo rằng toàn bộ quá trình từ nhập liệu, xử lý đến hiển thị đều diễn ra một cách tự động và hiệu quả, giúp cải thiện quy trình thẩm định và quản lý bất động sản.



Hình 3. Sơ đồ tổng thể hệ thống

Dưới đây là mô tả chi tiết về cấu trúc và chức năng của từng tab trong ứng dụng:

- Tab Công việc: là một phần quan trọng của ứng dụng, nơi người dùng có thể quản lý và mở các công việc liên quan đến thẩm định và quản lý bất động sản. Tab này chia nhỏ thành hai phần chính:

+ Quản lý Công việc: cho phép người dùng tổ chức xem và tạo mới, tìm kiếm, sắp xếp công việc.

+ Mở Công việc: người dùng có thể mở công việc, nhập dữ liệu và tài liệu cần thiết để bắt đầu một quy trình thẩm định mới.

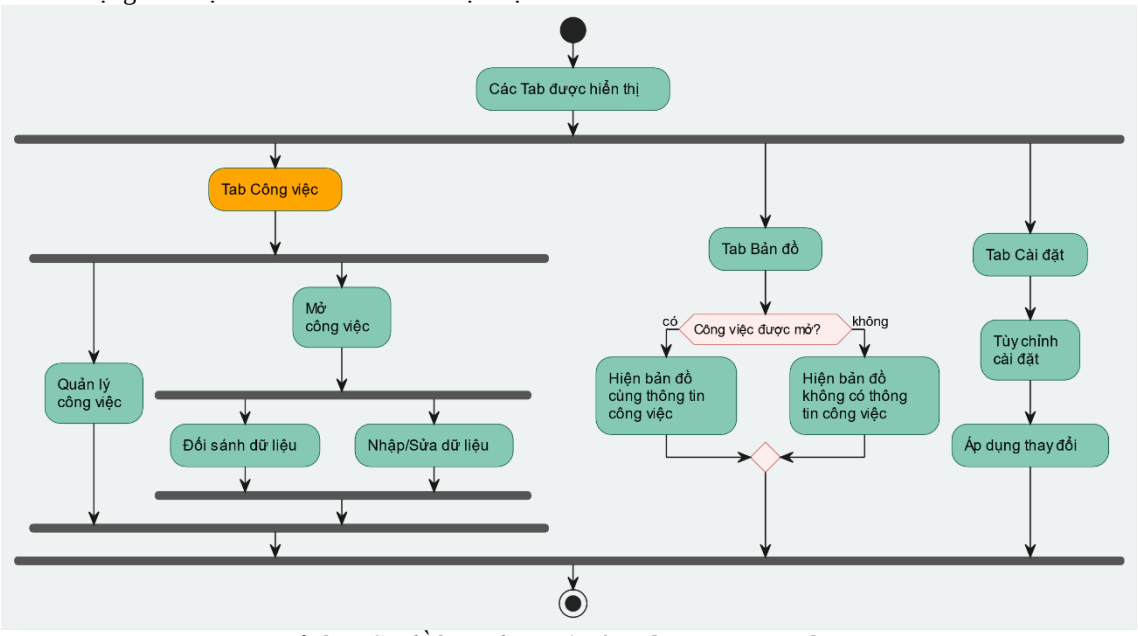
- Tab Bản đồ: cung cấp chức năng hiển thị bản đồ, là công cụ hỗ trợ quan trọng cho việc định vị và xem thông tin địa lý của tài sản:

+ Nếu có công việc được mở và liên kết, bản đồ sẽ hiển thị thông tin chi tiết liên quan đến công việc đó, bao gồm ranh giới và các thông tin khác của thửa đất.

+ Nếu không có công việc nào được chọn, bản đồ sẽ hiển thị ở chế độ xem chuẩn mà không kèm theo thông tin công việc nào.

- Tab Cài đặt: Cho phép người dùng tùy chỉnh các thiết lập của ứng dụng theo nhu cầu sử dụng cá nhân. Người dùng có thể điều chỉnh các tùy chọn như thông báo, cài đặt ngôn ngữ, và các thiết lập bảo mật.

Sơ đồ hoạt động ở *Hình 4* được thiết kế để đảm bảo rằng người dùng có thể dễ dàng điều hướng và sử dụng các chức năng của ứng dụng một cách hiệu quả, giúp tăng cường năng lực quản lý và thẩm định tài sản bất động sản một cách chính xác và thuận tiện.



Hình 4. Sơ đồ hoạt động của ứng dụng RBC Land VN

2.2.3. Thu thập dữ liệu

Thu thập dữ liệu là bước đầu tiên và quan trọng trong phát triển ứng dụng, bao gồm việc lấy mẫu các giấy tờ tài sản để từ đó xử lý nhận dạng văn bản. Chúng tôi đã sử dụng một loạt các giấy tờ từ đơn giản đến phức tạp để đảm bảo rằng hệ thống có thể hoạt động hiệu quả trong nhiều tình huống và định dạng bảng tọa độ khác nhau.

2.2.4. Nhận dạng và xử lý dữ liệu

Sử dụng Google's ML Kit Text Recognition, ứng dụng được thiết kế để nhận dạng và xử lý văn bản từ hình ảnh các tài liệu. Chúng tôi đã xử lý hình ảnh đầu vào để đảm bảo đủ dữ liệu pixel với kích thước cho mỗi ký tự tối thiểu 16x16 pixel và tối đa 24x24 pixel theo khuyến cáo của Google (Google, n.d.). Theo đó, một kích thước cỡ 600 pixel theo chiều rộng hình ảnh đầu vào của bảng tọa độ là phù hợp để tối ưu hóa khả năng phân tích và giải mã văn bản chính xác từ các hình ảnh được cung cấp. Tất cả các hình ảnh làm ảnh đầu vào được lấy từ thư viện ảnh hay camera của thiết bị sau khi cắt chọn vùng chứa bảng tọa độ đều đưa về cùng tỉ lệ với kích thước theo chiều rộng là 600 pixel.

2.2.5. Chuyển đổi tọa độ và tích hợp với các dịch vụ khác

Ứng dụng chuyển đổi qua lại giữa tọa độ VN-2000 và WGS-84 và tích hợp dữ liệu với hệ thống định vị GPS và các dịch vụ dữ liệu bản đồ để cung cấp thông tin địa lý chính xác cho người dùng. Điều này không

chỉ giúp xác định vị trí tài sản mà còn cho phép điều hướng và so sánh trực quan với giấy tờ tài sản và hình ảnh vệ tinh.

2.2.6. Kiểm thử và đánh giá hiệu suất

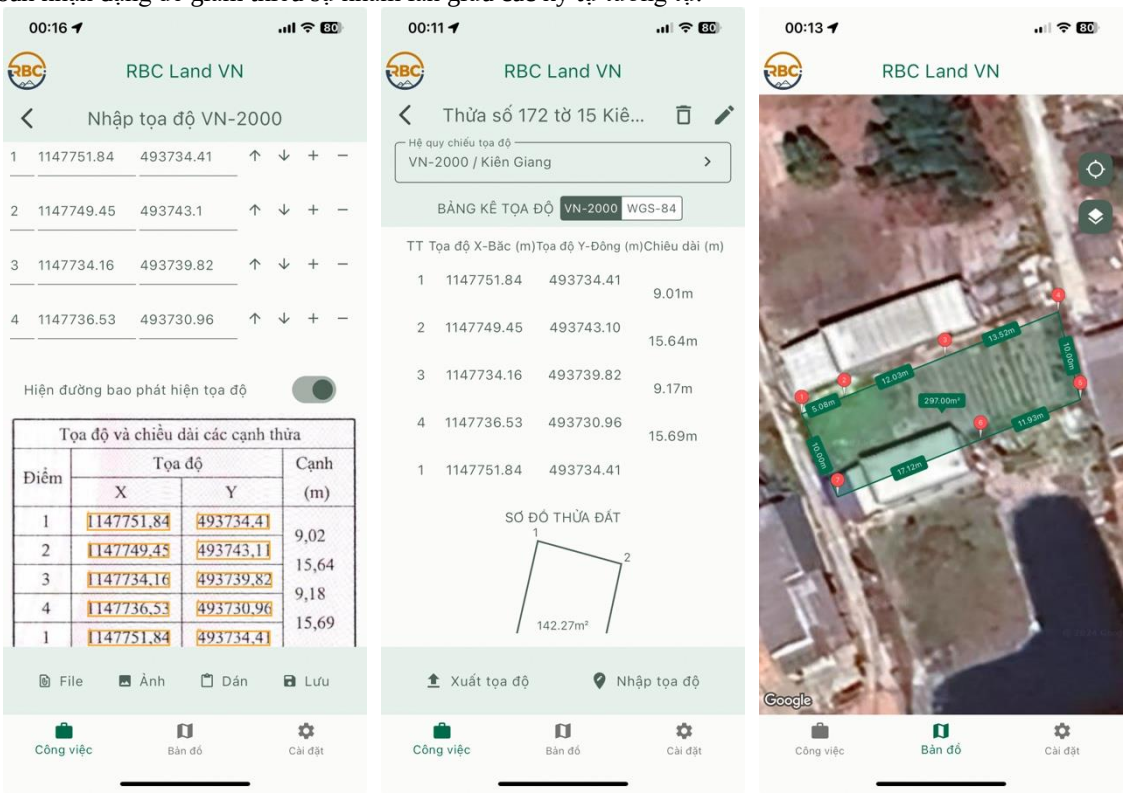
Ứng dụng được kiểm thử một cách kỹ lưỡng để đánh giá tính năng và hiệu suất. Kiểm thử bao gồm các bài kiểm tra chức năng, kiểm tra tích hợp và kiểm thử người dùng cuối. Phản hồi từ những bài kiểm thử này giúp chúng tôi tinh chỉnh ứng dụng để đạt được hiệu suất tối ưu.

3. Kết quả và thảo luận

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã áp dụng công nghệ học máy thông qua thư viện Google's ML Kit Text Recognition để nhận dạng văn bản từ hình ảnh các giấy tờ tài sản. Để đảm bảo hiệu quả nhận dạng cao nhất, chúng tôi đã tuân thủ các khuyến cáo về kích thước của hình ảnh đầu vào, đảm bảo mỗi ký tự có kích thước tối thiểu là 16x16 pixel và tối đa là 24x24 pixel. Việc điều chỉnh kích thước hình ảnh đầu vào về 600 pixel theo chiều rộng đã giúp tối ưu hóa khả năng phân tích và giải mã văn bản một cách chính xác như thể hiện ở *Hình 3(a)*.

Qua thử nghiệm trên một tập dữ liệu gồm 100 mẫu giấy tờ tài sản khác nhau, hệ thống đã đạt được độ chính xác nhận dạng trung bình là 93%. Cụ thể, với hình ảnh có chất lượng và kích thước ký tự phù hợp với khuyến cáo, độ chính xác nhận dạng đạt 97%, trong khi với những hình ảnh có kích thước ký tự nhỏ hơn khuyến nghị, độ chính xác giảm xuống còn 87%. Số liệu này chỉ ra rằng chất lượng hình ảnh đầu vào có ảnh hưởng lớn đến khả năng nhận dạng chính xác của hệ thống.

Tuy nhiên, chúng tôi nhận thấy rằng khi kích thước không đáp ứng các khuyến cáo, phần mềm có xu hướng nhầm lẫn giữa các ký tự chữ số ‘1’ với ký tự số thẳng ‘|’, giữa ‘9’ và ‘8’, và giữa ‘3’ và ‘8’. Những phát hiện này nhấn mạnh tầm quan trọng của việc duy trì chất lượng hình ảnh đầu vào, đồng thời chỉ ra những hạn chế hiện tại của công nghệ nhận dạng văn bản. Chúng tôi khuyến nghị thực hiện các thử nghiệm bổ sung để xác định các cấu hình tối ưu cho từng loại tài liệu cụ thể. Ngoài ra, cần tiếp tục cải tiến thuật toán nhận dạng để giảm thiểu sự nhầm lẫn giữa các ký tự tương tự.



(a) *(b)* *(c)*

Hình 5. Một số giao diện của ứng dụng RBC Land VN

Bên cạnh đó, ứng dụng “RBC Land VN” đã bổ sung tính năng tính chiều dài cạnh và vẽ sơ đồ để đối sánh với giấy tờ tài sản, giúp phát hiện các nhầm lẫn và cho phép chỉnh sửa trực tiếp trong giao diện nhập liệu, như thể hiện ở *Hình 3(b)* và *Hình 3(c)*. Tính năng này không chỉ giúp cải thiện độ chính xác của thông tin tài sản mà còn nâng cao khả năng kiểm tra và xác thực thông tin một cách hiệu quả.

Kết quả từ nghiên cứu này mở ra một hướng tiếp cận mới trong việc ứng dụng công nghệ thông tin vào lĩnh vực tài chính và bất động sản. Hệ thống nhận dạng văn bản và tích hợp với dữ liệu bản đồ đã chứng minh tiềm năng cải thiện quy trình thẩm định tài sản. Hơn nữa, nghiên cứu hứa hẹn tiềm năng mở rộng cho việc phát triển các ứng dụng tương tự trong tương lai, đặc biệt là trong lĩnh vực quản lý tài sản và thẩm định tín dụng.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã khám phá và chứng minh khả năng của Google's ML Kit Text Recognition trong việc cải thiện quy trình nhập liệu tự động và thẩm định tài sản bất động sản thông qua ứng dụng di động RBC Land VN. Ứng dụng tận dụng công nghệ học máy để nhận dạng và xử lý văn bản từ hình ảnh các giấy tờ tài sản, từ đó góp phần nâng cao độ chính xác và hiệu quả của quy trình thẩm định. Chúng tôi khuyến khích việc áp dụng các kết quả nghiên cứu này vào thực tiễn, đặc biệt trong lĩnh vực quản lý tài sản bất động sản, nơi việc nâng cao độ chính xác và hiệu quả trong quá trình nhập liệu và thẩm định có thể mang lại lợi ích kinh tế đáng kể và cải thiện quy trình làm việc.

Tuy nhiên, để đạt được mức độ tự động hóa cao hơn và cải thiện toàn diện chất lượng xử lý dữ liệu, chúng tôi đề xuất mở rộng nghiên cứu bằng cách áp dụng Google's ML Kit Object Detection. Công nghệ này cho phép tự động phát hiện các bảng tọa độ trong hình ảnh giấy tờ tài sản, giúp hệ thống tự động cắt ảnh và tập trung xử lý chính xác khu vực chứa thông tin quan trọng. Bằng việc tích hợp tính năng này, RBC Land VN sẽ không chỉ cải thiện độ chính xác mà còn tăng cường hiệu quả xử lý dữ liệu, giảm thiểu sai sót do nhập liệu thủ công, và tăng tốc độ xử lý. Điều này sẽ góp phần cải thiện toàn diện quy trình thẩm định và quản lý bất động sản, đáp ứng các yêu cầu cao hơn về chất lượng và hiệu quả trong tương lai.

Tài liệu tham khảo

Dieu, B. T., Chuyen, T. T., Biswajeet, P., Inge, R., & Razak, S., 2015. iGeoTrans – a novel iOS application for GPS positioning in geosciences. *Geocarto International, 30*(2), 202–217.

Flutter-ml.dev. (n.d.). *google_mlkit_text_recognition: Flutter package*. (Open Source Flutter plugins using Google's ML Kit) Retrieved April 25, 2024, from https://pub.dev/packages/google_mlkit_text_recognition

Google. (n.d.). *Text recognition v2 | ML kit | google for developers*. (Google) Retrieved May 3, 2024, from https://developers.google.com/ml-kit/vision/text-recognition/v2

QHVN. 2023. *Hệ thống thông tin đất đai: Cần hoàn thiện theo hướng công khai, chia sẻ và hiệu quả.* Retrieved from https://quochoi.vn/tintuc/Pages/tin-hoat-dong-cua-quoc-hoi.aspx?ItemID=76098

ABSTRACT

Development of an application for real estate appraisal and management based on mobile technology and machine learning

Tran Trung Chuyen[1], Nguyen Quang Loc[2], Le Hong Anh[1], Nguyen Thi Phuong Bac[1], Nguyen Thuy Duong[1]

[1]Hanoi University of Mining and Geology

[2]Joint Stock Commercial Bank for Investment and Development of Vietnam

In the process of appraising real estate used as collateral for credit decisions, accurate positioning and verification of property information are essential to ensure transparency and minimize risk. This research develops a mobile application based on machine learning technology through Google's ML Kit Text Recognition to automate data entry processes and enhance accuracy. This application uses mobile devices to recognize coordinate tables from property documents and integrates this information with GPS data, satellite imagery, and maps, providing a precise and visual representation of the geographical location and characteristics of the property. This technology has been successfully integrated into the practical application "RBC Land VN", not only providing an effective tool for property management and monitoring loans but also opening a new approach to applying information technology in the finance and real estate sectors in Vietnam.

Keywords: real estate appraisal; positioning technology; text recognition; property management; information technology in real estate

Enhancing temporal sea surface temperature prediction using LSTM model

Tran Thi Hoa[1,*], Tran Thanh Ha[1], Nguyen Thi Mai Dung[1], Tran Thi Ngoc[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

ABSTRACT

Sea surface temperature (SST) is one of important factors influencing numerous aspects of the Earth's climate, ecosystems, economies, and human societies. Monitoring and predicting trends and patterns of SST are essential for mitigating the impacts of climate change and ensuring the sustainability of marine and terrestrial environments. Historical records are available to directly retrieve and conduct several deep learning models in temporal SST prediction. However, in order to enhance to process of predicting SST data, there are several factors need considering which are trends, periodicities or other disturbances (weather, ocean currents or ocean oscillation). This paper proposes a recurrent neural network (RNN) – Long Short-Term Memory (LSTM) to an enhancement of time-series SST prediction by preventing a problem of several common regression model which is a vanishment and gradience of temporal relationship of input data and handling long-term dependencies. We use thermal bands of Landsat and MODIS images to set and select sample data for training LSTM model. Results are being expected to offer an effective architecture of SST prediction model based on LSTM mechanism.

Keywords: Landsat; MODIS; LSTM; SST; thermal bands

1. Introduction

Sea Surface Temperature (SST) refers to the temperatures of the ocean's surface, typically measured at a depth of a few meters below the surface (NOAA n.d.). SST is a critical variable in the study of climate because it influences and is influenced by various atmospheric and oceanic processes. SST plays several key roles in Earth's climate.

First of all, it gets impacts on regulating heat exchange between the ocean and the atmospheres. Warmer SST can encourage evaporation rates, which adds moisture to the atmosphere and can lead to increased precipitation and more intense weather systems, such as hurricanes, typhoons and cyclones. Hence, SST has a very closed relation to climate regulation.

Furthermore, SST is a driving factor in ocean currents and circulation patterns, such as the Gulf Stream and the El Niño – Southern Oscillation (ENSO) (NASA n.d.). These currents redistribute heat globally, affecting weather patterns and climate. For example, during and El Niño event, warmer SST in the central and eastern Pacific Ocean can lead to significant changes in weather patterns, including altered rainfall and temperature distributions across the globe (Nan Chen 2019). This also explains why during El Niño years, several regions (like the southern United States) are in wetter conditions, and others are in drier conditions (Australia, for instance).

Carbon cycle is also driven by SST regarding the solubility of gases, including carbon dioxide (CO_2). Warmer surface waters hold less CO_2, which can influence atmospheric CO_2 levels and thus global warming. Conversely, cooler waters can absorb more CO_2, acting as a carbon sink (H.-O. Pörtner 2019).

Lastly, marine ecosystems are additionally subjected by the sea surface temperature. Marine life, including the distribution and productivity of marine species, is very sensitive to changes in SST (ClaraDeser 2010). Coral reefs, for instance, under conditions of prolonged elevated temperatures can be bleached and potentially degraded (Gordon 1973).

[*] *Corresponding author*
Email: tranthihoa@humg.edu.vn

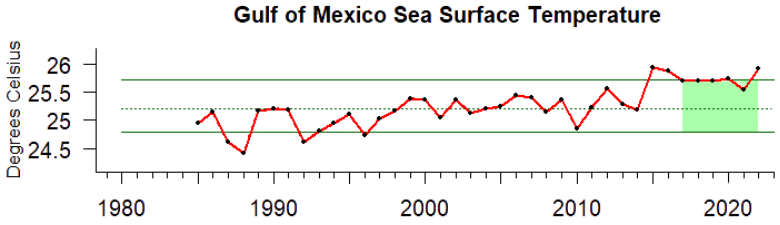


Figure 1. Gulf of Mexico SST product used for this analysis is the NOAA Coral Reef Watch CoralTemp v3.1 SST composited monthly.

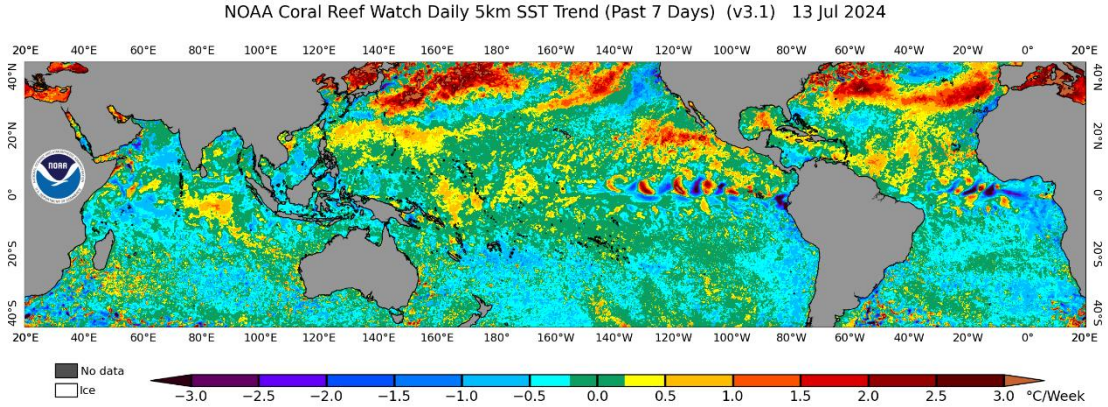


Figure 2. The 7 days SST trends for ocean areas at scale of daily Global 5km

It is undeniable that SST is a crucial factor in driving ocean currents, marine systems and climatic patterns. Understanding SST variations and trends is essential for predicting climate and environmental management.

Remote sensing technology is able to record and monitor any changes in SST at the time of observation daily or periodically taking advantages of thermal bands of optical sensors like MODIS or Landsat which are both free resources at coarser to moderate spatial scales (Ye, et al. 2022). In order to monitor time series SST, there is a need of a model contributing relevant factors to recognize patterns in sequences of data.

Current deep learning models have proven highly effective for predicting sea surface temperature due to their ability to learn complex patterns from large datasets (Liu 2017). Several common model can be counted as: the Convolution Neural Networks (CNNs) (Qiao, et al. 2022), the Recurrent Neural Networks (RNNs), the Long Short Term Memory Network (LSTMs) (Saxena, et al. 2023), the convolutional LSTMs or the hybrid model (Minkyu Kim 2020). Each of those models has their own strengths and weaknesses. For example, the CNNs are effective and easily accessible in capturing spatial features and patterns, however, there are lack of dependencies taken into account. The RNNS, though, are capable of capturing dependencies and long-term trends in SST, may suffer from vanishing and exploding gradient problems. Thus, they are often limited to short-term dependencies, which can be inadequate for tasks like SST prediction where long-term trends and cycles are important (Minkyu Kim 2020).

The LSTMs are specifically designed to overcome the limitations of standard RNNs by introducing a memory cell that can maintain information over long periods. This allows LSTMs to capture long-term dependencies and patterns in SST data more effectively. Furthermore, they use gating mechanisms to o control the flow of information into and out of the memory cell. This gating mechanism enables the network to learn when to remember or forget information, addressing the vanishing gradient problem and improving learning efficiency. This study concerns an integration of LSTM networks with satellite data from sources like MODIS and Landsat to leverage their temporal resolution and spatial coverage for accurate SST predictions.

2. Methodologies

2.1. The LSTM Networks

Long Short-Term Memory (LSTM) networks are a type of recurrent neural network (RNN) designed to capture long-term dependencies in sequential data (Hochreiter 1997). They address the limitations of traditional RNNs, which struggle with learning long-term dependencies due to the vanishing gradient

problem. LSTMs are particularly effective for tasks involving sequences, such as time series prediction, natural language processing, and speech recognition.

For architecture, an LSTM network identically consists of units called LSTM cells. Each LSTM cell contains three main components: input gate, forget gate, and output gate. These gates regulate the flow of information within the cell, allowing the network to maintain and update a memory cell state over long sequence. To be more specific, the input gate controls the extent to which new information flows into the cell state, while the forget gate determines how much of the past information to discard from the cell state. The output gate, on the other hand, decides how much of the cell state to output at the current time step.

The cell state is the key to LSTM's ability to remember information over long periods. It undergoes regulated updates at each time step, ensuring that important information is retained while irrelevant information is discarded.

The operations within an LSTM cell can be summarized by the following equations (Hochreiter 1997):

$$i_t = \sigma(W_{xi}x_t + W_{hi}h_{t-1} + W_{ci}c_{t-1} + b_i) \quad (1)$$

$$f_t = \sigma(W_{xf}x_t + W_{hf}h_{t-1} + W_{cf}c_{t-1} + b_f) \quad (2)$$

$$c_t = f_t \odot c_{t-1} + i_t \odot \tanh(W_{xc}x_t + W_{hc}h_{t-1} + b_c) \quad (3)$$

$$o_t = \sigma(W_{xo}x_t + W_{ho}h_{t-1} + W_{co}c_t + b_o) \quad (4)$$

$$h_t = o_t \odot \tanh(c_t) \quad (5)$$

Where:

- x_t is the input vector at time step,
- h_t is the hidden state vector at time step,
- c_t is the cell state vector at time step,
- W_{xi}, W_{hi}, W_{ci} are weight matrices for the input gate,
- W_{xf}, W_{hf}, W_{cf} are weight matrices for the forget gate,
- W_{xc}, W_{hc}, W_{cc} are weight matrices for the cell state,
- W_{xo}, W_{ho}, W_{co} are weight matrices for the output gate,
- b_i, b_f, b_c, b_o are bias vectors,
- σ is the sigmoid activation function,
- $\odot$ denotes element-wise multiplication.

2.2. Data resources

2.2.1. MODIS thermal bands

The MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) onboard the Terra and Aqua satellites provides extensive temporal resolution data, capturing images twice daily, both during the day and at night. This high temporal resolution, then, makes MODIS an excellent resource for continuous monitoring. In detail, historical data from the Terra satellite is available since 2000, while Aqua has been providing data since 2002. Additionally, MODIS offers global coverage of 36 spectral bands, among which thermal infrared bands (TIR) at 1km spatial resolution are particularly used for surface temperature monitoring. MODIS resources can be accessed through NASA's Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS), the LAADS DAAC, and other NASA portals, ensuring consistent and reliable data for environmental monitoring and analysis.

For calculating surface temperature, the split-window algorithm is commonly used (Wan 1996):

$$LST = T_{31} + a(T_{31} - T_{32}) + b + c(T_{31} - T_{32})^2 \quad (6)$$

Where:

- LST is the Land Surface Temperature (Kevil degree).
- T_{31} and T_{32} are the brightness temperatures in MODIS Bands 31 (10.78–11.28 μm) and 32 (11.77–12.27 μm), respectively.
- a, b, c are coefficients derived from regression analysis based on atmospheric condition.

2.2.2. Landsat thermal bands

The Landsat program, which includes multiple satellites such as Landsat 5, 7, 8, and 9, provides medium-resolution data with a 16-day revisit cycle. Landsat 5 operated from 1984 to 2013, while Landsat 7 has been providing data since 1999, despite experiencing data gaps due to the Scan Line Corrector (SLC) failure in 2003. Landsat 8 has been operational since 2013, and Landsat 9 was launched in 2021.The program's data spans from 1972 to the present, offering a rich historical archive.. Data from the Landsat program can be acquired via the USGS Earth Explorer, GloVis, and NASA Earthdata portals, providing

essential information for a wide range of applications, from environmental monitoring to urban planning.

Thermal bands provided by Landsat at different time scale are various in spatial resolutions and wavelengths. Landsat 5 and 7 offer one thermal band which is band 6 (10.40–12.50 µm) at 120 m and 60 m resolution, respectively. Otherwise, Landsat 8 and 9 provide two thermal bands which are band 10 (10.60–11.19 µm) and Band 11 (11.50–12.51 µm) at 100 m resolution. The variation of spatial resolution is one of the constraints of using Landsat archive in research adding one more step to harmonize the scale for data.

In general, LST is calculated base the radiative transfer equation (Du 2015):

$$\text{LST}=\frac{BT}{1+\left(B10*\frac{BT}{\rho}\right)\ln(\varepsilon)} \quad (7)$$

Where:

- LST is the Land Surface Temperature (Kevil degree).
- BT is the brightness temperature.
- B10 the wavelength of emitted radiance (10.9 µm for Band 10).
- ρ= h·c/σ (1.438 \times 10^-2 m·K, with h as Planck's constant, c as the speed of light, and σ as the Boltzmann constant).
- ϵ is the surface emissivity.

2.3. Proposed workflow for building and training LSTM for SST prediction

Since, SST is a critical parameter in climate monitoring, oceanography and meteorology. For accurate prediction with the LSTM, it is necessary to provide a sufficient number of recorded observation, and auxiliary data, such as wind speed and sea level pressure for creating a long-time and various dependencies. Satellite images provide comprehensive and continuous data for SST monitoring. Other data need to be collected regarding timestamps for synchronizing. Below is our proposed workflow for MODIS data, this subject could change regarding different type of input and how sufficient and adequate auxiliary data are able to be acquired. Detailed architecture of LSTMs will be discussed in the future when data are completely processed.

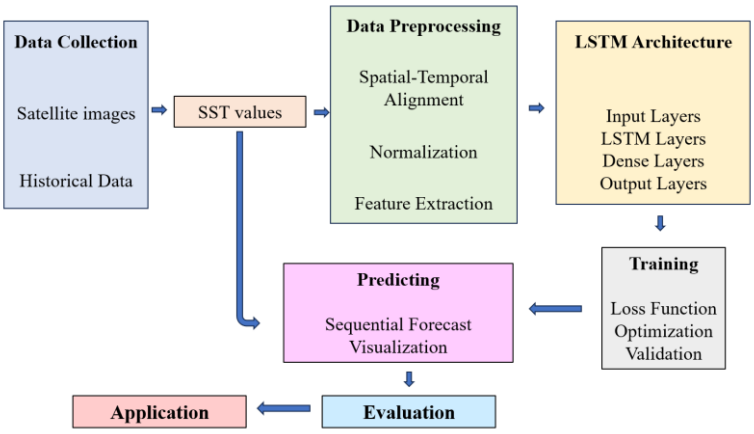


Figure 3. Our proposed workflow

3. Prelimnary results and discussion

In the project, we investigated in learning the changes and predicting the SST along the coastal area of Vietnam during the observed time of 2021 to 2024 due our limtation of accessing datatset and the prolonged process time of equiment constrains. The area is defined as an extention from 103 to 116.5 degrees East logitude and 6 to 23 degrees North latitude covering entirely the Vietnames territorial border including Hoang Sa and Truong Sa islands.

Currently, we have conducted the sea surface temperature of each day from 2004 to July 2024 covering more 20 years of robustly historical data. However, we are still seeking for other types of records regarding auxiliary data of wind speeds, ENSO or tropical storms' occurences fulfill the list of dependencies for the model.

Figure 4, 5 and 6 below perform daily variation of the SST along Vietnames territorial border acquired in June 2022, June 2023 and June 2024 respectively. In general, the June average sea surface temperature (blue line in the graph) is around 32 Celcius degrees which is identically orange shade in the maps.

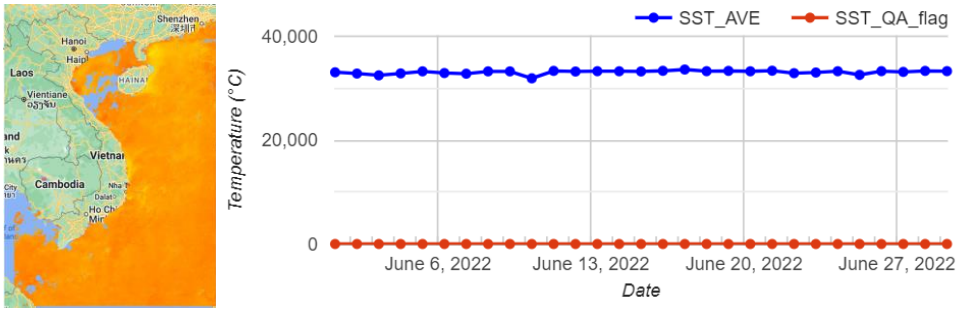


Figure 4. June 2022 sea surface temperature of our research area

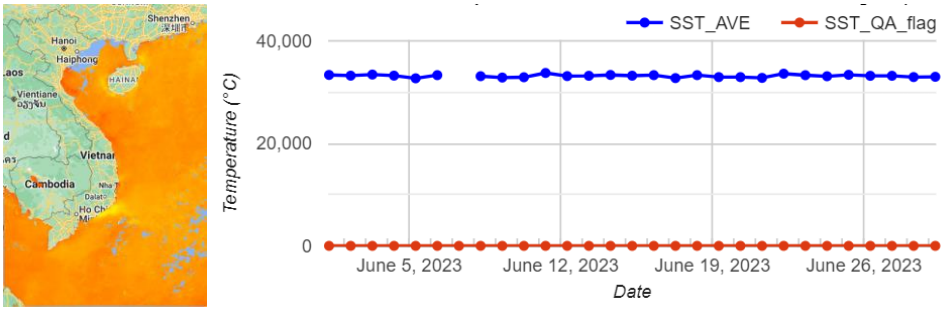


Figure 5. June 2023 sea surface temperature of our research area

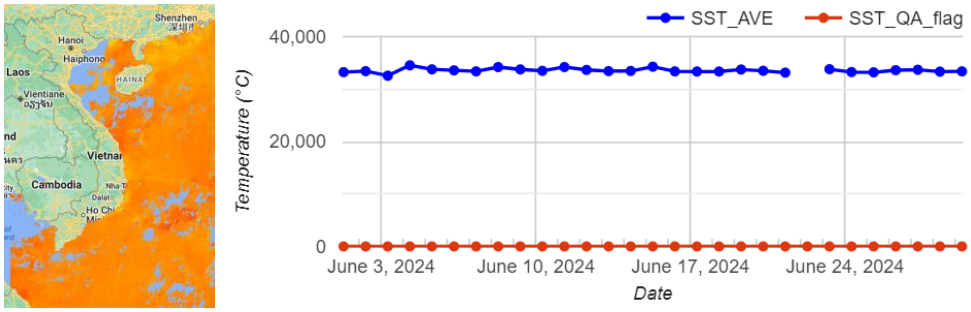


Figure 6. June 2024 sea surface temperature of our research area

4. Conclusion

In this study, we have done with acquiring and process data for the archive of almost 20 years MODIS sea surface temperature of our region of interest. Nevertheless, the process of predict SST patterns is quite complicated due to a large of amount of data and lacking records of dependencies. We are still in the search of identifying dependencies based on our availability of data resources. Future work could explore the integration of additional satellite data sources and the parameters for the architecture of our LSTM model, examine other deep learning model to further improve SST prediction accuracy. Additionally, real-time SST prediction systems could be developed to provide continuous monitoring and forecasting capabilities which mainly focuses on impact of SST on Vietnamese climate patterns.

Acknowledgements

We credit the sponsor from the research project T24-02 “Research on an integration of a Recurrent Neural Network – LSTM (Long Short-Term Memory) and USLE model in forecasting soil erosion”, at Hanoi University of Mining and Geology.

Figure 1 from “Sea Surface Temperature | National Marine Ecosystem Status (noaa.gov)”, and figure 2 from the website https://coralreefwatch.noaa.gov/product/5km/index_5km_sst-trend-7d.php under Copyright.

References

ClaraDeser, MichaelA.Alexander, Shang-PingXie, andAdamS.Phillips, 2010. "SeaSurfaceTemperature Variability:Patterns andMechanisms." *The Annual Review of Marine Science* (NCAR). doi:10.1146/annurev-marine-120408-151453.

Du, C., Ren, H., Qin, Q., Meng, J., Zhao, S., & Zhi, Y, 2015. "A practical split-window algorithm for estimating land surface temperature from Landsat 8 data. Remote Sensing." *Remote Sensing* (MDPI) 7 (1): 647-665.

Gordon, W. A, 1973. "Marine Life and Ocean Surface Currents in the Cretaceous." *The Journal of Geology* 81 (3). doi:https://doi.org/10.1086/627870.

H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.). 2019. *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate.* Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/12/SROCC_FullReport_FINAL.pdf.

Hochreiter, S., & Schmidhuber. J, 1997. "Long short-term memory." *Neural Computation* 9 (8): 1735-1780.

Liu, Y., et al, 2017. "Spatiotemporal prediction of sea surface temperature using deep learning models." *Remote Sensing* 9 (12): 1309.

Minkyu Kim, Hyun Yang and Jonghwa Kim, 2020. "Sea Surface Temperature and High Water Temperature Occurrence Prediction Using a Long Short-Term Memory Model." *Remote Sening* (MDPI) 12 (21): 1-21. doi:10.3390/rs12213654.

Nan Chen, Sulian Thual, Shineng Hu, 2019. "El Niño and the Southern Oscillation: Observation." *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences.* doi:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11766-X.

NASA. n.d. *World of Change: El Niño, La Niña, and Rainfall.* https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/ENSO.

NOAA. n.d. *Sea Surface Temperature.* https://ecowatch.noaa.gov/thematic/sea-surface-temperature.

Qiao, Baiyou, Zhongqiang Wu, Zhong Tang, and Gang Wu, 2022. "Sea Surface Temperature Prediction Approach Based on 3D CNN and LSTM with Attention Mechanism." *2022 24th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)* (IEEE) 342-347. doi:10.23919/ICACT53585.2022.9728889.

Saxena, Aditya, Rishabh Chauhan, Devansh Chauhan, and Garima Aggarwal, 2023. "Time Series Prediction of Sea Surface Temperature Using LSTM." *023 13th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence)* (IEEE) 458-461. doi:10.1109/Confluence56041.2023.10048855.

Wan, Z., & Dozier, J, 1996. "A generalized split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from space." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 34 (4): 892-905.

Ye, Xin, Huazhong Ren, Jinshun Zhu, Hui Zeng, Baozhen Wang, He Huang, and Wenjie Fan, 2022. "Land Surface Temperature Retrieval Based on Thermal Infrared Channel Decomposed Split-Window Algorithm." *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 15: 4971-4979. doi:10.1109/JSTARS.2022.3181505.

TÓM TẮT

Nâng cao khả năng dự đoán nhiệt độ bề mặt nước theo thời gian bằng mô hình LSTM

Trần Thị Hòa[1], Trần Thanh Hà[2], Nguyễn Thị Mai Dung[1], Trần Thị Ngọc[3]

[1]Trường Đại học Mỏ -Địa chất

Nhiệt độ bề mặt nước biển (SST) là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến sự điều hòa khí hậu Trái Đất, các hệ sinh thái, các nền kinh tế và xã hội của con người. Công tác giám sát và dự đoán xu hướng và hình thái của SST là điều cần thiết để giảm thiểu các tác động của sự biến đổi khí hậu và đảm bảo tính bền vững của môi trường biển và cả ở trên cạn. Các dữ liệu hay bản ghi về nhiệt độ là nguồn tư liệu để truy xuất trực tiếp và xây dựng các mô hình học sâu trong dự đoán thay đổi nhiệt độ nước biển. Tuy nhiên, để nâng cao khả năng dự đoán từ nguồn dữ liệu đó, một số yếu tố cần phải xem xét kỹ càng, ví dụ như : xu hướng, thời kì hoặc các yếu tố khí hậu (thời tiết, dòng hải lưu hay các dao động đại dương). Nghiên cứu này đề xuất ứng dụng mạng nơ-ron hồi quy – bộ nhớ dài hạn – ngắn hạn (LSTM) để nâng cao khả năng dự đoán SST theo chuỗi thời gian bằng cách ngăn ngừa vấn đề chung của một số mô hình hồi quy là sự mất mát các mối quan hệ giữa các dữ liệu đầu vào theo thời gian để xử lý các dữ kiện dài hạn. Dữ liệu đầu vào là kênh nhiệt của các vệ tinh Landsat và MODIS để thiết lập và lựa chọn dữ liệu mẫu để huấn luyện mô hình LSTM. Kết quả dự kiến sẽ cung cấp một kiến trúc hiệu quả của mô hình dự đoán SST dựa trên cơ chế của LSTM.

Từ khóa: Landsat; MODIS; LSTM; SST; kênh nhiệt

Ứng dụng công nghệ dữ liệu lớn (Big data) trong lưu trữ dữ liệu thăm dò và khai thác dầu khí

Đặng Văn Nam[1*], Nông Thị Oanh[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Dầu khí còn được ví như là "Vàng đen", là một trong những nguồn tài nguyên thiên nhiên quan trọng. Để có thể tìm kiếm, thăm dò, đánh giá trữ lượng, sản lượng dầu khí cần sử dụng nhiều phương pháp, kỹ thuật và thiết bị khác nhau nhằm thu thập được các dữ liệu liên quan. Dữ liệu thu thập càng đầy đủ và chi tiết thì độ chính xác của việc minh giải tài liệu, xác định cấu trúc địa chất, tính toán sản lượng, trữ lượng càng đáng tin cậy. Dữ liệu tìm kiếm, thăm dò dầu khí rất đa dạng từ các dữ liệu địa chất, dữ liệu địa chấn, tới dữ liệu địa vật lý giếng khoan, dữ liệu mẫu lõi khoan…, bao gồm cả các dữ liệu có cấu trúc và không cấu trúc; hơn nữa khối lượng thu thập được là rất lớn. Trong bài báo này, nhóm tác giả đã thực hiện nghiên cứu và ứng dụng công nghệ Dữ liệu lớn (Big Data), là một trong những trụ cột của cuộc Cách mạng 4.0 trong xây dựng nền tảng lưu trữ dữ liệu thăm dò và khai thác dầu khí. Với việc sử dụng nền tảng Dữ liệu lớn sẽ giúp giải quyết các vấn đề về dung lượng lưu trữ, tốc độ xử lý, tính sẵn sàng và độ an toàn của dữ liệu. Apache Hadoop là một trong những công nghệ mã nguồn mở, mạnh mẽ và nổi bật trong việc lưu trữ dữ liệu lớn hiện nay sẽ được nhóm tác giả tìm hiểu, thiết kế và triển khai để xây dựng được cụm máy phân tán phục vụ việc lưu trữ dữ liệu thăm dò và khai thác dầu khí.

Từ khóa: dữ liệu lớn; Hadoop; dầu khí

1. Đặt vấn đề

Dầu khí là một trong những nguồn tài nguyên thiên nhiên quan trọng, sản lượng khai thác dầu khí hàng năm ở nước ta đóng góp khoảng 20% vào nguồn thu ngân sách Nhà nước. Theo ước tính, Việt Nam có trữ lượng dầu mỏ đứng thứ 2 Đông Nam Á, thứ 28 thế giới. Do đó, các hoạt động tìm kiếm, thăm dò và khai thác dầu khí sẽ tiếp tục được đầu tư và phát triển mạnh mẽ. Quá trình tìm kiếm, thăm dò và khai thác dầu khí đã tạo ra một lượng dữ liệu rất lớn. Một số loại dữ liệu cơ bản như Dữ liệu địa vật lý giếng khoan; Dữ liệu địa chấn; Dữ liệu mẫu lõi khoan, dữ liệu khai thác… các loại dữ liệu này rất đa dạng, phức tạp và có dung lượng lớn, bao gồm cả dữ liệu có cấu trúc (Structured data) và không có cấu trúc (Unstructured data). Theo nghiên cứu của Tập đoàn Giám định DNV GL (Na Uy), nếu các tập đoàn dầu khí có thể xử lý, phân tích và hiểu được tất cả lượng dữ liệu mà họ có, hiệu quả hoạt động sẽ tăng tới 20%. Trí tuệ nhân tạo (AI), Dữ liệu lớn (Big Data), Internet kết nối vạn vật (IoT), Điện toán đám mây (Computing cloud)…là những trụ cột của cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ 4. Việc nghiên cứu, ứng dụng các công nghệ này đã và đang mang lại những hiệu quả to lớn trong nhiều lĩnh vực, trong đó có lĩnh vực thăm dò, khai thác dầu khí. Các chuyên gia về dầu mỏ và khí đốt đều cho rằng, dữ liệu lớn và phân tích dữ liệu lớn sẽ là công nghệ có ảnh hưởng lớn nhất đến ngành dầu khí trong những năm tới.

Ứng dụng công nghệ Dữ liệu lớn trong lĩnh vực dầu khí nói chung và trong giai đoạn tìm kiếm, thăm dò nói riêng đang phát triển mạnh mẽ, trở thành một xu hướng công nghệ, mang lại nhiều giá trị to lớn trong những năm gần đây (Mehdi Mohammadpoor, 2018). Phân tích dữ liệu lớn giúp xác định vị trí giếng khoan tối ưu hơn, đảm bảo các thiết bị, máy móc sử dụng trong thăm dò, khai thác hoạt động bình thường, hạn chế thấp nhất thời gian phải ngừng hoạt động do hỏng hóc hay sai sót; mô hình hóa và trực quan hóa các dữ liệu liên quan một cách dễ hiểu, dễ tiếp cận đối với các nhà quản lý, cho phép họ ra các quyết định nhanh hơn và hiệu quả hơn…Không ai có thể phủ nhận được tầm quan trọng và lợi ích của Dữ liệu lớn đang mang lại. Tuy nhiên, để ứng dụng và khai thác được dữ liệu lớn trong thực tế gặp rất nhiều các thách thức từ chi phí tới hạ tầng thiết bị, công nghệ và kỹ thuật (Konstantinos Vassakis và nnk, 2018).

Trong bài báo này, nhóm tác giả sẽ nghiên cứu việc ứng dụng công nghệ dữ liệu lớn trong lưu trữ và xử lý các loại dữ liệu thu thập được trong quá trình thăm dò, khai thác dầu khí. Một số loại dữ liệu cơ bản như:

* *Tác giả liên hệ*
Email: dangvannam@humg.edu.vn

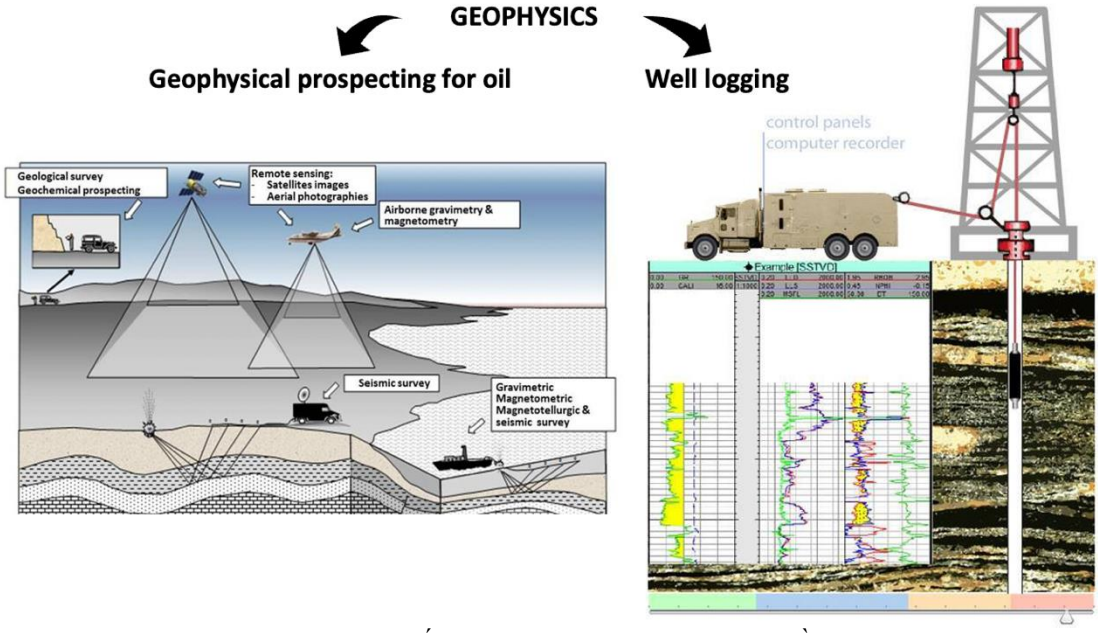
Dữ liệu nhật ký giếng khoan, dữ liệu địa chấn, dữ liệu mẫu lõi khoan, dữ liệu khai thác… các loại dữ liệu này rất đa dạng, phức tạp và có dung lượng lớn, bao gồm cả dữ liệu có cấu trúc (Structured data) và không có cấu trúc (Unstructured data) sẽ được trình bày trong phần 2. Cũng trong phần này, sẽ trình bày tổng quan về dữ liệu lớn và các công nghệ mạnh mẽ trong việc triển khai các ứng dụng dữ liệu lớn hiện nay như Apache Hadoop, MongoDB, Apache Spark, Hbase,... Trong phần cuối của bài báo, nhóm tác giả sẽ tiến hành thiết kế và xây dựng một cụm các máy tính theo kiến trúc phân tán để lưu trữ dữ liệu thăm dò, khai thác dầu khí trên nền tảng Hadoop và xây dựng giao diện người dùng hỗ trợ quản lý và truy xuất các dữ liệu này một cách dễ dàng, trực quan.

2. Cơ sở lý thuyết và nền tảng công nghệ sử dụng

2.1. Một số loại dữ liệu cơ bản trong thăm dò, khai thác dầu khí

Để có thể tìm kiếm, thăm dò dầu khí cần sử dụng nhiều phương pháp, kỹ thuật khác nhau. Một số phương pháp thăm dò dầu khí chính được mình hoạ trong hình 1. Các phương pháp này sẽ tiến hành khảo sát tại khu vực nghiên cứu để thu thập các dữ liệu liên quan từ đó tiến hành xử lý, phân tích, mô hình hoá…nhằm tìm kiếm, thăm dò, khai thác khoáng sản có ích, trong đó có dầu, khí. Có rất nhiều loại dữ liệu khác nhau thu thập được trong quá trình tìm kiếm, thăm dò và khai thác dầu khí như:

- ✓ Dữ liệu nhật ký giếng khoan (Well logs)
- ✓ Dữ liệu mẫu lõi khoan (Core data)
- ✓ Dữ liệu địa chấn (Seismic data)
- ✓ Dữ liệu địa chất (Geological data)
- ✓ Dữ liệu khai thác (Production data)
- ✓ Dữ liệu cảm biến (Sensor Data)
- ✓ Dữ liệu hình ảnh, sơ đồ, bản vẽ…



Hình 1. Một số dữ liệu trong quá trình thăm dò dầu khí

Dữ liệu nhật ký giếng khoan (Well logs): được thu thập từ phương pháp địa vật lý giếng khoan là một trong những loại dữ liệu quan trọng hàng đầu. Từ dữ liệu này sẽ tiến hành phân tích để xác định các thành phần vật chất, xây dựng lát cắt địa chất ở thành giếng khoan, xác định trạng thái kỹ thuật và độ ổn định của công trình, đánh giá hiệu suất khai thác của giếng....Nên việc việc nghiên cứu, phân tích và xử lý dữ liệu nhật ký giếng khoan là yêu cầu bắt buộc (Hoàng Văn Quý và nnk, 2018). Các dữ liệu Well logs được thu thập bằng nhiều phương pháp như: Phương pháp đo điện trở suất; phương pháp cảm ứng; phương pháp siêu âm, phương pháp phóng xạ…Dữ liệu Well logs được lưu trữ trong các file LAS, DLIS, LIS. Trong đó, LAS (Log ASCII Standard) là một chuẩn được sử dụng để lưu trữ dữ liệu Well logs rất phổ biến. LAS có 3 phiên bản là LAS 1.2 (1990), LAS 2.0 (1992) và LAS 3.0 (1999), trong đó phiên bản LAS 2.0 là phổ biến nhất.

Dữ liệu địa chấn (Seismic data): là dữ liệu được thu thập thông qua các phương pháp thăm dò địa chấn. Dữ liệu địa chấn đóng vai trò quan trọng trong việc nghiên cứu cấu tạo sâu của vỏ trái đất. Các dữ liệu địa chấn sau khi được xử lý và phân tích sẽ tạo ra các lát cắt địa chất, các bản đồ địa chấn và các thông tin khác,

phản ánh đặc điểm hình thái và bản chất môi trường vùng nghiên cứu (Mai Thanh Tân, 2007). Trong công tác tìm kiếm thăm dò dầu mỏ và khí đốt, dữ liệu địa chấn có vai trò đặc biệt quan trọng, có nhiều loại dữ liệu địa chấn phổ biến như địa chấn 2D, 3D, 4D. Dữ liệu địa chấn được lưu trữ ở dạng nhị phân thành từng file theo chuẩn SEG-Y, đây là một chuẩn lưu trữ dữ liệu địa chấn công bố năm 2002. Dữ liệu địa chấn có đặc điểm là dung lượng rất lớn, mỗi một file riêng lẻ có thể lên tới hàng Gigabyte; việc đọc và phân tích cần có những phần mềm chuyên dụng.

Dữ liệu mẫu lõi khoan (Core data): là dữ liệu thu được khi phân tích các mẫu lõi khoan tại phòng thí nghiệm trong quá trình khoan thăm dò. Dữ liệu mẫu lõi khoan có độ chính xác cao tuy nhiên do giá thành để phân tích lớn nên số lượng có hạn và không liên tục. Dữ liệu mẫu lõi khoan cho biết chính xác độ rỗng, độ thấm, thành phần đất đá….của mẫu phân tích, các kết quả này có thể được lưu trữ dạng file Text, CSV, Excel.

Dữ liệu khai thác (Production data): là dữ liệu thu thập trong quá trình các giếng khai thác hoạt động, thông qua các cảm biến đầu giếng để ghi nhận các thông số như nhiệt độ, áp suất, lưu lượng khai thác…dữ liệu được ghi nhận theo một đơn vị thời gian nhất định; thường có dạng chuỗi thời gian (Time series data). Dữ liệu khai thác có thể được lưu trữ trong các file dạng CSV, Excel hoặc trong cơ sở dữ liệu.

2.2. Dữ liệu lớn và các công nghệ sử dụng cho dữ liệu lớn

2.2.1. Tổng quan về dữ liệu lớn

Sự bùng nổ về dữ liệu đang được thể hiện rất rõ trong những năm gần đây; Thuật ngữ "Dữ liệu không bao giờ ngủ - Data never sleep" đã không còn xa lạ. Lượng dữ liệu được tạo ra trong 2 năm gần đây bằng toàn bộ dữ liệu được tạo ra trước đó. Theo ước tính, đến năm 2025, sẽ có 463 Exabytes dữ liệu sẽ được sinh ra mỗi ngày, và dự kiến đạt 180 Zettabyte. Khi nói tới dữ liệu lớn là nói tới khối lượng lớn dữ liệu, bao gồm cả dữ liệu có cấu trúc và không có cấu trúc mà chúng ta đang tạo ra và đối mặt hàng ngày. Thuật ngữ "Dữ liệu lớn" là thuật ngữ được sử dụng cho tập hợp các dữ liệu quá lớn và phức tạp khiến cho việc xử lý các dữ liệu này trở nên khó khăn khi sử dụng các kỹ thuật truyền thống. Dữ liệu lớn thường được xác định thông qua mô hình 5V (Ishwarappa, J. Anuradha, 2015) bao gồm:

- **Volume (Dung lượng):** Đây là đặc tính đầu tiên và phổ biến nhất của dữ liệu lớn, đặc tính này cho biết độ lớn của dữ liệu được sinh ra.
- **Velocity (Tốc độ):** Không chỉ có rất nhiều nguồn sinh dữ liệu khác nhau từ các thiết bị, máy móc, con người mà mà tốc độ sinh dữ liệu cũng tăng lên liên tục. Khía cạnh tốc độ trong dữ liệu lớn bên cạnh quan tâm tới tốc độ sinh dữ liệu còn là tốc độ truyền dữ liệu.
- **Variety (Đa dạng):** Dữ liệu tồn tại ở nhiều định dạng khác nhau từ dữ liệu có cấu trúc, dữ liệu số trong các cơ sở dữ liệu truyền thống, cho đến các tài liệu văn bản không có cấu trúc, email, âm thanh, hình ảnh, các giao dịch tài chính...
- **Veracity (Chính xác):** Đặc tính này đề cập tới độ tin cậy của dữ liệu thu thập được từ các nguồn khác nhau, giúp ta hiểu rõ hơn về các rủi ro của các phân tích và các quyết định đưa ra dựa trên một tập dữ liệu cụ thể.
- **Value (Giá trị):** Đây là đặc trưng được coi là quan trọng nhất của dữ liệu lớn. Nó đề cập tới những tri thức (insights), giá trị có thể trích rút ra được từ dữ liệu. Dữ liệu lớn sẽ không có ý nghĩa gì nếu chúng ta không chuyển được chúng thành những thứ có giá trị.

Ngày nay, thị trường công nghệ về dữ liệu lớn liên tục phát triển. Mọi khía cạnh trong đời sống của chúng ta đều sẽ bị ảnh hưởng bởi dữ liệu lớn. Việc thu thập, lưu trữ và phân tích dữ liệu lớn để phát hiện ra các tri thức tiềm ẩn bên trong dữ liệu là rất quan trọng, giúp hỗ trợ quá trình ra quyết định mang lại nhiều giá trị to lớn. Ngoài mô hình 5V như ở trên, các nhà nghiên cứu hiện nay còn đề xuất các mô hình 10V, 14V để đề cấp tới nhiều đặc trưng và bao quát hơn của Dữ liệu lớn.

2.2.2. Các nền tảng công nghệ và công cụ cho dữ liệu lớn

Có rất nhiều công nghệ và công cụ được sử dụng để xây dựng và vận hành một hệ thống dữ liệu lớn, dưới đây chúng tôi trình bày một số nền tảng chính, được sử dụng phổ biến hiện nay bao gồm:

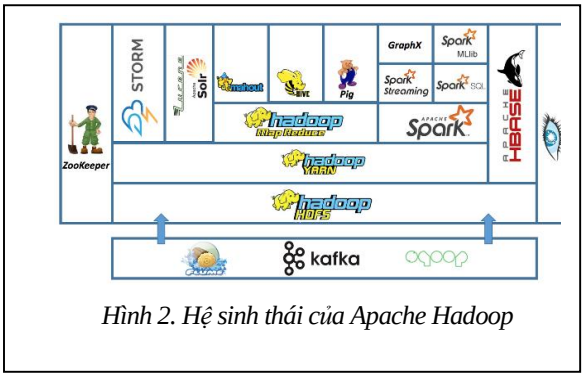
Apache Hadoop

Apache Hadoop là một framework mã nguồn mở viết bằng Java cho phép phát triển các ứng dụng phân tán. Nó được thiết kế để mở rộng quy mô tới hàng ngàn máy tính khác nhau trong một cụm. Apache Hadoop được thiết kế theo kiến trúc chủ - khách (Master – Slave) bao gồm một nút chủ (Namenode) và nhiều nút khách (Datanode). Chức năng của Namenode là gán tác vụ cho nhiều nút khách khác nhau, lưu trữ siêu dữ liệu và quản lý tài nguyên.

Các Datanode lưu trữ dữ liệu thực và thực hiện các tính toán.

Hệ sinh thái của Hadoop bao gồm nhiều thành phần khác nhau từ thu thập cho tới lưu trữ và phân tích một lượng dữ liệu lớn tính bằng Petabytes (Hình 2). Trong đó, hai thành phần chính của Hadoop bao gồm: Hệ thống file phân tán (Hadoop Distributed File System – HDFS), đây là phần lõi và là xương sống của hệ sinh thái Hadoop, có khả năng lưu trữ các bộ dữ liệu lớn với nhiều định dạng. Dữ liệu được lưu trữ trên các

Datanode và sẽ được sao lưu, nhân bản trên các Datanode khác nhau để làm tăng khả năng chịu lỗi của hệ thống. MapReduce và Spark là nền tảng xử lý và tính toán dữ liệu phân tán. Nó cho phép thực hiện các tính toán ở kích cỡ lớn một cách dễ dàng (Piyush Sewal, Hari Singh 2021).



Hình 2. Hệ sinh thái của Apache Hadoop

Apache Spark

Apache Spark là một dự án xử lý dữ liệu phân tán mã nguồn mở. Spark cho phép xử lý dữ liệu lớn với tốc độ nhanh hơn MapReduce tới 100 lần, hỗ trợ xử lý nhiều định dạng và nguồn dữ liệu, đồng thời tích hợp nhiều bộ thư viện mạnh mẽ để xử lý dữ liệu (Carol McDonald, 2018). Apache Spark có 5 thành phần chính, bao gồm: Spark Core, Spark SQL, Spark Streaming, MLLib, GraphX. Apache Spark rất linh hoạt, nó cung cấp một nền tảng hợp nhất để xử lý dữ liệu và có thể sử dụng cho nhiều dạng xử lý khác nhau như xử lý theo lô, thực hiện các tương tác truy vấn, xử lý sử dụng các giải thuật học máy và xử lý thời gian thực. Nhờ tính dễ sử dụng nên Spark trở nên dễ dàng đối với các nhà khoa học dữ liệu, phân tích dữ liệu, lập trình viên. Spark hỗ trợ nhiều ngôn ngữ khác nhau như Java, Scale, Python, R vì thế người dùng có thể dễ dàng lựa chọn công cụ để phát triển các ứng dụng để giải quyết các bài toán xử lý dữ liệu có kích thước lớn

Apache HBase

Apache HBase là kho dữ liệu lớn phân tán, NoSQL, nguồn mở, cho phép truy cập ngẫu nhiên, hoàn toàn nhất quán, theo thời gian thực vào hàng petabyte dữ liệu. HBase tích hợp liền mạch với Apache Hadoop và hệ sinh thái Hadoop, đồng thời hoạt động dựa trên Hệ thống tệp phân tán Hadoop (HDFS) hoặc Amazon S3 sử dụng hệ thống tệp Amazon Elastic MapReduce (EMR) hay EMRFS. HBase là cơ sở dữ liệu phi quan hệ, hướng cột, có nghĩa là dữ liệu được lưu trữ trong các cột riêng lẻ và được lập chỉ mục bằng một khóa hàng đơn nhất. Kiến trúc này cho phép truy xuất nhanh chóng các hàng và cột riêng lẻ, cũng như quét hiệu quả qua các cột riêng lẻ trong một bảng. Cả dữ liệu và yêu cầu đều được phân phối trên tất cả các máy chủ trong một cụm HBase. Nhờ đó, có thể truy vấn kết quả trên hàng petabyte dữ liệu trong vài mili giây.

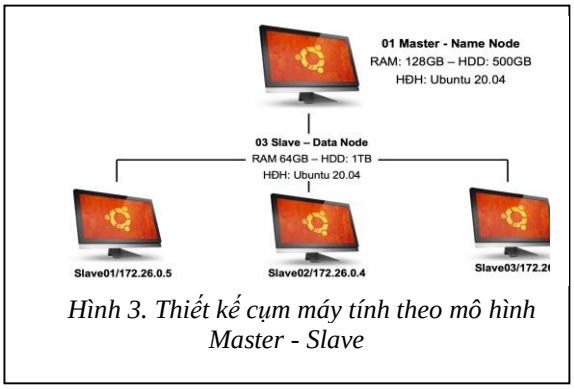
Mongo DB

MongoDB là một cơ sở dữ liệu NoSQL, một dạng cơ sở dữ liệu hướng tài liệu, được sử dụng để lưu trữ một lượng dữ liệu lớn. MongoDB không sử dụng cấu trúc dạng bảng như các cơ sở dữ liệu quan hệ, thay vào đó sẽ lưu trữ dưới dạng Document Json. Vì vậy, mỗi một collection sẽ có các kích cỡ và các document khác nhau. Bên cạnh đó, việc dữ liệu được lưu trữ trong document kiểu Json dẫn đến chúng được truy vấn rất nhanh.

3. Xây dựng nền tảng lưu trữ dữ liệu lớn

3.1. Thiết kế và triển khai cụm máy tính với Apache Hadoop để lưu trữ dữ liệu

Do điều kiện về hạ tầng và thiết bị có hạn, để thử nghiệm chúng tôi sử dụng một cụm 4 máy tính khác nhau để tạo thành một cụm theo mô hình Master-Slave trong đó: 01 máy tính đảm nhận vai trò Master, 03 máy tính đóng vai trò Slave. Các thông số cụ thể của cụm máy tính được mô tả như hình 3. Máy Master đảm nhận chức năng của một Namenode, không chứa dữ liệu thực mà chỉ chứa bảng tham chiếu tới địa chỉ chứa dữ liệu, lập lịch và quản lý tài nguyên vì thế cần ít bộ nhớ lưu trữ và các tài nguyên tính toán cao. Máy Slave đảm nhận chức năng của Datanode là nơi lưu trữ dữ liệu thực trong một môi trường phân tán.

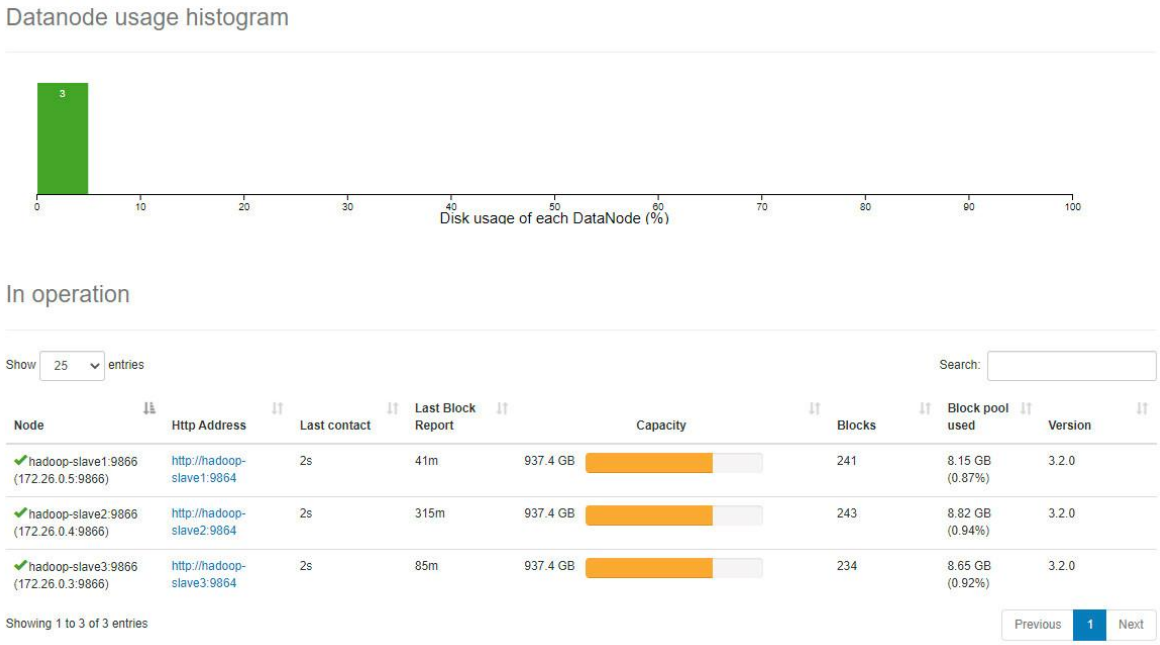


Hình 3. Thiết kế cụm máy tính theo mô hình Master - Slave

Sau khi thiết kế xong, triển khai cài đặt Hadoop trên các máy tính và cấu hình các tham số của hệ thống. Chúng tôi sử dụng phiên bản Apache Hadoop 3.2.0. Hệ thống đã được cài đặt và kết nối với nhau thành công, tạo được một nền tảng cho phép lưu trữ và xử lý một khối lượng lớn dữ liệu hàng Terabytes (hình 4).

Với kiến trúc lưu trữ HDFS, một file có kích thước lớn bất kỳ hàng Gigabytes dữ liệu khi lưu trữ trên hệ thống Hadoop sẽ được chia ra thành các khối (mặc định 128Mb trong phiên bản 3, người dùng có thể thiết lập kích thước khối cho phù hợp) và được lưu trữ như các đơn vị độc lập phân tán trên các Datanode của cụm. Việc lưu trữ dữ liệu dưới dạng các khối sẽ giải quyết được vấn đề khi cần lưu trữ một file có kích

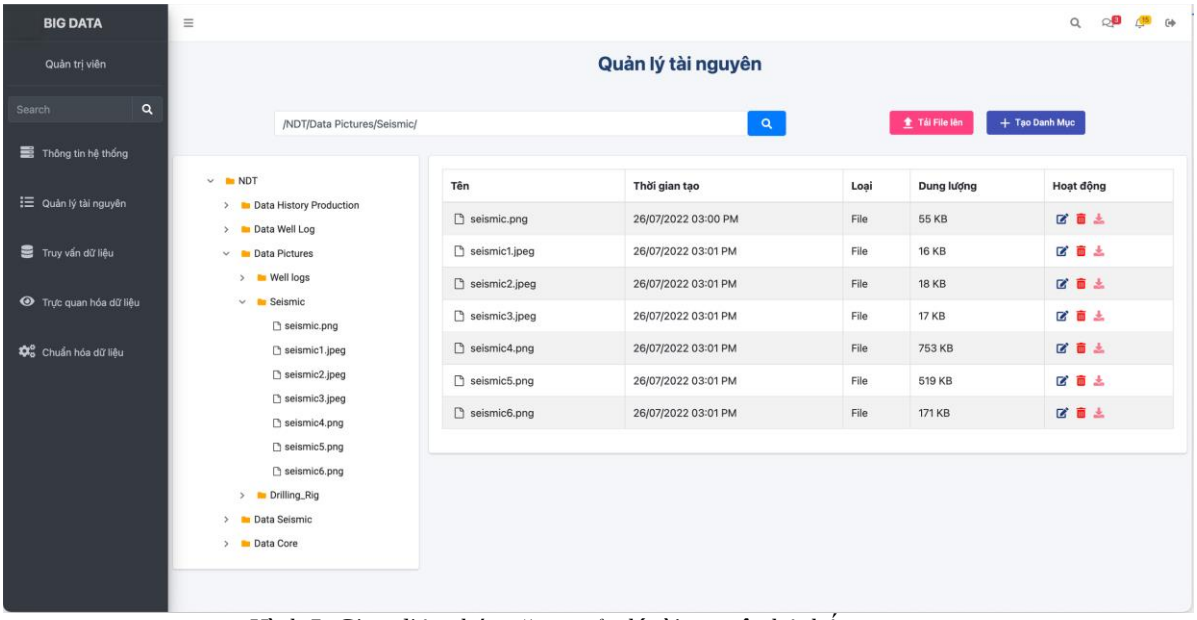
thước lớn, đồng thời nó giúp đơn giản hóa hệ thống lưu trữ, phù hợp với việc nhân bản dữ liệu để làm tăng khả năng chịu lỗi và tính sẵn sàng.



Hình 4. Thông tin các Datanode trong cụm

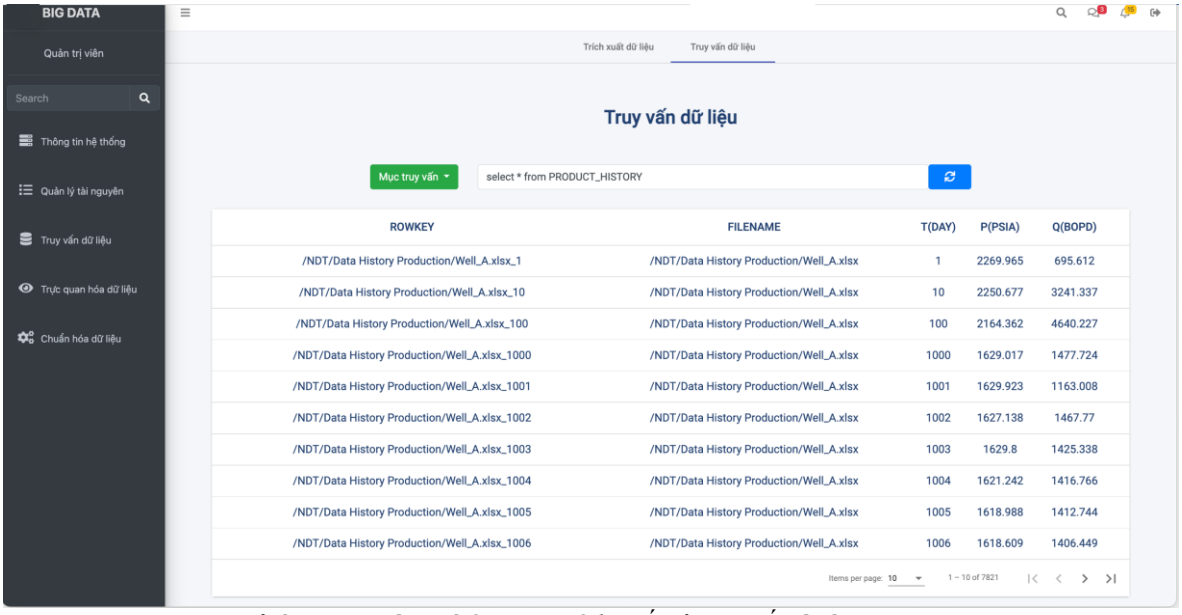
3.2. Xây dựng giao diện người dùng để quản lý và truy xuất dữ liệu

Việc quản lý và truy xuất dữ liệu trực tiếp từ Hadoop sẽ là khó khăn với đa số những người dùng thông thường, vì vậy để hỗ trợ người dùng một cách tối đa, chúng tôi tiến hành xây dựng hệ thống tương tác và quản lý với Hadoop. Hệ thống được xây dựng trên nền tảng web cho phép người dùng có thể truy cập và thao tác một cách nhanh chóng và thuận tiện. Thông qua giao diện đồ họa, người dùng có thể quản lý được các dữ liệu trên các máy phân tán như làm việc với một file dữ liệu duy nhất (hình 5).



Hình 5. Giao diện chức năng quản lý tài nguyên hệ thống

Với các dữ liệu có thể đưa về dạng có cấu trúc như dữ liệu nhật ký giếng khoan, dữ liệu khai thác… hệ thống cung cấp chức năng trích xuất dữ liệu cho phép đọc dữ liệu từ file .LAS, file Excel trên Hadoop sau đó đẩy dữ liệu vào Hbase lưu trữ dưới dạng bảng để thuận tiên cho việc truy vấn và xử lý dữ liệu về sau (hình 6).



Hình 6. Giao diện chức năng trích xuất và truy vấn dữ liệu

Ngoài ra hệ thống xây dựng cũng tích hợp chức năng trực quan hóa dữ liệu cho phép người dùng có thể xây dựng các biểu đồ, giúp người dùng quan sát dữ liệu một cách trực quan, dễ dàng (Hình 7).



Hình 7. Giao diện chức năng trực quan hóa dữ liệu

4. Kết luận

Trong bài báo này, nhóm tác giả đã tìm hiểu các loại dữ liệu chính được tạo ra và sử dụng trong quá trình thăm dò, khai thác dầu khí; đồng thời tiến hành khảo sát các công nghệ nền tảng để xây dựng và lưu trữ dữ liệu lớn. Từ việc tìm hiểu, khảo sát và nghiên cứu nhóm tác giả đã tiến hành thiết kế, cài đặt và xây dựng được một hệ thống lưu trữ và xử lý dữ liệu phân tán với nền tảng là Apache Hadoop, Apache Hbase. Một cụm máy bao gồm 01 máy chủ đóng vai trò là Namenode; 03 máy con đóng vai trò là Datanote đã được triển khai sử dụng Hadoop phiên bản 3.2.0 chạy trên hệ điều hành Ubuntu 20.04. Bên cạnh việc xây dựng cụm máy tính với các công cụ liên quan để cấu hình và vận hành hệ thống dữ liệu lớn, nghiên cứu cũng phát triển một ứng dụng chạy trên Web với nhiều chức năng từ quản lý, truy xuất đến trực quan hóa dữ liệu. Hệ thống phần mềm sẽ giúp người dùng tương tác tốt hơn với hệ sinh thái Apache Hadoop. Do tài nguyên có hạn nên cụm máy tính chúng tôi thiết kế và triển khai có số lượng máy tương đối nhỏ. Tuy nhiên việc mở rộng, bổ sung thêm các Datanote vào cụm là rất dễ dàng; người dùng có thể mở rộng thêm hàng trăm, thậm chí hàng nghìn Datanode mới vào hệ thống.

Tài liệu tham khảo

Mehdi Mohammadpoor, Farshid Torabi, 2018. *Big Data analytics in oil and gas industry: An emerging trend*, Petroleum, pp.321-324.

Konstantinos Vassakis, Emmanuel Petrakis and Ioannis Kopanakis, "*Big Data Analytics: Applications, Prospects and Challenges*", Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies 10, 2018.

Hoàng Văn Quý, Nguyễn Xuân Khá, Nguyễn Thị Hải Hà, 2018. *Địa vật lý giếng khoan*, NXB Đại học quốc gia TP Hồ Chí Minh.

Mai Thanh Tân, 2007. *Thăm dò địa chấn trong địa chất dầu khí*, NXB Giao thông vận tải.

Ishwarappa and J. Anuradha, 2015. "*A brief introduction on big data 5Vs characteristics and hadoop technology*", Procedia Comput. Sci, vol. 48, pp. 319-324.

Piyush Sewal, Hari Singh (2021). "*A Critical Analysis of Apache Hadoop and Spark for Big Data Processing*", International Conference on Signal Processing, Computing and Control (ISPCC) 6th, October 2021.

Carol McDonald, 2018. *Getting Started with Apache Spark from Inception to Production*, Ebook, MapR Technologies.

ABSTRACT

Applying big data technology in storing oil exploration and exploitation data

Dang Van Nam[1], Nong Thi Oanh[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

In this article, the author team will conduct research and application of big data technology, one of the pillars of the 4.0 Revolution in building a data storage platform for oil exploration and exploitation. Petroleum is also known as "black gold", one of the important natural resources. To search, explore, and evaluate oil and gas reserves and output, it is necessary to use many different methods, techniques, and equipment to collect relevant data. The more complete and detailed the data collected, the more reliable the accuracy in interpreting documents, determining geological structures, and calculating production and reserves. Oil and gas exploration data is very diverse from geological data, seismic data, well geophysical data, drill core sample data..., including structured and unstructured data; Furthermore, the volume collected is huge. Using a big data platform will help solve problems of storage capacity, processing speed, data availability and safety. Apache Hadoop is one of the most powerful and prominent open source technologies for large data storage today that will be researched, designed and deployed by the author team to build an oil and gas data storage platform.

Keywords: big data; oil and gas; Hadoop

Trực quan hóa trong vòng đời phát triển phần mềm

Nguyễn Thị Hữu Phương[1,*]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Trong thời đại cách mạng công nghệ 4.0 hiện nay, phần mềm luôn đóng vai trò quan trọng và không thể thay thế. Phần mềm giúp con người đơn giản hóa và tự động hóa các thao tác, công việc và yêu cầu cần hoàn thành. Tuy nhiên, quy trình tạo ra phần mềm không phải lúc nào cũng dễ dàng và bằng phẳng. Để tạo ra phần mềm cần sự tham gia của nhiều người, nhiều công cụ và nhiều giai đoạn. Nó đòi hỏi cần có kế hoạch cụ thể, rõ ràng, sự thực thi nhanh chóng và chính xác. Thêm vào đó, nó cần phải tuân theo mô quy trình có cấu trúc bao gồm nhiều bước gọi là quy trình phát triển phần mềm. Điều quan trọng là ta cần điều hướng quy trình này một cách hiệu quả để có thể tạo ra được phần mềm thành công đúng với yêu cầu của người sử dụng. Trong bài báo này, tác giả sử dụng tcác phương pháp trực quan như tạo biểu đồ tổ chức, biểu đồ thiết kế, quy trình thực hiện phần mềm, lược đồ Gantt…, để làm đơn giản hóa các bước, công việc phức tạp cần thực hiện để tạo ra phần mềm, nhằm giúp chúng ta có cái nhìn trực quan hơn, sáng tỏ hơn về sự phức tạp của phần mềm, đồng thời nâng cao sự hiểu biết để từ đó dễ dàng ra quyết định trong các bước của quy trình phát triển phần mềm.

Từ khóa: quy trình phát triển phần mềm; trực quan hóa; phần mềm; điều hướng quy trình phát triển phần mềm; công cụ trực quan

1. Đặt vấn đề

Phần mềm là tập hợp các dữ liệu hoặc các câu lệnh, khối lệnh nhằm hướng dẫn máy tính thực hiện các chỉ thị theo yêu cầu. Phần mềm máy tính là tất cả những thông tin được xử lý bởi hệ thống máy tính, chương trình và dữ liệu (Wikipedia, 2024). Phần mềm luôn có sự phức tạp nhất định khi sự phức tạp của mã nguồn, ngôn ngữ lập trình, cấu trúc dữ liệu và dữ liệu không dễ dàng có thể diễn giải và hiểu một cách nhanh chóng. Khi nói đến việc phát triển một phần mềm, việc ta tiếp cận các vấn đề một cách có cấu trúc là quan trọng để thành công. Phát triển một phần mềm, các nhà phát triển luôn cần lên kế hoạch các bước cần thực hiện, các công việc cần làm thật chính xác xuất phát từ yêu cầu của khách hàng. Đây là bước khởi đầu trong quy trình nhiều bước để phát triển phần mềm.

Quy trình phát triển phần mềm một quy trình hiệu quả về chi phí và thời gian mà các nhóm phát triển sử dụng để thiết kế và xây dựng phần mềm chất lượng cao. Mục tiêu của quy trình phát triển phần mềm là giảm thiểu rủi ro của dự án phần mềm thông qua việc lập kế hoạch trước để phần mềm đáp ứng mong đợi của khách hàng trong giai đoạn sản xuất và hơn thế nữa. Phương pháp này vạch ra một loạt các bước chia quy trình phát triển phần mềm thành các nhiệm vụ có thể chỉ định, hoàn thành và đo lường (AWS, 2024). Quá trình phát triển cần phải trải qua nhiều giai đoạn khác nhau khi các nhà phát triển thêm các chức năng mới và sửa lỗi trong phần mềm một cách liên tục nhằm có thể đáp ứng được yêu cầu từ phía của người dùng và khách hàng. Khi các dự án phát triển phần mềm càng có sự phát triển về quy mô và tính năng, nó sẽ càng phức tạp. Phân tích độ phức tạp của quy trình phát triển phần mềm và các số liệu về độ phức tạp của hệ thống có xu hướng tăng cao, dẫn đến những thách thức tiềm ẩn về khả năng hiểu, bảo trì và khả năng mở rộng của phần mềm. Các nhà phát triển và nhóm dự án phải vật lộn với các cấu trúc mã phức tạp, sự phụ thuộc lẫn nhau và nhu cầu cân bằng hiệu suất với khả năng bảo trì. Các số liệu phức tạp không được quản lý có thể dẫn đến chi phí phát triển cao hơn, thời gian tiếp thị lâu hơn và tăng khả năng xảy ra lỗi trong các hệ thống khác (Developers, 2024). Chính vì thế, quản lý tốt sự phức tạp của phần mềm và quy trình phát triển phần mềm chính là chìa khóa của sự thành công và khả năng bảo trì linh hoạt của dự án.

Trong nghiên cứu (Daniel Vadder, 2021) các tác giả đã chỉ ra rằng phần mềm luôn có sự phức tạp nhất định. Các chiến lược để ngăn chặn sự phức tạp bao gồm tránh, chia nhỏ, ghi lại và xem xét nó. Các kỹ

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthihuuphuong@humg.edu.vn

thuật để tránh sự phức tạp của phần mềm là tuân theo các phương pháp hay nhất về phong cách viết mã, chọn ngôn ngữ lập trình và định dạng tệp cũng như cài đặt phù hợp lên một quy trình làm việc tự động. Tài liệu tốt cần phải có tính đến quan điểm của các nhà khoa học, người dùng và nhà phát triển. Đánh giá mã là một cách hiệu quả để kiểm tra lỗi và có thể được sử dụng cùng với các phương pháp thủ công hoặc kiểm tra đơn vị và tích hợp tự động. Trong bài báo trên LinkedIn, tác giả Naveen Nagi đã chỉ ra phát triển phần mềm giống như điêu khắc trong lĩnh vực kỹ thuật số, tạo ra các cấu trúc và hệ thống phức tạp phục vụ nhiều mục đích khác nhau và thách thức mà chúng ta gặp phải đó chính là sự phức tạp. Tác giả đã chỉ ra bản chất nhiều mặt của độ phức tạp của phần mềm, khám phá sự phụ thuộc, không rõ ràng, các hệ thống đan xen, sự thay đổi liên tục góp phần tạo ra sự phức tạp của phần mềm như thế nào. Hiểu rõ được sự phức tạp này, chúng ta dễ dàng có chiến lược để hạn chế sự phức tạp và tạo ra phần mềm dễ bảo trì và dễ hiểu hơn (Negi, 2023). Bài báo tại Hội nghị Conference 17 (Fernando Padoan, 2017) đã đưa ra kết luận về sự hiệu quả của công cụ trực quan trong đơn giản hóa sự phức tạp của quy trình phát triển phần mềm dựa trên những câu hỏi được đặt ra cho những nhà phát triển phần mềm sử dụng công cụ trực quan và không sử dụng công cụ trực quan vào các quy trình phát triển của mình. Hiểu mã và các yêu cầu hệ thống phần mềm liên quan là những khía cạnh then chốt của quá trình phát triển phần mềm. Nó có giá trị lưu ý rằng các nhà phát triển dành một phần đáng kể thời gian của họ để xem xét và khắc phục sự cố mã hiện có (Fernando Padoan, 2017). Các công cụ và phương pháp trực quan không chỉ làm sáng tỏ sự phức tạp của việc phát triển phần mềm mà còn nâng cao sự hiểu biết và ra quyết định trong tất cả các giai đoạn SDLC, từ phát triển đến triển khai. Những công cụ này cung cấp những hiểu biết sâu sắc độc đáo về cơ sở mã và động lực của nhóm, hỗ trợ các bên liên quan - nhà phát triển, người quản lý và lãnh đạo - trong việc cải thiện năng suất và nâng cao chất lượng sản phẩm bất cứ khi nào có thể (Jayaprakasam, 2024).

Ta có thể thấy, sự phức tạp của phần mềm và quy trình phát triển phần mềm là cố hữu, điều quan trọng ta cần lựa chọn và sử dụng công cụ thích hợp với phần mềm đang xây dựng. Để thực hiện được điều này, chúng ta cần phải hiểu về quy trình xây dựng và các công việc cần thực hiện trong từng bước của quy trình. Trong phần 2 và 3 của bài báo, tác giả tập trung vào tìm hiểu quy trình phát triển phần mềm, điều hướng quy trình phát triển và sử dụng công cụ trực quan trong điều hướng quy trình phát triển phần mềm.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vai trò của điều hướng quy trình phát triển phần mềm trong đơn giản hóa sự phức tạp của phần mềm

Bối cảnh phát triển phần mềm đã thay đổi đáng kể trong giai đoạn hiện nay, mở ra một kỷ nguyên mà các công cụ và phương pháp truyền thống không thể theo kịp sự phức tạp của môi trường phát triển phần mềm dựa trên nền tảng đám mây và hệ thống phân tán. Sự phức tạp đó là rất lớn. Đó là một thách thức cố hữu trong thời đại hiện nay khi phần mềm ngày càng phát triển. Do đó, quản lý độ phức tạp của phần mềm rất quan trọng đối với các nhà phát triển. Khi các ứng dụng phát triển, việc xử lý các cơ sở mã phức tạp trở nên cần thiết. Hợp lý hóa các quy trình này bằng thiết kế mô-đun và các công cụ gỡ lỗi nâng cao có thể giúp đảm bảo hiệu quả và độ tin cậy (Apple Magazine, 2024).

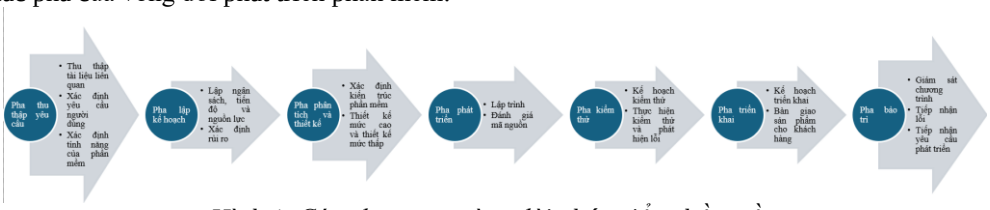
Phát triển phần mềm hiện đại phải đối mặt với thách thức liên tục trong việc quản lý sự phức tạp. Khi phần mềm phát triển cả về quy mô và chức năng, độ phức tạp của cơ sở mã có thể trở nên quá tải. Các nhà phát triển phải áp dụng các phương pháp thiết kế mô-đun và sử dụng các công cụ sửa lỗi nâng cao để duy trì hiệu quả và độ tin cậy. Những chiến lược này giúp chia nhỏ các hệ thống phức tạp thành các thành phần dễ quản lý hơn, tạo điều kiện cập nhật và bảo trì dễ dàng hơn (Apple Magazine, 2024).

Phát triển phần mềm là quá trình tạo và duy trì các ứng dụng phần mềm, bao gồm nhiều hoạt động khác nhau như lập kế hoạch, thiết kế, mã hóa, thử nghiệm và triển khai. (SDLC – Software Development Life Cycle) đóng vai trò là lộ trình cho quy trình phát triển phần mềm, đảm bảo rằng các nhóm phát triển tuân theo cách tiếp cận có hệ thống và tuân thủ các phương pháp hay nhất. Thành công của một dự án phát triển phần mềm phụ thuộc vào kỹ năng và chuyên môn của nhóm phát triển, quản lý dự án hiệu quả, phân tích yêu cầu kỹ lưỡng và tuân thủ mô hình SDLC đã chọn. Bằng cách tuân theo SDLC được xác định rõ ràng, các nhóm phát triển có thể quản lý tài nguyên hiệu quả, giảm thiểu rủi ro dự án và cung cấp các sản phẩm phần mềm chất lượng cao đúng thời gian và trong phạm vi ngân sách tới tay khách hàng (Moonello, 2024).

SDLC là một cách tiếp cận có hệ thống và có cấu trúc để phát triển các ứng dụng phần mềm. Nó cung cấp một khuôn khổ hướng dẫn toàn bộ quá trình phát triển phần mềm, từ ý tưởng ban đầu đến triển khai cuối cùng và bảo trì liên tục. Mục đích chính của SDLC là đảm bảo sự phát triển hiệu quả và hiệu quả của phần mềm chất lượng cao, đáp ứng nhu cầu và yêu cầu của người dùng (Soni, 2023). SDLC bao gồm các bước liên quan đến nhau, kết quả thực hiện của bước trước sẽ là đầu vào của bước kế tiếp, mỗi bước sẽ luôn có mục tiêu và nhiệm vụ cần hoàn thành cụ thể. SDLC hoạt động bằng cách chia quá trình phát triển phần mềm thành các giai đoạn riêng biệt, mỗi giai đoạn có bộ mục tiêu, hoạt động và sản phẩm bàn giao

riêng. Các giai đoạn này bao gồm lập kế hoạch, phân tích yêu cầu, thiết kế, phát triển, thử nghiệm, triển khai và bảo trì. Bằng cách tuân theo SDLC, các nhóm phát triển có thể quản lý dự án của mình một cách hiệu quả và giảm thiểu rủi ro thất bại của dự án (Moonello, 2024).

Việc điều hướng thành công SDLC giúp người quản lý dự án có thể dễ dàng theo dõi các mốc thời gian, nguồn lực và rủi ro một cách hiệu quả. Nó thúc đẩy sự hợp tác giữa các bên liên quan, chẳng hạn như nhà phát triển ứng dụng web, người quản lý dự án, nhóm đảm bảo chất lượng và người dùng cuối. Bằng cách tuân theo SDLC có cấu trúc, các tổ chức có thể giảm thiểu lỗi trong quá trình phát triển, cung cấp phần mềm đúng thời gian và trong phạm vi ngân sách, đồng thời duy trì tiêu chuẩn chất lượng cao trong suốt quá trình phát triển phần mềm (Soni, 2023). Trong hình 1 là các pha và công việc cần làm trong các pha của vòng đời phát triển phần mềm:

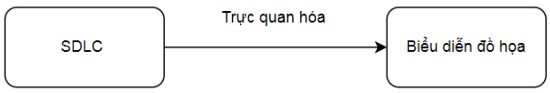


Hình 1. Các pha trong vòng đời phát triển phần mềm

Về mặt lý thuyết, các nhà quản lý dự án phần mềm chỉ cần định hướng nhóm phát triển theo các pha đã được lên kế hoạch từ trước. Họ sẽ cần tuân thủ theo đúng kế hoạch về phạm vi, thời gian và chi phí. Tuy nhiên, trong thực tế, khi áp dụng quy trình phát triển phần mềm vào dự án, đội ngũ phát triển sẽ gặp phải những khó khăn nhất định như trong giai đoạn thu thập yêu cầu điều khó khăn đó chính là giao tiếp với khách hàng và lập kế hoạch một cách chính xác. Trong khi đó, pha phát triển lại là sự giao tiếp giữa các thành viên trong nhóm, để có thể kết hợp được các thành viên có tính cách và cá tính khác nhau không phải là điều dễ. Hay trong giai đoạn hiện nay, khi có nhiều nhóm làm việc từ nhiều nơi khác nhau, nói chuyện và làm việc cùng nhau trở nên khó khăn hơn khi cần thiết phải đảm bảo các thành viên phải tuân theo các quy tắc giống nhau về mã hóa và giao tiếp đã trở nên cực kỳ quan trọng. Đây chính là lý do chúng ta hiểu tầm quan trọng của công việc theo định hướng quy trình và cần tuân thủ nguyên tắc của quy trình.

2.2. Trực quan hóa trong SDLC

Sự phức tạp là là vấn đề ta sẽ thường xuyên gặp phải trong việc phát triển các ứng dụng nâng cao. Sự phức tạp này thể hiện dưới nhiều hình thức khác nhau, từ các yêu cầu chức năng phức tạp đến những yêu cầu phi chức năng của phần mềm. Điều quan trọng đó chính là cần phải hiểu được những khía cạnh phức tạp này để ta có thể dễ dàng phân tích, chế ngự được sự phức tạp và tạo ra phần mềm một cách thành công.



Hình 2. Trực quan hóa trong SDLC

Trực quan hóa là một công cụ mạnh mẽ để chia nhỏ công việc phức tạp và làm cho nó dễ hiểu, dễ quan sát và dễ phân tích hơn. Trong quá trình phát triển phần mềm, trực quan hóa đóng vai trò quan trọng trong việc giúp người quản lý dự án đưa ra quyết định một cách nhanh chóng. Bằng cách trực quan hóa các số liệu, các xu hướng và chỉ số hiệu suất, nhà phát triển có thể đánh giá các tác động vào của công việc của họ và thực hiện điều chỉnh cho phù hợp trong quá trình thực hiện dự án phần mềm.

Theo (Wanchun Li, 2010) trực quan hóa và điều hướng của phần mềm phải đối mặt với thách thức về sự phức tạp theo hai cách:

- Độ phức tạp của dữ liệu: thường phát sinh từ kích thước của mô hình kiến trúc phần mềm.
- Độ phức tạp về thị giác: thường được dùng để đo độ phức tạp của thị giác với người dùng. Các vấn đề về độ phức tạp thị giác phát sinh khỏi những hạn chế về khả năng xử lý của con người.

Ta có thể thấy, hai độ phức tạp có sự liên kết với nhau, nếu sự phức tạp của dữ liệu giảm xuống khi đó độ phức tạp của thị giác cũng sẽ giảm theo. Nhưng nếu quá ít thông tin được hiển thị trên màn hình, người sử dụng sẽ rất khó để nắm bắt được những công việc mình có thể làm. Trực quan hóa phần mềm có thể được áp dụng cho các khía cạnh khác nhau của hệ thống phần mềm và có một số kỹ thuật và công cụ để tạo và tương tác với trực quan hóa. Trực quan hóa có thể được chia thành ba loại (LinkedIn, 2024):

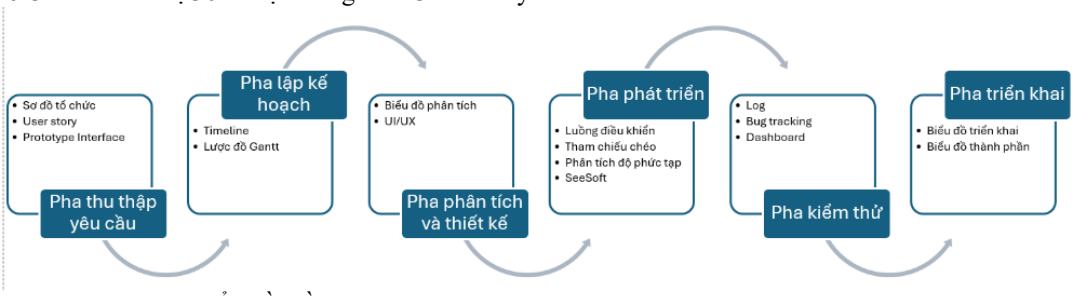
- Trực quan hóa cấu trúc tĩnh là kỹ thuật phổ biến để biểu diễn các thành phần và mối quan hệ giữa các thành phần của hệ thống tại một thời điểm nhất định, như lớp, mô-đun, gói hoặc tệp. Các loại biểu đồ có thể bao gồm sơ đồ, đồ thị, cây hoặc ma trận.

- Trực quan hóa hành vi động biểu diễn quá trình thực thi và tương tác theo thời gian, chẳng hạn như phương thức, lệnh gọi, sự kiện hoặc trạng thái. Hoạt ảnh, dòng thời gian, dấu vết hoặc bản đồ có thể được sử dụng để thể hiện hành vi động này.

- Trực quan hóa chất lượng phần mềm biểu diễn các thuộc tính và số liệu cho biết chất lượng của hệ thống, chẳng hạn như kích thước, độ phức tạp, điểm gắn kết, kết nối hoặc phạm vi kiểm tra - màu sắc, hình dạng, kích thước hoặc kết cấu có thể được sử dụng để hiển thị chất lượng của phần mềm.

- Trực quan hóa quá trình phát triển phần mềm cho thấy những thay đổi và lịch sử trong suốt vòng đời của hệ thống - biểu đồ, sơ đồ, đồ thị hoặc biểu đồ có thể giúp hiển thị thông tin này.

Các biểu đồ trực quan có thể áp dụng trong các bước của SDLC, đây là điểm mạnh của trực quan hóa nhằm giúp cho đội ngũ phát triển có cái nhìn trực quan hơn, chi tiết hơn từ đó tiết kiệm được thời gian và chi phí trong vận hành quy trình phát triển phần mềm. Các loại biểu đồ/đồ thị trực quan hóa trong từng pha của SDLC được thể hiện trong hình 3 dưới đây:



Hình 3 Các biểu đồ, đồ thị thường được dùng trong trực quan hóa trong các pha của SDLC

Trong mỗi pha, các loại biểu đồ trực quan khác nhau sẽ được sử dụng, có thể là biểu đồ tĩnh hay động. Như trong giai đoạn thiết kế, nhà thiết kế và nhà phát triển sử dụng các sơ đồ để đưa ra khái niệm cấu trúc hệ thống. Điều này nhằm làm cho các thành phần của hệ thống và mối liên hệ giữa chúng trở nên rõ ràng hơn với đội ngũ phát triển. Các biểu đồ như user story, use case và mô hình hóa có thể hỗ trợ giúp nhà phát triển hiểu và làm sáng rõ các khía cạnh chức năng đa dạng của phần mềm. Đồng thời việc áp dụng các phương pháp và các loại biểu đồ giúp sự phát triển lặp đi lặp lại, cho phép liên tục sàng lọc và điều chỉnh các yêu cầu chức năng dựa trên phản hồi của người dùng và yêu cầu nghiệp vụ thay đổi.

Hay giai đoạn phát triển, mã nguồn với hàng triệu dòng lệnh là thách thức không nhỏ với đội ngũ phát triển cũng như các thành viên khác trong nhóm có thể hiểu rõ về kỹ thuật và cách thức hoạt động. Do đó, biểu đồ trực quan như SeeSoft, tham chiếu chéo (Cross Reference)..., là công cụ giúp điều hướng sự phức tạp của mã nguồn.

Điều quan trọng khi sử dụng trực quan hóa phần mềm và đạt được hiệu quả cao nhất, luôn luôn bắt đầu bằng việc xác định mục tiêu và đối tượng. Từ mục tiêu đó giúp ta quyết định phạm vi, cấp độ và định dạng phương pháp biểu diễn trực quan và các loại biểu đồ sẽ sử dụng. Qua đó, giúp ta dễ dàng thu thập và xử lý dữ liệu đã có để chọn nguồn, loại và định dạng dữ liệu vào trực quan hóa. Cuối cùng, chúng ta cần phải đánh giá và tinh chỉnh khung nhìn để phân tích được sự hiệu quả, hữu ích và khả năng trực quan của các loại biểu đồ đó trong SDLC.

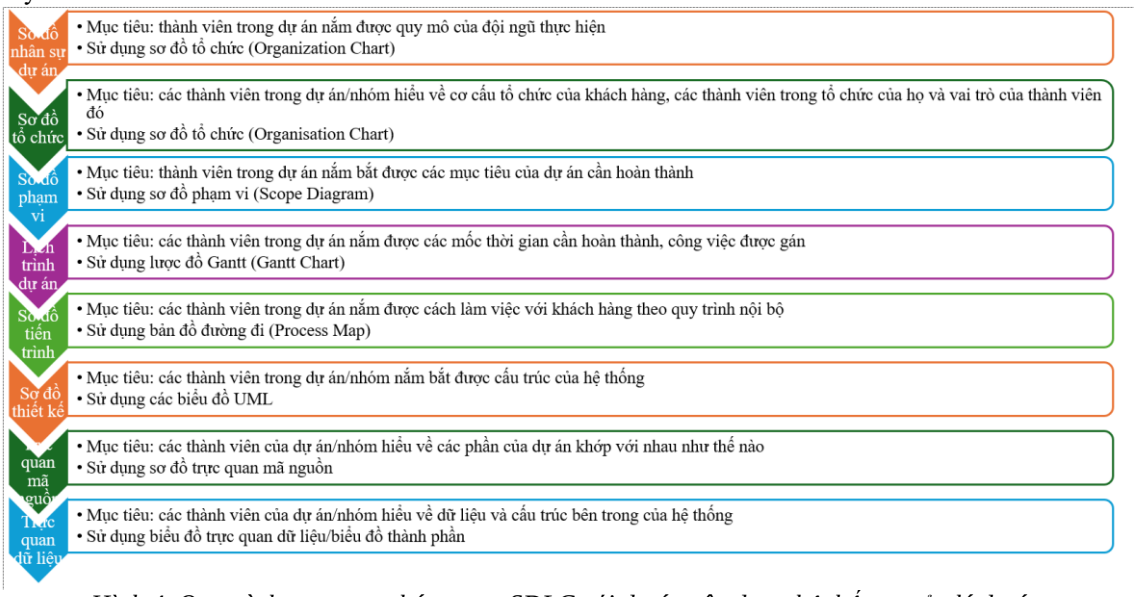
2.3. Sử dụng trực quan hóa trong SDLC

Tác giả bài báo đặt giả thiết đang là PM của dự án xây dựng hệ thống dự án có sự tham gia của nhiều nhóm thực hiện, mỗi nhóm sẽ có một trưởng nhóm với năng lực và chuyên môn riêng trong thời gian tối đa là 60 ngày làm việc. Trong mỗi nhóm, mỗi thành viên sẽ đảm nhiệm một vai trò riêng biệt với trách nhiệm cần đảm nhiệm. Dự án xây dựng hệ thống quản lý dự án sẽ có nhiều hoạt động, với mục tiêu, yêu cầu và mục tiêu cần hoàn thành. Vấn đề đặt ra ở đây đó chính là các thành viên trong nhóm và trưởng nhóm cần nắm bắt được công việc cần làm, tiến độ thực hiện, cách để giao tiếp với khách hàng và các bên liên quan, các nhóm có thể hiểu nhau và hiểu được công việc mà nhóm khác đang làm.

Để giải quyết được vấn đề trên, tác giả sử dụng trực quan hóa trong SDLC với các mục tiêu được đặt ra như sau:

- Mục tiêu 1: các thành viên trong dự án có thể hiểu rõ về khách hàng, về tổ chức của họ
- Mục tiêu 2: các thành viên trong nhóm có thể hiểu được công việc của nhau
- Mục tiêu 3: các thành viên trong nhóm hiểu được về quy trình công việc
- Mục tiêu 4: các thành viên trong dự án có thể khớp với công việc của nhóm khác đang thực hiện
- Mục tiêu 5: các thành viên trong nhóm có thể hiểu về tiến độ công việc cần hoàn thành
- Mục tiêu 6: các thành viên trong nhóm có thể giao tiếp với nhau một cách dễ dàng
- Mục tiêu 7: các thành viên trong dự án có thể nắm bắt tốt với các mục tiêu của dự án

Với 7 mục tiêu được đặt ra, quy trình trực quan hóa trong SDLC được thực hiện như trong hình 4 dưới đây:



Hình 4. Quy trình trực quan hóa trong SDLC với dự án xây dựng hệ thống quản lý dự án

Sơ đồ nhân sự dự án, ý tưởng sẽ sử dụng sơ đồ tổ chức mô tả đầy đủ các thành viên và những người liên quan (stakeholder) trong dự án, cần xác định tất cả các thành phần tạo nên đội nhóm phát triển như lãnh đạo, nhóm, thành viên chủ chốt của nhóm, mục đích của từng nhóm và mối liên hệ giữa các nhóm. Để làm được điều này, cần thiết phải nghiên cứu về các công việc cần thực hiện và ước lượng phân chia thành các nhóm nhỏ để từ đó dễ dàng xác định được vai trò của từng nhóm dự án là gì. Trong sơ đồ tổ chức mô tả nhân sự dự án này tác giả sử dụng hai thuật ngữ "Business Line" và "Service Lines" để chỉ về những nghiệp vụ và khả năng làm việc của nhóm, các thành phần có liên quan với nhau.

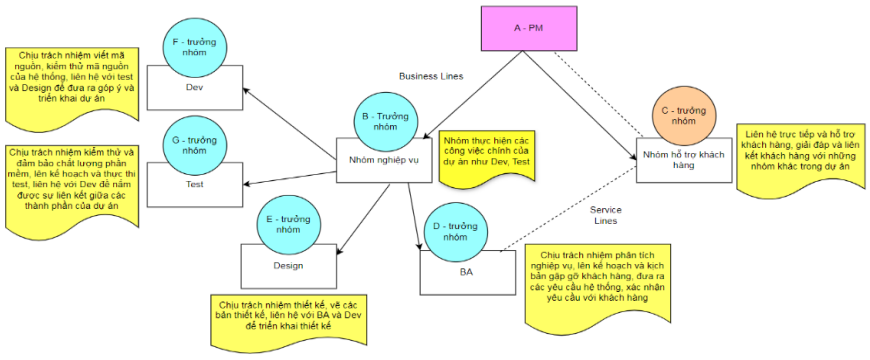
Với sơ đồ tổ chức của khách hàng, ý tưởng được thực hiện giống với sơ đồ nhân sự và sử dụng sơ đồ tổ chức. Điều cần lưu ý khi xác định các thành viên trong sơ đồ tổ chức của khách hàng là cần xác định vai trò và chức vụ của họ trong tổ chức đó. Sơ đồ phạm vi sẽ được thực hiện sau khi xác định được sơ đồ tổ chức của khách hàng, nhằm giúp nhóm thực hiện dự án xác định được tầm nhìn và đo lường được phạm vi tiếp cận của dự án. Trong sơ đồ phạm vi cũng cần xác định rõ đầu vào, đầu ra của dự án, các sản phẩm dự kiến có thể bàn giao đến tay khách hàng. Công việc sẽ được chia nhỏ và gán vai trò cho từng nhóm tham gia thực hiện, thời gian bắt đầu và thời gian kết thúc của công việc, các ràng buộc công việc trong lược đồ Gantt. Từ lịch trình đã được sắp xếp, các nhóm sẽ xác định được công việc mình cần làm, số lượng người tham gia, nỗ lực mà mỗi thành viên sẽ phải bỏ ra.

Để thiết kế được sơ đồ tiến trình và sơ đồ thiết kế, lúc này cần có kiến thức nhất định về các kỹ thuật và hiểu về vai trò của từng thành phần, thành viên trong dự án để từ đó đưa ra được luồng công việc của dự án. Trong khí đó, sơ đồ mã nguồn và trực quan dữ liệu là sơ đồ quan trọng khi bộ mã nguồn và dữ liệu luôn là thông tin quan trọng của dự án, nhưng không phải thành viên nào trong dự án cũng có thể đọc và hiểu được bộ mã nguồn cũng như dữ liệu. Do đó, sơ đồ này cần thể hiện rõ các đối tượng, module, hàm hay các khối lệnh, sự liên quan giữa chúng để dễ dàng mô tả được cấu trúc bên trong của hệ thống, cách chúng liên kết và tương tác với nhau.

Ngoài ra, chúng ta cũng cần sử dụng các công cụ để có thể theo dõi được SDLC trong hệ thống quản lý dự án. Đây là điều cần thiết để đảm bảo rằng dự án luôn đúng tiến độ và đáp ứng các mục tiêu đã đặt ra. Có thể kể đến các phần mềm quản lý dự án như Microsoft Project, Libre Project cung cấp các chức năng giúp PM tạo các tiến trình dự án, phân công nhiệm vụ, ràng buộc công việc, nhân sự của dự án và theo dõi tiến độ. Các phầm mềm giao tiếp và cộng tác trong dự án như Slack, Zoom, Microsoft Teams hoặc Google Meet đóng vai trò quan trọng trong việc theo dõi SDLC. Những phần mềm này cho phép liên lạc và chia sẻ tệp theo thời gian thực, đảm bảo rằng các thành viên trong nhóm/dự án luôn kết nối và được thông tin trong suốt dự án, tạo ra môi trường giao tiếp thuận tiện.

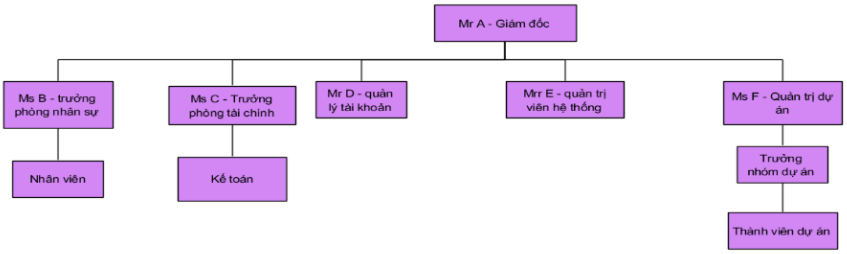
3. Kết quả và thảo luận

Dựa trên quy trình được đưa ra trong mục 2.3, tác giả thực hiện tạo các sơ đồ cho dự án xây dựng hệ thống quản lý dự án và các sơ đồ được hoàn thiện trong các hình dưới đây:

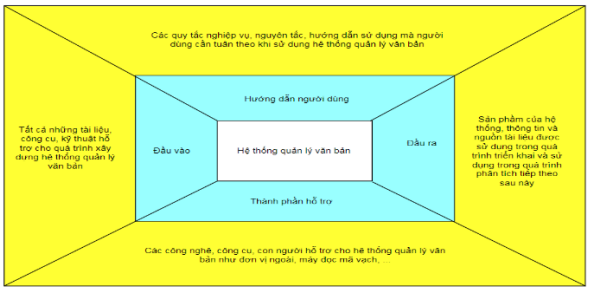


Hình 5. Biểu đồ nhân sự của dự án

Trong hình 5 là sơ đồ nhân sự của dự án với hai nhóm là nhóm nghiệp vụ và nhóm hỗ trợ khách hàng, mỗi nhóm sẽ có một trưởng nhóm thực hiện nhiệm vụ liên kết, giao nhiệm vụ và giao tiếp với các thành viên trong nhóm mình cũng như với nhóm khác. Với sơ đồ tổ chức của khách hàng được biểu diễn trong hình 6 với tên của thành viên và vai trò của họ trong tổ chức.



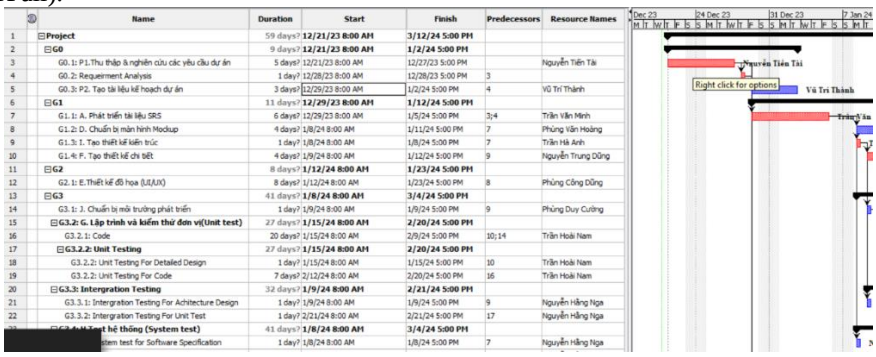
Hình 6. Sơ đồ tổ chức của khách hàng



Hình 7. Sơ đồ phạm vi nghiệp vụ của hệ thống

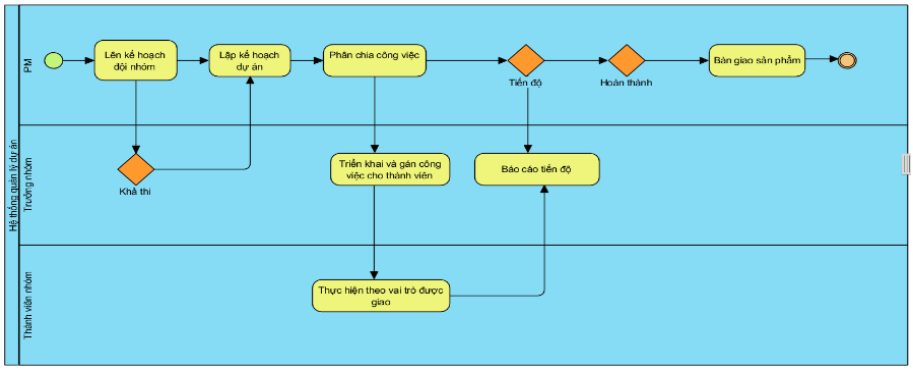
Trong hình 7 là sơ đồ phạm vi nghiệp vụ của hệ thống với đầu vào, đầu ra của hệ thống quản lý dự án cũng như các công cụ hỗ trợ có liên quan mà nhóm phát triển sử dụng trong quá trình thực hiện.

Khối phân rã công việc, lịch trình và ràng buộc công việc được biểu diễn trong lược đồ Gantt và sử dụng phần mềm Project Libre như trong hình 8 với các giai đoạn được thực hiện như trong mô hình thác nước (WaterFall).



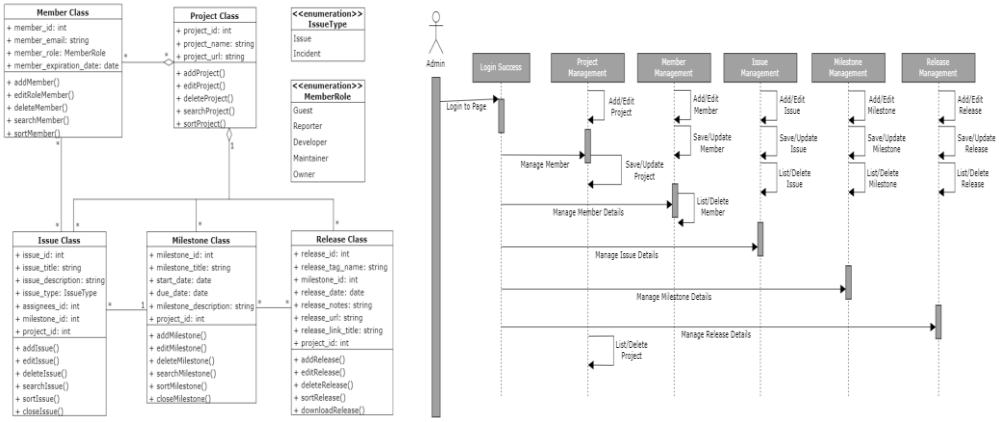
Hình 8. Lịch trình của dự án

Khi các thành viên của dự án cần hiểu về tiến trình nghiệp vụ của dự án, biểu đồ tiến trình nghiệp vụ sẽ được xây dựng nhằm phân tách vai trò cụ thể của từng đối tượng, các công việc họ cần thực hiện, kiểm tra và giám sát vai trò của từng nhân sự trong dự án. Biểu đồ tiến trình nghiệp vụ được mô tả trong hình 9.



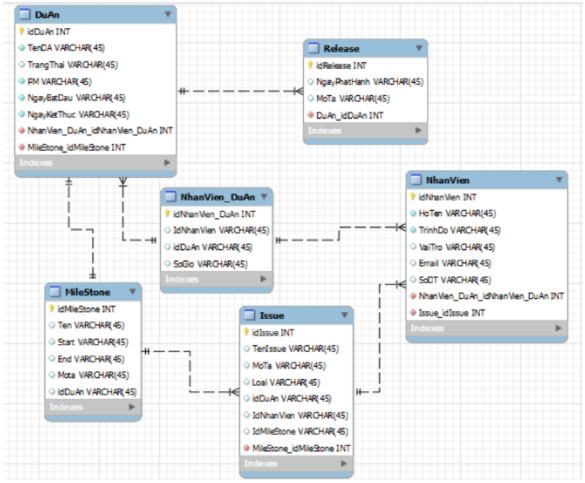
Hình 9. Biểu đồ tiến trình nghiệp vụ của hệ thống quản lý dự án

Khi các công việc cần làm của dự án đã được xác định, vai trò của từng thành viên trong dự án/nhóm cũng được gán. Lúc này, quá trình thực hiện dự án sẽ được bắt đầu. Các biểu đồ thiết kế sẽ được nhóm thiết kế thực hiện và sau đó sẽ được chuyển đến cho nhóm lập trình. Công việc viết mã sẽ được bắt đầu ngay sau khi công việc thiết kế được hoàn thành. Trong hình 9 và 10 dưới đây là ví dụ về biểu đồ lớp và biểu đồ tuần tự thể hiện cho các thành phần của hệ thống và quy trình thực thi của nó.



Hình 10. Sơ đồ lớp và tuần tự cho hệ thống quản lý dự án

Và cuối cùng, dữ liệu được trực quan với biểu đồ liên kết, chỉ ra các thành phần của dữ liệu, các thông tin và liên kết giữa chúng.



Hình 11. Biểu đồ liên kết

4. Kết luận

Trong bài báo, tác giả đã đề cập đến quy trình phát triển phần mềm là lộ trình giúp đội ngũ phát triển xác định được hướng đi và các công việc cần làm. Tuy nhiên, đây là lộ trình nhiều bước, nhiều công việc cần thực hiện. Trực quan hóa chính là chìa khóa giúp quy trình SDLC trở nên đơn giản hơn, dễ tiếp cận và thực hiện hơn với đội ngũ phát triển. Với những sơ đồ đã được tạo, hoàn toàn có thể thực hiện dự án với cách tiếp cận dễ dàng thông qua quy trình được sơ đồ hóa. Các công cụ được sử dụng trong trực quan hóa như sơ đồ tổ chức, sơ đồ thiết kế, lược đồ Gantt đã phát huy được vai trò của mình trong quy trình phát triển phần mềm.

Tài liệu tham khảo

Apple Magazine, 2024, 7 12. *Navigating Software Complexity in Modern Development.* Được truy lục từ Apple Magazine: https://appleeconews.com/navigating-software-complexity-in-modern-development/66525

AWS, 2024. *SDLC (Vòng đời phát triển phần mềm) là gì?* Được truy lục từ AWS: https://aws.amazon.com/vi/what-is/sdlc/

Daniel Vadder, M. A, 2021. Dealing with software complexity in individual-based models. *Method in Ecology and Evolution*, 2324-2333.

Developers, 2024, 5. *What Is Software Complexity and How Can You Manage It?* Được truy lục từ IN-COM: https://www.in-com.com/blog/software-management-complexity/

Fernando Padoan, R. d, 2017. Charting a Path to Efficient Onboarding: The role of software visualization. *Conference 17.* Washington.

Jayaprakasam, K, 2024. Navigating Software Complexity: The Power of Visualization in SDLC. *FossAsia Summit 2024.* Hà Nội.

LinkedIn, 2024. *How can you use software visualization to better understand complex software systems?* Được truy lục từ LinkedIn: https://www.linkedin.com/advice/0/how-can-you-use-software-visualization-better-fafne

Moonello, 2024. *Exploring the Software Development Life Cycle: Your Comprehensive Guide.* Được truy lục từ Moonello: https://moonello.com/blog/software-development-life-cycle/

Negi, N., 2023, 8 5. *Navigating Software Complexity.* Được truy lục từ LinkedIn: https://www.linkedin.com/pulse/navigating-software-complexity-naveen-negi/

Soni, V., 2023. *From Idea to Execution: Navigating the Software Development Life Cycle.* Được truy lục từ Dian Apps: https://dianapps.com/blog/navigating-the-software-development-life-cycle/

Wanchun Li, P. E.-H., 2010. Navigating Software Architectures with Constant Visual Complexity. *citeseerx*.

Wikipedia., 2024. *Phần mềm.* Được truy lục từ Wikipedia: https://vi.wikipedia.org/wiki/Ph%E1%BA%A7n_m%E1%BB%81m

ABSTRACT

Visualization in Software Development Life Cycle

Nguyen Thi Huu Phuong[1]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

In the current of technology revolution 4.0, software always plays an important and irreplaceable role. Software helps people simplify and automate the operations, tasks, and requests that need to be completed. However, the process of creating software is not always easy or straightforward. To create software requires the participation of many people, many tools and many stages. This question requires a specific, clear plan, quick and accurate implementation. In addition, it is necessary to attach a structured process flow model consisting of many steps called the software development process. It is important to adapt this process effectively to be able to create successful software according to user requirements. In this article, the author uses visualization to simplify the complex steps and tasks that need to be performed to create software, aiming to help them have a more intuitive and clearer view of the complexity of nature. of software, while improving understanding to easily decide on the steps of the software development process.

Keywords: software development life cycle; visualization; software; navigating software development life cycle; visualization tools

Ứng dụng học sâu trong nhận dạng đối tượng trên ảnh vệ tinh

Nguyễn Văn Thắng[1], Lê Hồng Anh[1], Nguyễn Thị Mai Dung[1,*]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Ảnh vệ tinh cung cấp một nguồn dữ liệu khổng lồ và quý giá về trái đất. Nhờ những bức ảnh này, chúng ta có thể theo dõi biến đổi khí hậu, giám sát thảm họa thiên tai, quản lý tài nguyên thiên nhiên, v.v. Tuy nhiên, việc phân tích thủ công các hình ảnh vệ tinh tốn nhiều thời gian và công sức. Do đó, Học sâu đã nổi lên như một công cụ mạnh mẽ để tự động hóa quá trình nhận dạng đối tượng trên ảnh vệ tinh và mở ra những cánh cửa mới cho nghiên cứu ứng dụng trong lĩnh vực này. Trong bài báo này, nhóm tác giả sẽ trình bày phương pháp mà Học sâu có thể được áp dụng để giải quyết vấn đề nhận dạng đối tượng trên ảnh vệ tinh. Bằng cách sử dụng mạng nơ-ron tích chập U-net và các thuật toán xử lý hình ảnh nhằm xác định và phân đoạn tấm pin năng lượng mặt trời. Kết quả cho thấy phương pháp của nhóm nghiên cứu đã đạt độ chính xác lên đến 98%. Kết quả này đưa ra những triển vọng lớn trong việc cải thiện khả năng giám sát và quản lý môi trường, tài nguyên dựa trên việc ứng dụng Học sâu trong xử lý hình ảnh vệ tinh.

Từ khóa: học sâu; phân đoạn ảnh vệ tinh; mạng neural U-net; năng lượng mặt trời

1. Đặt vấn đề

Nhận dạng đối tượng trên ảnh vệ tinh là một lĩnh vực nghiên cứu quan trọng trong công nghệ viễn thám và thị giác máy tính. Với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ vệ tinh, việc thu thập và xử lý dữ liệu ảnh vệ tinh đã trở nên dễ dàng hơn, cho phép các nhà nghiên cứu và ứng dụng tiếp cận những thông tin quan trọng về bề mặt Trái đất. Một trong những ứng dụng nổi bật của công nghệ này là phân đoạn và nhận dạng các đối tượng cụ thể như công trình xây dựng, khu vực trồng trọt, v,v. Thời gian gần đây, các phương pháp truyền thống dựa trên xử lý ảnh và phân loại sử dụng các đặc trưng thủ công đã dần được thay thế bởi các phương pháp dựa trên Học sâu và mạng Neural. Các phương pháp Học sâu ngày càng chứng tỏ sự phù hợp để xử lý dữ liệu viễn thám theo các nghiên cứu của các tác giả Patrick Helber (2019); Mohamed Kerkech (2020); Huanfeng Shen (2020). Học sâu đã chứng minh khả năng vượt trội trong việc xử lý dữ liệu ảnh vệ tinh nhờ vào khả năng tự động học các đặc trưng từ dữ liệu đầu vào mà không cần phải thiết kế thủ công. Điều này mở ra cơ hội lớn cho việc cải thiện độ chính xác và hiệu quả trong việc nhận dạng đối tượng trên ảnh vệ tinh.

Theo nghiên cứu của tác giả Lê Minh Hương (2017), Việt Nam là một nước với tiềm năng lớn về năng lượng mặt trời vì vậy việc nhận dạng và giám sát các tấm pin năng lượng mặt trời từ ảnh vệ tinh là vô cùng quan trọng. Các nền tảng tính toán địa lý (Geo-computational platforms) dựa trên đám mây như Google Earth Engine (GEE) đã giải quyết nhiều thách thức về quản lý dữ liệu và tính toán, cung cấp một nền tảng thuận tiện cho các ứng dụng dựa trên hình ảnh vệ tinh. Vì vậy, trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sẽ trình bày một phương pháp kết hợp nền tảng điện toán đám mây GEE và mô hình CNN U-net để nhận dạng đối tượng tấm pin năng lượng mặt trời từ dữ liệu ảnh vệ tinh tại Việt Nam. Với mục tiêu tận dụng sự hỗ trợ mạnh mẽ của GEE cho việc truy cập, xử lý và phân tích dữ liệu không gian từ nhiều nguồn khác nhau cùng với khả năng phát hiện và phân đoạn đối tượng chính xác của các mạng Neural tích chập. Nghiên cứu sẽ mô tả chi tiết quy trình thu thập dữ liệu, xây dựng và đào tạo mô hình, cũng như đánh giá hiệu suất của mô hình trên các tập dữ liệu thử nghiệm.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Học sâu và nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine

Theo Goodfellow và đồng nghiệp (2016), tác giả của cuốn sách "Deep Learning" Học sâu cho phép mô hình máy tính, được xây dựng từ nhiều lớp xử lý, học các biểu diễn của dữ liệu với nhiều cấp độ trừu tượng. Điều này đã đưa đến những cải tiến đáng kể trong nhiều lĩnh vực như nhận diện giọng nói, nhận

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthimaidung@humg.edu.vn

diện đối tượng trong ảnh, và cả trong lĩnh vực y học. Những công trình nổi bật như "ImageNet classification with Deep convolutional Neural networks" của Krizhevsky và đồng nghiệp (2012) cung cấp các kiến trúc mô hình cơ bản, đặc biệt là trong việc xử lý ảnh. Ứng dụng của Học sâu đang ngày càng được mở rộng đến nhiều lĩnh vực khác nhau như tài chính, năng lượng, giáo dục và nhiều lĩnh vực khác. Sự tiến bộ trong Học sâu đang làm thay đổi cách chúng ta tương tác với thế giới xung quanh và mở ra những cơ hội mới không ngừng. Trong ngữ cảnh của địa lý và khoa học trái đất, Học sâu đã đóng vai trò quan trọng trong việc xử lý và phân tích dữ liệu hình ảnh đa phổ từ vệ tinh và cảm biến khác nhau. Nó mở ra những cơ hội mới trong việc hiểu biết và giải quyết các thách thức môi trường và đô thị.

Google Earth Engine là một công cụ mạnh mẽ cho việc truy cập và xử lý dữ liệu hình ảnh vệ tinh đa phổ và đa thời gian. Nó cung cấp một cơ sở hạ tầng đám mây để thực hiện các phân tích đa dạng trên dữ liệu trái đất quy mô lớn theo nghiên cứu của Noel Gorelick và các cộng sự (2017). GEE cung cấp hàng loạt các chức năng mạnh mẽ như cung cấp một kho dữ liệu đa dạng bao gồm ảnh vệ tinh, dữ liệu radar, và nhiều dữ liệu trái đất khác từ nhiều nguồn khác nhau; cùng với đó là các công cụ xử lý ảnh và dữ liệu như chỉnh sửa ảnh, chuyển đổi độ đồng nhất, và phân tích thống kê. Ngoài ra nó còn hỗ trợ các API tích hợp cho các ngôn ngữ lập trình để khai thác một cách hiệu quả. Nền tảng này cũng cung cấp các công cụ trực quan hóa dữ liệu giúp người dùng dễ dàng tạo ra các bản đồ, biểu đồ và báo cáo từ kết quả phân tích. Trong bối cảnh nghiên cứu về nhận dạng đối tượng trên ảnh vệ tinh, GEE cung cấp một nền tảng thuận lợi cho việc thu thập và xử lý dữ liệu, giúp các nhà nghiên cứu dễ dàng tiếp cận và khai thác thông tin từ dữ liệu viễn thám. Điều này đã mở ra nhiều cơ hội mới cho việc ứng dụng công nghệ Học sâu và mạng Neural trong việc phân đoạn và nhận dạng các đối tượng cụ thể trên ảnh vệ tinh, như tấm pin năng lượng mặt trời. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sẽ sử dụng GEE làm nguồn sưu tập cho các hình ảnh vệ tinh để phục vụ quá trình xây dựng mô hình.

2.2. Phân đoạn hình ảnh và Mạng nơ-ron tích chập

Phân đoạn hình ảnh là một trong những lĩnh vực nghiên cứu phổ biến nhất trong thị giác máy tính và tạo cơ sở cho việc nhận dạng mẫu và hiểu hình ảnh. Sự phát triển của kỹ thuật phân đoạn hình ảnh có liên quan chặt chẽ đến nhiều ngành và lĩnh vực. Các thuật toán và mô hình học máy trong phân đoạn hình ảnh không chỉ đóng vai trò quan trọng trong việc hiểu và xử lý thông tin hình ảnh mà còn mang lại nhiều tiện ích thực tế. Phân đoạn ảnh có thể được chia thành ba nhóm tác vụ dựa trên số lượng và loại thông tin mà chúng truyền tải. Trong khi Semantic segmentation phân đoạn một ranh giới rộng của các đối tượng thuộc về một lớp cụ thể, thì Instance segmentation cung cấp bản đồ phân đoạn cho từng đối tượng. Còn với Panoptic segmentation cho đến nay là nhiều thông tin nhất, bởi nó kết hợp các tác vụ của cả Semantic segmentation và Instance segmentation. Panoptic segmentation cho ta bản đồ phân đoạn của tất cả các đối tượng thuộc bất kỳ lớp cụ thể nào có trong ảnh.

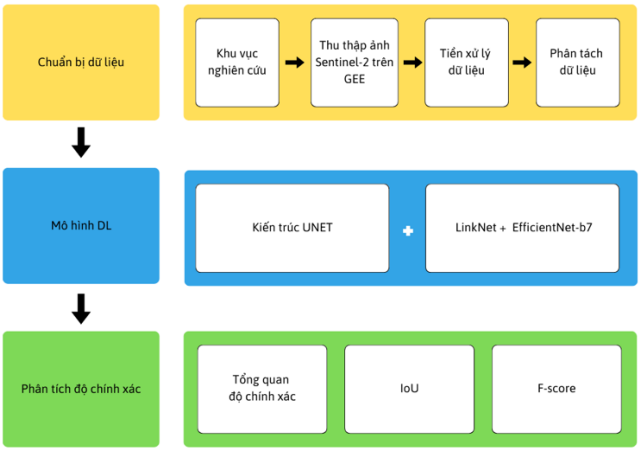
Mạng nơ-ron tích chập có vai trò quan trọng trong xử lý hình ảnh, có khả năng học đặc trưng ẩn trong dữ liệu một cách tự động. Khi thực hiện các nhiệm vụ phức tạp như nhận dạng vật thể, phân đoạn hình ảnh, hoặc thậm chí là nhận diện ngôn ngữ tự nhiên, việc xác định đặc trưng trước đó là một thách thức lớn. CNN giải quyết vấn đề này bằng cách tự động học các đặc trưng ẩn trong dữ liệu, không cần sự can thiệp của con người để chỉ định đặc trưng cụ thể nào nên được xác định. Thay vì phải dựa vào việc chủ động xác định các đặc trưng cụ thể, CNN có khả năng tự động tìm ra các biểu diễn quan trọng trong dữ liệu. Điều này làm cho mô hình có khả năng thích ứng linh hoạt với đa dạng các tình huống và nhiệm vụ khác nhau mà không yêu cầu sự can thiệp tay của con người. Sự tự động hóa này không chỉ mang lại hiệu suất cao trong quá trình xử lý hình ảnh mà còn mở ra nhiều ứng dụng rộng lớn trong các lĩnh vực khác nhau của thị giác máy tính.

2.3. Phương pháp ứng dụng Học sâu trong nhận dạng đối tượng trên ảnh vệ tinh

2.3.1. Tổng quan về phương pháp

Tổng quan về quy trình nghiên cứu được triển khai qua ba giai đoạn chính, mỗi giai đoạn đóng vai trò khác nhau từ quá trình xử lý, tạo lập bộ dữ liệu cho đến giai đoạn đào tạo mô hình. Hình 1 dưới đây thể hiện rõ các bước thực hiện của quy trình này (Hình 1).

Quy trình bao gồm ba giai đoạn chính. Giai đoạn đầu là "Chuẩn bị dữ liệu" trong đó nhóm nghiên cứu chọn các khu vực có điện mặt trời phổ biến, đảm bảo sự đa dạng địa hình, và tải xuống dữ liệu vệ tinh từ Google Earth Engine. Sau đó, dữ liệu được tiền xử lý bằng cách cắt ảnh và gán nhãn thủ công cho các tấm pin năng lượng mặt trời. Giai đoạn hai là "Xây dựng mô hình Học sâu" với mô hình U-net, được huấn luyện trên dữ liệu đã gán nhãn để phân đoạn tấm pin chính xác. Cuối cùng, giai đoạn "Phân tích độ chính xác" đánh giá hiệu suất mô hình bằng các độ đo như IOU, F-score, và accuracy, giúp tối ưu hóa mô hình cho dữ liệu thực tế và mở rộng ứng dụng.

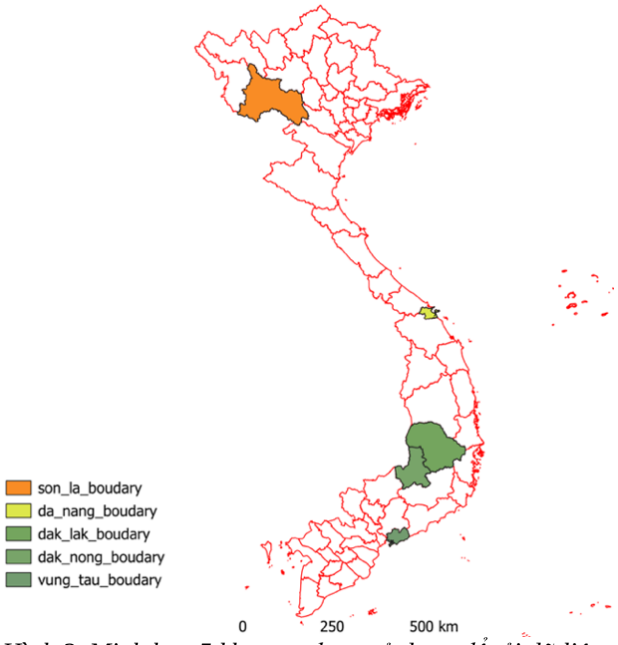


Hình 1. Sơ đồ quy trình nghiên cứu

2.3.2. Dữ liệu đầu vào

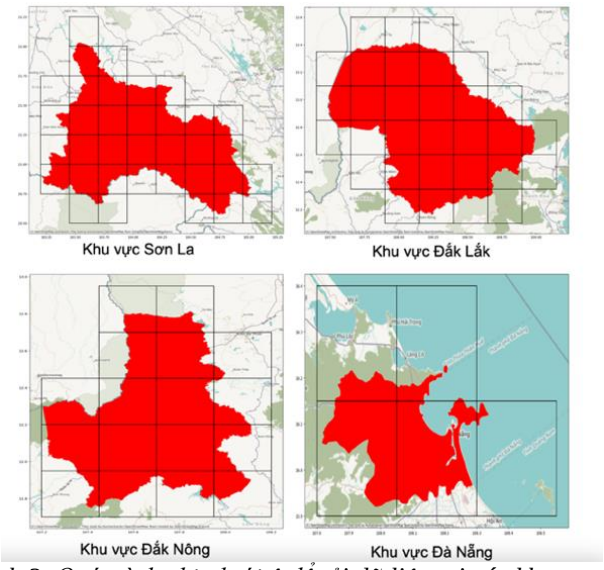
Dữ liệu sử dụng trọng nghiên cứu này đã được chọn lựa từ hình ảnh không mây của Sentinel-2, với tám kênh dữ liệu (B1, B2, B3, B4, B8, B8A, B11, B12), được trích xuất từ Google Earth Engine. Các kênh này giúp mang lại những thông tin đa dạng về môi trường nghiên cứu cùng với đó là cung cấp thêm các đặc trưng quan trọng để xây dựng mô hình phân đoạn. Trong quá trình xây dựng dữ liệu đầu vào, nghiên cứu thực hiện việc gắn nhãn thủ công cho từng hình ảnh. Về quy trình tạo lập bộ dữ liệu của nghiên cứu được thực hiện qua năm giai đoạn chính như sau:

Giai đoạn 1: Xác định các khu vực tập trung tấm Pin: Đầu tiên, xác định các khu vực tập trung tấm pin năng lượng mặt trời và đánh dấu các điểm chứa tấm pin trong các khu vực này. Việc xác định các khu vực để tải xuống dữ liệu cần đảm bảo cho sự đa dạng của địa hình Việt Nam. Chính vì vậy năm khu vực được chọn, bao gồm: Sơn La, Đà Nẵng, Đắk Lắk, Đắk Nông, và Bà Rịa - Vũng Tàu, đại diện cho cả ba miền Bắc, Trung và Nam được minh họa như Hình 2.



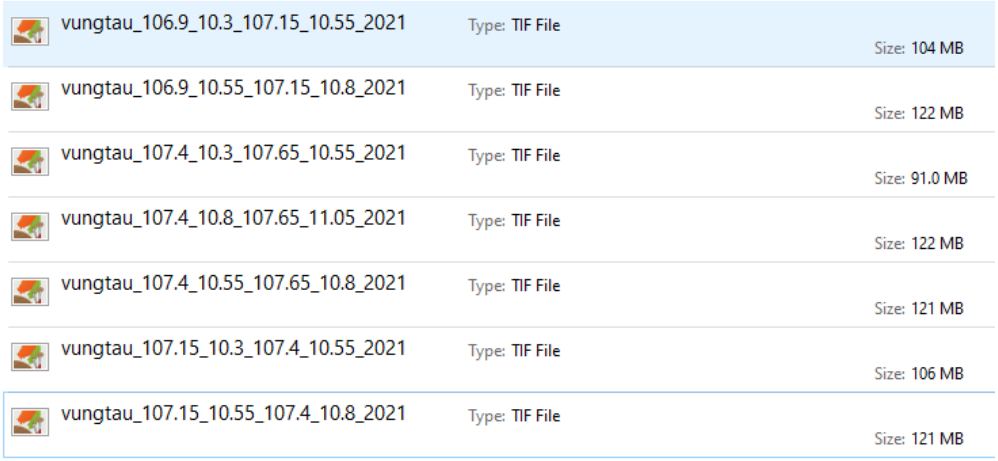
Hình 2. Minh họa 5 khu vực được sử dụng để tải dữ liệu

Giai đoạn 2: Tạo ô lưới và tải ảnh dữ liệu: Bước tiếp theo, sau khi đã xác định được các khu vực tập trung nhiều điểm lắp đặt tấm pin năng lượng mặt trời, quy trình sẽ tiến hành lọc và tải dữ liệu Sentinel-2 từ GEE thông qua Python API được hỗ trợ bởi Earth Engine. Do GEE giới hạn về kích thước dữ liệu có thể được tải xuống trong một lần yêu cầu và để thuận tiện hơn trong việc tải dữ liệu, nghiên cứu sẽ sử dụng các ô lưới để bao phủ toàn bộ khu vực quan tâm. Các ô lưới này sẽ giúp chia khu vực thành các phần nhỏ hơn và tải xuống hình ảnh của từng phần khu vực theo các lưới ô này. Ngay tại bước chia ô lưới này, các ô không chứa tấm pin sẽ được loại bỏ nhằm tập trung vào dữ liệu từ những khu vực quan trọng.



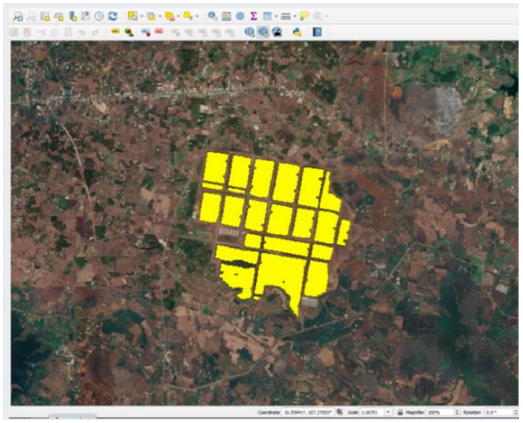
Hình 3. Quá trình chia lưới ô để tải dữ liệu tại các khu vực

Hình 4 dưới đây minh họa dữ liệu ảnh vệ tinh trên GEE được tải xuống thành các file ứng với từng ô dữ liệu và lưu trữ thành công.



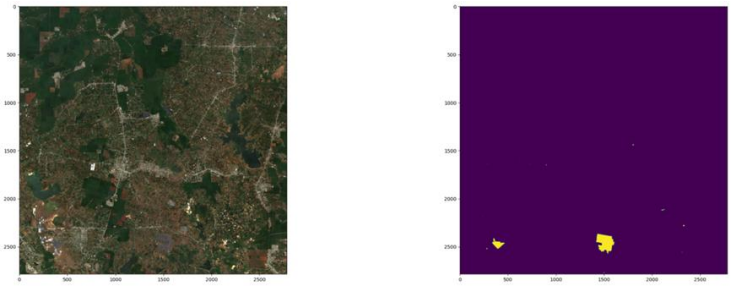
Hình 4. Dữ liệu được tải xuống của tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu năm 2021

Giai đoạn 3: Sau khi đã có hình ảnh vệ tinh được tải xuống từ GEE, quá trình gắn nhãn dữ liệu sẽ được thực hiện thủ công bằng phần mềm QGIS. Mọi tấm pin năng lượng mặt trời trong hình ảnh sẽ được xác định và đánh dấu bằng công cụ Digitizing Tools, làm cơ sở cho quá trình huấn luyện mô hình phân đoạn sau này.



Hình 5. Minh họa quá trình gán nhãn trên QGIS

Giai đoạn 4: Trong quá trình tạo bộ dữ liệu huấn luyện mô hình, sau khi các hình ảnh đã được gán nhãn, chúng sẽ tiếp tục trải qua quá trình xử lý bằng cách tách thành các file nhỏ hơn, mỗi file có kích thước là 256 × 256 pixel. Quá trình này nhằm tạo ra các mảnh nhỏ của ảnh, giúp mô hình có thể hiểu được thông tin chi tiết ở mức độ nhỏ nhất.

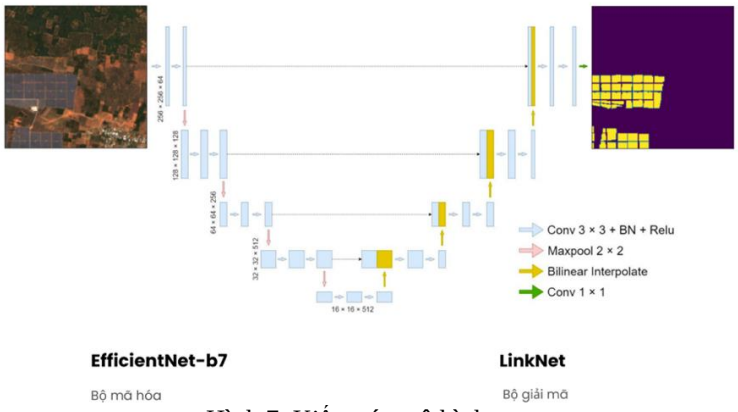


Hình 6 Hình ảnh sau khi được xử lý và file mặt nạ tương ứng

Giai đoạn cuối cùng của quy trình tạo bộ dữ liệu huấn luyện bao gồm việc chia dữ liệu thành các tập dữ liệu huấn luyện, kiểm định và kiểm tra. Trong trường hợp này, tỉ lệ chia là 80%, 10%, 10% cho dữ liệu huấn luyện, dữ liệu kiểm định và dữ liệu kiểm tra.

2.3.3. Xây dựng mô hình

Trong vài năm gần đây, nhiều kiến trúc đã được đề xuất để cả thiện hiệu suất trong nhiệm vụ phân đoạn các tấm pin năng lượng mặt trời này ví dụ: U-net, SegNet, DeepLab. Nghiên cứu này sẽ tập trung vào việc sử dụng kiến trúc U-net cùng với sự kết hợp của LinkNet và EfficientNet-b7. Nghiên cứu cũng sử dụng các mô hình từ kho lưu trữ Segmentation model, nơi cung cấp các kiến trúc và xương sống khác nhau được triển khai trong Pytorch.



Hình 7. Kiến trúc mô hình

Trong kiến trúc đề xuất theo Hình 7, mô hình được xây dựng dựa trên kiến trúc LinkNet, một mô hình phân đoạn mạnh mẽ, cùng với sự tích hợp của Efficientnet-b7 làm bộ mã hóa, một trong những mô hình hiệu suất cao trong họ EfficientNet. Kiến trúc bắt đầu với bộ mã hóa Efficientnet-b7, được sử dụng để nắm bắt độ phức tạp và đa dạng của đặc trưng hình ảnh. Sự kết hợp giữa bộ mã hóa và bộ giải mã trong kiến trúc LinkNet mang lại sự linh hoạt và khả năng hiệu quả tính toán. Bộ giải mã được thiết kế để phục vụ nhiệm vụ phân đoạn chính xác, với các lớp up-sampling để tái tạo độ phân giải và lớp tích chập cuối cùng với hàm kích hoạt Sigmoid. Tổng cộng kiến trúc của mô hình bao gồm 56 lớp được mô tả như sau:

Bộ mã hóa (Encoder): Bắt đầu từ lớp đầu tiên, có 34 lớp trong bộ mã hóa, bao gồm Conv2dStaticSamePadding và nhiều lớp MBConvBlock để trích xuất thông tin đặc trưng từ ảnh đầu vào.

- Lớp Embedding: Lớp đầu tiên của bộ mã hóa chịu trách nhiệm chuyển đổi ảnh đầu vào thành các vectơ embedding, đại diện cho thông tin chung của hình ảnh.
- Lớp Convolutional: Tiếp theo, có các lớp Convolutional như Conv2dStatic- SamePadding, thực hiện việc trích xuất đặc trưng từ ảnh thông qua các bộ lọc và kỹ thuật padding.
- Lớp MBConvBlock: Các lớp MBConvBlock là các khối MobileNet v3, giúp nâng cao hiệu suất của mô hình thông qua cơ chế MBConv.

Bộ giải mã (Decoder): Có 21 lớp trong bộ giải mã, bao gồm các lớp DecoderBlock và lớp

TransposeX2 để tăng kích thước của đặc trưng và kết hợp với đặc trưng từ bộ mã hóa.

• Lớp DecoderBlock: Các lớp này đảm nhận vai trò giải mã thông tin đặc trưng, giúp tái tạo ảnh từ các đặc trưng được trích xuất.

• Lớp TransposeX2: Các lớp TransposeX2 thực hiện phép chuyển vị với tỷ lệ gấp đôi kích thước đặc trưng, tạo điều kiện cho việc tái tạo ảnh.

Lớp dự đoán: Lớp dự đoán cuối cùng trong mô hình được xây dựng bằng cách sử dụng Conv2d và hàm kích hoạt Sigmoid để tạo ra đầu ra với giá trị từ 0 đến 1. Điều này thể hiện xác suất của mỗi pixel thuộc vào lớp được dự đoán.

Trong quá trình huấn luyện, lật ngang, lật dọc và thay đổi kích thước ngẫu nhiên của hình ảnh đầu vào với xác suất lần lượt là 0,8, 0,8 và 0,5 được áp dụng cho mục đích tăng cường dữ liệu. Tổng cộng có 25 kỷ nguyên huấn luyện mô hình đã được thực hiện với kích thước lô là 32.

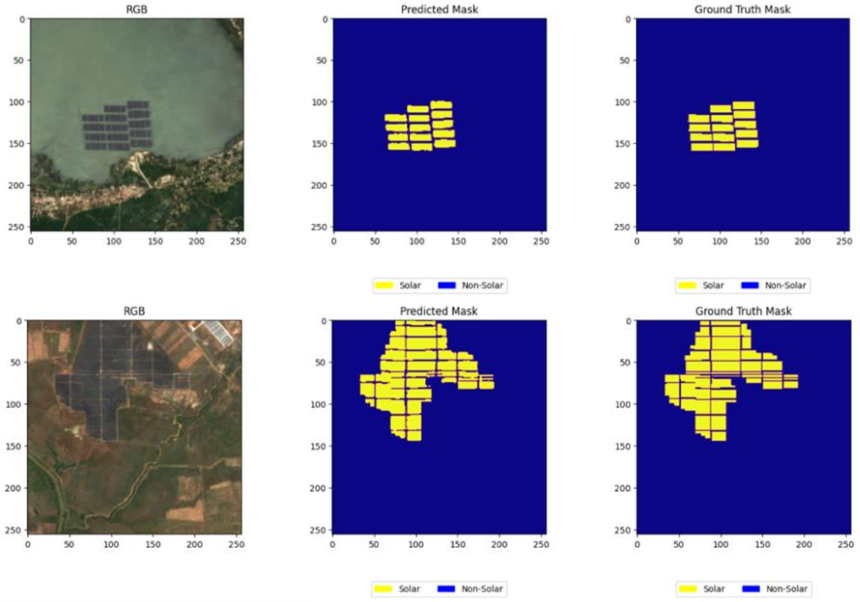
3. Kết quả và thảo luận

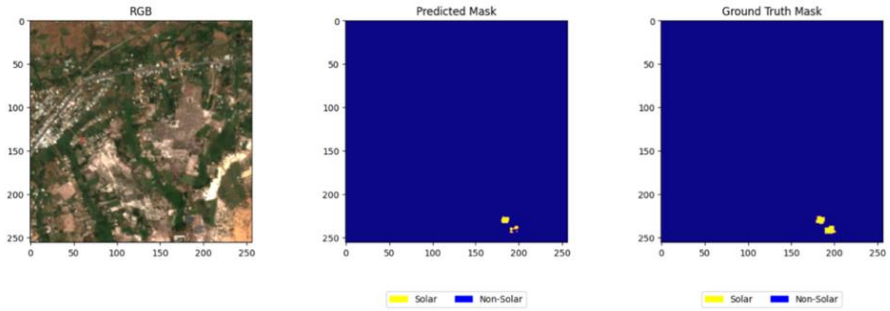
Sau khi quá trình huấn luyện mô hình kết thúc, mô hình đã được thử nghiệm trên tập dữ liệu kiểm thử để đánh giá hiệu suất của nó. Các chỉ số độ chính xác được quan tâm bao gồm F-score, IoU, và các thông số khác liên quan được tính toán thông qua thư viện SMP. Các kết quả này đã được tổng hợp và mô tả chi tiết trong Bảng 1 dưới đây:

Bảng 1. Kết quả đánh giá độ chính xác của mô hình

Thông số đánh giá	Kết quả
IoU	0.91
F-score	0.93
Accuracy	0.98
Precision	0.97
Recall	0.92

Có thể thấy, Mô hình U-net với sự kết hợp của kiến trúc LinkNet và EfficiencyNet-b7 đã có kết quả IoU và F-score lần lượt là 0,91 và 0,93, kết quả này gần tương đồng so với các nghiên cứu của Xin Hou (2019); Marcus Vinícius Coelho Vieira da Costa (2020) và Anthony Ortiz (2023). Điều này đưa ra một lựa chọn hiệu quả khi vừa giữ được độ chính xác cao trong việc phân đoạn tấm pin năng lượng mặt trời trên ảnh Sentinel-2 vừa tiết kiệm chi phí tính toán. Sự kết hợp giữa hiệu suất và hiệu quả tính toán làm cho mô hình này trở thành một ứng cử viên lý tưởng cho các ứng dụng thực tế trong lĩnh vực phân tích hình ảnh vệ tinh. Dưới đây sẽ cung cấp một số hình ảnh kết quả chi tiết, giúp trực quan hóa hiệu suất của mô hình phân đoạn khi được áp dụng vào bộ dữ liệu thử nghiệm. Các hình ảnh này sẽ minh họa khả năng của mô hình trong việc nhận diện và định vị tấm pin năng lượng mặt trời trên hình ảnh Sentinel-2, từ đó thể hiện sự chính xác trong quá trình phân đoạn.





Hình 8. Kết quả của mô hình trên bộ dữ liệu thử nghiệm

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã trình bày một phương pháp ứng dụng Học sâu trong việc phát hiện và phân đoạn các đối tượng trên ảnh vệ tinh, cụ thể là các tấm pin năng lượng mặt trời. Bằng cách kết hợp nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine với mô hình mạng Neural tích chập U-net, nhóm tác giả đã phát triển một giải pháp hiệu quả để xử lý và phân tích dữ liệu viễn thám. Qua quá trình thực hiện, mô hình U-net đã chứng minh được khả năng phát hiện và phân đoạn chính xác các tấm pin năng lượng mặt trời từ dữ liệu ảnh vệ tinh. Sự tích hợp với GEE đã giúp tận dụng tối đa khả năng truy cập và xử lý dữ liệu không gian quy mô lớn, đồng thời giảm thiểu các thách thức liên quan đến quản lý dữ liệu và tính toán.

Về hướng phát triển, nghiên cứu đã để mở nhiều hướng phát triển tiềm năng. Trong tương lai, việc tích hợp dữ liệu đa nguồn, như Landsat, MODIS, hoặc thông tin độ dốc và độ cao từ RADAR, có thể cung cấp cái nhìn toàn diện và chính xác hơn về đối tượng trên hình ảnh vệ tinh. Một xu hướng quan trọng là cải thiện mô hình Học sâu hiện tại để tăng khả năng nhận dạng và giảm sai số. Sử dụng kiến trúc mô hình mới, điều chỉnh siêu tham số, và thử nghiệm các phương pháp Học sâu tiên tiến có thể nâng cao hiệu suất của mô hình.

Tài liệu tham khảo

Anthony Ortiz, Dhaval Negandhi, Sagar R Mysorekar, Joseph Kiesecker, Shivaprakash K Nagaraju, Caleb Robinson, Priyal Bhatia, Aditi Khurana, Jane Wang, Felipe Oviedo, và Juan Lavista Ferres, 2022. *An artificial intelligence dataset for solar energy locations in India*.

Huanfeng Shen, Yun Jiang, Tongwen Li, Qing Cheng, Chao Zeng, và Liangpei Zhang, 2020. Deep learning-based air temperature mapping by fusing remote sensing, station, simulation and socioeconomic data. *Remote Sensing of Environment*, 240:111692.

Marcus Vinícius Coelho Vieira da Costa, Osmar Luiz Ferreira de Carvalho, Alex Gois Orlandi, Issao Hirata, Anesmar Olino de Albuquerque, Felipe Vilarinho e Silva, Renato Fontes Guimarães, Roberto Arnaldo Trancoso Gomes, và Osmar Abílio de Carvalho Júnior, 2021. Remote sensing for monitoring photovoltaic solar plants in Brazil using deep semantic segmentation. *Energies*, 14(10).

Mohamed Kerkech, Adel Hafiane, và Raphael Canals, 2020. Vine disease detection in UAV multispectral images using optimized image registration and deep learning segmentation approach. *Computers and Electronics in Agriculture*, 174:105446.

Noel Gorelick, Matt Hancher, Mike Dixon, Simon Ilyushchenko, David Thau, và Rebecca Moore, 2017. Google earth engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202:18-27.

Olaf Ronneberger, Philipp Fischer, và Thomas Brox, 2015. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015*, Cham, Springer International Publishing, 234-241.

Patrick Helber, Benjamin Bischke, Andreas Dengel, và Damian Borth, 2019. Eurosat: A novel dataset and deep learning benchmark for land use and land cover classification. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 12(7):2217-2226.

ThS. Lê Minh Hương, 2017. *Năng lượng tái tạo ở Việt Nam: Tiềm năng, thực trạng và giải pháp phát triển*. Hà Nội.

Xin Hou, Biao Wang, Wanqi Hu, Lei Yin, và Haishan Wu, 2019. *Solarnet*: *A deep learning framework to map solar power plants in China from satellite imagery*.

ABSTRACT

Application of Deep Learning in Object Recognition on Satellite Images

Nguyen Van Thang[1], Le Hong Anh[1], Nguyen Thi Mai Dung[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

Satellite imagery provides an immense and invaluable source of data about the Earth. These images allow us to monitor climate change, track natural disasters, manage natural resources, and more. However, manually analyzing satellite images is time-consuming and labor-intensive. As a result, Deep Learning has emerged as a powerful tool to automate the process of object recognition in satellite images, opening new doors for applied research in this field. In this paper, the authors present a method in which Deep Learning is applied to address the problem of object recognition on satellite images. By utilizing the U-net convolutional neural network and image processing algorithms, the method identifies and segments solar panels. The results demonstrate that the proposed approach achieves an accuracy of up to 98%. This outcome offers significant prospects for enhancing the capabilities of environmental monitoring and resource management through the application of Deep Learning in satellite image processing.

Keywords: deep learning; satellite image segmentation; U-net neural network; solar energy

TIỂU BAN
TRÍ TUỆ NHÂN TẠO, IOT, BLOCKCHAIN VÀ ỨNG DỤNG

MỤC LỤC

Ứng dụng các phương pháp học máy trong dự báo chuỗi thời gian cho chỉ số VnIndex
Bùi Thị Vân Anh, Đặng Hữu Nghị 40

Phân tích dữ liệu chứng khoán và dự báo giá cổ phiếu sử dụng mô hình học máy
Trần Thanh Huân, Trần Hải Nam, Nguyễn Thanh Tùng, Dương Thị Hiền Thanh 44

Nghiên cứu ứng dụng Wokwi và Node.js mô phỏng hệ thống IoT trong lĩnh vực giáo dục - đào tạo
Nguyễn Duy Huy, Trần Thị Thu Thúy, Đỗ Trung Thành 52

Tổng quan về phân tích dữ liệu và ứng dụng trong bài toán phân tích khách hàng rời bỏ (Customer Churn)
Đặng Văn Nam, Nguyễn Thị Phương Bắc 59

Ứng dụng hệ đa tác tử trong vận hành hệ thống giao thông
Đặng Hữu Nghị, Bùi Thị Vân Anh, Phạm Đức Hậu 67

Ứng dụng các phương pháp học máy trong dự báo chuỗi thời gian cho chỉ số VnIndex

Bùi Thị Vân Anh[1,*], Đặng Hữu Nghị[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Dự báo chính xác xu hướng của giá cổ phiếu có ý nghĩa quan trọng đối với các nhà đầu tư trong việc giảm thiểu rủi ro đầu tư và đưa ra quyết định sáng suốt trong đầu tư chứng khoán. Nhiều nghiên cứu đã ứng dụng các kỹ thuật khai thác dữ liệu tiên tiến để xác định các mô hình biến động giá cổ phiếu. Trong bài báo này chúng tôi tìm hiểu và ứng dụng một số phương pháp học máy như LSTM, XGBoost, SVM và Rừng ngẫu nhiên để dự báo chỉ số VnIndex. VnIndex là một chỉ số thị trường, thể hiện các biến động về giá của các mã cổ phiếu niêm yết trên sàn HOSE. Chúng tôi sửa dữ liệu về chỉ số VnIndex trong 5 năm gần đây để đánh giá hiệu quả của các phương pháp trên.

Từ khóa: học máy; chỉ số VnIndex; LSTM; XGBoost; SVM; rừng ngẫu nhiên

1. Giới thiệu

Dự đoán biến động giá cổ phiếu trong tương lai là một nhiệm vụ đầy thách thức đối với các nhà nghiên cứu vì nó phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau, bao gồm nhưng không giới hạn ở điều kiện chính trị, nền kinh tế toàn cầu, báo cáo tài chính và hiệu quả hoạt động của công ty, v.v.

Theo truyền thống, có hai phương pháp chính được đề xuất để dự đoán giá cổ phiếu của một tổ chức.

Phương pháp phân tích kỹ thuật sử dụng giá lịch sử của cổ phiếu như giá đóng cửa và giá mở cửa, khối lượng giao dịch, giá trị đóng liền kề…, của cổ phiếu để dự đoán giá tương lai của cổ phiếu.

Loại phân tích thứ hai là phân tích cơ bản, được thực hiện trên cơ sở các yếu tố bên ngoài như hồ sơ công ty, tình hình thị trường, các yếu tố chính trị và kinh tế, thông tin văn bản dưới dạng bài báo mới về tài chính, mạng xã hội và thậm chí cả blog của nhà phân tích kinh tế.

Trong phân tích kỹ thuật nhiều chỉ báo quan trọng khác nhau như Dải Bollinger, đường trung bình động phân kỳ hội tụ (MACD), chỉ số sức mạnh tương đối (RSI), đường trung bình động (MA), chỉ số xung lượng ngẫu nhiên (SMI)…, các mô hình nổi tiếng như mô hình vai đầu vai, mô hình vai đầu vai nghịch đảo, hình tam giác, cờ, quạt Fibonacci, Andrew's Pitchfork…, được các nhà giao dịch khai thác để dự đoán giá cổ phiếu.

Các nghiên cứu gần đây cho thấy dự đoán thị trường chứng khoán có thể được nâng cao bằng cách sử dụng các phương pháp học máy. Rất nhiều các mô hình học máy đã được áp dụng để dự báo giá chứng khoán và chúng cho thấy kết quả đầy hứa hẹn.

Trong báo cáo này chúng tôi tìm hiểu và ứng dụng một số phương pháp học máy như LSTM, XGBoost, SVM và Rừng ngẫu nhiên để dự báo chỉ số VnIndex.

2. Phát biểu bài toán

VNindex là chỉ số thể hiện xu hướng biến động giá của tất cả cổ phiếu niêm yết và giao dịch trên sàn giao dịch chứng khoán TPHCM (HOSE). Chỉ số VNindex nhằm so sánh giá trị vốn hoá thị trường hiện tại với giá trị vốn hoá thị trường cơ sở vào ngày gốc 28/07/2000 – ngày đầu tiên thị trường chứng khoán đi vào hoạt động.

Với mục đích nghiên cứu, chúng tôi đã sử dụng các giá trị chỉ số VnIndex trong khoảng thời gian 5 năm từ ngày 17 tháng 12 năm 2019 đến ngày 14 tháng 6 năm 2024. Dữ liệu chứa thông tin như giá trị Cao, Thấp, Mở, Đóng và Khối lượng.

Chúng tôi sử dụng các mô hình học máy để dự đoán giá trị đóng của VNindex.

3. Các kỹ thuật học máy được sử dụng

Support Vector Machine

Support Vector Machine (SVM) bao gồm hai phương pháp chính là: support vector classifier (SVC), bộ

* *Tác giả liên hệ*
Email: buithivananh@humg.edu.vn.com

phân lớp dựa theo vector hỗ trợ, và support vector regressor (SVR), bộ hồi quy dựa theo vector hỗ trợ. Được phát triển đầu tiên bởi Vapnik vào những năm 1990, SVM có nền tảng lý thuyết được xây dựng trên nền móng lý thuyết xác suất thống kê. Nó yêu cầu số lượng mẫu huấn luyện không nhiều và thường không nhạy cảm với số chiều của dữ liệu (Chih-Wei Hsu, Chih-Chung Chang, and Chih-Jen Lin, 2008).

Rừng ngẫu nhiên

Thuật toán Rừng ngẫu nhiên là một kỹ thuật học cây mạnh mẽ trong Học máy . Nó hoạt động bằng cách tạo ra một số Cây quyết định trong giai đoạn đào tạo. Mỗi cây được xây dựng bằng cách sử dụng một tập hợp con ngẫu nhiên của tập dữ liệu để đo một tập hợp con ngẫu nhiên các tính năng trong mỗi phân vùng. Tính ngẫu nhiên này tạo ra sự thay đổi giữa các cây riêng lẻ, giảm nguy cơ quá khớp và cải thiện hiệu suất dự đoán tổng thể (L. Breiman, 2001).

Mạng trí nhớ ngắn hạn định hướng dài hạn

Mạng trí nhớ ngắn hạn định hướng dài hạn còn được viết tắt là LSTM (Long short term memory) là một loại Mạng nơ-ron hồi quy RNN có thể lưu giữ các phụ thuộc dài hạn trong dữ liệu tuần tự. LSTM có thể xử lý và phân tích dữ liệu tuần tự, chẳng hạn như chuỗi thời gian, văn bản và giọng nói. Chúng sử dụng ô nhớ và cổng để kiểm soát luồng thông tin, cho phép chúng giữ lại hoặc loại bỏ thông tin một cách có chọn lọc khi cần và do đó tránh được vấn đề độ dốc biến mất gây khó khăn cho RNN truyền thống. LSTM được sử dụng rộng rãi trong nhiều ứng dụng khác nhau như xử lý ngôn ngữ tự nhiên, nhận dạng giọng nói và dự báo chuỗi thời gian (Jason Brownlee, 2017).

XGboost

XGBoost (Extreme Gradient Boosting) là một phương pháp học tập kết hợp các dự đoán của nhiều mô hình yếu để tạo ra một dự đoán mạnh hơn. XGBoost đã trở thành một trong những thuật toán học máy phổ biến và được sử dụng rộng rãi nhất do khả năng xử lý các tập dữ liệu lớn và khả năng đạt được hiệu suất tiên tiến trong nhiều tác vụ học máy như phân loại và hồi quy (Cha Zhang,Yunqian Ma, 2012)..

4. Kết quả thực hiện

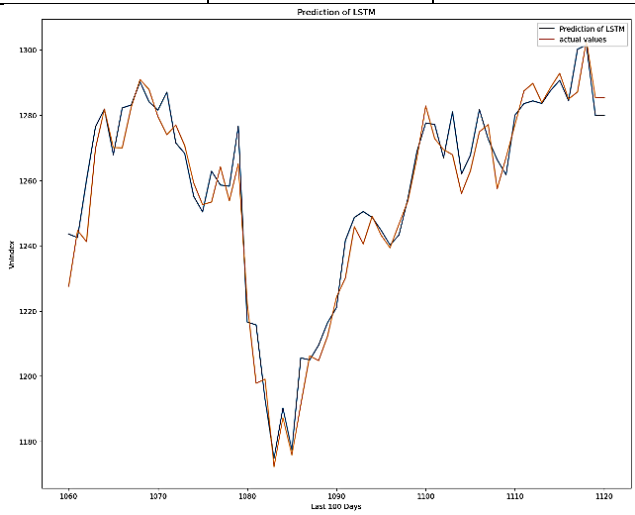
Trong báo cáo này chúng tôi sử dụng các kĩ thuật LSTM, SVR, Xgboost và Rừng ngẫu nhiên để dự đoán giá đóng cửa của chỉ số Vnindex dựa vào các giá trị Mở, Cao, Thấp, Khối lượng và Đóng của giai đoạn trước đó. Hiệu quả của các mô hình được kiểm tra bằng hai thước đo hiệu suất: RMSE và MAE

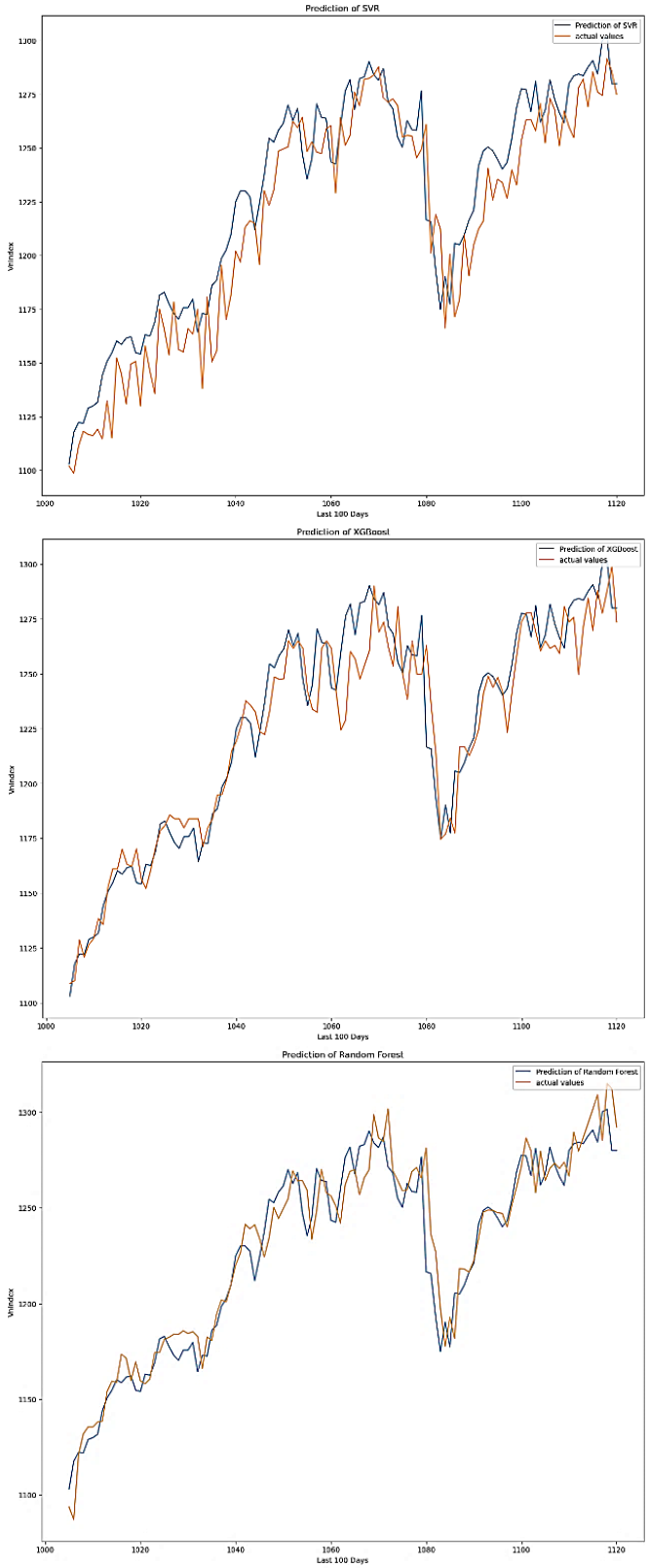
Root Mean Square Error (RMSE): RMSE Sai số bình phương trung bình gốc (RMSE) là độ lệch chuẩn của phần dư (lỗi dự đoán), nó cho ta biết dữ liệu tập trung như thế nào xung quanh đường phù hợp nhất. Sai số bình phương trung bình gốc thường được sử dụng trong khí hậu học, dự báo và phân tích hồi quy để xác minh kết quả thực nghiệm.

Mean Absolute Error (MAE): MAE cũng đo lường sai số trung bình của mô hình so với dữ liệu thực tế, tuy nhiên MAE tính toán trung bình giá trị tuyệt đối của sai số. Giá trị MAE càng nhỏ thì mô hình càng tốt.

Bảng 1. Kết quả được thể hiện trong bảng

	LSTM	SVM	Xgboost	RF
RMSE	7.02	18.96	14.64	14.04
MAE	5.31	15.81	10.72	10.68





Hình 1. Kết quả dự đoán của 4 mô hình so với chỉ số VnIndex thực tế

5. Kết luận

Dự đoán lợi nhuận của thị trường chứng khoán là một nhiệm vụ đầy thách thức do giá trị cổ phiếu luôn thay đổi phụ thuộc vào nhiều thông số tạo thành các mô hình phức tạp. Phân tích so sánh dựa trên các giá

trị RMSE, MAE cho thấy rằng phương pháp LSTM đưa ra dự đoán tốt hơn so với các phương pháp còn lại. Để có được độ chính xác cao hơn, trong thời gian tới chúng tôi sẽ bổ sung các thuộc tính mới, các thuộc tính này sẽ được tạo ra từ các thuộc tính đã hiện có.

6. Tài liệu tham khảo

Cha Zhang,Yunqian Ma, 2012. Ensemble Machine Learning Methods and Applications, *Springer Science+Business Media, LLC*

Chih-Wei Hsu, Chih-Chung Chang, and Chih-Jen Lin, 2008. *A practical guide to Support Vector Classification*

L. Breiman, 2001. Random Forests. *Machine Learning Journal Paper*, vol. 45.

Jason Brownlee, 2017. *Long Short-Term Memory Networks With Python*. Copyright Jason Brownlee

ABSTRACT

Applying machine learning methods in time series forecasting for VnIndex

Bui Thi Van Anh[1], Dang Huu Nghi[1]

[1]*HaNoi University of Mining and Geology*

Accurate forecasting of stock price trends is important for investors in minimizing investment risks and making wise decisions in stock investment. Many studies have applied advanced data mining techniques to identify stock price fluctuation models. In this article, we learn and apply a number of machine learning methods such as LSTM, XGBoost, SVM and Random Forest to forecast VnIndex. VnIndex is a market index, showing price fluctuations of stock codes listed on HOSE. We use data on VnIndex over the last 5 years to evaluate the effectiveness of the above methods.

Keywords: machine learning; VnIndex indices; LSTM; XGBoost; SVM and random forest

Phân tích dữ liệu chứng khoán và dự báo giá cổ phiếu sử dụng mô hình học máy

Trần Thanh Huân[1], Trần Hải Nam[2], Nguyễn Thanh Tùng[2], Dương Thị Hiền Thanh[3,*]
[1]*Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội*
[2]*Trung tâm Dữ liệu dân cư quốc gia, Cục cảnh sát Quản lý hành chính về trật tự xã hội, Bộ Công an*
[3]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Phân tích dữ liệu chứng khoán và dự báo giá cổ phiếu tập trung vào việc phân tích mối tương quan giữa các yếu tố từ dữ liệu chứng khoán quá khứ để đưa ra dự báo giá cổ phiếu trong tương lai. Dựa vào kết quả dự báo, các nhà đầu tư, doanh nghiệp hay các nhà phân tích và hoạch định chiến lược tài chính có thể đưa ra những quyết định phù hợp dựa trên mục đích tối đa hóa hiệu quả hoạt động. Trong điều kiện phát triển mạnh mẽ của công nghệ thông tin hiện nay, trí tuệ nhân tạo đang tạo ra những hệ thống phân tích, dự báo và các hệ thống trợ giúp ra quyết định cho thị trường tài chính dựa trên các thuật toán học máy và học sâu tiên tiến. Các mô hình học máy và học sâu đã thể hiện ưu thế vượt trội so với các phương pháp thống kê truyền thống trong tình huống phân tích và dự báo dữ liệu với những ràng buộc phức tạp. Bài viết này xem xét việc áp dụng các mô hình học máy trong phân tích dự báo và đưa ra một số định hướng tiềm năng cho nghiên cứu trong tương lai. Dữ liệu mẫu được thu thập và phân tích dự báo thông qua ba mô hình, gồm mô hình thống kê ARIMA và hai mô hình học máy LSTM, Random Forest. Phân tích kết quả thấy các mô hình học máy cho kết quả dự báo với độ chính xác cao, trong đó mô hình Random Forest đạt được kết quả dự báo tốt nhất.

Từ khóa: dự báo giá cổ phiếu; random forest; LSTM; ARIMA

1. Đặt vấn đề

Thị trường chứng khoán có tác động mạnh mẽ đến nền kinh tế ngày nay. Khi muốn đầu tư chứng khoán một cách khôn ngoan, các nhà đầu tư cần phải đưa ra quyết định mua và bán cổ phiếu một cách hợp lý nhằm tạo ra lợi nhuận. Đó là mục đích ra đời của các mô hình dự báo. Các nhà đầu tư mong muốn mô hình dự báo thỏa mãn yêu cầu theo dõi, phân tích lịch sử dữ liệu và dự báo các chỉ số tương lai một cách đúng đắn và chuẩn xác nhất. Tuy nhiên trên thực tế, dự báo thị trường chứng khoán luôn là rất khó khăn. Nhà kinh tế học Burton Malkiel, đại học Priceton, đã viết trong cuốn sách "A Random Walk Down Wall Street": *giá của cổ phiếu luôn biến động và không thể dự báo trước, tức là không có một mô hình cụ thể nào có thể làm thỏa mãn các chuyên gia, cho phép dự báo giá cổ phiếu gần như chính xác tuyệt đối. Ngay cả khi biết trước điều gì sẽ xảy ra, ta vẫn có thể không thể biết thị trường sẽ phản ứng thế nào* (Burton G. M., 2007). Tuy nhiên, các mô hình dự báo vẫn có ý nghĩa rất quan trọng, bởi kết quả của mô hình dự báo có thể tương quan với hành vi thực tế của dữ liệu. Nói cách khác, mô hình dự báo có thể không cho biết chính xác giá trị cổ phiếu trong tương lai nhưng có thể cho thấy xu hướng biến động giá cổ phiếu.

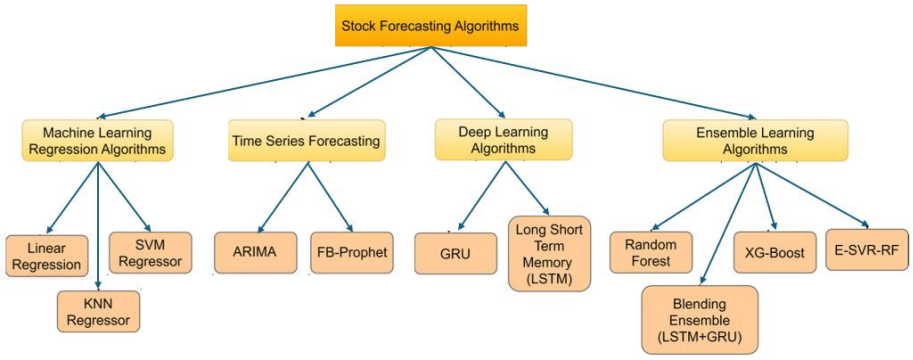
Điều này đã thúc đẩy các nhà nghiên cứu phát triển các mô hình phân tích dự báo cho các kịch bản thị trường theo thời gian thực dựa trên các mô hình học máy và học sâu. Các mô hình học máy có thể cung cấp giải pháp cho các vấn đề như dự báo và phân loại giá cổ phiếu, quản lý danh mục đầu tư, giao dịch theo thuật toán, phân tích tâm lý thị trường chứng khoán, đánh giá rủi ro, v.v. Trong số các vấn đề này, bài báo tập trung vào việc khám phá các phương pháp tiếp cận khác nhau để phân tích và dự báo giá cổ phiếu, từ đó đưa ra những nhận định tiềm năng cho hướng nghiên cứu trong tương lai.

Phần còn lại của bài viết được tổ chức như sau: Phần 2 mô tả các bước xử lý điển hình của hệ thống dự báo và các mô hình học máy và học sâu có thể áp dụng cho bài toán dự báo. Phần 3 trình bày các bước thử nghiệm dự báo giá cho một mã cổ phiếu dựa trên ba mô hình học máy điển hình và các kết quả thử nghiệm. Kết luận về ý nghĩa và hạn chế của bài báo hiện tại, cũng như các hướng nghiên cứu trong tương lai được nêu ở Phần 4.

* *Tác giả liên hệ*
Email: duongthihienthanh@humg.edu.vn

2. Các mô hình phân tích dự báo giá cổ phiếu

Dự báo giá cổ phiếu và dự đoán xu hướng của thị trường chứng khoán luôn là nhiệm vụ đầy thách thức. Trong nhiều năm qua, các nhà nghiên cứu đã đề xuất nhiều giải pháp khác nhau cho vấn đề này, các giải pháp đó có thể được tổng hợp theo bốn nhóm chính: học máy, học sâu, dự báo chuỗi thời gian và giải thuật kết hợp (Hu và nnk, 2021; Polamuri và nnk, 2019).



Hình 1. Các thuật toán dự báo

Các thuật toán học máy và học sâu được sử dụng trong các tình huống dự báo khác nhau như: hồi quy tuyến tính, rừng ngẫu nhiên, hồi quy logistic, KNN, ARIMA, mạng LSTM, GRU, một số nghiên cứu sử dụng các thuật toán tổng hợp như rừng ngẫu nhiên và XG-Boost,…(Sidra và Sen, 2020; Parray và nnk, 2020). Trong số đó, có thể kể đến nghiên cứu của Jose và các cộng sự chỉ ra rằng giải thuật kết hợp như rừng ngẫu nhiên có thể đạt được độ chính xác dự báo cao (Jose và nnk, 2019). Thuật toán học sâu LSTM, một mạng nơ-ron hồi quy (RNN) độc đáo, có thể khắc phục được sự phụ thuộc dài hạn vào dữ liệu lịch sử (Banik và nnk, 2022). Khan và các cộng sự đã sử dụng kết hợp hai mô hình hồi quy tuyến tính và rừng ngẫu nhiên để đạt được độ chính xác dự báo từ 80% lên đến 98% (Khan và nnk, 2020). Do giá cổ phiếu là liên tục nên dự báo thị trường chứng khoán là trường hợp sử dụng hồi quy và RNN, LSTM và GRU là ba mạng nơ-ron được đánh giá là hiệu quả nhất cho dữ liệu tuần tự, một nghiên cứu đã sử dụng mạng hồi quy RNN để dự báo giá cổ phiếu của Google (Di Persio và Honchar 2017). Một nghiên cứu khác sử dụng ARIMA, LSTM, rừng ngẫu nhiên, và XG-Boost để dự báo giá cổ phiếu, kết quả đánh giá cho thấy XG-Boost dự báo tốt hơn ARIMA và LSTM (Zhu và He 2022). Để nâng cao hiệu quả của mô hình tổng hợp XG-Boost và LSTM, XG-Boost được sử dụng để chọn các tính năng được áp dụng cho dữ liệu chuỗi thời gian và LSTM được sử dụng để dự báo giá cổ phiếu (Vuong et al. 2022).

Dựa trên những kết quả nghiên cứu đã công bố, trong phần này, chúng tôi giới thiệu ba thuật toán thường được dùng cho bài toán dự báo là ARIMA, Random Forest và LSTM.

2.1. Mô hình ARIMA

ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) là thuật toán phân tích dự báo định lượng điển hình, thực hiện phân tích dữ liệu chuỗi thời gian quá khứ để dự đoán các giá trị trong tương lai. ARIMA được sử dụng phổ biến trong nhiều lĩnh vực khác nhau như dự báo thời tiết, dịch tễ học, dự báo kinh doanh như doanh số bán hàng,… nhưng nổi bật nhất là những ứng dụng trong dự báo tài chính (Riya J. và Priya C., 2020; Vijay K. và Bala D., 2019). Với giả thuyết chuỗi dừng và phương sai không đổi, mô hình biểu diễn phương trình hồi qui tuyến tính đa biến của các biến đầu vào là hai thành phần chính là chuỗi tự hồi qui AR (auto regression) và chuỗi trung bình trượt MA (moving average).

Chuỗi tự hồi quy AR là tập hợp các độ trễ của biến hiện tại. Độ trễ bậc p của chuỗi x_t là giá trị lùi về quá khứ p bước thời gian của chuỗi, được biểu diễn bởi công thức:

$$AR(p) = k + \beta_1 * x_{t-1} + \beta_2 * x_{t-2} + \cdots + \beta_p * x_{t-p} \quad (1)$$

Trung bình trượt được hiểu là quá trình dịch chuyển hoặc thay đổi giá trị trung bình của chuỗi theo thời gian. Do chuỗi được giả định là dừng nên quá trình thay đổi trung bình sẽ là một chuỗi nhiễu trắng. Nhiễu trắng là một thành phần ngẫu nhiên thể hiện cho yếu tố không thể dự báo của mô hình và không có tính quy luật. MA sẽ tìm mối liên hệ về mặt tuyến tính giữa các phần tử ngẫu nhiên ε_t (stochastic term), được biểu diễn theo nhiễu trắng như sau:

$$AR(q) = \mu + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \cdots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2)$$

Tuy nhiên trong thực tế, hầu hết các chuỗi thời gian sẽ có xu hướng tăng hoặc giảm theo thời gian nên yếu tố chuỗi dừng thường không đạt được. Do đó, cần biến đổi sang chuỗi dừng bằng quá trình đồng tích hợp hoặc lấy sai phân (Intergrated). Tham số đặc trưng của mô hình sẽ có thêm thành phần bậc của sai phân

d và mô hình ARIMA được đặc tả bởi 3 tham số $p, d,$ và q. Ký hiệu Δ^d là sai phân bậc d, phương trình hồi qui ARIMA(p, d, q) được biểu diễn như sau:

$$\Delta^d x_t = k + \beta_1 \Delta^d x_{t-1} + \beta_2 \Delta^d x_{t-2} \cdots + \beta_p \Delta^d x_{t-p} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} \ldots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3)$$

Như vậy, ARIMA là mô hình kết hợp của hai quá trình tự hồi qui và trung bình trượt. Dữ liệu trong quá khứ sẽ được sử dụng để dự báo dữ liệu trong tương lai. Trước khi huấn luyện mô hình, cần chuyển hóa chuỗi sang chuỗi dừng bằng cách lấy sai phân hoặc logarit. Ngoài ra mô hình cũng cần tuân thủ điều kiện nghiêm ngặt về sai số không có hiện tượng tự tương quan và phần dư là nhiễu trắng để có sai số dự báo là nhỏ nhất.

2.2. Mô hình rừng ngẫu nhiên

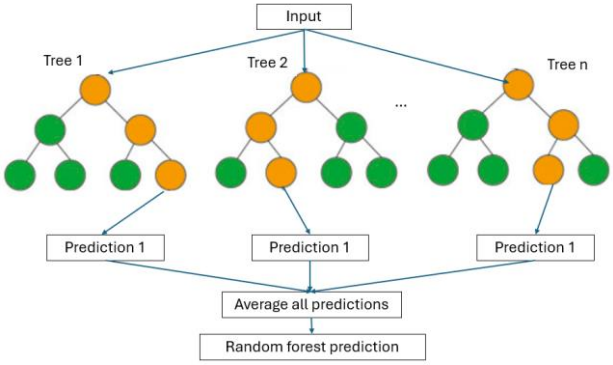
Rừng ngẫu nhiên (Random forest - RF) là mô hình học có giám sát sử dụng kỹ thuật học tập tổng hợp, được sử dụng cho cả trường hợp phân loại và hồi quy. Bắt nguồn từ khái niệm về cây quyết định (decision tree), RF tạo ra một số cây quyết định để cung cấp kết quả (Yadav và Vishwakarma 2019). Quy trình của rừng ngẫu nhiên được thể hiện trong Hình 2. Các bước áp dụng thuật toán rừng ngẫu nhiên cho bài toán dự báo là:

Bước 1: Chọn ngẫu nhiên N mẫu từ tập dữ liệu.

Bước 2: Xây dựng cây quyết định dựa trên N mẫu đầu vào.

Bước 3: Bình chọn kết quả hoặc tính trung bình kết quả dự đoán của các cây quyết định.

Bước 4: Chọn kết quả dự đoán được bình chọn nhiều nhất làm kết quả dự đoán cuối cùng.

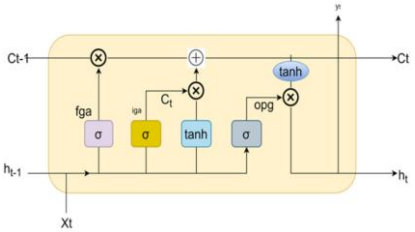


Hình 2. Mô hình rừng ngẫu nhiên

Rừng ngẫu nhiên có thể hoạt động tốt trên các tập dữ liệu lớn, nhưng khả năng hình thành số lượng lớn cây có thể làm chậm hiệu suất của thuật toán (Salles và nnk 2018). Phương pháp rừng ngẫu nhiên cũng có thể được sử dụng cho nhiều trường hợp sử dụng khác, chẳng hạn như dự đoán hướng của cổ phiếu (Sadorsky 2021). Thuật toán này được sử dụng tại Sở giao dịch chứng khoán Zagreb (Manojlović và Štajduhar 2015) và được so sánh với SVM, KNN và hồi quy logistic dựa trên các tham số đánh giá accuracy, precision, recall và F1-score (Pathak và Pathak 2020).

2.3. Mô hình LSTM

LSTM (Long short term memory) là một mô hình học sâu nâng cao của mạng nơ-ron hồi quy RNN. Với khả năng ghi nhớ chuỗi dữ liệu sử dụng cho các đầu vào trong tương lai, LSTM có thể học được sự phụ thuộc trong dài hạn (long-term dependent) của dữ liệu. Hình 3 mô tả kiến trúc khối LSTM bao gồm 4 tầng ẩn tương tác với nhau theo một cấu trúc đặc biệt, bao gồm 1 tầng sử dụng hàm kích hoạt tanh và 3 tầng sử dụng hàm kích hoạt sigmoid (Van Houdt và nnk, 2020).



Hình 3. Kiến trúc LSTM

Ý tưởng chính của LSTM là thành phần ô trạng thái (cell state) được thể hiện qua đường ngang phía trên hình vẽ. Đó là một băng chuyền chạy xuyên suốt toàn bộ chuỗi với chỉ một vài tương tác tuyến tính nhỏ

giúp cho thông tin có thể truyền dọc theo đồ thị mạng nơ ron ổn định. LSTM có khả năng xóa, thêm thông tin vào ô trạng thái và điều chỉnh các luồng thông tin này thông qua các cấu trúc gọi là cổng.

Cổng là cơ chế đặc biệt để điều chỉnh luồng thông tin đi qua, mỗi cổng gồm một tầng ẩn dùng hàm kích hoạt sigmoid và một toán tử nhân. Đầu ra của hàm sigmoid sẽ là một giá trị xác xuất nằm trong khoảng từ 0 đến 1, thể hiện rằng có bao nhiêu phần thông tin sẽ đi qua cổng. Một mạng LSTM sẽ có 3 cổng sigmoid để bảo vệ và kiểm soát các ô trạng thái, chúng được gọi là cổng vào (*input gate layer*), cổng quên (*forget gate layer*) và cổng ra (*input gate layer*). Thứ tự các bước xử lý của LSTM như sau:

Bước đầu tiên, LSTM sẽ quyết định xem thông tin nào sẽ được phép đi qua ô trạng thái thông qua hàm sigmoid của cổng quên. Cổng quên nhận đầu vào là 2 giá trị h_{t-1} và X_t và trả về một giá trị nằm trong khoảng 0 và 1 cho mỗi giá trị của ô trạng thái C_{t-1}. Giá trị bằng 1 thể hiện "giữ toàn bộ thông tin" và bằng 0 thể hiện "bỏ qua toàn bộ chúng".

$$fga = \sigma(W_{fg}[h_{t-1}, X_t] + b_f) \quad (4)$$

Bước tiếp theo mô hình sẽ quyết định loại thông tin nào sẽ được lưu trữ trong ô trạng thái. Bước này bao gồm 2 phần: đầu tiên là cổng vào quyết định giá trị bao nhiêu sẽ được cập nhật. Tiếp theo, tầng ẩn với hàm tanh sẽ tạo ra một véc tơ của một giá trị trạng thái mới $\tilde{C}$ có thể được thêm vào ô trạng thái.

$$iga = \sigma(W_{ip}[h_{t-1}, X_t] + b_i \quad (5)$$

$$\tilde{C}_t = tanh(W_C[h_{t-1}, X_t] + b_C \quad (6)$$

Kết hợp kết quả của 2 tầng này để cập nhật ô trạng thái cũ C_{t-1} thành một trạng thái mới C_t bằng công thức (7):

$$C_t = fga * C_{t-1} + iga * \tilde{C}_t \quad (7)$$

Cuối cùng, kết quả ở đầu ra sẽ xác định dựa trên ô trạng thái. Đầu tiên, cổng ra sigmoid sẽ quyết định phần nào của ô trạng thái sẽ ở đầu ra. Sau đó, ô trạng thái được đưa qua hàm tanh và nhân với đầu ra của cổng ra sigmoid, đó chính là kết quả đầu ra của mạng.

$$opg = \sigma(W_{op}[h_{t-1}, X_t] + b_O) \quad (8)$$

$$h_t = opg * \tanh C_t \quad (9)$$

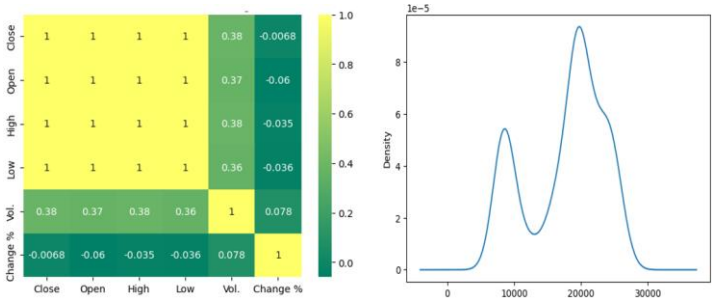
3. Xây dựng mô hình phân tích và dự báo giá cổ phiếu

3.1. Bộ dữ liệu thử nghiệm và phân tích tương quan

Để xây dựng thử nghiệm mô hình dự báo giá cổ phiếu, chúng tôi sử dụng dữ liệu cổ phiếu của Ngân hàng Thương mại Cổ phần Việt Nam Thịnh vượng VPBank (mã cổ phiếu VPB) được công bố trên website Investing.com. Dữ liệu được thu thập hàng ngày trong khoảng thời gian từ tháng 1 năm 2020 đến tháng 4 năm 2024 cung cấp một cái nhìn toàn diện về sự biến động của giá cổ phiếu VPBank theo thời gian. Các thông tin thu thập gồm:

- Giá mở cửa (Open): Giá cổ phiếu tại thời điểm bắt đầu phiên giao dịch.
- Giá cao nhất (High): Giá cao nhất mà cổ phiếu đạt được trong phiên giao dịch.
- Giá thấp nhất (Low): Giá thấp nhất mà cổ phiếu đạt được trong phiên giao dịch.
- Giá đóng cửa (Close): Giá cổ phiếu tại thời điểm kết thúc phiên giao dịch.
- Lượng giao dịch (Volume): Lượng cổ phiếu được giao dịch trong phiên.
- Phần trăm thay đổi (Change %): Tỷ lệ phần trăm thay đổi của giá cổ phiếu so với giá đóng cửa của ngày giao dịch trước đó, phản ánh mức độ biến động hàng ngày của cổ phiếu.

Với bộ dữ liệu chi tiết này, trước khi áp dụng các mô hình dự báo, chúng tôi tiến hành phân tích tương quan giữa các đặc trưng của dữ liệu và phân tích mật độ xác suất của giá cổ phiếu để có những nhận định sơ bộ ban đầu. Để thực hiện mô hình dự báo, bộ dữ liệu thành 2 phần train_data và test_data với tỷ lệ phần trăm tương ứng là 80:20.



Hình 4. Biểu đồ tương quan giữa các chỉ số (trái) và Biểu đồ KDE của giá đóng cổ phiếu (phải)

Dựa trên biểu đồ tương quan giữa các chỉ số, có thể thấy rằng:

- Giá đóng cửa có mối tương quan dương mạnh với giá mở cửa, giá cao nhất và giá thấp nhất. Điều này

có nghĩa là khi giá đóng cửa tăng, các chỉ số khác này cũng có xu hướng tăng.

- Giá đóng cửa có mối tương quan dương yếu với khối lượng giao dịch. Điều này có nghĩa là khi giá đóng cửa tăng, khối lượng giao dịch cũng có xu hướng tăng.
- Giá đóng cửa có mối tương quan âm yếu với thay đổi tỷ lệ phần trăm. Điều này có nghĩa là khi giá đóng cửa tăng, thay đổi tỷ lệ phần trăm có xu hướng giảm.

Biểu đồ tương quan cho thấy các chỉ số của cổ phiếu VPBank có mối quan hệ tích cực với nhau. Tuy nhiên, cũng có một số mối tương quan âm yếu giữa các chỉ số.

Biểu đồ KDE cho thấy sự phân phối giá cổ phiếu với hai đỉnh, phản ánh sự tồn tại của hai mức giá phổ biến. Điều này có thể chỉ ra sự thay đổi giữa hai pha thị trường hoặc trạng thái khác nhau của cổ phiếu. Mức độ không đồng đều giữa các khoảng giá khác nhau cũng thể hiện sự biến động lớn của giá cổ phiếu VPBank.

3.2. Đánh giá kết quả dự báo

Chúng tôi sử dụng các độ đo tiêu chuẩn RMSE, MAE, và MAPE để đánh giá độ chính xác của mô hình dự báo (Jose và nnk, 2019).

- RMSE (Root Mean Square Error) đo lường sai số trung bình bình phương của giá trị dự đoán so với dữ liệu thực tế. RMSE được tính bằng căn bậc hai của trung bình bình phương của sai số giữa giá trị dự đoán và giá trị thực tế.
- MAE (Mean Absolute Error) cũng đo lường sai số trung bình của giá trị dự đoán so với dữ liệu thực tế, tuy nhiên MAE tính toán trung bình giá trị tuyệt đối của sai số.
- MAPE (Mean Absolute Percentage Error) đo lường tỉ lệ phần trăm trung bình của sai số giữa giá trị dự đoán và giá trị thực tế. MAPE được tính bằng trung bình giá trị tuyệt đối của sai số chia cho giá trị thực tế, nhân với 100.

Các độ đo này có giá trị càng nhỏ thì mô hình dự báo càng chính xác, được biểu diễn bởi các công thức (10), (11), (12) với n là số mẫu quan sát, y_i là giá trị thực tế của quan sát i trong tập test, và $\tilde{y}_i$ là giá trị dự đoán của biến phụ thuộc của quan sát i trong tập test.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (y_i - \tilde{y}_i)^2}{n}} \tag{10}$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n} |y_i - \tilde{y}_i|}{n} \tag{11}$$

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{|y_i - \tilde{y}_i|}{y_i}}{n} * 100 \tag{12}$$

3.3. Xây dựng mô hình dự báo

Nghiên cứu sử dụng 3 mô hình đại diện cho các nhóm mô hình dự báo khác nhau gồm: dự báo chuỗi thời gian (ARIMA), học máy Ensemble learning (Random Forest) và học sâu Deep learning (LSTM).

Mô hình dự báo được xây dựng dùng ngôn ngữ lập trình Python và các thư viện TensorFlow, Keras, scikit-learn, Pandas, NumPy, statsmodels, và Matplotlib. Những công cụ này sẽ hỗ trợ việc triển khai, huấn luyện, và đánh giá các mô hình dự báo một cách hiệu quả.

3.3.1. Dự báo bằng mô hình ARIMA

Biểu đồ KDE ở Hình 4 cho thấy sự biến động mạnh của giá cổ phiếu VPBank. Vì vậy, đầu tiên chúng ta sẽ lấy log của dữ liệu để làm phẳng các biến động lớn, giúp cho dữ liệu trở nên ổn định và gần hơn với phân phối chuẩn. Bước tiếp theo, cần lựa chọn các tham số p, q, d cho mô hình ARIMA.

Xác định bậc sai phân d: Mục đích của tính sai phân là làm cho chuỗi thời gian có tính dừng. Bậc sai phân là sai phân tối thiểu cần thiết để có được một chuỗi gần như đứng yên di chuyển xung quanh một giá trị trung bình xác định và biểu đồ ACF đạt đến 0 khá nhanh. Đầu tiên, chuỗi sẽ được kiểm tra xem có dừng hay không bằng cách sử dụng hàm tự tương quan adfuller() (Augmented Dickey Fuller) từ thư viện statsmodels. Nếu kết quả kiểm tra cho giá trị p-value < 0,05 thì chuỗi là có tính dừng, sẽ không cần lấy sai phân tức là d = 0. Kết quả kiểm tra cho thấy chuỗi ban đầu không dừng. Tiếp tục thử nghiệm với sai phân bậc 1, kết quả kiểm tra cho thấy p-value = 0.00000003 (<0,05) và biểu đồ ACF đi đến 0 rất nhanh nên chuỗi đã đảm bảo tính dừng. Như vậy bậc của sai phân d=1.

Xác định độ trễ p: số số hạng AR cần thiết được xác định bằng cách kiểm tra biểu đồ tự tương quan riêng phần (*PACF - Partitial AutoCorrelation Function*), kết quả kiểm tra cho thấy có thể chọn hệ số p là các giá trị 1, 5, 9.

Xác định chỉ số trung bình trượt q: kiểm tra biểu đồ tự tương quan ACF tương tự như cách xác định độ

trễ p, kết quả cho thấy có thể chọn hệ số trung bình trượt q = 5,9.

Mô hình ARIMA được thử nghiệm lần lượt với các tham số d, p, q đã xác định, trên tập dữ liệu huấn luyện data_train và tập thử nghiệm data_test. Sau quá trình kiểm tra ARIMA với các tham số đã lựa chọn, kết quả cho thấy mô hình ARIMA(4,1,5) đạt được kết quả dự báo tốt nhất với AIC = -3886.596. Do đó, ARIMA(4,1,5) được sử dụng cho bước dự báo trên tập data_test.

3.3.2. Dự báo bằng mô hình rừng ngẫu nhiên

Khi áp dụng vào bài toán dự báo giá cổ phiếu, mô hình Random forest có thể tạo ra dự đoán dựa trên các đặc trưng lịch sử của giá cổ phiếu như giá mở cửa, giá cao nhất, giá thấp nhất, và giá đóng cửa của các phiên giao dịch trước đó. Mô hình sẽ học được các mẫu và mối quan hệ trong dữ liệu lịch sử để đưa ra dự đoán cho giá cổ phiếu trong tương lai.

Các tham số như số lượng cây quyết định, độ sâu của cây, và số đặc trưng được sử dụng trong mỗi cây có thể được tinh chỉnh để tối ưu hóa hiệu suất của mô hình. Để có kết quả chính xác nhất, chúng tôi đã thử nghiệm với 2 trường hợp, thứ nhất là sử dụng RandomForest dự báo giá đóng cửa dựa trên các chỉ số mặc định và trường hợp thứ 2, chúng tôi sử dụng thêm 2 bộ chỉ số MA20 và MA50 làm đặc trưng đầu vào cho dự đoán. Sau quá trình tối ưu hóa các tham số, mô hình RF cho kết quả tốt nhất cho trường hợp thứ 2 với số cây quyết định n=200, độ sâu tối đa max_depth = 5.

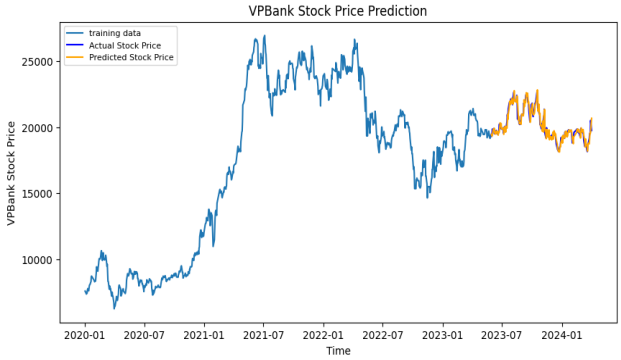
3.3.3. Dự báo bằng LSTM

Dữ liệu ban đầu được chuẩn hóa dữ liệu về khoảng [0,1] trước khi sử dụng để huấn luyện và thử nghiệm với mô hình LSTM. Qua quá trình thử nghiệm kiến trúc mạng với các tham số thay đổi bao gồm số lớp, số unit, tỷ lệ dropout,… chúng tôi tìm được thiết lập phù hợp nhất đối với bộ dữ liệu thử nghiệm như sau:

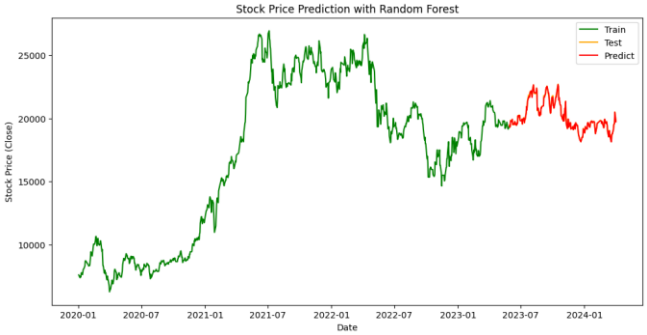
Mô hình gồm hai lớp LSTM với số units tương ứng là 100 và 80. Lớp LSTM đầu tiên được cấu hình để trả về chuỗi đầu ra (return_sequences=True), phù hợp với việc đồng bộ các chuỗi thời gian. Để tránh overfitting, chúng tôi thêm vào sau lớp LSTM đầu tiên một lớp Dropout với tỷ lệ dropout là 0,2. Lớp LSTM thứ hai không trả về chuỗi đầu ra (return_sequences=False) mà chỉ cung cấp đầu ra cho lớp Dense tiếp theo. Lớp Dense cuối cùng gồm một nơ-ron với hàm kích hoạt tuyến tính, dự đoán giá cổ phiếu tiếp theo dựa trên các đặc trưng được học từ chuỗi thời gian. Quá trình huấn luyện mô hình dùng hàm tối ưu hóa Adam (Adaptive Moment Estimation) và hàm mất mát MSE (Mean Square Error), với 50 epoch và batch size 8.

3.4. Kết quả và bình luận

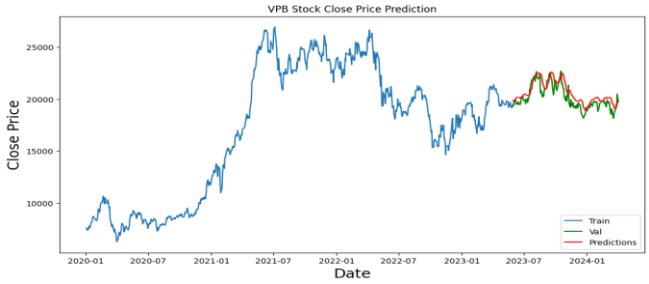
Qua quá trình thử nghiệm với ba mô hình khác nhau, chúng tôi thu được kết quả dự báo giá đóng cổ phiếu VPBank thể hiện qua các biểu đồ và bảng kết quả sau:



Hình 5. Kết quả dự báo bằng mô hình ARIMA



Hình 6. Kết quả dự báo bằng mô hình Random Forest



Hình 7. Kết quả dự báo bằng mô hình LSTM

Bảng1. So sánh kết quả dự báo của ba mô hình

Mô hình	RMSE	MAE	MAPE
ARIMA	346,10	252,91	1,24 %
LSTM	728,09	589,12	2,95 %
Random Forest	**38,60**	**22,50**	**0,11 %**

Kết quả thể hiện cả ba mô hình đã cho kết quả dự báo tương đối tốt với bộ dữ liệu thử nghiệm, trong đó mô hình Random Forest cho kết quả tốt nhất. Mặc dù trong một số trường hợp, mạng học sâu đã cho thấy hiệu suất dự báo vượt trội so với các mô hình học máy khác. Tuy nhiên, với trường hợp dự báo giá cổ phiếu được thử nghiệm trong nghiên cứu này, mô hình Random Forest đã cho thấy kết quả tốt hơn so với mạng học sâu LSTM và mô hình chuỗi thời gian ARIMA.

4. Kết luận

Bài báo đã tóm tắt một số kỹ thuật thống kê, học máy và học sâu được sử dụng trong phân tích dự báo thị trường chứng khoán. Bài báo cũng mô tả ba mô hình dự báo chuỗi thời gian điển hình cho các nhóm giải pháp, gồm mô hình ARIMA, Random Forest và LSTM. Đồng thời, ba mô hình này được ứng dụng thử nghiệm trên tập dữ liệu chứng khoán VPBank. Mặc dù đã có nhiều mô hình được dùng để dự báo giá cổ phiếu, vẫn chưa có giải pháp chung nào để có thể dự đoán chính xác giá cổ phiếu hoặc xu hướng của thị trường chứng khoán. Các mô hình dựa trên trí tuệ nhân tạo (AI) cũng có thể thất bại nếu chúng không được đào tạo hiệu quả với các dữ liệu mới. Do đó, các mô hình dự báo cổ phiếu hiện tại cần được cải thiện bằng cách điều chỉnh siêu tham số phù hợp để nâng cao độ chính xác. Cũng cần tiếp tục khám phá những hướng đi mới để giải quyết bài toán dự đoán thị trường chứng khoán bằng các kỹ thuật tổng hợp.

Bên cạnh đó, biến động giá cổ phiếu cũng có thể bị ảnh hưởng bởi các yếu tố tin tức và tâm lý . Những tin tức tích cực có thể dẫn đến chuyển động tăng giá, hoặc tin tức tiêu cực sẽ dẫn đến chuyển động giảm giá. Vì vậy, cùng với các kỹ thuật dự báo cổ phiếu dựa trên các chỉ số chứng khoán, các nghiên cứu trong tương lai có thể được mở rộng để tích hợp phân tích dữ liệu thông tin và tâm lý liên quan đến thị trường chứng khoán thông qua các phương tiện truyền thông xã hội và các kênh tin tức.

Mặc dù cho đến nay, các mô hình đự đoán chưa đạt được kết quả tốt, song các nhà giao dịch và cố vấn đầu tư vẫn có thể sử dụng các mô hình học máy và học sâu để hỗ trợ ra quyết định đầu tư, quản lý danh mục đầu tư, và thiết kế chiến lược giao dịch.

Tài liệu tham khảo

Vuong, Pham Hoang, Trinh Tan Dat, Tieu Khoi Mai, and Pham Hoang Uyen, 2022. *Stock-Price Forecasting Based on XGBoost and LSTM.* Computer Systems Science & Engineering 40: 237-46.

Banik, Shouvik, Nonita Sharma, Monika Mangla, Sachi Nandan Mohanty, and Selvarajan Shitharth, 2022. *LSTM based decision support system for swing trading in stock market*. Knowledge-Based Systems 239: 107994.

Burton G. M., 2007. *A Random Walk Down Wall Street: The Best Investment Guide That Money Can Buy*. 9th edition.

Di Persio, Luca, and Oleksandr Honchar, 2017. *Recurrent neural networks approach to the financial forecast of Google assets*. International Journal of Mathematics and Computers in Simulation 11: 7-13

Hu, Zexin, Yiqi Zhao, and Matloob Khushi, 2021. *A survey of forex and stock price prediction using deep learning.* Applied System Innovation 4:9.

Jose, Jithina, Suja Cherukullapurath Mana, and B. Keerthi Samhitha, 2019. *An Efficient System to Predict and Analyze Stock Data using Hadoop Techniques*. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) 8: 1039–43

Khan, Wasiat, Mustansar Ali Ghazanfar, Muhammad Awais Azam, Amin Karami, Khaled H. Alyoubi,

and Ahmed S. Alfakeeh, 2020. *Stock market prediction using machine learning classifiers and social media, news*. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing 13: 3433–56.

Manojlović, Teo, and Ivan Štajduhar, 2015. *Predicting stock market trends using random forests: A sample of the Zagreb stock exchange*. International Convention on Information and Communication Technology Electronics and Microelectronics, Opatija, Croatia, May 25–29.

Parray, Irfan Ramzan, Surinder Singh Khurana, Munish Kumar, and Ali A. Altalbe, 2020. *Time series data analysis of stock price movement using machine learning techniques*. Soft Computing 24: 16509–17.

Pathak, Ashwini, and Sakshi Pathak, 2020. Study of Machine learning Algorithms for Stock Market Prediction. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) 9: 6

Polamuri, Subba Rao, Kudipudi Srinivas, and A. Krishna Mohan, 2019. *Stock Market Prices Prediction using Random Forest and Extra Tree Regression*. International Journal of Recent Technology and Engineering 8: 1224–28

Riya Jain & Priya Chetty, 2020. Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) model. Avaiable at: https://www.projectguru.in/introduction-to-the-autoregressive-integrated-moving-average-arima-model/

Salles, Thiago, Marcos Gonçalves, Victor Rodrigues, and Leonardo Rocha. 2018. *Improving random forests by neighborhood projection for effective text classification*. Information Systems 77: 1–21.

Sadorsky, Perry, 2021. *A Random Forests Approach to Predicting Clean Energy Stock Prices*. Journal of Risk and Financial Management 14: 48.

Sidra, Mehtab, and Jaydip Sen, 2020. *A time series analysis-based stock price prediction using machine learning and deep learning models*. arXiv arXiv:2004.11697

Van Houdt, G., Mosquera, C. & Nápoles, G. *A review on the long short-term memory model*. Artif Intell Rev 53, 5929–5955, 2020. https://doi.org/10.1007/s10462-020-09838-1

Vijay Kotu, Bala Deshpande. Editor(s): Vijay Kotu, Bala Deshpande, 2019. Chapter 12 - Time Series Forecasting, in Data Science (Second Edition), Morgan Kaufmann, Pages 395-445, ISBN 9780128147610.

Yadav, Ashima, and Dinesh Kumar Vishwakarma, 2019. *Sentiment analysis using deep learning architectures: A review*. Artificial Intelligence Review 53: 4335–85.

Zhu, Zhe, and Kexin He, 2022. *Prediction of Amazon's Stock Price Based on ARIMA, XGBoost, and LSTM Models*. Proceedings of Business and Economic Studies 5: 127–36.

ABSTRACT

Stock price analysis and forecasting using machine learning models

Trần Thanh Huân[1], Trần Hải Nam[2], Nguyễn Thanh Tùng[2], Dương Thị Hiền Thanh[3]
[1]*Hanoi University of Industry*
[2]*National Population Data Center, Department C06, Ministry of Public Security*
[3]*Hanoi University of Mining and Geology*

Stock price analysis and forecasting task focus on analyzing the correlation between factors from stock data in the past to forecast stock prices in the future. Based on the prediction results, investors, businesses, analysts and financial strategists can make appropriate decisions purposing of maximizing operational efficiency. In the context of strong development of information technology, artificial intelligence (AI) is creating analysis, forecasting systems and decision support systems for financial markets based on advanced machine learning and deep learning algorithms. Machine learning and deep learning models have demonstrated superiority over traditional statistical methods in the analysis and forecasting situations with complex constraints data. This paper investigate the application of machine learning models in stock price analysis and forecasting and provides some potential directions for future research. The VPB stock data was collected and analyzed for forecasting by three models: ARIMA, LSTM and Random forest. The experimental results showed that the machine learning models gave forecasting results with high accuracy, in which the Random Forest achieved the best forecasting accuracy.

Keywords: stock price forecasting; random forest; LSTM; ARIMA

Nghiên cứu ứng dụng Wokwi và Node.js mô phỏng hệ thống IoT trong lĩnh vực giáo dục - đào tạo

Nguyễn Duy Huy[1,*], Trần Thị Thu Thúy[1], Đỗ Trung Thành[2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Trung tâm Dữ liệu dân cư Quốc gia, Cục Cảnh sát quản lý hành chính về Trật tự xã hội, Bộ Công an*

TÓM TẮT

Internet of Things (IoT) đã và đang phát triển mạnh mẽ, là xu hướng tất yếu của kỷ nguyên số. IoT được ứng dụng khá hiệu quả trong các lĩnh vực như nông nghiệp thông minh, giám sát môi trường, giao thông thông minh, thành phố thông minh, nhà thông minh, bán lẻ, hậu cần… IoT hiện cũng được đưa vào giảng dạy trong nhà trường, từ phổ thông đến đại học. Việc thực hành mô phỏng hệ thống IoT với các thiết bị phần cứng thật gặp nhiều khó khăn do tốn kém chi phí, thiết bị nhanh hỏng, khó thực hiện với cá nhân. Do vậy ảo hóa phần cứng là giải pháp hợp lý để khắc phục tình trạng trên và đem lại hiệu quả cao trong giảng dạy. Bài báo này đề xuất giải pháp ứng dụng nền tảng Wokwi, cơ sở dữ liệu Firebase và Node.js để mô phỏng các hệ thống IoT. Giải pháp có ưu điểm nổi bật như không tốn kém chi phí đầu tư, phần cứng ảo thì ít bị hư hỏng, có thể mô phỏng mọi lúc, mọi nơi, theo cá nhân hoặc nhóm. Kết quả mô phỏng cho thấy giải pháp đề xuất chạy nhanh, ổn định, chính xác với thời gian mô phỏng dài.

Từ khóa: IoT; node.js; wokwi; firebase; giáo dục

1. Đặt vấn đề

Hiện nay hầu hết các trường đại học, cao đẳng ở Việt nam đều đưa nội dung môn học về IoT vào giảng dạy cho sinh viên. Một số trường thì mở ngành, chuyên ngành, hoặc chí ít cũng có những môn học về IoT. Việc triển khai giảng dạy IoT là xu hướng tất yếu, giúp cho người học nắm được khái niệm, kiến thức cơ bản về IoT, bên cạnh đó còn giúp cho người học hiểu về việc vận hành hệ thống IoT, từ thu thập dữ liệu, gửi lên máy chủ, hiển thị ra ứng dụng (webapp hoặc mobile app). Hiện có nhiều nền tảng hỗ trợ quản lý các thiết bị IoT, tạo dashboard… Tuy nhiên nếu ứng dụng các nền tảng sẵn có sẽ rất khó hình dung ra các công đoạn trong hệ thống, đặc biệt người học không thể tự lập trình để tạo ra ứng dụng web cho hệ thống IoT.

Để mô phỏng hệ thống IoT trên máy tính thường sử dụng 2 phương pháp sau:

- Sử dụng phần cứng thật: Có ưu điểm là trực quan, sinh động. Tuy nhiên hạn chế chính là tốn kinh phí đầu tư mua sắm, dễ hư hỏng, khó thực hiện với cá nhân.
- Sử dụng phần cứng ảo: Ưu điểm nổi bật là không tốn/tốn ít kinh phí, có thể thực hiện theo cá nhân/nhóm. Hạn chế chính là không trực quan bằng phần cứng thật.

Mô phỏng hệ thống IoT sử dụng phần cứng ảo chia thành 2 hướng chính:

- Sử dụng nền tảng web: Không cần cài đặt phần mềm, tuy nhiên khi mô phỏng thì hơi chậm và hỗ trợ ít thiết bị.
- Ứng dụng cài đặt trực tiếp trên hệ điều hành hoặc dưới dạng extension/plugin/platform tích hợp vào môi trường phát triển tích hợp (IDE). Ưu điểm nổi bật của loại này là chạy nhanh. Hạn chế chủ yếu là phức tạp hơn trong việc thiết kế mạch và cài đặt các thư viện hỗ trợ.

Căn cứ vào phân tích trên, nhóm tác giả đã tìm hiểu những giải pháp mô phỏng mạng IoT ảo phù hợp cho giáo dục – đào tạo, đặc biệt là ở các trường đại học, cao đẳng. Tuy nhiên hiện có khá ít công trình nghiên cứu/bài báo viết về chủ đề này. Wokwi đã được các tác giả trong (Tuyen, N. T., 2022) đề xuất ứng dụng để mô phỏng mạch IoT ảo. Nền tảng này cũng được các tác giả trong (Vaibhav Sharma, 2023) đề xuất kết hợp với Bytebeam để mô phỏng truyền dữ liệu từ mạch IoT và gửi lên máy chủ. Tương tự, các tác giả trong (Yaremchenko et al., 2022) cũng nghiên cứu và đề xuất ứng dụng Wokwi là nền tảng mô phỏng IoT ảo hữu ích trong lĩnh vực giáo dục – đào tạo.

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenduyhuy@humg.edu.vn

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Tổng quan về các nền tảng ứng dụng

2.2.1. Nền tảng Wokwi

Wokwi là nền tảng cho phép mô phỏng các hệ thống IoT với phần cứng ảo trên nền web. Wokwi hỗ trợ một số ngôn ngữ IoT phổ biến hiện nay là Arduino, Python, Rust,... Các hệ thống IoT thiết kế trên Wokwi có thể xuất ra các định dạng khác nhau như chuỗi json, để có thể kết nối với các môi trường lập trình khác như Visual Studio Code chẳng hạn (Wokwi, 2024), (Wokwi for VS Code, 2024). Việc thiết kế mạch IoT trên Wokwi rất thuận lợi, không cần cài đặt thêm phần mềm hay thư viện hỗ trợ nào, và có thể làm việc cá nhân hoặc nhóm. Người dùng chỉ cần đăng ký tài khoản là có thể sử dụng sau khi đăng nhập. Wokwi Online hỗ trợ nhiều mạch từ Arduino, ESP32, STM32, Pi Pico và nhiều bo mạch, bộ phận và cảm biến phổ biến khác. Với Wokwi Pro có thể thiết kế mạch, lập trình và mô phỏng trực tiếp trong Visual Studio Code (Wokwi for VS Code), CI (Wokwi for CI), JetBrains (Wokwi for JetBrains). Trong phạm vi bài báo này, nhóm tác giả sử dụng Wokwi for VS Code để thiết kế, lập trình và mô phỏng mạch IoT.

2.2.2. Visual Studio Code

Visual Studio Code (VSC/VS Code) là môi trường phát triển tích hợp (IDE) rất phổ biến, hỗ trợ nhiều ngôn ngữ lập trình khác nhau để phát triển nhiều loại ứng dụng khác nhau, từ ứng dụng desktop đến web (VS Code, 2024). VSC hỗ trợ hệ thống thư viện và extensions mạnh mẽ nên được các lập trình viên rất ưa chuộng. Trong phạm vi bài báo này, tác giả sử dụng VSC để mô phỏng mạch IoT ảo (được thiết kế bằng Wokwi Online) và lập trình ứng dụng web cho hệ thống IoT dựa trên Node.js.

2.2.3. Node.js

Node.js là tiêu chuẩn thiết kế ứng dụng (web/mobile) dựa trên kiến trúc restful API. Nó là môi trường thực thi mã JavaScript giúp cho các ứng dụng phía máy chủ có thể chạy bên ngoài trình duyệt web (Node.js, 2024). Sự xuất hiện của Node.js giúp cho ngôn ngữ lập trình JS (JavaScript) được sử dụng không chỉ cho thiết kế ứng dụng phía client (front-end) mà còn cho cả phía máy chủ (back-end).

Node.js được ứng dụng mạnh mẽ cho nhiều loại ứng dụng khác nhau, trong đó có các ứng dụng thời gian thực như chat, IoT,… Trong bài báo này, tác giả sử dụng Node.js để thiết kế webapp cho hệ thống.

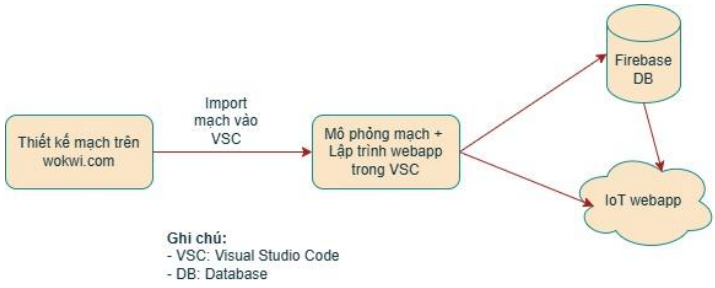
2.2.4. Firebase

Firebase là một trong các dịch vụ của hệ sinh thái cloud của Google, còn được coi là dịch vụ BaaS (Back-end as a Service). Firebase được sử dụng rộng rãi trong thiết kế, lưu trữ, hiển thị cơ sở dữ liệu thời gian thực (Firebase, 2024). Nó còn được sử dụng như một giải pháp back-end thay thế hiệu quả trong một số trường hợp. Firebase hiện được sử dụng khá phổ biến trong môi trường giáo dục - đào tạo do có phiên bản miễn phí, trực quan, sinh động, dễ sử dụng, cung cấp API để kết nối với nhiều nền tảng khác nhau. Trong bài báo này, tác giả sử dụng Firebase để thiết kế và quản trị cơ sở dữ liệu cho hệ thống.

2.2. Phương pháp đề xuất

2.2.1. Mô hình truyền dữ liệu

Mô hình truyền dữ liệu cho hệ thống đề xuất được biểu diễn như hình dưới đây:



Hình 1. Mô hình truyền dữ liệu đề xuất

Nguyên tắc hoạt động của mô hình: Mạch IoT đề xuất được thiết kế trực tiếp trên nền tảng Wokwi Online (wokwi.com) và lập trình nhúng cho mạch (bằng ngôn ngữ Arduino/Python), sau đó lưu ra file .json. File này sẽ được import vào VSC để tạo thành mạch trong VSC (chỉ xem và mô phỏng nếu tài khoản Wokwi là free, có thể hiệu chỉnh được mạch/code trong VSC nếu tài khoản Wokwi là pro). Tiếp theo cũng trong VSC, tiến hành thiết kế webapp cho hệ thống. Webapp được xây dựng dựa trên chuẩn Node.js. Trong

firebase tạo cơ sở dữ liệu (dạng cây json) cho hệ thống. Như vậy khi mô phỏng mạch IoT trong VSC, dữ liệu sẽ được đẩy lên Firebase DB, sau đó được hiển thị lên IoT webapp. Trong bài báo này, để minh họa cho hệ thống đề xuất, tác giả mô phỏng một số chức năng cơ bản trong hệ thống nhà thông minh.

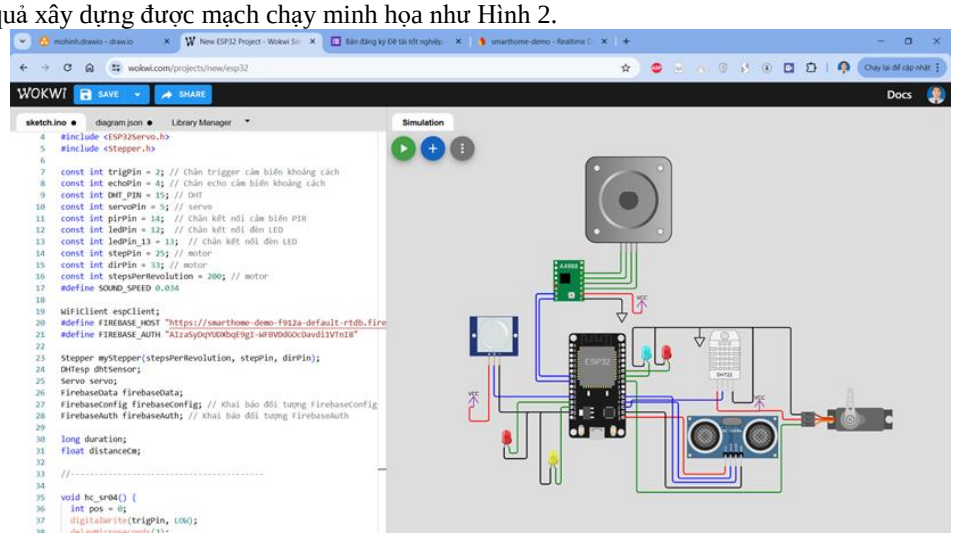
2.2.2. Thiết kế các khối chức năng

a) Thiết kế mạch trên wokwi.com

Các bước tiến hành:

- B1: Tạo tài khoản và đăng nhập trên Wokwi Online (wokwi.com);
- B2: Thiết kế mạch;
- B3: Lập trình cho mạch (sử dụng ngôn ngữ Arduino/Python);
- B4: Lưu/Xuất mạch ra file .json.

Kết quả xây dựng được mạch chạy minh họa như Hình 2.



Hình 2. Thiết kế mạch IoT ảo trên Wokwi Online

Hệ thống mô phỏng nhà thông minh ở trên gồm các thiết bị: 04 đèn LED (1 đèn xanh, 2 đèn đỏ, 1 đèn vàng), 1 cảm biến phát hiện chuyển động, 1 cảm biến đo khoảng cách, 1 cảm biến đo nhiệt độ-độ ẩm, 1 động cơ servo (quạt), 1 bộ vi điều khiển ESP32, 1 động cơ bước lưỡng cực và 1 trình điều khiển động cơ bước A4988.

b) Thiết kế cơ sở dữ liệu trên Firebase

Do khi lập trình cho mạch cần kết nối đến cơ sở dữ liệu firebase nên 2 nội dung a) và b) có thể làm song song để hỗ trợ cho nhau tốt hơn.

Các bước tiến hành:

- B1: Tạo tài khoản trên Firebase (https://firebase.google.com/) và đăng nhập;
- B2: Tạo project trên Firebase;
- B3: Tạo cơ sở dữ liệu thời gian thực (real-time database) và tạo các node (nếu cần);
- B4: Tạo API key. API key sẽ được sử dụng trong lập trình nhúng cho mạch ở nội dung a).

Kết quả tạo được cơ sở dữ liệu thời gian thực trên Firebase như Hình 3.

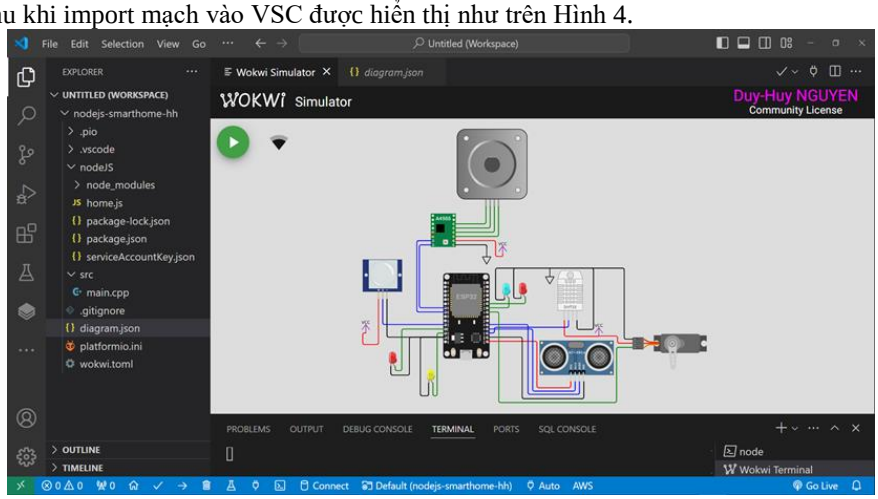


Hình 3. Cấu trúc cơ sở dữ liệu thời gian thực trong Firebase

c) Import mạch vào VSC
Các bước tiến hành:
- B1: Cài đặt VSC (nếu chưa có);
- B2: Thêm extensions PlatformIO IDE vào VSC;
- B3: Đăng ký License Key cho Wokwi for VSC (key miễn phí có thời hạn sử dụng 1 tháng);
- B4: Tạo dự án mới cho PlatformIO IDE;
- B5: Import mạch được thiết kế trên Wokwi Online (file .json) vào VSC;
- B6: Hiệu chỉnh mạch, code trên VSC (nếu có).

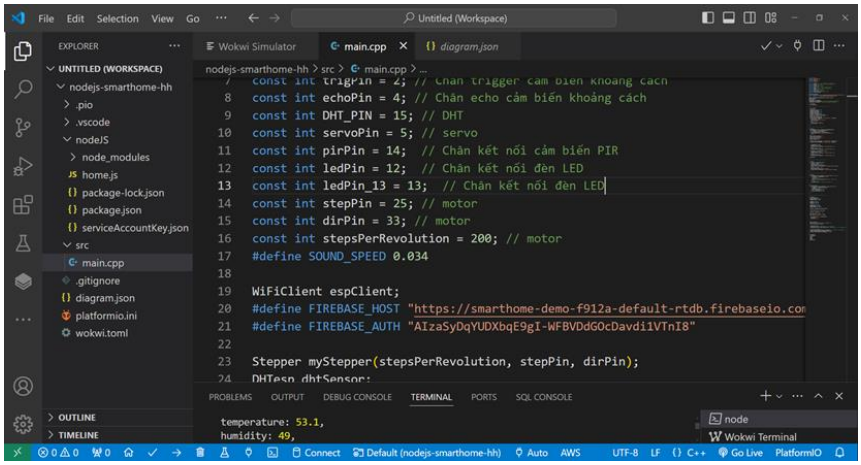
Cấu trúc các file dự án PlatformIO:
+ File .json: Mạch IoT
+ File .cpp: Lập trình nhúng cho mạch IoT
+ File .ini: Cấu hình cho dự án PlatformIO
+ File .toml: Cấu hình cho wokwi

Kết quả sau khi import mạch vào VSC được hiển thị như trên Hình 4.



Hình 4. Mạch IoT sau khi được import từ file .json (xuất ra từ Wokwi Online) vào VSC

Phần mã nguồn lập trình nhúng cho mạch IoT ảo được thể hiện trên Hình 5.



Hình 5. Code lập trình nhúng cho mạch IoT ảo

Thuật toán điều khiển chính được mô tả như sau:
Algorithm 1. Điều khiển nhà thông minh
- Bước 1: Đọc dữ liệu từ các cảm biến;
- Bước 2: Xử lý dữ liệu đọc được

Cập nhật lên Firebase
Nếu cảm biến khoảng cách có giá trị >=100cm → Không có người. Ngược lại → Có người.
Nếu Nhiệt độ >= 40 → Đèn LED_02 sáng. Ngược lại → Đèn tắt
Nếu 30% =< Độ ẩm <= 60% → Đèn LED_03 sáng. Ngược lại → Đèn tắt
Nếu cảm biến chuyển động phát hiện có người → Bật đèn LED_04. Ngược lại → Tắt đèn
Quạt bật/tắt theo cảm biến DHT22 và quay theo trình điều khiển động cơ bước.

- Bước 3: Dừng chương trình 1s -> quay lại Bước 1.

d) Lập trình webapp trên VSC

Các bước tiến hành:

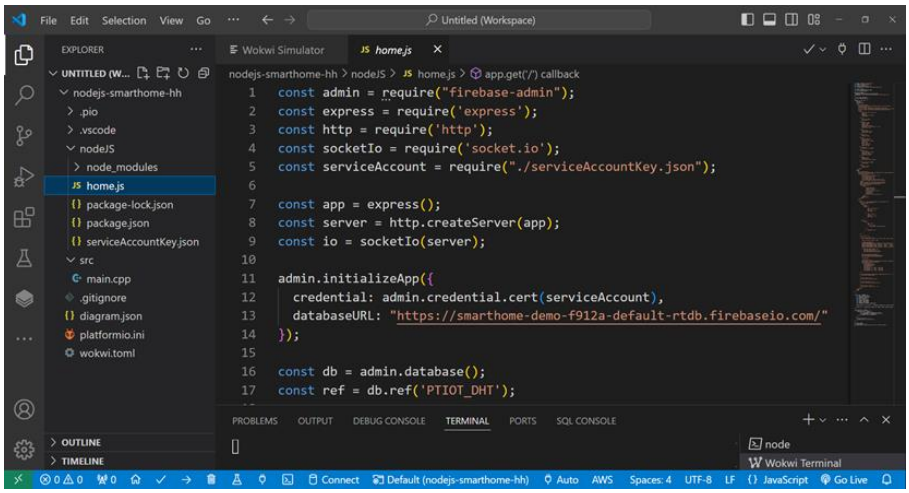
- B1: Cài đặt Node.js cho máy tính/VSC;
- B2: Tạo dự án Node.js trên VSC;
- B3: Lập trình các module (các file .js/.json…) cho webapp. Các module chính của webapp gồm:

+ Các file .js: Trang chủ, các node_modules…

+ Các file .json: Cấu hình cho webapp, xác thực quyền truy cập Firebase…

Ngoài ra còn một số file hệ thống, cấu hình khác cho dự án Node.js khi được tạo trong VSC.

Nội dung trang chủ của ứng dụng web minh họa được thể hiện trên Hình 6.



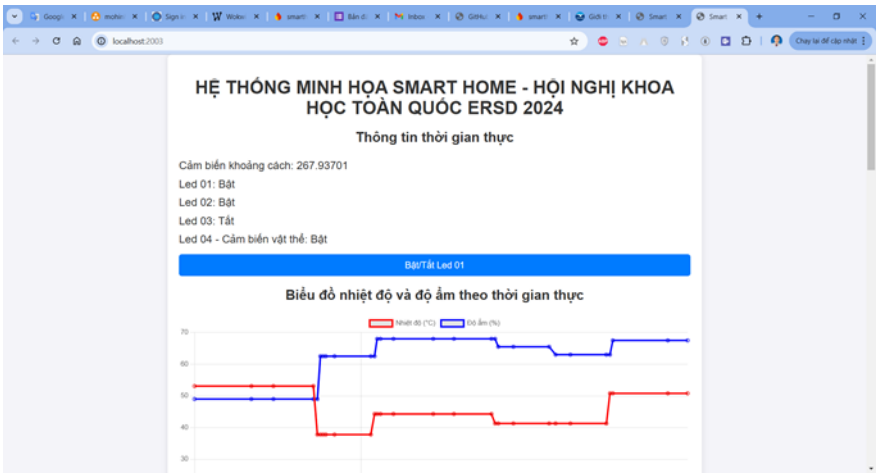
Hình 6. Nội dung file home.js – Giao diện chính của webapp

3. Kết quả và thảo luận

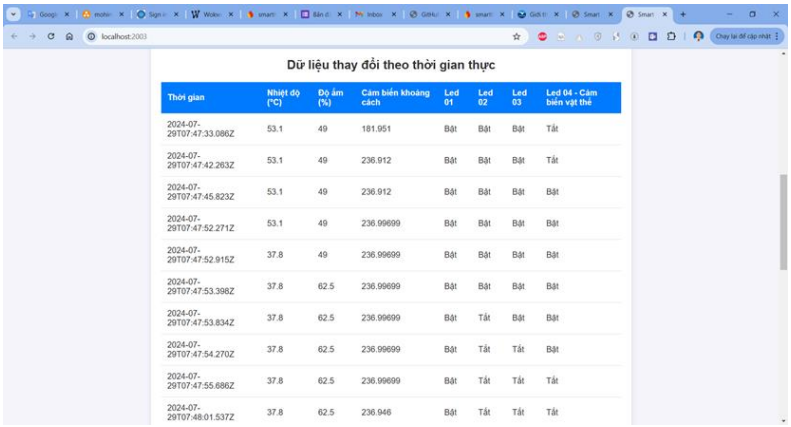
Để mô phỏng mạch minh họa thực hiện theo các bước sau:

- B1: Chạy mạch mô phỏng trong VSC (nhấn nút Start the simulation (Hình 4));
- B2: Chạy ứng dụng webapp thông qua Node.js trong VSC (chạy lệnh **node home.js** trong Terminal của VSC), sau đó mở ứng dụng trên trình duyệt web tại địa chỉ **http://localhost:2003**
- B3: Điều chỉnh thiết bị thu thập dữ liệu (cảm biến) trên mạch trong VSC và quan sát kết quả hiển thị trên webapp. Muốn điều chỉnh dữ liệu cho cảm biến thì kích vào cảm biến và thay đổi giá trị mô phỏng.

Khi mô phỏng mạch và quan sát kết quả thay đổi trên webapp thấy rằng mạch chạy nhanh, ổn định, kết quả hiển thị trên webapp đúng với kết quả điều chỉnh trên cảm biến ở trên mạch mô phỏng như trên Hình 7, Hình 8. Mạch mô phỏng có thể chạy trong khoảng thời gian dài mà không bị gián đoạn. Hạn chế của phương pháp đề xuất là sử dụng tài khoản Wokwi pro miễn phí nên không thể chỉnh sửa mạch trực tiếp trong VSC được. Khi cần chỉnh sửa thì sửa trên Wokwi Online, sau đó copy nội dung file .json và cập nhật vào file sơ đồ mạch trong VSC.



Hình 7. Biểu đồ hiển thị kết quả theo thời gian thực



Hình 8. Hình ảnh dữ liệu hiển thị dạng bảng theo thời gian thực

Khi mô phỏng, dữ liệu không được thu thập tự động từ cảm biến mà phải điều chỉnh thủ công. Do vậy nếu không điều chỉnh giá trị mô phỏng của cảm biến thì hệ thống chỉ hiển thị giá trị hiện tại. Do sử dụng phần ứng ảo nên thời gian xử lý, gửi lên web server cũng chậm hơn. Giá trị hiển thị trên webapp đúng với giá trị điều chỉnh trên cảm biến.

Để hiểu rõ hơn về hiệu quả mà giải pháp đề xuất mang lại, nhóm tác giả so sánh một số đặc điểm với các nền tảng hỗ trợ mô phỏng Arduino khác được sử dụng phổ biến trong lĩnh vực giáo dục – đào tạo như tinkercad.com, proteus và sử dụng phần cứng thật.

Bảng 1. So sánh hệ thống đề xuất với một số giải pháp được sử dụng phổ biến

Đặc điểm	**Giải pháp phần cứng thật**	**Giải pháp đề xuất**	**Nền tảng tinkercad.com**	**Phần mềm Proteus**
Môi trường thực hiện	OS/Web	OS/Web	Web	OS/Web
Bản quyền	Mất phí	Miễn phí/Mất phí	Miễn phí	Mất phí
Hỗ trợ nhiều board IoT thông dụng	Có thể mua các loại board khác nhau (mất phí)	Có	Không (chỉ hỗ trợ Arduino)	Hỗ trợ Arduino, các board khác rất hạn chế
Cài đặt thêm thư viện/plugin/extension	Có	Có	Không	Có
Cần có Arduino IDE hỗ trợ	Có	Không	Không	Có
Có thể nạp mã nguồn vào board thật	Có	Không	Không	Không
Hỗ trợ kết nối lên nền tảng Web IoT mở	Có	Có	Có (hạn chế)	Có (phức tạp)
Hỗ trợ kết nối với webapp tự tạo	Có	Có	Không	Có (phức tạp)
Phù hợp với làm việc cá nhân/nhóm	Có	Có	Có	Có
Hỗ trợ mô phỏng nhiều mạch IoT khác nhau	Có (tốn chi phí)	Có	Hạn chế	Có (cần có thư viện hỗ trợ)
Thu thập dữ liệu tự động	Có	Không (phải điều chỉnh giá trị cảm biến)	Không (phải điều chỉnh giá trị cảm biến)	Không (phải điều chỉnh giá trị cảm biến)

4. Kết luận

Bài báo này đề xuất phương pháp mô phỏng đầu cuối mạch IoT mà không cần thiết bị phần cứng thật. Đặc biệt khi thiết kế ứng dụng web, thay vì sử dụng nền tảng sẵn có thì có thể tự lập trình dựa trên chuẩn Node.js. Do vậy có thể tùy chỉnh dễ dàng khi mạch có thay đổi. Phương pháp mô phỏng này có thể áp dụng cho nhiều loại ứng dụng khác nhau sử dụng các loại thiết bị IoT phổ biến như: Arduino, ESP32, Lora, Raspberry Pi... Phương pháp này có thể áp dụng hiệu quả để mô phỏng mạch IoT trong môi trường giáo dục - đào tạo do không tốn chi phí để mua thiết bị phần cứng thật, có thể thực hiện theo cá nhân/nhóm. Ngoài ra cũng có thể sử dụng cho các nhà nghiên cứu hoặc mô phỏng trước dự án thực tế trước khi triển khai.

Giải pháp đề xuất hoàn toàn có thể áp dụng hiệu quả trong giảng dạy sinh viên chuyên ngành/ngành về IoT, Công nghệ thông tin, Khoa học dữ liệu..., ở bậc đại học/cao đẳng, giúp cho giảng viên và người học củng cố kiến thức về mạch, truyền dữ liệu trong mạng, lập trình nhúng/web và mô phỏng trực quan hệ thống IoT ứng dụng cho lĩnh vực cụ thể với một số loại thiết bị IoT thông dụng. Để phương pháp đề xuất áp dụng hiệu quả và đơn giản trong thực hiện, tác giả đề xuất nên mua bản quyền Wokwi pro, như vậy có thể chỉnh sửa trực tiếp mạch IoT ảo trên VSC giúp cho việc triển khai đơn giản, thuận tiện và hiệu quả hơn.

Tài liệu tham khảo

Tuyen, N. T., 2022. On an application in supporting practical teaching of IoT course and embedded programming. *Global Journal of Engineering and Technology Advances*, 13(03), 039-044.

Firebase, 2024. *https://firebase.google.com/*

Node.js, 2024. *https://node.js.org/en*

Vaibhav Sharma, 2023. Virtual IoT Development: Simulating ESP32 with WokWi and Bytebeam. *https://bytebeam.io/blog/virtual-iot-development-simulating-esp32-with-wokwi-and-bytebeam/*

VS Code, 2024. *https://code.visualstudio.com/*

Wokwi for VS Code, 2024. *https://docs.wokwi.com/vscode/getting-started*

Wokwi, 2024. https://wokwi.com/

Yaremchenko, Y., Parkhomenko, A., Tulenkov, A., Parkhomenko, A., Zalyubovskiy, Y., Sokolyanskii, A., & Gladkova, O., 2022. Virtual Environment for Internet of Things Technologies Studying. In *CMIS* (pp. 303-314).

ABSTRACT

Study to apply Wokwi and Node.js for simulating IoT systems in education and training area

Nguyen Duy Huy[1], Tran Thi Thu Thuy[1] , Do Trung Thanh[2]

[1]Hanoi University of Mining and Geology

[2]National center for residents data, Police department for administrative management of social order, Ministry of Public Security

This paper presents a method for IoT system simulation in education and training area. The proposed method is combination of wokwi, node.js, visual studio code and firebase. The proposed method helps to simulate IoT systems without physical hardwares. It can simulate an entire IoT system such as data collection, send them to server, display on webapp. Especially, we also develop the webapp using node.js. So we can customize the application anytime. In order to illustrate the proposed method, we simulate a lite smart home application. The simulation results demonstrate that the proposed method can simulate a smart home without any physical hardwares. The system run rapidly, stably, and precisely.

Keywords: IoT; node.js; wokwi; education; training

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Tổng quan về phân tích dữ liệu và ứng dụng trong bài toán phân tích khách hàng rời bỏ (Customer Churn)

Đặng Văn Nam[1,*], Nguyễn Thị Phương Bắc[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Hiện nay, dữ liệu và phân tích dữ liệu là yếu tố quyết định cho sự thành công của quá trình chuyển đổi số. Dữ liệu đã và đang trở thành một trong những tài sản quan trọng của bất kỳ tổ chức, doanh nghiệp nào. Việc phân tích và tìm ra những thông tin có ích (insights) từ dữ liệu sẽ hỗ trợ trong việc đưa ra các quyết định kịp thời và chính xác. Khai thác dữ liệu một cách hiệu quả sẽ giúp các các tổ chức đưa ra các giải pháp ngắn hạn một cách nhanh chóng và kịp thời, cũng như xây dựng và triển khai các chiến lược phát triển hợp lý trong tương lai. Tuy nhiên, khai thác hiệu quả dữ liệu để mang lại những lợi thế cho doanh nghiệp là một quá trình phức tạp, với nhiều công đoạn và cần một nguồn lực đáng kể về con người, công nghệ và tài chính. Trong bài báo này, nhóm tác giả sẽ tập trung trình bày về quy trình phân tích dữ liệu, các loại hình phân tích dữ liệu khác nhau, cũng như những công cụ và công nghệ nền tảng sử dụng trong phân tích dữ liệu. Từ đó áp dụng phân tích dữ liệu vào bài toán giữ chân khách hàng, giảm tỷ lệ khách hàng rời bỏ. Đây đang là một trong những bài toán quan trọng của hầu hết các doanh nghiệp, nó phản ánh hiệu quả hoạt động cũng như mức độ tín nhiệm và trung thành của khách hàng đối với doanh nghiệp.

Từ khóa: phân tích dữ liệu; trực quan hóa; khách hàng rời bỏ

1. Đặt vấn đề

Đối với hầu hết các doanh nghiệp, việc thu hút và giữ chân khách hàng luôn là bài toán sống còn, quyết định tới sự tồn tại và phát triển của doanh nghiệp. Tỷ lệ khách hàng rời bỏ (Customer churn rate) là một thước đo quan trọng, giúp doanh nghiệp đánh giá được khả năng giữ chân khách hàng của mình. Chỉ số này góp phần phản ánh tình hình kinh doanh, sự phát triển, biến đổi của doanh nghiệp bao gồm cả tích cực và tiêu cực.

Tỷ lệ khách hàng rời bỏ tăng cao là một tín hiệu xấu với doanh nghiệp, đặc biệt khi chi phí để thu hút khách hàng mới cao hơn nhiều so với chi phí để chăm sóc và giữ chân những khách hàng hiện có (Kiran Dahiya, Surbhi Bhatia, 2015). Do đó, các doanh nghiệp cần có những biện pháp chủ động nhằm cải thiện tỷ lệ rời bỏ của khách hàng. Doanh nghiệp cần sử dụng các phương pháp phù hợp để nhanh chóng phát hiện ra vấn đề, tìm ra những nguyên nhân gốc rễ, từ đó "đón đầu" và đưa ra được những biện pháp khắc phục hiệu quả giúp giảm tỷ lệ rời bỏ. Thực tế cho thấy, khách hàng hiếm khi rời bỏ doanh nghiệp ngay lập tức, trừ khi có những lý do đặc biệt nghiêm trọng. Quyết định rời bỏ, ngừng sử dụng một sản phẩm hay một dịch vụ thường được hình thành qua thời gian, khi những bất mãn với sản phẩm, dịch vụ của doanh nghiệp ngày càng tăng hoặc đơn giản khi những sản phẩm, dịch vụ của doanh nghiệp không còn đáp ứng được nhu cầu của khách hàng, trong khi những đối thủ đưa ra được các sản phẩm, dịch vụ phù hợp hơn, cạnh tranh hơn.

Phân tích và khai thác dữ liệu về khách hàng và sản phẩm, dịch vụ của doanh nghiệp đang dần trở thành chìa khóa giúp các doanh nghiệp phát hiện ra những "dấu hiệu" không hài lòng của khách hàng. Từ đó, các biện pháp cụ thể có thể được thực hiện để nhanh chóng xác định và xử lý nguyên nhân, nhằm giảm tỷ lệ rời bỏ của khách hàng tới mức tối thiểu. Thế giới đang bước vào cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 4, trong đó dữ liệu được ví như một loại "vàng mới". Dữ liệu luôn ẩn chứa những thông tin quý giá và có ích; nếu được phân tích và khai thác đúng cách, dữ liệu sẽ tạo ra lợi thế cạnh tranh và thúc đẩy sự phát triển đột phá cho doanh nghiệp.

Trong phần 2 của bài báo này, nhóm tác giả sẽ nghiên cứu tổng quan về phân tích dữ liệu, quy trình thực hiện một dự án về phân tích dữ liệu, các loại hình phân tích và công cụ quan trọng để có thể thực

[*]*Tác giả liên hệ*
Email: dangvannam@humg.edu.vn

hiện phân tích dữ liệu. Dựa trên những kiến thức đó, trong phần 3 nhóm tác giả sẽ áp dụng thực hiện phân tích trên một tập dữ liệu cụ thể để tìm ra những thông tin có ích và đưa ra được các kiến nghị phù hợp nhằm giữ chân khách hàng, giảm tỷ lệ khách hàng rời bỏ. Tập dữ liệu sử dụng cho bài báo này là tập dữ liệu khách hàng của một doanh nghiệp viễn thông một lĩnh vực được đánh giá có tỷ lệ cạnh tranh cao và tỷ lệ khách hàng rời bỏ lớn; Do đó, việc giữ chân khách hàng là đặc biệt quan trọng, cần phải thực hiện thường xuyên và liên tục.

2. Tổng quan về phân tích dữ liệu

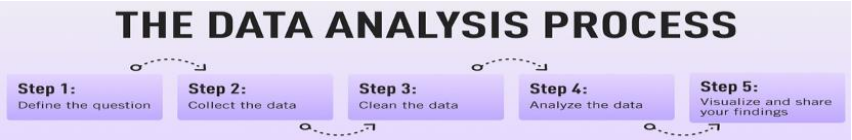
2.1. Phân tích dữ liệu là gì?

Phân tích dữ liệu là quá trình kiểm tra, làm sạch, chuyển đổi và mô hình hóa dữ liệu nhằm mục tiêu khám phá thông tin hữu ích, thông báo kết luận và hỗ trợ ra quyết định. Quá trình này bao gồm nhiều bước, từ việc thu thập dữ liệu, xử lý và tổ chức dữ liệu, đến áp dụng các phương pháp thống kê và thuật toán phức tạp để tìm ra các mẫu, xu hướng và mối quan hệ trong dữ liệu.

Phân tích dữ liệu có nhiều khía cạnh và cách tiếp cận khác nhau, bao gồm các kỹ thuật đa dạng với nhiều tên gọi và được sử dụng trong các lĩnh vực khác nhau. Mục tiêu chính của phân tích dữ liệu là biến dữ liệu thô thành thông tin hữu ích và có thể hành động, giúp các tổ chức và doanh nghiệp cải thiện hiệu quả hoạt động, tối ưu hóa quy trình, và dự đoán các xu hướng tương lai để đưa ra quyết định chiến lược. Các ứng dụng của phân tích dữ liệu rất đa dạng, từ việc nâng cao trải nghiệm khách hàng, tối ưu hóa chuỗi cung ứng, phát hiện gian lận, đến việc phát triển sản phẩm và dịch vụ mới.

2.2. Quy trình phân tích dữ liệu

Quy trình phân tích dữ liệu bao gồm 5 giai đoạn cơ bản *(Hình 1).* Tuy nhiên, tùy thuộc vào từng bài toán cụ thể các giai đoạn này có thể được chia nhỏ hoặc gộp lại sao cho phù hợp.



Hình 1. Các giai đoạn của quy trình phân tích dữ liệu

Giai đoạn 1: Xác định vấn đề (Define the question)

Không thể giải quyết được vấn đề nếu chúng ta không biết rõ vấn đề đó là gì. Do đó, trước hết, chúng ta phải xác định lý do tại sao muốn thực hiện phân tích dữ liệu này? Mục đích và mục tiêu của phân tích dữ liệu này là gì? Trong giai đoạn này, chúng ta phải quyết định loại phân tích dữ liệu nào cần thực hiện và cách đo lường kết quả. Đồng thời, chúng ta cũng phải xác định những nguồn lực cần thiết và công cụ sử dụng phù hợp để thực hiện các phân tích.

Giai đoạn 2: Thu thập dữ liệu (Collect the data)

Khi tiến hành thập dữ liệu, chúng ta phải xác định được nguồn dữ liệu và lập kế hoạch để thu thập các dữ liệu đó. Việc lựa chọn phương pháp thu thập dữ liệu phù hợp là cần thiết, có thể bao gồm khảo sát, phỏng vấn, quan sát, hoặc thu thập dữ liệu tự động từ các hệ thống. Trong quá trình thu thập dữ liệu, cần xây dựng ý tưởng rõ ràng về những thông tin cần thu thập và đánh giá tính chính xác, độ tin cậy của dữ liệu. Đồng thời, đảm bảo vấn để đạo đức và tính minh bạch trong thu thập dữ liệu.

Giai đoạn 3: Làm sạch dữ liệu (Clean the data)

"Rác vào – Rác ra (Garbage in, garbage out)" là nguyên lý cơ bản của phân tích dữ liệu. Chúng ta không thể mong muốn tìm ra được các thông tin quan trọng và có ích nếu đầu vào là các dữ liệu không đầy đủ, không chính xác, thiếu đồng bộ, thiếu nhất quán và chứa nhiều nhiễu. Vì vậy giai đoạn này đảm bảo rằng dữ liệu thu thập được sẵn sàng cho quá trình phân tích, giúp giảm thiểu sai sót và cải thiện độ chính xác của các kết quả.

Dữ liệu sạch và chính xác có vai trò đặc biệt quan trọng trong phân tích dữ liệu, vì việc sử dụng các tập dữ liệu kém chất lượng có thể dẫn tới các thông tin, dự đoán bị sai lệch. Đây là lý do chính khiến các nhà nhân tích dành phần lớn thời gian (khoảng 80%) cho giai đoạn làm sạch dữ liệu trong bất kỳ một dự án phân tích nào.

Giai đoạn 4: Phân tích dữ liệu (Analyze the data)

Giai đoạn phân tích dữ liệu là một bước quan trọng và chi tiết trong quy trình phân tích dữ liệu, nơi dữ liệu được kiểm tra kỹ lưỡng để phát hiện ra các thông tin, mẫu và xu hướng tiềm ẩn. Giai đoạn này bao

gồm một loạt các kỹ thuật từ cơ bản đến nâng cao để xử lý và hiểu dữ liệu một cách sâu sắc hơn. Có thể sử dụng một trong bốn loại hình phân tích dữ liệu sau: Phân tích mô tả, phân tích chuẩn đoán, phân tích dự báo và phân tích đề xuất; hoặc kết hợp nhiều loại hình để có được kết quả như mục tiêu đặt ra.

Giai đoạn 5: Trực quan hóa và chia sẻ kết quả (Visualize and share your findings)

Trực quan hóa dữ liệu giúp nhận diện các mẫu, xu hướng và quan hệ trong dữ liệu một cách trực quan và dễ hiểu. Điều này không chỉ giúp hiểu rõ hơn về dữ liệu mà còn giúp truyền đạt thông tin một cách hiệu quả cho các bên liên quan

Giai đoạn này, chúng ta có thể sử dụng các kỹ thuật phổ biến như biểu đồ phân phối, biểu đồ tương quan, biểu đồ xu hướng hay biểu đồ phân loại kết hợp với công cụ hỗ trợ trong khám phá dữ liệu như Python, R, Tableau,... Bằng cách sử dụng các kỹ thuật phân tích mô tả và trực quan hóa dữ liệu hiệu quả, chúng ta có thể khám phá và truyền đạt các thông tin quan trọng từ dữ liệu một cách rõ ràng và trực quan.

2.3. Các loại hình phân tích dữ liệu

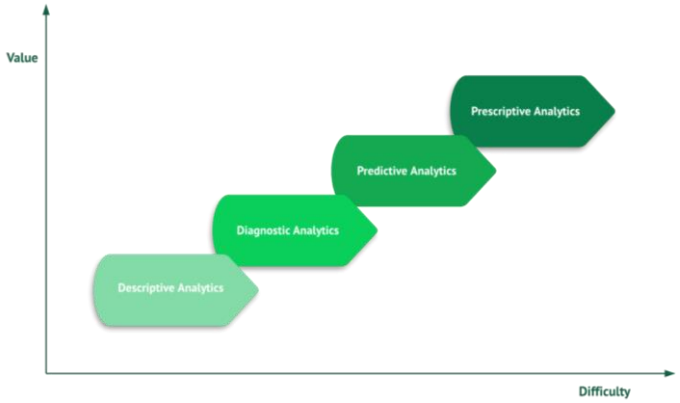
Có nhiều loại hình phân tích khác nhau, mỗi loại có mục tiêu và phương pháp riêng. Việc hiểu rõ các loại hình phân tích và biết cách áp dụng chúng vào các tình huống thực tế sẽ giúp các chuyên gia dữ liệu đưa ra quyết định thông minh và hiệu quả hơn. Có bốn loại hình phân tích dữ liệu cơ bản bao gồm:

Phân tích mô tả (Descriptive Analytics): Phân tích mô tả được sử dụng để trả lời câu hỏi về những gì đã xảy ra. Phương pháp này là điểm khởi đầu cho bất kỳ quá trình phân tích nào, nhằm mục đích trả lời câu hỏi: "Điều gì đã xảy ra trong quá khứ?" bằng cách sắp xếp, thao tác và diễn giải dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau để biến nó thành các tri thức (insights) có giá trị.

Phân tích chuẩn đoán (Diagnostic Analytics): Phân tích chẩn đoán là phương pháp nhằm để trả lời câu hỏi: "Tại sao điều này lại xảy ra?" Mục tiêu là hiểu rõ nguyên nhân của các sự kiện hoặc hiện tượng trong dữ liệu và tìm hiểu mối quan hệ giữa các biến. Phân tích chẩn đoán thường được thực hiện bằng cách sử dụng các kỹ thuật như: Exploratory Analysis (khám phá dữ liệu), Drill-Down (xem chi tiết), Data Mining (khai thác dữ liệu), Correlations (các mối tương quan).

Phân tích dự đoán (Predictive Analytics): Phân tích dự đoán cho biết điều gì có khả năng xảy ra. Nó sử dụng kết quả phân tích mô tả và chuẩn đoán để phát hiện xu hướng trong tương lai. Do đó, phân tích dự đoán trở thành công cụ để dự báo. Mặc dù phân tích dự đoán mang lại nhiều giá trị, nhưng chúng ta phải hiểu rằng dự báo chỉ là ước tính, độ chính xác tùy thuộc vào chất lượng dữ liệu và tính ổn định của tình huống. Phân tích dự đoán sử dụng kết quả của phân tích mô tả và chẩn đoán, kết hợp với Học máy (Machine Learning) và Trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence) để xây dựng các mô hình dự báo.

Phân tích đề xuất (Prescriptive analytics): Phân tích đề xuất là một trong những phương pháp phân tích dữ liệu phức tạp nhưng mang lại giá trị cao nhất trong nghiên cứu *(Hình 2)*. Phân tích đề xuất nhằm trả lời cho câu hỏi "Nó sẽ diễn ra như thế nào?" và "Nên làm gì tiếp theo?". Về bản chất, phân tích đề xuất lấy "Những gì chúng ta biết" (dữ liệu), hiểu một cách toàn diện dữ liệu đó để dự đoán những gì có thể xảy ra và đề xuất các phương án tốt nhất dựa trên các kết quả phân tích mô phỏng.



Hình 2. Độ phức tạp và giá trị mang lại của 4 loại hình phân tích dữ liệu

2.4. Công cụ nền tảng cho phân tích dữ liệu

Việc trở thành một nhà phân tích dữ liệu đòi hỏi sự kết hợp của các kiến thức và kỹ năng từ nhiều lĩnh vực khác nhau. Cần phải nắm chắc và sử dụng được các công cụ nền tảng của phân tích dữ liệu. Một số công cụ quan trọng thường được sử dụng trong quá trình phân tích dữ liệu bao gồm:

Ngôn ngữ lập trình Python: Ngôn ngữ lập trình phổ biến nhất trong phân tích dữ liệu, với các thư viện như Pandas, NumPy, Matplotlib, Seaborn, Scikit-Learn, TensorFlow và Keras. Python là ngôn ngữ lập

trình bậc cao, hướng đối tượng, được sử dụng để phát triển website và nhiều ứng dụng khác nhau. Python có cấu trúc dữ liệu mạnh mẽ và cách tiếp cận đơn giản nhưng hiệu quả. Cú pháp của Python rõ ràng, dễ hiểu và linh hoạt, làm cho nó trở thành một ngôn ngữ lý tưởng để viết script và phát triển ứng dụng trong nhiều lĩnh vực.

Ngôn ngữ lập trình R: R là một công cụ rất mạnh cho học máy, thống kê và phân tích dữ liệu. Với hơn 10.000 gói trong kho lưu trữ nguồn mở của CRAN, R phục vụ cho tất cả các ứng dụng thống kê. Ngoài ra, các gói như Tidyverse và Sparklyr cung cấp giao diện Apache Spark cho các môi trường dựa trên R. Các công cụ như RStudio đã giúp việc kết nối cơ sở dữ liệu trở nên dễ dàng hơn. R có gói tích hợp "RMyQuery", cung cấp khả năng kết nối tự nhiên với MySQL. Tất cả các tính năng này làm cho R trở thành một lựa chọn lý tưởng cho các nhà khoa học dữ liệu.

SQL (Structured Query Language): là ngôn ngữ truy vấn dữ liệu từ các nguồn dữ liệu có tổ chức. Trong phân tích dữ liệu, SQL sử dụng để cập nhật, truy vấn và thao tác với cơ sở dữ liệu. SQL là ngôn ngữ chuẩn cho hệ cơ sở dữ liệu quan hệ. Tất cả các hệ thống quản lý cơ sở dữ liệu quan hệ như MySQL, MS Access, Oracle, Sybase, Informix, Postgres và SQL Server đều sử dụng SQL làm ngôn ngữ cơ sở dữ liệu chuẩn.

Tableau: là công cụ thực hiện các nghiệp vụ phân tích một cách nhanh chóng, đơn giản và trực quan dành cho tất cả mọi người. Tableau nổi bật với khả năng tương tác với bất kì loại dữ liệu nào từ Excel, Data Warehouse cho tới dữ liệu Website. Ngoài ra, Tableau có khả năng cập nhật dữ liệu theo thời gian thực và hệ thống xử lý dữ liệu lớn mạnh mẽ. Dữ liệu trở nên trực quan thông qua biểu đồ hay thông qua Dashboard.

SAS: Là một trong những bộ chương trình chuyên dụng phục vụ cho xử lý và phân tích số liệu thống kê rất thông dụng trên thế giới. SAS rất mạnh trong lĩnh vực quản lý dữ liệu, cho phép người sử dụng thao tác dữ liệu hầu như với mọi cách có thể. SAS dễ dàng kết nối, quản trị và phân tích số liệu từ bất kỳ nguồn dữ liệu nào. SAS hiện đang được sử dụng rộng rãi cho việc hồ sơ hóa khách hàng tiềm năng. SAS có khả năng về dự đoán hành vi, quản lý và tối ưu hóa giao tiếp

3. Bài toán phân tích khách hàng rời bỏ

3.1. Mô tả bài toán và tập dữ liệu

Khách hàng rời bỏ (Customer churn) được định nghĩa là khi khách hàng hoặc người đăng ký ngừng kinh doanh với một công ty hoặc ngừng sử dụng một dịch vụ (Ozer Celik, Osmanoglu, 2019).

Tỷ lệ khách hàng rời bỏ (Customer churn rate) là tỷ lệ khách hàng ngừng mua bán những sản phẩm, dịch vụ của doanh nghiệp và do đó không còn là khách hàng của doanh nghiệp nữa. Tỷ lệ này thường được đo lường trong một khoảng thời gian nhất định như trong một tháng, một quý hoặc một năm…tùy theo mục đích của doanh nghiệp. Tỷ lệ khách hàng rời bỏ được xác định như sau:

$$\text{Tỷ lệ khách hàng rời bỏ} = \frac{\text{Số khách hàng đã rời bỏ}}{\text{Tổng số khách hàng của doanh nghiệp}} \text{x100} \quad (1)$$

Bài toán đặt ra như sau, một doanh nghiệp cung cấp dịch vụ viễn thông và các dịch vụ giá trị gia tăng đi kèm, cần đánh giá tỷ lệ khách hàng rời bỏ sau một thời gian hoạt động từ đó thấy được bức tranh về hoạt động của doanh nghiệp; Đặc biệt với các doanh nghiệp viễn thông thường là nhóm có tỷ lệ khách hàng rời bỏ cao lên đến 20%. Việc khách hàng rời bỏ đang nổi lên trở thành một trong những vấn đề lớn trong ngành viễn thông (Amal M. Almama và nnk, 2014). Từ tập dữ liệu khách hàng, tiến hành phân tích, đánh giá các yếu tố ảnh hưởng tới việc rời bỏ để đề xuất các giải pháp phù hợp nhằm giảm tỷ lệ khách hàng rời bỏ.

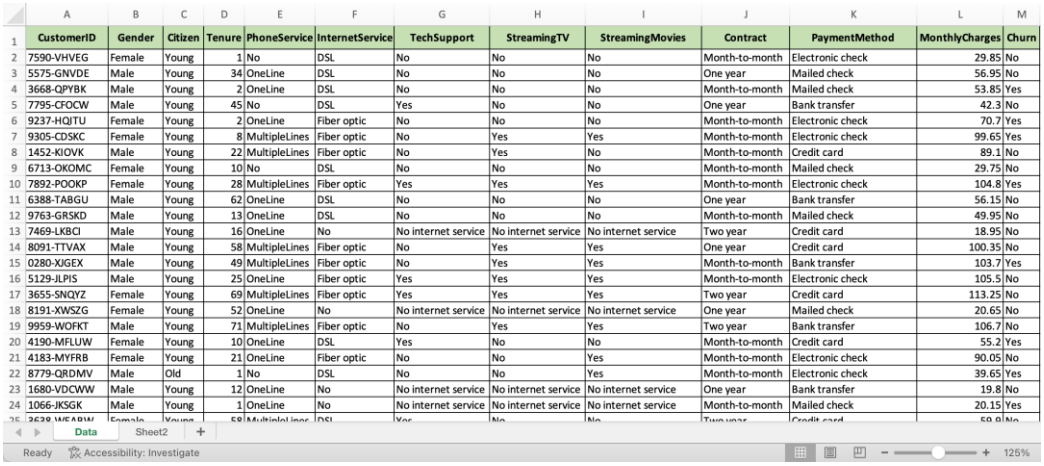
Tập dữ liệu bao gồm 7043 bản ghi, tương ứng với thông tin của 7043 khách hàng, với 12 thuộc tính, cho biết thông tin về khách hàng và dịch vụ khách hàng sử dụng. Chi tiết các thuộc tính được mô tả trong bảng 1 dưới đây; Tập dữ liệu này đã được kiểm tra và làm sạch; đảm bảo chất lượng cho việc phân tích.

Bảng 1. Thông tin các thuộc tính của tập dữ liệu

Stt	Tên thuộc tính	Kiểu dữ liệu	Mô tả
1	CustomerID	String	Mã khách hàng
2	Gender	String	Giới tính của khách hàng
3	Citizen	String	Khách hàng trẻ hay già
4	Turn	Int	Số tháng khách hàng gắn bó với doanh nghiệp
5	PhoneService	String	Đăng ký dịch vụ điện thoại
6	InternetService	String	Đăng ký dịch vụ Internet
7	StreamingTV	String	Khách hàng có sử dụng truyền hình trực tuyến không?
8	TechSupport	String	Khách hàng có sử dụng dịch vụ hỗ trợ kỹ thuật không?
9	Contract	String	Thời hạn hợp đồng của khách hàng

10	PaymentMethod	String	Phương thức thanh toán của khách hàng
11	MonthlyCharges	Float	Số tiền khách hàng phải trả hàng tháng
12	Churn	Boolean	Khách hàng đã rời bỏ (yes) hay không (no)

Tập dữ liệu được lưu trữ trong file Excel: Data_Customer.xlsx như hình 3:



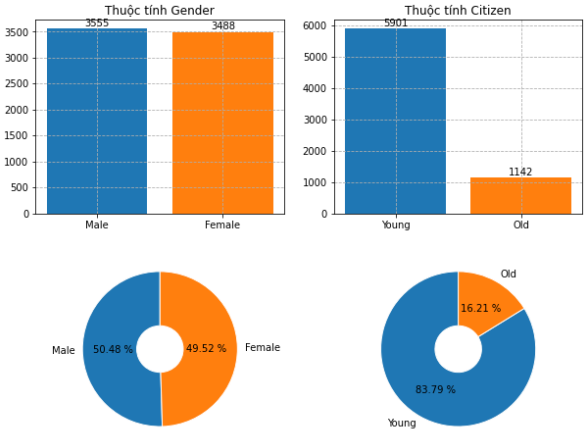
CustomerID	Gender	Citizen	Tenure	PhoneService	InternetService	TechSupport	StreamingTV	StreamingMovies	Contract	PaymentMethod	MonthlyCharges	Churn
7590-VHVEG	Female	Young	1	No	DSL	No	No	No	Month-to-month	Electronic check	29.85	No
5575-GNVDE	Male	Young	34	OneLine	DSL	No	No	No	One year	Mailed check	56.95	No
3668-QPYBK	Male	Young	2	OneLine	DSL	No	No	No	Month-to-month	Mailed check	53.85	Yes
7795-CFOCW	Male	Young	45	No	DSL	Yes	No	No	One year	Bank transfer	42.3	No
9237-HQITU	Female	Young	2	OneLine	Fiber optic	No	No	No	Month-to-month	Electronic check	70.7	Yes
9305-CDSKC	Female	Young	8	MultipleLines	Fiber optic	No	Yes	Yes	Month-to-month	Electronic check	99.65	Yes
1452-KIOVK	Male	Young	22	MultipleLines	Fiber optic	No	Yes	No	Month-to-month	Credit card	89.1	No
6713-OKOMC	Female	Young	10	No	DSL	No	No	No	Month-to-month	Mailed check	29.75	No
7892-POOKP	Female	Young	28	MultipleLines	Fiber optic	Yes	Yes	Yes	Month-to-month	Electronic check	104.8	Yes
6388-TABGU	Male	Young	62	OneLine	DSL	No	No	No	One year	Bank transfer	56.15	No
9763-GRSKD	Male	Young	13	OneLine	DSL	No	No	No	Month-to-month	Mailed check	49.95	No
7469-LKBCI	Male	Young	16	OneLine	No	No internet service	No internet service	No internet service	Two year	Credit card	18.95	No
8091-TTVAX	Male	Young	58	MultipleLines	Fiber optic	No	Yes	Yes	One year	Credit card	100.35	No
0280-XJGEX	Male	Young	49	MultipleLines	Fiber optic	No	Yes	Yes	Month-to-month	Bank transfer	103.7	Yes
5129-JLPIS	Male	Young	25	OneLine	Fiber optic	Yes	Yes	Yes	Month-to-month	Electronic check	105.5	No
3655-SNQYZ	Female	Young	69	MultipleLines	Fiber optic	Yes	Yes	Yes	Two year	Credit card	113.25	No
8191-XWSZG	Female	Young	52	OneLine	No	No internet service	No internet service	No internet service	One year	Mailed check	20.65	No
9959-WOFKT	Male	Young	71	MultipleLines	Fiber optic	No	Yes	Yes	Two year	Bank transfer	106.7	No
4190-MFLUW	Female	Young	10	OneLine	DSL	Yes	No	No	Month-to-month	Credit card	55.2	Yes
4183-MYFRB	Female	Young	21	OneLine	Fiber optic	No	No	Yes	Month-to-month	Electronic check	90.05	No
8779-QRDMV	Male	Old	1	No	DSL	No	No	Yes	Month-to-month	Electronic check	39.65	Yes
1680-VDCWW	Male	Young	12	OneLine	No	No internet service	No internet service	No internet service	One year	Bank transfer	19.8	No
1066-JKSGK	Male	Young	1	OneLine	No	No internet service	No internet service	No internet service	Month-to-month	Mailed check	20.15	Yes

Hình 3. Tập dữ liệu khách hàng

Thống kê trên tập dữ liệu cho thấy trong tổng số 7043 khách hàng, có 1869 khách hàng đã rời bỏ (thuộc tính churn có giá trị yes), như vậy theo công thức (1) ở trên tỷ lệ khách hàng rời bỏ của doanh nghiệp này là (1869/7043)x100 = 26,54% đây là một tỷ lệ rời bỏ tương đối cao, với một doanh nghiệp làm về lĩnh vực viễn thông, tỷ lệ khách hàng rời bỏ trung bình từ 15-20%. Do vậy, doanh nghiệp cần xem xét các yếu tố để đưa ra được các giải pháp phù hợp nhằm giảm tỷ lệ này xuống, đảm bảo cho sự phát triển bền vững của doanh nghiệp.

3.2. Phân tích và trực quan hóa dữ liệu

Dựa trên tập dữ liệu khách hàng đã mô tả ở phần trên, nhóm tác giả sử dụng các kiến thức, kỹ năng và công cụ phù hợp để thực hiện phân tích dữ liệu, các kết quả phân tích được thể hiện thông qua các bảng tổng hợp và các biểu đồ minh họa một cách trực quan.



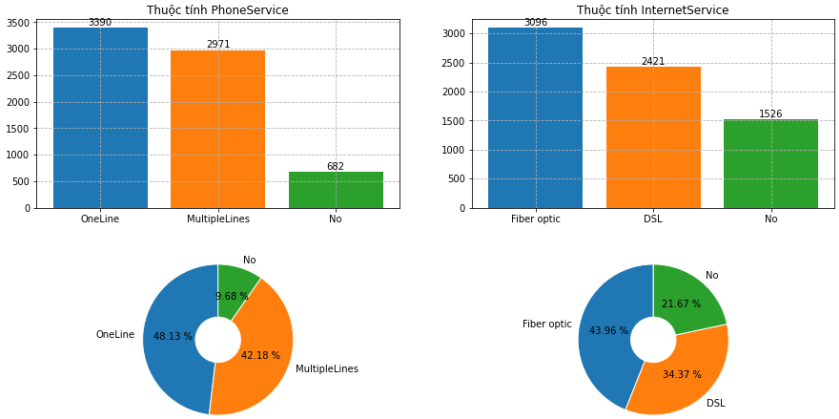
Hình 4. Thống kê khách hàng theo Giới tính, độ tuổi

Phân tích thuộc tính giới tính (Gender): Theo số liệu thống kê *(Hình 4)* tỷ lệ khách hàng Nam (Male) – Nữ (Female) của doanh nghiệp khá là tương đương nhau (khoảng 50%), tổng hợp số liệu khách hàng rời bỏ theo giới tính được thể hiện trong bảng 2 thấy rằng tỷ lệ này tương đối cân bằng nhau khoảng 26%, như vậy không có sự chênh nhau về giới tính trong nhóm khách hàng rời bỏ. Có thể thấy rằng giới tính không phải là yếu tố ảnh hưởng tới tỷ lệ rời bỏ của khách hàng.

Phân tích thuộc tính độ tuổi (Citizen): Khách hàng của doanh nghiệp chủ yếu là nhóm khách hàng trẻ tuổi, với 5 901 khách hàng chiếm tỷ lệ 83.79% so với 1 142 khách hàng lớn tuổi chiếm tỷ lệ 16.21%. Tuy nhiên, theo số liệu thống kê tỷ lệ khách hàng rời bỏ *(Bảng 2)* nhóm khách hàng lớn tuổi đang có tỷ lệ rời

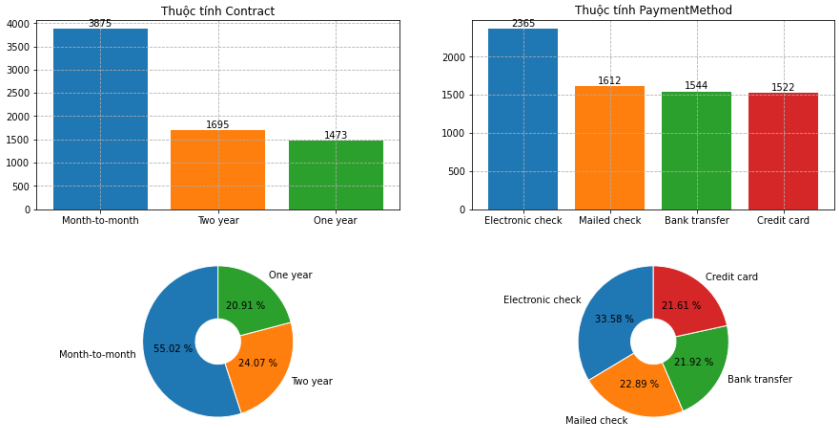
bỏ rất cao (41,68%) gần gấp đôi so với nhóm khách hàng trẻ tuổi. Do đó, cần phải có những khảo sát, phân tích kỹ hơn với nhóm khách hàng lớn tuổi; liệu các dịch vụ, chính sách áp dụng có phù hợp với nhóm này hay không?

Phân tích sử dụng dịch vụ điện thoại (PhoneService), dịch vụ Internet: Doanh nghiệp cung cấp 2 dịch vụ điện loại là OneLine và MultipleLines, có 3 390 khách hàng đăng ký điện thoại OneLine (chiếm 43,18%); 2791 khách hàng đăng ký điện thoại MultipleLines (chiếm 42,18%) – thể hiện trong Hình 5. Số lượng khách hàng rời bỏ và tỷ lệ tương ứng được thể hiện trong bảng 2. Với dịch vụ điện thoại tỷ lệ rời bỏ với khách hàng đăng ký OneLine là 25,07% và MultipleLines là 28,58%, tỷ lệ rời bỏ của khách hàng sử dụng hai dịch vụ này không có sự chênh nhau nhiều. Tuy nhiên, với dịch vụ Internet có 3096 khách hàng đăng ký sử dụng cáp quang (Fiber optic), 2421 khách hàng đăng ký dịch vụ DSL; Tỷ lệ khách hàng rời bỏ sử dụng dịch vụ cáp quang là 41,89% cao hơn rất nhiều so với khách hàng đăng ký dịch vụ DSL là 18,96%. Dịch vụ cáp quang Internet cần phải được đánh giá kỹ hơn, tìm ra những lý do có thể là nguyên nhân khiến cho tỉ lệ khách hàng rời bỏ cao.



Hình 5. Thống kê khách hàng đăng ký dịch vụ điện thoại, internet

Phân tích thuộc tính loại hợp đồng (Contract): Dựa theo tập dữ liệu, doanh nghiệp có 3 dạng hợp đồng: Hợp đồng hàng tháng (Month-to-month), hợp đồng 1 năm (One year), hợp đồng 2 năm (Two year); Hơn một nửa số khách hàng (55,02%) sử dụng hợp đồng month-to-month, hợp đồng 1 năm, 2 năm có tỷ lệ tương tự nhau khoảng 20% - *Hình 6*. Theo số liệu thống kê bảng 2, các khách hàng ký hợp đồng month-to-month có tỷ lệ rời bỏ cao nhất (42,27%) gấp 4 lần tỷ lệ rời bỏ của khách hàng có hợp đồng 1 năm, và 20 lần khách hàng có hợp đồng 2 năm. Như vậy, hợp đồng có thời gian càng lâu tỷ lệ rời bỏ càng thấp, đây chắc chắn sẽ là thông tin mà doanh nghiệp cần xem xét, cũng như là cơ sở để đưa ra các chiến lược khuyến mãi, tiếp thị hợp lý nhằm mục tiêu gia tăng số lượng khách hàng ký các hợp đồng có thời gian dài hơn.



Hình 6. Thống kê khách hàng theo loại hợp đồng và phương thức thanh toán

Phân tích thuộc tính phương thức thanh toán (PaymentMethod): Doanh nghiệp cung cấp 4 phương thức thanh toán bao gồm: Electronic check, Mailed check, Bank transfer và Credit card; Trong đó, khách hàng đăng ký sử dụng phương thức Electronic check là đông nhất với 2365 khách hàng chiếm tỷ lệ

33,58%, 3 phương thức thanh toán còn lại, số lượng khách hàng đăng ký tương đương nhau khoảng 22% - Hình 6. Dựa theo số liệu thống kê trong bảng 2 thấy rằng, tỷ lệ rời bỏ của khách hàng sử dụng phương thức thanh toán Electronic check cao bất thường trên 45% trong khi ba phương thức còn lại đều dưới 20%; Vì vậy, doanh nghiệp cần có những khảo sát và phân tích sâu hơn về phương thức thanh toán Electronic check, để có được đánh giá đầy đủ hơn, xem xét các lý do chủ quan và khách quan có thể dẫn đến sự không hài lòng của khách hàng khi sử dụng phương thức thanh toán này.

Bảng 2. Thống kê số liệu khách hàng rời bỏ theo từng thuộc tính

Thuộc tính	Tổng số khách hàng	Số khách hàng đã rời bỏ	Tỷ lệ rời bỏ (%)
1. Gender			
Male	3488	930	26.66
Female	3555	939	26.41
2. Citizen			
Young	5901	1393	23.61
Old	1142	476	**41.68**
3. PhoneService			
OneLine	3390	850	25.07
MultipleLines	2971	849	28.58
No	682	170	24.93
4. InternetService			
Fiber optic	3096	1297	**41.89**
DSL	2421	459	18.96
No	1526	113	7.40
5. Contract			
Month-to-month	3875	1655	**42.71**
Two year	1473	166	11.27
One year	1695	48	2.83
6. PaymentMethod			
Electronic check	2365	1071	**45.29**
Mailed check	1612	308	19.11
Bank transfer	1544	258	16.71
Credit card	1522	232	15.24

Từ dữ liệu của khách hàng, các dịch vụ mà khách hàng sử dụng, dựa trên phương pháp phân tích sẽ giúp doanh nghiệp thấy được những vấn đề tồn tại có thể ảnh hưởng tới khách hàng, là nguyên nhân dẫn tới khách hàng ngưng sử dụng dịch vụ. Trong khuôn khổ của bài báo nhóm tác giả không thể trình bày chi tiết các phân tích cho toàn bộ các thuộc tính, cũng như các biểu đồ thành phần để thấy được chân dung khách hàng và mối quan hệ giữa nhiều thuộc tính dẫn tới tỷ lệ khách hàng rời bỏ của doanh nghiệp ở mức cao.

3.3. Đề xuất - kiến nghị

Các kết quả phân tích ở trên cho thấy, tỷ lệ rời bỏ của khách hàng ở doanh nghiệp đang ở mức khá cao trên 26% so với mức trung bình của doanh nghiệp viễn thông 15-20%. Để doanh nghiệp có thể phát triển cần phải đưa ra các giải pháp, đẩy mạnh chiến lược để giữa chân khách hàng. Dựa trên các kết quả phân tích, một số khiến nghị mà doanh nghiệp nên xem xét khi đưa ra các chính sách, giải pháp giúp giữ chân khách hàng như sau:

- Xem xét các dịch vụ, chính sách với nhóm khách hàng là người già. Tỷ lệ rời bỏ của nhóm này hiện đang ở mức rất cao trên 41%; Doanh nghiệp có thể cân nhắc hiệu quả mà nhóm này mang lại so với chi phí bỏ ra để giữ chân khách hàng, hiện tại tỷ lệ khách hàng lớn tuổi chỉ chiếm khoảng 16% trong tổng số khách hàng.
- Kiểm tra, đánh giá lại dịch vụ Internet cáp quang mà doanh nghiệp đang cung cấp có đáp ứng được nhu cầu của khách hàng hay không? Doanh nghiệp có thể thực hiện thêm các khảo sát liên quan để đánh giá các yếu tố như tốc độ mạng, chi phí thuê bao, dịch vụ chăm sóc, hỗ trợ…, để tìm ra những điểm yếu khiến khách hàng không hài lòng.
- Có chính sách phù hợp với nhóm khách hàng ký hợp đồng month-to-month, đẩy mạnh các chiến lược tiếp thị, khuyến mãi để khách hàng chuyển sang các hợp đồng lâu dài hơn như 6 tháng, 1 năm, 2 năm.

• Doanh nghiệp cần rà soát, cải thiện phương thức thanh toán "Electronic check" xem phương thức này có đang gây khó khăn, bất tiện gì cho khách hàng hay không? Vì hiện tại nhóm khách hàng sử dụng phương thức thanh toán này đang có tỷ lệ rời bỏ trên 45% so với các phương pháp còn lại.

Trong mọi thời điểm, khi doanh nghiệp thấy tỷ lệ khách hàng rời bỏ có sự biến động hoặc gặp vấn đề thì cần phân tích và đánh giá ngay. Doanh nghiệp cần đào sâu để hiểu chi tiết nguyên nhân gây nên sự biến động đó, từ đó có hướng giải quyết nhanh chóng. Các kiến nghị và đề xuất ở trên được đưa ra dựa trên phân tích số liệu từ tập khách hàng, doanh nghiệp có thể xem xét để có các giải pháp phù hợp, việc này sẽ giúp doanh nghiệp có được sự chuẩn bị, hỗ trợ kịp thời cho khách hàng, giúp giảm tỷ lệ khách hàng rời bỏ, tăng tỷ lệ khách hàng trung thành với doanh nghiệp.

4. Kết luận

Chuyển đổi số là xu hướng tất yếu và là yêu cầu khách quan của sự phát triển; Trong chuyển đổi số, dữ liệu và khai thác dữ liệu đóng vai trò trụ cột quan trọng, góp phần thúc đẩy chuyển đổi số thành công (cẩm nang chuyển đổi số, 2022). Bài báo đã chỉ ra tầm quan trọng của phân tích dữ liệu, quy trình thực hiện, các loại hình phân tích và công cụ nền tảng để thực hiện phân tích dữ liệu. Áp dụng các nội dung đó vào bài toán phân tích tập dữ liệu khách hàng của một doanh nghiệp viễn thông để xác định các yếu tố ảnh hưởng tới việc rời bỏ của khách hàng, đề xuất – kiến nghị các giải pháp để doanh nghiệp xem xét giúp giảm tỷ lệ khách hàng rời bỏ. Tuy nhiên, các phân tích hiện tại mới chỉ thực hiện theo từng thuộc tính riêng lẻ, mà chưa kết hợp phân tích nhiều thuộc tính cùng nhau, do đó có thể sẽ bỏ qua mối tương quan giữa các thuộc tính. Hơn nữa, để đánh giá một cách toàn diện các nhân tố ảnh hưởng, cần có thêm các dữ liệu khác như hành vi, thói quen của khách hàng và các phản hồi, đánh giá của khách hàng về sản phẩm, dịch vụ,… Dựa trên các kết quả đã đạt được, nhóm tác giả sẽ tiếp tục nghiên cứu để xây dựng mô hình học máy dự đoán khả năng rời bỏ của một khách hàng. Việc dự đoán trước tập khách hàng có thể rời bỏ sẽ mang lại hiệu quả to lớn, giúp doanh nghiệp đưa ra các chiến lược, giải pháp kịp thời để giữ chân khách hàng (Bingquan Huang và nnk, 2012).

Tài liệu tham khảo

Ozer Celik, Usame o. Osmanoglu, 2019. Comparing to Techniques Used in Customer Churn Analysis. *Journal of Multidisciplinary Developments* , 4(1), 30-38.

Amal M.Almama, Mehmet Sabih Aksoy, Rasheed Alzahran, 2014. A surrvey on data mining techniques in customer churn analysis for telecom industry. *Journal of Enghineering Research and Applications*, Vol 4, Issue 5, pp.165-171.

Kiran Dahiya, Surbhi Bhatia, 2015. IEEE, *Customer churn analysis in telecom industry*.

Bộ Thông tin và truyền thông, Nhà xuất bản thông tin và truyền thông, 2022. *Cẩm nang chuyển đổi số*.

Bingquan Huang, Mohand Tahar Kechadi, Brian Buckley, 2012., Customer churn prediction in telecommunications. *Expert Systems with Applications*, pages 1414-1425.

ABSTRACT

Overview of data analysis and applications in Customer churn analysis problem

Dang Van Nam[1], Nguyen Thi Phuong Bac[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

Nowadays, data and data analysis are the decisive factors to create success in the digital transformation process. Data has become one of the important assets of any unit, analyzing and finding insights in data will help make timely and accurate decisions. Harnessing good data will help organizations provide short-term solutions quickly and promptly, as well as build and deploy reasonable development strategies in the future. However, effectively exploiting data to bring advantages to businesses is a process with many stages, investing a lot of human, technological and financial resources. In this article, the authors will focus on presenting the data analysis process, different types of data analysis, as well as the underlying tools and technologies used in data analysis, from that apply data analysis to the problem of customer retention, reducing the customer churn rate. This is one of the important problems for most businesses, it reflects operational efficiency as well as the level of trust and loyalty of customers.

Keywords: data analysis; data visualization; Customer churn

Ứng dụng hệ đa tác tử trong vận hành hệ thống giao thông

Đặng Hữu Nghị[1,*], Bùi Thị Vân Anh [1], Phạm Đức Hậu [1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Hệ đa tác tử là hệ thống bao gồm nhiều tác tử có khả năng phối hợp với nhau để giải quyết được những vấn đề phức tạp mà đơn tác tử không thể giải quyết được. Các mô hình dựa trên tác tử có thể được sử dụng để mô phỏng các thực thể di động như phương tiện, người đi bộ …, trong mô phỏng không gian. Trong những năm gần đây, đã có rất nhiều ứng dụng công nghệ đa tác tử để giải quyết các vấn đề về giao thông và vận tải, bao gồm kiểm soát, sử dụng tối ưu mạng lưới hiện có, phân bổ nhu cầu hiệu quả, v.v… Trong báo cáo này chúng tôi tìm hiểu về các ứng dụng của hệ thống đa tác tử để mô tả một số chức năng cơ bản của hệ thống điều khiển giao thông đường bộ.

Từ khóa: tác tử thông minh; hệ đa tác tử; hệ thống giao thông; Netlogo

1. Giới thiệu

Mô phỏng hệ thống giao thông là một trong các ứng dụng nổi bật về mô hình hóa và mô phỏng hiện nay. Mô phỏng hệ thống giao thông hỗ trợ các công việc phức tạp như quy hoạch giao thông và đô thị, cũng như các nhiệm vụ quản lý ở các cấp độ chi tiết khác nhau về không gian và thời gian. Đây là một trong những điều kiện tiên quyết để thử nghiệm công nghệ hiện đại như điều khiển giao thông thông minh, hệ thống liên lạc,..v.v…

Một số mục tiêu của nghiên cứu mô phỏng hệ thống giao thông là: nâng cao hiểu biết về cách các quyết định của cá nhân dẫn đến hiện tượng giao thông tổng thể (ví dụ: tắc đường, khí thải,..v.v.); phân tích tác động của những thay đổi về cơ sở hạ tầng hoặc chiến lược kiểm soát trong các tình huống cụ thể; kiểm tra tính khả thi của các hình thức giao thông cụ thể; hoặc tạo ra các phép ngoại suy ngắn hạn về tình trạng giao thông hiện tại.

Công nghệ tác tử hoặc hệ thống đa tác tử cho phép xử lý cấu trúc biến đổi của hệ thống một cách tinh tế và hiệu quả. Nếu các thực thể tích cực được mô hình hóa như các tác tử - trong các ứng dụng điều khiển và quản lý cũng như trong việc phát triển các mô hình mô phỏng - chúng có thể kiểm soát thời điểm và đối tượng mà chúng tương tác. Các mối quan hệ (động) này có thể được kiểm soát, ngắt kết nối hoặc được thiết lập theo quan điểm cục bộ. Các tác tử có thể điều chỉnh hành vi của chúng cho phù hợp với một hệ thống đang thay đổi. Tính linh hoạt này rất phù hợp trong lĩnh vực giao thông và vận tải.

Các phương pháp tiếp cận dựa trên tác tử rất phù hợp với quản lý giao thông và vận tải do sự phân bổ dữ liệu và kiểm soát theo địa lý, chức năng và thời gian cũng như sự tương tác thường xuyên và linh hoạt giữa những người tham gia và môi trường của họ. Do đó, các phương pháp tiếp cận dựa trên tác tử có thể đóng góp vào toàn bộ nỗ lực xung quanh việc thiết kế và kiểm soát hệ thống giao thông thông minh và cuối cùng là làm cho các thành phố của chúng ta thực sự thông minh.

2. Phát triển hệ thống đa tác tử điều khiển giao thông trong môi trường NetLogo

Cho đến nay, rất nhiều ứng dụng đã được xây dựng để giải quyết bài toán mô hình hóa giao thông dựa trên cách tiếp cận đa tác tử. Các mô hình này được xây dựng trên môi trường Netlogo.

Netlogo là một môi trường mô phỏng đa tác tử. Nó đượoc sử dụng bởi hàng nghìn sinh viên, giảng viên và nghiên cứu gia trên toàn Thế giới. Netlogo là một môi truờng lập trình các mô hình mô phỏng tự nhiên và hành vi quần thể. Đuợc thiết kế bởi Uri Wilensky vào năm 1999 và đang đuợc tiếp tục phát triển ở Center for Connected Learning and Computer-Based Modelling.

Netlogo đuợc thiết kế dựa trên ngôn ngữ lập trình Logo, ngôn ngữ dễ viết và đạt đuợc nhu cầu từ nguời dùng. Môi truờng Netlogo cho phép khám phá các quần thể tự nhiên. Nó bao gồm một bộ thư viện mở rộng các mô hình với các chủ đề khác nhau như kinh tế, sinh học, vật lý, hóa học, tâm lý, hệ thống động và rất nhiều các lĩnh vực về tự nhiên và xã hội khác.

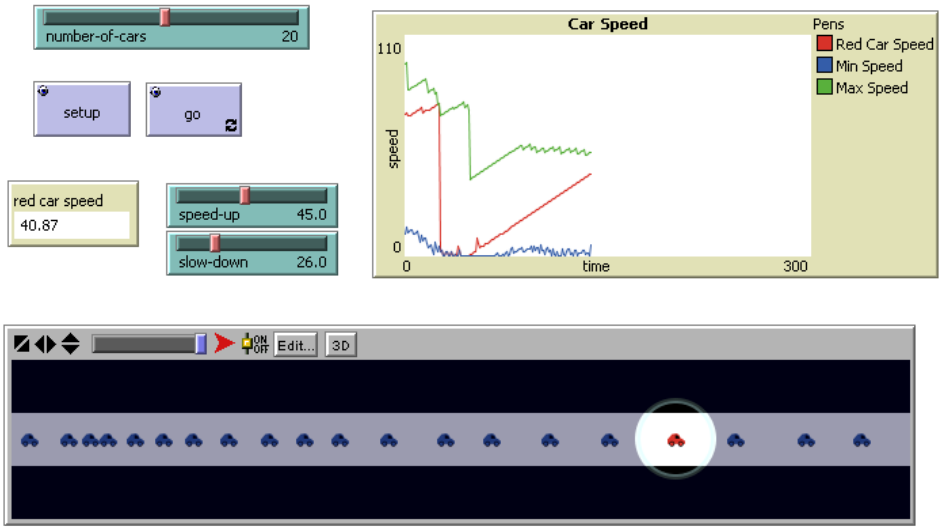
* *Tác giả liên hệ*
Email: nghidanghuu@gmail.com

Netlogo là thế hệ tiếp theo của ngôn ngữ lập trình đa tác tử bắt đầu bởi StarLogo. Nó được xây dựng trên các hàm của sản phẩm StarLogoT và thêm các tính năng mới và thiết kế lại ngôn ngữ, giao diện. Netlogo chạy trên máy ảo Java, vì vậy nó hoạt động trên tất cả các nền tảng chính (Mac, Windows, Linux...). Nó chạy như một ứng dụng đơn lẻ hoặc từ các câu lệnh. Mô hình và hoạt động HubNet có thể chạy như ứng dụng Java applets trên trình duyệt Web.

Mô hình Traffic Basic (U. Wilensky, 1997) là mô hình cơ bản đầu tiên để mô hình hóa giao thông đường bộ dựa trên NetLogo. Nó đã chỉ ra chuyển động đơn giản của ô tô trên đường cao tốc. Mỗi ô tô tuân theo các quy tắc đơn giản để giảm tốc hoặc tăng tốc tùy thuộc vào sự hiện diện của ô tô phía trước.

Kẹt xe có thể bắt nguồn từ một chiếc xe bất kì nào đó. Những chiếc xe này bắt đầu với vị trí và tốc độ ngẫu nhiên. Nếu một số xe dồn ứ lại với nhau, chúng sẽ di chuyển chậm, khiến những chiếc xe phía sau chúng chậm lại và hình thành nên tình trạng kẹt xe.

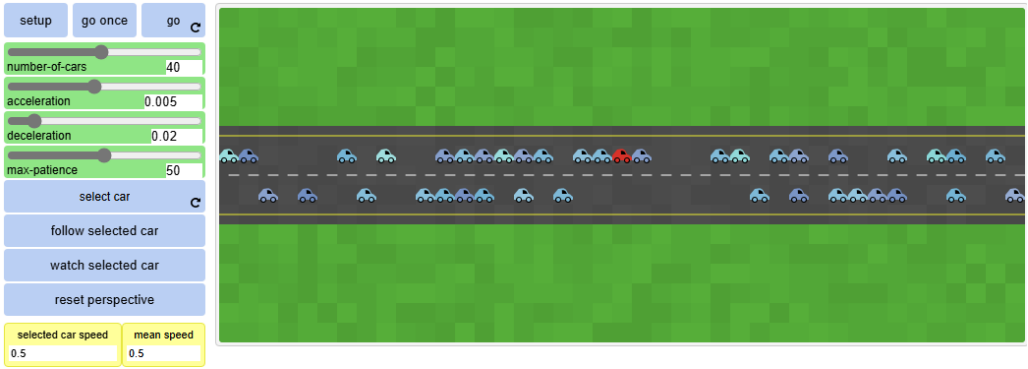
Mặc dù tất cả các xe đều di chuyển về phía trước, tình trạng kẹt xe có xu hướng di chuyển về phía sau. Hành vi này thường gặp trong hiện tượng sóng: hành vi của nhóm thường rất khác so với hành vi của các cá nhân tạo nên nhóm.



Hình 1. Mô hình giao thông cơ bản

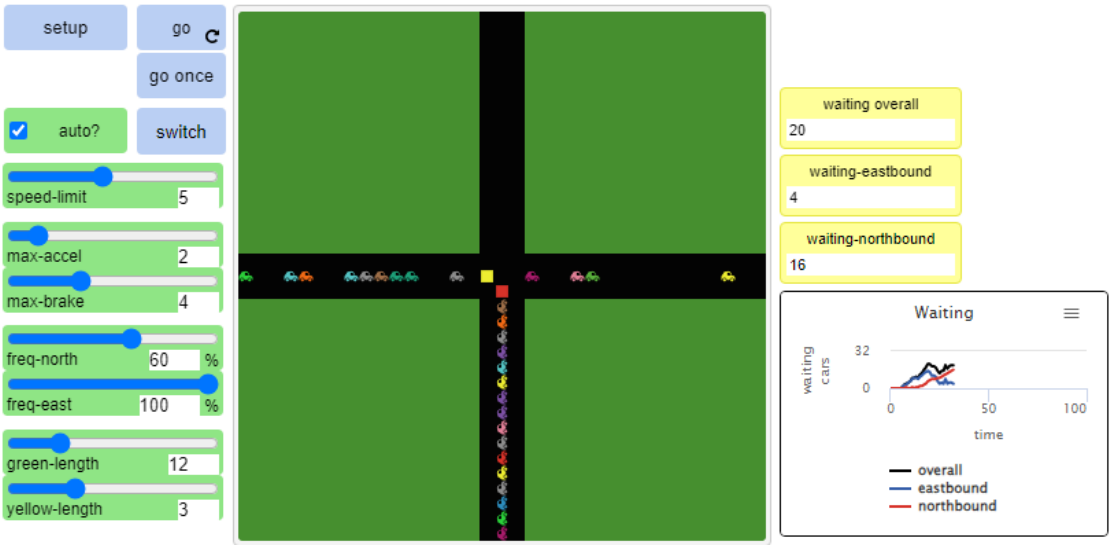
Mô hình giúp chứng minh cách thức ùn tắc giao thông có thể hình thành mà không có bất kỳ nguyên nhân bên ngoài nào. Một phiên bản được sửa đổi đôi chút có thể được tìm thấy trong mô hình Walker Traffic (S. Kampakis, 2009).

Phiên bản hai làn xe tinh vi hơn của mô hình cơ bản đã có trong (U. Wilensky-Traffic2Lanes, 1998), cung cấp cho người lái xe một tùy chọn mới; họ có thể phản ứng bằng cách thay đổi làn đường



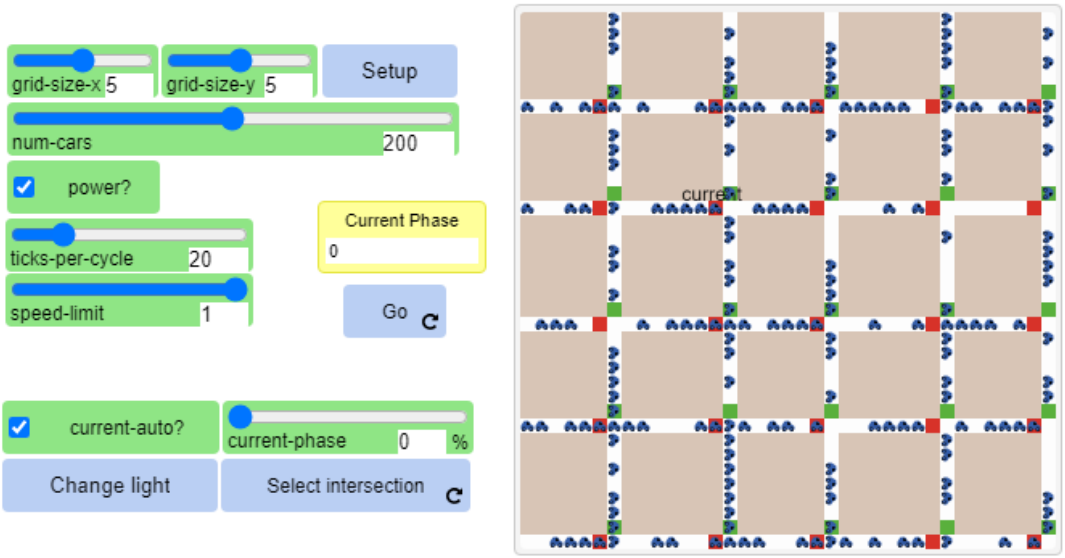
Hình 2. Mô hình giao thông hai làn

Giao lộ là một khía cạnh khác của điều khiển giao thông. Trong mô hình Giao lộ giao thông, ô tô đang di chuyển qua một giao lộ (U. Wilensky-TrafficIntersection, 1998). Người dùng có khả năng kiểm soát tần suất ô tô đến từ mỗi hướng, tốc độ của ô tô và thời gian đèn tại giao lộ giao thông. Sau khi đã chọn tần suất và tốc độ của ô tô, người dùng có thể thực hiện mô phỏng và điều chỉnh thời gian của đèn giao thông để giảm thiểu thời gian chờ của ô tô di chuyển qua giao lộ. Sau khi tần suất và tốc độ của xe đã được chọn, người dùng có thể chạy mô phỏng và điều chỉnh thời gian của đèn giao thông để giảm thiểu thời gian chờ đợi của xe khi đi qua ngã tư.



Hình 3. Mô hình giao thông giao lộ

Một ví dụ phức tạp hơn có sẵn trong mô hình Traffic Grid, trong đó người sử dụng có thể kiểm soát đèn giao thông và các biến tổng thể, chẳng hạn như tốc độ giới hạn và số lượng ô tô, trong mô phỏng giao thông thời gian thực và cố gắng phát triển các chiến lược để cải thiện giao thông và hiểu các cách khác nhau để đo lường chất lượng giao thông (U. Wilensky, 2003).



Hình 4. Mô hình giao thông lưới

3. Kết luận

Trong bài báo này chúng tôi đã phác họa cách các hệ thống đa tác tử được sử dụng như một phương pháp tiếp cận bổ sung cho mô phỏng và nghiên cứu các hệ thống điều khiển giao thông phức tạp. Các kết quả của bài báo có thể làm tài liệu tham khảo cho sinh viên trong việc học tập và nghiên cứu môn Trí tuệ nhân tạo

Tài liệu tham khảo

S. Kampakis, 2009. The walker traffic model. Retrieved from *http://encefalus.com/walker_traffic.html*

U. Wilensky, 1997. NetLogo traffic basic model, Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL. Retrieved from *http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/TrafficBasic*

U. Wilensky-Traffic2Lanes, 1998 . NetLogo traffic 2 lanes model, Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL. Retrieved from *http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Traffic2Lanes*

U. Wilensky-TrafficIntersection, 1998. NetLogo traffic intersection model, Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL. Retrieved from *http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/TrafficIntersection*

U. Wilensky, 2003. NetLogo traffic grid model, Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL. Retrieved from *http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/TrafficGrid*

ABSTRACT

Application of multi-agent systems in traffic system operation

Dang Huu Nghi[1], Bui Thi Van Anh[1], Pham Duc Hau[1]
[1]*HaNoi University of Mining and Geology*

Multi-agent systems are systems that consist of multiple agents that can coordinate with each other to solve complex problems that cannot be solved by a single agent. Agent-based models can be used to simulate mobile entities such as vehicles, pedestrians, etc. in spatial simulations. In recent years, there have been many applications of multi-agent technology to solve traffic and transportation problems, including control, optimal use of existing networks, efficient demand allocation, etc. In this paper, we explore the applications of multi-agent systems to describe some basic functions of road traffic control systems.

Keywords: intelligent agents; multi-agent systems; transportation systems; Netlogo

TIỂU BAN
CƠ – ĐIỆN

MỤC LỤC

Tác động của kỹ thuật điều chế số tín hiệu lên kênh truyền vô tuyến
Tống Ngọc Anh, Nguyễn Tiến Sỹ, Hà Thị Chúc .....

Nhận dạng màu sắc bằng công cụ xử lý ảnh của Labview
Đặng Văn Chí, Phan Thị Mai Phương .....

Nghiên cứu đề xuất mô hình thiết bị bảo vệ dòng điện rò phù hợp cho mạng điện hỗn hợp mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh
Nguyễn Trường Giang, Nguyễn Thạc Khánh, Kim Thị Cẩm Ánh .....

Mô hình Matlab Simulink khảo sát dòng điện rò qua người khi chạm vào một pha của mạng điện hỗn hợp mỏ hầm lò điện áp 1140V
Nguyễn Thạc Khánh, Nguyễn Trường Giang, Kim Thị Cẩm Ánh .....

Nghiên cứu và đánh giá hiệu ứng chắn sóng điện từ sử dụng tấm chắn có khe hở hình chữ nhật
Vũ Bá Tuân, Nguyễn Tiến Sỹ .....

Sử dụng phương pháp đồng dạng để tính toán, thiết kế lựa chọn quạt ly tâm công nghiệp cỡ lớn phục vụ trong ngành khai khoáng, xi măng
Nguyễn Minh Tuấn .....

Nghiên cứu mô hình và mô phỏng ảnh hưởng của hiện tượng xả tĩnh điện (ESD) với cơ thể người và thiết bị điện tử
Nguyễn Tiến Sỹ, Kim Thị Cẩm Ánh, Tống Ngọc Anh .....

Tác động của kỹ thuật điều chế số tín hiệu lên kênh truyền vô tuyến

Tống Ngọc Anh[1,*], Nguyễn Tiến Sỹ[1], Hà Thị Chúc[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

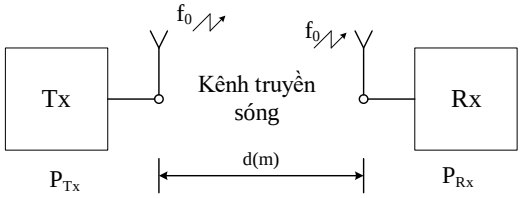
TÓM TẮT

Bài báo trình bày về những tác động của kỹ thuật điều chế số tín hiệu M-PSK (điều chế khóa dịch pha); M-QAM (điều chế biên độ cầu phương) lên kênh truyền vô tuyến AWGN bao gồm: nhiễu, fa-ding và hiện tượng Doppler. Bên cạnh đó, bài báo cũng đưa ra các mối liên quan giữa tỉ số công suất tín hiệu trên công suất tạp âm SNR với tỷ số năng lượng bit Eb trên mật độ công suất tạp âm N_0, một trong những yếu tố tác động lên chất lượng của tín hiệu ngõ vào trên máy thu dựa trên tham số tỷ lệ lỗi bit BER (Bit Error Rate) hay xác suất xảy ra lỗi bit *P*.

Từ khóa: Kênh AWGN; điều chế M-PSK; điều chế M-QAM; tỉ số SNR; năng lượng bit Eb

1. Đặt vấn đề

Trong hệ thống thông tin vô tuyến nói chung, máy phát tín hiệu có nhiệm vụ chuyển đổi nguồn tín hiệu (thường là các bộ DAC), thực hiện mã hóa nguồn, mã hóa kênh, điều chế tín hiệu, chuyển đổi tần số hướng lên, khuếch đại công suất và đưa tín hiệu này tới các ăng ten phát. Máy thu tín hiệu có nhiệm vụ ngược lại, nhận tín hiệu từ các ăng ten thu, giải điều chế tín hiệu, giải mã kênh, giải mã nguồn, chuyển đổi tín hiệu về tín hiệu gốc. Kênh truyền là môi trường truyền dẫn cho phép truyền lan sóng vô tuyến, môi trường truyền dẫn có thể là trong một tòa nhà, ngoài trời hoặc phản xạ trên các tầng điện ly. Tín hiệu sóng vô tuyến lan truyền từ anten phát tới anten thu được truyền qua nhiều đường khác nhau. Kênh truyền ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng của một hệ thống thông tin vô tuyến. Các yếu tố tác động lên kênh truyền vô tuyến bao gồm: Fading, nhiễu (Noise), và suy hao (Loss) (Rappaport, 1995).



Hình 1. Mô hình hệ thống thông tin vô tuyến

Fading là hiện tượng suy hao của tín hiệu phát, nhận được tại máy thu do kênh truyền gây ra

Nhiễu là hiện tượng có các nguồn tín hiệu không mong muốn, tác động lên sóng mang của chủ thể tín hiệu đang được lan truyền, bao gồm: nhiễu trắng AWGN (Additive White Gaussian Noise), nhiễu liên ký tự (ISI – Intersymbol Interference), nhiễu liên kênh (Interchannel Interference), nhiễu đồng kênh (Co-Channel Interference) và nhiễu đa truy nhập. Để khắc phục ảnh hưởng của nhiễu, người ta thường có khoảng bảo vệ (Guard band) giữa các dải tần hoặc sử dụng các bộ lọc chắn dải (stopband filter).

Suy hao là đặc trưng của kênh truyền sóng, đặc biệt trong môi trường vô tuyến, hệ thống thông tin hoạt động ở tần số cao sẽ có suy hao nhiều và ngược lại. Suy hao phụ thuộc nhiều vào khoảng cách truyền dẫn, địa hình, vị trí địa lý đặt trạm máy thu – máy phát, điều kiện khí hậu (mưa, nắng, mây …) (Delogne, 1982) (Rappaport, 1995; Vũ Văn Yêm, 2006).

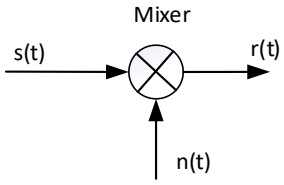
2. Kênh AWGN

AWGN (Additive white Gaussian Noise) là tạp âm Gauss trắng cộng, hay còn được gọi là tạp âm nhiệt, có giá trị trung bình là 0 và là nguồn tạp âm có mật độ phổ tần số là như nhau tại mọi tần số - tức là nguồn tạp âm phát ra một lượng công suất như nhau trên cùng một đơn vị băng tần tại tất cả các tần số:

$$G_n(f) = \frac{N_0}{2}[W/Hz]$$

* *Tác giả liên hệ*
Email: tongngocanh@humg.edu.vn

Trong mô hình kênh AWGN, giả sử tín hiệu được lan truyền là $s(t) = R\{u(t)e^{j2\pi f_c t}\}$, nhiễu AWGN là $n(t)$. Khi đó, ta sẽ thu được tín hiệu $r(t) = s(t) + n(t)$



Hình 2. Mô hình kênh AWGN

SNR: tỷ số công suất tín hiệu (P_r) trên công suất tạp âm (N). Giả sử băng thông của tín hiệu truyền đi là $2B$, như vậy:

$$SNR = \frac{P_r}{N} = \frac{P_r}{\frac{N_0}{2}\times 2B} = \frac{P_r}{N_0 B}$$

Bên cạnh đó, tham số tỷ số công suất tín hiệu trên nhiễu SINR (Received Signal to Interference Plus Noise Power Ratio) hay được dùng trong các hệ thống thông tin có nhiễu được sử dụng thay cho SNR để tính xác suất lỗi của tín hiệu lan truyền.

$$SINR = \frac{P_r}{N_0 B + P_I}$$

Với P_I là công suất trung bình của nhiễu (Andrea, 2005)

Bên cạnh đó, SNR cũng có thể được biểu diễn dưới dạng năng lượng của tín hiệu trên bit (năng lượng bit E_b) hoặc năng lượng tín hiệu trên ký tự (năng lượng ký tự E_S)

$$SNR = \frac{P_r}{N_0 B} = \frac{E_s}{N_0 B T_S} = \frac{E_b}{N_0 B T_b} \quad (1)$$

Với: T_S là chu kỳ ký tự, T_b là chu kỳ bit (trong điều chế 2 bit $T_s = T_b$, $E_s = E_b$)

Tại đây ta định nghĩa tỷ số năng lượng ký tự trên mật độ công suất tạp âm là $\gamma_s = E_s/N_0$ và tỷ số năng lượng bit trên mật độ công suất tạp âm là $\gamma_b = E_b/N_0$. Để xác định hiệu năng của kênh truyền, ta hay sử dụng thông số về xác xuất lỗi bit P_b. Tuy nhiên thực tế cho thấy trong các hệ thống điều chế số tín hiệu kiểu M-QAM (điều chế biên độ cầu phương với số mức điều chế là M) hay M-PSK (điều chế khóa dịch pha với số mức điều chế là M) thì P_b không những phụ thuộc vào xác xuất lỗi ký tự mà còn phụ thuộc cả vào tỷ lệ ánh xạ bit lên ký tự. Để khắc phục nhược điểm này, người ta thường lấy:

$$\gamma_b = \frac{\gamma_s}{log_2 M};\ P_b = \frac{P_s}{log_2 M} \quad (2)$$

Trong các hệ thống truyền dữ liệu không dây hiện nay, kênh vô tuyến lan truyền sóng điện từ hầu hết là kênh AWGN và kênh Rayleigh, trong bài báo này, nhóm tác giả sẽ thực hiện nghiên cứu các tác động của kỹ thuật điều chế tín hiệu 16-PSK và 16QAM lên chất lượng tín hiệu tại đầu vào máy thu và tỷ lệ lỗi bit (BER – Bit Error Rate) của dòng tín hiệu thông qua việc mô phỏng sử dụng phần mềm Matlab/ Simulink.

3. Xác suất lỗi bit trong điều chế BPSK và QPSK, M-PSK

Điều chế BPSK (Binary Phase Shift Keying) là điều chế khóa dịch pha 2 mức (tương ứng 2 tín hiệu), vì là điều chế 2 bit nên xác suất lỗi bit và xác suất lỗi ký tự là như nhau.

Giả sử tín hiệu truyền bit 0 là $s_1(t) = Ag(t)\,cos(2\pi f_c t)$và tín hiệu truyền bit 1 là $s_2(t) = -Ag(t)\,cos(2\pi f_c t)$. Khi đó xác suất xảy ra lỗi:

$$P_b = Q\left(\frac{d_{\min}}{\sqrt{2N_0}}\right) \quad (3)$$

Trong đó: - d_{min} là khoảng cách tối thiểu giữa các điểm trong chòm sao

$$d_{\min} = \|s_1 - s_0\| = \|A - (-A)\| = 2A$$

$$E_b = \int_0^{T_b} s_1^2(t)dt = \int_0^{T_b} s_2^2(t)dt = \int_0^{T_b} A^2 g^2(t)\cos^2(2\pi f_c t)dt = A^2$$

- Q: xác xuất để biến ngẫu nhiên Gaussian có giá trị trung bình bằng 0 và phương sai bằng 1

$$Q(z) = p(x \geq z) = z\int_z^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2}dx$$

Năng lượng trên mỗi bit của điều chế BPSK: $s_0 = \sqrt{E_b}$ và $s_1 = -\sqrt{E_b}\ \rightarrow d_{\min} = 2A = 2\sqrt{E_b}$

Thay vào (3) ta có xác suất lỗi bit trong điều chế BPSK:

$$P_b = Q\left(\frac{2\sqrt{E_b}}{\sqrt{2N_0}}\right) = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right) = Q\left(\sqrt{2\gamma_b}\right) \quad (4)$$

Điều chế QPSK là điều chế khóa dịch pha cầu phương bao gồm 2 tín hiệu BPSK vuông góc với nhau. Ưu điểm của QPSK so với BPSK là khả năng phục hồi pha và sóng mang tốt hơn, đồng thời tín hiệu thành phần thu được trên mỗi nhánh là trực giao với nhau (Andrea, 2005). Xác suất xảy ra lỗi ký tự trong QPSK bằng xác suất lỗi bit của một nhánh thành phần:

$$P_s = 1 - \left[1 - Q\sqrt{2\gamma_b}\right]^2$$

Mặt khác năng lượng ký tự được chia đều trên mỗi nhánh thành phần, nên $\gamma_s = 2\gamma_b = A^2 / N_0 \rightarrow P_s = 1 - \left[1 - Q\sqrt{\gamma_s}\right]^2$

Xác suất lỗi bit trong điều chế QPSK:

$$\begin{aligned} & P_s \le 2Q\left(A/\sqrt{N_0}\right) + Q\left(\sqrt{2}A/\sqrt{N_0}\right) \\ \Leftrightarrow\ & P_s \le 2Q\left(\sqrt{\gamma_s}\right) + Q\left(\sqrt{2\gamma_s}\right) \le eQ\left(\sqrt{\gamma_s}\right) \\ \Rightarrow\ & P_s \le \frac{3}{\sqrt{\pi}}\exp\left[\frac{-A^2}{2N_0}\right] = \frac{3}{\sqrt{\pi}}\exp\left[\frac{-\gamma_s}{2}\right] \end{aligned} \quad (5)$$

Trong QPSK, $d_{\min} = \sqrt{2A^2} \rightarrow \begin{cases} P_s \approx 2Q\left(\sqrt{\frac{A^2}{N_0}}\right) = 2Q\left(\sqrt{\gamma_s/2}\right) \\ P_b \approx P_s/2 \end{cases}$ (6)

Trong M-PSK:

$$P_s \approx 2Q\left(\sqrt{2\gamma_s \sin(\pi/M)}\right) \quad (7)$$

4. Xác suất lỗi bit trong điều chế tín hiệu M-QAM

Trong kỹ thuật điều chế biên độ xung M-PAM (Pulse Amplitude Modulation), khoảng cách giữa 2 chòm sao lân cận là 2d, số điểm trong chòm sao sẽ nhận giá trị tương ứng là $A_i = (2i - 1 - M)d$ với $i = 1,2,\ldots,M$. Xác suất xảy ra lỗi:

$$P_s = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M} P_s(s_i) = \frac{M-2}{M}2Q\left(\sqrt{\frac{2d^2}{N_0}}\right) + \frac{2}{M}Q\left(\sqrt{\frac{2d^2}{N_0}}\right) = \frac{2(M-1)}{M}Q\left(\sqrt{\frac{2d^2}{N_0}}\right)$$

Năng lượng trung bình trên mỗi ký tự của điều chế M-PAM là:

$$\begin{aligned} & \overline{E_s} = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M} A_i^2 = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M}(2i - 1 - M)^2 d^2 = \frac{1}{3}(M^2 - 1)d \\ & \rightarrow P_s = \frac{2(M-1)}{M}Q\left(\sqrt{\frac{6\overline{\gamma_s}}{M^2-1}}\right) \end{aligned} \quad (8)$$

Với kỹ thuật điều chế biên độ vuông góc M-QAM (Quadrature Amplitude Modulation): tín hiệu sau điều chế gồm 2 tín hiệu thành phần M-PAM có cùng pha, cùng kích thước (giả sử là L) và vuông góc với nhau. Lúc này chòm sao trong QAM sẽ có kích thước là L^2, và mỗi điểm trong chòm sao sẽ có giá trị tương ứng là $A_i = (2i - 1 - L)d$, với $(i = 1,2,\ldots,L)$. (Andrea, 2005)

Xác suất lỗi kí tự trên mỗi nhánh QAM là:

$$P_s = \frac{2(\sqrt{M}-1)}{\sqrt{M}}Q\left(\sqrt{\frac{3\overline{\gamma_s}}{M-1}}\right) \quad (9)$$

Xác suất lỗi kí tự của cả hệ kỹ thuật điều chế M-QAM là:

$$P_s = 1 - \left(1 - \frac{2(\sqrt{M}-1)}{\sqrt{M}}Q\left(\sqrt{\frac{3\overline{\gamma_s}}{M-1}}\right)\right)^2 \quad (10)$$

Xác suất lỗi kí tự trên mỗi nhánh PAM của hệ QAM gần đúng là:

$$P_s \approx \frac{2(\sqrt{M}-1)}{\sqrt{M}}Q\left(\sqrt{\frac{3\overline{\gamma_s}}{M-1}}\right) \quad (11)$$

Ta xét trường hợp một tín hiệu được điều chế 16-QAM với tỷ số năng lượng bit trên mật độ công suất tạp âm $\gamma_b = 15dB (\gamma_s = log_2 M . \gamma_b)$. Theo (10) ta sẽ có xác suất lỗi kí tự của cả hệ kỹ thuật điều chế 16-QAM là:

$$\gamma_s = \log_2 16.10^{1,5} = 126,49$$

$$P_s = 1 - \left(1 - \frac{2(4-1)}{4}Q\left(\sqrt{\frac{3.126,49}{15}}\right)\right)^2 = 7,37.10^{-7}$$

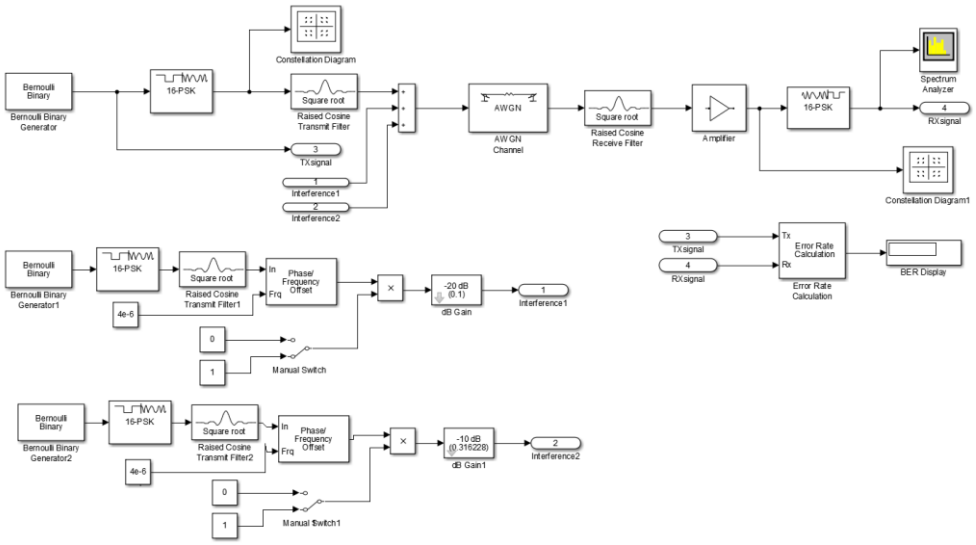
Tính theo giá trị gần đúng (11) thì:

$$P_s \approx \frac{2(4-1)}{4} Q\left(\sqrt{\frac{3.126{,}49}{15}}\right) = 3{,}68.10^{-7}$$

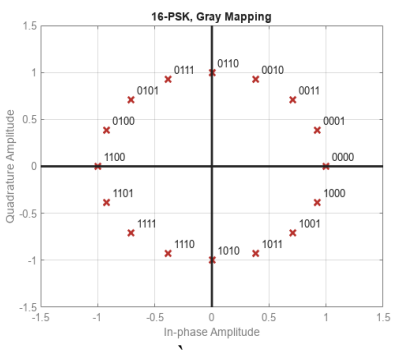
So sánh với tín hiệu được điều chế 16-PSK (cùng tỷ số γ_b) có $P_s \approx 1{,}916.10^{-3}$ (theo (7)), ta thấy được rõ ràng sử dụng điều chế QAM cho tỷ lệ lỗi bit thấp hơn, dẫn tới việc sử dụng năng lượng hiệu quả hơn và sẽ có hiệu suất tốt hơn.

5. Mô phỏng tỉ lệ lỗi bit BER trên kênh AWGN của điều chế 16-PSK và 16-QAM

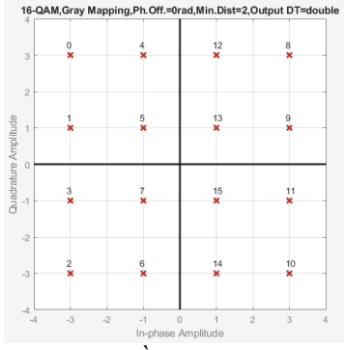
Nhóm tác giả thực hiện mô phỏng Matlab simulink đánh giá tác động của 2 loại điều chế 16-PSK và 16-QAM lên kênh truyền AWGN với cùng tỷ số năng lượng bit trên mật độ công suất tạp âm $\gamma_b = 15dB$, nguồn tạp âm (interference 1, interference 2) để đánh giá tỷ lệ lỗi Bit và xác suất xảy ra lỗi tín hiệu theo sơ đồ dưới đây:



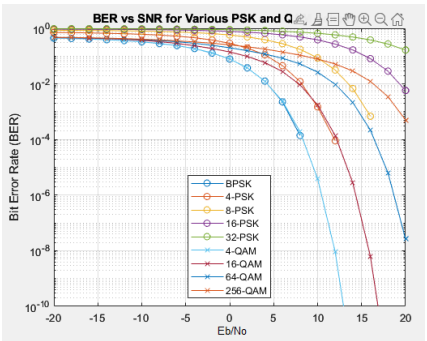
Hình 3. Sơ đồ mô phỏng kỹ thuật điều chế 16PSK và 16QAM trên kênh truyền AWGN



Hình 4. Sơ đồ chòm sao 16PSK



Hình 5. Sơ đồ chòm sao 16QAM



Hình 6. Kết quả mô phỏng tỷ lệ lỗi Bit của điều chế 16PSK và 16QAM lên kênh truyền AWGN

Bảng thông số cấu hình hệ thống thông tin:

- Transmitter: tín hiệu baseband nhị phân ngẫu nhiên theo phân phối Béc-nu-li, điều chế tín hiệu 16-PSK/16-QAM, công suất phát 100mW (20dBm), tần số làm việc 2,295GHz, bộ lọc cosi nâng điều chế đa sóng mang trực giao OFDM.
- Receiver: bộ lọc cosi nâng giải điều chế đa sóng mang trực giao OFDM, khuếch đại tạp âm thấp, giải điều chế tín hiệu 16-PSK/16-QAM, khối phân tích phổ, khối hiển thị tỉ lệ lỗi bit, đồ thị chòm sao truyền/ nhận.

Kênh truyền AWGN với các loại nhiễu ACI, CCI, nhiễu phi tuyến.Nhìn vào kết quả ở hình 6 cho thấy, tác động của điều chế số tín hiệu lên kênh truyền AWGN là đáng kể. Điều chế 16 QAM cho tỷ lệ lỗi bit $P_s \approx 10^{-7}$, nhỏ hơn nhiều so với tỷ lệ lỗi bit của điều chế 16 PSK $P_s \approx 10^{-1}$ (nguyên nhân xảy ra sai số so với tính toán là do phụ thuộc vào các sai số của tín hiệu phía phát, của nguồn tạp âm). Điều này sẽ giúp cho chất lượng thu được của nguồn tín hiệu tại đầu vào máy thu sẽ tốt hơn nhiều khi sử dụng kỹ thuật điều chế M-QAM tại phía máy phát.

6. Kết luận

Bài báo đã chỉ ra rằng: kỹ thuật điều chế tín hiệu được sử dụng phía máy phát rất quan trọng trong việc quyết định chất lượng tín hiệu tại đầu vào máy thu. Nội dung bài báo cho thấy, điều chế M-QAM cho chất lượng tín hiệu tốt hơn nhiều so với điều chế M-PSK. Bên cạnh đó, các tham số này cũng sẽ ảnh hưởng tới khoảng cách truyền dẫn giữa máy phát và máy thu trong hệ thống thông tin vô tuyến (Andrea, 2005). Đây cũng sẽ là hướng nghiên cứu, phát triển mới của nhóm tác giả trong các bài báo tiếp theo.

Tài liệu tham khảo

Vũ Văn Yêm, 2006. "*Giáo trình Hệ thống viễn thông*". Xuất bản lần 1, NXB Đại học Bách Khoa Hà Nội.

Andrea Goldsmith, 2005. "*Wireless Communications*". Cambridge University Press, pg 82-102.

P. Delogne, "*Leaky Feeders and Subsurface Radio Communications Peter Peregrinus*", 1982.

Theodore S. Rappaport, 1995. "*Wireless communications principle and Practice*". 1st Edition, Prentice Hall Professional Technical Reference, NY, USA, pg 1-21.

ABSTRACT

The impact of digital modulation over awgn wireless channels

Tong Ngoc Anh[1*], Nguyen Tien Sy[1], Ha Thi Chuc[1]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

This paper presents the effects of digital signal modulation technique (M-PSK and M-QAM) on the AWGN wireless channel includes: noise, fading and Doppler phenomenon. In addition, this article also provides the relationship between SNR (signal to noise ratio) and E_b/N_0 (bit Energy to power spectral sensity) which leads to the bit error rate (BER) – Error probability and the quality of received signal.

Keywords: AWGN channel; M-PSK modulation; M-QAM modulation; SNR, E_b/N_0

Nhận dạng màu sắc bằng công cụ xử lý ảnh của Labview

Đặng Văn Chí[1,*], Phan Thị Mai Phương[2]
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Trong các ngành Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa, Robot và AI, Cơ điện tử …công nghệ xử lý ảnh đã dần thay thế cho sự kiểm tra bằng mắt của người lao động. Các ứng dụng liên quan đến thu thập và xử lý hình ảnh theo thời gian thực được sử dụng rộng rãi ở nhiều lĩnh vực khác nhau như công nghiệp thực phẩm, công nghiệp dệt may, công nghiệp điện tử, robốt công nghiệp. Đặc biệt trong bối cảnh hiện nay công cụ xử lý ảnh trên các UAV cho các hoạt động chiến tranh đang rất phát triển.

Các ứng dụng này giúp cho các hệ thống quan sát và nhận biết rõ về môi trường làm việc, qua đó sẽ có sự tương tác hiệu quả hơn. Ngoài ra các ứng dụng này còn là các điều kiện cần thiết cho sự phát triển các ứng dụng đa ngành khác. Việc lập trình cho các ứng dụng này khá là phức tạp khi sử dụng các phần mềm như Matlab, OpenCV, Mathcad, DirectShow… Tuy nhiên dùng công cụ IMAQ vision toolbox trong phần mềm LabVIEW tạo ra các VI (Virtual Instrument) sẽ giúp cho việc tạo các ứng dụng này một cách dễ dàng. Trong phạm vi bài báo, các tác giả ứng dụng thuật toán nhận diện màu sắc hình ảnh thu được thông qua camera giám sát bằng điện thoại di động. Sau đó lập trình xử lý camera quét nhận diện 3 màu sắc trên các đối tượng mẫu cho 3 loại màu phổ biến là màu đỏ, vàng, xanh. Thực nghiệm nhận dạng màu được hiển thị trên giao diện Labview 3 đèn led đại diện cho 3 màu khác nhau cho kết quả chính xác.

Từ khóa: labview; xử lý ảnh; camera

1. Đặt vấn đề

Việc ứng dụng các thành tựu của kỹ thuật điều khiển và tự động hóa, kỹ thuật robot, kỹ thuật cơ – điện tử, công nghệ thông tin... (Lovika V. Bhagwatkar & nnk, 2017) trong các dây chuyền sản xuất công nghiệp, nông nghiệp…sẽ góp phần nâng cao năng suất lao động, chất lượng sản phẩm và hiệu quả hoạt động sản xuất kinh doanh của doanh nghiệp. Vấn đề thường gặp phải trong một dây chuyền sản xuất là các sản phẩm đầu ra không phải lúc nào tất cả các sản phẩm đều có chất lượng giống hệt nhau, mà luôn có một tỷ lệ sản phẩm lỗi nhất định sai khác so với mẫu đã được thiết kế. Việc phát hiện sản phẩm lỗi hay sản phẩm không đạt chất lượng bằng mắt thường là rất khó khăn, tốn nhiều công sức lao động và mất nhiều thời gian (Manasa H R, Anitha DB, 2016). Các công trình nghiên cứu trong và ngoài nước liên quan đến nhận dạng theo màu sắc thường áp dụng các công nghệ phân loại phức tạp, đòi hỏi người sử dụng phải có kiến thức chuyên môn sâu (machine learning, AI, lập trình PLC,…) và đòi hỏi đầu tư kinh phí khá cao để xây dựng hệ thống gây khó khăn cho việc triển khai ứng dụng đại trà trong thực tế sản xuất (Trần Ngọc Hải & nnk 2018).

Nghiên cứu này với mong muốn xây dựng một hệ thống phân loại sản phẩm theo màu sắc tự động sử dụng công nghệ xử lý ảnh số kết hợp với lập trình LabVIEW (Christopher G.Relf, 2005), (Ernest O.Doebelin, 2003) ứng dụng trong các dây chuyền sản xuất công nghiệp hoặc nông nghiệp. Hình ảnh sản phẩm được camera điện thoại tích hợp trong hệ thống thu/gửi về chương trình LabVIEW, sau đó hệ thống thực hiện phân tích và xử lý ảnh với các đặc trưng màu sắc của ảnh để đưa ra lệnh điều khiển (như gạt sản phẩm theo loại quy định đã được lập trình với các yêu cầu sản xuất). Nghiên cứu thực nghiệm trong bài báo này được nhóm tác giả thực hiện trên 3 mẫu đối tượng với 3 màu sắc khác nhau cho kết quả nhận dạng rất chính xác thông qua hiển thị Led của giao diện Labiew (Đặng Văn Chí & nnk, 2021).

2. Xây dựng hệ thống xử lý ảnh bằng labview

2.1. Kết nối camera với máy tính (PC)

Trong thực tế, hình ảnh của đối tượng cần nhận dạng được quét bởi camera chuyên dụng thích hợp trong môi trường làm việc công nghiệp. Tuy nhiên trong nghiên cứu này để thuận tiện trong công tác thực nghiệm, nhóm tác giả đề xuất sử dụng camera của điện thoại thông minh (smartphone) để kết nối với máy tính laptop. Việc sử dụng camera điện thoại mang lại một số ưu điểm sau:

* *Tác giả liên hệ*
Email: dangvanchi@humg.edu.vn

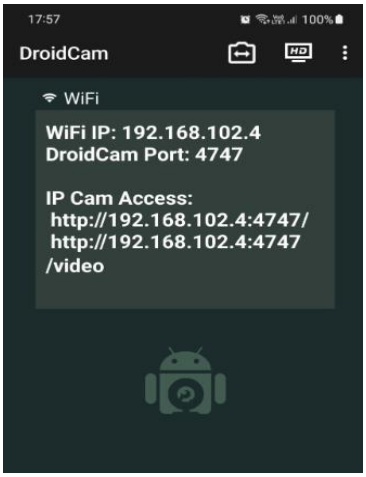
+ Nâng cao chất lượng hình ảnh và video cho máy tính.

+ Hỗ trợ quay các góc rộng, các hướng quay đa dạng.

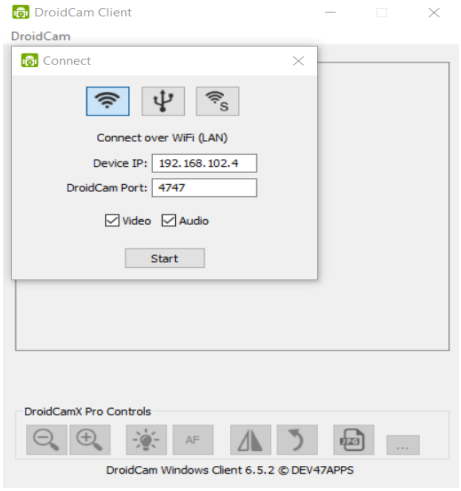
+ Giúp laptop đời cũ, máy tính để bàn không có webcam, trở thành thiết bị có webcam và sở hữu khả năng đàm thoại hình ảnh rõ nét.

- Cách kết nối camera điện thoại với máy tính:

Tải và cài ứng dụng DroidCam trên laptop và trên điện thoại (https://droidcam.vi.softonic.com/), DroidCam cho phép kết nối máy tính với camera điện thoại thông qua mạng wifi. Mở ứng dụng DroidCam trên điện thoại và cho điện thoại kết nối cùng với mạng wifi của máy tính. Sau đó, mở quyền truy cập cho camera và micro của ứng dụng. Lúc này, phần mềm gửi đến điện thoại địa chỉ Wifi IP và Port (hình 1). Truy cập DroidCam trên máy tính và nhập thông tin Device IP, DroidCam Port. Sau đó, chọn Video và Audio, nhấn Start là kết nối camera điện thoại với máy tính (hình 2). (https://www.ni.com).

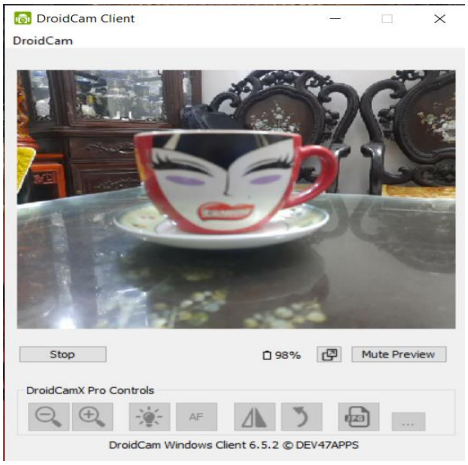


Hình 1. Địa chỉ Wifi IP và Port trên điện thoại thông minh

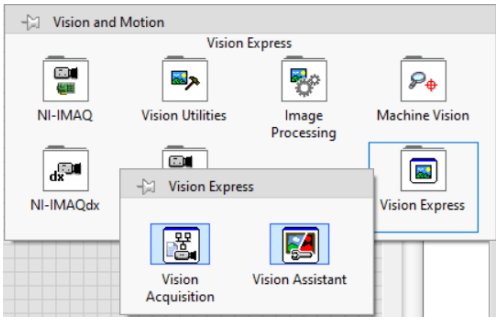


Hình 2. Nhập thông tin Device IP và DroidCam Port trên máy tính

Sau khi nhập thông tin về IP, kết quả thu được từ camera điện thoại sẽ được hiển thị như hình 3.



Hình 3. Kết quả PC nhận hình ảnh từ camera của Iphone trên DroidCam Client



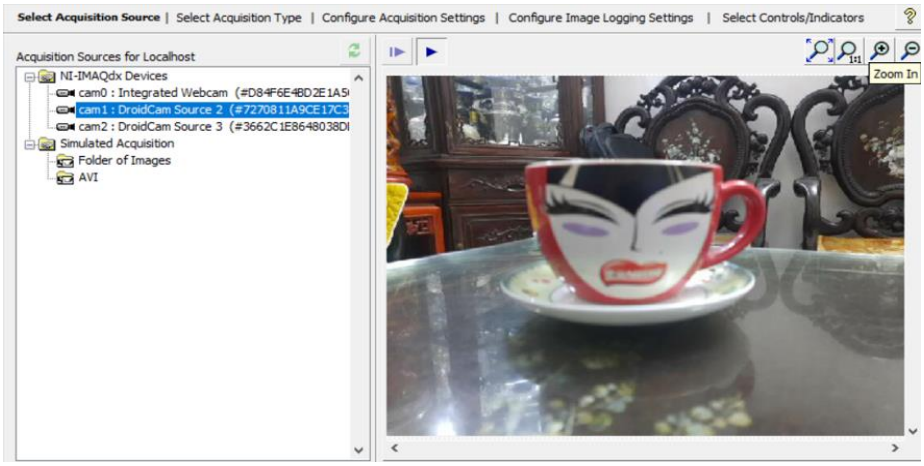
Hình 4. Hình ảnh các công cụ xử lý ảnh trong Vision and Motion

2.2. Kết nối camera Iphone với Labview

- Khối xử lý ảnh trong Labview (hình 4):

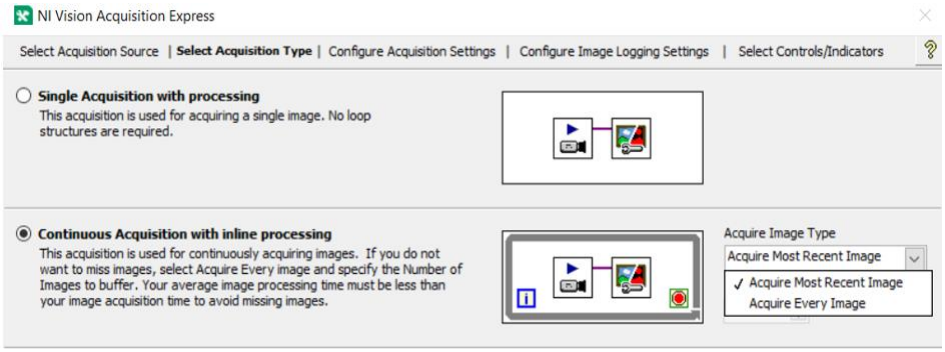
Khối có chức năng phân tích hình ảnh thu được từ khối thu ảnh để đưa ra các thông số đặc trưng của ảnh. Khối xử lý ảnh sử dụng bộ công cụ trong Vision and Motion hỗ trợ các thuật toán xử lý của LabView.

Kiểm tra tính năng chụp ảnh của camera từ khối Vision Acquisition\Select Acquisition Source (hình 5) thông qua việc lựa chọn camera.



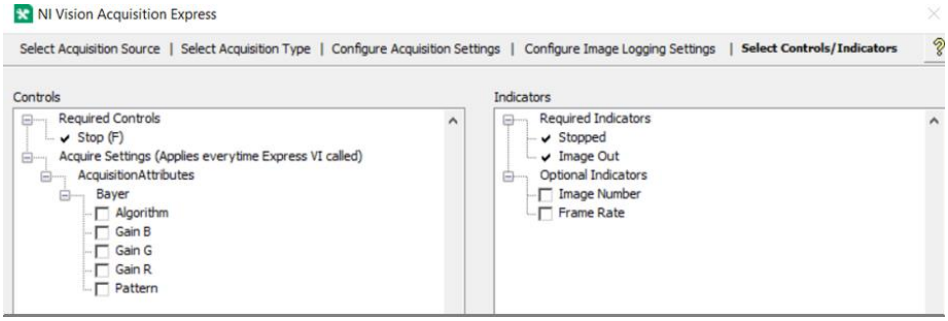
Hình 5. Chọn camera từ thanh công cụ Select Acquisition Source

Từ khối Vision Acquisition, cấu hình cho camera dùng để quét với nhiều lựa chọn quét đơn, quét chụp liên tục (hình 6).



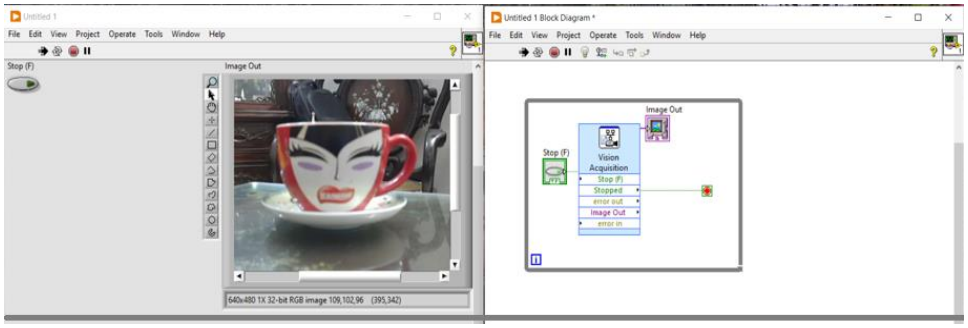
Hình 6. Lựa chọn cấu hình quét chụp liên tục cho camera

Tiếp tục cấu hình các tính năng điều khiển và hiển thị cho công cụ Vision Acquisition (hình 7).



Hình 7. Cấu hình tính năng điều khiển và hiển thị cho công cụ Vision Acquisition

Kết quả chạy thử kiểm tra việc kết nối camera iphone với giao diện labview (hình 8).

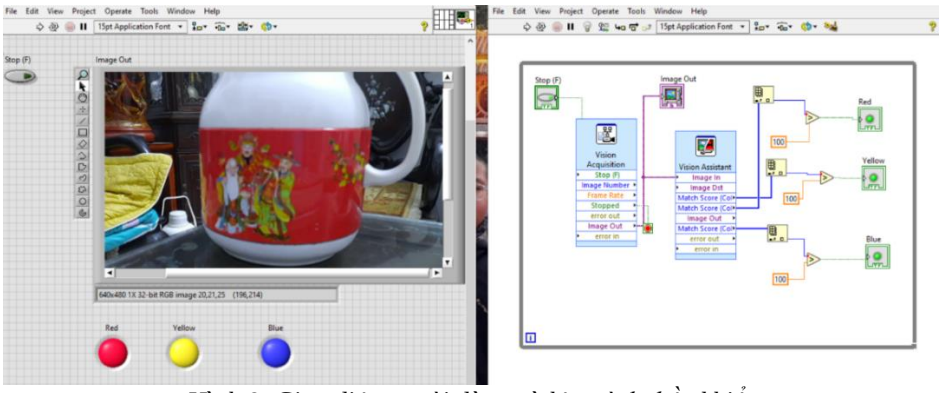


Hình 8. Kết quả chạy thử kết nối camera iphone với giao diện labview

2.3. Thiết kế giao diện, lập trình xử lý ảnh và chương trình điều khiển trên labview

2.3.1. Thiết kế giao diện người dùng

Thiết kế giao diện thực hiện trên Front Panel trong phần mềm LabVIEW, kết quả như hình 9.



Hình 9. Giao diện người dùng và lập trình điều khiển

Thiết kế giao diện người dùng bao gồm các chức năng sau:

+ Hiển thị màu sắc của sản phẩm khi đi qua camera. Màu nào thì Led bật đúng màu như ảnh thu được.
+ Chọn camera với chức năng có thể thay đổi các camera đối với hệ thống yêu cầu độ phân giải cao.

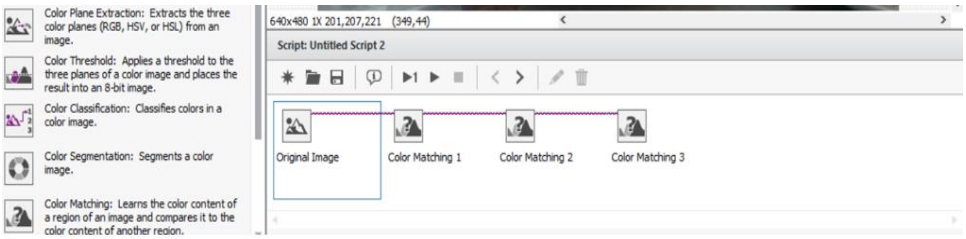
2.3.2. Lập trình xử lý ảnh và chương trình điều khiển

Lập trình chương trình điều khiển được xây dựng trên cửa sổ Block Diagram trong phần mềm lập trình LabVIEW. Chương trình điều khiển từ thanh công cụ Vision and Motion gồm các khối như: khối thu thập ảnh từ camera (Vision Acquisition), khối phân tích đặc trưng màu sắc của ảnh (Vision Assistant), khối so sánh, khối hiển thị và khối Index Array tiếp nhận dữ liệu từ Match Score.

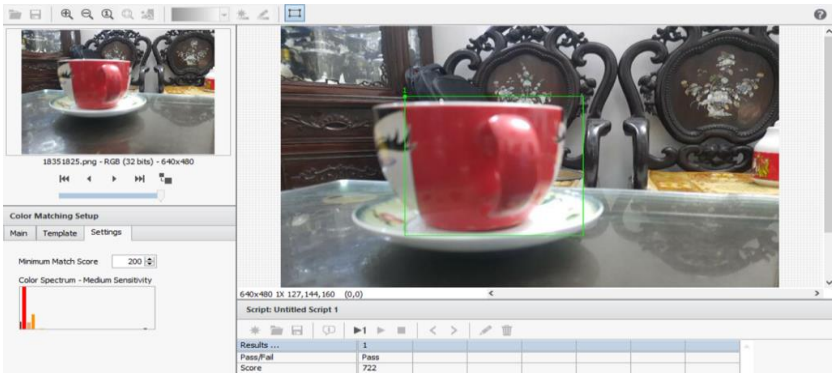
Nhận diện và phân tích đặc tính màu sắc của ảnh trong khối Vision Assistant:

Thực hiện kích đúp chuột vào biểu tượng khối Vision Assistant, xuất hiện cửa sổ NI Vision Assistant – Code Generation Target, chọn thanh công cụ Procesing Functions\Color; dưới thanh công cụ này có 12 Functions (hình 10) hỗ trợ các công việc liên quan đến nhận dạng, phân tích và xử lý hình ảnh tùy theo các yêu cầu kỹ thuật. Với bài toán có yêu cầu nhận dạng màu sắc, thực hiện chọn Color Segmentation. Trong cửa sổ Color Matching Setup (hình 11) chọn vùng cần nhận dạng màu và đọc kết quả Score đo độ sáng của màu, cài cấu hình Setting Match Score, quan sát phổ màu trên Color Spectrum Sensitivity.

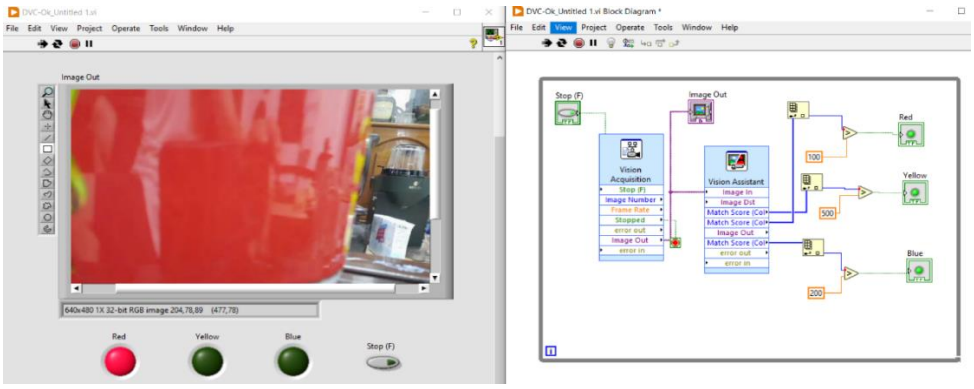
Kết quả chạy thực nghiệm chương trình xử lý hình ảnh và điều khiển Led trên LabVIEW được minh họa trên các hình 12,13,14.



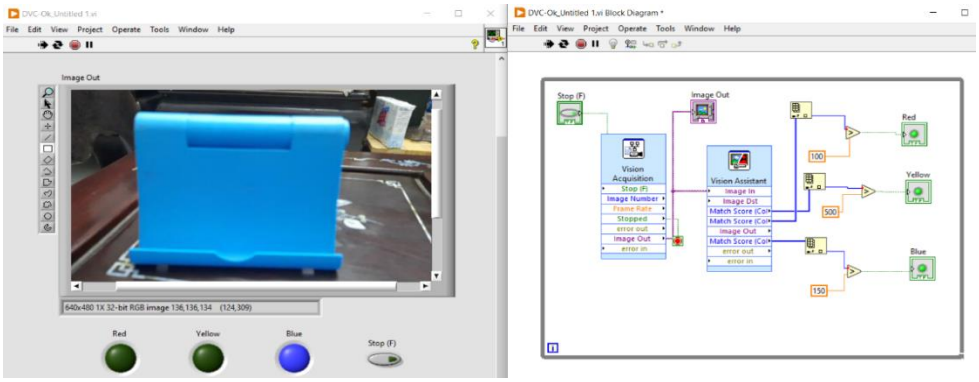
Hình 10. Cấu hình các Color Matching trong Procesing Functions\Color



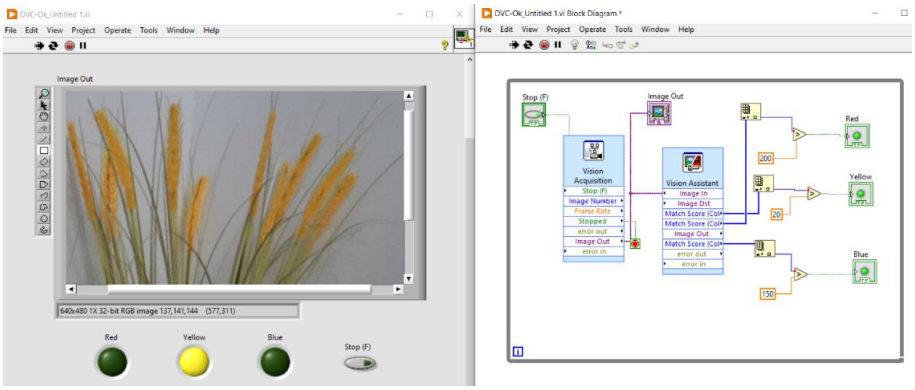
Hình 11. Cửa sổ Procesing Functions\Color và Color Matching Settings



Hình 12. Cửa sổ nhận dạng màu đỏ (On Led_Red)



Hình 13. Cửa sổ nhận dạng màu xanh (On Led_Blue)



Hình 14. Cửa sổ nhận dạng màu vàng (On Led_Yellow)

3. Kết quả và thảo luận

Qua quá trình thử nghiệm và kết quả giao diện xử lý ảnh Labview cho thấy rằng:

Cài đặt các Functions trong các khối của phần mềm labview là khá đơn đơn giản, chương trình và giao diện nhận dạng hình ảnh màu rất ổn định với độ tin cậy cao.

Kết quả xử lý ảnh có độ chính xác cao, gần như không có sai lệch.

Trong thực tế tùy thuộc vào các đối tượng mẫu cần nhận dạng, mà người dùng có thể setting các tham số như Match Score và Color Spectrum Sensitivity sao cho phù hợp theo yêu cầu về chất lượng hình ảnh.

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày một số kết quả nghiên cứu như sau:

Đề xuất được giải pháp đơn giản, dễ thực hiện bằng cách khai thác các tool xử lý ảnh trong Labview (Vision and Motion) như Vision Acquisition và Vision Assistant …đáp ứng yêu cầu bài toán đặt ra.

Xây dựng được chương trình xử lý ảnh, trong thực tế có thể dùng để ứng dụng vào trong các quy trình tự động hóa, các máy tự động kiểm tra phân loại sản phẩm theo màu sắc, đảm bảo tính phân loại cao cho các bài toán nhận dạng xử lý ảnh dựa trên màu sắc.

Việc ứng dụng công nghệ xử lý ảnh của Labview, có thể mở rộng trong việc loại bỏ việc kiểm tra bằng

thủ công, loại bỏ sai sót trong quá trình sản xuất. Có thể nhân rộng ứng dụng trong các lĩnh vực tương tự như kiểm tra kích thước trên bao bì sản phẩm trong nhà máy đóng chai, kiểm tra độ đồng tâm, độ tương đồng so với mẫu quy chuẩn trong lĩnh vực cơ khí chế tạo như ổ bi, gia công cơ khí…và trong nhiều các bài toán nhận dạng khác.

Tài liệu tham khảo

Đặng Văn Chí & nnk, 2021. *Đo lường điều khiển bằng máy tính, ứng dụng công nghệ IoT – Lora Gateway để giám sát và điều khiển xa trên Web Server*. NXB KHKT, 2021.

Trần Ngọc Hải* , Tào Quang Bảng, Trần Xuân Tùy, Hồ Đắc Văn Nhân, 2018. "*Xử lý ảnh bằng phần mềm labview cho máy tự động kiểm tra và phân loại nhãn in trên sản phẩm trong công đoạn đóng gói*". Hội nghị khoa học và công nghệ toàn quốc về cơ khí lần thứ 5 - VCME 2018.

Christopher G.Relf, 2005. *"Image Acquisition and Processing with LabVIEW*™", CRC PRESS Boca Raton London New York Washington, D.C

Manasa H R, Anitha D B, 2016. *"Fault Detection of Assembled PCB through Image Processing using LabVIEW"*. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 5 Issue 05.

Lovika V. Bhagwatkar, Kalyani A. Akant, Milind M. Khanapurkar, 2017. *"LabView Based Implementation of Image Denoising Algorithm using Wavelet Transform"*. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET). Volume 5 Issue II.

Ernest O.Doebelin, 2003. "*Measurement System: "Application and design*", Mc Graw Hill.

Wolfgang Georgi, Ergun Metin, 2006. *Einfuehrung in LabVIEW*. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag Muenchen.

https://droidcam.vi.softonic.com/

https://www.ni.com/en/shop/labview.html

https://www.researchgate.net/publication/32158873

ABSTRACT

Color identification using the image processing tool of Labview software

Dang Van Chi[1,*], Phan Thi Mai Phuong[2]

Hanoi University of Mining and Geology

In the field of Control and Automation Engineering, Robotics and AI, Mechatronics... image processing technology has replaced visual inspection. Applications related to real-time image processing are widely used in many different fields such as food industry, textile industry, electronics industry, industrial robots. In particular, image processing tools on UAVs for war activities are currently very developed. These applications help systems to observe and recognize the working environment, thereby interacting more effectively. In addition, these applications are also conditions for the development of other multidisciplinary applications. Programming for these applications is quite complicated when using software such as: Matlab, OpenCV, Mathcad, DirectShow... However, using the IMAQ vision toolbox in LabVIEW software to create VIs (Virtual Instruments) will help create these applications easily. In this article, the authors apply the algorithm to recognize the color of images captured through a mobile phone surveillance camera. Then program the processing to recognize 3 colors on sample objects for 3 common colors: red, yellow, blue. The color recognition experiment is displayed on the Labview interface with 3 LEDs representing 3 different colors for accurate results.

Keywords: labview; image processing; camera

Nghiên cứu đề xuất mô hình thiết bị bảo vệ dòng điện rò phù hợp cho mạng điện hỗn hợp mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh

Nguyễn Trường Giang[1*], Nguyễn Thạc Khánh[1], Kim Thị Cẩm Ánh[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Báo cáo trình bày kết quả nghiên cứu xây dựng mô hình thiết bị bảo vệ rò phù hợp cho các mạng điện hỗn hợp mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh. Trên cơ sở phân tích các giải pháp chế tạo thiết bị bảo vệ rò dùng cho các mạng điện mỏ hỗn hợp đã được công bố và nghiên cứu đặc điểm của các mạng điện hỗn hợp hầm lò vùng Quảng Ninh, nhóm tác giả đề xuất một mô hình thiết bị bảo vệ rò để kiểm tra điện trở cách điện của mạng. Kết quả nghiên cứu này có thể áp dụng trong thiết kế, chế tạo thiết bị bảo vệ dòng điện rò cho các mạng điện hỗn hợp mỏ hầm lò điện áp đến 1140V.

Từ khóa: Mạng điện hỗn hợp; nguồn đo một chiều; nguồn đo xoay chiều; bảo vệ rò

1. Mở đầu

Các thiết bị điện tử công suất như các bộ chỉnh lưu điều khiển và không điều khiển, các bộ khởi động mềm, các bộ biến tần v.v…ngày càng được sử dụng nhiều trong các mạng điện mỏ hầm lò. Mạng điện này chứa cả hai loại dòng điện là dòng xoay chiều và dòng một chiều nên được gọi là mạng điện hỗn hợp. Trong mỏ hầm lò thường sử dụng các mạng điện hỗn hợp cách ly với đất.

Đã có nhiều giải pháp được đề xuất để đảm bảo điều kiện an toàn điện giật cho các mạng điện hỗn hợp mỏ hầm lò [1,2,3,4,5,6,7,8]. Tuy nhiên, hiện nay chưa có giải pháp và do đó là một hình thức bảo vệ dòng điện rò nào được coi là phù hợp cho tất cả các mạng điện mỏ hỗn hợp. Vì vậy, việc nghiên cứu đề xuất một hình thức bảo vệ rò phù hợp cho các mạng điện mỏ hỗn hợp Việt Nam có tính cấp thiết, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

2. Kết quả nghiên cứu

2.1. Đặc điểm của mạng điện hỗn hợp mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh

Khảo sát các mạng điện hỗn hợp mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh có đặc điểm sau: (1) Phần mạng xoay chiều trước biến tần có chiều dài lớn, nhiều thiết bị; (2) C hỉ có một động cơ được cung cấp qua biến tần; (3) Phần mạng xoay chiều sau biến tần có chiều dài ngắn; (4) Phần chỉnh lưu và nghịch lưu của biến tần được tích hợp trong một thiết bị nên chiều dài phần mạch một chiều rất ngắn; (5) Không có phụ tải mạch một chiều độc lập; (6) Tần số làm việc ở phần mạng xoay chiều sau biến tần nằm trong dải 0 đến 50Hz. Những đặc điểm này là cơ sở để đề xuất mô hình thiết bị bảo vệ rò phù hợp.

2.2. Các nghiên cứu về mô hình thiết bị bảo vệ rò cho các mạng điện mỏ hỗn hợp

Trong [1], để nâng cao độ ổn định và độ tin cậy của thiết bị bảo vệ rò trong phần mạch xoay chiều tần số thay đổi đã đề xuất giải pháp dùng nguồn đo điện trở cách điện phần mạng xoay chiều có tần số thay đổi.

Trong [2], tác giả cho rằng giải pháp kỹ thuật để bảo vệ cắt làm việc hiệu quả khi có rò ở tất cả ba phần của mạng điện mỏ hỗn hợp là không có khả năng. Tính mới của giải pháp nằm ở chỗ bổ sung thêm phần kiểm tra sự mất đối xứng điện trở cách điện giữa các cực phần một chiều của biến tần và đất.

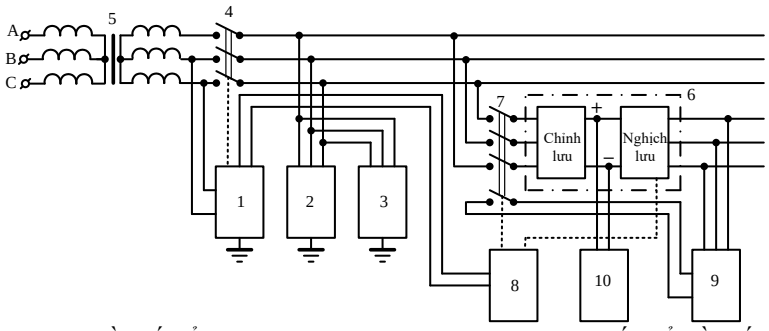
Trong [3], trình bày kết quả nghiên cứu phát triển và đưa vào sản xuất các thiết bị bảo vệ chọn lọc chống dòng rò cho mạng điện hỗn hợp 380V và 660V. Mạch bảo vệ thực hiện việc kiểm tra điện trở cách điện và điện trở rò bằng dòng công tác xoay chiều. Để loại trừ ảnh hưởng của điện dung cách điện đã thực hiện tách riêng thành phần tác dụng của dòng đo.

Trong [4], trình bày thiết bị bảo vệ chống dòng rò cho mạng điện hỗn hợp 380V dùng dòng đo xoay chiều tần số 10Hz.

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyentruonggiang@humg.edu.vn

Trong [5], cũng trên cơ sở kết quả nghiên cứu thực nghiệm, các tác giả đã đề xuất sơ đồ khối tổ hợp bảo vệ rò cho mạng điện mỏ có sử dụng biến tần như hình 1.

Thiết bị bảo vệ hoàn chỉnh loại này đã được chế tạo là rơ le rò loại АЗЧР-4ПП.

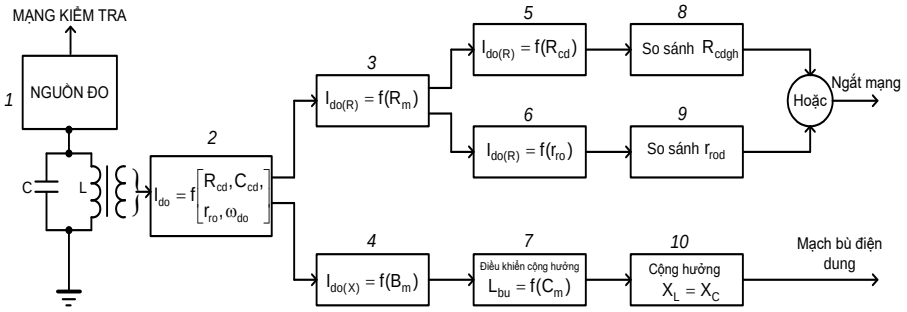


Hình 1. Sơ đồ khối tổ hợp bảo vệ rò mạng có chứa các bộ biến đổi tần số [5]

Hệ thống bao gồm bộ kiểm tra cách điện 1; bộ bù thành phần điện dung của dòng điện rò 2; bộ phát hiện và nối ngắn mạch 3; bộ chuyển mạch 4 có tiếp điểm mạch lực nối máy biến áp 5 và phần mạng được bảo vệ; các thiết bị điện tử công suất 6 được mắc vào mạng qua chuyển mạch 7; bộ ngắt dự phòng 8 và ngắn mạch 9 được mắc ở cửa ra của bộ biến đổi; bộ kiểm tra cách điện phần mạch điện một chiều 10.

Trong [6], trình bày thiết bị bảo vệ dòng rò cho mạng điện hỗn hợp dùng dòng đo xoay chiều tần số 25Hz.

Trong [7], trình bày cấu trúc cần thiết của các thiết bị kiểm tra cách điện bằng dòng đo xoay chiều hình 2.



Hình 2. Sơ đồ khối chức năng của thiết bị kiểm tra cách điện bằng dòng đo xoay chiều [7]

Trong [8], đã phân tích mức độ đảm bảo an toàn khi sử dụng hệ thống bảo vệ rò; đánh giá kết quả đảm bảo mức bảo vệ an toàn nhỏ nhất trong các mạng điện mỏ hỗn hợp; nghiên cứu đặc tính của hệ thống bảo vệ rò làm việc với dòng công tác một chiều trong điều kiện các mạng điện mỏ có chứa các bộ biến đổi và đề xuất sơ đồ khối thiết bị kiểm tra cách điện bằng dòng đo xoay chiều giống như hình 2.

2.3. Đề xuất mô hình thiết bị bảo vệ dòng điện rò cho các mạng điện mỏ hỗn hợp vùng Quảng Ninh

Phân tích các nguồn tài liệu trên cho thấy rằng, tất cả các thiết bị bảo vệ rò được hoàn thiện trước đây và hiện đang được nghiên cứu phát triển dùng cho các mạng điện mỏ hỗn hợp có thể được phân loại theo đặc điểm của dòng để đo điện trở cách điện được sử dụng: (1) thiết bị sử dụng dòng đo một chiều không đổi hoặc dòng xung có chứa thành phần một chiều; (2) thiết bị sử dụng dòng đo xoay chiều tần số cố định và (3) thiết bị sử dụng dòng đo xoay chiều có tần số thay đổi theo một thuật toán nhất định, tùy thuộc vào tần số của điện áp đầu ra của bộ biến tần.

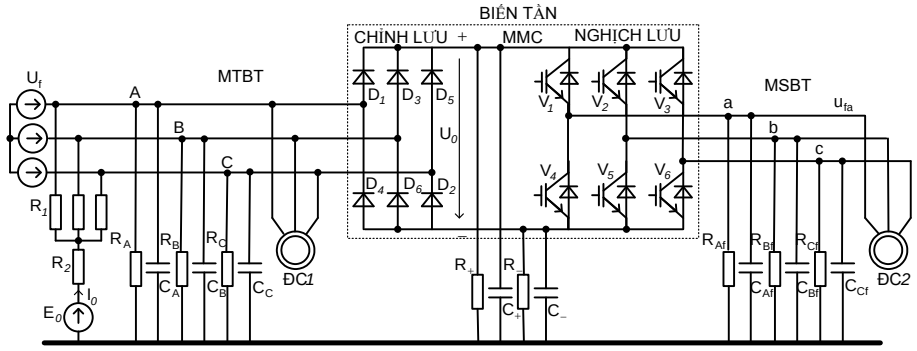
Các thiết bị sử dụng nguồn đo xoay chiều có ưu điểm là độ nhạy và độ chính xác cao, chế độ làm việc không bị ảnh hưởng do sự dao động của điện áp lưới. Nhược điểm của các thiết bị này là cấu trúc thiết bị đo phức tạp, chế độ làm việc bị ảnh hưởng do điện dung cách điện của mạng và nhiễu do chuyển mạch của các phần tử bán dẫn. Hơn nữa, dải tần số làm việc của mạng điện hỗn hợp vùng Quảng Ninh rất rộng (từ 0 đến 50Hz) nên việc chọn tần số nguồn đo là rất khó thực hiện.

Các thiết bị dùng nguồn đo một chiều để đo và giám sát liên tục điện trở cách điện của mạng hỗn hợp có ưu điểm là độ nhạy cao, không bị ảnh hưởng do dao động của điện áp lưới và không nhạy cảm với điện dung của mạng so với đất. Tuy nhiên, do đặc điểm của mạng hỗn hợp là sự mất đối xứng của điện trở cách điện cực (+) và cực (-) của phần mạch một chiều so với đất, là xuất hiện thành phần một chiều ảnh hưởng đến độ chính xác của kết quả đo. Phù hợp với đặc điểm của các mạng điện mỏ hỗn hợp vùng Quảng Ninh, nhóm tác giả chọn giải pháp dùng nguồn đo một chiều để xây dựng mô hình thiết bị rò.

2.3.1. Đánh giá khả năng đảm bảo điều kiện an toàn của các thiết bị bảo vệ rò dùng dòng đo một chiều để kiểm tra cách điện mạng điện mỏ hỗn hợp

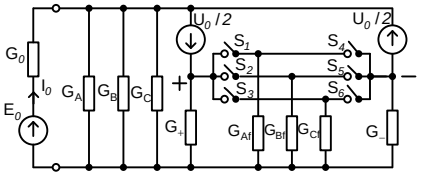
Về phương diện an toàn điện giật, một mạng điện mỏ hỗn hợp khi sử dụng nguồn một chiều để kiểm tra cách điện có thể thay thế bằng sơ đồ tương đương trên hình 3[9,10].

Trong sơ đồ ký hiệu R_A, R_B, R_C, C_A, C_B, C_C là điện trở cách điện và điện dung các pha so với đất của phần mạng trước biến tần (MTBT); R_{Af}, R_{Bf}, R_{Cf}, C_{Af}, C_{Bf}, C_{Cf} là điện trở cách điện và điện dung các pha so với đất của phần mạng sau biến tần (MSBT); R_+, R_-, C_+, C_- là điện trở cách điện và điện dung giữa cực dương (+) và cực âm (-) so với đất của phần mạch một chiều (MMC); U_f là điện áp pha cuộn thứ cấp của máy biến áp khu vực; U_0 là trị số trung bình của điện áp chỉnh lưu cầu ba pha ($U_0 \approx 2{,}34U_f$); E_0 là sức điện động của nguồn một chiều kiểm tra cách điện; R_1 là điện trở mạch tạo trung tính để nối nguồn kiểm tra cách điện vào lưới; R_2 là điện trở trong của nguồn một chiều E_0.



Hình 3. Sơ đồ tương đương mạng điện mỏ hỗn hợp dùng nguồn một chiều để kiểm tra điện trở cách điện

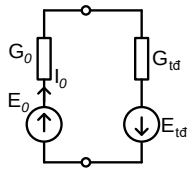
Từ sơ đồ hình 3, nếu giả thiết các van bán dẫn là lý tưởng ta có sơ đồ tương đương để tính dòng một chiều qua cơ cấu đo điện trở cách điện như hình 4 [10]. Trong sơ đồ này để tiện phân tích mạch đã thay thế các điện trở cách điện bằng các điện dẫn cách điện tương ứng (G_i=1/R_i), các van bán dẫn $V_1 \div V_6$ được thay thế bằng các chuyển mạch lý tưởng $S_1 \div S_6$.



Hình 4. Sơ đồ tương đương tính dòng qua cơ cấu đo điện trở cách điện [10]

Theo phương pháp nguồn tương đương, sơ đồ hình 4 có thể thay thế bằng sơ đồ đơn giản hình 5 [9]

Trong sơ đồ hình 5 ký hiệu E_0 và $G_0 = 1/(R_2 + R_1/3)$ là sức điện động và điện dẫn trong của nguồn một chiều kiểm tra cách điện, $E_{tđ}$ và $G_{tđ}$ là sức điện động và điện dẫn của nguồn tương đương Têvênin.



Hình 5. Sơ đồ tính dòng qua cơ cấu đo

Từ sơ đồ hình 5 có biểu thức tổng quát để tính dòng qua cơ cấu đo kiểm tra cách điện:

$$I_0 = \frac{E_0 + E_{td}}{1/G_0 + 1/G_{td}} \tag{1}$$

Các thông số của nguồn tương đương Têvenin $G_{tđ}$ và $E_{tđ}$ được xác định theo các biểu thức (2) và (3) [9]:

$$G_{tđ} = G_A + G_B + G_C + G_+ + G_- + G_{Af} + G_{Bf} + G_{Cf} = G_{cđ\Sigma} \tag{2}$$

$$E_{td} = \frac{U_0(G_+ - G_-)/2}{G_A + G_B + G_C + G_+ + G_- + G_{Af} + G_{Bf} + G_{Cf}} = \frac{U_0(G_+ - G_-)}{2G_{cd\Sigma}} \tag{3}$$

Từ (1), (2) và (3) tính được dòng qua cơ cấu đo bằng [9]:

$$I_0 = \frac{E_0 + E_{td}}{1/G_0 + 1/G_{td}} = \frac{E_0 + U_0(G_+ - G_-)/2G_{cd\Sigma}}{1/G_0 + 1/G_{cd\Sigma}} \quad (4)$$

Khi $G_+ = G_-$ có: $I_0 = \frac{E_0}{1/G_0 + 1/G_{cd\Sigma}}$ (5)

Các biểu thức (4) và (5) cho phép được tính dòng điện qua cơ cấu đo của thiết bị bảo vệ dòng điện rò dùng dòng đo một chiều khi sử dụng trong các mạng điện mỏ hỗn hợp. Biểu thức (3) tính được trị số trung bình sức điện động nguồn tương đương.

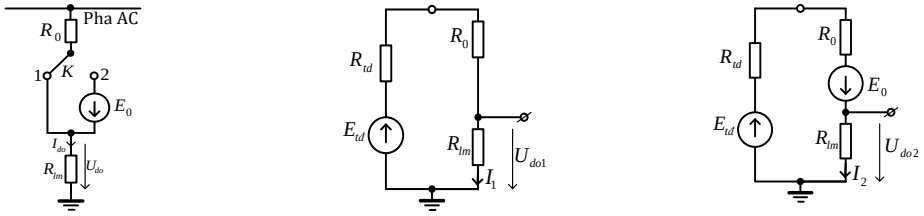
Từ (3) và (4) suy ra, thành phần E_{td} có trị số phụ thuộc vào mức độ mất đối xứng điện trở cách điện của phần mạch một chiều. Trường hợp điện dẫn cách điện phần mạch một chiều G_+ và G_- khác nhau nhiều thì E_{td} có thể lớn hơn nhiều nguồn công tác một chiều E_0 của thiết bị kiểm tra điện trở cách điện. Sự xuất hiện thành phần E_{td} đã làm thay đổi đáng kể trị số dòng đo một chiều chảy qua cơ cấu đo của thiết bị kiểm tra điện trở cách điện.

Các biểu thức (4) và (5) cũng cho thấy rằng, chỉ trong trường hợp điện trở cách điện phần mạch điện một chiều đối xứng ($G_+ = G_-$) thì dòng qua cơ cấu đo mới tỷ lệ với điện trở cách điện của mạng. Nếu $G_+ \neq G$, tức phần mạch điện một chiều có điện trở cách điện không đối xứng, dòng qua cơ cấu đo không phản ánh đúng điện trở cách điện thực tế của mạng.

2.3.2. Đề xuất mô hình thiết bị bảo vệ rò phù hợp cho các mạng điện mỏ hỗn hợp vùng Quảng Ninh

Kết quả phân tích ở trên cho thấy rằng, khi sử dụng nguồn một chiều để đo điện trở cách điện các mạng điện mỏ hỗn hợp, nếu điện trở cách điện giữa cực (+) và cực (-) phần mạng một chiều không bằng nhau thì kết quả đo không phản ánh đúng điện trở cách điện. Vì vậy, cần loại bỏ ảnh hưởng của thành phần E_{td}. Để loại trừ ảnh hưởng của E_{td} nhóm tác giả đề xuất phương pháp sử dụng nguồn một chiều đơn cực với sơ đồ nguyên lý mạch đo như hình 6a, nội dung của phương pháp được thể hiện trong các hình 6b và 6c [11].

Ở sơ đồ hình 6, ký hiệu R_{td} - điện trở cách điện tương đương của mạng cần đo, R_0 - điện trở hạn chế dòng, R_{lm} - điện trở lấy mẫu dòng đo, E_{td} - sức điện động của nguồn tương đương Têvenin, E_0 - nguồn đo một chiều.



(a) Sơ đồ nguyên lý mạch đo

(b) Sơ đồ tương đương khi khóa K ở vị trí 1

(c) Sơ đồ tương đương khi khóa K ở vị trí 2

Hình 6. Sơ đồ nguyên lý mạch đo sử dụng nguồn một chiều đơn cực

Từ sơ đồ hình 6b có: $I_1 = \frac{E_{td}}{R_0 + R_{lm} + R_{td}}$

Suy ra: $U_{do1} = I_1 R_{lm} = \frac{E_{td}}{R_0 + R_{lm} + R_{td}} R_{lm}$ (6)

Từ sơ đồ hình 6c có: $I_2 = \frac{E_{td} + E_0}{R_0 + R_{lm} + R_{td}}$

Suy ra: $U_{do2} = I_2 R_{lm} = \frac{E_{td} + E_0}{R_0 + R_{lm} + R_{td}} R_{lm}$ (7)

Từ (6) và (7) ta có: $U_{do2} - U_{do1} = \frac{E_{td} + E_0}{R_0 + R_{lm} + R_{td}} R_{lm} - \frac{E_{td}}{R_0 + R_{lm} + R_{td}} R_{lm}$

Hay: $U_{do2} - U_{do1} = \frac{E_0}{R_0 + R_{lm} + R_{td}} R_{lm}$

Vậy điện trở cách điện tương đương của mạng được tính theo biểu thức:

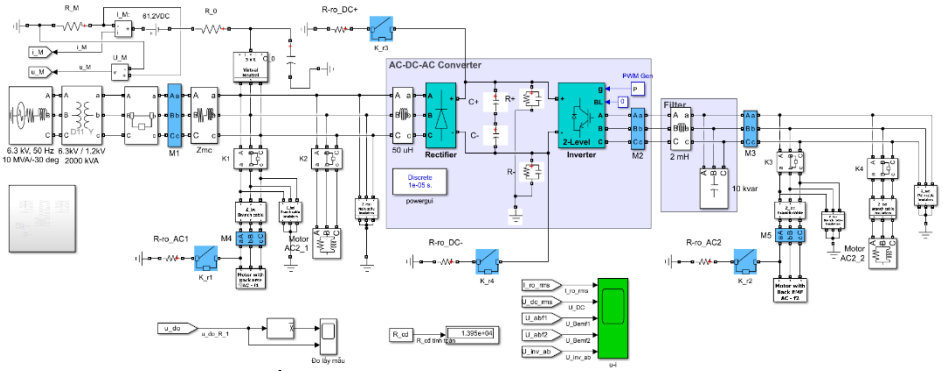
$$R_{td} = \frac{E_0}{U_{do2} - U_{do1}} R_{lm} - (R_0 + R_{lm}) \quad (8)$$

Trường hợp $E_{td} = 0$ có $U_{đo1} = 0$ biểu thức tính điện trở tương đương có dạng

$$R_{td} = \frac{E_0}{U_{do2}} R_{lm} - (R_0 + R_{lm}) \quad (9)$$

Hai biểu thức (8) và (9) cho thấy nếu đo được trị số trung bình của điện áp trên điện trở R_{lm} sẽ xác định được trị số điện trở cách điện tương đương của mạng hỗn hợp.

Để kiểm tra độ chính xác của phương pháp đo trên, nhóm nghiên cứu đã tiến hành mô phỏng trên phần mềm Matlab Simulink. Sơ đồ mô phỏng trên hình 7 và bảng 1 là kết quả tính toán điện trở theo kết quả mô phỏng cho các trường hợp thông số cách điện của mạng khác nhau.



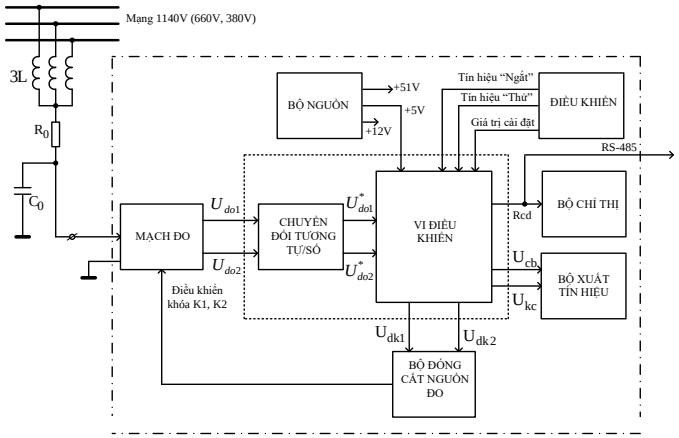
Hình 7. Sơ đồ Matlab Simulink mô phỏng đo điện trở cách điện

Bảng 1. Kết quả đo và tính toán điện trở cách điện

TT	R_A1 (kΩ)	R_B1 (kΩ)	R_C1 (kΩ)	R_P (kΩ)	R_N (kΩ)	R_A2 (kΩ)	R_B2 (kΩ)	R_C2 (kΩ)	R_cđtt (kΩ)	R_cđ_đo (kΩ)	Sai số (%)
1	200	200	200	500	500	200	200	200	***29,412***	29,45	(0,129)
2	120	200	200	500	500	200	200	200	***26,786***	26,82	(0,1256)
3	80	200	200	500	500	200	200	200	***24,096***	23,97	0,525
4	20	200	200	500	500	200	200	200	***12,658***	12,63	0,221
5	2	200	200	500	500	200	200	200	***1,8904***	1,88	0,553
6	1	200	200	500	500	200	200	200	***0,9718***	0,95	2,294
7	200	200	200	500	500	100	200	200	***25,641***	25,69	(0,190)
8	200	200	200	500	500	80	200	200	***24,096***	24,17	(0,306)
9	200	200	200	500	500	40	200	200	***18,519***	18,61	(0,488)
10	200	200	200	500	500	5	200	200	***4,3668***	4,48	(2,526)
11	200	200	200	500	500	1	200	200	***0,9718***	1,00	(2,820)
12	200	200	200	450	500	200	200	200	***29,221***	29,26	(0,133)
13	80	200	200	150	500	200	200	200	***21,661***	21,69	(0,133)
14	40	200	200	50	500	200	200	200	***13,889***	13,93	(0,294)
15	1	200	200	1	500	200	200	200	***0,4933***	0,46	7.239
16	200	200	200	500	450	200	200	200	***29,221***	29,28	(0,201)
17	80	200	200	500	150	200	200	200	***21,661***	21,71	(0,225)
18	10	200	200	500	10	200	200	200	***4,4053***	4,42	(0,332)
19	2	200	200	500	2	200	200	200	***0,9737***	0,98	(0,642)
20	1	200	200	500	1	200	200	200	***0,4933***	0,50	(2,112)

Từ bảng 1 thấy rằng, điện trở cách điện tính theo số liệu đo được (R_{tt}) rất gần với giá trị điện trở cách điện tương đương của mạng (R_{td}). Vậy phương pháp đo điện trở cách điện mạng điện hỗn hợp sử dụng nguồn một chiều đơn cực có thể áp dụng trong thiết kế, chế tạo thiết bị đo và giám sát tự động điện trở cách điện của các mạng hỗn hợp xoay chiều/một chiều cách ly.

Sơ đồ của thiết bị bảo vệ rò cho các mạng điện mỏ hỗn hợp vùng Quảng Ninh được đề xuất trên hình 8.



Hình 8. Sơ đồ chức năng thiết bị bảo vệ rò mạng điện mỏ hỗn hợp

Thiết bị đo và giám sát tự động điện trở cách điện mạng AC/DC-IT hoạt động theo nguyên lý sau:

Điện áp tín hiệu đo từ pha của mạng đang giám sát đi vào mạch đo. Ở đầu ra của mạch đo, thu được hai điện áp: điện áp đo $U_{đo1}$ do thành phần trung bình của điện áp pha gây ra (khi khóa K ở vị trí 1), điện áp đo $U_{đo2}$ đo đồng thời thành phần trung bình của điện áp pha và nguồn điện áp phụ đưa vào mạng (khi khóa K ở vị trí 2).

Tiếp theo, các tín hiệu $U_{đo1}$ và $U_{đo2}$ được bộ chuyển đổi tương tự/số chuyển thành các tín hiệu số $U_{đo1}$* và $U_{đo2}$*. Sau đó, các tín hiệu này được đưa vào vi điều khiển để tính toán điện trở cách điện theo công thức (8).

Sau khi tính toán giá trị điện trở cách điện trong vi điều khiển, kết quả được truyền đến khối hiển thị. Kết quả này cũng được so sánh với các giá trị được cài đặt và nếu kết quả so sánh là đúng, vi điều khiển sẽ kích hoạt bộ phận cảnh báo hoặc báo động.

3. Thảo luận, trao đổi

Từ những kết quả nghiên cứu trên đây cho phép rút ra những nhận xét sau:

Các mạng điện hỗn hợp mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh có đặc điểm là phần mạng xoay chiều trước biến tần có chiều dài lớn, nhiều thiết bị; phần mạng xoay chiều sau biến tần có chiều dài ngắn, tần số thay đổi trong dải rất rộng; không có phụ tải một chiều độc lập và chiều dài phần mạng một chiều rất ngắn. Đặc điểm này cho thấy việc chọn dòng đo xoay chiều để kiểm tra điện trở cách điện là không phù hợp vì kết cấu thiết bị sẽ rất phức tạp.

Khi dùng dòng một chiều để kiểm tra điện trở cách điện của mạng điện mỏ hỗn hợp, sự xuất hiện thành phần E_{td} đã làm thay đổi đáng kể trị số dòng đo một chiều chảy qua cơ cấu đo của thiết bị kiểm tra điện trở cách điện. Chỉ trong trường hợp điện trở cách điện phần mạch điện một chiều không đối xứng ($G_+=G_-$) thì dòng qua cơ cấu đo mới tỷ lệ với điện trở cách điện của mạng. Đặc điểm của mạng điện mỏ vùng Quảng Ninh là chiều dài phần mang một chiều rất ngắn nên điều kiện này thường thỏa mãn.

Kết quả mô phỏng đo điện trở cách điện của mạng điện mỏ hỗn hợp bằng phương pháp sử dụng nguồn một chiều đơn cực do nhóm tác giả đề xuất (bảng 1) cho thấy sai số đo xung quanh điện trở tới hạn (20kΩ với mạng 1140V và 10kΩ với mạng 660V) không vượt quá 0,6%. Kết quả này cho thấy rằng, mô hình đề xuất có thể áp dụng trong thiết kế, chế tạo thiết bị bảo vệ rò phù hợp.

4. Kết luận

Mô hình thiết bị bảo vệ rò sử dụng nguồn một chiều đơn cực được trình bày trong báo cáo là phù hợp với đặc điểm các mạng điện hỗn hợp mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh. Hướng nghiên cứu tiếp theo là xây dựng sơ đồ mạch thực hiện và thử nghiệm trên mô hình mạng điện mỏ để xác định tần số đóng cắt nguồn đo đảm bảo thời gian cắt của thiết bị bảo vệ rò.

Tài liệu tham khảo

Kim Thị Cẩm Ánh, Nguyễn Trường Giang, Nguyễn Tiến Sỹ, Nguyễn Văn Quân. Đo và giám sát tự động điện trở cách điện các mạng điện hỗn hợp xoay chiều/một chiều cách ly với đất (AC/DC-IT), *Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất*, số 63 (kỳ 2) 4-2022, tr.80-88

Kim Ngọc Linh 2021. Điều kiện sử dụng an toàn thiết bị bảo vệ rò điện dùng dòng đo 1 chiều trong các mạng điện mỏ hỗn hợp. *Tạp chí Công nghiệp Mỏ*, số 4+5+6-2021, tr. 54-58.

Kharitonov A.A., Licarenco A.G., Melnic O.E.,Liakhova N.N. 2014. Hoàn thiện sơ đồ để kiểm tra điện

trở rò thích ứng với sự thay đổi thông số cách điện của mạng. ISSN 1729-3774 5/8 (71) 2014 (bản tiếng Nga).

Kunitxi V.G.,1996. *Hoàn thiện thiết bị bảo vệ cắt cho các mạng điện mỏ có truyền động điện sử dụng biến tần điện áp đến 1000V.* Tóm tắt luận án Tiến sỹ.

Piotr Olszowiec 2014. Insulation measurement and supervision in live AC and DC unearthed systems (p171-172). *Springer 2014 (second edition).*

Petrichencô A.A., 2017. *Các phương pháp và phương tiện hạn chế dòng điện rò xuống đất trong các hệ thống cung cấp điện mỏ quặng sắt*. Luận án Tiến sỹ, Krivôi, 2017, 197 trang (bản tiếng Nga).

Ladarev A.I, 1998. *Hoàn thiện các hệ thống bảo vệ cắt cho các mạng điện mỏ điện áp dưới 1kV có sử dụng truyền động biến tần.* Tóm tắt luận án Tiến sỹ.

Licarenco A.G., Petrichenco A.A. 2012. *Nghiên cứu hệ thống bảo vệ dòng điện rò trong các mạng điện mỏ hỗn hợp loại БАЗУК-380/220. 2012*. tr. 46-48 (bản tiếng Nga)

Skrabetx Ph.P., Likarenko A.G., Parkhômencô R.A., 2012. *Hệ thống bảo vệ dòng điện rò chọn lọc cho các mạng điện mỏ hỗn hợp điện áp 380V và 660V. 2012* (18), tr.77-84 (bản tiếng Nga).

Xavitsky V.N., Stadnik N.I., 2013. *Bảo vệ khỏi dòng điện rò trong các mạng điện mỏ than có sử dụng các bộ biến đổi (mạng hỗn hợp).* «УкрНИИВЭ»,(bản tiếng Nga).

Xinchuk O.N., Licarencô A.G., Petrichencô A.A., Dimancov R.V., Shkrabex Ph.P., 2016. Các vấn đề chung về an toàn điện trong vận hành các tổ hợp kỹ thuật điện có hệ truyền động điện có thể điều chỉnh được trong mạng điện mỏ điện áp dưới 1200 V. *Tekhnichna elektrodinamika,* 2016 (5), tr. 79-81, ISSN 1607-7970.

ABSTRACT

Research proposes a model of leakage current protection device suitable for mixed power networks of underground mines in Quang Ninh region

Nguyen Truong Giang[1*], Nguyen Thac Khanh[1], Kim Thi Cam Anh[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

The report presents the results of the research on the construction of a model of leakage protection devices suitable for mixed underground mine power netwoks in Quang Ninh. Based on the analysis of published solutions for manufacturing leakage protection devices for mixed underground mine power netwoks and the study of the characteristics of mixed underground mine power netwoks in Quang Ninh, the authors propose a model of leakage protection devices to test the insulation resistance of the network. The results of this research can be applied in the design and manufacture of leakage current protection devices for mixed underground mine power netwoks with voltages up to 1140V.

Keywords: Mixed power supply; DC power supply; AC power supply; leakage protection

Mô hình Matlab Simulink khảo sát dòng điện rò qua người khi chạm vào một pha của mạng điện hỗn hợp mỏ hầm lò điện áp 1140V

Nguyễn Thạc Khánh [1,*], Nguyễn Trường Giang [1], Kim Thị Cẩm Ánh[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Báo cáo trình bày kết quả nghiên cứu xây dựng mô hình Matlab Simulink để khảo sát dòng rò qua người khi chạm vào một pha của mạng điện hỗn hợp mỏ hầm lò điện áp 1140V. Điểm mới của mô hình là đã kể đến ảnh hưởng của điện áp stato (s.đ.đ ngược) động cơ công suất lớn sau khi ngắt khỏi lưới điện cung cấp đến dòng điện rò qua người. Có thể dùng mô hình để khảo sát ảnh hưởng của một số yếu tố đến dòng điện rò qua người như trở kháng cách điện của phần mạng trước và sau biến tần, trở kháng cách điện phần mạng một chiều, s.đ.đ ngược của động cơ, trị số điện trở và thời gian nối ngắn mạch pha rò.

Từ khóa: Dòng điện rò; mô hình Matlab Simulink; s.đ.đ ngược; trở kháng cách điện

1. Đặt vấn đề

An toàn điện trong các mỏ than hầm lò là một vấn đề quan trọng, đòi hỏi phải có các biện pháp phòng ngừa kỹ lưỡng để bảo vệ người lao động khỏi các nguy cơ điện giật đồng thời bảo vệ mạng điện khỏi nguy cơ gây cháy nổ bầu không khí mỏ. Công nghệ khai thác than hầm lò hiện nay ở Việt Nam đang sử dụng nhiều mạng cung cấp điện hỗn hợp cách ly AC/DC/AC-IT để cung cấp cho các thiết bị công nghệ như máy khấu, băng tải, tời trục …. Khi một người vô tình chạm vào một bộ phận mang điện của mạng điện này, dòng điện rò có thể đi qua cơ thể người, gây ra nguy hiểm nghiêm trọng hoặc thậm chí tử vong. Do đó, việc nghiên cứu và phát triển các mô hình mô phỏng để dự đoán và phân tích dòng điện rò là rất cần thiết.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã phát triển một mô hình mô phỏng trong Matlab Simulink để khảo sát dòng điện rò qua người trong trường hợp chạm vào một pha của mạng điện hỗn hợp có điện áp 1140 vôn. Mô hình này đặc biệt chú ý đến ảnh hưởng của s.đ.đ ngược từ các động cơ công suất lớn khi chúng bị ngắt kết nối khỏi lưới điện. Ảnh hưởng của các yếu tố như trở kháng cách điện của mạng trước và sau biến tần, trở kháng cách điện của phần mạng một chiều, và thời gian nối ngắn mạch pha rò cũng được xem xét kỹ lưỡng.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Mô hình mạng điện mỏ hỗn hợp về phương diện an toàn điện giật

Để tính dòng điện rò qua người khi chạm phải một pha của mạng điện hỗn hợp, đã có nhiều công trình nghiên cứu chi tiết về mô hình toán của mạng điện mỏ (X.V. Vaxiletx, 2013; K.N. Linh, 2018). Khi các động cơ công suất lớn đang vận hành bị cắt nguồn sẽ sinh ra sức điện động ngược trên dây quấn stato, đó là một quá trình quá độ phức tạp, phụ thuộc vào nhiều thông số (P. K. Kovács, 1984; J. C. Gomez và nnk, 2002; J. Maes and J. Melkebeek, 1998). Chọn gốc thời gian là thời điểm con người chạm vào một pha của mạng. Ký hiệu: t_c là thời điểm ngắt của tiếp điểm máy cắt MC; t_1 là thời điểm ngắt của tiếp điểm công tắc tơ K_1; t_{end} là thời điểm sức điện động ngược của động cơ tắt hoàn toàn; T_{nDC} là hằng số tắt tương đương sức điện động ngược của nhóm n các động cơ và T_{DC} là hằng số tắt của động cơ nhánh con người chạm phải. Theo (P. K. Kovács, 1984; Vaxiletx X. V., 2013; Kim Ngọc Linh và nnk, 2023), điện áp stato động cơ khi ngắt khỏi lưới có dạng:

$$U_m(t) = \begin{cases} U_{ms}, khi\ 0 \le t < t_c; \\ U_{ms} e^{-(t-t_c)/T_{nDC}}, khi\ t_c \le t < t_1; \\ U_{ms} e^{-(t_1-t_c)/T_{nDC}} . e^{-(t-t_1)/T_{DC}}, khi\ t_1 \le t < t_{end} \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó: $U_{ms} = \sqrt{2} U_{dc}$; $T_{nDC} = \sum_{i=1}^{n} (P_i) \Big/ \sum_{i=1}^{n} (P_i / T_{DCi})$ (s)

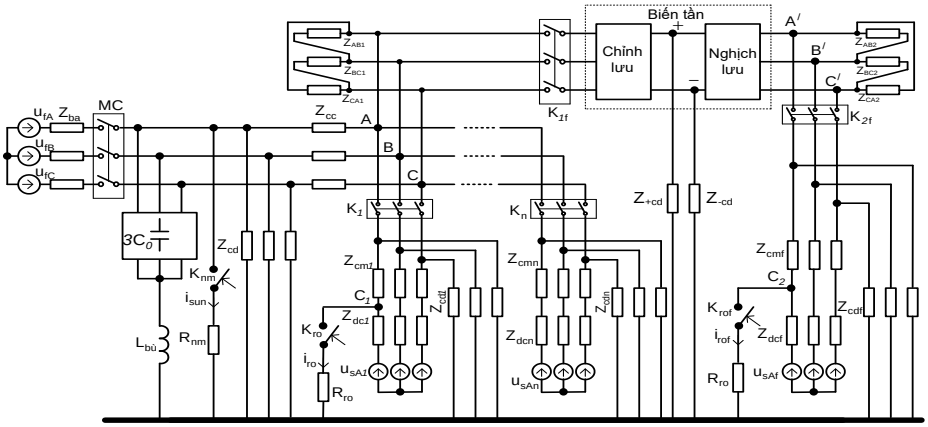
Tần số góc của sức điện động ngược được xác định như sau:

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthackhanh@humg.edu.vn

$$\omega(t)=\begin{cases}\omega_s, khi\ 0\le t<t_{sw0};\\ \omega_s-k_1(t-t_c), khi\ t_c\le t<t_1;\\ \omega_s-k_1(t_1-t_c)-k_2(t-t_1), khi\ t_1\le t<t_{end}\end{cases} \quad (2)$$

Ở đây $\omega_s=(1-s)\omega$; s = 0,03; k_1 = 120rad/s^2; t_c = 0,12s (mạng 1140V); t_1=0,4s (thời gian để điện áp stato động cơ giảm còn 0,5 giá trị định mức (Vaxiletx X. V., 2013). Các hệ số và hằng số thời gian phụ thuộc vào thông số động cơ, có thể tra cứu trong (Kim Ngọc Linh và nnk, 2023).

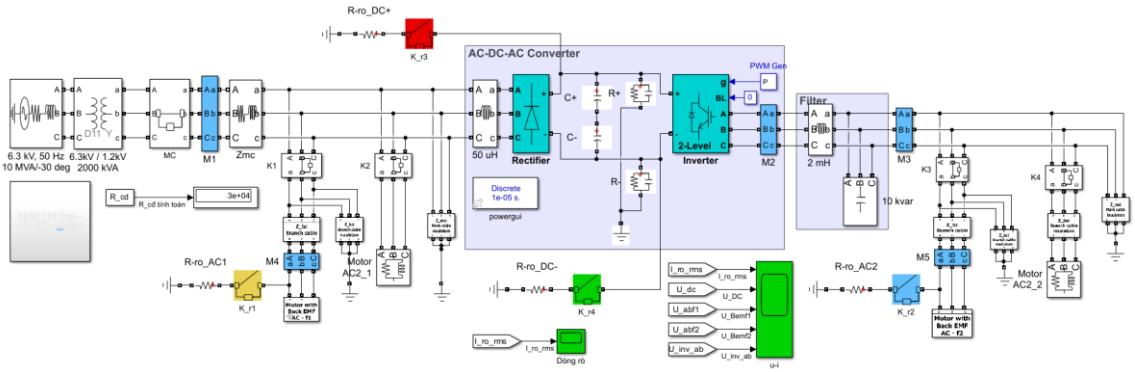
Tính đến ảnh hưởng do sức điện động ngược của động cơ khi ngắt đến dòng điện rò và kể đến trở kháng của biến áp và cáp, mô hình để tính dòng điện rò qua người khi chạm vào một pha của mạng điện mỏ hỗn hợp được đề xuất như hình 1. Trong sơ đồ hình 1 ký hiệu: u_{fA}, u_{fB}, u_{fC} là điện áp pha thứ cấp của máy biến áp; Z_{ba}, Z_{cc}, Z_{cmi} tương ứng là trở kháng của máy biến áp, cáp chính và các đoạn cáp nhánh; Z_{cd}, Z_{cdi} là trở kháng cách điện của cáp chính và các cáp nhánh; Z_{+cd}, Z_{-cd} là trở kháng cách điện giữa cực dương và cực âm của phần mạng một chiều so với đất; Z_{dci} là trở kháng của các động cơ; u_{sAi} là điện áp stato của các động cơ khi ngắt khỏi lưới; R_{nm} là điện trở nối ngắn mạch của thiết bị tự động nối ngắn mạch pha; R_{ro} là điện trở người; MC là tiếp điểm của máy cắt; K_1 đến K_n là tiếp điểm của các khởi động từ điều khiển các động cơ phần mạng trước biến tần; K_{1f} là tiếp điểm của aptomat trước biến tần và K_{2f} là tiếp điểm của khởi động từ điều khiển động cơ phần mạng sau biến tần; Z_{AB}, Z_{BC}, Z_{CA} là trở kháng cách điện giữa các pha của cáp chính (N.T. Giang và nnk, 2023; Zavyalov V.M., Lozhkin I.Yu., 2010).



Hình 1. Mô hình để tính dòng điện rò qua người khi chạm vào 1 pha mạng điện mỏ hỗn hợp

2.2. Mô hình Matlab Simulink khảo sát dòng điện rò trong mạng điện hỗn hợp mỏ hầm lò

Mô hình được xây dựng dựa trên nền tảng Matlab Simulink, với cấu trúc mô phỏng được thiết kế dựa trên sơ đồ nguyên lý trong hình 1. Các thành phần chính trong mô hình mô phỏng (hình 2) bao gồm nguồn điện ba pha trung tính cách ly, điện áp 1140V, động cơ công suất lớn với s.đ.đ ngược được lắp trước và sau biến tần với các giá trị trở kháng cách điện có thể thay đổi phù hợp với các mạng điện thực tế, và một mô hình mô phỏng cơ thể người với điện trở $1k\Omega$. Mô hình hệ thống biến tần được xây dựng dựa trên nguyên lý điều biến véc tơ không gian (Space Vector Pulse Width Modulation, SV-PWM) có khả năng thay đổi tần số lấy mẫu (f_{sw}) và tần số đầu ra (f_2) tương tự biến tần trong thực tế (Chee-Mun Ong, 1998; Paul Krause và nnk, 2013).



Hình 2. Mô hình Matlab Simulink khảo sát dòng điện rò trong mạng điện hỗn hợp mỏ hầm lò

Điểm mới trong phương pháp tiếp cận này là việc đưa vào mô hình ảnh hưởng của s.đ.đ ngược, một yếu tố thường bị bỏ qua trong các nghiên cứu trước đây. Điều này cho phép mô hình phản ánh chính xác hơn

các tình huống thực tế trong mạng điện mỏ hầm lò, khi ngắt động cơ công suất lớn khỏi nguồn nó vẫn có thể duy trì dòng điện rò (qua người) đủ lớn gây nguy hiểm đến tính mạng.

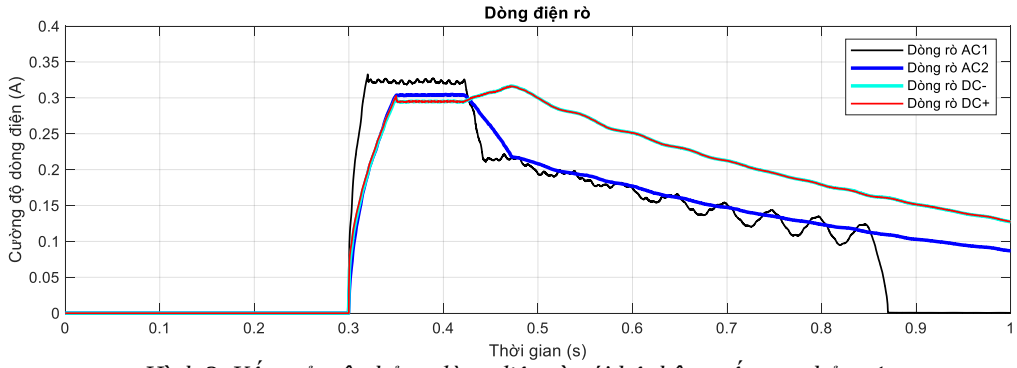
3. Kết quả và thảo luận

Trong báo cáo này trình bày kết quả mô phỏng 4 trường hợp con người chạm phải phần mang điện trong mạng điện hỗn hợp, đó là cực động cơ trước và sau biến tần; cực dương và âm của phần mạch một chiều (xem hình 2). Kết quả mô phỏng cho thấy rằng dòng điện rò qua người có thể bị ảnh hưởng mạnh mẽ bởi s.đ.đ ngược từ động cơ, đặc biệt là khi trở kháng cách điện của mạng điện thấp. Khi trở kháng cách điện giảm, dòng điện rò tăng lên đáng kể, làm tăng nguy cơ xảy ra tai nạn điện giật.

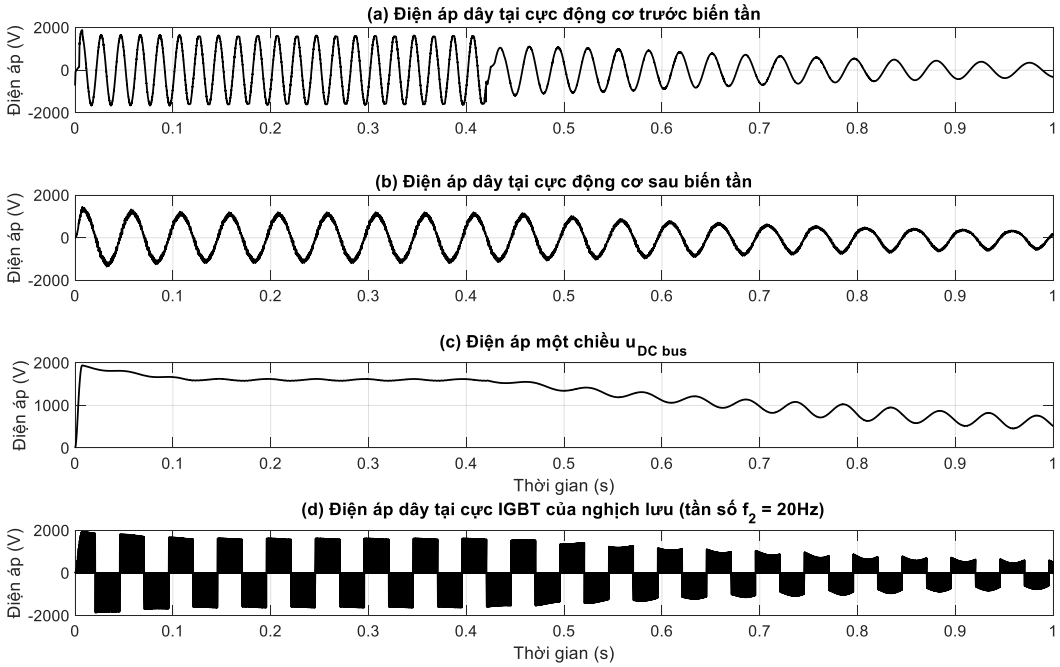
Kịch bản thử nghiệm thứ nhất (số liệu về trở kháng và tần số trong bảng 1), khi lần lượt thử rò tại 4 điểm, kết quả cho thấy ngay sau thời điểm tạo rò (0,3s) dòng rò phía xoay chiều tần số công nghiệp AC1 có trị số lớn nhất, 3 dòng điện còn lại có giá trị nhỏ hơn. Sau khi máy cắt chính MC ngắt điện (0,42s), mức độ ảnh hưởng của sức điện động ngược rất khác nhau, phần mạch xoay chiều AC1 và AC2 dòng rò giảm nhanh, trong khi phần mạch một chiều DC+ và DC- dòng rò có cường độ lớn hơn bên xoay chiều và duy trì lâu hơn (xem hình 3).

Bảng 1. Mạng điện mỏ hỗn hợp với thông số thử nghiệm lần 1

Thông số	Trở kháng cách điện AC1	Trở kháng cách điện DC	Trở kháng cách điện AC2	Tần số nghịch lưu (f_2; f_{sw})
Giá trị	$R_{cdA} = R_{cdB} = R_{cdC} = 200k\Omega$ $C_{cdA} = C_{cdB} = C_{cdC} = 0{,}1\mu F$	$R_{cdDC+} = R_{cdDC-} = 600k\Omega$ $C_{cdDC+} = C_{cdDC-} = 1nF$	$R_{cdA} = R_{cdB} = R_{cdC} = 200k\Omega$ $C_{cdA} = C_{cdB} = C_{cdC} = 0{,}1\mu F$	20 Hz; 2,5kHz



Hình 3. Kết quả mô phỏng dòng điện rò với bộ thông số trong bảng 1



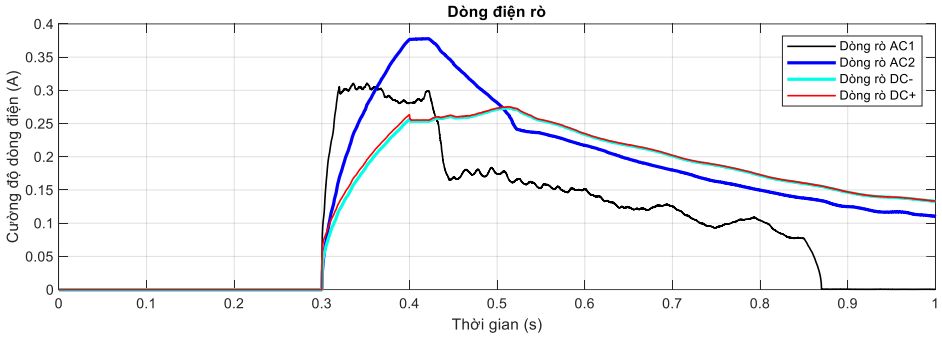
Hình 4. Kết quả mô phỏng điện áp với bộ thông số trong bảng 1

Kết quả mô phỏng trong hình 4 cho thấy sau thời điểm máy cắt chính cắt điện, điện áp trên các động cơ phía AC1 và AC2 (do sức điện động ngược gây ra) tiếp tục được duy trì với biên độ và tần số giảm dần (xem các hình 4a và 4b).

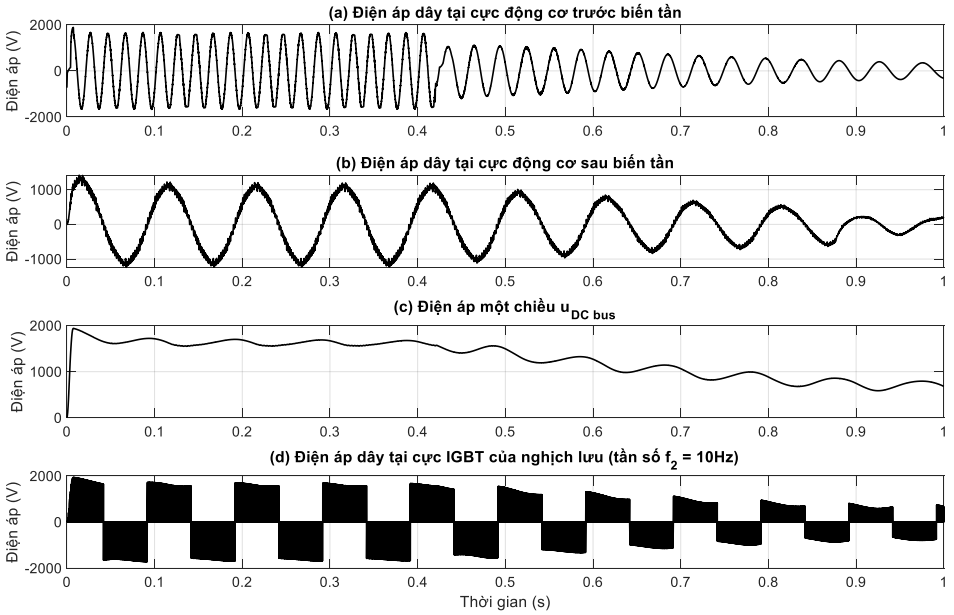
Kịch bản thử nghiệm thứ hai, khi giảm tần số f_2, giảm trở kháng cách điện Z_{cd1} và Z_{-cd} (xem bảng 2). Kết quả cho thấy dòng điện rò phía AC2 tăng vọt so với các điểm thử khác; dòng rò DC+ lớn hơn dòng rò DC- nhưng không nhiều (xem hình 5).

Bảng 2. Mạng điện mỏ hỗn hợp với thông số thử nghiệm lần 2

Thông số	Trở kháng cách điện AC1	Trở kháng cách điện DC	Trở kháng cách điện AC2	Tần số nghịch lưu (f_2; f_{sw})
Giá trị	$R_{cdA} = R_{cdB} = R_{cdC} = 150k\Omega$ $C_{cdA} = C_{cdB} = C_{cdC} = 0,1\mu F$	$R_{cdDC+} = 600k\Omega$ $R_{cdDC-} = 100k\Omega$ $C_{cdDC+} = C_{cdDC-} = 1nF$	$R_{cdA} = R_{cdB} = R_{cdC} = 200k\Omega$ $C_{cdA} = C_{cdB} = C_{cdC} = 0,1\mu F$	10 Hz; 2,5kHz



Hình 5. Kết quả mô phỏng dòng điện rò với bộ thông số trong bảng 2



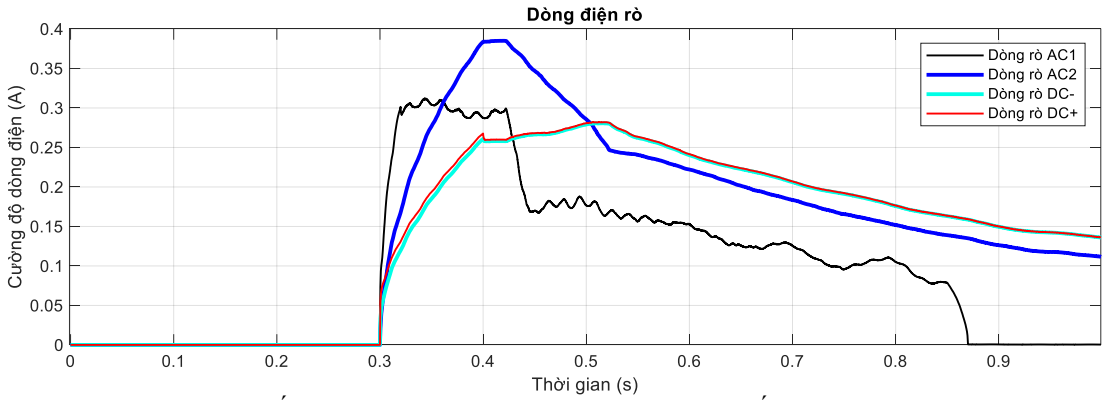
Hình 6. Kết quả mô phỏng điện áp với bộ thông số trong bảng 2

Kịch bản thử nghiệm thứ ba, tiếp tục giảm trở kháng cách điện Z_{cd1} bằng cách tăng điện dung đồng thời tăng tần số lấy mẫu (xem bảng 3). Kết quả cho thấy dòng điện rò ở cả 4 điểm thử đều tăng so với lần thử thứ 2 (xem hình 7).

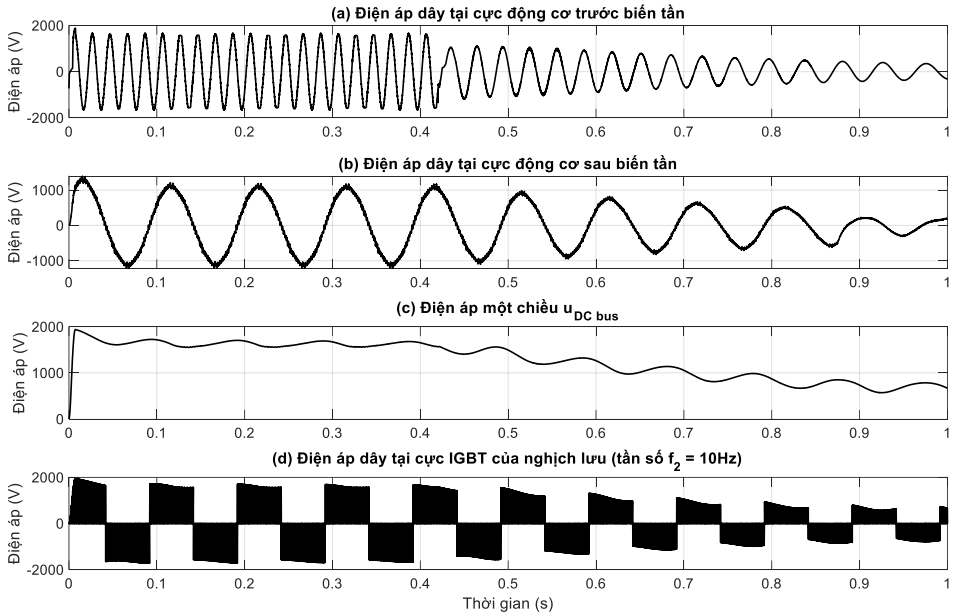
So sánh kết quả 3 kịch bản thử nghiệm cho thấy: (1) dòng điện rò phía AC1 giảm đi khi tần số đầu ra f_2 của biến tần giảm, điều này xảy ra ngay cả khi trở kháng cách điện giảm (xem hình 3 và hình 5); (2) dòng điện rò phía sau biến tần AC2 bị ảnh hưởng nhiều khi thay trở kháng cách điện và tần số f_2; (3) dòng điện rò trong phần mạch một chiều (i rò DC+, i rò DC-) luôn có cường độ xấp xỉ nhau đồng thời phụ thuộc nhiều vào trở kháng cách điện và tần số f_2.

Bảng 3. Mạng điện mỏ hỗn hợp với thông số thử nghiệm lần 3

Thông số	Trở kháng cách điện AC1	Trở kháng cách điện DC	Trở kháng cách điện AC2	Tần số nghịch lưu (f_2; f_{sw})
Giá trị	$R_{cdA} = R_{cdB} = R_{cdC} = 150k\Omega$ $C_{cdA} = C_{cdB} = C_{cdC} = 0,15\mu F$	$R_{cdDC+} = 600k\Omega$ $R_{cdDC-} = 100k\Omega$ $C_{cdDC+} = C_{cdDC-} = 1nF$	$R_{cdA} = R_{cdB} = R_{cdC} = 200k\Omega$ $C_{cdA} = C_{cdB} = C_{cdC} = 0,1\mu F$	10 Hz; 4kHz



Hình 7. Kết quả mô phỏng dòng điện rò với bộ thông số trong bảng 3



Hình 8. Kết quả mô phỏng điện áp với bộ thông số trong bảng 3

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã phát triển một mô hình Matlab Simulink tiên tiến để khảo sát dòng điện rò qua người trong trường hợp chạm vào một pha của mạng điện hỗn hợp trong mỏ hầm lò với điện áp 1140V. Mô hình đã tính đến nhiều yếu tố ảnh hưởng, bao gồm s.đ.đ ngược từ động cơ công suất lớn, trở kháng cách điện của các đoạn mạng điện, tần số chuyển mạch và tần số đầu ra AC2 của nghịch lưu, cũng như các yếu tố khác liên quan đến an toàn điện giật. Kết quả cho thấy rằng việc hiểu rõ và kiểm soát các yếu tố này là cần thiết để đảm bảo an toàn cho người lao động trong môi trường nguy hiểm. Mô hình này có thể được sử dụng như một công cụ hữu ích cho việc phân tích và thiết kế các thiết bị bảo vệ rò điện trong các mạng điện mỏ hỗn hợp.

Tài liệu tham khảo

Nguyễn Trường Giang, Nguyễn Thạc Khánh, Kim Thị Cẩm Ánh, 2023. Mô hình mạng điện mỏ hỗn hợp về phương diện an toàn điện giật; *Hội nghị Khoa học toàn quốc về Cơ khí - Điện - Tự động hoá, MEAE2023*

Kim Ngọc Linh, 2018. Nghiên cứu xác định dòng điện rò trong mạng điện mỏ hầm lò có sử dụng các bộ biến đổi. *Tạp chí Công nghiệp Mỏ*, số 3-2018, 15-19.

Kim Ngọc Linh và nnk, 2023. Phương pháp tính toán kiểm tra điều kiện an toàn điện giật khi thiết kế các mạng điện khu vực mỏ hầm lò. *Tạp chí Công nghiệp Mỏ*, số 3-2023, 47-53.

Chee-Mun Ong, 1998. Dynamic simulation of electric machinery: Using MATLAB/SIMULINK. Prentice Hall PTR, 1998.

J. C. Gomez, M. M. Morcos, C. A. Reineri and G. N. Campetelli, 2002. Behavior of induction motor due to voltage sags and short interruptions, *in IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 17, no. 2, pp. 434-440, April 2002, doi: 10.1109/61.997914.

J. Maes and J. Melkebeek, 1998. "Discrete time direct torque control of induction motors using back-EMF measurement," *Conference Record of 1998 IEEE Industry Applications Conference. Thirty-Third IAS Annual Meeting (Cat. No.98CH36242)*, St. Louis, MO, USA, 1998, pp. 407-414 vol.1, doi: 10.1109/IAS.1998

P. K. Kovács, 1984. Transient phenomena in electrical machines, *Akadémai Kiadó and Elsevier*, Budapest (1984).

Paul Krause, Oleg Wasynczuk, Scott Sudhoff, Steven Pekarek 2013. *Analysis of Electric Machinery and Drive Systems*, John Wiley & Sons, Inc

Vaxiletx X. V., 2013. Mô hình toán của mạng điện mỏ khi có dòng điện rò qua điện trở người, *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*. Випуск 1/2013 (21), 117-122. (bản tiếng Ucraina).

Zavyalov V.M., Lozhkin I.Yu., Research of the influence of frequency converter on leakage currents in cable networks with isolated neutral, *Proceedings of the IV All-Russian scientific and practical conference "Automated electric drive and industrial electronics" AEPE-2010*, Novokuznetsk, October 12-15, 2010 - Novokuznetsk: Publishing House of SibGIU, 2010 (Russian Version).

ABSTRACT

Matlab Simulink Model for Investigating Leakage Current Through the Human Body When Touching a Phase of a Mixed Mine Power Network with a Voltage of 1140V

Nguyen Thac Khanh[1*], Nguyen Truong Giang[1], Kim Thi Cam Anh[1]
[1] *Hanoi University of Mining and Geology*

This paper presents the research results of developing a Matlab Simulink model to investigate leakage current through the human body when touching one phase of a mixed mine power network with a voltage of 1140V. A novel aspect of the model is considering the impact of stator voltage (back EMF) from large motors after being disconnected from the power supply on the leakage current through the human body. The model can be used to investigate the effects of various factors on the leakage current through the human body, such as the insulation impedance of the network before and after the inverter, the insulation impedance of the DC network, the back EMF of the motor, the resistance value, and the duration of grounded the leakage phase.

Keywords: Leakage current; Matlab Simulink model; back electromotive force; insulation impedance

Nghiên cứu và đánh giá hiệu ứng chắn sóng điện từ sử dụng tấm chắn có khe hở hình chữ nhật

Vũ Bá Tuân[1,*], Nguyễn Tiến Sỹ[2]
[1]*Công ty Cổ phần Công nghệ Tiên Tiến (Advantech, Jsc.), Tập đoàn Phenikaa*
[2]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Tương thích điện từ (EMC) và nhiễu điện từ (EMI) là vấn đề đang được sự quan tâm của các nhà nghiên cứu, các kỹ sư khi thiết kế mạch điện tử trên toàn thế giới. Vấn đề EMC đã được nghiên cứu, thực hiện và đã được chuẩn hóa từ rất sớm. Tuy nhiên, các vấn đề về EMI/EMC với các kỹ sư Việt Nam mới chỉ được quan tâm những năm gần đây. Trong bài báo này trình bày kết quả mô phỏng, đánh giá bức xạ điện từ qua khe hở hình chữ nhật, mô hình được xây dựng và mô phỏng bằng phần mềm Ansys HFSS. Hiệu ứng chắn sóng điện từ được đánh giá qua hệ số SE (Shielding Effectiveness). Trong bài báo này sử dụng hai phương pháp để tính toán hệ số SE đó là phương pháp Robinson và phương pháp phần tử hữu hạn (FEM), từ kết quả tính toán của hai phương pháp trên giúp người thiết kế có những điều chỉnh đảm bảo tương thích điện từ.

Từ khóa: Nhiễu điện từ; tương thích điện từ; bức xạ điện từ qua khe hở; chắn sóng điện từ; Ansys HFSS

1. Đặt vấn đề

Ngày nay, mạch điện tử được sử dụng phổ biến trong nhiều lĩnh vực với nhiều mục đích khác nhau. Sự phát triển của các thiết bị điện tử đã giúp ích cho con người rất nhiều, tuy nhiên giữa các mạch điện tử có ảnh hưởng xấu lẫn nhau. Trong đó, nhiễu điện từ (EMI) đã trở thành thách thức cần được quan tâm, đặc biệt đối với các nhà thiết kế mạch trên toàn thế giới nói chung và với Việt Nam nói riêng. Một trong các biện pháp có thể ngăn được sóng điện từ gây ảnh hưởng giữa các thiết bị điện tử đó là sử dụng tấm chắn.

Tấm chắn (Shield) là một vật liệu chắn sóng điện từ được đặt giữa hai khu vực không gian. Tấm chắn làm từ vật liệu kim loại được sử dụng để ngăn sự lan truyền của các trường điện từ giữa hai không gian bên trong và bên ngoài tấm chắn. Tấm chắn có thể được sử dụng để chứa các trường điện từ, nếu vật liệu chắn bao quanh nguồn nhiễu hoặc cũng có thể được sử dụng để ngăn chặn nhiễu điện từ từ bên ngoài vào bên trong tấm chắn. Vật liệu chắn sóng điện từ là các loại vật liệu có khả năng giảm, hấp thụ hoặc phản xạ sóng điện từ, từ đó giúp giảm thiểu tác động của sóng điện từ lên các thiết bị và hệ thống điện tử, cũng như bảo vệ con người khỏi tác động của bức xạ điện từ (Henry W. OTT, 2009). Sử dụng tấm chắn sóng điện từ kín giúp ngăn chặn được nhiễu điện từ nhưng trong quá trình hoạt động công suất tổn hao sinh nhiệt từ bo mạch điện tử không được đối lưu tự nhiên nên toàn bộ các linh kiện phát nóng và ảnh hưởng đến tuổi thọ của bo mạch, để đảm bảo đối lưu tự nhiên nên các tấm chắn sóng được thiết kế có khe hở.

Mục đính của thiết kế các tấm chắn là tìm ra các thông số đảm bảo hiệu ứng che chắn sóng điện từ (SE) tối đa, SE tính bằng đơn vị dB, hiệu ứng chắn sóng điện từ cho biết tấm chắn đó phản xạ hoặc chắn sóng điện từ tốt như thế nào. Giá trị SE phụ thuộc vào nhiều yếu tố như tần số nguồn kích thích, vật liệu, hình dạng và kích thước, kích thước khe hở, vị trí điểm khảo sát,… (Anton A. Ivanov và nnk, 2023). Tất các các yếu tố trên khiến việc đánh giá SE trở nên khó khăn.

Nhu cầu về đồ dùng điện tử ngày càng tăng lên, giữa các thiết bị được sản xuất ra cần phải đảm bảo tương thích điện từ, không gây ảnh hưởng lẫn nhau. Tuy nhiên, các phòng đo EMI ở Việt Nam còn nhiều hạn chế, số lượng ít, chi phí đắt đỏ. Vì vậy các sản phẩm mới sau khi được thiết kế và sản xuất ra đa số đều chưa qua kiểm tra mức độ tương thích điện từ. Để giải quyết vấn đề này, tác giả đưa ra các giải pháp mô phỏng trước khi đưa vào sản xuất và kiểm thử, nhằm giảm được chi phí sản xuất cũng như các chi phí đo đạc. Trong bài báo, tác giả dựa theo mô hình mạch tương đương và các phương trình tính toán của Robinson sau đó xây dựng mô hình, kiểm chứng các tính toán sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) bằng phần mềm Ansys HFSS.

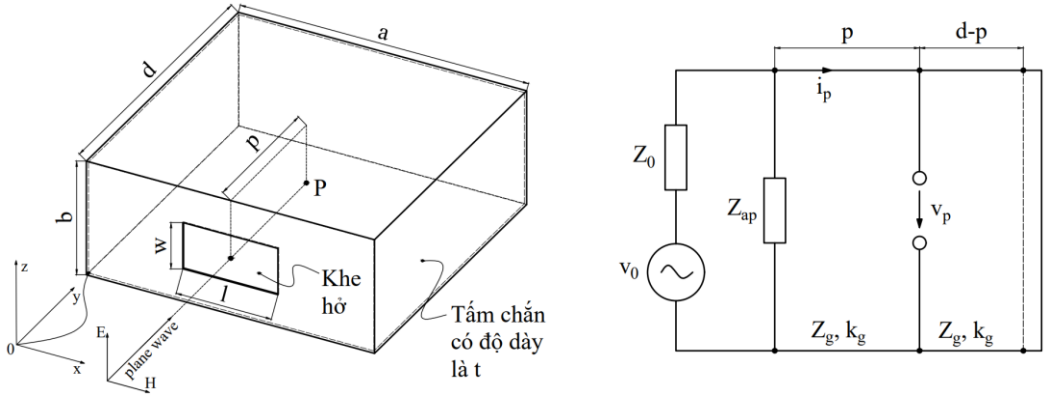
* *Tác giả liên hệ*
Email: vubatuan2407@gmail.com

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

Phần lớn các công thức tính toán đều dựa trên phương pháp mạch tương đương do Robinson và nnk đề xuất, dựa theo mô hình của Robinson (M.P. Robinson và nnk, 1996; Anton A. Ivanov và nnk, 2023) và các sửa đổi để phát triển thêm các phương trình tính toán.

2.1. Mô hình lý thuyết mạch

Mô hình hình hộp chữ nhật có khe hở giả định sóng tới (Plane Wave) ở chính giữa mô hình. Hình 1a biểu diễn các thông số của mô hình và hình 1b là mô hình thay thế bằng mô hình mạch tương trong đó sóng tới có điện áp v_0 = 1V, trở kháng $Z_0 = 120\pi\Omega$. Khoảng khe hở có trở kháng là Z_{ap}, tấm chắn được coi như một ống dẫn sóng ngắn mạch với trở kháng đặc trưng Z_g và hệ số lan truyền k_g.



a, *b,*

Hình 1. Mô hình tấm chắn sóng có khe hở (a) và sơ đồ mạch tương đương (b)

Mô hình tấm chắn sóng có hình dạng hộp chữ nhật kích thước a x b x d, với t là độ dày của tấm chắn và khe hở hình chữ nhật có kích thước w x l. Các thông số của mô hình xem bảng 1, các trường hợp thể hiện cho các thông số mô hình và điểm khảo sát điện trường khác nhau.

Bảng 1. Các thông số của mô hình

Trường hợp	f (GHz)	Thông số hình học mô hình (mm)						
		a	b	d	t	p	l	w
1	0-1	300	120	300	1.5	150	100	50
2	0-1	300	120	300	1.5	30	100	5
3	0-1	350	150	350	3	175	50	100
4	0-1	350	150	350	3	175	100	5
5	0-1	350	150	350	3	175	50	50

Áp dụng phương pháp Robinson, trở kháng khe hở Z_{ap} được xác định dựa theo (M.P. Robinson và nnk, 1996; M.P. Robinson và nnk, 1998):

$$Z_{ap} = j\frac{l}{2a} Z_{0s} \tan\left(k_0 \frac{l}{2}\right), \quad (1)$$

$$Z_{0s} = 120\pi^2 \left[\ln\left(2\frac{1+\sqrt[4]{1-(w_e/b)^2}}{1-\sqrt[4]{1-(w_e/b)^2}}\right)\right]^{-1}, \quad (2)$$

trong đó:

j - đơn vị ảo;

k_0 - số bước sóng lan truyền trong không gian tự do, k_0 tỷ lệ nghịch với bước sóng (λ), $k_0 = 2\pi/\lambda$;

Z_{0s} - trở kháng đặc trưng của dây dẫn đồng phẳng;

w_e - là chiều cao hiệu dụng của khe hở.

Với, $w/d \leq 1/2\pi$:

$$w_e = w - \frac{5t}{4\pi}\left(1 + \ln\frac{4\pi w}{t}\right), \quad (3)$$

Với, $w/d > 1/2\pi$:

$$w_e = w - \frac{5t}{4\pi}\left(1 + \ln\frac{2d}{t}\right), \quad (4)$$

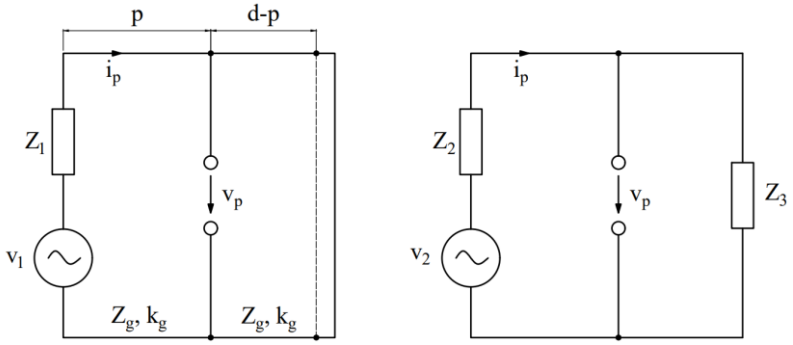
Trở kháng đặc trưng (M.P. Robinson và nnk, 1996; M.P. Robinson và nnk, 1998):

$$Z_g = Z_0 \Big/ \sqrt{1-\left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}, \tag{5}$$

Hệ số lan truyền (M.P. Robinson và nnk, 1996; M.P. Robinson và nnk, 1998):

$$k_g = k_0 \sqrt{1-\left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}, \tag{6}$$

Từ công thức (5) và (6) có thể thấy trở kháng đặc trưng Z_g và hệ số lan truyền k_g đều phụ thuộc vào tần số ($\lambda = c/f$) và kích thước tấm chắn (a). Tỷ số $(\lambda/2a)^2$ có giá trị lớn hơn 1 thì Z_g và k_g là một giá trị phức.



a, *b,*

Hình 2. Sơ đồ mạch tương đương sau bước chuyển đổi đầu tiên (a) và sau lần chuyển đổi thứ 2 (b)

Điện áp và dòng điện tại điểm P được xác định (Anton A. Ivanov và nnk, 2023):

$$v_P = v_2 Z_3 / (Z_2 + Z_3), \tag{7}$$

$$i_P = v_2 / (Z_2 + Z_3), \tag{8}$$

$$v_2 = \frac{v_1}{\cos(k_g p) + j(Z_1/Z_g)\sin(k_g p)}, \tag{9}$$

$$Z_2 = \frac{Z_1 + jZ_g \tan(k_g p)}{1 + j(Z_1/Z_g)\sin(k_g p)}, \tag{10}$$

$$Z_3 = jZ_g \tan(k_g (d-p)), \tag{11}$$

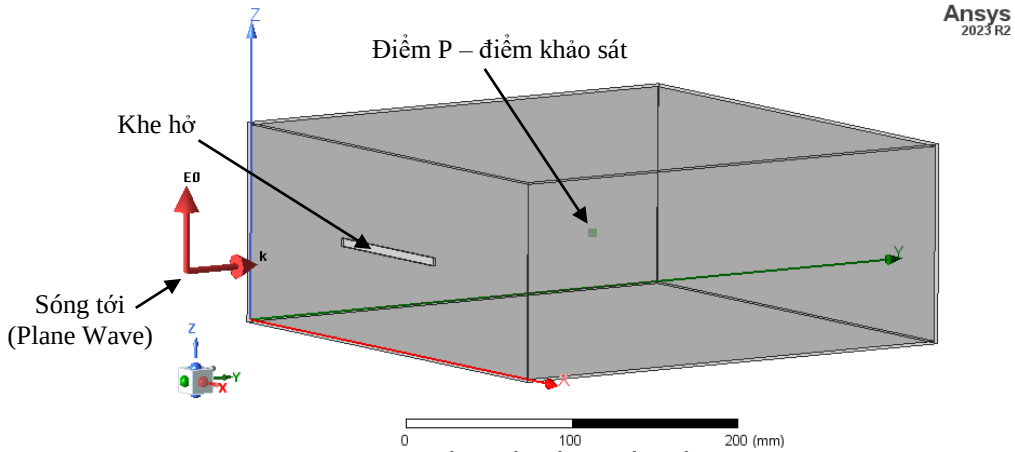
$$v_1 = v_0 Z_{ap} / (Z_0 + Z_{ap}), \tag{12}$$

$$Z_1 = Z_0 Z_{ap} / (Z_0 + Z_{ap}), \tag{13}$$

Hệ số SE tại điểm P được xác định:

$$SE = 20 \log \left| \frac{v_0}{2v_P} \right| \tag{14}$$

2.2. Xây dựng mô hình trên Ansys HFSS

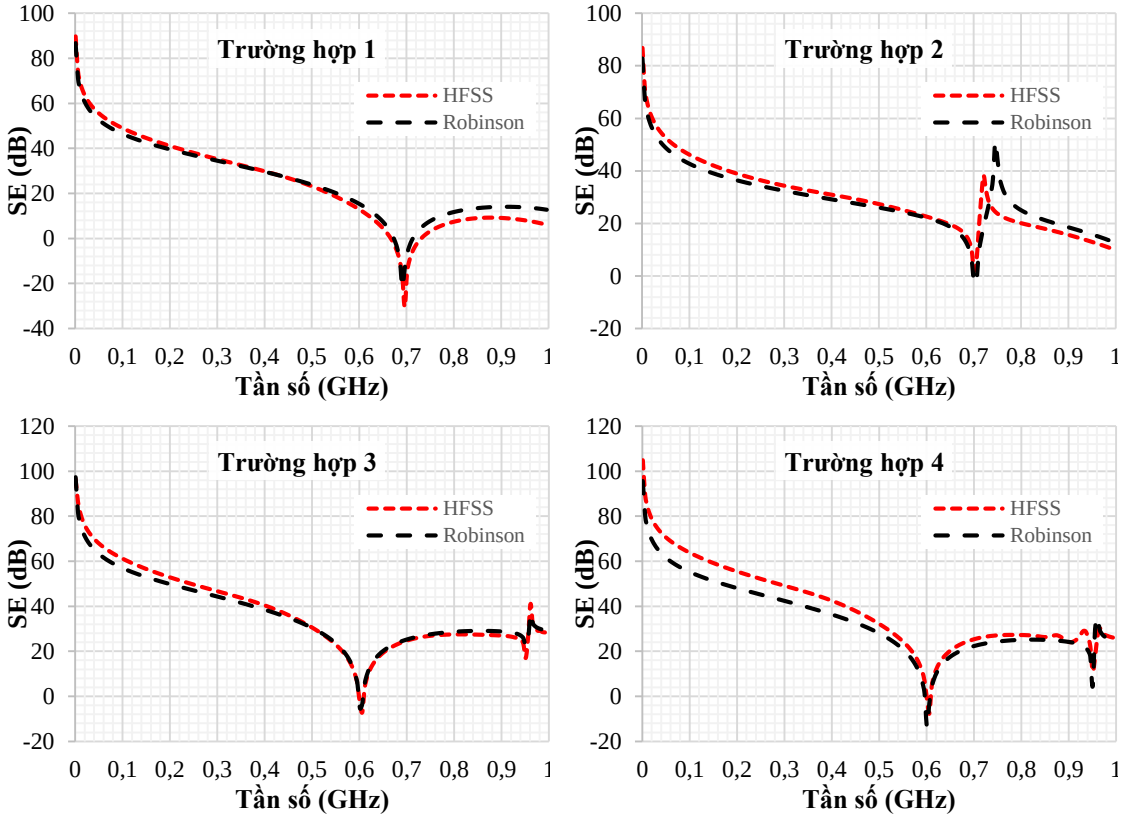


Hình 3. Mô hình hóa tấm chắn bằng phần mềm Ansys HFSS 2023R2

Dựa trên các kích thước trong bảng 1, tấm chắn được mô hình hóa bằng phần mềm Ansys HFSS như hình 3. Tấm chắn có năm mặt kín và một mặt có khe hở hình chữ nhật ở chính giữa.

3. Kết quả và thảo luận

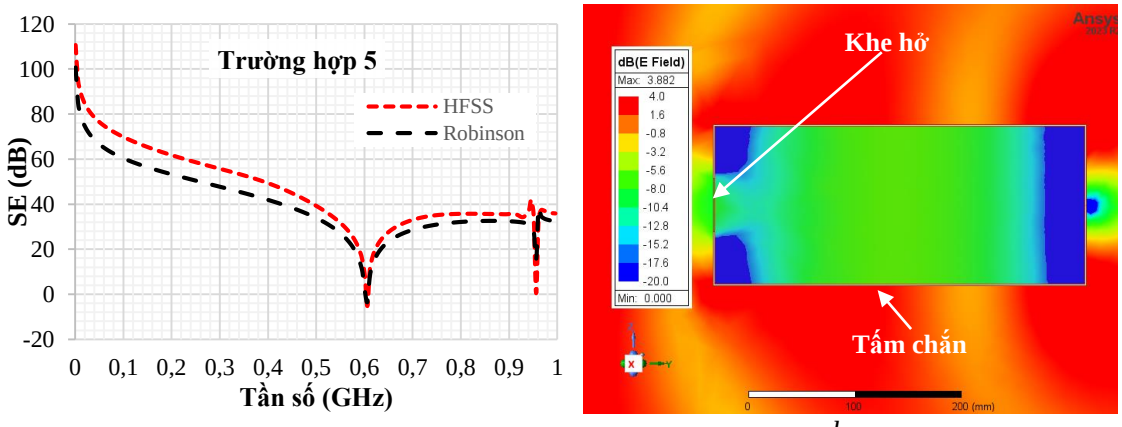
Từ cơ sở lý thuyết tính toán phương pháp giải tích của Robinson, nhóm tác giả xây dựng code giải toán sử dụng phần mềm Matlab song song với phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) trên phần mềm Ansys HFSS, nhóm tác giả được các kết quả như hình dưới đây.



Hình 4. Đồ thị giá trị hệ số SE trong trường hợp từ 1 đến 4

Ở đây, hệ số SE được xác định bằng phần mềm Ansys HFSS có giá trị:

$$SE = 20\log\left|\frac{E_0}{E_P}\right| \quad (15)$$



a, *b,*

Hình 5. Đồ thị giá trị hệ số SE (a) và biểu đồ cường độ điện trường tại tần số 0,6 GHz theo đơn vị dB (b) của trường hợp 5

Cường độ điện trường (E) tỷ lệ thuận với điện áp (v), nhóm tác giả xây dựng công thức (15) dựa trên giá trị cường độ điện trường tại điểm P (E_P) phần mềm Ansys HFSS tính toán được. Phần mềm Ansys HFSS giúp tính toán chính xác cường độ điện trường tại điểm P, với E_0 = 1V/m là giá trị kích thích Plane Wave

theo phương z. Hình 4 và hình 5a cho thấy tần số từ 0 đến 1GHz, kết quả của cả hai phương pháp đều tương đương nhau về hình dáng đồ thị.

Hình 4 và hình 5a thể hiện giá trị hệ số SE các trường hợp từ trường hợp từ 1 đến 5. Hình 5b thể hiện cường độ điện trường (đơn vị dB) lan truyền trong không gian bên ngoài và bên trong tấm chắn, đánh giá được mức độ chắn sóng điện từ của tấm chắn tại tần số cộng hưởng (0,6GHz). Do đó, có thể thấy cường độ điện trường tại vị trí khe hở là lớn nhất so với không gian tấm chắn.

Các kết quả tần số cộng hưởng và giá trị SE tại tần số cộng hưởng được so sánh chi tiết ở bảng 2.

Bảng 2. So sánh kết quả từ hai phương pháp

Trường hợp	Thông số	Phương pháp		Chênh lệch
		Giải tích	FEM	
1	Tần số cộng hưởng (GHz)	0,691	0,696	0,005
	Giá trị SE (dB)	-21,601	-30,491	8,890
2	Tần số cộng hưởng (GHz)	0,701	0,701	0,000
	Giá trị SE (dB)	-2,212	1,957	4,166
3	Tần số cộng hưởng (GHz)	0,606	0,601	0,005
	Giá trị SE (dB)	-7,048	-5,263	1,785
	Tần số cộng hưởng (GHz)	0,951	0,951	0,000
	Giá trị SE (dB)	22,426	17,066	5,360
4	Tần số cộng hưởng (GHz)	0,601	0,606	0,005
	Giá trị SE (dB)	-13,365	-7,619	5,746
	Tần số cộng hưởng (GHz)	0,951	0,951	0,000
	Giá trị SE (dB)	4,499	11,081	6,582
5	Tần số cộng hưởng (GHz)	0,606	0,606	0,000
	Giá trị SE (dB)	-3,380	-5,186	1,806
	Tần số cộng hưởng (GHz)	0,956	0,956	0,000
	Giá trị SE (dB)	15,080	0,515	14,565

Trong tất cả các trường hợp, tần số cộng hưởng (tính bằng GHz) gần như trùng khớp ở cả hai phương pháp, sự chênh lệch tần số cộng hưởng không lớn (khoảng 0,005GHz). Trong trường hợp 1, sai lệch giá trị SE tại tần số cộng hưởng tương đối lớn (8,89dB). Tuy nhiên chênh lệch lớn nhất ở trường hợp 5, giá trị chênh lệch tại tần số cộng hưởng 0,956GHz là 14,565dB nhưng ở tần số cộng hưởng 0,606GHz lại chênh lệch tương đối nhỏ (khoảng 1,806dB). Các sự chênh lệch khác đều được tóm tắt ở bảng 2.

Từ kết quả tóm tắt ở bảng 2, thông số kích thước hình học tấm chắn (a x b x d) của mô hình và độ dày tấm chắn (t) đã có sự ảnh hưởng đến giá trị tần số cộng hưởng, tuy nhiên kích thước của khe hở (w x l) lại không ảnh hưởng đến tần số cộng hưởng. Khi kích thước hình học của tấm chắn tăng lên (trường hợp 3, 4 và 5) tác giả thu được kết quả tần số cộng hưởng chính (khoảng 0,6GHz) nhưng cũng xuất hiện thêm một giá trị cộng hưởng phụ (khoảng 0,95GHz), như vậy để có được tần số cộng hưởng nhỏ hơn 0,6GHz chỉ cần tăng thông số hình học của mô hình lên. Trường hợp 1 và 2, ngoài thay đổi kích thước khe hở, nhóm tác giả thay đổi thêm khoảng cách của điểm khảo sát, kết quả cho thấy giá trị SE càng gần khe hở kết quả càng lớn nhưng tần số cộng hưởng không đổi (khoảng 0,6GHz).

Kết quả của hai phương pháp có sai lệch nhau vì bản thân hai phương pháp đều là các phương pháp gần đúng và dựa trên cơ sở khác nhau của một số giả thuyết. Phương pháp giải tích được dựa trên giả thuyết từ sơ đồ mạch tương đương được xây dựng bởi Robinson còn phương pháp FEM tính toán gần đúng bằng phương pháp chia lưới. Phương pháp FEM bằng phần mềm Ansys HFSS được tin cậy hơn nhờ khả năng chia lưới thích ứng, đảm bảo được độ chính xác cao hơn phương pháp giải tích của Robinson.

4. Kết luận

Trong bài báo này, nhóm tác giả đã sử dụng phương pháp giải tích của Robinson và phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) bằng phần mềm Ansys HFSS để tính toán hệ số SE, đánh giá mức độ chắn sóng điện từ của tấm chắn sóng điện từ có khe hở hình chữ nhật ở chính giữa. Kết quả bài báo cũng chỉ rõ các giá trị SE tại các tần số cộng hưởng, đã so sánh các giá trị giữa hai phương pháp nêu trên. Việc mô phỏng, tính toán là rất cần thiết trong thiết kế, sản xuất và thử nghiệm. Giúp cho các kỹ sư có những chỉnh sửa phù hợp và đưa ra các khuyến cáo trước khi sản xuất thực tế.

Kết quả của bài báo cũng là tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo, kết quả bài báo mới chỉ ra trường hợp khe hở tại vị trí chính giữa, với trường hợp khe hở không ở chính giữa hoặc nhiều khe hở hơn phương pháp Robinson này không chính xác nữa. Do đó, các nghiên cứu tiếp theo cần phải được thực hiện để phát triển

hoặc điều chỉnh các phương pháp phân tích khe hở sao cho có thể áp dụng hiệu quả trong các trường hợp phức tạp hơn. Việc này không chỉ giúp mở rộng ứng dụng của phương pháp mà còn nâng cao độ chính xác và độ tin cậy của các kết quả phân tích trong thực tiễn.

Lời cảm ơn

Cảm ơn Trường Đại học Phenikaa và Công ty Cổ phần Công nghệ Tiên Tiến (Advantech, Jsc) đã cung cấp License Ansys Electronics 2023R2 và tạo điều kiện để tác giả hoàn thành bài báo này.

Tài liệu tham khảo

Anton A. Ivanov, Aleksey A. Kvasnikov, Alexander V. Demakov, Maxim E. Komnatnov, Sergei P. Kuksenko, Talgat R. Gazizov, 2023. Generalized Algorithm Based on Equivalent Circuits for Evaluating Shielding Effectiveness of Electronic Equipment Enclosures. *Algorithms*, tập 16(6), trang 1-25.

Bao-Lin Nie, Ping-An Du, 2015. An Efficient and Reliable Circuit Model for the Shielding Effectiveness Prediction of an Enclosure With an Aperture. *IEEE Transactions On Electromagnetic Compatibility*, tập 57 số 3, trang 357-364.

Henry W. OTT, 2009. *Electromagnetic Compability Engineering*. Tái bản lần thứ nhất, nhà xuất bản John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, 62.

M.P. Robinson, J.D. Turner, D.W.P. Thomas, J.F. Dawson, M.D. Ganley, A.C. Marvin, S.J. Porter, T.M. Benson, C. Christopoulos, 1996. Shielding Effectivenss of a rectangular enclosure with a rectangular aperture. *Electronics Letters*, tập 32 số 17, trang 1559-1560.

M.P. Robinson, T.M. Benson, C. Christopoulos, J.F. Dawson, M.D. Ganley, A.C. Marvin, S.J. Porter, David W.P. Thomas, 1998. Analytical Formulation for the Shielding Effectiveness of Enclosures with Apertures. *IEEE Transactions On Electromagnetic Compatibility*, tập 40 số 3, trang 240-248.

ABSTRACT

Research and evaluation for the shielding effectiveness used of a model with a rectangular aperture

Vu Ba Tuan[1,*], Nguyen Tien Sy[2]

[1]*Advanced Technology Join Stock Company (Advantech, Jsc.), Phenikaa Corporation*

[2]*Hanoi University of Mining and Geology*

Electromagnetic Compatibility (EMC) and Electromagnetic Interference (EMI) are problems of concern to researchers and engineers when designing electronic circuits around the world. EMC problems have been researched, implemented and standardized very early. However, EMI/EMC problems with Vietnamese engineers have only received attention in recent years. In this paper, simulation results and evaluation of radiation emission from a rectangular aperture, the model is built and simulated using Ansys HFSS software. Shielding effect is evaluated through the SE (Shielding Effectiveness) coefficient. In this paper, two methods are used to calculate the SE coefficient which are the Robinson method and the finite element method (FEM), from the calculation results of the above two methods, designers can make adjustments to ensure electromagnetic compatibility.

Keywords: Electromagnetic interference; electromagnetic compatibility; radiation emission from aperture; shielding effectiveness; Ansys HFSS software

Sử dụng phương pháp đồng dạng để tính toán, thiết kế lựa chọn quạt ly tâm công nghiệp cỡ lớn phục vụ trong ngành khai khoáng, xi măng

Nguyễn Minh Tuấn[1*]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Hiện nay, nhu cầu sử dụng quạt công nghiệp nói chung và quạt ly tâm nói riêng rất lớn, ở hầu hết các ngành sản xuất công nghiệp như: Công nghiệp khai thác than, công nghiệp sản xuất xi măng, đường mía, hóa chất, dệt, công nghiệp sản xuất thép, khai thác dầu khí, các nhà máy nhiệt điện, ... Với các ngành công nghiệp này, quạt thường yêu cầu lưu lượng lớn, cột áp cao, công suất cũng lớn (lưu lượng tới hàng trăm nghìn m^3/h, cột áp tới hàng nghìn Pa, công suất tới hàng nghìn kW). Hầu hết các loại quạt công nghiệp đều phải nhập khẩu từ nước ngoài, đặc biệt là Trung Quốc. Thực tế ở Việt Nam, lĩnh vực quạt ly tâm công nghiệp chưa thực sự được các đơn vị quan tâm, đầu tư nghiên cứu bài bản cả về thực tế lẫn lý thuyết. Cùng là thiết bị trong lĩnh vực máy cánh, tuy nhiên, hầu hết chúng ta đang tập trung vào lý thuyết tính toán các loại máy bơm, phương pháp tính toán, thiết kế quạt còn rất khiêm tốn, chưa thực sự tương xứng với tầm quan trọng của loại thiết bị này. Do đó, cần nhiều các nghiên cứu cả về mặt lý thuyết lẫn thực tế để ngày một tối ưu hoá trong tính toán, thiết kế và chế tạo các loại quạt công nghiệp. Đối với những loại quạt cỡ lớn, chế tạo mất rất nhiều thời gian và đặc biệt ẩn chứa nhiều rủi ro trong quá trình sản xuất, do đó, để hạn chế tối đa thiệt hại về mặt kinh tế người ta thường phải chế tạo quạt mô hình với kích thước nhỏ hơn rất nhiều. Như vậy, cần có phương pháp tính toán để đảm bảo quạt mô hình sẽ cho giá trị phù hợp với quạt nguyên hình, một trong những phương pháp tối ưu là đồng dạng.

Từ khóa: Quạt ly tâm; quạt nguyên hình; quạt mô hình; phương pháp đồng dạng

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, nhu cầu sử dụng quạt công nghiệp nói chung và quạt ly tâm nói riêng rất lớn, ở hầu hết các ngành sản xuất công nghiệp như: Công nghiệp khai thác than, công nghiệp sản xuất xi măng, đường mía, hóa chất, dệt, công nghiệp sản xuất thép, khai thác dầu khí, các nhà máy nhiệt điện, ... Với các ngành công nghiệp này, quạt thường yêu cầu lưu lượng lớn, cột áp cao, công suất cũng lớn. Đặc biệt, môi trường làm việc khắc nghiệt: Nhiệt độ cao, chịu tác động của cả hai yếu tố ăn mòn hóa học và ăn mòn cơ học. Chính điều này tác động lớn đến tuổi thọ của hệ thống quạt công nghiệp, đồng nghĩa với việc làm ảnh hưởng đến an toàn, năng suất của các dây chuyền sản xuất.

- Đối với ngành xi măng: Việt Nam có rất nhiều nhà máy sản xuất xi măng. Tuy nhiên, khoảng 10 công ty có sản lượng lớn nhất nước, trong đó, có Công ty xi măng Bỉm Sơn, Bút Sơn, Hoàng Mai, Hà Tiên, ... Sản lượng xi măng Việt Nam đạt 100 triệu tấn/năm, đứng thứ 4 thế giới.

Ngoài việc đầu tư các dây chuyền chính phục vụ sản xuất trong các nhà máy xi măng, mỏ hầm lò, các nhà máy nhiệt điện … vấn đề đầu tư các dây chuyền công nghệ đảm bảo an toàn, vệ sinh môi trường trong quá trình sản xuất cũng rất quan trọng. Đặc biệt, vấn đề bụi mịn của xi măng thải ra môi trường là vô cùng nguy hại. Hơn nữa, quạt công nghiệp trong các dây chuyền sản xuất xi măng còn được lắp đặt để phục vụ các công đoạn khác nhau: Quạt khí thừa, quạt thải sau, quạt nghiền liệu, quạt nghiền xi măng. Việc sử dụng hàng nghìn hệ thống quạt công nghiệp trong các dây chuyền này tại các nhà máy sản xuất xi măng là cần thiết. Các quạt trong dây chuyền sản xuất xi măng thường làm việc trong môi trường khắc nghiệt: Nhiệt độ cao tới 350^oC, môi chất vận chuyển là khí lẫn bụi mịn (dòng 2 pha khí - rắn) với hàm lượng khoảng $100g/Nm^3$ và ăn mòn hóa học.

- Đối với ngành khai thác khoáng sản: Trong ngành khai khoáng, phương pháp khai thác mỏ hầm lò chiếm tỷ lệ rất lớn, hầu hết các mỏ than ở Việt Nam đều có xu hướng chuyển sang khai thác mỏ hầm lò thay vì khai

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: nguyentuan.ctb.hn@gmail.com

thác lộ thiên. Trong điều kiện khai thác hầm lò, hoạt động thông gió mỏ hầm lò và đường hầm giao thông chỉ có thể đảm bảo được theo yêu cầu nhờ các quạt gió là rất quan trọng, nó ảnh hưởng đến năng suất của cả dây chuyền, đặc biệt ảnh hưởng đến sức khoẻ thậm chí đến tính mạng của con người tham gia sản xuất trong lĩnh vực này.

- Đối với ngành thép: Ở nước ta, ngành thép có hàng trăm công ty sản xuất nằm dải đều cả 3 miền Bắc Trung Nam với sản lượng lớn nhất của một nhà máy tới gần 2 triệu tấn/ năm như nhà máy thép Hoà Phát. Trong quá trình nấu luyện, sản xuất thép cần rất nhiều các hệ thống quạt công nghiệp công suất lớn, làm việc trong môi trường sản xuất công nghiệp khắc nghiệt ứng dụng trong nhiều công đoạn khác nhau của quá trình sản xuất để đảm bảo các yêu cầu công nghệ, đảm bảo an toàn lao động và giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

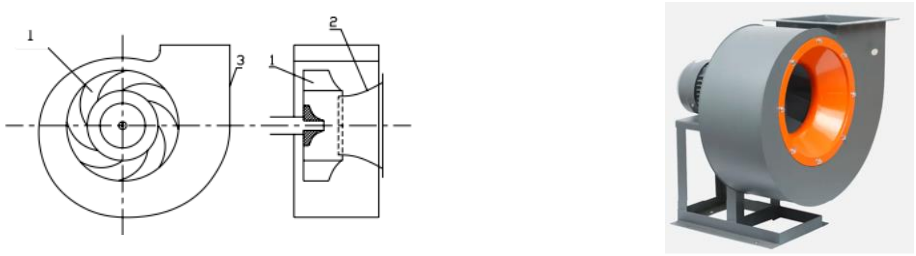
Như đã phân tích, ngoài các ngành công nghiệp nêu trên, các ngành công nghiệp khác như khai thác dầu khí, nhiệt điện cũng như ở hầu hết các ngành công nghiệp nặng của nước ta hiện nay đều cần sử dụng các hệ thống quạt công nghiệp, đặc biệt là các loại quạt ly tâm công nghiệp công suất lớn, làm việc trong môi trường sản xuất công nghiệp khắc nghiệt. Các loại quạt công suất lớn đều phải nhập từ các Quốc gia như Trung Quốc, Hàn Quốc, Nhật Bản, Đức, Ý, ... nguyên nhân chính là chúng ta chưa làm chủ được lý thuyết tính toán, thiết kế cũng như công nghệ chế tạo loại quạt cỡ lớn. Do đó, rất cần có những nghiên cứu chuyên sâu trong lĩnh vực này để có cơ sở chế tạo, sản xuất những loại quạt đáp ứng nhu cầu sản xuất ở nước ta.

Chính vì vậy, bài báo trình bày phương pháp lựa chọn thông số kỹ thuật của quạt mô hình trên cơ sở quạt nguyên hình cỡ lớn và phương pháp tính toán, thiết kế quạt mô hình bằng phương pháp đồng dạng.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đặc điểm kết cấu và thông số kỹ thuật của quạt nguyên hình

Kết cấu của quạt ly tâm công nghiệp trình bày trên hình 1.



Hình 1. Sơ đồ cấu tạo của quạt ly tâm
(1. Bánh công tác, 2. Miệng hút, 3. Buồng xoắn)

Quạt ly tâm có 3 bộ phận chính là : Bánh công tác, miệng hút và buồng xoắn. Trong đó, chi tiết bánh công tác có vai trò quan trọng nhất, nó biến đổi cơ năng thành động năng và áp năng của dòng khí.

Thông số thiết kế của quạt ly tâm nguyên hình :

+ Số vòng quay : n = 980 v/ph
+ Lưu lượng: Q = 9.200 m^3/ph = 153,3 m^3/s
+ Áp suất tĩnh p_t = 750 kG/m^2
+ Nhiệt độ làm việc: t = 300^0C
+ Công suất của quạt: N_q = 1.600kW
+ Công suất động cơ: N_{dc} = 2.000 kW

- Vị trí làm việc: Quạt hút, quạt ID trong dây chuyền xi măng.

Với thông số nêu trên, ta thấy rằng, đây là loại quạt lớn, cột áp cao, làm việc trong môi trường khắc nghiệt với nhiệt độ không khí lưu chuyển qua quạt tới 300^0C.

Nếu ta tiến hành tính toán, thiết kế bằng cơ sở lý thuyết thông thường để lựa chọn các thông số về hình dạng, kích thước của quạt nêu trên và ứng dụng trực tiếp vào dây chuyền thực tế sẽ gặp nhiều khó khăn cả về tính toán lý thuyết và áp dụng thực tế.

Để tính toán được các kích thước của quạt gió thường được thực hiện bằng 2 phương pháp (Lê Danh Liên, 2011; S. Solomakhova, 1998):

2.2.1. Phương pháp thứ nhất

Phương pháp này dựa vào số vòng quay riêng (hệ số tỷ tốc) n_y.

Căn cứ theo n_y chọn sơ đồ khí động thích hợp có hiệu suất cao nhất để tính toán đồng dạng. Trong sơ đồ khí động chúng ta đã có đầy đủ các kích thước cơ bản của bánh công tác và buồng xoắn của quạt và cho hiệu suất theo n_y tương ứng đã chọn.

Theo Viện nghiên cứu thuỷ lực Nga, có thể chọn loại quạt có hiệu suất tối ưu phù hợp n_y, nghĩa là, với phương pháp này, để lựa chọn sơ đồ khí động học của quạt mẫu, cần dựa vào số vòng quay riêng n_y, cụ thể như sau:

+ n_y = (10-30) – Chọn sơ đồ đặc tính quạt 0,51 – 80^0 ÷ 0,4 -90^0.

+ n_y = (30 - 50) – Chọn sơ đồ đặc tính quạt 0,7 – 40^0 ÷ 0,8 -37^0.

+ $n_y \geq 50$ – Chọn sơ đồ đặc tính quạt 0,7 – 160^0; 0,7 – 160^0 – I; 0,7 –160^0 – II

Ưu điểm của phương pháp này là thực hiện đạt kết quả nhanh nhất và kinh tế nhất. Trong thực tế, muốn có sơ đồ khí động phải trải qua các bước tính toán lựa chọn các thông số kỹ thuật nhiều lần để đạt được hiệu suất cao nhất, trên cơ sở đó, xây dựng sơ đồ khí động cho từng loại quạt.

Hiện nay, các kết quả nghiên cứu này đã được Viện nghiên cứu thủy khí động lực Nga và NASA của Mỹ đầu từ nghiên cứu đã đến mức hoàn thiện và tiếp tục phát triển.

Hệ số tỷ tốc được xác định như sau (Lê Danh Liên, 2011; Nguyễn Tiến Vĩnh, 2006 và S. Solomakhova, 1998):

$$n_y = \frac{n.\sqrt{Q}}{\sqrt[3]{H^4}} \quad (1)$$

Trong đó:

n – Số vòng quay của quạt (v/ph)

Q – Lưu lượng của quạt (m^3/s)

H – Cột áp tĩnh của quạt (kG/m^2 hoặc mmH_2O).

2.2.2. Phương pháp thứ hai

Phương pháp thứ hai dựa trên các thông số kỹ thuật yêu cầu, người thiết kế phải tính toán lựa chọn các hệ số lý thuyết. Các hệ số lý thuyết được cho trong khoảng rất rộng nên việc thiết kế một lần cho lựa chọn hệ số khó chính xác. Phải thí nghiệm một nhiều lần và lựa chọn giá trị tối ưu.

Tuy nhiên, việc thí nghiệm nhiều lần gây tốn kém, không kinh tế vì chi phí lớn, đặc biệt là cho các quạt gió cỡ lớn.

Do vậy, trong ngành chế tạo máy thuỷ khí thường phải chế tạo máy mô hình, tức là máy thu nhỏ của máy lớn. Sau khi thí nghiệm đạt yêu cầu, chúng ta sẽ chế tạo máy lớn theo phương pháp đồng dạng. Hai quạt được gọi là đồng dạng với nhau khi có cùng hệ số tỷ tốc n_y.

Qua phân tích trên, có thể lựa chọn phương án thứ nhất để tính toán, thiết kế các thông số kỹ thuật của quạt mô hình.

2.3. Tính toán thiết kế quạt mô hình

Ta biết rằng, lý thuyết tính toán của bơm cánh dẫn đều có thể áp dụng cho quạt cánh dẫn (quạt ly tâm, quạt hướng trục) với một số lưu ý về tính chất của môi chất vận chuyển qua các thiết bị.

Sự khác biệt lớn nhất trong cơ sở lý thuyết tính toán quạt cánh dẫn mô hình với máy bơm mô hình là ở chỗ, đối với quạt mô hình, sẽ tính toán hệ số tỷ tốc để từ đó xác định lựa chọn quạt mẫu trên quan điểm chọn loại quạt mẫu hiệu suất tối ưu phù hợp n_y, các loại quạt mẫu này đã được thử nghiệm rất nhiều lần trong phòng thí nghiệm để làm cơ sở thiết kế các loại quạt lớn hơn có cùng số vòng quay riêng n_y.

Như vậy, việc đầu tiên cần làm là phải phân tích, lựa chọn thông số kỹ thuật chính của quạt mô hình trên cơ sở quạt nguyên hình đã có với số vòng quay riêng của 2 quạt này giống nhau.

Hiện nay, trong ngành máy cánh dẫn không có quy định cụ thể về mối quan hệ ràng buộc giữa các thông số kỹ thuật của máy mô hình và máy nguyên hình. Như vậy, việc lựa chọn thông số kỹ thuật được dựa trên yêu cầu của quạt, cần đảm bảo các yếu tố sau:

- Quạt mô hình phù hợp với điều kiện hệ thống thử nghiệm hiện có để đảm bảo xác định được đầy đủ đặc tính của quạt mô hình.
- Hệ số Reynol của quạt mô hình tối thiểu $R_e = 2.10^6$
- Đường kính quạt mô hình tối thiểu: D_2 = 300 mm.

Hệ số Reynol được xác định theo công thức sau [Lê Danh Liên, 2011; Nguyễn Tiến Vĩnh, 2006 và S. Solomakhova, 1998]:

$$Re = u_2 D_2/\nu \quad (2)$$

Trong đó: $u_2 = \omega.D_2/2$ – Vận tốc vòng tại lối ra bánh công tác (m/s)

D_2 – Đường kính cửa ra bánh công tác (m)

$\nu = \mu/\rho$ – độ nhớt động học của không khí (m^2/s), tại nhiệt độ $t = 20^0$ thì $\nu = 1{,}5.10^{-5}$ (m^2/s)

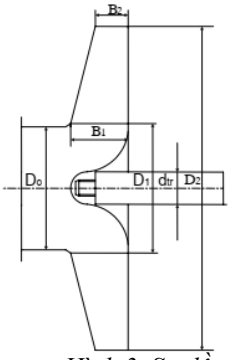
$\rho = 1{,}2$ – Khối lượng riêng của không khí (kg/m^3)

Như vậy, sau khi tính toán thông số của quạt, cần kiểm tra lại các điều kiện nêu trên.

2.3.1. Xác định thông số kỹ thuật chính của quạt mô hình

Với lý luận nêu trên, quạt mô hình được sơ bộ xác định các thông số kỹ thuật như sau: $Q = 920$ m^3/h; nhiệt độ làm việc: $t = 30^0C$, số vòng quay $n = 980$ v/ph.

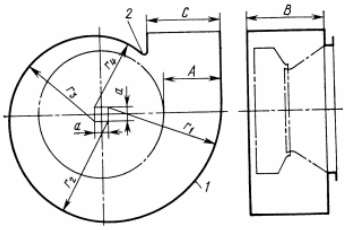
Kích thước cơ bản của quạt nguyên hình gồm các thông số chính sau:



+ Thông số về bánh công tác:

- Đường kính mép vào, ra bánh công tác: D_1, D_2
- Bề rộng mép vào, mép ra bánh công tác: b_1, b_2
- Số lá cảnh bánh công tác Z.
- Các góc và0, ra lá cánh: β_1, β_2

Hình 3. Sơ đồ mặt cắt kinh tuyến bánh công tác quạt ly tâm



+ Thông số buồng xoắn:

- Kích thước miệng ra: C
- Bề rộng buồng xoắn: B
- Độ mở vỏ xoắn: A
- Các bánh kính của vỏ xoắn: r_1, r_2, r_3 và r_4.

Hình 4. Sơ đồ buồng xoắn quạt ly tâm

2.3.2. Tính toán, thiết kế quạt mô hình

Số vòng quay riêng của quạt mô hình bằng quạt nguyên hình, khi ấy, thay các giá trị vào biểu thức 1, ta có: $n_y = 51{,}2$.

Để xác định các thông số của máy mô hình cần tiến hành xác định tỷ số đồng dạng λ.

$$\lambda = \frac{D_{2N}}{D_{2M}} \quad (3)$$

Trong đó:

$D_{2M} = 100$ mm – Đường kính mép ra bánh công tác quạt mẫu (các quạt mẫu đều lấy $D_2 = 100$ mm);

D_{2N} – Đường kính mép ra bánh công tác quạt nguyên hình.

Đường kính mép ra bánh công tác quạt mô hình được xác định theo công thức sau:

$$D_2 = \frac{2U_2}{\omega} = \frac{2}{\omega}\sqrt{\frac{2\Delta p_{lt}}{\rho\psi}} \quad (4)$$

Ở đây:

- $\omega = \pi n/30 = 3.14*980/30 = 103{,}63$ (1/s) – Vận tốc góc tại mép ra bánh công tác
- $\rho = \frac{p}{RTg} = 0{,}119$ kg/m^3 - Khối lượng riêng của không khí ở nhiệt độ $t = 30^0C$

Với: p = 10330 Pa – áp suất khí quyển; R = 29,27 (J/kg – K) – hằng số khí; T = (273+30) = 303 K, g = 9,81 m/s^2.

- ψ = 1,4 – Hệ số cột áp, hệ số này phụ thuộc vào loại quạt và dạng cánh bánh công tác được chọn.

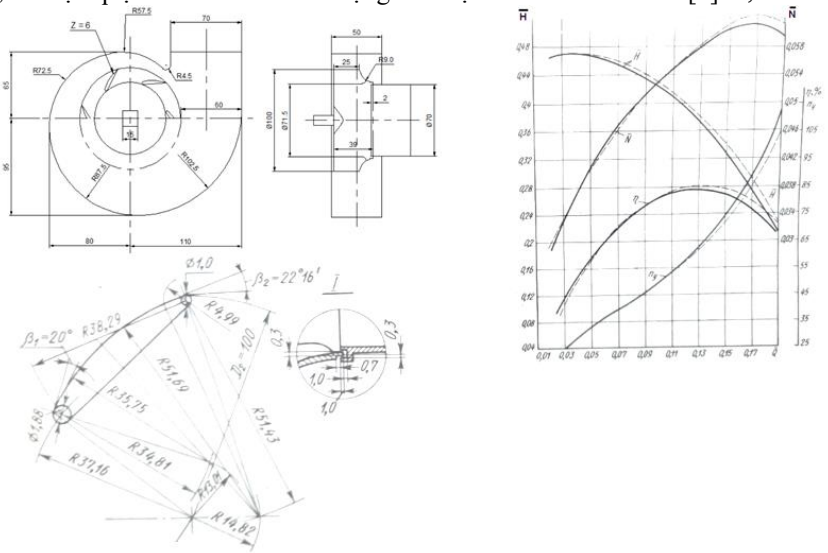
Quạt nguyên hình đang xét là loại quạt công suất lớn, cột áp cao, vì vậy, chọn loại cánh công tác bánh công tác dạng cong phía sau. Với loại quạt này, hệ số ψ = (1,2 - 1,4) (Lê Danh Liên, 2011; S. Solomakhova, 1998).

- Δplt = H_M/η_{tl} – Cột áp lý thuyết của quạt (kG/m^2). Cột áp của quạt mô hình được xác định theo điều kiện n_y phải bằng nhau, do đó, ta xác định được cột áp của quạt mô hình là: H_M = 316 kG/m^2.

Thay các trị số vào biểu thức (4), ta có: D_2 = 1,4m = 1.400 mm.

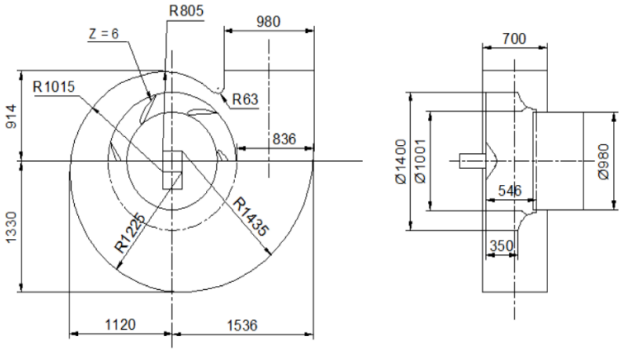
Như vậy, tỷ số đồng dạng của quạt là: λ = 1400/100 = 14.

Với n_y = 51,2 , ta chọn quạt mẫu có sơ đồ khí động với hiệu suất tối ưu là mẫu [3]: 0,7 – 160^0.



Từ sơ đồ khí động học, với n_y = 51,2, ta có chế độ làm việc của quạt là: $\overline{H} = 0{,}42$; $\overline{Q} = 0{,}11$; η = 82%

Kích thước của quạt mô hình được xác định theo hình 5.



Hình 6. Kích thước cơ bản của quạt mô hình

Tóm lại, từ hình dạng, kích thước của quạt mô hình, dựa trên sơ đồ khí động của quạt mẫu ta xác định được các kích thước cơ bản cũng như kết cấu của quạt nguyên hình thông qua tỷ số đồng dạng.

3. Kết quả và thảo luận

Từ yêu cầu thực tế sản xuất, ta xác định được các thông số kỹ thuật chính (Q, H, N) của quạt nguyên hình, sau đó, sử dụng nguyên lý đồng dạng để tính toán, thiết kế quạt mô hình làm cơ sở để thiết kế, lựa chọn các thông số của quạt nguyên hình khác với hệ số đồng dạng λ.

Trong máy cánh dẫn nói riêng và thiết bị thuỷ khí nói chung, phương pháp đồng dạng cho phép xác định các thông số kỹ thuật của quạt đạt kết quả tốt nhất.

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày cơ sở lý thuyết tính toán, thiết kế quạt ly tâm bằng phương pháp đồng dạng với các thông số kỹ thuật yêu cầu đối với quạt nguyên hình. Đây là phương pháp không mới, tuy nhiên, với đặc thù của quạt công nghiệp thì phương pháp này được thực hiện thông qua lựa chọn sơ đồ khí động với quạt mẫu có hiệu suất tối ưu. Trình tự tính toán của phương pháp này như sau :

- Xác định định số vòng quay riêng n_y của quạt nguyên hình để tính cho quạt mô hình ($n_{yM} = n_{yN}$)
- Xác định thông số kỹ thuật của quạt mô hình trên cơ sở thông số kỹ thuật của quạt nguyên hình và điều kiện thực tế, đồng thời xác định đường kính mép ra của quạt mô hình D_{2M}.
- Lựa chọn sơ đồ khí động của mẫu quạt có hiệu suất tối ưu phù hợp với số vòng quay riêng n_y, xác định tỷ số đồng dạng λ để xác định các kích thước chính của quạt mô hình.

Tài liệu tham khảo

Lê Danh Liên, 2011. Bơm, quạt cánh dẫn, NXB Trường ĐH Bách khoa Hà Nội;

Nguyễn Tiến Vĩnh, 2006. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Nhà nước "Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thiết bị quạt gió công suất lớn cho dây chuyền sản xuất xi măng lò quay năng suất 2500 Tấn Clinker/ngày";

S. Solomakhova, 1998. Quạt ly tâm (Bản tiếng Nga). Mascơva, NXB Chế tạo máy.

ABSTRACT

Using the uniform method to calculate, design and select large industrial centrifugal fans to serve the mining, cement

Nguyen Minh Tuan[1*]

Hanoi University of Mining and Geology

Currently, the demand for industrial fans in general and centrifugal fans in particular is very large, in most industrial production industries such as: Coal mining industry, cement production industry, sugarcane industry, and chemicals. , textile, steel industry, oil and gas exploitation, thermal power plants, etc. For these industries, fans often require large flow, high pressure head, and large capacity (incoming flow), hundreds of thousands of m^3/h, pressure head up to thousands of Pa, capacity up to thousands of kW). Most industrial fans must be imported from abroad, especially China.

In fact, in Vietnam, the field of industrial centrifugal fans has not really received much attention or investment in systematic research by units in both practice and theory. The same equipment in the field of impellers, however, most of us are focusing on the theory of calculating pumps, the calculation method and fan design are still very modest, not really commensurate with the scope. importance of this type of device. Therefore, much research is needed both theoretically and practically to increasingly optimize the calculation, design and manufacture of industrial fans.

With large fans, manufacturing takes a lot of time and especially contains many risks during the production process, so to minimize economic losses, people often have to manufacture fans. model with much smaller dimensions. Thus, there needs to be a calculation method to ensure that the model fan will give values consistent with the original fan. One of the optimal methods is uniformity.

Keywords: Centrifugal fan; original fan; model fan; uniform method

Nghiên cứu mô hình và mô phỏng ảnh hưởng của hiện tượng xả tĩnh điện (ESD) với cơ thể người và thiết bị điện tử

Nguyễn Tiến Sỹ[1,*], Kim Thị Cẩm Ánh[1], Tống Ngọc Anh[1]
[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Nghiên cứu hiện tượng xả tĩnh điện (ESD) là vấn đề quan trọng trong phân tích tiêu chuẩn tương thích điện từ (EMI/EMC) với các hệ thống điện tử. Hiện tượng ESD có thể gây ra điện áp tức thời cỡ kV trong thời gian rất ngắn ns gây hư hỏng ngay lập tức các linh kiện điện tử nhạy cảm với nhiễu điện từ trên bo mạch như các loại IC chuyên dụng, vi điều khiển, vi xử lý, IC nhớ . Trong báo cáo, nhóm tác giả đề xuất mô hình ESD có đồ thị xả tĩnh điện theo tiêu chuẩn EMC và mô hình mạch tương đương của cơ thể người, từ đó sử dụng phương pháp số để phân tích dòng điện đi qua cơ thể người, phân bố điện trường trên các thiết bị điện tử khi hiện tượng ESD xảy ra. Nhóm tác giả đã xây dựng các mô hình từ mức thiết bị đến hệ thống mô phỏng ESD phù hợp với tiêu chuẩn tương thích điện từ. Từ đó mô phỏng giá trị dòng điện và điện áp do hiện tượng ESD gây ra trên thiết bị. Việc xây dựng thành công mô hình mô phỏng hệ thống ESD có ý nghĩa trong việc giảm thiệt hại do ESD gây ra với người và thiết bị điện tử. Đồng thời giúp nhà thiết kế tái hiện lại ứng xử của ESD với các thiết kế điện tử, từ đó tối ưu hoá thiết kế và giảm nhiễu, đảm bảo tính tương thích điện từ trước khi kiểm định và sản xuất thương mại.

Từ khóa: Xả tĩnh điện; ESD; EMI/EMC; nhiễu điện từ; IC

1. Đặt vấn đề

Tổng quan về vấn đề cần nghiên cứu, những tồn tại chưa được giải quyết, tóm tắt những công việc chủ yếu đã thực hiện trong nghiên cứu, các kết quả chính đạt được.

Hiện tượng ESD được nghiên cứu trên thế giới tập trung vào bài toán các phương pháp bảo vệ bo mạch điện tử, chống hiện tượng ESD; mô hình hoá, mô phỏng hệ thống điện tử có sự xuất hiện của máy phát ESD. Năm 2011, tác giả Ki Hyuk Kim và Yongsup Kim (Samsung) đã công bố quy trình phân tích lỗi trên điện thoại di động do hiện tượng ESD bao gồm bước mô phỏng trên phần mềm kết hợp với mô hình hoá đặc tính điện từ của điện thoại di động. Tác giả Dazhao Liu và nnk, 2011 đã lần đầu trích xuất mô hình tương đương ESD và xác định Z_{11} tương đương của máy phát ESD từ mô hình đo lường thực nghiệm và SPICE. Nghiên cứu của Darwin Zhang Li và nnk, 2019 đề xuất mô hình mô phỏng và phương pháp đo ESD với điện thoại di động. Hầu hết các nghiên cứu đều đã mô hình hoá máy phát ESD dưới dạng sơ đồ mạch tương đương nhưng có hạn chế là dạng sóng dòng điện khác với tiêu chuẩn IEC, cụ thể trong các nghiên cứu của K. Wang, 2003 và J.koo, 2007, dạng sóng dòng điện ESD lớn hơn 0.5A, thời gian duy trì trong khoảng đầu tiên cũng lớn hơn 1ns so với quy định tiêu chuẩn EMC. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả thay đổi thông số mạch tương đương của máy phát ESD để dạng sóng dòng điện, điện áp ESD phù hợp với tiêu chuẩn IEC-61000-4-2, EN-61000-4-2 trang 19, TCVN 7909-4-2:2015. Từ mô hình mạch đó, nhóm tác giả thực hiện mô phỏng với mô hình mạch tương đương của tay, cơ thể người, PCB bo mạch điện tử để kiểm tra tác động tương ứng.

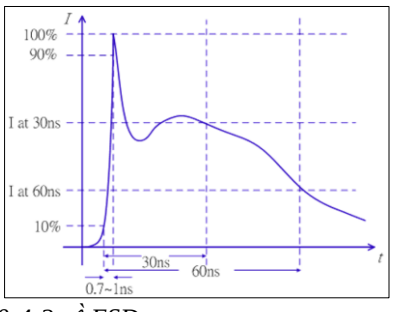
2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Tiêu chuẩn EMC về ESD và mô hình máy phát ESD

Theo tiêu chuẩn tương thích điện từ, ESD được chia làm 4 mức theo điện áp, dòng điện theo thời gian. Trong quy định này, đầu ra của máy phát ESD (súng phóng tĩnh điện) có năng lượng được chia thành hai dải, thời gian tăng của dải đầu tiên rất ngắn chỉ từ 0.7 ÷ 1ns nhưng mức đỉnh rất cao 3.75A/kV. Điều này phản ánh hiện tượng điện tích giải phóng tức từ ngón tay khi người chạm phải bo mạch hoặc linh kiện điện tử. Dải thứ hai (10 ÷ 60ns) phản ánh hiện tượng điện tích tích luỹ của cơ thể.

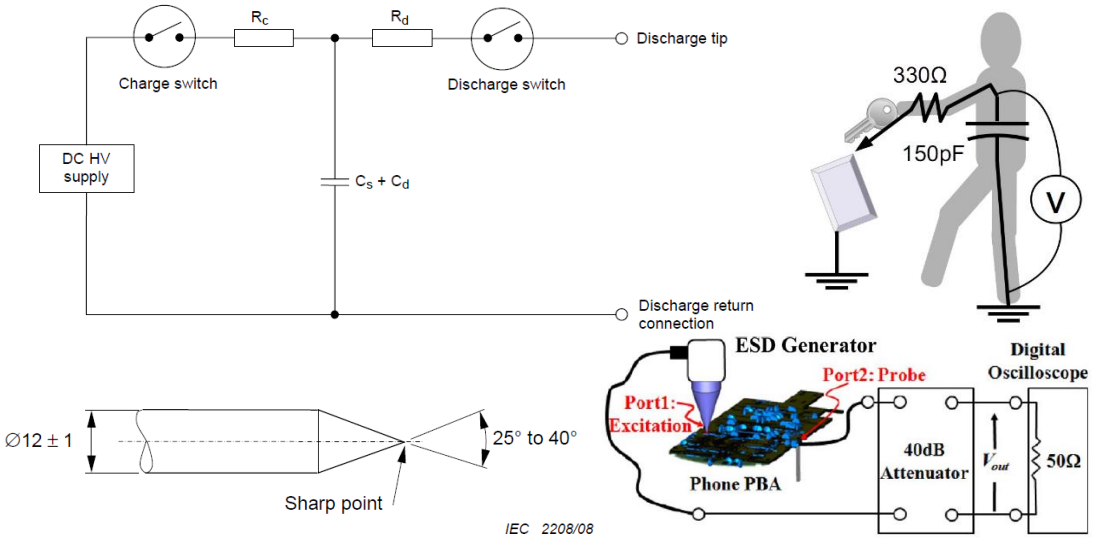
* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyentiensy@humg.edu.vn

Mức	Điện áp (kV)	Dòng điện đỉnh (A)	Thời gian tăng (ns)	Dòng điện tại 30ns (A)	Dòng điện tại 60ns (A)
1	2	7.5	0.7 ÷ 1	4	2
2	4	15	0.7 ÷ 1	8	4
3	6	22.5	0.7 ÷ 1	12	6
4	8	30	0.7 ÷ 1	16	8



Hình 1. Tiêu chuẩn EMC IEC-61000-4-2 về ESD

Mô hình máy phát ESD theo tiêu chuẩn EN-61000-4-2 trang 13



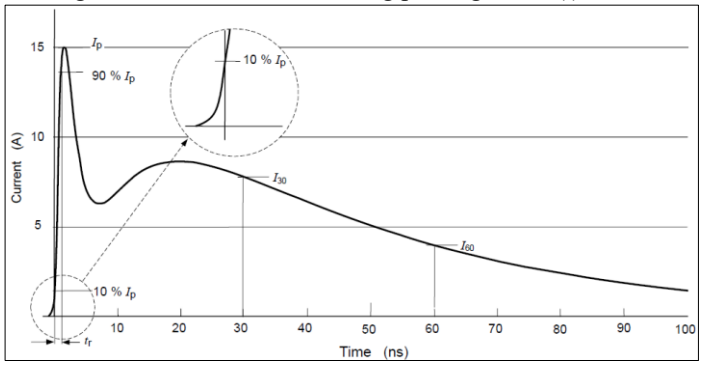
Hình 2. Mô hình máy phát ESD đơn giản và điện cực đo xả tĩnh điện tiếp xúc và sơ đồ mạch đo ESD

Trong đó: C_d là điện dung phân bố tồn tại giữa máy phát tín hiệu thử và các thiết bị xung quanh
C_d + C_s có giá trị điển hình là 150pF
R_d có giá trị điển hình là 330Ω
R_c có giá trị từ 50 ÷ 100MΩ

Mô hình máy phát ESD là mô hình mạch R-L-C với 2 chuyển mạch sạc-xả tuần tự cũng sinh ra tham số RLC ký sinh bổ sung vào mạch. Vì vậy cần thiết phải có mô hình mạch đầy đủ tham số hơn phục vụ mô phỏng chính xác hiện tượng xả tĩnh điện và ảnh hưởng tới con người và thiết bị điện tử.

2.2. Phương trình toán về dòng điện xả tĩnh điện

Dòng xả tính điện có dạng như hình 3 được mô tả bằng phương trình I(t)



Hình 3. Dòng điện xả tĩnh điện tiếp xúc lý tưởng tại 4kV

$$I(t) = \frac{I_1}{k_1} \times \frac{\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^n}{1+\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^n} \times \exp\left(\frac{-t}{\tau_2}\right) + \frac{I_2}{k_2} \times \frac{\left(\frac{t}{\tau_3}\right)^n}{1+\left(\frac{t}{\tau_3}\right)^n} \times \exp\left(\frac{-t}{\tau_4}\right) \quad (1)$$

trong đó:

τ_1 = 1.1 ns; τ_2 = 2 ns; τ_3 = 12 ns; τ_4 = 37 ns;

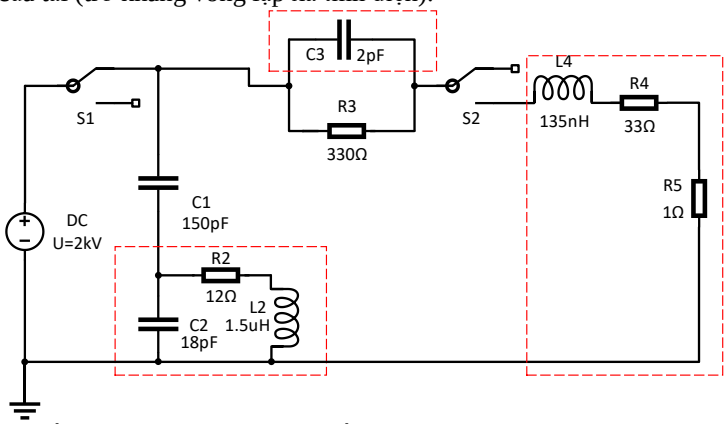
I_1 = 16.6 A (tại 4kV); I_2 = 9.3 A (tại 4kV);

n = 1.8

$$k_1 = \exp\left(-\frac{\tau_1}{\tau_2}\left(\frac{n\tau_2}{\tau_1}\right)^{1/n}\right); k_2 = \exp\left(-\frac{\tau_3}{\tau_4}\left(\frac{n\tau_4}{\tau_3}\right)^{1/n}\right)$$

2.3. Thiết kế mạch mô phỏng hệ thống ESD

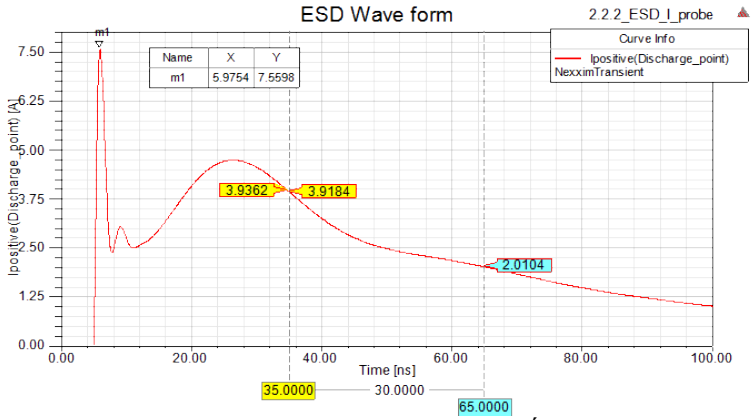
Dựa trên mô hình mạch máy phát ESD hình 2 và Qiu Guanming, 2003, nhóm tác giả đề xuất bổ sung mô hình cơ thể người với điện dung cơ thể người từ 135 ÷ 150 pF, các điện dung ký sinh tạo thành mạch RLC kín. Điện trở 1Ω đại diện cho trở kháng của máy phát ESD là loại nguồn dòng không lý tưởng, phụ thuộc vào trở kháng của tải (trở kháng vòng lặp xả tĩnh điện).



Hình 4. Sơ đồ mạch tương đương bao gồm máy phát ESD và cánh tay, cơ thể người

3. Phân tích và đánh giá kết quả mô phỏng

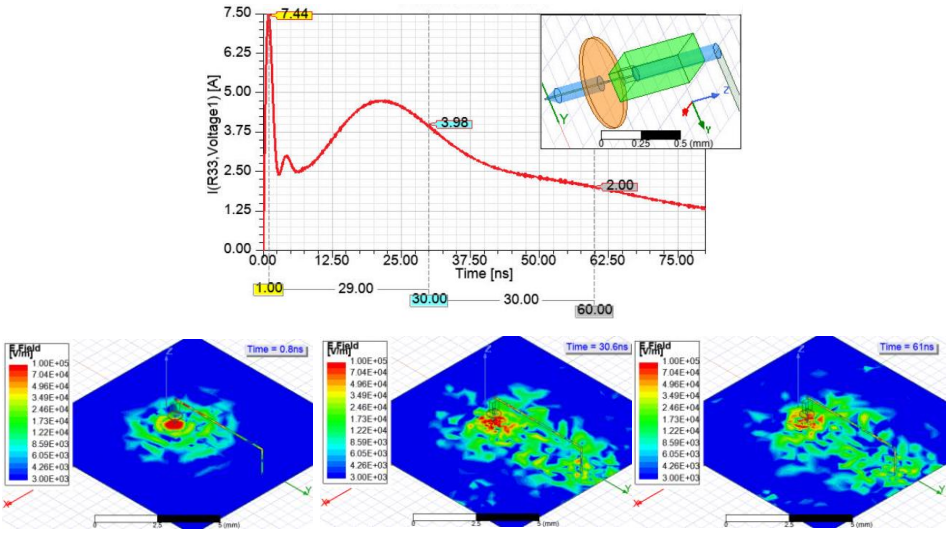
Mô phỏng sơ đồ mạch hình 4 thu được dạng sóng ESD phù hợp với đồ thị dạng sóng ESD quy định về độ lớn và thời gian cho từng dải nạp-xả tĩnh điện. Cụ thể, ứng với điện áp 2kV, dòng điện đỉnh trong dải đầu tiên là 7.5A duy trì trong 1ns, dòng điện tại 35ns là ~4A, dòng điện tại 65ns là ~2A. Dạng sóng nhấp nhô từ dải đầu đến dải thứ hai thể hiện ảnh hưởng của các thông số ký sinh của cơ thể người hoặc thiết bị điện tử.



Hình 5. Dạng sóng dòng điện xả tĩnh điện tiếp xúc mô phỏng

Mô hình đầy đủ của máy phát ESD được thiết kế theo quy chuẩn IEC 61000-4-2:2008 cách DUT

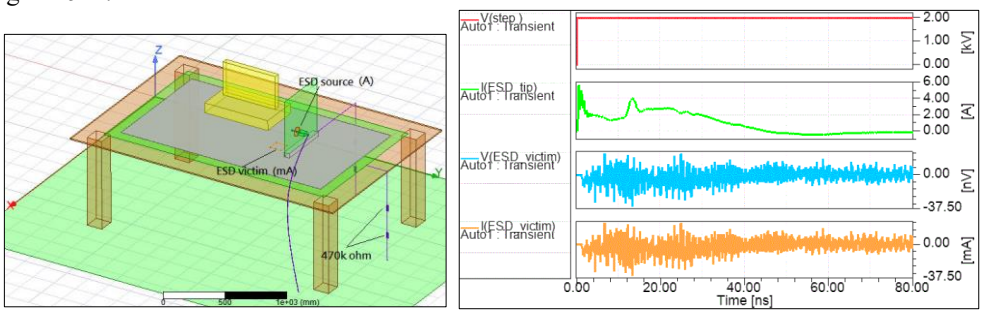
(Device Under Test) 1mm. Phân bố điện trường E trên DUT theo thời gian được mô tả tại hình 6. Có thể thấy cường độ điện trường ứng với thời gian 1ns đầu, dòng điện lớn nhất 7.44A, cường độ điện trường là lớn nhất. Cường độ giảm dần tại các thời điểm 30ns và 60ns cho thấy kết quả mô phỏng đáng tin cậy.



(a) *(b)* *(c)*

Hình 6. Phân bố điện trường từ máy phát ESD theo thời gian
(a) 1 ns
(b) 30 ns
(c) 60 ns

Từ mô hình ESD trên, nhóm tác giả sử dụng mô hình phòng đo đầy đủ của *ANSYS.com* để đánh giá tác động lên đối tượng (victim - DUT) bao gồm các dòng điện, điện áp theo thời gian. Phòng đo bao gồm máy phát ESD (ESD_source) được cấp dòng điện kích thích như hình 6, điện áp 2kV. Đối tượng chịu tác động từ hiện tượng xả tĩnh điện là bo mạch PCB đặt trên bàn (ESD_victim). DUT hoàn toàn không tiếp xúc nhưng bị ảnh hưởng bởi hiện tượng xả tĩnh điện từ máy phát ESD gây ra dòng điện và điện áp không mong muốn trên DUT. Mặc dù giá trị dòng điện và điện áp mô phỏng là rất nhỏ cỡ mA và nV nhưng dạng sóng này biến thiên liên tục theo thời gian với tần số lớn nên có thể làm bo mạch PCB hoạt động không đúng chức năng thiết kế.



Hình 7. Mô hình hệ thống kiểm thử ESD

Có thể nhận thấy với điện áp ESD 2kV, dạng sóng dòng điện tại đầu phát ESD (ESD_tip) rất gần với đồ thị hình 6, giá trị dòng điện 6A trong dải đầu tiên. Dòng điện từ ESD_tip gây ra điện áp và dòng điện không mong muốn trên DUT. Bằng việc so sánh các giá trị này với datasheet của DUT có thể đánh giá khả năng DUT bị hỏng hoặc hoạt động không đúng chức năng.

4. Kết luận

Phân tích ESD là một vấn đề phức tạp trong nghiên cứu về tính tương thích điện từ. Ngoài việc xác định đặc tính điện của đối tượng kiểm tra (DUT) còn cần xây dựng mô hình mô phỏng bao gồm máy phát ESD, phòng đo, cài đặt các thiết lập và yêu cầu dạng sóng dòng điện theo thời gian giống với tiêu chuẩn IEC về ESD. Trong báo cáo, nhóm tác giả đã đề xuất và xây dựng mô hình mô phỏng hệ thống kiểm tra ESD bao

gồm mô hình 3D của máy phát ESD với khoảng cách từ đầu phát (tip) đến đối tượng DUT 1mm. Nhóm cũng xây dựng được mô hình mạch với các tham số ký sinh phù hợp với điều kiện quy chuẩn và dạng sóng dòng điện nạp xả tĩnh điện gần với đồ thị dòng điện lý tưởng trong quy chuẩn. Mô hình mô phỏng giúp các kỹ sư, nhà thiết kế kiểm thử DUT bằng phần mềm trước khi đo kiểm thực tế, giúp giảm chi phí và thời gian thiết kế lại nếu thiết kế không đạt EMC. Từ việc tái hiện được dạng sóng dòng điện, điện áp trên DUT do hiện tượng ESD gây ra, các nhà thiết kế có thể đề xuất các phương pháp chống lại hiện tượng ESD hoặc giảm tác động của ESD gây ra.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin gửi lời trân trọng cảm ơn tới công ty Advantech., JSC (advantech.vn) đã cung cấp license phần mềm ANSYS giúp nhóm thực hiện công việc mô phỏng hệ thống; cảm ơn Bộ môn Kỹ thuật điện - Điện tử, khoa Cơ - điện, Trường Đại học Mỏ - Địa chất đã cung cấp cơ sở vật chất, giúp nhóm thực hiện toàn bộ quá trình nghiên cứu có kết quả đạt yêu cầu đặt ra.

Tài liệu tham khảo

Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 7909-4-2:2015 (IEC 61000-4-2:2008) về Tương thích điện từ (EMC) - Phần 4-2: Phương pháp đo và thử - Thử miễn nhiễm đối với hiện tượng phóng tĩnh điện (năm 2015)

Dazhao Liu, Argha Nandy, 2011. *Full-Wave Simulation of an Electrostatic Discharge Generator Discharging in Air-Discharge Mode Into a Product*, IEEE Trans. Electromagn. Compat.

Darwin Zhang Li, Shubhankar Marathe, 2019. *Full-Wave Simulation of System-Level Disruption During Secondary ESD Events in a Smartphone*, IEEE Trans. Electromagn. Compat.

J.koo, Q.cai, 2007. *Frequency-domain measurement method for the analysis of ESD generators and coupling*, IEEE Trans. on Electromagn. Compat.,

Janusz Baran and Jan Sroka, 2010. *Distortion of ESD Generator Pulse Due to Limited Bandwidth of Verification Path* , IEEE Trans. Electromagn. Compat.

K. Wang, D. Pommerenke, 2003. *Numerical Modeling of Electrostatic Discharge Generators*, IEEE Trans, Electromagn. Compat.

K. H. Kim, Y. Kim, 2011, *Systematic Analysis Methodology for Mobile Phone's Electrostatic Discharge Soft Failures*, IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility.

K. Wang, D. Pommerenke, 2003. N*umerical Modeling of Electrostatic Discharge Generators*, IEEE Trans, Electromagn. Compat.

Qiu Guanming, 2004. *Simulation and Measurement of ESD Test for Electronic Devices*, Sun Yat-sen University Master's Thesis.

ABSTRACT

Research on modeling and simulation of the effects of electrostatic discharge (ESD) on human body and electronic devices

Nguyen Tien Sy[1*], Kim Thi Cam Anh[1], Tong Ngoc Anh[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

Research on electrostatic discharge (ESD) is an important issue in the analysis of electromagnetic compatibility (EMI/EMC) standards for electronic systems. ESD can cause instantaneous voltages of the kV scale in a very short time, causing immediate damage to electronic components sensitive to electromagnetic interference on the circuit board such as specialized ICs, microcontrollers, microprocessors, and memory ICs. In the report, the authors propose an ESD model with an electrostatic discharge graph according to EMC standards and an equivalent circuit model of the human body, thereby using numerical methods to analyze the current passing through the human body and the electric field distribution on electronic devices when ESD occurs. The authors have built models from the device level to the ESD simulation system in accordance with electromagnetic compatibility standards. From there, they simulate the current and voltage values caused by ESD phenomena on the device. This is significant in reducing the damage caused by ESD to people and electronic devices. At the same time, it helps designers to reproduce the ESD behavior of electronic designs, thereby optimizing the design and reducing noise, ensuring electromagnetic compatibility before testing and commercial production.

Keywords: Electrostatic discharge; ESD; EMI/EMC; electromagnetic interference; IC

TIỂU BAN
DẦU KHÍ TÍCH HỢP

MỤC LỤC

Đặc trưng và cơ chế lấp đầy của trầm tích bể hồ
Lê Ngọc Ánh, Nguyễn Duy Mười, Bùi Thị Ngân, Trần Thị Oanh, Nguyễn Thị Thu Hằng, Lê Quốc Hiệp 117

Eco-Friendly production of copper nanoparticles using perilla extract and chitosan: A study on antimicrobial efficacy
Tong Thi Thanh Huong, Nguyen Thi Thanh Bao, Trinh Dac Hoanh, Do Tan Thinh, Tran Ngoc Tuan, Nguyen Thi Minh Hong, Nguyen Thi Thu Hang, Nguyen Thu Thuy, Nguyen Mai Ha 122

Nghiên cứu chế tạo hệ polyme ưa-kỵ nước, ứng dụng trong tăng cường thu hồi dầu tầng Miocene hạ của Việt Nam
Nguyễn Văn Cành, Công Ngọc Thắng, Nguyễn Trần Hùng 129

Giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả xử lý sản phẩm khai thác trên tàu FPSO LAM SƠN trong giai đoạn suy giảm sản lượng hiện nay
Hoàng Anh Dũng 135

Đánh giá các mô hình trọng lực biển toàn cầu bằng số liệu trọng lực đo thành tàu tại vùng biển Đông Nam
Trần Tuấn Dương, Nguyễn Quang Minh, Trần Trọng Lập 141

Tổng quan phân bố bẫy chứa phi cấu tạo bể trầm tích Sông Hồng
Nguyễn Minh Hòa, Bùi Việt Dũng, Hà Quang Mẫn, Đoàn Huy Hiên, Trương Khắc Hòa 150

Đặc điểm địa tầng trầm tích lô 148-149 bể Phú Khánh
Nguyễn Thị Minh Hồng, Nguyễn Xuân Trung.....158

Phân vùng địa chất theo phương pháp học máy không giám sát (k-means) khu vực trung tâm Việt Nam theo tài liệu trọng lực
Phan Thị Hồng, Đỗ Minh Phương.....167

Ứng dụng phương pháp GPR phục vụ nông nghiệp công nghệ cao tại Việt Nam
Phan Thiên Hương, Nguyễn Thế Phong, Nguyễn Danh Lam, Tạ Quang Minh, Nguyễn Thanh Tùng 174

Ứng dụng mạng trí tuệ nhân tạo phân tích tướng địa chấn để dự báo phân bố vỉa chứa cát kết Miocen sớm khu vực Đông Bắc mỏ Bạch Hổ
Nguyễn Duy Mười, Nguyễn Minh Hòa, Bùi Thị Ngân, Nguyễn Thị Thu Hằng 180

Mesoporous ZnO/MSU-S from natural resources: A Promising Solution for Organic Pollutant Removal
Ngo Ha Son, Kim Van Doanh 186

Dự đoán áp suất dòng chảy đáy giếng bằng các mô hình học máy
Trần Nguyễn Thiện Tâm, Hoàng Trọng Quang, Trần Nguyễn Gia Kính.....194

Định hướng triển khai thu giữ và lưu trữ CO_2 tại Việt Nam
Doãn Thị Trâm, Nguyễn Văn Thành, Nguyễn Khắc Long, Trần Văn Quảng.....202

Nghiên cứu điều chế hệ dung dịch khoan hợp lý để thi công qua địa tầng sét trương nở phức tạp bằng công nghệ khoan ống mẫu luồn ở bể than Quảng Ninh
Nguyễn Trần Tuân.....209

Nghiên cứu quá trình tác dụng tương hỗ giữa mũi khoan kim cương và đá trong khoan thăm dò khoáng sản rắn
Nguyễn Trần Tuân 216

Áp dụng thuật toán hồi quy Random Forest để xây dựng mô hình dự báo hệ số Poisson tầng Oligocene mỏ Bạch Hổ
Trương Văn Từ, Nguyễn Thế Vinh, Nguyễn Tiến Hùng, Nguyễn Khắc Long, Nguyễn Trọng Tài, Đào Hiệp 222

Lựa chọn dung dịch và vật liệu chèn cho nứt vỉa thủy lực giếng X mỏ Bạch Hổ
Trương Văn Từ, Nguyễn Khắc Long 230

Đặc trưng và cơ chế lấp đầy của trầm tích bể hồ

Lê Ngọc Ánh[1,*], Nguyễn Duy Mười[1], Bùi Thị Ngân[1], Trần Thị Oanh[2],
Nguyễn Thị Thu Hằng[1], Lê Quốc Hiệp[1]
[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Trường Đại học Dầu khí Việt Nam*

TÓM TẮT

Hồ cũng được xem là một dạng bể trầm tích, trầm tích hồ cũng được so sánh với các trầm tích biển và nó liên quan chặt chẽ đến sự dao động mức nước hồ. Có khoảng 20% hydrocarbon được phát hiện trong trầm tích hồ và các trầm tích hồ giàu vật chất hữu cơ cũng đóng một vai trò là nguồn đá sinh quan trọng để tạo ra các tích tụ dầu khí. Mỗi loại hồ trầm tích có tiềm năng về hydrocarbon khác nhau. Có 3 dạng trầm tích hồ phổ biến là (1) trầm tích hồ tràn thiên về tiềm năng sinh cả dầu và khí, (ii) trầm tích hồ dạng cân bằng được xếp vào dạng bể có tiềm năng về đá sinh lớn, TOC và HI có thể rất cao và chủ yếu sinh dầu, (iii) trầm tích dạng hồ thấp chủ yếu gồm vật chất hữu cơ nguồn gốc lục địa lắng đọng trong môi trường nước sạch thiếu oxy và có tiềm năng sinh dầu và ít khí. Nghiên cứu tiến hành đánh giá đặc trưng và cơ chế lấp đầy trầm tích tại bể trầm tích Cửu long giai đoạn Oligocen cho thấy bể hồ trải qua các giai đoạn phát triển từ bể hồ cạn, cân bằng đến bể hồ tràn. Giai đoạn bể hồ tràn ứng với các tập địa chấn C-D. Vào giai đoạn này các trũng được thành tạo trước đó kết nối với nhau tạo một bể hồ lớn, thống nhất và chuyển dần sang môi trường biển trong Miocen. Bể hồ giai đoạn Oligocen đóng vai trò quan trọng liên quan đến tiềm năng sinh cũng như chứa dầu khí của bể trầm tích Cửu Long

Từ khóa: Bể hồ; Bể Cửu Long; Trầm tích

1. Đặt vấn đề

Trầm tích có nguồn gốc hồ đóng vai trò quan trọng trong các phát hiện dầu khí trên thế giới, khoảng hơn 20% các mỏ dầu trên thế giới và đóng vai trò chính là đá sinh đầm hồ giàu vật chất hữu cơ (Calhoun, 1999). Trong quá trình phát triển các bể trầm tích, có những bể có các giai đoạn đóng kín dưới dạng hồ không liên quan đến biển, đó là các loại bể hồ (Lake basin) (Mai Thanh Tân, 2022). Do đó các bể hồ này thường có kích thước lớn gần tương đương với các bể trầm tích. Đá sinh và đá chứa nguồn gốc đầm hồ đóng vai trò quan trọng trong các tìm kiếm dầu khí hiện tại và cả tương lai tại rất nhiều khu vực như: Châu Phi, Nam Mỹ, Đông Nam Á, Trung Quốc (Hedberg, 1968; Katz, 1995). Tại Việt Nam, các bể trầm tích chủ yếu bắt đầu hình thành ở dạng các hồ lớn (bể hồ) sau đó môi trường trầm tích thay đổi, chuyển tiếp từ môi trường lục địa sang môi trường biển (Nguyễn Hiệp, 2016).

Nghiên cứu về tiềm năng dầu khí liên quan đến các trầm tích hồ đã được đặc biệt nghiên cứu từ những năm 1990. Các nghiên cứu hồ cổ cũng như hồ hiện đại đã chỉ ra rằng các hồ này cũng giống như những đại dương nhỏ (Sladen, 1994). Tuy vậy, hồ sẽ khác đại dương ở một vài điểm khác biệt. Những khác biệt này ảnh hưởng rõ nét lên sự xuất hiện, phân bố và đặc trưng của các yếu tố trong hệ thống dầu khí như sinh, chứa và chắn của các bẫy dầu khí. Việc chỉ rõ ra được sự khác biệt này sẽ giúp thành công trong tìm kiếm và thăm dò dầu khí tại các bể trầm tích hồ.

Việc nghiên cứu trầm tích hồ có những bước tiến rõ rệt cùng với sự xuất hiện của địa chấn 3D giúp cho các nhà khoa học có thể tiếp cận với nghiên cứu lịch sử phát triển trầm tích ở quy mô lớn hơn, trên toàn bể. Thêm vào đó nghiên cứu trầm tích ở quy mô bể giúp tích hợp địa tầng, trầm tích, môi trường trầm tích và địa hóa hữu cơ. Từ đó các nhà khoa học dầu khí có thể tiến hành đánh giá được triển vọng dầu khí tại trầm tích hồ được toàn diện và chính xác hơn.

Nghiên cứu này sẽ tập trung phân tích tổng hợp và đưa ra những quy luật về phân bố và đặc trưng lấp đầy trầm tích hồ. Từ đó có những đánh giá liên quan đến bể hồ Cửu Long trong giai đoạn Oligocen và mối liên quan của chúng đến tiềm năng dầu khí của bể.

* *Tác giả liên hệ*
Email: lengocanh@humg.edu.vn

2. Các dạng bể hồ

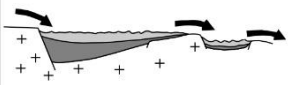
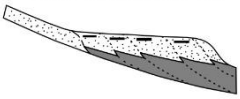
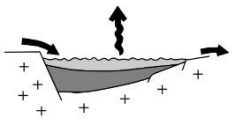
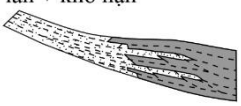
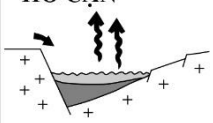
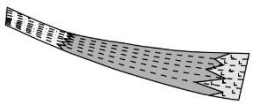
Các bể hồ được phân ra là bể hồ tràn (Overfilled lake basin), bể hồ cân bằng (Balanced-fill lake basin) và bể hồ cạn (Underfilled lake basin) (Hình 1). Việc phân chia này dựa vào tỷ số giữa (1) không gian tích tụ tiềm năng và (2) lượng trầm tích + nước (liên quan chủ yếu đến khí hậu) (Hình 2). Không gian tích tụ tiềm năng được xác định là khoảng trống lớn nhất để trầm tích có thể tích tụ trong các bể hồ, nói cách khác thì đó là khoảng không tính từ điểm thấp nhất của bể đến điểm tràn (Bohacs et al., 2000).

Bể bồ tràn: Xảy ra khi tỷ số giữa (trầm tích + nước) vượt quá không gian tích tụ tiềm năng (thông thường tỷ số lượng mưa/lượng nước bốc hơi (P/E) cao hoặc tốc độ lún chìm kiến tạo thấp). Kết quả là hệ sinh thái hồ mở mãi mãi hoặc trong một khoảng thời gian tương ứng với một tập địa tầng. Biến động mực nước hồ là không đáng kể vì dòng nước chảy vào cân bằng với dòng nước chảy ra. Bể hồ này liên quan rất chặt chẽ với hệ thống sông lâu năm. Các trầm tích của chúng thường xen kẽ với trầm tích sông và than. Các parasequence chủ yếu phát triển chồng lấn cùng với đường bờ tiến về phía biển và phân nhánh của dòng chảy trong tam giác châu.

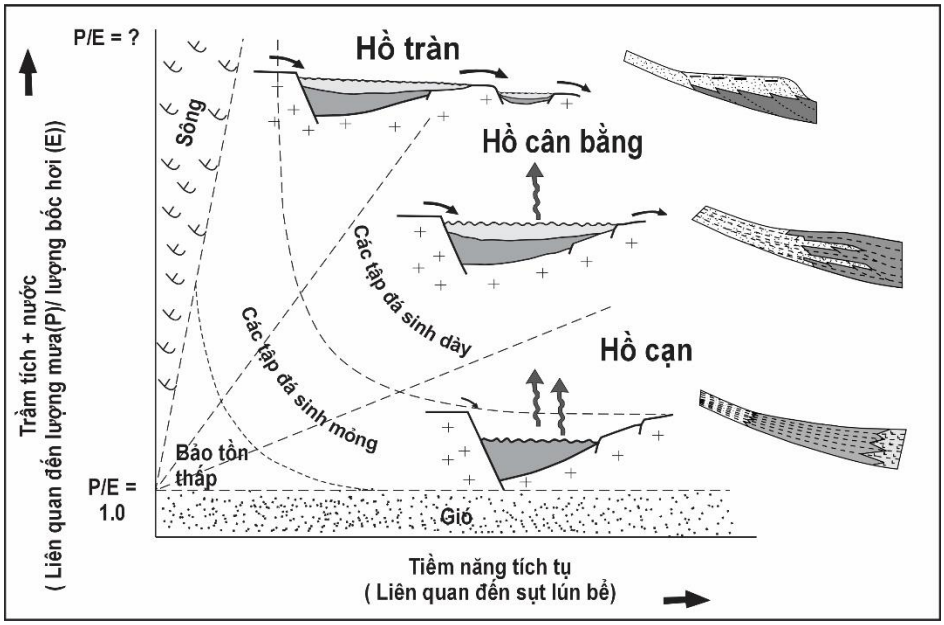
Bể hồ cân bằng: Xảy ra khi tỷ số giữa (trầm tích + nước) gần như cân bằng với không gian tích tụ tiềm năng trong một khoảng thời gian phát triển địa tầng. Mực nước hồ dao động do khí hậu là phổ biến. Hệ sinh thái hồ đóng trong quá trình trầm tích hồ thấp và mở trong quá trình trầm tích hồ cao. Các tập trầm tích giai đoạn này kết hợp giữa progradation và aggradation. Trầm tích rất giàu vật chất hữu cơ, có tiềm năng sinh rất tốt.

Bể hồ cạn: Xảy ra khi tỷ số giữa không gian tích tụ vượt quá lượng (trầm tích + nước) dẫn đến hệ sinh thái hồ luôn đóng và chủ yếu là các trầm tích phù du hoặc các trầm tích muối và bãi bồi xen kẽ. Mỗi hồ là vòng địa chất ngắn vì vậy các parasequence và các sequence thường mỏng (với tỷ lệ dm). Trầm tích hồ thường có các thành phần thạch học tương phản và thường liên quan đến đá muối.

Do sự thay đổi về khí hậu và lún chìm kiến tạo, các bể hồ này thường phát triển từ dạng hồ này sang dạng khác theo thời gian cùng với quy luật có thể dự đoán được (Lambiase, 1990).

Loại hồ & tổ hợp tướng hồ	Địa tầng	Tiềm năng đá sinh	Đặc điểm HC
HỒ TRÀN  *Tổ hợp tướng sông - hồ*	Trầm tích lùi cực đại  - Phân tập liên quan đến trầm tích lấn biển ngang - Nguồn cấp từ sông đạt cực đại	- TOC thấp tới trung bình - Hỗn hợp Kerogen loại I-II - Các tướng hữu cơ tương phản rõ rệt - Các tướng hữu cơ biến đổi rõ rệt theo phương ngang	- Sinh cả dầu và khí - Dầu nhiều sáp paraphin, ít sunphua - Các chỉ thị sinh học nguồn gốc lục nguyên chiếm ưu thế
HỒ CÂN BẰNG  *Tổ hợp tướng dao động đáy hồ*	Hỗn hợp: Trầm tích chồng lấn + khô hạn  - Các chu kỳ trầm tích sông biển phổ biến - Nguồn cấp từ sông không ổn định	- TOC trung bình tới cao - Chủ yếu là Kerogen loại I, hỗn hợp loại I - III ở gần mặt ngập lụt - Các tướng hữu cơ tương đối đồng nhất và ổn định theo phương ngang	- Chủ yếu là sinh dầu - Dầu paraphin không có sáp, ít sunphua - Chỉ thị sinh học rong tảo chiếm ưu thế
HỒ CẠN  *Tổ hợp tướng trầm tích muối*	 - Tần suất cao các chu kỳ khô - ẩm - Nguồn cấp từ sông đạt cực tiểu	- Giá trị TOC thấp / vài khoảng TOC cao - Kerogen loại I - Các tướng hữu cơ cực tiểu và ổn định theo phương ngang	- Chủ yếu là sinh dầu - Dầu paraphin, hàm lượng sunphua từ vừa đến cao - Chỉ thị sinh học có nguồn gốc nước mặn

Hình 1. Các dạng bể hồ, đặc điểm địa tầng, đá sinh và hydrocarbon (Bohacs et al., 2000)



Hình 2. Biểu đồ các dạng bể hồ cho thấy sự tồn tại và đặc điểm của các trầm tích không có nguồn gốc biển nói chung và trầm tích hồ nói riêng là hàm của 2 yếu tố (trầm tích + nước) và không gian tích tụ tiềm năng (Bohacs et al., 2000)

3. Sự khác biệt giữa trầm tích bể hồ và trầm tích biển

Một vài sự khác biệt giữa trầm tích hồ và trầm tích biển được liệt kê như sau :

(i) Các hồ thường có thể tích nước và trầm tích ít hơn vì vậy mà hệ thống trầm tích hồ thay đổi nhanh với sự thay đổi về không gian trầm tích và khí hậu. Mực nước hồ thay đổi nhanh và trên diện rộng hơn so với mực nước biển là 300 m/15000 năm. Chu kỳ của trầm tích hồ thay đổi trong thời gian ngắn (từ vài tuần đến vài tháng) cùng với sự thay đổi đường bờ trên diện rộng. Ghi nhận đường bờ tại hồ Chad gần đây thu lại đến 18 km trong vòng 9 tháng do mực nước hồ giảm 3m. Diện tích hồ dao động 92% từ năm 1966 đến 1985. Nghiên cứu sự dao động đường bờ cổ cho thấy trầm tích đường bờ thường khá mỏng và kém phát triển. Chất hóa học có trong nước hồ và sinh thái hồ được ghi nhận có thể thay đổi rất nhiều trong các khoảng địa tầng ngắn, điều này tác động lớn đến đặc điểm của đá sinh và đá chắn (Bohacs et al., 2000).

(ii) Mực nước hồ và lượng trầm tích đổ vào liên quan trực tiếp đến các hệ thống hồ (Lake systems). Mối quan hệ này bị chi phối chặt chẽ bởi loại hồ. Thể hiện rõ nhất khi hồ là một hệ sinh thái đóng và không có biểu hiện rõ ràng nếu hồ là một hệ sinh thái mở. Điều này hoàn toàn tương phản với hệ thống biển (Marine system), khi mà mực nước biển và trầm tích có mối liên hệ yếu và trong hầu hết các mô hình trầm tích đều giả sử không có mối liên hệ nào.

(iii) Tại các hồ, đường bờ có thể dịch chuyển ra phía trung tâm hồ bằng cơ chế bồi tích (Progradation) hoặc chỉ đơn giản là do mực nước hồ giảm. Các tập bồi tích thì khá dễ nhận diện trên các đá trầm tích trong khi đó, mực nước hồ giảm thì để lại rất ít dấu hiệu nhận biết ngoài các đặc điểm khô hạn trên các tầng đã lắng đọng trước đó.

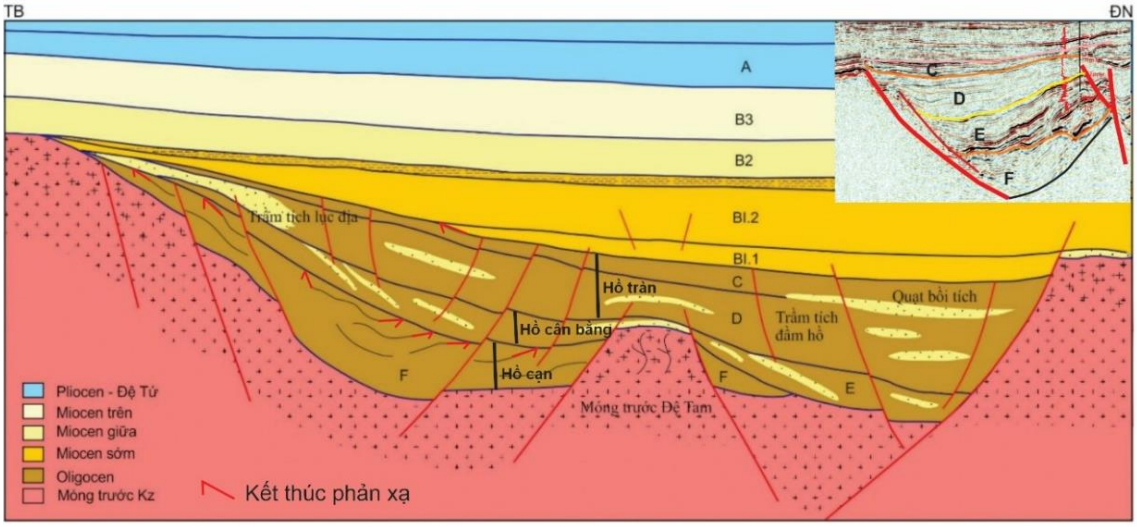
(iv) Đặc điểm tự nhiên và sự tồn tại hồ sẽ bị khống chế bởi không gian tích tụ tiềm năng và nguồn cung cấp trầm tích + nước. Do đó, khí hậu (bùn + nước) và kiến tạo/địa hình (không gian tích tụ tiềm năng) sẽ tà các tác nhân có vài trò như nhau trong kiểm soát đặc điểm tự nhiên và sự phân bố của các hệ thống trầm tích hồ gắn với các trầm tích liên quan đến đá sinh, chứa, chắn của chúng.

4. Bể hồ Cửu Long

4.1. Sự hình thành bể hồ Cửu Long

Bể Cửu Long có diện tích khoảng 36.000 km^2, là bể dạng tách giãn nội lục điển hình. Bể đã trải qua hai pha căng giãn. (1) Pha căng đầu tiên là vào Eocen (?) - Oligocen sớm, đây cũng là pha tạo bể, tạo ra các trũng nhỏ hẹp và cục bộ có hướng TB - ĐN và Đông - Tây. Các trũng này được lấp đầy bởi các trầm tích sông (aluvi) (tập F, E1 trên Hình 3) với các trầm tích có thành phần thạch học rất khác nhau. (2) Pha căng giãn thứ hai vào cuối Oligocen muộn - Miocen sớm (?) có hướng chủ yếu ĐB - TN. Đây là thời kỳ căng

giãn mở rộng tạo một bể trầm tích có ranh giới khép kín, ít chịu ảnh hưởng của biển (bể hồ). Nhìn chung, trầm tích có nhiều sét ở trung tâm các trũng và thô dần về phía các đới cao và ven biển. Từ Miocen giữa (?) đến nay là giai đoạn sụt lún nhiệt bình ổn, chịu ảnh hưởng nhiều của môi trường biển (Nguyễn Hiệp, 2016).



Hình 3. Mặt cắt tổng hợp bể Cửu Long với các pha phát triển của bể hồ
(sửa đổi từ VPI - EPC, 2016; Nguyễn Hiệp, 2016)

4.2. Đặc trưng trầm tích bể hồ Cửu Long

Trầm tích trong Oligocen là các trầm tích sông và đầm hồ (tập địa chấn F-E) nằm kề áp trên móng. Tiếp đến là các tập trầm tích đầm hồ trẻ hơn (thuộc tập địa chấn D) phủ chồng lên các khối móng cao (Nguyễn Hiệp, 2016). Chúng được chia thành Oligocene dưới và Oligocene giữa – trên.

Trầm tích Oligocen dưới - Eocen (tập địa chấn E-F) - giai đoạn bể hồ cạn và cân bằng.

Trầm tích có bề dày thay đổi từ 100 đến 500 m ở các vòm nâng, còn ở các trũng địa hào lên tới trên 1000 m. Trên tài liệu địa chấn, hệ tầng được thể hiện chung bằng tập địa chấn E-F (Hình 3) có đặc điểm phản xạ ít phân dị, độ liên tục kém, biên độ khá lớn, tần số thấp, không có quy luật phân lớp, thường phủ bất chỉnh hợp trực tiếp trên các đá móng. Trầm tích là các lớp sét kết giàu vật chất hữu cơ, sét kết chứa nhiều vụn thực vật và sét kết chứa than. Đây là giai đoạn hồ cạn ứng với tập F và giai đoạn hồ cân bằng ứng với tập E. Trầm tích tập E lấp đầy các trũng được tạo ra ở pha căng giãn đầu tiên.

Vật chất hữu cơ tầng Oligocen dưới - Eocen thuộc loại tốt và rất tốt với TOC từ 0,97% đến 2,5% Wt; các chỉ số S1 từ 0,4 đến 2,5 kg HC/tấn đá và S2 từ 3,6 đến 8,0 kg HC/tấn đá. Đá sinh tập này đã sinh dầu và giải phóng phần lớn HC vào đá chứa. Tầng sét Oligocen dưới - Eocen (E31 +E2) có chiều dày từ 0 m đến 600 m ở phần trung tâm bể (Nguyễn Hiệp, 2016).

Trầm tích Oligocene giữa - trên (tập địa chấn D-C) – giai đoạn bể hồ tràn.

Trầm tích có bề dày thay đổi từ 400 đến 800 m, tại các nơi trũng có thể đạt đến 1500 m. Trầm tích được chia ra phần dưới và trên với đặc trưng phản xạ địa chấn khác nhau. Phần dưới là những vùng phản xạ gần như trắng, biên độ thấp với tần số trung bình đến cao; phần phía trên là các phản xạ liên tục, tần số trung bình, biên độ khá, phân lớp tốt, vận tốc lớp đạt 3100 ÷ 3600 m/s, tỷ lệ cát/sét thấp, đường điện trở suất cao. Các đặc trưng trên phản ánh các trầm tích đầm hồ. Các tập sét dày trong Oligocen được đánh giá là tầng sinh chính của bể Cửu Long. Tầng Oligocen trên rất phong phú VCHC. Giai đoạn này ứng với hồ tràn (tập D, tập C).

Trong giai đoạn hồ tràn, các tập sét rất giàu VCHC (loại rất tốt), hàm lượng dao động từ 3,5 % đến 6,1 Wt, đôi nơi lên tới 11 ÷ 12 % Wt; các chỉ tiêu S1 đạt 4 ÷ 12 kg HC/tấn đá và S2 đạt 16,2 ÷ 21 kg HC/ tấn đá. Ở các trũng sâu (độ sâu <3.100 m) giá trị này có thể còn cao hơn, có thể lên tới 477 kg HC/tấn đá như các mẫu của giếng khoan CNV - 1X. Tầng sét của Oligocen trên (E33) có chiều dày từ 100 m ở ven rìa tới 1200 m ở trung tâm bể (Nguyễn Hiệp, 2016).

Các trầm tích của bể hồ trong giai đoạn Oligocen chủ yếu là phù sa, sông và hồ đóng nhiều vai trò sinh và chứa và chắn trong phạm vi địa phương. Vào cuối Miocen sớm, toàn bể gần như bị lún chìm sâu. Lúc này bể hồ đã kết thúc môi trường hồ chuyển sang chủ yếu là biển nông với thành tạo tầng "sét Rotalia" đóng vai trò là tầng chắn khu vực khá tốt cho toàn bể trầm tích Cửu Long.

5. Kết luận

Giai đoạn phát triển hồ ở bể Cửu Long chủ yếu xảy ra trong Oligocen. Bể hồ phát triển từ những bể độc lập với dạng hồ cạn và hồ cần bằng và hợp thành một bể hồ thống nhất ở giai đoạn cuối Oligocen với dạng hồ tràn cụ thể như sau:

- Bể trầm tích Cửu Long được hình thành bởi pha căng giãn trong Eocen - Oligocen sớm, tạo ra những trũng nhỏ hẹp phát triển cục bộ theo hướng TB - ĐN và Đông - Tây. Các trũng này được lấp đầy bởi các trầm tích sông (aluvi), hồ tương ứng với các tập địa chấn E, F. Giai đoạn này các hồ độc lập nhau tương ứng giai đoạn hồ cạn và hồ cân bằng.

- Pha căng giãn thứ hai vào cuối Oligocen muộn - Miocen sớm (?) hướng chủ yếu ĐB - TN, dẫn đến mở rộng tạo một bể trầm tích có ranh giới khép kín như một hồ lớn, ít chịu ảnh hưởng của biển. Nhận diện trầm tích trên tài liệu địa chấn cho thấy đây là giai đoạn hồ tràn, kế nối các trũng tạo ra trước đó được phủ bởi trầm tích tương ứng với các tập địa chấn D và C.

Giai đoạn Oligocen, bể hồ Cửu Long chủ yếu là các trầm tích hồ, với các tập sét dày phong phú VCHC, đóng vai trò là tầng sinh chính của bể.

Tài liệu tham khảo

Bohacs, K. M., A. R. Carroll, J. E. Neal, P. J. Mankiewicz, 2000. Lake-basin type, source potential, and hydrocarbon character: an integrated-sequence-stratigraphic - geochemical framework, *in* E. H. GierlowskiKordesch and K. R. Kelts, eds., Lake basins through space and time: *AAPG Studies in Geology* 46, p. 3–34.

Calhoun, D. R., ed., 1999. Britannica book of the year, *Encyclopedia Britannica*, 920p.

Hedberg, H. D., 1968. Significance of high-wax oils with respect to genesis of petroleum: *AAPG Bulletin*, v. 52, p. 736-750.

Katz, B.J., 1995. Lacustrine source rock systems-is the Green River Formation an appropriate analog: *Geologiya i Geofizika* v. 36, p. 26-41.

Lambiase, J. J., 1990. A model for tectonic control of lacustrine stratigraphic sequences in continental rift basins, in B.J. Katz, ed., Lacustrine Basin Exploration-Case Studies and Modern Analogues: *AAPG Memoir* 50, p. 265-276

Mai Thanh Tân, 2022. Minh giải địa chấn trong thăm dò và khai thác dầu khí. *Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 336.*

Nguyễn Hiệp, 2016. Địa chất và tài nguyên dầu khí Việt Nam. *Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 649*

Sladen, C.P., 1994. Key elements during the search for hydrocarbons in lake systems, in E. Gierlowski-Kordesch and K. Kelts, eds., Global Geological Record of Lake Basins, Vol. 1: *Cambridge, Cambridge University Press*, p. 3-17.

ABSTRACT

Characteristics and sedimentation of lake-basin type

Le Ngoc Anh[1,*], Nguyen Duy Muoi[1], Bui Thi Ngan[1], Tran Thi Oanh[2],
Nguyen Thi Thu Hang[1], Le Quoc Hiep[1]

[1] *Hanoi University of Mining and Geology*

[2] *Petrovietnam University*

Lakes are also considered a type of sedimentary basins, lake sediments are also compared with marine sediments and it is closely related to the lake-level fluctuations. About 20% of hydrocarbons are found in lake sediments and lacustrine organic-rich rocks are significant sources of these hydrocarbons. Each type of lake sediment has different hydrocarbon potential. There are 3 common types of lake sediments: (1) Overfilled lake basins tend to generate both oil and gas, (ii) Balanced-fill lake basins are classified as great potential for gas-generating potential, TOC and HI can be very high and mainly generate oil, (iii) Underfilled lake basins mainly consist of organic matter of continental origin deposited in a clean water environment with anoxic conditions and have the potential to generate mostly oil. The study conducted to evaluate the characteristics and deposition in the Cuu Long sedimentary basin during the Oligocene period. It showed that the lake basin went through stages of development from underfilled, balanced-fill to overfilled lake basins. The balanced-fill stage connects all the lakes to form a lagre lake basin which is gradually transit to a marine environment in the Miocene. The Oligocene sequence plays an important role in the hydrocarbon potential of the Cuu Long basin.

Keywords: Lake-basin; Cuu Long basin; Sedimentation

Eco-Friendly production of copper nanoparticles using perilla extract and chitosan: A study on antimicrobial efficacy

Tong Thi Thanh Huong[1,*], Nguyen Thi Thanh Bao[2], Trinh Dac Hoanh[3], Do Tan Thinh[1], Tran Ngoc Tuan[1], Nguyen Thi Minh Hong[1], Nguyen Thi Thu Hang[1], Nguyen Thu Thuy[1], Nguyen Mai Ha[1]

[1] *Faculty of Petroleum and Energy, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam*
[2] *Institute of Physics; Vietnam Academy of Science and Technology, Vietnam*
[3] *Institute of Chemistry and Material, Academy of Military Science and Technology*

ABSTRACT

Metal nanoparticles, particularly copper nanoparticles, have garnered significant attention due to their unique properties and wide range of applications. The primary objective of this study is to synthesize and stabilize copper nanoparticles using a green, environmentally friendly method. Copper nanoparticles were synthesized utilizing perilla leaf extract as a natural reducing agent, in combination with a chitosan solution. The perilla leaf extract played a key role in reducing Cu^{2+} ions, while chitosan acted as a stabilizing agent for the nanoparticles. UV-Vis spectroscopy confirmed the formation of nanoparticles, indicated by an absorption peak at 385 nm. The interaction between the perilla leaf extract, chitosan, and the nanoparticles was validated through FTIR spectroscopy. Scanning electron microscopy (SEM) revealed that the synthesized copper nanoparticles were spherical in shape. Additionally, X-ray diffraction (XRD) analysis confirmed the crystalline structure of the copper nanoparticles, with sizes ranging from 30 to 50 nm. The synthesized copper-chitosan nanoparticles, along with perilla leaf extract, demonstrated significant antibacterial activity against both bacteria and fungi.

Keywords: copper nanoparticles; perilla extract; green method; antimicrobial

1. Introduction

Nanoscience and nanotechnology are developing fields that involve the application of materials and structures at the nanoscale, typically defined as ranging from 1 to 100 nanometers. The main challenges in nanotechnology include creating nanoparticles with controlled sizes, shapes, chemical compositions, and dispersity, as well as exploring their potential applications for human benefit (Begum, 2020). The unique physical and chemical characteristics of metal nanoparticles differ significantly from those of bulk materials, underscoring the importance of their synthesis. Material behavior changes between the bulk and nanoscale, with the nanometer range marking the transition point. Due to their unique properties and small dimensions, nanoparticles have significant applications in fields such as catalysis, optoelectronics, magnetism, sensors, fine chemical synthesis, solar energy conversion, and medicine (Dinda, 2015; Carmona, 2017). The reduction of metal ions in solution is the most common technique for producing metal nanoparticles. While chemical and physical processes can successfully yield pure, well-defined nanoparticles, these methods are often expensive and hazardous to the environment. Green chemistry offers great promise for advancing nanotechnology by creating more environmentally friendly materials at the nanoscale and identifying sustainable production techniques. The key goals of green synthesis include using sustainable procedures, environmentally friendly chemicals, renewable materials, and minimizing hazardous waste (Singhal, 2011; Mughal, 2021). The synthesis of transition metal nanoparticles using microorganisms, plant extracts, and other natural biomaterials has gained significant attention in green nanotechnology (Jadoun, 2021). Well-dispersed and ultrafine transition metal nanoparticles possess unique physicochemical properties, making them suitable for a wide range of applications.

Copper nanoparticles have attracted considerable attention due to their catalytic, mechanical, and electrical properties. The advantages of manufacturing green nanoparticles include their low cost, excellent yields, and quick reaction times under standard reaction conditions. Copper nanoparticles, being highly reactive with a high surface-to-volume ratio, promote efficient material interaction and have a wide range

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: tongthithanhhuong@humg.edu.vn

of applications, including as highly durable materials, sensors, and antibacterial agents. Numerous studies have demonstrated the superior antibacterial efficacy of copper nanoparticles against various bacterial and fungal species (Bawskar, 2015; Dhotare, 2023).

Chitosan itself exhibits antibacterial and antioxidant properties, making it a potential natural-based material for food preservation and packaging. One approach to increasing the bioavailability of chitosan is its conjugation on the surface of metal nanoparticles (Tokarek, 2013; Akintelu, 2021). This property is particularly important for water preservation. Perilla is a spice plant commonly found in tropical regions. It contains flavonoids and polyphenol compounds that have antioxidant properties (Wang, 2021). In this study, perilla leaf extract was used to synthesize Cu-NPs from $Cu(NO_3)_2$, with chitosan serving as a stabilizing agent. This study also demonstrates that copper nanoparticles (Cu-NPs) exhibit significant antibacterial and antifungal activity, which can be applied to clean water environments.

2. Experiments

2.1. Chemicals

Chemicals and solvents used were of analytical reagent grade and were purchased from Duc Giang Chemical J.S. Company (Vietnam), Xilong Chemical Company (China), and ShzyChem Company (China). Ethanol (C_2H_5OH, 95%) was sourced from Duc Giang Chemical J.S. Company, Vietnam. $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ (99%) was purchased from Xilong Chemical Company, China. Chitosan (85% deacetylated) was obtained from ShzyChem Company.

2.2. Extraction

Perilla leaves were collected from local markets, washed with double-distilled water, and cut into pieces. A portion of the Perilla leaves was dried at 100°C. Both fresh and dried Perilla leaves were extracted in 95% ethanol for 30 minutes. The extract was then filtered using Whatman No. 1 filter paper. The filtrate was collected in a clean, dry container and stored for further use

2.3. Synthesis of Copper Nanoparticles (Cu-NPs)

Double-distilled water was used throughout the synthesis process. A 1 mM aqueous solution of copper nitrate was prepared and used for the synthesis of Cu-NPs. Filtered Perilla leaf extract (10 ml) was placed in a beaker, and the freshly prepared copper nitrate solution (10 ml) was mixed with the extract under constant stirring to reduce the copper ions. The reaction mixture was kept on a magnetic hot stirrer at 50–60°C for a specified time until the color changed from pale bluish-yellow to pale brown, indicating metal ion reduction. Subsequently, a 1 mM chitosan solution was added to the mixture to stabilize the nanoparticles, and stirring continued for about an hour. The solution color changed gradually from yellowish-brown to a permanent dark brown, signifying the complete stabilization of Cu-NPs. The solution was then centrifuged at 6000 rpm to obtain pure Cu-NPs for XRD and SEM analysis.

2.4. Characterization

The UV-Visible absorption spectra of the samples were measured on a Shimadzu UV-2600 spectrophotometer in the range of 250 - 600 nm. The FT-IR spectra were recorded on a Fourier IRAffinity-1 (Shimadzu) spectrophotometer with 4 cm^{-1} resolution in the range of 4000 to 400 cm^{-1}. X-ray measurement of the prepared solids was carried out using a CuKα (λ: 1.54056 Å) with 2θ in the range of 10^o - 70^o at the rate of 0.03^o min^{-1}. Scanning electron microscopy (SEM) images were acquired using a Regulus 8100 (Hitachi) scanning electron microscope.

3. Results and Discussions

The solution containing synthesized Cu-NPs can be identified by its color change from yellow to dark brown due to the capping of the stabilizing agent, and from light bluish-green to pale yellow due to metal ion reduction. This color shift can be easily observed with the naked eye, clearly indicating the formation of well-reduced and stable Cu-NPs.

UV-Vis Spectra

UV-Vis spectroscopy is one of the most practical methods for characterizing copper nanoparticles. Copper nanoparticle absorption is represented by a broad band at about 385 nm. The significant additional peak detected at 275 nm could be correspond to the chitosan moiety, as depicted in Figure 1.

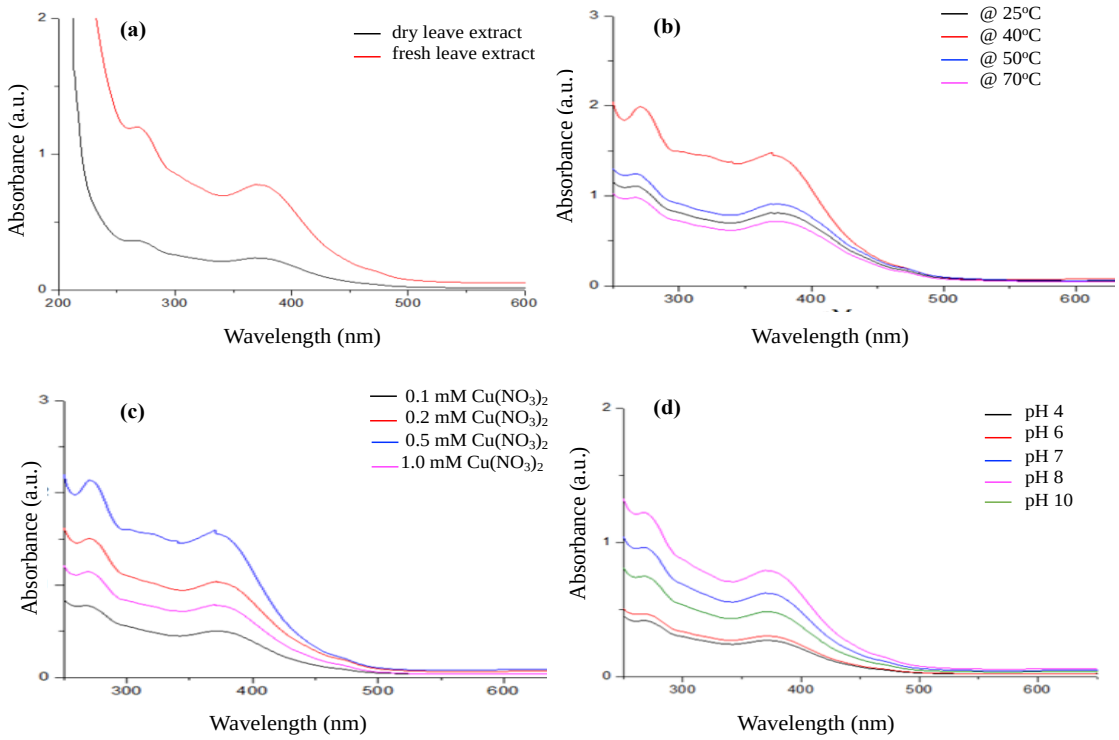


Figure 1. UV-VIS Spectrum of Cu-NPs synthesized from fresh and dry Prrila leaves (a), at different temperatures from fresh leaves (b), different $Cu(NO_3)_2$ concentrations from fresh leaves (c), different pH from fresh leaves (d)

Figure 1a shows that the extract from fresh leaves results in more efficient copper nanoparticle (Cu-NP) generation compared to the extract from dried leaves. The peaks at 275 nm and 385 nm exhibit greater absorption intensity with the fresh leaf extract. This increased efficiency may be due to the drying process, which partially degrades the bonds in polyphenol compounds, reducing the content of activators necessary for the Cu-NP generation process and thereby lowering generation efficiency. As a result, the fresh leaf extract was used for further experiments.

The formation of copper nanoparticles (Cu-NPs) varied across the temperature range investigated (RT to 70°C), as illustrated in Figure 1b. At room temperature, copper nanoparticles were present, while at 40°C, their formation was more efficient. However, at higher temperatures (50–70°C), the formation of Cu-NPs tended to decrease. A studies using different leaf extracts did not reveal a consistent pattern regarding the effect of temperature on copper nanoparticle formation (Prézer A. A., 2023). When assessing the effect of $Cu(NO_3)_2$ concentration on the formation of Cu-NPs, the optical density results showned in Figure 1c indicate that copper nanoparticles were successfully formed at concentrations of 0.1 mM and 0.2 mM, with the highest efficiency observed at a concentration of 0.5 mM. However, at concentrations exceeding of 1 mM, efficiency declined. The increased concentration of $Cu(NO_3)_2$ is likely associated with a rise in the number of nanoparticles formed. If the number of particles grows too rapidly before the polymer can fully encapsulate their surfaces, agglomeration tends to occur (Apriani F.E., 2022). Additionally, a higher concentration of Cu^{2+} ions necessitates a proportionally increased concentration of extract to effectively form copper nanoparticles (Htwe Z. N. Y., 2018). Therefore, a $Cu(NO_3)_2$ concentration of 0.5 mM is optimal for the Cu-NP formation process. The results of the pH affect assessment are summarized in Figure 1d. As the pH of the solution increases from 4 to 8, the optical density tends to increase. However, when the pH exceeds 8, the optical density decreases. This decrease is likely because at pH levels greater than 8, the formation rate of copper nanoparticles is too rapid, leading to flocculation and reduced optical density (Reyes D.F., 2020).

FT-IR Spectra

The FTIR spectrum indicates the presence of characteristic absorption peaks of polysaccharides from the leaf extract (Figure 2). A strong and broad absorption peak around 3640 cm^{-1}, 3422 cm^{-1}, 3184 cm^{-1}, and

3120 cm^{-1} can be attributed to the N-H and O-H stretching in flavonoids, alkaloids, polyphenols, and chitosan present in the solution. The absorption peak at 1661 cm^{-1} indicates the C=O stretch, signifying the presence of a carbonyl group from acidic polysaccharides in the perilla extract. Peaks at 1450 cm^{-1} and 1431 cm^{-1} are attributed to the C–H stretch of polysaccharides. The presence of the C-O band is indicated by the peaks found between 1025 and 1090 cm^{-1}. These functional groups, originating from polyphenols, flavonoids, and alkaloids, are characteristic of perilla leaf extract and can participate in the reaction to create Cu-NPs. Additionally, an absorption peaks were observed at 783 cm^{-1} and 390 cm^{-1}, corresponding to a vibrational band associated with the interaction between copper nanoparticles (Cu-NPs) with biomalecules of extract and chitosan, respctively (Murthy C. A. H, 2020). The interaction indicates a reaction between the surface of the Cu-NPs and the amino and hydroxyl groups of chitosan, suggesting that the nanoparticles are effectively capped by the chitosan (Usman, S. M., 2012).

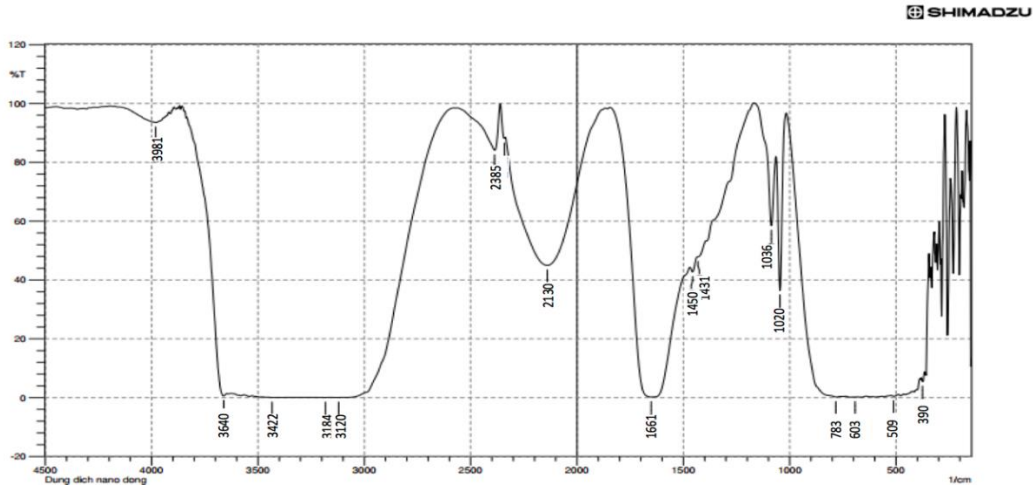


Figure 2. FT-IR spectra of copper nanoparticles

X Ray Diffraction

The crystallite size, packing, and morphology of the material were tested using an XRD spectrometer with a Cu source, based on the powder diffraction method. The size was calculated using the Scherrer equation:

$d = \frac{B \times \lambda}{\beta \times \cos\theta}$ where d is the average crystallite size of the phase under investigation. X-ray diffraction studies of Cu-NPs were conducted at angles between 10° and 70°. The intensity plotted against angle (2θ in degrees) showed the average crystallite size, which was calculated to be between 30 nm and 50 nm using the Scherrer equation. The crystal structures of the copper nanoparticles are shown in Figure 3.

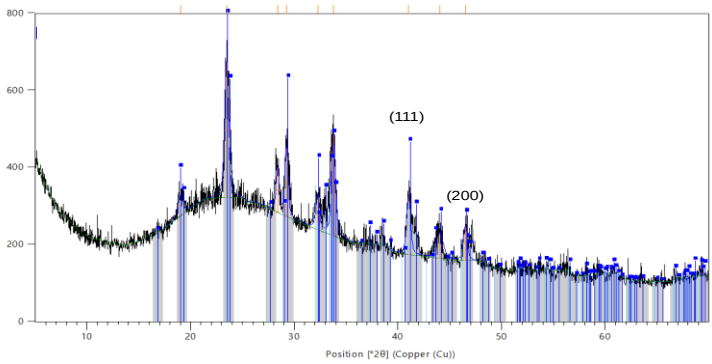


Figure 3. XRD pattern of copper nanoparticles

X-ray diffraction of copper nanoparticles shows characteristic peaks at 2θ of 43.1° and 46.5°, corresponding to the (111) and (200) planes of the copper crystal (Usman S. M., 2012). The diffraction peaks are consistent with the standard pattern for the pure face-centered cubic phase of copper nanoparticles. However, impurity

peaks were observed, which could indicate the presence of CuO or Cu_2O (Phul R. 2018). The XRD results confirmed that copper nanoparticles were synthesized from a solution using Perilla leaf extract as a reducing agent. As flavonoid compounds, found in various plants, play a significant role in the reduction of metallic ions. In the research with copper ions (Cu^{2+}) from $Cu(NO_3)_2$ during the synthesis of copper nanoparticles, the hydroxyl) groups and other functional groups in the flavonoid structure act as electron donors. These groups donate electrons to copper ions, reducing them from the Cu^{2+} state to elemental copper (Cu^0). This reduction process typically leads to the formation of stable copper nanoparticles, as flavonoids not only reduce the ions but can also act as capping agents, stabilizing the nanoparticles and preventing their aggregation (Makarov V. V., 2014).

SEM

The morphology of the synthesized copper nanoparticles was characterized by SEM analysis. The samples were placed in an evacuated chamber and scanned in a controlled pattern by an electron beam. The interaction of the electron beam with the specimen produces various physical phenomena, which are detected and used to form images, providing detailed information about the specimens. The SEM images of the copper nanoparticles are shown in Figure 4. It can be observed that the Cu-NPs are well-dispersed and evenly distributed in all directions. The SEM images clearly show that most of the particles exhibit a spherical morphology.

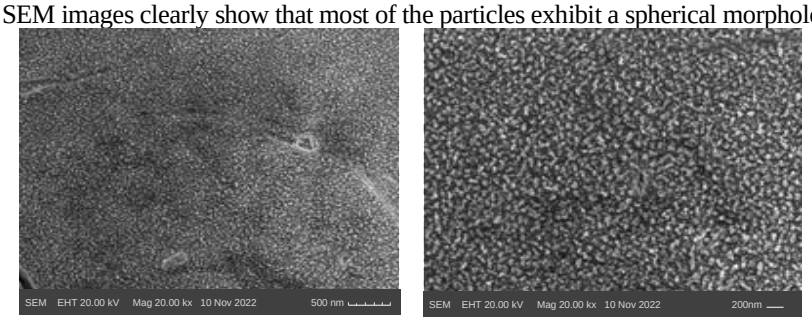


Figure 4. SEM images of copper nanoparticles

In this study, chitosan demonstrates its role as both a reducing and stabilizing agent. Chitosan can prevent agglomeration and ensures uniform dispersion of nanoparticles by providing a protective capping layer (Amor B. I., 2024). This enhances the stability and functionality of the nanoparticles.

Antimicrobial Activity

The antimicrobial activities of copper nanoparticles stabilized by chitosan were evaluated using the MIC technique on different microbial species. The experimental results are presented in Table 1. The results demonstrate that the copper nanoparticle solution inhibits the growth of the three tested strains of microorganisms, with MIC values of 200, 150, and 200 µg/mL for *S. aureus*, *F. oxysporum*, and *C. albicans*, respectively. This finding suggests that the copper nanoparticle solution possesses antimicrobial properties and can be applied in daily life, particularly for water purification

Table 1. The antibacterial activities of Cu-NPs

Minimum Inhibitory Concentration (MIC, µg/mL) of Cu-NPs							
Bacteria Gr (-)		Bacteria Gr (+)		Molds		Yeasts	
E Coli	*P. aeruginosa*	*B. Subtillis*	*S. aureus*	*A. niger*	*F. oxysporum*	*S. cerevisiae*	*C. albicans*
-	-	-	200	-	150	-	200

The disk diffusion method was used to assess the antimicrobial and antifungal activity of Cu-NPs, specifically against *Aspergillus niger* (Table 2). The results indicate that the Cu-NPs exhibited better inhibition compared to perilla leaf extract when tested against *E. coli*, *B. subtilis*, and *A. niger* fungal species. However, the activity of Cu-NPs against *Aspergillus niger* was almost comparable to that of the standard antibiotic, Fluconazole (Dhotare J. 2023).

Table 2. Antimicrobial activity and antifungal activity of Cu-NPs and perilla leaf extract

Samples	**Diameters of zones of inhibition (mm)**		
	***Ies ATCC* 25.922**	***B. subtilis* ATCC9/58**	***Aspergillus Niger***
Cu-NPs solution	27	11	21
Perilla leaf extract	15	10	12

The analytical results demonstrated the antimicrobial and antifungal effects of copper nanoparticles synthesized from $Cu(NO_3)_2$ using perilla leaf extract. These findings are consistent with previous research involving the synthesis of antibacterial metal nanoparticles using the extracts from various Alstonia (Labaran, N. A., 2024), as well species as Illicium Verum (Star Anise) and Myristica Fragrans (Nutmeg) (Vijayakumar, G., 2021).

4. Conclusions

Using readily available natural perilla leaf extract and chitosan as reducing and stabilizing agents, respectively, we have presented a simple and cost-effective green chemistry strategy for the synthesis of copper nanoparticles. The nanoparticles that were created have a consistent particle size.

Moreover, Cu-NPs showed excellent antimicrobial activity against the bacterial species *S. aureus*, *F. oxysporum*, and the fungus *C. albicans*. Nearly similar inhibition activity was observed against *E. coli*, *S. bacillus*, and the fungus *A. niger*. From this investigation, it can be concluded that the synthesized copper nanoparticles are capable of significant antibacterial and antifungal activities, which may find various applications. Thus, they may be utilized to eliminate bacteria and fungi in water, ensuring a clean, green environment

Acknowledgements

We gratefully acknowledge the support provided by the Petrochemical Refinery Laboratory at Hanoi University of Mining and Geology and the Photonic Laboratory at the Institute of Physics, Vietnam Academy of Science and Technology.

References

Akintelu A.S., Oeabamiji K. A., Olugbeko C. S., Latona F. D., 2021. Green chemistry approach towards the synthesis of copper nanoparticles and its potential applications as therapeutic agents and environmental control, *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, Vol 4, 100176. DOI: https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100176.

Amor B. I., Hemmami H., Grara N., Aidat O., Amor B. S., Zeghoud S., Belluci S., 2024. Chitosan: A Green Approach to Metallic Nanoparticle/Nanocomposite Synthesis and Applications, *Polymer*, Vol 16 (18)2662, DOI: https://doi.org/10.3390/polym16182662

Apriani F. E., Mardiyanto M., Hendrawan A., 2022. Optimization of green synthesis of silver nanoparticles from areca catechu L.seed extract with variation of silver nitrate and extract concentrations using simplex lattice design method, *Farmacia*, Vol 70 (5), 917. DOI: https://doi.org/10.31925/farmacia.2022.5.18.

Bawskar M., Deshmukh S., Bansod S., Gade A., Rai M., 2015. Comparative analysis of biosynthesised and chemosynthesised silver nanoparticles with special reference to their antibacterial activity against pathogens. *IET nanobiotechnology*; 9(3):107-13. DOI: 10.1049/iet-nbt.2014.0032.

Carmona E.R., Benito N., Plaza T., Recio-Sánchez G., 2017. Green synthesis of silver nanoparticles by using leaf extracts from the endemic Buddleja globosa hope. *Green Chemistry Letters and Reviews*.;10(4): 250-6. DOI: https://doi.org/10.1080/17518253.2017.1360400.

Dinda G., Halder D., Vazquez-Vazquez C., Lopez-Quintela M.A., Mitra A., 2015. Green synthesis of copper nanoparticles and their antibacterial property. *J. Surf. Sci. Technol.* 2015;31:117-22. DOI: https://doi.org/10.18311/jsst/2015/1709.

Dhotare J., Rathod G.M., Barkhude D.P., Pathak P. A., 2023. Green synthesis of copper nanoparticles by using aqueous extract of Ocimum sanctum leaves and its antibacterial activity, *World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences*, 13(02), 015–023. DOI: https://doi.org/10.30574/wjbphs.2023.13.2.0066.

Htwe Z. N. Y., Chow S. W., Suda Y., Jaafar M., 2018. Effect of Silver Nitrate Concentration on the Production of Silver Nanoparticles by Green Method, *Materials Today Proceedings*, Vol. 17, 568 – 573. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2019.06.336

Jadoun S., Arif R. , Jangid N.K. , 2021. MeenaGreen synthesis of nanoparticles using plant extracts: a review, *Environ. Chem. Lett.*, 19 (2021), 355-374. DOI: 10.1007/s10311-020-01074-x.

Labaran, N. A, Zango U. Z., Tailor G., Alsadig A., Usman F., Mukhtar M., Garba M. A., Aldaghiri A. O., 2024. Biosynthesis of copper nanoparticles using Alstonia scholaris leaves and its antimicrobial studies, *Scientific Report*, 14, 5589. DOI: 10.1038/s41598-024-56052-y

Makarov V. V., Love A. J., Sinitsyna O.V., Makarova S. S., Yaminsky V. I., Kalinia O. N., 2014. "Green" Nanotechnologies: Synthesis of Metal Nanoparticles Using Plants, *Acta Nature*, Vol 6 (1), 35-44.

Mughal B., Zaidi S.Z., Zhang X., Hassan S.U., 2021. Biogenic nanoparticles: Synthesis, characterisation and applications. *Applied Sciences;* 11(6): 2598. DOI: https://doi.org/10.3390/app11062598.

Murthy C.A. H, Dasalegn T., Kassa M., Abebe B., Assefa T., 2020. Journal of Nanomaterials, Synthesis of Green Copper Nanoparticles Using Medicinal Plant Hagenia abyssinica (Brace) JF. Gmel. Leaf Extract: Antimicrobial Properties, *Journal of Nanomaterials,* Vol. 2020. DOI: https://doi.org/10.1155/2020/3924081

Phul R., Kaur C., Farooq U., Tokeer A., 2018. Ascorbic acid assisted synthesis, characterizationand catalytic application of copper nanoparticles, Material Science & Engineering International Journal, Vol 2. Issue 4, 90 – 94.

Prézer A. A., Armenta F. D. L., Loredo G. P. M., Huerta L.T. A., 2023. Biosynthesis of Copper Nanoparticles with Medicinal Plants Extracts: From Extraction Methods to Applications, *Micromachines* (Basel). 2023 Oct; 14(10): 1882. DOI: https://doi.org/10.3390%2Fmi14101882

Rahman S.B.U., Narwade V.N., Halge D.I., Jejurikar S.M., Dadge J.W., Muduli S., Mahabole M.P., Bogle K.A., 2020. Remarkable photocatalytic degradation of Remazol Brilliant Blue R dye using bio-photocatalyst 'nano-hydroxyapatite'. *Materials Research Express;* 7(2): 025013. DOI: 10.1088/2053-1591/ab6f3b.

Reyes D.F., Cabrera G.F.S., Mata S.M.V., San Pedro J.P.D., Palioc A.C.C., 2020. Tandingan G.S. Effect of pH on Size and Concentration of Silver Nanoparticles Synthesized using Ixora coccinea Linn. Leaf Extracts. *Orient. J. Chem.* ; Vol.36,1103–1106. DOI: 10.13005/ojc/360612.

Singhal G., Bhavesh R., Kasariya K., Sharma A.R., Singh R.P., 2011. Biosynthesis of silver nanoparticles using Ocimum sanctum (Tulsi) leaf extract and screening its antimicrobial activity. *Journal of Nanoparticle Research*. 13(7): 2981-8. DOI: 10.1007/s11051-010-0193-y.

Usman S. M., Ibrahim A. N., Shameli K., Zainuddin N., Yunus W., 2012. Copper Nanoparticles Mediated by Chitosan: Synthesis and Characterization via Chemical Methods, *Molecules,* Vol. 17 (12), 14928-14936, DOI: https://doi.org/10.3390%2Fmolecules171214928

Vijayakumar, G., Kesavan H., Kannan A., Arulanandam D., Kim H. J., Kim J. K., Song J. H., Kim J. H., Rangarajulu K. S., 2021. Phytosynthesis of Copper Nanoparticles Using Extracts of Spices and Their Antibacterial Properties, *Processes,* Vol 9 (8), 1341, DOI: https://doi.org/10.3390/pr9081341

Wang Z., Tu Z., Xie X., Cui H. , Kong K., Zhang L., 2021. Perilla frutescens Leaf Extract and Fractions: Polyphenol Composition, Antioxidant, Enzymes (α-Glucosidase, Acetylcholinesterase, and Tyrosinase) Inhibitory, Anticancer, and Antidiabetic Activities, *Foods,* Vol 10 (2), 315, doi: 10.3390/foods10020315.

TÓM TẮT

Nghiên cứu tổng hợp nano đồng theo phương pháp thân thiện với môi trường từ dịch chiết lá tía tô và chitosan, đánh giá hiệu quả kháng khuẩn

Tống Thị Thanh Hương[1*], Nguyễn Thị Thanh Bảo[2,] Trịnh Đắc Hoành[3], Đỗ Tấn Thịnh[1], Trần Ngọc Tuân[1], Nguyễn Thị Minh Hồng[1], Nguyễn Thị Thu Hằng[1], Nguyễn Thu Thuỷ[1], Nguyễn Mai Hà[1]

[1]Khoa Dầu khí và Năng lượng, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

[2] Viện Vật lý, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

[3] Viện Hoá học - Vật liệu, Viện Khoa học và Công nghệ Quân sự

TÓM TẮT

Các hạt nano kim loại nói chung và nano đồng nói riêng thu hút sự chú ý bởi tính chất và phạm vi ứng dụng rộng rãi. Mục tiêu của nghiên cứu là tổng hợp và ổn định các hạt nano đồng thông qua phương pháp tổng hợp xanh và thân thiện với môi trường. Quá trình tổng hợp hạt nano đồng được thực hiện bằng cách sử dụng dịch chiết lá tía tô từ nguồn tự nhiên với vai trò là chất khử, kết hợp với dung dịch chitosan. Chiết xuất lá tía tô đóng vai trò quan trọng trong việc khử các ion Cu^{2+}, trong khi chitosan hỗ trợ ổn định các hạt nano. Sự hình thành hạt nano được xác nhận qua phương pháp quang phổ UV-Vis với sự xuất hiện đỉnh hấp thụ ở 385 nm. Sự tương tác giữa dịch chiết lá tía tô, chitosan và các hạt nano đồng được kiểm chứng với phổ FTIR. Kết quả phân tích kính hiển vi điện tử quét (SEM) cho thấy các hạt nano đồng tổng hợp có dạng hình cầu. Phân tích nhiễu xạ tia X (XRD) xác nhận bản chất tinh thể của các hạt nano đồng, với kích thước từ 30 đến 50 nm. Các hạt nano đồng - chitosan tổng hợp, cùng với chiết xuất lá tía tô, thể hiện hoạt tính kháng khuẩn đáng kể đối với vi khuẩn và nấm.

Từ khóa: copper nanoparticles; perilla extract; green method; antimicrobial

Nghiên cứu chế tạo hệ polyme ưa-kỵ nước, ứng dụng trong tăng cường thu hồi dầu tầng Miocene hạ của Việt Nam

Nguyễn Văn Cành [1,*], Công Ngọc Thắng[2], Nguyễn Trần Hùng[1]
[1]*Viện Hóa học-Vật liệu,Viện Khoa học và Công nghệ Quân sự*
[2]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT
Hệ hoá phẩm trên cơ sở polyme ưa-kỵ nước (HAP-Hydroforbically Associating polyacrylamid) vừa tan trong nước, lại vừa tan một phần trong dầu. Hệ hoá phẩm này có khả năng hạn chế sự hấp phụ của hoá phẩm lên trên nền bề mặt đá chứa và giải phóng lượng dầu lớn trên bề mặt đá chứa, giúp nâng cao hệ số quét, tạo profil đẩy dầu, từ đó nâng cao hệ số thu hồi dầu, do chúng có khả năng làm giảm tính lưu biến trong dung dịch nước biển. Sự tăng cường thu hồi dầu của HAP là do hiệu ứng của sự chảy rối trong chất lỏng tại các giếng bơm ép, tạo ra hiệu ứng đàn hồi vật lý, gây bởi các phân tử và tạo ra sự liên kết của các hydrocacbon ưa dầu trong quá trình chảy trong môi trường vỉa chứa. Hệ hóa phẩm hướng ứng dụng cho bơm ép tầng Miocene hạ của Việt Nam, do ở tầng Miocene hạ có nhiệt độ nhỏ hơn 130^{o}C, độ nhớt của dầu tại tầng này nhỏ hơn 5cP. Có 2 phương pháp chế tạo polyme ưa-kỵ nước: Phương pháp 1: polyacrylamit thủy phân một phần (Hydrolyzed Polyacrylamide - HPAM), được gắn nhóm kỵ nước theo cơ chế alkyl hóa có sử dụng xúc tác và Phương pháp 2: thực hiện phản ứng trao đổi muối của HPAM đã được hoạt hoá với lượng thiếu: muối amino bậc 4. Trong bài báo này, nhóm tác giả trình bày Phương pháp 2. Kết quả cho thấy: hệ số đẩy dầu tuyệt đối của polyme so với nước bơm ép, gia tăng từ 6,2% (với mẫu Vp = 0,5 PV) đến 8,8% (với mẫu Vp = 1 PV).
Từ khóa: polyme ưa-kỵ nước; tăng cường thu hồi dầu; HPAM; HAP

1. Đặt vấn đề

Thực tế và lý thuyết cho thấy, ngay trong khu vực ảnh hưởng của nước bơm ép, một lượng dầu lớn vẫn nằm trong các kênh mao dẫn của đá chứa (các kênh dẫn có kích thước rất nhỏ). Thứ nhất, bằng phương pháp bơm ép nước thông thường không thể khai thác được dầu nằm trong các kênh mao dẫn do lực nhớt không thể thắng được lực mao dẫn. Giải pháp chính để khai thác được một phần dầu trong các kênh mao dẫn là sử dụng bơm ép bằng polymer (Nguyễn Hữu Trung và nnk, 1996; Phạm Trường Giang, Trần Đình Kiên… 2018). Thứ hai, do đặc tính vốn có, các hóa phẩm phải có xu hướng tập trung tại mặt tiếp xúc hai pha dầu-nước và bề mặt đá chứa. Sự có mặt của chúng tại đây làm giảm sức căng bề mặt dầu-nước (dẫn đến làm giảm áp suất mao dẫn) (Glass JE. 1999; Glass JE. 1996), thay đổi tính dính ướt của đá chứa, giúp các giọt dầu trở nên linh động hơn, dễ biến dạng hoặc phân chia nhỏ hơn, thoát ra khỏi các kênh mao dẫn và đi vào kênh dẫn có kích thước lớn hơn, từ đó tăng hiệu suất đẩy dầu của nước bơm ép (Schulz DN, 1991). Để giải quyết hai vấn đề này, một trong những phương pháp được lựa chọn là tạo ra hệ hoá phẩm vừa có khả năng tăng độ nhớt pha nước, vừa làm giảm sức căng bề mặt của dầu với đá chứa (Glass JE.1989; Glass JE.1986). Theo hướng này, hệ hoá phẩm ưa-kỵ nước kết hợp với một số phụ gia tương hợp, hy vọng sẽ là giải pháp tốt cho việc bơm ép polyme nhằm nâng cao thu hồi dầu tầng Miocene của Việt Nam.

2. Thực nghiệm

2.1. Dụng cụ, hóa chất

- Thiết bị, dụng cụ: cốc thuỷ tinh 2 lít, 3 lít; bình định lượng; bếp điện 1.5 kw; thiết bị trao đổi ion dạng lưới; tủ sấy chân không; nhiệt kế 0-500^{o}C
- Hoá chất:
+ Polyme: HPAM, hãng SHANTOU XILONG của Trung Quốc có trọng lượng phân tử khoảng 7.105 – 10.106 đvc;

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenvancanhvhh@gmail.com

+ Chất biến tính N-lauryl-N,N-dimetyl-N-benzyl-amoni clorit (muối amino bậc 4 LDBAC), hãng Merck của Đức, chất rắn màu trắng hoặc vàng nhạt, trọng lượng phân tử 340 g/mol, nhiệt độ nóng chảy 89-92^oC, nhiệt độ sôi 129^oC, Khối lượng riêng, 0.84 g/cm^3 hòa tan hoàn toàn trong nước hoặc etanol, pH = 9;

+ Sôda, NaOH, nước muối tổng hợp…

2.2. Thực nghiệm

Biến tính HPAM qua 4 giai đoạn:

Giai đoạn 1: Hoạt hoá HPAM bằng ion Na+ trong môi trường nước

Cho HPAM vào nước cất, tỷ lệ nước/ HPAM là 1/3 theo khối lượng.

$$\text{HPAM} \xrightarrow[(Na_2CO_3 \text{ hoặc NaOH})]{\text{(lưới trao đổi cation natri)}} Na^{(+)}\,HPAM^{(-)}$$

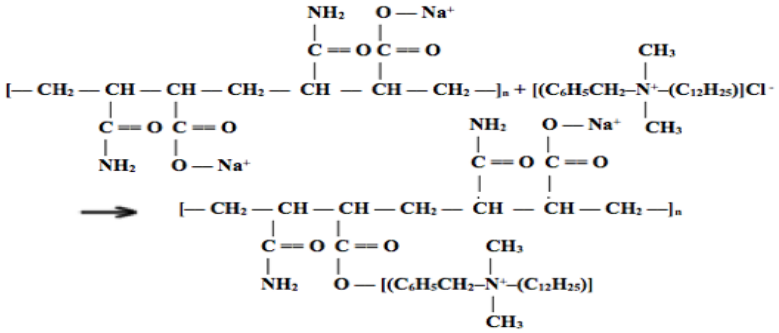
Phương pháp: cho HPAM đã thấm ướt nước qua lớp lưới trao đổi cation natri, hoặc ban đầu HPAM được hòa với một ít nước (1/3 theo khối lượng), sau đó trộn lượng vừa đủ Na_2CO_3 hoặc NaOH bằng dụng cụ ép liên tục nhằm tạo ra dạng Na(+)HPAM(-), có dung lượng trao đổi cation tối thiểu 75 mlđl/100g HPAM. Sấy sản phẩm đã hoạt hóa.

Giai đoạn 2: Chuẩn bị dung dịch biến tính

Cho 1/3 lượng nước cất 2 lần theo tính toán ban đầu vào bình chứa, nâng nhiệt độ tới 45$^oC \pm 2^oC$, cho từ từ toàn bộ chất biến tính LDBAC, sau khi đã hết lượng chất biến tính, bổ sung lượng nước còn lại và duy trì khuấy với tốc độ khoảng 120 vòng/phút đến khi chất biến tính tan hoàn toàn trong nước (30 phút), tỷ lệ khối lượng nước và chất biến tính 45/1.

Giai đoạn 3: Biến tính một phần HPAM

Cho vào bình phản ứng HPAM đã hoạt hoá được chuẩn bị ở giai đoạn 1, bổ sung từ từ chất biến tính đã chuẩn bị ở giai đoạn 2. Phản ứng biến tính một phần theo cơ chế:



Quá trình biến tính duy trì tốc độ khuấy chậm khoảng 60 vòng/phút. Sau đó nâng nhiệt độ lên đến khoảng 55$^oC \pm 2\ ^oC$, tỷ lệ khối lượng HPAM và chất biến tính hữu cơ là 20/1 (đảm bảo chỉ biến tính một phần HPAM), ở điều kiện phản ứng này sẽ xảy ra quá trình trao đổi ion và tạo ra HPAM biến tính một phần (HAP-2S). Phản ứng trao đổi ion hữu cơ xảy ra nhanh, do đó giai đoạn này cần duy trì tốc độ khuấy cao hơn so với các giai đoạn đầu của quá trình biến tính HPAM (120 vòng/phút), để hiệu suất quá trình biến tính đạt cao, thường duy trì thời gian biến tính từ 3 đến 4 giờ.

Giai đoạn 4: Làm khô HAP-2S

Có nhiều phương pháp làm khô HAP-2S khác nhau, hiệu quả nhất để đảm bảo chất lượng của sản phẩm nên có các dụng cụ và thiết bị sấy chuyên dụng, mục đích nhằm làm bay hơi các dung môi, nước trong hỗn hợp… sau nhiều thí nghiệm khác nhau, nhóm tác giả đã sử dụng phương pháp sấy HAP-2S trong tủ sấy có thể tích 50 lít, khoảng nhiệt độ sấy 150^oC, tốc độ gia nhiệt 5^oC/phút, thời gian sấy 5 giờ, nguồn điện 220 V, 50 Hz, 1500 W, HAP-2S được đưa ra khay có bề mặt thoáng lớn, nhằm tăng cường quá trình làm khô sản phẩm.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

- Đo độ nhớt biểu kiến trên thiết bị đo Brookfield DVII Pro;
- Đánh giá khả năng chịu nhiệt bằng việc xác định định tính các nhóm còn lại trước và sau khi nung trên cơ sở phổ hồng ngoại FT-IR và phân tích nhiệt TG/DTA;

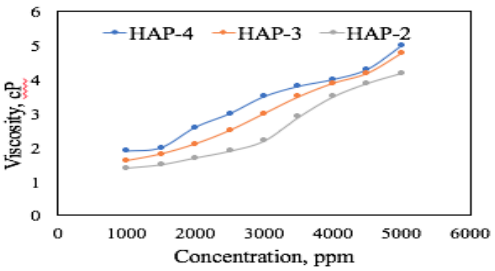
- Đánh giá sự gia tăng hệ số đẩy dầu tuyệt đối bởi nước và polyme trên mô hình mẫu lõi tại Viện Nghiên cứu Khoa học và Thiết kế dầu khí biển (NIPI) thuộc LD Vietsovpetro với mẫu đá tầng Miocen hạ, BH-8 mỏ Bạch Hổ.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng nhóm kỵ nước đến độ nhớt

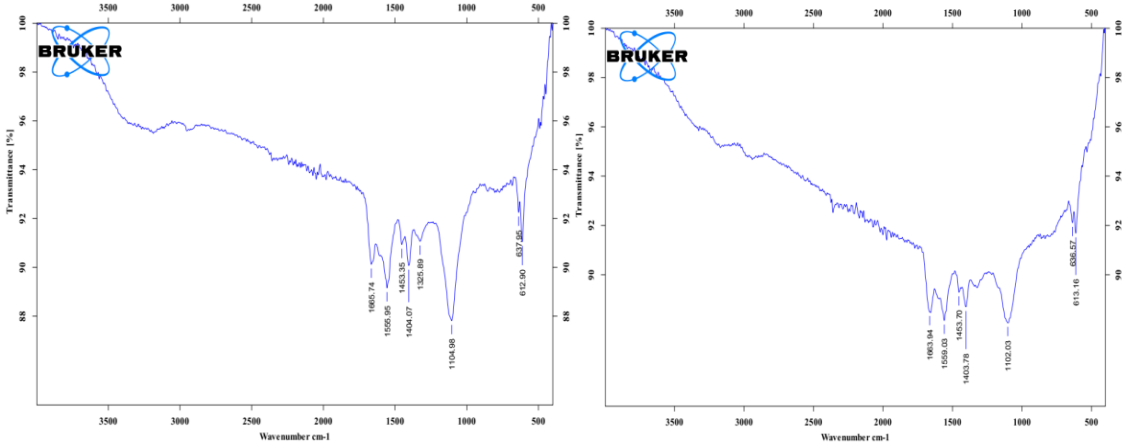
Để lựa chọn được hàm lượng nhóm kỵ nước tối ưu, cần khảo sát độ nhớt của hệ hoá phẩm phải tương ứng với độ nhớt của dầu tại vỉa cần bơm ép, hình 1 cho thấy ảnh hưởng của tỷ lệ mol% của nhóm kỵ nước nằm trên chuỗi polyacrylamide với độ nhớt của dung dịch HAP là một hàm số của nồng độ polyme. Khi nồng độ tới hạn đạt khoảng 2000-5000ppm (pha trong môi trường nước biển có hàm lượng NaCL 3,5%) cho độ nhớt tối ưu, tương đương khoảng độ nhớt của dầu tầng Miocene hạ thuộc mỏ Bạch Hổ (độ nhớt khoảng 2-5 cP), tương ứng với mẫu HAP-2, HAP-3 và HAP-4 có tỷ lệ nhóm kỵ nước/ PAM tối ưu theo mol% trong khoảng từ 0,1 đến 0,6). Như vậy, hàm lượng nhóm kỵ nước có ảnh hưởng đến độ nhớt của dung dịch HAP-2S, nồng độ nhóm kỵ nước tăng, làm tăng liên kết giữa các phân tử, và độ nhớt biểu kiến tăng, kèm theo đó khả năng tan trong nước lại kém. Chính vì vậy, để có được hệ polyme vừa tan trong nước, lại vừa tan trong dầu, đã lựa chọn tỷ lệ thành phần tối ưu của HAP-2S: nhóm kỵ nước/PAM khoảng 0,1-0,6 mol%.

Sample	The content of hydrophobic groups/ Acrylamide [mol%]
PAM	—
HAP-1	0,05
HAP-2	0,1
HAP-3	0,4
HAP-4	0,6
HAP-5	0,8
HAP-6	1,2



Hình 1. Lựa chọn thành phần nhóm kỵ nước

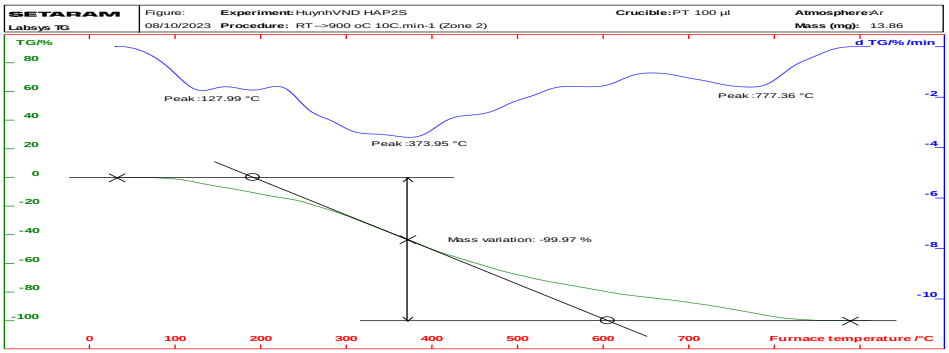
3.2. Đánh giá khả năng chịu nhiệt của HAP-2S



a. Trước khi nung *b. Sau khi nung*

Hình 2. Phổ FT-IR của HAP-2S trước và sau khi nung ở nhiệt độ 110°C

Phổ FT-IR của HAP-2S với nồng độ 3500 ppm (trong môi trường nước biển với hàm lượng NaCL 3,5%) trước và sau khi nung trong Autoclave ở 110 °C trong thời gian 90 ngày: các pic thay đổi không đáng kể bao gồm dao động của liên kết đặc trưng của nhóm amide N-H (1655 cm^{-1}); dao động của liên kết đặc trưng của nhóm cacbonyl C=O (3465 cm^{-1}); dao động của liên kết C-H (2930 cm^{-1}). Như vậy, HAP-2S có khả năng chịu nhiệt khá tốt. Để xem xét khả năng chịu nhiệt của HAP-2S, khảo sát bằng phép đo TG/TGA, cũng cho kết quả tương tự.



a b

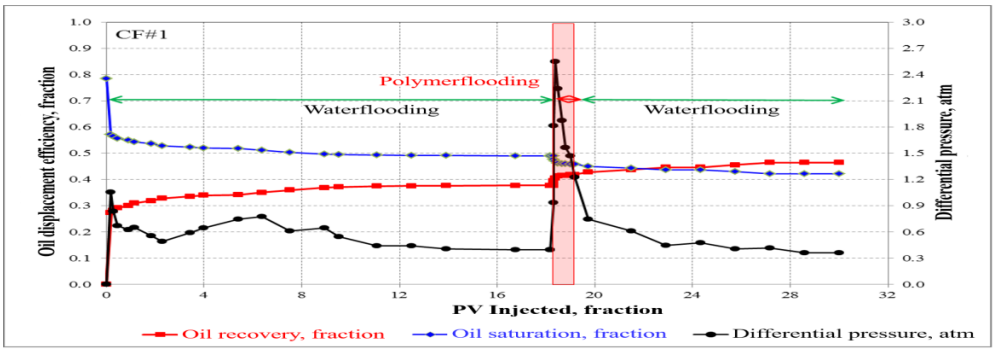
Hình 3. Kết quả đo TG của HAP-2S

Trên giản đồ TG của HAP-2S cho thấy có sự giảm khối lượng ở khoảng nhiệt độ 100 ^{o}C, thể hiện một phần nhỏ lượng nước bị bay hơi. Khi nhiệt độ tiếp tục tăng, sự giảm khối lượng vẫn xảy ra nhưng chậm, trong khoảng nhiệt độ từ 100^{o}C đến 127,99^{o}C khối lượng HAP-2S giảm một lượng nhỏ khoảng 5% khối lượng, chứng tỏ HAP-2S có khả năng chịu nhiệt lên tới 127,99^{o}C. Trong khoảng nhiệt độ từ 127,99^{o}C đến 373,95^{o}C, khối lượng giảm khoảng 40%, sự giảm khối lượng ở nhiệt độ này, là do các nhóm chức hữu cơ trên bề HAP-2S bắt đầu phân huỷ. Giai đoạn nhiệt độ tăng lên hơn 373,95^{o}C khối lượng giảm nhanh, chứng tỏ các hợp chất hữu cơ phân huỷ nhanh và kết thúc ở nhiệt độ khoảng 777,96^{o}C.

3.4. Đánh giá khả năng ứng dụng của HAP-2S và các phụ gia tương hợp trong tăng cường thu hồi dầu

3.4.1. Bơm ép nút polyme với thể tích 1 PV

- Thông tin chung về mẫu: Ký hiệu mẫu: BH-3. 2-1-4//1; Đá chứa: Miocene dưới, mỏ Bạch Hổ thuộc LD Vietsovpetro; Độ sâu, m: 2827,70.
- Các thông số của mẫu: Chiều dài, cm: 6,34; Đường kính, cm: 3,75; Độ rỗng, %: 20,48; Độ thấm khí, md: 234; Độ bão hòa nước dư, %: 21,54; Thể tích không gian rỗng, cm3: 14,10; Thể tích dầu ban đầu, cm3: 11,06.
- Động thái đẩy dầu bởi nước và polyme (CF#1)

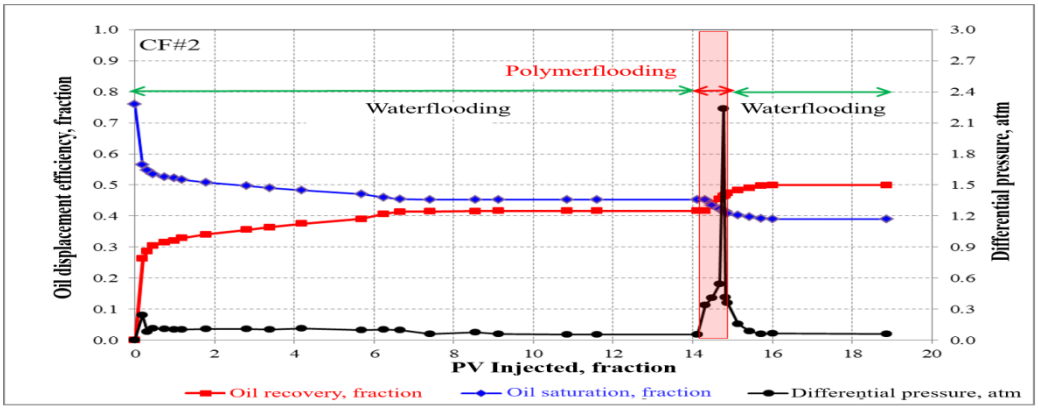


Hình 4. Động thái đẩy dầu bởi nước và polyme CF#1 (Vp = 1 PV)

Kết quả thí nghiệm: Độ thấm dầu ban đầu Kd, md: 14,00; Độ thấm nước sau bơm ép nước Kn1, md: 3,39; Độ thấm nước sau bơm ép polyme Kn2, md: 3,2; Hệ số phục hồi độ thấm nước sau bơm ép polyme (λKn), p.đ.v: 0,94; Hệ số đẩy dầu bởi bơm ép nước (η^1), p.đ.v: 0,3775; Hệ số đẩy dầu bởi bơm ép polyme (η^2), p.đ.v: 0,4650; Gia tăng hệ số đẩy dầu tuyệt đối ($\Delta\eta$tđ), p.đ.v: 0,088; Độ bão hòa dầu tàn dư sau bơm ép nước Sdd1, %: 49,10; Độ bão hòa dầu dư sau bơm ép polyme Sdd2, %: 42,29.

3.4.2. Bơm ép nút polyme với thể tích 0,75 PV

- Thông tin chung về mẫu: Ký hiệu mẫu: BH-8. 3-3-22; Đá chứa: Miocen dưới, mỏ Bạch Hổ thuộc LD Vietsovpetro; Độ sâu, m: 3067,10.
- Các thông số của mẫu: Chiều dài, cm: 4,92; Đường kính, cm: 4,95; Độ rỗng, %: 18,70; Độ thấm khí, md: 684,85; Độ bão hòa nước dư, %: 24,04; Thể tích không gian rỗng, cm3: 17,44; Thể tích dầu ban đầu, cm3: 13,25.
- Động thái đẩy dầu bởi nước và polyme (CF#2)

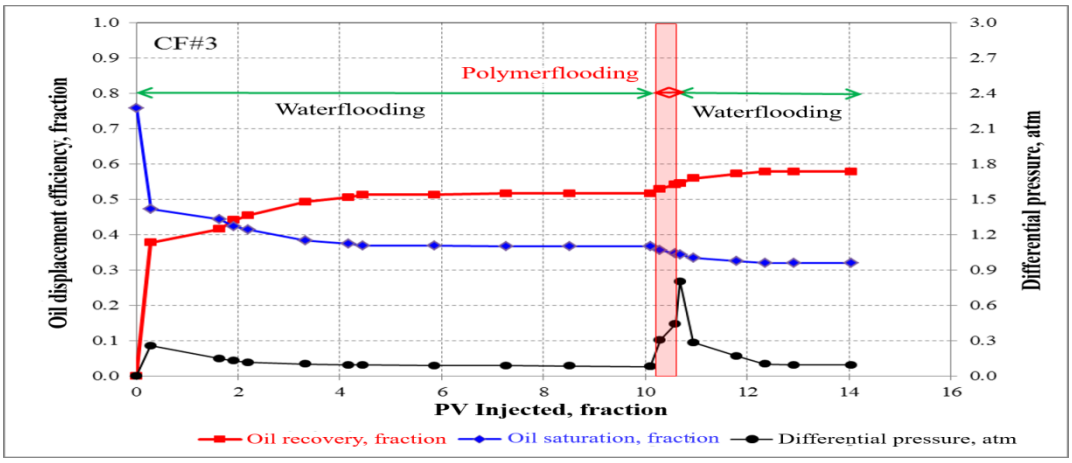


Hình 5. Động thái đẩy dầu bởi nước và polyme CF#2 (Vp = 0,75 PV)

Kết quả thí nghiệm: Độ thấm dầu ban đầu Kd, md: 56,05; Độ thấm nước sau bơm ép nước Kn1, md: 7,06; Độ thấm nước sau bơm ép polyme Kn2, md: 6,36; Hệ số phục hồi độ thấm nước sau bơm ép polyme (λKn), p.đ.v: 0,91; Hệ số đẩy dầu bởi bơm ép nước (η^1), p.đ.v: 0,4164; Hệ số đẩy dầu bởi bơm ép polyme (η^2), p.đ.v: 0,4994; Gia tăng hệ số đẩy dầu tuyệt đối (Δηtđ), p.đ.v: 0,083; Độ bão hòa dầu dư sau bơm ép nước Sdd1, %: 45,17; Độ bão hòa dầu dư sau bơm ép polyme Sdd2, %: 39,04.

3.4.3. Bơm ép nút polyme với thể tích 0,5 PV)

- Thông tin chung về mẫu: Ký hiệu mẫu: BH-8. 3-1-15//2; Đá chứa: Miocen dưới, mỏ Bạch Hổ thuộc LD Vietsovpetro; Độ sâu, m: 3065,2.
- Các thông số của mẫu; Chiều dài, cm: 4,78; Đường kính, cm: 5,0; Độ rỗng, %: 19,23; Độ thấm khí, md: 835,74; Độ bão hòa nước dư, %: 24,17; Thể tích không gian rỗng, cm3: 17,74; Thể tích dầu ban đầu, cm3: 13,45.
- Động thái đẩy dầu bởi nước và polyme (CF#3)



Hình 6. Động thái đẩy dầu bởi nước và polyme CF#3 (Vp = 0,5 PV)

Kết quả thí nghiệm: Độ thấm dầu ban đầu Kd, md: 37,6; Độ thấm nước sau bơm ép nước Kn1, md: 9,1; Độ thấm nước sau bơm ép polyme Kn2, md: 7,7; Hệ số phục hồi độ thấm nước sau bơm ép polyme (λKn), p.đ.v: 0,84; Hệ số đẩy dầu bởi bơm ép nước (η^1), p.đ.v: 0,5166; Hệ số đẩy dầu bởi bơm ép polyme (η^2), p.đ.v: 0,5785; Gia tăng hệ số đẩy dầu tuyệt đối (Δηtđ), p.đ.v: 0,062; Độ bão hòa dầu dư sau bơm ép nước Sdd1, %: 36,69; Độ bão hòa dầu dư sau bơm ép polyme Sdd2, %: 32,0.

4. Kết luận

- Đã chế tạo được polyme ưa-kỵ nước bằng phương pháp trao đổi muối của HPAM đã được hoạt hoá với lượng thiếu: muối amino bậc 4: N-lauryl-N,N-dimetyl-N-benzyl-amoni clorit, được khảo sát trên cơ sở các kết quả đo FT-IR, TG;

- Đã lựa chọn tỷ lệ thành phần tối ưu của nhóm kỵ nước/PAM trong khoảng 0,1-0,6 mol% để tạo ra hệ polyme HAP-2S với nồng độ từ 2000-5000ppm vừa tan trong nước, vừa tan một phần trong dầu, có độ nhớt phù hợp với dầu tầng Miocene hạ của mỏ Bạch Hổ (2-5 cP);

- Đã khảo sát khả năng chịu nhiệt của HAP-2S, thấy rằng hệ polyme này có khả năng chịu được nhiệt độ từ 110^{o}C đến 127,99^{o}C;

- Đã thử nghiệm trên mẫu lõi BH-8 tại vỉa của mỏ Bạch Hổ thuộc LD Vietsovpetro, kết quả cho thấy: hệ số đẩy dầu tuyệt đối của polyme so với nước bơm ép, gia tăng từ 6,2% (với mẫu Vp = 0,5 PV) đến 8,8% (với mẫu Vp = 1 PV).

Tài liệu tham khảo

Glass JE., 1999. *Associative polimes in aqueous media,* ACS Symposium Series 753. Washington, DC: American Chemical Society.

Glass JE., 1996. *Hydrophilic polimes: performance with environmental acceptability,* Advances in Chemistry Series 248. Washington, DC: American Chemical Society, 1996.

Glass JE., 1989. *Polimes in aqueous solution: performance through association*, Advances in Chemistry Series 223. Washington, DC: Amer- ican Chemical Society.

Glass JE., 1986. *Water-soluble polimes: beauty with performance*, Advances in Chemistry Series 213. Washington, DC: American Chemical Society.

Nguyễn Hữu Trung và nnk, 1996 "*Nghiên cứu khả năng ứng dụng phức hệ Polyme để bơm ép trong móng nứt nẻ tại các giếng khoan ở thềm lục địa Việt Nam nhằm nâng cao hệ số thu hồi dầu khí"*, Viện Dầu khí Việt Nam.

Phạm Trường Giang, Trần Đình Kiên, Hoàng Linh, Đinh Đức Huy, Trần Xuân Quý, Phan Vũ Anh, Phạm Chí Đức, Lê Thế Hùng, Phạm Văn Tú, Trần Đăng Tú, Vương Việt Nga và Lưu Đình Tùng, 2018. Đánh giá khả năng và xây dựng kế hoạch thử nghiệm bơm ép polime cho tầng Miocene dưới mỏ Bạch Hổ nhằm nâng cao hệ số thu hồi dầu, *Tạp chí Dầu khí*, Số 8, trang 44 - 52.

Schulz DN, 1991. *Glass JE. Polimes as rheology modifiers*, ACS Sympo- sium Series 462. Washington, DC: American Chemical Society.

ABSTRACT

Research on the fabrication of hydrophilic-hydrophobic polymer systems for application in enhancing oil recovery of the lower Miocene layer of Vietnam

Nguyen Van Canh[1,*], Cong Ngoc Thang[2], Nguyen Tran Hung[1]

[1]*Institute of Chemistry and Materials, Institute of Military Science and Technology*

[2]*Hanoi University of Mining and Geology*

The chemical system based on hydrophilic-hydrophobic polymer (HAP-Hydroforbically Associating polyacrylamide) is both soluble in water and partially soluble in oil. This chemical system has the ability to limit the adsorption of chemicals on the surface of the reservoir rock and release a large amount of oil on the surface of the reservoir rock, helping to increase the sweep coefficient, create an oil-push profile, thereby increasing the oil recovery coefficient, because they have the ability to reduce the rheology in the seawater solution. The enhanced oil recovery of HAP is due to the effect of turbulence in the fluid at the injection wells, creating a physical elastic effect, caused by molecules and creating the association of oil-loving hydrocarbons during the flow in the reservoir environment. The chemical system is applied to the injection of the lower Miocene layer of Vietnam, because the temperature in the lower Miocene layer is less than 130^{o}C, the viscosity of oil in this layer is less than 5cP. There are 2 methods for preparing Hydroforbically Associating Polyacrylamide: Method 1: partially hydrolyzed polyacrylamide (Hydrolyzed Polyacrylamide - HPAM), which is attached with a hydrophobic group by the alkylation mechanism using a catalyst and Method 2: performing a salt exchange reaction of activated HPAM with a deficient amount of quaternary amino salt. In this paper, the authors present Method 2. The results show that the absolute oil displacement coefficient of the polymer compared to the injected water increased from 6.2% (with sample Vp = 0.5 PV) to 8.8% (with sample Vp = 1 PV).

Keywords: hydrophilic-hydrophobic polymer; enhanced oil recovery; HPAM; HAP

Giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả xử lý sản phẩm khai thác trên tàu FPSO LAM SƠN trong giai đoạn suy giảm sản lượng hiện nay

Hoàng Anh Dũng[1,*]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

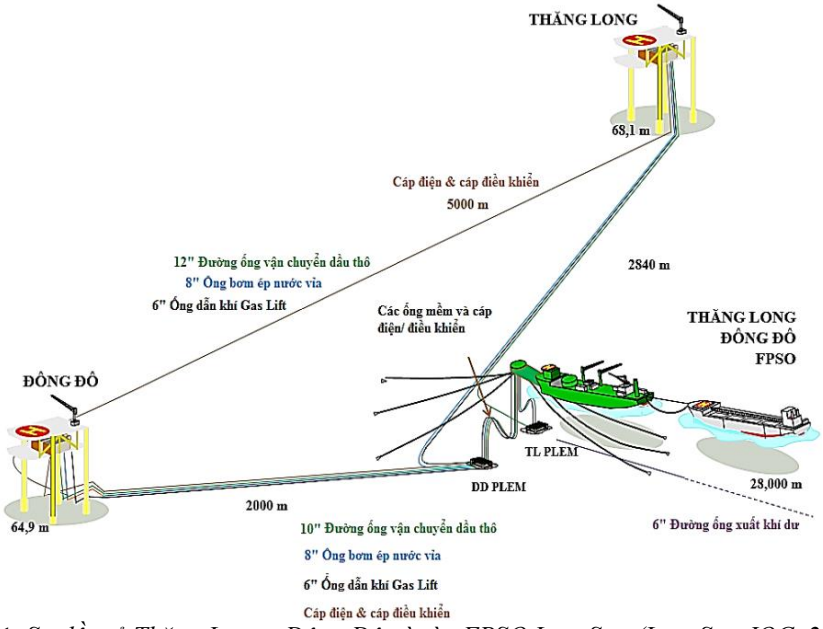
Tàu FPSO Lam Sơn được thiết kế với khả năng xử lí 18.000 thùng dầu một ngày đêm và 13.000 thùng nước một ngày đêm. Tàu tiếp nhận sản phẩm khai thác từ các giếng của mỏ Thăng Long - Đông Đô. Sau một thời gian khai thác một số giếng đã bị ngập nước nghiêm trọng, hàm lượng nước trong sản phẩm khai thác vượt giới hạn cho phép dẫn đến hiện tượng tắc nghẽn hệ thống xử lý nước trên tàu, làm ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng dầu thô xuất bán. Trên cơ sở phân tích quá trình vận hành trên tàu FPSO Lam Sơn, tác giả đề xuất giải pháp lắp đặt thêm bình Slug Catcher trước bình HP Separator nhằm ổn định dòng chất lưu đầu vào và ổn định được dòng chất khí cấp cho máy nén khí. Đồng thời, để khắc phục hiện tượng tuyến ống xả nước khai thác đã qua xử lý xuống biển bị tắc nghẽn, tiến hành thay thế bằng tuyến ống mới có ít đoạn gấp khúc hơn và dễ dàng tháo lắp sẽ mang lại hiệu quả kinh tế - kĩ thuật tốt, nâng cao được công suất xử lý, tiết kiệm được hóa chất xử lý và đảm bảo chất lượng đầu ra của dầu thương phẩm. Việc tiến hành đồng bộ các giải pháp này giúp duy trì thời gian vận hành liên tục, nâng cao được hiệu quả làm việc của hệ thống công nghệ xử lý sản phẩm khai thác trên tàu FPSO Lam Sơn.

Từ khóa: Tàu FPSO; xử lý sản phẩm khai thác; lắp đặt tuyến ống

1. Tổng quan về mỏ Thăng Long - Đông Đô và tàu FPSO Lam Sơn

Mỏ Thăng Long - Đông Đô bao gồm: Giàn đầu giếng Thăng Long cách tàu chứa dầu FPSO Lam Sơn khoảng 2,48 km, mực nước sâu xấp xỉ 65m và Giàn đầu giếng Đông Đô cách tàu chứa dầu FPSO khoảng 2,0 km, mực nước sâu xấp xỉ 63m (Lam Son JOC, 2013)

Dòng sản phẩm dầu khí khai thác từ 2 giàn đầu giếng sẽ được vận chuyển bằng đường ống ngầm về tàu chứa dầu FPSO Lam Sơn để tách nước và khí đảm bảo tiêu chuẩn dầu thương phẩm để xuất bán.



Hình 1. Sơ đồ mỏ Thăng Long - Đông Đô và tàu FPSO Lam Sơn (Lam Son JOC, 2013)

* *Tác giả liên hệ*
Email: hoanganhdung@humg.edu.vn

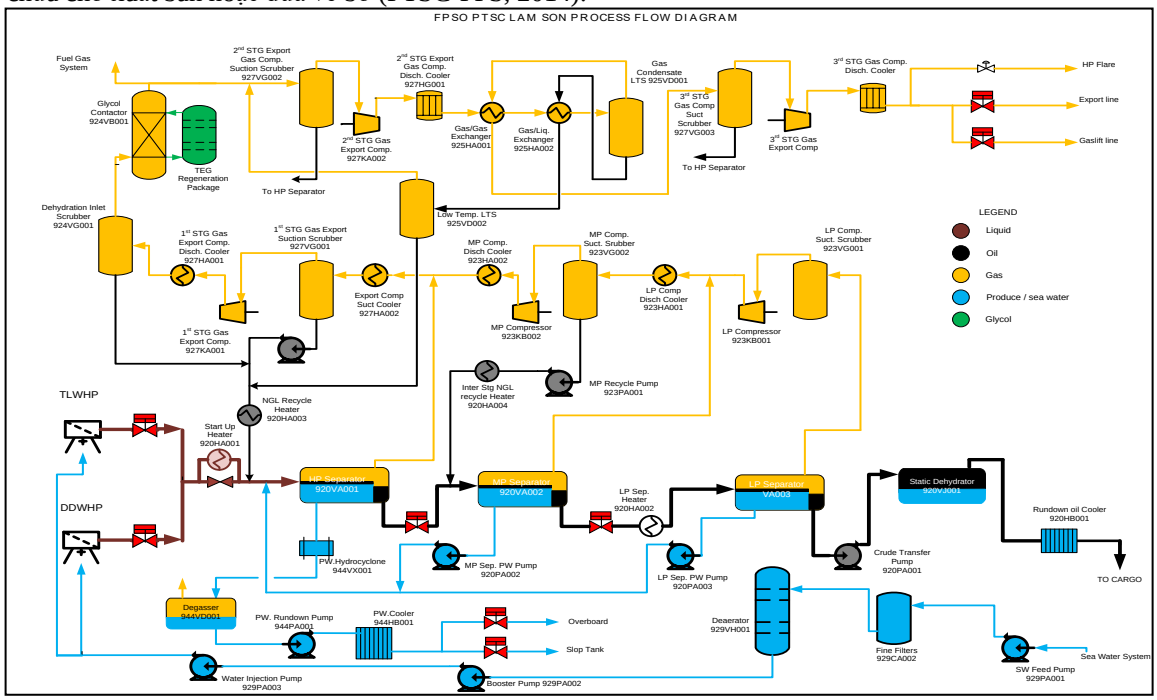


Hình 2. Tuyến ống vận chuyển nước khai thác bị đóng cặn

Trong quá trình xử lý sản phẩm khai thác trên tàu chứa dầu FPSO Lam Sơn do một số giếng bị ngập nước dẫn đến hàm lượng nước trong sản phẩm khai thác tăng lên vượt quá khả năng làm việc của hệ thống xử lý nước được thiết kế từ trước nên đã xảy ra hiện tượng đóng cặn (scaling) trong hệ thống đường ống trên tàu chứa FPSO, đặc biệt là đường ống vận chuyển nước đã qua xử lý để thải xuống biển bị đóng cặn nghiêm trọng, công suất xử lý theo thiết kế ban đầu khoảng 90 m^3/h giảm xuống còn khoảng 60 m^3/h, ảnh hưởng đến hiệu quả xử lý sản phẩm khai thác trên tàu chứa FPSO Lam Sơn (Petrotimes, 2021).

2. Sơ đồ công nghệ xử lý sản phẩm khai thác dầu khí trên tàu FPSO Lam Sơn

Hệ thống xử lý dầu thô làm nhiệm vụ tiếp nhận dòng sản phẩm dầu khí lấy từ vỉa của mỏ Thăng Long - Đông Đô đi qua chuỗi các bình tách, thiết bị gia nhiệt... để xử lý thành dầu thương phẩm và đưa xuống bể chứa chờ xuất bán hoặc đưa về bờ (PTSC-PPS, 2014).



Hình 3. Sơ đồ công nghệ xử lý sản phẩm khai thác trên tàu FPSO Lam Sơn

Dòng sản phẩm khai thác từ hai giàn đầu giếng đi vào thiết bị gia nhiệt (Start-up Heater 920HA001) để gia nhiệt lên 60^0C bằng hơi nóng trước khi đi vào bình tách ba pha cao áp HP (HP Separator 920VA001) để tách thành 3 pha nước, dầu, khí. Dầu sẽ đi tiếp vào bình tách ba pha trung áp MP (MP Separator 920VA002) tiếp tục tách dòng chất lỏng thành ba pha nước, dầu, khí. Dầu đi ra khỏi bình tách (MP) sẽ qua thiết bị gia nhiệt thấp áp (LP Sep.Heater 920HA002) để tiếp tục gia nhiệt lên 70^0C trước khi vào bình tách ba pha thấp áp LP (LP Separator VA003) tiếp tục tách dòng chất lỏng thành ba pha dầu, khí, nước. Pha dầu sau khi ra khỏi bình tách thấp áp (LP) sẽ được bơm dầu (Crude Transfer Pump 920PA01) bơm vào bình tách tĩnh điện (Stalic Dehydrator 920VJ001) để tiếp tục tách thành 2 pha nước và dầu bằng phương pháp điện trường. Sau đó dầu sẽ tiếp tục đi vào thiết bị làm mát (Rundown Oil Cooler 920HP001) để hạ nhiệt độ của dầu xuống 60^0C và cuối cùng dầu được đưa xuống bồn chứa (tank) để xuất bán.

Khí từ bình tách cao áp đi vào thiết bị tách lọc khí Demister nằm ở trên đỉnh của bình tách 3 pha cao áp HP có nhiệm vụ tách và đưa chất lỏng bị cuốn theo dòng khí về lại bình tách HP, rồi vào thiết bị làm mát khí tiếp liệu (Export Compressor Suction Cooler) để làm mát, sau đó đi vào bình lọc khí cao áp (1st stage Inlet Scrubber) để tách lại pha lỏng trước khi đi vào cấp 1 của máy nén khí Gas Export Compressor. Khí từ bình tách trung áp (MP) sẽ được đưa tới hệ thống nén khí thấp áp MPCompressor của cụm LP-MP Compressor. Khí từ bình tách thấp áp (LP) được đưa vào hệ thống nén khí thấp áp LPCompressor. Khí từ cụm nén khí LP-MP Compressor sẽ cùng hòa với khí tách từ bình cao áp (HP) để gia tăng lượng khí có tỉ trọng nặng cung cấp cho máy nén khí Export Gas Compressor.

Nước từ bình tách cao áp HP sẽ được đưa vào bình tách hai pha lỏng khí Degasser 944VD001 để tách pha khí bị cuốn theo pha lỏng rồi đưa lên khu vực xử lý khí, còn pha lỏng sẽ được bơm PW.Rundown Pump 944PA01 bơm vào thiết bị làm mát PW.Cooler 944HB001 rồi đưa đến bể chứa nước nếu đạt tiêu chuẩn (hàm lượng dầu trong nước <40 ppm) thì sẽ xả xuống biển. Nước tách ra từ bình tách trung áp (MP) và bình tách thấp áp (LP) sẽ được bơm quay về bình tách cao áp (HP) để tiếp tục quy trình xử lý lại dòng sản phẩm khai thác cho đến khi đạt được yêu cầu đã đề ra.

3. Hệ thống xử lý nước trên tàu FPSO Lam Sơn

Hệ thống xử lý nước được thiết kế để xử lý nước tách ra từ các bình tách HP, MP, LP thành nước đạt tiêu chuẩn nước bơm ép để ép xuống vỉa hoặc đạt tiêu chuẩn nước thải để xả xuống biển (nước khai thác sau khi xử lý cho phép xả xuống biển với hàm lượng dầu còn lại trong nước < 40ppm). Hệ thống xử lý nước có nhiệm vụ thu hồi phần dầu, khí hoặc chất rắn còn lại trong nước khai thác trước khi thải xuống biển. Phần dầu, khí thu hồi được bơm trở lại hệ thống công nghệ để xử lý lại.

Nước được tách ra khỏi dầu tại bình tách trung áp MP và bình tách thấp áp LP sẽ được bơm quay trở lại bình tách cao áp HP thông qua hai bơm nước 920PA002 và 920PA003. Tại đây, nước được đưa về thiết bị xử lý Hydrocylones 944VX001 với áp suất khoảng 8barg. Sau đó nước được đưa tới bình Degasser 944VD001(DGF) có thiết bị educator có tác dụng tách ra những bọt khí cực nhỏ với kích thước micro sẽ dính với các giọt dầu và kéo theo các giọt dầu này nổi lên khu vực phần trên của bình tách DGF và được đưa lên khu vực xử lý khí, còn pha nước sẽ được bơm 944PA001 bơm vào thiết bị làm mát PW Cooler 944HB001 là bước xử lý cuối cùng trước khi xả thải xuống biển. Nếu hàm lượng dầu trong nước vượt quá ngưỡng 40 ppm thì sẽ được đưa xuống bồn chứa (slop tank) để bơm trở lại bình tách 3 pha cao áp HP để xử lý lại theo một chu trình khép kín.

Thiết bị xoáy thủy lực Hydrocylones 944-VX-001 là thiết bị tách 2 pha chất lỏng không hòa tan dùng để xử lý nước được tách ra từ bình tách cao áp HP với nguyên lý tách trọng lực kết hợp với lực ly tâm, hàm lượng dầu trong nước ở đầu ra Hydrocyclone phụ thuộc nhiều vào sự thay đổi nhiệt độ của bình tách và đặc trưng của nhũ tương dầu-nước. Thông thường, hàm lượng dầu trong nước sau khi ra khỏi Hydrocyclone khoảng từ 40-100 ppm, sau đó hàm lượng dầu dư còn lại trong nước sẽ được tách ra tiếp ở trong bình DGF đến khi chất lượng nước đạt yêu cầu để xả xuống biển

Bình khử khí Degasser 944VD001 là bình tách nằm ngang có tác dụng tách khí và xử lý thứ cấp nước khai thác từ thiết bị xoáy thủy lực Hydrocylones 944VX001 đưa xuống. Nước tách ra sẽ được bơm ly tâm 944PA001 đưa đến thiết bị làm mát PW.Cooler 944HB001 để hạ nhiệt độ của nước xuống khoảng 40^0C trước khi xả xuống biển nếu đáp ứng đầy đủ các chỉ tiêu bảo vệ môi trường hoặc đưa đến bồn chứa để bơm quay lại xử lý tiếp nếu chưa đạt yêu cầu (Trần, 2019).

4. Giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả xử lý sản phẩm khai thác trên tàu FPSO LAM SƠN trong giai đoạn suy giảm sản lượng hiện nay

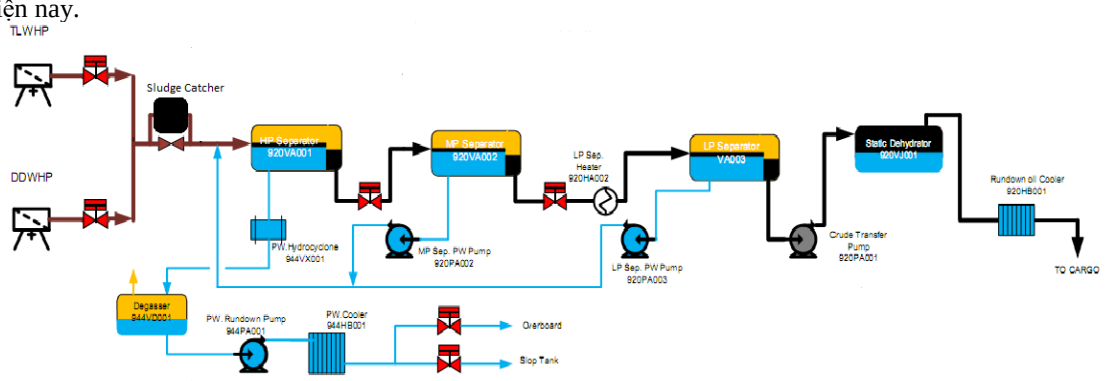
Trong giai đoạn hiện nay đa phần các giếng khai thác dầu khí trên 2 giàn đầu giếng Thăng Long và Đông Đô đều bị ngập nước, thậm chí có giếng hàm lượng nước trong dòng sản phẩm khai thác chiếm tới gần 80%. Chính vì vậy, sơ đồ công nghệ xử lý trên tàu chứa FPSO Lam Sơn không còn đáp ứng được yêu cầu về các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật do lượng nước nhiều nên việc xử lý gặp nhiều khó khăn dẫn đến hiện tượng đóng cặn (scaling) trên đường ống đặc biệt là tuyến ống xử lý nước khai thác đã bị tắc nghẽn nghiêm trọng. Đồng thời, khi dòng sản phẩm đưa về bình tách cao áp HP Separator thay đổi tỷ lệ dầu - nước - khí đã dẫn đến hiện tượng surging (xung động) làm ảnh hưởng đến khả năng cung cấp khí đồng hành cho máy nén khí hoạt động (Hoàng và nnk, 2016). Khi dòng khí đầu vào cung cấp cho máy nén khí không ổn định, dẫn đến việc máy nén khí bị dừng liên tục trong quá trình khai thác dầu bằng phương pháp gaslift đã ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả của quá trình khai thác dầu khí trên 2 giàn đầu giếng Thăng Long và Đông Đô. Vì vậy, cần phải nghiên cứu tìm ra giải pháp hợp lý để giải quyết vấn đề tồn tại này nhằm nâng cao hiệu quả xử lý dòng sản phẩm dầu khí trên tàu FPSO Lam Sơn trong giai đoạn hiện nay đó là ổn định dòng sản phẩm đầu vào bình tách cao áp HP Separator và cải tiến hệ thống xử lý nước khai thác trước khi xả xuống biển.

4.1. Giải pháp ổn định dòng sản phẩm đầu vào bình tách cao áp HP Separator

Việc ổn định dòng sản phẩm đầu vào bình tách cao áp HP Separator, hạn chế hiện tượng xung động dòng sản phẩm dầu khí từ giàn đầu giếng vào bình tách cao áp HP trong giai đoạn hiện nay là rất cần thiết. Đặc biệt đối với công tác khai thác dầu bằng gaslift thì áp suất đầu vào của máy nén khí ổn định sẽ nâng cao được công suất nén, đảm bảo được hiệu suất và thời gian làm việc của máy nén khí. Đối với mỏ dầu Thăng Long - Đông Đô, do thiết kế tại giàn Thăng Long và giàn Đông Đô đều có giếng dầu sử dụng phương pháp khai thác gaslift, nên áp suất khí nén gaslift cần được duy trì liên tục để cung cấp cho máy nén khí nhằm thu hồi tối đa trữ lượng dầu hiện có trong mỏ.

Trong quá trình khai thác thì hiện tượng surging thường xuyên xảy ra trong quá trình vận chuyển dòng chất lưu từ các giàn đầu giếng đến FPSO Lam Sơn để xử lý. Khi dòng sản phẩm đưa về bình tách cao áp HP Separator, lượng khí đồng hành tách ra không đủ cấp cho máy nén khí hoạt động sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình vận hành và có thể gây ra hiện tượng dừng máy nén khí đột ngột. Để khắc phục hiện tượng này, đề xuất lắp một bình Slug Catcher trước bình HP Separator để ổn định dòng sản phẩm đầu vào bình tách cao áp HP Separator.

Khi lắp đặt thêm bình Slug Catcher trước bình HP Separator để ổn định dòng sản phẩm đầu vào bình tách cao áp, sẽ nâng cao được công suất xử lý, đảm bảo chất lượng dầu xuất bán, ổn định được dòng chất khí cấp cho máy nén khí và duy trì thời gian vận hành liên tục của hệ thống công nghệ xử lý sản phẩm khai thác trên tàu chứa FPSO Lam Sơn nhằm nâng cao hiệu quả làm việc của tàu chứa trong giai đoạn hiện nay.



Hình 4. Sơ đồ vị trí lắp đặt thêm bình Slug Catch

4.2. Giải pháp lắp đặt mới đoạn ống xả nước xuống biển

Theo sơ đồ công nghệ trên tàu chứa FPSO Lam Sơn thì hệ thống xử lý nước với công suất xử lý theo thiết kế khoảng 90m^3/h. Tuy nhiên, do hiện tượng đóng cặn (scaling) trong hệ thống đường ống xử lý nước khai thác, cho nên hiện tại chỉ có thể xử lý được khoảng 60 m^3/h. Nguyên nhân chính của hiện tượng đóng cặn là do hàm lượng Ca^{2+} tăng cao kết hợp với việc sử dụng hóa chất H_2S Scavenger với nồng độ cao tại mỏ dẫn đến phần lớn cặn tại mỏ là $CaCO_3$ với tốc độ đóng cặn rất nhanh dẫn đến chu kỳ làm sạch tuyến ống bị rút ngắn.



Hình 5. Hình ảnh tuyến ống vận chuyển nước khai thác cũ



Hình 6. Hình ảnh tuyến ống nước khai thác sau khi thay thế lắp mới

Để quá trình xử lý vận hành tốt thì hệ thống đường ống vận chuyển nước khai thác đã qua xử lý cần phải được làm sạch cặn. Giai đoạn đầu của quá trình khai thác việc làm sạch đường ống bằng cách tháo từng đoạn ống ra để vệ sinh trực tiếp hoặc sử dụng hóa chất làm sạch cặn (Descaling liquid với thành phần chính là acid HCL & HNO_3) để tẩy rửa tuyến ống nhưng trong giai đoạn hiện nay do tốc độ đóng cặn nhanh nên việc làm sạch tuyến ống phải tiến hành thường xuyên hơn. Tuy nhiên, tuyến ống với nhiều đoạn khúc khuỷu gấp khúc liên tục nên việc tháo từng đoạn ống để vệ sinh trực tiếp mất rất nhiều thời gian, còn việc sử dụng hóa chất Descaling Liquid chạy tuần hoàn để loại trừ cặn cũng giảm hiệu quả do tốc độ đóng cặn nhanh đã ảnh hưởng không nhỏ đến hoạt động của tàu chứa FPSO Lam Sơn.

Chính vì vậy, giải pháp đưa ra là thay thế tuyến ống vận chuyển nước khai thác cũ bằng tuyến ống mới với đường đi mới, được lắp đặt có ít đoạn gấp khúc hơn và ở vị trí dễ tháo lắp trong quá trình làm sạch tuyến ống. Sau khi đưa tuyến ống mới vào sử dụng sẽ mang lại hiệu quả kinh tế - kĩ thuật tốt đáp ứng được yêu cầu về công suất xử lý nước khai thác, tiết kiệm được hóa chất và đảm bảo chất lượng dầu thương phẩm, nâng cao được hiệu quả làm việc của tàu chứa FPSO Lam Sơn.

5. Kết luận

Tàu FPSO LAM SON được thiết kế với khả năng xử lí 18000 thùng dầu một ngày đêm và 13000 thùng nước một ngày đêm. Sau một thời gian khai thác một số giếng đã xảy ra hiện tượng ngập nước dẫn đến khả năng xử lí dòng sản phẩm đầu vào không còn đảm bảo như yêu cầu đề ra và làm ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng dầu thô xuất bán. Vì vậy, việc nghiên cứu đưa ra các giải pháp nhằm nâng cao khả năng xử lí dòng sản phẩm đầu vào và hạn chế hiện tượng surging là một yêu cầu cấp thiết cho tàu FPSO LAM SON nhằm đảm bảo chất lượng dầu thương phẩm sau khi xử lí cũng như đảm bảo kế hoạch phát triển mỏ đã đề ra. Kết quả nghiên cứu đưa ra hai giải pháp đó là:

- Lắp đặt thêm bình Slug Catcher trước bình HP Separator để ổn định dòng chất lưu sẽ nâng cao được công suất xử lý, đảm bảo chất lượng dầu xuất bán, ổn định được dòng chất khí cấp cho máy nén khí và duy trì thời gian vận hành liên tục của hệ thống công nghệ xử lý sản phẩm khai thác trên tàu FPSO Lam Sơn

- Tiến hành việc thay thế tuyến ống xả nước khai thác đã qua xử lý xuống biển đang bị tắc nghẽn bằng tuyến ống mới với đường đi mới, có thể dễ dàng tháo lắp, vệ sinh khi cần thiết sẽ mang lại hiệu quả kinh tế - kĩ thuật tốt nhờ duy trì được công suất xử lí, tiết kiệm được hóa chất và đảm bảo chất lượng dầu thương phẩm.

Thông qua việc thay thế tuyến ống xả nước khai thác đã ổn định được khả năng xử lý pha nước của hệ thống công nghệ và duy trì thời gian vận hành liên tục máy nén khí khi lắp đặt thêm bình Slug Catcher trước bình HP Separator để ổn định dòng chất lưu đầu vào giúp nâng cao sản lượng khai thác dầu, đảm bảo chất lượng dầu thương phẩm, tính ổn định của toàn bộ hệ thống, đã góp phần hoàn thiện thêm cho hệ thống công nghệ xử lí sản phẩm khai thác trên tàu FPSO Lam Sơn.

Tài liệu tham khảo

Hoàng Anh Dũng, Trần Văn Bản, Triệu Hùng Trường, Lê Đức Vinh, 2016. *Thiết bị khai thác dầu khí*, NXB Khoa học và kỹ thuật

PTSC-PPS, 2014. *Bản vẽ chi tiết thiết bị (As-built) tàu FPSO Lam Sơn*

Lam Son JOC, 2013. *Thang Long and Dong Do FEED flow assurance study phase 2 & phase 2A*

Trần Đức Vinh, 2019. *Nghiên cứu giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả xử lý sản phẩm khai thác trên tàu FPSO PTSC Lam Sơn trong giai đoạn hiện nay*. Luận văn Thạc Sỹ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Hà Nội.

ABSTRACT

Solutions to improve processing efficiency of exploited products on the FPSO LAM SON vessel from depleted oil fields

Hoang Anh Dung[1]

[1] *Hanoi University of Mining and Geology*

FPSO Lam Son vessel is designed to process 18,000 barrels of oil per day and 13,000 barrels of water per day. The vessel receives products from oil wells of Thang Long - Dong Do fields. After a period of production, some wells were seriously flooded and the water cut content in the exploited products exceeded the allowable limit, leading to blockage of the water treatment system on the vessel, directly affecting the quality of crude oil for sale. Based on the analysis of the operation process on the FPSO Lam Son vessel, the author proposed installing an additional Slug Catcher before the HP Separator to stabilize the inlet fluid flow and the gas flow supplied to the air compressor. At the same time, to overcome the phenomenon of the pipeline discharging treated water into the sea being clogged, replacing it with a new pipeline with fewer bends and easy disassembly will bring good economic and technical efficiency, increase the processing capacity, save treatment chemicals and ensure the output quality of commercial oil. These solutions help maintain continuous operating time and improve the working efficiency of the product processing technology system on the FPSO Lam Son vessel.

Keywords: FPSO vessel; product processing; pipeline installation

Đánh giá các mô hình trọng lực biển toàn cầu bằng số liệu trọng lực đo thành tàu tại vùng biển Đông Nam

Trần Tuấn Dương[1,*], Nguyễn Quang Minh[1], Trần Trọng Lập[1]
[1]*Viện Địa chất và Địa vật lý biển, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

TÓM TẮT

Bài báo thể hiện kết quả so sánh số liệu trọng lực của ba mô hình trọng lực biển toàn cầu gồm: DTU21GRA, V32.1 và SDUST2021GRA với số liệu trọng lực đo thành tàu nhằm đánh giá độ chính xác của các mô hình trên khu vực vùng biển Đông Nam Việt Nam. Đầu tiên, nhóm tác giả so sánh ba mô hình trọng lực biển toàn cầu với nguồn số liệu trọng lực đo thành tàu, mô hình V32.1 cho kết quả độ lệch chuẩn (Std) và độ lệch bình phương trung bình (RMSE) thấp nhất. Sau đó, tiến hành so sánh số liệu của ba mô hình trọng lực biển toàn cầu với số liệu trọng lực thành tàu ở các độ sâu đáy biển khác nhau, kết quả cho thấy: Ở độ sâu từ 0÷500 m, mô hình SDUST2021GRA cho kết quả Std. và RMSE nhỏ nhất, ở độ sâu từ 500÷2000m mô hình V32.1 cho Std và RMSE thấp hơn hai mô hình SDUST2021GRA và DTU21GRA, ở độ sâu lớn hơn 2000m, mô hình DTU21GRA cho kết quả tốt nhất.

Từ khóa: Mô hình trọng lực biển toàn cầu; Biển Đông Nam Việt Nam; Trọng lực thành tàu

1. Giới thiệu chung

Đo cao vệ tinh cung cấp những thông tin toàn diện nhất về trường trọng lực biển có sai số tương đối nhỏ so với số liệu trọng lực đo trực tiếp trên biển (Shengjun Zhang và nnk, 2017). Trường trọng lực biển bắt nguồn từ phép đo độ cao vệ tinh, nguồn số liệu chứa nhiều thông tin quan trọng cần thiết cho nhiều nghiên cứu khoa học địa chất biển. Từ năm 2010, một loạt nhiệm vụ đo cao vệ tinh đã bắt đầu cung cấp dữ liệu trọng lực, số liệu này được tạo ra có phạm vi phủ sóng toàn cầu và chất lượng cao, sánh ngang với các phép đo trọng lực trực tiếp trên biển (trọng lực thành tàu) ở một số khu vực. Kết quả là, các mô hình trọng lực biển toàn cầu có độ phân giải cao đã được cải thiện đáng kể. Trên thế giới hiện nay có rất nhiều các mô hình trọng lực biển toàn cầu. Các mô hình này đạt mạng lưới số liệu 1'x1' và được cung cấp miễn phí, cùng với đó được cập nhật thường xuyên từ các nhiệm vụ đo cao vệ tinh mới (Andersen và nnk, 2019; Marks và nnk, 2013; Sandwell và nnk, 2009, 2021).

Trong địa vật lý, trọng lực là một trong những phương pháp hiệu quả nhằm nghiên cứu đặc điểm cấu trúc địa chất của Vỏ Trái đất. Đặc biệt, đối với các khu vực đại dương có độ sâu đáy biển lớn thì công tác thành lập các bản đồ địa chất gặp nhiều khó khan (Łyszkowicz và Bernatowicz, 2017). Việc xác định dị thường trọng lực biển bằng phương pháp đo trực tiếp sẽ cho kết quả có độ chính xác cao hơn phương pháp gián tiếp. Tuy nhiên, nếu sử dụng phương pháp đo trực tiếp với mật độ dày trên phạm vi lớn sẽ có chi phí cao và thời gian thực hiện sẽ kéo dài. Trong điều kiện đó, việc xác định dị thường trọng lực biển bằng phương pháp gián tiếp sẽ là giải pháp khả thi và có tính hiệu quả cao. Trên thế giới, có nhiều tác giả đã sử dụng số liệu đo cao vệ tinh để xác định dị thường trọng lực biển và xây dựng thành các mô hình trường trọng lực biển toàn cầu có độ phân giải cao (1'x1') như: DNSC08GRAV (2008); DTU10GRAV (2010); DTU13GRAV (2013); DTU15GRAV (2015); DTU17GRA (2017); DTU21GRA (2021); V8.1 (1998); V11.1 (2004); V16.1 (2006); V18.1 (2009); V20.1 (2012); V22.1 (2013); V24.1 (2016); V25.1 (2017); V26.1 (2018); V27.1 (2019); V28.1 (2019); V29.1 (2019); V30.1 (2020); V31.1 (2021); V32.1 (2022); SDUST2021GRA (2021);… Nhóm tác giả Girishbai và Bhadran (2018) đã chỉ ra rằng dữ liệu trọng lực từ đo cao vệ tinh là rất quan trọng và mang tính kinh tế cho các nghiên cứu cơ bản.

Năm 2009, Sandwell và Smith đã so sánh số liệu trọng lực đo thành tàu và số liệu từ mô hình trọng lực toàn cầu EGM2008 cho thấy sai số nằm trong khoảng từ ± 2,0mGal ở Vịnh Mexico đến ± 4,0mGal ở những khu vực có địa hình đáy biển gồ ghề. Sai số lớn nhất lên tới ± 20mGal ở đỉnh của các núi ngầm có kích thước lớn hẹp.

* *Tác giả liên hệ*
Email: ttduong.humg@gmail.com

Ở Việt Nam, chưa có nhiều các công trình sử dụng số liệu đo cao vệ tinh để xác định dị thường trọng lực cho vùng biển Việt Nam. Năm 2012, Nguyễn Văn Sáng đã xác định dị thường trọng lực từ số liệu đo cao vệ tinh ENVISAT với số liệu 10 chu kỳ, kết hợp với số liệu trọng lực đo trực tiếp cho Biển Đông đạt được độ chính xác khoảng ±6mGal. Đối với vùng biển Vịnh Bắc Bộ - Việt Nam, thì dị thường trọng lực biển được nhóm tác giả nội suy từ các mô hình trường trọng lực toàn cầu DTU10GRAV, DTU13GRAV, DTU15GRAV và so sánh với 58.989 điểm đo trọng lực trực tiếp thì độ lệch chuẩn đạt được tương ứng là: ±5,78mGal; ±5,71mGal và ±5,6mGal, với độ chính xác này thì khả năng ứng dụng kết quả xác định dị thường trọng lực từ các mô hình trường trọng lực biển toàn cầu đối với vùng biển vịnh Bắc bộ nói riêng và toàn bộ vùng biển của Việt Nam nói chung là chưa cao.

Năm 2019, Trần Tuấn Dũng và nnk đã sử dụng phương pháp LSC nhằm hiệu chỉnh số liệu dị thường trọng lực biển thu được từ đo cao vệ tinh dựa trên số liệu trọng lực thành tàu. Sau khi hiệu chỉnh, sai số bình phương trung bình giữa các dị thường trọng lực biển có nguồn gốc từ đo cao vệ tinh đã hiệu chỉnh và các dị thường trọng lực thành tàu được cải thiện từ ±9,358 đến ±1,208mGal (đối với số liệu đo cao vệ tinh trùng khớp với tuyến đo trọng lực thành tàu).

Năm 2020, Nguyễn Văn Sáng và nnk đã xác định dị thường trọng lực bằng số liệu đo cao vệ tinh tại vùng biển Vịnh bắc bộ-Việt Nam, độ lệch chuẩn giữa các dị thường trọng lực tính toán từ đo cao vệ tinh được cải thiện lên ±2,63mGal.

Năm 2022, Trần Tuấn Dương và nnk tiến hành hợp nhất số liệu trọng lực trên khu vực đới bờ Đông Bắc Việt Nam, số liệu trọng lực trên biển và đất liền đã được hiệu chỉnh kết nối tăng độ chính xác và độ phân giải. Sai số bình phương trung bình giữa dị thường trọng lực vệ tinh và dị thường trọng lực đo trực tiếp được cải thiện từ 8,233mGal lên đến 3,373mGal.

Gần đây nhất vào đầu năm 2023, Đỗ Văn Mong và nnk nghiên cứu trên Biển Đông, độ chính xác của các mô hình thế trọng trường Trái đất: EGM2008, EIGEN6-C4, GECO, SGG-UGM-1, XGM2019E và SGG-UGM-2 so với số liệu đo trọng lực trực tiếp bằng tàu (đánh giá theo độ lệch chuẩn) lần lượt là ±6,046 mGal, ±7,559 mGal, ±5,781 mGal, ±5,832 mGal, ±5,448 mGal, và ±5,236 mGal. Trong đó mô hình SGG-UGM-2 có độ chính xác cao nhất.

Như vậy, có thể thấy hiện nay đã có nhiều mô hình trọng lực được thành lậpTuy nhiên, việc cập nhật và đánh giá các mô hình này trên khu vực vùng biển Đông Nam Việt Nam là chưa có.

Khu vực nghiên cứu

Vùng nghiên cứu được chọn lựa là vùng biển nằm trong khung tọa độ 8°N-13°N và 106°E-113°E, vì 2 lý do chính như sau:

1. Đây là vùng biển có địa hình đa dạng phức tạp, có: sườn và thềm lục địa; đảo núi lửa…
2. Có nhiều nguồn số liệu trọng lực trên khu vực nghiên cứu.

2. Nguồn số liệu sử dụng và mô hình trọng lực biển troàn cầu

2.1. Nguồn số liệu trọng lực đo trực tiếp trên biển

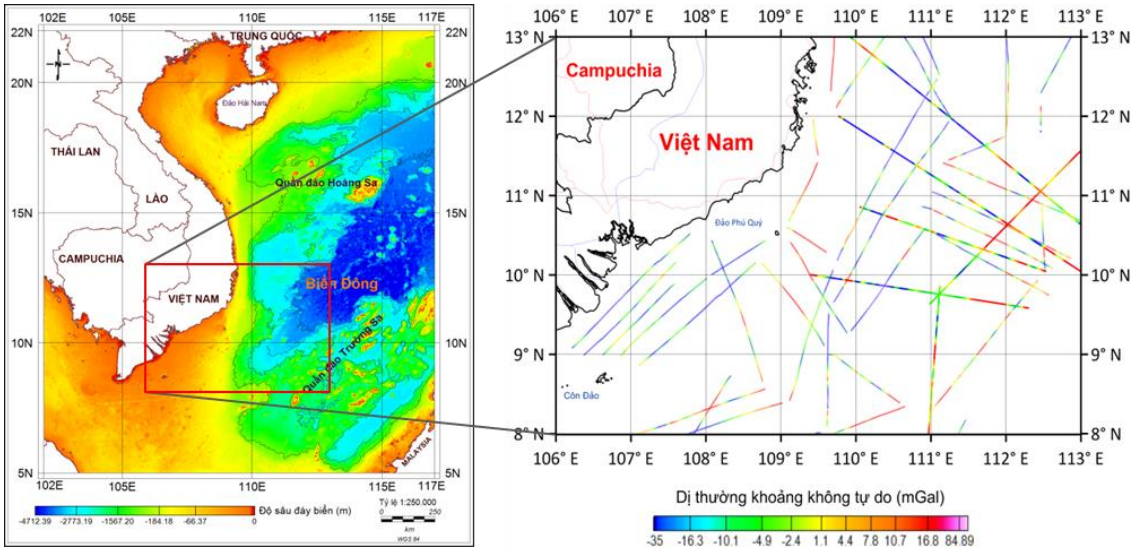
Số liệu dị thường trọng lực đo trực tiếp trên biển được thu thập từ nguồn số liệu trọng lực thành tàu từ các chuyến khảo sát Gagarinsky (đo đạc năm 1990, 1992) và CSL (đo đạc năm 2007, 2008).

Bảng 1. Thông số số liệu khu vực biển Đông Nam

Nguồn số liệu	Sốđiểm đo	Dị thường trọng lực lớn nhất (mGal)	Dị thường trọng lực nhỏ nhất (mGal)	Dị thường trọng lực trung bình (mGal)	Độ lệch chuẩn (Std) (mGal)
Số liệu trọng lực thành tàu	81.970	84,89	-35,00	1,21	14,80
DTU21GRA	97.231	119,17	-40,75	4,33	15,22
V32.1	123.552	138,32	-112,21	5,31	18,49
SDUST2021GRA	97.650	117,31	-41,50	4,31	14,91

Quan sát trên Bảng 1, các giá trị độ lệch chuẩn và giá trị dị thường trọng lực trung bình của mô hình trọng lực DTU21GRA lần lượt là 15,22mGal, 4,33mGal; của mô hình V32.1 lần lượt là 18,49mGal, 5,31mGal và của mô hình SDUST2021GRA lần lượt là 14,91mGal, 4,31mGal cho thấy tính tương đồng của hai mô hình DTU21GRA và mô hình SDUST2021GRA. Điều này có lẽ là do trên thực tế cả hai mô hình đều được xây dựng từ cùng một dữ liệu đo cao vệ tinh (Jason-1, CryoSat-2 và SARL/AltiKa, xem tại Bảng 3 và Bảng 4). Giá trị độ lệch chuẩn của sốliệu trọng lực thành tàu là 14,80mGal và chênh lệch không lớn so với hai mô hình DTU21GRA và SDUST2021GRA. Trên khu vực nghiên cứu số liệu mô hình V32.1 có giá trị độ lệch chuẩn lớn nhất trong bốn nguồn số liệu (trong Bảng 1) được sử dụng trong nghiên cứu

này. Số liệu này đã được lọc bỏ các giá trị đo thô trong dãy các trị đo với tiêu chí: lọc bỏ các số liệu có giá trị > (giá trị trung bình + 3*độ lệch chuẩn) hoặc < (giá trị trung bình -3*độ lệch chuẩn).



Hình 1. Sơ đồ phân bố số liệu đo trọng lực thành tàu khu vực biển Đông Nam, Việt Nam

2.2. Nguồn số liệu trọn lực vệ tinh

Trong khu vực nghiên cứu, có 3 mô hình trọng lực biển toàn cầu có độ phân giải cao thành lập từ nguồn số liệu đo cao vệ tinh gồm: mô hình V32.1 (*https://topex.ucsd.edu/pub/global_grav_1min/README_V32.txt*), mô hình DTU21GRA (*https://ftp.space.dtu.dk/pub/DTU21/1_MIN/*) và mô hình SDUST2021GRA (https://zenodo.org/records/6668159) (xem trên Hình 2).

2.2.1. Mô hình V32.1

Mô hình trường trọng lực biển V32.1 là bản cập nhật của mô hình trường trọng lực biển toàn cầu V31.1 (Sandwell và nnk, 2021) có tính đến một số thành phần trọng lực ven biển. Mô hình V32.1 được hoàn thành từ 18 tháng dữ liệu vệ tinh Geosat, 12 tháng dữ liệu của vệ tinh ERS-1, 14 tháng dữ liệu vệ tinh Jason-1, 20 tháng dữ liệu vệ tinh Jason-2, hơn 114 tháng dữ liệu vệ tinh Cryosat-2, hơn 50 tháng dữ liệu vệ tinh SARL/AltiKa. Mô hình này có tỷ lệ 1'x1' (xem tại Bảng 2). Số liệu mô hình trường trọng lực biển V32.1 trong khu vực nghiên cứu có thể tải xuống tại *https://topex.ucsd.edu/pub/global_grav_1min/*.

Bảng 2. Thông số mô hình trọng lực biển toàn cầu V32.1

Tên mô hình	Năm	Trường trọng lực tham chiếu	Nguồn số liệu	Độ phân giải (phút)	Độ bao phủ
V32.1	2022	EGM2008, DOT2008	Geosat (18 tháng); ERS-1(12 tháng); Jason-1(14 tháng); Jason-2 (20 tháng); CryoSat-2 (114+ tháng); SRL (50+ tháng)	1' x 1'	85°S ~ 85°S

2.2.2. Mô hình DTU21GRA

Mô hình trường trọng lực biển DTU21GRA được sử dụng trong nghiên cứu này được trình bày dưới dạng lưới được phân phối với lưới 1'x1' với dị thường trọng lực khoảng không tự do từ nhiều nhiệm vụ đo cao vệ tinh (ERS-1, Geosat, Jason-1, CryoSat và SARL/AltiKa). Mô hình DTU21GRA cũng được tăng cường với mô hình trọng lực EGM2008 (Pavlis và nnk, 2012) với cùng độ phân giải để đảm bảo phủ sóng toàn cầu (xem trên Bảng 3). Số liệu của mô hình DTU21GRA được sử dụng trong nghiên cứu này được tải xuống từ: *https://ftp.space.dtu.dk/pub/*.

Bảng 3. Thông số mô hình trọng lực biển toàn cầu DTU21GRA

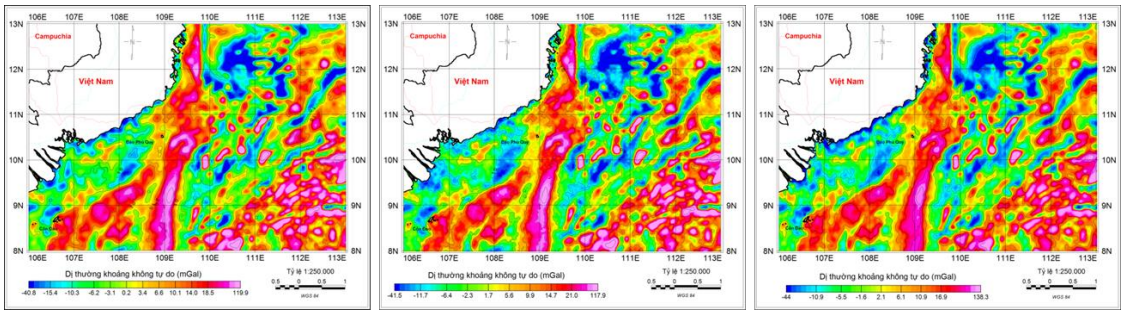
Tên mô hình	Năm	Trường trọng lực tham chiếu	Nguồn số liệu	Độ phân giải (phút)	Độ bao phủ
DTU21GRA	2021	EGM2008, DOT2008	Geosat (18 tháng); ERS-1(12 tháng); Jason-1(14 tháng); CryoSat-2 (~ 84 tháng); SRL (5~tháng)	1’ x 1’	90ºS ~ 90ºS

2.2.3. Mô hình SDUST2021GRA

SDUST2021GRA là mô hình trọng lực biển toàn cầu với lưới 1'x1' được thu thập từ nhiều nguồn số liệu đo độ cao của vệ tinh: Jason-1, Jason-2, CryoSat-2, SARL/AltiKa và HY-2A (xem Bảng 4). Số liệu của mô hình SDUST2021GRA trong khu vực nghiên cứu được tải xuống từ: *https://zenodo.org/record/6668159*.

Bảng 4. Thông số mô hình trọng lực biển toàn cầu SDUST2021GRA

Tên mô hình	Năm phát hành	Trường trọng lực tham chiếu	Nguồn số liệu	Độ phân giải (phút)	Độ bao phủ
SDUST2021GRA	2021	EGM2008, DOT2008	Jason-1(14 tháng); Jason-2 (20 tháng); CryoSat-2 (118 tháng); SRL (49 tháng); HY-2A (51 tháng)	1’ x 1’	80ºS ~ 80ºS



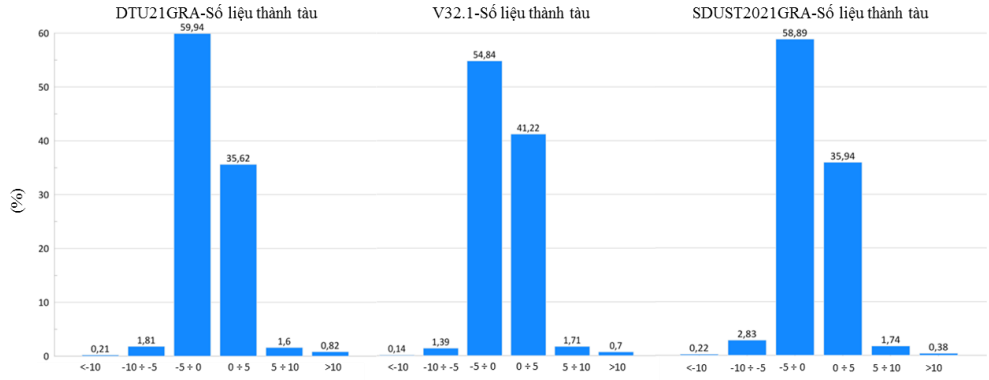
DTU21GRA SDUST2021GRA V32.1

Hình 2. Dị thường trọng lực khoảng không tự do từ ba mô hình trọng lực biển toàn cầu DTU21GRA, SDUST2021GRA và V32.1

3. Kết quả và thảo luận

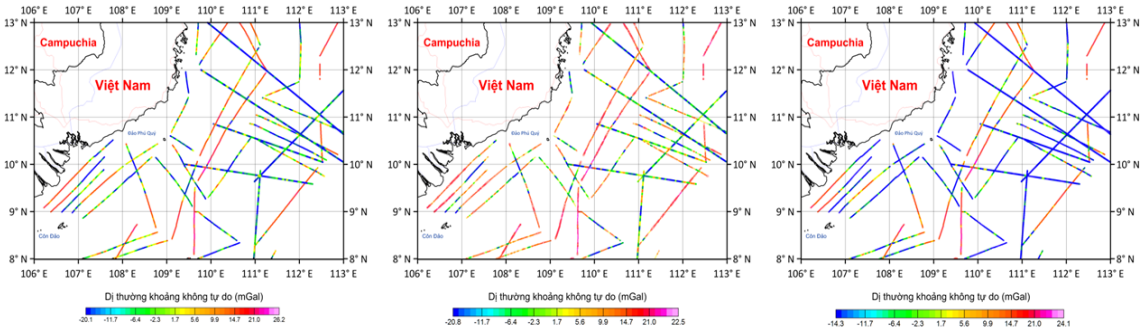
3.1. So sánh số liệu các mô hình trọng lực biển: DTU21GRA, V32.1, SDUST2021GRA với số liệu đo trọng lực thành tàu

Tại các vị trí của dữ liệu trọng lực tàu, nhóm tác giả so sánh sự khác biệt giá trị trọng lực giữa số liệu trọng lực thành tàu và số liệu từ ba mô hình trọng lực biển toàn cầu DTU21GRA, SDUST2021GRA và V32.1, kết quảđược thể hiện trên Hình 4, số liệu thể hiện sự khác biệt được tóm tắt trên Bảng 5 và Hình 3.



Hình 3. Biểu đồ phân bố chênh lệch giữa số liệu trọng lực thành tàu với số liệu trọng lực từ ba mô hình DTU21GRA; V32.1 và SDUST2021GRA

Quan sát Hình 3 chúng ta thấy sự khác biệt giữa các mô hình dị thường trọng lực biển toàn cầu DTU21GRA, V32.1, SDUST2021GRA với số liệu trọng lực thành tàu chủ yếu tập trung trong khoảng từ -5mGal đến 5 mGal. Trong đó, giữa DTU21GRA và số liệu thành tàu chiếm 95,56%; giữa V32.1 và số liệu thành tàu chiếm 96,06%; giữa SDUST2021GRA và số liệu thành tàu chiếm 94,83%.



DTU21GRA SDUST2021GRA V32.1

Hình 4. Chênh lệch giữa số liệu trọng lực thành tàu và số liệu trọng lực của ba mô hình trọng lực biển toàn cầu DTU21GRA; V32.1 và SDUST2021GRA

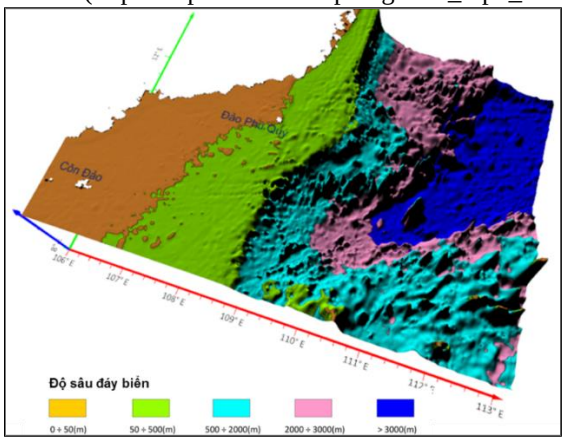
Quan sát Bảng 5 chúng ta thấy độ lệch chuẩn (Std) của các mô hình DTU21GRA, V32.1, SDUST2021GRA lần lượt là 2,57mGal; 2,43 mGal; 2,63 mGal. Độ lệch bình phương trung bình (RMSE) của các mô hình lần lượt là 2,61mGal; 2,45 mGal; 2,68 mGal. Như vậy, có thể bước đầu đánh giá mô hình V32.1 đáng tin cậy nhất tại khu vực vùng biển Đông Nam Việt Nam.

Bảng 5. Bảng phân tích số liệu trọng lực từ ba mô hình trọng lực biển (DTU21GRA; V32.1 và SDUST2021GRA) và số liệu thành tàu

Loại hình so sánh	Dị thường trọng lực nhỏ nhất (mGal)	Dị thường trọng lực lớn nhất (mGal)	Dị thường trọng lực trung bình (mGal)	Độ lệch chuẩn (Std)(mGal)	Độ lệch bình phương trung bình (RMSE) (mGal)
DTU21GRA-Số liệu thành tàu	-20,1	26,2	-0,44	2,57	2,61
V32.1-Số liệu thành tàu	-14,3	24,1	-0,26	2,43	2,45
SDUST2021GRA-Số liệu thành tàu	-20,8	22,5	-0,53	2,63	2,68

3.2. So sánh số liệu của các mô hình trọng lực biển ở các độ sâu đáy biển khác nhau

Các nghiên cứu trước đây, điển hình nghiên cứu của Sandwell và Smith, 2009 đã chỉ ra độ sâu đáy biển, địa hình đáy biển ảnh hưởng rất lớn đến số liệu đo cao vệ tinh. Như vậy, cần tiến hành đánh giá số liệu của các mô hình trọng lực biển toàn cầu ở các độ sâu đáy biển khác nhau nhằm đánh giá tác động của độ sâu đến độ chính xác của các mô hình (https://topex.ucsd.edu/pub/global_topo_1min/).



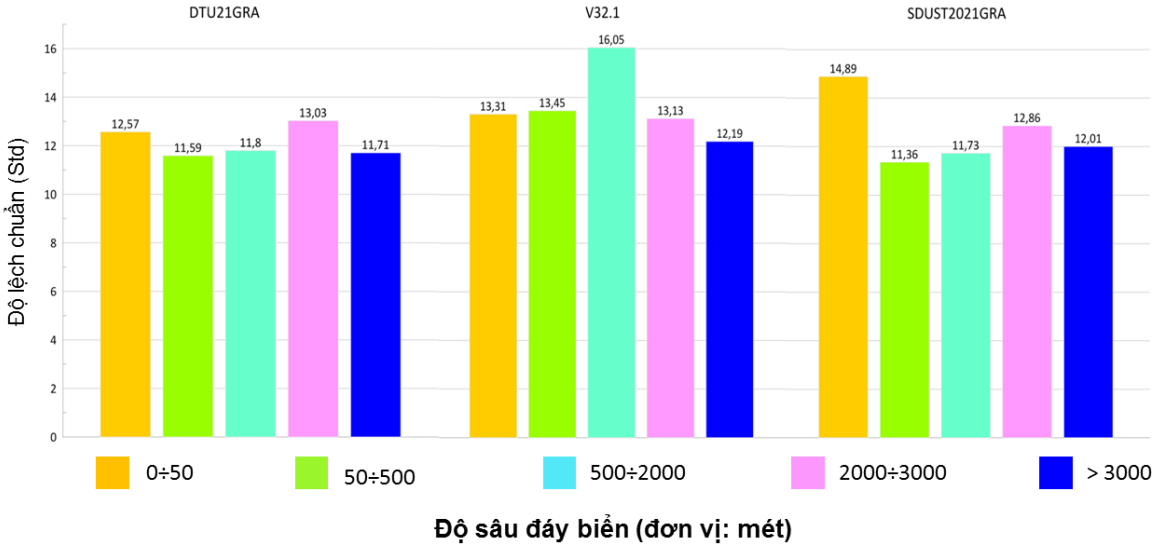
Hình 5. Sơ đồ độ sâu đáy biển khu vực biển Đông Nam, Việt Nam

Tiếp theo nhóm tác giả sẽ đánh giá độ lệch chuẩn (Std) và độ lệch bình phương trung bình (RMSE) của số liệu dị thường trọng lực từ các mô hình trọng lực biển toàn cầu (DTU21GRA, V32.1, SDUST2021GRA) với số liệu trọng lực đo trực tiếp trên biển tại các khoảng độ sâu đáy biển khác nhau (h=0÷50m, 50÷500m, 500÷2000m, 2000÷3000m, và >3000m), kết quả so sánh thể hiện trên Bảng 6.

Bảng 6. Bảng phân tích sự khác nhau giữa số liệu dị thường trọng lực khoảng không tự do từ ba mô hình trọng lực biển toàn cầu (DTU21GRA, V32.1, SDUST2021GRA) và nguồn số liệu trọng lực thành tàu

Mô hình	Độ sâu đáy biển (m)	Dị thường trọng lực nhỏ nhất (mGal)	Dị thường trọng lực lớn nhất (mGal)	Dị thường trọng lực trung bình (mGal)	Độ lệch chuẩn (Std) (mGal)	Độ lệch bình phương trung bình (RMSE) (mGal)
DTU21GRA	0 ÷ 50	-29,19	119,9	-5,99	12,57	5,18
	50 ÷ 500	-23,35	116,48	2,26	11,59	4,44
	500 ÷ 2000	-22,64	103,85	7,03	11,8	4,00
	2000 ÷ 3000	-40,77	61,62	-2,85	13,03	2,19
	> 3000	-34,43	42,52	2,15	11,71	1,77
V32.1	0 ÷ 50	-112,21	119,46	-1,42	13,31	5,27
	50 ÷ 500	-23,49	112,40	13,92	13,45	4,26
	500 ÷ 2000	-31,26	102,68	9,27	16,05	3,41
	2000 ÷ 3000	-39,56	63,27	-2,65	13,13	2,29
	> 3000	-34,68	40,93	-0,31	12,19	1,82
SDUST2021GRA	0 ÷ 50	-41,48	117,92	4,28	14,89	4,90
	50 ÷ 500	-24,25	117,92	2,28	11,36	4,18
	500 ÷ 2000	-24,31	99,79	6,67	11,73	4,09
	2000 ÷ 3000	-41,48	63,39	-2,9	12,86	2,35
	> 3000	-37,13	39,22	-0,71	12,01	1,79

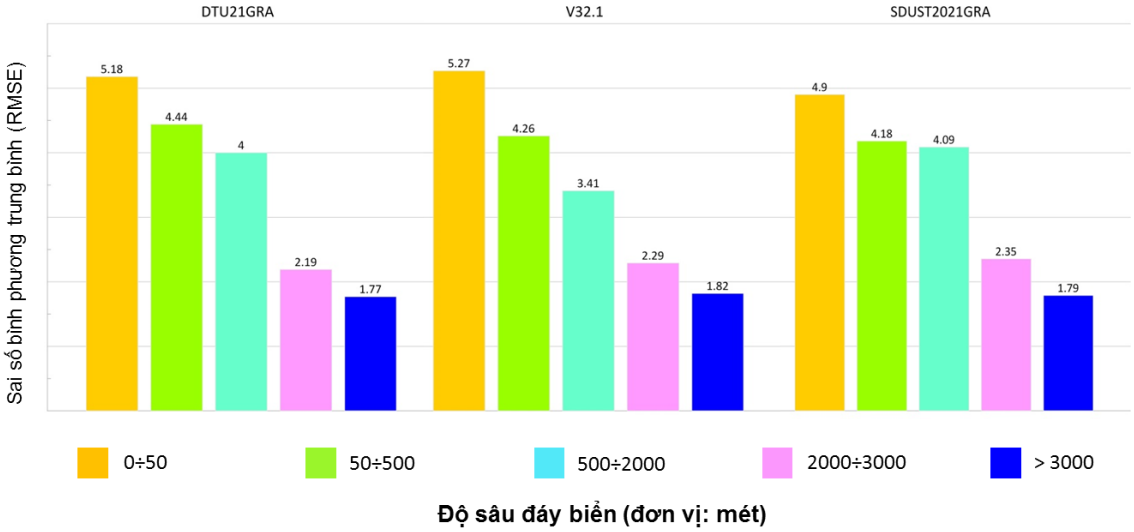
Kết quả phân tích sai số giữa số liệu trọng lực từ ba mô hình trọng lực biển toàn cầu (DTU21GRA, V32.1, SDUST2021GRA) và số liệu trọng lực đo thành tàu ở các vùng có độ sâu đáy biển khác nhau được thể hiện trong Bảng 6 và biểu diễn trên các biểu đồ ở Hình 6 và Hình 7.



Hình 6. Biểu đồ phân bố độ lệch chuẩn giữa số liệu trọng lực thành tàu và số liệu trọng lực từ ba mô hình trọng lực biển toàn cầu (DTU21GRA, V32.1, SDUST2021GRA) ở các khoảng độ sâu đáy biển khác nhau

Quan sát Hình 6 và Hình 7 nhóm tác giả bước đầu đưa ra một số các nhận xét như sau:

- Các vùng có độ sâu đáy biển khác nhau, các mô hình trọng lực biển toàn cầu có độ chính xác khác nhau. Ở khoảng độ sâu từ 0÷50m, mô hình SDUST2021GRA cho kết quả chính xác nhất (RMSE = 4,9 mGal); Ở khoảng độ sâu từ 50÷500m, mô hình SDUST2021GRA tiếp tục cho kết quả tốt nhất (RMSE = 4,18 mGal); Ở khoảng độ sâu từ 500÷2000m, mô hình V32.1 cho kết quả tốt nhất (RMSE=3,41mGal); Ở khoảng độ sâu từ 2000÷3000m, mô hình DTU21GRA cho kết quả tốt nhất (RMSE=2,19 mGal); Ở khoảng độ sâu lớn hơn 3000m, mô hình DTU21GRA tiếp tục cho kết quả tốt nhất (RMSE=1,77 mGal).
- Có thể thấy tính tương đồng của 2 mô hình DTU21GRA và SDUST2021GRA (ở cả biểu đồ độ lệch chuẩn và sai số bình phương trung bình).
- Tại khu vực có địa hình đáy biển phức tạp (500-2000m), mô hình V32.1 cho kết quả vượt trội so với 2 mô hình DTU21GRA và SDUST2021GRA với mô hình V32.1 sai số bình phương trung bình (RMSE) là 3,41 mGal, lần lượt với hai mô hình DTU21GRA và SDUST2021GRA là 4,00 mGal và 4,09 mGal.
- Ngoài ra, có thể thấy rằng tại vùng biển có độ sâu từ 0÷50m nước là vùng có độ lệch bình phương trung bình lớn nhất, lần lượt ba mô hình DTU21GRA, V32.1 và SDUST2021GRA là 5,18 mGal, 5,27 mGal và 4,90 mGal. Từ đó, cho thấy rằng yếu tố đường bờ biển đã ảnh hưởng lớn đến số liệu đo cao vệ tinh.



Hình 7. Biểu đồ phân bố sai số bình phương trung bình giữa số liệu trọng lực thành tàu và số liệu trọng lực từ ba mô hình trọng lực toàn cầu (DTU21GRA, V32.1, SDUST2021GRA) ở các khoảng độ sâu đáy biển khác nhau

4. Kết luận

Như vậy, khi so sánh giữa các mô hình dị thường trọng lực biển toàn cầu DTU21GRA, V32.1, SDUST2021GRA với số liệu trọng lực thành tàu, có thể thấy số liệu của ba mô hình chủ yếu tập trung trong khoảng từ -5mGal đến 5 mGal. Trong đó, giữa mô hình DTU21GRA và số liệu thành tàu chiếm 95,56%; giữa mô hình V32.1 và số liệu thành tàu chiếm 96,06%; giữa mô hình SDUST2021GRA và số liệu thành tàu chiếm 94,83%.

Bên cạnh đó, độ lệch chuẩn (Std) của các mô hình DTU21GRA, V32.1, SDUST2021GRA lần lượt là 2,57 mGal; 2,43 mGal; 2,63 mGal. Độ lệch bình phương trung bình (RMSE) của các mô hình lần lượt là 2,61 mGal; 2,45 mGal; 2,68 mGal.

Ở các vùng có độ sâu đáy biển khác nhau, các mô hình trọng lực biển toàn cầu có độ chính xác khác nhau. Với khoảng độ sâu từ 0÷50m, mô hình SDUST2021GRA cho kết quả chính xác nhất (RMSE=4,9 mGal); Ở khoảng độ sâu từ 50÷500m, mô hình SDUST2021GRA tiếp tục cho kết quả tốt nhất (RMSE=4,18 mGal); Ở khoảng độ sâu từ 500÷2000m, mô hình V32.1 cho kết quả tốt nhất (RMSE=3,41); Ở khoảng độ sâu từ 2000÷3000m, mô hình DTU21GRA cho kết quả tốt nhất (RMSE=2,19 mGal); Ở khoảng độ sâu lớn hơn 3000m, mô hình DTU21GRA tiếp tục cho kết quả tốt nhất (RMSE=1,77 mGal).

Lời cảm ơn

Bài báo được thực hiện với sự hỗ trợ cần thiết của các đề tài có mã số ĐTĐLCN.07/23; ĐLTE00.04/24-25.

Tài liệu tham khảo

Andersen O. B, Knudsen P, Kenyon S, Holmes S, John K Factor., 2019. Evaluation of the global altimetric marine gravity field DTU15: Using marine gravity and GOCE satellite gravity. *In International association of geodesy symposia*. Springer. https://doi.org/10.1007/1345_2018_52.

Barzaghi R, Carrion D, Vergos G. S, Tziavos I. N, Grigoriadis V. N, Natsiopoulos D. A, Bruinsma S, Reinquin F, Seoane L, Bonvalot S, Lequentrec-Lalancette M. F, Salaün C, Andersen O, Knudsen P, Abulaitijiang A & Rio M. H., 2018. GEOMED2: High-resolution geoid of the Mediterranean. In: Freymueller J. and Sánchez L. (Eds), International Symposium on Advancing Geodesy in a Changing World. *International Association of Geodesy Symposia*. Springer, Cham, Switzerland, https://doi.org/10.1007/1345_2018_33.

Chengcheng Zhu, Jinyun Guo, Jiajia Yuan, Zhen Li, Xin Liu, Jinyao Gao, 2022. SDUST2021GRA: *Global marine gravity anomaly model recovered from Ka-band and Ku-band satellite altimeter data*, https://doi.org/10.5281/zenodo.6668159.

David T. Sandwell, and Walter H. F. Smith, 2009. Global marine gravity from retracked Geosat and ERS-1 altimetry: Ridge segmentation versus spreading rate. *Journal of Geophysical Research*, 114, 1411. https://doi.org/10.1029/2008jb006008.

David T. Sandwell, Hugh Harper, Brook Tozer, Walter H. F. Smith, 2021. Gravity field recovery from geodetic altimeter missions, *Adv. Space Res*., 68, 1059–1072, https://doi.org/10.1016/j.asr.2019.09.011.

Do Van Mong, Nguyen Van Sang, Tran Tuan Dung, Nguyen Thanh Le, Khuong Van Long, Nguyen Dinh Hai, Tran Manh Cuong, Nguyen Trong Dai, Tran Tuan Duong, 2023. Evaluation of the precision of some new global Earth Gravitational Models in the East Vietnam Sea. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 23(3) 265–277, https://doi.org/10.15625/1859-3097/18635.

Forsberg R. and Tscherning C. C., 2008. *Geodetic Gravity Field Modelling Programs* (University of Copenhagen, Copenhagen).

Girishbai D. and Bhadran A., 2018. An integrated approach on satellite geodesy data to delineate morphotectonic and neotectonic activities in the West Coast off Kerala, Southern India. *Russ. J. Earth. Sci.*, 18, ES2003, https://doi.org/10.2205/2018ES000617.

Łyszkowicz A and Bernatowicz A., 2017. Current state of art of satellite altimetry. *Geodesy and Cartography*, 66, 259–270, https://doi.org/10.1515/geocart-2017-0016.

Marks K. M, Walter H. F. Smith, David T. Sandwell., 2013. Significant improvements in marine gravity from ongoing satellite missions. *Marine Geophysical Researches*. https://doi.org/10.1007/s11001-013-9190-8.

Mohamed Abdallah, Rasha Abd El Ghany, Mostafa Rabah, Ahmed Zaki., 2022. Comparison of recently released satellite altimetric gravity models with shipborne gravity over the Red Sea. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2022.03.016.

Nguyen Van Sang, 2012. *Detemination of marine gravity anomalies on the Vietnam sea from satellite altimeter data*. Moscow State University of Geodesy and Cartography, Russia.

Nguyen Van Sang, Pham Van Tuyen, Nguyen Van Lam, Ole Baltazar Andersen, Rene Forsberg, Bui Tien Dieu, 2020. Marine gravity anomaly mapping for the Gulf of Tonkin area (Vietnam) using Cryosat-2 and Saral/AltiKa satellite altimetry data. *Advances in Space Research* 66, 505–519. https://doi.org/10.1016/j.asr.2020.04.051.

Nikolaos K. Pavlis, Simon A. Holmes, Steve C. Kenyon, John K. Factor, 2012. The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008). *J. Geophys. Res.-Solid Earth*, 117(B4), 2156–2202, https://doi.org/10.1029/2011JB008916.

Qianqian Li, Lifeng Bao, Yong Wang., 2021. Accuracy evaluation of altimeter-derived gravity field models in offshore and coastal regions of China. *Front. Earth Sci.* 9, 649. https://doi.org/10.3389/feart.2021.722019.

Shengjun Zhang, David T. Sandwell, Taoyong Jin, Dawei Li, 2017. Inversion of marine gravity anomalies over southeastern China seas from multi-satellite altimeter vertical deflections. *Journal of Applied Geophysics* 137, 128–137. http://dx.doi.org/10.1016/j.jappgeo.2016.12.014.

Tran Tuan Dung, R. G. Kulinich, Nguyen Van Sang, Bui Cong Que, Nguyen Ba Dai, Nguyen Kim Dung, Tran Tuan Duong, Tran Trong Lap, 2019. Improving accuracy of altimeter-derived marine gravity anomalies for geological structure research in the Vietnam South-Central continental shelf and adjacent areas. *Russ. J. Pac. Geol.* 13 (4), 364–374, https://doi.org/10.1134/S181971401904002X.

Tran Tuan Duong, Tran Tuan Dung, Tran Trong Lap, Nguyen Phuong Nam, Tran Hoang Tam, Dao Tuan Linh, 2022. Research and application of the direct measured gravity and satellite-derived gravity data

for consolidating and connecting the faults system onland and inshore in the Vietnam Northeast coatal zone. *Journal of Geodesy and Cartography*, 52, 9-17, https://doi.org/10.54491/jgac.2022.52.

Tscherning C. C. and Rapp R. H., 1974. Closed Covariance Expressions for Gravity Anomalies, Geoid Undulations, and Deflections of the Vertical Implied by Anomaly Degree Variance Models. *Reports of the Department of Geodetic Science*. Vol. 208. (Ohio State Univ., Columbus).

ABSTRACT

Evaluation of global marine gravity models using shipborne gravity data in the Southeast Vietnam sea

Tran Tuan Duong[1],*, Nguyen Quang Minh[1], Tran Trong Lap[1]
[1]*Institute of Marine Geology and Geophysics, Vietnam Academy of Science and Technology*

This study compares the data of three global marine gravity models: DTU21GRA, V32.1 and SDUST2021GRA with shipborne gravity data to evaluate their accuracy in the Southeast Vietnam sea. First, the models were compared with shipborne gravity data, the results showed that the V32.1 model gave the best results in the study area. Next, compare data from global ocean gravity models with shipborne gravity data at other seabed depths. The results show that: At depths less than 500m, the SDUST2021GRA model gives results Std. and RMS is the smallest, while model V32.1 achieves better results in water depths from 500m to 2000m. At seabed depths greater than 2000m, the DTU21GRA model gives better results than the other two models.

Keywords: Global marine gravity model; Southeast Vietnam Sea; Shipborne gravity

Tổng quan phân bố bẫy chứa phi cấu tạo bể trầm tích Sông Hồng

Nguyễn Minh Hòa[1,*], Bùi Việt Dũng[2], Hà Quang Mẫn[3], Đoàn Huy Hiên[2], Trương Khắc Hòa[3]
[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Viện Dầu khí Việt Nam*
[3] *Tổng công ty Thăm dò Khai thác dầu khí (PVEP)*

TÓM TẮT

Sản lượng dầu khí khai thác trên thềm lục địa Việt Nam từ các bẫy chứa truyền thống dạng cấu tạo và đá Móng trước Đệ Tam đang suy giảm sản lượng nhanh. Để phục vụ cho mục tiêu phát triển bền vững của ngành dầu khí Việt Nam, việc tập trung nghiên cứu tìm kiếm thăm dò các đối tượng chứa dầu khí phi truyền thống đặc biệt là các bẫy chứa dầu khí dạng phi cấu tạo là một trong những nhiệm vụ cấp thiết hiện nay. Bài báo này cung cấp cái nhìn tổng quan chung và ngắn gọn về tiềm năng dầu khí bẫy phi cấu tạo của các bể trầm tích Việt Nam nói chung và bể trầm tích Sông Hồng nói riêng. Từ các kết quả nghiên cứu đã thực hiện ở bể Sông Hồng, có thể lựa chọn một số khu vực và đối tượng bẫy phi cấu tạo tiềm năng trong trầm tích Oligocen ở khu vực Hàm Rồng, các hệ thống lòng sông cổ trong trầm tích Miocen khu vực lô 102-106, trầm tích Miocen biển nông, tiền châu thổ khu vực lô 103-107, cấu tạo Cửa Lò lô 105-110/04. Nhằm mở rộng tìm kiếm thăm dò, đánh giá tiềm năng dầu khí và dự báo rủi ro cho các đối tượng địa chất mới, cần phải áp dụng các phương pháp mới, công nghệ mới để nghiên cứu chi tiết hơn về đặc điểm, cơ chế hình thành và sự phân bố của các bẫy phi cấu tạo này.

Từ khóa: Bẫy phi cấu tạo; bể trầm tích Sông Hồng; tiềm năng dầu khí

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, một xu hướng tiêu cực đã xuất hiện trong quá trình bổ sung trữ lượng dầu khí. Theo báo cáo của BP năm 2019, kể từ năm 2012 trữ lượng dầu khí được bổ sung trên thế giới đã giảm mạnh, từ năm 2013 trong một số năm mức tăng trữ lượng không vượt quá 63% đối với dầu và 11% với khí. Xu hướng suy giảm trong việc bổ sung khai thác dầu khí có liên quan đến giảm khối lượng công tác thăm dò trong bối cảnh giá dầu suy giảm cũng như các phát hiện dầu khí mới có trữ lượng thấp và việc tìm kiếm các phát hiện dầu khí mới sẽ ngày càng khó khăn hơn.

Theo đánh giá về thực trạng hoạt động thăm dò, khai thác dầu khí của Tập đoàn Dầu khí Việt Nam: Mặc dù đạt được những kết quả rất tốt trong năm 2022, nhưng sản lượng khai thác ở Việt Nam vẫn đang trên đà suy giảm, gia tăng trữ lượng không đủ bù sản lượng khai thác. Sản lượng dầu khí khai thác từ các bẫy chứa dầu khí truyền thống dạng cấu trúc hay đá móng trước Đệ Tam đã và đang suy giảm rất nhanh. Để phục vụ cho mục tiêu phát triển bền vững của ngành dầu khí Việt Nam, việc tập trung nghiên cứu tìm kiếm thăm dò các đối tượng chứa dầu khí phi truyền thống đặc biệt là các bẫy chứa dầu khí dạng địa tầng là một trong những nhiệm vụ cấp thiết.

Mục tiêu của bài báo là cung cấp một cách tổng quan về đặc điểm phân bố các dạng bẫy phi cấu tạo tại bể trầm tích Sông Hồng, một khu vực có ý nghĩa quan trọng trong công tác thăm dò khai thác dầu khí. Bài báo tập trung nhận diện các dạng bẫy phi cấu tạo như bẫy địa tầng, bẫy thạch học, và bẫy hỗn hợp. Thông qua việc phân tích các dữ liệu địa chấn, khoan thăm dò, và các nghiên cứu trước đó, bài báo làm rõ hơn các quy luật phân bố và cơ chế hình thành của các bẫy phi cấu tạo tại bể Sông Hồng. Cuối cùng, bài báo đưa ra các định hướng nghiên cứu và thăm dò chi tiết, từ đó thúc đẩy quá trình bổ sung trữ lượng dầu khí tại khu vực này, đồng thời mở rộng cơ hội thăm dò các mỏ dầu khí tiềm năng mới trong tương lai.

Các mỏ dầu khí lớn trên thế giới đều chủ yếu được phát hiện trong các bẫy cấu tạo truyền thống, tuy nhiên cũng có số lượng không nhỏ các mỏ dầu khí được tìm thấy trong các bẫy địa tầng. Hiện nay hơn 40% sản lượng dầu trên thế giới được phát hiện trong các bẫy địa tầng. Tại Hội nghị chuyên đề của Hiệp hội các nhà địa chất dầu khí Mỹ về bẫy địa tầng Trung Đông tại Oman vào năm 2017, dựa trên phân tích hơn 1140 mỏ liên quan đến bẫy địa tầng và bẫy hỗn hợp, các chuyên gia Mỹ đã cho rằng ít nhất 78 mỏ trong đó có kích thước từ lớn đến khổng lồ. Ví dụ, các mỏ được phát hiện gần đây: mỏ dầu Libra và

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenminhhoa@humg.edu.vn

Tupi/Lulu (trữ lượng 1,1-1,6 và 1,4 tỷ tấn trong các ám tiêu ở Brazil), mỏ dầu Buzzard (211 triệu tấn, turbidite, Anh), mỏ khí Zoh (850 tỷ m^3, ám tiêu, thềm lục địa Ai Cập), mỏ dầu Jubilee (200 triệu tấn, quạt nước sâu, Ghana), mỏ Cameia (2,8 tỷ tấn trong các ám tiêu, Angola), mỏ khí Prosperidade (29 nghìn tỷ m^3, quạt nước sâu, Mozambique), mỏ dầu khí Sea Lion (63 triệu tấn, bẫy hỗn hợp cấu trúc – địa tầng, thềm quần đảo Falkland), mỏ khí Doina (42-85 tỷ m^3, paleodelta, thềm lục địa Rumani) (Varlamov và nnk, 2019).

Tại những bể trầm tích nơi mà phần lớn các đối tượng bẫy cấu trúc đã được phát hiện và khoan, thì các bẫy địa tầng được xem như là những đối tượng tiềm năng cần được nghiên cứu và đánh giá. Tại Anh ước tính còn khoảng 50% bẫy chứa dầu khí chưa được phát hiện nằm trong các bẫy địa tầng (Stoker và nnk, 2006). Tại Mỹ có tới 75% sản lượng dầu khí được khai thác từ bẫy địa tầng (Varlamov và nnk, 2019). Tại Trung Quốc, nhờ thực hiện chương trình cấp nhà nước về nghiên cứu bẫy địa tầng từ những năm 2000, trữ lượng dầu đã xác minh tăng 1,5 lần, còn khí tăng hơn 2 lần (Tao và nnk, 2018).

Trên thềm lục địa Việt Nam, các mỏ dầu khí được phát hiện chủ yếu trong các bẫy cấu trúc truyền thống với các đối tượng như: đá móng nứt nẻ trước Đệ Tam, đá cát kết tuổi Miocen và Oligocen và trầm tích cacbonat. Tuy nhiên, các bẫy địa tầng (bẫy thạch học, vát nhọn địa tầng, quạt turbidite …) còn chưa được tập trung đầu tư nghiên cứu chi tiết mà mới chỉ dừng lại ở một số đối tượng chứa dầu khí nhỏ lẻ được phát hiện tình cờ trong quá trình nghiên cứu và tìm kiếm các tối tượng truyền thống hoặc chỉ fđược xem như một đối tượng phụ được phát hiện trong các bẫy hỗn hợp cấu trúc và địa tầng.

Năm 2012, thống kê sơ bộ các dạng bẫy địa tầng khác nhau cho thấy trong toàn thềm lục địa Việt Nam đã phát hiện khoảng hơn 100 bẫy địa tầng có triển vọng về dầu khí. Các dạng bẫy địa tầng có liên quan tới các cấu tạo kế thừa các khối móng nhô, đứt gãy, vát nhọn địa tầng, thạch học và các dạng hỗn hợp (Trương Minh, 2012).

Ở bể trầm tích Cửu Long, Đặng Văn Bát và nnk. (2009) cho rằng các địa hình chôn vùi phát triển mang tính kế thừa và vai trò quan trọng trong việc phát hiện các bẫy dầu khí địa tầng. Năm 2011, Trần Mạnh Cường đã chỉ ra đặc điểm hình thành và quy luật phân bố các bẫy địa tầng ở khu vực Bắc bể Cửu Long. Các bẫy địa tầng được hình thành chủ yếu trong các thân cát có cấu tạo phân lớp, hạt thô đến trung bình, thành tạo trong môi trường lục địa, ven bờ với các tướng đầm hồ, tam giác châu cửa sông chuyển tiếp bao gồm: địa tầng chỉnh hợp và địa tầng bất chỉnh hợp. Năm 2017, Lưu Minh Lương và nnk đã làm sáng tỏ đặc điểm phân bố và tính chất vỉa chứa địa tầng tuổi Oligocen lô 09-2/10 bể Cửu Long, các vỉa chứa của bẫy địa tầng – thạch học LG là các thân cát của hệ trầm tích turbidite hồ. Nguyễn Đình Chức (2019) đã làm sáng tỏ sự tồn tại, cơ chế hình thành, khả năng chứa chắn của các loại bẫy địa tầng dạng quạt cát, dạng vát nhọn và cắt cụt trong trầm tích Oligocen trên tại khu vực Đông Nam bể Cửu Long. Nguyễn Lâm Anh (2023) đã xây dựng hệ phương pháp trong nghiên cứu bẫy phi cấu tạo, bước đầu nhận diện và khoanh định sự tồn tại bẫy phi cấu tạo là các quạt trầm tích nằm kề áp trên sườn các khối nâng ở phía Đông Bắc đới cao Rồng – Bạch Hổ khu vực lô 09-1 bể Cửu Long. Nguyễn Văn Tiến và Lê Minh Hiếu (2024) dựa trên tài liệu địa vật lý, xử lý nghịch đảo địa chấn đã nhận diện và khoanh định một số bẫy phi cấu tạo trong trầm tích Miocen dưới khu vực phía bắc mỏ Bạch Hổ.

Ở bể trầm tích Phú Khánh, nghiên cứu của Nguyễn Thu Huyền và nnk (2011) đã dự báo khả năng tồn tại các dạng bẫy địa tầng (dạng thân cát, vát nhọn địa tầng kề áp bất chỉnh hợp, ám tiêu san hô và cacbonat) trong lát cắt trầm tích sau tách giãn. Tống Duy Cương và nnk (2017) trên cơ sở luận giải tài liệu địa chấn đã đưa ra dự đoán khả năng tồn tại của bẫy phi cấu tạo bao gồm các thể cacbonat thềm, ám tiêu, dòng chảy rối, quạt thềm, thân cát độc lập và vát nhọn địa tầng, tập trung nhiều ở phía bắc của bể và trong trầm tích Miocen và Pliocen

Tại bể trầm tích Nam Côn Sơn một trong những phát hiện khí thuộc kiểu bẫy hỗn hợp là mỏ Hải Thạch - Mộc Tinh liên quan đến các thành tạo trầm tích dạng quạt turbidite môi trường biển sâu tuổi Miocen trên. Đặng Văn Bát và nnk. (2009) đã xác định vị trí một số khu vực có triển vọng tồn tại bẫy dầu khí địa tầng liên quan tới vùng có độ dày vỏ phong hóa lớn và lòng sông cổ. Nghiên cứu của Phạm Thanh Liêm (2014) đã dự báo khả năng hình thành và phân bố của bẫy địa tầng tuổi Miocen trên - Pliocen ở khu vực trung tâm của bể Nam Côn Sơn. Nghiên cứu cũng đã chỉ ra khu vực phân bố của đối tượng quạt turbidite tập trung ở chân sườn lục địa trong môi trường biển sâu.

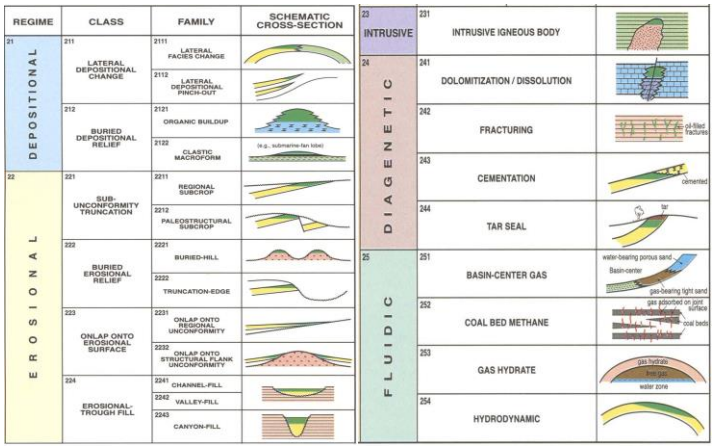
2. Khái quát chung về bẫy phi cấu tạo

Trong thăm dò dầu khí, việc xác định loại bẫy chứa có ý nghĩa rất quan trọng. Tùy theo các tiêu chí khác nhau như hình dạng sắp xếp giữa đá chứa và đá chắn, sự tương tác của các đá này về mặt vật lý, cơ học hay thủy động lực mà có nhiều khái niệm khác nhau về "bẫy". Nhưng tựu chung lại có thể thấy rằng bẫy là một thể địa chất có khả năng chứa chất lưu bên trong và được bao quanh bởi đá chắn ngăn sự di thoát của chất lưu.

Để phân loại bẫy có nhiều quan điểm dựa vào các tiêu chí khác nhau như dạng hình học, cơ chế hình thành, đặc tính của đá chứa và đá chắn của bẫy. Phân loại bẫy theo quan điểm hiện đại gồm hai nhóm: bẫy cấu tạo và bẫy phi cấu tạo.

- Bẫy cấu tạo được hình thành chủ yếu do các hoạt động kiến tạo trong hoặc sau quá trình lắng đọng hệ tầng đá làm biến đổi dạng hình học của chúng. Gồm có bẫy nếp lồi, bẫy nếp lõm, đơn nghiêng.

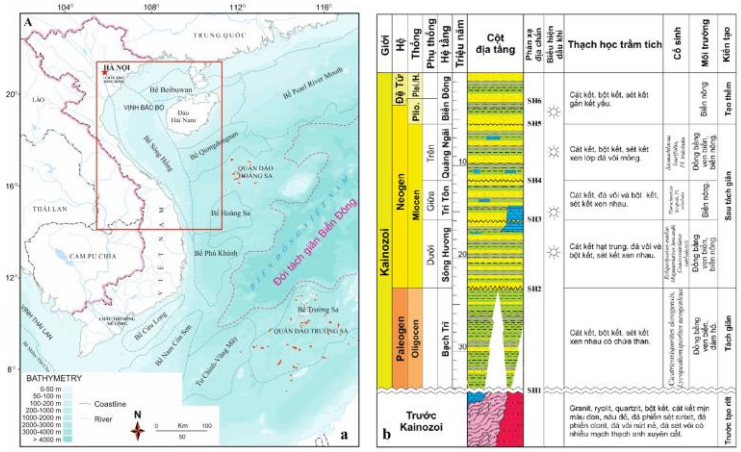
- Bẫy phi cấu tạo bao gồm bẫy được hình thành chủ yếu chịu ảnh hưởng của quá trình lắng đọng trầm tích mà những đặc điểm này được phản ánh qua thế nằm giữa các lớp: chỉnh hợp hay bất chỉnh hợp. Ở đây yếu tố kiến tạo đóng vai trò thứ yếu trong việc hình thành bẫy. Gồm có bẫy địa tầng kề áp bất chỉnh hợp, bẫy địa tầng lắng đọng trầm tích (do thay đổi thành phần thạch học của đá trong quá trình lắng đọng), bẫy địa tầng biến đổi thứ sinh (do quá trình biến đổi đá sau lắng đọng), và bẫy địa tầng liên quan đến chất lưu (do biến đổi tính chất lý-hóa của chất lưu vỉa). Ngoài ra còn tồn tại những bẫy được hình thành do chế độ hoạt động thủy động lực trên cấu tạo đơn nghiêng có những mũi nhô cục bộ hoặc do điều kiện lắng đọng hoặc bay hơi của các anhydrat trong môi trường khô, nóng (hình 1).



Hình 1. Phân loại bẫy phi cấu tạo theo điều kiện hình thành (theo Allan và nnk, 2006)

3. Đặc điểm địa chất và tiềm năng dầu khí khu vực bể Sông Hồng

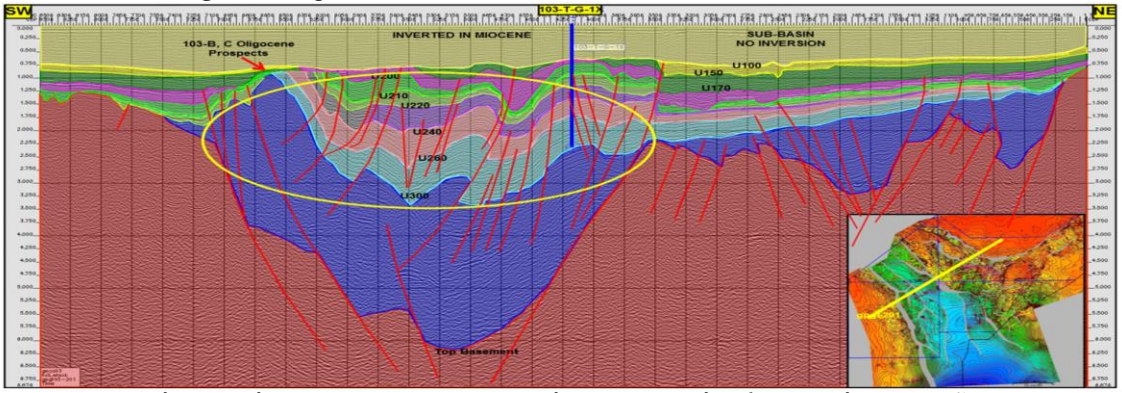
Bể trầm tích Sông Hồng là một trong những bể trầm tích lớn nhất ở thềm lục địa Việt Nam, được đánh giá là có tiềm năng dầu khí với nhiều đối tượng thăm dò (hình 2a). Bể có dạng hình thoi kéo dài từ miền võng Hà Nội ra vịnh Bắc Bộ và dọc vùng biển miền trung. Lớp phủ trầm tích Kainozoi có bề dày khoảng 15 km ở phần trung tâm bể. Bể Sông Hồng có cấu trúc địa chất phức tạp gồm nhiều đơn vị cấu trúc với đặc điểm địa tầng trầm tích khác nhau: các thành tạo móng trước Kainozoi, trầm tích Paleogen, Neogen và Đệ Tứ (hình 2b) đặc trưng bởi sự thay đổi chiều dày, thành phần và môi trường trầm tích giữa các đơn vị cấu trúc và không gian từ Bắc xuống Nam.



Hình 2. a) Bản đồ phân bố các bể trầm tích thềm lục địa Việt Nam; b) cột địa tầng tổng hợp khu vực Nam bể Sông Hồng (Nguyễn Hiệp và nnk, 2019)

Bể Sông Hồng được hình thành từ địa hào dạng kéo toác phương TB-ĐN, được khống chế bởi đứt gãy thuận trượt bằng ngang. Hệ thống đứt gãy được hình thành do sự va chạm giữa mảng Ấn Độ và mảng Á –

Âu trong thời kỳ Eocen – Oligocen dưới. Hoạt động trượt bằng trái trong Oligocen, trượt ngang phải trong Miocen trên và kéo dãn là yếu tố địa động lực chính hình thành bể. Ngay sau quá trình nghịch đảo kiến tạo Miocen trên với các đới cấu trúc uốn nếp và đứt gãy rất phức tạp (hình 3), bể Sông Hồng trải qua quá trình sụt lún nhiệt cho đến ngày nay. Được hình thành từ Paleogen, bể có nhiều pha căng giãn, nén ép, nghịch đảo kiến tạo, nâng lên, sụt lún, bào mòn, gián đoạn trầm tích, uốn võng... là điều kiện thuận lợi tồn tại các đối tượng tiềm năng dầu khí khác nhau.



Hình 3. Mặt cắt địa chất – địa vật lý qua các đới cấu trúc phía bắc bể Sông Hồng (Nguyễn Ngọc Sơn và nnk, 2017)

Đá mẹ trong khu vực bể Sông Hồng bao gồm trầm tích hạt mịn tuổi từ Oligocen đến Miocen giữa, đá mẹ tuổi Oligocen có nguồn gốc bồi tích, đầm hồ, đồng bằng ven biển. Vật chất hữu cơ có nguồn gốc lục địa, kerogen loại III và hỗn hợp loại II-III, có tiềm năng sinh khí và hỗn hợp dầu khí. Đá mẹ tuổi Miocen có tiềm năng sinh khí, tướng đồng bằng ven biển. Đá chứa ở bể Sông Hồng gồm hai loại chính là cát kết tuổi Oligocen, Miocen và Pliocen; đá carbonat gồm móng đá vôi phong hóa nứt nẻ trước Đệ Tam, đá vôi tuổi Miocen. Tầng chắn nóc cho cả bể là các tập sét dày được hình thành vào Pliocen, ngoài ra các tầng chắn địa phương đều có mặt trong Oligocen và Miocen.

4. Phân bố bẫy chứa phi cấu tạo bể Sông Hồng

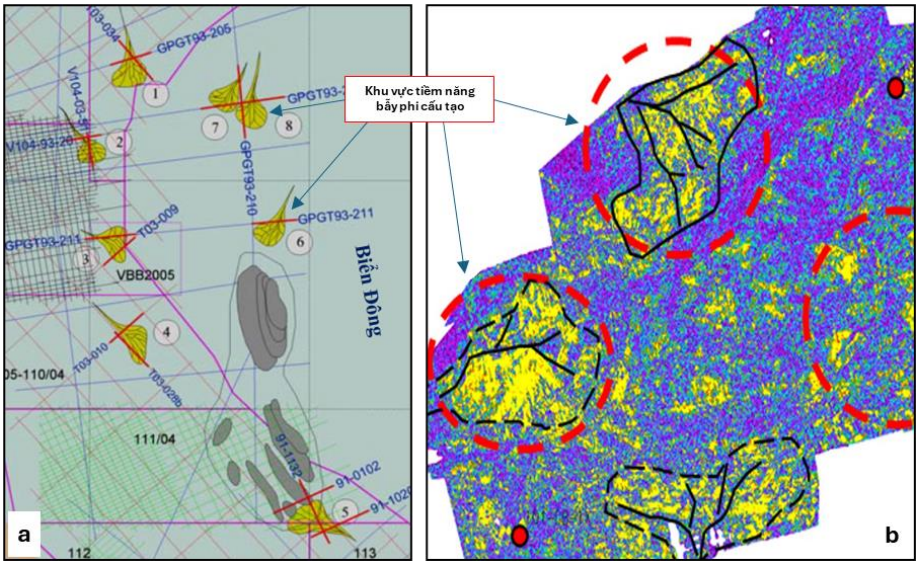
Bể trầm tích Sông Hồng có chiều dày trầm tích Đệ Tam rất lớn (trên 14 km), được thành tạo do quá trình sụt lún mạnh ở khu vực trung tâm bể nên tạo điều kiện thuận lợi cho việc hình thành bẫy địa tầng dạng quạt ngầm, turbidite, đặc biệt là bẫy dạng quạt ngầm trong trầm tích Miocen trên và Pliocen dưới, có mặt ở trong các lô 105, 108, 109, 110, phía Đông lô 111, 112, các lô 113 &115 và ở địa hào Quảng Ngãi lô 118. Tại trung tâm bể đã phát hiện nhiều bẫy turbidite nằm kề các diapir sét có tiềm năng dầu khí tốt như Báo Vàng, Báo Trắng… Trong phạm vi các lô 103, 104, 105, 111, các địa hào lô 106, 107, Quảng Ngãi đã phát hiện thấy một số thân cát có tiềm năng kề áp lên mặt móng hoặc bất chỉnh hợp gối nóc Oligocen chạy dọc theo bên cánh sụt của đứt gãy Sông Chảy.

Nguyễn Thế Hùng (2008) đã phát hiện 8 đối tượng là bẫy địa tầng dạng quạt ngầm ở khu vực Bắc bể (lô 110 đến lô 113) và cho rằng các đối tượng này có triển vọng dầu khí cao liên quan đến 4 đối tượng (từ 5 đến 8) trong thành tạo trầm tích Miocen trên và Pliocen, 4 đối tượng khác (từ 1 đến 4) tuổi Oligocen đến Miocen giữa (hình 4.a).

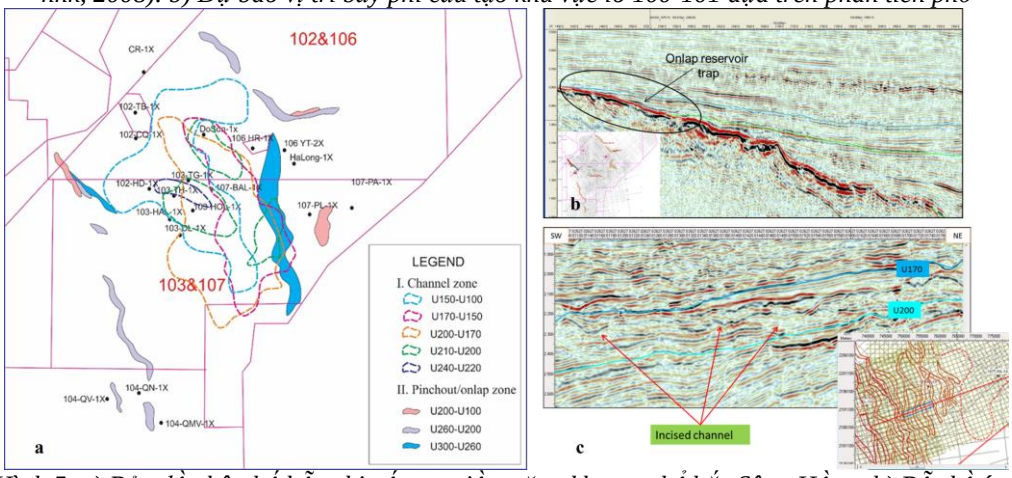
Một số phương pháp nghiên cứu địa chấn đặc biệt cũng đã được áp dụng tại khu vực lô 100-101 dựa trên phân tích thuộc tính địa chấn và mô hình địa tầng phân tập đã khoanh định được vị trí và diện phân bố của 3 bẫy phi cấu tạo dạng quạt ngầm trong môi trường hồ (hình 4.b), đồng thời đánh giá tiềm năng dầu khí và các rủi ro địa chất của những đối tượng này.

Theo Trương Minh (2012), tại bể Sông Hồng các dạng bẫy quạt turbidite trong Oligocen ở độ sâu 4500-4700m, nhiều bẫy thạch học được phát hiện trong đá vôi Miocen dưới, các bẫy vát nhọn địa tầng trong Oligocen, Miocen dưới và Miocen giữa với kích thước khác nhau ở độ sâu từ 2500-2600m đến 3400-3600m. Tại bể Sông Hồng, bẫy thạch học trong đá cacbonat và bẫy địa tầng trong trầm tích clastic được phát hiện với kích thước từ 6x2km^2 đến 20x8km^2 cả ở phần nông 1,4-1,8 km và rất sâu 7,6-8 km.

Tại khu vực bắc bể Sông Hồng khu vực lô 102-106 và 103-107 các bẫy địa tầng tiềm năng có dạng vát nhọn hoặc lấp đầy hệ thống lòng sông cổ (hình 5). Ở khu vực lô 100-101, cũng đã khoanh định được vị trí và diện phân bố của 3 bẫy phi cấu tạo dạng quạt ngầm trong môi trường hồ (Nguyễn Trung Hiếu, 2021).



Hình 4. a)Vị trí bẫy địa tầng dạng quạt ngầm (màu vàng) ở khu vực bể Sông Hồng (Nguyễn Thế Hùng và nnk, 2008). b) Dự báo vị trí bẫy phi cấu tạo khu vực lô 100-101 dựa trên phân tích phổ



Hình 5. a) Bản đồ phân bố bẫy phi cấu tạo tiềm năng khu vực bể bắc Sông Hồng; b) Bẫy kề áp vào khối nâng; c) Bẫy lấp đầy lòng sông cổ (Nguyễn Trung Hiếu, 2021)

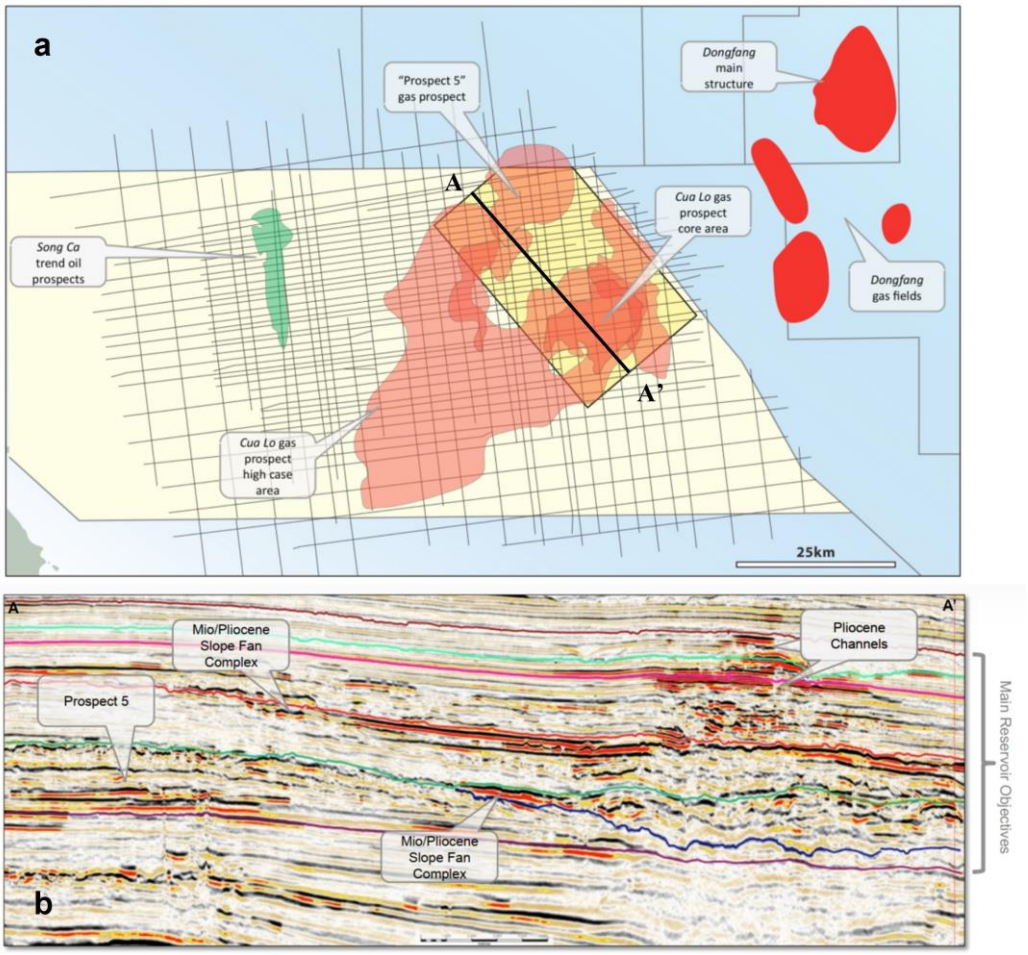
Năm 2017, Lê Hải An đã áp dụng phân tích phổ kết hợp kết quả phân tích địa tầng phân tập, địa vật lý giếng khoan và thuộc tính địa chấn để xác định bẫy phi cấu tạo trong trầm tích Oligocen và Miocen khu vực lô 103 đến 110 bể Sông Hồng. Kết quả đã khoanh định được một số dạng bẫy phi cấu tạo như kề áp, vát nhọn địa tầng ở dạng lớp phủ sườn hoặc lấp đầy trong các kênh rạch đào khoét ở tướng ven bờ và thềm; quạt ngầm và turbidite ở tướng thềm. Các bẫy chủ yếu tập trung trong các dải thềm trải dài vuông góc với hướng đổ của vật liệu trầm tích từ tây sang đông.

Trong phạm vi lô 103-107 phía bắc bể Sông Hồng, nghiên cứu của Hồ Thị Thành (2017) đã chỉ ra một số đối tượng chứa tiềm năng chủ yếu ở dạng lớp phủ sườn trong Miocen giữa phần phía Đông khu vực, các quạt ngầm tuổi Miocen giữa phát triển ở phần đáy biển sâu về phía Đông, cát kết lấp đầy các đào khoét tại đáy Miocen trên ở phần phía Tây Bắc.

Cấu tạo Cửa Lò thuộc lô 105-110/04 được mô tả là một hệ thống quạt ngầm tuổi Mio/Pliocene, nơi các lớp cát lắng đọng trong hệ thống quạt ngầm biển sâu. Lớp cát này được chắn bởi tầng sét tạo thành bẫy phi cấu tạo. Hệ thống trầm tích ở Cửa Lò bao gồm các quạt ngầm và kênh dẫn của các lòng sông cổ. Phân tích AVO (Amplitude Versus Offset) trên tài liệu địa chấn 3D đã chỉ ra rằng các bẫy phi cấu tạo ở cấu tạo Cửa Lò có thể được xác định thông qua dị thường về biên độ. Mặt cắt địa chấn (hình 6) cho thấy các kênh dẫn ngầm và hệ thống quạt tuổi Mio/Pliocen. Các bẫy phi cấu tạo ở đây có phạm vi phân bố rộng, có tiềm năng chứa hydrocarbon lớn. Tài nguyên thu hồi tiềm năng ở cấu tạo Cửa Lò được ước tính đạt tới 13,9 Tcf (Neon Energy Limited, 2013).

Năm 2019, công ty dầu khí Eni của Italia đã phát hiện khí tại các giếng khoan Kèn Bầu thuộc phía Nam Bể trầm tích Sông Hồng có tổng chiều dày vỉa chứa khoảng 110 m trong đá cát kết tuổi Miocen. Công ty Eni đã tiến hành thử 2 vỉa và lấy mẫu chất lưu đã xác định có sự tích tụ khí với trữ lượng lớn tại

các giếng khoan Kèn Bầu này. Kết quả tính toán trữ lượng tại chỗ, ước tính sơ bộ tại phát hiện này khoảng từ 7 - 9 nghìn tỷ phút khối khí thô và 400 - 500 triệu thùng condensate. Những kết quả thu được của giếng khoan Kèn Bầu đã khẳng định tiềm năng dầu khí lớn trong trầm tích biển sâu và mở ra hướng nghiên cứu tiếp theo cho khu vực phía Nam bể Sông Hồng nói riêng và các bể trầm tích khác trên thềm lục địa Việt Nam nói chung. Để mở rộng tìm kiếm thăm dò, đánh giá tiềm năng dầu khí và dự báo rủi ro cho các đối tượng địa chất mới, cần phải có những nghiên cứu chi tiết hơn về đặc điểm, cơ chế hình thành và sự phân bố của các bẫy địa tầng trong khu vực bể trầm tích Sông Hồng.



Hình 6. Vị trí cấu tạo Cửa Lò (a) và một số dạng bẫy phi cấu tạo tuổi Mio/Pliocen xác định trên tài liệu địa chấn (b) (theo Neon Energy Limited, 2013)

Theo Tống Duy Cương và nnk (2023), vào thời kỳ Miocen trên đồng bằng châu thổ chiếm ưu thế, vì vậy, đặc điểm môi trường trầm tích này cho thấy tiềm năng bẫy địa tầng trong khu vực như các doi cát, lòng sông, vát nhọn nằm dọc theo các channel/vùng xói mòn của đồng bằng châu thổ và tích tụ ở sườn phía tây, đông của bể.

5. Kết luận và kiến nghị

Công tác nghiên cứu về bẫy địa tầng ở các bể trầm tích trên thềm lục địa Việt Nam nói chung và bể Sông Hồng nói riêng còn sơ lược và mới chỉ tập trung vào một đối tượng cụ thể mà chưa có những nghiên cứu tổng thể và có hệ thống về cơ chế hình thành, phát triển và phân bố của các kiểu bẫy địa tầng. Từ các kết quả nghiên cứu đã thực hiện ở khu vực bể Sông Hồng, có thể lựa chọn một số khu vực và đối tượng bẫy địa tầng tiềm năng như trong trầm tích Oligocen ở khu vực Hàm Rồng, các hệ thống lòng sông cổ trong trầm tích Miocen khu vực lô 102-106, trầm tích Miocen biển nông, tiền châu thổ khu vực lô 103-107, cấu tạo Cửa Lò lô 105-110/04.

Để mở rộng tìm kiếm thăm dò, đánh giá tiềm năng dầu khí và dự báo rủi ro cho các đối tượng địa chất mới, cần phải có những nghiên cứu chi tiết hơn về đặc điểm, cơ chế hình thành và sự phân bố của các bẫy địa tầng trong khu vực nghiên cứu.

Cần áp dụng các công nghệ mới đã có trên thế giới về tìm kiếm bẫy địa tầng vào các bể trầm tích ở Việt Nam giúp nâng cao hiệu quả của công tác tìm kiếm thăm dò dầu khí cho đối tượng đặc biệt này.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 105.04-2021.23

Tài liệu tham khảo

Allan, J.R., Sun, S.Q., Trice, R., 2006. The deliberate search for stratigraphic and subtle combination traps: where are we now? *Geological Society, London, Special Publications*, 254(1): 57-103.

BP Statistical Review of World Energy, 2019. https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics.html

Đặng Văn Bát, Chu Phương Long, Nguyễn Khắc Đức và nnk., 2009. Địa hình chôn vùi Paleogen ở bồn trũng Sông Hồng và các bẫy phi cấu tạo liên quan. *Tạp chí Dầu khí*, số 3, trang 22–26.

Eni Confirms "Significant Hydrocarbon Accumulation" Offshore Vietnam, 2020. Offshore Engineer Magazine, https://www.oedigital.com/news/480470-eni-confirms-significant-hydrocarbon-accumulation-offshore-vietnam.

Hồ Thị Thành, 2017. Nghiên cứu địa tầng phân tập lát cắt Miocen giữa và trên lô 103-107 bể trầm tích Sông Hồng. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, kỳ 3, trang 22-33.

Lê Hải An, 2017. *Tóm tắt báo cáo đề tài KHCN cấp Bộ "Nghiên cứu ứng dụng phương pháp địa chất – địa vật lý phát hiện các bẫy phi cấu tạo chứa dầu khí ở bể trầm tích Sông Hồng"*, Hà Nội, 28 trang.

Lưu Minh Lương, Dương Mạnh Hiệp, Ngô Văn Thêm, Nguyen Văn Dũng, Phạm Tuấn Anh, 2017. Tích hợp nghiên cứu thuộc tính địa chấn với các nghiên cứu tướng môi trường trầm tích, địa vật lý giếng khoan nhằm dự báo sự phân bố và tính chất vỉa chứa địa tầng Oligocen, lô 09-2/10, bể Cửu Long. *Tạp chí Dầu khí*, số 5, trang 44-50.

Neon Energy Limited, 2013. Block 105 Investor update, 21 p.

Nguyen Dinh Chuc, Tran Van Xuan, Nguyen Xuan Kha, Tran Nhu Huy, Mai Thanh Tan, 2019. The forming mechanism of Oligocene combination/stratigraphic traps and their reservoir quality in southerst Cuu Long basin offshore of Vietnam. *Science & Technology Development Journal*, 22(1): 185-195.

Nguyễn Hiệp và nnk, 2019. *Địa chất và Tài nguyên dầu khí Việt Nam*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, 743 trang.

Nguyễn Lâm Anh, 2023. *Nghiên cứu phương pháp tìm kiếm bẫy phi cấu tạo trên cơ sở phân tích tài liệu địa chất – địa vật lý, ứng dụng thực tế tại khu vực lô 09-1, bồn trũng Cửu Long*. Tóm tắt luận án Tiến sĩ, Viện Dầu khí Việt Nam, 25 trang.

Nguyễn Ngọc Sơn, Nguyễn Quang Trọng, Nguyễn Hữu Nam, Nguyễn Văn Thắng, Nguyễn Tiến Long, Lê Tuấn Việt, Nguyễn Xuân Phong, Trần Ngọc Lan, 2017. Phát hiện Hàm Rồng Đông và Kỳ Lân có ý nghĩa quan trọng và mở ra cơ hội phát triển cho khu vực bắc bể trầm tích Sông Hồng. *Kỷ yếu kỷ niệm 10 năm thành lập PVEP: Chia sẻ giải pháp – nhận hưởng thành công*, trang 47-60.

Nguyễn Thế Hùng, Nguyễn Thị Hồng, Nguyễn Hữu Quỳnh, Vũ Ngọc Diệp, Nguyễn Quang Tuấn, 2008. Một số phát hiện về bẫy phi cấu tạo dạng quạt ngầm Bắc bể trầm tích Sông Hồng. *Tuyển tập báo cáo Hội nghị KHCN Viện Dầu khí Việt Nam: 30 năm phát triển và hội nhập*, trang 86-93.

Nguyễn Thu Huyền và nnk., 2011. Dự báo khả năng tồn tại các dạng bẫy phi cấu tạo trong lát cắt trầm tích sau tách giãn ở bể Phú Khánh. *Tạp chí Dầu khí*, số12, trang 16–23.

Nguyễn Trung Hiếu và nnk, 2021. *Báo cáo tổng kết đề tài PVN: Nghiên cứu, đánh giá hiệu quả công tác tìm kiếm thăm dò dầu khí khu vực phía bắc bể Sông Hồng và đề xuất phương hướng tìm kiếm thăm dò tiếp theo*.

Nguyễn Văn Tiến, Lê Minh Hiếu, 2024. Xác định và dự báo sự tồn tại của bẫy phi cấu trúc trong trầm tích Miocen dưới ở khu vực phía bắc mỏ Bạch Hổ. *Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học – Công nghệ Chào mừng sự kiện LD Vietsovpetro khai thác tấn dầu thứ 250 triệu*, trang 60-66.

Phạm Thanh Liêm, Lê Hải An, Phan Giang Long, 2014. Một số nhận định về khả năng hình thành bẫy chứa dầu khí dạng địa tầng tuổi Miocen muộn - Pliocen khu vực trung tâm bể Sông Hồng. *Tạp chí Dầu khí*, số 12, trang 16–21.

Tiềm năng dầu khí còn lại của Việt Nam không nhiều và rất khó triển khai, 2023. Năng lượng Việt Nam.https://nangluongvietnam.vn/tiem-nang-dau-khi-con-lai-cua-viet-nam-khong-nhieu-va-rat-kho-trien-khai-30144.html

Tong Duy Cuong, Hoang Van Long, Bui Viet Dung, Pham Thi Dieu Huyen, Nguyen Thanh Tung, 2023. Depositional environments oft he Miocene sediments in northern Song Hong basin. *Journal of Mining and Earth Sciences*, 64(1): 10-21.

Tống Duy Cương, Nguyễn Thu Huyền, Nguyễn Trung Hiếu, 2017. Một số dự đoán về tiềm năng bẫy phi cấu tạo bể Phú Khánh. *Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học: Thách thức của Địa chất dầu khí tổng*

thăm dò và khai thác dầu khí, trang 98-109.

Trần Mạnh Cường, 2011. Phương pháp phân tích cổ địa lý tướng đá, mô hình lắng đọng trầm tích xác định điều kiện hình thành bẫy dầu, khí phi cấu tạo tại khu vực Bắc bể Cửu Long. *Tạp chí Dầu khí*, số 12, trang 17–20.

Trương Minh, 2012. Khả năng ứng dụng công nghệ địa chấn mới nhằm mở rộng công tác tìm kiếm thăm dò dầu khí ở thềm lục địa Việt Nam. *Tạp chí Dầu khí*, số 12, trang 32–37.

Stoker, S.J., Gray, J.C., Haile, P. et al., 2006. The importance of stratigraphic plays in the undiscovered resources of the UK Continental Shelf. *Geological Society, London, Special Publications*, 254(1): 153–167.

Tao, S., Yuan, X., Hou, L. et al., 2018. Formation and distribution of large lithologic-stratigraphic oil & gas fields (provinces). *Journal of Natural Gas Geoscience*, 3(1): 51–65.

Varlamov, A.I., Shimansky, V.V., Taninskaya, N.V. et al., 2019. Search and prospects of discovery of non-structural hydrocarbon traps in major petroleum provinces of Russia. *Oil and Gas Geology*, 3: 9–22.

ABSTRACT

Overview of non-structural traps distribution in Song Hong basin

Nguyen Minh Hoa[1], Bui Viet Dung[2], Ha Quang Man[3], Doan Huy Hien[2], Truong Khac Hoa[3]

[1] *Hanoi University of Mining and Geology*
[2] *Vietnam Petroleum Institute*
[3] *PetroVietnam Exploration Production Corporation*

Oil and gas production on Vietnam's continental shelf, particularly from structural traps or Pre-Tertiary basement formations, has been declining rapidly. To address this, focusing on the research and exploration of non-traditional oil and gas reservoirs, especially non-structural traps, is essential for achieving the sustainable development goals of Vietnam's oil and gas industry. This paper provides an overview of the non-structural traps of Vietnam's sedimentary basins, with a specific focus on the Song Hong basin. It identifies several potential non-structural traps in the Ham Rong area, as well as ancient channel systems in the Miocene sediments of blocks 102-106, and shallow marine and pre-deltaic Miocene sediments in block 103-107. To expand search and exploration efforts, evaluate petroleum potential, and predict the risks for new geological targets, it is crucial to apply new methods technologies. These advancements will help in studying the characteristics, formations mechanisms, and distribution of these non-structural traps in general detail.

Keywords: Non-structural traps; Song Hong basin; petroleum potential

Đặc điểm địa tầng trầm tích lô 148-149 bể Phú Khánh

Nguyễn Thị Minh Hồng[1,*], Nguyễn Xuân Trung[2,*]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Tổng công ty Thăm dò Khai thác Dầu khí (PVEP), Việt Nam*

TÓM TẮT

Lô 148-149 thuộc bể Phú Khánh nằm ở khu vực ngoài khơi nước sâu, phía Đông thềm lục địa miền Trung Việt Nam. Là khu có tiềm năng dầu khí khá tốt ở thềm lục địa Việt Nam nhưng có rất ít các công trình nghiên cứu địa chất và dầu khí được thực hiện trước đây. Trong bài báo này, tập thể tác giả tổng hợp những kết quả nghiên cứu thu được dựa trên minh giải tài liệu địa chấn và tài liệu giếng khoan. Kết quả thu được đã làm rõ thông tin về địa tầng, thành phần thạch học và môi trường thành tạo của các thành tạo địa chất khu vực nghiên cứu. Lô 148-149 bao gồm các thành tạo đá móng tuổi trước Kainozoi và thành tạo trầm tích tuổi Kainozoi. Các thành tạo móng trước Kaiznozoi được dự đoán có tuổi từ Tiền Cambri đến Kreta, bao gồm các đá phun trào, xâm nhập trung tính, axit và đá biến chất. Thành tạo tuổi Kainozoi gồm thành tạo hạt mịn môi trường đầm hồ châu thổ tuổi Oligocene - Miocene sớm & trầm tích môi trường biển nông đến biển sâu tuổi Miocene giữa đến Đệ Tứ. Khu vực trũng sâu tại Tây Bắc lô 148-149 bao gồm đầy đủ thành tạo tuổi Oligocene đến nay, còn lại hầu hết diện tích lô thuộc đới móng phân dị và miền vỏ đại dương gồm thành tạo tuổi từ Miocene giữa đến nay.

Từ khóa: địa tầng; tướng thạch học; môi trường trầm tích

1. Mở đầu

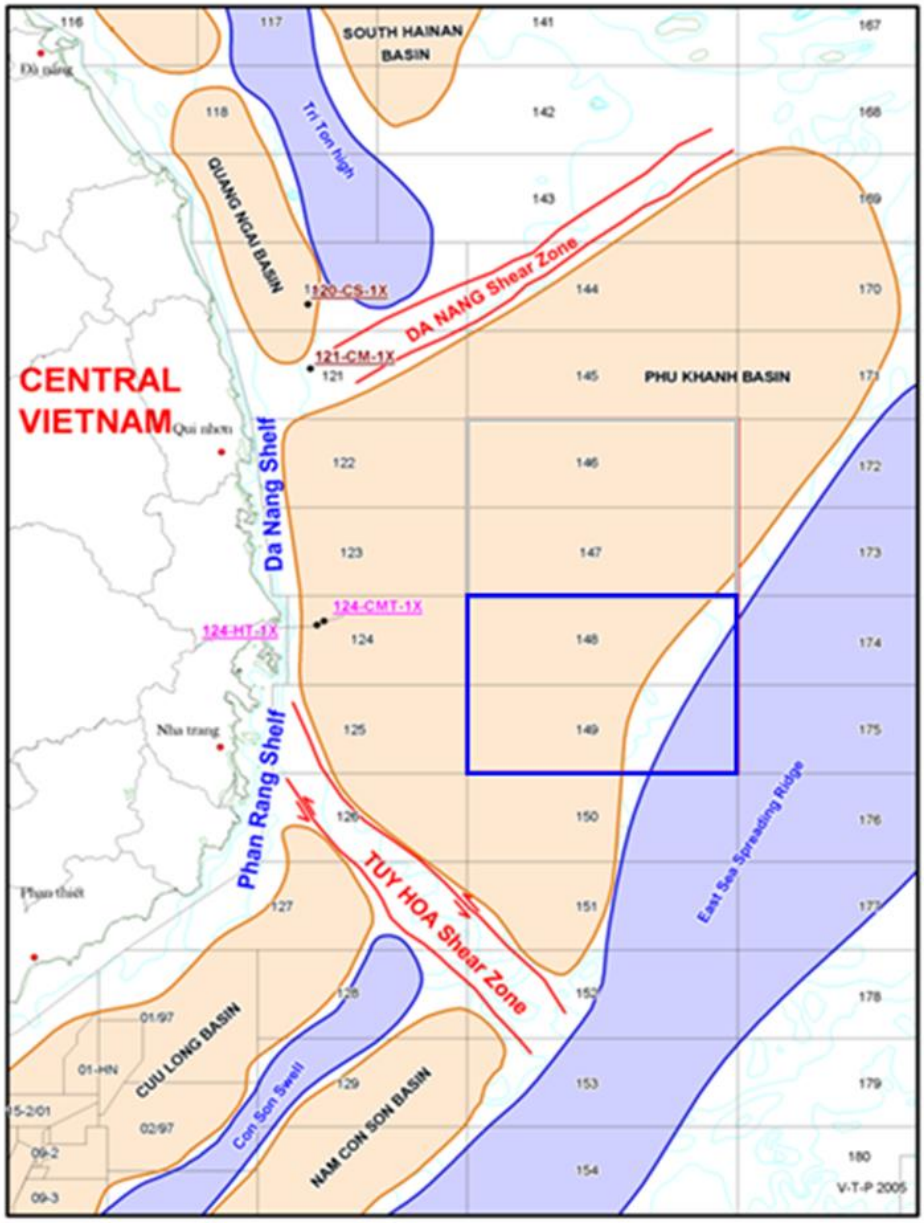
Lô 148-149 nằm ở khu vực nước sâu của phần phía đông bể Phú Khánh với diện tích 18.000 km² (Hình 1). Các hoạt động tìm kiếm thăm dò ở khu vực nghiên cứu nói riêng và khu vực nước sâu Bể Phú Khánh nói chung chủ yếu mới chỉ có thu nổ địa chấn 2D, chưa có giếng khoan thăm dò từ các khảo sát của PGS vào năm 2008, 2009 và khảo sát của PVN vào năm 2010-2011. Tại vùng nghiên cứu đã thực hiện thu nổ tổng khối lượng 7600km tuyến địa chấn 2D và có một số giếng khoan ở phần phía tây của bể, cho thấy tiềm năng dầu khí đầy hứa hẹn trong khu vực này ((Nielsen & Abatzis, 2004, Fyhn và nnk., 2009). Để hiểu rõ tiềm năng dầu khí trong các lô, cũng như trong bể, cần phải có các nghiên cứu chi tiết về địa chất, hệ thống dầu khí, địa chấn và khoan. Trong bài báo này, nhóm tác giả tiến hành thu thập, tổng hợp và cập nhật các kết quả nghiên cứu về đặc điểm địa tầng và trầm tích của lô 148-149 góp phần làm sáng tỏ hơn đặc điểm địa chất và định hướng cho công tác tìm kiếm thăm dò dầu khí.

2. Cơ sở tài liệu và phương pháp nghiên cứu

Để phục vụ cho bài báo này, tác giả sử dụng các tài liệu sau đây:
- Kết quả minh giải tài liệu địa chấn 2D được thực hiện trong những năm gần đây.
- Kết quả minh giải tài liệu từ, trọng lực của bể Phú khánh và các vùng lân cận.
- Kết quả phân tích thạch học, cổ sinh và minh giải tài liệu của giếng khoan bể Phú Khánh.

Trên cơ sở các tài liệu tác giả đã tiến hành thu thập, tổng hợp những số liệu minh giải được thực hiện trong những năm gần đây để đưa ra một bức tranh chi tiết hơn về đặc điểm thành phần thạch học, địa tầng và môi trường trầm tích trong khu vực nghiên cứu.

[*] *Tác giả liên hệ:*
Email: nguyenthiminhhong@humg.edu.vn



Hình 1. Sơ đồ vị trí lô 148-149 bể Phú Khánh

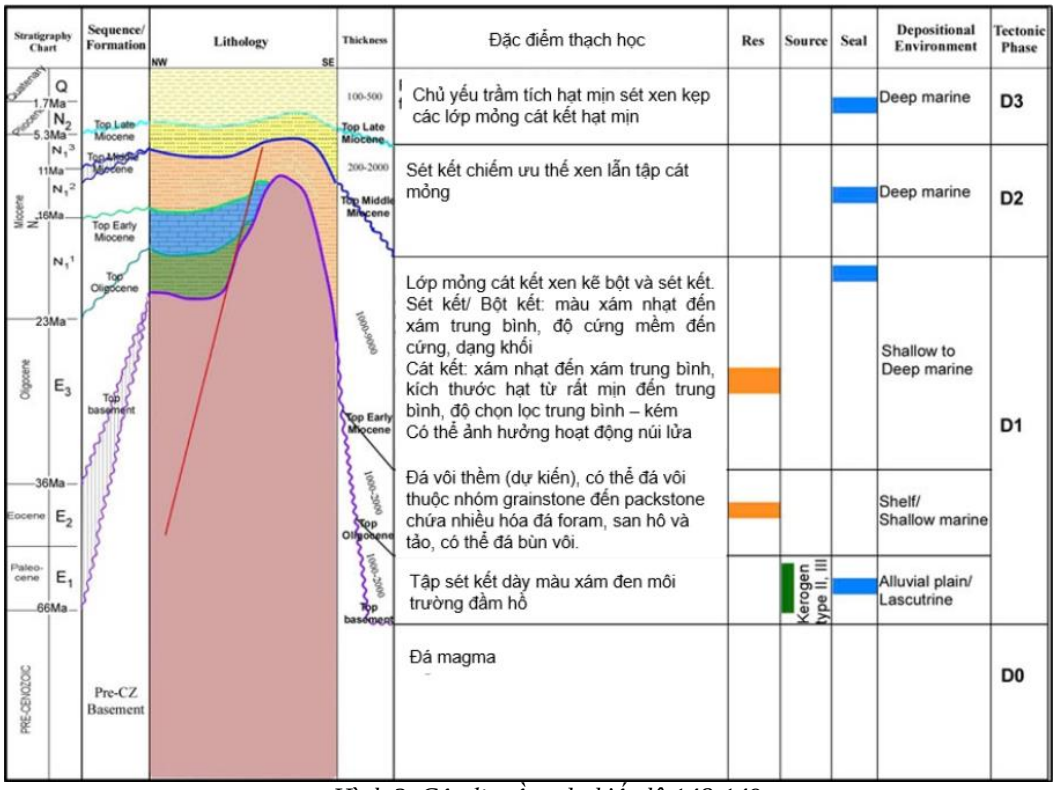
3. Đặc điểm địa tầng lô 148-149

Do chưa có các giếng khoan thăm dò trong khu vực lô nghiên cứu nên địa tầng dự kiến của lô 148-149 được xây dựng chủ yếu dựa vào các tài liệu nghiên cứu địa chất kiến tạo khu vực, tài liệu các giếng khoan thuộc bể Phú Khánh và các tài liệu địa chấn. Hiện ở bể Phú Khánh mới chỉ có 3 giếng khoan thăm dò, nên v việc phân chia địa tầng, xác định các mặt bất chỉnh hợp, của vùng nghiên cứu được xây dựng chủ yếu dựa vào những phân tích ngoại suy từ nhiều nguồn tài liệu, đặc biệt là những kết quả minh giải và liên kết tài liệu địa vật lý giếng khoan đã được tiến hành tại các vùng lân cận. Bên cạnh đó, kết quả phân tích địa chấn - địa tầng, từ và trọng lực cũng được kết hợp và sử dụng một cách có hiệu quả trong quá trình thành lập địa tầng của vùng nghiên cứu (Hình 2) (Đỗ và nnk, 2007, Trịnh và nnk, 2012). Qua kết quả phân tích thạch học, cổ sinh và địa vật lý giếng khoan của các giếng thăm dò trong phạm vi bể Phú Khánh (Nguyễn và nnk., 2009), và tài liệu địa chấn liên kết cho thấy địa tầng khu vực nghiên cứu lô 148-149 có mặt đầy đủ các thành tạo địa chất tương ứng tồn tại trong khu vực bể Phú Khánh, bao gồm các thành tạo đá móng trước Đệ Tam và các trầm tích tuổi từ Eocene?-Oligocene đến Đệ Tứ.

3.1. Các thành tạo móng trước KZ

Các thành tạo đá móng trước Kainozoi đã gặp ở 2 giếng khoan TH, CT tại thềm Tuy Hòa. Giếng khoan TH đã gặp móng tại độ sâu 2761mD và khoan 136m vào móng, giếng CT bắt gặp móng tại 2154mD và khoan vào móng 97m. Theo kết quả phân tích mẫu sườn và mẫu vụn của đá móng từ hai giếng khoan trên

cho thấy chúng là granit, giống granit Mesozoi đã gặp ở rìa Đông Nam khối lục địa Kanak. Các thành tạo trước Kainozoi ở phần lục địa rìa Tây bể Phú Khánh khối Kanak có tuổi từ Tiền Cambri đến Creta, bao gồm các đá trầm tích, các đá phun trào, xâm nhập trung tính, axit và đá biến chất được chia thành các nhóm chính sau: nhóm các thành tạo macma xâm nhập Paleozoi - Mesozoi, nhóm các thành tạo phun trào Mesozoi, nhóm các thành tạo trầm tích Paleozoi - Mezozoi và nhóm các thành tạo biến chất trước Cambri(Ngô và nnk., 1992 - 2004, Đỗ, 2007, Trần và nnk., 2019,). Trong đó, đá móng phun trào xâm nhập trung tính, axit được dự đoán là đá móng chính trước Kainozoi của phần lớn diện tích bể Phú Khánh. Theo tài liệu địa chấn, tại phần diện tích của lô thuộc đới nâng Khánh Hòa ngay ở phần dưới nóc móng có tập phản xạ mạnh, sau đó là đến phản xạ trắng không phân lớp.



Hình 2. Cột địa tầng dự kiến lô 148-149

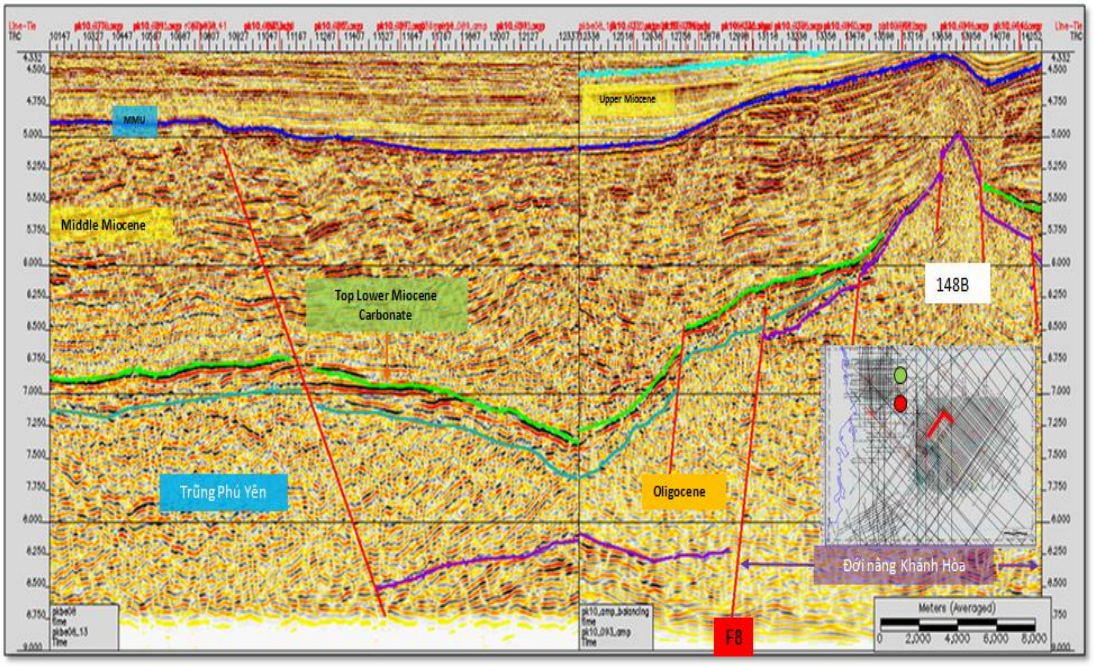
3.2 Các thành tạo trầm tích KZ

3.2.1 Trầm tích tuổi Oligocene

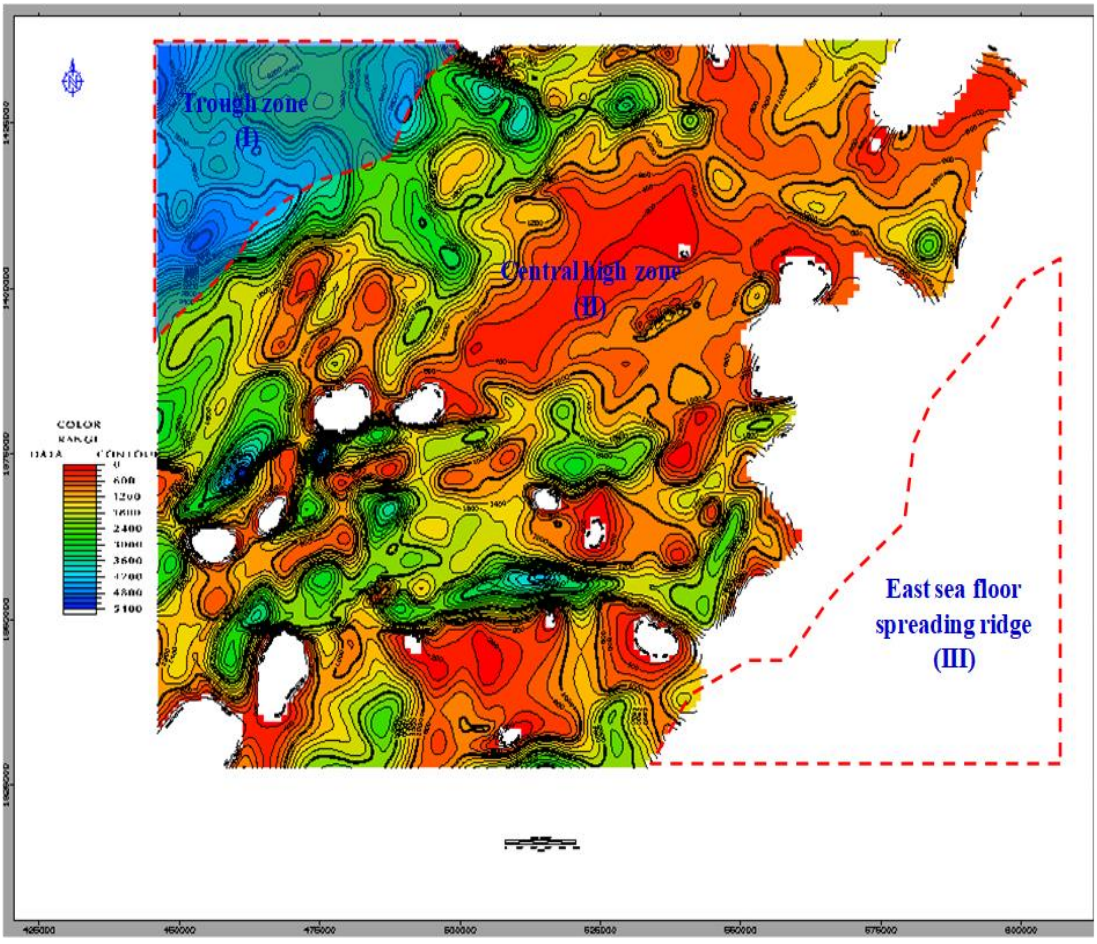
Trong vùng nghiên cứu, các thành tạo Oligocene được xác định và phân chia đều dựa trên đặc trưng về địa chấn với đặc trưng sóng phản xạ biên độ trung bình, ngắt quãng, không liên tục, xen kẽ đoạn sóng biên độ thấp, khó liên kết theo một pha hoàn chỉnh, đặc trưng cho tướng đầm hồ, sông ngòi (Hình 3). Kết quả minh giải địa chấn đã xác định diện phân bố của tập trầm tích này chỉ nằm tại phần góc Tây Bắc của lô nghiên cứu, với bề dày tập trầm tích 1000-2000m (Hình 4).

Trên tài liệu địa chấn cho thấy mặt ranh giới Oligocene là mặt bất chỉnh hợp góc yếu với pha phản xạ biên độ trung bình, kém liên tục phân tách giữa tập phản xạ biên độ mạnh liên tục phía trên và tập phản xạ biên độ mờ, tự do ở phía dưới (Hình 5).

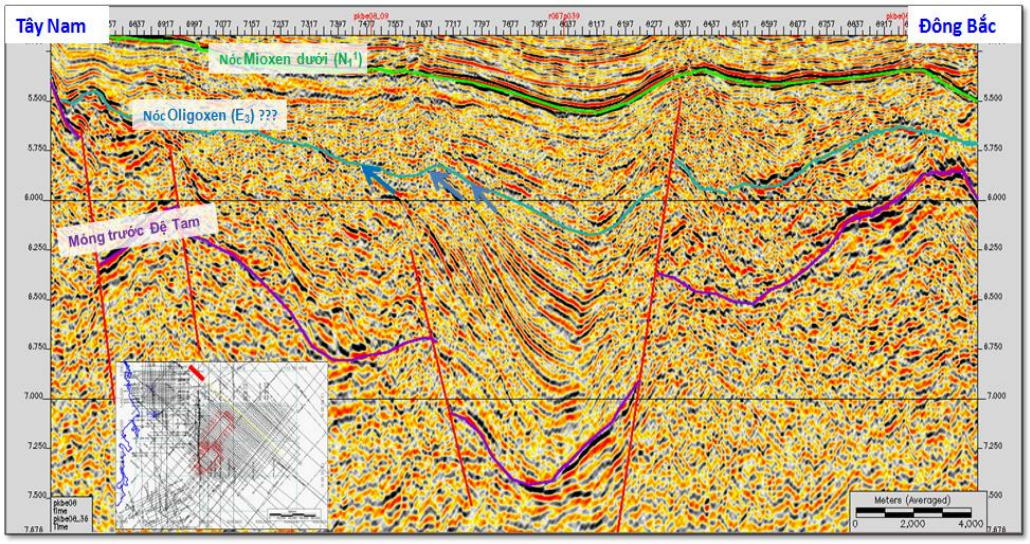
Trong khu vực bể Phú Khánh chưa có giếng khoan nào bắt gặp trầm tích tuổi Oligocene. Theo phương pháp nội suy tương tự trầm tích Oligocene ở khu vực có mặt các thành tạo tương tự như các thành tạo như ở giếng khoan CH và CVX Bam Sông Hồng bao gồm chủ yếu cát kết xen kẹp các lớp sét, bột kết các lớp than thuộc tướng aluvi, đầm hồ và đồng bằng châu thổ. Cát kết màu xám sáng, xám nâu dạng khối đến phân lớp dày, bán góc cạnh đến tròn cạnh, chọn lọc trung bình – kém. Đá sét rắn chắc, phân lớp mỏng đến trung bình màu xám sáng, xám tối, nâu nhạt, chứa nhiều vôi và các mảnh vụn than hoặc vật chất hữu cơ (Trịnh và nnt 20012, Ngô và nnk., 1992 - 2004). Theo tài liệu nghiên cứu, đá sinh chính của các bể trầm tích Đệ Tam thuộc thềm lục địa Việt Nam là tập sét đầm hồ và sét than châu thổ tuổi Oligocene và Miocene sớm. Theo những đặc điểm trên của thành tạo trầm tích tuổi Oligocene, trầm tích tuổi này được xem là nguồn đá sinh tiềm năng cho khu vực lô nghiên cứu.



Hình 3. Mặt cắt địa chấn tuyến pk13 và pk093-amp qua góc Tây Bắc của lô 148



Hình 4. Bản đồ đẳng dày tập trầm tích tuổi Oligocene (E_3)



Hình 5. Mặt bào mòn bất chỉnh hợp góc Oligocene

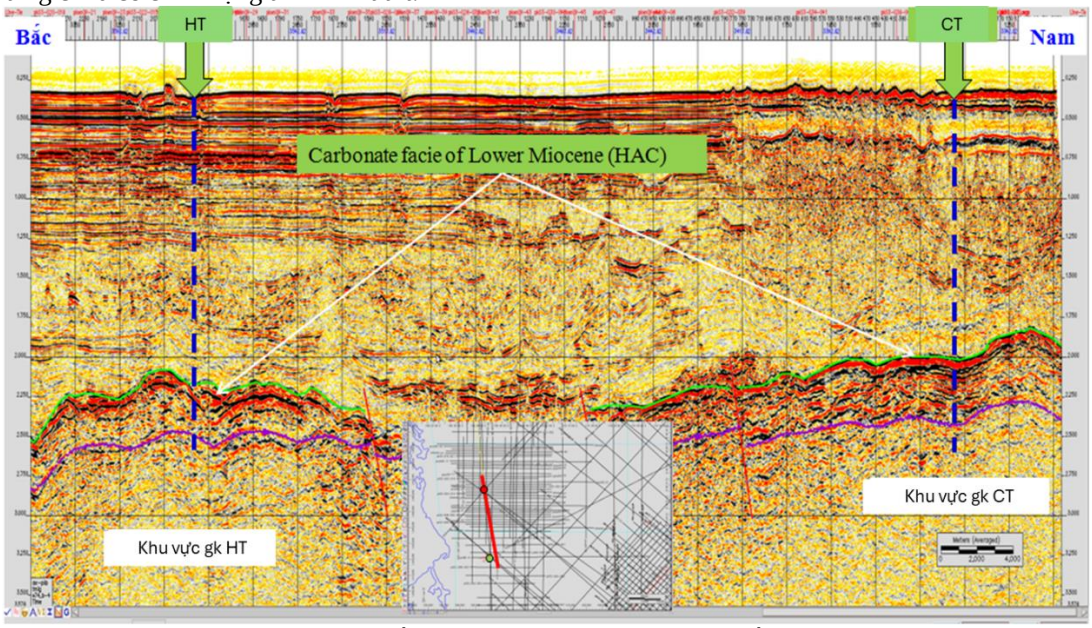
3.2.2. Trầm tích tuổi Miocene sớm

Việc phân chia về ranh giới trên của tập trầm tích này dựa trên tập hợp hóa thạch định tuổi của giếng khoan TH (kết quả phân tích foram của PXP) cùng với kết quả liên kết địa chấn trên khu vực bể, đã xác định ranh giới của tập Miocene sớm. Các giếng khoan thăm dò trong khu vực bể đặt tại thềm Tuy Hòa đã bắt gặp trầm tích tuổi Miocene sớm. Trong đó: đá carbonat bao gồm đá vôi và dolomit hoặc dolomit chứa vôi thuộc các nhóm packstone, wackstone và mudstone chứa nhiều khung xương sinh vật san hô, màu trắng đến xám sáng, độ cứng từ rắn chắc đến trung bình ở nhiều phần, dạng khối đến gần tấm, ẩn tinh đến vi tinh và kiến trúc hạt đường. Cát kết với xi măng canxit ở phần đáy. Sét kết có màu xám oliu đến xám vừa, xám nâu, mềm đến cứng, đôi chỗ dính, biến thiên hàm lượng vôi và đến sét vôi ở nhiều chỗ (Đỗ, 2001, 2007).

Trên tài liệu địa chấn đi qua hai giếng khoan HT và CT cho thấy mặt ranh giới này là nóc của một tập trầm tích song song, á song song với biên độ rất cao, liên tục phủ chồng lên mặt móng với bề dày tương đối ổn định trên các khối cao đã khoan (Lê và nnk, 2005) (Hình 6).

Trong khu vực lô 148-149, tập trầm tích tuổi Miocene sớm có dạng kề áp lên khối móng nhô cao và chỉ còn tồn tại hữu hạn ở khu vực phía Tây Bắc của đới nâng Khánh Hòa (Hình 5). Bề dày của tập trầm tích thay đổi từ 2000-4000m.

Hai giếng khoan khu vực thuộc khu vực nghiên cứu CT và HT đã có biểu hiện dầu khí trong trầm tích tuổi này. Với điều kiện và đặc điểm trầm tích như trên, các tập cát kết và đá vôi tuổi Miocene sớm hứa hẹn là tầng chứa có chất lượng tốt đến rất tốt.

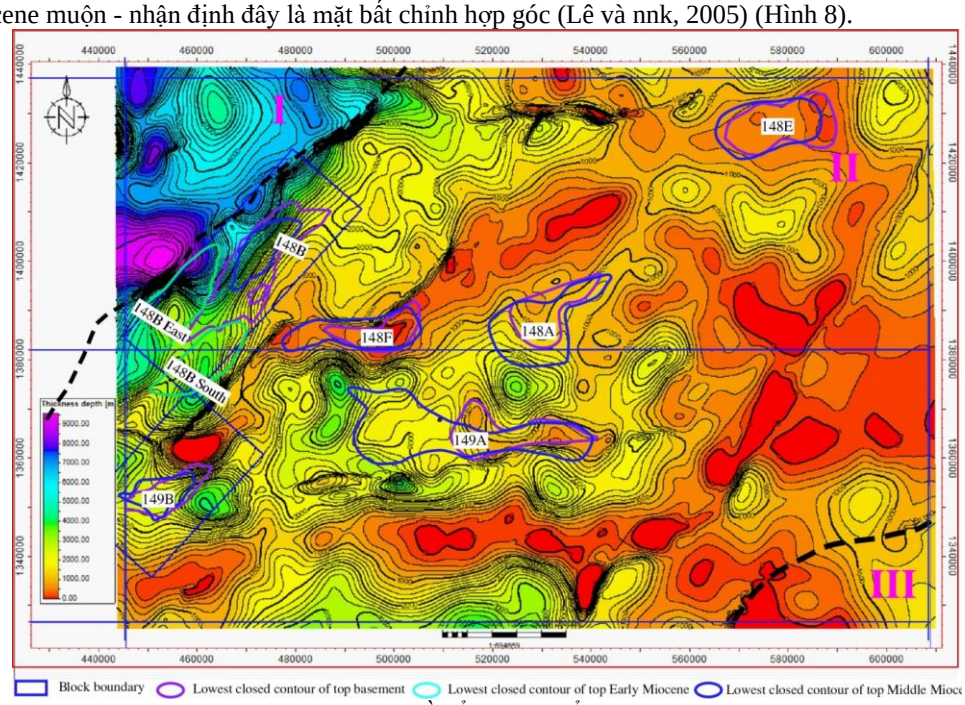


Hình 6. Tướng địa chấn carbonate đặc trưng tại hai giếng khoan HT và CT

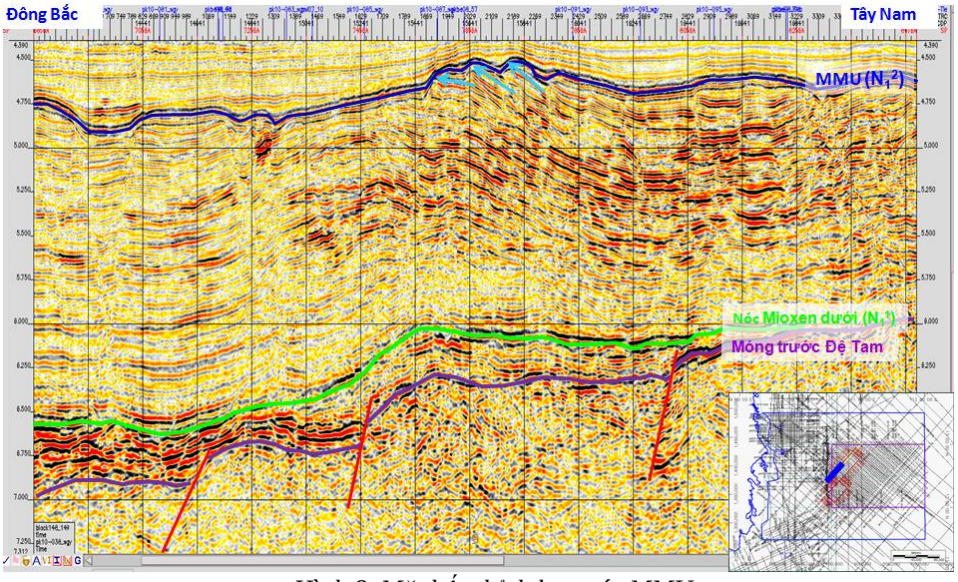
3.2.3. Trầm tích tuổi Miocene giữa

Tại các giếng khoan ở khu vực thềm Tuy Hòa đã bắt gặp thành tạo trầm tích Miocene giữa (Đỗ, 2001, 2007). Thành phần trầm tích tuổi Miocene giữa tại giếng khoan TH có bề dày 834m bao gồm: phần trên chủ yếu là sét kết xen kẹp các lớp bột kết, phần dưới sét kết xen kẹp lớp vôi mỏng. Bề dày trầm tích tại phần nhô cao móng rất mỏng (tại giếng khoan CT bề dày 10,5m, gần như vắng mặt tại giếng khoan HT), tại giếng khoan TH móng sụt thấp tương đối so với giếng khoan CT và HT khoảng 500 - 600m bề dày trầm tích dày và khá ổn định, đạt khoảng 834m. Trầm tích tuổi Miocene giữa trong khu vực lô bao gồm chủ yếu là các tập cát kết xen kẽ bột và sét kết môi trường từ biển nông đến biển sâu (M.Soekarno, 2009, Nguyễn và nnk, 2011). Trầm tích tuổi Miocene giữa phát triển rộng khắp trong khu vực lô nghiên cứu, bề dày lớn lên đến 7000 - 9000m tại khu vực trũng và mỏng hơn tại đới nâng Khánh Hòa và tách giãn biển đông (Hình 7).

Trên tài liệu địa chấn, nóc tập trầm tích tuổi Miocene giữa được nhận diện với đặc trưng phản xạ địa chấn là pha có biên độ mạnh, liên tục, tần số cao, với mối quan hệ chống nóc bởi các lớp trầm tích á song song, uốn nếp phía dưới và bị gá đáy bởi lớp trầm tích thế nằm phân lớp song song phía trên có tuổi trẻ hơn là Miocene muộn - nhận định đây là mặt bất chỉnh hợp góc (Lê và nnk, 2005) (Hình 8).



Hình 7. Bản đồ đẳng dày tuổi Miocene giữa

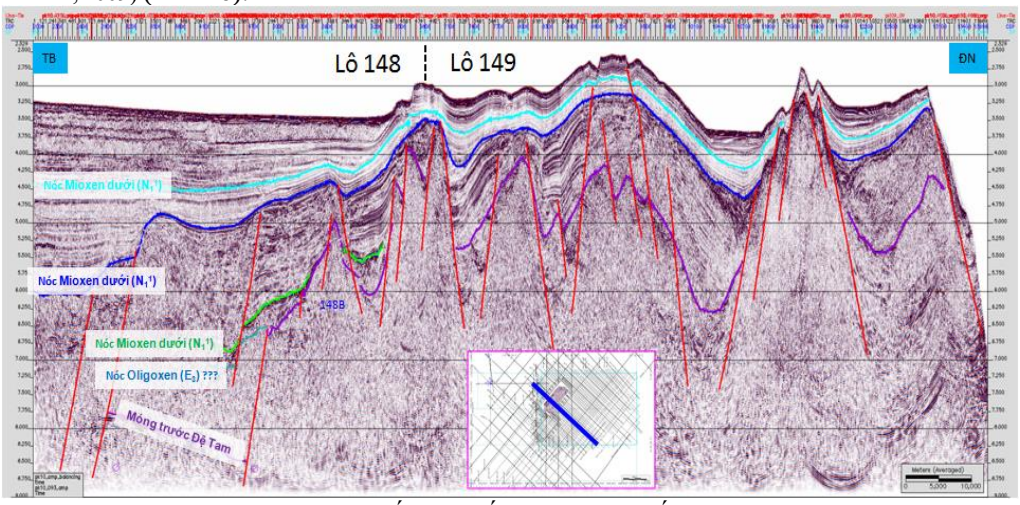


Hình 8. Mặt bất chỉnh hợp góc MMU

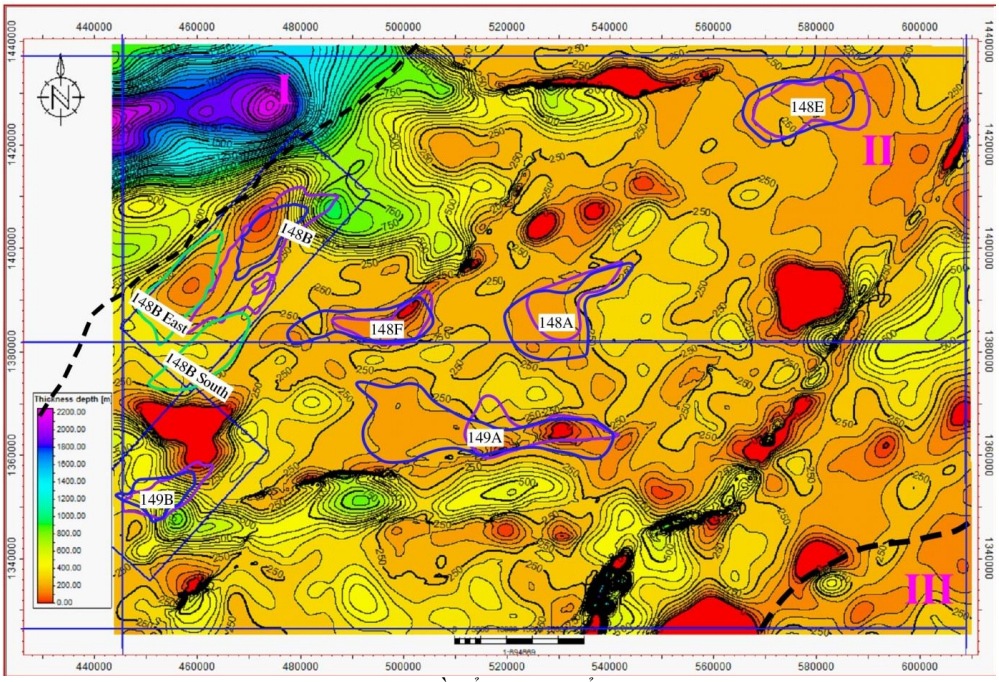
3.2.4. Trầm tích tuổi Miocene muộn

Mặt nóc tầng Miocene trên được liên kết rất tin tưởng dựa trên thông tin tầng đánh dấu tại các giếng khoan khu vực thềm Tuy Hòa CT, TH (Đỗ Bạt, 2015). Việc liên kết nóc tầng Miocen trên toàn khu vực nghiên cứu tương đối dễ dàng và có cơ sở dựa trên đặc trưng phản xạ địa chấn, đây là pha phản xạ có biên độ trung bình đến mạnh, với độ liên tục cao, tần số cao. Nóc tầng Miocene trên phủ chỉnh hợp lên tập Miocene giữa. Trong khu vực nghiên cứu trầm tích trẻ Miocene trên nằm song song và khá bằng phẳng, chứng tỏ chế độ lắng đọng trầm tích vào giai đoạn này khá bình ổn (Lê và nnk, 2005, Hoàng, Mai 2014). Tuy nhiên, tại một số khu vực như đới nâng tương đối Khánh Hòa chịu tác động bởi các hoạt động kiến tạo nâng - hạ trẻ nên mặt phản xạ Miocene trên khu vực này bị uốn nếp mạnh, thậm chí còn bị phá hủy trầm tích bởi sự xuyên cắt qua của các khối macma phun trào tuổi rất trẻ (Hình 9).

Tại các giếng khoan (TH, CTvà HT) ở khu vực thềm Tuy Hòa đều gặp các thành tạo Miocene muộn (Nguyễn và nnk 2011, Trần và nnk 2019). Thành phần trầm tích tuổi Miocene muộn được mô tả tại các giếng khoan chủ yếu là trầm tích hạt mịn: sét kết xen kẹp bột vôi (HT), sét kết xen kẹp sét bột kết, cát kết (CT), sét kết xen kẽ, xen kẹp cát kết (TH). Bề dày trầm tích rất ổn định, dao động trong khoảng hẹp (248 - 260m). Kết quả nghiên cứu tướng - môi trường trầm tích tuổi Miocene muộn phủ trên toàn bộ lô nghiên cứu là trầm tích hạt mịn biển sâu, đóng vai trò tầng chắn rất tốt cho các cấu tạo tiềm năng trong khu vực lô (M. Soekarno, 2009) (hình 10).



Hình 9. Mặt cắt địa chấn hướng Tây Bắc - Đông Nam



Hình 10. Bản đồ đẳng dày tuổi Miocene muộn

3.2.5. Trầm tích tuổi Pliocene - Đệ Tứ

Trầm tích tuổi Pliocene - Đệ Tứ phát triển rộng khắp và nhìn chung khá đồng nhất trong toàn khu vực lô nghiên cứu. Trầm tích bao gồm chủ yếu các đá hạt mịn (sét, sét xen kẹp các lớp bột kết) với bề dày lớn, được thành tạo trong môi trường biển sâu.

Với thành phần thạch học chủ yếu là trầm tích hạt mịn, bề dày lớn, khá ổn định và phân bố rộng rãi trên toàn bộ các đới cấu trúc của bể Phú Khánh và vùng kế cận, trầm tích tuổi này được coi là tầng chắn tốt mang tính toàn khu vực.

Theo tài liệu địa chấn trên bản đồ bề dày tạo N_2-Q, các thành tạo Pliocene - Đệ Tứ vẫn kế thừa quá trình sụt lún ở phần trũng Phú Yên (góc tây bắc của lô nghiên cứu), dao động trong khoảng trên dưới 1000m. Đới nâng Khánh Hòa có bề dày trầm tích dao động trong khoảng 0 - 500m. Tại đây do có các hoạt động phun trào dạng plum nhiệt đi lên theo các hệ đứt gãy trẻ nên tại các diện tích nâng cục bộ hầu như không có các tích tụ trầm tích.

Kết luận

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu có thể thấy rõ thành tạo địa chất khu vực lô 148-149 bao gồm các thành tạo đá móng tuổi trước Kainozoi và thành tạo trầm tích tuổi Kainozoi. Các thành tạo móng trước Kaiznozoi được dự đoán có tuổi từ Tiền Cambri đến Kreta, bao gồm các đá phun trào, xâm nhập trung tính, axit và đá biến chất. Thành tạo tuổi Kainozoi gồm thành tạo hạt mịn môi trường đầm hồ châu thổ tuổi Oligocene - Miocene sớm & trầm tích môi trường biển nông đến biển sâu tuổi Miocene giữa đến Đệ Tứ. Khu vực trũng sâu tại Tây Bắc lô 148-149 bao gồm đầy đủ thành tạo tuổi Oligocene đến nay, còn lại hầu hết diện tích lô thuộc đới móng phân dị và miền vỏ đại dương gồm thành tạo tuổi từ Miocene giữa đến nay. Công tác nghiên cứu địa tầng phục vụ cho nghiên cứu địa chất tìm kiếm thăm dò dầu khí lô 148-149 cần được đẩy mạnh hơn nữa.

Đóng góp của tác giả

Nguyễn Thị Minh Hồng - xây dựng ý tưởng khoa học, bố cục và hoàn thiện bài báo; Nguyễn Xuân Trung - thu thập, đánh giá, phân tích tổng hợp tài liệu.

Tài liệu tham khảo

Đỗ Bạt, 2001. *Định danh và liên kết địa tầng trầm tích Đệ Tam thềm lục địa Việt Nam.* Hà nội, Lưu trữ Dầu khí.

Đỗ Bạt, Nguyễn Địch Dỹ, Phan Huy Quynh, Phạm Hồng Quế, Nguyễn Quý Hùng, Đỗ Việt Hiếu, 2007. Địa tầng các bể trầm tích Cenozoic Việt Nam. Trong *Địa chất và Tài nguyên Dầu khí Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, trang 141 - 181.

Fyhn, M. B., Nielsen, L. H., Boldreel, L. O., Thang, L. D., Bojesen - Koefoed, J., Petersen, H. I., & Abatzis, I.,2009. Geological evolution, regional perspectives and hydrocarbon potential of the northwest Phu Khanh Basin, offshore Central Vietnam. *Marine and Petroleum Geology*, 26(1), 1 - 24.

Hoàng Việt Bách, Mai Thanh Tân, 2014. Đặc điểm địa chấn địa tầng và dự báo môi trường trầm tích Miocene trên, Bể Phú Khánh. *Tạp chí Dầu khí*-số 9/2014.

Lê Đình Thắng và nnk, 2005. *Báo cáo minh giải tài liệu địa chấn 2D, vẽ bản đồ và đánh giá cấu trúc địa chất khu vực bể Phú Khánh*.

M.Soekarno-Core Lab, 2009. *Biostratigraphy and Paleoenvironments of interval 960m to 2165m- 124-TH-1X well*

Nielsen, L. H., & Abatzis, I,2004. *Petroleum potential of sedimentary basins in Vietnam: long -term geoscientific co - operation with the Vietnam Petroleum Institute*. GEUS Bulletin, 4, 97 - 100.

Ngô, X. V., Lê, V. T. và Vũ, T. H. (1992 - 2004). *Các báo cáo phân tích thạch học các giếng khoan thềm lục địa Việt Nam*. Hà Nội, Lưu trữ Dầu khí.

Nguyễn Anh Đức và nnk, 2011. *Đánh giá tiềm năng dầu khí bể Phú Khánh*.

Nguyễn Anh Đức và nnk VPI, 2011. *High resolution biosstratigraphy report of 123-TH-1X*.

Trịnh Xuân Cường và nnk, 2012. *Nghiên cứu cấu trúc địa chất và tiềm năng dầu khí bể Phú Khánh trên cơ sở tài liệu địa chất, địa vật lý, khoan thăm dò đến tháng 12/2009*. Viện Dầu khí Việt Nam. 2012.

Trần, N. T., Nguyễn, H. M., Nguyễn, T. H. và Nguyễn, A. Đ.,2019. Bể trầm tích Phú Khánh và Tài nguyên Dầu khí trong *Địa chất và tài nguyên Dầu khí Việt Nam*. Nhà Xuất bản Khoa học và Kỹ thuật: 283 - 318.

ABSTRACT

Characteristics of Stratigraphy and sedimentation block 148-149 of the Phu Khanh Basin

Nguyen Thi Minh Hong[1]*, Nguyen Xuan Trung[2]
[1] *Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Petrovietnam Exploration Production Corporation (PVEP), Vietnam*

The authors should give the Blocks 148-149 of the Phu Khanh Basin are located in the deep- watter offshore area to the east of the Central Vietnam continental shelf. This area has significant potential for oil and gas resources on the Vietnamese continental shelf, but there have been very few geological and petroleum studies conducted in the past. In this paper, the authors summarize the research results based on seismic interpretation data and well log information. The results clarify information about stratigraphy, lithology and deposition environment of the geological formations in study area. Blocks 148-149 include pre-Cenozoic basement formations and Cenozoic sedimentary formations. The pre-Cenozoic basement formations are predicted to date from the Precambrian to the Cretaceous periods, and consist of volcanic rocks, intermediate to acidic intrusive rocks, and metamorphic rocks. The Cenozoic formations include fine-grained deltaic and lacustrine deposits from the Oligocene to early Miocene, as well as shallow marine to deep marine sediments from the middle Miocene to the Quaternary period. The deep basin area in the northwest of Blocks 148-149 contains formations ranging from the Oligocene to the present, while most of the remaining area of the blocks belongs to differentiated basement zones and oceanic crust regions, with formations dating from the middle Miocene to the present.

Keywords: Stratigraphy; Lithofacies; Sedimentary environment

Phân vùng địa chất theo phương pháp học máy không giám sát (k-means) khu vực trung tâm Việt Nam theo tài liệu trọng lực

Phan Thị Hồng[1,*], Đỗ Minh Phương[2]
[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Liên đoàn Vật lý Địa chất, Cục Địa chất Việt Nam*

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả áp dụng phương pháp học máy không giám sát (k-means) trên tài liệu trọng lực để phân chia các vùng đồng nhất về thuộc tính vật lý của trường khu vực trung tâm Việt Nam. Tham số đầu vào của phương pháp gồm 04 thuộc tính của trường (dị thường trọng lực ở độ sâu 5km, gradient ngang, thuộc tính phương sai và hệ số truy tìm trục dị thường), kết hợp áp dụng phương pháp điểm khuỷu tay (Elbow method) chúng tôi phân thành 09 cụm tối ưu có đặc điểm gần nhau về thuộc tính của trường. Kết quả phân cụm cho thấy phía Tây Nam, trung tâm và phía Nam khu vực có tính chất vật lý biến đổi phức tạp, phản ánh hoạt động kiến tạo phức tạp với sự xáo trộn của các lớp đất đá khác nhau và đây là vị trí tiềm năng hình thành các mỏ khoáng sản nội sinh có nguồn gốc magma. Phía Bắc, Tây Bắc và phía Đông của khu vực có sự thay đổi không đáng kể về thuộc tính vật lý của trường, phản ánh sự bình ổn của các lớp đất đá với phương cấu trúc kéo dài theo phương Tây Bắc - Đông Nam. Như vậy, đối với những khu vực có ít thông tin địa vật lý, việc sử dụng các thuộc tính vật lý tương quan của cùng một trường địa vật lý là bộ dữ liệu đầu vào đáng tin cậy của phương pháp học máy không giám sát (k-means), kết quả này là cách tiếp cận ban đầu hiệu quả để xác đinh các cấu trúc địa chất mới và đánh giá nguồn gốc thành tạo các mỏ khoáng sản ẩn sâu trong khu vực.

Từ khóa: k-means; trọng lực; COSCAD 3D; khu vực trung tâm Việt Nam

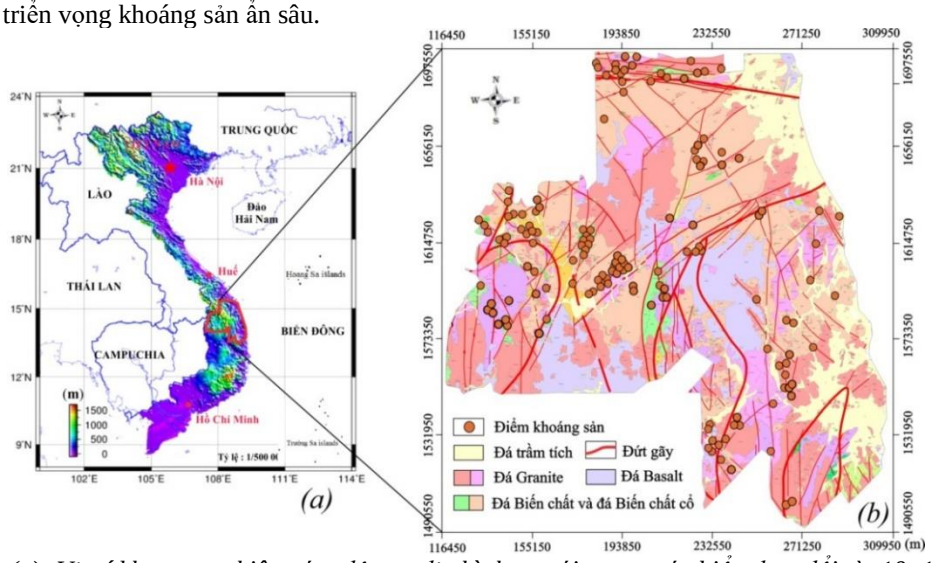
1. Đặt vấn đề

Thuật toán phân cụm k-means đã được sử dụng hiệu quả trong nhiều ngành khác nhau như công nghệ phần mềm, khai thác dữ liệu, phân tích hình ảnh, phân loại thạch học, phân tích dữ liệu địa vật lý [Bosch, 1999; Bosch và nnk, 2002; MacQueen, 1967; MaxMignotte, 2008), mục đích của thuật toán là tách các nhóm đối tượng trong một nhóm giống nhau về thuộc tính và khác với các đối tượng trong các nhóm khác. Cụ thể trong lĩnh vực địa vật lý, Bauer và cộng sự (2003) đã sử dụng phương pháp k-means để phân tách thành các nhóm thạch học khác nhau với các thuộc tính đầu vào gồm: vận tốc P nghịch đảo, tỷ lệ Poisson, kết hợp với dữ liệu vật lý thạch học; Delfiner và cộng sự (1987) đã được sử dụng phương pháp k - means để phân loại thạch học trong các lỗ khoan, Di Giuseppe (2017) cũng đã áp dụng phương pháp k - means để xác định đặc điểm cấu trúc địa chất của hệ thống địa nhiệt núi lửa, Campi Flegrei (Naples, Ý) với bộ dữ liệu đầu vào gồm các thông số điện trở suất, vận tốc sóng P và mật độ; Bernardinetti và cộng sự (2017) đã ứng dụng phân tích cụm k-means với bộ dữ liệu bao gồm điện trở suất,sóng địa chấn khúc xạ (sóng P) để xác định các đặc tính vật lý khác nhau và đặc tính cơ học của tầng chứa nước. Nhìn chung, phần lớn các công trình sử dụng thuật toán phân cụm k-means thường được áp dụng cho các tập dữ liệu đầu vào từ nhiều phương pháp địa vật lý khác nhau và ít nghiên cứu tập trung vào việc áp dụng thuật toán k-means với các tham số đầu vào từ các thuộc tính của một trường địa vật lý. Hơn nữa, trong trường hợp khu vực nghiên cứu ở một vùng mới có rất ít thông tin địa vật lý, việc sử dụng các đặc tính của trường địa vật lý làm tham số đầu vào cho phương pháp k-means có khả năng phát hiện ra các thông tin mới phục vụ cho các hoạt động thăm dò địa chất tiếp theo.

Khu vực Trung tâm Việt Nam là nơi phát triển và giao thoa của các khối lớn như đai uốn nếp Trường Sơn, đới khâu Tam Kỳ - Phước Sơn, khối nâng Kon Tum. Trong đó, các đứt gãy sâu theo phương Tây Bắc - Đông Nam (đứt gãy Po Kô), phương Đông Bắc - Tây Nam và á kinh tuyến là ranh giới giữa các cấu trúc nêu trên (Hai Thanh Tran và nnk, 2014; Quyen Minh Nguyen, 2019; Trần Văn Trị và Nguyễn Xuân Bao, 2008). Khu vực nghiên cứu đặc trưng bởi các thung lũng hẹp, chia cắt hiểm trở, địa hình phức tạp,

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: phanthihong@humg.edu.vn

nhiều núi cao kéo dài theo phương Đông Bắc, Tây Bắc và kinh tuyến. Những đặc điểm cấu trúc này là điều kiện tiên quyết thuận lợi cho việc hình thành các mỏ khoáng sản có nguồn gốc magma và nhiều nơi trong khu vực xuất hiện các điểm khoáng sản xuất lộ trên bề mặt (Hình 1b) (Nguyễn Trường Lưu và nnk, 2020; 2000; 2014; Nguyễn Xuân Sơn và nnk, 2000). Để xác định sự khác biệt về cấu trúc địa chất liên quan đến vị trí tiềm năng khoáng sản ở những khu vực có ít thông tin địa vật lý như khu vực trung tâm Việt Nam là một thách thức đối với các nhà xử lý, để giải quyết thách thức này, chúng tôi thấy rằng việc tích hợp nhiều thuộc tính liên quan của cùng một trường bằng cách sử dụng phương pháp học máy không giám sát (k-means) là một cách tiếp cận ban đầu hiệu quả để phát hiện các cấu trúc địa chất tiềm năng liên quan đến triển vọng khoáng sản ẩn sâu.

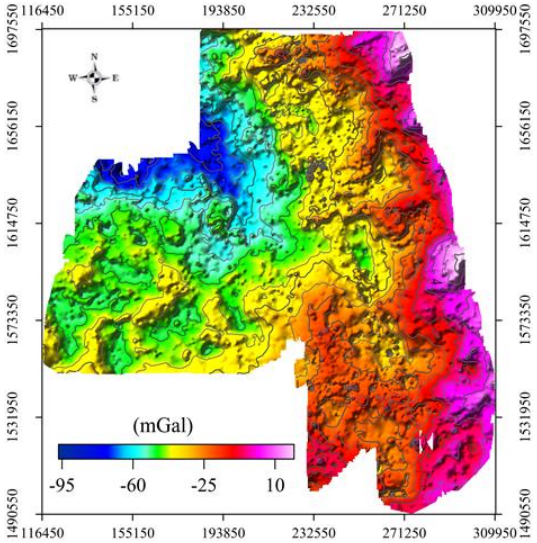


Hình 1. (a)- Vị trí khu vực nghiên cứu, độ cao địa hình so với mực nước biển thay đổi từ 10÷1600 m; (b)- Bản đồ địa chất và vị trí xuất lộ điểm quặng khu vực Trung tâm Việt Nam [22-25]

Trong bài báo này, chúng tôi áp dụng phương pháp học máy không giám sát (k-means) với 04 thuộc tính đầu vào của trường trọng lực gồm: dị thường trọng lực khu vực ở độ sâu 5km, gradient ngang trọng lực, đặc trưng phương sai và hệ số truy tìm trục dị thường trọng lực khu vực để phân phân thành các cụm có đặc trưng gần nhau về thuộc tính vật lý của trường. Các kết quả được phân chia thành các vùng đồng nhất về các thuộc tính vật lý của trường liên quan đến cấu trúc địa chất và phát hiện các vị trí tiềm năng liên quan đến mỏ khoáng sản ẩn sâu. Kết quả này có khả năng sẽ phát hiện thêm các thông tin mới phục vụ cho việc nghiên cứu, thăm dò trữ lượng khoáng sản của khu vực nghiên cứu trong tương lai.

2. Nguồn số liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguồn số liệu sử dụng



Hình 2. Dị thường trọng lực Bughe tại mặt quan sát tỷ lệ 1:100 000 khu vực trung tâm Việt Nam gồm cả dị thường trọng lực khu vực và dị thường trọng lực địa phương, giá trị trọng lực thay đổi từ -100 mGal đến 20 mGal

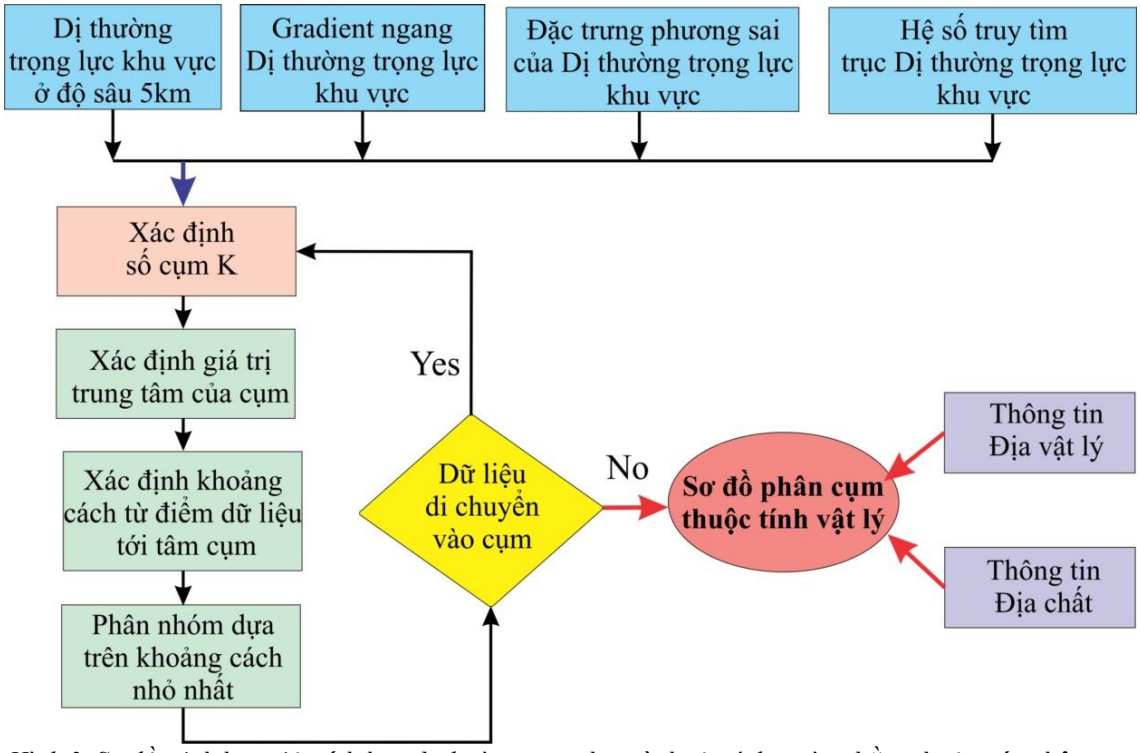
Nguồn số liệu sử dụng trong bài báo được thu thập từ nguồn số liệu dị thường trọng lực Bughe đầy đủ đo trên mặt đất tỷ lệ 1:100 000 với độ chính xác đo ghi từ 0,1÷0,25 mGal [22-25], sau khi hiệu chỉnh độ cao, hiệu chỉnh lớp giữa với mật độ $\delta_{lg}lg$ = 2,67 g/cm^3 và hiệu chỉnh địa hình theo phương pháp Prisivanco L. N. (Blakely, 1996) và được thể hiện trên hình 2.

Quan sát hình 2, chúng ta thấy dị thường trọng lực Bughe thay đổi từ -100÷20 mGal theo hướng Tây Bắc – Đông Nam. Phía Tây Bắc khu vực nghiên cứu được đặc trưng bởi giá trị dị thường thấp nhất trong khu vực với biên độ dao động từ -100 ÷ -50 mGal, phía Đông và Đông Nam được đặc trưng bởi giá trị dị thường cao nhất trong khu vực với biên bộ thay đổi từ -30÷15 mGal. Phía Tây Nam của khu vực nghiên cứu quan sát thấy dải dị thường kéo dài theo phương Đông Bắc - Tây Nam với biên độ dao động từ -40 ÷ -30 mGal. Bên cạnh đó trong khu vực còn xuất hiện một số khối bất đồng nhất địa phương có giá trị trường thay đổi từ -10÷5 mGal, tập trung ở phía Bắc, trung tâm, và phía Nam khu vực nghiên cứu. Phía Đông Nam xuất hiện các đới dị thường địa phương biên độ dao động từ -20÷5 mGal.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Ngày nay có rất nhiều thuật toán học máy không giám sát được ứng dụng trong xử lý và phân tích tài liệu địa vật lý (Aline Melo và Yaoguo Li, 2011; Bosch, 1999; Bosch và nnk, 2002; Mac Queen, 1967; Max Mignotte, 2008). Tuy nhiên, trong nghiên cứu này chúng tôi chỉ tập trung vào thuật toán phổ biến nhất trong các kỹ thuật học không giám sát, đó là thuật toán phân cụm k-means. Thuật toán k-means là một trong những thuật toán phân cụm đơn giản và phổ biến nhất, được xuất bản lần đầu tiên vào năm 1955. Thuật toán có lịch sử phong phú và đa dạng vì nó được phát hiện độc lập trong các lĩnh vực khác nhau (Ball and Hall, 1965; Mac Queen, 1967). Mặc dù thuật toán k-means được đề xuất lần đầu tiên cách đây hơn 50 năm nhưng nó vẫn là một trong những thuật toán được sử dụng rộng rãi nhất để phân cụm, dễ sử dụng, dễ thực hiện, hiệu quả, đơn giản. Trong phân cụm k-means, khoảng cách Mahalanobis trong không gian Hilbert được sử dụng làm khoảng cách giữa các tham số riêng lẻ và tính đến các mối quan hệ trong không gian đặc trưng của trường. Chúng tôi sử dụng khoảng cách Mahalanobis tổng quát vì thuật toán mang lại hiệu suất phân cụm tốt nhất, cả về giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của số lượng đường cong được phân loại sai (Andrea Martino và nnk, 2017; Nikitin và Petrov, 2008).

Thuật toán k-means (Andrea và nnk, 2017; Nikitin và Petrov, 2008) chia thành các cụm khác nhau, với các bộ dữ liệu đầu vào bao gồm: dị thường trọng lực, gradient ngang trọng lực (Nikitin và Petrov, 2008), thuộc tính phương sai (Petrov, 1997; Petrov và nnk, 2010) và hệ số truy tìm trục dị thường trọng lực (Hong và nnk, 2020; Hong, 2022; Nikitin và Petrov, 2008) để phân tách thành các cụm có tính chất tương tự khu vực trung tâm Việt Nam.



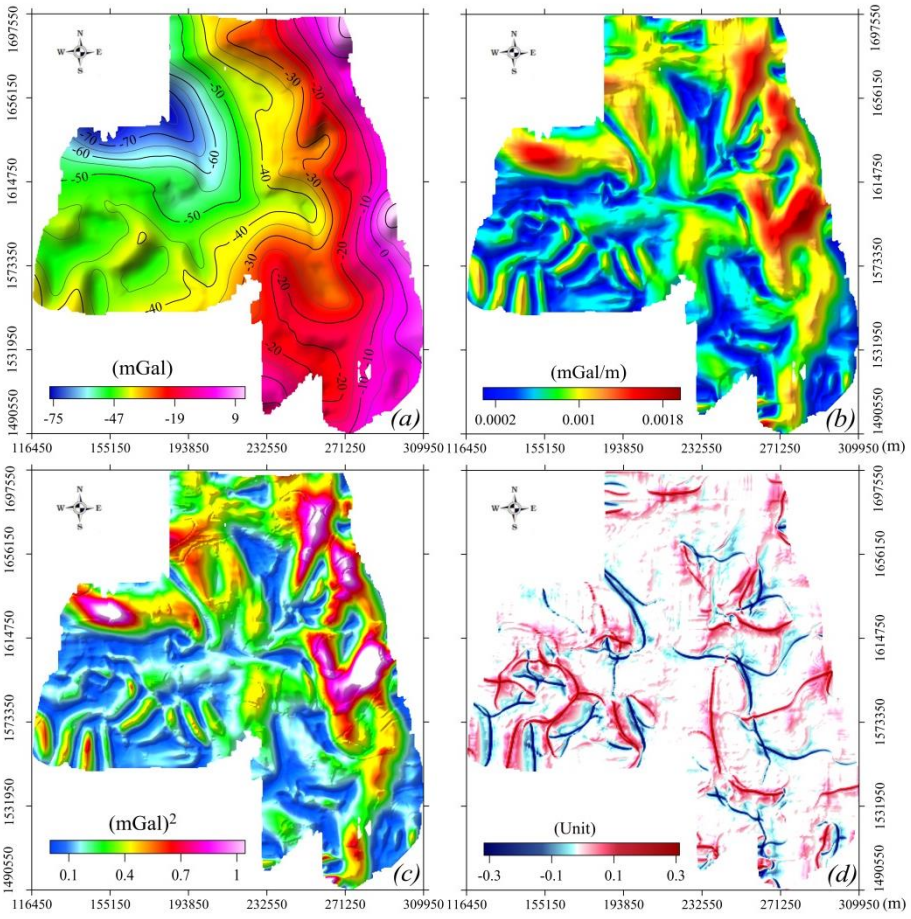
Hình 3. Sơ đồ minh họa việc tích hợp dị thường trọng lực và thuộc tính trường bằng thuật toán phân cụm k-means áp dụng ở khu vực trung tâm Việt Nam

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả xử lý tham số đầu vào của phương pháp học không giám sát

Như đã phân tích ở trên, trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng tập dữ liệu gồm 04 thuộc tính đầu vào để đưa vào thuật toán phân cụm k-means gồm: Dị thường trọng lực khu vực ở độ sâu 5km (hình 4a), gradient ngang dị thường trọng lực khu vực (hình 4b), thuộc tính phương sai dị thường trọng lực khu vực (hình 4c) và kết quả truy tìm trục dị thường trọng lực khu vực (hình 4d).

Các dải cực trị liên tục của giá trị gradient ngang (hình 4b) và thuộc tính phương sai của trường (hình 4c) phản ánh ranh giới của các khối không đồng nhất, ranh giới của các hệ thống đứt gãy. Các dải kéo dài của trục dị thường dương (hiển thị bằng màu đỏ), của trục dị thường âm (hiển thị bằng màu xanh đậm) (hình 4d) phản ánh xu hướng của các khối dị thường dương và dị thường âm trong khu vực nghiên cứu. Tổng hợp các kết quả xử lý (hình 4a, 4b, 4c, 4d) cho chúng ta thông tin về đặc điểm địa chất trong khu vực, cụ thể là các khoảng cực trị mở rộng của giá trị gradient ngang, của phương sai (hoặc trục dị thường) phát triển theo phương Tây Bắc - Đông Nam; Đông Bắc - Tây Nam, á kinh tuyến.



Hình 4. (a)- Dị thường trọng lực khu vực sau khi loại bỏ dị thường địa phương ở độ sâu 5km; (b)- Gradient ngang dị thường trọng lực khu vực; (c)- Thuộc tính phương sai trường dị thường trọng lực khu vực; (d)- Kết quả truy tìm trục dị thường trọng lực khu vực

3.2. Kết quả áp dụng phương pháp học máy không giám sát (k-means)

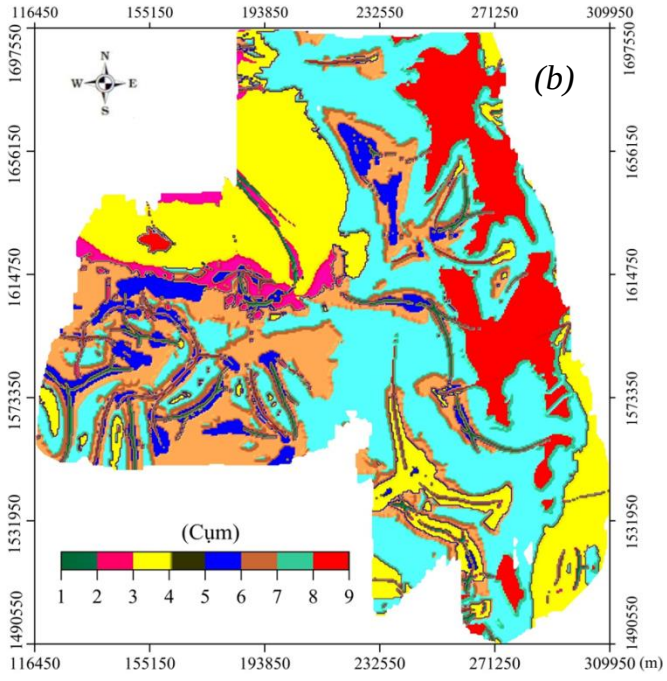
Áp dụng thuật toán học máy không giám sát k-means với 04 thuộc tính đầu vào (hình 4a, 4b, 4c, 4d) kết hợp phương pháp điểm khuỷu tay (Elbow method) chúng tôi phân thành 09 cụm tối ưu có đặc điểm gần nhau về thuộc tính trường dị thường trọng lực, giá trị gradient ngang, thuộc tính phương sai và hệ số truy tìm trục dị thường (hình 4).

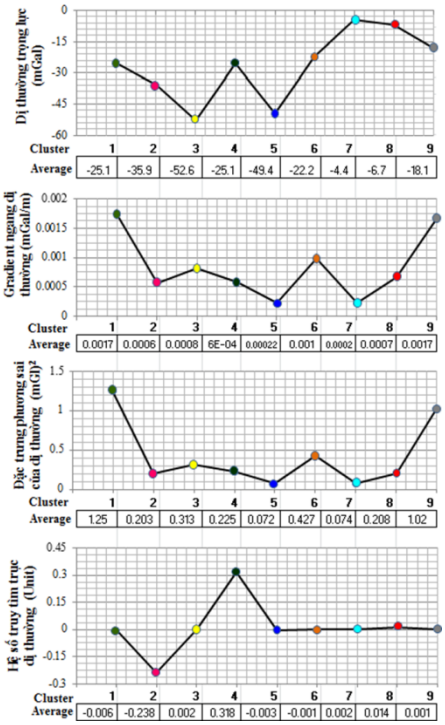
Kết quả phân chia thành 09 cụm (hình 5) cho thấy vùng nghiên cứu tồn tại tính chất vật lý phân cắt phức tạp ở phía Tây Nam, phía Nam và trung tâm khu vực nghiên cứu, so với bản đồ cấu trúc địa chất, khu vực này thuộc hệ rift nội lục địa sau va chạm Mesozoi (Hai Thanh Tran và nnk, 2014; Quyen Minh Nguyen, 2019). Như vậy, kết quả áp dụng thuật toán phân cụm k-means rất phù hợp với dữ liệu địa chất. Ở phía Bắc, Tây Bắc và Đông của khu vực nghiên cứu (hình 5), các đặc tính vật lý của trường ít thay đổi,

chứng tỏ các vùng này khá ổn định theo phương Tây Bắc - Đông Nam. Do vùng phía Đông khu vực nghiên cứu giáp biển Đông nên kết quả này hoàn toàn phù hợp với các quy luật địa chất. Quan sát hình 5 cho thấy hoạt động kiến tạo phức tạp ở phía Tây Nam và phía Nam khu vực nghiên cứu, chứng tỏ hoạt động kiến tạo này mang tính chất khu vực và chúng đóng vai trò là kênh dẫn đưa magma từ sâu lên bề mặt, xuyên qua các trầm tích gần bề mặt và hình thành các mỏ khoáng sản ẩn sâu.

Số cụm	Dị thường trọng lực khu vực ở độ sâu 5km (mGal)	Gradient ngang dị thường trọng lực khu vực (mGal/m)	Đặc trưng phương sai dị thường trọng lực khu vực (mGal^2)	Hệ số truy tìm trục dị thường khu vực
1	-25.1	0.001746	1.247	-0.006
2	-35.93	0.000569	0.203	-0.238
3	-52.6	0.000815	0.313	0.002
4	-25.08	0.000588	0.225	0.318
5	-49.4	0.000221	0.072	-0.003
6	-22.2	0.000981	0.427	-0.001
7	-4.4	0.000221	0.074	0.002
8	-6.7	0.000667	0.208	0.014
9	-18.02	0.001672	1.02	0.001

(a)





(c)

Hình 5. Kết quả phân thành 09 cụm tối ưu theo phương pháp học máy không giám sát (k-means), các chấm tròn màu sắc ở hình (a) tương ứng với màu sắc của các cụm ở hình (b). Trong đó (a, b)- Giá trị trung tâm của 09 cụm theo trường dị thường trọng lực, gradient ngang, thuộc tính phương sai và hệ số truy tìm trục dị thường; (c)- Kết quả phân chia thành 09 cụm có đặc điểm gần giống nhau thuộc tính của trường dị thường trọng lực khu vực trung tâm Việt Nam

Kết luận

Kết quả xử lý và luận giải tài liệu dị thường trọng lực Bughe khu vực trung tâm Việt Nam đưa ra một số kết luận:

- Thuật toán học máy không giám sát (k-means) kết hợp phương pháp điểm khuỷu tay (Elbow method) chúng tôi phân thành 09 cụm tối ưu có đặc điểm gần nhau về thuộc tính của trường được áp dụng hiệu quả trên tài liệu dị thường trọng lực khu vực trung tâm Việt Nam; kết quả phân cụm này hoàn toàn trùng khớp với địa chất kiến tạo trong khu vực.

- Phía Tây Nam, trung tâm, và phía Nam khu vực nghiên cứu cho thấy thuộc tính vật lý của trường

khá phức tạp cho thấy tại khu vực này các lớp đất đá bị vò nhàu và đứt đoạn theo nhiều hướng khác nhau và đây là vị trí tiềm năng hình thành các mỏ khoáng sản nội sinh có nguồn gốc magma.

- Phía Bắc, Tây Bắc, và phía Đông khu vực nghiên cứu cho thấy các thuộc tính vật lý của trường ít thay đổi phản ánh các lớp đất đá khu vực này khá bình ổn với phương cấu trúc kéo dài theo phương Tây Bắc - Đông Nam.

- Đối với những khu vực có ít thông tin địa vật lý, việc sử dụng các thuộc tính vật lý tương quan của cùng một trường địa vật lý là bộ dữ liệu đầu vào đáng tin cậy của thuật toán học máy không giám sát (k-means) với khoảng cách Mahalanobis tổng quát, kết hợp phương pháp điểm khuỷu tay (Elbow method), kết quả này là một cách tiếp cận ban đầu hiệu quả để phát hiện các cấu trúc tiềm năng liên quan đến khoáng sản ẩn sâu.

Tài liệu tham khảo

Aline Melo, Yaoguo Li, 2011. Geology differentiation by applying unsupervised machine learning to multiple independent geophysical inversions. *Geophysical Journal International,* 2058-2078.

Andrea Martino, Andrea Ghiglietti, Francesca Ieva, Anna Maria Paganoni, 2017. A k-means procedure based on a Mahalanobis type distance for clustering multivariate functional data. *Methodology,* 22 pages.

Blakely, R.J, 1996. *Potential theory in gravity and magnetic application.* Cambridge University Press, 461 pages.

Ball, G., Hall, D. Isodata, 1965. A novel method of data anlysis and pattern classification. *Technical report NTIS AD 699616*. Stanford Research Institute, Stanford, CA.

Bauer, K., Schulze, A., Ryberg, T., Sobolev, S.V. & Weber, M.H, 2003. Classification of lithology from seismic tomography: a case study from the Messum igneous complex, Namibia, *J. geophys. Res.*, 108(B3), 2156–2202.

Bosch M, 1999. Lithologic tomography: from plural geophysical data to lithology estimation. *J. Geophys. Res.* 104:749–766.

Bosch, M., Zamora, M., Utama, W, 2002. Lithology discrimination from physical rock properties. *Geophysics* 67:573–581.

M.G. Di Giuseppe, A. Troiano, D. Patella, M. Piochi, S. Carlino, 2017. A geophysical k-means cluster analysis of the Solfatara-Pisciarelli volcano geothermal system, Campi Flegrei (Naples, Italy). *Journal of Applied Geophysics*, 1-11.

Delfiner, P., Peyret, O. & Serra, O, 1987. Automatic determination of lithology from well logs, *SPE Format. Eval.*, 2(03), 303–310.

Hai Thanh Tran, Khin Zaw, Jacqueline A. Halpin, Takayuki Manaka, Sebastien Meffre, Chun-Kit Lai, Youjin Lee, Hai Van Le, Sang Dinh, 2014. The Tam Ky- Phuoc Son shear zone in central Vietnam: Tectonic and metallogrnic implications. *Gondwana Research* 26, 144-164.

Hong T. Phan, Aleksey V. Petrov, Phuong M. Do, Giau M.lai, Luu T. Nguyen, 2020. Geological structure of central Vietnam by interpretation processing of gravitational survey data using the "COSCAD 3D" computer technology. *Geology and Exploration,* 77-90.

Hong P. T., 2022. *Computer technology for interpretational processing of gravity and magnetic processing data using probabilistic methods statistical approach (by the example of the territory of central vietnam).* Doctoral thesis, Russia, 126 pages.

Mac Queen, J., 1967. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In: *Fifth Berkeley Symposium on Mathematics, Statistics and Probability.* University of California Press, pp. 281–297b.

Max Mignotte, 2008. Segmentation by Fusion of Histogram-Based K-Means Clusters in Different Color Spaces. *Ieee transactions on image processing*, vol. 17, no. 5. 780-787.

Nikitin A.A., Petrov A.V., 2008. *Theoretical foundations of geophysical information processing*. Study guide, Moscow 113 pages.

Nguyen Truong Luu, Hoang Van Long, Phan Duc Le, Pham Van Hung, Nguyen Thien Cong, Tran Duan, 2020. Applying a combination of geophysical-geological methods in investigating and detecting copper-uran mineral ores in Kon Ra-Kon Tum area. *Geological Journal*, Series A, №. 371-372, 1-18.

Nguyen Truong Luu et al, 2000. Flight measured from 1:50 000 scale gamma spectrum and 1: 100 000 scale gravity measurement in the central region of Vietnam. Information Center, *Geological Archives*, Hanoi, 218 pages.

Nguyen Truong Luu et al, 2014. Flight measured from the gamma spectrum at the scale of 1:50 000 and measured the gravity at the scale of 1:100 000 in the southern Pleiku region. Information Center, *Geological Archives*, Hanoi, 159 pages.

Nguyen Xuan Son et al, 2000. Flight results measured from the 1: 50 000 scale gamma spectrum and

measured in the Kon Tum area. Information Center, *Geological Archives*, Hanoi, 259 pages.

Petrov A.V., 1997. *Methods of adaptive filtering and multivariate analysis of variance in the computer system for processing geophysical information "COSCAD 3D".* Doctoral thesis, Russia 192 pages.

Petrov A.V., Yudin D.B., Soeli Hou, 2010. Processing and interpretation of geophysical data by methods of a probabilistic-statistical approach using computer technology "COSCAD 3D*"*. *Earth sciences*, №2, UDC 551-214, 126-132.

Quyen Minh Nguyen, Quinglai Feng, Jian-Wei Zi, Tianyu Zhao, Hai Thanh Tran, Thanh Xuan Ngo, Dung My Tran, Hung Quoc Nguyen, 2019. Cambrian intra-oceanic arc trondhjemite and tonalite in the Tam Ky – Phuoc Son Suture zone, central Vietnam: Implications for the early Paleozoic assembly of the Indochina block. *Gondwanna Research* 70, 151-170.

S. Bernardinetti, S. Maraio, F. N. A. Bruno, V. Cicala, S. Minucci, M. Giannuzzi, M. Trotta, F. Curedda, S. Febo, M. Vacca, E. Guastaldi, T. Colonna, F. Bonciani, E. Tufarolo, F. Brogna, A. Zirulia, O. Milighetti, 2017. Potential shallow aquifers characterization through an integrated geophysical method: multivariate approach by means of k-means algorithms. *Italian Journal of Groundwater* - AS21-278: 07 – 14.

Tran Van Tri, Nguyen Xuan Bao, 2008. Map of geological structure at 1:500 000 scale in the central region of Vietnam. Information Center, *Geological Archives,* Hanoi.

ABSTRACT

Geology differentiation by applying unsupervised machine learning (k-means) of gravity field in central area of Vietnam

Phan Thi Hong[1], Do Minh Phuong[2]
[1] Hanoi University of Mining and Geology
[2]Geophysical Division, The Vietnam Geological Department

This paper presents the results of applying the unsupervised machine learning method (k-means) on gravity data to divide homogeneous regions in terms of physical attributes of the field in central area of Vietnam. The input parameters of the method include 04 field attributes (gravity anomaly, horizontal gradient, variance attribute and the tracing coefficient of the gravity anomalous axis), the results are separated into 09 clusters with characteristics close to each other in terms of physical properties of the field. Clustering results show that the Southwest, Center and South of the area have complex physical changes, reflecting complex tectonic activities with the disturbance of different soil and rock layers, and this is potential locations for forming endogenous mineral deposits of magmatic origin. The North, Northwest and East of the area have insignificant changes in the field's physical properties, reflecting the stability of the soil and rock layers with the structural direction extending in the Northwest - Southeast direction. Thus, for areas with little geophysical information, using correlated physical attributes of the same geophysical field is a reliable input data set of unsupervised machine learning methods. (k-means), this result is an effective initial approach to identify new geological structures and evaluate the origin of mineral deposits hidden deep in the area.

Keywords: k-means; gravity field; COSCAD 3D; central area of Vietnam

Ứng dụng phương pháp GPR phục vụ nông nghiệp công nghệ cao tại Việt Nam

Phan Thiên Hương[1,*], Nguyễn Thế Phong[1], Nguyễn Danh Lam[2], Tạ Quang Minh[2]
Nguyễn Thanh Tùng[2]
[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Viện Dầu khí Việt Nam*

TÓM TẮT

Để đáp ứng việc phát triển nông nghiệp công nghệ cao đòi hỏi phải nắm vững các đặc tính thổ nhưỡng của đất trồng và độ sâu của tầng đất trồng chính là một trong những đặc tính cần xác định. Bên cạnh việc thu thập mẫu đất một cách trực tiếp với những hạn chế như giá thành cao, thời gian phân tích lâu, phá vỡ môi trường đất thì Địa vật lý nói chung và phương pháp Georadar (GPR) nói riêng là phương pháp cung cấp thông tin đặc tính thổ nhưỡng với ưu điểm không phá hủy, nhiều, nhanh, giá thành rẻ. Bài báo này giới thiệu phương pháp GPR, máy và các thông số đo phù hợp cho ứng dụng trong nông nghiệp chính xác. Kết quả ứng dụng phương pháp GPR được thực hiện tại khu Dược Liệu thuộc huyện Nghĩa Đàn, tỉnh Nghệ An đã chứng minh phương pháp GPR là một phương pháp địa vật lý có nhiều ưu việt dùng để khảo sát độ sâu của tầng đất trồng chi tiết.

Từ khóa: độ sâu tầng đất trồng; nông nghiệp chính xác; phương pháp không phá hủy; georadar; địa vật lý

1. Đặt vấn đề

Ở Việt Nam, ngành nông nghiệp trong những năm gần đây đã đạt được những thành tựu quan trọng, giá trị sản phẩm gia tăng nhiều lần, sản lượng nông sản hàng hóa ngày càng đa dạng, thu nhập và đời sống người nông dân được cải thiện. Ngành nông nghiệp đóng góp khoảng 20% vào GDP trong khi sử dụng 40% dân số làm việc tại Việt Nam (Dezan Shira & Associates, 2018), đóng góp GDP không ngừng tăng. Việt Nam đã và đang phát triển để trở thành nhà xuất khẩu hàng hóa nông sản lớn thứ năm trên thế giới bao gồm thủy sản, gạo, cà phê, chè, hạt điều, hạt tiêu đen, cao su và sắn (T.T.T, Hiền, 2023). Tuy nhiên, do biến đổi khí hậu, diện tích cũng như chất lượng sản phẩm nông nghiệp được dự đoán sẽ giảm trong tương lai gần (VH, 2023) . Đây là một thách thức mang tính cấp bách, để đảm bảo tăng trưởng bền vững trong tương lai, ngành nông nghiệp cần hướng tới nông nghiệp công nghệ cao, nông nghiệp chính xác, đáp ứng yêu cầu giảm chi phí, tăng sản lượng, đạt chất lượng sản phẩm tốt hơn, có độ tin cậy, chất lượng, phát triển an toàn và bền vững. Để thực hiện được điều đó ngành nông nghiệp cần đẩy nhanh việc áp dụng các kỹ thuật hiện đại để quản lý đất đai và phát triển bền vững. Để đáp ứng điều đó thì việc nắm vững các thông số thổ nhưỡng là điều không thể thiếu (Huong P. và n.n.k, 2022). Hiện tại, với việc thu thập và phân tích mẫu đất một cách trực tiếp có nhiều hạn chế như giá thành cao, thời gian phân tích lâu, phá vỡ môi trường đất thì việc áp dụng các phương pháp địa vật lý nói chung và phương pháp Georadar nói riêng là không thể thiếu được và mang tính cấp bách (Romero - Ruiz, 2018).

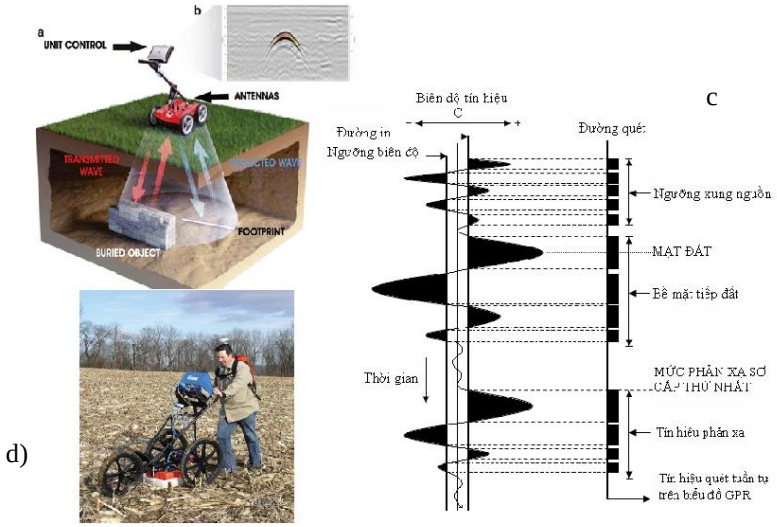
Georadar hay còn gọi là Radar xuyên đất (GPR) là một phương pháp địa vật lý sử dụng sóng điện từ để nghiên cứu cấu trúc dưới bề mặt đất trong các lĩnh vực khác nhau như địa chất, nông nghiệp và công trình dân dụng, khảo cổ. Sự thay đổi tính chất sóng Georadar ngoài phụ thuộc vào bản chất sóng (tần số, năng lượng) còn phụ thuộc vào bản chất môi trường mà sóng đi qua như độ rỗng, độ ẩm, đô mặn,….của đất đá. Trên thế giới, việc áp dụng phương pháp GPR để xác định các thông số đất phục vụ nông nghiệp công nghệ cao đã được phát triển mạnh mẽ trong những năm gần đây, tuy nhiên tại Việt Nam phương pháp Georadar gần đây mới dược ứng dụng thử nghiệm trong Nông nghiệp thông qua đề tài KC4.0-19/25. Trong bài báo này nhóm tác giả trình bày kết quả ứng dụng nghiên cứu GPR để nghiên cứu tầng sâu của tầng đất trồng tại khu vực trồng cây dược liệu - huyện Nghĩa Đàn, tỉnh Nghệ An.

* *Tác giả liên hệ*
Email: phanthienhuong@humg.edu.vn

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Tổng quan về phương pháp GPR

GPR là phương pháp phản xạ sóng điện từ không phá hủy, phát sóng điện từ tần số cao, thường được dùng cho các nghiên cứu gần mặt đất với độ phân giải cao như trong nông nghiệp, khảo cổ học, xác định các công trình ngầm đô thị, hố tử thần. Anten phát sóng điện từ tần số cao từ vài chục MHz đến hàng GHz lan truyền theo tia vào trong môi trường đất, gặp mặt ranh giới của 2 lớp có độ thẩm điện (dielectric permeability) khác nhau, một phần năng lượng sẽ phản xạ lại về anten thu (hình 1). Anten thu sẽ ghi được tín hiệu phản xạ gồm biên độ xung phản xạ và thời gian từ lúc xung phát đi đến thời điểm xung phản hồi, sự thay đổi năng lượng sóng điện từ này nói lên bản chất của môi trường nó đi qua.



Hình 1. Sơ đồ biểu diễn nguyên lý làm việc GPR (a) Máy đo GPR gồm anten phát, anten thu và bộ điều khiển; (b) Dữ liệu radargram hiển thị trên màn hình máy tính; c) Các dạng tín hiệu tổng quát của sóng rađa xuyên đất; d) Máy đo GPR nhẹ, cơ động và dễ tương tác

Nguyên lý vật lý của sóng điện từ dựa trên hệ phương trình Maxwell. Đối với điện trường *E*, ta có phương trình:

$$\Delta E = \varepsilon_r \varepsilon_0 \mu_0 \ddot{E} + \mu_0 \sigma \dot{E} \quad (1)$$

Trong đó ε_0 là độ điện thẩm chân không, ε_r độ điện thẩm tương đối, σ là độ dẫn điện của môi trường và μ_0 độ từ thẩm của chân không . Phương trình đối với từ thông B cũng tương tự như vậy. Giải phương trình (1) cho một sóng mặt tắt dần (δ) lan truyền theo hướng x với $k=\omega/c$ là số sóng, trong đó ω là tần số góc và *c* là vận tốc ánh sáng trong chân không:

$$E = E_0 e^{i(\omega t - kx)} e^{-\delta x} \quad (2)$$

dẫn tới phương trình phức:

$$(-\delta - ik)^2 = -\mu_0 \varepsilon \varepsilon_0 \omega^2 + \mu_0 \sigma i \omega \quad (3)$$

có thể khai triển thành hệ hai phương trình thực:

$$k^2 - \delta^2 = \mu_0 \varepsilon \varepsilon_0 \omega^2 \quad (4a)$$

$$2\delta k = \mu_0 \sigma \omega \quad (4b)$$

Phương trình thứ nhất xác định mức độ dịch chuyển, chiếm ưu thế ở miền tần số rất cao, phương trình thứ hai xác định độ dẫn, phổ biến ở miền tần số thấp. Phổ tần số của các sóng GPR nằm trong giới hạn 10 MHz và 2.5 GHz, do đó phải xác định cả hai tham số này. Với sóng lan truyền trong môi trường có vận tốc là v: $v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}}$ (5)

quá trình truyền sóng điện từ sẽ được xác định theo định luật Snell:

$$\frac{sin\alpha_1}{v_1} = \frac{sin\alpha_2}{v_2} \quad (6)$$

Sóng điện từ cũng được phản xạ trên các ranh giới vật chất và các bất đồng nhất. Đối với thành phần tần số cao và góc tới thẳng đứng, hệ số phản xạ chỉ phụ thuộc vào điện thẩm tương đối của môi trường:

$$R = \frac{\sqrt{\varepsilon_2} - \sqrt{\varepsilon_1}}{\sqrt{\varepsilon_2} + \sqrt{\varepsilon_1}} \quad (7)$$

Thông thường các sóng phản xạ từ các bất đồng nhất thể hiện dưới dạng các hyperbol. Thời gian truyền sóng của sóng điện từ có thể tính được theo công thức:

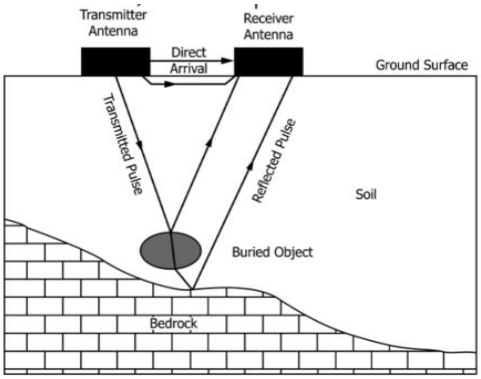
$$t_r = \frac{1}{v}\sqrt{x^2 + 4h^2} \quad (8)$$

trong đó *x* là khoảng cách dịch chuyển ngang và *h* là chiều sâu.

Độ tắt dần δ của sóng điện từ được tính theo công thức:

$$\delta = \omega\sqrt{\left(\frac{\mu_0\varepsilon\varepsilon_0}{2}\right)\left(\sqrt{1+\frac{\sigma^2}{\omega^2(\varepsilon\varepsilon_0)^2}}-1\right)} \quad (9)$$

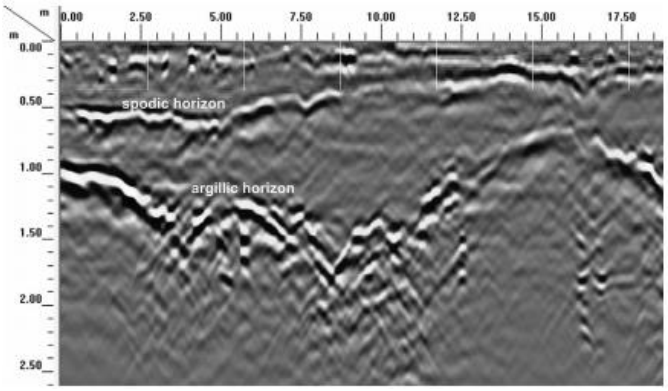
Với công thức (9), có thể xác định được chiều sâu tới bề mặt $\Delta=1/\delta$. Tham số này thường dùng để mô tả chiều sâu khảo sát. Hình 2 là sơ đồ thu phát sóng điện từ và đường đi của sóng.



Hình 2. Sơ đồ thu phát sóng GPR

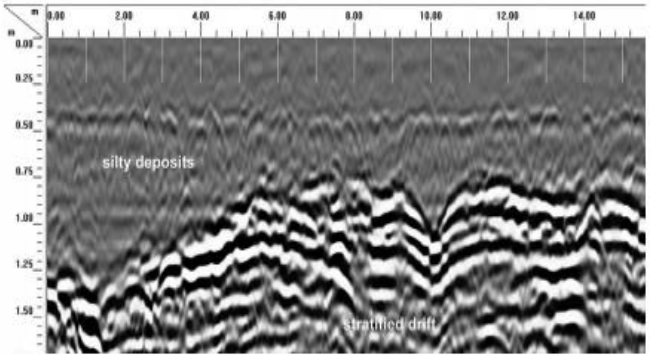
2.2. Ứng dụng phương pháp GPR trong nông nghiệp công nghệ cao trên thế giới

Dựa trên nguyên lý truyền sóng điện từ trên, phương pháp GPR đã chứng minh được tính hiệu quả của chúng trong việc nghiên cứu tầng sâu đất trồng, kết hợp với việc phân tích mẫu có thể xác định được cụ thể tầng đất, loại đất (Huong P., 2023). Dưới đây là một số kết quả ứng dụng GPR trong nông nghiệp.



Hình 3. Mặt cắt radargram tại Florida chỉ rõ sự khác biệt và ranh giới của tầng spodic và argillic của đất Ponoma tại Florida (Agriculture, Handbook 18, 2017)

Một mặt cắt rađa xuyên đất (hình 3) đã được xử lý từ một vùng đất Pomona (cát, Silic, Alaquods silic) ở phía bắc trung tâm Florida (theo Soil Survey Manual Agriculture, Handbook 18). Kết quả đã chỉ ra phương pháp GPR cũng có thể dùng để xác định thành phần thạch học khác nhau và độ dày của các tầng đất. Các ranh giới trên của tầng spodic và argillic dừng đột ngột và tách các vật liệu đất tương phản riêng biệt. Do đó, chúng tạo ra sóng phản xạ có biên độ cao. Trên mặt cắt rađa này, ranh giới phản xạ thay đổi độ sâu liên tục từ khoảng 20 đến 60 cm. Các ranh giới trên của tập argillic rất bất thường và thay đổi trong độ sâu từ khoảng 60 đến 150 cm. Nói chung, ranh giới trên của tập argillic khá mềm mại và liên tục so với những ranh giới khác hiển thị trong mặt cắt này. Hình 3 là một thí dụ khác, trong mặt cắt radargram này chỉ sự không liên tục của lớp cát và lớp sét tại Rhode Island.



Hình 4. Mặt cắt radargram chỉ sự không liên tục của lớp cát và lớp sét tại Rhode Island (Agriculture, Handbook , 2017)

Qua 2 thí dụ trên có thể khẳng định phương pháp GPR có thể cung cấp thông tin về độ dày tầng đất trồng và kết hợp với tài liệu phân tích mẫu có thể xác định được loại đất.

3. Kết quả ứng dụng phương pháp GPR để xác định tầng đất trồng tại huyện Nghĩa Đàn thuộc tỉnh Nghệ An



Hình 5. 1) vị trí khu vực đo vườn Dược Liệu- huyện Nghĩa Đàn, tỉnh Nghệ An;
2) Máy đo Georadar Ris Plus

Khu vực khảo sát là cánh đồng trồng cây dược liệu thuộc huyện Nghĩa Đàn tỉnh Nghệ An. Đây là khu vực đồi núi, sườn dốc vì vậy địa hình mấp mô, không bằng phẳng. Do vậy để tiến hành đo ghi , khu vực này đã chia thành 3 khu nhỏ hơn, khu vực A nằm ở phía Nam, 2 khu vực còn lại dần chuyển về phía Bắc. Đây là khu dược liệu quý nên quá trình đo cần bảo đảm đúng tuyến mà không ảnh hưởng đến cây trồng.

Máy đo GPR là máy Georadar Ris Plus hãng IDS (Ý)với tần số là 200 MHz.

Các tuyến đo cách nhau 10m, tổng khu vực khảo sát tại đây là 2100 m. Khoảng cách giữa các mạch trong radargram phụ thuộc vào vòng quay của bánh xe và có khoảng cách giữa các mạch là 0.016 m

Kết quả thu được (hình 5) đã phải tiến hành xử lý trước khi minh giải. Các bước xử lý bao gồm:

Bước 1: loại bỏ sóng không khí vận chuyển từ vị trí máy phát đến bề mặt trái đất

Bước 2: loại bỏ background

Bước 3: phục hồi biên độ. Trong trường hợp này chỉ dùng nguyên lý khuếch tán mặt cầu để phục hồi biên độ.

Bước 4: thực hiện lọc Dewow

Bước 5: End cut

Bước 6: Dịch chuyển

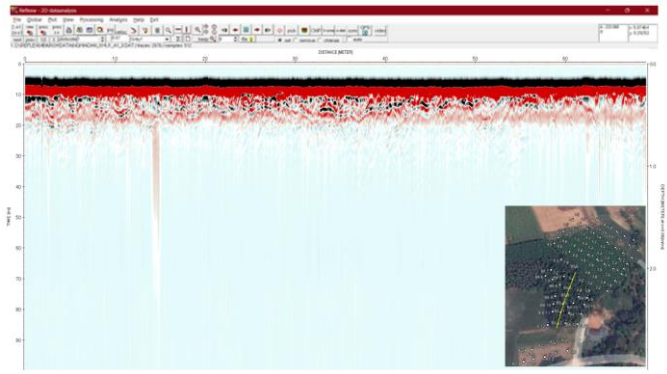
Bước 7: Lọc tần số

Bước 8: Deconvolution (Giải chập).

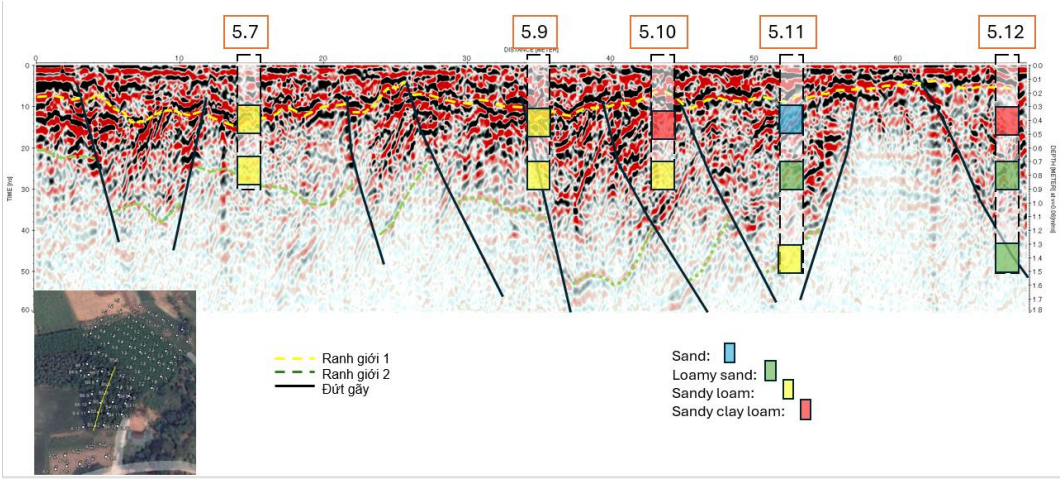
Bước 9: Chuyển đổi từ miền thời gian sang miền độ sâu.

Qua xử lý số liệu thấy nguồn phát khá là ổn định, số mạch chết hầu như không có (ít hơn 1%) vì vậy chất lượng mạch đo và số lượng bảo đảm yêu cầu.

Tài liệu nguyên thủy thu được trong quá trình đo được thể hiện trong hình 5, thể hiện trong miền thời gian. Sau khi tiến hành xử lý 9 bước vừa nêu trên. Kết quả minh giải thể hiện trên hình 6 với trục bên trái làthowif gian và trục bên phải là độ sâu. Tại đây nhóm tác giả cũng đưa một số lỗ khoan vào mặt cắt. Mỗi lỗ khoan, phụ thuộc vào độ sâu của móng mà nhóm tác giả có thể lấy mẫu đến các độ sâu khác nhau. Kết quả chỉ ra tại khu vực này địa chất hoạt động khá phức tạp, môi trường ở đây không đồng nhất, bị chia cắt bởi nhiều đứt gãy mới dừng hoạt động trong thời gian gần đây. Cũng do hoạt động địa chất phức tạp mà độ sâu của tầng móng cũng thay đổi. Tại các giếng khoan 5.7, 5.9 và 5.10, móng nâng lên độ cao nông hơn 1,5 m kết quả tại đây nhóm tác giả chỉ thu được mẫu khoan đến độ sâu 75cm. Trong khi đó tại các giếng khoan 5.11 và 5.12 móng nằm sâu hơn 1,5m nên tại các lỗ khoan này mẫu có thể thu được đến độ sâu 1,5 m. Dựa trên đặc tính trường sóng, nhóm tác giả tạm thời phân chia đối tượng đất phục vụ nông nghiệp làm 3 lớp, lớp 1 đến ranh giới màu vàng, lớp 2 đến ranh giới màu xanh và cuối cùng dưới ranh giới màu xanh là tầng móng.



Hình 5. Tài liệu thu được tại thực địa (tài liệu nguyên thủy)



Hình 6. Kết quả minh giải

Tuy nhiên so sánh thành phần đất, tại khu vực nghiên cứu có các loại khác nhau bao gồm cát, cát pha thịt, thịt pha cát. Nhưng dựa trên tài liệu địa chấn, chúng ta chưa phân biệt được các đối tượng này.

Bên cạnh đó phương pháp GPR đo thời gian truyền sóng, để xác định được độ sâu chúng ta cần phải chú ý đến vận tốc. Tuy nhiên vận tốc truyền sóng phụ thuộc vào nhiều tham số như thành phần đất, độ ẩm, độ xốp,...nên để xác định chính xác vận tốc cũng là một công việc phức tạp. Trong nghiên cứu này dựa vào việc tìm sóng parabol để xác định vận tốc, tạm thời nhóm tác giả lấy vận tốc là 0.6m/ns. Tuy nhiên việc ứng dụng vận tốc như vậy cho cả vùng chứa đựng sai số. Thí dụ như sóng EM truyền trong cát là 1 m/ns trong khi đó truyền trong đất thịt là 0,6m/ns. Ngoài ra vận tốc trong đá móng cũng có thể cao hơn 1m/ns.. Nhìn chung độ dày của tầng đất trồng dao động từ 0,3m đến 3 m. Khi đá gốc nằm nông (dưới 60 cm) ảnh hưởng rất nhiều đến sự phát triển của cây trồng, nhà nông cần xác định để lựa chọn cây trồng phù hợp.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã đã chứng minh khả năng ứng dụng phương pháp GPR để xác định độ sâu của tầng đất. Kết quả đã chỉ ra khu vực địa chất, địa hình ở đây khá phức tạp, các đứt gãy đan xem khá dày, nhìn chung độ dày của tầng đất trồng mỏng và thay đổi khá mạnh. So sánh với phương pháp khoan truyền thống thì đây là một phương pháp hiệu quả, nhanh, cung cấp số liệu dày và không phá hủy. Đặc biệt trên cánh đồng, phương pháp này bảo vệ được các cây trồng tại thực địa, khá là linh động trong mọi loại địa hình. Tuy nhiên công tác văn phòng trước và sau thực địa đóng vai trò quan trọng. Bên cạnh chất lượng tài liệu thu được ngoài thực địa Công tác xử lý văn phòng sau thực địa, cũng đòi hỏi người xử lý phải có kinh nghiệm xử lý và phần mềm chuyên dụng. Kết quả này sẽ đạt độ chính xác tốt hơn nếu sử dụng máy có tần số cao hơn và việc phân tích vận tốc được làm chi tiết hơn.

Lời cảm ơn

Công việc đo đạc, xử lý và minh giải tài liệu GPR đã được tiến hành dựa trên kinh phí của đề tài KC4.0-32/19-25 của Bộ khoa học và Công nghệ trong chương trình KC4.0.

Tài liệu tham khảo

Hương Phan, Huu Tran, 2023, Geophysical application in agriculture in the world and initial results of GPR methods in Vietnam, Pol- Viet, *POL-VIET 2023 — 7th International Conference POL-VIET, Scientific and research cooperation between Vietnam and Poland*, October 18-20, Krakow, Poland.

Huong Phan, Phong Nguyen, Kha Tran, Tung Nguyen, 2022. A review of Geophysical applications in Agriculture and their potential in Vietnam, APFITA, *Application of Information technology in Agriculture Asia- Pacific Region*, November 24-26, Hanoi, Vietnam, ISBN978-604-999032-8, pp.135-140

Romero‐Ruiz, A., Linde, N., Keller, T. and Or, D., 2018. A review of geophysical methods for soil structure characterization. *Reviews of Geophysics*, 56(4), pp.672-697.

Trần Thị Thu Hiền, 2023, Xuất khẩu nông sản chủ lực của Việt Nam - cơ hội và thách thức trong giai đoạn tới, *Báo Viện Nghiên cứu chiến lược, chính sách công thương, Bộ Công thương* https://vioit.org.vn/vn/chien-luoc-chinh-sach/xua-t-kha-u-nong-sa-n-chu--lu-c-cu-a-vie-t-nam---co-ho-i-va--tha-ch-thu-c-trong-giai-doa-n-to-i--5446.4050.html

United States Department of Agriculture, 2017. *Agriculture Handbook No.18 "Soil Survey Manual"*

VH, 15-11-2023, Ngành nông nghiệp chịu tác động trước biến đổi khí hậu, *Báo điện tử Đảng Cộng sản Việt Nam*, https://dangcongsan.vn/xay-dung-xa-hoi-an-toan-truoc-thien-tai/nganh-nong-nghiep-chiu-tac-dong-truoc-bien-doi-khi-hau-652330.html.

ABSTRACT

Application of gpr method for high-tech agriculture in Vietnam

Phan Thien Hương[1], Nguyen The Phong[1], Nguyen Danh Lam[2], Ta Quang Minh[2]
Nguyen Thanh Tung[2]
[1] Hanoi University of Mining and Geology
[2] Vietnam Petroleum institute

To adapt to the development of high-tech agriculture requires a thorough understanding of the soil characteristics of the soil. Soil depth is one of the important soil characteristics that need to be determined. Unlike direct collection of soil samples which has some limitations, Geophysics in general and Georadar (GPR) method is a method that provides soil data with the advantages of being non-destructive, large data, fast and low cost. This article introduces the GPR method, equipment, measurement parameters and methods in the Medicinal Herbs area - Nghia Dan district - Nghe An province, proving that the GPR method is a geophysical method with many advantages for detailed survey of soil depth.

Keywords: soil depth; precision agriculture; non-destructive methods; georadar; geophysics

Ứng dụng mạng trí tuệ nhân tạo phân tích tướng địa chấn để dự báo phân bố vỉa chứa cát kết Miocen sớm khu vực Đông Bắc mỏ Bạch Hổ

Nguyễn Duy Mười[1,*], Nguyễn Minh Hòa[1], Bùi Thị Ngân[1], Nguyễn Thị Thu Hằng[1]
[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Bài báo trình bày những kết quả dự báo phân bố vỉa chứa cát kết Miocen sớm khu vực Đông bắc mỏ Bạch Hổ trên cơ sở ứng dụng mạng trí tuệ nhân tạo ANN và thuộc tính địa chấn. Mạng trí tuệ nhân tạo không giám sát (UNN) và mạng trí tuệ nhân tạo không giám sát kết hợp thành phần chính PCA đã được dùng để phân tách tướng và vỉa chứa. 08 thuộc tính địa chấn bao gồm seismic, biên độ RMS, tần số Instantaneous frequency, Envelop, RAI, Instantaneous phase, Sweetness, t*Attenuation được phân tích và lựa chọn làm đầu vào để luyện mạng ANN. Mô hình UNN + PCA có độ chính xác đạt trên 90% giúp nâng cao hiệu quả trong phân tích tướng địa chấn và dự báo phân bố vỉa chứa. Kết quả luyện mạng ANN dự báo phân bố vỉa chứa Miocen sớm cho thấy các thể cát tiềm năng chủ yếu tập trung xung quanh phần trung tâm và khu vực Đông Bắc của mỏ Bạch Hổ. Các thể cát được lắng đọng trong môi trường sông ngòi và châu thổ.

Từ khóa: UNN; thuộc tính địa chấn; bể Cửu Long

1. Đặt vấn đề

Nghiên cứu dự báo phân bố tầng chứa là một trong những khâu rất quan trọng trong hệ thống dầu khí của một khu vực. Để tìm ra được một tích tụ dầu khí cần phải dùng nhiều phương pháp nghiên cứu kết hợp với nhau bao gồm địa chấn, địa chất mỏ, môi trường…Đó là sự tích hợp rất nhiều phương pháp nghiên cứu và những ứng dụng khoa học kỹ thuật dầu khí. Trong những năm gần đây trí tuệ nhân tạo đang được phát triển mạnh mẽ ở trên thế giới và cả ở Việt Nam. Trí tuệ nhân tạo đã, đang được ứng dụng trong hầu hết các lĩnh vực khác nhau như y khoa, giáo dục, khoa học kỹ thuật. Trong tìm kiếm thăm dò dầu khí cũng đã ứng dụng trí tuệ nhân tạo có hiệu quả trong tìm kiếm thăm dò các mỏ dầu khí.

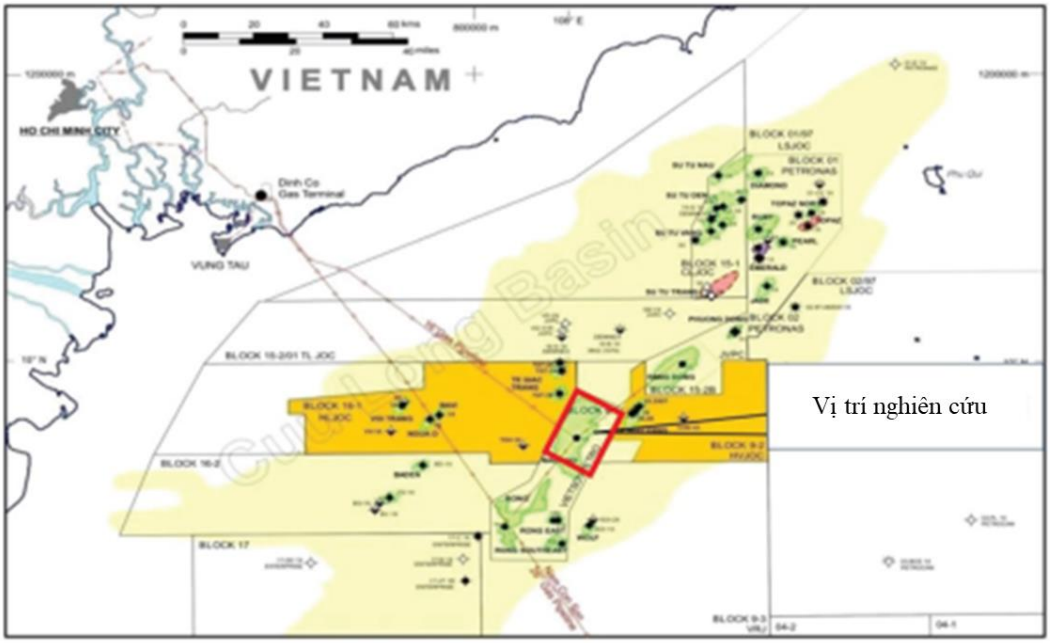
Các nghiên cứu ứng dụng trí tuệ nhân tạo và học máy như Nguyễn Thu Huyền và nnk (2019) thông qua việc tích hợp các kết quả phân tích tài liệu địa chấn, địa vật lý giếng khoan và phân tích mẫu và luyện mạng nơ ron nhân tạo (ANN) để dự báo về phân bố và chất lượng đá chứa tiềm năng cho bể Phú Khánh. Nghiên cứu của Pham Huy Giao và nnk (2018) đã ứng dụng mạng nơ ron nhân tạo nghiên cứu độ rỗng nứt nẻ của đá móng bằng các thuật toán sâu như FIS - fuzzy inference system. Tạ Quốc Dũng và nnk (2019) đã sử dụng phương pháp sử dụng luyện mạng nơ ron nhân tạo để dự báo độ rỗng của đá chứa, kết quả đã giúp tối ưu công tác dự báo độ rỗng cho một giếng khoan từ tài liệu địa cơ học cho trước. Ứng dụng học máy để dự báo khai thác dầu khí ở đá móng mỏ Bạch Hổ cũng đã được thực hiện với nghiên cứu của tác giả Trần Đăng Tú và nnk (2019). Nghiên cứu đơn vị dòng chảy và dự báo khai thác sử dụng Machine Learning của tác giả Hà Quang Mẫn và nnk (2021) ở bể Nam Côn Sơn đã dự đoán độ thấm hiệu quả cho đối tượng Miocen. Ngoài ra, ANN còn được sử dụng để dự báo các vật liệu núi lửa ở bể Cửu Long của tác giả Trần Thị Oanh và nnk (2020), dự báo phân bố cát kết Oligocen muộn khu vực lô 09.2/10 bể Cửu Long của Nguyễn Duy Mười và nnk (2023). Sử dụng ANN để dự báo hàm lượng sét từ tài liệu địa vật lý giếng khoan của Vũ Hồng Dương (2021). Nhìn chung các nghiên cứu ứng dụng ANN trong tìm kiếm thăm dò dầu khí đã rất phổ biến trong ngành công nghiệp dầu khí và mang lại hiệu quả cao.

Khu vực mỏ Bạch Hổ là nơi khai thác dầu khí trên thềm lục địa Việt Nam suốt hơn 30 năm qua. Khối lượng dầu khí thu hồi từ lòng đất là rất lớn. Đối tượng nghiên cứu trong bài viết này nằm ở phía đông bắc mỏ Bạch Hổ thuộc bể Cửu Long (Hình 1), nơi xác định được các mỏ dầu khí trong đá móng granitoid nứt nẻ, cũng như trong các trầm tích cát kết-cát kết tinh Miocene dưới và Oligocene, với tầng đá móng là đối tượng chứa dầu chính, có trữ lượng lớn có năng suất cao. Một số lượng đáng kể các giếng đã được khoan trong khu vực nghiên cứu, tạo ra dòng dầu công nghiệp từ thế Oligocen. Theo kết quả phân tích mẫu tại

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenduymuoi@humg.edu.vn

giếng BH-9 và khai thác, độ rỗng trung bình trong cát kết tuổi Oligocen khu vực Đông Bắc mỏ Bạch Hổ dao động trong khoảng 10% -13%, độ bão hòa dầu từ 40% - 83% (Báo cáo mỏ Bạch Hổ, 2019).

Đứng trước thách thức gia tăng trữ lượng dầu khí, đảm bảo an ninh năng lượng việc đòi hỏi tìm ra những vỉa chứa dầu khí mới là cấp thiết và cần phải ứng dụng cuộc cách mạng công nghệ cao, đặc biệt là trí tuệ nhân tạo và học máy trong tìm kiếm thăm dò và khai thác dầu khí.



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu

2. Cơ sở tài liệu và phương pháp nghiên cứu

Mạng trí tuệ nhân tạo (ANN) hiện nay được thực hiện chủ yếu theo 2 phương pháp: theo phương pháp luyện có kiểm soát (Supervised) hoặc không kiểm soát (unsupervised). Phương pháp supervised cần phải được cung cấp mẫu luyện và kết quả mong muốn, trong khi đó unsupervised sẽ chia nhỏ dữ liệu đầu vào thành các lớp theo mong muốn của người sử dụng (Coleou, T. và nnk, 2003). Trong phạm vi nghiên cứu này sử dụng phương pháp luyện mạng không kiểm soát (Unsupervised) với kỹ thuật phân tích thành phần chính (Principal Component Analysis, PCA).

PCA là một phương pháp tiếp cận rất tốt để kết hợp các thuộc tính địa chấn được tạo ra từ một tập ban đầu. Thành phần chính đầu tiên chiếm càng nhiều sự biến thiên trong dữ liệu càng tốt, mỗi thành phần kế tiếp (trực giao với mỗi thành phần trước đó) chiếm càng nhiều sự thay đổi còn lại (Guo và nnk, 2009; Haykin, 2009; Scheevel J.R., Payrazyan K, 2019). Với một tập hợp các thuộc tính địa chấn tạo ra từ cùng một khối địa chấn ban đầu, PCA có thể xác định các thuộc tính tạo ra sự thay đổi lớn nhất trong dữ liệu, đề xuất rằng các tổ hợp thuộc tính này sẽ xác định tốt hơn các đặc điểm địa chất cụ thể. Nói cách khác, PCA là công cụ được sử dụng trong quá trinh minh giải tài liệu địa chấn, giúp lựa chọn định hướng với các thuộc tính địa chấn có ý nghĩa và cải thiện kết quả minh giải. Trong bài báo, chúng tôi sử dụng phương pháp PCA để giảm số chiều dữ liệu và lựa chọn các thành phần chính có ý nghĩa nhất. PCA được áp dụng bằng cách tính toán ma trận hiệp phương sai của các thuộc tính địa chấn, sau đó xác định các vector riêng và giá trị riêng của ma trận này. Các thành phần chính được chọn dựa trên tỷ lệ phần trăm độ biến thiên mà chúng giải thích

Ngoài ra để luyện mạng ANN nhóm nghiên cứu đã phân tích nhiều thuộc tính địa chấn như: Instantaneous Phase, Frequency, RMS, RAI, Sweetness… để tiến hành phân tích. Đây là các thuộc tính phản ánh khá chính xác sự thay đổi về mặt thạch học, tướng trầm tích, từ đó sẽ có cái nhìn rõ hơn về sự phân bố đá chứa trong khu vực nghiên cứu. Kết hợp phân tích thuộc tính địa chấn với mạng lưới thần kinh nhân tạo đã được áp dụng để dự đoán sự phân bố của các tầng chứa Miocen dưới ở bể Cửu Long. Trong nghiên cứu này mạng ANN được sử dụng có cấu trúc với ba lớp: lớp đầu vào, lớp ẩn, và lớp đầu ra. Số lớp ẩn và số nút thần kinh trong mỗi lớp được lựa chọn dựa trên các thử nghiệm và tối ưu hóa. Cụ thể, chúng tôi sử dụng một lớp ẩn với 10 nút thần kinh, hàm kích hoạt sigmoid, và thuật toán huấn luyện backpropagation. Dữ liệu đầu vào bao gồm 4 thành phần chính (PC0-PC3) từ PCA, và đầu ra là phân loại tướng địa chấn.

Phương pháp UNN + PCA được so sánh với các phương pháp truyền thống như phân tích địa chấn và địa vật lý thông thường. Kết quả cho thấy phương pháp UNN + PCA không chỉ cải thiện độ chính xác trong việc dự báo phân bố vỉa chứa mà còn giảm thiểu nhiễu trong dữ liệu địa chấn, giúp phát hiện các tướng địa chấn rõ ràng và tập trung hơn.

Dữ liệu địa chấn được sử dụng là địa chấn 3D-PSDM với diện tích 80 km2. Dữ liệu địa chấn có độ phân giải cao và chất lượng tốt, cho phép diễn giải và phân tích các thuộc tính địa chấn. Phân tích thuộc tính địa chấn được thực hiện bằng phần mềm Petrel.

3. Kết quả và thảo luận

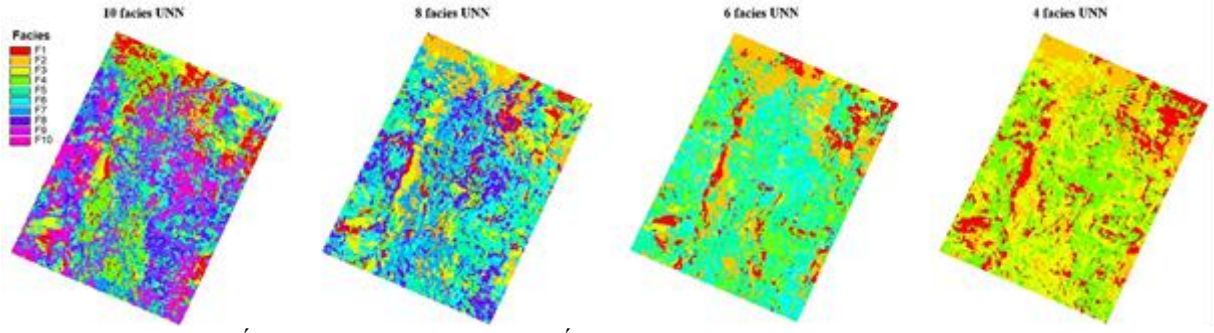
Kết quả minh giải các tầng phản xạ địa chấn đã xác định trầm tích Miocen dưới bị giới hạn bởi hai tầng địa chấn SH7 và SH5. Trong nghiên cứu này, mạng nhân tạo không giám sát (UNN) và UNN kết hợp với phân tích thành phần chính (PCA) được sử dụng để dự báo sự phân bố của đá chứa Miocen dưới. Xử lý 08 thuộc tính địa chấn được sử dụng làm dữ liệu đầu vào để phân loại các tướng địa chấn như Seismic, thuộc tính RMS, Frequency, Envelope, RAI, Phase, Sweetness và t*Attenuation. Dựa trên các thuật toán biến đổi, thuật toán sẽ tự động đưa ra 8 thành phần chính (PC0 – PC7), từ đó tính toán các thành phần độc lập. Các thành phần chính được sắp xếp và thể hiện bằng các giá trị riêng của chúng. Dựa vào các tiêu chí để lựa chọn các thành phần PCA là tỷ lệ phần trăm độ biến thiên, giá trị riêng (Eligenvalue) và độ đóng góp của từng thành phần. Các thành phần chính có tỉ lệ độ biến thiên cao nhất và giá trị riêng lớn hơn 1 được coi là quan trọng sẽ đảm bảo được phần lớn thông tin dữ liệu được dữ lại như các PC0, PC1; PC2; PC3. Để lựa chọn được các thành phần chính nhóm nghiên cứu đã kiểm tra biểu đồ scree plot và xác định điểm gãy trên biểu đồ để xác định số thành phần chính được giữ lại. Ngoài ra việc lựa chọn các thành phần chính đã xem xét về ý nghĩa địa chất của các thành phần chính và phù hợp với các thuộc tính địa chấn cần thu nhập. Do đó, thành phần chính PC0, PC1; PC2 và PC3 là những thành phần mạnh nhất trong các dữ liệu này chiếm tỷ lệ 85,44% làm đầu vào dữ liệu luyện mạng ANN (hình 2).

Correlation Coefficients	PC0	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
Seismic (default)	0.0214	0.4848	0.1525	0.8442	0.0564	0.0009	0.1593	0.0000
RMS	0.8768	-0.0023	-0.1527	0.0107	-0.1242	0.4382	0.0158	0.0000
RAI	0.0041	0.9497	0.0662	-0.0030	-0.0029	0.0216	-0.3054	0.0000
Sweetness	0.9662	0.0289	-0.1507	0.0130	-0.0218	-0.2053	-0.0047	0.0000
Envelope	0.9662	0.0289	-0.1507	0.0130	-0.0218	-0.2053	-0.0047	0.0000
Frequency	0.1935	-0.1078	0.8117	-0.0340	-0.5384	-0.0317	-0.0065	0.0000
Phase	-0.0305	0.8133	-0.0061	-0.5155	-0.0581	-0.0110	0.2616	0.0000
t*Attenuation	0.4070	-0.0554	0.6496	-0.1516	0.6199	0.0448	0.0058	0.0000
Eigenvalue	2.8405	1.8147	1.1773	1.0030	0.6970	0.2800	0.1874	0.0000
Contribution (%)	35.51	22.68	14.72	12.54	8.71	3.50	2.34	0.00
Cumulative Contribution (%)	35.51	58.19	72.91	85.44	94.16	97.66	100.00	100.00

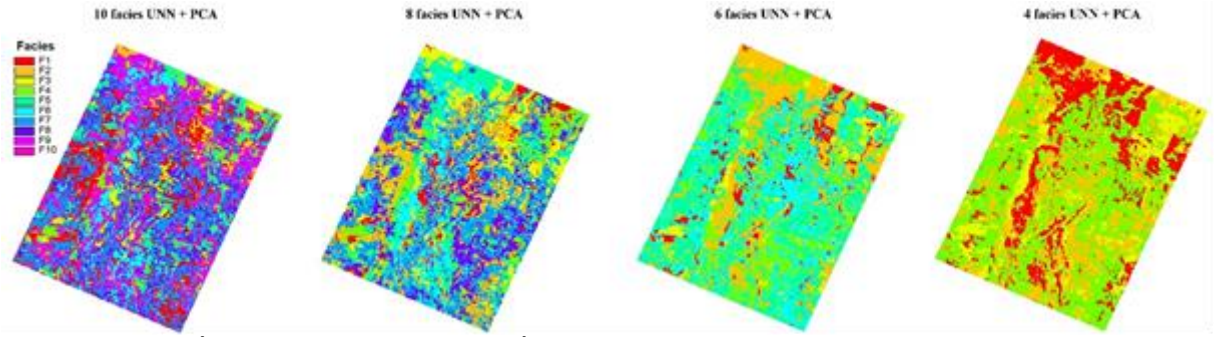
Hình 2. Giá trị và tỉ lệ % của các thành phần chính

Phương pháp UNN và UNN kết hợp PCA được sử dụng để phân tách 8 thuộc tính địa chấn thành một số tướng (tướng địa chấn) khác nhau nhằm dự đoán sự phân bố của đá vỉa trong khu vực nghiên cứu. Để nâng cao kết quả cho từng phương pháp, từ 4 đến 10 cấp tướng địa chấn đã được thử nghiệm. Kết quả được thể hiện trên Hình 3 đối với phương pháp UNN và Hình 4 đối với phương pháp UNN kết hợp với PCA. So sánh kết quả trên Hình 3 và Hình 4, có thể thấy phương pháp UNN kết hợp với PCA có thể giảm nhiễu trong dữ liệu địa chấn tốt hơn so với chỉ sử dụng UNN. Phân tướng theo UNN có PCA cho kết quả đạt hiệu quả hơn, các vùng tướng hiển thị rõ và tập trung hơn so với UNN.

Để đánh giá độ chính xác của mô hình UNN + PCA, nghiên cứu sử dụng các chỉ tiêu như độ chính xác (accuracy), độ nhạy (sensitivity), và độ đặc hiệu (specificity). Các chỉ tiêu này được tính toán bằng cách so sánh kết quả phân loại của mô hình với dữ liệu thực tế từ các giếng khoan. Khi so với các phương pháp truyền thống như phân tích địa chấn và địa vật lý thông thường thấy rằng mô hình UNN + PCA có độ chính xác đạt trên 90% và không chỉ cải thiện độ chính xác trong việc dự báo phân bố vỉa chứa mà còn giảm thiểu nhiễu trong dữ liệu địa chấn, giúp phát hiện các tướng địa chấn rõ ràng và tập trung hơn.

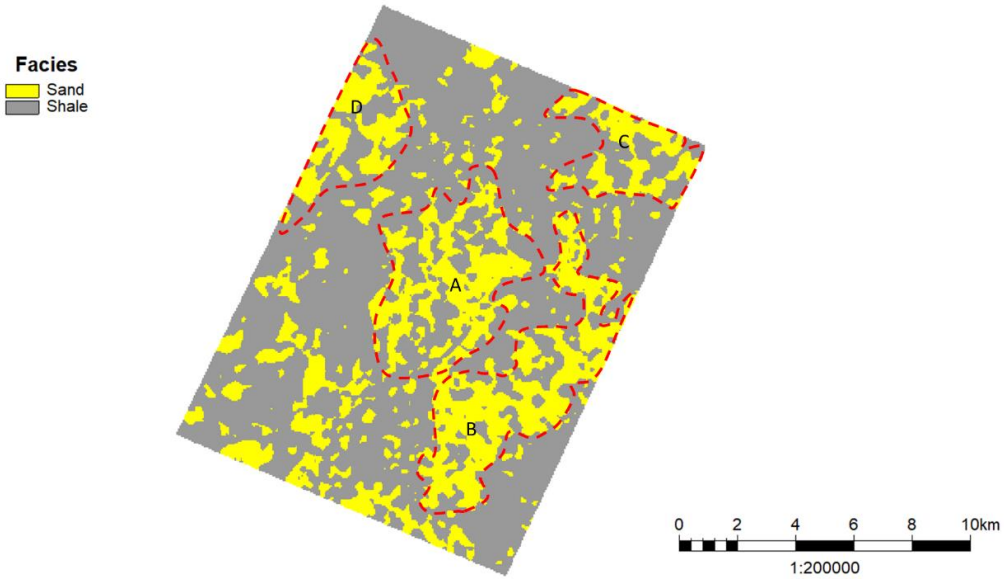


Hình 3. Kết quả phân chia tướng địa chấn với mạng nhân tạo không giám sát (UNN)



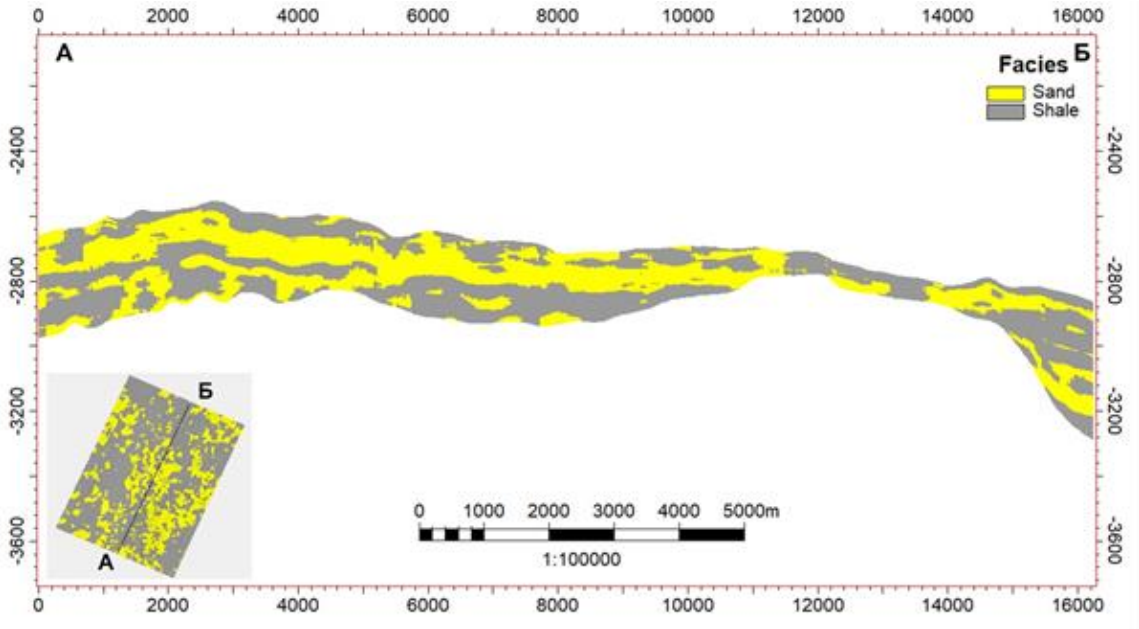
Hình 4. Kết quả phân chia tướng địa chấn với mạng nhân tạo không giám sát (UNN) và PCA

Dựa trên biểu đồ histogram của 10 tướng địa chấn, nhóm tác giả quyết định giảm số tướng xuống còn 2 loại: nhóm thuộc tính tương ứng thiên về chứa sét - nhóm 0 và nhóm 1 thiên về cát để nhắm tới mục tiêu phân chia được vỉa chứa cát sét.



Hình 5. Sơ đồ phân bố tướng cát sét khu vực nghiên cứu

Trên mô hình tướng (Hình 5) cho thấy dự báo sự phân bố của các thể cát – sét. Đối với các thể cát tiềm năng như các vùng A, vùng B, vùng C và vùng D (màu vàng). Trong đó chủ yếu tập trung xung quanh phần trung tâm khối nâng Bạch Hổ (vùng A), phần phía Đôngphần phía Đông Bắc.. Trầm tích Oligocen và Miocen sớm của khu vực mỏ Bạch Hổ là môi trường đầm hồ và châu thổ (Nguyễn Hiệp và nnk, 2019; Nguyễn Duy Mười và nnk 2023), Liên kết môi trường trầm tích với khu vực nghiên cứu cho thấy các thể cát được lắng đọng trong môi trường sông ngòi và châu thổ. Kết quả phân tích các thuộc tính địa chấn, mô hình tướng và điều kiện trầm tích cho thấy tính nhất quán và độ tin cậy hợp lý.



Hình 6. Mặt cắt AB đi qua khu vực nghiên cứu

4. Kết luận

Phân tích thuộc tính địa chấn có thể trích xuất thông tin địa chất tối đa từ dữ liệu địa chấn vốn bị ẩn trong dữ liệu. Ứng dụng thuộc tính địa chấn và mạng trí tuệ nhân tạo không giám sát kết hợp với thành phần chính PCA giúp giảm nhiễu trong dữ liệu đầu vào tốt hơn so với chỉ sử dụng UNN.

Trong tầng Miocen sớm, các vỉa cát sét xen kẹp phân lớp dày. Trong đó các vỉa chứa cát phân bố tập trung xung quanh khu vực khối trung tâm và khu vực Đông – Đông Bắc mỏ Bạch Hổ, các vỉa sét phân bố phần đáy của những khu vực trũng sâu.

Các kết quả của phương pháp UNN và PCA có thể được sử dụng trong việc hỗ trợ đánh giá tiềm năng khai thác dầu khí của khu vực Đông Bắc mỏ Bạch Hổ, tối ưu hóa công tác khoan giếng, giảm thiểu rủi ro trong thăm dò khai thác dầu khí của khu vực. Tuy nhiên nghiên cứu vẫn cần kiểm tra lại khu vực nghiên cứu khi bổ sung các dữ liệu giếng khoan thực để kết quả xây dựng mô hình tầng chứa chính xác hơn.

Lời cảm ơn

Công trình này được hỗ trợ bởi Trường Đại học Mỏ - Địa chất dưới sự tài trợ của đề tài mã số T24-14.

Tài liệu tham khảo

Báo cáo, *Generalization and analysis of geological and geophysical materials of the northern and north - eastern parts of the White Tiger field with the aim of identifying non-structural hydrocarbon traps (in Russian)*. Hanoi, 2014. 235 trang.

Coleou T., Poupon M., Azbel K., 2003. Unsupervised seismic facies classification: a review and comparison of teachniques and implementation. *The Leading Edge*, 22, p. 942-953.

Duong Hong Vu và Hung Tien Nguyen, 2021. Estimation of shale volume from well logging data using Artificial Neural Network, Vietnam, *Journal of Mining and Earth Sciences*, 62, 3, 2021. Pag 46-52.

Guo H., Marfurt K.J., Liu J., 2009. Principal component spectral analysis. *Geophysics*,74 (4), p. 35-43.

Ha Quang Man, Doan Huy Hien, Kieu Duy Thong, Bui Viet Dung, Nguyen Minh Hoa, Truong Khac Hoa, Nguyen Van Kieu, and Pham Quy Ngoc, 2021. "Hydraulic flow unit classification and prediction using machine learning techniques: A case study from the Nam Con Son basin, offshore Vietnam", *Energies*, Vol. 14, No. 22, 2021. DOI: 10.3390/en14227714.

Haykin S., 2009. *Neural network and learning machines*, 3rd ed.: Pearson. – 966 p.

Nguyễn Duy Mười, Nguyễn Minh Hòa, Bùi Thị Ngân, 2023. Application of artificial neural network and seismic attributes to predict the distribution of Late Oligocene sandstones in the Cuu Long basin. *Journal of Mining and Earth Sciences.* Page 24-31

Nguyen Hiep et al. *The Petroleum Geology and Resources of Vietnam* – Science and Technics

Publishing House, 2019 - 750 p.

Nguyễn Thu Huyền, Tống Duy Cương, Trịnh Xuân Cường, Nguyễn Trung Hiếu, Phạm Thị Hồng, Nguyễn, Thị Minh Hồng, Lê Hải An, và Hoàng Anh Tuấn, "Sử dụng mạng neuron nhân tạo (ANN) để dự báo đặc điểm phân bố và chất lượng đá chứa carbonate Miocene bể trầm tích Phú Khánh", *Tạp chí Dầu khí*, 2019, Số 5, tr. 25 - 31.

Pham Huy, G., Nakaret Kano, Kushan Sandunil, Bui Duc Trung, 2018. Application of machine learning techniques in estimation of fracture porosity using fuzzy inference system for a FGB reservoir in Cuu Long basin, Vietnam. *Petrovietnam Journal*, 10, 4-11.

Scheevel J.R., Payrazyan K. Principal component analysis applied to 3D seismic data for reservoir property estimation. *SPE Reservoir Evaluation & Engineering*, 2019, v.4 (1), p. 64-72.

Tạ Quốc Dũng, Lê Thế Hà, và Phạm Duy Khang, 2019. "Ứng dụng mạng neuron nhân tạo (ANN) trong dự báo độ rỗng", *Tạp chí Dầu khí*, 2019, Số 7, tr. 18 – 27.

Tran Dang Tu, Nguyen The Duc, Le Quang Duyen, Pham Truong Giang, Le Vu Quan, Le Quoc Trung, Tran Xuan Quy, and Pham Chi Duc, "An applied machine learning approach to production forecast for basement formation – Bach Ho field", *Petrovietnam Journal*, 2019, Vol. 6, pp. 48 – 57.

Trần Thị Oanh, Phạm Duy Khánh, Hoàng Văn Quý, Nguyễn Duy Mười, Bùi Thị Ngân, Nguyễn Thị Hải Hà, Phạm Bảo Ngọc và Lê Quốc Hiệp, 2020. Ứng dụng mạng nơ ron nhân tạo dự báo phân bố vật liệu núi lửa trong tập D, mỏ X, bể Cửu Long. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, số 61, kỳ 5, tr. 104-113.

ABSTRACT

Application of Artificial Neural Network to analyze seismic facies to predict the distribution of Lower Miocene sandstones in the NorthEast White Tiger, Cuu Long basin

Nguyen Duy Muoi[1], Nguyen Minh Hoa[1], Bui Thi Ngan[1], Nguyen Thi Thu Hang[1]
[1] *Hanoi University of Mining and Geology*

This paper presents the results of forecasting the distribution of Lower Miocene reservoirs in the Northeast White Tiger field (Vietnam) based on the use of artificial neural networks (ANN) and seismic attributes. Unsupervised learning (UNN) and UNN coupled to principal component analysis (PCA) were used to separate seismic facies. Seismic attributes such as Amplitude, RMS, Instantaneous frequency, Envelope, RAI, Instantaneous phase, Sweetness, t*Attenuation were analyzed and selected as input data for training and testing the ANN. The UNN + PCA model has an accuracy of over 90%, helping to improve the efficiency of seismic facies analysis and reservoir distribution forecasting. Based on the research results, the distribution of Lower Miocene potential sandstones in the study area was established.

Keywords: UNN; Seicmic attribute; Cuu Long basin

Mesoporous ZnO/MSU-S from natural resources: A Promising Solution for Organic Pollutant Removal

Ngo Ha Son[1,*], Kim Van Doanh[2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2] *Faculty of Gasoline, Military Academy of Logistics*

ABSTRACT

This study centers on the synthesis of ZnO/MSU-S from Vietnam natural resources, a mesoporous material intended for textile wastewater treatment. The material's photocatalytic activity towards methylene blue (MB) degradation - an organic compound often encountered in wastewater - was investigated. Employing three analytical techniques - namely, X-ray diffraction (XRD), Brunauer-Emmett-Teller (BET) analysis, and energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) - we aimed to ascertain the material's composition and characterize its structure. The XRD pattern unveiled a well-defined silica structure with the presence of zinc oxide (ZnO). BET analysis provided valuable insights into surface area and porosity, while EDX confirmed the prevalence of silica oxide. These findings collectively underscore the material's high purity, rendering it suitable for diverse applications. Synthesis results confirmed the successful formation of ZnO/MSU-S. Small-angle X-ray scattering revealed a "worm-hole" structure with ordered mesopores. Morphological analysis further supported this, with a favorable pore diameter (~ 3 nm) conducive to methylene blue adsorption. Subsequently, we investigated methylene blue degradation on ZnO/MSU-S under varying conditions. UV-vis absorption spectra and concentration-time graphs indicated an optimal reaction time of 50 minutes, yielding an impressive 90% of MB conversion. Higher initial concentrations led to reduce the efficiency of the photocatalyst, while an alkaline pH of 9 favored photocatalytic performance, achieving 96%. In summary, ZnO/MSU-S exhibits significant potential as an effective adsorbent for methylene blue treatment in wastewater.

Keywords: mesoporous material; MSU-S; photocatalyst; methylene blue; wasste water treatment

1. Introduction

Water pollution, particularly through organic pollutants, has emerged as a significant global concern, posing serious threats to both the environment and public health (Babuji *et al.*, 2023). Organic pollutants encompass a broad range of compounds such as pesticides, pharmaceuticals, and industrial chemicals (Shumbula *et al.*, 2021). These pollutants, often resistant to environmental degradation, can accumulate in the ecosystem, leading to detrimental effects on aquatic life and potentially entering the human food chain. The impact on human health can be profound, with potential consequences ranging from acute illnesses to chronic conditions and genetic mutations (Manisalidis *et al.*, 2020), (Zhang *et al.*, 2021).

Diverse strategies have been employed for the detection and remediation of organic pollutants, each with its own set of merits and drawbacks (Shumbula *et al.*, 2021). Physical methods, such as filtration, are adept at eliminating larger pollutants. However, their efficacy diminishes when dealing with smaller, dissolved organic compounds (Shumbula *et al.*, 2021). Chemical methods offer a higher degree of effectiveness across a broader range of pollutants. Yet, they carry the risk of introducing additional pollutants into the water, thereby potentially exacerbating the problem (Weis and Tillitt, 2017; Shumbula *et al.*, 2021; Babuji *et al.*, 2023). Lastly, biological methods, which utilize bacteria or algae, are both highly effective and environmentally friendly (Sen *et al.*, 2013) (Mathew *et al.*, 2022) . Despite these advantages, they tend to operate at a slower pace and necessitate specific conditions for optimal performance (Muhammad *et al.*, 2020). Each of these methods has its own advantages and disadvantages, and the choice of method often depends on the specific circumstances, including the type and

* *Tác giả liên hệ*
Email: ngohason@humg.edu.vn

concentration of pollutants, the volume of water to be treated, and the available resources and infrastructure.

In recent years, there has been growing interest in the development of new methods that combine different approaches, such as the adsorption-photocatalytic method, which combines the physical process of adsorption with the chemical process of photocatalysis (Haleem *et al.*, 2023). This method offers the potential for high efficiency and environmental friendliness, making it a promising direction for future research and development in the field of water treatment (Gao *et al.*, 2021). The efficiency of the adsorption-photocatalytic method for organic pollutant removal hinges on several factors. The most important one is the choice of adsorbent and photocatalyst, which should have high surface area and light utilization capacity, respectively, is crucial (Colpani *et al.*, 2018). After that, the light source's intensity and wavelength, matching the photocatalyst's absorption spectrum, can enhance the process (Náfrádi *et al.*, 2022), (Djurišić, He and Ng, 2020). Also, the pH influences the surface charge of the adsorbent and the pollutants' form, affecting their interaction (Yang *et al.*, 2017), (Alkaim1 *et al.*, 2014).

Zinc Oxide (ZnO) is a semiconductor material that has gained significant attention as a photocatalyst due to its unique properties(Liu *et al.*, 2023; Mohamed *et al.*, 2023). It is cost-effective, stable, biologically safe, and has a wide band gap of 3.37 eV (Liu *et al.*, 2023), making it suitable for various applications. However, it does have some disadvantages when used as a photocatalyst. One of the main disadvantages of ZnO as a photocatalyst is the high recombination rate of electron-hole pairs. This reduces the efficiency of the photocatalytic process. Also, ZnO primarily absorbs UV light due to its wide bandgap (~3.37 eV). This limits its use under sunlight, which is composed of only about 5% UV light. Besides, ZnO can be unstable under certain conditions. For example, it can dissolve in acidic or basic environments. By drafting ZnO onto a support, it is possible to create more efficient and effective photocatalysts for various applications (Adnan, Julkapli and Hamid, 2016; Kumari *et al.*, 2019; Güell *et al.*, 2023).

MSU-S, a type of mesoporous silica material, has gained significant attention in the field of photocatalysis due to its unique properties (Thangadurai *et al.*, 2021). As a photocatalytic support, MSU-S offers a high surface area, uniform pore size, and tunable pore structure, making it an ideal platform for hosting photocatalysts. The high surface area of MSU-S allows for a high loading of photocatalytic particles, thereby increasing the overall photocatalytic activity. The uniform and tunable pore structure ensures that the photocatalytic particles are evenly distributed and accessible, which is crucial for efficient light absorption and pollutant degradation (Li *et al.*, 2022).

This paper outlines the fabrication of the ZnO/MSU-S photocatalyst, its characterization using advanced physical-chemical methods, and its effectiveness in degrading methylene blue, an organic dye pollutant. The findings highlight the potential of ZnO and mesoporous silica materials in treating polluted water environments.

2. Experimentals

2.1. Chemicals and equipments

The study utilized chemicals such as metakaolin (Oil refining and Petrochemical Laboratory), rice husk ash (Oil refining and Petrochemical Laboratory), Hexadecytrimethylammonium bromide (CTAB), tetrapropylamonium bromide 98% (TPABr) (Merck, Germany), methylene blue > 85% (Merck, Germany), hydrochloride 36% (Xilong, China), ZnO 95% (Xilong) and Sodium hydroxide > 99% (Xilong, China). The equipment and devices employed included an analytical balance, stirrer, UV lamp (20W, Philips), drying oven, muffle furnace, one-neck flask, reflux condenser, glass rod, graduated cylinder, and pipette.

2.2. ZnO/MSU-S synthesis process

MSU-S was introduced into a beaker filled with distilled water. The solution was agitated using a magnetic stirrer until complete dispersion was achieved. Subsequently, ZnO was added to the mixture, which was then subjected to an ultrasonic vibrating machine for a duration of 30 minutes. The mixture was allowed to rest at room temperature for a brief period, following which it was gently dried in a heat oven set at 850°C for 12 hours. The material was then pulverized and subjected to a second drying phase at 850°C for an additional 4 hours. The final product obtained was ZnO/MSU-S.

2.3. Material characterization

The material's properties were analyzed using various techniques. XRD patterns were obtained with a D8 Bruker device using Cu Kα radiation ($\lambda = 1.5403$) over a 2θ range of 5–80°. EDX data were collected with an ESEM-XL30. SEM, using a JSM-6701F (JEOL), revealed the material's surface morphology. A

small amount of the suspension was placed on a silicon wafer for SEM imaging. BET nitrogen adsorption-desorption isotherms were performed at 77.34 °C with a CHEMBET-3030, enabling the calculation of specific surface area and pore size distribution.

2.4. Evaluation of photocatalytic activity

An aqueous solution containing 20 ppm of CIP was prepared with a volume of 50 mL. This solution was treated with 10 mg of a specific nanocomposite. To attain adsorption equilibrium and to inhibit the photolysis effect, the solution was stirred at a speed of 400 rounds per minute for a duration of 30 minutes in a dark environment. Subsequently, the photocatalytic reaction was triggered by activating the ultraviolet light source, which consisted of four UV lamps each with a power of 60 Watts. Post the dark adsorption phase of 30 minutes, samples were collected every hour during the period of illumination. These samples were then passed through a filter paper to remove any remaining catalyst. The concentration of CIP in the samples was determined using Ultraviolet-Visible (UV-Vis) spectroscopy. The conversion of MB was calculated using the subsequent formula:

Conversion (%) = $(C_o - C_t)/C_o \times 100\%$.

In this equation, C_o represents the initial concentration of MB in the solution, while C_t denotes the final concentration. The concentrations were ascertained using Ultraviolet-Visible (UV-Vis) spectroscopy, guided by a calibration curve constructed from the intensity of the absorbance peak at a wavelength of 660 nm.

3. Results and discussion

3.1. X-ray diffraction result

Depicted in Figure 3.1 are the X-ray diffraction patterns of the catalysts, spanning a 2θ range from 10 to 80 degrees.

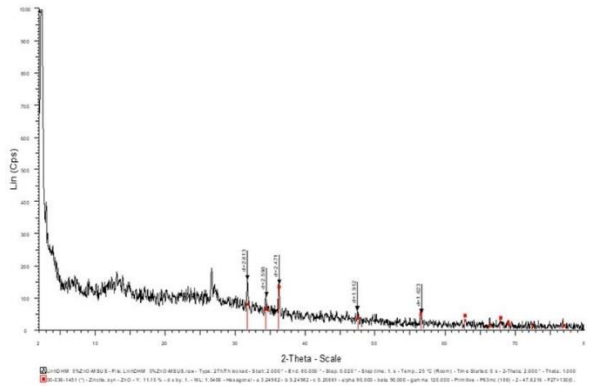


Figure 3.1. X-ray diffraction pattern of ZnO/MSU-S

The X-ray diffraction (XRD) analysis reveals a diffraction pattern that aligns with the properties of Zinc Oxide (ZnO). The pattern's most pronounced peaks are observed at 2θ angles of 31.7°, 34.4°, 36.3°, 47.6°, and 56.6°. These peaks are indicative of the (100), (002), (101), (102), and (110) planes of ZnO, in that order.

Furthermore, the XRD pattern suggests that the catalyst sample possesses a hexagonal crystal structure. This is inferred from the splitting of the peaks into multiple components, which is attributed to the varied orientations of the ZnO crystals within the sample. The presence of the aforementioned five characteristic peaks implies that the material exhibits an ordered mesoporous structure.

3.2. BET results

As depicted in Figure 3.2, the nitrogen adsorption-desorption isotherms exhibit a Type IV characteristic, indicative of a mesoporous structure within the sample.

The pore size distribution, as illustrated in Figure 3.3, follows a narrow Gaussian distribution, implying the presence of highly uniform mesoporous channels within the material. The most probable pore diameter of the ZnO/MSU, as determined from the adsorption branches of the isotherms, is approximately 2.7 nm. The Brunauer–Emmett–Teller (BET) surface area and pore volume of the material are quantified to be 280.123 m^2/g and 0.908791 cm^3/g, respectively. This data further corroborates the mesoporous nature of the sample.

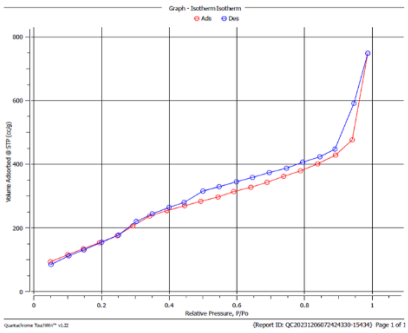


Figure 3.2. The N_2 adsorption-desorption Isotherms of the material

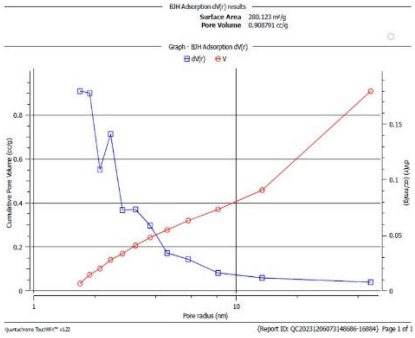


Figure 3.3. Pore size distribution of the material

3.3. Energy-dispersive X-ray spectroscopy

The analytical outcomes, as depicted in Figures 3.4, reveal that the primary constituents of ZnO/MSU-S are silica oxide, zinc oxide, and aluminum oxide.

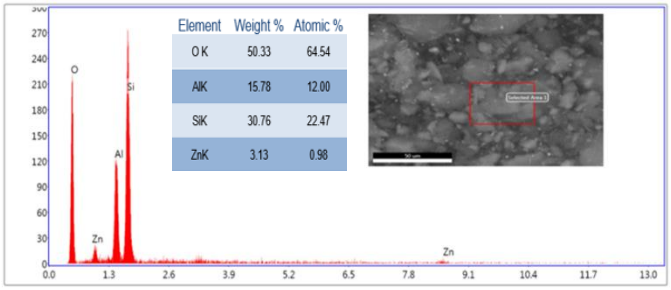


Figure 3.4. EDX spectra of the 5%ZnO/MSU-S

The Energy Dispersive X-ray (EDX) spectra confirm the presence of Si, Zn, Al, and oxygen atoms, with respective weight percentages of 30.76%, 3.13%, 15.78%, and 50.33%. It can be observed that the percentage of Zn in the catalyst sample is consistent with the initial calculations when synthesizing the material. When comparing the molecular weights of Zn and O, the percentage of the active phase ZnO in the catalyst sample can be estimated to be slightly over 4%, which is relatively in line with the synthesis objective of 5%ZnO/MSU-S material.

3.4. Morphology and structure of ZnO/MSU-S material

The surface morphology of the materials was investigated by scanning electron microscopy (SEM) and the results are introduced in Figure 3.5.

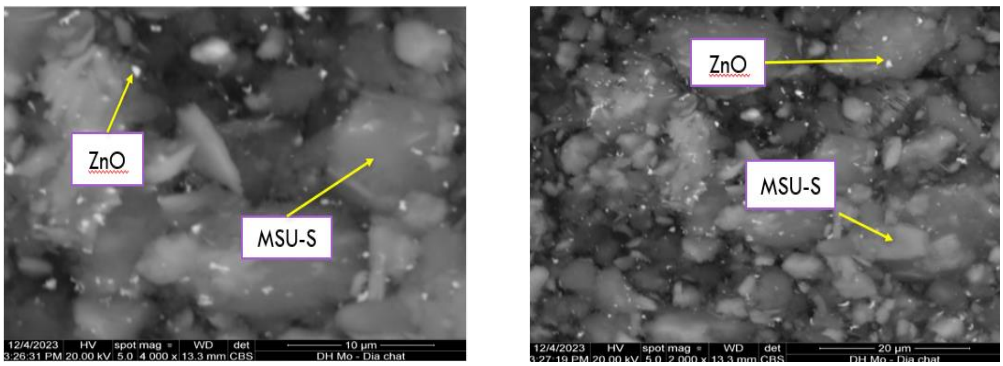


Figure 3.5. SEM image of synthesized

The Scanning Electron Microscopy (SEM) images, as depicted in Figure 3.3, were captured at magnifications of 50 µm and 100 µm. The SEM analysis primarily revealed that the particle size of ZnO/MSU-S is approximately 0.3 µm. The SEM findings further indicated that the ZnO particles were firmly adhered to the MSU-S. This adherence of ZnO particles onto MSU-S offers multiple benefits,

including the augmentation of the catalyst's surface area, the enhancement of ZnO particle dispersion, and the bolstering of the catalyst's stability.

3.5. Catalytic activity

3.5.1. Effect of reaction time

Figure 3.6 presents the UV-visible spectroscopy outcomes for the photodegradation of Methylene Blue (MB) at a concentration of 20ppm, utilizing ZnO/MSU-S as catalyst. The data was collected at predetermined time intervals.

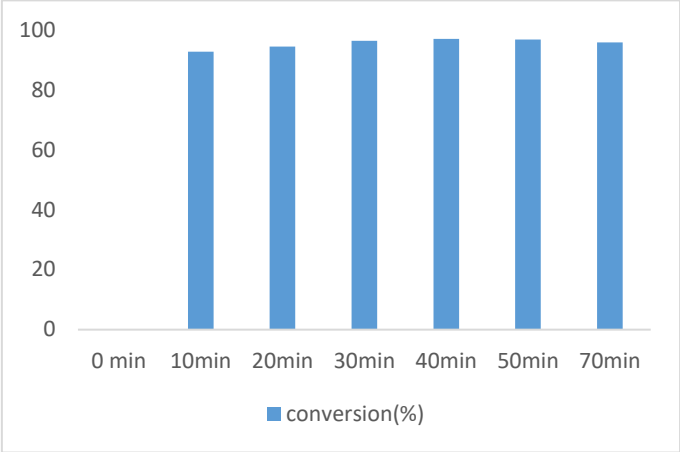


Figure 3.6. Effect of reaction time

The conversion percentage of Methylene Blue in a photodegradation process appears to be largely unaffected by the reaction time. The conversion percentage remains approximately constant at around 90% across various reaction times from 0 to 70 minutes. This suggests that the reaction time does not significantly influence the conversion rate in this particular process. It could be inferred that the photodegradation process is highly efficient, achieving near-maximum conversion in a short time and maintaining this level throughout the observed period.

3.5.1. Effect of MB concentration

In an endeavor to scrutinize the effect of pollutant initial concentration, a series of experiments were orchestrated under specific conditions. These conditions encompassed a 50 mL solution of MB with a concentration of 5, 10 and 20 ppm. The experimental system was subjected to UV light irradiation, with the lamps consistently emitting light within the spectral range of 340 – 410 nm. The transformation of MB is graphically depicted in Figure 3.7.

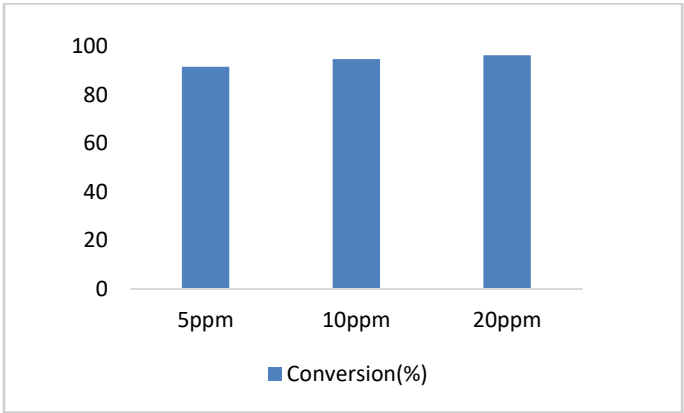


Figure 3.7. Effect of MB initial concentration

This suggests that the photodegradation process is not significantly affected by the concentration of Methylene Blue within the range tested. In other words, increasing the concentration of Methylene Blue from 5ppm to 20ppm does not improve the photodegradation efficiency. It remains stable at about 90%. This could imply that the process is limited by factors other than the concentration of Methylene Blue.

Generally, the percentage degradation decreases with increasing amount of dye concentration. This

could be due to the fact that at higher concentrations, the number of dye molecules may exceed the number of available active sites on the photocatalyst, leading to a decrease in degradation efficiency (Ajmal *et al.*, 2014) (Reza, Kurny and Gulshan, 2017). However, in this case, the catalyst exhibits high activity with the investigated MB concentrations. This suggests that the material possesses sufficient catalytic sites, a high ability to absorb incoming photons, and good activation potential to effectively participate in the photodegradation process of MB. With the typical MB concentrations recorded in wastewater (Ostaszewski, Długosz and Banach, 2022), the synthesized catalyst is fully capable of treatment.

3.5.3. Effect of pH

The point of zero charge (pHpzc) for the ZnO/MSU-S compound can be ascertained via the drift technique. The outcomes are exhibited in Figure 3.8.

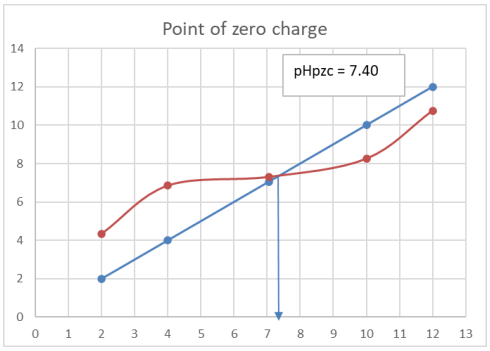


Figure 3.8. pH_{pzc} of the material

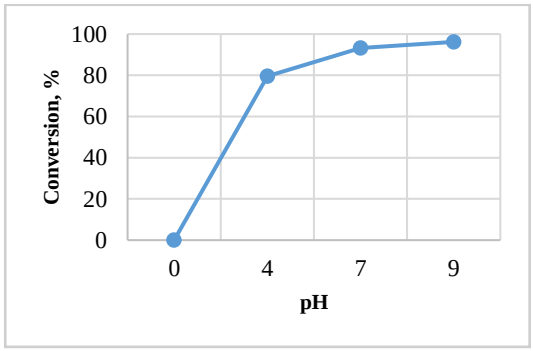


Figure 3.9. Effect of solution's pH

It was observed that an alkaline environment facilitated the adsorption and also the photodegradation of MB. This can be attributed to the fact that in an acidic MB solution, the catalyst surface becomes protonated, thereby acquiring a positive charge. This results in electrostatic repulsion between the cationic MB molecule and the positively charged active sites of the adsorbent, leading to a reduction in adsorption capacity (Fu *et al.*, 2015). Conversely, in an alkaline MB solution, the material surface undergoes deprotonation, resulting in a negative charge. This creates a strong electrostatic attraction between the cationic MB molecule and the negatively charged active sites of the catalyst, thereby enhancing the adsorption capacity (Albadarin *et al.*, 2017). Figure 3.8 shows how the zeta potential of ZnO/MSU-S changes with pH, affecting the catalyst's surface charge. The catalyst's isoelectric point is around 7.4. Below this, the catalyst has a positive charge due to protonation, reducing adsorption capacity due to repulsion with cationic dye molecules. Above pH 7.4, the catalyst has a negative charge due to deprotonation, improving MB removal efficiency. Notably, the catalyst remains highly active under neutral pH, with negligible change in MB decomposition ability compared to basic conditions. This indicates its potential for treating water color pollution under normal conditions.

4. Conclusions

The ZnO/MSU-S catalyst, synthesized from Vietnam's natural resources, effectively degrades 90% of 20 ppm MB quickly, making it a promising solution for industries dealing with dye pollution. It performs optimally in neutral to slightly basic conditions (pH 7-9), aligning with many wastewater streams. Its high activity is attributed to its mesoporous system and large surface area (~280 m2/g), which enhance pollutant adsorption. The successful synthesis of ZnO/MSU-S paves the way for similar catalysts and further research into its high activity mechanisms. Its real-world potential is highlighted by its effectiveness in dye degradation, making it a strong candidate for industrial wastewater treatment. This study presents a successful synthesis method and reveals ZnO/MSU-S's potential as an effective catalyst for dye degradation.

Acknowledgements

Our gratitude goes to Hanoi University of Mining and Geology for providing us with the laboratory facilities used in this work and to the Advanced Materials for Catalyst and Adsorption Group (AMCA) for supporting this study.

References

Adnan, M.A.M., Julkapli, N.M. and Hamid, S.B.A., 2016. 'Review on ZnO hybrid photocatalyst:

impact on photocatalytic activities of water pollutant degradation', *Reviews in Inorganic Chemistry*, 36(2), pp. 77–104. Available at: https://doi.org/10.1515/revic-2015-0015.

Ajmal, A. *et al.,* 2014. 'Principles and mechanisms of photocatalytic dye degradation on TiO 2 based photocatalysts: a comparative overview', *RSC Advances*, 4(70), pp. 37003–37026. Available at: https://doi.org/10.1039/C4RA06658H.

Albadarin, A.B. *et al.,* 2017. 'Activated lignin-chitosan extruded blends for efficient adsorption of methylene blue', *Chemical Engineering Journal*, 307, pp. 264–272. Available at: https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.08.089.

Alkaim1, A.F. *et al.,* 2014. 'Effect of pH on Adsorption and Photocatalytic Degradation Efficiency of Different Catalysts on Removal of Methylene Blue', *Asian Journal of Chemistry*, 26(24), pp. 8445–8448. Available at: https://doi.org/10.14233/ajchem.2014.17908.

Babuji, P. *et al.,* 2023. 'Human Health Risks due to Exposure to Water Pollution: A Review', *Water*, 15(14), p. 2532. Available at: https://doi.org/10.3390/w15142532.

Colpani, G.L. *et al.,* 2018. 'Photocatalytic Adsorbents Nanoparticles', in *Advanced Sorption Process Applications*. IntechOpen. Available at: https://doi.org/10.5772/intechopen.79954.

Djurišić, A.B., He, Y. and Ng, A.M.C., 2020. 'Visible-light photocatalysts: Prospects and challenges', *APL Materials*, 8(3), p. 030903. Available at: https://doi.org/10.1063/1.5140497.

Fu, J. *et al.,* 2015. 'Adsorption of methylene blue by a high-efficiency adsorbent (polydopamine microspheres): Kinetics, isotherm, thermodynamics and mechanism analysis', *Chemical Engineering Journal*, 259, pp. 53–61. Available at: https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.07.101.

Gao, J. *et al.,* 2021. 'Enhanced effect of adsorption and photocatalytics by TiO2 nanoparticles embedded porous PVDF nanofiber scaffolds', *Journal of Materials Research*, 36(7), pp. 1538–1548. Available at: https://doi.org/10.1557/s43578-021-00181-x.

Güell, F. *et al.,* 2023. 'ZnO-based nanomaterials approach for photocatalytic and sensing applications: recent progress and trends', *Materials Advances*, 4(17), pp. 3685–3707. Available at: https://doi.org/10.1039/D3MA00227F.

Haleem, A. *et al.,* 2023. 'A Comprehensive Review on Adsorption, Photocatalytic and Chemical Degradation of Dyes and Nitro-Compounds over Different Kinds of Porous and Composite Materials', *Molecules*, 28(3), p. 1081. Available at: https://doi.org/10.3390/molecules28031081.

Kumari, V. *et al.,* 2019. 'S-, N- and C-doped ZnO as semiconductor photocatalysts: A review', *Frontiers of Materials Science*, 13(1), pp. 1–22. Available at: https://doi.org/10.1007/s11706-019-0453-4.

Li, X. *et al.,* 2022. 'Mineral-Supported Photocatalysts: A Review of Materials, Mechanisms and Environmental Applications', *Energies*, 15(15), p. 5607. Available at: https://doi.org/10.3390/en15155607.

Liu, Liqing *et al,.* 2023. 'ZnO-ZnS Heterostructure as a Potent Photocatalyst in the Preparation of Some Substituted Chromenes and Remarkable Antigastrointestinal Cancer Activity', *ACS Omega*, 8(46), pp. 44276–44286. Available at: https://doi.org/10.1021/acsomega.3c06952.

Manisalidis, I. *et al.,* 2020. 'Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review', *Frontiers in Public Health*, 8. Available at: https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014.

Mathew, M.M. *et al.,* 2022. 'Biological Approaches Integrating Algae and Bacteria for the Degradation of Wastewater Contaminants—A Review', *Frontiers in Microbiology*, 12. Available at: https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.801051.

Mohamed, K.M. *et al.,* 2023. 'Recent Advances in ZnO-Based Nanostructures for the Photocatalytic Degradation of Hazardous, Non-Biodegradable Medicines', *Crystals*, 13(2), p. 329. Available at: https://doi.org/10.3390/cryst13020329.

Muhammad, G. *et al.,* 2020. 'Biochemical Methods for Water Purification', in Inamuddin et al. (eds) *Methods for Bioremediation of Water and Wastewater Pollution*. Cham: Springer International Publishing, pp. 181–212. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-48985-4_8.

Náfrádi, M. *et al.,* 2022. 'Photocatalysis: Introduction, Mechanism, and Effective Parameters', in S. Garg and A. Chandra (eds) *Green Photocatalytic Semiconductors: Recent Advances and Applications*. Cham: Springer International Publishing, pp. 3–31. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-77371-7_1.

Ostaszewski, P., Długosz, O. and Banach, M., 2022. 'Analysis of measuring methods of the concentration of methylene blue in the sorption process in fixed-bed column', *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(1), pp. 1–8. Available at: https://doi.org/10.1007/s13762-021-03156-x.

Reza, K.M., Kurny, A. and Gulshan, F., 2017. 'Parameters affecting the photocatalytic degradation of dyes using TiO2: a review', *Applied Water Science*, 7(4), pp. 1569–1578. Available at:

https://doi.org/10.1007/s13201-015-0367-y.

Sen, B. *et al.,* 2013. 'Relationship of Algae to Water Pollution and Waste Water Treatment', in *Water Treatment*. IntechOpen. Available at: https://doi.org/10.5772/51927.

Shumbula, P. *et al.,* 2021. 'Type, Sources, Methods and Treatment of Organic Pollutants in Wastewater', in *Persistent Organic Pollutants (POPs) - Monitoring, Impact and Treatment*. IntechOpen. Available at: https://doi.org/10.5772/intechopen.101347.

Thangadurai, D. *et al.,* 2021. 'Mesoporous Nanomaterials: Properties and Applications in Environmental Sector', in O.V. Kharissova, L.M. Torres-Martínez, and B.I. Kharisov (eds) *Handbook of Nanomaterials and Nanocomposites for Energy and Environmental Applications*. Cham: Springer International Publishing, pp. 403–420. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-36268-3_13.

Weis, C.P. and Tillitt, D.E., 2017. 'Chemical Water Pollution and Human Health', in A. Cohen, F.S. vom Saal, and A. Weil (eds) *Integrative Environmental Medicine*. Oxford University Press, p. 0. Available at: https://doi.org/10.1093/med/9780190490911.003.0005.

Yang, B. *et al.,* 2017. 'Effect of pH on the adsorption and photocatalytic degradation of sulfadimidine in Vis/g-C3N4 progress', *Environmental Science and Pollution Research*, 24(9), pp. 8658–8670. Available at: https://doi.org/10.1007/s11356-017-8448-0.

Zhang, H. *et al.,* 2021. 'The Impact of Atmospheric Pollutants on Human Health and Economic Loss Assessment', *Atmosphere*, 12(12), p. 1628. Available at: https://doi.org/10.3390/atmos12121628.

ZnO-based heterostructures as photocatalysts for hydrogen generation and depollution: a review | Environmental Chemistry Letters (no date). Available at: https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-021-01361-1 (Accessed: 14 May 2024).

ABSTRACT

Tổng hợp vật liệu mao quản trung bình ZnO/MSU-S từ nguồn tài nguyên tự nhiên - giải pháp hứa hẹn cho việc loại bỏ chất ô nhiễm hữu cơ

Ngô Hà Sơn[1,*], Kim Văn Doanh[2]
[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Khoa Xăng dầu, Học viện Hậu cần*

Nghiên cứu này tập trung vào việc tổng hợp ZnO/MSU-S, một vật liệu xốp có kích thước lỗ rỗng nhỏ dùng cho việc xử lý nước thải từ ngành dệt may, từ nguồn nguyên liệu tự nhiên của Việt Nam. Hoạt tính quang xúc tác của vật liệu đối với việc phân hủy methylene blue (MB) - một chất màu hữu cơ thường gặp trong nước thải - đã được khảo sát. Các kỹ thuật phân tích hóa lý hiện đại, cụ thể là phổ XRD, phân tích BET, phổ EDX, ảnh SEM đã được sử dụng nhằm xác định thành phần của vật liệu và mô tả cấu trúc của vật liệu. Kết quả phổ XRD cho thấy cấu trúc silic được đặc trưng bởi các liên kết Si-O-Si cũng như sự xuất hiện của pha hoạt tính ZnO trên vật liệu. Bên cạnh đó, phổ XRD góc nhỏ chứng minh vật liệu có cấu trúc sâu đục với kích thước mao quản trung bình (~ 3 nm) có lợi cho việc hấp phụ và chuyển hóa methylene blue. Phổ EDX cho thấy hàm lượng pha hoạt tính phù hợp với tính toán ban đầu, chứng tỏ sự tổng hợp thành công vật liệu ZnO/MSU-S. Tiếp theo, hoạt tính quang xúc tác của vật liệu được phân giải methylene blue trên ZnO/MSU-S dưới các điều kiện khác nhau. Phổ hấp thụ UV-vis và đồ thị nồng độ-thời gian chỉ ra thời gian phản ứng là rất nhanh, chỉ khoảng 10 phút và hiệu suất chuyển hóa MB đạt được lên tới 95%. Nồng độ ban đầu cao hơn dẫn đến giảm hiệu suất của chất xúc tác quang, trong khi pH trung tính đến kiềm nhẹ thuận lợi cho quá trình quang xúc tác. Với những thuận lợi về điều kiện tiến hành phản ứng kể trên, ZnO/MSU-S cho thấy tiềm năng lớn với vai trò chất xúc tác - hấp phụ hiệu quả trong việc xử lý MB trong nước thải.

Keywords: vật liệu mao quản trung bình; MSU-S; xúc tác quang; methylene xanh; xử lý nước thải

Dự đoán áp suất dòng chảy đáy giếng bằng các mô hình học máy

Trần Nguyễn Thiện Tâm[1,*], Hoàng Trọng Quang[1], Trần Nguyễn Gia Kính[1]
[1]*Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh*

TÓM TẮT

Áp suất dòng chảy ở đáy giếng là áp suất được đo hoặc tính toán tại gần thành hệ khai thác ở đáy giếng trong khi giếng đang chảy hoặc khai thác hydrocacbon. Thông thường, việc đo trực tiếp áp suất dòng chảy ở đáy giếng được thực hiện bằng cách lắp đồng hồ đo (gauge). Tuy nhiên, việc can thiệp vào giếng đôi khi là một nhiệm vụ phức tạp, liên quan đến rủi ro khai thác và gây gián đoạn. Ngoài ra, có thể sử dụng mối tương quan thực nghiệm và mô hình cơ học để tính toán áp suất dòng chảy ở đáy giếng nhưng độ chính xác không cao. Trong nghiên cứu này, các tác giả đề xuất các mô hình học máy để dự đoán áp suất dòng chảy đáy giếng dựa trên dữ liệu bao gồm lưu lượng dầu, lưu lượng khí, lưu lượng nước, đường kính trong của ống khai thác, độ sâu bắn mở vỉa, trọng lực API, nhiệt độ đầu giếng, nhiệt độ đáy giếng và áp suất đầu giếng. Các mô hình học máy được ứng dụng bao gồm mạng nơ ron nhân tạo (ANN), rừng ngẫu nhiên (RF) và K lân cận gần nhất (KNN). Kết quả tính toán của các mô hình được so sánh bằng các tham số thống kê bao gồm sai số tuyệt đối trung bình (*MAE*), căn bậc hai của sai số toàn phương trung bình (*RMSE*), hệ số xác định (R^2) cho thấy mô hình ANN có độ chính xác cao nhất với các hệ số *MAE*, *RMSE* thấp nhất (lần lượt là 50.4544 và 63.7890) và hệ số R^2 cao nhất (0.9552). Do đó, mô hình ANN là đáng tin cậy và có thể được sử dụng để dự đoán áp suất dòng chảy ở đáy giếng.

Từ khóa: áp suất dòng chảy đáy giếng; mạng nơ ron nhân tạo; rừng ngẫu nhiên; K lân cận gần nhất

1. Giới thiệu

Áp suất đáy giếng (Bottomhole Pressure - BHP) là áp suất đo được trong giếng tại hoặc gần độ sâu của thành hệ khai thác tính bằng pound trên inch vuông (psi). Trong công tác hoàn thiện giếng, *BHP* thường được đo hoặc tính toán tại phần trên của khoảng bắn mở vỉa (Schlumberger, n.d.-a). Áp suất dòng chảy ở đáy giếng (Flowing Bottomhole Pressure - FBHP) là áp suất được đo trong khi chất lưu chảy từ vỉa vào giếng. Ngược lại với *FBHP* là áp suất giếng đóng (Shut-in Bottomhole Pressure - SIBHP) được đo khi giếng đóng cây thông khai thác (Christmas tree) hoặc cụm chống phun trào (BOP stack) (Schlumberger, n.d.-b). *FBHP* có vai trò quan trọng trong nhiều tính toán kỹ thuật dầu khí như vận hành khai thác, khoan và hoàn thiện giếng, thiết kế thiết bị khai thác, đảm bảo dòng chảy đa pha, dự đoán hiệu suất và tối ưu hóa các giếng khai thác, giám sát và kiểm soát hiệu suất của các kỹ thuật thu hồi nâng cao (nứt vỉa thủy lực, bơm ép nước, nâng nhân tạo), cũng như giúp nhận diện phản ứng của vỉa chứa trong quá trình khai thác sơ cấp hay phát hiện các vấn đề về khoan và khai thác (Bello & Asafa, 2014). Thông thường, áp suất được đo trực tiếp bằng cách lắp đồng hồ đo cố định tại đáy giếng (Permanent Downhole Gauge - PDG) (Aguirre và nnk., 2017). Cấu tạo cơ bản của PDG bao gồm các cảm biến (áp suất, nhiệt độ), bộ xử lý và lưu trữ dữ liệu từ cảm biến và cáp dẫn truyền dữ liệu từ cảm biến lên bề mặt (van Gisbergen & Vandeweijer, 1999). Tuy nhiên, việc lắp đặt PDG trong giếng đôi khi là một nhiệm vụ phức tạp, liên quan đến rủi ro khai thác và gây gián đoạn (Awadalla và nnk., 2016). Do đó, đã có nhiều phương pháp toán học được phát triển để ước lượng áp suất đáy giếng mà tựu trung lại có thể chia thành hai nhóm chính là tương quan thực nghiệm (empirical correlations) và mô hình cơ học (mechanistic models).

Các tương quan thực nghiệm phổ biến để ước lượng áp suất dòng chảy đáy giếng là Poettmann-Carpenter (Poettmann & Carpenter, 1952), Baxendell-Thomas (Baxendell & Thomas, 1961), Fancher-Brown (Fancher, G.H. Jr. and Brown, 1963), Hagedorn-Brown (Hagedorn & Brown, 1965), Duns-Ros (Duns & Ros, 1963), Orkiszewski (Orkiszewski, 1967), Beggs-Brill (Beggs & Brill, 1973) và Mukherjee-Brill (Mukherjee & Brill, 1985). Trong khi đó, các mô hình cơ học phổ biến là Ansari (Ansari và nnk., 1994), Hasan-Kabir (Hasan & Kabir, 1988; Kabir & Hasan, 1990; Rashid Hasan & Shah Kabir, 1988) và Petalas-Aziz (Petalas & Aziz, 2000).

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: trantam2512@hcmut.edu.vn

Theo Awadalla và cộng sự, các tương quan thực nghiệm và mô hình cơ học để tính toán áp suất dòng chảy ở đáy giếng có độ chính xác không cao (Awadalla và nnk., 2016). Với sự phát triển vượt trội của khoa học dữ liệu trong kỹ nguyên trí tuệ nhân tạo, đã có rất nhiều nghiên cứu ứng dụng các giải thuật học máy để ước lượng áp suất dòng chảy đáy giếng, phổ biến nhất là mạng nơron nhân tạo (Artificial Neural Network - ANN) (Akinsete & Adesiji, 2019; Awadalla & Yousef, 2016; Husien và nnk., 2019; Jahanandish và nnk., 2011; Li và nnk., 2014; Osman và nnk., 2005; Spesivtsev và nnk., 2018) và máy vector hỗ trợ (Support Vector Machine - SVM) (Chen và nnk., 2017a, 2017b; Nait Amar & Zeraibi, 2020; Zhang và nnk., 2020).

Trong nghiên cứu này, các tác giả thực hiện tính toán áp suất dòng chảy đáy giếng bằng các thuật toán mạng nơron nhân tạo, rừng ngẫu nhiên, K lân cận gần nhất. Dữ liệu nghiên cứu được thu thập từ các tài liệu mở về dòng chảy đa pha trong giếng. Các kết quả tính toán *FBHP* theo các mô hình học máy được so sánh bằng các tham số thống kê cho bài toán hồi quy, bao gồm: sai số tuyệt đối trung bình (*MAE*), căn bậc hai sai số toàn phương trung bình (*RMSE*), và hệ số xác định (R^2) để tìm ra mô hình tối ưu nhất.

2. Phương pháp

2.1. Mạng nơ ron nhân tạo

Mạng nơron nhân tạo (Artificial Neural Network - ANN) là mô hình tính toán bắt chước cách mạng nơron sinh học trong não người xử lý thông tin. Các thành phần cấu tạo nên ANN bao gồm: nút (node), các lớp (layers), trọng số (weights), hệ số cộng (bias), hàm truyền (transfer function). Các lớp bao gồm lớp đầu vào (input layer), lớp ẩn (hidden layer) và lớp đầu ra (output layer) (Westland, 1998). Các thức hoạt động của ANN là học từ dữ liệu để cập nhật trọng số thông qua hai quá trình liên tục là lan truyền tiến và lan truyền ngược (Murat H. Sazlı, 2006).

Trong quá trình lan truyền tiến (forward propagation), dữ liệu được đưa vào lớp đầu vào sau đó truyền qua các lớp ẩn đến lớp đầu ra nơi các phép tính được thực hiện bằng cách sử dụng trọng số, hệ số cộng và các hàm truyền. Các hàm truyền phổ biến là hàm Sigmoid, hàm Hyperbolic Tangent, hàm ReLU (Andrinandrasana David Rasamoelina, Fouzia Adjailia, 2020).

Quá trình lan truyền ngược (back propagation) bắt đầu bằng việc thiết lập hàm mất mát (loss function) giữa kết quả đầu ra của quá trình lan truyền tiến với đầu ra thực tế và mục tiêu cuối cùng là tối thiểu hóa hàm mất mát này. Điều này có thể đạt được bằng cách tính toán gradient của hàm mất mát đối với từng trọng số trong mạng nơron. Sau khi tính toán gradient, các tham số của mạng (trọng số, hệ số cộng) được cập nhật bằng cách sử dụng thuật toán tối ưu hóa, chẳng hạn như Gradient Descent (Wythoff, 1993).

2.2. Rừng ngẫu nhiên

Rừng ngẫu nhiên (Random Forest - RF) là một thuật toán học máy kết hợp (ensemble learning) nhiều cây quyết định (Decision Trees - DT) (Fawagreh et al., 2014). Cây quyết định là các mô hình học cơ bản (base learners) phân chia dữ liệu đệ quy dựa trên các giá trị đặc trưng để tạo ra các nút, với mục tiêu giảm thiểu phương sai (đối với bài toán hồi quy) hoặc tối đa hóa thông tin (đối với bài toán phân loại) (Steinberg, 2009). Tuy nhiên, các cây quyết định đơn lẻ có nhược điểm là dễ bị quá khớp với dữ liệu huấn luyện (Amro et al., 2021).

Sự khác biệt chính giữa DT và RF là trong khi DT xem xét tất cả các phân tách đặc trưng (feature) có thể có thì RF chỉ chọn một tập hợp con của các đặc trưng đó. RF hoạt động bằng cách tạo các tập hợp con từ dữ liệu ban đầu. Sau đó, tạo một cây quyết định riêng cho từng tập hợp con. Mỗi cây quyết định có một đầu ra. Nếu là bài toán hồi quy (regression) thì kết quả cuối cùng là giá trị trung bình các đầu ra của mỗi cây quyết định. Nếu là bài toán phân loại (classification), kết quả cuối cùng được xác định bằng cách bỏ phiếu đa số từ đầu ra tất cả các cây (Liaw & Wiener, 2002).

2.3. K lân cận gần nhất

K lân cận gần nhất (K-Nearest Neighbors - KNN) là thuật toán học máy có giám sát nhằm đưa ra các dự đoán dựa trên các điểm dữ liệu lân cận trong một không gian đặc trưng (feature space) (Ho, 1998). Trong thuật toán này, chúng ta chọn giá trị K đại diện cho số điểm lân cận để tính khoảng cách giữa điểm mới dữ liệu đầu vào và K điểm lân cận. Đối với bài phân loại, thuật toán gán điểm dữ liệu mới vào lớp phổ biến nhất trong số K lân cận gần nhất theo nguyên tắc bỏ phiếu đa số. Đối với bài toán hồi quy, đầu ra cho một điểm dữ liệu mới được tính bằng cách lấy giá trị trung bình các giá trị của K lân cận gần nhất (Kramer, 2013).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Dữ liệu nghiên cứu

Dữ liệu nghiên cứu dòng chảy đa pha được thu thập từ từ các tài liệu mở (Ayoub, 2004; Nwanwe et al.,

2023). Tập dữ liệu bao gồm 10 biến đặc trưng liên quan đến khai thác được sử dụng để dự đoán áp suất dòng chảy đáy giếng *FBHP* (psia). Đầu vào có 9 đặc trưng bao gồm lưu lượng dòng dầu Q_o (bbl/day), lưu lượng dòng khí Q_g (Mscf/day), lưu lượng dòng nước Q_w (bbl/day), đường kính trong của ống khai thác *ID* (Inches), độ sâu giếng khoan *Depth* (ft), trọng lực *API*, nhiệt độ bề mặt *ST* (°F), nhiệt độ đáy giếng *BT* (°F) và áp suất đầu giếng P_{wh} (psia). Đầu ra là áp suất dòng chảy đáy giếng *FBHP* (psia). Thống kê mô tả dữ liệu nghiên cứu được thể hiện trong bảng 1 bao gồm các tham số: số điểm dữ liệu, giá trị trung bình, độ lệch chuẩn, giá trị nhỏ nhất, giá trị lớn nhất. Bảng 1 cho thấy tập dữ liệu nghiên cứu có 206 điểm dữ liệu hoàn chỉnh, không có giá trị khuyết.

Bảng 1. Thống kê mô tả tập dữ liệu

Thông số	Số điểm dữ liệu	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất
Q_o (bbl/day)	206	6321.5146	4835.1597	280.0000	19618.0000
Q_g (Mscf/day)	206	3416.0711	3068.4396	33.6000	13562.2000
Q_w (bbl/day)	206	2700.0097	2793.081243	0.0000	11000.0000
ID (Inches)	206	3.8337	0.3873	1.9950	4.0000
Depth (ft)	206	6359.8689	566.2789	4550.0000	7100.0000
API	206	33.7723	2.3179	30.0000	37.0000
ST (°F)	206	117.7330	30.7934	76.0000	160.0000
BT (°F)	206	203.6408	16.9573	157.0000	215.0000
P_{wh} (psia)	206	321.0777	153.5633	80.0000	960.0000
FBHP (psia)	206	2489.0340	302.1656	1227.0000	3217.0000

Hình 1 là biểu đồ tương quan giữa các đặc trưng trong tập dữ liệu. Mối tương quan giữa các đặc trưng được tính toán bằng hệ số tương quan Pearson. Hệ số tương quan Pearson là một phương pháp phổ biến để đo lường mối quan hệ tuyến tính giữa hai biến, có thể thay đổi từ 1 đến -1. Hình 1 với các hệ số tương quan cho thấy các đặc trưng đầu vào đều có ảnh hưởng tới áp suất dòng chảy đáy giếng *FBHP*. Ngoài ra, vì dữ liệu nghiên cứu không lớn (206 điểm dữ liệu) và số lượng đặc trưng không nhiều (9 đặc trưng) nên để tránh bỏ sót thông tin, tất cả các đặc trưng sẽ được sử dụng để huấn luyện mô hình.



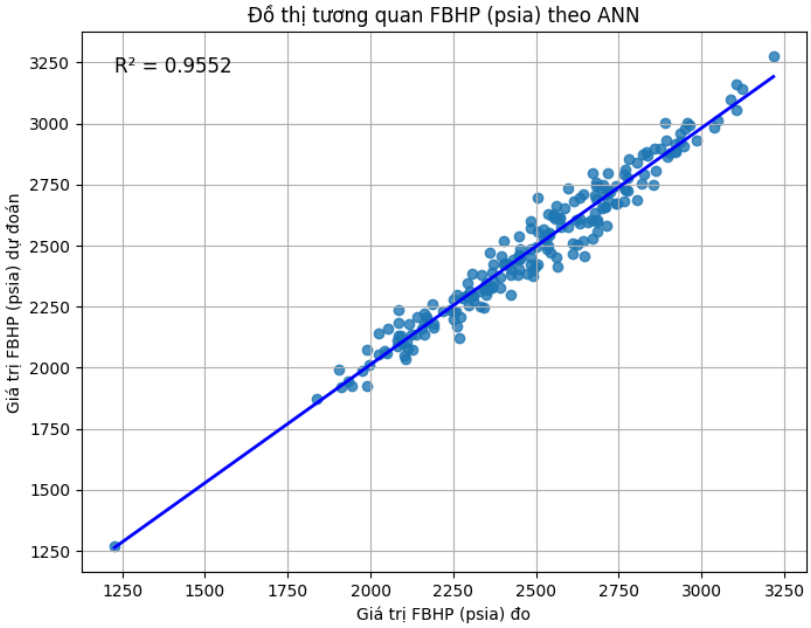
Hình 1. Đồ thị tương quan giữa các đặc trưng trong tập dữ liệu nghiên cứu

Dữ liệu ban đầu được chia thành hai tập dữ liệu huấn luyện và dữ liệu kiểm tra theo tỷ lệ 80:20 để sử dụng cho cả ba mô hình ANN, RF, KNN.

3.2. Kết quả tính toán

3.2.1. ANN

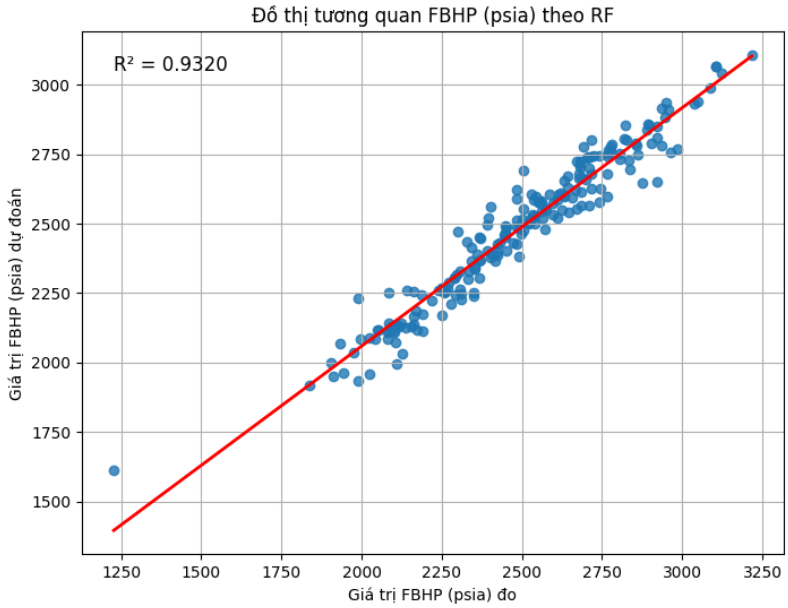
Sử dụng hàm MLPRegressor trong thư viện sklearn của Python, ta có kết quả tính toán giá trị *FBHP* như thể hiện trong Hình 2. Mạng nơron có 4 lớp ẩn, mỗi lớp có 100 nơron. Hàm truyền được sử dụng là hàm ReLU. Các kết quả tham số thống kê theo mô hình ANN cho toàn bộ tập dữ liệu được thể hiện trong Bảng 2.



Hình 2. Đồ thị tương quan FBHP (psia) theo mô hình ANN

3.2.2. RF

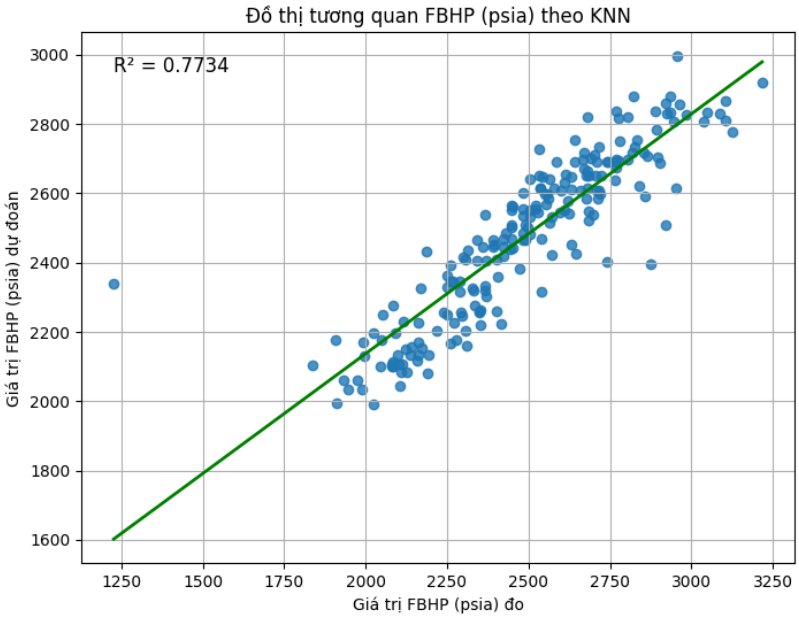
Sử dụng hàm RandomForestRegressor trong thư viện sklearn của Python, ta có kết quả tính toán giá trị *FBHP* như thể hiện trong Hình 3. Số lượng cây quyết định trong rừng là 100. Các kết quả tham số thống kê theo mô hình RF cho toàn bộ tập dữ liệu được thể hiện trong Bảng 2.



Hình 3. Đồ thị tương quan FBHP (psia) theo mô hình RF

3.2.3. KNN

Sử dụng hàm KNeighborsRegressor trong thư viện sklearn của Python, ta có kết quả tính toán giá trị *FBHP* như thể hiện trong Hình 4. Số lượng K láng giềng gần nhất trong mô hình KNN là 5. Các kết quả tham số thống kê theo mô hình KNN cho toàn bộ tập dữ liệu được thể hiện trong Bảng 2.



Hình 4. Đồ thị tương quan FBHP (psia) theo mô hình KNN

3.3. Thảo luận

Bảng 2 so sánh kết quả dự đoán áp suất dòng chảy đáy giếng của các mô hình học máy bằng cách sử dụng các tham số thống kê của mô hình hồi quy, bao gồm: sai số tuyệt đối trung bình (*MAE*), căn bậc hai sai số toàn phương trung bình (*RMSE*), và hệ số xác định (R^2).

Bảng 2. So sánh kết quả dự đoán áp suất dòng chảy đáy giếng của các mô hình học máy

Mô hình	MAE	RMSE	R^2
ANN	50.4544	63.7890	0.9552
RF	55.9937	78.6092	0.9320
KNN	95.4835	143.4843	0.7734

Kết quả trong bảng 2 cho thấy trong nghiên cứu này, mô hình ANN có độ chính xác cao nhất với giá trị R^2 cao nhất và *MAE* cùng *RMSE* thấp nhất. Trong khi đó, mô hình KNN có độ chính xác thấp nhất với giá trị R^2 thấp nhất và *MAE* cùng *RMSE* cao nhất.

4. Kết luận

Nghiên cứu này dự đoán áp suất dòng chảy đáy giếng bằng các mô hình học máy ANN, RF và KNN. Dữ liệu nghiên cứu được thu thập từ các tài liệu mở về dòng chảy đa pha trong giếng. Một số kết luận được rút ra từ nghiên cứu như sau:

- Dữ liệu nghiên cứu có 206 điểm bao gồm 10 đặc trưng. Tính toán ma trận tương quan cho thấy 9 đặc trưng đều có liên quan đến đặc trưng đầu ra là áp suất dòng chảy đáy giếng. Vì vậy tất cả các đặc trưng này đều được sử dụng để huấn luyện mô hình học máy.
- Các mô hình học máy được so sánh bằng các tham số thống kê của mô hình hồi quy cho thấy mô hình có độ chính xác cao nhất là mô hình ANN với giá trị R^2 cao nhất (0.9552) và *MAE* cùng *RMSE* thấp nhất (lần lượt là 50.4544 và 63.7890). Do đó, có thể ứng dụng mô hình ANN để dự đoán áp suất dòng chảy đáy giếng *FBHP*.

Các tác giả kiến nghị kết quả nghiên cứu này có thể áp dụng cho các các tập dữ liệu thực tế khác, đồng thời bài báo chỉ khảo sát 3 mô hình học máy đại diện trong rất nhiều các giải thuật học máy nên cần mở rộng nghiên cứu sang các thuật toán học máy khác như học sâu hay học tăng cường để tìm ra mô hình tối ưu hơn nữa trong dự đoán *FBHP*.

Lời cảm ơn

Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP.HCM đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

Aguirre, L. A., Teixeira, B. O. S., Barbosa, B. H. G., Teixeira, A. F., Campos, M. C. M. M., & Mendes, E. M. A. M., 2017. Development of soft sensors for permanent downhole Gauges in deepwater oil wells. *Control Engineering Practice*, *65*(May), 83–99. https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2017.06.002

Akinsete, O., & Adesiji, B. A., 2019. Bottom-hole pressure estimation from wellhead data using artificial neural network. *Society of Petroleum Engineers - SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition 2019, NAIC 2019, August 2019*. https://doi.org/10.2118/198762-MS

Amro, A., Al-Akhras, M., Hindi, K. El, Habib, M., & Shawar, B. A., 2021. Instance Reduction for Avoiding Overfitting in Decision Trees. *Journal of Intelligent Systems*, *30*(1), 438–459. https://doi.org/10.1515/jisys-2020-0061

Andrinandrasana David Rasamoelina, Fouzia Adjailia, P. S., 2020. A Review of Activation Function for Artificial Neural Network. *IEEE 18th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics*.

Ansari, A. M., Sylvester, N. D., Sarica, C., Shoham, O., & Brill, J. P., 1994. Comprehensive mechanistic model for upward two-phase flow in wellbores. *SPE Production and Facilities*, *9*(2), 143–152. https://doi.org/10.2118/20630-pa

Awadalla, M., & Yousef, H., 2016. Neural networks for flow bottom hole pressure prediction. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, *6*(4), 1839–1856. https://doi.org/10.11591/ijece.v6i4.10774

Awadalla, M., Yousef, H., Al-Hinai, A., & Al-Shidani, A., 2016. Prediction of Oil Well Flowing Bottom-hole Pressure in Petroleum Fields. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, *8-10 March*, 3007–3017.

Ayoub, M. A., 2004. *Development and testing of an artificial neural network model for predicting bottomhole pressure in vertical multiphase flow*. King Fahd University of Petroleum and Minerals.

Baxendell, P. B., & Thomas, R., 1961. The Calculation of Pressure Gradients In High-Rate Flowing Wells. *Journal of Petroleum Technology*, *13*(10), 1023–1028. https://doi.org/10.2118/2-pa

Beggs, H. D., & Brill, J. R., 1973. Study of Two-Phase Flow in Inclined Pipes. In *JPT, Journal of Petroleum Technology* (Vol. 25, pp. 607–617). https://doi.org/10.2118/4007-PA

Bello, O., & Asafa, T., 2014. A functional networks softsensor for flowing bottomhole pressures and temperatures in multiphase flow production wells. In *Society of Petroleum Engineers - SPE Intelligent Energy International 2014* (pp. 637–651). https://doi.org/10.2118/167881-ms

Chen, W., Di, Q., Ye, F., Zhang, J., & Wang, W., 2017a. Flowing bottomhole pressure prediction for gas wells based on support vector machine and random samples selection. *International Journal of Hydrogen Energy*, *42*(29), 18333–18342. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.04.134

Chen, W., Di, Q., Ye, F., Zhang, J., & Wang, W., 2017b. Flowing bottomhole pressure prediction for gas wells based on support vector machine and random samples selection. *International Journal of Hydrogen Energy*, *42*(29), 18333–18342. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.04.134

Duns, H., & Ros, N. C. J., 1963. Vertical flow of gas and liquid mixtures in wells. *World Petroleum Congress Proceedings*, *1963-June*, 451–465.

Fancher, G.H. Jr. and Brown, K. E., 1963. *Prediction of Pressure Gradients for Multiphase Flow in Pipes*.

Fawagreh, K., Gaber, M. M., & Elyan, E., 2014. Random forests: From early developments to recent advancements. *Systems Science and Control Engineering*, *2*(1), 602–609. https://doi.org/10.1080/21642583.2014.956265

Hagedorn, A. R., & Brown, K. E., 1965. Experimental Study of Pressure Gradients Occurring During Continuous Two-Phase Flow in Small-Diameter Vertical Conduits. *Journal of Petroleum Technology*, *17*(04), 475–484. https://doi.org/10.2118/940-pa

Hasan, A. R., & Kabir, C. S., 1988. Predicting multiphase flow behavior in a deviated well. *SPE Production Engineering*, *3*(4), 474–482. https://doi.org/10.2118/15449-PA

Ho, T. K., 1998. Nearest neighbors in random subspaces. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *1451*, 640–648. https://doi.org/10.1007/bfb0033288

Husien, M. A., Farouk, H., & Elkom, S., 2019. Prediction of Two-Phase Pressure Drop Using Artificial Neural Network. *ERJ. Engineering Research Journal*, *42*(2), 99–114. https://doi.org/10.21608/erjm.2019.66275

Jahanandish, I., Salimifard, B., & Jalalifar, H., 2011. Predicting bottomhole pressure in vertical multiphase flowing wells using artificial neural networks. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, *75*(3–4), 336–342. https://doi.org/10.1016/j.petrol.2010.11.019

Kabir, C. S., & Hasan, A. R., 1990. Performance of a two-phase gas/liquid flow model in vertical wells. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, *4*(3), 273–289. https://doi.org/10.1016/0920-4105(90)90016-V

Kramer, O., 2013. K-Nearest Neighbors. *Intelligent Systems Reference Library*, *51*, 13–23. https://doi.org/10.1007/978-3-642-38652-7

Li, X., Miskimins, J. L., & Hoffman, B. T., 2014. A combined bottom-hole pressure calculation procedure using multiphase correlations and artificial neural network models. *Proceedings - SPE Annual Technical Conference and Exhibition*, *2*, 1358–1369. https://doi.org/10.2118/170683-ms

Liaw, A., & Wiener, M., 2002. The R Journal: Classification and regression by randomForest. *R Journal*, *2*(3), 18–22. http://www.stat.berkeley.edu/

Mukherjee, H., & Brill, J. P., 1985. Pressure drop correlations for inclined two-phase flow. *Journal of Energy Resources Technology, Transactions of the ASME*, *107*(4), 549–554. https://doi.org/10.1115/1.3231233

Murat H. Sazlı., 2006. *A brief review of feed-forward neural networks. Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series A2-A3 Physical Sciences and Engineering.* (pp. 11–17). https://doi.org/10.1501/commua1-2_0000000026

Nait Amar, M., & Zeraibi, N., 2020. A combined support vector regression with firefly algorithm for prediction of bottom hole pressure. *SN Applied Sciences*, *2*(1), 1–12. https://doi.org/10.1007/s42452-019-1835-z

Nwanwe, C. C., Duru, U. I., Anyadiegwu, C., & Ekejuba, A. I. B., 2023. An artificial neural network visible mathematical model for real-time prediction of multiphase flowing bottom-hole pressure in wellbores. *Petroleum Research*, *8*(3), 370–385. https://doi.org/10.1016/j.ptlrs.2022.10.004

Orkiszewski, J., 1967. Predicting Two-Phase Pressure Drops in Vertical Pipe. *Journal of Petroleum Technology*, *19*(06), 829–838. https://doi.org/10.2118/1546-pa

Osman, E. A., Ayoub, M. A., & Aggour, M. A., 2005. Artificial neural network model for predicting bottomhole flowing pressure in vertical multiphase flow. *SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference, MEOS, Proceedings*, 1187–1197. https://doi.org/10.2523/93632-ms

Petalas, N., & Aziz, K., 2000. Mechanistic model for multiphase flow in pipes. *Journal of Canadian Petroleum Technology*, *39*(6), 43–55. https://doi.org/10.2118/00-06-04

Poettmann, F. H., & Carpenter, P. G., 1952. The Multiphase Flow of Gas, Oil, and Water Through Vertical Flow Strings with Application to the Design of Gas-lift Installations. *Drilling and Production Practice 1952*, 257–317.

Rashid Hasan, A., & Shah Kabir, C., 1988. Study of Multiphase Flow Behavior in Vertical Wells. *SPE Production Engineering*, *3*(2), 263–272. https://doi.org/10.2118/15138-pa

Schlumberger. (n.d.-a). *bottomhole pressure*. https://glossary.slb.com/en/terms/b/bottomhole_pressure

Schlumberger. (n.d.-b). *shut-in bottomhole pressure*. https://glossary.slb.com/en/terms/s/shut-in_bottomhole_pressure

Spesivtsev, P., Sinkov, K., Sofronov, I., Zimina, A., Umnov, A., Yarullin, R., & Vetrov, D., 2018. Predictive model for bottomhole pressure based on machine learning. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, *166*(March), 825–841. https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.03.046

Steinberg, D., 2009. CART: Classification and Regression Trees. *The Top Ten Algorithms in Data Mining*, 179–201. https://doi.org/10.1201/9781420089653-17

van Gisbergen, S. J. C. H. M., & Vandeweijer, A. A. H., 1999. Reliability analysis of permanent downhole monitoring systems. *Proceedings of the Annual Offshore Technology Conference*, *3*, 437–446. https://doi.org/10.4043/10945-ms

Westland, S., 1998. Artificial neural networks explained - Part 1. *Journal of the Society of Dyers and Colourists*.

Wythoff, B. J., 1993. Backpropagation neural networks. A tutorial. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, *18*(2), 115–155. https://doi.org/10.1016/0169-7439(93)80052-J

Zhang, B., Wang, J. long, & Zhang, N. sheng., 2020. New Method for Flow Rate and Bottom-Hole Pressure Prediction Based on Support Vector Regression. In *Springer Series in Geomechanics and Geoengineering* (Vol. 2). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2485-1_345.

ABSTRACT

Predicting the flowing bottomhole pressure using machine learning models

Tran Nguyen Thien Tam[1], Hoang Trong Quang[1], Tran Nguyen Gia Kinh[1]
[1] *Ho Chi Minh City University of Technology - Vietnam National University Ho Chi Minh City*

Flowing bottomhole pressure is the pressure measured or calculated near the production formation at the bottom of the well while the well is flowing or producing hydrocarbons. Normally, direct measurement of flowing bottomhole pressure is carried out by installing a gauge. However, well intervention is sometimes a complex task, involving production risks and disruption. In addition, empirical correlations and mechanistic models can be used to calculate the flowing bottomhole pressure, but the accuracy is not high. In this study, the authors propose machine learning models to predict wellbore flow pressure based on data including oil flow rate, gas flow rate, water flow rate, internal diameter of tubing, well perforation depth, oil API gravity, wellhead temperature, well bottomhole temperature, and wellhead pressure. Applied machine learning models include Artificial Neural Networks (ANN), Random Forests (RF), and K-Nearest Neighbors (KNN). The predictions of the models are compared using statistical parameters including Mean Absolute Error (*MAE*), Root Mean Square Error (*RMSE*), and Coefficient of Determination (R^2). The results show that the ANN model has the highest accuracy with the lowest *MAE* and *RMSE* coefficients (50.4544 and 63.7890, respectively) and the highest R^2 coefficient (0.9552). Therefore, the ANN model is trustworthy and can be used to predict the flowing bottomhole pressure.

Keywords: flowing bottomhole pressure; artificial neural network; random forest; k-nearest neighbors

Định hướng triển khai thu giữ và lưu trữ CO_2 tại Việt Nam

Doãn Thị Trâm[1,*], Nguyễn Văn Thành[1], Nguyễn Khắc Long[1], Trần Văn Quảng[2]
[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Tổng công ty Điện lực Dầu khí Việt Nam - Công ty cổ phần*

TÓM TẮT

Thu hồi, sử dụng và lưu trữ carbon (CCUS) đề cập đến việc tích hợp các công nghệ khác nhau cùng nhau có thể cô lập và lưu trữ carbon dioxide một cách an toàn và vĩnh viễn (IEA, 2023); IEA, 2022a; IEA, 2020). Quá trình này bắt đầu bằng việc thu giữ carbon từ các nguồn phát thải như sản xuất điện và các quy trình công nghiệp. Nó kết thúc bằng cách lưu trữ carbon dưới lòng đất hoặc bằng cách sử dụng carbon làm nguyên liệu cho các quy trình sản xuất. Khi lượng khí thải từ ngành công nghiệp và năng lượng tiếp tục phát triển, các công nghệ CCUS ngày càng được chú trọng cho các doanh nghiệp nhằm hạn chế sự nóng lên toàn cầu ở mức 1,5ºC (IRENA, 2022). Nhiều nghiên cứu cho đến nay đã xác định chi phí đầu tư cao, thiếu khung pháp lý là những trở ngại chính trong các nút thắt cản trở sự phát triển các dự án CCS tại Việt Nam nói riêng và trong khu vực nói chung. Một số đề xuất của tác giả trong bài viết này về định hướng thực hiện các dự án CCS nhằm hướng đến mục tiêu giảm thiểu chi phí vốn ban đầu bằng cách tái sử dụng cơ sở hạ tầng trong hoạt động thăm dò, khai thác dầu khí tại Việt Nam hướng đến giảm chi phí cho các giai đoạn triển khai CCS/CCUS trong tương lai đối với việc tái sử dụng cơ sở hạ tầng khác nhau và đầu tư vào cơ sở hạ tầng mới.

Từ khóa: Carbon Dioxide; Biến đổi khí hậu; Hạ tầng Dầu khí; tái sử dụng

1. Đặt vấn đề

Tham vọng của Hiệp định Paris (United Nations, 2015) là giữ "nhiệt độ trung bình toàn cầu dưới 2ºC so với mức tiền công nghiệp và theo đuổi các nỗ lực hạn chế sự gia tăng nhiệt độ ở mức 1,5ºC so với mức tiền công nghiệp, nhận ra rằng điều này sẽ làm giảm đáng kể rủi ro và tác động của biến đổi khí hậu". Trong Báo cáo đặc biệt năm 2018, IPCC, cơ quan khoa học của Liên Hợp Quốc (IPCC, 2018), chỉ ra sự cấp thiết phải thúc đẩy ngưỡng 1,5ºC vì nó sẽ làm giảm đáng kể các tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu, so với 2ºC. Công việc của IPCC cho thấy giảm phát thải trên tất cả các lĩnh vực của nền kinh tế xuống 45% so với mức năm 2010 trong thập kỷ tới và đạt được mức phát thải bằng 0 vào năm 2050 để cải thiện cơ hội hạn chế sự nóng lên toàn cầu ở mức 1,5ºC. Tuy nhiên, điều này sẽ đòi hỏi một tốc độ nhanh chóng và chưa từng có trong việc giảm lượng khí thải carbon, CCUS có thể giúp thực hiện các mục tiêu này theo hai cách: (1) Thứ nhất, CCUS có thể loại bỏ khí thải liên quan đến quá trình đến từ các phản ứng hóa học và/hoặc vật lý như trong sản xuất xi măng, thép và hóa chất. Không thể tránh được khí thải từ các quá trình này bằng cách chuyển sang nhiên liệu trung hòa carbon. CCUS cũng có thể giúp giải quyết lượng khí thải từ việc đốt nhiên liệu hóa thạch để cung cấp năng lượng cho các hoạt động công nghiệp, khi việc chuyển đổi sang năng lượng tái tạo vẫn chưa đạt được khả năng thương mại; (2) Thứ hai, các công nghệ CCUS có thể khử cacbon trong sản xuất điện từ khí đốt tự nhiên, thường là nguồn điện linh hoạt ngay lập tức ở một số khu vực địa lý (United Nations, 2015; IPCC, 2018; Guloren Turan, 2020).

Ngày càng có nhiều nghiên cứu cho rằng mục tiêu này không thể đạt được nếu không thu giữ CO_2 từ các nhà máy nhiệt điện sử dụng nhiên liệu hóa thạch, các nguồn công nghiệp nặng và lưu trữ (M. Coramik, Y. Ege, ..., 2017). CCS có thể có một vai trò quan trọng trong việc cân bằng sản xuất điện với các hành động khí hậu, và nó được cho là con đường duy nhất để cân bằng quá trình khử cacbon cho các ngành công nghiệp, chẳng hạn như sản xuất thép, xi măng và hóa dầu (IPCC, 2018).

Do tính cấp bách của hành động giảm thiểu khí hậu là cần thiết và nguy cơ 'vượt quá' các mục tiêu được đặt ra theo các thỏa thuận quốc tế, do đó, có một lập luận rằng việc tiếp tục nghiên cứu và phát triển CCS là cần thiết bên cạnh việc triển khai nhanh chóng các công nghệ năng lượng tái tạo. Tuy nhiên, chỉ

* *Tác giả liên hệ*
Email: doanthitram@humg.edu.vn

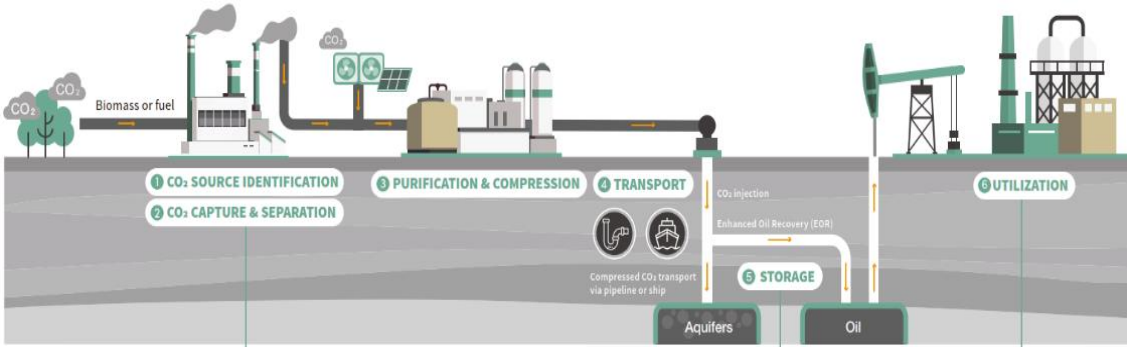
có một số số ít dự án đang hoạt động trên toàn cầu với mục đích duy nhất là lưu trữ CO_2 dưới bề mặt (Global CCS Institute, 2021)

Nghiên cứu cho đến nay đã xác định được ba rào cản chính đối với việc triển khai CCS rộng rãi hơn. Đầu tiên là tổng chi phí của các dự án CCS, cả về vốn và hoạt động. Đầu tư vào các dự án lưu trữ CO_2 chuyên dụng là thách thức kinh tế (IPCC, 2018), đặc biệt nếu chi phí trả trước và chi phí hoạt động không thể được giảm thiểu bằng doanh thu từ việc tăng cường sản xuất hydrocarbon theo cách chúng dành cho các dự án dầu khí có sử dụng CO_2 trong bơm ép. Thứ hai là thiếu sự hỗ trợ từ các bên có liên quan của các quốc gia và các tôt chức phi chính phủ về môi trường, những người có thể xem CCS có liên quan đến (và duy trì) các tác động tiêu cực đến xã hội và môi trường của ngành công nghiệp nhiên liệu hóa thạch.

Do đó, mục đích của bài viết này là làm rõ các con đường để triển khai CCS rộng hơn, bằng cách cung cấp thông tin về cách quản lý những thách thức kép về chi phí và hỗ trợ các bên liên quan. Từ các nghiên cứu trên thế giới, tác giả đánh giá một số yếu tố cốt lõi đã giúp một số dự án tiến tới triển khai bất chấp bối cảnh toàn cầu đầy thách thức: tái sử dụng sử dụng cơ sở hạ tầng hiện có; sự lãnh đạo của chính phủ và các bộ ngành trong việc tạo ra một khung pháp lý về tài chính và xã hội hấp dẫn cho CCS để có thể hỗ trợ thu hút đầu tư và mở rộng quy mô CCS tại Việt Nam.

2. Giới thiệu công nghệ CCS/CCUS

Thu giữ, sử dụng và lưu trữ CO_2 (Carbon Capture Utilization and Storage - CCUS) là công nghệ liên quan đến việc thu hồi CO_2 từ các nguồn phát thải lớn hoặc thu hồi trực tiếp từ khí quyển (hình 1). Việc thu hồi CO_2 từ các nguồn phát thải lớn (bao gồm các nhà máy điện, các cơ sở công nghiệp sử dụng nhiên liệu hóa thạch, hoặc sinh khối để làm nhiên liệu), qua đó làm giảm tác động tới quá trình biến đổi khí hậu. CO_2 được thu hồi trực tiếp từ khí quyển: CO_2 sau khi thu hồi, nếu không được sử dụng tại chỗ sẽ được nén và vận chuyển đến nơi sử dụng carbon, hoặc được bơm vào lòng đất (các mỏ dầu khí đã cạn kiệt, các tầng nước ngầm khoáng hóa, các tầng chứa muối và các vỉa than không thể khai thác) để lưu trữ vĩnh viễn (Hình 1).

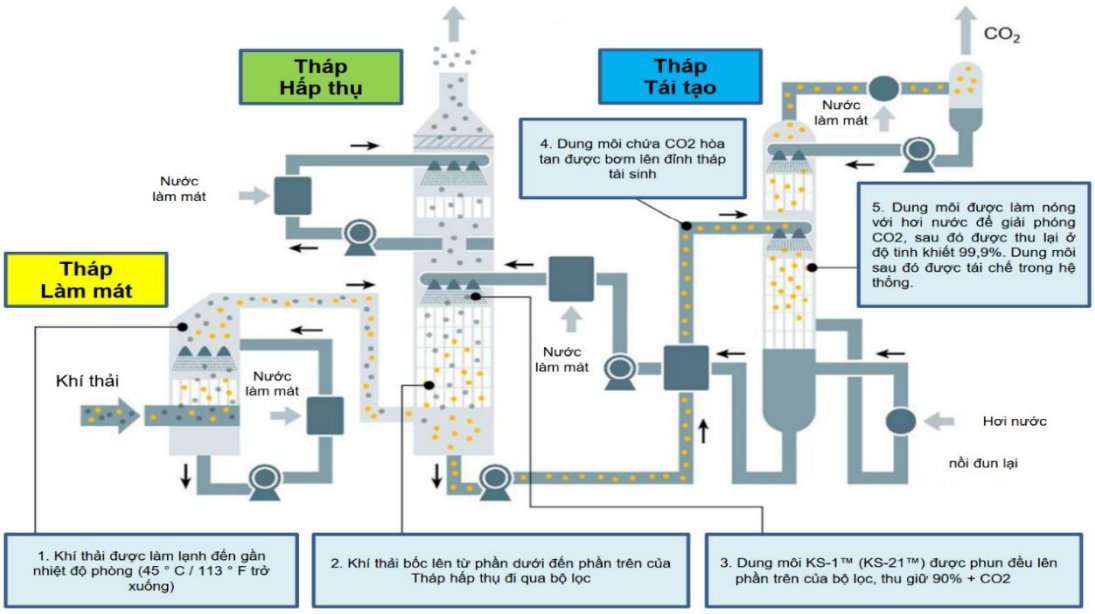


Hình 1. Sơ đồ công nghệ CCUS. (Nguồn: UNECE, 2021)

Công nghiệp dầu khí là một trong những ngành áp dụng CCUS sớm nhất, đã triển khai công nghệ này từ những năm 1970 ở Bắc Mỹ. Điều này là do ngành dầu khí đã phát triển và sử dụng nhiều kỹ thuật không thể thiếu cho CCUS như: Tách CO_2 khỏi khí tự nhiên trước khi có thể được vận chuyển bằng đường ống, bơm ép CO_2 vào các thềm địa chất để giảm cường độ phát thải, hoặc bơm ép CO_2 vào các tầng chứa để gia tăng thu hồi dầu. Có một số quá trình trong công nghiệp dầu khí tạo ra các dòng CO_2 có nồng độ cao, vì vậy, tương đối dễ dàng và hiệu quả để thu giữ, lưu trữ.

Viện CCS Toàn cầu (Global CCS Institute) ước tính rằng: Có hơn 700 triệu tấn khí thải CO_2 từ các hoạt động khai thác dầu khí có thể tránh được bằng cách sử dụng CCUS và hơn 250 triệu tấn có thể được thu giữ với chi phí dưới 50 USD/tấn (Guloren Turan, 2020).

Khí thải chứa CO_2 được làm mát trong tháp giải nhiệt khí thải, sau đó được tiếp xúc trong tháp hấp thụ với dung môi kiềm, dung môi này sẽ hấp thụ CO_2 trong khí thải. Một dung môi chứa nồng độ CO_2 cao được đưa đến tháp tái sinh, nơi nó được làm nóng bằng hơi nước để giải phóng và tái tạo CO_2. Dung môi tái sinh được đưa trở lại tháp hấp thụ, nơi nó được tái sử dụng. Quá trình này có thể thu được hơn 90% lượng CO_2 có trong khí mục tiêu (với độ tinh khiết hơn 99,9% theo thể tích), đồng thời giảm mức tiêu thụ hơi nước nhờ hệ thống tái tạo tiết kiệm năng lượng ban đầu (Hình 2).



Hình 2. Quy trình công nghệ CCS của Mitsubishi heavy industries, ltd...

3. Những thách thức đối với CCS

Thu hồi CO_2: Phần đầu tiên của bất kỳ dự án CCS quy mô lớn nào là thu giữ CO_2 từ một cơ sở công nghiệp hoặc từ bầu khí quyển. Công nghệ thu hồi CO_2 phát thải tồn tại trong nhiều ngành công nghiệp và trong những năm gần đây, trọng tâm đã vượt ra ngoài CCS từ chế biến khí đốt hoặc sản xuất điện nhiên liệu hóa thạch để bao gồm các ngành công nghiệp khó giảm bớt như xi măng, thép, lọc dầu, hydro và amoniac. Những thách thức chính liên quan đến việc thu hồi CO_2 bao gồm: Giới thiệu các công nghệ và cải tiến mới để tăng hiệu quả và giảm chi phí; Mở rộng quy mô triển khai; Giảm thiểu nguy cơ vô tình xả và phân tán khí CO_2 đậm đặc; Xử lý an toàn các dung môi được sử dụng trong quá trình thu giữ CO_2.

Đường ống: Ngày nay, CO_2 chủ yếu được vận chuyển qua đường ống, nhưng vận chuyển bằng tàu cũng là một lựa chọn. Tái sử dụng cơ sở hạ tầng hiện có, thay vì xây dựng các đường ống mới, có thể làm giảm cả rủi ro dự án và gánh nặng thương mại. Những thách thức bao gồm: Kiểm soát đứt gãy; Ăn mòn; Đảm bảo lưu lượng và các vấn đề vận hành; Kiểm soát tạp chất; Quản lý rủi ro phát thải và phân tán CO_2; Sự chấp thuận của các bên liên quan.

Vận chuyển: Với việc nhiều bên liên quan trong ngành xem xét các lựa chọn vận chuyển khác nhau giữa các địa điểm thu giữ và địa điểm lưu trữ, các hãng vận chuyển CO_2 lỏng sẽ trở thành một mắt xích quan trọng trong chuỗi giá trị. Vận chuyển cung cấp dịch vụ vận chuyển CO_2 an toàn, đáng tin cậy và linh hoạt rất phù hợp với khoảng cách ngắn hơn và khối lượng từ thấp đến trung bình. Những thách thức bao gồm: Không giống như khí tự nhiên, CO_2 phải được điều áp để đạt đến trạng thái lỏng; Đối với các ứng dụng vận chuyển CCS khác nhau và mức quy mô, CO_2 có thể cần được vận chuyển ở các mức áp suất khác nhau, đòi hỏi phải phát triển các giải pháp áp suất cao, trung bình và thấp; Việc xác định giải pháp vận chuyển CO_2 hiệu quả nhất cho mỗi dự án phụ thuộc vào một số yếu tố, chẳng hạn như lượng hàng hóa được vận chuyển (trên mỗi tải và hàng năm), khoảng cách đến kho cuối cùng, khái niệm và cách sắp xếp để giảm tải, mức độ tạp chất và tình trạng của CO_2 thu hồi.

Lưu trữ và sử dụng: Việc hình thành lưu trữ cần phải giảm phát thải lâu dài và không liên quan đến rủi ro không thể chấp nhận được. Điều cần thiết là việc lựa chọn và đánh giá các vị trí lưu trữ được thực hiện theo các quy tắc, tiêu chuẩn và quy trình làm việc được công nhận. Những thách thức bao gồm: Trình độ của các địa điểm lưu trữ; Chứng minh tính lâu dài của các địa điểm lưu trữ; Mối quan tâm của công chúng; Phát triển giám sát hiệu quả về chi phí và theo địa điểm cụ thể; Lỗi thành phần của giếng phun gây ra sự giải phóng CO_2..

4. Cam kết quốc tế Việt Nam đối với hành động khí hậu

Là một trong những quốc gia chịu tác động nặng nề nhất do biến đổi khí hậu, mặc dù còn nhiều khó khăn về nguồn lực, nhưng Việt Nam luôn thể hiện trách nhiệm, chủ động thực hiện các cam kết quốc tế. Nhiều chính sách, giải pháp, nghiên cứu và các hành động thiết thực ứng phó với biến đổi khí hậu đã

được xây dựng và triển khai đồng bộ. Việt Nam đã đệ trình INDC năm 2015 (NDC Viet Nam, 2015,); ký và phê duyệt Thoả thuận Paris năm 2016 (United Nations, 2015). Sau khi phê duyệt Thoả thuận Paris, INDC của Việt Nam đã trở thành đóng góp bắt buộc (NDC) và có trách nhiệm phải thực hiện. Ngày 28/10/2016, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Kế hoạch thực hiện Thỏa thuận Paris với 68 nhiệm vụ quan trọng giao các Bộ, ngành, địa phương, doanh nghiệp thực hiện đến năm 2030 (Quyết định số 2053/QĐ-TTg, 2016).

Trong cam kết quốc gia (NDC) 2020 (NDC Viet NamUpdated, 2020), Việt Nam tự nguyện giảm 9% phát thải CO_2 (~ 84 triệu tấn) và giảm 27% (~ 251 triệu tấn) vào năm 2030 nếu có hỗ trợ quốc tế. Tại COP26, Thủ tướng Chính phủ Phạm Minh Chính đã phát biểu "Việt Nam là một nước có lợi thế về năng lượng tái tạo, sẽ xây dựng và triển khai các biện pháp giảm phát thải khí nhà kính mạnh mẽ bằng nguồn lực của mình, cùng với sự hợp tác và hỗ trợ của cộng đồng quốc tế, nhất là các nước phát triển, cả về tài chính và chuyển giao công nghệ, trong đó có thực hiện các cơ chế theo Thỏa thuận Paris, để đạt mức phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050".

5. Hạ tầng dầu khí của Việt Nam (PVN, 2021)

Với tài sản lớn là các mỏ dầu khí và các số liệu khảo sát về địa chất a, thủy động dưới lòng đất trong lãnh thổ và trên thềm lục địa Việt Nam, PVN có thể xác định các cấu tạo tiềm năng để lưu trữ CO_2 dài hạn không chỉ cho các khách hàng trong nước mà cả trong khu vực có nhu cầu, đáp ứng các cam kết về giảm phát thải CO_2 hoặc muốn "xanh hóa" sản phẩm để giảm thuế carbon biên giới khi xuất khẩu vào các nước như châu Âu, Mỹ, Canada, Nhật Bản… trong tương lai. Trong nghiên cứu của Đại học Quốc gia Singapore (NUS) mà VPI tham gia, tổng tiềm năng lưu trữ CO_2 của mỏ Bạch Hổ và Lan Tây sau khi đã khai thác hết dầu khí lên đến 300 triệu tấn, tương đương 33 tỷ USD với giá CO_2 ở mức 110 USD/tấn (mức giá tối thiểu để nhiệt độ toàn cầu tăng ít hơn 2^oC so với thời kỳ tiền công nghiệp theo tư vấn Wood Mackenzie). Tiềm năng lưu trữ CO_2 của các tầng nước ngầm trên bờ (Cần Giờ) hoặc lân cận các mỏ dầu khí ở Việt Nam sơ bộ được VPI đánh giá cao gấp nhiều lần so với tiềm năng lưu trữ tại các mỏ Bạch Hổ và Lan Tây.

Ngoài ra, khu vực Đông Nam Bộ còn có lợi thế là các nhà máy công nghiệp phát thải nhiều CO_2 như thép, xi măng, phân bón được tập trung thành từng cụm trong các khu công nghiệp và đều có đường ống dẫn khí thiên nhiên đến để cung cấp nên thuận lợi cho việc thu hồi, hóa lỏng tập trung và vận chuyển CO_2 bằng đường ống (xây mới). Tại khu vực này, PVN đã có đường ống khí Bạch Hổ - Dinh Cố có thể sử dụng vận chuyển CO_2 lỏng đến các giàn khai thác tại bể Cửu Long để sử dụng tăng thu hồi dầu (CO_2-EOR) cũng như tàng trữ khi đã khai thác hết dầu khí và trong các tầng nước ngầm lân cận.

Nghiên cứu giữa JOGMEC và VPI trong giai đoạn 2007 – 2010 cho thấy việc đầu tư thu hồi CO_2 từ các nhà máy điện, đạm, thép, xi măng khu vực Đông Nam Bộ, vận chuyển ra các mỏ bể Cửu Long để sử dụng tăng thu hồi dầu là có hiệu quả nếu được áp dụng trên toàn bể Cửu Long với ước tính tăng đến 12% sản lượng. Công nghệ CO_2-EOR đã được minh chứng cụ thể thông qua thực nghiệm pilot "CO_2 Huff&Puff" năm 2011 tại mỏ Rạng Đông. Chỉ với 111 tấn CO_2 được bơm vào mỏ, sản lượng khai thác dầu đã tăng từ 950 thùng/ngày lên 1.500 thùng/ngày

6. Định hướng tái sử dụng cơ sở hạ tầng tại Việt Nam

Khi các công ty dầu khí kết thúc vòng đời kinh tế và cơ sở hạ tầng không còn cần thiết cho mục đích sử dụng ban đầu, chúng được lên kế hoạch ngừng hoạt động và loại bỏ. Tuy nhiên, việc ngừng hoạt động rất tốn kém và việc phát triển cơ sở hạ tầng mới cho các dự án lưu trữ CO_2 cũng tốn nhiều vốn. Vì vậy, ý tưởng được đề xuất là cơ sở hạ tầng hiện tại nên được tái sử dụng để vận chuyển và lưu trữ CO_2. Việc tái sử dụng có chọn lọc các tài sản cũ, chẳng hạn như: giàn khoan sản xuất dầu khí, giếng và đường ống, có thể giúp tiết kiệm chi phí và điều này thể hiện cách tiếp cận có hiệu quả để tạo điều kiện triển khai CCS rộng rãi hơn (ZEP, 2011; CCC, 2018). Nghiên cứu của nhóm dự án ACT Acorn (ACT Acorn, 2018) cho thấy việc duy trì và tái sử dụng các đường ống, và ở mức độ thấp hơn, các cơ sở hạ tầng hiện có khác như nền tảng và giếng, có thể giúp giảm chi phí của các dự án CCS, đặc biệt nếu cơ sở hạ tầng đó đã sẵn sàng để ngừng hoạt động

6.1. Tái sử dụng đường ống dầu khí

Nếu việc ngừng hoạt động của đường ống bị trì hoãn, chi phí vận hành giám sát và bảo trì được ước tính là tương đối thấp so với chi phí xây dựng và lắp đặt đường ống mới. Tuy nhiên, chi phí tái sử dụng phụ thuộc rất nhiều vào chiều dài và tình trạng vật lý của đường ống sau nhiều thập kỷ vận chuyển hydrocarbon. Chi phí giám sát và bảo trì phụ thuộc vào chiều dài và tình trạng của từng đường ống. Tái sử dụng một đường ống hiện có thường bao gồm các nhiệm vụ loại vận hành khác nhau, chẳng hạn như làm khô đường ống hoặc chạy một con lợn thông minh (M. Coramik, Y. Ege..., 2017). Thời gian vận

hành, tình trạng và định mức áp suất của đường ống là những yếu tố chính trong việc đánh giá sự phù hợp của đường ống. Các đường ống cũ hơn, hoặc những đường ống đã trải qua môi trường sản xuất khắc nghiệt, có thể có vấn đề với sự ăn mòn hoặc các mối quan tâm về tính toàn vẹn khác. Do đó, khả năng tái sử dụng bất kỳ đường ống nào phụ thuộc cả vào các yếu tố kỹ thuật và thực tiễn, các yêu cầu pháp lý cho phép và các thỏa thuận về trách nhiệm các bên.

6.2. Tái sử dụng giàn khai thác dầu khí

Các giàn khoan sản xuất dầu khí ngoài khơi cũng có thể được tái sử dụng để bơm ép CO_2, nhưng có những yếu tố kỹ thuật, thương mại và quy định cần được đánh giá theo từng trường hợp cụ thể (Ahiaga-Dagbui, D.D.,…, 2017). Các vấn đề chính với các nền tảng tái sử dụng và mặt trên của chúng để bơm CO_2 là vốn và chi phí vận hành (ACT Acorn, 2018). Các cơ sở sản xuất dầu khí phức hợp lớn có thể yêu cầu sửa đổi quy mô và tốn kém để thích ứng với hoạt động bơm ép CO_2. Những sửa đổi này có thể bao gồm việc loại bỏ bất kỳ thiết bị không mong muốn nào và bổ sung các thiết bị xử lý và bơm CO_2, chẳng hạn như bộ lọc, máy sưởi, thiết bị giám sát, v.v... Các vấn đề như tính toàn vẹn cấu trúc liên tục của hệ giàn, dựa trên nền tảng hoặc không gian hạn chế trên nền tảng, cũng có thể có ý nghĩa đối với tính kinh tế của việc tái sử dụng.

Ngoài ra, có thể có những vấn đề pháp lý liên quan đến việc chuyển nhượng từ các chủ sở hữu tài sản trước đó nếu quyền sở hữu thay đổi phát triển từ sản xuất dầu khí sang bơm CO_2. Tóm lại, các vấn đề kinh tế có thể dẫn đến một giàn mới, hoặc một giải pháp dưới biển, hiệu quả hơn về chi phí so với việc tái sử dụng các giàn khai thác dầu khí.

6.3. Tái sử dụng giếng khoan

Cơ sở để thiết kế giếng sản xuất dầu hoặc khí khác với giếng bơm ép CO_2. Do đó, mặc dù các giếng sản xuất dầu và khí dư thừa có thể được tái sử dụng để bơm CO_2, các giếng mới rất có thể cần thiết cho CCS do những khó khăn kỹ thuật, rủi ro và hiệu quả kinh tế. Về mặt này, thiết kế giếng đề cập đến các tiêu chí vận hành sẽ làm cho các yếu tố khác nhau của giếng, chẳng hạn như đầu giếng và thiết bị hạ giếng, không phù hợp để bơm ép CO_2. Những giếng có thể được coi là phù hợp có thể mang một mức độ rủi ro tiềm ẩn, có thể không được coi là an toàn. Ngoài ra, tình trạng của các giếng dư thừa thường không chắc chắn và sẽ cần phải đánh giá và/hoặc can thiệp khắc phục đáng kể để có thể tái sử dụng, điều này có thể dẫn đến tăng chi phí đáng kể. Chi phí tái sử dụng giếng sẽ bao gồm chi phí đánh giá tính toàn vẹn của giếng, vỏ giếng và cơ sở hạ tầng hoàn thiện giếng, cũng như một số công việc sửa chữa và chuyển đổi.

7. Kết luận

Ngành công nghiệp CCUS trên toàn cầu đã bị hạn chế và chậm triển khai sâu rộng chủ yếu là do thiếu mô hình doanh thu khả thi, với chi phí đầu tư cao và doanh thu trong tương lai không chắc chắn dẫn đến khó hấp dẫn các nhà đầu tư.

Việt Nam cần tập trung hơn nữa vào việc khảo sát chi tiết địa điểm lưu trữ CO_2 tiềm năng, hoàn thiện khung pháp lý và công cụ chính sách hỗ trợ phát triển công nghệ CCS, nhằm mục tiêu tăng công suất của các hệ thống CCS lên 200 Mtpa vào năm 2050 (từ mức gần như bằng không như hiện nay) bằng những hành động cụ thể:

7.1. Về chính sách

Chính sách của nhà nước liên quan đến thị trường, cơ sở hạ tầng và các vấn đề về quyền sở hữu và trách nhiệm pháp lý.

Vai trò của các đơn vị khai thác ngành nhiên liệu hóa thạch trong quá trình chuyển đổi sang nền công nghiệp carbon thấp;

Các bên liên quan không chính thức tham gia vào dự án vẫn có thể hỗ trợ xã hội của dự án thông qua các hành động như cấp phép quy hoạch hoặc tuyên truyền, vận động dư luận đối với quá trình chuyển đổi năng lượng carbon thấp tại địa phương, cũng như cách CCS có thể thực hiện giảm thiểu biến đổi khí hậu vì lợi ích cộng đồng.

7.2. Về kỹ thuật

Đánh giá thị trường ứng dụng công nghệ CCS/CCUS;

Đánh giá cơ sở hạ tầng của ngành dầu khí để phát triển CCS/CCUS, trong đó kết hợp bảo tồn cơ sở hạ tầng ngoài khơi hiện có hoặc "sắp ngừng hoạt động", đặc biệt là giàn khoan, giếng và đường ống có thể mang lại cơ hội chi phí thấp nhất cho một dự án CCS.

Xây dựng lộ trình đầu tư CCS/CCUS cho Việt Nam;

Triển khai thí điểm dự án CCS/CCUS;

Đánh giá kết quả để mở rộng các dự án CCS/CCUS trong tương lai.

Việc áp dụng thành công công nghệ CCS sẽ góp phần giảm lượng khí thải CO_2 và tạo bước đệm quan trọng hướng tới một tương lai năng lượng xanh và sạch hơn.

Tài liệu tham khảo

ACT Acorn, 2018. *ACT Acorn consortium.* Available at: www.act-ccs.eu (https://kristoffer-haug.squarespace.com/s/ACORN-bwln.pdf).

Ahiaga-Dagbui, D.D., Love, P.E., Whyte, A., Boateng, P., 2017. *Costing and technological challenges of offshore oil and gas decommissioning in the UK North Sea*. J. Constr. Eng. Manag. 143, 05017008.

CCC, 2018. *Delivering clean growth: CCUS cost challenge taskforce report*. July 2018. Available at: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/727040/CCUS_Cost_Challenge_Taskforce_Report.pdf. Last accessed: 19/11/18.

DECC, 2018. *Oil and Gas: Decommissioning of Offshore Installations and Pipelines*. Department for Business, Energy & Industrial Strategy. Available at: https:// www.gov.uk/guidance/oil-and-gas-decommissioning-of-offshore-installations- and-pipelines. Last accessed: 19/11/2018.

Global CCS Institute, 2021, "*Global Status of CCS 2021: CCUS Accelerating to Net Zero*". https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2021/10/2021-Global-Status-of-CCS-Report_Global_CCS_Institute.pdf,

Guloren Turan, 2020, "*CCS: Applications and Opportunities for the Oil and Gas Industry*", Global CCS Institute, https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2020/05/Brief-_CCS-in-OAG-3.pdf,

IRENA, 2022. *World Energy Transitions Outlook 2022: 1.5°C Pathway*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

IEA, 2023. *CO_2 Emissions in 2022*, IEA, Paris https://www.iea.org/reports/CO_2-emissions-in-2022.

IEA, 2022a. *Carbon Capture, Utilisation and Storage*, IEA, Paris https://www.iea.org/reports/carbon-capture-utilisation-and-storage-2,

IEA, 2022b. *Global Energy Review: CO_2 Emissions in 2021*, IEA, Paris https://www.iea.org/reports/global-energy-review-CO_2-emissions-in-2021-2,

IEA, 2021. *About CCUS*, IEA, Paris https://www.iea.org/reports/about-ccus,

IEA, 2020. *Energy Technology Perspectives 2020*, IEA, Paris https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020,

IEA, 2019a. *Transforming Industry through CCUS*, IEA, Paris https://www.iea.org/reports/transforming-industry-through-ccus,

IEA, 2019b. *The Role of CO_2 Storage*, IEA, Paris https://www.iea.org/reports/the-role-of-CO_2-storage,

IPCC, 2018: Global Warming of 1.5°C.*An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*.

M. Coramik, Y. Ege, *Discontinuity inspection in pipelines: A comparison review*, *Measurement*, Volume 111, 2017, Pages 359-373, ISSN 0263-2241, https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.07.058 (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224117304980)

NDC Viet Nam, 2015, *Intended Nationally Determined Contribution of Viet Nam*

NDC Viet NamUpdated, 2020, *Updated Intended Nationally Determined Contribution of Viet Nam*

PVN, 2021, https://vpi.pvn.vn/pvn-thich-ung-va-tan-dung-trang-thai-binh-thuong-moi.

Quyết định số 2053/QĐ-TTg ngày 28/10/2016 của Thủ tướng chính phủ nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam về Kế hoạch thực hiện Thỏa thuận Pa-ri về biến đổi khí hậu.

UNECE, 2021, *Tóm tắt công nghệ thu hồi, sử dụng và lưu trữ Carbon (CCUS)*, https://unece.org/sustainable-energy/cleaner-electricity-systems/carbon-capture-use-and-storage-ccus,

ZEP, 2011. *The Costs of CO_2 Capture, Transport and Storage*. Post-demonstration CCS in the EU. European Technology Platform for Zero Emission Fossil Fuel Power Plants. Zero Emissions Platform.

United Nations, 2015. *The Paris agreement. Framework convention on climate change*. http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php388.

ABSTRACT

Orientation for carbon dioxide capture and storage in Vietnam

Doan Thi Tram[1,*], Nguyen Van Thanh[1], Nguyen Khac Long[1], Tran Van Quang[2]
[1] *Hanoi University of Mining and Geology*
[2] *PetroVietnam Power Corporation-Joint Stock Company, Hanoi, Vietnam*

Carbon capture, use and storage (CCUS) refers to the integration of different technologies that together can safely and permanently sequester and store carbon dioxide (IEA, 2023); IEA, 2022a; IEA, 2020). The process begins with capturing carbon from emission sources such as power generation and industrial processes. It ends up storing carbon underground or by using carbon as a feedstock for manufacturing processes. As emissions from industry and energy continue to evolve, CCUS technologies are increasingly being placed in focus for businesses to limit global warming to 1.5°C (IRENA, 2022). Many studies to date have identified high investment costs and lack of legal framework as the main obstacles in bottlenecks hindering the development of CCS projects in Vietnam in particular and in the region in general. Some of the author's suggestions in this article on the implementation orientation of CCS projects aim to minimize initial capital costs by reusing infrastructure in oil and gas exploration and exploitation activities in Vietnam, aiming to reduce costs for future CCS/CCUS deployment phases for reuse different infrastructure and investments in new infrastructure

Keywords: Carbon Dioxide; Climate Change; Oil and Gas Infrastructure; Reuse

Nghiên cứu điều chế hệ dung dịch khoan hợp lý để thi công qua địa tầng sét trương nở phức tạp bằng công nghệ khoan ống mẫu luồn ở bể than Quảng Ninh

Nguyễn Trần Tuân[1,*]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Trong khoan thăm dò khoáng sản rắn, công nghệ khoan ống mẫu luồn luôn thể hiện được nhiều ưu điểm như gia tăng năng suất khoan, nâng cao tỷ lệ và chất lượng mẫu lõi. Tuy nhiên, bên cạnh những ưu điểm đó thì luôn tồn tại những khó khăn khi áp dụng công nghệ dẫn tới cần khoan hay bị kẹt mút vào thành hệ. Một trong những nguyên nhân chính gây ra hiện tượng này là bởi hệ dung dịch được lựa chọn để khoan qua các địa tầng sét và sét than vẫn chưa hợp lý khiến thành lỗ khoan có thể bị trương nở hay chảy sệ.
Trong phạm vi bài báo, tác giả trình bày một số kết quả nghiên cứu về đặc điểm và khó khăn khi khoan thăm dò ở bể than Quảng Ninh có sử dụng bộ ống mẫu luồn; đồng thời cũng đề xuất công thức và đơn pha chế hệ dung dịch Bentonit - Gypsum có khả năng ức chế tốt sự trương nở của sét, nâng cao khả năng vận chuyển các hạt mùn khoan lên mặt đất, giảm thiểu đáng kể các sự cố kẹt cần không mong muốn mang lại.

Từ khoá: địa tầng sét trương nở; ống mẫu luồn; bể than Quảng Ninh

1. Đặt vấn đề

Hiện tại công tác khoan thăm dò xuống sâu ở Việt Nam nói chung và ở vùng than Quảng Ninh nói riêng đang phải đối mặt với nhiều thách thức bởi nhiều yếu tố từ khách quan đến chủ quan mang lại như: điều kiện địa tầng địa chất phức tạp (sét trương nở, phong hóa bở rời...), thiết bị không đồng bộ, lạc hậu... Phương pháp khoan ống mẫu luồn được áp dụng trong lĩnh vực thăm dò khoáng sản rắn ở Việt Nam từ cuối thập niên 90, bước đầu đã thể hiện được tính ưu việt và cho kết quả vượt trội so với phương pháp khoan kéo thả truyền thống (năng suất khoan > 600m/tháng-máy, tỷ lệ mẫu > 97%). Tuy nhiên, phương pháp này được áp dụng vẫn còn nhiều hạn chế do trình độ kỹ thuật chưa đáp ứng, công nghệ khoan chưa phù hợp dẫn đến các công trình khoan liên tiếp gặp nhiều sự cố, có công trình phải hủy bỏ khi chưa kết thúc chiều sâu.

Cấu trúc bộ dụng cụ khoan ống mẫu luồn hoàn toàn khác biệt so với bộ dụng cụ khoan kéo thả truyền thống. Cần khoan là loại cần phẳng, ta có thể coi đó chính là ống ngoài (trong cấu trúc ống mẫu nòng đôi), do đó khoảng không vành xuyến giữa cột cần khoan và thành lỗ khoan là hạn chế khiến việc tuần hoàn nước rửa gặp nhiều khó khăn và sự cố kẹt cần cũng gia tăng trong quá trình khoan nếu không có biện pháp kỹ thuật, công nghệ phù hợp (Heinz W. F, 2000).

2. Những khó khăn trong thi công khoan thăm dò than ở bể than Quảng Ninh

2.1. Khó khăn về địa chất



Hình 1. Mẫu lỗ khoan TN179

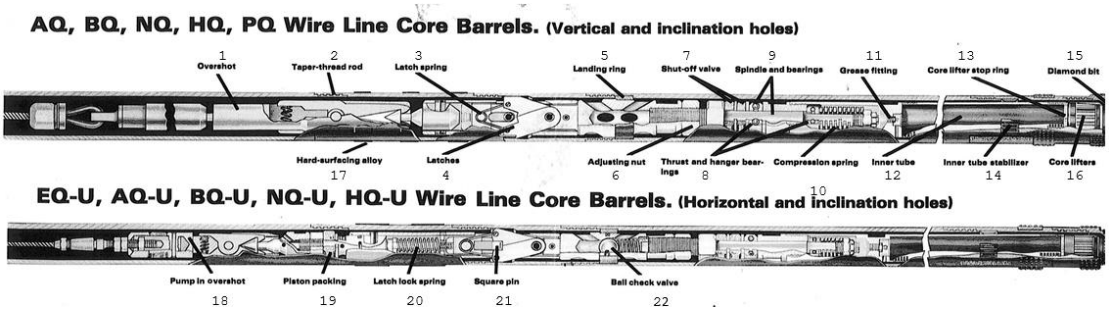
* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyentrantuan1102@gmail.com

Địa chất bể than Quảng Ninh rất phức tạp, trong quá trình thi công khoan luôn tiềm ẩn gặp phải những địa tầng khiến thành lỗ khoan mất ổn định điển hình như: lò khai thác cũ, phay phá đứt gẫy, phong hóa bở rời và đặc biệt là địa tầng sét khiến thành lỗ khoan dễ bị bó hẹp hoặc chảy sệ, gây khó khăn cho quá trình khoan.

Từ các kết quả nghiên cứu chỉ tiêu cơ lý của sét kết và sét than cho thấy sét kết và sét than có độ ẩm từ 0,5%÷3,56 %; độ bền biến đổi phụ thuộc vào địa tầng từng khu mỏ. Kết quả nghiên cứu các mẫu sét kết và sét than (hình 1) cho thấy mẫu sét thường bở rời, dẻo và ngậm nước, dễ biến dạng. Đây là một trong các nguyên nhân gây hiện tượng phức tạp trong quá trình khoan.

2.2. Khó khăn về đặc thù khoan ống mẫu luồn

Đặc thù khi áp dụng phương pháp khoan ống mẫu luồn là yếu tố kỹ thuật - công nghệ được lựa chọn là rất phức tạp. Bộ ống mẫu luồn được cấu thành bởi nhiều chi tiết (hình 2), đòi hỏi người thợ khoan sử dụng phải có hiểu biết và trình độ kỹ thuật nhất định. Công nghệ khoan ống mẫu luồn luôn đòi hỏi tốc độ quay cột cần lớn (300 - 400 vòng/phút), lưu lượng bơm thay đổi liên tục theo địa tầng, chất lượng dung dịch đòi hỏi tiêu chuẩn cao (Phạm Văn Nhâm, 2015; Nguyễn Xuân Thảo và nnk, 2012; Heinz W. F, 2000).



Hình 2. Cấu trúc Bộ ống mẫu luồn và bộ chụp vớt - Boart Longyear
1-Bộ chụp vớt; 2-Ren chuyển tiếp (Cần-Ống mẫu); 3-Chốt lò xo; 4-Lẫy hãm; 5-Vòng tiếp đất (vòng đỡ); 6-Ê cu điều chỉnh; 7-Van tín hiệu; 8-Vòng bi tì; 9-Trục chính; 10-Lò xo nén; 11-Vú mỡ; 12-Ống trong; 13-Vòng chặn hom chèn; 14-Định tâm ống trong; 15-Mũi khoan; 16-Hom chèn; 17-Ống định tâm; 18-Vòng găng bộ chụp vớt; 19-Piston; 20-Lò xo hãm; 21-Chốt ngang; 22-Van báo tín hiệu

Đặc điểm của công nghệ khoan ống mẫu luồn là sử dụng cột cần phẳng, khe hở giữa thành lỗ khoan và cột cần khoan nhỏ, dao động từ 1,5 - 3,0mm tùy theo kích thước của từng loại ống (Nguyễn Xuân Thảo và nnk, 2012; Heinz W. F, 2000), khoan với tốc độ vòng quay lớn từ 300- 400 vòng/ph. Các yếu tố này đã ảnh hưởng lớn tới khả năng tuần hoàn nước rửa trong lỗ khoan và dễ xảy ra hiện tượng kẹt mút cần khoan khi kéo thả. Yêu cầu đặt ra trong trường hợp này là cần có một hệ dung dịch khoan có khả năng vận chuyển tốt các hạt mùn khoan lên mặt đất đồng thời ức chế sự trương nở của sét, đặc biệt ở chiều sâu lớn.

Bên cạnh công nghệ khoan ống mẫu luồn phức tạp, việc đòi hỏi trình độ kỹ thuật và kinh nghiệm của người thợ khoan cũng rất quan trọng. Mỗi hiệp khoan, đòi hỏi người thợ khoan phải có những quyết định hết sức hợp lý và đúng quy trình như: xác định chính xác chiều sâu, dự đoán địa tầng, lựa chọn loại dung dịch khoan, điều chỉnh khe hở giữa ống trong và ống ngoài…

2.3. Khó khăn về hiện trạng dung dịch khoan đang sử dụng

Hiện nay, công tác khoan thăm dò than ở bể than Quảng Ninh đang sử dụng loại dung dịch khoan phổ biến được điều chế từ sét tươi hoặc sét bột bentonit. Những loại dung dịch khoan này thường được điều chế dựa theo kinh nghiệm của người thợ khoan nên chất lượng dung dịch chưa đáp ứng được như mong muốn. Qua đánh giá chất lượng hệ dung dịch sét đang sử dụng trong khoan ống mẫu luồn tại vùng than Quang Ninh nhận thấy: các thông số hệ dung dịch sét hầu hết chưa phù hợp, tính chất lưu biến không đáp ứng được yêu cầu của công nghệ khoan ống mẫu luồn (không gian vành xuyến hẹp). Mặt khác, do độ thải nước lớn gây trương nở mạnh làm mất ổn định thành lỗ khoan, độ dầy vỏ sét lớn gây "bí, tắc" trong quá trình tuần hoàn và thường làm bó mút, gây kẹt cố nghiêm trọng.

3. Nghiên cứu nâng cao hiểu quả khoan thăm dò sâu ở bể than Quảng Ninh, Quảng Ninh bằng biện pháp điều chế hệ dung dịch khoan Bentonit - Gypsum

Hiện nay, tại vùng than Quảng Ninh hầu hết dùng các hệ dung dịch đều không phù hợp, các tính chất dung dịch không đạt yêu cầu của công nghệ khoan ống mẫu luồn và địa tầng than vùng Quảng Ninh. Qua tổng kết, đánh giá các hệ dung dịch đã nghiên cứu áp dụng, từ thực tế khoan ống mẫu luồn tại bể than

Quảng Ninh nhận thấy: để ổn định thành lỗ khoan cần nghiên cứu, điều chế một hệ dung dịch tương thích hơn. Mục tiêu của hệ dung dịch này về cơ bản phải đạt được một số chỉ tiêu như sau: có trọng lượng riêng đủ lớn để tạo áp suất thủy tĩnh trong lỗ khoan cân bằng áp suất vỉa, có độ thải nước tối thiểu nhằm ức chế sét trương nở, vỏ sét mỏng và bền chắc để gia cố thành lỗ khoan, khống chế sự xâm nhập của nước vào thành lỗ khoan, độ nhớt dễ điều chỉnh để phù hợp với đặc tính công nghệ khoan ống mẫu luồn (khe hở hẹp)…

Từ mục tiêu cụ thể đặt ra cho hệ dung dịch, trên cơ sở lý thuyết và kinh nghiệm thực tế, kết hợp các chỉ tiêu khi thiết kế chế độ khoan ống mẫu luồn cho các lỗ khoan vùng than Quảng Ninh (Nguyễn Xuân Thảo và nnk, 2012; Trần Đình Kiên và nnk, 2024), tác giả lựa chọn đề xuất điều chế hệ dung dịch ức chế sét Bentonit – Gypsum với các thông số kỹ thuật như bảng 1.

Bảng 1. Yêu cầu cho hệ dung dịch cho khoan ống mẫu luồn ở bể than Quảng Ninh

TT	Các thông số kỹ thuật	Đơn vị	Yêu cầu
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	1,1÷ 1,15
2	Độ nhớt phễu Marsh (Phễu Nga)	Giây	35-45 (21-26)
3	pH		9 ÷ 10,5
4	Nồng độ Ca^{2++}	mg/l	600 ÷ 1200
5	Ứng lực cắt tĩnh	mG/cm^2	40÷50
6	Độ thải nước	$cm^3/30'$	⩽ 10
7	Độ dày vỏ sét	mm	< 2
8	Hàm lượng cát	%	< 2%

Hệ dung dịch sét Bentonit- Gypsum là hệ dung dịch ức chế trương nở sét trên cơ sở Ca^{++}. Trong đó, thành phần tạo gel là sét Bentonit; chất ức chế trương nở là GYPSUM ($CaSO_4$), đây là nguồn cung cấp ion Canxi. Khi canxi được thêm vào sẽ xảy ra sự trao đổi ion, các cation canxi (Ca^{2+}) có năng lượng liên kết cao hơn, thay thế các cation natri (Na^+) trên tinh thể khoáng sét có trong thành phần đất đá của thành hệ, biến đổi chúng thành sét gốc canxi. Kết quả làm giảm kích thước không gian nội tại giữa các phiến sét, bởi vậy duy trì lực liên kết của mạng tinh thể cơ sở, vì vậy, hạn chế sự trương nở của sét.

Sự có mặt của ion Canxi đồng thời xảy ra hiện tượng kết bông trong dung dịch và dẫn đến tăng độ nhớt, tăng ứng suất trượt động và cường độ gel. Hiện tượng kết bông của các hạt sét trong dung dịch xảy ra dẫn đến làm giảm chất lượng dung dịch. Để hạn chế tác động của ion Canxi vào các keo sét cần bổ sung chất phân tán vào thành phần dung dịch. Khi sử dụng chất phân tán các phiến sét được sắp xếp lại có trật tự, song song với nhau, thường theo hướng dòng chảy, nhờ vậy mà có tác dụng giảm độ nhớt.

Chất phân tán chính trong dung dịch là Lignosulfonat. Lignosulfonat cung cấp các anion (ion âm) cho dung dịch. Các anion này trung hòa các cation trên hạt sét làm các hạt sét đẩy nhau, kết quả là làm phân tán dung dịch, làm giảm ứng suất trượt động và độ bền gel. Chất phân tán có tính axit do vậy cần pha trong môi trường kiềm, thêm NaOH và vôi (calcium hydroxide) làm tăng độ pH. Hệ dung dịch Gypsum được bổ sung thêm chất giảm thải nước và hỗ trợ phân tán TANNATHIN, được biến tính từ Lignite (than nâu), có tác dụng phối hợp với lignosulfonat nhằm phân tán và giảm thải nước tốt nhất. Than nâu là loại than trong thành phần chứa chủ yếu axit hữu cơ, cung cấp các anion cho dung dịch, do đó các hạt sét trong dung dịch sẽ đẩy nhau và được xắp xếp thứ tự hơn. Trong hầu hết các trường hợp, tỷ lệ chất phân tán/chất giảm thải nước nằm khoảng 2/1 là hiệu quả.

3.1. Kết quả thí nghiệm trong phòng thí nghiệm

Việc điều chế được thực hiện trong phòng thí nghiệm theo các bước sau:

- Lựa chọn các nguyên liệu đạt tiêu chuẩn cho điều chế như ở mục 3.2.2.
- Tiến hành điều chế hệ dung dịch cơ sở (dung dịch nền),
- Phân tích, đo các thông số dung dịch của hệ dung dịch nền,
- Khảo sát sự thay đổi của các thông số dung dịch theo nồng độ các phụ gia (hóa phẩm) để lựa chọn ra nồng độ thích hợp.

Sau khi đã lựa chọn được nồng độ hóa phẩm theo phương pháp lựa chọn độc lập, tiến hành điều chế, cân chỉnh hệ dung dịch một cách tổng hợp để cho ra đơn pha chế một hệ dung dịch với các tính chất đáp ứng tốt nhất theo yêu cầu.

3.1.1. Thiết bị thí nghiệm

Gồm có: máy khuấy Hamilton Beach; máy đo độ nhớt OFITE Model 800; thiết bị đo độ thải nước NS1; cân tỷ trọng; bộ cốc - phễu đo độ nhớt quy ước.

3.1.2. Điều chế hệ dung dịch nền

Điều chế hệ dung dịch nền theo công thức sau, kết quả ở bảng 2.

1. Bentonit: 30g/l
2. NaOH: 0 g/l
3. Barit: 0 g/l
4. Gypsum: 3 g/l
5. RFL: 5 g/l
6. PAC: 0 g/l
7. TANATHIN: 6 g/l

Bảng 2. Kết quả phân tích các chỉ tiêu kỹ thuật của hệ dung dịch nền

TT	Các thông số kỹ thuật	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	1,05
2	Độ nhớt phễu	giây	28
3	Độ nhớt dẻo PV	cP	9
4	Ứng suất trượt động -YP	$lb/100ft^2$	2
5	Gel 10 giây	$lb/100ft^2$	3
6	Gel 10 phút	$lb/100ft^2$	4
7	pH		9
8	P_m	số ml H_2SO_4 0,02N	0,2
9	P_f	số ml H_2SO_4 0,02N	0,1
10	Nồng độ Ca^{2++}	mg/l	240
11	Độ thải nước B	$cm^3/30'$	45
12	Độ dày vỏ bùn K	mm	3
13	Hàm lượng cát	%	0,2

Từ hệ dung dịch nền, khảo sát ảnh hưởng nồng độ các phụ gia đến thông số dung dịch, từ đó chọn ra thành phần tối ưu cho hệ dung dịch nghiên cứu.

3.1.3. Ảnh hưởng nồng độ Bentonit đến độ nhớt của dung dịch

Khảo sát sự thay đổi độ nhớt theo nồng độ Bentonit theo công thứcsau, kết quả xem bảng 3.

1. Bentonit: 30; 40; 50; 60; 70 g/l
2. NaOH: 0 g/l
3. Barit: 0 g/l
4. Gypsum: 3 g/l
5. RFL; 5 g/l
6. PAC: 0 g/l
7. TANATHIN: 6 g/l

Bảng 3. Kết quả ảnh hưởng nồng độ Bentonit đến độ nhớt dung dịch

TT	Thông số đo	Đơn vị	Kết quả				
1	Nồng độ Bentonit	g/l	30	40	50	60	70
2	Độ nhớt phễu Marsh	Giây	28	29	31	33	35

Căn cứ vào yêu cầu độ nhớt dung dịch ở bảng 1, kết hợp thực tế, chọn nồng độ Bentonit là 50g/l cho nghiên cứu tiếp sau.

3.1.4. Ảnh hưởng của nồng độ NaOH đến giá trị pH của dung dịch

Khảo sát giá trị pH theo nồng độ của NaOH theo công thức sau, kết quả xem bảng 4.

1. Bentonit: 50g/l
2. NaOH: 0.2 ; 0,5; 1; 1,5 g/l
3. Barit: 0 g/l
4. Gypsum: 3 g/l
5. RFL: 5 g/l
6. PAC: 0 g/l
7. TANATHIN: 6 g/l

Bảng 3.4. Ảnh hưởng của nồng độ NaOH đến độ pH của dung dịch

TT	Thông số đo	Đơn vị	Kết quả				
1	Nồng độ NaOH	g/l	0	0,2	0,5	1	1,5
2	pH		8	9	10	11	12

Căn cứ vào yêu cầu pH của hệ dung dịch ở Mục 3.2.2, kết hợp thực tế, chọn nồng độ NaOH là 0,2g/l cho những nghiên cứu tiếp theo.

3.1.5. Ảnh hưởng của nồng độ Barit đến tỷ trọng của dung dịch

Khảo sát khối lượng riêng theo nồng độ của Barit theo công thức sau, kết quả xem bảng 5.

1. Bentonit: 50g/l
2. NaOH: 0,2 g/l;
3. Barit: 0, 120; 130; 150;170 g/l
4. Gypsum: 3 g/l
5. RFL: 5 g/l
6. PAC: 0 g/l
7. TANATHIN: 6 g/l

Bảng 5. Ảnh hưởng của nồng độ Barit đến khối lượng riêng dung dịch

TT	Thông số đo	Đơn vị	Kết quả				
1	Nồng độ Barit	g/l	0	120	130	150	170
2	Khối lượng riêng (ρ)	(g/cm^3)	1,05	1,1	1,11	1,13	1,15

Căn cứ vào yêu cầu khối lượng riêng của hệ dung dịch ở Mục 3.2.2, kết hợp thực tế, chọn nồng độ Barit là 120 g/l cho nghiên cứu tiếp theo.

3.1.6. Ảnh hưởng của nồng độ GYPSUM ($CaSO_4$) đến nồng độ ion Ca^{2+}

Khảo sát nồng độ Canxi theo công thức sau, kết quả bảng 6.

1. Bentonit: 50g/l
2. NaOH: 0,2 g/l;
3. Barit: 120 g/l
4. Gypsum: 0 ; 3 ; 6 ; 9 ; 12 g/l
5. RFL: 5 g/l
6. PAC: 0 g/l
7. TANATHIN: 6 g/l

Bảng 6. Ảnh hưởng của nồng độ Gypsum đến nồng độ ion Ca^{2+}

TT	Thông số đo	Đơn vị	Kết quả				
1	Nồng độ Gypsum	g/l	0	3	6	9	12
2	Nồng độ Ca^{2++}	mg/l	40	240	600	760	1140

Căn cứ vào yêu cầu nồng độ Ca^{2+} của hệ dung dịch ở Mục 3.2.2 chọn nồng độ Gypsum là 6g/l cho nghiên cứu tiếp theo.

3.1.7. Ảnh hưởng của nồng độ chất phân tán (RFL) đến khả năng phân tán

Khảo sát RFL theo công thức sau, kết quả xem bảng 7.

1. Bentonit: 50g/l
2. NaOH: 0,2 g/l;
3. Barit: 120 g/l
4. Gypsum: 6 g/l
5. RFL: 0; 5; 10; 15; 20 g/l
6. PAC: 0 g/l
7. TANATHIN: 6 g/l

Bảng 7. Ảnh hưởng của nồng độ RFL đến khả năng phân tán dung dịch

TT	Thông số đo	Đơn vị	Kết quả				
1	Nồng độ RFL	g/l	0	5	10	15	20
2	Độ nhớt phễu	Giây	38	35	33	32	31

Khi thay đổi nồng độ RFL từ 0 đến 5g/l, độ nhớt của dung dịch giảm trên 13%, khi thay đổi nồng độ RFL từ 15g/l đến 20g/l, mức độ phân tán giảm dần, độ nhớt thay đổi chỉ khoảng 3%, chọn nồng độ là 10g/l cho nghiên cứu tiếp theo.

3.1.8. Ảnh hưởng của nồng độ polyanion Xenlulo (PAC- LV) đến độ thải nước và độ dày vỏ sét của dung dịch

Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ PAC- LV theo công thức sau, kết quả xem bảng 8.

1. Bentonit: 50g/l
2. NaOH: 0,2 g/l;
3. Barit: 120 g/l
4. Gypsum: 6 g/l
5. RFL: 10 g/l
6. PAC: 0; 1,2; 2,4; 3,6; 4,8 g/l
7. TANATHIN: 6 g/l

Bảng 8. Ảnh hưởng nồng độ PAC đến độ thải nước và độ dầy vỏ sét

TT	Thông số đo	Đơn vị	Kết quả				
1	Nồng độ PAC	g/l	0	1,2	2,4	3,6	4,8
2	Độ thải nước, FL(B)	cm^3/30ph	35	18	13,5	11,5	10
3	Độ dầy vỏ sét, K	mm	3	2	1,5	1,5	1,5

Kết quả trên cho thấy: Ở nồng độ PAC là 0 g/l, độ thải nước của dung dịch 45cm^3/30 phút, độ dày vỏ sét dày (3mm). Khi tăng nồng độ PAC LV thì độ thải nước và chiều dầy vỏ sét cùng giảm, đến nồng độ 4.8 g/l: độ thải nước của dung dịch là 10 cm^3/30 phút, độ dày vỏ sét là 1,5mm. Đây là mức gần đạt yêu cầu, chọn nồng độ PAC LV là 4.8 g/l cho nghiên cứu tiếp theo.

3.1.9. Ảnh hưởng của nồng độ TANATHIN đến độ thải nước của dung dịch

Khảo sát ảnh hưởng của TANATHIN đến độ thải nước theo công thức sau, kết quả xem bảng 9.

1. Bentonit: 50g/l
2. NaOH: 0,2 g/l;
3. Barit: 120 g/l
4. Gypsum: 6 g/l
5. RFL: 10 g/l
6. PAC: 4,8 g/l
7. TANATHIN: 6; 7; 8; 9 g/l

Bảng 9. Ảnh hưởng nồng độ TANATHIN *đến độ thải nước của dung dịch*

TT	Thông số đo	Đơn vị	Kết quả			
1	Nồng độ TANATHIN	g/l	6	7	8	9
2	Độ thải nước FL	$cm^3/30^{'}$	8,4	7,6	6,5	5,8

Căn cứ vào yêu cầu, chọn nồng độ TANATHIN là 9g/l cho nghiên cứu tiếp theo.

3.2. Điều chế hệ dung dịch Bentonit - Gypsum

Căn cứ vào những yêu cầu trên, dung dịch khoan trước khi đưa vào sử dụng thực tế cần thiết phải được điều chế trong phòng thí nghiệm. Công việc này phải theo trình tự như sau: Lựa chọn các nguyên liệu (Sét bentonite, $CaSO_4.2H_2O$, Lignosunphonat, Polyanionic Xenlulô, NaOH, Lignite biến tín, Barit, Na_2CO_3) đạt tiêu chuẩn (Nguyễn Xuân Thảo và nnk, 2012; Trần Đình Kiên và nnk, 2024) tiến hành điều chế hệ dung dịch cơ sở (dung dịch nền); phân tích, đo các thông số dung dịch của hệ dung dịch nền; khảo sát sự thay đổi của các thông số dung dịch theo nồng độ các phụ gia (hóa phẩm) để lựa chọn ra nồng độ thích hợp. Sau khi đã lựa chọn được nồng độ hóa phẩm theo phương pháp lựa chọn độc lập, tiến hành điều chế, cân chỉnh hệ dung dịch một cách tổng hợp để cho ra đơn pha chế một hệ dung dịch với các tính chất đáp ứng tốt nhất theo yêu cầu. Công thức hệ dung dịch Bentonit- Gypsum ở mức ρ=1,1g/cm^3 được thể hiện trong bảng 10 và tính chất được thể hiện trong bảng 11.

Bảng 10. Công thức hệ dung dịch Bentonit- gypsum khi ρ=1,1g/cm^3

1. Bentonit: 50g/l	5. RFL: 10 g/l
2. NaOH: 0,2 g/l	6. PAC: 4,8 g/l
3. Barit: 120 g/l	7. TANATHIN: 9 g/l
4. Gypsum: 6 g/l	

Bảng 11. Kết quả đánh giá hệ dung dịch Bentonit- Gypsum

TT	Các tính chất	Kết quả	Kết quả
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	1,1
2	Độ nhớt phễu (Nga)	Giây	21,05
3	Số đọc V600/V300		26/18
4	Độ nhớt dẻo PV	cP	8
5	YP	lb/100ft^2	10
6	Gel 10 giây	lb/100ft^2	1
7	Gel 10 phút	lb/100ft^2	10
8	pH	9	9
9	P_m	số ml H_2SO_4 0,02N	0,4
10	P_f	số ml H_2SO_4 0,02N	-
11	Nồng độ Ca^{2+}	mg/l	600
12	FL (B)	$cm^3/30^{'}$	5,8
13	K	Mm	1,5
14	Hàm lượng cát	%	0,25

Căn cứ vào kết quả đánh giá hệ dung dịch ở bảng 11, đối chiếu với các chỉ tiêu yêu cầu cho hệ dung dịch nghiên cứu ở bảng 1, nhận thấy: các tính chất dung dịch đều đạt trong giới hạn yêu cầu của hệ dung dịch cho khoan ống mẫu luồn. Do đó có thể chọn đơn pha chế cho hệ dung Bentonit - Gypsum như trên để áp dụng sản xuất thử nghiệm.

Khi khoan qua các địa tầng khác nhau, một trong những yêu cầu quan trọng của hệ dung dịch nghiên cứu đó là có khối lượng riêng đủ lớn để cân bằng áp suất vỉa. Vì vậy, từ hệ dung dịch theo công thức trên, thay đổi khối lượng riêng của dung dịch bằng cách thay đổi nồng độ Barit để phù hợp với từng điều kiện địa tầng

4. Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu, ta có thể rút ra một số kết luận sau:

- Khoan thăm dò sâu ở bể than Quảng Ninh luôn đối mặt với nhiều thách thức như: địa chất phức tạp, Kỹ thuật - Công nghệ không đồng bộ, dung dịch khoan chưa hợp lý...
- Để giảm thiểu sự cố trong quá trình thi công khoan thăm dò sâu bằng phương pháp khoan ống mẫu luồn thì cần thiết phải cải thiện chất lượng dung dịch khoan so với các hệ dung dịch khoan truyền thống đang được sử dụng.
- Hệ dung dịch khoan Bentonit - Gypsum đã cho các thông số kỹ thuật dựa vào kết quả thí nghiệm đạt yêu cầu sử dụng cho khoan thăm dò sâu bằng phương pháp khoan ống mẫu luồn. Khi sử dụng hệ dung dịch này sẽ giảm thiểu sự cố do kẹt cần, đặc biệt là khi khoan qua các địa tầng sét phức tạp.

Lời cảm ơn

Thông qua bài báo, tác giả xin gửi lời cảm ơn sâu sắc tới PGS. TS Nguyễn Xuân Thảo đã có những góp ý quý báu. Tác giả cũng xin chân thành cảm ơn Bộ môn Khoan - Khai thác, Khoa Dầu khí và Năng lượng, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Công ty Địa chất Mỏ Quảng Ninh - TKV, Viện Công nghệ Khoan đã giúp đỡ tác giả trong quá trình nghiên cứu.

Tài liệu tham khảo

Heinz W. F, 2000. *Diamond Drilling handbook*. SADA.

Nguyễn Xuân Thảo, Trần Đình Kiên, Vũ Văn Đông, 2012. *Công nghệ khoan ống mẫu luồn*. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật.

Nguyễn Xuân Thảo, Trần Văn Bản, Trần Đình Kiên, Nguyễn Thế Vinh, Nguyễn Duy Tuấn, Nguyễn Trần Tuân, Nguyễn Văn Thịnh, Nguyễn Thị Thục Anh, 2020. *Công nghệ khoan thăm dò*. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật.

Phạm Văn Nhâm, Nguyễn Xuân Thảo, Nguyễn Trần Tuân, 2015. Nghiên cứu tính phức tạp của tầng sét kết và sét than vùng Quảng Ninh khi áp dụng công nghệ khoan bằng bộ ống mẫu luồn. *Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất*, số 51, trang 6-12

Trần Đình Kiên, Trương Văn Từ, Nguyễn Khắc Long, Nguyễn Trần Tuân, Vũ Thiết Thạch, Lê Quang Duyến, 2024. *Dung dịch khoan và vữa trám*. Nhà xuất bản Giao thông vận tải.

ABSTRACT

Research to prepare a suitable drilling fluid system for construction through complex expansive clay strata using wire line drilling technology in the Quang Ninh coal basin

Nguyen Tran Tuan
Hanoi University of Mining and Geology

In solid mineral drilling exploration, wireline coring technology has always demonstrated numerous advantages such as increased drilling productivity and improved core sample quantity and quality. However, alongside these advantages, difficulties arise when applying the technology, leading to stuck or collapsed drill strings. One of the main causes of this phenomenon is the inappropriate selection of drilling fluids for drilling through clay and coal seams, resulting in swelling or slumping of the borehole walls.

In this paper, the author presents research findings on the characteristics and difficulties encountered during drilling exploration in the Cam Pha area using wireline coring systems. Additionally, a formula and single-phase composition of Bentonite-Gypsum drilling fluid are proposed, which effectively inhibit clay swelling, enhance the transport of drilling cuttings to the surface, and significantly reduce unwanted drill string sticking incidents.

Keywords: expansive clay strata, wire line, Quang Ninh coal basin.

Nghiên cứu quá trình tác dụng tương hỗ giữa mũi khoan kim cương và đá trong khoan thăm dò khoáng sản rắn

Nguyễn Trần Tuân[1, *]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Trong công tác khoan thăm dò khoáng sản rắn hiện nay, việc sử dụng hiệu quả lưỡi khoan kim cương đóng vai trò quan trọng để giải quyết hai yêu cầu về giá thành mét khoan và tiến độ thi công công trình. Trong phạm vi bài báo, bằng phương pháp mô hình tác dụng tương hỗ giữa hạt kim cương gắn trong mũi khoan với đá, tác giả trình bày một số kết quả nghiên cứu quá trình mòn và phá huỷ đá bằng hạt kim cương gắn trong mũi khoan là một hàm phức tạp phụ thuộc vào nhiều yếu tố: chế độ công nghệ khoan, độ cứng của đá, độ bền hạt kim cương...
Thử nghiệm xác lập mối quan hệ giữa cường độ mòn mũi khoan và vận tốc cơ học phụ thuộc vào tốc độ vòng quay đối với lỗ khoan Y ở khu vực Bắc Cọc Sáu, Cẩm Phả, Quảng Ninh đã cho kết quả rất triển vọng. Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu đề xuất các giải pháp lựa chọn công nghệ hợp lý khoan kim cương thăm dò khoáng sản rắn.

Từ khóa: khoan thăm dò, mũi khoan kim cương, Bắc Cọc Sáu.

1. Mở đầu

Hiệu quả khoan các lỗ khoan thăm dò khoáng sản rắn phụ thuộc vào nhiều yếu tố; trong đó có độ bền của mũi khoan và chế độ công nghệ khoan hợp lý. Nhiều tài liệu nghiên cứu Nguyễn Tiến Hùng (chủ biên) và những người khác, 2022; Nguyễn Xuân Thảo (chủ biên) và những người khác, 2020; Liu Guangzhi, 1992) đã khẳng định sử dụng mũi khoan kim cương và áp dụng chế độ công nghệ khoan hợp lý sẽ tăng năng suất, tăng tuổi thọ mũi khoan và giảm giá thành mét khoan. Hiện nay, mặc dù có các quan điểm khác nhau (Nguyễn Tiến Hùng (chủ biên) và những người khác, 2022; Nguyễn Xuân Thảo (chủ biên) và những người khác, 2020; Liu Guangzhi, 1992) về việc lựa chọn cấu trúc mũi khoan kim cương cũng như chế độ công nghệ khoan hợp lý, song các chuyên gia đều thống nhất: i/ Quá trình phá huỷ đá trong khoan kim cương là một quá trình tác dụng tương hỗ giữa hạt kim cương gắn trong mũi khoan với đá, liên quan tới quá trình mòn hạt kim cương, mòn mũi khoan; quá trình ma sát, quá trình sinh nhiệt và tính chất cơ lý đá, v.v… ii/ Hiệu quả phá hủy đá và cường độ mòn của hạt kim cương gắn trong mũi khoan phụ thuộc vào tính chất cơ lý đá, chế độ công nghệ khoan; cấu trúc mũi khoan, độ bền của hạt kim cương và điều kiện môi trường tiếp xúc giữa mũi khoan với đá.

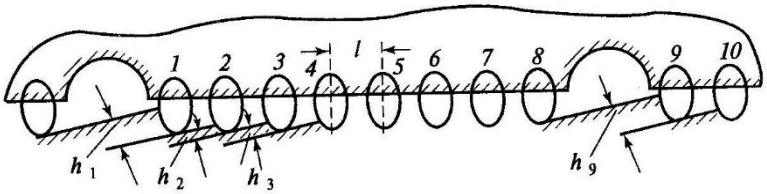
Trong phạm vi bài báo, bằng phương pháp mô hình tác dụng tương hỗ giữa hạt kim cương gắn trong mũi khoan với đá, các tác giả đã nghiên cứu góp phần làm sáng tỏ quá trình mòn và phá hủy đá bằng hạt kim cương. Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu và thử nghiệm thực tế, các tác giả đã đề xuất giải pháp lựa chọn các thông số chế độ khoan hợp lý, phù hợp với điều kiện địa chất cụ thể nhằm mục đích nâng cao tuổi thọ mũi khoan, vận tốc cơ học khoan và giảm giá thành khoan.

2. Nghiên cứu quá trình mòn và phá hủy đá của mũi khoan kim cương

Khi nghiên cứu quá trình mòn và phá hủy đá trong khoan kim cương, các tác giả đều tiến hành theo một trong hai hướng i/ nghiên cứu sự tác dụng tương hỗ giữa hạt kim cương với đá trong quá trình khoan (Nguyễn Tiến Hùng (chủ biên) và những người khác, 2022; Nguyễn Xuân Thảo (chủ biên) và những người khác, 2020; Liu Guangzhi, 1992). ii/ nghiên cứu sự tác dụng tương tác giữa một nhóm hạt kim cương gắn trong mũi khoan với đá trong quá trình khoan (Nguyễn Tiến Hùng (chủ biên) và những người khác, 2022; Nguyễn Xuân Thảo (chủ biên) và những người khác, 2020; Liu Guangzhi, 1992).

Hạt kim cương gắn trong mũi khoan theo các sơ đồ khác nhau và độ nhô trên bề mặt đế khác nhau. Vì vậy, khi tác dụng với đá trong quá trình khoan sẽ tạo chiều dày lớp đá bị phá hủy cũng khác nhau. Mô hình tác dụng tương hỗ của một nhóm hạt kim cương trong quá trình phá hủy đá được mô tả ở hình 1.

[*] Tác giả liên hệ
E-mail: nguyentrantuan1102@gmail.com



Hình 1. Mô hình tác dụng tương hỗ giữa nhóm hạt kim cương trong mũi khoan và đá trong quá trình khoan
1….10 - số thứ tự hạt kim cương; h_1…h_9- chiều sâu cắt đá; l- khoảng cách giữa các hạt cắt

Từ hình 1, ta thấy các hạt kim cương gắn trong đế mũi khoan có kích thước khác nhau, độ nhô khác nhau tạo thành bề mặt nháp trên bề mặt đế. Trong quá trình khoan các hạt kim cương tiếp nhận tải trọng chiều trục khác nhau, do đó chiều dày lớp đá bị phá hủy cũng khác nhau.

Trong quá trình khoan, nhờ tác dụng của tải trọng chiều trục và tốc độ vòng quay hạt kim cương dịch chuyển và cắt đá. Chiều sâu trung bình cắt đá sau một vòng quay h_{tb} (m/vòng) của các hạt kim cương tham gia phá hủy đá liên quan tới vận tốc cơ học được xác định theo công thức sau (Nguyễn Tiến Hùng (chủ biên) và những người khác, 2022; Nguyễn Xuân Thảo (chủ biên) và những người khác, 2020; Liu Guangzhi, 1992):

$$h_{tb} = \frac{v_m}{n.m} \quad (1)$$

trong đó: v_m - vận tốc cơ học khoan, m/s; n - tốc độ vòng quay, v/ph; m - số lượng hạt kim cương trong mũi khoan tham gia phá hủy đá.

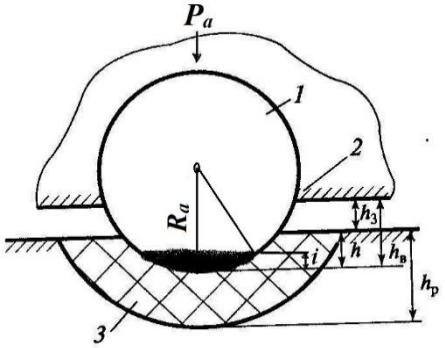
Từ đó, ta thấy việc nghiên cứu tác dụng tương hỗ giữa một nhóm hạt kim cương gắn trong mũi khoan với đá trong quá trình khoan rất phức tạp. Vì vậy, để làm sáng tỏ các yếu tố ảnh hưởng tới quá trình mòn và phá hủy đá trong khoan kim cương, hầu hết các chuyên gia đều theo hướng nghiên cứu tác dụng tương hỗ giữa hạt kim cương với đá trong quá trình khoan, sau đó bằng phương pháp nội suy sẽ tính toán chế độ làm việc của mũi khoan kim cương.

Quá trình tính toán mòn và hiệu quả phá hủy đá bằng hạt kim cương gắn trong mũi khoan được thực hiện trong điều kiện sau:

- Hạt kim cương dạng hình cầu bán kính R_a, làm việc trong điều kiện đá đồng nhất không nứt nẻ, độ cứng của đá P_s;
- Chế độ khoan hợp lý; mùn khoan tạo thành trong quá trình khoan được rửa sạch kịp thời không ảnh hưởng tới quá trình làm việc của hạt kim cương;
- Nhiệt độ sinh ra trong quá trình cắt đá được làm mát bằng nước rửa và không ảnh hưởng tới độ bền bề mặt tiếp của hạt kim cương với đá.

Mô hình tác dụng tương hỗ trong quá trình phá hủy đá bằng hạt kim cương được mô tả ở hình 2. Dưới tác dụng của tải trọng chiều trục P_a hạt kim cương xâm nhập vào đá và nén ép tạo vùng phá hủy với chiều sâu h_p; nhờ tốc độ vòng quay của bộ dụng vụ khoan, hạt kim cương chuyển động và cắt đá với chiều dày lớp cắt h bằng chiều sâu hạt kim cương xâm nhập vào đá; đồng thời trong quá trình cắt đá hạt cương cũng bị mòn với chiều cao mòn i. Như vậy chiều dày thực tế lớp đá bị cắt h_t được xác định như sau:

$$h_t = h - i \quad (2)$$



Hình 2. Mô hình tác dụng tương hỗ giữa hạt kim cương và đá trong quá trình khoan
1. hạt kim cương; 2. đế mũi khoan; 3. vùng đá bị phá hủy;
P_a - tải trọng chiều trục tác dụng lên hạt kim cương; h_3 - khe hở giữa đế mũi khoan và đá; h_B - độ nhô của hạt kim cương; h - chiều dày lớp đá bị cắt (chiều sâu xâm nhập của hạt kim cương vào đá); h_p - chiều sâu lớp đá bị phá hủy; i - chiều cao hạt kim cương bị mòn

Thể tích mòn hạt kim cương trong quá trình phá hủy đá xác định như sau:

$$V_a = S_a i \quad (3)$$

Trong đó:

V_a- thể tích mòn hạt kim cương, m^3; S_a - diện tích tiếp xúc của hạt kim cương với đá, m^2; i - chiều cao mòn hạt kim cương, m;

$$S_a = \pi r^2 \quad (4)$$

r – bánh kính tiếp xúc của hạt kim cương với đá, m. Từ hình 2 ta có

$$r^2 = R_a^2 - (R_a - i)^2 = R_a^2 - R_a^2 + 2R_a i - i^2$$

Loại bỏ i^2 vì quá nhỏ so với R_a , vậy $r^2 = 2R_a i$; thay giá r^2 vào biểu thức (4) ta có:

$$S_a = 2\pi R_a i = \pi d_a i \quad (5)$$

Từ đó ta có:

$$V_a = \pi d_a i^2 \quad (6)$$

Công ma sát sinh ra trong quá trình mòn hạt kim cương được xác định theo công thức (Nguyễn Xuân Thảo, Nguyễn Trương Tú, 2002; Nguyễn Xuân Thảo (chủ biên) và những người khác, Liu Guangzhi, 1992):

$$A = fP_a v_0 t \quad (7)$$

Trong đó A - công sinh ra trong quá trình mòn hạt kim cương, J; f - hệ số ma sát giữa hạt kim cương và đá; P_a - tải trọng chiều trục tác dụng lên hạt kim cương, N; t - thời gian tiếp xúc của hạt kim cương với đá (thời gian khoan thuần túy), s; v_0 - vận tốc chuyển động của hạt kim cương, m/s;

$$v_0 = \frac{\pi D n}{60} \quad (8)$$

D - đường kính trung bình của mũi khoan,m; $\mathrm{D} = \frac{\mathrm{D}_1 + D_2}{2}$; D_1 và D_2 - đường kính trong và ngoài của mũi khoan, m; n - tốc độ vòng quay, v/ph.

Mặt khác công ma sát tỷ lệ với thể tích mòn hạt kim cương:

$$A = M_a V_a \quad \text{hay } V_a = \frac{A}{M_a} \quad (9)$$

trong đó: M_a = 4,05.10^{13} J/m^3 - độ bền mòn của hạt kim cương. So sánh (7) và (9); sau khi biến đổi ta công thức xác định thể tích mòn V_a như sau :

$$V_a = \frac{\pi f P_a D n t}{60 M_a} \quad (10)$$

So sánh với (10) và (6), sau khi rút gọn ta có:

$$i = 0{,}13\sqrt{\frac{f P_a D n t}{d_a M_a}} \quad (11)$$

Từ công thức (11) ta thấy chiều cao mòn hạt kim cương trong quá trình phá huỷ đá là một hàm phức tạp phụ thuộc vào nhiều yếu tố: tốc độ vòng quay, tải trọng chiều trục, kích thước và độ bền mòn hạt kim cương gắn trong mũi khoan, kích thước mũi khoan, hệ số ma sát và vận tốc cơ học khoan.

Nếu thay giá trị $P_a = \frac{P}{m}$ và $t = \frac{l_k}{v_m}$ vào công thức (11) ta có công thức xác định chiều cao mòn trung bình của các kim cương trong mũi khoan như sau:

$$i_{tb} = 0{,}13\sqrt{\frac{f P D n l_k}{m d_a M_a v_m}} \quad (12)$$

trong đó P – tải trọng chiều trục tác dụng lên mũi khoan,N; l_k- chiều dài hiệp khoan,m; v_m- vận tốc cơ học khoan m/s.

Nếu tính chiều dày cắt đá h của hạt kim cương bằng h_{tb} ; khi đó, thay giá trị i_{tb} từ biểu thức (12) và giá trị h_{tb} từ biểu thức (1) vào biểu thức (2) ta có công thức xác định chiều sâu thực tế cắt đá của các hạt kim cương gắn trong mũi khoan sau một vòng quay như sau:

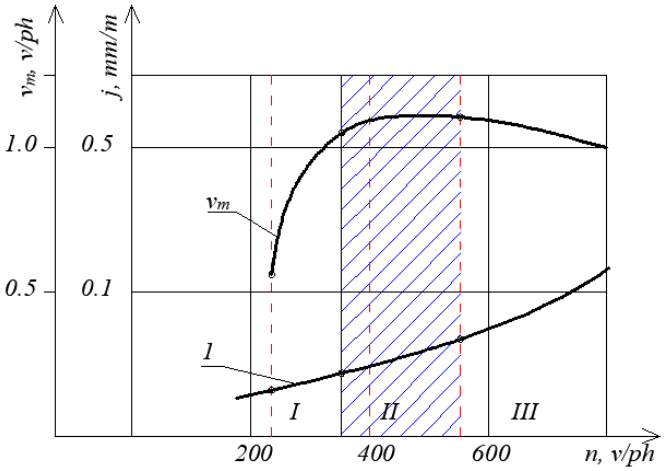
$$h_t = \frac{v_m}{nm} - 0{,}13\sqrt{\frac{fPDnl_k}{md_aM_av_m}} \qquad (13)$$

3. Kết quả thử nghiệm và thảo luận

Thử nghiệm trong điều kiện sản xuất nhằm mục đích xác lập sự phụ thuộc của vận tốc cơ học và mòn mũi khoan kim cương vào chế độ công nghệ khoan. Thử nghiệm được tiến hành tại lỗ khoan thăm dò than Y ở Bắc Cọc Sáu, Cẩm Phả Quảng Ninh trong tầng đá cát kết liền khối ở chiều sâu từ 126.5m đến137,3m; độ cứng của đá cấp X theo bảng phân cấp đất đá theo độ khoan. Dung dịch dùng để rửa lỗ khoan là dung dịch ít sét điều chế từ bột sét bentonit; các thông số dung dịch: tỷ trọng γ = 1.05g/cm^3 - 1,1 g/cm^3, độ nhớt T= 19s - 20s, độ thải nước B = 6 m^3/30ph - 8 cm^3/30ph; mũi khoan dùng khoan thử nghiệm là mũi khoan kim cương 1 lớp của Trung Quốc đường kính 76mm; chế độ công nghệ khoan: tải trọng chiều trục tác dụng mũi khoan P =10.000N; vận tốc vòng quay n = 200 v/ph, 400 v/ph, 600 v/ph và 800 v/ph.

Từ các kết quả thử nghiệm đã xây dựng đồ thị sự phụ thuộc vận tốc cơ học v_m và mòn mũi khoan J vào tố độ vòng quay (hình 3).

Từ đồ thị (hình 3) ta thấy khi tốc độ vòng quay n nằm trong khoảng từ 200v/ph đến 400v/ph (vùng I), vận tốc cơ học tăng nhanh; cường độ mòn tăng dần theo qui luật tuyến tính; ở vùng II, khi tốc độ vòng quay tăng từ 400 v/ph đến 600 v/ph, vận tốc cơ học hàu như không tăng và có xu hướng giảm dần; trong khi đó cường độ mòn mũi khoan tăng dần. Ở vùng III, khi tốc độ vòng quay tăng lớn hơn 600 v/ph vận tốc cơ học giảm một cách rõ rệt; đồng thời cường độ mòn của mũi khoan cũng tăng nhanh không tuân theo qui luật tuyến tính. Như vậy, trong giới hạn tốc độ vòng quay hợp lý, vận tốc cơ học tăng nhanh, cường độ mòn của mũi khoan tăng theo qui luật tuyến tính. Khi tốc độ vòng quay vượt quá giới hạn hợp lý, vận tốc cơ học giảm dần và cường độ mòn sẽ tăng nhanh.



Hình 3. Sự phụ thuộc vận tốc cơ học khoan v_m và cường độ mòn J của mũi khoan một lớp đường kính 76mm vào tốc độ vòng quay khi khoan đá cát kết ở lỗ khoan Y ở Bắc Cọc Sáu, Cẩm Phả Quảng Ninh

Khi đánh giá hiệu quả phá hủy đá trong khoan kim cương, các chuyên gia đều dựa vào chỉ tiêu tiến độ của mũi khoan sau một vòng quay. Theo quan điểm của các chuyên gia (Nguyễn Xuân Thảo, Nguyễn Trương Tú, 2002; Nguyễn Xuân Thảo (chủ biên) và những người khác, 2020; Liu Guangzhi, 1992) đây lả chỉ tiêu không chỉ phàn ánh thực chất của quá trình phá hủy đá bằng mũi khoan kim cương mà còn là chỉ tiêu tổng hợp liên quan tới tính chất cơ lý của đá, các thông số chế độ khoan và cấu trúc mũi khoan.

Từ biểu thức (1) ta thấy trong trường hợp số lượng hạt kim cương gắn trong mũi khoan tham gia phá hủy đá không thay đổi; tiến độ trung bình của mũi khoan h_{tb} tăng chỉ có thể xảy ra khi: i/ nếu vận tốc cơ học tăng thì tốc độ vòng quay không tăng hoặc giảm; ii/ vận tốc cơ học trong quá trình khoan không thay đổi, nhưng tốc độ vòng quay giảm. Trong các trường hợp này, hiệu quả phá huỷ đá tăng chủ yếu do tăng tải trọng chiều trục tác dụng lên mũi khoan; nhưng khi tăng tải trọng chiều trục, khe hở giữa mặt tiếp xúc của đề mũi khoan với đá giảm, làm cản trở quá trình thoát mùn khoan; từ đó dẫn tới hiện tượng "bó mùn khoan", tăng nhiệt độ bề mặt tiếp xúc làm tăng độ mòn của hạt kim cương và đế mũi khoan. Nếu tiếp tục

tăng tải trọng tác dụng lên mũi khoan, vận tốc khoan sẽ giảm và cường độ mòn mũi khoan sẽ tăng. Tiến độ trung bình h_{tb} của mũi khoan không thay đổi khi mức độ tăng vận tốc cơ học và tốc độ vòng quay như nhau; trong trưởng hợp này h_{tb} sẽ đạt tới giá trị tối ưu, nghĩa là các thông số chế độ khoan đã lựa chọn phù hợp với tính chất cơ lý đá và đảm bảo cho mũi khoan phá hủy đá trong điều kiện "phá huỷ thể tích".

Ngược lại tiến độ trung bình h_{tb} của mũi khoan sau một vòng quay giảm có thể do: i/ vận tốc vòng quay tăng mà vận tốc cơ học không tăng hoặc không thay đôi; ii/ vận tốc vòng quay không tăng nhưng vận tốc cơ học giảm. Nguyên nhân chủ yếu của các trường hợp này là do lựa chọn tải trọng chiều trục tác dụng lên mùi khoan và vận tốc vòng quay chưa phù hợp, không đám bảo độ tiến sâu của hạt cắt trong mũi khoan vào đá; dẫn tới mũi khoan làm việc ở chế độ mài mòn. Tại bề mặt tiếp xúc không xây ra hiện tượng phá huỷ thể tích, do đó hiệu quả phá huỷ đá bị giảm và cường độ mòn mũi khoan tăng.

Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu lý thuyết và thử nghiệm ở lỗ khoan thăm dò Y ở trên, tác giả xin đưa ra một số kết luận cơ bản sau:

- Sự tác dụng tương hỗ giữa mũi khoan kim cương và đá trong quá trình khoan là quá trình đồng thời đá bị phá hủy và hạt kim cương gắn trong lưỡi khoan bị mòn. Sự mòn này phụ thuộc vào chế độ khoan, kích thước và độ bền mòn hạt kim cương gắn trong mũi khoan, kích thước mũi khoan, hệ số ma sát và thời gian khoan.
- Sự phụ thuộc vận tốc cơ học, cường độ mòn mũi khoan trong khoan kim cương vào với tốc độ vòng quay là sự phụ thuộc tương phản; khi tăng tốc độ vòng quay, vận tốc cơ học tăng nhanh đồng thời cường độ mòn mũi khoan cũng tăng nhưng với mức độ chậm. Nếu tiếp tục tăng tốc độ vòng quay, vận tốc cơ học giảm, cường độ mòn mũi khoan tăng nhanh.
- Ở vùng Quảng Ninh, khi khoan kim cương đường kính 76mm trong đá cát kết độ cứng cấp X theo độ khoan nên áp dụng chế độ khoan với tải trọng chiều trục 10.000N, tốc độ vòng quay của bộ dụng cụ khoan trong khoảng từ 350v/ph -550 v/ph.

Lời cảm ơn

Đây là công trình nghiên cứu khoa học cơ bản trong lĩnh vực khoan thăm dò khoáng sản rắn. Để có được những kết quả nghiên cứu trên, tác giả xin gửi lời cảm ơn chân thành tới PGS.TS Nguyễn Xuân Thảo (Chủ tịch Hội Khoan - Khai thác Việt Nam), người đã có những định hướng tư vấn quan trọng về vấn đề cơ chế mòn và phá hủy đá của hạt kim cương gắn trong lưỡi khoan.

Tác giả cũng xin gửi lời cảm ơn tới Công ty Cổ phần Địa chất mỏ - TKV, đơn vị đã giúp đỡ tác giả hoàn thành những thử nghiệm để làm sáng tỏ những kết quả nghiên cứu trên.

Tài liệu tham khảo

Nguyễn Tiến Hùng, Hoàng Dung, Nguyễn Khắc Long, Trương Văn Từ, Doãn Thị Trâm, Nguyễn Văn Thành, 2022. *Nguyên lý phá hủy*, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.

Nguyễn Xuân Thảo, Nguyễn Trương Tú, 2002. Nghiên cứu một số biện pháp nâng cao tốc độ cơ học trong khoan kim cương tốc độ vòng quay lớn. *Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học lần thứ 15*; Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

Nguyễn Xuân Thảo, Trần Văn Bản, Trần Đình Kiên, Nguyễn Thế Vinh, Nguyễn Duy Tuấn, Nguyễn Trần Tuân, Nguyễn Văn Thịnh, Nguyễn Thị Thục Anh, 2020. *Công nghệ khoan thăm dò*. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật.

Heinz W.F, 2000. *Diamond drilling hanbook.* South Africa.

Liu Guangzhi, 1992. *Diamond drilling hanbook.* Beijing, China.

ABSTRACT

Study on the interaction between diamond drilling bit and rock in solid mineral exploration

Nguyen Tran Tuan
Hanoi University of Mining and Geology

In current solid mineral exploration drilling, the effective use of diamond drilling blades plays an important role in solving two requirements of drilling cost and construction progress. Within the scope of the article, by modeling the interaction between diamond particles embedded in the drill bit and rock; The author presents some results of research on the process of rock wear and destruction with diamond particles

embedded in drill bits, which is a complex function that depends on many factors: drilling technology mode, rock hardness, durability. diamond beads...

The test to establish the relationship between drilling bit wear intensity and mechanical velocity depending on rotation speed for drill hole Y in Bac Coc Sau area, Cam Pha, Quang Ninh has shown very promising results. Based on the research results, solutions for choosing appropriate technology for diamond drilling and exploration of solid minerals are proposed.

Keywords: Exploration drilling, diamond drilling bit, Bac Coc Sau.

Áp dụng thuật toán hồi quy Random Forest để xây dựng mô hình dự báo hệ số Poisson tầng Oligocene mỏ Bạch Hổ

Trương Văn Từ[1,*], Nguyễn Thế Vinh[1], Nguyễn Tiến Hùng[1], Nguyễn Khắc Long[1], Nguyễn Trọng Tài[2], Đào Hiệp[3]

[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Zarubezhneft E&P Vietnam*
[3] *Trường Cao đẳng Công Thương Miền Trung*

Tóm tắt

Nghiên cứu này đã sử dụng thuật toán Random Forest chạy trong môi trường phần mềm mã nguồn mở với ngôn ngữ lập trình python để xây dựng mô hình dự báo hệ số Poisson tầng oligocene mỏ Bạch Hổ. Đồng thời, nhóm tác giả sử dụng công cụ trí tuệ nhân tạo để thiết lập mối tương quan giữa hệ số Poisson và các thông số khoan (tải trọng lên choòng, lưu lượng nước rửa, mô-men xoắn, tốc độ cơ học khoan, tổng tổn hao áp suất) trong tầng Oligocene mỏ Bạch Hổ. Để xây dựng, huấn luyện, kiểm tra độ chính xác của mô hình trí tuệ nhân tạo, chúng tôi sử dụng dữ liệu đo được từ 02 giếng A và B trong địa tầng Oligocene, mỏ Bạch Hổ. Hai giếng này có nhiều điểm tương đồng về đặc điểm và thành phần thạch học. Kết quả nghiên cứu cho thấy, các mô hình trí tuệ nhân tạo có khả năng dự báo hệ số Poisson có độ chính xác cao với hệ số tương quan đối với mô hình Random forest - RF là 0,84 và với giá trị sai số tương đối trung bình (AAPE) là 3,06%.

Từ khóa: Random Forest, Mô hình dự báo, Hệ số Poisson.

1. Giới thiệu chung

Tầng dầu Oligocen được phát hiện đầu tiên tại giếng khoan BH-4 mỏ Bạch Hổ vào năm 1985. Đá chứa có đặc trưng chủ yếu dạng thấu kính, thấm chứa kém, bất đồng nhất cao. Cho đến nay, tầng dầu khí này đã và đang được khai thác tại nhiều khu vực, với sự đóng góp sản lượng chủ yếu từ khu vực Đông Bắc Bạch Hổ. Tuy nhiên, Oligocen có sản lượng dầu thấp hơn so với các đối tượng khai thác còn lại, do đó cần thiết tìm thân dầu mới nhằm bổ sung sản lượng cho việc duy trì khai thác ổn định.

Ngoài ra, theo kết quả nghiên cứu tại các giếng khoan khu vực ghi nhận áp suất vỉa đá chứa Oligocen suy giảm nhanh, hệ số bù khá thấp, trong khi hệ thống bơm ép có ảnh hưởng không rõ rệt. Điều này cho thấy đối tượng có mức độ bất đồng nhất cao, sự liên thông thủy động kém. Đối với các vỉa dầu Oligocen có khả năng chứa thấp do nhiều nguyên nhân khác nhau, cần thiết áp dụng giải pháp địa-kỹ thuật nhằm cải thiện lưu lượng dầu trong đó có nứt vỡ thủy lực.

Nứt vỡ thủy lực là một phương pháp rất tốt để tăng lưu lượng các giếng khai thác dầu khí và độ tiếp nhận của các giếng bơm ép. Bản chất của phương pháp này là bơm chất lỏng dưới áp suất cao để tạo và mở rộng thêm các khe nứt trong vỉa sản phẩm, sau đó bơm ép hỗn hợp chất lỏng-hạt chèn vào vỉa để chèn ép những khe nứt tạo thành với mục đích đảm bảo khả năng chảy thấm tốt và duy trì độ thấm sau này khi kết thúc quá trình nứt vỡ. Trong thiết kế NVTL, khi mô phỏng khe nứt có đòi hỏi một trong các thông số đầu vào là Module Young và hệ số Poisson liên quan đến tính chất cơ học của đất đá (Từ Thành Nghĩa và nnk, 2017).

Module Young, hệ số Poisson và các thông số địa cơ của các tầng đất đá thường được xác định thông qua kết quả nghiên cứu nén mẫu lõi trong phòng thí nghiệm và minh giải dữ liệu địa vật lý giếng khoan. Các phương pháp này tồn tại những hạn chế: Đối với các giá trị được xác định thông qua số liệu đo địa vật lý giếng khoan được gọi là giá trị động "Dynamic", những giá trị này thường không thể dùng để tính toán độ ổn định thành giếng khoan. Để có được kết quả tính toán độ ổn định thành giếng tin cậy, cần phải chuyển đổi các giá trị "Dynamic" sang "Static" trong điều kiện địa tầng. Một số tài liệu cho rằng, giá trị hệ số Poisson động cao hơn giá trị tĩnh và giữa chúng không tồn tại mối quan hệ một cách rõ ràng. Thông thường các giá trị Dynamic lớn hơn giá trị Static và chúng phân dị, đặc biệt đối với các loại đất đá có độ đàn hồi thấp. Sự sai khác giữa những giá trị này được giải thích bằng sự ảnh hưởng của độ rỗng đất đá,

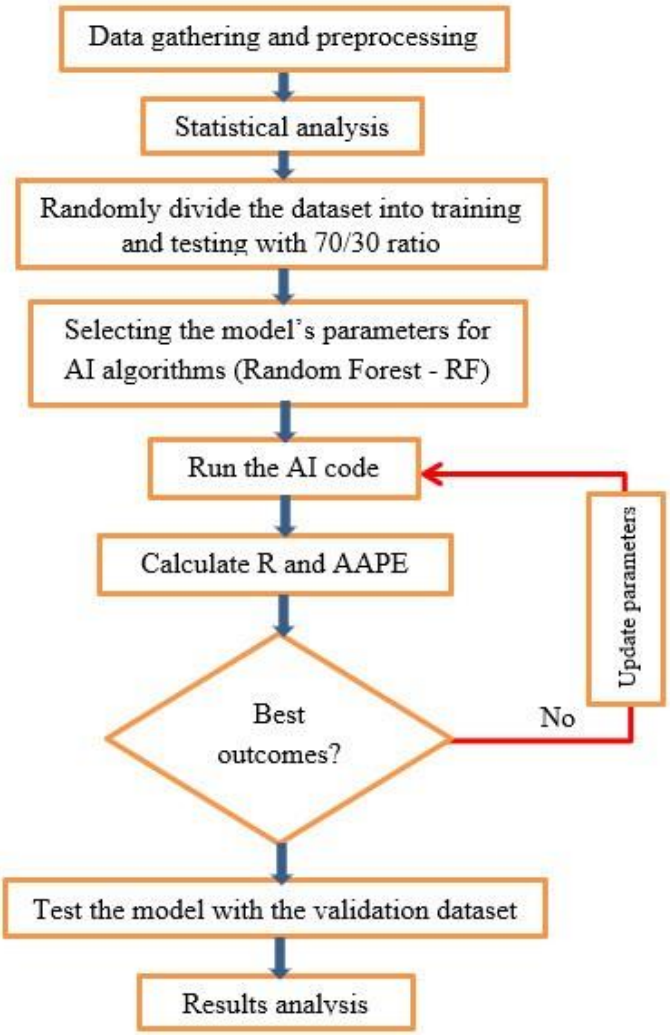
* *Tác giả liên hệ*
Email: truongvantu@humg.edu.vn

kích thước và hướng của các khe nứt hoặc thế nằm của đất đá. Để tìm ra các công thức chuyển đổi phù hợp đòi hỏi nhiều thời gian, chi phí và tương đối phức tạp (Abdallah và nnk, 2014; Lal, 1999); Phương pháp thí nghiệm nén mẫu lõi trong phòng có độ chính xác cao nhưng thường yêu cầu có sẵn mẫu thí nghiệm, đòi hỏi nhiều thiết bị đo phụ trợ và đôi khi yêu cầu kết quả đo mẫu lõi bổ sung tiêu tốn thời gian và chi phí lấy mẫu (Angelina Müller và nnk, 2019).

Vấn đề đặt ra cho các nhà nghiên cứu là tìm ra mối quan hệ biện chứng giữa hệ số Poisson với các thông khoan trong quá trình thi công giếng khoan. Một số tác giả trên thế giới cũng đã thực hiện nghiên ứng dụng trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence-AI) dựa trên thông số đầu vào từ đường cong đo địa vật lý giếng khoan hoặc thông số khoan để có được giá trị các thông số địa cơ (modul đàn hồi dọc, hệ số Poisson, modul đàn hồi nén thể tích, modul đàn hồi ngang và ứng suất nhỏ nhất theo phương ngang) ảnh hưởng tới hướng phát triển khe nứt và hiệu quả nứt vỡ trong thiết kế nứt vỡ thuỷ lực đơn giản, nhanh chóng và tiết kiệm hơn (Elkatatny S., 2021; Mutalova R.F. và nkk, 2019; Siddig O. và nnk, 2021). Ứng dụng trí tuệ nhân tạo để thiết lập mối tương quan giữa hệ số Poisson và nhiều thông số ảnh hưởng đến nó bao gồm các thông số khoan thực tế hứa hẹn là giải pháp hữu hiệu để giải quyết những bất cập nêu trên mà các phương pháp truyền thống đang gặp phải.

2. Phương pháp nghiên cứu

Để dự báo hệ số Poisson từ các thông số khoan nhóm tác giả sử dụng sơ đồ thuật toán (hình 1). Dữ liệu cho các thông số khoan và hệ số Poisson thực tế theo tài liệu địa vật lý giếng khoan đã được thu thập cho hai giếng. Dữ liệu từ giếng A đã được sử dụng để xây dựng mô hình bằng một số kỹ thuật học máy. Tập dữ liệu từ giếng B được sử dụng để xác thực mô hình đã xây dựng.

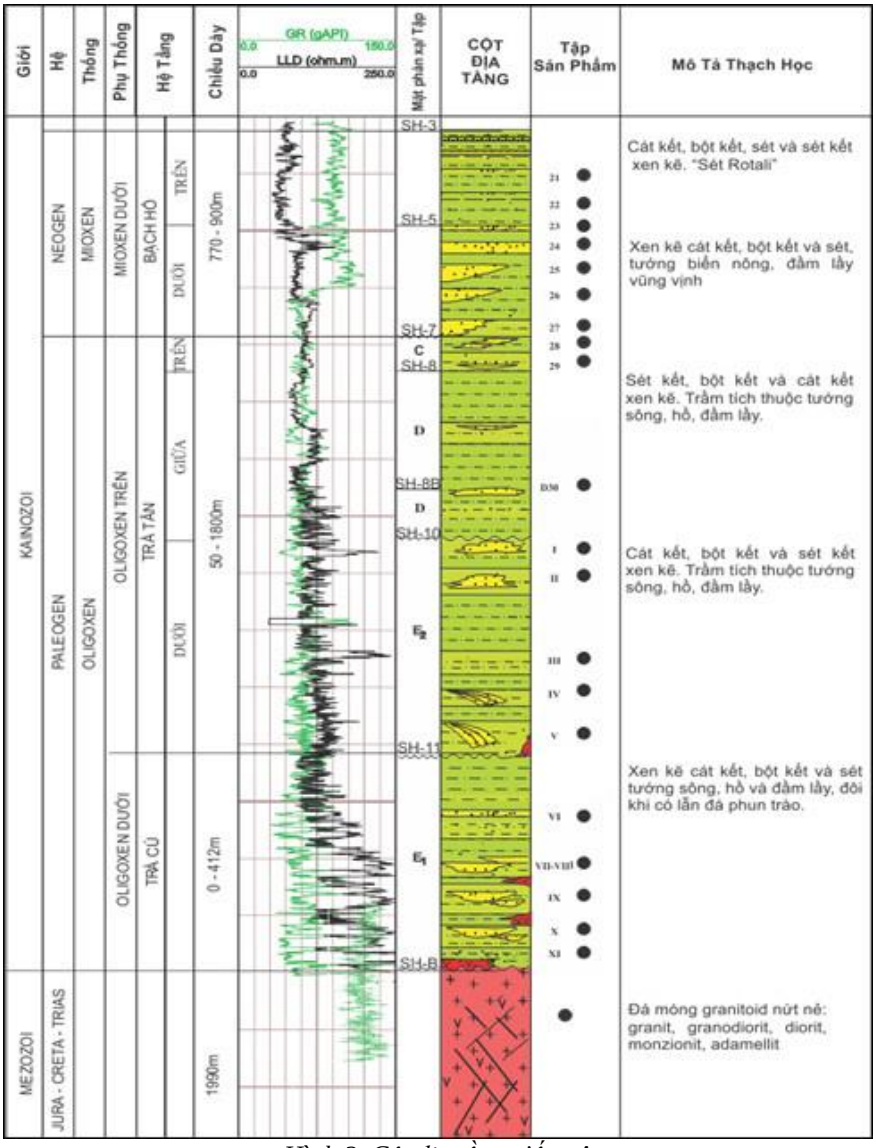


Hình 1. Sơ đồ thuật toán được sử dụng để dự đoán hệ số Poisson

2.1. Mô tả dữ liệu

Dữ liệu thu thập cho nghiên cứu này được thu thập từ các hoạt động giai đoạn khoan ở mỏ Bạch Hổ, Việt Nam. Dữ liệu bao gồm các thông số khoan và các giá trị hệ số Poisson có liên quan trong quá trình khoan công đoạn đường kính8,5". Thành phần thạch học tầng Oligocene trên và dưới công đoạn khoan này bao gồm: sét, sét kết và cát kết thể hiện trong hình 2. Giếng A có tổng cộng 714 điểm dữ liệu được sử dụng để xây dựng mô hình với 70% điểm dữ liệu dùng để huấn luyện và 30% dùng để kiểm tra mô hình.

Trong khi đó, 196 điểm dữ liệu từ giếng B được sử dụng để xác thực mô hình đã xây dựng. Mỗi điểm dữ liệu chứa các tham số khoan được sử dụng làm đầu vào để dự báo hệ số Poisson. Các thông số khoan được liệt kê bên dưới và được lấy từ các phép đo tại hiện trường sử dụng để xây dựng mô hình dự báo: Tải trọng lên choòng WOB; Mô-men quay choòng TQR;Tổng tổn hao áp suất SPP;Tốc độ quay choòng RPM; Lưu lượng nước rửa FLOWIN; Tốc độ cơ học khoan ROP.



Hình 2. Cột địa tầng giếng A

2.2. Phân tích dữ liệu

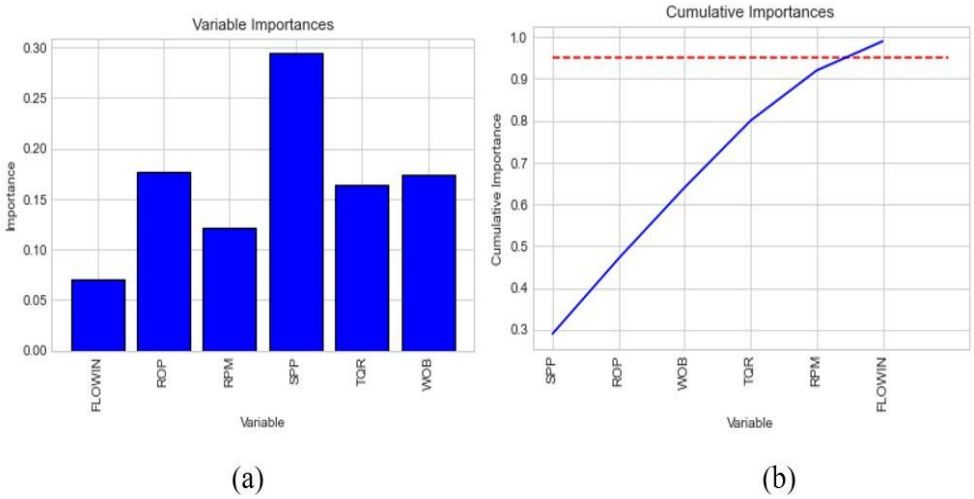
Trước khi chạy dữ liệu vào các thuật toán máy học, các bộ dữ liệu đã được lọc nhiễu và các giá trị ngoại lai bằng xác định các giá trị ngoại lai Z-score (Tripathy S. S. và nnk, 2013), phân tích dữ liệu dựa vào mối tương quan giữa 2 biến số. Phân tích thống kê của bộ dữ liệu được sử dụng để xây dựng mô hình được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Thống kê dữ liệu xây dựng mô hình

	ROP	WOB	RPM	TQR	SPP	FLOWIN	POISSON
Count	714	714	714	714	714	714	714.000
Mean	17.44	8.27	117.47	1575.95	195.26	37.78	0.316
Std	9.99	1.90	20.96	204.29	24.18	9.30	0.029
Min	0.78	2.33	40.00	1037.60	143.32	22.06	0.200
25%	11.86	7.07	116.00	1534.15	184.28	34.77	0.301
50%	17.35	8.41	121.00	1593.30	202.85	38.05	0.320
75%	21.07	9.20	122.00	1669.88	212.06	38.10	0.337
Max	45.40	13.87	161.00	2185.30	224.00	54.64	0.392

Việc lựa chọn các thông số đầu vào để đào tạo và kiểm tra là một bước quan trọng quyết định tới độ chính xác của mô hình. Các hệ số tương quan giữa hệ số Poisson và các thông số khoan khác nhau được đưa ra trong hình 3. Qua hình 3a có thể nhận thấy, các hệ số tương quan của các thông số khoan và hệ số Poisson đều nhỏ hơn 0,3. Do đó, áp dụng các mô hình trí tuệ nhân tạo sẽ cho kết quả tốt hơn các phương pháp hồi quy tuyến tính vì có thể xấp xỉ các mối quan hệ phức tạp hơn.

Trong hình 3b cho thấy mối tương quan tương đối chặt chẽ giữa hệ số Poisson và một số thông số khoan như tổng tổn hao áp suất SPP, mô-men quay choòng TQR, tải trọng lên choòng WOB và tốc độ cơ học khoan ROP. Các hệ số tương quan thấp hơn đối với các tham số khác không nhất thiết ngụ ý sự vắng mặt của mối quan hệ giữa các đầu vào này và tỷ lệ Poisson, mà có nghĩa là phương trình tuyến tính không mô tả mối quan hệ giữa đầu vào và đầu ra.



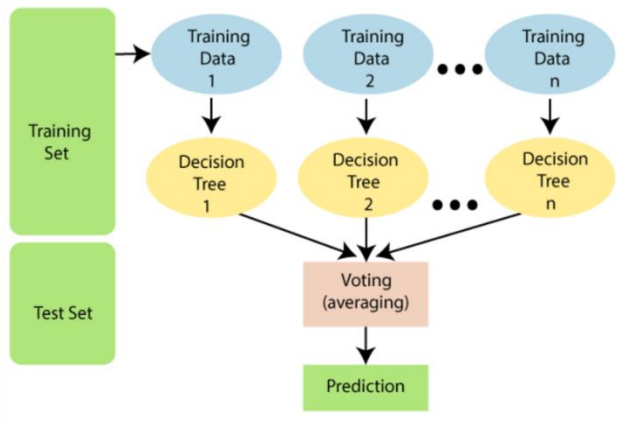
Hình 3. Mối tương quan giữa hệ số dự báo và các thông số dùng để dự báo

2.3. Xây dựng mô hình

Với mục đích xây dựng các mô hình mối quan hệ giữa hệ số Poisson và các thông số khoan, thuật toán máy học đã được sử dụng là Rừng ngẫu nhiên (Random forest - RF). Thuật toán này đều có hai khả năng là phân loại (classification) và hồi quy (regression). Trong khuân khổ ứng dụng của bài báo này, chỉ có hồi quy được sử dụng và trình bày.

2.3.1. Thuật toán Rừng ngẫu nhiên

Rừng ngẫu nhiên là một thuật toán học tập đồng bộ được đề xuất bởi Breiman năm 2001 (Breiman, L., 2001). Nó xây dựng một số lượng lớn các cây quyết định ngẫu nhiên trên các mẫu huấn luyện đã khởi động và tổng hợp các dự đoán của chúng bằng cách lấy trung bình các kết quả (James, G., 2015). Nó đã trở thành một công cụ khai thác dữ liệu chính cho cả vấn đề hồi quy và phân loại. Gần đây, tính nhất quán của Rừng ngẫu nhiên đã được chứng minh bởi Scornet năm 2015 (Scornet, E. và nnk, 2015). So với các thuật toán học máy khác như mạng thần kinh, Rừng ngẫu nhiên có thể đạt được hiệu suất dự đoán tương đối cao chỉ với một vài tham số để điều chỉnh (Genuer, R. và nnk, 2017).



Hình 4. Sơ đồ của thuật toán Rừng ngẫu nhiên

Thuật toán Rừng ngẫu nhiên:

- Từ tập dữ liệu đào tạo D, ta tạo dữ liệu ngẫu nhiên (mẫu bootstrap);

- Sử dụng các tập con dữ liệu lấy mẫu ngẫu nhiên D_1, D_2,…, Dn xây dựng nên các cây T_1, T_2, …, T_n;

- Kết hợp các cây quyết định: sử dụng chiến lược bình chọn theo số đông với bài toán phân loại hoặc lấy trung bình các giá trị dự báo từ các cây với bài toán hồi quy.

Có nhiều gói nguồn mở triển khai thuật toán Rừng ngẫu nhiên, một trong số đó là scikit-learn (F.Pedregosa và nnk, 2011; https://scikit-learn.org/) là thư viện được sử dụng phổ biến trong học máy được lựa chọn trong các nghiên cứu này với các bộ thông số được mô tả trong phần tiếp theo.

2.3.2. Lựa chọn bộ thông số của rừng ngẫu nhiên

Việc lựa chọn các bộ thông số của thuật toán Random forest được mô tả trong bước thứ 3 của sơ đồ thuật toán ở hình 1 (Selecting the model's parameters for AI algorithms (Random Forest - RF)). Các bộ thông số của cả hai thuật toán này này thể hiện lần lượt trong bảng 2 (https://scikit-learn.org/).

Bảng 2. Các bộ thông số được sử dụng cho mô hình Random forest

RANDOM FOREST					
n_estimators	max_features	max_depth	min_samples_split	min_samples_leaf	bootstrap
1	auto	None	1	1	True
5	sqrt	1	2	2	False
10		5	3	3	
100		10	4	4	
200		15	5	5	
300		20	10	10	
400		25			
500		30			
600					
700					
800					
900					
1000					

2.3.3. Đánh giá mô hình

Thuật toán Rừng ngẫu nhiên đã được sử dụng để xây dựng mô hình. Thuật toán này sử dụng 70% tập dữ liệu từ giếng A để xây dựng mô hình và 30% dữ liệu để kiểm tra nội bộ trong một số lần lặp lại và chọn ra mô hình phù hợp nhất. Sau khi có mô hình, dữ liệu từ giếng B được sử dụng làm bộ xác thực bên ngoài cho các mô hình. Để đánh giá tất cả các thử nghiệm của mô hình, hai tham số thống kê đã được sử dụng, hệ số tương quan (R) và sai số phần trăm tuyệt đối trung bình (AAPE). Hệ số tương quan (R) và sai số phần trăm tuyệt đối trung bình (AAPE) được tính bằng các phương trình (1) và phương trình (2):

$$R = \frac{[N\sum_{i=1}^{N}(\mu_{given\ i} \times \mu_{Predicted\ i})] - [\sum_{i=1}^{N}(\mu_{given\ i} \times \mu_{Predicted\ i})]}{\sqrt{\left[N\sum_{i=1}^{N}(\mu_{given\ i})^2 - (\sum_{i=1}^{N}\mu_{given\ i})^2\right]\left[N\sum_{i=1}^{N}(\mu_{Predicted\ i})^2 - (\sum_{i=1}^{N}\mu_{Predicted\ i})^2\right]}} \quad (1)$$

$$AAPE = \frac{\sum_{i=1}^{N}\frac{\mu_{given\ i} - \mu_{Predicted\ i}}{\mu_{given\ i}} \times 100\%}{N} \quad (2)$$

trong đó:

μ_{given} : Hệ số Poisson thực tế;

$\mu_{Predicted}$: Hệ số Poisson dự báo;

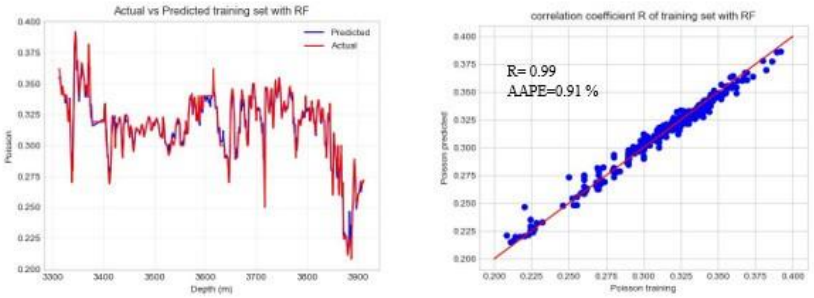
N: Tổng số điểm dữ liệu.

Sau khi thực hiện các vòng lặp của sơ đồ thuật toán như trong hình 1 và sử dụng các bộ thông số ở bảng 2, đã lựa chọn ra được bộ thông số tốt nhất đối với mô hình sử dụng thuật toán Random forest là 'n_estimators': 400, 'min_samples_split': 3, 'min_samples_leaf': 2, 'max_features': 'sqrt', 'max_depth': 20, 'bootstrap': False.

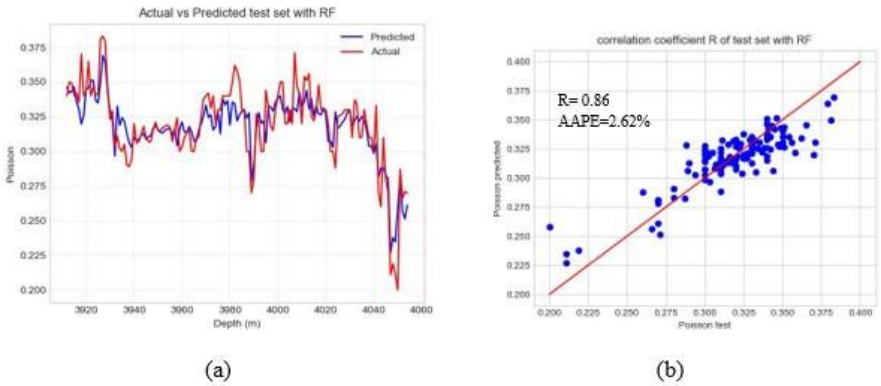
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đào tạo và kiểm tra mô hình xây dựng bằng thuật toán Rừng ngẫu nhiên

Mô hình Rừng ngẫu nhiên đã học cách dự đoán hệ số Poisson dựa trên: tải trọng lên choòng (WOB), mô-men quay choòng (TQR), tổng tổn hao áp suất (SPP), tốc độ quay choòng (RPM), tốc độ cơ học khoan (ROP), lưu lượng nước rửa (FLOWIN). Mô hình đã được đào tạo và kiểm tra trên 714 điểm dữ liệu từ giếng A. Hình 5a và 6a cho thấy hệ số Poisson thực tế và dự báo theo độ sâu rất sát nhau với tập đào tạo và kiểm tra. Số tương đối trung bình (AAPE) của các tập này tương ứng là 0,91% và 2,62 %. Điều này cũng được thể hiện rõ ở hình 5b và 6b là hình thể hiện sự tương thích của hệ số Poisson dự báo và thực tế, với các hệ số tương quan (R) lần lượt là 0,99 và 0,86.



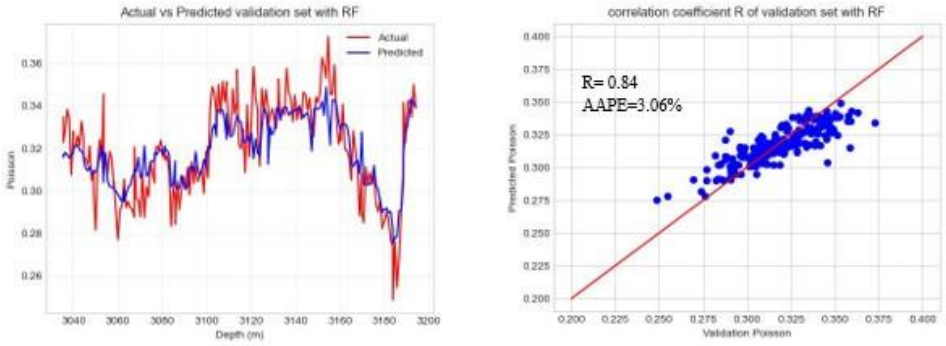
Hình 5. Hệ số Poisson thực tế và RF dự báo cho đào tạo



Hình 6. Hệ số Poisson thực tế và RF dự báo cho kiểm tra

3.2. Xác thực mô hình Rừng ngẫu nhiên

Nhóm tác giả xác thực mô hình Rừng ngẫu nhiên đã xây dựng trên 196 điểm dữ liệu từ giếng B. Hình 7a, 8b cho thấy độ chính xác của mô hình dự báo với giá trị sai số tương đối trung bình (AAPE) rất thấp chỉ 3,06% và hệ số tương quan (R) khá cao 0,84. Kết quả này khẳng định khả năng sử dụng tương quan thực nghiệm được phát triển trong nghiên cứu này dựa trên các thông số khoan để cho phép dự báo hệ số Poisson.



(a) (b)

Hình 7. Hệ số Poisson thực tế và RF dự báo cho xác thực

Mô hình dự báo đối với tập đào tạo, kiểm tra và tập xác thực có hệ số tương quan cao và sai số thấp là do rừng ngẫu nhiên tạo ra một tập hợp các cây quyết định không cắt nhánh, mỗi cây được xây dựng trên tập mẫu bootstrap (lấy mẫu ngẫu nhiên có hoàn lại), tại mỗi nút phân hoạch tốt nhất được thực hiện từ việc chọn ngẫu nhiên một tập con các thuộc tính. Lỗi tổng quát của rừng phụ thuộc vào độ chính xác của từng cây thành viên trong rừng và sự phụ thuộc lẫn nhau giữa các cây thành viên. Giải thuật rừng ngẫu nhiên cho độ chính xác cao khi so sánh với các thuật toán học có giám sát hiện nay, giữ cho bias (lỗi của mô hình học không liên quan đến dữ liệu học) thấp và dùng tính ngẫu nhiên để điều khiển tính tương quan thấp giữa các cây trong rừng.

4. Kết luận

Thông thường, hệ số Poisson được xác định bằng hai phương pháp truyền thống: phương pháp sóng âm và phương pháp thí nghiệm nén mẫu lõi trong phòng. Tuy nhiên, các dữ liệu này không phải lúc nào cũng có sẵn. Dự báo hệ số Poisson thông qua các thông số khoan đã được đề cập trong báo cáo bằng việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo. Dựa trên các kết quả được trình bày, nhóm tác giả có một số kết luận như sau:

- So với các phương pháp khác được sử dụng để xác định hệ số Poisson, thì sử dụng trí tuệ nhân tạo dự báo hệ số Poisson từ dữ liệu khoan sẽ có khả năng thiết lập mối tương quan giữa hệ số Poisson và các thông số liên quan chặt chẽ hơn, mang lại hiệu quả dự báo để phục vụ công tác nứt vỡ thủy lực trong vực khai thác và các lĩnh vực khác nhau trong công nghiệp dầu khí. Qua đó, tiết kiệm chi phí, thời gian, khắc phục thiếu các dữ liệu đo, thiết bị đo phụ trợ và kết quả đo mẫu lõi bổ sung. Vì vậy, việc dự đoán hệ số Poisson từ số liệu khoan sẽ mang lại nhiều lợi ích thiết thực.
- Hệ số tương quan giữa giá trị thực tế và giá trị dự đoán dao động trong khoảng 0,84 đến 0,86 sai số trung bình đều nhỏ hơn 5% khi sử dụng mô hình Rừng ngẫu nhiên (Random forest - RF). Mô hình tốt nhất được lựa chọn để dự báo hệ số Poisson với các bộ dữ liệu khác.
- Kết quả được trình bày trong bài báo này cho thấy, khả năng dự báo hệ số Poisson từ dữ liệu khoan là rất khả quan, tuy nhiên cũng nên nghiên cứu các phương pháp máy học khác. Ngoài ra, việc sử dụng dữ liệu khoan trong dự đoán các đặc tính địa cơ học khác có thể được nghiên cứu bằng cách sử dụng phương pháp tương tự. Cũng cần lưu ý rằng dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu này là từ một khu vực của mỏ Bạch Hổ tại Việt Nam, do đó để tạo ra mô hình có khả năng dự đoán đa dạng, cần đào tạo và kiểm tra với các bộ dữ liệu chung có thể được kết hợp từ các khu vực khác nhau của mỏ.

Tài liệu tham khảo

Abdallah Dauod Younis Elsadig, Hassan Osman Ali Elfaki et al, 2014. *Calibration of Wire-Line Mechanical Properties Using Core Measurements Results for Heglig Oilfield - Case Study*. Submitted to College of Petroleum Engineering & Technology for a partial fulfillment of the requirement for B.sc Degree.

Angelina Müller , Matthias C. Wapler and Ulrike Wallrabe, 2019. A quick and accurate method to

determine the Poisson's ratio and the coefficient of thermal expansion of PDMS. *Royal society of chemistry*.

Breiman, L., 2001. Random Forests. *Machine learning* 45 (1), 5-32.

Elkatatny S., 2021.Real-Time Prediction of the Dynamic Young's Modulus from the Drilling Parameters Using the Artificial Neural Networks. *Arab J Sci Eng*, 47(9),10933–10942.(5)

F. Pedregosa et al., 2011. Scikit-learn: Machine learning in Python. *J. Mach. Learn. Res.*, vol. 12, pp. 2825-2830.

Genuer, R., Poggi, J., Tuleau-Malot, C., Villa-Vialaneix, N., 2017. Random forests for big data. *Big Data Research* 9, 28-46.

G. James et al., 2021. *An Introduction to Statistical Learning*. Springer, NY, USA

James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R., 2015. *An introduction to statistical learning*. Springer, NY, USA

Lal M., 1999. Shale stability: drilling fluid interaction and shale strength. SPE Latin American and Caribbean Petrol Eng Conf held in Caracas, Venezuela. *SPE* 54356. Page 1-10.

Mutalova R.F. et al, 2019. Machine learning on field data for hydraulic fracturing design optimization. *Journal of Petroleum Science & Engineering.*

Scornet, E., Biau, G., Vert, J., 2015. Consistency of random forests. *The Annals of Statistics* 43 (4), 1716-1741

Siddig O., Gamal H., Elkatatny S., et al., 2021. Real-time prediction of Poisson's ratio from drilling parameters using machine learning tools. *Sci Rep*, 11(1), 12611.

Tripathy S. S., Saxena R. K., Gupta P. K., 2013. Comparison of statistical methods for outlier detection in proficiency testing data on analysis of lead in aqueous solution. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics.* Volume 2, Issue 6, Pages: 233-242

https://scikit-learn.org/

Từ Thành Nghĩa, Nguyễn Thúc Kháng, và Nguyễn Quốc Dũng, 2016. *Công nghệ xử lý vùng cận đáy giếng các mỏ dầu khí ở thềm lục địa Nam Việt Nam*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh.

ABSTRACT

Application of Random Forest regression algorithm in building a predictive model for Poisson ratio in Oligocene of Bach Ho filed

Truong Van Tu[1], Nguyen The Vinh[1], Nguyen Tien Hung[1], Nguyen Khac Long[1], Nguyen Trong Tai[2], Dao Hiep [3]

[1] *Hanoi University of Mining and Geology*
[2] *Zarubezhneft E&P Vietnam*
[3] *Mientrung Industry and Trade College*

Study utilized the Random Forest algorithm implemented in the open-source Python programming environment to build a predictive model for the Poisson ratio in Oligocene of Bach Ho filed. Additionally, the authors employed artificial intelligence tools to establish correlations between the Poisson coefficient and drilling parameters (such as hook load, flow rates, torque, ROP, friction pressure) in the Oligocene formation at Bach Ho field. In order to build, train, and validate the accuracy of the artificial intelligence model, the offset data from two wells A and B which penetrated the Oligocene formation were utilized. These wells share many similarities in lithological characteristics and composition. The research results indicated that the artificial intelligence models are capable of accurately predicting the Poisson coefficient, with a high correlation coefficient for the Random Forest model (RF) at 0.84 and an average absolute percentage error (AAPE) of 3.06%.

Keywords: Random Forest, Predictive Model, Poisson ratio.

Lựa chọn dung dịch và vật liệu chèn cho nứt vỉa thủy lực giếng X mỏ Bạch Hổ

Trương Văn Từ[1,*], Nguyễn Khắc Long[1]
[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Dung dịch nứt vỉa là một phần quan trọng trong quá trình nứt vỉa thủy lực. Nó được sử dụng để tạo ra khe nứt, để mang hạt chèn vào trong khe nứt và giữ cho hạt chèn lơ lửng cho đến khi khe nứt đóng lại. Để thực hiện những nhiệm vụ này một cách hiệu quả, một chất lỏng nứt vỉa lý tưởng phải có sự kết hợp tất cả các đặc tính như: Chi phí thấp; dễ dàng sử dụng; tổn thất áp suất ma sát thấp; độ nhớt cao trong khe nứt để giữ cho hạt chèn lơ lửng; độ nhớt thấp sau khi xử lý, cho phép dễ dàng thu hồi; tương thích với thành hệ, chất lưu trong vỉa và hạt chèn; an toàn khi sử dụng; không gây độc hại cho môi trường. Tuy vậy, một vài đặc tính trên đây không thể dễ dàng kết hợp với nhau trong cùng dung dịch. Thông thường quá trình lựa chọn dung dịch nứt vỉa là sự cân bằng các yếu tố khác nhau để đạt được sự kết hợp tốt nhất. Nó còn tùy thuộc vào chuyên gia (kỹ sư) nứt vỉa quyết định đặc tính nào thì quan trọng nhất, và đặc tính nào không cần thiết. Để có thể đưa ra sự lựa chọn dễ dàng, trong báo cáo nhóm tác giả tìm hiểu hệ dung dịch nứt vỉa được sử dụng tại Việt Nam.
Từ khóa: Dung dịch nứt vỉa; nứt vỉa thủy lực; hạt chèn.

1. Giới thiệu chung

Bản chất của phương pháp nứt vỡ thủy lực là bơm chất lỏng dưới áp suất cao để tạo và mở rộng thêm các khe nứt trong vỉa sản phẩm, sau đó bơm ép hỗn hợp chất lỏng – hạt chèn vào vỉa để chèn ép những khe nứt tạo thành với mục đích đảm bảo khả năng chảy thấm tốt và duy trì độ thấm sau này khi kết thúc quá trình nứt vỉa thủy lực (Truong V.T. và nnk, 2022).

Dung dịch nứt vỉa có ảnh hưởng quyết định đến quá trình tạo ra khe nứt và mở rộng khe nứt của quá trình nứt vỉa. Vì vậy, việc lựa chọn dung dịch nứt vỉa là rất quan trọng. Dung dịch nứt vỉa được chọn phải là chất lỏng thỏa mãn tối ưu các yêu cầu của dung dịch nứt vỉa và kèm theo chi phí (Jennifer L. Miskimins và nnk, 2019).

Dung dịch nứt vỉa thuỷ lực bao gồm chất lỏng công tác (khởi tạo khe nứt mới) và chất lỏng bơm ép. Các chỉ tiêu, tính năng kỹ thuật của chất lỏng nứt vỉa thuỷ lực gồm:

- Có độ nhớt tối ưu để đạt những khe nứt có độ thấm tốt và có khả năng giữ, vận chuyển vật liệu chèn (cát tự nhiên hoặc nhân tạo) ở trạng thái lơ lửng, đi sâu vào khe nứt trong đất đá ở vùng cận đáy giếng;
- Tổn hao thuỷ lực bởi lực cản trong ống khai thác phải nhỏ để hạn chế sự tốn kém công suất bơm;
- Tương thích với chất lỏng và đất đá vỉa sản phẩm nhằm giữ độ thẩm thấu không suy giảm;
- Có độ ổn định cao trong điều kiện áp suất, nhiệt độ vỉa;
- Có hệ số mất dung dịch thấp;
- Sau khi phân hủy phải tạo được cặn linh động để khỏi bít tắc khe nứt.

Để có dung dịch nứt vỉa thuỷ lực đạt các chỉ tiêu cần sử dụng các chất phụ gia để gia công. Các chất phụ gia gồm các chất có chức năng tăng hoặc giảm độ nhớt, diệt khuẩn, tạo bọt hoặc làm thay đổi tính chất hoạt tính bề mặt của chất lỏng và không độc hại (Nguyễn Tiến Hùng và nnk, 2022).

Do vậy, lựa chọn dung dịch nứt vỉa và vật liệu chèn là quyết định cuối cùng trước khi đưa vào xử lý thiết kế nứt vỉa thủy lực là lựa chọn dung dịch nứt vỉa, chất phụ gia cần thêm vào dung dịch và vật liệu chèn trong quá trình xử lý.

2. Các loại dung dịch nứt vỉa thủy lực

Các loại dung dịch nứt vỉa được sử dụng trong công tác nứt vỉa thủy lực gồm có nhiều loại. Căn cứ vào môi trường phân tán và các pha mà người ta chia thành:

- Dung dịch nứt vỉa gốc nước;

* *Tác giả liên hệ*
Email: truongvantu@humg.edu.vn

- Dung dịch nứt vỉa gốc dầu;
- Dung dịch nứt vỉa nhiều pha..

2.1. Dung dịch nứt vỉa gốc nước

Dung dịch nứt vỉa gốc nước được tạo thành từ nước ngọt hay nước biển. Để đạt được một số yêu cầu cơ bản của chất lỏng nứt vỉa, dung dịch gốc nước được thêm vào một số chất phụ gia như chất tạo gel,…

- Các dung dịch nứt vỉa gốc nước có tính linh hoạt, giá thành rẻ hơn nhiều so với các loại dung dịch nứt vỉa khác. Quá trình chuẩn bị chúng đơn giản hầu như không độc hại đối với con người và môi trường xung quanh. Do đặc tính không cháy nổ nên nó không gây rủi ro về hỏa hoạn và do tỷ trọng lớn nên tạo ra cột áp thủy tĩnh lớn, không đòi hỏi bơm có công suất cao so với các loại chất lỏng nứt vỉa khác. Dung dịch nứt vỉa gốc nước sẵn có, tổn hao áp lực do ma sát thấp và có thể sử dụng trong phạm vi nhiệt độ thay đổi lớn. Nhược điểm của chất lỏng gốc nước là không phải lúc nào cũng tương thích với đất đá thành hệ. Đặc biệt những thành hệ có sét trương nở.

2.2. Dung dịch nứt vỉa gốc dầu

Dung dịch nứt vỉa gốc dầu có tác dụng tốt hơn đối với độ thấm vỉa so với dung dịch nứt vỉa gốc nước vì là dầu thô của thành hệ nên tương thích với đất đá thành hệ. Việc sử dụng dung dịch gốc dầu có hạn chế do giá thành cao, độc hại với con người và môi trường, dễ gây cháy nổ. Dầu thô tương đối rẻ nhưng đòi hỏi phải thêm một số chất phụ gia đắt tiền để làm giảm độ mất chất lỏng, lực cản. Một nhược điểm khác của dung dịch nứt vỉa gốc dầu là thường có tỷ trọng nhỏ nên đòi hỏi thiết bị xử lý áp suất cao.

2.3. Dung dịch nứt vỉa nhiều pha

- Dung dịch nhũ tương dạng bọt: Thông thường chất lỏng này được tạo thành từ 60-80% thể tích khí Nitơ và 40-20% thể tích nước có pha thêm một số chất hoạt tính bề mặt để làm ổn định thành phần bọt, đôi khi có pha thêm chất tạo gel và chất chống độ mất chất lỏng. Ưu điểm của dung dịch này là có độ nhớt cao và khả năng mang vật liệu chèn tốt do các bọt trong chất lỏng. Loại chất lỏng này áp dụng hiệu quả trong thời kỳ năng lượng vỉa cạn kiệt hay ở vỉa có áp suất thấp, ở những giếng khí có độ thấm thấp và ở những vùng có sét háo nước. Khi tiến hành nứt vỉa dạng này đòi hỏi áp suất xử lý bề mặt cao do cột áp thủy tĩnh được tạo ra thấp. Việc xác định chính xác tính ổn định của dung dịch nứt vỉa dạng bọt trong suốt quá trình xử lý và hàm lượng cát cần pha trộn trong chất lỏng để chèn ép vỉa khó đạt kết quả mong muốn.
- Dung dịch hhũ tương polymer: là dạng chất lỏng dầu trong nước, rất bền vững được tạo thành từ dầu và nước (theo tỉ lệ 2:1) tạo gel. Các chất lỏng này có độ tổn thất chất lỏng thấp và có đặc tính vẫn chuyển hạt chèn tốt.

Việc lựa chọn dung dịch nứt vỉa dạng này hay dạng khác phụ thuộc vào nhiệt độ vỉa, vì độ nhớt của chất lỏng, tính bền vững của gel, nhũ tương và một số tính chất hóa lý khác phụ thuộc vào nhiệt độ…

2.4. Chất phụ gia

Chất phụ gia được thêm vào dung dịch nứt vỉa nhằm bổ sung, tăng cường một số tính chất của dung dịch nứt vỉa để đạt hiệu quả xử lý cao. Thông thường trong một dung dịch nứt vỉa, người ta dùng vài chất phụ gia. Tuy nhiên, trước khi thêm người ta cần kiểm tra tính tương hợp của các chất phụ gia khác nhau. Nếu hai chất phụ gia không tương hợp với nhau sẽ không được cho vào dung dịch vì chúng sẽ gây ra sự không hòa lẫn và làm ảnh hưởng xấu đến kết quả xử lý. Các loại chất phụ gia:

- Chất diệt khuẩn: khi bơm dung dịch nứt vỉa xuống thành hệ đất đá vỉa, chất diệt khuẩn được thêm vào để làm ức chế sự phát triển của các vi khuẩn kị khí. Vi khuẩn kị khí có thể làm cho thành hệ hóa chua do tạo H2S và làm giảm tính chất dầu thô cuả vỉa. Ngoài chức năng diệt khuẩn, chất diệt khuẩn còn giúp giữ độ ổn định gel cho chất lỏng nứt vỉa khi còn ở trên bề mặt.
- Chất làm tăng độ nhớt: để làm tăng khả năng giữ vật liệu chèn ở trạng thái lơ lửng và làm tăng hiệu suất của dung dịch nứt vỉa người ta cho vào dung dịch nứt vỉa chất làm tăng độ nhớt.
- Chất làm giảm độ nhớt: là chất phụ gia làm giảm độ nhớt của dung dịch nứt vỉa để có thể lôi kéo chúng ra khỏi khe nứt và lấy chúng lên khỏi giếng trong quá trình gọi dòng đưa giếng vào khai thác sau này.
- Chất đệm: là chất phụ gia được thêm vào dung dịch nứt vỉa để khống chế độ pH ở một phạm vi mong muốn. Nó có thể làm nhanh lên hay chậm đi độ thải nước của polimer. Chức năng khống chế độ pH rất quan trọng vì nếu dung dịch nứt vỉa có độ pH quá lớn hay quá nhỏ, nó sẽ làm vô hiệu hóa tác dụng của chất phụ gia làm giảm độ nhớt.
- Chất phụ gia khống chế độ mất dung dịch: để hạn chế sự mất dung dịch hay dung dịch nứt vỉa vào trong thành hệ khi xử lý nếu sự mất dung dịch là lớn thì chất lỏng còn lại trong khe nứt là ít không đủ tạo ra áp suất để mở rộng khe nứt.

- Chất ổn định thành phần sét (điển hình là KCl): Sự hiện diện của các hạt mịn sét trong tầng sản phẩm được xử lý có thể làm giảm hiệu quả xử lý vì tính trương nở của nó có thể làm nghẽn các kênh dẫn chất lỏng. Với sự hiện diện của KCl trong dung dịch nứt vỉa, nó sẽ ức chế sét kaolinit, illit, chlorit trương nở.

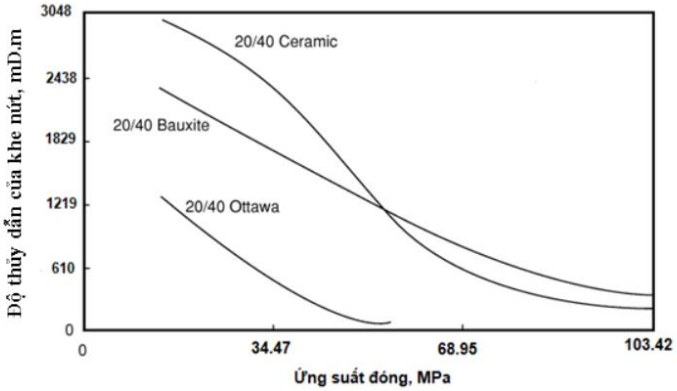
- Chất hoạt tính bề mặt: hoạt động ở bề mặt tiếp xúc giữa pha lỏng và pha rắn hay giữa pha lỏng và pha khí như dầu, nước và đất đá vỉa, làm giảm sức căng ở vùng tiếp xúc. Khi thêm chất hoạt tính bề mặt vào dung dịch nứt vỉa, do tác dụng làm giảm sức căng bề mặt ở vùng tiếp xúc giữa dung dịch nứt vỉa, chất lưu trong vỉa và đất đá sẽ tạo điều kiện cho dung dịch nứt vỉa xâm nhập vào các mạch mao dẫn của đất đá.

3. Các đặc tính của vật liệu chèn trong dung dịch nứt vỉa thủy lực

Để tạo được khe nứt có độ thủy dẫn cao, cần phải có vật liệu chèn trong khe nứt tạo thành sau khi xử lý để khe nứt không bị khép lại. Hai loại hạt chèn chính được sử dụng là cát tự nhiên và hạt chèn nhân tạo (hình 1). Ngày nay, hạt chèn nhân tạo được sử dụng rộng rãi. Loại vật liệu này có đặc tính cơ học và lý hóa thỏa mãn yêu cầu trong quá trình chèn ép. Ảnh hưởng của ứng xuất đóng lên độ thủy dẫn của khe nứt theo những loại hạt chèn khác nhau được chỉ ra trên đồ thị hình 2.



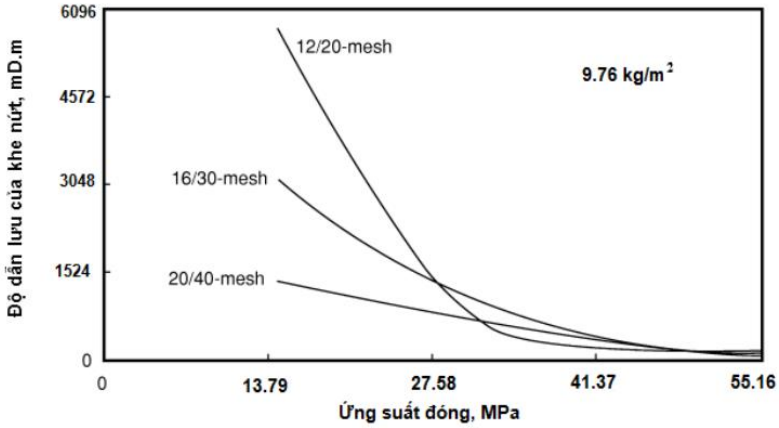
Hình 1. Vật liệu chèn là cát nhân tạo bọc nhựa (Michael J. Economides, 2007)



Hình 2. Ảnh hưởng của ứng suất đóng lên độ dẫn lưu của khe nứt cho từng loại hạt chèn khác nhau (Từ Thành Nghĩa và nnk, 2017)

3.1. Kích thước hạt chèn

Vật liệu chèn cỡ hạt lớn có ưu điểm là tạo độ thủy dẫn tốt cho khe nứt vì các kích thước mắt lưới giữa các hạt chèn lớn. Nhưng cỡ hạt lớn lại gây khó khăn trong việc vận chuyển vật liệu chèn vào trong khe nứt. Các thành hệ có nhiều thành phần hạt mịn, bở rời trong cấu trúc đất đá của tầng sản phẩm thì vật liệu chèn có kích thước nhỏ lại thích hợp hơn vì chúng hạn chế được sự di chuyển của các hạt mịn này vào trong giếng làm xấu đi tính thẩm thấu của lưu chất xung quanh giếng (hình 3). Chính vì vậy so với các hạt chèn có kích cỡ lớn thì hạt có kích cỡ nhỏ tạo ra độ thủy dẫn nhỏ hơn nhưng nó lại duy trì được độ thủy dẫn trung bình tốt hơn trong suốt thời gian hoạt động của giếng.



Hình 3. Ảnh hưởng của kích thước hạt chèn đến độ dẫn lưu theo ứng suất đóng (Từ Thành Nghĩa và nnk, 2017)

3.2. Độ thấm hạt chèn

Là đơn vị đo khả năng vật liệu chèn cho phép dòng chảy qua chúng, cũng giống như khái niệm độ thấm của thành hệ. Nó được xác định trong phòng thí nghiệm bằng cách đo lưu lượng dòng chảy qua một hộp chứa đầy vật liệu chèn có kích thước xác định ở các mức chênh áp khác nhau cho đến khi dòng chảy đạt trạng thái ổn định. Hộp này được chế tạo để có thể tạo nhiệt độ và áp lực lên vật liệu chèn như điều kiện vỉa. Giá trị diện tích tiết diện của hộp sau đó được thay vào phương trình dòng chảy của Darcy để xác định độ thấm của vật liệu chèn. Thường độ thấm được biểu diễn qua tải trọng đặt lên nó, từ đó chúng ta có thể tính được độ thủy dẫn của vật liệu chèn trong khe nứt có tiết diện bất kỳ ở điều kiện đóng của vỉa thực tế.

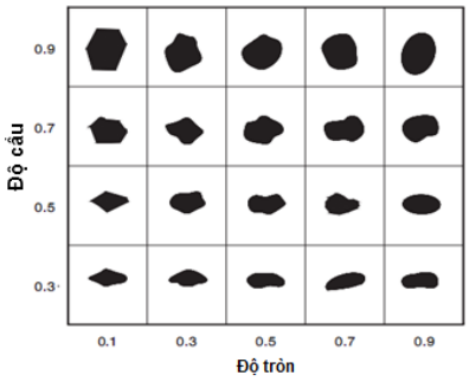
3.3. Hình dạng của hạt chèn

Tính năng hoạt động của hạt chèn cũng phụ thuộc vào độ cầu và độ tròn cạnh của hạt chèn.

Độ tròn cạnh là số đo mức độ góc cạnh của các hạt vật liệu chèn, được đo theo tiêu chuẩn Krumbein và có giá trị trong khoảng 0.1÷1.

Độ cầu là số đo mức độ tròn trịa trong không gian của các hạt vật liệu chèn. Hệ số này thay đổi theo phạm vi từ 0.1÷1. Hệ số càng lớn, độ cầu càng cao (hình 4).

Với hạt chèn có độ tròn cạnh và độ cầu tốt, ứng suất bề mặt phân bố đều (không có hiện tượng tập trung ứng suất) trên bề mặt các hạt chèn nên có khả năng chịu tải lớn hơn. Chính vì vậy ở điều kiện áp suất vỉa cao, hạt chèn có độ tròn cạnh và độ cầu tốt cho khe nứt có độ thấm cao. Tuy nhiên ở điều kiện áp suất vỉa thấp thì hạt chèn có độ cầu – tròn cạnh kém đôi khi chèn khi nứt thì tạo độ thấm tốt hơn (do tạo độ rỗng tốt hơn).

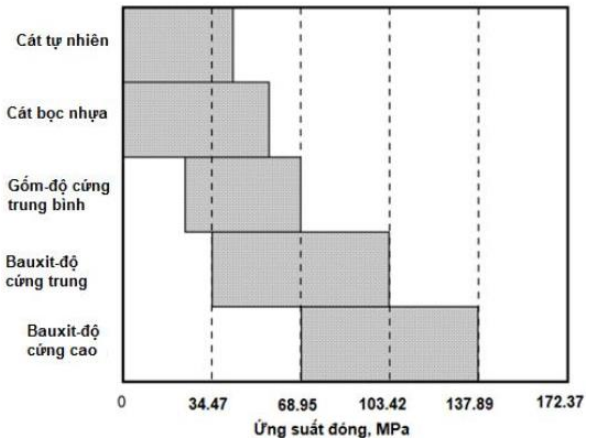


Hình 4. Giá trị độ cầu và độ tròn cạnh của hạt chèn (Từ Thành Nghĩa và nnk, 2017)

3.4. Độ cứng của hạt chèn

Là tải trọng lên diện tích tiếp xúc ở thời điểm hạt chèn bị vỡ. Đây là thông số quan trọng khi chọn vật liệu chèn. Khi áp suất do dung dịch nứt vỉa tạo ra được giải phóng thì các khe nứt (đã chứa vật liệu chèn) có khuynh hướng khép lại do tính đàn hồi của đất đá và tác dụng ứng suất của đá vây quanh. Nếu các hạt

chèn không đủ bền dưới ứng suất đóng kín thì chúng sẽ bị đập vỡ và làm giảm đáng kể độ dẫn lưu của khe nứt. Còn nếu hạt chèn quá cứng trong khi thành hệ lại mềm thì có thể hạt chèn bị lún vào thành hệ và khe nứt sẽ khép lại (hình 5)



Hình 5. Giới hạn sử dụng vật liệu chèn theo ứng suất đóng (Từ Thành Nghĩa và nnk, 2017)

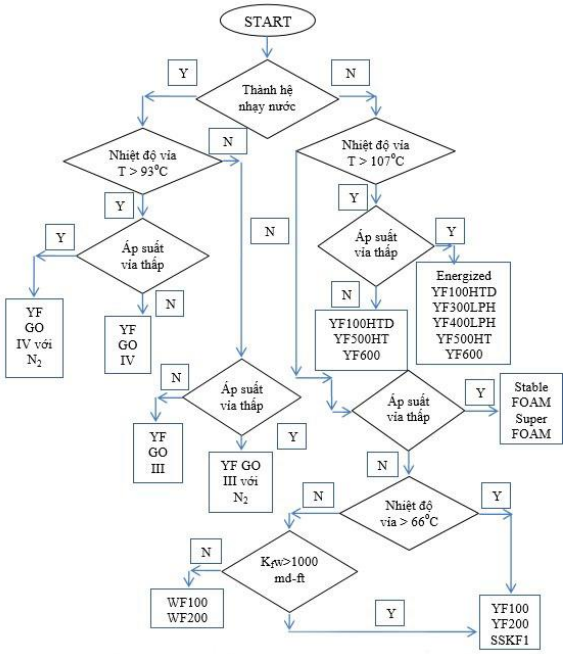
3.5. Mật độ hạt chèn

Là lượng hạt chèn trên một đơn vị diện tích thành khe nứt (kg/m2). Mật độ hạt chèn càng lớn thì độ dẫn lưu của khe nứt càng cao nhưng không vượt quá 2.44 kg/m2 vì có thể gây nên hiệu ứng lún vào thành khe nứt.

4. Lựa chọn dung dịch nứt vỉa và vật liệu chèn cho nứt vỉa thủy lực giếng X mỏ Bạch Hổ

Dung dịch lựa chọn có thể phụ thuộc vào tính tương hợp của chúng với chất lỏng của tầng sản phẩm và đá chứa. Các tính chất của dung dịch nứt vỉa như một hàm theo nhiệt độ và thời gian cũng là những yếu tố phải tính đến. Tính ưu việt kỹ thuật của một dung dịch nứt vỉa so với dung dịch khác liên quan đến điều kiện riêng của giếng đang quan tâm. Trong tất cả các trường hợp, dung dịch nứt vỉa đảm bảo đơn giản nhất nhưng lại phải đáp ứng yêu cầu kỹ thuật tốt nhất. Vì vậy, trước khi đưa vào xử lý thiết kế nứt vỉa thủy lực là lựa chọn dung dịch nứt vỉa, chất phụ gia cần thêm vào dung dịch và vật liệu chèn trong quá trình xử lý.

4.1. Lựa chọn dung dịch nứt vỉa:



Hình 6 . Sơ đồ lựa chọn dung dịch nứt vỉa

Dung dịch nứt vỉa có ảnh hưởng quyết định đến quá trình tạo ra khe nứt và mở rộng khe nứt của quá trình nứt vỉa. Vì vậy, việc lựa chọn dung dịch nứt vỉa là rất quan trọng. Dung dịch nứt vỉa được chọn phải là chất lỏng thỏa mãn tối ưu các yêu cầu của dung dịch nứt vỉa và kèm theo chi phí. Quá trình lựa chọn dung dịch nứt vỉa có thể theo lưu đồ trên.

Một số loại dung dịch nứt vỉa có thể được sử dụng với giếng X như: LN30, LF30, WF130. Tuy nhiên loại dung dịch nứt vỉa này lại có một số điểm không phù hợp cho địa tầng Oligocen dưới với nhiệt độ và áp suất cao như giếng X. Dựa vào đặc điểm địa chất, áp suất vỉa nhiệt độ vỉa đề xuất chọn loại dung dịch nứt vỉa: YF140HTD (HTD-High Temperature Drilling). Thành phần YF140HTD gồm:

Bảng 1. Thành phần dung dịch nứt vỉa YF140HTD

Thành phần các hóa phẩm	Hàm lượng
M275, Microbiocide (chất kháng vi khuẩn)	0.06 kg/m^3
J877, Guar Polymer Slurry (chất tạo nhớt)	9.00 L/m^3
F108, Surfactant (chất giảm sức căng bề mặt)	2.00 L/m^3
L010, Crosslinker (chất tạo liên kết giữa các phân tử)	0.96 kg/m^3
M002, Caustic Soda Flake (kiềm)	4.67 kg/m^3
J480, Crosslinker Delay Agent (ức chết liên kết chéo)	4.79 kg/m^3
J353, High Temperature Gel Stabilizer (chất ổn định gel ở nhiệt độ cao)	1.20 kg/m^3
J450, Stabilizer (chất ổn định - dung dịch và giếng khoan)	1.00 L/m^3
V016, Seawater Additive (chất phụ gia)	15.00 L/m^3
D047, Antifoam Agent (chất chống tạo bọt)	0.25 L/m^3
J490, EB-CLEAN High Temp Breaker (chất phá ở nhiệt độ cao)	0.00 kg/m^3
J481, Breaker (chất phá)	0.00 kg/m^3

Dung dịch YF140HTD được lựa chọn cho giếng X do có các ưu điểm và đạt được các yêu cầu:

+ Khả năng chịu nhiệu độ và áp suất cao: YF140HTD có khả năng chịu áp suất cao, giúp tạo ra thuỷ lực đủ mạnh để nứt vỉa. Điều này cho phép tạo ra các khe nứt sâu và rộng hơn, tăng khả năng tiếp xúc và độ thấm của chất lưu trong vỉa;

+ Có tính ổn định: độ nhớt và khối lượng riêng cao (4.8kg/m3), giúp duy trì các khe nứt và ngắn chặn sự bít nhét các khe nứt. Điều này làm tăng khả năng chảy của chất lưu vào đáy giếng;

+ Độ tương thích với hạt chèn (ISP20/40), đảm bảo hiệu quả của quá trình nứt vỉa và tăng cường khả năng kiểm soát kích thước và hình dạng khe nứt;

+ Tính acid: Dung dịch nứt vỉa YF140HTD có tính acid – do qua trình khoan khoan qua tầng sét rất dễ gây mất an toàn và sự cố khoan. Nên dung dịch nứt vỉa có tính acid để ức chế khả năng trương nở của tầng sét;

+ Ngoài ra dung dịch YF140HTD an toàn đối với con người và môi trường– dung dịch có thành phần hoá học thân thiệt.

4.2. Lựa chọn vật liệu chèn:

Trên cơ sở thí nghiệm, các thông số cơ học của đất đá vỉa lục nguyên, cũng như áp suất đóng và hiệu quả thực tế khi tiến hành nứt vỉa thủy lực, Liên doanh dầu khí Việt – Nga (Vietsovpetro) lựa chọn loại hạt chèn phù hợp đó là đối với Oligoxen dưới mỏ Bạch Hổ đó là: hạt chèn loại bauxit, sinterbauxit với kích cỡ hạt 16/30 hoặc cacbolite 20/40.

Bảng 2 . Thông số cơ bản của vật liệu chèn sử dụng cho giếng X (Fraccade Stimulation Propsal, well X-MSP10).

Tên vật liệu chèn	**Tỷ trọng** (kg/m^3)	**Đường kính trung bình** (mm)	**Độ rỗng giữa các hạt vật liệu chèn** (%)	**Độ thấm** (mD)
ISP 20/40	3.10	0.675	26.8	399512
-80 + 100 Mesh Sand	2.64	0.164	35.0	14339

Độ thấm của hạt chèn được tính toán dựa vào các thông số sau:

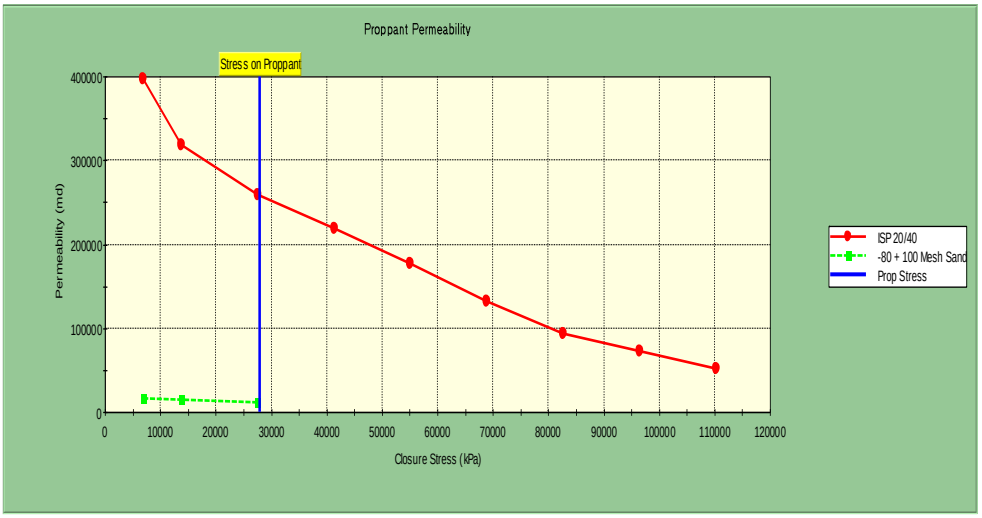
+ Nhiệt độ tại đáy giếng: 140oC (đo được tại một thời điểm cụ thể của giếng bằng cách thả các thiết bị đo nhiệt độ như cảm biến hoặc thiết bị đo thông số giếng);

+ Ứng suất trong vật liệu chèn: 52.482 kPa. Đây là thông số rất quan trọng bởi hạt chèn cần phải chịu được áp lực đất đá sau khi thực hiện nứt vỉa mà không làm cho các khe nứt bị đóng lại;

+ Nồng độ hạt chèn vào trong khe nứt: 4,88 kg/m2;

+ Modun Young's trung bình: 2,482x107 kPa.

Khi áp suất do dung dịch nứt vỉa tạo ra được giải phóng thì các khe nứt (đã chứa vật liệu chèn) có khuynh hướng khép lại do tính đàn hồi của đất đá và tác dụng ứng suất của đất đá vây quanh. Nếu các hạt chèn không đủ bền dưới ứng suất đóng kín thì chúng sẽ bị dập vỡ và làm giảm đáng kể độ dẫn lưu khe nứt (hình 7).



Hình 7. Đồ thị thấm của vật liệu chèn (Fraccade Stimulation Propsal, well X-MSP10)

- Một số loại hạt chèn: ISP 12/18, ISP 16/30, ISP 20/40. Nhưng tính chất và thành phần của loại hạt chèn ISP12/18 và ISP16/30 không phù hợp để sử dụng với giếng X do nhiệt độ và áp suất vượt ngưỡng cho phép.

- Đề xuất lựa chọn hạt chèn ISP 20/40, thông số 20/40 chỉ kích thước của hạt chèn với 20 là kích thước nhỏ nhất và 40 là kích thước lớn nhất tức là kích thước hạt chèn nằm trong khoảng 20-40 và đơn vị là mesh – kích thước của hạt chèn trên mỗi inch vuông của mắt sàng chuẩn.

Bảng 3. Thông số hạt chèn ISP 20/40

Thông số hạt chèn ISP 20/40				
Tên	**Trọng lượng riêng**	**Đường kính** (mm)	**Tỷ lệ độ rỗng** (%)	**Độ thấm** (mD)
ISP 20/40	3.62	0.675	37.3	219009

Hạt chèn ISP 20/40 có các ưu điểm :

+ Độ cứng và chịu nhiệt cao: ISP 20/40 có độ cứng và khả năng chịu nhiệt cao, giúp duy trì kích thước và tính chất của hạt chèn trong môi trường nhiệt độ và áp suất lớn. Điều này đảm bảo các khe nứt được bảo toàn và không bị đóng kín sau khi nứt vỉa.

+ Kích thước: ISP 20/40 có kích thước phân bố đồng đều trong khoảng 0,85mm-0425mm), giúp tạo các khe nứt đồng đều và duy trì trong đá. Cung cấp sự liên thông giữa vỉa và giếng.

+ Tính ổn định hoá học: Không bị phá vỡ cấu trúc do hoạt động hoá học trong môi trường vỉa và dung dịch nứt vỉa. Duy trì các tính chất cơ học của hạt chèn và đảm bảo hiệu quả của quá trình nứt vỉa trong thời gian dài.

+ Chịu áp suất cao: có khả năng chịu áp suất cao, giúp duy trì kích thước và khả năng tải trọng của hạt chèn trong quá trình vận hành. Đảm bảo các khe nứt vẫn mở và duy trì kênh dẫn.

5. Kết luận

- Dung dịch nứt vỉa phù hợp với giếng X mỏ Bạch Hổ là loại dung dịch nứt vỉa YF140HTD vì YF140HTD có tính nhớt cao, giúp tăng cường khả năng truyền tải áp lực và năng lượng trong quá trình nứt

vỉa, điều này làm cho dung dịch này hiệu quả trong việc tạo ra các vứt nứt mạnh mẽ và dễ dàng mở rộng. Ngoài ra, YF140TD có khả năng kiểm soát độ nhớt và tuần hoàn nhanh chóng, cho phép nhanh chóng thay đổi đặc tính nhớt và tùy chỉnh quá trình nứt vỉa theo nhu cầu. Điều này đặc biệt hữu ích trong việc thích ứng với các điều kiện địa chất và đáp ứng linh hoạt trong quá trình khoan và nứt vỉa. YF140HTD cũng có khả năng chống tác động hóa học và chịu nhiệt tốt, giúp nó duy trì hiệu quả và ổn định trong môi trường khắc nghiệt của quá trình khai thác dầu và khí;

- Hạt chèn phù hợp đối với giếng X mỏ Bạch Hổ là loại hạt chèn ISP 20/40. Đầu tiên ISP 20/40, kích thước trong khoảng 20 mesh đến 40 mesh (0,425- 0,85mm). Đây là kích thước phổ biến và được sử dụng rộng rãi trong ngành dầu khí. Việc sử dụng hạt chèn ISP 20/40 trong quá trình nứt vỉa mang lại nhiều lợi ích như kích thước chế độ đồng nhất, khả năng chịu áp lực, tính thấm lọc và sàng lọc tốt, cùng với tính ổn định hóa học. Điều này làm cho ISP 20/40 trở thành lựa chọn hợp lý để tối ưu hóa hiệu suất và hiệu quả trong quá trình khai thác dầu khí tại giếng X mỏ Bạch Hổ.

Tài liệu tham khảo

Jennifer L. Miskimins, Editor-in-Chief, 2019. *Hydraulic Fracturing: Fundamentals and Advancements*. Society of Petroleum Engineers.

Michael J. Economides, Tony Martin, BJ Services Company, 2007. *Modern Fracturing Enhancing Natural Gas Production_CD for computer*. Houston, TX: ET Publishing.

Nguyễn Tiến Hùng, Hoàng Dung, Nguyễn Khắc Long, Trương Văn Từ, Doãn Thị Trâm, Nguyễn Văn Thành, 2022. *Nguyên lý phá hủy*, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.

Truong V.T., Nguyen T.V., Nguyen V.T. và nnk, 2022. Oil and Gas Well Stimulation by Hydraulic Fracturing in the Oligocene of Bach Ho Field. Case study: Hydraulic fracturing for well X–MSP10. *Integrated Petroleum Engineering (IPE3),* Ha Noi, Transport Publishing House, 71-82.

Từ Thành Nghĩa, Nguyễn Thúc Kháng, và Nguyễn Quốc Dũng, 2016. *Công nghệ xử lý vùng cận đáy giếng các mỏ dầu khí ở thềm lục địa Nam Việt Nam*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh.

ABSTRACT

Selection of hydraulic fracturing fluid and proppant for Well X of White Tiger Oil Field

Truong Van Tu[1], Nguyen Khac Long[1]

[1] *Hanoi University of Mining and Geology*

Hydraulic fracturing fluid is an important part of the hydraulic fracturing process. It is used to create a fracture, to carry the insert into the fracture, and to keep the insert suspended until the fracture closes. To perform these tasks effectively, an ideal fracturing fluid must combine all the following characteristics: low cost; easy to use; low friction pressure loss; high viscosity in the fracture to keep the insert suspended; low viscosity after treatment, allowing easy recovery; compatible with formations, reservoir fluids and inserts; safe when using; not harmful to the environment. However, some of the above properties cannot be easily combined together in the same fluid. Usually the process of selecting a fracturing fluid is a balancing of different factors to achieve the best combination. It is up to the fracturing expert (engineer) to decide which characteristics are most important, and which are unnecessary. To be able to make an easy choice, in the report the authors study the fracturing fluid system used in Vietnam.

Keywords: Fracturing fluid, Hydraulic fracturing, proppant.

TIỂU BAN
ĐỊA CHẤT VÀ TÀI NGUYÊN DU LỊCH

MỤC LỤC

Tài nguyên du lịch tự nhiên huyện Ba Bể, tỉnh Bắc Kạn
Tô Xuân Bản, Nguyễn Hữu Trọng, Hà Thành Như 240

Đặc điểm trầm tích tầng mặt vùng biển đảo Phú Qúy
Phan Văn Bình, Hoàng Văn Long, Lê Anh Thắng, Nguyễn Hữu Hiệu, Ngô Thị Kim Chi, Bùi Vinh Hậu, Vũ Anh Đạo, Nguyễn Hữu Hiệp 246

Nhu cầu của du khách về loại hình du lịch địa chất tại huyện Hữu Lũng và huyện Bắc Sơn (Lạng Sơn)
Phan Văn Bình, Bùi Vinh Hậu, Phạm Trường Sinh, Nguyễn Trung Thành, Đỗ Mạnh An, Nguyễn Thị Minh Thư 252

Nghiên cứu biến động đường bờ khu vực cửa sông Tiền, sông Hậu và các tai biến liên quan
Ngô Thị Kim Chi, Trần Thanh Hải, Bùi Vinh Hậu, Phan Văn Bình, Bùi Thị Thu Hiền, Vũ Vân Anh, Vũ Thành An 258

Bản chất của hoạt động kiến tạo hiện đại trong trận động đất Mường Tè (M4.4) năm 2023 dựa trên những bằng chứng về địa mạo – tân kiến tạo
Vũ Anh Đạo, Phan Văn Bình, Bùi Vinh Hậu, Ngô Xuân Thành, Nguyễn Quốc Hưng, Nguyễn Hữu Hiệp, Nguyễn Minh 264

Một số đặc trưng của zircon trong đá và ứng dụng trong xác định tuổi tuyệt đối
Bùi Vinh Hậu 270

Đặc điểm hình thái Pyrite hình thành trong môi trường trầm tích biển hiện đại tại vùng biển Tây Nam
Nguyễn Hữu Hiệp, Trịnh Thế Lực 275

Đặc điểm thành phần độ hạt trầm tích biển hiện đại tại vùng biển bãi cạn Tây Nam Biển Đông
Nguyễn Hữu Hiệp, Phạm Như Sang 281

Tuổi $^{206}Pb/^{238}U$~845 triệu năm của zircon trong plagiogranit thuộc tổ hợp "ophiolit" Nam Hà Giang và ý nghĩa kiến tạo khu vực
Nguyễn Minh Quyền, Hoàng Văn Dũng, Trịnh Đức Thiện, Phan Hoàng Giang, Đặng Hương Giang, Nguyễn Văn Biên, Bùi Thị Thu Hiền, Nguyễn Quốc Hưng 287

Hoạt động kiến tạo và điều kiện thời tiết khống chế quá trình trầm tí ch trong các lưu vực sông xung quanh Biển Đông
Phạm Như Sang, Nguyễn Hữu Hiệp 293

Đặc điểm thạch địa hóa của các đá granitogneis khối Chu Lai, khu vực địa khối Kon Tum
Nguyễn Hữu Trọng, Tô Xuân Bản, Hà Thành Như, Nguyễn Đình Luyện, Nguyễn Thị Ly Ly 300

Kết quả nghiên cứu bước đầu về đặc điểm phân vùng sinh thái phục vụ phát triển nông lâm nghiệp và du lịch cảnh quan ở tỉnh Ninh Bình
Đặng Thị Vinh 306

Tài nguyên du lịch tự nhiên huyện Ba Bể, tỉnh Bắc Kạn

Tô Xuân Bản*, Nguyễn Hữu Trọng, Hà Thành Như
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Tài nguyên du lịch tự nhiên (TNDLTN) bao gồm cảnh quan thiên nhiên, các yếu tố địa chất, địa mạo, khí hậu, thủy văn, hệ sinh thái và các yếu tố tự nhiên khác có thể được sử dụng cho mục đích du lịch. Chúng có lịch sử phát sinh, phát triển và tồn tại trong mối liên quan với quá trình phát triển bề mặt Trái đất. Hoạt động nội sinh và ngoại sinh kết hợp đã tạo nên cho huyện Ba Bể, tỉnh Bắc Kạn các nguồn tài nguyên du lịch rất phong phú đa dạng. Trên cơ sở các kết quả khảo sát thực tế, tham khảo và tổng hợp tài liệu, bài báo phân tích và mô tả các nguồn tài nguyên du lịch tự nhiên huyện Ba Bể. Hiện tại đã ghi nhận được 23 điểm TNDLTN trên địa bàn huyện, bao gồm 8 điểm tài nguyên hang động karts, 4 thác nước, 2 hồ sinh thái, 1 khu bảo tồn thiên nhiên, và 8 điểm cảnh quan đẹp. Phần lớn các điểm TNDLTN có điều kiện giao thông thuận lợi để khai thác, bảo vệ và phát triển, đây là các điều kiện quan trọng để phát triển du lịch tại huyện Ba Bể.

Từ khóa: Tài nguyên du lịch tự nhiên; Ba Bể; Bắc Kạn

1. Đặt vấn đề

Tài nguyên du lịch bao gồm các yếu tố tự nhiên, văn hoá và lịch sử với các nội dung trong việc khôi phục và phát huy nguồn lực của con người, khả năng lao động và sức khoẻ, những tài nguyên này được sử dụng cho nhu cầu trực tiếp và gián tiếp cho việc sản xuất dịch vụ du lịch với nhu cầu thời điểm hiện tại hay tương lai và trong điều kiện kinh tế – kỹ thuật cho phép (Pirojnik. I, 1985; Quốc hội, 2017). Tài nguyên du lịch bao gồm tài nguyên du lịch tự nhiên (TNDLTN) và tài nguyên du lịch văn hóa (Quốc hội, 2017). TNDLTN bao gồm điều kiện, cảnh quan thiên nhiên, địa chất, địa mạo, khí hậu, thủy văn, hệ sinh thái và các yếu tố tự nhiên khác có thể được sử dụng cho mục đích du lịch.

Ba Bể là huyện ở phía bắc tỉnh, cách thành phố Bắc Kạn khoảng 60km. Tại đây chủ yếu là núi cao xen lẫn những khối núi đá vôi hiểm trở, phân lớp dầy, trong quá trình karst tạo thành những hình dạng kỳ thú, đặc trưng là dãy núi Phja Bjooc có độ cao 1.578m. Sự kết hợp giữa các quá trình hoạt động địa chất nội sinh, quá trình địa chất ngoại sinh, điều kiện khí hậu, văn hóa dân tộc đã tạo nên cho Ba Bể tài nguyên du lịch tự nhiên rất phong phú, đa dạng. Tài nguyên cảnh quan sinh thái karst, các dải đồi thoải phân cắt yếu, khu bảo tồn thiên nhiên (BTTN) là Vườn Quốc Gia Ba Bể. là những TNDLTN điển hình và tiêu biểu huyện Ba Bể nói riêng và của tỉnh Bắc Kạn nói chung. Hiện tại, vùng lòng hồ Ba Bể và phụ cận đang được quy hoạch, xây dựng, phát triển với mô hình kinh tế đô thị kết hợp cảnh quan môi trường sinh thái.

2. Phương pháp nghiên cứu

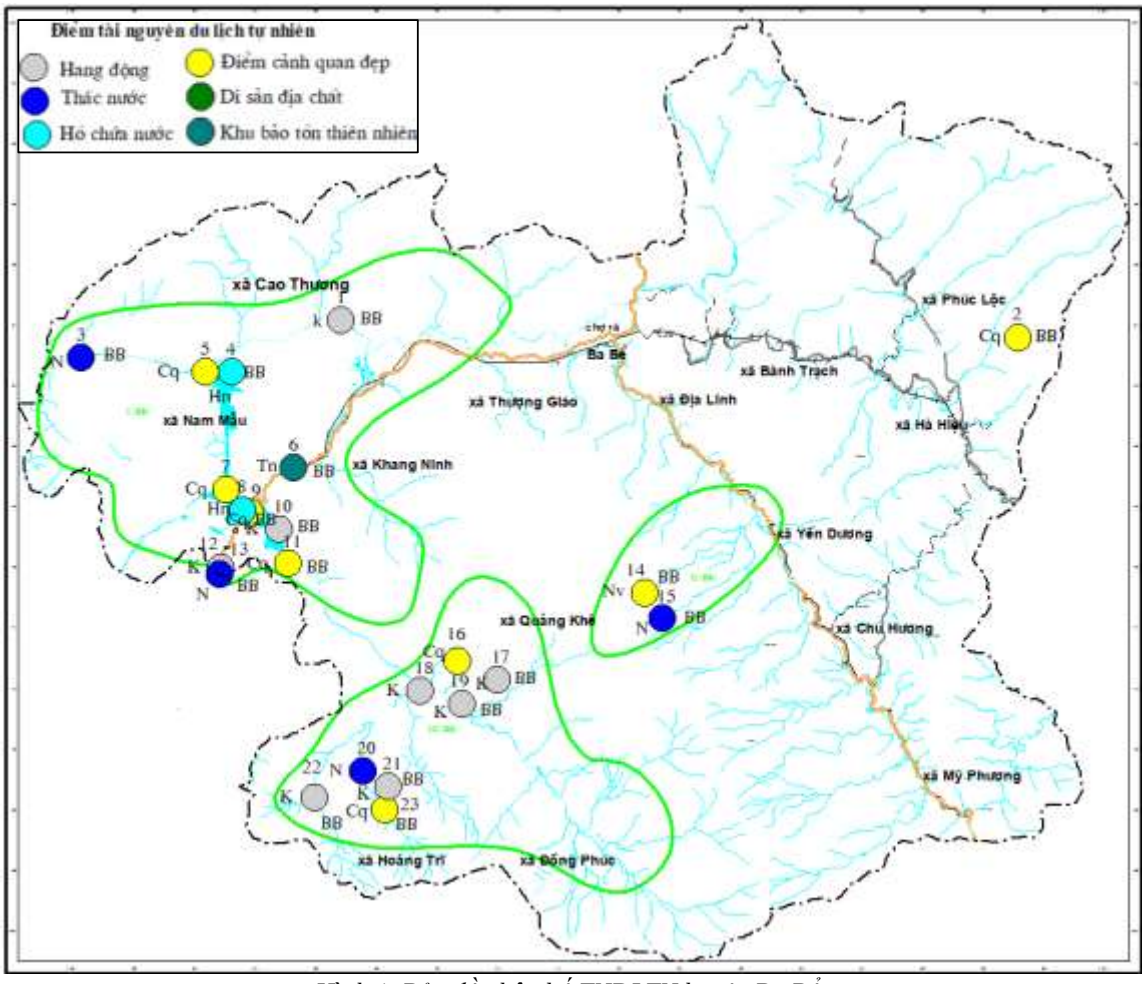
Phương pháp nghiên cứu bao gồm điều tra thu thập, tổng hợp tài liệu có liên quan, phân tích ảnh hàng không viễn thám và thông tin địa lý, phương pháp điều tra khảo sát thực địa, tạo cơ sở dữ liệu và được mô tả chi tiết hình thái, kích thước, đo vẽ các mặt cắt tiêu biểu bằng địa bàn thước dây, định vị vị trí và toạ độ được xác định bằng thiết bị GPS cầm tay, phương pháp hiệu đính bản đồ, thành lập bản đồ phân bố các điểm TNDLTN huyện Ba Bể tỷ lệ 1:50.000, tổng hợp, xử lý số liệu và viết báo cáo. Cơ sở dữ liệu TNDLN đã được xây dựng từ kết quả các đợt khảo sát thực địa thu thập các số liệu, mô tả đặc điểm cấu tạo địa chất, thành phần đất đá, đặc điểm địa hình-địa mạo; mô tả chi tiết hình thái, kích thước, đo vẽ các mặt cắt tiêu biểu bằng địa bàn thước dây.

3. Đặc điểm các nguồn TNDLTN tỉnh Bắc Kạn

TNDLTN huyện Ba Bể được thể hiện trên Hình 1 và thống kê trong Bảng 1. Tổng số điểm TNDLTN là 23 điểm trong đó có 8 hang động, 4 thác nước, 2 hồ nước, 1 khu bảo tồn thiên nhiên và 8 khu cảnh quan đẹp, sinh thái. Huyện có tiềm năng lớn về phát triển du lịch, trọng tâm là khu du lịch hồ Ba Bể với các điểm tham quan như Hồ Ba Bể, Đảo Bà Góa, Đền An Mạ, Ao Tiên, Sông Năng, Thác Đầu Đẳng, Động Puông,

* *Tác giả liên hệ*
Email: toxuanban@humg.edu.vn

Động Hua Mạ, Động Nả Pjoòng, bản Pác Ngòi…các điểm du lịch trên sẽ được mô tả chi tiết trong phần tài nguyên du lịch tự nhiên khu vườn quốc gia Ba Bể. Bên cạnh, trên địa bàn huyện còn có các điểm du lịch sinh thái như Lủng Tráng, Phiêng Phàng, các di tích lịch sử, văn hóa và nguồn ẩm thực đặc sắc.



Hình 1. Bản đồ phân bố TNDLTN huyện Ba Bể

Bảng 1. Danh sách các điểm TNDLTN huyện Ba Bể

Loại hình TNDLTN	Số điểm	TT	Tên điểm TNDLTN	Địa điểm
Hang karst	8	1	Động Puông	Bản Vài, xã Khang Ninh
		2	Động Thẳm Phầy	Nà Slài, xã Hoàng Trĩ
		3	Động Hua Mạ	Bản Pjàn, xã Quảng Khê
		4	Động Nả Phoòng	Bó Lù, xã Nam Mẫu
		5	Động Thẳm Kít	Pác Ngòi, xã Nam Mẫu
		6	Động Thẳm Thinh	Chợ Lèng, xã Quảng Khê
		7	Hang Thẳm Un	Bản Pjạc, xã Quảng Khê
		8	Động Nà Tăng	Bản Duống, xãHoàng Trĩ
Thác nước	4	1	Thác Tát Mạ (Thác Bạc)	Nà Lườn, xã Hoàng Trĩ
		2	Thác Đầu Đăng	Húa Tạng, xã Quảng Khê
		3	Thác Nả Phoòng	Bó Lù, xã Nam Mẫu
		4	Thác Pù Lầu	Phiêng Phàng, xã Yến Dương
Hồ nước	2	1	Hồ Ba Bể	xã Nam Mẫu
		2	Ao Tiên	xã Nam Mẫu
Khu cảnh quan đẹp, sinh thái	8	1	Khu du lịch sinh thái Pù Lầu- Phiêng Phàng	Phiêng Phàng, xã Yến Dương
		2	Ruộng bậc thang Pù Cút, Nà Mặn	Pù Cút, Nà Mặn, xã Quảng Khê
		3	Bản Pác Ngòi	Pác Ngòi, xã Nam Mẫu
		4	Ruộng bậc thang Bản Duống	Bản Duống, xã Hoàng Trĩ
		5	Sông Năng	huyện Ba Bể

Loại hình TNDLTN	Số điểm	TT	Tên điểm TNDLTN	Địa điểm
		6	Đảo Bà Góa	xã Nam Mẫu
		7	Đền An Mạ	xã Nam Mẫu
		8	Đồi cỏ Lủng Tráng	Lủng Tráng, xã Hà Hiệu
Khu BTTN	1	1	Vườn Quốc gia Ba Bể	xã Nam Mẫu, Khang Ninh, Cao Thượng, Quảng Khê, Cao Trĩ
Tổng	**23**			

3.1. Hang động karst

Tại huyện Ba Bể ghi nhận được 8 hệ thống hang động karst, tập trung chủ yếu tại khu vực Tây, Tây Nam của huyện (Hình 1). Các hang động phát triển trên, trong các đá carbonat tuổi Devon (cách đây trên 400 triệu năm) thuộc Hệ tầng Mía Lé (D_1ml_2) (Cục ĐC&KS Việt Nam, 2005), phân bố ở các độ sâu, cao độ khác nhau, kích thước khác nhau, chiều cao từ vài m đến hàng chục m, chiều rộng từ vài m đến trăm m, độ dài từ vài chục m đến 5-6km. Hệ thống các hang động karts bao gồm Động Puông, động Thẳm Phầy, động Hua Mạ, Động Nả Phoòng, động Thẳm Kít, động Thẳm Thinh, hang Thẳm Un, động Nà Tăng, trong đó có nhiều hang động vói cảnh quan đẹp như động Thẳm Phầy được ví như "Sơn Đoòng" ở Ba Bể (Hình 2).



Suối ngầm trong hang Thẳm Phầy



Nhũ thạch trong hang Thẳm Phầy



Khách thăm quan động Thẳm Thinh



Hang Thẳm Un, xã Quảng Khê



Công cụ thô sơ tại hang Thẳm Un



Thạch nhũ trongđộng Nà Tăng

Hình 2. Các hệ thống hang động karst huyện Ba Bể

3.2. Thác nước và hồ sinh thái

Do đặc điểm địa chất, kiến tạo, quá trình trầm tích, bồi lắng của hệ thống sông, suối đã tạo cho Ba Bể cấu trúc thung lũng lòng máng, lòng chảo, bồn địa, có đặc điểm thổ nhưỡng khá màu mỡ thích hợp với việc trồng cây nông sản và cây công nghiệp. Ba bể có 2 dòng sông Năng và Chợ Lùng. Sông Năng khởi nguồn từ dãy núi Phja Giạ (Bảo Lạc, Cao Bằng) chảy vào theo hướng đông-tây vào huyện Ba Bể từ xã Bành Trạch; sông Chợ Lùng chảy hướng ĐN-TB từ phía Nam huyện Ba Bể sau đó đổ vào hồ Ba Bể và chảy ra sông Năng; theo cánh cung sông Gâm hướng ĐB-TN, chảy qua huyện qua nhiều khu vực núi cao trùng điệp, tạo cho huyện đặc trưng địa hình hiểm trở kỳ vĩ.

Hiện tại đã ghi nhận được 4 thác nước đẹp có tiềm năng du lịch trên địa bàn huyện Ba Bể, tập trung chủ yếu ở phía Tây huyện (Hình 1), gồm thác Đầu Đăng, thác Tát Mạ, thác Nả Phoòng và ở trung tâm huyện có thác Pù Lầu. Trong đó hệ thống thác nước đẹp là Thác Tát Mạ (thôn Nà Lườn, xã Hoàng Trĩ) (Hình 3) rất hùng vỹ do chênh lệch về độ cao) dòng nước trắng xóa chảy ào ào như một dải lụa trắng mềm mại tung bọt như lớp sương mờ trên nền xanh của cây rừng, tạo thành âm thanh vang vọng núi rừng.

Thác đẹp nữa là thác Pù Lầu (Hình 3) tại thôn Phiêng Phàng, xã Yến Dương. Thác Pù Lầu cao gần 100 m với dòng nước từ trên đỉnh núi đổ xuống như một dải lụa trắng vắt trên phiến đá phủ đầy rêu xanh. Dưới chân thác rộng khoảng 30 m^2, du khách có thể tắm mình trong làn nước mát lạnh. Đá gốc tạo thành thác Pù Lầu là các đá phiến sét màu đen xen các tập cát bột kết, cát kết dạng quartzit, cát bột kết vôi, sét silic của hệ tầng Phú Ngữ có tuổi Ordovic-

Silua. Thác bắt nguồn từ các khe suối nhỏ trên dãy núi Phia Biooc chảy xuống. Dọc suối dưới chân thác gặp nhiều tảng lăn đá granit nằm ngổn ngang. Thảm thực vật ở đây rất phát triển mang lại cho khu vực này một màu xanh và không khí mát mẻ, trong lành. Hiện thác thu hút khá nhiều du khách mọi lứa tuổi đến tham quan. Huyện Ba Bể nổi tiếng với hồ Ba Bể và những thắng cảnh liên quan, trong đó có Ao Tiên là quần thể cảnh quan dich tích trong khu vực Vườn Quốc gia Ba Bể được mô tả dưới đây.



Thác Tát Mạ



Thác Pù Lầu

Hình 3. Các thác nước đẹp tại huyện Ba Bể

3.3. Khu cảnh quan đẹp, sinh thái

Trên địa bàn huyện Ba Bể hiện ghi nhận được 8 khu vực cảnh quan đẹp, sinh thái, tập trung chủ yếu ở khu vực phía Tây của huyện (Hình 1), gồm các khu Sông Năng, Bản Pác Ngòi, Đền An Mạ, Đảo Bà Góa, Ruộng bậc thang Bản Duống, Ruộng bậc thang Pù Cút, Nà Mặn, khu trung tâm (khu du lịch sinh thái Pù Lầu – Phiêng Phàng), và một điểm ở phía Đông huyện (Đồi cỏ Lủng Tráng). Sông Năng bắt nguồn từ nhiều khe suối nhỏ tại huyện Bảo Lạc và Bảo Lâm (tỉnh Cao Bằng) và huyện Pác Nặm (tỉnh Bắc Kạn). Sông Năng dài 117 km² với diện tích lưu vực 2293 km², đôi bờ sông xuất hiện nhiều bãi phù sa cổ rộng lớn được bồi đắp qua thời gian dài. Nhân dân địa phương đã canh tác trên các bãi bên sông với những cây nông sản như lúa, lạc, khoai, và ngô (Hình 4).



Mùa lúa chín khu sinh thái Phiêng Phàng



Thung lũng karst, ruộng bậc thang khu Bản Duống



Vẻ đẹp thơ mộng của dòng sông Năng

Hình 4. Một số khu cảnh quan đẹp, sinh thái huyện Ba Bể

3.4. Vườn Quốc gia Ba Bể

Vườn Quốc gia (VQG) Ba Bể trải dài qua địa phận 5 xã Nam Mẫu, Khang Ninh, Cao Thượng, Quảng Khê, Cao Trĩ (huyện Ba Bể). VQG với sự đa dạng về sinh học cùng phong cảnh kỳ thú là khu du lịch sinh thái đặc sắc. Diện tích Vườn Quốc gia Ba Bể là 10.048 ha, với 34.702 ha vùng đệm. Tọa lạc ở độ cao 178 m, trên vùng núi đá carbonat, đặc trừn với nhiều hang động karst, hồ Ba Bể là "hồ tự nhiên trên núi có ý nghĩa đặc biệt quan trọng ở Việt Nam". VQG Ba Bể là di sản thiên nhiên đặc sắc, với hệ thống rừng nguyên sinh trên núi đá carbonat, xuất hiện 417 loài thực vật, 299 loài động vật có xương sống. Có nhiều loài động vật quý còn lưu giữ được, có thể kể đến như phượng hoàng đất, vọc mũi hếch, gà lôi… Có 49 loài cá nước ngọt, với một số loài cá quý hiếm như cá chiên, cá rầm xanh, cá chép kính, cá rầm xanh, … trong hồ.

VQG Ba Bể được được Hội nghị "Hồ nước ngọt thế giới" chức tại Mỹ năm 2005 công nhận là một trong 20 hồ nước ngọt đặc biệt của thế giới cần được bảo vệ năm; năm 2003 VQG Ba Bể được Hiệp hội các nước Đông Nam Á (ASEAN) công nhận là Vườn di sản Đông Nam Á (Vườn ASEAN); Năm 2011 được Ban thư ký Công ước về các vùng đất ngập nước có tầm quan trọng quốc tế (Công ước Ramsar) công nhận là Khu đất ngập nước có tầm quan trọng quốc tế (Khu Ramsar); và năm 2012 được Thủ tướng Chính phủ đã quyết định xếp hạng Danh lam thắng cảnh Hồ Ba Bể là Di tích quốc gia đặc biệt (Quyết định số 1419/QĐ-TTg) (www.vuonquocgiababe.com).

Trong khu vực VQG Ba Bể có nhiều điểm TNDLTN tiêu biểu như: Hồ Ba Bể, Đền An Mạ, Ao Tiên, Đảo Bà Góa, Sông Năng, Thác Đầu Đẳng, Động Puông, Động Hua Mạ, Hang Nả Phoòng (Hình 5) đã và đang được khai thác phục vụ du lịch và là điểm đến hấp dẫn khách tham quan trong và ngoài nước.



Động Hua Mạ



Thác Đầu Đẳng



Bản Pác Ngòi



Hồ Ba Bể



Ao Tiên



Đảo Bà Góa

Hình 5. Cảnh quan TNDLTN khu vực Vườn Quốc gia Ba Bể

4. Kết luận

Hoạt động nội sinh và ngoại sinh kết hợp đã tạo nên cho huyện Ba Bể, tỉnh Bắc Kạn các nguồn TNDLTN rất phong phú đa dạng, hiện tại đã ghi nhận được 23 điểm trong đó có 8 hang động, 4 thác nước, 2 hồ nước, 1 khu bảo tồn thiên nhiên và 8 khu cảnh quan đẹp, sinh thái. Huyện có tiềm năng lớn về phát triển du lịch, trọng tâm là khu du lịch VQG Ba Bể với các điểm du lịch như Hồ Ba Bể, Đảo Bà Góa, Đền An Mạ, Ao Tiên, Sông Năng, Thác Đầu Đẳng, Động Puông, Động Hua Mạ, Động Nả Pjoòng, bản Pác Ngòi…Ngoài ra còn có các điểm du lịch sinh thái như Lủng Tráng, Phiêng Phàng, cùng các di tích lịch sử, văn hóa và nguồn ẩm thực, sản phẩm nông sản phong phú, đặc sắc.

Hiện các điểm TNDLTN trên địa bàn huyện đã và đang được khám phá phục vụ mục đích phát triển du lịch của địa phương. Phần lớn các điểm TNDLTN có điều kiện giao thông thuận lợi để khai thác, bảo vệ và phát triển, đây là các tiền đề quan trọng để phát triển các loại hình du lịch sinh thái, du lịch cảnh quan, du lịch nghỉ dưỡng, du lịch tâm linh, du lịch địa chất, du lịch khám phá. Cần có những đầu tư nghiên cứu, quy hoạch định hướng để khai thác và phát triển bền vững nguồn tài nguyên, tránh huỷ hoại môi trường đất, nước, sinh vật cảnh quan vốn được thiên nhiên ban tặng.

Lời cảm ơn

Bài báo được hoàn thành từ các số liệu của đề tài khoa học công nghệ cấp tỉnh "*Khảo sát, đánh giá nguồn tài nguyên du lịch tự nhiên phục vụ phát triển ngành du lịch tỉnh Bắc Kạn*", mã số 5.2022.06. Ngoài ra trong bài báo có sử dụng một số thông tin và hình ảnh đẹp về các di tích tỉnh Bắc Kạn trên mạng Internet của các nhà báo, khách du lịch và những người yêu cảnh quan thiên nhiên, du lịch.

Tài liệu tham khảo

Cục ĐC&KS Việt Nam, 2005. *Tài nguyên và Khoáng sản tỉnh Bắc Kạn*.

Pirojnik. I, 1985. *Cơ sở địa lý của các hoạt động thăm quan du lịch. NXB Địa lý thường thức*, Minck

Quốc hội, 2017. *Luật Du lịch*. Luật số 09/2017/QH14 ngày 19 tháng 6 năm 2017. Quốc hội nước Công hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam.

Thủ tướng Chính phủ, 2012. Quyết định Số 1419/QĐ-TTg. Quyết định về việc xếp hạng di tích quốc gia đặc biệt.

www.vuonquocgiababe.com

ABSTRACT

Natural tourism resources of Ba Be district, Bac Kan province

To Xuan Ban, Nguyen Huu Trong, Ha Thanh Nhu

Ha Noi University of Mining and Geology

Natural tourism resources (TNDLTN) are considered as features of natural landscapes, geological, geomorgraphical, climate, hydrological, ecosystem resources, etc. that can be used for tourism. They own a history of existing and developing in relation to the development of the Earth's surface. The combination of internal and external activities of the Earth has enabled Ba Be district, Bac Kan province to have a diverse range of tourism resources. On the basis of the literature and the field survey, the paper analyses TNDLTN of Ba Be district. There are currently 28 TNDLTN attractions identified throughout the district, including 8 spots of karst-cave resources, 4 waterfalls, 2 ecological lakes, 1 natural reserve, and 8 beautiful landscapes. Most of these TNDLTN attractions have convenient transportation conditions for exploitation, conservation, and development and these are important conditions for the development of tourism in Ba Be district.

Keywords: Natural tourism resources; Ba Be; Bac Kan

Đặc điểm trầm tích tầng mặt vùng biển đảo Phú Qúy

Phan Văn Bình[1,2*], Hoàng Văn Long[3], Lê Anh Thắng[4], Nguyễn Hữu Hiệu[4]
Ngô Thị Kim Chi[1,2], Bùi Vinh Hậu[1,2], Vũ Anh Đạo[1,2], Nguyễn Hữu Hiệp[1,2]
[1] Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[2] Nhóm nghiên cứu mạnh "Kiến tạo và Địa động lực với tài nguyên Địa chất, Môi trường và Phát triển bền vững", Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[3] Viện Dầu khí Việt Nam
[4] Trung tâm Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên Môi trường Biển khu vực phía bắc

TÓM TẮT

Với số lượng mẫu đã thu thập gồm 601 mẫu độ hạt và 58 mẫu định lượng khoáng vật được lấy trong trầm tích tầng mặt tại vùng biển đảo Phú Qúy, tỉnh Bình Thuận, Việt Nam để xác định đặc điểm quy luật phân bố và nguồn gốc trầm tích. Qua các kết quả nghiên cứu về thành phần độ hạt đã cho thấy vùng biển đảo Phú Qúy gồm 08 trường trầm tích khác nhau: sạn cát, cát sạn, cát bùn sạn, cát bùn lẫn sạn, cát, cát lẫn sạn, cát bùn và cát bột. Kết quả phân tích định lượng khoáng vật cho thấy trầm tích vùng biển đảo Phú Qúy chứa chủ yếu là vụn vỏ, xương sinh vật chiếm 19,4 – 82,3% trung bình 40,7%, và một lượng lớn là thạch anh (Q: 3,3-61,3%, trung bình 30,3%), mảnh đá (R: 0,1-21,9%) trung bình 6%; felspat và mica rất ít. Điều này cho thấy nguồn cung cấp vật liệu cho trầm tích tầng mặt ở khu vực nghiên cứu là đa nguồn gốc. Sự phân bố của các trường trầm tích phức tạp: Khu vực phía Đông với đặc điểm địa hình địa mạo đáy biển thay đổi phức tạp so với phía Tây nên các trầm tích của vùng chủ yếu tập trung các trầm tích hạt thô pha trộn với các hợp phần hạt mịn (cát bùn sạn, sạn cát,…), trong khi đó khu vực phía Tây có đặc điểm địa hình địa mạo đáy biển tương đối đơn giản với trường trầm chủ yếu: cát, cát sạn ít hơn là cát lẫn sạn, rất ít là cát bột và cát bùn lẫn sạn. Như vậy, khu vực phía Tây đảo Phú Qúy quá trình lắng đọng chiếm ưu thế, năng lượng dòng chảy yếu hơn với các hợp phần trầm tích chủ yếu là cát, cát sạn, cát lẫn sạn. Điều này cũng cho thấy yếu tố thủy động lực và địa hình đáy biển ở đây đóng vai trò quan trọng trong sự phân dị trầm tích.

Từ khóa: Trầm tích tầng mặt, đảo Phú Qúy, độ hạt, định lượng khoáng vật

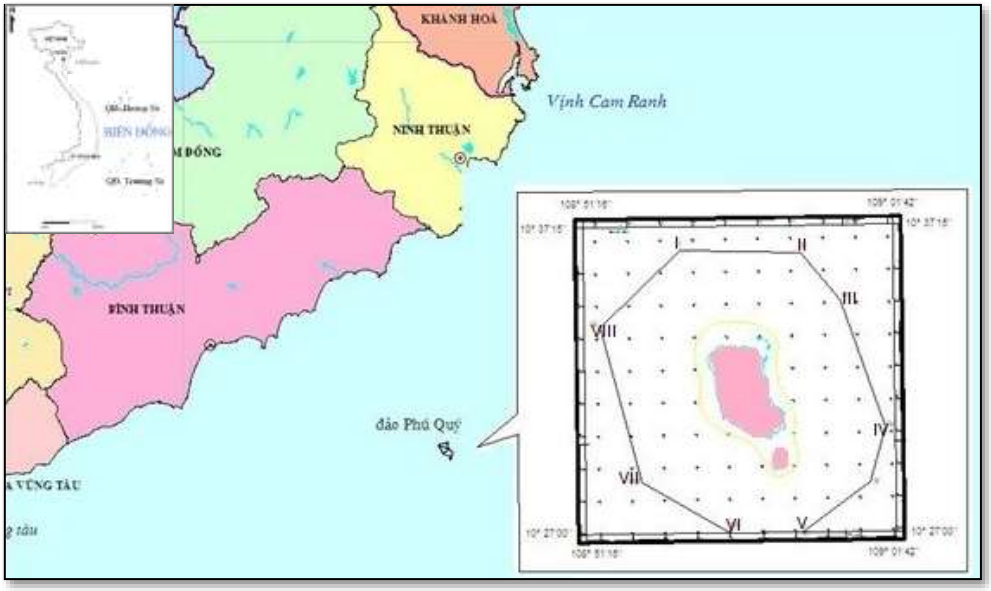
1. Đặt vấn đề

Đảo Phú Quý (có diện tích đảo nổi khoảng 16km^2) còn gọi là "Cù Lao Thu" là một trong chín huyện của tỉnh Bình Thuận (Hình 1). Vùng nghiên cứu có diện tích 230 km^2, được giới hạn bởi 9 điểm có tọa độ địa lý được thể hiện ở bảng dưới đây (Bảng 1).

Hiện nay công tác nghiên cứu biển được Nhà nước tập trung đẩy mạnh để đáp ứng yêu cầu phát triển kinh tế, đặc biệt là vấn đề an ninh quốc phòng trên vùng biển. Có nhiều công trình nghiên cứu có vai trò quan trọng như công trình của Liên đoàn Bản đồ Địa chất miền Nam (1998) "Thành lập đo vẽ bản đồ địa chất và tìm kiếm khoáng sản nhóm tờ Phan Thiết, tỷ lệ 1: 50.000". Trong công trình này diện tích đảo Phú Qúy đã được điều tra địa chất khoáng sản chi tiết, với nhiều lộ trình địa chất trên đảo; tiếp đó là công trình nghiên cứu dưới biển của Nguyễn Biểu và nnk (2010) đã tiến hành điều tra tỷ lệ 1:500.000 ở độ sâu từ 30-100m nước (trong đó có diện tích đảo Phú Qúy) thuộc khuôn khổ thực hiện dự án "Điều tra đặc điểm địa chất, địa động lực, địa chất khoáng sản, địa chất môi trường và dự báo tai biến địa chất các vùng biển Việt Nam tỷ lệ 1:500.000"; công trình nghiên cứu của Đỗ Tử Chung và nnk "Điều tra địa mạo, địa chất, khoáng sản một số đảo và cụm đảo lớn, quan trọng" tỷ lệ 1/50.000 Thuộc Dự án thành phần 2, trong đó đã làm rõ được các đặc điểm địa mạo, địa chất, khoáng sản của vùng biển đảo Phú Qúy.

Tuy nhiên, việc nghiên cứu đặc điểm trầm tích tầng mặt tại vùng biển đảo Phú Qúy chưa được chi tiết và cụ thể. Vì vậy, thông qua bài báo các đặc điểm, quy luật phân bố trầm tích tầng mặt được đánh giá một cách rõ ràng hơn. Kết quả nghiên cứu đã góp phần vào việc xác định sự biến đổi của các yếu tố cổ môi trường và kiến tạo có vai trò trong việc xác định nguồn gốc của trầm tích.

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: phanvanbinh@humg.edu.vn



Hình 1. Sơ đồ vị trí vùng nghiên cứu

Bảng 1. Tọa độ giới hạn vùng nghiên cứu

STT	Số hiệu điểm	Tọa độ		STT	Số hiệu điểm	Tọa độ	
		Vĩ độ	Kinh độ			Vĩ độ	Kinh độ
1	I	10° 36' 29,9"	108° 54' 25,4"	6	VI	10° 27' 03,8"	108° 58' 25,7"
2	II	10° 36' 23,7"	108° 58' 28,4"	7	VII	10° 27' 03,6"	108° 56' 00,4"
3	III	10° 34' 48,4"	108° 59' 46,7"	8	VIII	10° 28' 47,5"	108° 53' 02,8"
4	IV	10° 30' 32,2"	109° 01' 14,9"	9	IX	10° 33' 58,7"	108° 51' 42,2"
5	V	10° 28' 43,9"	109° 00' 43,3"				

2. Cơ sở tài liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở tài liệu

Tài liệu nhóm tác giả đã sử dụng là số liệu thuộc đề án "Điều tra cơ bản tài nguyên, môi trường một số hải đảo, cụm đảo lớn, quan trọng phục vụ quy hoạch phát triển kinh tế biển và bảo vệ chủ quyền lãnh hải" do Trung tâm Quy hoạch và điều tra Tài nguyên-Môi trường biển khu vực phía Bắc chủ trì. Các số liệu cụ thể gồm: 601 mẫu độ hạt và 58 mẫu định lượng khoáng vật trong trầm tích tầng mặt tại vùng biển đảo Phú Qúy.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp khảo sát thực địa

- Tại thực địa thành viên nhóm nghiên cứu tham gia lấy mẫu, ghi chép số hiệu mẫu vào trong sổ mẫu và nhật ký thực địa.

2.2.2. Phương pháp nghiên cứu trong phòng

- Phương pháp phân tích mẫu: Mẫu trầm tích được gia công và phân tích thành phần độ hạt theo phương pháp của Wentworth (1922), sau đó sử dụng phương pháp của Rukhin (1969) để xây dựng đồ thị đường cong tích lũy, đường cong phân bố độ hạt và tính các thông số như: hệ số chọn lọc (So), độ lệch (Sk), đường kính trung bình cấp hạt (Md).

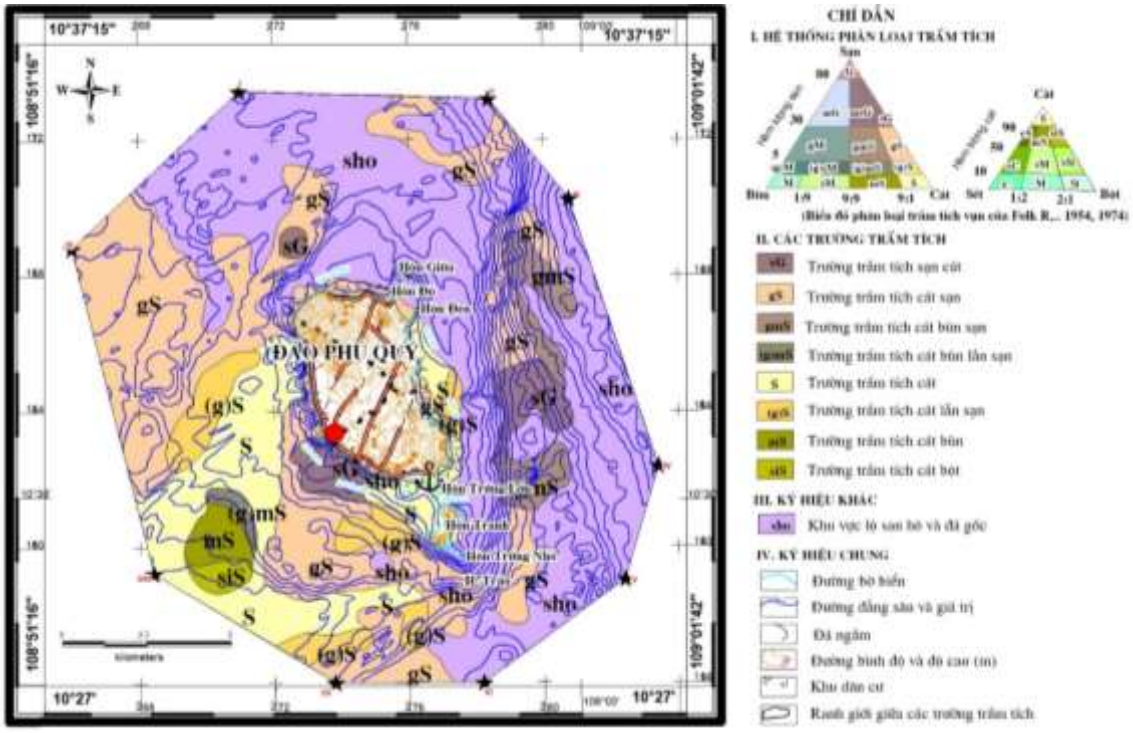
- Phương pháp phân loại trầm tích: Các mẫu được phân loại theo các nhóm: sạn (%), cát (%), bùn (bột và sét) (%), bột (%) và sét (%). Sử dụng chương trình xử lý để phân loại các trường trầm tích theo biểu đồ của Folk (1954) để xác định tên của các trường trầm tích.

- Phương pháp phân tích định lượng khoáng vật: Sử dụng kính hiển vi hai mắt để xác định thành phần các hạt vụn như: thạch anh, felspat, mảnh đá, vụn sinh vật…..

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả

Dựa trên kết quả phân tích mẫu độ hạt, nhóm tác giả đã xác định được 08 trường trầm tích gồm: sạn cát bùn, cát, cát sạn, cát lẫn sạn, cát bùn sạn, cát bùn lẫn sạn, cát bùn, cát bột và bùn sạn. Các trường trầm tích này được phân bố chi tiết như trên hình 2.



*Hình 2. Sơ đồ TTTM vùng biển đảo Phú Qúy (thu nhỏ từ bản đồ tỉ lệ 1: 50.000, (*Hoàng Văn Long, Phan Văn Bình và nnk, 2016)

Các trường trầm tích được mô tả cụ thể như sau:

1. Trầm tích sạn cát - sG

Trầm tích sạn cát phân bố với diện tích nhỏ (7,4km^2) ở khu vực phía Đông ở độ sâu từ 50-75m nước và ven rìa phía Tây đảo Phú Qúy, khu vực lạch Chùa và lạch Ông Bồn tại độ sâu từ bờ ra tới 20m nước. Trầm tích có màu xám, xám nâu chứa nhiều vụn vỏ sò, ốc và san hô. Thành phần cấp hạt: sạn chiếm (31,0 – 67,4%), trung bình =42,38%; cát (30,9- 68,7%), trung bình =55,88%; bùn ít (0,1 – 5,8%), trung bình= 1,75%. Trầm tích có kích thước hạt không đều (hạt thô- rất thô): Md (0,751 – 2,687mm), trung bình =1,534mm. Trầm tích có độ chọn lọc trung bình (So ~1,417 – 2,983, trung bình =1,919; Hệ số bất đối xứng Sk ~0,481 – 2,483, trung bình= 1,002. Cho thấy trầm tích tập trung chủ yếu vào hạt kích thước lớn (sạn). Tỷ lệ thành phần trầm tích vụn: thạch anh trung bình chiếm 14,95%, mảnh đá trung bình chiếm 1,51%, felspat và mica rất ít, vụn sinh vật chiếm 41,01%: chứng tỏ thành phần sạn, cát chủ yếu có nguồn gốc sinh vật ưu thế hơn so với vật liệu nguồn gốc vô cơ.

2. Trầm tích cát sạn – gS

Trầm tích cát sạn chiếm diện tích tương đối lớn trong vùng nghiên cứu (62,5km^2), phân bố ở độ sâu từ 0-50m. Trầm tích có màu xám trắng, xám vàng, xám nâu chứa nhiều vụn sinh vật dạng vỏ sò màu trắng đục, bảo tồn kém. Thành phần cấp hạt: sạn (5,28 – 29,92%), trung bình =16,37%; cát (65– 94,3%), trung bình =80,76%; bột trung bình= 2,81%, bùn trung bình =2,87%. Trầm tích có kiến trúc cát hạt trung thô: Md (0,166– 1,286mm), trung bình= 0,728mm. Trầm tích có độ chọn lọc trung bình: So (1,16 – 2,881), trung bình= 1,823. Hệ số bất đối xứng Sk: (0,701 – 4,57) trung bình =1,159: trầm tích nghiêng nhiều về phía hạt thô. Tỷ lệ thành phần trầm tích vụn: thạch anh (3,39-50,16%), trung bình =14,89%; mảnh đá (0,01-1,38) trung bình chiếm 0,45%, felpat và mica rất ít, vụn sinh vật (27,67-82,31%), trung bình =47,57%: chứng tỏ thành phần sạn, cát chủ yếu có nguồn gốc sinh vật ưu thế.

3. Trầm tích cát bùn sạn – gmS

Trầm tích cát bùn sạn chiếm diện tích (6,73km^2) trong vùng nghiên cứu, phân bố chủ yếu khu vực phía Đông và Đông Nam đảo Phú Qúy ở nơi tương đối sâu (50-95m). Trầm tích có màu xám, xám nâu, xám xanh chứa nhiều vụn sinh vật dạng vỏ sò màu trắng đục, bảo tồn kém. Thành phần cấp hạt: sạn (6,76 – 28,4%), trung bình =19,34%; cát (61,5– 83,25%), trung bình =68,19%; bột trung bình= 11,74%, bùn trung bình =12,47%. Trầm tích có kiến trúc cát hạt trung thô: Md (0,228– 1,254mm), trung bình= 0,673mm. Trầm tích có độ chọn lọc kém: So (1,7 – 4,224), trung bình= 2,610. Hệ số bất đối xứng Sk: (0,474 – 1,8) trung bình =1,112: trầm tích nghiêng nhiều về phía hạt thô. Tỷ lệ thành phần trầm tích vụn:

thạch anh (19,95-55,26%), trung bình =38,04%; mảnh đá (1,04-10,04%) trung bình chiếm 3,98%, felpat và mica rất ít, vụn sinh vật (19,36-37,16%), trung bình =28,44%, chứng tỏ thành phần sạn, cát có sự pha trộn giữa thành phần nguồn gốc vụn sinh vật (san hô, vỏ sò ốc…) và nguồn gốc lục địa (thạch anh, mảnh đá), tuy nhiên hợp phần vụ sinh vật có xu hướng giảm hơn so với các trường trầm tích hạt thô (sạn).

4. Trầm tích cát bùn lẫn sạn – (g)mS

Trầm tích cát bùn lẫn sạn chiếm diện tích nhỏ (0,9km^2) trong vùng nghiên cứu, phân bố chủ yếu khu vực phía Tây- Tây Nam đảo Phú Qúy ở nơi tương đối sâu (30-35m). Trầm tích có màu xám, xám nâu, xám xanh chứa nhiều vụn sinh vật dạng vỏ sò màu trắng đục, bảo tồn kém.

Thành phần cấp hạt: sạn (1,4 – 4,3%), trung bình =3,0%; cát (64,7– 88,5%), trung bình =76,2%; bột trung bình= 18,8%, bùn trung bình =20,8%. Trầm tích có kiến trúc cát hạt trung mịn: Md (0,126– 1,225mm), trung bình= 0,173mm. Trầm tích có độ chọn lọc kém: So (1,256 – 4,261), trung bình= 2,478. Hệ số bất đối xứng Sk: (0,458 – 1,212) trung bình =0,930: trầm tích nghiêng nhiều về phía hạt mịn và thể hiện xu thế tích tụ chiếm ưu thế hơn so với quá trình bóc mòn. Tỷ lệ thành phần trầm tích vụn: thạch anh trung bình =24,26%; mảnh đá trung bình chiếm 6,99%, felpat và mica rất ít, vụn sinh vật trung bình =56,73%: chứng tỏ thành phần sạn, cát có sự pha trộn giữa thành phần nguồn gốc vụn sinh vật (san hô, vỏ sò ốc…) và nguồn gốc lục địa (thạch anh, mảnh đá), nhưng thành phần thạch anh ít hơn.

5. Trầm tích cát- S

Trầm tích cát chiếm diện tích 27,3 km^2, phân bố ở khu vực phía Tây- Tây Nam đảo Phú Qúy, tại độ sâu 5- 45m, trầm tích có màu xám xanh, xám nâu. Thành phần cấp hạt: sạn chiếm trung bình= 0,4%, cát (90,15- 99,9%), trung bình 96,2%; bùn (0,1- 9,7%), trung bình= 3,5%. Trầm tích có kích thước cát hạt mịn: Md trung bình= 0,254; độ chọn lọc tốt: So =1,3; trầm tích nghiêng về các hạt có kích thước hạt thô: Sk =1,065. Thành phần trầm tích: thạch anh= 37,52%, vụn sinh vật= 40,65%, mảnh đá chiếm 7,74%; felspat và mica rất ít: chứng tỏ thành phần sạn, cát có sự pha trộn giữa thành phần nguồn gốc vụn sinh vật (san hô, vỏ sò ốc…) và nguồn gốc lục địa (thạch anh, mảnh đá).

6. Trầm tích cát lẫn sạn- (g)S

Trầm tích cát chiếm diện tích 9,65 km^2, phân bố rải rác ở khu vực phía Tây- Tây Nam đảo Phú Qúy, nơi có địa hình đáy biển tương đối bằng phẳng, tại độ sâu 25-30m có nới lên tới 40m, trầm tích có màu xám xanh, xám nâu. Thành phần cấp hạt: sạn chiếm trung bình= 3,18%, cát (86,0- 98,0%), trung bình 93,76%; bùn (0,4- 9,3%), trung bình= 3,06%. Trầm tích có kích thước cát hạt trung: Md trung bình= 0,45; độ chọn lọc tốt: So =1,458; trầm tích nghiêng về các hạt có kích thước hạt thô: Sk =1,042. Thành phần trầm tích: thạch anh= 27,9%, vụn sinh vật= 40,9%, mảnh đá chiếm 1,9%; felspat và mica rất ít: chứng tỏ thành phần sạn, cát có sự pha trộn giữa thành phần nguồn gốc vụn sinh vật (san hô, vỏ sò ốc…) và nguồn gốc lục địa (thạch anh, mảnh đá), nhưng nguồn gốc vụn sinh vật ưu thế hơn, đặc trưng cho nguồn vật liệu trầm tích tại chỗ.

7. Trầm tích cát bùn – mS

Trầm tích phân bố chủ yếu ở khu vực phía Tây Nam đảo Phú Qúy nơi có địa hình trũng xuống, ở độ sâu 20- 45m. Chiếm diện tích là 2,67km^2, trầm tích cát bùn xám xanh, xám nâu.

Thành phần cấp hạt: sạn không thấy xuất hiện rất it trong trầm tích; cát (86,7– 89,32%), trung bình= 89,38%; bùn (10,5–12,7%), trung bình =11,08%. Trầm tích có kiến trúc cát rất mịn: Md (0,128– 0,152mm), trung bình =0,137mm. Trầm tích có độ chọn lọc tốt: So (1,2 – 1,256), trung bình= 1,228. Hệ số bất đối xứng Sk: (0,936 – 1,02), trung bình =0,981: trầm tích nghiêng nhiều về phía hạt mịn. Tỷ lệ thành phần trầm tích vụn: thạch anh chiếm (38,95-42,84%), trung bình =40,9%; mảnh đá chiếm (14,08-21,88%), trung bình =17,98%; felpat và mica rất ít, vụn sinh vật trung bình = 31,11%. Từ các số liệu trên chứng tỏ nguồn vật liệu trầm tích cát bùn trên có nguồn gốc chủ yếu là cát thạch anh được di chuyển từ khu vực khác mang đến và kết hợp với nguồn vật liệu cát vụn sinh vật tại chỗ (vụn san hô, vụn vỏ sò ốc…).

8. Trầm tích cát bột – siS

Trầm tích cát bột chiếm diện tích nhỏ trong vùng nghiên cứu, chủ yếu tập trung ở nơi có độ sâu lên tới 45m; trầm tích cát bột màu xám xanh, xám nâu. Thành phần các cấp hạt: sạn hầu như không có; cát chiếm (86,2 – 88,4%) trung bình =87,3%; bột (11,6 – 13,8%) trung bình= 12,7%. Trầm tích có kiến trúc cát mịn: Md (0,128– 0,135mm), trung bình =0,132mm. Trầm tích có độ chọn lọc tốt- kém So: (1,217 – 1,272) trung bình =1,245; hệ số bất đối xứng Sk: (0,98– 0,988) trung bình =0,984: trầm tích nghiêng về cấp hạt mịn thể hiện môi trường yên tĩnh và tích tụ chiếm ưu thế.



Ảnh.1. Trầm tích cát sạn màu xám vàng - xám nâu tại trạm PQ15-T333



Ảnh 2. Trầm tích cát màu xám-xám xanh tại trạm PQ15-T283



Ảnh 3. Trầm tích cát bùn sạn màu xám - xám nâu tại trạm PQ15-T367

3.2. Thảo luận

Trên sơ đồ phân bố trầm tích tầng mặt (Hình 2) cho thấy các thành tạo này có đặc điểm phân bố của các trầm tích tương đối đơn giản bao gồm chủ yếu là các trầm tích hạt thô (sạn cát, cát sạn, cát, cát bùn sạn,...) nhìn tổng quan trên bản đồ thấy được các trường trầm tích phân bố kéo dài theo phương Bắc Tây Bắc – Nam Đông Nam. Do khu vực đảo Phú Quý nằm khá xa đất liền nên vật liệu lục nguyên từ lục địa ra chủ yếu lắng đọng phần ven bờ, chỉ một lượng ít trầm tích hạt mịn được các dòng hải lưu mang ra dưới dạng vật chất lơ lửng. Về cơ bản thì nguồn trầm tích tâng mặt được cung cấp bởi nguồn sinh vật và phong hóa từ các thành tạo phun trào tại chỗ.

Trên cơ sở phân tích đặc điểm phân bố trầm tích tầng mặt kết hợp với các yếu tố địa hình, địa mạo có thể khái quát hóa quy luật phân bố trầm tích tầng mặt vùng biển đảo Phú Qúy như sau: Địa hình đảo nổi và phần dưới biển đều kéo dài theo phương TB-ĐN. Vì vậy lấy phương TB-ĐN làm trục có thể chia vùng nghiên cứu thành 2 phần (khu vực) rõ ràng bao gồm phần phía Tây và phần phía Đông của đảo.

- Khu vực phía Đông với đặc điểm địa hình, địa mạo đáy biển thay đổi so với phía Tây. Địa hình đáy biển trũng thấp tới 100m so với mực nước biển, địa hình sườn tương đối dốc và có mặt rất ít của trầm tích. Ở độ sâu từ 0- 5m so với mực nước biển: trầm tích chủ yếu là trầm tích cát, cát sạn và cát lẫn sạn, phân bố dọc theo địa hình đường bờ biển. Từ 20- 30m so với mực nước biển: địa hình đáy biển dốc – rất dốc, tại đây chỉ lộ đá gốc và không có sự lắng đọng trầm tích. Từ 50- 90m: trầm tích lắng đọng tại chân sườn dốc và kéo dài theo đáy địa hình phương Bắc- Nam. Ngoài khu vực 90m nước lộ đá gốc và san hô không thấy sự có mặt của trầm tích. Điều này minh chứng cho từng thời kỳ biển tiến Flandrian dừng đầu tiên ở mực nước sâu 90m, để lại dấu ấn mặt mài mòn ở sườn Đông khối bazan Phú Qúy, tạo sườn lõm ở 80-90m so với mực nước biển. Về sau, khi nước biển dâng tiếp, phần lõm này được lắng đọng bởi các trầm tích biển tuổi Holocen sớm.

- Khu vực phía Tây có đặc điểm địa hình, địa mạo đáy biển tương đối đơn giản, bề mặt đáy tương đối bằng phẳng, độ sâu dao động 10-20m, trừ một vài điểm tạo thành trũng khoét sâu lên tới 40- 50m (Hình 2). Bề mặt đáy biển khu vực này chủ yếu tích tụ các trầm tích cát, cát sạn ít hơn là cát lẫn sạn, rất ít là cát bột và cát bùn lẫn sạn, lộ rất ít san hô và đá gốc. Các trường trầm tích này có đặc trưng bởi độ chọn lọc tốt (S_0 trung bình 1,3). Cũng từ kết quả phân tích độ hạt cho thấy phần trăm hợp phần cát chiếm chủ yếu trên toàn khu vực (30,9-99,9%, trung bình 80,3%). Như vậy, khu vực phía Tây đảo Phú Qúy quá trình lắng đọng chiếm ưu thế, năng lượng dòng chảy mạnh với các hợp phần trầm tích chủ yếu là cát, cát sạn, cát lẫn sạn, có kích thước trung bình Md: 0,5mm tương đương với cấp cát hạt trung.

4. Kết luận

Dựa trên kết quả nghiên cứu các tác giả đưa ra một số kết luận sau: Vùng biển đảo Phú Qúy gồm 08 trường trầm tích khác nhau gồm: trầm tích sạn cát, cát sạn, cát bùn sạn, cát bùn lẫn sạn, cát, cát lẫn sạn, cát bùn và cát bột.

Kết quả phân tích định lượng khoáng vật cho thấy trầm tích vùng biển đảo Phú Qúy chứa chủ yếu là vụn vỏ, xương sinh vật (vỏ sò, xương san hô...) chiếm 19,4 – 82,3% trung bình 40,7%, và một lượng lớn là thạch anh (Q: 3,3-61,3%, trung bình 30,3%), mảnh đá (R: 0-21,9%) trung bình 6%; felspat và mica rất ít. Với thành phần chủ yếu là các trầm tích cát, cát sạn, cát lẫn sạn, cát bùn sạn, độ chọn lọc trung bình đến tốt. Vì vậy trầm tích có nguồn gốc pha trộn giữa nguồn tại sinh và di chuyển từ lục địa theo mạng sông suối hoặc từ các vùng biển lân cận sau đó tái lắng đọng.

Sự phân bố của các trường trầm tích phức tạp: Khu vực phía Đông với đặc điểm địa hình địa mạo đáy biển thay đổi phức tạp so với phía Tây nên các trầm tích của vùng chủ yếu tập trung các trầm tích hạt thô pha trộn với các hợp phần hạt mịn (cát bùn sạn, sạn cát,…) trên nền đá gốc, trong khi đó khu vực phía Tây có đặc điểm địa hình địa mạo đáy biển tương đối đơn giản, phân bố chủ yếu của các trường: cát, cát

sạn ít hơn là cát lẫn sạn, cát bột và cát bùn lẫn sạn. Như vậy, khu vực phía Tây đảo Phú Qúy quá trình lắng đọng chiếm ưu thế, năng lượng dòng chảy yếu hơn so với phía Đông. Điều này cũng cho thấy yếu tố thủy động lực và địa hình đáy biển ở đây đóng vai trò quan trọng trong sự phân dị trầm tích.

Lời cảm ơn

Các tác giả ghi nhận sự giúp đỡ của Trung tâm Quy hoạch và điều tra Tài nguyên-Môi trường biển khu vực phía Bắc đã tạo điều kiện để tác giả tham gia công tác thực địa và cung cấp các kết quả phân tích mẫu độ hạt, mẫu định lượng khoáng vật để các tác giả thực hiện bài báo này.

Tài liệu tham khảo

Nguyễn Biểu và nnk, 2001. *Báo cáo tổng kết Đề án "Điều tra Địa chất và tìm kiếm khoáng sản rắn biển nông ven bờ (0–30m nước) Việt Nam, tỷ lệ 1:500.000*. Lưu trữ tại Trung tâm Điều tra tài nguyên-môi trường biển, Hà Nội.

Hoàng Văn Long, Phan Văn Bình và nnk, 2016. Báo cáo "*Lập bản đồ trầm tích tầng mặt đảo Phú Qúy", thuộc dự án "Điều tra cơ bản tài nguyên, môi trường một số hải đảo, cụm đảo lớn, quan trọng phục vụ quy hoạch phát triển kinh tế biển và bảo vệ chủ quyền lãnh hải*". Lưu trữ Trung tâm Điều tra tài nguyên- môi trường biển, Hà Nội.

Đỗ Tử Chung và nnk, 2016. Báo cáo "*Điều tra địa mạo, địa chất, khoáng sản một số đảo và cụm đảo lớn, quan trọng, tỷ lệ 1/50.000*" Thuộc Dự án thành phần 2. Lưu trữ Trung tâm Điều tra tài nguyên- môi trường biển, Hà Nội.

Folk, R.L., 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks, Austin, Texas*. Hemphill Press, 182 pp.

Rukhin, L. B., 1969. *Cơ sở trầm tích luận (Tiếng Nga*). National Technical Publishing House, Moscow, ?? pp.

Wentworth, C. K., 1922. A scale of grade class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30, 22 pp

ABSTRACT

Characteristics of surface sediments in Phu Quy island

Phan Van Binh[1,2], Hoang Van Long[3], Le Anh Thang[4], Nguyen Huu Hieu[4]
Ngo Thi Kim Chi[1,2], Bui Vinh Hau[1,2], Vu Anh Dao[1,2], Nguyen Huu Hiep[1,2]
[1] Hanoi university of Mining and Geology
[2] Key research group "Tectonics and Geodynamics for Geo-resources, Environment and Sustainable Development", Hanoi University of Mining and Geology
[3] Vietnam Petroleum Institute
[4] Northern Center for Planing and Investigation of Marine resources – environment

The authors collected 601 grain size samples and 58 quantitative mineral samples of surface sediments in Phu Quy Island, Binh Thuan Province of Vietnam to determine their distribution and origin characteristics. The grain size results show that surface sediments of Phu Quy island include 08 different fields: sandy gravel, gravelly sand, gravelly muddy sand, muddy sand mix gravelly, sand, sand mixed gravel, muddy sand, silty sand. The quantitative mineral results display that surface sediments of Phu Quy island consist mainly of quartz (Q: 3.3–61.3%), stone fragments (R: 0.1–21.9%), very little feldspar and mica. This indicates that surface sediments can come from multi-origins in this studied area. The distribution of sedimentary fields are quite complex. The Eastern region has complex seabed geomorphological characteristics compared to the West, so the region's sediments mainly concentrate coarse-grained sediments mixed with fine-grained components (sandy gravel, gravelly muddy sand, etc.) on bedrock, while the western region has relatively simple seabed geomorphology with the main sediment field: sand, gravelly sand, less sand mixed with grit, very little sand mixed with silt and muddy sand. Thus, in the western area of Phu Quy island, the sedimentation process dominates, the flow energy is weaker with the main sediment components being sand, gravelly sand, sand mixed gravel. This shows that the seabed morphology and hydrodynamic currents play an important role in controlling the surface sediment distribution in Phu Quy island.

Keywords: Surface sediments, grain size, Phu Quy island, mineral compositions

Nhu cầu của du khách về loại hình du lịch địa chất tại huyện Hữu Lũng và huyện Bắc Sơn (Lạng Sơn)

Phan Văn Bình[1,2,*], Bùi Vinh Hậu[1,2], Phạm Trường Sinh[1],
Nguyễn Trung Thành[1], Đỗ Mạnh An[1], Nguyễn Thị Minh Thư[1]
[1] Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[2] Nhóm nghiên cứu mạnh "Kiến tạo và Địa động lực với tài nguyên Địa chất, Môi trường và Phát triển bền vững", Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT
Hữu Lũng và Bắc Sơn là 2 trong số 8 huyện thuộc Công viên địa chất Lạng Sơn, là nơi có quá trình hình thành và phát triển địa chất, địa mạo tương đối phức tạp, được biết đến với các hang động, hồ đập tự nhiên và nhiều cảnh quan thiên nhiên kỳ vĩ, độc đáo như: Thung lũng Bắc Sơn, Thảo nguyên Đồng Lâm, Khu bảo tồn thiên nhiên Hữu Liên, Hang Dơi, Hang Keng Tao … Qua kết quả khảo sát thấy được lượng khách từ các thành phố, đô thị chiếm 52,9%, khách đến từ vùng nông thôn chiếm 28,7% và khách từ miền núi là 18,4%; về độ tuổi: tỉ lệ khách du lịch dưới 28 tuổi là nhiều nhất, chiếm 74,7%; khách du lịch ở độ tuổi 28 đến 42 tuổi chiếm 16,1%, khách du lịch ở độ tuổi trung niên (43 đến 57 tuổi) là 6,9% và lớn tuổi (>57 tuổi) chiếm tỉ lệ tương đối thấp 2,3%; nhu cầu của du khách đến với 2 huyện chủ yếu là muốn tham quan thắng cảnh: hang động, thác nước, núi non hùng vỹ chiếm 59,6%; Du khách muốn đi du lịch tại Hữu Lũng và Bắc Sơn do: sở thích khám phá chiếm 57,4%; du khách đánh giá có giá trị địa chất độc đáo, hiếm thấy chiếm 48,9%, có nhiều giá trị về thẩm mỹ chiếm 46,8%. Kết quả nghiên cứu này cho thấy nhu cầu của du khách về loại hình du lịch địa chất là rất cao, kết quả nghiên cứu có giá trị lớn cho các nhà quản lý quy hoạch, định hướng xây dựng, bảo tồn các điểm di sản địa chất và phát triển kinh tế, du lịch tại huyện Hữu Lũng và Bắc Sơn nói riêng và của Việt Nam nói chung.

Từ khóa: Hữu Lũng, Bắc Sơn, hang động, địa mạo, du lịch địa chất

1. Đặt vấn đề

Cùng với sự phát triển mạnh mẽ về kinh tế, kỹ thuật và cơ sở hạ tầng, nhằm mục đích nâng cao chất lượng cuộc sống của xã hội. Phải kể đến ngành du lịch, đây được xem như là một trong ba ngành kinh tế mũi nhọn; được chú trọng đầu tư; không ngừng phát triển và có những đóng góp tích cực vào nền kinh tế quốc gia, du lịch giúp củng cố và phát triển mối quan hệ kinh tế với các nước trên thế giới cũng như thúc đẩy phát triển giao thông quốc tế và đem lại thu nhập cho người dân (Phương Loan, 2021).

Bên cạnh đó phát triển du lịch bền vững đang là một mục tiêu hàng đầu trong các chính sách phát triển du lịch của Việt Nam và Du lịch địa chất là một loại hình du lịch bền vững như thế. Du lịch địa chất mang lại sự trải nghiệm mới lạ cho du khách muốn tham gia vào những chuyến đi đầy thử thách, mới lạ và hấp dẫn, mang tính giáo dục khuyến khích cộng đồng tham gia vào công tác bảo tồn, gìn giữ các điểm di sản.

Việt Nam là một trong những quốc gia có tài nguyên thiên nhiên phong phú, đa dạng. Đến thời điểm hiện tại Việt Nam hiện đã có 3 Công viên được UNESSCO công nhận là Công viên địa chất toàn cầu, bao gồm Cao nguyên đá Đồng Văn được công nhận vào năm 2010, Công viên địa chất Non nước Cao Bằng (2018) và Công viên Địa chất Đắk Nông (2020). Ngoài những di sản trên, nước ta còn có không ít những kỳ quan thiên nhiên chưa được khai thác cho du lịch địa chất. Trong đó phải kể đến tỉnh Lạng Sơn là vùng đất phía đông bắc của Việt Nam, có nhiều lợi thế nhờ sự kết hợp phong phú, hài hòa giữa vị trí địa lý, cảnh sắc núi non hùng vĩ, tài nguyên du lịch tự nhiên đa dạng và chiều sâu văn hóa của vùng đất.

Nhận thấy được tiềm năng to lớn cho loại hình du lịch địa chất còn đang bỏ ngỏ trong khi nhu cầu trải nghiệm du lịch của du khách rất lớn, tập thể tác giả tiến hành thực hiện nghiên cứu "Nhu cầu của du khách về loại hình du lịch địa chất tại huyện Hữu Lũng và huyện Bắc Sơn (Lạng Sơn)" với mục đích đánh giá nhu cầu của du khách về loại hình du lịch địa chất thông qua một số điểm đến của 2 huyện Hữu Lũng và Bắc Sơn, tỉnh Lạng Sơn. Qua nghiên cứu này có thể mang lại giá trị lớn cho các nhà quản lý quy hoạch, định hướng xây dựng, bảo tồn các điểm di sản địa chất cũng như phát triển ngành du lịch địa chất của Hữu Lũng và Bắc Sơn nói riêng và của Việt Nam nói chung.

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: phanvanbinh@humg.edu.vn



Hình 1. Vị trí huyện Hữu Lũng và huyện Bắc Sơn (Lạng Sơn).

2. Cơ sở lý luận và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở lý luận

2.1.1. Du lịch

Theo Luật Du lịch (2017), Du lịch là các hoạt động có liên quan đến chuyến đi của con người ngoài nơi cư trú thường xuyên trong thời gian không quá 01 năm liên tục nhằm đáp ứng nhu cầu tham quan, nghỉ dưỡng, giải trí, tìm hiểu, khám phá tài nguyên du lịch hoặc kết hợp với mục đích hợp pháp khác.

2.1.2. Nhu cầu du lịch

Theo Nguyễn Văn Đính và Trần Thị Minh Hòa (2009), nhu cầu du lịch là sự mong muốn của con người đi đến một nơi khác với nơi ở thường xuyên của mình để có được những xúc cảm mới, trải nghiệm mới, hiểu biết mới, để phát triển các mối quan hệ xã hội, phục hồi sức khoẻ, tạo sự thoải mái dễ chịu về tinh thần.

Nhu cầu của khách du lịch là những mong muốn cụ thể của khách du lịch trong một chuyến du lịch cụ thể, nó bao gồm: nhu cầu thiết yếu, nhu cầu đặc trưng và nhu cầu bổ sung.

Các nghiên cứu đi sâu việc tìm hiểu nhu cầu du lịch địa chất của du khách tại một số điểm đến của 2 huyện Hữu Lũng và Bắc Sơn tỉnh Lạng Sơn với các câu hỏi cho du khách như: lý do du khách đến các điểm đến này là gì, điểm đến có an toàn, hấp dẫn, dễ tiếp cận hay giá trị thẩm mỹ của điểm đến, điểm đến có hấp dẫn không, hình thức du lịch là gì…

2.1.3. Du lịch địa chất

Theo Newsome và Dowling 2018, Du lịch địa chất có tính tổng hợp: tất cả các thành tố của đặc điểm địa chất, địa mạo, địa lý, văn hóa, lịch sử được kết hợp để tạo ra các trải nghiệm phong phú hơn và thuyết phục hơn đối với nhiều đối tượng du khách khác nhau.

Một sự kết hợp giữa bảo tồn di sản địa chất với du lịch có thể đem lại hiệu quả cao trong việc bảo vệ các giá trị của di sản và tránh được sự xung đột giữa bảo tồn di sản địa chất và khai thác du lịch. Một hình thức du lịch kết hợp với địa chất như vậy được gọi du lịch địa chất. Tổ chức UNESCO cũng đã nhấn mạnh sự phát triển du lịch địa chất như là một động lực mang tới sự tăng trưởng kinh tế bền vững, có lợi cho việc bảo tồn thiên nhiên. Thông qua du lịch địa chất có thể tuyên truyền, phổ biến những kiến thức về thiên nhiên với con người.

Như vậy du lịch địa chất có thể hiểu là loại hình du lịch gắn với bảo tồn và phát huy giá trị của các đặc điểm địa chất, địa mạo, địa lý của 1 khu vực cũng như các thành tố về môi trường, văn hóa, phong cảnh, di sản, và cuộc sống của người dân bản địa và tại Lạng Sơn đều mang những đặc điểm đó. Thông qua loại hình du lịch này du khách sẽ có được nhiều hiểu biết hơn về các quá trình hình thành các cảnh quan thiên nhiên, và những nét văn hóa, lịch sử của Hữu Lũng và Bắc Sơn.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp thu thập dữ liệu

Dữ liệu thứ cấp là nguồn số liệu đã được tính toán công bố trên các trang thông tin chính thống và tập hợp tính toán tổng hợp từ báo cáo của các ngành, các xã, các công trình nghiên cứu liên quan, các văn bản chính sách của Nhà nước, sách, báo và thông tin trên Internet và tác phẩm nghiên cứu liên quan đến tình hình phát triển du lịch địa chất ở trong nước và nước ngoài;

Dữ liệu sơ cấp được thu thập qua khảo sát thực tế để trực tiếp quan sát và tìm hiểu thông tin về các điểm đến. Bên cạnh đó là các dữ liệu liên quan tới bảng hỏi với các nội dung phỏng vấn đã được in sẵn dành cho khách du lịch trả lời với 5 mức độ đánh giá theo thang đo Likert: Hoàn toàn đồng ý; đồng ý;

trung lập; không đồng ý; hoàn toàn không đồng ý. Số phiếu thu thập được gồm 87 phiếu, các câu hỏi sát với nội dung nghiên cứu và phần nào cho thấy được tiềm năng phát triển cũng như nhu cầu cần thiết phát triển du lịch địa chất của vùng.

Dựa trên những nghiên cứu, đánh giá qua việc khảo sát bằng bảng điều tra, chúng tôi đã thu được các kết quả về nhu cầu du lịch địa chất của một nhóm du khách đến với 2 huyện Hữu Lũng, Bắc Sơn.

2.2.2. Phương pháp phân tích dữ liệu

Dựa trên các kết quả thu thập, nhóm nghiên cứu tiến hành sử dụng các phương pháp phân tích dữ liệu như phương pháp thống kê mô tả, phân tích bảng chéo để kiểm định mối quan hệ giữa nhu cầu du lịch địa chất với các biến về nhân khẩu học (nơi đến, độ tuổi,…), (Nguyễn Thị Tú Trinh, Nguyễn Hồng Đào, 2018).

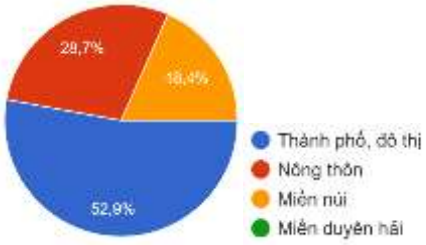
Từ kết quả nghiên cứu đó kết hợp với tình hình thực tế của địa phương, tác giả tiến hành phân tích, đánh giá, suy luận nhằm định hướng và đưa ra các giải pháp phát triển du lịch địa chất tại Hữu Lũng và Bắc Sơn tỉnh Lạng Sơn.

3. Kết quả và thảo luận

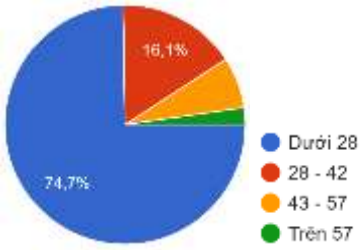
3.1. Thông tin du khách

Theo kết quả khảo sát với 87 phiếu thu được, số du khách đến từ các thành phố, đô thị chiếm tỉ lệ nhiều nhất, lên đến 52,9%; xếp sau đó là số du khách đến từ vùng nông thôn chiếm 28,7%; du khách đến từ miền núi chiếm 18,4%.

Điều này cho thấy, hiện nay cùng với việc nghỉ ngơi và thư giãn, nhiều du khách mong muốn lựa chọn một không gian thiên nhiên yên bình để nghỉ ngơi. Trong khi loại hình du lịch biển vẫn là lựa chọn hàng đầu, thì du lịch tại các vùng núi đang là một lựa chọn hấp dẫn trong những năm gần đây. Bầu không khí trong lành của miền núi sẽ thu hút phần lớn khách du lịch đến từ các thành phố, đô thị đến tham quan, nghỉ dưỡng. Huyện Hữu Lũng, Bắc Sơn đang trở nên hấp dẫn du khách đến từ các thành phố, đô thị trong thời gian gần đây với những thảo nguyên, thác nước, sông hồ đầy hùng vỹ.



Hình 2. Biểu đồ thể hiện nơi sinh sống của du khách.



Hình 3. Biểu đồ thể hiện tỉ lệ về độ tuổi của du khách.

Qua điều tra đánh giá, với câu hỏi kênh thông tin du khách biết đến 2 huyện Hữu Lũng, Bắc Sơn tỉnh Lạng Sơn, có thể thấy 2 phương án du khách lựa chọn nhiều nhất là thông qua bạn bè giới thiệu và qua Internet (Bảng 1). Bạn bè hoặc người thân là kênh thông tin gần gũi và dễ tiếp cận nhất đến khách du lịch. Ngoài ra, sự phát triển nhanh chóng và phổ biến của Internet giúp khách du lịch có cơ hội tiếp cận trực tiếp với thông tin và sử dụng nó thay vì nhận trợ giúp từ các bên dịch vụ trung gian như trước, đặc biệt là sau đại dịch Covid-19, các địa điểm du lịch hướng về thiên nhiên nổi lên như một xu hướng trong du lịch.

Bảng 1. Tỷ lệ kênh thông tin du khách biết đến Hữu Lũng, Bắc Sơn

Kênh thông tin tiếp cận	Số lượng người lựa chọn	Tỷ lệ lựa chọn của du khách (%)/100%
Bạn bè giới thiệu	29	61,7
Đài, tivi	15	31,9
Internet	29	61,7
Sách báo	11	23,4
Hội chợ, triển lãm	8	17,0
Là người địa phương	3	6,4

3.2. Nhu cầu du lịch địa chất của du khách

Qua khảo sát có thể nhận thấy các lý do du khách có nhu cầu trải nghiệm du lịch địa chất: Du khách muốn tham quan thắng cảnh hang động, thác nước, núi non hùng vỹ (núi Nà Lay, hang Keng Tao, thảo nguyên Đồng Lâm, Thung lũng Bắc Sơn…) chiếm 59,6%; Du khách muốn đến vì sở thích khám phá chiếm 57,4%; Du khách đến Hữu Lũng, Bắc Sơn vì nhận thấy có nhiều giá trị địa chất độc đáo, hiếm thấy chiếm 48,9%; Du khách lựa chọn đến vì nhận thấy các địa điểm có nhiều giá trị về thẩm mỹ chiếm 46,8%. Các lý do khách có tỉ lệ lựa chọn thấp hơn như do bạn bè rủ; du lịch để tìm hiểu các giá trị văn hóa, lịch sử; do tính tò mò; do dễ tiếp cận; quảng cáo hấp dẫn; do các địa điểm an toàn, ít rủi ro (Bảng 2).

Bảng 2. Nhu cầu của du khách đến Hữu Lũng, Bắc Sơn

Lý do, nhu cầu	Số lượng người lựa chọn	Tỷ lệ lựa chọn của du khách (%)/100%
Bạn bè rủ	19	40,4
Tò mò	15	31,9
Thích khám phá	27	57,4
Quảng cáo hấp dẫn	5	10,6
Dễ tiếp cận các điểm đến	7	14,9
Thăm quan thắng cảnh hang động, thác nước, thảo nguyên, núi non hùng vĩ	28	59,6
Tìm hiểu giá trị văn hóa, lịch sử	16	34,0
Có nhiều giá trị địa chất độc đáo	23	48,9
Có nhiều giá trị về thẩm mỹ	22	46,8
An toàn, ít rủi ro	3	6,4

3.3. Một số điểm đến đặc trưng

Một số điểm có giá trị địa chất độc đáo, có giá trị thẩm mỹ thu hút du khách khi đến 2 huyện Hữu Lũng và huyện Bắc Sơn được du khách quan tâmm đó là những cảnh quan karst nổi bật như thảo nguyên Đồng Lâm, núi Nà Lay, hang Keng Tao… Đây là những điểm đến được hình thành trên nền địa chất là các thành tạo đá vôi có tuổi 250-350 triệu năm thuộc vào giai đoạn tuổi Cacbon-Permi (C-P_{2bs}) trải qua quá trình hoạt động địa chất lâu dài mới hình thành nên cảnh quan thiên nhiên hùng vĩ và hấp dẫn du khách. Quá trình phong hóa hóa học các lớp đá vôi tại nên các thung lũng (karst) với địa hình khá bằng phẳng là điều kiện thuận lợi cho người dân nơi đây lưu trú, sinh hoạt, từ đó đã hình thành các bản làng, đồng thời tạo ra các nét văn hóa đặc trưng cho vùng miền. Như Làng sinh thái cộng đồng Hữu Liên được bao bọc xung quanh là núi đá vôi ở giữa là thung lũng đồng ruộng và rừng núi đất thấp. Là một điểm đến vô cùng hấp dẫn không chỉ về sự đa dạng sinh học, sở hữu nhiều dạng địa hình đặc trưng như: núi đá vôi, thác nước, hang động, sông ngầm, hẻm núi, và nhiều giá trị về văn hóa, lễ hội, di tích lịch sử của người dân tộc Tày, dân tộc Dao sinh sống qua nhiều thế hệ với nét văn hóa kiến trúc nhà sàn tồn tại song song với di sản văn hóa phi vật thể như: hát pá xoan, hát nhả tơ, hát then, cùng với những trang phục độc đáo của dân tộc Dao chỉ có ở xã Hữu Liên.

Tiếp theo đó là thảo nguyên Đồng Lâm với diện tích rộng gần 100 ha, trải dài 1,5 km, được hình thành bởi quá trình địa chất phức tạp hàng trăm triệu năm, đặc trưng là quá trình phong hóa hóa học diễn ra mạnh mẽ. Tại đây vào mùa khô thảo nguyên là cánh đồng cỏ xanh, thảm thực vật phong phú cùng với những vách núi đá hoang sơ, kỳ vĩ; mùa mưa thảo nguyên là hồ nước trong xanh với các thác nước... mang vẻ đẹp hữu tình. (Hình 4 và Hình 5)

Một địa điểm mang tính kết nối giữa những vẻ đẹp thiên nhiên với nét văn hóa đặc trưng của vùng miền là Làng văn hóa du lịch cộng đồng Quỳnh Sơn, đây là một ngôi làng vô cùng đặc biệt với hàng trăm mái nhà sàn cùng quay về 1 phía, được nhiều du khách quan tâm trong thời gian gần đây (Hình 6).



Hình 4. Thảo nguyên Đồng Lâm vào mùa khô (tháng 9- tháng 4 năm sau)



Hình 5. Thảo nguyên Đồng Lâm vào mùa mưa (tháng 4- tháng 9)



Hình 6. Làng văn hóa du lịch cộng đồng Quỳnh Sơn

Tiếp đến nữa là Làng ngói âm dương Bắc Sơn, không chỉ nổi tiếng với những di tích lịch sử mà còn nổi tiếng với nghề làm mái ngói âm dương đã xuất hiện ở đây hơn 100 năm. Ngói âm dương Bắc Sơn được làm từ đất sét khai thác tại các mỏ đất sét ở địa phương. Loại đất sét này có hàm lượng silic cao, dẻo, bền và chịu nhiệt tốt, thích hợp để sản xuất ngói. Đến nay, nghề làm ngói máng nơi đây vẫn tồn tại, gìn giữ và phát triển ổn định.

Bảo tàng khởi nghĩa Bắc Sơn là một địa điểm đặc biệt với ý nghĩa là không gian bảo tồn và tái hiện lại cuộc khởi nghĩa Bắc Sơn hào hùng của dân tộc và người dân nơi đây trong lịch sử. Hơn nữa, nền văn hóa Bắc Sơn cũng được lưu giữ cẩn thận và lưu truyền trong công chúng qua những hiện vật khảo cổ nổi tiếng được trưng bày trong bảo tàng (Hình 7).

Núi Nà Lay nằm trên độ cao khoảng 600m so với mực nước biển, thuộc thị trấn Bắc Sơn, tỉnh Lạng Sơn. Núi Nà Lay là đặc trưng của dạng địa hình Karst, với các đá chủ yếu là đá vôi của hệ tầng Bắc Sơn có tuổi C-P_2*bs*. Đặt chân lên đỉnh núi là toàn bộ phong cảnh xung quanh với cánh đồng lúa chín, con suối, bản làng đều thu vào trong tầm mắt. (Hình 8).

Khu du lịch sinh thái Mỏ Mắm là sự kết hợp tuyệt vời giữa vẻ đẹp tự nhiên và sự nỗ lực cải tạo của con người. Đặc biệt, đến với khu du lịch này, du khách sẽ có cơ hội khám phá hang Keng Tao với hệ thống sông ngầm cùng nhũ đá tự nhiên vô cùng tráng lệ và giàu giá trị địa chất (Hình 9).



Hình 7. Bảo tàng khởi nghĩa Bắc Sơn

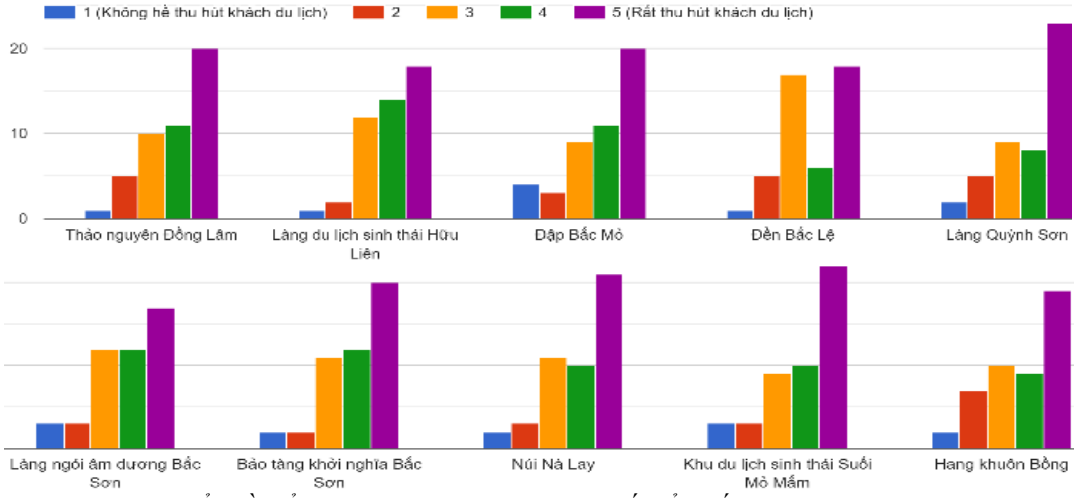


Hình 8. Hình ảnh núi Nà Lay



Hình 9. Bên trong hang Keng Tao

Thông qua đánh giá của du khách về mức độ thu hút của một số điểm đến, trên biểu đồ (Hình 10) có thể thấy được mức độ thu hút của các điểm đến được du khách đánh giá rất cao, các điểm đến như Thảo nguyên Đồng Lâm, Đập Bắc Mỏ, Núi Nà Lay, Làng Quỳnh Sơn, Hang Khuôn Bồng, Khu du lịch sinh thái Suối Mỏ Mắm, Bảo tàng khởi nghĩa Bắc Sơn rất thu hút du khách.



Hình 10. Biểu đồ thể hiện mức độ thu hút của một số điểm đến được du khách đánh giá

4. Kết luận và khuyến nghị

4.1. Kết luận

Qua kết quả khảo sát 87 khách du lịch đã đến huyện Hữu Lũng và huyện Bắc Sơn đã thống kê được chương trình du lịch thu hút khách đến từ các thành phố, đô thị chiếm 52,9%, khách đến từ vùng nông thôn chiếm 28,7% và khách từ miền núi là 18,4%; về độ tuổi: tỉ lệ khách du lịch dưới 28 tuổi là nhiều nhất, chiến đến 74,7%; khách du lịch ở độ tuổi 28 đến 42 tuổi chiếm 16,1%. Khách du lịch ở độ tuổi trung niên và già chiếm tỉ lệ tương đối thấp, chỉ 6,9% với khách du lịch ở độ tuổi 43 đến 57 tuổi và 2,3% với khách du lịch trên 57 tuổi; với các lý do du khách đến với 2 huyện chủ yếu là muốn tham quan thắng cảnh hang động, thác nước, núi non hùng vỹ chiếm 59,6%; Du khách muốn đến vì sở thích khám phá chiếm 57,4%; nhận thấy có nhiều giá trị địa chất độc đáo, hiếm thấy chiếm 48,9%; nhận thấy các địa điểm có nhiều giá trị về thẩm mỹ chiếm 46,8%.

4.2. Khuyến nghị

Kết quả nghiên cứu này có giá trị lớn góp phần bảo tồn các điểm di sản và phát triển kinh tế, cũng như ngành du lịch địa chất của Hữu Lũng và Bắc Sơn nói riêng và của Việt Nam nói chung. Một vài định hướng phát triển cụ thể như sau:

Đối với chính quyền địa phương, các cơ quan ban ngành

Quản lý điểm đến du lịch Hữu Lũng, Bắc Sơn cần tiến hành xây dựng chiến lược, quy hoạch đầu tư nâng cấp cơ sở hạ tầng du lịch, bảo vệ di sản, nâng cao chất lượng nguồn nhân lực trong quản lý du lịch, du lịch địa chất, tạo điều kiện cho các doanh nghiệp phát triển hướng du lịch địa chất, du lịch đặc thù.

Đối với doanh nghiệp lữ hành

Ngoài việc quảng bá thông tin điểm đến cho du khách, truyền thông, góp phần nâng cao chất lượng du lịch mà còn liên quan đến các vấn đề bảo tồn, giữ gìn di sản, bảo vệ tài nguyên môi trường… Vì vậy, các doanh nghiệp cần phải phối hợp với chính quyền và người dân địa phương để xây dựng lên các sản phẩm du lịch, du lịch địa chất và cần chú trọng tuyển dụng những nhân lực có trình độ chuyên môn cao về du lịch địa chất.

Đối với cộng đồng địa phương

Địa phương phải hiểu rõ việc thúc đẩy du lịch địa phương sẽ mang đến sinh kế cho người dân. Bởi vậy, cộng đồng địa phương phải thật sự muốn tham gia làm du lịch, sẵn sàng làm du lịch; chung tay cùng chính quyền địa phương và ban quản lý công viên địa chất bảo tồn các giá trị về địa chất, địa mạo, văn hóa, lịch sử.

Đối với du khách

Du khách tham gia chương trình du lịch địa chất cần có ý thức giữ gìn và bảo tồn các điểm di sản bao gồm di sản địa chất và di sản văn hóa, bên cạnh đó giới thiệu rộng rãi với bạn bè trong và ngoài nước về các điểm đến tại huyện Hữu Lũng và Bắc Sơn, góp phần vào phát triển điểm đến.

Tài liệu tham khảo

Nguyễn Văn Đính và Trần Thị Minh Hòa, 2009. Giáo trình kinh tế du lịch. Nhà xuất bản đại học kinh tế quốc dân. Hà Nội, 371 trang.

Ngô Mỹ Trân, Đinh Bảo Trân, Huỳnh Trường Huy, 2016. Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến nhu vầu du lịch nội địa của nhân viên văn phòng tại Thành phố Cần Thơ. Tạp chí Khoa học Trường Địa học Cần Thơ. Phần D: Khoa hoc Chính trị, Kinh tế và Pháp luật: 46 (2016): 51:59. DOI: 10.22144/ctu.jvn.2016.569

Nguyễn Thị Tú Trinh, Nguyễn Hồng Đào, 2018. Nghiên cứu nhu cầu du lịch trải nghiệm của người dân Thành phố Cần Thơ. Tạp chí Khoa học Trường Địa học Cần Thơ. Tập 54, Số 7C (2018): 109-116. DOI: 10.22144/ctu.jvn.2018.130

Phương Loan, 2021. Ý nghĩa ngành du lịch trong đời sống kinh tế- xã hội. Báo ngành du lịch (http://nganhdulich.edu.vn)

Newsome, D. and Dowling, R. (eds), 2006. Geotourism: the tourism of geology and landscape, Goodfellow Publishers, ISBN: 978-1-906884-09-3.

ABSTRACT

Tourist demand for geotourism in Huu Lung and Bac Son district (Lang Son)

Phan Van Binh[1,2], Bui Vinh Hau[1,2], Pham Truong Sinh[1],
Nguyen Trung Thanh[1], Do Manh An[1], Nguyen Thi Minh Thu[1]

[1] Hanoi university of Mining and Geology

[2] Key research group "Tectonics and Geodynamics for Geo-resources, Environment and Sustainable Development", Hanoi University of Mining and Geology

Huu Lung and Bac Son are 2 of 8 districts in Lang Son Geopark, where the geological and geomorphological formation and development process is relatively complex, known for its caves, natural lakes and dams and many unique and majestic natural landscapes such as: Bac Son Valley, Dong Lam Grassland, Huu Lien Nature Reserve, Bat Cave, Keng Tao Cave... Through the survey results of tourists, it can be seen that the number of tourists from cities and urban areas accounts for 52.9%, tourists from rural areas account for 28.7% and tourists from mountainous areas is 18.4%; in terms of age: the proportion of tourists under 28 years old is the highest, accounting for 74.7%; Tourists aged 28 to 42 years old accounted for 16.1%, middle-aged tourists (43 to 57 years old) accounted for 6.9% and elderly tourists (>57 years old) accounted for a relatively low proportion of 2.3%; the demand of tourists coming to the two districts is mainly to visit scenic spots: caves, waterfalls, majestic mountains accounting for 59.6%; Tourists want to travel in Huu Lung and Bac Son due to: the interest in exploration accounting for 57.4%; tourists evaluate the unique and rare geological value accounting for 48.9%, the aesthetic value accounting for 46.8%. The results of this study show that the demand of tourists for geological tourism is very high, the research results are of great value to managers of planning, orienting the construction, conservation of geological heritage sites and economic and tourism development in Huu Lung and Bac Son districts in particular and in Vietnam.

Keywords: Huu Lung, Bac Son, cave, geomorphology, geotourism

Nghiên cứu biến động đường bờ khu vực cửa sông Tiền, sông Hậu và các tai biến liên quan

Ngô Thị Kim Chi[1,2,*], Trần Thanh Hải[1, 2], Bùi Vinh Hậu[1, 2], Phan Văn Bình[1, 2], Bùi Thị Thu Hiền[1, 2], Vũ Vân Anh[1], Vũ Thành An[1]

[1] Trường Đại học Mỏ - Địa chất

[2] Nhóm Nghiên cứu mạnh "Kiến tạo và Địa động lực với Tài nguyên Địa chất, Môi trường và phát triển bền vững", Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Khu vực cửa sông Tiền, sông Hậu là một trong những nơi chịu ảnh hưởng nặng nề nhất trên thế giới về tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu, là nơi tập trung đông dân cư. Đồng thời, tại đây có sự đa dạng về sinh thái và nhạy cảm với sự thay đổi, chịu tác động tương tác giữa lục địa và đại dương. Mọi sự thay đổi về tính ổn định đới ven bờ đều có những tác động mạnh đến các hoạt động của con người, hệ sinh thái xung quanh. Báo cáo nghiên cứu sự thay đổi đường bờ khu vực cửa sông Tiền, sông Hậu, trên cơ sở đó xác định nguyên nhân gây biến động và đánh giá hiện trạng các tai biến liên quan. Các tác giả đã sử dụng phương pháp phân tích ảnh viễn thám, khảo sát địa chất, phân tích cấu trúc địa chất để làm sáng tỏ sự thay đổi đường bờ của khu vực nghiên cứu và các tai biến liên quan. Kết quả nghiên cứu cho thấy khu vực cửa sông Tiền, sông Hậu là nơi có đường bờ biến động mạnh. Hiện tượng xói lở xảy ra ở nhiều nơi như Vĩnh Hải, An Thạch, Hiệp Thạnh, Thạnh Hải, Bảo Thuận, bắc Thừa Đức. Hiện tượng bồi tụ diễn ra ở các khu vực Đông Hải, Thạnh Phong, An Thùy, phía nam Thừa Đức, Phú Tân. Nguyên nhân của sự biến động đường bờ là sự cộng hưởng của nhiều yếu tố: cấu trúc địa chất, đặc điểm thạch học, sự dâng lên của mực nước biển liên quan đến quá trình biển tiến, việc xây dựng các công trình thủy điện trên sông Mê Kông làm mất cân bằng trầm tích.

Từ khóa: Biến động đường bờ; Cửa sông Tiền; Cửa sông Tiền

1. Đặt vấn đề

Khu vực cửa sông Tiền, sông Hậu thuộc đồng bằng sông Cửu Long, thuộc miền Nam Việt Nam (xem hình 1) là nơi có địa hình bằng phẳng, đất đai màu mỡ, giao thông đi lại thuận tiện. Vì vậy, đây cũng là nơi tập trung đông dân cư sinh sống. Tuy nhiên, thời gian gần đây, khu vực nghiên cứu chịu ảnh hưởng bởi các tai biến xói lở, bồi tụ, gây nên sự biến động đường bờ và ảnh hưởng không nhỏ đến đời sống của người dân địa phương.

Theo các nhà khoa học đường bờ của đồng bằng sông Cửu Long hiện đang bị thoái hóa và một số tỉnh ven biển đang chịu tác động lớn của xói mòn thảm thực vật, bao gồm xâm nhập mặn và sụt lún đất (Anthony và nnk, 2015; Smajgl và nnk, 2015; Minderhoud và nnk, 2017). Từ năm 2003 đến năm 2012, việc tích tụ trầm tích ở đập đã khiến nồng độ trầm tích lơ lửng ngoài khơi đồng bằng giảm 5% mỗi năm (Loisel và nnk, 2014). Khai thác lòng sông cũng ngày càng phổ biến trong thập kỷ qua, đặc biệt là ở Campuchia và Việt Nam (Bravard và nnk, 2013).

Xuất phát từ những vấn đề trên, bài báo trình bày kết quả nghiên cứu về sự biến động của đường bờ khu vực cửa sông Tiền, sông Hậu bằng phương pháp viễn thám kết hợp với khảo sát thực địa nhằm xác định hiện trạng, xu thế biến động đường bờ và các tai biến liên quan.

* *Tác giả liên hệ*
Email: ngothikimchi@humg.edu.vn



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu

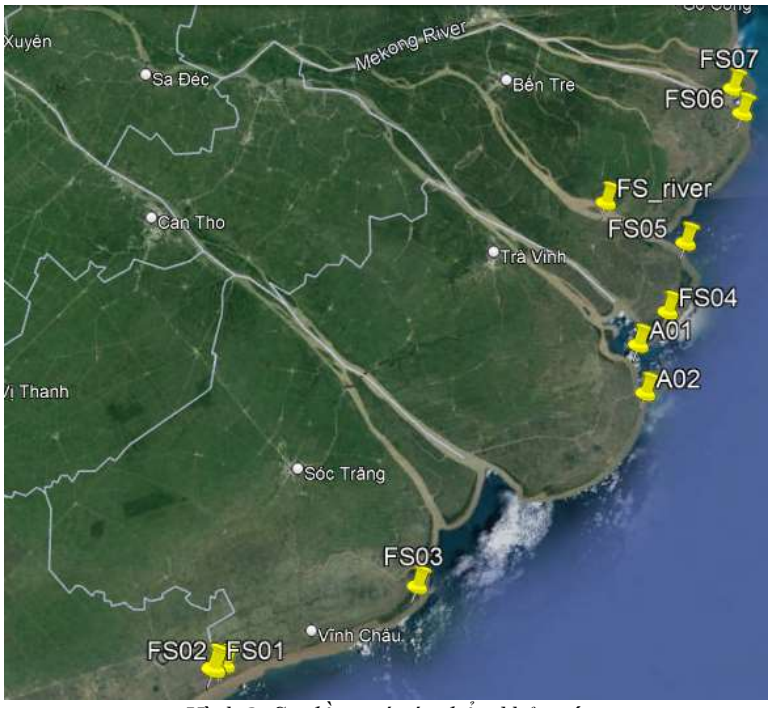
2. Các phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp phân tích ảnh viễn thám

Các ảnh viễn thám được các tác giả được thu thập từ trung tâm Khoa học và Quan sát Trái đất, Cục Địa chất Hoa Kỳ (viết tắt là USGS) với mốc thời gian các năm 2023, 1990, 1973. (//earthexplorer.usgs.gov/). Toàn bộ các ảnh lựa chọn được kiểm tra thời gian chụp phù hợp với dữ liệu thủy triều được thu thập bằng phần mềm WXtide32. Sau khi thu thập, ảnh được hiệu chỉnh bằng hiệu chỉnh khí quyển bằng phần mềm Acolite. Ảnh thu thập là ảnh đơn sắc (do được chụp ở các bước sóng khác nhau), các tác giả đã tiến hành trộn ảnh trên Envi (sử dụng kênh ảnh 432). Phần mền Envi cũng được các tác giả sử dụng để xác định các đường bờ các năm 2023, 1990 và 1973. Trên cơ sở chồng các đường bờ qua các mốc thời gian, nhóm tác giả xác định được sự biến động đường bờ trong khu vực nghiên cứu.

2.2. Phương pháp khảo sát thực địa

Để kiểm tra kết quả xử lý ảnh viễn thám, nhóm tác giả đã tiến hành khảo sát thực địa dọc theo cửa sông Tiền, sông Hậu, với 10 điểm (xem hình 2). Tại mỗi điểm lộ, nhóm tác giả tiến hành khảo sát, xác định các dấu hiệu về xói lở, bồi tụ và các nguyên nhân gây ra tai biến.

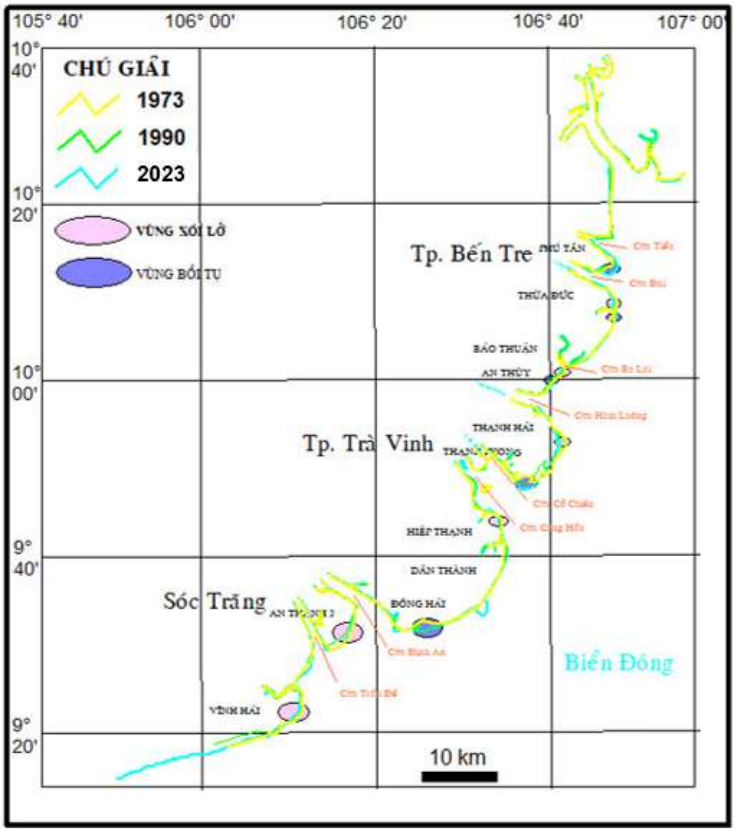


Hình 2. Sơ đồ vị trí các điểm khảo sát

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả

Kết quả xử lý ảnh viễn thám các năm 1973, 1999 và 2023 đã xác định được đường bờ ở các năm, trên cơ sở đó xác định được các khu vực biến động đường bờ (xem hình 3). Đồng thời, các tác giả cũng xác định cụ thể mức độ biến động đường bờ ở các khu vực có biến động mạnh (bảng 1). Nhìn chung, kết quả phân tích cho thấy các tai biến địa chất (xói lở, bồi tụ) trong khu vực nghiên cứu xảy ra khá nghiêm trọng, dọc theo đường bờ.



Hình 3. Sơ đồ xác định các khu vực biến động đường bờ

Bảng 1. Kết quả nghiên cứu biến động đường bờ khu vực nghiên cứu

STT	Khu vực	Mức độ biến động		Tính chất
		1973-1999(m)	1999-2023(m)	
1	Vĩnh Hải	90-280	360-665	Xói lở
2	An Thạch	800-1.560	390-1.377	Xói lở
3	Đông Hải	120-2.280	5-38.5	Bồi tụ
4	Hiệp Thạnh	150-420	5-32	Xói lở
6	Thạnh Phong	260-1.330	1.270-2.054	Bồi tụ
6	Thạnh Hải	410-1.040	250-1.081	Xói lở
7	An Thùy	250-790	460-1.186	Bồi tụ
8	Bảo Thuận	300-1.020	50-418	Xói lở
9	Phía nam Thừa Đức	5-390	110-819	Bồi tụ
10	Phía bắc Thừa Đức	90-300	210-921	Xói lở
11	Phú Tân	220-420	570-2.217	Bồi tụ

a. Tai biến xói lở: Hiện tượng xói lở xảy ra ở nhiều nơi như Vĩnh Hải, An Thạch, Hiệp Thạnh, Thạnh Hải, Bảo Thuận, bắc Thừa Đức. Các dấu hiệu của tai biến quan sát thấy rất rõ, bờ biển bị phá hủy, rừng cây ngập mặn bị phá hủy ở Vĩnh Hải (ảnh 01), các công trình được gia cố một cách thủ công vẫn đang bị phá hủy ở bắc Thừa Đức (ảnh 02).



Ảnh 1. Hiện tượng xói lở xảy ra ở Vĩnh Hải (điểm lộ FS03)



Ảnh 2. Hiện tượng xói lở xảy ra ở bắc Thừa Đức (điểm lộ FS07)

b. Tai biến bồi tụ: Hiện tượng bồi tụ diễn ra ở các khu vực Đông Hải, Thạnh Phong, An Thùy, phía nam Thừa Đức, Phú Tân.



Ảnh 3. Hiện tượng bồi tụ xảy ra ở Thạnh Phong, Bến Tre (điểm lộ FS04).



Ảnh 4. Hiện tượng bồi tụ xảy ra ở nam Thừa Đức (điểm lộ FS06)

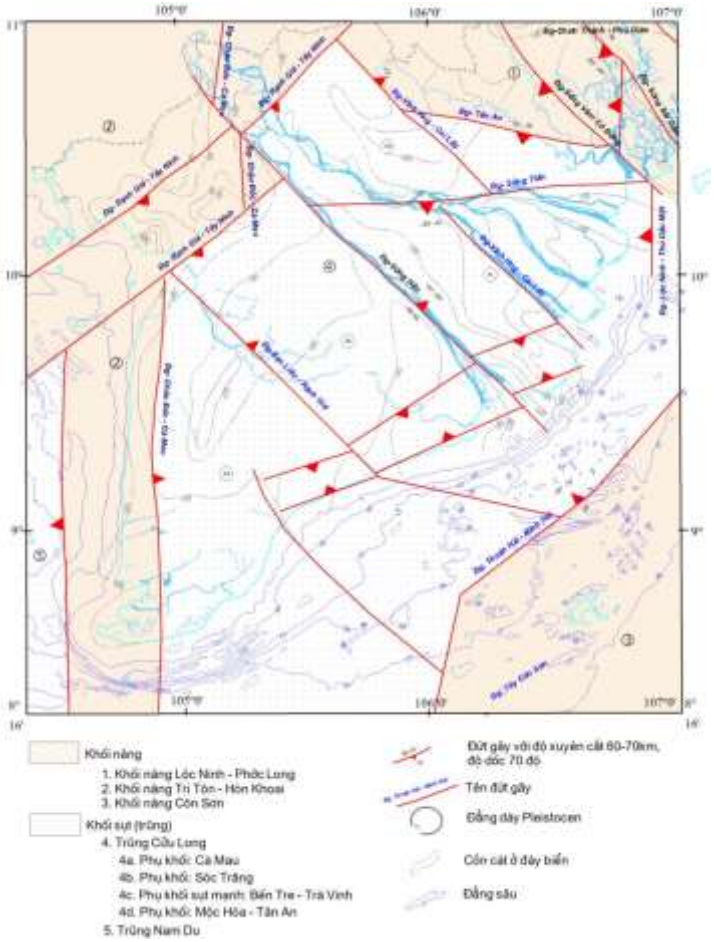
3.2. Thảo luận

Nguyên nhân gây nên sự biến động đường bờ khu vực nghiên cứu trước tiên xuất phát từ thành phần thạch học cấu tạo nên bờ. Kết quả khảo sát dọc bờ biển của nhóm nghiên cứu cho thấy thành phần thạch học cấu tạo nên bờ là các trầm tích bở rời (như cát, bột, sét), khả năng chịu tác động của các yếu tố động lực kém. Đây chính là một nguyên nhân làm tăng tính tổn thương làm dễ bị xói lở và bồi tụ.

Nguyên nhân thứ hai các vị trí biến động đường bờ mạnh, đặc biệt là xói lở, thường trùng với những vị trí có đứt gãy cắt qua (hình 4). Nhất là các đứt gãy cắt chạy theo phương vuông góc với bờ như: đứt gãy Bạc Liêu-Rạch Giá, đứt gãy Sông Hậu, đứt gãy Vĩnh Hưng-Cai Lây, đứt gãy sông Tiền. Như vậy, cấu trúc địa chất là một trong những nguyên nhân gây nên các tai biến xói lở, bồi tụ khu vực nghiên cứu.

Nhân sinh là một trong những yếu tố gây nên biến động đường bờ. Hiện tượng ngày một gia tăng các nhà máy thủy điện trên dòng sông Mê Kông đã làm cho lượng trầm tích bồi đắp cho khu vực nghiên cứu bị thiếu hụt. Theo nghiên cứu của các nhà khoa học, lượng trầm tích hàng năm của đồng bằng sông Cửu Long Việt Nam đã giảm từ 39 triệu tấn/năm năm 1993 xuống còn 28 triệu tấn/năm vào năm 2015. Năm 2015, trầm tích của Đồng bằng sông Cửu Long của Việt Nam đã giảm 83% so với ngân sách trầm tích trước đập (trước năm 1992) là 160 triệu tấn/năm (Milliman và Syvitski, 1992; Binh và nnk, 2018).

Ngoài ra, sự dâng lên của mực nước biển trong những năm gần đây là cho diện tích lục địa giảm, cũng là một nguyên nhân gây nên tai biến xói lở.



Hình 4. Sơ đồ cấu trúc kiến tạo Đệ tứ đồng bằng Nam Bộ (theo Nguyễn Huy Dũng, 1996, Nguyễn Biểu, 2000 và Cao Đình Triều, 2017-có bổ sung chỉnh sửa).

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy khu vực cửa sông Tiền, sông Hậu là nơi có đường bờ biển động mạnh. Sự thay đổi đường bờ trong khu vực nghiên cứu dẫn đến các tai biến xói lở, bồi tụ xảy ra dọc theo bờ biển. Hiện tượng xói lở xảy ra ở nhiều nơi như Vĩnh Hải, An Thạch, Hiệp Thạnh, Thạnh Hải, Bảo Thuận, bắc Thừa Đức. Hiện tượng bồi tụ diễn ra ở các khu vực Đông Hải, Thạnh Phong, An Thùy, phía nam Thừa Đức, Phú Tân.

Nguyên nhân của sự biến động đường bờ là sự cộng hưởng của nhiều yếu tố: đặc điểm thạch học, cấu trúc địa chất, các công trình thủy điện trên sông Mê Kông làm thiếu hụt trầm tích, sự dâng lên của mực nước biển liên quan đến quá trình biển tiến.

Lời cảm ơn

Bài báo được hoàn thành với sự hỗ trợ của đề tài cấp bộ CT.2022.01.MDA.05. Các tác giả xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ quý báu đó!

Tài liệu tham khảo

Anthony EJ, Brunier G, Besset, M, Goichot, M, Dussouillez, P, Nguyen, VL, 2015. Linking rapid erosion of the Mekong River delta to human activities. *Scientific Reports* 5:1-12.

Binh D Van, Kanoush S, Mai NP, Sumi T, 2018. Water Level Changes Under Increased Regulated Flows and Degraded River in Vietnamese Mekong Delta. *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering)* 74:871-876.

Bravard J, Goichot M, Gaillot S, 2013. Geography of Sand and Gravel Mining in the Lower Mekong River: First Survey and Impact Assessment. 26:1-18.

Loisel H, Mangin A, Vantrepotte V, Dessailly D, Ngoc Dinh D, Garnesson P, Ouillon S, Lefebvre JP,

Mériaux X, Minh Phan T, 2014. Variability of suspended particulate matter concentration in coastal waters under the Mekong's influence from ocean color (MERIS) remote sensing over the last decade. *Remote Sensing of Environment* 150:218-230.

Milliman JD, Syvitski JPM, 1992. Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers. *Journal of Geology* 100:525-544.

Minderhoud PSJ, Erkens G, Pham VH, Bui VT, Erban L, Kooi H, Stouthamer E, 2017. Impacts of 25 years of groundwater extraction on subsidence in the Mekong Delta, Vietnam. *Environmental Research Letters* 12.

Smajgl A, Toan TQ, Nhan DK, Ward J, Trung NH, Tri LQ, Tri VPD, Vu PT, 2015. Responding to rising sea levels in the Mekong Delta. *Nature Climate Change* 5:167-174.

ABSTRACT

Research on shoreline changes in Tien and Hau river mouths and related hazards

Ngo Thị Kim Chi[1, 2], Tran Thanh Hai[1, 2], Bui Vinh Hau[1, 2], Phan Van Binh[1, 2], Bui Thi Thu Hien[1, 2], Vu Van Anh[1], Vu Thanh An[1]

[1] Hanoi University of Mining and Geology
[2] Key research group "Tectonics and Geodynamics for Geo-resources, Environment and Sustainable Development", Hanoi University of Mining and Geology.

The Tien and Hau river mouths are one of the places most heavily affected in the world by the negative impacts of climate change, and are densely populated. At the same time, there is ecological diversity and sensitivity to change, influenced by the interaction between continents and oceans. Any change in coastal zone stability has strong impacts on human activities and the surrounding ecosystem. The paper studies the shoreline changes in the Tien and Hau river mouths and on that basis determines the causes of changes and evaluates the current status of related disasters. The authors used remote sensing image analysis, geological surveys, and geological structure analysis to clarify the shoreline changes of the study area and related hazards. Research results show that the Tien and Hau river estuaries are places with strongly fluctuating shorelines. Erosion phenomenon occurs in many places such as Vinh Hai, An Thach, Hiep Thanh, Thanh Hai, Bao Thuan, northern Thua Duc. The sedimentation phenomenon takes place in the areas of Dong Hai, Thanh Phong, An Thuy, southern Thua Duc, Phu Tan. The cause of shoreline fluctuations is the resonance of many factors: geological structure, lithological characteristics, sea level rise related to the transgression process and the construction of hydroelectric projects on the Mekong River causing sediment imbalance.

Keywords: shoreline changes, Tien river mouth, Hau river mouth

Bản chất của hoạt động kiến tạo hiện đại trong trận động đất Mường Tè (M4.4) năm 2023 dựa trên những bằng chứng về địa mạo - tân kiến tạo

Vũ Anh Đạo[1,2,*], Phan Văn Bình[1,2], Bùi Vinh Hậu[1,2], Ngô Xuân Thành[1,2],
Nguyễn Quốc Hưng[1,2], Nguyễn Hữu Hiệp[1,2], Nguyễn Minh[3]

[1] *Bộ môn Địa chất, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Nhóm Nghiên cứu mạnh TGREEN, Hà Nội, Việt Nam*
[3] *Viện Khoa học Trái Đất, Viện Hàn lâm Khoa học Đài Loan*

TÓM TẮT

Mường Tè là khu vực nằm trong đới kiến tạo Tây Bắc Việt Nam, nơi có mặt của nhiều hệ thống đứt gãy lớn và có biểu hiện hoạt động như đứt gãy Sông Đà, đứt gãy Điện Biên – Lai Châu. Ngày 3/3/2024, một trận động đất nông có cường độ Mw = 4.4 đã xảy ra ở khu vực thị trấn Mường Tè. Sau trận động đất chính đã xuất hiện một số dư chấn nông tập trung với quy mô nhỏ thể hiện rất rõ ràng trong khu vực nghiên cứu. Sự kiện này là trận động đất lớn được ghi nhận bởi mạng lưới địa chấn băng rộng mới được vận hành ở Việt Nam. Cơ chế đứt gãy trượt bằng của trận động đất này đã được làm sáng tỏ thông qua phân tích thực địa và các tài liệu địa chấn. Kết hợp với phân tích ảnh viễn thám và kết quả trích suất chỉ số độ dốc chuẩn hóa của các dòng chảy chính trong khu vực này (ksn >300) đã đưa ra bằng chứng quan trọng để chỉ mối liên hệ của trận động đất này có thể liên quan đến đứt gãy Sông Đà đang hoạt động trong giai đoạn hiện tại. Kết quả nghiên cứu cho thấy chuỗi động đất này có liên quan và được biểu hiện rất rõ thông qua các đặc điểm, dấu hiệu về địa hình, địa mạo ở Tây Bắc Việt Nam là minh chứng quan trọng về sự tồn tại của các hệ thống đứt gãy hoạt động và nguy cơ sinh chấn của chúng.

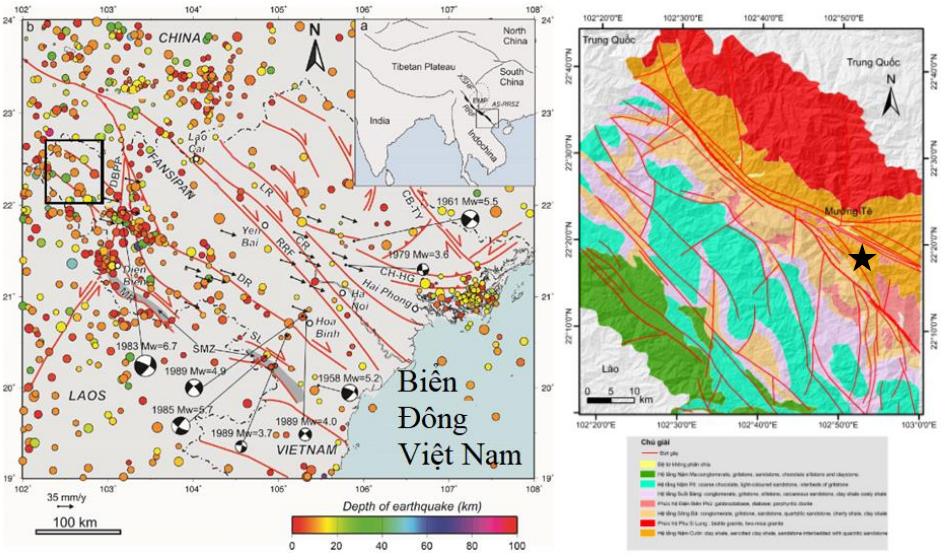
Từ khóa: kiến tạo hiện đại, động đất Mường Tè, chỉ số độ dốc chuẩn hóa, đứt gãy Sông Đà, chỉ số địa mạo.

1. Đặt vấn đề

Khu vực Mường Tè nằm trong đới kiến tạo Tây Bắc Việt Nam, tương ứng với phần phía nam của đới biến dạng do va chạm giữa lục địa Âu – Á và Ấn Độ. Khu vực này có hoạt động kiến tạo khá mạnh mẽ, vùng có tiềm năng động đất với cường độ lớn và nguy hiểm (Hình 1a). Các trận động đất gần đây ở khu vực thượng nguồn Sông Đà được cho là hệ quả của đới. Cho đến gần đây, các nghiên cứu về biến dạng kiến tạo và kiến tạo hiện đại của khu vực Mường Tè nói chung và khu vực Thượng nguồn Sông Đà nói riêng đã xác nhận sự tồn tại các đới đứt gãy hoạt động trong khu vực. Hoạt động của các đứt gãy hoạt động gây nên các rung chấn động đất, đồng thời tạo ra các đới phá hủy xung yếu là tiền đề dẫn đến các tai biến địa chất như: đá đổ, đá lở, trượt lở, nứt đất, và xói mòn bề mặt. Trong nghiên cứu ngày, chúng tôi sử dụng chỉ số độ dốc chuẩn hóa để kiểm chứng sự có mặt của đứt gãy hoạt động dựa trên sự giao cắt trên bề mặt địa hình của các hệ thống đứt gãy hoạt động đối với hệ thống các dòng chảy.

Khu vực nghiên cứu được cấu thành chủ yếu từ các đá lục nguyên của các hệ tầng Suối Bàng, Hà cối, Mu Gia, Sông Đà và hệ tầng Bản Pap (Hình 1b). Hoạt động bề mặt như phong hóa, rửa trôi tác động lên yếu tố địa chất như thạch học và hoạt động kiến tạo, độ dốc dòng chảy, do đó cần giá mức độ phong hóa của các hệ tầng để đánh giá địa hình lòng sông bị ảnh hưởng bởi sự sai khác thạch học hay do đứt gãy. Các phức hệ Điện Biên Phủ và phức hệ Phia Bioc bao gồm các đá xâm nhập granit, có khả năng chống xói mòn tương đối mạnh, trong khi đó, các đá tương đối bền dưới điều kiện phong hóa như đá vôi, đá phiến và đá cát silic nằm dưới xen kẽ. Khả năng xói mòn của đá thay đổi theo sự liên tiếp, nhưng về trung bình, đơn vị này có khả năng chống xói mòn kém. Nhóm các đá có khả năng chống chịu phong hóa trung bình - kém như các đá trầm tích cơ học, cát kết, bột kết, đá phiến sét, đá phiến sét và đá phiến sét vôi vôi thuộc hệ tầng Sông Đà ($P_{1\text{-}2}sđ$), Suối Bàng (T_3n-r*sb*), Hà Cối($J_{1\text{-}2}$hc), Mu Gia (Kmg) và hệ tầng Bản Pap(D_2Bp) **(**Hình 1b, Tri & Khuc, 2011**)**. Trong phạm vi khu vực Thượng nguồn Sông Đà tồn tại nhiều loại hình đứt gãy có tính chất, quy mô khác nhau với phương kéo dài chủ đạo là phương á kinh tuyến và Tây Bắc – Đông Nam. Đứt gãy Điện Biên – Lai Châu là một đứt gãy khu vực có độ sâu xuyên cắt lớn.

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: vuanhdao@humg.edu.vn



Hình 1. a) Bản đồ kiến tạo giản lược miền bắc Việt Nam và khu vực lân cận thể hiện chấm tâm động đất từ 1980-2023. Vị trí nghiên cứu nằm trong khung chữ nhật màu đen (Chỉnh sửa theo Dinh et al., 2020). b) Sơ đồ địa chất giản lược khu vực Mường Tè và lân cận. Vị trí chấn tâm động đống năm 2023 đánh dấu bằng ngôi sao màu đen.

2. Phương pháp

2.1. Chỉ số độ dốc chuẩn hóa

Tại một khu vực bất kì trên vỏ trái đất là sự vận đông mang xu hướng cân bằng của sự bóc mòn và sự nâng trồi. Điều này được thể hiện qua phương trình tương quan sau:

$$dz/dt = U(x, t) - \varepsilon(x, t),$$

Trong đó dz / dt xác định sự thay đổi độ cao theo thời gian, x là khoảng cách theo phương ngang dọc theo sông, U là tốc độ nâng đá và ε là tốc độ ăn mòn. Quá trình hoạt động của đứt gãy thông thường gây ra sự tạo thành địa hình dạng bậc do sự hạ xuống của cánh nằm đứt gãy, chúng gây ra sự trẻ hóa của các dòng chảy cụ thể và sự nâng lên cục bộ và độ dốc chuẩn hóa của dòng chảy (Bishop và nnk, 2005). Việc phân tích chỉ số độ dốc chuẩn hóa theo phương pháp của Wobus et al. (2006) và Kirby et al. (2001), ý tưởng cơ bản là sự thay đổi tương đối về độ cao cân bằng với sự nâng lên và bóc mòn:

$$S = k_s A^{-\theta}$$

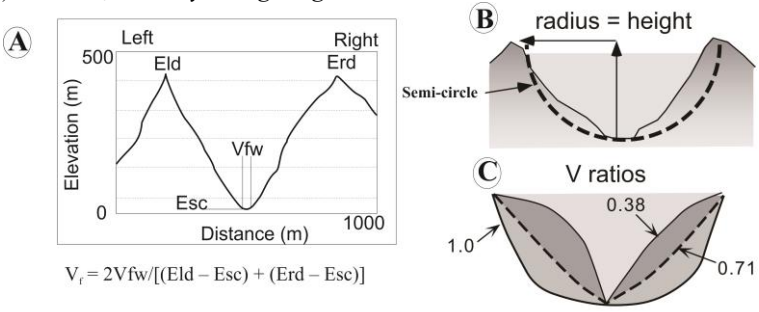
trong đó chỉ số độ dốc (ks) và độ lõm (θ) được xác định bằng hồi quy tuyến tính của dữ liệu gradient (S) và diện tích lưu vực (A). Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng độ lõm dòng chảy tham chiếu θ = 0.45. Đánh giá kết quả chỉ số độ dốc của dòng chảy chính trong khu vực nghiên cứu giúp xem xét sự tương tác của các hệ thống đứt gãy hiện hữu là tiền đề để chứng minh sự tồn tại của đứt gãy hoạt động.

2.2. Tỉ số giữa độ rộng đáy và chiều cao thung lũng

Tỉ số giữa độ rộng đáy và chiều cao thung lũng (Ratio of valley floor width to valley height - $V_{f,,}$, hình 2) được định nghĩa như một chỉ số:

$$V_f = 2V_{fw}/[(E_{ld} - E_c) + (E_{rd} - E_c)]$$

Trong đó: *V_{fw} là độ rộng đáy thung lũng; E_{ld} và E_{rd} là độ cao đường chia nước bên trái và bên phải thung lũng (nhìn về phía hạ lưu); E_c là độ cao đáy thung lũng.*



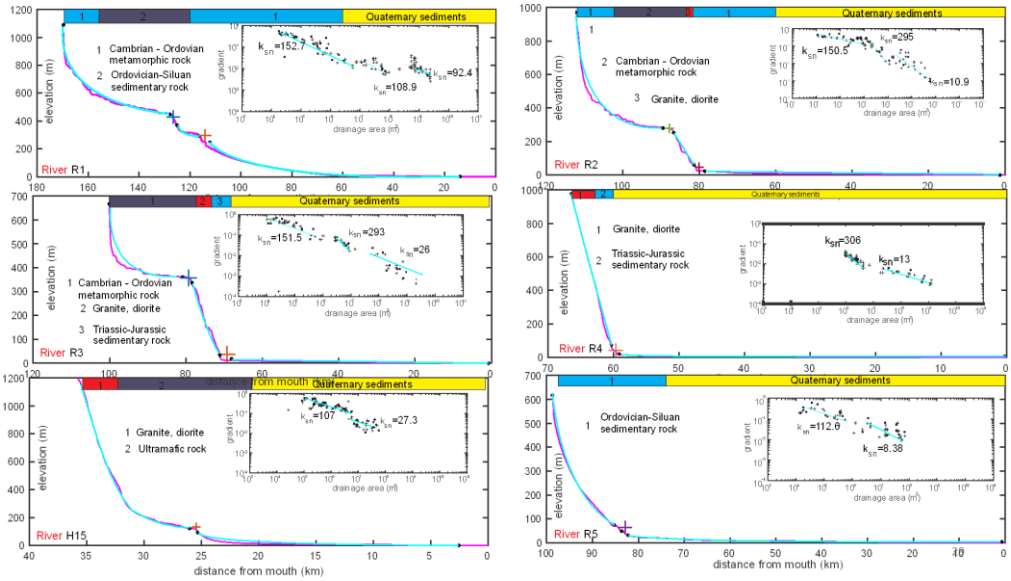
Hình 2. A. Mô hình tính toán giá trị V_f (Keller và Pinter, 2002). B, C. Vf càng lớn thể hiện tốc độ nâng các thêm sông tương đối lớn do vận động kiến tạo

Khi tính toán giá trị V_f, thì các thông số trên được xác định ở cùng một khoảng cách từ đường chân núi cho mọi lưu vực tính toán. Chỉ số V_f lớn (V_f >1) tương ứng với thung lũng dạng chữ "U", phản ánh quá trình xâm thực ngang chiếm ưu thế và phù hợp với nó là tốc độ nâng thấp. Ngược lại, chỉ số V_f nhỏ (V_f <1) tương ứng với thung lũng dạng chữ "V", thể hiện quá trình xâm thực sâu là chủ yếu và tốc độ nâng lớn.

3. Kết quả

3.1. Kết quả phân tích các chỉ số địa mạo dòng chảy

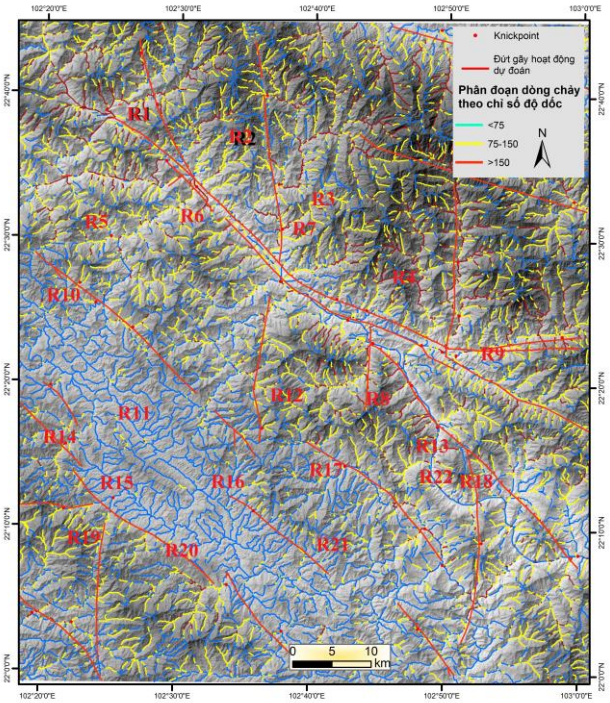
Các giá trị k_{sn} theo một số sông suối chính trong khu vực nghiên cứu được thể hiện riêng biệt (Hình 3-4), dòng chảy thể hiện một vàigiá trị k_{sn} tương ứng với các phân đoạn hồi quy khác nhau được phân chia bởi các điểm knickpoint. Trong đó, giá trị k_{sn} tính toán đều cao hơn 150 $m^{0,9}$ phổ biến hơn nhiều ở phía Bắc, nơi của dải địa hình tiếp giáp với Sông Đà. Ngược lại, ở trung tâm của khu vực nghiên cứu, các phân đoạn sông có trị số k_{sn} khá cao, còn lại một số phân đoạn các đoạn sông ở hai bên này cho giá trị k_{sn} thấp (khoảng 20 đến dưới 100 $m^{0,9}$). Sự khác biệt về chỉ số ksn này thể hiện rõ tại các vị trí điểm giao nơi xuất hiện các sườn kiến tạo giao cắt với địa hình lòng sông và đồng thời chúng cũng phản ánh nâng – hạ kiến tạo tại các điểm giao này.



Hình 3. Mặt cắt dòng chảy của một số sông chính trong khu vực nghiên cứu. Vị trí điểm giao được đánh dấu bởi dấu cộng trên mặt cắt, giá trị độ dốc chuẩn hóa (k_{sn}).

3.2. Kết quả tỉ số giữa độ rộng đáy và chiều cao thung lũng

Các điểm tính Vf nằm dọc theo các dòng chính của mỗi lưu vực với khoảng cách đều 200m (Hình 4). Kết quả chỉ ra hoạt động kiến tạo tác động mạnh mẽ hơn các yếu tố ngoại sinh gây xói mòn bề mặt ở phần lớn các lưu vực. Các điểm Vf cao phân bố cục bộ một số lưu vực dọc sông Đà và lân cận các sườn kiến tạo đã nêu trên.



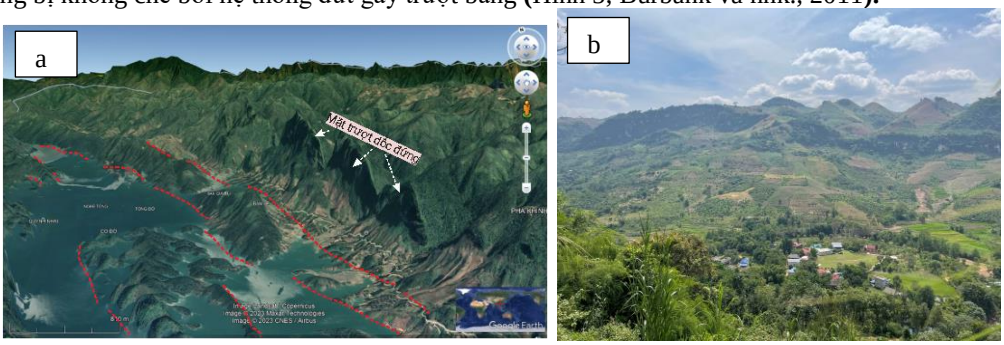
Hình 4. Bản đồ phân đoạn dòng chảy theo giá trị chỉ số độ dốc chuẩn hóa (k_{sn}) và vị trí của các điểm giao dọc theo các hệ thống dòng chảy. Các màu khác nhau đại diện cho các giá trị khác nhau của k_{sn}.

Bảng 1. Bảng kết quả tính giá trị Vf ở các lưu vực

sông	Eld (m)	Erd (m)	Esc (m)	Vfw (m)	V_f	sông	Eld (m)	Erd (m)	Esc (m)	Vfw (m)	V_f
R1	520	426.7	53.3	168	0.40	**R9**	390	284	27	265	0.85
	875	1073	477	100	0.20		514	335	196	130	0.57
	624	589	560	26	0.56	**R10**	278	400	35	561	1.85
R2	883.83	959.12	347	133.91	0.23		223	169	76	122	1.02
	775	700	222	80.4	0.16	**R11**	469	481	52	191	0.45
	581	437	366	53.6	0.37		87	91	53	200	5.56
	519	533	102	110	0.26	**R12**	253	476	136	134	3.72
R3	1232.4	1158	502.25	73.04	0.11		125	77	44	211	3.70
	1178	1154	335	83.3	0.10	**R13**	768	734	29	90	0.12
R4	1128	1160	860.14	102.61	0.36	**R14**	273	254	105	97.2	0.61
	1048	1080	862	30	0.15	**R15**	146	961	470	30	0.36
	95	203	25	40	0.32	**R16**	547	634	207	45.6	0.12
R5	430	345	262	20	0.16	**R17**	1027	1189	911	48.5	0.25
	338	298	243	28.8	0.38	**R18**	659	855	440	65.7	0.21
R6	233.8	192.9	45.41	66.67	0.40	**R19**	481	537	233	100	0.36
	101	67	29	133	2.42	**R20**	515	588	129	76.8	0.18
	170	98	45	147	1.65	**R21**	1452	1307	908	98	0.21
R7	1060	944	486	177	0.34	**R22**	1338	1154	880	180	0.49
	680	549	228	233	0.60	**R23**	874	1002	508	114	0.27
	326	404	27	300	0.89	**R24**	1147	955	641	230	0.56

3.3. Đối sánh kết quả thực địa

Các dải núi dọc 2 thung lũng Thượng nguồn Sông Đà có tính không cân xứng, sườn dốc được nhận biết bằng độ nổi địa hình địa phương. Các vách dốc này là sườn bóc mòn kiến tạo thuộc kiểu địa hình có nguồn gốc kiến tạo. Thảm thực vật bao phủ trên các sườn kiến tạo khá hạn chế chứng tỏ sườn này đã và đang được nâng, bóc mòn do các dịch chuyển kiến tạo. Trên ảnh DEM (Hình 4), các vách sườn kiến tạo tập trung theo các đới đứt gãy phương Tây Bắc – Đông Nam, sườn dốc tương đối lớn, vách phẳng và tập trung. Quy mô của các đới này thường từ vài trăm mét đến vài km, nhất là nơi địa hình chạy dọc theo các sông chính trong khu vực. Các đặc điểm này cho thấy chúng bị khống chế bởi hệ thống đứt gãy trượt bằng **(**Hình 5; Burbank và nnk., 2011**).**



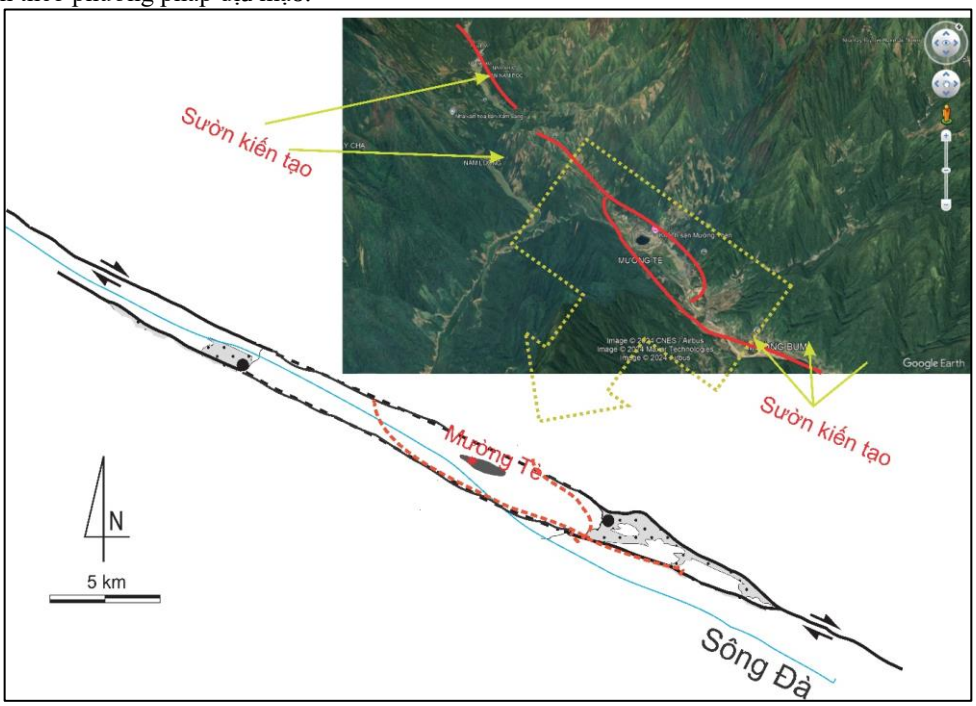


Hình 5. a. Các sườn kiến tạo dốc trên 35 độ phân bố tuyến tính dọc thung lung sông. b. Sườn kiến tạo dọc theo hệ thống đứt gãy Tây Bắc Đông Nam. c. Vết nứt đất rộng 1m kéo dài 200m theo phương Tây Bắc – Đông Nam biểu hiện của sụt hạ kiến tạo hiện đại. d) điểm xuất lộ nước khoáng nóng dọc theo đứt gãy phương Tây Bắc – Đông Nam.

Hệ thống đứt gãy Tây Bắc – Đông Nam phân bố phổ biến trong toàn khu vực nghiên cứu với nhiều bằng chứng hoạt động hiện đại trên mặt địa hình rõ nét. Phần lớn các sườn kiến tạo tập trung dọc theo hệ thống đứt gãy này thường là các vách bào mòn khá mới, độ dốc lớn. Hệ thống đứt gãy này phân chia địa hình thành các khu vực có sự khác biệt về mức phong hóa bóc mòn rõ ràng ngăn cách bằng các thung lũng hẹp kéo dài. Hệ thống tuyến tính phương Đông Bắc – Tây Nam phân bố chủ yếu ở phía khu vực phía Bắc kéo tới trung tâm khu vực nghiên cứu, các hệ thống lineament này liên quan đến đứt gãy có tính chất thuận/nghịch nhiều hơn, và chúng cũng hình thành kiểu cộng sinh với hệ thống Tây Bắc Đông Nam trong hệ thống Reidel, chúng ít khi liên quan tới phương của cấu trúc của các đơn vị thạch học. hệ thống đứt gãy. Hệ thống lineament này kéo dài có biểu hiện dịch trượt cắt qua các hệ thống Đông Bắc – Tây Nam. Về kích thước các linement có thể rất nhỏ từ vài đến vài chục km, biểu hiện các đường nét rất rõ ràng (Hình 5a).

4. Thảo luận

Hệ quả của va chạm kiến tạo giữa mảng Ấn Độ và mảng Á-Âu (Faure và nnk., 2014) là yếu tố tạo hình thái đứt gãy và phương cấu trúc của khu vực, hoạt động kiến tạo gần đây ở miền Bắc Việt Nam cho thấy sự có mặt của các pha hoạt động phức tạp như đứt gãy sông Hồng, Điện Biên – Lai Châu, đứt gãy Sông Đà. Tuy nhiên, một số khu vực có biểu hiện sự nâng – hạ cục bộ đánh dấu bởi hệ thống đứt gãy thuận – nghịch đang hoạt động trong khu vực này. Khu vực có thể chịu ảnh hưởng của sự hoán vị của giá trị σ_1/σ_2 trong cùng 1 trường căng giãn σ_3 theo phương Đông Bắc – Tây Nam (Dinh và nnk, 2019). Do vậy, khu vực này có mặt đồng thời của cả hiện tượng trượt bằng và trượt thuận chống lấn phức tạp về mặt bản chất kiến tạo phù hợp với dạng bồn trũng kẽo toạc pull – apart (Hình 6). Các đứt gãy thuận nghịch mang vai trò kéo theo nhưng là đứt gãy tác động chính tới mặt cắt dòng chảy theo đã phân tích theo phương pháp địa mạo.



Hình 6. Khu vực Mường Tè có hình thái của bồn trũng pull – apart trong đới đứt gãy Sông Đà.

Khu vực Mường Tè tại nhiều hệ thống đứt gãy và chúng đang có biểu hiện hoạt động rõ nét với những

dấu hiện về mặt địa hình địa mạo. Các hệ thống đứt gãy trong khu vực có khả năng sinh chấn với các trận động đất lớn hơn hơn cường độ M_w 6.0 xảy ra trong lịch sử được ghi lại trong khu vực Tây Bắc.

5. Kết luận

Kết quả giải đoán ảnh ASTER và phân tích biến động dòng chảy sông trên khu vực Mường Tè cho thấy dòng chảy được trẻ hóa mạnh mẽ dưới tác động của hoạt động kiến tạo rõ nét trong khu vực làm thay đổi mực xâm thực cơ sở của hệ thống thủy văn. Rõ ràng, hoạt động đứt gãy kiến tạo có vai trò thành tạo và khống chế địa hình, tạo thành các dải địa hình với độ nổi cao kéo dài theo phương Tây Bắc – Đông Nam. Đứt gãy Sông Đà đoạn chảy qua Mường Tè, Lai Châu có dấu hiệu hoạt động khá mạnh mẽ và mang tính động lực chính trong khu vực và kéo theo quá trình trượt đã hình thành nên các hệ thống đứt gãy cộng ứng dọc có tính chất khác nhau theo đứt gãy Sông Đà. Từ các biểu hiện hoạt động kiến tạo hiện đại của các hệ thống đứt gãy hoạt động cho thấy khu vực nghiên cứu có khả năng sinh chấn cao và chứa nhiều rủi ro về tai biến địa chất cho khu vực Mường Tè trong tương lai.

Tài liệu tham khảo

Burbank DW, Anderson RS, Robert S, 2011. Tectonic geomorphology. Wiley, Hoboken. DiBiase RA, Heimsath AM, Whipple KX (2012) Hillslope response to tectonic forcing in threshold landscapes. *Earth Surf Process Landforms* 37:855–865.

Dinh, TH., Chan, YC., Chang, CP. et al., 2019. Deformation patterns and potential active movements of the Fansipan mountain range, northern Vietnam. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch*) 110, 35–51 (2021).

Faure M, Lepvrier C, Van NV et al, 2014. The South China blockIndochina collision: Where, when, and how? *J Asian Earth Sci* 79:260–274.

Kirby E, Whipple K, 2001. Quantifying differential rock-uplift rates via stream profile analysis. *Geology* 29:415.

Tri, T.V., Khuc, V. (Eds.), 2011. *Geology and Earth Resources of Vietnam*. Publishing House for Science and Technology, Hanoi, Vietnam (645 pp.).

Whipple K, Wobus C, Crosby B et al, 2007. *New tools for quantitative geomorphology: extraction and interpretation of stream profiles from digital topographic data*. GSA short course, p 506.

Wobus C, Whipple KX, Kirby E et al, 2006. Tectonics from topography: Procedures, promise, and pitfalls. In: Special Paper 398: Tectonics, Climate, and Landscape Evolution. *Geological Society of America*, pp 55–74.

ABSTRACT

Evidence of active tectonic activity in upper stream of Da river area illuminated by geomorphic analysis

Vũ Anh Đạo[1,2], Phan Văn Bình[1,2], Bùi Vinh Hậu[1,2], Ngô Xuân Thành[1,2], Nguyễn Quốc Hưng[1,2], Nguyễn Hữu Hiệp[1,2], Nguyễn Minh[3]

[1] *Department of Geology, Hanoi University of Mining and Geology*
[2] *TGREEN, Hanoi University of Mining and Geology*
[3] *Institude of Earth Sciences, Academia of Sinica, Taiwan*

Muong Te is an area located in the Northwest Vietnam tectonic zone, where many large and active fault systems such as the Song Da fault and the Dien Bien - Lai Chau fault are present. On March 3, 2024, a shallow earthquake with a magnitude of Mw = 4.4 occurred in the Muong Te town area. After the main earthquake, several small-scale shallow aftershocks were clearly evident in the study area. This event was a major earthquake recorded by the newly operated broadband seismic network in Vietnam. The strike-slip fault mechanism of this earthquake was elucidated through field analysis and seismic data. Combined with remote sensing image analysis and the extraction of the standardized slope index of the main streams in this area (k_{sn} > 300), it provided important evidence to indicate that the connection of this earthquake may be related to the Song Da fault, which is currently active. The research results show that this earthquake sequence is related and clearly expressed through the characteristics and signs of topography and geomorphology in Northwest Vietnam, which is important evidence of the existence of active fault systems and their seismic risk.

Keywords: active tectonic; earthquake; normarlized steepness index, Da River fault, geomorphologic index.

Một số đặc trưng của zircon trong đá và ứng dụng trong xác định tuổi tuyệt đối

Bùi Vinh Hậu[1,2,3,*]

[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Nhóm nghiên cứu mạnh "Kiến tạo và Địa động lực với tài nguyên Địa chất, Môi trường và Phát triển bền vững", Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[3] *Trung tâm phân tích thí nghiệm công nghệ cao, Trường Đại học Mỏ -Địa chất*

TÓM TẮT

Zircon ($ZrSiO_4$) là một khoáng vật phụ phổ biến trong phần lớn đá granit và đá magma felsic. Dựa vào độ cứng, tính bền và tính trơ, zircon tồn tại lâu dài trong mỏ trầm tích và là thành phần phổ biến trong hầu hết các loại cát. Zircon rất hiếm có mặt trong đá mafic và cực kì hiếm bên trong đá siêu mafic. Zircon có hình thái, cấu trúc và đặc điểm về địa hóa đặc trưng cho từng loại nguồn gốc. Zircon hình thành bởi nguồn gốc magma thường có cấu trúc tinh thể tự hình, cấu trúc bên trong phân đới đồng nhất đặc trưng, hàm lượng nguyên tố Th, U khá giàu và tỷ số tỷ số Th/U thường cao hơn 0,1. Zircon hình thành bởi quá trình biến chất thường có kiến trúc bán tự hình, cấu trúc bên trong phức tạp, tỷ số Th/U thưởng <0,1. Zircon đóng một vai trò quan trọng trong sự phát triển của kĩ thuật xác định tuổi đồng vị. Zircon chứa kim loại urani và thori (từ 10 ppm đến 1% khối lượng) và có thể dùng để định tuổi bởi công nghệ phân tích hiện đại. Bởi zircon có thể tồn tại qua các quá trình địa chất như rửa trôi, vận chuyển, thậm chí biến chất cấp độ cao, chúng có thể ghi lại các quá trình địa chất.

Từ khóa: Zircon, Th, U, Tuổi tuyệt đối

1. Đặt vấn đề

Zircon ($ZrSiO_4$) là một khoáng vật phụ phổ biến trong phần lớn đá granit và đá magma felsic. Dựa vào độ cứng, tính bền và tính trơ, zircon tồn tại lâu dài trong mỏ trầm tích và là thành phần phổ biến trong hầu hết các loại cát. Zircon rất hiếm có mặt trong đá mafic và cực kì hiếm bên trong đá siêu mafic. Bên cạnh đó, trong nhóm đá xâm nhập như kimberlit, carbonatit, và lamprophy, zircon còn có thể được tìm thấy ở dạng khoáng vật vết dựa vào nguồn gốc magma bất thường của các loại đá này (Belousova và nnk., 2002; Wu and Zheng, 2004)

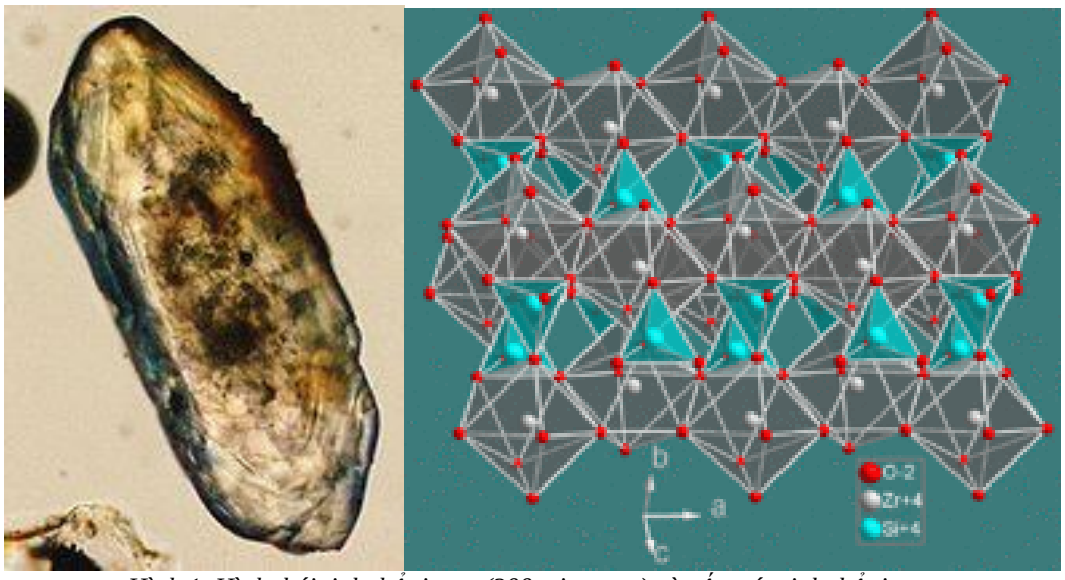
Tuổi của các thành tạo địa chất hoặc các giai đoạn địa chất là một trong những yếu tố cơ bản trong nghiên cứu địa chất. Tuổi đồng vị chính là phương pháp xác định cơ bản cho việc tính toán tuổi tuyệt đối. Zircon đóng một vai trò quan trọng trong sự phát triển của kĩ thuật xác định tuổi đồng vị. Zircon chứa kim loại urani và thori (từ 10 ppm đến 1% khối lượng) và có thể dùng để định tuổi bởi công nghệ phân tích hiện đại (Simon and Nigel., 2007; Bui Vinh Hau et al., 2018). Bởi zircon có thể tồn tại qua các quá trình địa chất như rửa trôi, vận chuyển, thậm chí biến chất cấp độ cao, chúng có thể ghi lại các quá trình địa chất. Hiện tại, zircon được định tuổi bởi urani – chì (U- Pb), sự phân rã, và công nghệ U+Th/He. Phân tích tuổi trên các khoáng vật zircon đơn lẻ hoặc trên tập hợp các hạt zircon bằng các phương pháp hiện đại như TIMS (Thermal Ionization Mass Spectrometry), SHRIMP (Sensitive high-resolution ion microprobe) hay LA-ICP-MS (Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) có thể cho các kết quả tuổi tuyệt đối chính xác của quá trình tiến hóa magma, hay biến chất. Tuy nhiên trong những quá trình tiến hóa địa chất phức tạp, các khoáng vật zircon bị mọc chồng hoặc tái kết tinh bởi các quá trình địa chất muộn hơn gây khó khăn trong việc giải thích tuổi nhận được từ quá tình phân tích. Vì vậy việc nghiên cứu cấu trúc bên trong của zircon và đặc điểm địa hóa của zircon từ đó xác định các quá trình địa chất liên quan đến sự hình thành các đới cấu trúc hoặc của khoáng vật zircon là hết sức cần thiết trước khi phân tích và luận giải về tuổi nhận được.

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: buivinhhau@humg.edu.vn

2. Đặc điểm của khoáng vật zircon

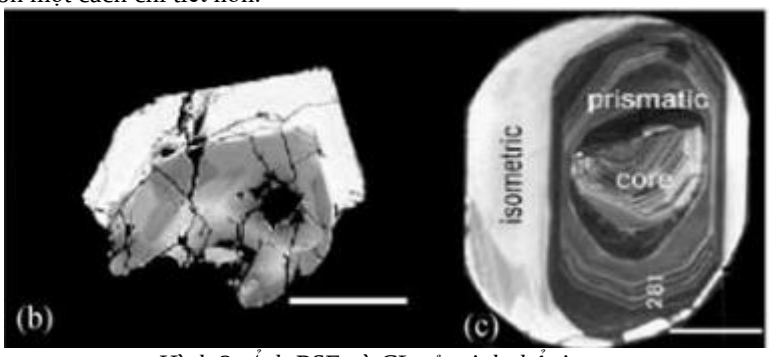
2.1. Cấu trúc của zircon

Cấu trúc bên trong của tinh thể zircon có thể được phân tích bằng phương pháp phản xạ ngược



Hình 1. Hình thái tinh thể zircon (300 micromet) và cấu trúc tinh thể zircon

(backscattered electron (BSE) imaging or cathodoluminescence (CL). Tại các khu vực khác nhau trong tinh thể zircon, hàm lượng của các nguyên tố hiếm, vết, vi lượng tồn tại sẽ khác nhau. Ảnh BSE thể hiện sự khác nhau về khối lượng mole trên bề mặt zircon. Ngoài ra ảnh BSE còn thể hiện đặc điểm cấu trúc bên trong của zircon (ví dụ như các thể tù, vết nứt, hình 2). Ảnh CL phản ảnh sự tập chung khác nhau của một số nguyên tố vế (như U, Y, Dy, và Tb) và/hoặc phản ảnh mạng tinh thể của zircon. Trên thực tế các nhà khoa học hay sử dụng ảnh CL để nghiên cứu zircon trước khi phân tích tuổi do ảnh CL thể hiện cấu trúc bên trong của zircon một cách chi tiết hơn.



Hình 2. Ảnh BSE và CL của tinh thể zircon

Zircon hình thành do magma thường có chiều dài từ 20 đến 250 micromet và tinh thể dạng tự hình đến bán tự hình. Zircon hình thành trong các đá kimberlite hoặc các đá liên quan đến kimberlite thường có dạng tha hình (một số ít là bán tự hình), và có kích thước lớn (có thể đến vài mm đến cm). Zircon dạng tha hình và có kích thước lớn còn gặp trong các đá mafic và ultramafic. Zircon hình thành từ các đá phun trào thường đặc trưng bởi tỷ số rộng/dài cao (có thể lên đến 1/12) tạo nên các tinh thể dạng lăng trụ hoặc dạng kim que.

Một đặc điểm đặc trưng của tinh thể zircon hình thành trong đá magma là sự phân đới đồng nhất (oscillatory zoning). Các đới này có sự đối lập nhau rõ ràng về độ đậm nhạt của hình ảnh CL. Rubatto và nnk chứng minh được rằng sự khác biệt nhau giữa các đới là do sự hình thành của các đới trong các điều kiện nhiệt độ khác nhau của quá trình kết tinh dẫn đến thành phân hóa học của các đới cũng có sự khác nhau. Sự phân đới dạng quạt cũng phổ biến trong zircon hình thành trong đá magma, được hình thành trong môi trường không ổn định dẫn đến vận tốc phát triển khác nhau của tinh thể. Một số zircon trong đá tách ra từ manti thể hiện sự không phân đới hoặc phân đới yếu

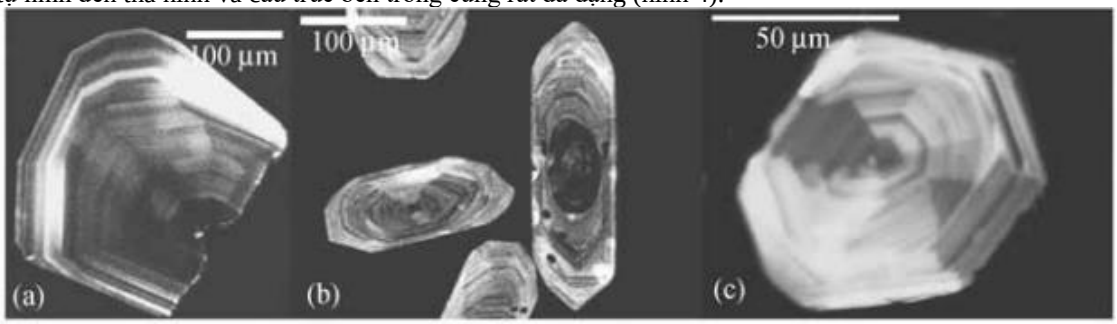
Zircon hình thành do quá trình biến chất chịu tác động của rất nhiều quá trình biến đổi địa động lực, do đó zircon không chỉ được kết tinh từ các dung dich biến chất mà còn hình thành do sự tái kết tinh và mọc chồng lên các tinh thể zircon có trước. Các tinh thể zircon hình thành trong quá trình biến chất có dạng từ

tự hình đến tha hình và cấu trúc bên trong cũng rất đa dạng.

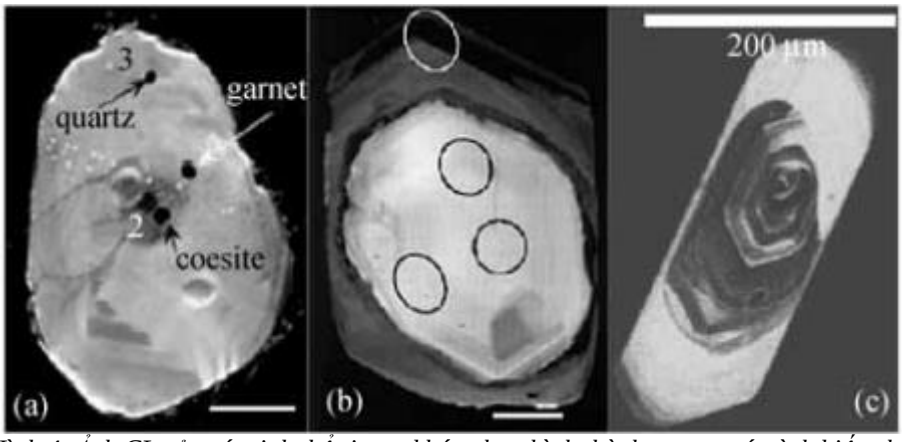
Zircon hình thành do magma thường có chiều dài từ 20 đến 250 micromet và tinh thể dạng tự hình đến bán tự hình. Zircon hình thành trong các đá kimberlite hoặc các đá liên quan đến kimberlite thường có dạng tha hình (một số ít là bán tự hình), và có kích thước lớn (có thể đến vài mm đến cm). Zircon dạng tha hình và có kích thước lớn còn gặp trong các đá mafic và ultramafic. Zircon hình thành từ các đá phun trào thường đặc trưng bởi tỷ số rộng/dài cao (có thể lên đến 1/12) tạo nên các tinh thể dạng lăng trụ hoặc dạng kim que.

Một đặc điểm đặc trưng của tinh thể zircon hình thành trong đá magma là sự phân đới đồng nhất (oscillatory zoning, hình 3). Các đới này có sự đối lập nhau rõ ràng về độ đậm nhạt của hình ảnh CL. Rubatto và nnk chứng minh được rằng sự khác biệt nhau giữa các đới là do sự hình thành của các đới trong các điều kiện nhiệt độ khác nhau của quá trình kết tinh dẫn đến thành phân hóa học của các đới cũng có sự khác nhau. Sự phân đới dạng quạt cũng phổ biến trong zircon hình thành trong đá magma, được hình thành trong môi trường không ổn định dẫn đến vận tốc phát triển khác nhau của tinh thể. Một số zircon trong đá tách ra từ manti thể hiện sự không phân đới hoặc phân đới yếu

Zircon hình thành do quá trình biến chất chịu tác động của rất nhiều quá trình biến đổi địa động lực, do đó zircon không chỉ được kết tinh từ các dung dich biến chất mà còn hình thành do sự tái kết tinh và mọc chồng lên các tinh thể zircon có trước. Các tinh thể zircon hình thành trong quá trình biến chất có dạng từ tự hình đến tha hình và cấu trúc bên trong cũng rất đa dạng (hình 4).



Hình 3. Sự phân đới trong tinh thể zircon



Hình 4. Ảnh CL của các tinh thể zircon khác nhau hình thành trong quá trình biến chất

2.2. Sự phân bố các nguyên tố vết trong zircon

Có nhiều các nghiên cứu đã chỉ ra sự khác biệt của Th, U, và tỷ số Th/U trong zircon được hình thành từ các đá magma và đá biến chất. Zircon magma đặc trưng bởi sự giàu Th, U và tỷ số Th/U cao hơn zircon biến chất. Tỷ số Th/U của zircon trong đá magma được khống chế bởi hàm lượng U, Th trong dung thể mà nó kết tinh và hệ số kết tinh giữa zircon và dung thể. Thông thường, zircon magma có tỷ số Th/U thường cao hơn 0.1.

Tỷ số Th/U trong zircon biến chất được khống chế bởi các yếu tố: (i) đặc điểm hóa học của dung thể biến chất; (ii) sự phát triển của các khoáng vật đi kèm; (iii) tốc độ kết tinh. Do U thường ưa pha lỏng hơn Th do đó trong các dung thể biến chất tỷ só Th/U thường thấp. Từ đó zircon kết tinh từ các dung thể biến chất cũng có tỷ số Th/U thấp. Zircon biến chất thường phát triển cùng với các khoáng vật như monazite, allanit, các khoáng vật này thường giàu Th, do đó Th trong zircon sẽ thấp dẫn đến tỷ số Th/U cũng thấp theo.

Th là nguyên tố không tương thích trong tinh thể zircon hơn là U bởi vì Th^{4+} có kích thước ion lớn hơn

U4+. Th có xu hương thoát ra ngoài khỏi cấu trúc mạng tinh thể của zircon trong quá trình biến chất. do đó tỷ số Th/U trong đá biến chất cũng thường khá nhỏ (<0.1). Pb cũng có xu hương thoát khỏi tinh thể zircon trong quá trình biến chất và tái kết tinh. Do đó có mối tương quan giữa tỷ số Th/U và tuổi U-Pb là tuổi của quá trình tái kết tinh trong đá biến chất được đặc trưng bởi tỷ số Th/U thấp nhất và tuổi U-Pb trẻ nhất.

3. Một số ví dụ về ứng dụng zircon trong nghiên cứu tuổi tuyệt đối

3.1. Xác định tuôi của các thành tạo granodiorite khu vực lò G18, Quảng Nam

Trong nghiên cứu này, Ngô Xuân Thành vào nnk. (2021) đã lấy mẫu granodiorit trong moong khai thác quặng vàng khu mỏ G18, ở phía nam Phước Sơn, thuộc đới khâu Tam Kỳ Phước Sơn để xác định tuổi cả các thành tạo granodiorit này.

Các tinh thể zircon trong các mẫu nghiên cứu có chiều dài lớn nhất là 170÷250 μm và chúng có hình thái đa dạng, từ bán tự hình đến tự hình và có tỉ lệ dài/rộng biến đổi từ 2/1÷4/1. Đa số phần lớn các tinh thể này không có nhân zircon kế thừa. Ảnh CL thấy rằng hầu hết các hạt zircon có phân đới rõ ràng, tự hình, sắc nét và là minh chứng quan trọng cho nguồn gốc magma của chúng. Kết quả định tuổi LA÷ICP÷MS cho tỉ lệ Th/U thay đổi từ 0,43÷0,81. Trên biểu đồ Concordia, đa phần các phân tích đều nằm trên/gần với đường cong phù hợp (Hình 4a). 15 điểm phân tích của mẫu QN÷0419/01 thu được tuổi $^{206}Pb/^{238}U$ từ 442 ± 5,0 đến 454 ± 6,0 tr.n với tuổi trung bình $^{206}Pb/^{238}U$ là 447,4 ± 2,9 tr.n (1σ, MSWD = 0,75).

Từ các đăc trưng về hình thái cấu trúc, cấu trúc bên trong và tỷ số Th/U, Ngô Xuân Thành và nnk., 2021 đã xác định tuổi của các thành tạo granodiorite trong khu vực moong khai thác quặng vàng khu mỏ G18, ở phía nam Phước Sơn có tuổi khoảng 442-454 tr.n và kết hợp với các bằng chứng về địa hóa và kiến tạo, nhóm nghiên cứu đã đưa ra kết luận rằng ột bộ phận đá magma trong TPO thuộc kiểu magma hình thành liên quan đến cung magma lục địa

3.2. Xác định tuôi trầm tích và nguồn gốc trầm tích các đá thuộc hệ tầng Nậm Cô

Trong nghiên cứu về tuổi và nguồn gốc của các thành tạo trầm tích hệ tầng Nậm Cô. Bùi Vinh Hậu và nnk. (2016) đã xác định được rằng các tinh thể zircon tách ra từ mẫu trầm tích của hệ tầng Nậm Cô hình dạng khá tự hình, cấu trúc bên trong phân đới thanh nét đặc trưng cho zircon magma. Tuổi trẻ nhất của khoáng vật zircon trong các mẫu phân tích là 736±21 tr.n được xác định là tuổi thành tạo của hệ tầng Nậm Cô. Trên biểu đồ phân bố tuổi đồng vị U-Pb zircon của hệ tầng Nậm Cô cho thấy vật liệu trầm tích của hệ tầng Nậm Cô có khoảng tuổi trẻ tập trung nhất trong khoảng 800-950 tr.n (>60%). Giá trị tuổi này có thể xem gần gũi với tuổi thành tạo trầm tích hệ tầng Nậm Cô. Ngoài ra, zircon trong hệ tầng Nậm Cô có tính phân đới tương đối rõ chỉ thị cho nguồn gốc magma. Ngoài ra, các hạt zircon phân tích khá tự hình, độ mài mòn kém có tỷ lệ Th/U chủ yếu >0,5 đặc trưng cho zircon được kết tinh từ magma. Từ những kết quả nghiên cứu trên cho thấy hệ tầng Nậm Cô có thể được hình thành trong bối cảnh hội tụ của hai mảng kiến tạo và một lượng lớn vật liệu trầm tích của hệ tầng Nậm Cô có nguồn gốc từ cung magma hình thành do sự hội nhập của 2 mảng kiến tạo đó.

Ngoài ra, Biểu đồ đối sánh tuổi đồng vị U-Pb zircon của hệ tầng Nậm Cô cho thấy vật liệu trầm tích của hệ tầng Nậm Cô có các khoảng tuổi chính gồm: 800-950 tr.n, 1.580-1.690 tr.n và 1.882-2.400 tr.n. Đối sánh với tuổi zircon xác định trên địa khối Dương Tử, Cathaysia (Nam Trung Hoa) và địa khối Đông Dương cho thấy rằng các khoảng tuổi của hệ tầng Nậm Cô có sự tương đồng với các khoảng tuổi zircon trong đá trầm tích ở hai địa mảng Dương Tử và Cathaysia với đặc điểm tuổi tập trung chủ yếu trong hai khoảng 800-950 tr.n và 1.720-1.800 tr.n. Khoảng tuổi 2.450-2.550 tr.n có độ tập trung thấp hơn. Ngược lại, các khoảng tuổi của hệ tầng Nậm Cô lại thể hiện sự khác biệt so với tuổi của các đá trầm tích trong địa mảng Đông Dương khi mà trầm tích của địa mảng Đông Dương có sự tập trung cao ở độ tuổi Neo-Archean (~2.500 tr.n), Grenvillian (~1.600 tr.n) còn Neo-Proterozoic (~950 tr.n) lại có sự tập trung thấp. Như vậy, có thể nói các vật liệu trầm tích của hệ tầng Nậm Cô có nguồn gốc từ địa mảng Nam Trung Hoa.

4. Kết luận

Zircon là một khoáng vật phụ phổ biến trong phần lớn đá granit và đá mácma felsic. Dựa vào độ cứng, tính bền và tính trơ, zircon tồn tại lâu dài trong mỏ trầm tích và là thành phần phổ biến trong hầu hết các loại cát. Zircon rất hiếm có mặt trong đá mafic và cực kì hiếm bên trong đá siêu mafic. Zircon đóng một vai trò quan trọng trong sự phát triển của kĩ thuật xác định tuổi đồng vị. Zircon chứa kim loại urani và thori (từ 10 ppm đến 1% khối lượng) và có thể dùng để định tuổi bởi công nghệ phân tích hiện đại. Bởi zircon có thể tồn tại qua các quá trình địa chất như rửa trôi, vận chuyển, thậm chí biến chất cấp độ cao, chúng có thể ghi lại các quá trình địa chất.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đề tài "Nghiên cứu cập nhật bản đồ cấu trúc kiến tạo và sinh khoáng nội sinh đới Sông Chảy phục vụ công tác điều tra địa chất, khoáng sản", mã số: TNMT.2022.562.01.

Tài liệu tham khảo

Belousova, E.A., Griffin, W.L., O'Reilly, S.Y., Fisher, N.I., 2002. Igneous zircon: trace element composition as an indicator of source rock type. *Contrib Mineral Petrol*, 14, 602-622.

Bùi Vinh Hâu, Ngô Xuân Thành., 2016. Đặc điểm hình thái, thành phần và tuổi zircon trong trầm tích hệ tầng Nậm Cô và ý nghĩa của nó đối với địa chất khu vực. *Tạp chí địa chất loạt A*, số 356, 50-62.

Bui Vinh Hau., Yoonsup Kim, Ngo X. Thanh, Tran T. Hai, and Keewook Yi., 2018. Neoproterozoic deposition and Triassic metamorphism of metasedimentary rocks in the Nam Co Complex, Song Ma Suture Zone, NW Vietnam. *Geosciences Jounal*, 22, 549-568.

Daniella, R., Hermann, J., 2003. Zircon formation during fluid circulation in eclogites (Monviso, Western Alps): Implications for Zr and Hf budget in subduction zones. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 67, 2176-2187.

Ngô Xuân Thành, Bùi Vinh Hậu, Trần Thanh Hải, Phan Văn Bình, Đặng Văn Bát, Vũ Anh Đạo., 2021. Tuổi U - Pb và thành phần zircon của các đá granodiorit khu vực mỏ vàng G18 Quảng Nam và ý nghĩa kiến tạo. *Tạp chí Mỏ Địa chất*, 62 (2), 1-11.

Simon, L., Nigel, M.K., 2007. Zircon tiny but timely. *Element*, 3, 13-18.

Usuki T., Lan C.Y, Wang K.L., Chiu Y., 2013. Linking the Indochina block and Gondwana during the Early Paleozoic: Evidence from U–Pb ages and Hf isotopes of detrital zircons. *Tectonophysics*, 586, 145-159.

Wu, Y.B. and Zheng, Y.F., 2004, Genesis of zircon and its constraints in interpretation of U-Pb. *Chinese Science Bulletin*, 49, 1554–1569.

ABSTRACT

Characteristics of zircon and its application in absolute age determination

Bui Vinh Hau[1,2,3]

[1] Hanoi University of Mining and Geology
[2] Key research group "Tectonics and Geodynamics for Geo-resources, Environment and Sustainable Development", Hanoi University of Mining and Geology.
[3] Center for excellence in analysis and experiment

Zircon ($ZrSiO_4$) is a common accessory mineral in most granitic and felsic igneous rocks. Due to its hardness, durability, and chemical inertness, zircon persists in sedimentary deposits and is a common component in most sands. Zircon is rarely found in mafic rocks and extremely rare in ultramafic rocks. Zircon exhibits morphology, structure, and geochemical characteristics specific to its origin. Magmatic zircon typically has euhedral crystal structures, homogeneous zoned internal structures, relatively high concentrations of Th and U, and Th/U ratios usually greater than 0.1. Metamorphic zircon often has subhedral structures, complex internal structures, and Th/U ratios usually less than 0.1. Zircon plays an important role in the development of isotopic age determination techniques. Zircon contains high uranium and thorium contents (ranging from 10 ppm to 1% by weight) and can be dated using modern analytical technology. Because zircon can endure geological processes such as erosion, transport, and even high-grade metamorphism, it can record geological events.

Keywords: Zircon, Th, U, Absolute age

Đặc điểm hình thái Pyrite hình thành trong môi trường trầm tích biển hiện đại tại vùng biển Tây Nam

Nguyễn Hữu Hiệp[1,2,3,*], Trinh Thế Lực[2]

[1] Khoa khoa học và kỹ thuật Địa chất, Trường Đại học Mỏ - Địa chất
2 Trung tâm phân tích thí nghiệm công nghệ cao, Trường Đại học Mỏ - Địa chấti
3 Nhóm nghiên cứu mạnh: Nghiên cứu, ứng dụng công nghệ tiên tiến trong Khoa học trái đất, Vật liệu và Môi trường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Pyrit được phân bố rộng rãi trong trầm tích biển hiện đại, hình thái của nó được áp dụng để luận giải các điều kiện oxy hóa khử của nước dưới đáy và xác định các giai đoạn dịch chuyển và hoạt động rò rỉ hydrocarbon. Những đặc điểm về hình thái và kích thước của các tập hợp pyrit cũng như cơ chế hình thành và tiến hóa của pyrit sử dụng để luận giải môi trường thành tạo trầm tích. Nghiên cứu hình thái của pyrit bao gồm quan sát hình dạng, kích thước và phân tích đặc điểm bề mặt. Kính hiển vi điện tử quét (SEM) và kính hiển vi quang học là phương pháp chính để quan sát hình thái và xác định kích thước pyrite. Trong điều kiện trầm tích vùng biển Tây Nam, tinh thể pyrit đơn lẻ xuất hiện ở dạng khối lập phương, khối bát diện, khối mười hai mặt và các khối trung gian của chúng, kích thước của chúng dao động từ vài nanomet đến hơn 50 μm. Các tập hợp pyrit xuất hiện dưới dạng framboid, lấp đầy trong microfauna, v.v., được đặc trưng bởi kích thước tương đối lớn từ vài micron đến vài milimet. Quá trình hình thành và làm giàu pyrite ở đây được cho là có sự liên quan chặt chẽ tới rò rỉ khí metan trong các tập trầm tích bùn sét giàu vật chất hữu cơ bên dưới sâu.

Từ khóa: Pyrit, hydrocarbon, trầm tích biển, biển Tây Nam

1. Đặt vấn đề

Quá trình oxy hóa kỵ khí của metan (AOM) là quá trình hấp thụ quan trọng nhất cho khí mêtan trong môi trường biển (Reeburgh, 1976, 1996; Boetius et al., 2000). Khí mêtan chuyển động đi lên, bắt nguồn từ các túi khí nông trong trầm tích, gặp sunfat từ nước biển chuyển động đi xuống ở quá trình chuyển đổi sunfat-mêtan (1).

$$CH_4 + SO_4^{2-} \longrightarrow HCO_3^- + HS^- + H_2O \quad (1)$$

HS^- được hình thành thông qua AOM phản ứng với sắt hoạt tính trong nước lỗ rỗng, tạo ra một loạt sunfua sắt siêu bền (ví dụ, mackinawite, pyrrhotite, và greigite) và cuối cùng là các khoáng vật pyrite bền vững nguyên sinh (Habicht và Canfield, 2000) (eqs. (2)–(4)). Quá trình khử sunfat, chịu ảnh hưởng của chất hữu cơ và AOM, đi kèm với quá trình phân đoạn đồng vị lưu huỳnh phức tạp, ảnh hưởng đến thành phần đồng vị lưu huỳnh của pyrit (Hoefs, 2009).

$$Fe^{2+} + S^{2-} \longrightarrow FeS, Fe_3S_4 \quad (2)$$

$$FeS + S_0 \longrightarrow FeS_2 \quad (3)$$

$$Fe_3S_4 + S_0 \longrightarrow FeS_2 \quad (4)$$

Pyrit liên quan đến sự rò rỉ khí mê-tan dẫn tới nhiều loại hình thái và hàm lượng khoáng vật khác nhau, cũng như đồng vị lưu huỳnh khác nhau. Sassen và nnk. (2004) đề xuất rằng các framboid pyrite tạo thành một dạng giả sau Beggiatoa và hóa thạch vi khuẩn dạng sợi khổng lồ trong trầm tích Chen và nnk. (2006) đã xác định được dạng vi khuẩn và tinh thể của pyrite nằm rải rác trong các tinh thể canxit tập trung gần các lỗ thoát khí, các địa điểm hydrat ở Vịnh Mexico và Biển Đông.

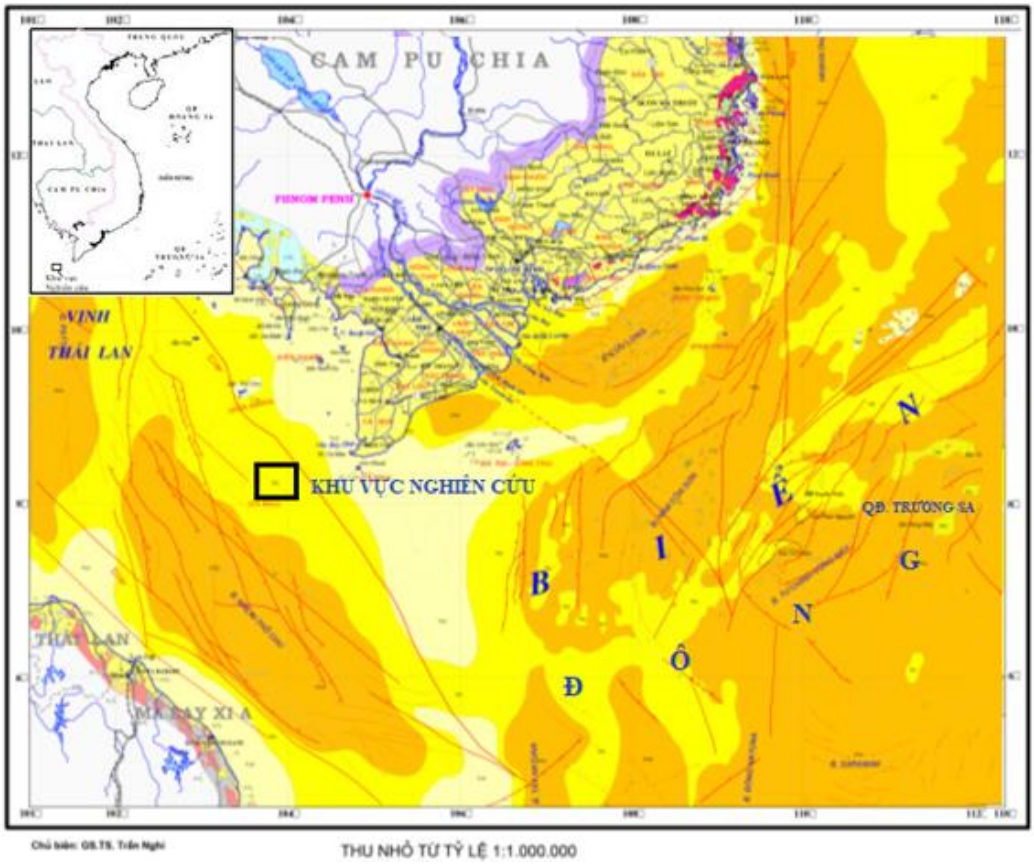
[*] *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenhuuhiep@humg.edu.vn

Nghiên cứu này tập trung phân tích hình thái của pyrite trong trầm tích bùn khu vực biển Tây Nam Việt Nam, đặc biệt dạng thành tạo của pyrite và khoáng vật đi kèm với pyrite. Hình thái đặc trưng và chủ đạo của pyrite cũng như các dạng hình thái của chúng được phân chia dựa trên ảnh hiển vi điện tử quét SEM. Từ đó có thể luận giải nguồn gốc và cơ chế hình thành của pyrite tự sinh tại khu vực.

2. Mẫu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đặc điểm địa chất và Mẫu

Thềm lục địa Tây Nam Việt Nam nằm trong vùng vịnh Thái Lan, diện tích các lô từ 37 đến lô 52 khoảng 107.000 km^2. Theo kết quả tổng hợp của công ty PETROCONSULTANT (1988), trên bản đồ các yếu tố kiến tạo và các bể trầm tích vùng biển Nam Trung Hoa, ở vùng vịnh Thái Lan tồn tại ba bể trầm tích chính: bể Malay, trũng Khơ-me và bể Pattani. Khu vực thềm lục địa TNVN thuộc rìa Đông Bắc của bể Malay, cũng là nơi gặp nhau của bể Pattani có hướng Bắc-Nam và bể Malay có hướng cấu trúc Tây Bắc - Đông Nam. Về mặt cấu trúc địa chất thì khu vực nghiên cứu nằm ven rìa ĐB của bể Malay – Thổ Chu nên các đặc điểm địa tầng và cấu trúc – kiến tạo của khu vực này cũng kế thừa các đặc điểm địa chất của bể Malay – Thổ Chu.



Hình 1. Đặc điểm địa chất và vị trí khu vực nghiên cứu

Mẫu trầm tích bề mặt được lấy tại khu vực bãi cạn thuộc vùng biển Tây Nam Việt Nam. Mẫu được gia công tách trọng sa tại Trung tâm Phân tích, Thí nghiệm Công nghệ cao – Đại học Mỏ - Đại chất. 25 mẫu khoáng vật nặng tại khu vực được lấy để phân tích thành phần và hình thái của khoáng vật pyrite và các khoáng vật đi kèm. Với 300g mẫu nguyên khai được tách thành 4 loại: khoáng vật nhẹ, khoáng vật từ, khoáng vật từ cảm và khoáng vật nặng trong đó khoáng vật nặng thu được khoảng 1 đến < 3 g.

2.2. Kính hiển vi điện tử quét Phổ tán xạ năng lượng tia X

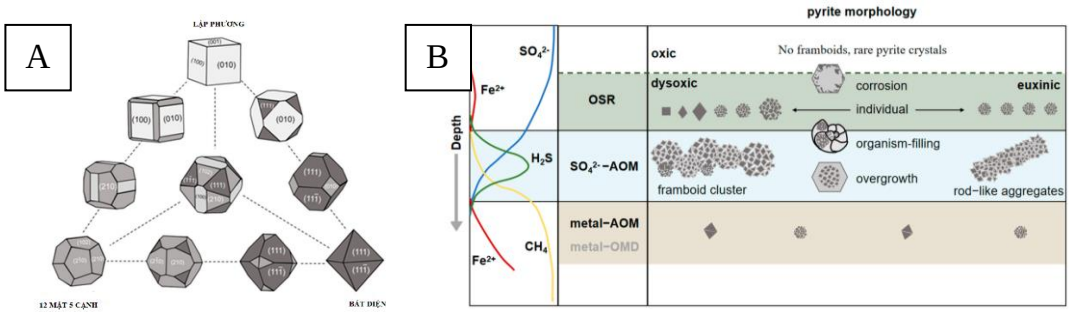
Mẫu khoáng vật nặng được gia công gắn trên đế carbon sau đó được phủ Carbon bề mặt bằng máy phủ mẫu leica EM SCD050. Ảnh điện tử quét được thực hiện trên thiết bị Quanta 450 của hãng Fei-Mỹ với độ phóng đại khi chụp với các mẫu từ 100x – 500x – 1.000x – 4.000x chế độ chụp: Hight pressure; Hv: 20Kv. Ngoài phân tích cấu trúc hạt khoáng vật thì thành phần nguyên tố của khoáng vật pyrite và các

khoáng vật đi kèm được xác định bằng phương pháp phổ tán xạ năng lượng tia X (EDX). Được thực hiện tại Trung tâm Phân tích, Thí nghiệm Công nghệ cao – Đại học Mỏ - Địa chất.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hình dạng của đơn tinh thể pyrite

Các tinh thể pyrite hình khối tự nhiên được hình thành rộng rãi trong môi trường biển theo Rust, G.W.1935: chẳng hạn như trầm tích biển thông thường; môi trường thủy nhiệt biển và môi trường vi hóa thạch bị chôn vùi trong trầm tích biển. Hình thái của các tinh thể pyrite được tổng hợp và thể hiện dưới Hình 2. có khối lập phương, khối bát diện, khối pyritohedron và các khối trung gian của chúng. Trong quá trình phát triển tinh thể pyrite, sự kết hợp và hình thái của các vi tinh thể được kiểm soát bởi môi trường phát triển địa hóa, như nồng độ Fe (II) và SO_4^{2-} , pH, nhiệt độ, tạp chất, v.v.



Hình 2. A:Các hình dạng tinh thể khác nhau và các dạng trung gian của chúng Wang và Morse (1996). B: Mô hình hình thái của pyrit tự sinh trong các điều kiện oxi hóa khử khác nhau trong trầm tích biển (Wilkin và nnk.2001; Jingyi Chang và nnk 2022)

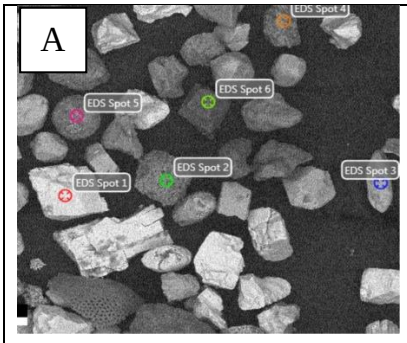
Kiến trúc của tập hợp pyrite tại khu vực nghiên cứu:

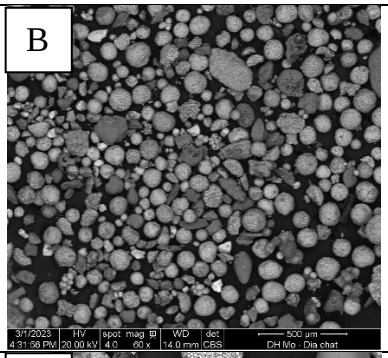
Tập hợp của pyrite tại khu vực nghiên cứu có dạng framboid, kiến trúc mọc bên trong mảnh sinh vật Hình 3. Các khoáng vật nặng đi kèm với chúng chủ yếu là zircon, Barium sulfite, rutile (Hình 3A) được thể hiện bởi EDX tại Hình 3.

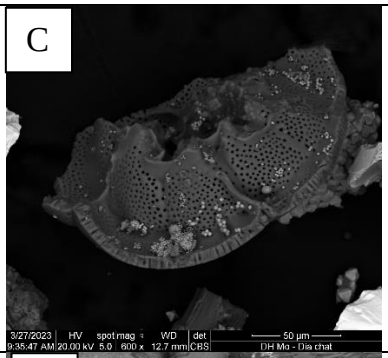
Kiến trúc dạng framboid là thành phần kiến trúc xuyên suốt của khoáng vật pyrite tại khu vực nghiên cứu. Đặc trưng bởi tập hợp các tinh thể pyrite tập hợp thành 1 tinh thể hình cầu và tại khu vực các đơn tinh thể dạng bát diện chiếm ưu thế còn lại là các đơn tinh thể dạng rối loạn (tha hình). Kích thước của đơn khoáng cũng rất khác biệt từ <1 micron đến 11 micron. Các khối kiến trúc dạng framboid có kích thước đường kính nằm trong khoảng 5 – 100 micron. Từ kích thước đơn tinh thể pyrite và kích thước của các tập hợp pyrite dạng framboid cho thấy môi trường biển tại khu vực ổn định và thuận lợi để khoáng vật pyrite phát triển.

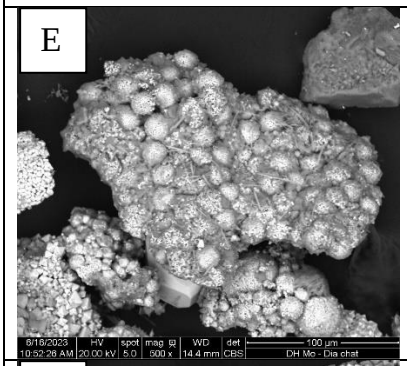
Ở đây cho thấy sự đồng nhất về cơ chế phát triển về cơ chế hình thành của các khối cầu pyrite. Khối cầu hình thành từ tập hợp các đơn khoáng pyrite riêng lẻ dạng tha hình hoặc dạng bát diện có thể thấy rõ tại hình 3B, F tại các khối cầu không nguyên vẹn từ đó thấy được cấu trúc bên trong của khoáng vật. Hàm lượng ước lượng dựa trên ảnh SEM của pyrite trên tập hợp khoáng vật nặng của mẫu cho thấy pyrite xuất hiện trong tất cả các mẫu và có hàm lượng từ 20 – 70% và gần như toàn bộ đều ở dạng framboid cho thấy tốc độ mọc ngoài (hình thành khoáng vật mọc ngoài) cao. Với tốc độ tạo sunfua cao giúp dễ dàng đạt được mức bão hòa FeS hơn, FeS sẽ bị kết tủa trước tiên và chuyển thành pyrit framoidal.

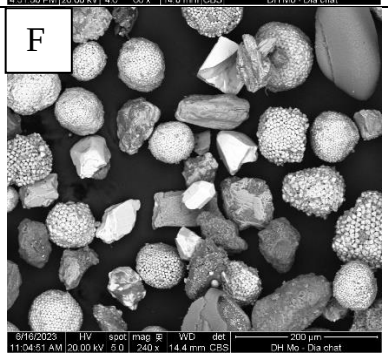
Framboit thường được hình thành trong các cột nước biển euxinic (thiếu oxy và giàu sulfit) hoặc các trầm tích biển nông và thường bị chôn vùi trong các lớp trầm tích dày vài cm. Kích thước của đơn khoáng pyrite và hàm lượng pyrit framboidal trong trầm tích biển hiện đại có thể phản ánh môi trường trầm tích hình thành của chúng Wilkin và nnk.2001.

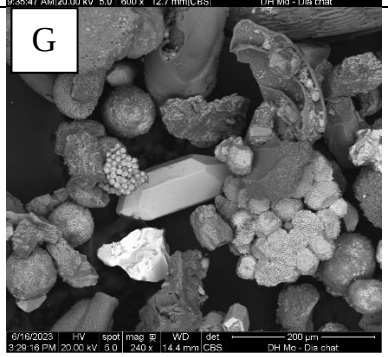


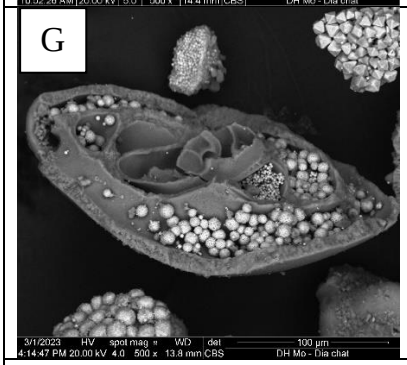


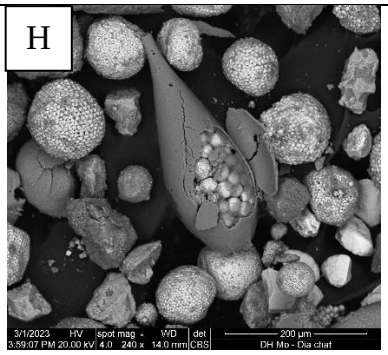


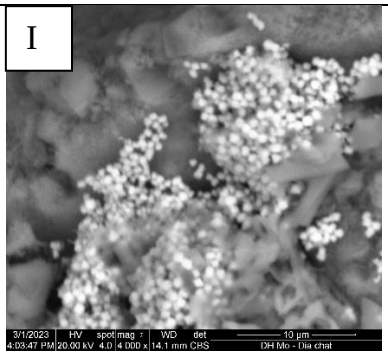




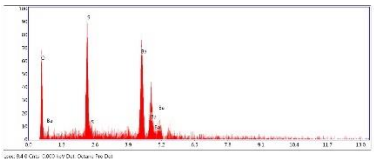








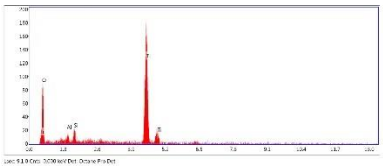
EDS 1 - Barium sulfide



Thành phần hóa (Element component)

Element	O	S	Ba
Percentage	25.85	15.39	58.76

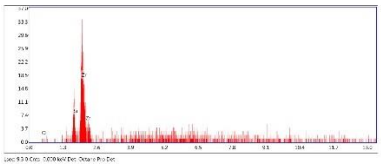
EDS 2 – Rutile



Thành phần hóa (Element component)

Element	O	Al	Si	Ti
Percentage	55.9	0.91	1.4	41.7

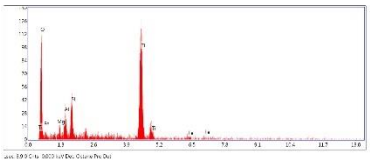
EDS 3 – Zircon



Thành phần hóa (Element component)

Element	O	Si	Zr
Percentage	10.22	10.3	79.49

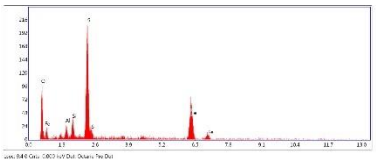
EDS 4 - Rutile



Thành phần hóa (Element component)

Element	O	Mg	Al

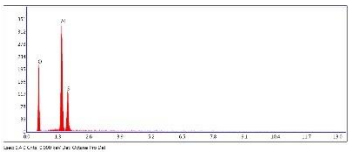
EDS 5 – Pyrite



Thành phần hóa (Element component)

Element	O	Al	Si

EDS 6 – Quark



Thành phần hóa (Element component)

Element	O	Al	Si

Percentage	58.77	0.81	2.72		Percentage	29.05	1.82	3.56		Percentage	49.55	33.43	17.03
Element	Si	Ti	Fe		Element	S	Fe						
Percentage	4	32.11	1.58		Percentage	28.99	36.57						

Hình 3. Ảnh điện tử quét khoáng vật nặng và phân tích EDX các khoáng vật điển hình

Các cụm Framboit phổ biến trong môi trường rò rỉ khí metan, được cho là do nguồn cung cấp H_2S bổ sung được tạo ra từ quá trình khử sunfat hiệu quả được tạo điều kiện thuận lợi bởi AOM và việc cung cấp đủ sắt từ các mảnh đá khoáng vật sắt. Kết cấu của các cụm framboid được kiểm soát bởi cấu trúc trầm tích và không gian lỗ rỗng. Kết quả là, sự xuất hiện đồng thời của các cụm framboid và framboidal cực lớn có thể đóng vai trò là đặc trưng về hàm lượng cao của AOM và vị trí của quá trình chuyển đổi Cổ sinh - metan -sulfate (SMTZ).

Cấu tạo lấp đầy lỗ rỗng mảnh sinh vật

Có thể quan sát thấy pyrit lấp đầy khoang trùng lỗ (Hình 3C–H) với kết cấu euhedral hoặc framboid. Các tinh thể hình pyrit lấp đầy mảnh sinh vật với kiến trúc tha hình có kích thước từ 500 nm (Hình 3I) đến 2 micron (Hình 3C). Pyrite có thể phát triển riêng lẻ rải rác (Hình 3C) hoặc tập hợp thành đám dạng Framboil (Hình 3G,H).

Có thể thấy rằng từ đặc trưng dạng framboid của khu vực nghiên cứu với đơn tinh thể pyrite trong khoảng 0.5-11 micron và các lỗ rỗng của mảnh sinh vật hầu hết được lấp đầy bởi framboid pyrite do đó nhận định rằng pyrite được hình thành tại môi trường oxy hóa kị khí AOM (Hình 2) với tác nhân của sự dò rỉ khí metan trong điều kiện môi trường trầm tích biển hiện đại phát triển lâu dài và ổn định.

4. Kết luận

Có 2 dạng đặc trưng của pyrite trong khu vực nghiên cứu. Pyrite dạng framboid với kích thước đường kính của tập hợp pyrite từ 5 – 100 micron. Pyrite lấp đầy lỗ rỗng của mảnh sinh vật có dạng đơn tinh thể đơn lẻ kích thước 0.5 – 11 micron rải rác trong các lỗ rỗng mảnh sinh vật hoặc tập hợp thành đám framboid.

Cơ chế hình thành của Pyrite dạng framboid hình thành trong trầm tích biển nông và thường bị chôn vùi trong các lớp trầm tích dày vài cm. Kích thước của đơn khoáng pyrite và hàm lượng pyrit framboidal trong trầm tích biển hiện đại phản ánh môi trường trầm tích bình ổn trong thời gian dài để tạo ra các lớp pyrite đơn khoáng với kích thước khác nhau từ 0.5 – 11 micron.

Sự hình thành của Pyrite dạng framboid trong khu vực là môi trường oxy hóa kỵ khí của metan (AOM) có thể cho thấy khu vực có sự tồn tại của các túi khí nông metan. Khí metan rò rỉ lên bề mặt trầm tích biển hiện đại tạo ra môi trường AOM phù hợp cho sự phát triển và hình thành pyrite

Lời cảm ơn:

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn các nhà khoa học của Khoa Khoa học và Kỹ thuật Địa chất, trung tâm Phân tích, Thí nghiệm Công nghệ cao đã hỗ trợ điều kiện thuận lợi cho nhóm nghiên cứu hoàn thành được nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

Reeburgh, W.S., 1976. Methane consumption in Cariaco Trench waters and sediments. *Earth and Planetary Science Letters* 28, 337–344.

Reeburgh, W.S., Whalen, S.C., and Alperin, M.J., 1993. *The role of methylotrophy in the global methane budget. In Microbial Growth on C-1 Compounds (ed. Murrell, J.C and Kelly, D.P.)*, Intercept, Ltd, Andover, pp. 1-14.

Reeburgh, W. S., 1996. "*Soft spots" in the global methane budget. In: Lidstrom, M.E.,Tabita, F.R., (Eds.), Microbial growth on C1 compounds*. Kluwer Academic Publishers,Dordrecht, The Netherlands, pp. 334−342.

Reeburgh, W.S., 1980. Anaerobic methane oxidation: Rate depth distributions in Skan Bay sediments. *Earth and Planetary Science Letters* 47(3), 345-352.

Boetius, A., Ravenschlag, L., Schubert, C.J., Rickert, D.,Widdel, F., Gieseke, A., Amann, R., Jørgensen, B.B., Witte, U., Pfannkuche, O., 2000. A marine microbial consortium apparently mediating anaerobic oxidation of methane. *Nature* 407, 623–626.

Canfield, D.E. Biogeochemistry of Sulfur Isotopes. *Stable Isot. Geochem*. 2019, 43, 607–636. [CrossRef]

Canfield, D.E.; Habicht, K.S.; Thamdrup, B. *The Archean sulfur cycle and the early history of atmospheric oxygen. Science 2000*, 288, 658–661. [CrossRef] [PubMed]

Hoefs J. 2009. Stable Isotope Geochemistry. 6th ed. Berlin: SpringerVerlag. 285

Sassen R, Roberts H H, Carney R, DeFreitas D A, Lanoile B, Zhang C L.2004. Free hydrocarbon gas, gashydrate, and authigenic minerals in chemosynthetic communities of the northern Gulf of Mexico continental slope: Relation to microbial processes. *Chem Geol*, 205: 195–217

Chen D F, Feng D, Su Z. 2006. Pyrite crystallization in seep carbonates at gas vent and hydrate site. *Mat Sci Eng C-Biom Supramol Syst*, 26: 602–605

Trần Nghi,. 2008. KC09-*23 Lập bản đồ địa chất Biển Đông và các vùng kế cận, tỷ lệ 1/1.000.000*. Lưu trữ TỔNG CỤC BIỂN VÀ HẢI ĐẢO VIỆT NAM

Rust, G.W. Colloidal primary copper ores at Cornwall Mines, southeastern Missouri. *J. Geol*. 1935, 43, 398–426.

Wilkin, R.T.; Arthur, M.A. Variations in pyrite texture, sulfur isotope composition, and iron systematics in the black sea: Evidence for late pleistocene to holocene excursions of the O_2-H_2S redox transition. Geochim. Et Cosmochim. *Acta* 2001, 65, 1399–1416.

Jingyi Chang , Yuanyuan Li and Hailong Lu,. The Morphological Characteristics of Authigenic Pyrite Formed in Marine Sediments. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10, 1533.

Wang, Q.; Morse, J.W. *Pyrite formation under conditions approximating those in anoxic sediments* I. Pathway and morphology. Mar. Chem. 1996, 52, 99–121.

ABSTRACT

The Morphological Characteristics of Authigenic Pyrite Formed in Modern marine sediments of the southwest East Sea

Nguyen Huu Hiep[1,2,3],Trinh The Luc[2]

[1] *Faculty of Geological Science and Technology, Hanoi University of Mining and Geology*

[2] *Center for excellence in analysis and experiment*

[3] *Strong research team: Research and Advanced Technology Applications in Environmental, Material and Earth Sciences (HiTech-CEAE), Hanoi University of Mining and Geology*

Pyrite is widely distributed in modern marine sediments, and its morphology is applied to interpret the redox conditions of bottom water and determine the stages of hydrocarbon migration and seepage activity. The morphological and dimensional characteristics of pyrite aggregates as well as the formation and evolution mechanism of pyrite are used to interpret the sedimentary formation environment. Morphological study of pyrite includes observing shape, size and analyzing surface characteristics. Scanning electron microscopy (SEM) and optical microscopy are the main methods for observing pyrite morphology and determining size. In Southwestern sedimentary conditions, single pyrite crystals occur in the form of octahedra, dodecahedrons, and their intermediates, their sizes of pyrite framboid ranging from a few nanometers to average 50 μm. Pyrite aggregates occur as framboids, fills in microfauna, characterized by relatively large sizes ranging from a few microns to hundred microns. The process of pyrite formation and enrichment here is thought to be closely related to methane leakage in deep organic-rich clayey sediments.

Keywords: Authigenic pyrite; morphology; marine sediment; shallow gas; framboid.

Đặc điểm thành phần độ hạt trầm tích biển hiện đại tại vùng biển bãi cạn Tây Nam Biển Đông

Nguyễn Hữu Hiệp[1,2,3, *],Pham Như Sang[2]

[1] *Khoa khoa học và kỹ thuật Địa chất, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

[2] *Trung tâm phân tích thí nghiệm công nghệ cao, trường Đại học Mỏ - Địa chất*

[3] *Nhóm nghiên cứu mạnh: Kiến tạo và Địa động lực với Tài nguyên Địa chất, Môi trường và Phát triển bền vững, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

100 mẫu thành phần độ hạt trầm tích tầng mặt tại vùng biển bãi cạn Tây Nam Biển Đông được thực hiện trong nghiên cứu này nhằm xác định đặc trưng thành phần độ hoạt trầm tích biển hiện đại trong khu vực. Các đặc điểm của độ hạt như giá trị trọng số (mean), độ chọn lọc σ, hệ số đối xứng (Sk) và độ tù (K) được tính toán trên phần mềm GRADISTAT. Toàn bộ các mẫu phân tích đều là mẫu trầm tích bột hạt rất thô theo phân loại FOLK AND WARD với độ chọn lọc kém cỡ hạt chủ yếu hạt mịn (Fine Skewed: lệch dương). Trầm tích biển tại đây được đặc trưng cho trầm tích biển của bãi cạn xa bờ hạt mịn cũng như môi trường trầm tích được sắp xếp tốt, và vừa phải. Trầm tích được xác định là lệch mịn với dạng của đồ thị tần xuất chủ yếu dưới dạng hơi nhọn (platykurtic), (nhọn) leptokurtic và 1 số mẫu hơi tù (Mesokurtic) thể hiện hạt mịn đến rất mịn bị lẫn các mảnh sinh vật. Đặc điểm hạt đồng nhất theo không gian thể hiện môi trường lắng đọng trầm bình ổn xa bờ xa nguồn cung cấp vật liệu trầm tích.

Từ khóa: Thành phần độ hạt, Trầm tích biển, Biển Đông.

1. Đặt vấn đề

Vùng biển Tây Nam Biển Đông là vùng biển thuộc tỉnh Kiên Giang, là một bộ phận của vịnh Thái Lan. Đây là một vùng giàu tiềm năng phát triển kinh tế biển đầy năng động nhưng cũng rất nhạy cảm trong quan hệ quốc tế trên biển. Khu vực là một ngư trường lớn của Việt Nam cửa ngõ giao lưu Quốc tế, nằm trong khu vực có nền kinh tế đang phát triển năng động, đồng thời cũng nằm trong khu vực rất nhạy cảm. Trong quá khứ và hiện tại đã diễn ra những cuộc tranh chấp phức tạp về chủ quyền và kinh tế. Vùng biển bãi cạn Tây Biển Đông là bãi ngầm rộng lớn, cách mũi Cà Mau khoảng 110 hải lý. Việc điều tra về đặc điểm trầm tích của khu vực tương đối khó khăn hơn thế khu vực lại nằm tại rìa phía Bắc của bể Mã Lai – Thổ chu nên việc khảo sát dầu khí cũng rất ít. Tuy vậy khu vực lại là vùng biển quan trọng đối với dịch vụ kỹ thuật có tiềm năng lớn đối với xây dựng các công trình biển như điện gió, thủy triều, mặt trời. Do đó việc xác định đặc điểm trầm tích tại bãi cạn có tạo thêm nguồn tư liệu mới về phục vụ cho điều tra địa chất công trình tài nguyên khoáng sản của khu vực.

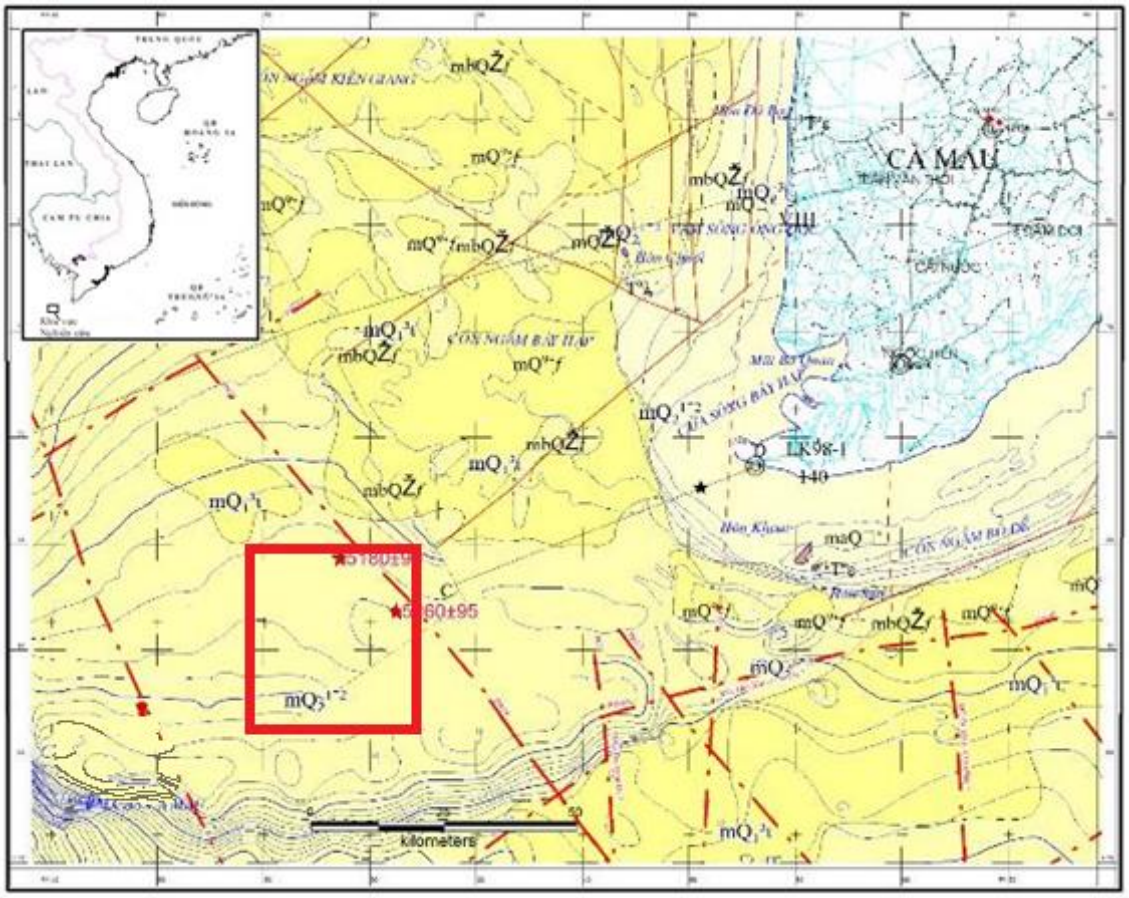
2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở lý thuyết

Nghiên cứu đặc điểm cấu trúc của trầm tích vùng biển bãi cạn được sử dụng để phân loại môi trường trầm tích. Trầm tích ven bờ nhìn chung chịu ảnh hưởng của các quá trình ven biển, đặc biệt là hoạt động của sóng và hình thái đáy biển (độ dốc mặt bãi biển). Đặc điểm kích thước hạt vùng bãi biển thay đổi cùng với sự vận chuyển trầm tích, đặc biệt là quá trình lắng đọng và lắng đọng của trầm tích mịn. Ở những bãi biển có thủy triều thống trị, dòng thủy triều có thể đóng vai trò quan trọng làm thay đổi đặc điểm cấu trúc của trầm tích bãi biển như ở vùng cửa sông. Hoque và nnk. (2010) nghiên cứu về tính ổn định của bờ sông với trầm tích bở rời. Các nghiên cứu thống kê phân tích trầm tích vùng biển bãi cạn có liên quan để xác định môi trường trầm tích: Kích thước trung bình, độ chọn lọc và độ lệch là những thông số hữu ích nhất để mô tả trầm tích (Carranza-Edwards, 2001; Friedman, 1961). Thành phần trầm tích ven biển và thành

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenhuuhiep@humg.edu.vn

phần kết cấu của chúng phụ thuộc vào sóng, gió, dòng chảy dọc bờ và thành phần nguồn (Komar, 1976). Nghiên cứu thống kê kích thước hạt là được sử dụng để phân biệt giữa môi trường năng lượng cao và trung bình (Nordstrom, 1977). Kết cấu, đặc điểm trầm tích bãi cạn vùng biển Tây Biển Đông chưa được nhiều nhà nghiên cứu nghiên cứu trước đây do bãi cạn có khoảng cách xa và ít có tiềm năng khoáng sản.



Hình 1. Sơ đồ vị trí vùng nghiên cứu và sơ đồ địa chất vùng biển ven bờ (0-100m nước) Việt Nam do TSKH Nguyễn Biểu và Trịnh Nguyên Tính làm chủ biên (Trích lược từ bản đồ 1/500.000).

2.2. Địa chất khu vực

Theo tài liệu 1/500.000 30-100m nước đã thực hiện trước đây, khu vực nghiên cứu nằm trên trầm tích có nguồn gốc biển tuổi mQ_2^{1-2}

Tầng trầm tích này có thể lộ ra phổ biến trên đáy biển vùng nghiên cứu ở độ sâu từ 30 đến 80m nước và trên các băng địa chấn nông độ phân giải cao tuyến TN08-03 phía Bắc quần đảo Thổ Chu, TN08-08 sông Ông Đốc - cồn ngầm Bảy Hạp, TN08-12 (bãi cạn Cà mau), TN08-102 Tây bãi cạn Cà Mau-Tây đảo Thổ Chu), ... Trầm tích của tầng gặp được trong các ống phóng trọng lực. Thành phần chủ yếu là cấp hạt nhỏ bột, sét màu xám - xám phớt xanh. Trong trầm tích cát bột, hàm lượng cát chiếm 50,5-81%, bột 16,5-46%, sét 2-12,5%, kích thước hạt Md 0,064-0,194mm, hệ số chọn lọc Sk 1,34-4,22, hệ số Sk 0,25-2,95. Trong các tầng trầm tích Holocen dưới – giữa gặp rất phong phú các giống loài Foraminifera, Diatomea, Bào tử phấn hoa tuổi Holocen sớm - giữa điều đó phản ánh giai đoạn biển tiến Flandrian đã tạo ra một môi trường thuận lợi cho sự phát triển của chúng.

2.3. Mẫu

Mẫu trầm tích mặt được lấy tại 100 vị trí khác nhau thuộc vùng biển bãi cạn (Hình 1). Mẫu được gia công tại phòng thí nghiệm Trung tâm nghiên cứu địa kỹ thuật - Phòng thí nghiệm Địa kỹ thuật công trình và Môi trường. Hàm lượng muối hỗn hợp được loại bỏ khỏi mẫu bằng cách rửa bằng nước. Phân tách kích thước hạt được thực hiện bằng phương pháp sàng rây kết hợp phương pháp tỷ trọng kế. Phương pháp phân tích độ hạt: mô tả kích thước hạt của từng loại hạt trầm tích riêng lẻ, mảnh đá, các hợp chất vô cơ xi măng hóa để tạo thành trầm tích vụn hay trầm tích sinh hóa. Biểu đồ tần xuất cỡ hạt được trình bày bằng đồ họa dưới dạng đường cong phần trăm tích lũy với thang đo phi (φ) và các thông số thống kê như xu hướng trung

tâm (mean, mode và median), độ lệch chuẩn (sorting), hệ số đối xứng (skewness) và độ tù (kurtosis) được tính toán bằng phương pháp Folk và Ward (1957) sử dụng phần mềm thống kê và tính toán GRADISTAT (Blott 2001).

(d) Logarithmic (Original) Folk and Ward (1957) Graphical Measures

Mean	Standard Deviation	Skewness	Kurtosis
$M_Z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$	$\sigma_I = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$	$Sk_I = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$	$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$

Sorting (σ_I)		Skewness (Sk_I)		Kurtosis (K_G)	
Very well sorted	< 0.35	Very fine skewed	$^{+}$0.3 to $^{+}$1.0	Very platykurtic	< 0.67
Well sorted	0.35 – 0.50	Fine skewed	$^{+}$0.1 to $^{+}$0.3	Platykurtic	0.67 – 0.90
Moderately well sorted	0.50 – 0.70	Symmetrical	$^{+}$0.1 to $^{-}$0.1	Mesokurtic	0.90 – 1.11
Moderately sorted	0.70 – 1.00	Coarse skewed	$^{-}$0.1 to $^{-}$0.3	Leptokurtic	1.11 – 1.50
Poorly sorted	1.00 – 2.00	Very coarse skewed	$^{-}$0.3 to $^{-}$1.0	Very leptokurtic	1.50 – 3.00
Very poorly sorted	2.00 – 4.00			Extremely leptokurtic	> 3.00
Extremely poorly sorted	> 4.00				

Hình 2. Phương pháp tính toán hình học của Folk và Ward (1957)

3. Kết quả và thảo luận

Sediment Distribution

Sự phân bố kích thước hạt của các mẫu trầm tích được thể hiện bằng biểu đồ tần xuất tích lũy. Có thể quan sát thấy rằng độ hạt không thay đổi theo không gian phân bố của mẫu.

Thông số thống kê của mẫu trầm tích

Xu hướng trọng tâm (Trung bình trọng số, Trung bình và Chế độ trầm tích)

Dọc theo khu vực nghiên cứu, các giá trị trung bình trọng số (Mean) thay đổi từ 3,9 đến 4,45 với giá trị trung bình là 4,25 (Hình 3) theo phân loại của Folk và Ward với giá trị trung bình trọng số (Mean): các mẫu được xếp vào trầm tích Bột rất thô. Kích thước hạt của tất cả các mẫu đều tương đối đồng nhất với độ hạt nằm trong khoảng bột thô đến cát rất mịn theo phân loại của Folk và Ward. Chỉ có 03 mẫu trong 100 mẫu có giá trị trọng số của độ hạt (mean) nhỏ hơn 4 được xếp vào loại cát rất mịn.

Độ chọn lọc (σ)

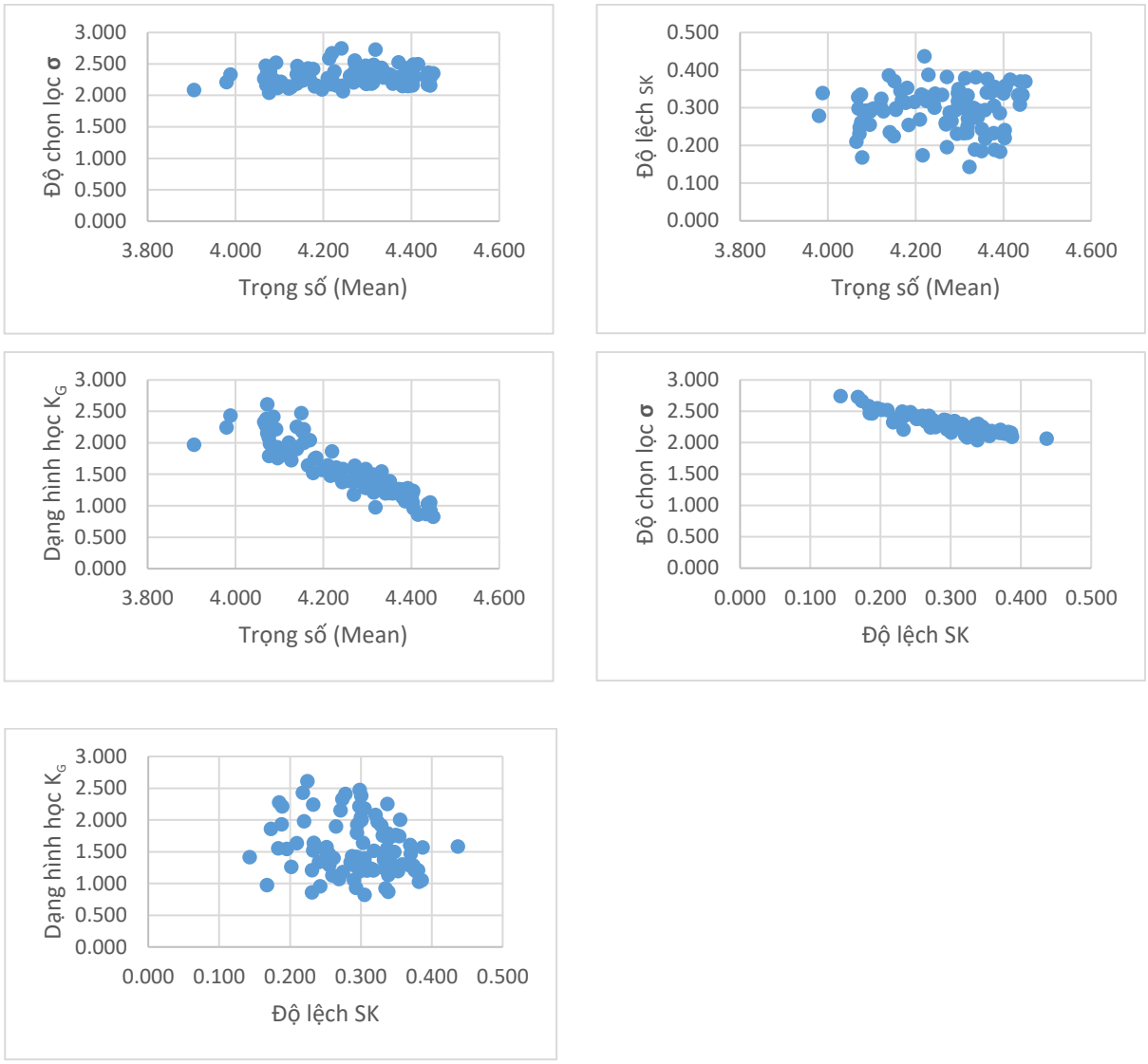
Việc phân loại mẫu trầm tích là phân loại hạt trầm tích theo hình dạng và kích thước của chúng. Tiêu chuẩn chọn lọc (**σ**) đo sự phân loại trầm tích và chỉ ra sự biến động của động năng hoặc điều kiện vận tốc của các tác nhân lắng đọng (Sahu, 1964). Các giá trị độ chọn lọc của khu vực nằm trong khoảng 2,042 đến 2.754 cho thấy trầm tích vùng biển bãi cạn khu vực nghiên cứu được sắp xếp kém đến rất kém (poor sorted - very poor sorted) (Hình 3A).

Trung bình trọng số (Mean) với độ chọn lọc (Sorting -σ) độ lệch (SK) và hệ số hình dạng K_G

Biểu đồ phân tán của giá trị trung bình và độ chọn lọc (Hình 3A) của các mẫu trầm tích bãi biển cho thấy sự thay đổi về thứ tự sắp xếp với sự thay đổi kích thước hạt trung bình. Dọc theo khu vực nghiên cứu, số lượng mẫu nằm trong khoảng bột rất thô và một vài mẫu cát rất mịn và độ chọn lọc nằm trong khoảng chọn lọc kém đến rất kém.

Độ lệch (độ nhọn - **SK**) đo lường sự bất đối xứng của đường cong phân bố tần xuất trong đó độ nhọn là thước đo độ đỉnh hoặc độ phẳng trên biểu đồ của mẫu liên quan đến phân phối chuẩn. Trầm tích vùng biển bãi cạn thay đổi từ độ lệch dương (mịn - Fine Skewed) đến rất lệch dương (rất mịn - Very Fine Skewed) (Hình 3B).

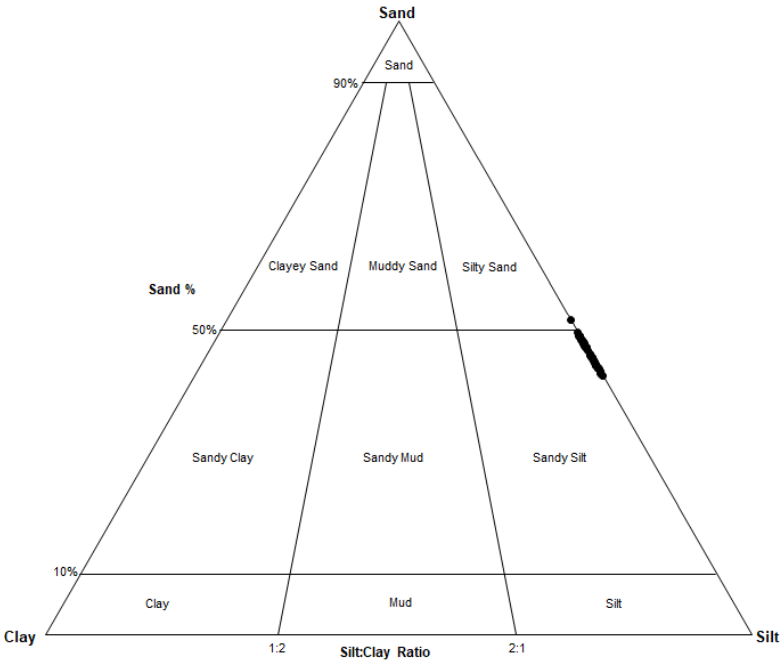
Hình dạng của đường cong phân bố tần xuất (**hệ số hình dạng K_G**) có dạng từ hơi tù (Mesokurtic), hơi nhọn (Leptokurtic) và nhọn (Very Leptokurtic). Thể hiện tần xuất xuất hiện của các hạt với độ chụm trung bình tập trung vào nhóm hạt với kích thước từ bột thô đến cát mịn.



Hình 3. Biểu đồ thống kê hai biến các thông số nghiên cứu mẫu, độ lệch chuẩn so với giá trị trung bình, độ lệch B so với trung bình, C độ nhọn so với trung bình, D độ lệch chuẩn so với độ lệch và độ nhọn E so với sự lệch lạc

Từ các biểu đồ so sánh độ chọn lọc với độ lệch (Hình 3D) và dạng hình học với độ lệch (Hình 3E) cho thấy trầm tích trong khu vực nghiên cứu có có sự xáo trộn tương đối nhỏ về đặc điểm của độ hạt. Không phân chia được các vùng lắng đọng (độ hạt) khác nhau chứng tỏ có sự đồng nhất về chế độ lắng đọng theo diện.

Việt phân loại trầm tích được sử dụng biểu đồ tam giác giữa cát – bột – sét của Folk (1974). Biểu đồ phân loại dựa trên kích thước hạt của trầm tích. Hình 4 đã cho ta thấy hầu hết toàn bộ mẫu trầm tích tại khu vực nghiên cứu được xếp vào loại bột rất thô (Sandy Silt) và chỉ vài mẫu được chia vào nhóm cát rất mịn (Siltly Sand).



Hình 4. Sơ đồ tam giác cát-bột-sét (Folk 1974)

Hình 4 cho thấy 100 mẫu của khu vực nghiên cứu hầu hết được chia thành Bột hạt rất thô (Sandy Silt) bên cạnh vẫn có 3 mẫu với giá trị mean <4 được chia thành loại cát rất mịn (Silty sand).

4. Kết luận

Phân tích độ hạt đã chỉ ra đặc điểm trầm tích của khu vực nghiên cứu phân bố đồng đều theo diện của cấu trúc hạt trầm tích. Phần lớn các mẫu trầm tích trong khu vực được phân loại vào nhóm bột rất thô và một vài mẫu cát rất mịn. Môi trường lắng đọng của khu vực cực kỳ ổn định theo diện phân bố của toàn khu vực. Hầu hết các mẫu có độ chọn lọc kém một vài mẫu rất kém. Trầm tích được xác định là lệch mịn với dạng của đồ thị tần xuất chủ yếu dưới dạng hơi nhọn (platykurtic), (nhọn) leptokurtic và 1 số mẫu hơi tù (Mesokurtic) thể hiện hạt mịn đến rất mịn bị lẫn các mảnh sinh vật.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn các nhà khoa học của Khoa Khoa học và Kỹ thuật Địa chất, trung tâm Phân tích, Thí nghiệm Công nghệ cao đã hỗ trợ điều kiện thuận lợi cho nhóm nghiên cứu hoàn thành được nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

Carranza-Edwards, A., 2001. Grain Size and Sorting in Modern Beach Sands. *Journal of Coastal Research*, Vol. 17, No. 1, pp. 38-52.

Blott, S.J. and Pye, K., 2001. GRADISTAT: a grainsize distrubution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 26, No 11, pp.1237-1248.

Nordstrom, K.F., 1977. The use of grain size statistics to distinguish between high- and moderate energy beach environments. *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 47, No. 3, pp. 1287-1294.

Hoque, Md. Azharul; Ahad, Bobita Golam, and Saleh, Ejria, 2010. Hydrodynamics and suspended sediment transport at tidal inlets of Salut Mengkabong Lagoon, Sabah, Malaysia. Vol.25, Iss. 4, pp.399-410.

Folk, R.L. and Ward, W.C., 1957. Brazos River Bar – a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 27, No. 1, pp. 3-26.

Friedman, G.M., 1961. Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 31, No. 4, pp. 514-529.

Friedman, G.M., 1962. On sorting, sorting coefficients and the log normality of the grain-size distribution of sandstones. *Journal of Geology*, Vol. 70, No. 6, pp. 737-753.

Komar, P.D., 1976. Beach Processes and Sedimentation, New Jersey, Prentice-Hall, pp. 1-429.

Sahu, B.K., 1964. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 34, No. 1, pp. 73-83.

Samsuddin, M., 1986. Textural differentiation of the foreshore and breaker zone sediments on the northern Kerala coast, India. *Sedimentary Geology*, Vol. 46, No. 1-2, pp. 135-145.

Nguyễn Biểu và nnk, 2001. Báo cáo tổng kết Đề án "*Điều tra Địa chất và tìm kiếm khoáng sản rắn biển nông ven bờ (0-30m nước) Việt Nam, tỷ lệ 1:500.000*". Lưu trữ Trung tâm Điều tra tài nguyên- môi trường biển. Hà Nội.

Samsuddin, M., 1989. Influence of seasonal changes on the texture of beach sands, south west coast of India. *Journal of Coastal Research*, Vol. 5, No. 1, pp. 57-64.

ABSTRACT

Grain size characterization of modern sediments in the southwestern East Sea

Nguyen Huu Hiep[1,2,3],Pham Nhu Sang[1]

[1] *Faculty of Geological Science and Technology, Hanoi University of Mining and Geology*

[2] *Center for excellence in analysis and experiment*

[3] *Strong research team: Tectonics and Geodynamics for Geo resources, Environment and Sustainable development, Hanoi University of Mining and Geology*

Granularity analysis has shown that the sediment characteristics of the study area are uniformly distributed according to the area of sediment grain textural. The majority of sediment samples in the area are classified as very coarse silt and a few very fine grained sand samples. The depositional environment of the area is stable according to the distribution of the entire area. Most samples have poor sorted, some are very poor sorted. Sediments are determined to be fine skewed with the shape of the frequency graph mainly in the form of slightly pointed (platykurtic), leptokurtic and some slightly blunt (Mesokurtic) samples showing fine to very fine grains mixed with biological fragments.

Keywords: Grain size, Marine sediments, East Sea.

Tuổi $^{206}Pb/^{238}U$~845 triệu năm của zircon trong plagiogranit thuộc tổ hợp "ophiolit" Nam Hà Giang và ý nghĩa kiến tạo khu vực

Nguyễn Minh Quyền[1, *], Hoàng Văn Dũng[1], Trịnh Đức Thiện[1], Phan Hoàng Giang[1], Đặng Hương Giang[1], Nguyễn Văn Biên[2], Bùi Thị Thu Hiền[3], Nguyễn Quốc Hưng[3]

[1] *Liên đoàn Địa chất Xạ – Hiếm*
[2] *Liên đoàn Bản đồ Địa chất miền Bắc*
[3] *Trường Đại học Mỏ – Địa chất*

TÓM TẮT

Bao quanh đới vòm Sông Chảy xuất hiện tổ hợp các đá siêu mafic (apoharburgit, apodunit), metagabbro amphibol, metagabbro, metaplagiogranit, xuất hiện như những thấu kính kiến tạo bên trong các đá trầm tích lục nguyên–carbonat, xen phun trào bazan–andezit bị lục hóa tuổi Cambri giữa, chúng được xếp vào tổ hợp "ophiolit" Nam Hà Giang. Trong nghiên cứu này, chúng tôi giới thiệu những phân tích mới về đặc điểm thạch học và tuổi đồng vị U–Pb zircon (LA–ICP–MS) của một thấu kính plagiogranit, bên trong các đá siêu mafic, thuộc tổ hợp "ophiolit" Nam Hà Giang, tại khu vực ĐN đới Sông Chảy, kết quả plagiogranit cho tuổi Neoproterozoic sớm (~845 tr.n.). Kết hợp với các nghiên cứu trước đây chúng tôi kiến nghị rằng tổ hợp "ophiolit" Nam Hà Giang có lẽ bao gồm ít nhất 3 tổ hợp được thành tạo ở 3 giai đoạn khác nhau, đó là: (1) tổ hợp "ophiolit" tuổi Neoproterozoic sớm phát triển dọc theo đứt gãy Bắc Quang–Nà Sài phương ĐB–TN, khu vực Bắc Quang–Vị Xuyên, Hà Giang; (2) tổ hợp "ophiolit" tuổi Paleozoic sớm phát triển dọc đứt gãy Sông Lô phương từ TB–ĐN đến á kinh tuyến, khu vực Hàm Yên, Tuyên Quang; (3) tổ hợp "ophiolit" tuổi Paleozoic giữa phát triển dọc đứt gãy Sông Chảy phương TB–ĐN, khu vực Bảo Yên, Lào Cai. Trong đó, tổ hợp "ophiolit" khu vực Bắc Quang–Vị Xuyên, Hà Giang có lẽ chính là phần ranh giới phía tây của hai địa mảng Dương Tử và Cathaysia, là nơi hai địa mảng này cố kết để tạo ra địa mảng Hoa Nam trong Neoproterozoic sớm.

Từ khóa: Mảng Hoa Nam, Mảng Dương Tử, Mảng Cathaysia, Mảng Đông Dương, Đới Sông Chảy

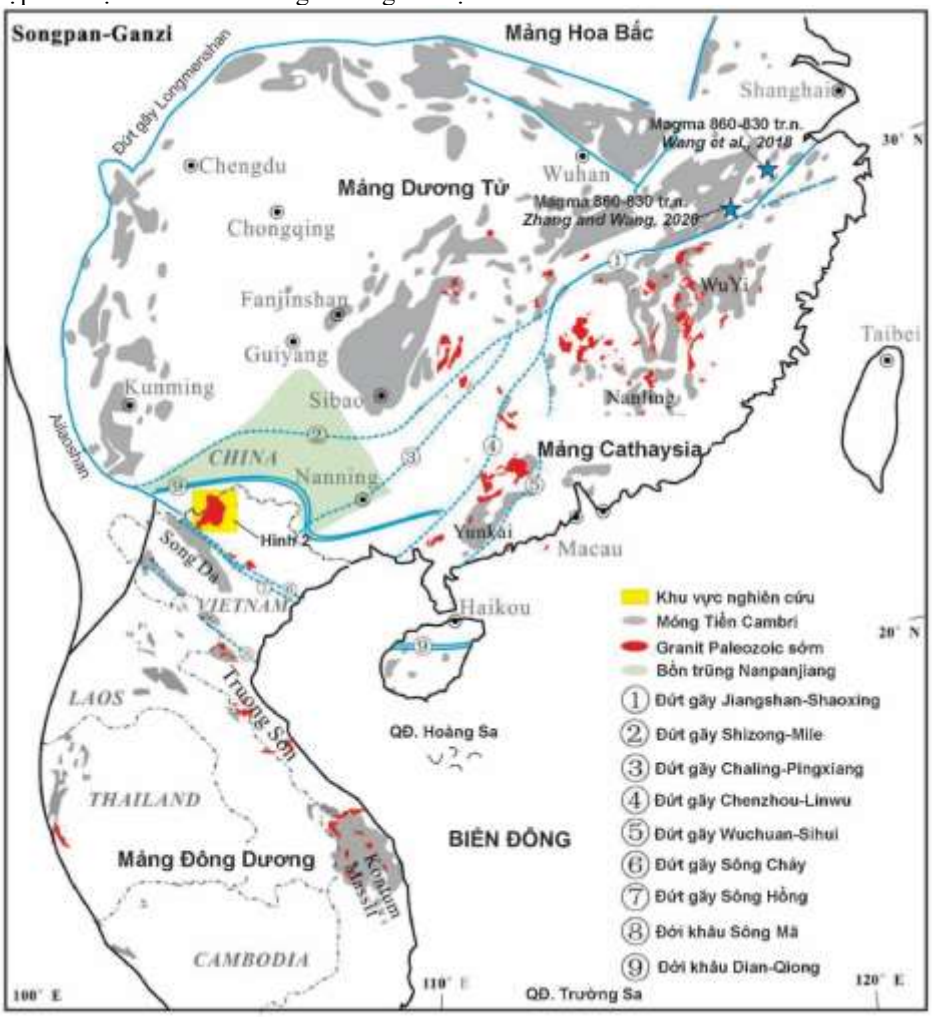
Đặt vấn đề

Địa mảng Hoa Nam được hình thành từ sự ghép nối của hai địa mảng Dương Tử và Cathaysia trong Neoproterozoic sớm (~1000–820 tr.n.) (Wang et al., 2018). Các nghiên cứu trước đây nhìn chung đều đồng thuận rằng, ranh giới phía đông của hai địa mảng Dương Tử và Cathaysia chạy dọc theo đứt gãy Jiangnan–Shaoxing, với rất nhiều các tổ hợp ophiolit và blueshist đã được nhận dạng ở đây (Zhang and Wang, 2020) (Hình 1). Tuy nhiên, sự kéo dài sang phía tây của đứt gãy này vẫn đang có rất nhiều tranh cãi. Nhiều đứt gãy đã được đề xuất, như: Shizong–Mile, Chaling–Pingxiang, Chenzhou–Linwu và Wuchuan–Sihui (Hình 1). Gần đây, Zhou et al. (2017, 2018) thông qua nghiên cứu nguồn magma của phức hệ Sông Chảy, và nguồn zircon trong trầm tích Neoproterozoic–Cambri hệ tầng Thác Bà, Hà Giang (Hình 2), kiến nghị rằng, ranh giới phía tây của 2 địa mảng Dương Tử và Cathaysia phân bố ở khu vực đới Sông Chảy, tức là phía đông nam của đứt gãy Shizong–Mile (Hình 1), tuy nhiên vị trí chính xác của ranh giới này vẫn chưa được họ làm rõ.

Tổ hợp các đá siêu mafic–mafic–axit phân bố bao quanh đới vòm Sông Chảy đã được gọi với nhiều tên gọi khác nhau, bao gồm: tổ hợp ophiolit Bắc Quang, hay tổ hợp ophiolit Nam Hà Giang (Trần Văn Trị và Vũ Khúc, 2009), hoặc tổ hợp ophiolit Sông Lô (Bùi Minh Tâm và nnk., 2010) (Hình 2). Tổ hợp này bao gồm các thành tạo siêu mafic (apoharburgit, apodunit) phức hệ Nậm Bút và các thành tạo metagabbro amphibol, metagabbro, metaplagiogranit phức hệ Bạch Sa/Thành Long, phân bố dưới dạng các thấu kính kiến tạo bên trong các đá trầm tích lục nguyên xen phun trào bazan–andezit bị biến chất của hệ tầng Hà Giang. Các nghiên cứu trước đây cho rằng, tổ hợp ophiolit Nam Hà Giang mang đặc trưng địa hóa, đồng vị của bồn trũng sau cung, liên quan đến một hoạt động hút chìm nào đó trong khu vực trong Paleozoic sớm (Trần Văn Trị và Vũ Khúc, 2009). Tuổi của tổ hợp được xác định thông qua tuổi U–Pb zircon (TIMS)

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: quyennguyencug@gmail.com

trong các đá plagiogranit tại khu vực xã Thành Long, Bạch Sa–Thác Đất, huyện Hàm Yên, Tuyên Quang, cũng như quan hệ kiến tạo của chúng bên trong các đá trầm tích lục nguyên–phun trào đã được định tuổi Cambri giữa bằng hóa thạch của hệ tầng Hà Giang (Bùi Minh Tâm và nnk., 2010) (Hình 2). Tuy nhiên, các nghiên cứu của Wang et al. (2022) về tuổi U–Pb zircon (LA–ICP MS) trong các đá plagiogranit tồn tại dưới dạng thấu kính bên trong các đá siêu mafic phức hệ Nậm Bút ở rìa TN đới Sông Chảy, huyện Bảo Yên, Lào Cai (Hình 2) lại cho tuổi ~356 triệu năm. Điều này chứng tỏ, tổ hợp ophiolit Nam Hà Giang có lẽ bao gồm nhiều tổ hợp và được hình thành trong nhiều giai đoạn khác nhau.



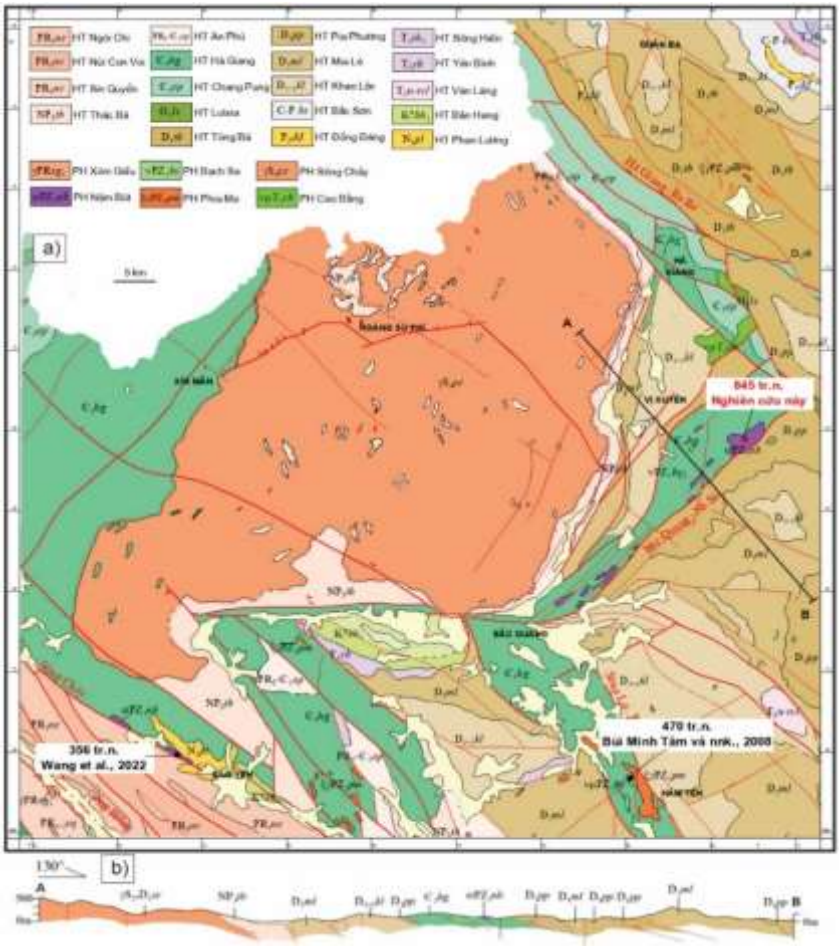
Hình 1. Sơ đồ kiến tạo khu vực Nam Á (sau Zhou et al., 2017)

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sẽ giới thiệu những nghiên cứu bước đầu về thành phần thạch học, tuổi U–Pb zircon trong các đá plagiogranit tồn tại dưới dạng thấu kính kiến tạo bên trong các đá siêu mafic phức hệ Nậm Bút, tại khu vực huyện Vị Xuyên, Hà Giang (Hình 2). Qua đó góp phần làm sáng tỏ đặc trưng của tổ hợp ophiolit Nam Hà Giang và ý nghĩa của chúng trong khôi phục ranh giới phía tây giữa 2 địa mảng Dương Tử và Cathaysia.

1. Phương pháp và kết quả nghiên cứu

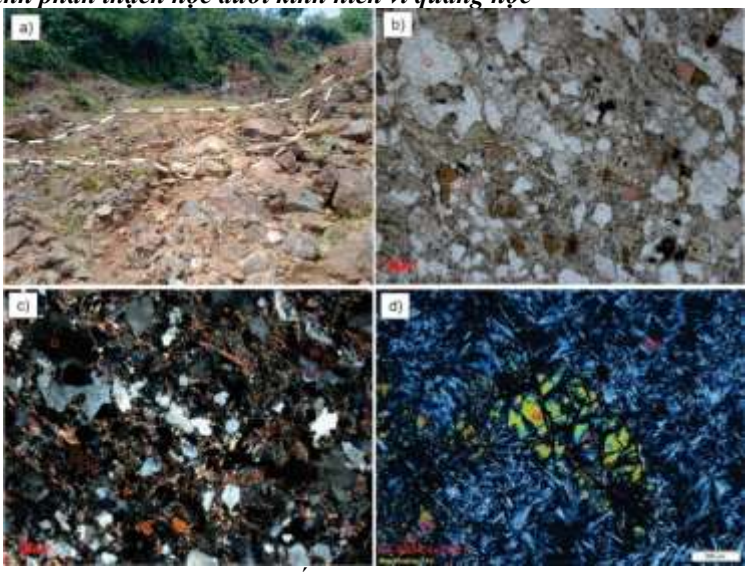
1.1. Phương pháp đo vẽ mặt cắt địa chất tỉ lệ 1:50.000

Công tác nghiên cứu ngoài thực địa cho thấy, tổ hợp các đá siêu mafic phức hệ Nậm Bút thường bị serpentin hóa rất mạnh, chúng tồn tại dưới dạng các thể xáo trộn kiến tạo, nằm xen trong các trầm tích lục nguyên–carbonat xen phun trào bazan–andezit bị lục hóa. Trong khối siêu mafic lớn nhất của phức hệ Nậm Bút tại xã Bạch Ngọc, Vị Xuyên, Hà Giang (Hình 2), chúng tôi đã quan sát thấy các đá plagiogranit sáng màu tồn tại dưới dạng thấu kính bên trong các thành tạo siêu mafic sẫm màu (Hình 3a). Các đá ở đây đều bị ép phiến mạnh, định hướng theo cấu trúc chung của khu vực, và song song với các đứt gãy nghịch, chờm nghịch phương ĐB–TN (Hình 2b, 3a).



Hình 2. (a) Sơ địa chất khối Sông Chảy và vùng lân cận; (b) Mặt cắt qua tổ hợp "ophiolit" Nam Hà Giang, khu vực huyện Vị Xuyên, Hà Giang

1.2. Phân tích thành phần thạch học dưới kính hiển vi quang học



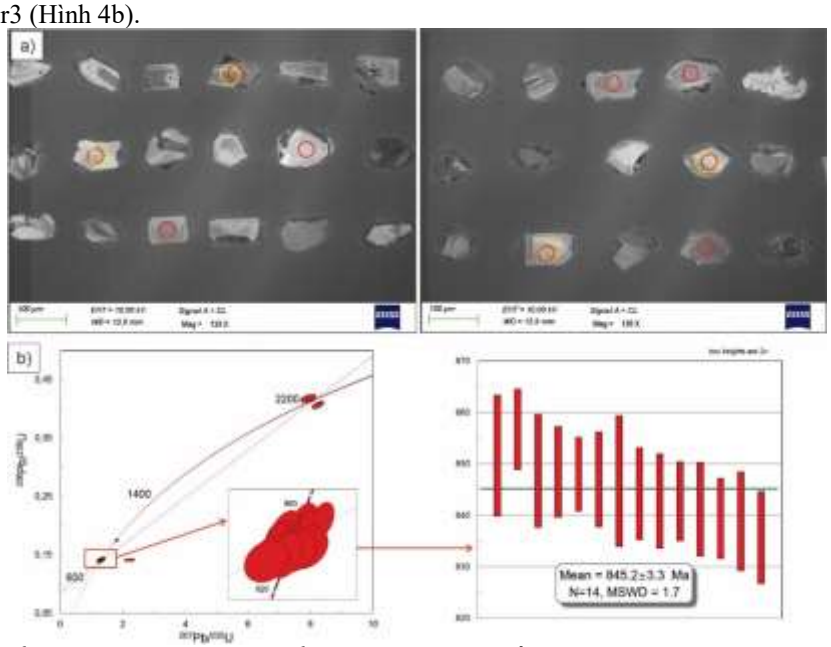
Hình 3. (a) Ảnh chụp ngoài thực địa một thấu kính đá plagiogranit sáng màu bên trong các thành tạo apoharburgit sẫm màu khu vực xã Bạch Ngọc, Vị Xuyên, Hà Giang; Ảnh thạch học dưới 1 nikon (b) và 2 nikon (c) các đá plagiogranit; (d) Ảnh thạch học dưới 2 nikon các đá apoharburgit. Ký hiệu: Q– thạch anh, Bi–biotit, Pl–plagioclaz, Tu–turmalin, ol–olivin, srp–serpentin

Kết quả nghiên cứu thành phần thạch học mẫu đá sáng mầu cho thấy, đá bị ép và biến đổi mạnh. Các khoáng vật trong đá phân bố xen kẽ khá đều tạo tập hợp sắp xếp liền sít và định hướng. Thành phần khoáng vật chính bao gồm: plagioclas (67–69%), thạch anh (25–27%), biotit (~5%), turmalin (~1%) (Hình 3b,c). Các khoáng vật phụ gồm có zircon, apatit, và ít khoáng vật quặng. Mẫu đá có thành phần khoáng vật tương ứng với plagiogranit.

Mẫu đá sẫm màu có kiến trúc thay thế, tàn dư, kiến trúc hạt tự hình, thành phần khoáng vật bao gồm: serpentin (~72%), olivin (~7%), pyroxen (~6%), calcit (~7%), quặng (~8%), trong đó serpentin thường là thay thế cho olivin. Mặc dù các khoáng vật nguyên sinh đã bị serpentin hóa mạnh mẽ, tuy nhiên với thành phần chủ yếu là olivin có lẽ chúng tương ứng với các đá apoharburgit, phù hợp với các nghiên cứu trước đây trong khu vực.

1.3. Phân tích tuổi đồng vị U–Pb trong zircon

Các hạt zircon được tách ra từ mẫu đá plagiogranit, sau đó được gắn trong nhựa epoxy trước khi được đánh bóng. Ảnh âm cực phát quang (CL) được chụp để kiểm tra hình thái và cấu trúc bên trong của zircon, từ đó chọn vị trí phân tích U–Pb tối ưu nhất (Hình 4a). Phân tích tuổi U–Pb và các nguyên tố vi lượng được thực hiện bằng phương pháp LA–ICP–MS tại Phòng thí nghiệm trọng điểm quốc gia về các quá trình địa chất và tài nguyên khoáng sản (GPMR), Đại học Địa chất Trung Quốc (Wuhan) (CUGW). Các hạt zircon chuẩn GJ–1 và 91500 được sử dụng để theo dõi tính tái lập và sự ổn định của thiết bị. Trong quá trình phân tích, đường kính điểm bắn tia laser là 32 μm. Hiệu chỉnh dữ liệu ngoại tuyến được thực hiện bằng chương trình ICPMSDataCal. Các biểu đồ Concordia và các tính toán trung bình trọng số được thực hiện bằng Isoplot/Ex_ver3 (Hình 4b).



Hình 4. (a) Ảnh âm cực phát quang thể hiện hình thái và cấu trúc bên trong các hạt zircon của mẫu plagiogranit. Các vòng tròn màu đỏ và vàng lần lượt biểu thị các vị trí phân tích đồng vị U–Pb và Hf; (b) Biểu đồ concordia tuổi đồng vị U–Pb zircon trong mẫu plagiogranit

Trên ảnh CL cho thấy, tất cả các hạt zircon đều trong suốt và không màu, nửa tự hình đến tự hình, chiều dài 50–100μm, với tỷ lệ chiều rộng/chiều dài khoảng 1:1–1:3. Hầu hết các tinh thể zircon đều có tính phân đới rất rõ ràng, một đặc trưng thường thấy của các hạt zircon trong các đá magma axit. Tất cả các điểm bắn ghi nhận phạm vi rộng của hàm lượng U (52–465ppm) và Th (24–342ppm), với tỉ lệ Th/U~0,30–0,95. Nhìn chung, các đặc điểm về tỉ lệ Th/U và đặc điểm cấu trúc đều chứng tỏ các hạt zircon có nguồn gốc magma.

Hai mươi điểm bắn đã được thực hiện trên 20 hạt từ mẫu plagiogranit. Loại trừ 6 hạt zircon dạng thể xót (tuổi cổ) và các hạt zircon không tương hợp, 14 hạt còn lại cho giá trị trung bình $^{206}Pb/^{238}U$ là 845,2±3,3 triệu năm (Hình 4c), đây được xem như là tuổi kết tinh của mẫu đá plagiogranit.

2. Thảo luận

2.1. Nhận dạng các tổ hợp "ophiolit" khác nhau tại khu vực Nam Hà Giang

Các nghiên cứu trước đây mô tả tổ hợp "ophiolit" Nam Hà Giang bao gồm các thành tạo siêu mafic phức hệ Nậm Bút phân bố chủ yếu ở ven rìa vòm Sông Chảy thành 2 dải: dải thứ nhất chạy dọc theo đứt gãy

Sông Chảy phương TB–ĐN, thuộc vùng Bảo Yên, Lào Cai; dải thứ hai chạy dọc theo đứt gãy Bắc Quang–Nà Sài, thuộc vùng Bắc Quang–Vị Xuyên, Hà Giang (Hình 2). Các khối thường có kích thước nhỏ từ vài trăm m^2 đến 1,5km^2, dạng thấu kính kiến tạo bên trong các đá trầm tích lục nguyên–carbonat xen phun trào bazan–andezit bị biến chất của hệ tầng Hà Giang tuổi Cambri giữa. Các khối siêu mafic có quan hệ không gian gần gũi với các thể xâm nhập nhỏ, đai mạch thành phần metagabbro, metagabbro amphibol, metaplagiogranit của phức hệ Bạch Sa/Thành Long. Các đá của tổ hợp "ophiolit" này có thành phần địa hóa, đồng vị thay đổi từ MORB, cung lục địa, cho đến OIB, do đó được kiến nghị được hình thành trong bối cảnh bồn sau cung (Trần Văn Trị và Vũ Khúc, 2009). Tổ hợp này được cho là được hình thành trong Paleozoic sớm, thông qua tuổi U–Pb zircon (TIMS) 470 tr.n. trong các đá plagiogranit tại khu vực xã Thành Long, Bạch Sa–Thác Đất, huyện Hàm Yên, Tuyên Quang, cũng như dựa vào quan hệ xuyên cắt (Bùi Minh Tâm và nnk., 2010) (Hình 2). Tuy nhiên, các nghiên cứu gần đây của Wang et al. (2022) về tuổi U–Pb zircon (LA–ICP MS) trong các đá plagiogranit bên trong các đá siêu mafic ở rìa TN đới Sông Chảy, khu vực huyện Bảo Yên, Lào Cai (Hình 2) lại cho tuổi ~356 triệu năm, và được kiến nghị chúng thuộc đới khâu Ailaoshan–Sông Mã–Sông Chảy, là ranh giới giữa hai địa mảng Đông Dương và Hoa Nam (Hình 1). Các nghiên cứu mới của chúng tôi về tuổi ~845 tr.n. của thành tạo plagiogranit đi cùng với các thành tạo siêu mafic ở khu vực Bắc Quang–Vị Xuyên, Hà Giang cho thấy, tổ hợp "ophiolit" Nam Hà Giang có lẽ bao gồm ít nhất 3 tổ hợp được thành tạo ở 3 giai đoạn khác nhau, bao gồm (Hình 2): (1) tổ hợp "ophiolit" tuổi Neoproterozoic sớm phát triển dọc theo đứt gãy Bắc Quang–Nà Sài phương ĐB–TN, khu vực Bắc Quang–Vị Xuyên, Hà Giang; (2) tổ hợp "ophiolit" tuổi Paleozoic sớm phát triển dọc đứt gãy Sông Lô phương từ TB–ĐN đến á kinh tuyến, khu vực Hàm Yên, Tuyên Quang; (3) tổ hợp "ophiolit" tuổi Paleozoic giữa phát triển dọc đứt gãy Sông Chảy phương TB–ĐN, khu vực Bảo Yên, Lào Cai.

2.2. Ý nghĩa trong việc nhận dạng ranh giới phía tây giữa hai địa mảng Dương Tử và Cathaysia

Như đã đề cập ở trên, địa mảng Hoa Nam được hình thành từ sự ghép nối của hai địa mảng Dương Tử và Cathaysia dọc theo đai tạo núi Jiangnan trong Neoproterozoic sớm (~1000–820 tr.n.). Phần cực nam của đai tạo núi Jiangnan được kiến nghị là đứt gãy Jiangnan–Shaoxing (Hình 1). Tuy nhiên, sự kéo dài sang phía tây của đứt gãy này vẫn đang có rất nhiều tranh cãi. Gần đây, Zhou et al. (2017, 2018) kiến nghị rằng đứt gãy này phân bố ở khu vực đới Sông Chảy, tức (Hình 1), tuy nhiên vị trí chính xác của ranh giới này vẫn chưa được họ làm rõ.

Wang et al. (2018) và Zhang and Wang (2020) đã báo cáo tổ hợp các đá ở khu vực ranh giới phía đông của hai địa mảng Dương Tử và Cathaysia, có tuổi từ 860–820 tr.n., có thành phần rất đa dạng, gồm: đá trung tính cao Mg, đá adakit cao Si, đá mafic–trung tính cung lục địa, đá mafic cao Nb. Các đá này nhìn chung cũng được bắt gặp trong tổ hợp "ophiolit" tuổi Neoproterozoic sớm phát triển dọc theo đứt gãy Bắc Quang–Nà Sài phương ĐB–TN, khu vực Bắc Quang–Vị Xuyên, Hà Giang (số liệu địa hóa, đồng vị Hf trong zircon chưa công bố của chúng tôi). Điều này gợi ý về sự kéo dài của ranh giới của hai địa mảng Dương Tử và Cathaysia về phía tây đi qua tổ hợp các đá "ophiolit" khu vực Bắc Quang–Vị Xuyên. Điều này sẽ góp phần mở ra cánh cửa cho các nghiên cứu chuyên sâu hơn nữa trong khôi phục lịch sử tiến hóa cổ kiến tạo cho khu vực Nam Á.

3. Kết luận

Các kết quả mới của chúng tôi kết hợp với các nghiên cứu trước đây cho thấy:

(1) Thông qua nghiên cứu thực địa, phân tích thạch học, phân tích tuổi đồng vị U–Pb trong zircon đã xác định được tuổi ~845 tr.n. cho các thấu kính plagiogranit bên trong các đá siêu mafic phức hệ Nậm Bút, tại khu vực Vị Xuyên, Hà Giang;

(2) Tổ hợp "ophiolit" Nam Hà Giang có lẽ bao gồm ít nhất 3 tổ hợp được thành tạo ở 3 giai đoạn khác nhau, bao gồm: (1) Neoproterozoic sớm; (2) Paleozoic sớm; (3) Paleozoic muộn;

(3) Tổ hợp "ophiolit" tuổi Neoproterozoic sớm phát triển dọc theo đứt gãy Bắc Quang–Nà Sài phương ĐB–TN, khu vực Bắc Quang–Vị Xuyên, Hà Giang có thể chính là ranh giới phía tây giữa hai địa mảng Dương Tử và Cathaysia.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đề tài "Nghiên cứu cập nhật bản đồ cấu trúc kiến tạo và sinh khoáng nội sinh đới Sông Chảy phục vụ công tác điều tra địa chất, khoáng sản", mã số: TNMT.2022.562.01.

Tài liệu tham khảo

Bùi Minh Tâm (chủ biên), 2010. *Hoạt động magma Việt Nam*. Lưu trữ Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội.

Trần Văn Trị, Vũ Khúc (chủ biên), 2009. *Địa chất và Tài nguyên Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học và Công Nghệ.
Wang et al., 2018. Early Neoproterozoic (~840 Ma) slab window in South China: Key mag– matic records in the Chencai Complex: *Precambrian Research*, v. 314, p. 434–451.
Wang et al., 2022. Correlation among the Ailaoshan–Song Ma–Song Chay orogenic belts and implications for the evolution of the eastern Paleo-Tethys Ocean. *Tectonophysics*, 843 (12): 229618
Zhang and Wang, 2020. Early Neoproterozoic continental arc system at the central Jiangnan Orogen, South China: Geochronological and geochemical constraints on the key igneous rock–association. *Bulletin of the Geological Society of America*, 132: 638–654.
Zhou et al., 2017. Sources of the Nanwenhe–Song Chay granitic complex (SW China–NE Vietnam) and its tectonic significance. *Lithos*, 290–291: 76–93.
Zhou et al., 2018. Component variation in the late Neoproterozoic to Cambrian sedimentary rocks of SW China–NE Vietnam, and its tectonic significance. *Precambrian Research*, 308: 92–110.

ABSTRACT

The $^{206}Pb/^{238}U$ zircon age of ~845 Ma for plagiogranite from the Southern Ha Giang "ophiolite", and its regionally tectonic significance

Nguyen Minh Quyen[1], Hoang Van Dung[1], Trinh Duc Thien[1], Phan Hoang Giang[1], Dang Huong Giang[1], Nguyen Van Bien[2], Bui Thi Thu Hien[3], Nguyen Quoc Hung[3]

[1] Geological Division for Radioactive And Rare elements
[2] The North Vietnam geological Mapping Division
[3] Hanoi University of Mining and Geology

Surrounding the Song Chay dome, there is an assemblage of ultramafic rocks (apoharzburgite, apodunite), metagabbro, metagabbro, and metaplagiogranite, which appear as tectonic lenses within the clastic–carbonate metasedimentary intercalated with basalt–andesite metavolcanic rocks of mid–Cambrian age. These have been classified into the Southern Ha Giang "ophiolite" complex. In this study, we present new analyses on the petrographic characteristics and U–Pb zircon isotopic age (LA–ICP–MS) of a plagiogranite lens within ultramafic rocks belonging to the this "ophiolite" complex in the southeastern Song Chay dome. The results show that the plagiogranite has an early Neoproterozoic age (~845 million years). Combined with previous research, we suggest that the Southern Ha Giang "ophiolite" complex likely comprises at least three assemblages formed during different stages: (1) an early Neoproterozoic "ophiolite" assemblage developed along the northeast–trending Bac Quang–Na Sai fault in the Bac Quang–Vi Xuyen area, Ha Giang; (2) an early Paleozoic "ophiolite" assemblage developed along the northwest to sub–meridional Song Lo fault in the Ham Yen area, Tuyen Quang; and (3) a mid–Paleozoic "ophiolite" assemblage developed along the northwest–trending Song Chay fault in the Bao Yen area, Lao Cai. The "ophiolite" in the Bac Quang–Vi Xuyen area, Ha Giang, may represent the western boundary of the Yangtze and Cathaysia blocks, where these two blocks consolidated to form the South China Block during the early Neoproterozoic.

Keywords: South China Block, Yangtze Block, Cathaysia Block, Indochina Block, Song Chay Zone

Hoạt động kiến tạo và điều kiện thời tiết khống chế quá trình trầm tích trong các lưu vực sông xung quanh Biển Đông

Phạm Như Sang*, Nguyễn Hữu Hiệp
Khoa Khoa học và Kỹ thuật Địa chất, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Biển Đông là một biển rìa lục địa lớn nhất ngăn cách Châu Á và Thái Bình Dương, nơi nằm trong vùng nhiệt đới gió mùa nên nhận được lượng lớn trầm tích từ các con sông xung quanh. Tuy nhiên, yếu tố nào khống chế quá trình vận chuyển trầm tích từ nguồn ra Biển Đông vẫn chưa được làm sáng tỏ. Do đó, nghiên cứu này sẽ tổng hợp, phân tích và đánh giá những tài liệu liên quan đến quá trình trầm tích nhằm xác định yếu tố nào quan trọng hơn cả khống chế khối lượng trầm tích đổ ra Biển Đông từ các con sông. Kết quả nghiên cứu cho thấy, các con sông xung quanh Biển Đông có diện tích lưu vực, hoạt động kiến tạo và điều kiện thời tiết khá khác biệt dẫn đến lượng trầm tích đổ ra Biển Đông khác nhau. Điển hình đảo Đài Loan có diện tích nhỏ, nhưng hoạt động kiến tạo khá mạnh mẽ, lượng mưa khá dồi dào với nhiều cơn bão xảy ra trong năm đã cung cấp nhiều nhất trầm tích cho Biển Đông 176 triệu tấn/năm. Trong khi đó, các sông Mekong, sông Hồng và sông Châu Giang có diện tích lớn hơn cả nhưng chỉ đóng góp trầm tích lần lượt là 160 triệu tấn/năm, 138 triệu tấn/năm và 84 triệu tấn/năm. Điều đó cho thấy, diện tích lưu vực không phải là yếu tố quan trọng hàng đầu trong việc tạo ra trầm tích cho các lưu vực sông. Hiện tượng này có thể do đảo Đài Loan có hoạt động kiến tạo mạnh mẽ dẫn đến địa hình cao và dốc kết hợp với lượng mưa lớn hàng năm, đặc biệt là nhiều cơn bão lớn đã làm cho lớp vỏ phong hóa bị xói mòn mạnh mẽ và tạo ra nhiều trầm tích cho các lưu vực sông. Vì vậy, hoạt động kiến tạo và điều kiện thời tiết có thể là hai yếu tố quan trọng hơn cả trong việc khống chế quá trình vận chuyển trầm tích từ các lưu vực xung quanh ra Biển Đông.

Từ khóa: Trầm tích, Sông, hoạt động kiến tạo, điều kiện thời tiết, Biển Đông.

1. Đặt vấn đề

Biển Đông là một biển rìa lục địa lớn nhất phía tây Thái Bình Dương. Biển Đông được bao quanh bởi Nam Trung Hoa và Đài Loan ở phía Bắc, Luzon và Palawan ở phía Đông, Malay, Sumatra, và Borneo ở phía Nam và bán đảo Đông Dương ở phía Tây, nơi nằm trong vùng nhiệt đới gió mùa nên quá trình phong hóa và bóc mòn diễn ra khá mạnh mẽ (Liu và nnk., 2016; Hình 1). Biển Đông nhận được trầm tích hàng năm chủ yếu từ các con sông lớn hàng đầu thế giới như sông Mekong, sông Hồng, sông Châu Giang và các con sông nhỏ từ các lục địa xung quanh (Milliman and Farnsworth, 2011; Liu và nnk., 2012; Zhang và nnk., 2012). Trầm tích từ những lưu vực sông này chịu ảnh hưởng của điều kiện thời tiết, thành phần thạch học của đá, hoạt động kiến tạo nên chúng chứa đựng những thông tin quý giá những gì đã diễn ra trên lục địa (Liu và nnk., 2016). Bên cạnh đó, khi trầm tích được vận chuyển vào Biển Đông chúng bị ảnh hưởng của nhiều yếu tố như dòng chảy mặt, dòng chảy ngầm, sự thay đổi mực nước biển và đặc trưng lắng đọng của từng loại vật liệu trầm tích (Liu và nnk., 2008, 2016; Sang và Liu., 2021). Do đó, trầm tích ở Biển Đông chứa đựng rất nhiều thông tin hữu ích và được coi là một khu vực khá lý tưởng để nghiên cứu điều kiện cổ địa lý không chỉ trên đất liền mà còn cả dưới đại dương.

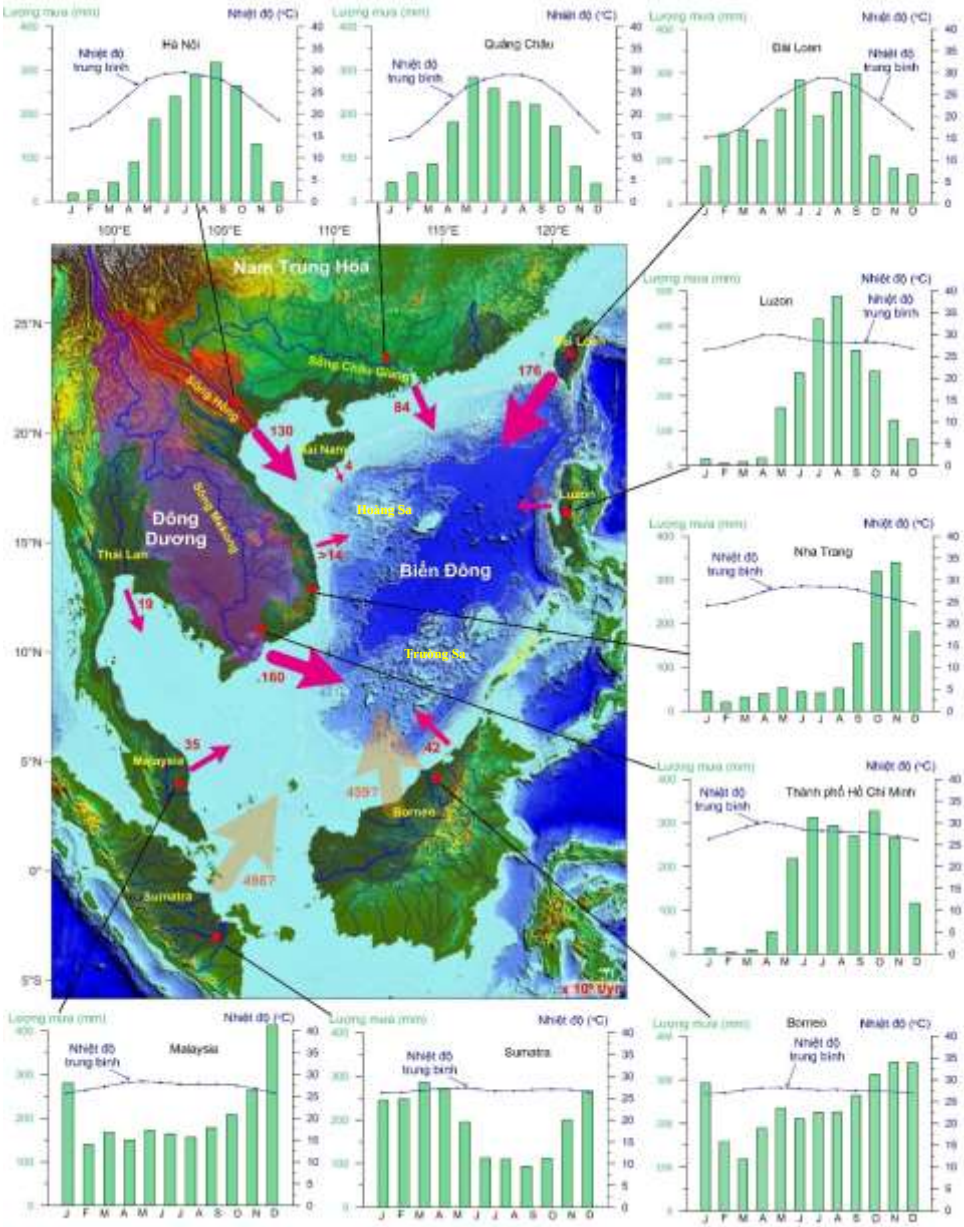
Thông thường, lưu vực sông càng lớn thì lượng trầm tích được tạo ra và vận chuyển ra biển càng lớn. Tuy nhiên, các lưu vực sông xung quanh Biển Đông lại không cho thấy điều đó (Hình 1). Sông Mekong, sông Hồng và sông Châu Giang là những con sông lớn trên thế giới và lớn nhất xung quanh Biển Đông nhưng chúng đóng góp lượng trầm tích ít hơn các sông nhỏ ở đảo Đài Loan (Dadson và nnk., 2003; Milliman and Farnsworth, 2011). Điều đó cho thấy, diện tích lớn chưa chắc đã là yếu tố quan trọng nhất tạo ra lượng trầm tích lớn cho các lưu vực sông mà có thể yếu tố nào đó đã khống chế quá trình trầm tích và tạo ra sự đặc trưng cho các lưu vực sông xung quanh Biển Đông. Vì vậy, các lưu vực sông xung quanh Biển Đông khá lý tưởng để chúng ta nghiên cứu yếu tố nào là quan trọng hơn cả trong việc khống chế quá trình trầm tích từ nguồn đến bồn trầm tích.

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamnhusang@humg.edu.vn

Trong nghiên cứu này, các tài liệu nghiên cứu về khối lượng vận chuyển trầm tích, diện tích lưu vực, hoạt động kiến tạo, điều kiện thời tiết và các tài liệu liên quan của các lưu vực sông xung quanh Biển Đông sẽ được tổng hợp, phân tích và đánh giá để tìm ra nguyên nhân và những yếu tố gì đã ảnh hưởng và khống chế quá trình phong hóa, xói mòn và tạo ra sự khác biệt về khối lượng vận chuyển trầm tích từ các lưu vực sông ra Biển Đông.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

Để đạt được mục tiêu của nghiên cứu, những tài liệu có trước trong khu vực nghiên cứu về khối lượng trầm tích vận chuyển ra Biển Đông, diện tích lưu vực, hoạt động kiến tạo, điều kiện thời tiết và những tài liệu liên quan đến lĩnh vực này đã được tổng hợp, đối sánh và phân tích sâu (Hình 1; Bảng 1). Thông qua quá trình này, những đặc trưng nhất của các lưu vực xung quanh Biển Đông sẽ được làm rõ, kết hợp và luận giải để đạt được mục tiêu nghiên cứu đã đề ra.



Hình 1. Vị trí Biển Đông và khối lượng trầm tích (triệu tấn/năm) từ các con sông đổ ra Biển Đông và điều kiện thời tiết ở các khu vực xung quanh. Khối lượng trầm tích vận chuyển từ các con sông ra Biển Đông theo tài liệu trong bảng 1. Nhiệt độ và lượng mưa được lấy từ các trạm đo ở Hà Nội (1989÷1990), Thành phố Hồ Chí Minh (1906÷1990), thành phố Nha Trang (1898÷1990), Borneo (1971÷2000), Luzon (1971÷2000), Đài Loan (1961÷1990), Sumatra (1961÷1990), Malay (1898÷1975) từ trang the World

Weather Information Service (http://www. worldweather. org/), Quảng Châu (1971÷2000) từ the China Meteorological Data Sharing Services Network (http://cdc.cma.gov.cn).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Điều kiện thời tiết và diện tích lưu vực

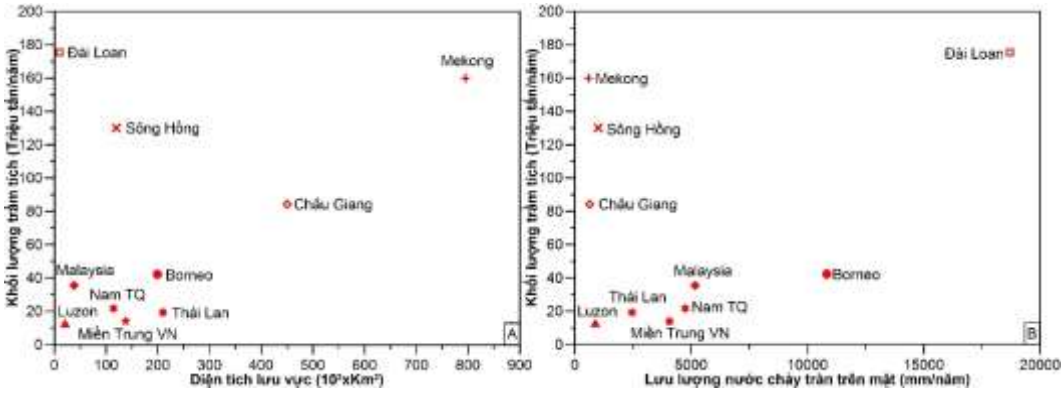
Các lưu vực sông xung quanh Biển Đông bị chi phối mạnh mẽ bởi hoạt động của gió mùa Đông Á (Webster, 1994). Gió mùa Đông Á bao gồm gió mùa đông thổi từ bắc xuống nam và gió mùa hè thổi từ nam đến bắc. Sự thay đổi gió mùa này chi phối lượng mưa và nhiệt độ, từ đó ảnh hưởng mạnh mẽ đến nhiều quá trình trên lục địa như quá trình phong hóa, xói mòn, sự phát triển thực vật và các dòng chảy dưới Biển Đông. Gió mùa đông được hình thành do sự lạnh đi của lục địa và sự phát triển của áp suất cao trên khu vực bắc á. Gió mùa hè thì ngược lại, nó được hình thành do hiện tượng nóng lên ở lục địa và sự phát triển của áp suất thấp trên vùng trung tâm Trung Quốc và thổi qua Biển Đông. Theo Chu và Wang (2003), gió mùa đông hoạt động mạnh hơn gió mùa hè và kéo dài từ tháng 11 đến tháng 4, trong khi đó gió mùa hè hoạt động từ tháng 5 đến tháng 9. Dẫu vậy, hoạt động gió mùa ở các lưu vực sông xung quan Biển Đông vẫn có sự khác biệt rõ dệt và mang những đặc điểm khá riêng (Hình 1).

Bảng 1. Diện tích lưu vực, khối lượng nước chảy tràn trên mặt và khối lượng vận chuyển trầm tích ra Biển Đông của một số con sông xung quanh.

Khu vực	Tên sông	Diện tích lưu vực (km^2)	Lượng lước chảy tràn trên mặt (mm/năm)	Khối lượng trầm tích lơ lửng (triệu tấn/năm)	Nguồn tài liệu
Việt Nam	**Sông Hồng**	**120.000**	**1.000**	**130**	Milliman and Farnsworth (2011)
	Thái Bình	15.000	600	1	Milliman and Farnsworth (2011)
	Sông Mã	28.000	607	3	Milliman and Farnsworth (2011)
	Sông Cả	27.000	815	4	Milliman and Farnsworth (2011)
	Thu Bồn	10.000	1.400	2	Milliman and Farnsworth (2011)
	Sông Ba	14.000	643	1	Milliman and Farnsworth (2011)
	Sài Gòn	44.000	-	3	Milliman and Farnsworth (2011)
	Mekong	**795.000**	**590**	**160**	Milliman and Farnsworth (2011)
Trung Quốc	Jiulongjiang	15.000	1.000	3,1	Milliman and Farnsworth (2011)
	Hanjiang	30.000	867	10	Milliman and Farnsworth (2011)
	Châu Giang	**450.000**	**636**	**84,3**	Zhang và nnk. (2012)
	Moyangjiang	6.100	1.393	0,8	Milliman and Farnsworth (2011)
	Jianjiang	9.500	579	1,5	Milliman and Farnsworth (2011)
	Nanliujiang	6.600	773	1,1	Milliman and Farnsworth (2011)
	Changhuajiang	5.100	745	0,08	Milliman and Farnsworth (2011)
	Nandujiang	6.600	773	1,1	Milliman and Farnsworth (2011)
	Hainan	35.400	-	4	Zhang và nnk. (2013)
Đài Loan	Cho-Shui	2.989	1.200	54,1	Dadson và nnk. (2003)
	Pei-Kang	597	1.300	2,2	Dadson và nnk. (2003)
	Po-Tzu	289	1.400	2,1	Dadson và nnk. (2003)
	Pa-Chang	441	1.500	6,3	Dadson và nnk. (2003)
	Chi-Shui	227	1.300	1,8	Dadson và nnk. (2003)
	Tseng-Wen	1.157	1.100	25,1	Dadson và nnk. (2003)
	Yen-Shui	146	1.200	1,1	Dadson và nnk. (2003)
	Erh-Jen	175	1.800	30,2	Dadson và nnk. (2003)
	Kao-Ping	3.076	2.500	49,0	Dadson và nnk. (2003)
	Tung-Kang	175	2.900	0,4	Dadson và nnk. (2003)
	Lin-Pien	310	2.500	3,3	Dadson và nnk. (2003)
Luzon	Cagayan	30.400	1.542	-	Liu và nnk. (2009)
	Vigan	5.200	2.104	-	Liu và nnk. (2009)
	Agno	6.300	1.050	4,7	Liu và nnk. (2009)
	Pampanga	8.600	880	3,5	Liu và nnk. (2009)
	Angat	570	-	4,6	Liu và nnk. (2009)
Borneo	Tutong	2.300	1.913	0,25	Milliman and Farnsworth (2011)
	Baram	22.800	2.500	12	Hiscott (2001)
	Kidurong	5.400	-	-	Milliman and Farnsworth (2011)
	Rajang	50.000	2.270	30	Staub et al. (2000)
	Lupar	7.000	-	-	Milliman and Farnsworth (2011)
	Sambas	6.800	-	-	Milliman and Farnsworth (2011)
	Landek	10.000	-	-	Milliman and Farnsworth (2011)
	Kapuas	82.000	1.220	-	Milliman and Farnsworth (2011)
	Pawan	13.000	2.923	-	Milliman and Farnsworth (2011)
Sumatra	Siak	16.000	-	-	Milliman and Farnsworth (2011)
	Kampar	36.000	917	-	Milliman and Farnsworth (2011)
	Inderagiri	22.000	818	-	Milliman and Farnsworth (2011)
	Hari	50.000	920	-	Milliman and Farnsworth (2011)
	Musi	61.000	1.311	-	Milliman and Farnsworth (2011)
Malay	Pattani	4.000	750	0,35	Milliman and Farnsworth (2011)
	Kelantan	12.000	1.500	13,9	Liu và nnk. 2012)
	Trengganu	3.300	1.970	0,8	Liu và nnk. 2012)
	Pahang	19.000	947	20,4	Liu và nnk. 2012)
Thái	Bangpakhlong	10.000	490	-	Milliman and Farnsworth (2011)

Lan	Khlong Phum Duang	3.000	1.133	0,12	Milliman and Farnsworth (2011)
	Chao Phraya	160.000	188	11	Milliman and Syvitski (1992)
	Mae Klong	31.000	419	8,1	Milliman and Farnsworth (2011)
	Petch	6.000	233	-	Milliman and Farnsworth (2011)

Dựa trên dữ liệu lượng mưa và nhiệt độ tại các trạm đo xung quanh Biển Đông, điều kiện thời tiết có thể chia thành 3 khu vực: (1) Hà Nội, Quảng Châu và đảo Đài Loan; (2) khu vực Malaysia, Sumatra và Borneo; (3) Thành phố Hồ Chí Minh, Nha Trang và Luzon (Hình 1). Ở Hà Nội, Quảng Châu và đảo Đài Loan có nhiệt độ dao động trung bình từ 14 ^{o}C đến 25 ^{o}C ở mùa đông và trung bình từ 16 ^{o}C đến 29 ^{o}C vào mùa hè. Lượng mưa hàng năm của Hà Nội và Quảng Châu tương đối giống nhau là ~1.700 mm nhưng ~91% lượng mưa xảy ra trong mùa hè ở Hà Nội và ~80% lượng mưa đến từ mùa hè ở Quảng Châu. Đảo Đài Loan có lượng mưa hàng năm cao hơn chút là ~2.075 mm/năm và 68% lượng mưa đến từ mùa hè. Phía nam Biển Đông, bán đảo Malaysia, Sumatra và Borneo có nhiệt độ khá ổn định ~27 ^{o}C với lượng mưa khá lớn hàng năm với ~2.900 mm ở Malaysia và Borneo và ~2.500 mm ở Sumatra với lượng mưa khá đều trong năm. Ở thành phố Hồ Chí Minh, Nha Trang và Luzon có nhiệt độ khá ổ định hàng năm trung bình từ 26 ^{o}C đến 28 ^{o}C. Ở ba khu vực này chế độ gió mùa được chia làm 2 mùa rõ dệt và đặc biệt rõ ràng ở Nha Trang. Lượng mưa ở ba khu vực này lớn nhất ở thành phố Hồ Chí Minh với 1.931 mm/năm và ~93% lượng mưa vào mùa mưa, lượng mưa ở Nha Trang hàng năm trung bình khoảng 1.324 mm và chủ yếu đến từ mùa mưa ~75% cả năm, ở Luzon hàng năm lượng mưa ~2.201 mm với 94% lượng mưa xảy ra ở mùa mưa.



Hình 2. A. Mối quan hệ giữa diện tích lưu vực và khối lượng trầm tích. B. Mối quan hệ giữa lưu lượng dòng chảy tràn trên mặt và khối lượng trầm tích.

Bên cạnh đó, các khu vực xung quanh Biển Đông hứng chịu nhiều cơn bão hàng năm, đặc biệt là đảo Đài Loan, Philipin, Trung Quốc và Việt Nam. Các cơn bão thường được hình thành ở các khu vực có vĩ độ thấp với nhiệt độ nước biển lớn hơn 26 ^{o}C (Fisher, 1958). Biển Đông nằm trong vùng nhiệt đới nên nhiệt độ nước biển thường ấm hơn 26 ^{o}C và là điều kiện thuận lợi cho hình thành các cơn bão (Herbeck và nnk., 2011). Ngoài ra, các cơn bão được hình thành ở phía bắc Thái Bình Dương cũng thường có xu hướng đi vào Biển Đông (Zhang và nnk., 2019; Le Mau và nnk., 2021). Theo ước tính của Wang và nnk., (2007) and Ma và nnk., (2021), hàng năm khu vực này có khoảng 10 cơn bão đi qua và ảnh hưởng đặc biệt mạnh mẽ tới Đài Loan và Philipin sau đó là đến Trung Quốc và Việt Nam. Những cơn bão này sẽ làm tăng đột ngột lượng mưa trong một thời gian ngắn, gây ra hiện tượng lũ lụt, sạt lở và xói mòn mạnh mẽ lớp vỏ trái đất.

Về lượng nước chảy tràn trên mặt, các sông nhỏ ở đảo Đài Loan thể hiện giá trị lớn hơn cả ~18.700 mm/năm, sau đó đến Borneo ~10.826 mm/năm, Maylay ~5.167 mm/năm, Miền trung Việt Nam ~4.056 mm/năm, phía nam Trung Quốc ~4.738 mm/năm, Sumatra ~3.966 mm/năm, Thái Lan ~2.463 mm/năm và các con sông nhỏ ở Luzon là thấp nhất ~883 mm/năm (Hình 2; Bảng 1). Các con sông lớn như sông Mekong có diện tích lớn nhất 790.000 km^2 nhưng lưu lượng nước hàng năm chảy tràn trên mặt chỉ ~590 mm/năm, sông Hồng 120.000 km^2 và ~1.000 mm/năm và sông Châu Giang 450.00 km^2 và ~636 mm/năm.

3.2. Khối lượng vận chuyển trầm tích từ các sông xung quanh Biển Đông

Xung quanh Biển Đông phát triển mạnh mẽ các hệ thống sông trong đó có các con sông lớn hàng đầu thế giới như sông Mekong, sông Hồng và sông Châu Giang (Hình 1, 2; Bảng 1). Các con sông này đóng góp tới 80% trầm tích mặt và khoảng 63% tổng lượng trầm tích từ lúc Biển Đông được hình thành, phần còn lại là các trầm tích cacbonat, silicat sinh học và một phần nhỏ từ vật liệu núi lửa (Huang, 2004; Huang và Wang, 2006). Biển Đông nhận được 700 triệu tấn trầm tích hàng năm khoảng 3,7% tổng lượng trầm tích hàng năm của các con sông trên thế giới đổ ra biển (Dadson và nnk., 2003; Milliman và Farnsworth, 2011; Liu và nnk., 2012; Zhang và nnk., 2012). Trong đó, sông Mekong, sông Hồng và sông Châu Giang hàng

năm đóng góp trầm tích lần lượt 160, 130 và 84 triệu tấn và phần còn lại đến từ các con sông nhỏ khác đặc biệt là các con sông ở đảo Đài Loan với 176 triệu tấn trầm tích/năm. Các sông nhỏ ở miền trung Việt Nam, phía nam Trung Quốc và Philipin đóng góp không nhiều lần lượt là 14, 22 và 13 triệu tấn/năm. Các con sông nhỏ ở Malaysia đóng góp 35 triệu tấn trầm tích hàng năm và các con sông nhỏ ở Thái Lan đóng góp 19 triệu tấn trầm tích/năm. Milliman và nnk. (1999) ước lượng trầm tích đến từ Borneo và Sumatra có thể là 910 triệu tấn/năm và 780 triệu tấn/năm. Tuy nhiên, nhiều tài liệu mới hơn lại cho thấy các sông ở Borneo chỉ đóng góp một lượng không lớn khoảng 42 triệu tấn trầm tích hàng năm (Staub và nnk., 2000; Hiscot, 2001; Milliman and Farnsworth, 2011). Điều này cho thấy, khu vực Sumatra cũng không thể đóng góp lượng trầm tích lớn đến vậy.

3.3. Mối quan hệ giữa điều kiện thời tiết, hoạt động kiến tạo và khối lượng trầm tích

Từ các kết quả trên chúng ta có thể thấy, diện tích lưu vực lớn không chắc đã cung cấp lượng trầm tích lớn cho Biển Đông như sông Mekong, sông Hồng và sông Châu Giang, nhưng các lưu vực sông nhỏ như đảo Đài Loan lại đóng góp lớn nhất trầm tích cho khu vực này (Hình 2; Bảng 1). Điều đó cho thấy diện tích lưu vực sông xung quanh Biển Đông không phải là yếu tố hàng đầu quyết đinh khối lượng trình trầm tích chảy ra biển. Khu vực Borneo có lưu lượng nước lớn chảy tràn trong lưu vực 10.826 mm/năm nhưng lượng trầm tích vận chuyển chỉ có ~42 triệu tấn/năm và nhỏ hơn rất nhiều đảo Đài Loan ~176 triệu tấn/năm với ~18.700 mm/năm. Điều này có thể do đảo Đài Loan chịu ảnh hưởng của nhiều con bão hàng năm so với Borneo. Tuy nhiên, các con sông nhỏ ở đảo Luzon cũng hứng chịu nhiều cơn bão hàng năm nhưng lượng trầm tích đổ ra Biển Đông chỉ là 13 triệu tấn/năm. Do đó, ngoài yếu tố điều kiện thời tiết ra thì phải còn có yếu tố khác khống chế quá trình trầm tích ở trong các lưu vực này và đó có thể là hoạt động kiến tạo. Chúng ta biết rằng đảo Đài Loan là một khu vực hoạt động kiến tạo diễn ra khá mạnh mẽ, được phát triển do va chạm hút chìm của quyển đại dương ở Biển Đông dưới mảng Philipin sau va chạm vòng cung lục địa ở 6.5 triệu năm (Huang và nnk., 1997). Hoạt động kiến tạo đã làm cho đảo Đài Loan có địa hình cao và dốc với hơn 200 đỉnh cao hơn 3.000 m và đỉnh cao nhất 3.952 m. Địa hình dốc kết hợp với lượng mưa dồi dào và nhiều cơn bão lớn hàng năm nên khu vực này có quá trình phong hóa và bóc mòn diễn ra mạnh mẽ nhất thế giới để sản sinh ra lượng lớn trầm tích hàng năm. Sảm phẩm của quá trình phong hóa sau khi được tạo ra đã bị xói mòn và vận chuyển nhanh chóng xuống các lưu vực sông và Biển Đông nên không có đủ thời gian để quá trình phong hóa hóa học diễn ra, dẫn đến trầm tích sông chứa nhiều các khoáng vật sét nguyên sinh như illit (trung bình 56%) và chlorit (trung bình 41%) (Liu và nnk., 2008).

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, các tài liệu về khối lượng trầm tích và các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình này trong các lưu vực sông đã được tổng hợp, phân tích và đánh giá để làm sáng tỏ yếu tố nào khống chế quá trình trầm tích ở các lưu vực sông xung quanh Biển Đông. Kết quả nghiên cứu cho thấy, các lưu vực xung quanh Biển Đông có diện tích lưu vực, điều kiện thời tiết và hoạt động kiến tạo khác nhau nhiều. Đảo Đài Loan là khu vực khá đặc biệt với hoạt động kiến tạo mạnh mẽ làm cho địa hình cao và dốc, có lương mưa hàng năm dồi dào với nhiều cơn bão hàng năm đi qua đã vận chuyển lượng trầm tích lớn nhất ra Biển Đông 176 triệu tấn/năm. Các con sông có diện tích lưu vực lớn như sông Mekong, sông Hồng và sông Châu Giang chỉ đóng góp lần lượt 160, 130 và 84 triệu tấn/năm. Dựa trên phân tích mối quan hệ giữa khối lượng trầm tích, diện tích lưu vực, điều kiện thời tiết và hoạt động kiến tạo, nghiên cứu cho rằng hoạt động kiến tạo và điều kiện thời tiết là những yếu tố quan trọng hàng đầu trong việc sản sinh và vận chuyển vật liệu trầm tích từ lưu vực sông xung quanh Biển Đông, trong khi đó diện tích lưu vực chiếm vị trí kém quan trọng hơn.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin cảm ơn các thầy cô trong Khoa Khoa học và Kỹ thuật Địa chất, các Phòng Ban chức năng của Trường Đại học Mỏ - Địa chất đã tạo điều kiện thuận lợi cho nhóm nghiên cứu hoàn thành được nghiên cứu này. Bên cạnh đó, nhóm tác giả xin cảm ơn nhóm nghiên cứu mạnh: Kiến tạo và Địa động lực với Tài nguyên Địa chất, Môi trường và Phát triển bền vững (TGREEN) và Nghiên cứu, ứng dụng công nghệ tiên tiến trong Khoa học trái đất, Vật liệu và Môi trường (HiTech-CEAE).

Tài liệu tham khảo

Chu, P.C., Wang, G., 2003. Seasonal variability of thermohaline front in the central South China Sea. *Journal of Oceanography* 59, 65–78.

Dadson, S.J., Hovius, N., Chen, H., Dade, W.B., et al., 2003. Links between erosion, runoff variability and seismicity in the Taiwan orogen. *Nature* 426, 648–651.

Fisher, E. L., 1958. Hurricanes and the sea-surface temperature field. *Journal of the Atmospheric Sciences* 15, 328–333.

Herbeck, L. S., Unger, D., Krumme, U., Liu, S. M., and Jennerjahn, T. C., 2011. Typhoon-induced precipitation impact on nutrient and suspended matter dynamics of a tropical estuary affected by human activities in Hainan, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 93, 375–388.

Hiscott, R.N., 2001. Depositional sequences controlled by high rates of sediment supply, sea-level variations, and growth faulting: The Quaternary Baram Delta of northwestern Borneo. *Marine Geology* 175, 67–102.

Le Mau, D., Vlasova, G., and Nguyen, D. T. T., 2021. Distribution features of the typhoons in the South China Sea. *Russian Journal of Earth Sciences* 21, 1001–1008.

Liu, Z.F., Tuo, S.T., et al., 2008. Detrital fine-grained sediment contribution from Taiwan to the northern South China Sea and its relation to regional ocean circulation. *Marine Geology* 255, 149–155.

Liu, Z.F., Zhao, Y.L., et al., 2009. Chemical weathering in Luzon, Philippines from clay mineralogy and major-element geochemistry of river sediments. *Applied Geochemistry* 24, 2195–2205.

Liu, Z.F., Wang, H., et al., 2012. Climatic and tectonic controls on chemical weathering in tropical Southeast Asia (Malay Peninsula, Borneo, and Sumatra). *Chemical Geology* 291, 1–12.

Liu, Z., Zhao, Y., Colin, C., Stattegger, K., Wiesner, M. G., Huh, C.A., et al. 2016. Source-to-sink Transport Processes of Fluvial Sediments in the South China Sea. *Earth-Science Reviews* 153, 238–273.

Ma, Z., Zhang, Y., Wu, R., Na, R., 2021. Statistical characteristics of the response of Sea Surface temperatures to westward typhoons in the South China Sea. *Remote Sensing* 13, 916.

Milliman, J.D., Syvitski, J.P.M., 1992. Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers. *Journal of Geology* 100, 525–544.

Milliman, J.D., Farnsworth, K.L., Albertin, C.S., 1999. Flux and fate of fluvial sediments leaving large islands in the East Indies. *Journal of Sea Research* 41, 97–107.

Milliman, J.D., Farnsworth, K.L., 2011. *River Discharge to the Coastal Ocean: A Global Synthesis*. Cambridge University Press, Cambridge (384 pp.)

Sang, P. N., and Liu, Z., 2021. Terrigenous Sediment Variations in the Western South China Sea and Their Implications to East Asian Monsoon Evolution during the Last Glacial-Interglacial Cycle. *Quaternary International* 580, 1–10.

Staub, J.R., Among, H.L., Gastaldo, R.A., 2000. Seasonal sediment transport and deposition in the Rajang River delta, Sarawak, East Malaysia. *Sedimentary Geology* 133, 149–264.

Wang, G., Su, J., Ding, Y., and Chen, D., 2007. Tropical cyclone Genesis over the South China Sea. *Journal of Marine Systems* 68, 318–326.

Webster, P.J., 1994. The role of hydrological processes in ocean-atmosphere interactions. *Review Geophysical* 32, 427–476.

Zhang, W., Wei, X.Y., Zheng, J.H., Zhu, Y.L., Zhang, Y.J., 2012. Estimating suspended sediment loads in the Pearl River Delta region using sediment rating curves. *Continental Shelf Research* 38, 35–46.

Zhang, C., Hu, C., et al., 2019. Perspective on landfalling frequency and Genesis location variations of southern China typhoon during peak summer. *Geophysical Research Letters* 46, 6830–6838.

ABSTRACT

Tectonic and climatic conditions controlling on sedimentary process in river drainage basins surrounding the East Sea

Pham Nhu Sang, Nguyen Huu Hiep

Faculty of Geosciences and Geoengineering, Hanoi University of Mining and Geology

The East Sea is the largest continental margin sea separating Asia and the Pacific, located in the tropical monsoon region and receives large amounts of sediment from surrounding rivers. However, which factors control the source-to-sink sediment transport in these river basins has not been clarified yet. Therefore, this study will synthesize, analyze, and evaluate related documents to determine which important factors control sediment discharge and formation from rivers to the East Sea. Research results show that the surrounding rivers display quite different basin areas, tectonic activities and climate conditions, leading to different amounts of sediment discharge. Typically, Taiwan rivers have small basins, but strong tectonic activities, and abundant rainfall with many storms/year, resulting in the highest sediment discharge to the East Sea, 176 million tons/year. Meanwhile, the Mekong, Red, and Pearl Rivers contain the largest basins but they only contribute 160, 138, and 84 million tons/year, respectively. This means that basin area is not the most important factor in producing sediments for river basins. This phenomenon may be due to Taiwan rivers

having strong tectonic activities leading to high and steep terrain along with heavy annual rainfall, especially many strong storms/year, causing significant erosion of the weathered products and huge sediment discharge. Therefore, tectonic activity and climate conditions can be the two most important factors in controlling the process of sediment transport from surrounding basins to the East Sea.

Keywords: River sediment, River, Tectonic, Climate condition, East Sea.

Đặc điểm thạch địa hóa của các đá granitogneis khối Chu Lai, khu vực địa khối Kon Tum

Nguyễn Hữu Trọng[1,*], Tô Xuân Bản[1], Hà Thành Như[1], Nguyễn Đình Luyện[1], Nguyễn Thị Ly Ly[2]

[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản*

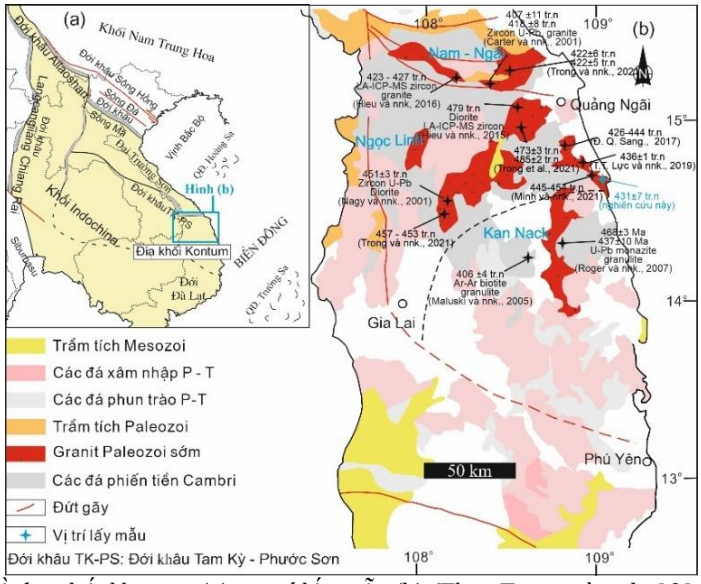
TÓM TẮT

Granitogneis hai mica có của khối Chu Lai có đặc điểm sáng màu, cấu tạo dạng gneis điển hình, kiến trúc porphyr tàn dư. Thành phần các khoáng vật tạo đá chính: Plaggioclas (25-40 %), felspat kali (20-40 %), thạch anh (25-35 %), biotit (5-13 %), mustcovite (0-6 %), các khoáng vật phụ gặp apatit, granat, orthit, zircon. Trong nghiên cứu này sử dụng hai phương pháp phân tích là phân tích huỳnh quang tia X (XRF) và Quang phổ plasma (ICP-MS) để phân tích các nguyên tố tạo đá chính và các nguyên tố vi lượng của các đá granitogneis phức hệ Chu Lai. Hàm lượng SiO_2 của các đá granitogneis khối Chu Lai tương đối cao (SiO_2 =72,63-74,78 wt.%), cao nhôm (Al_2O_3 = 13,43-14,35 wt.%), cao K (K_2O = 5,77-6,68 wt.%). Các đá có chỉ số bão hòa nhôm đều lớn hơn 1, hàm lượng khoáng vật Coridon định mức theo phương pháp CIPW đều lớn hơn 1. Những đặc điểm khoáng vật và địa hóa chứng tỏ các đá granitogneis khối Chu Lai là S-granit điển hình. Các mẫu có Eu dị thường âm rõ ràng, tương đối giàu các nguyên tố ưa đá bán kính ion lớn như Rb, K và tương đối suy kiệt các nguyên tố trường lực mạnh như Nb, Ta, Ni. Các đá granitogeis khối Chu Lai là sản phẩm của quá trình tái nóng chảy các đá trầm tích cát kết có tuổi cổ hơn Neoproterozoi.

Từ khóa: Kon Tum; Chu Lai; S-granit.

Đặt vấn đề

Phần lục địa khu vực Đông Nam châu Á được hình thành từ các khối vi lục địa có nguồn gốc từ khối Gondwana, các khối như Sibumasu, Indochina, Hoa Nam (South China) và khối Simao và một vài vi lục địa khác (hình 1a). Các khối này được hợp nhất lại với nhau sau khi đại dương Tethyan diễn ra quá trình khép kín trong giai đoạn từ Paleozoi sớm và Mesozoi (Metcalfe., 2002; 2013). Theo quan điểm của các nhà địa chất lãnh thổ Việt Nam là khu vực giao thoa ghép nối của 03 lục địa gồm Nam Trung Hoa, Đông Dương và Simao được khống chế bởi các đứt gãy chính như đới khâu Sông Mã, Tam Kỳ Phước Sơn, phía bắc là đai tạo núi Trường Sơn, khu vực cao nguyên trung bộ là địa khối Kon Tum (khối nhô Kon Tum) và đới Đà Lạt (Hình 1a).



Hình 1. Bản đồ địa chất khu vực (a), vị trí lấy mẫu (b) (Theo Trong và nnk, 2021, có sửa chữa)

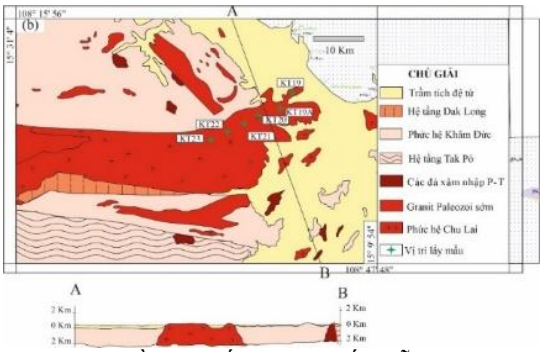
* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenhuutrong@humg.edu.vn

Các đá granit phức hệ Chu Lai nằm phía bắc địa khối Kon tum (hình 1b). Các đá granit phức hệ Chu Lai là một thể địa chất quan trọng trong bình đồ cấu trúc của khu vực địa khối Kontum, cũng như bình đồ cấu trúc khu vực Đông Dương, nhưng cho đến nay có rất nhiều ý kiến khác nhau về tuổi thành tạo, cũng như bối cảnh thành tạo của chúng. Tuổi của phức hệ Chu Lai trong các nghiên cứu trước đây xếp chúng vào tuổi Meso Proterozoi do mối quan hệ xuyên cắt địa chất của nó với phức hệ Khâm Đức tuổi PaleProterozoi và bị hệ tầng A Vương tuổi Cambri-Ordovic sớm phủ lên. Ngoài ra, Bùi Minh Tâm (2008) cho rằng tuổi của phức hệ là 515 tr.n trên cơ sở định tuổi U-Pb. Theo Hurley và Fairbrain (1972) tuổi Rb-Sr của phức hệ này là 530 tr.năm. Những năm gần đây, các tác giả như Wei Jiang et al (2020), Minh et al (2020), Trịnh Thế Lực và nnk (2019), Đinh Quang Sang (2017), cho các mức tuổi trong khoảng 426-452 tr.năm, 431 tr.năm Nguyễn Hữu Trọng và nnk (2022). Về bối cảnh thành tạo Minh et al. (2020) cho rằng các đá granit Chu Lai hình thành liên quan đến quá trình tạo núi nội lực; còn Wei Jiang (2020) hình thành liên quan đến quá trình đồng va chạm của hai mảng địa khối Kon Tum và đai Trường Sơn, Nguyễn Hữu Trọng và nnk (2022) hình thành liên quan đến quá trình xô đụng, đồng va chạm của hai mảng địa khối Kon tum và đới Trường Sơn.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng phương pháp phân tích huỳnh quang tia X (XRF), Quang phổ plasma (ICP-MS) phân tích các nguyên tố tạo đá chính và các nguyên tố vi lượng của các đá granitoid phức hệ Chu Lai để xác định đặc điểm thạch địa hóa, từ đó xác định nguồn gốc vật liệu hình thành nên chúng.

2. Đặc điểm địa chất và vị trí lấy mẫu

06 mẫu granit trong báo cáo này được thu thập từ khối Chu Lai, thuộc phức hệ Chu Lai, là các đá granit hai mica dạng gneis, đá hạt vừa đến lớn, màu xám sáng, cấu tạo gneis rõ. Vị trí lấy mẫu được thể hiện như trong hình 2, khối Chu Lai nằm về phía Tây - Tây Nam thị trấn Núi Thành, huyện Núi Thành, Tỉnh Quảng Nam. Khối Chu Lai có diện tích khoảng 300 km^2. Khối có dạng kéo dài không đều đặn theo phương á vĩ tuyến, nằm kẹp giữa hai đứt gãy lớn phương vĩ tuyến: sông Trà Câu (phía nam) và Trì Bình - Trà My (phía bắc). Vây quanh khối Chu Lai là các đá biến chất tướng epidot amphibolit thuộc phức hệ Khâm Đức bao gồm amphibolit granat, amphibolite. Trong khối Chu Lai gặp nhiều thể tù, thể sót có dạng thấu kính hay dạng lớp của các đá vây quanh, sắp xếp định hướng theo cấu tạo gneis của granitoid, còn bảo tồn cấu tạo vi uốn nếp.



Hình 2. Sơ đồ địa chất và vị trí lấy mẫu nghiên cứu

3. Phương pháp phân tích

Các mẫu đá tiến hành phân tích các nguyên tố chính và nguyên tố vết là các mẫu tươi, không bị phong hóa, được nghiền tới kích thước nhỏ hơn 5 mm bằng các máy đập hàm bằng corundum. Lấy 100 gram mẫu trên được nghiền thành bột có kích thước nhỏ hơn 200 mesh bằng thiết bị nghiền đĩa rung (RS200, Retsch GmbH), với bộ đĩa rung và cốc nghiền là cacbua vofram.

Các nguyên tố chính được phân tích trên thiết bị XRF (Primus II, Rigaku, Japan) với sai số không quá ±2%. Lấy 0.5g bột cần phân tích và 5g chất trợ dung ($Li_2B_4O_7$:$LiBO_2$ = 12:22) được nung chảy ở khoảng 1050 ºC trong lò nung cao tần và đổ vào chén nung làm từ 95% Pt-5% Au để tạo thành các đĩa thủy tinh để phân tích.

Các nguyên tố vết được phân tích bằng phương pháp khối phổ Plasma (ICP-MS). Quá trình chuẩn bị mẫu: (1) Cân 50mg bột đá đã nghiền đến khoảng 200 mesh vào dụng cụ hòa tan mẫu bằng Teflon; (2) Sử dụng bình hòa tan mẫu Teflon để phân hủy mẫu bằng HF + HNO_3 trong điều kiện 195ºC trong 48 giờ; (3) Sau khi loại bỏ Si bằng cách bay hơi khô mẫu trong điều kiện 120ºC, pha loãng mẫu với 2% HNO_3 đến 2000 lần, rồi định mức vào bình polyester sạch. Sau đó được đo trên thiết bị ICP-MS (Aligent 7700e). Cụ thể về kĩ thuật chuẩn bị mẫu và phân tích có thể tham khảo Liu et al., (2008).

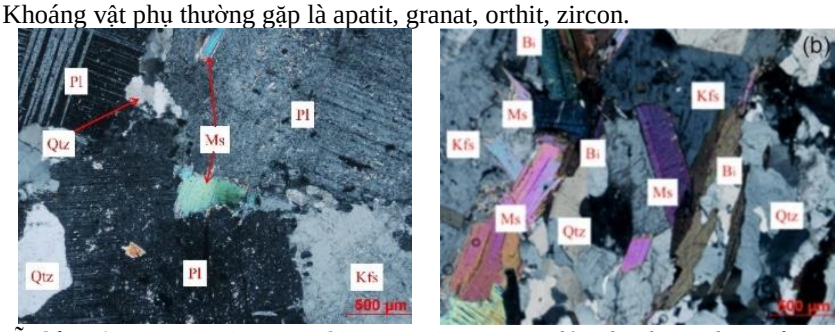
Ngoài ra, trong nghiên cứu này còn sử dụng các phương pháp nghiên cứu truyền thống như tiến hành khảo sát thực địa, thành lập mắt cắt, lấy các loại mẫu, và tiến hành gia công phân tích mẫu lát mỏng thạch học.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Đặc điểm thạch học, khoáng vật

Thành phần thạch học của các đá granitoid khối Chu Lai chủ yếu gồm granitogneis, granitogneis biotit, granitogneis hai mica, trong đó các đá granit hai mica chiếm phần lớn. Các đá granit hai mica tương đối sáng màu, cấu tạo gneis điển hình, kiến trúc porphyr tàn dư, và ra rìa khối cả kích thước lẫn hàm lượng các ban tinh đều giảm.

Các đá granit hai mica có đặc điểm sáng màu, cấu tạo gneiss điển hình, thường có kiến trúc porphyr tàn dư, và ra rìa khối cả kích thước lẫn hàm lượng các ban tinh đều giảm. Thành phần khoáng vật thay đổi trong phạm vi rộng (%): plagioclas: 25-40; felspat kali: 20-40, thạch anh: 25-35, biotit: 5-13; mustcovite: 0-6 (Hình 3). Khoáng vật phụ thường gặp là apatit, granat, orthit, zircon.

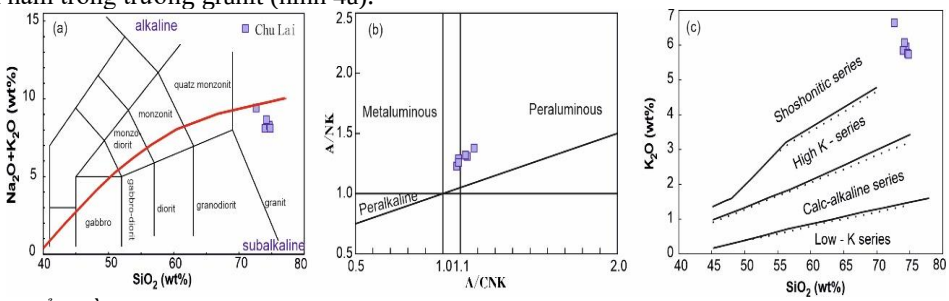


Hình 3. Mẫu lát mỏng KT19 (a), KT21 (b), nicon (+). Trong đó, Pl: Plagioclas, Kfs: Felspat Kali, Bi: Biotit, Ms: Mustcovit, Qtz: Quaczite

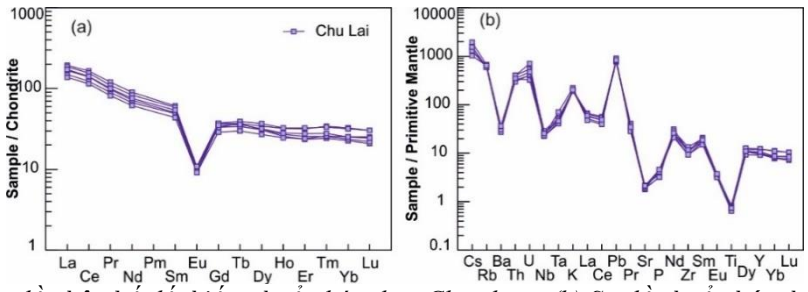
4.2. Đặc điểm địa hóa

06 mẫu granitogneis Chu Lai đã được tiến hành phân tích các nguyên tố chính và nguyên tố vi. Các kết quả phân tích được trình bày rõ ràng tại bảng 1.

Hàm lượng SiO_2 của các đá granitogneis Chu Lai tương đối cao (SiO_2 =72,63-74,78 wt.%), cao nhôm (Al_2O_3 = 13,43-14,35 wt.%), cao K_2O = 5,77-6,68 wt.% và thuộc trường Shoshonictic (hình 4c), và tổng kiềm cao (K_2O+Na_2O = 8,13-9,39 wt.%), tỉ lệ K_2O/Na_2O dao động trong khoảng 2,3-2,6, đều lớn hơn 1, nhưng hàm lượng CaO tương đối thấp (CaO = 0,85-1,06 wt.%), hàm lượng F_2O_3 và MgO lần lượt là 0,12-0,14 wt.% và 0,27-0,34 wt.%. Các đá granit của phức hệ Chu Lai có chỉ số bão hòa nhôm (A/CNK) ở tất cả các mẫu đều lớn hơn 1, (A/CNK = 1,08-1,18) (hình 4b). Qua các số liệu tính toán các khoáng vật định mức CIPW cho thấy chỉ số Coridon tiêu chuẩn (C) cao hầu hết đều lớn hơn 1, chứng tỏ các đá granitogneis Chu Lai đều thuộc loại quá bão hòa nhôm (hình 4b). Trong biểu đồ SiO_2 so với K_2O + Na_2O (TAS), các mẫu đều nằm trong trường granit (hình 4a).



Hình 4. Biểu đồ phân loại đá (a) TAS (Middlemost, 1994); (b)A/NK vs A/CNK (Maniar and Piccoli., 1989), (c) SiO_2-K_2O (Martin et al., 2005)



Hình 5. (a) Sơ đồ phân bố đất hiếm chuẩn hóa theo Chondrite; (b) Sơ đồ chuẩn hóa theo thành phần manti nguyên thủy các đá granitoid Chu Lai

Các đá granitogneis của phức hệ Chu Lai tương đối giàu hàm lượng các nguyên tố đất hiếm (∑REE = 171-237 ppm), các nguyên tố đất hiếm nặng, và các nguyên tố đất hiếm nhẹ phân dị tương đối rõ ràng ($(La/Yb)_N$ = 4,6-8,6). Các nguyên tố đất hiếm được chuẩn hóa theo chondrite, đồ hình nghiêng dốc từ trái sang phải, tức từ các nguyên tố đất hiếm nhẹ sang các nguyên tố đất hiếm nặng. Eu có dị thường âm rõ ràng (δEu = 0,2-0,3) (hình 5a). Biểu đồ chân nhện chuẩn hóa theo manti nguyên thủy cho thấy đa số các mẫu tương đối giàu các nguyên tố ưa đá bán kính ion lớn như Rb, K, và tương đối suy kiệt các nguyên tố trường lực mạnh như Nb, Ta, Ni (hình 5b).

Bảng 1. Kết quả phân tích thành phần hoá học và nguyên tố vết của granit phức hệ Chu Lai

oxit	Các nguyên tố chính (%)						Các nguyên tố vết (ppm)						
	KT26	KT27	KT28	KT29	KT30	KT31	Nguyên tố	KT26	KT27	KT28	KT29	KT30	KT31
SiO_2	74,43	73,98	74,63	74,78	72,63	74,19	Sc	5,97	5,52	5,14	5,79	5,06	5,65
TiO_2	0,18	0,15	0,18	0,17	0,14	0,16	V	9,68	19,1	10,1	9,93	7,62	9,29
Al_2O_3	13,54	13,89	13,43	13,45	14,35	13,63	Cr	2,82	2,02	14,6	7,40	6,85	1,88
Fe_2O_3	1,30	1,24	1,36	1,43	1,18	1,31	Co	104	98,1	121	101	99,8	97,7
MnO	0,03	0,04	0,03	0,05	0,05	0,04	Ni	3,40	2,83	3,64	3,05	2,94	2,85
MgO	0,34	0,31	0,34	0,33	0,27	0,31	Cu	0,41	1,09	2,06	0,83	6,41	2,18
CaO	0,88	0,91	1,06	0,98	0,85	0,90	Zn	28,3	30,0	25,1	30,2	26,4	29,8
Na_2O	2,33	2,24	2,52	2,37	2,72	2,56	Ga	16,5	17,1	15,9	15,8	15,7	15,4
K_2O	5,98	5,88	5,80	5,77	6,68	6,11	Rb	377	412	377	375	424	407
P_2O_5	0,07	0,10	0,08	0,07	0,09	0,10	Sr	39,6	38,0	45,6	39,7	42,9	45,1
LOI	0,35	0,43	0,63	0,42	0,55	0,37	Zr	124	105	122	150	104	131
TOL	99,42	99,17	100,04	99,82	99,49	99,68	Nb	20,6	18,3	16,6	16,1	16,4	18,3
Na_2O+K_2O	8,31	8,13	8,32	8,14	9,39	8,67	Cs	12,4	10,1	10,3	12,2	15,3	8,04
A/CNK	1,14	1,19	1,09	1,13	1,09	1,09	Ba	205	190	225	215	251	254
A/NK	1,31	1,38	1,29	1,33	1,23	1,26	Hf	3,99	3,62	4,05	4,68	3,54	4,25
Các nguyên tố vết (ppm)							Pb	55,7	54,5	56,6	56,8	64,4	58,8
Nguyên tố	KT26	KT27	KT28	KT29	KT30	KT31	Th	34,4	27,2	29,0	33,8	25,2	29,7
Ho	1,45	1,82	1,53	1,84	1,39	1,59	U	11,4	8,42	6,80	14,8	8,67	9,94
Er	3,90	5,24	4,24	5,38	3,97	4,57	La	45,9	35,5	39,6	44,0	32,6	40,9
Tm	0,62	0,87	0,65	0,85	0,66	0,71	Ce	101	75,2	85,6	95,1	70,1	86,5
Yb	3,85	5,55	4,03	5,40	4,29	4,28	Pr	11,4	8,51	9,26	10,4	7,76	9,52
Lu	0,53	0,77	0,56	0,77	0,64	0,62	Nd	42,1	31,2	33,6	38,8	28,8	35,3
Y	43,4	54,7	45,7	56,2	41,8	48,4	Sm	9,32	7,51	7,71	8,93	6,69	8,28
$(La/Yb)_N$	8,6	4,6	7,1	5,8	5,5	6,9	Eu	0,58	0,54	0,59	0,63	0,53	0,63
$(Tb/Yb)_N$	1,6	1,1	1,4	1,2	1,2	1,4	Gd	7,63	6,85	6,81	7,68	5,93	7,24
Eu/Eu*	0,21	0,23	0,25	0,23	0,26	0,25	Tb	1,37	1,38	1,27	1,46	1,12	1,34
							Dy	7,85	8,71	7,85	9,36	6,87	8,07

4.3. Điều kiện và nguồn gốc thành tạo của các đá granitogneis Chu Lai

Kết quả thí nghiệm về độ hòa tan của zircon đối với sự nóng chảy tạo ra bởi sự nóng chảy một phần của đá với các thành phần khác nhau cho thấy mức độ bão hòa của zircon phụ thuộc vào nhiệt độ và thành phần của magma (Miller và nnk, 2003; Watson và Harrison, 1983). Miller và nnk, (2003) cho rằng nếu biết thành phần chính và hàm lượng Zr của một magma nhất định, thì công thức xác định nhiệt độ bão hòa của zircon như sau:

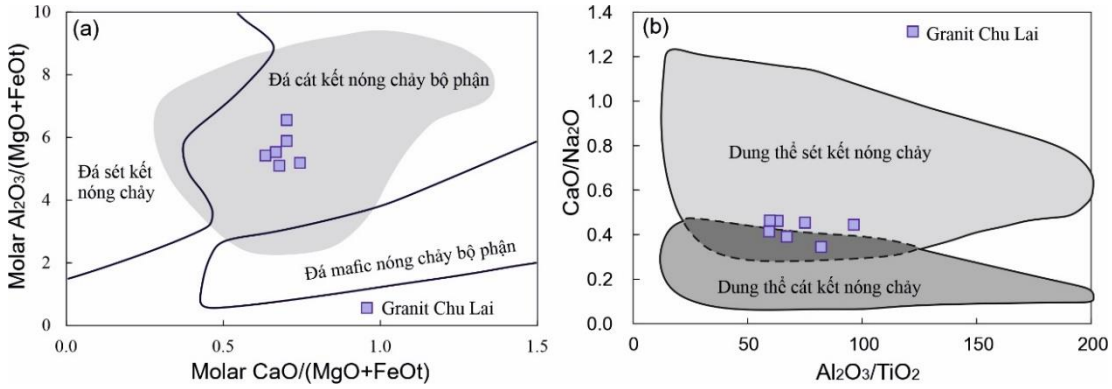
$$TZr(^oC)=12900/[(2.95 + 0.85M + \ln(Zrzircon/Zrdung thể)]-273.15$$

Thông qua tính toán xác định được nhiệt độ bão hòa của zircon trong đá tổng của granit Chu Lai là 791-754^{o}C.

Các đá granit Chu Lai chủ yếu thuộc lại cao SiO_2, quá bão hòa nhôm, và trong các mẫu đều có mặt các khoáng vật giàu nhôm như mustcovit và vắng mặt các khoáng vật màu horblend (hình 3b), điều này hoàn toàn phù hợp với kết quả phân tích thành phần khoáng vật định mức theo phương pháp CIPW với hàm lượng Coridon phân tử đều lớn hơn 1 (1,28-2,45 %) và mẫu lát mỏng dưới kính hiển vi phân cực. Ngoài ra, tỉ số K_2O/Na_2O cũng đều lớn hơn 2,38. Kết hợp với kết quả tính toán nhiệt độ bão hòa zircon của granit Chu Lai nằm trong khoảng 791-754^{o}C, giá trị này tương đương với nhiệt độ thành tạo của các đá S granit điển hình (600-850^{o}C) (King et al., 1997). Từ những chứng cứ nêu trên, có thể cho rằng các đá granitogneis Chu Lai là S-granit điển hình.

Các đá granit Chu Lai có tỉ lệ Nb/Ta là 9.8-5.7, tỉ lệ La/Nb là 2.7-1.9, tỉ lệ Th/U 4.3-2.3, tỉ lệ Zr/Hf 32-28.9, các giá trị này tương tự với các giá trị của vỏ lục địa (Rudnick, 1995), có thể thấy các granit Chu lai có những đặc trưng của vỏ lục địa. Granit Chu Lai có $\varepsilon_{Hf}(t)$ chủ yếu tập trung trong khoảng (- 4.2) – (-

11.4), tuổi mô hình T_{DM2} tập trung trong khoảng từ 1.9-1.5 Ga. Ngoài ra, các đá granit Chu Lai còn có các hạt zircon có tuổi di sót phạm vi biến đổi khá rộng (từ 552-966 tr.n) (Nguyễn Hữu Trọng và nnk., 2022). Tổng hợp lại có thể thấy rằng các đá granit Chu Lai được hình thành từ quá nóng chảy các vật chất vỏ lục địa có tuổi Paleoproterozoi – Neoproterozoi.



Hình 6. Biểu đồ phân loại nguồn của đá granit Chu Lai: (a) biểu đồ mol $Al_2O_3/(MgO+FeOt)$ vs mol $CaO/(MgO+FeOt)$ (theo Altherr et al., 2000); (b) CaO/Na_2O vs Al_2O_3/TiO_2 (theo Jung and Pfander, 2007)

Thông thường cho rằng, các đá mẹ tái nóng chảy sinh ra các đá S-granit thường là các đá trầm tích sét kết hoặc các đá cát kết (Brown và Pressley, 1999), thành phần của các đá felsic với các đá nguồn có mối quan hệ tương quan chặt chẽ. Trong biểu đồ Molar Al_2O_3/(MgO+FeOt) vs Molar CaO/(MgO+FeOt), toàn bộ các mẫu granit Chu Lai đều thuộc vào phạm vi trường miền nguồn là các đá cát kết (hình 6a). Sylvester, (1998) thông qua nghiên cứu thực nghiệm cho rằng, đối với các đá granit quá bão hòa nhôm với thành phần SiO_2 giao động trong khoảng 67-77%, thì các miền nguồn khác nhau hình thành các đá granit có tỉ lệ CaO/Na_2O khác nhau. Cụ thể, các đá nguồn là các đá cát kết nóng chảy hình thành các đá granit quá bão hòa nhôm tỉ lệ CaO/Na_2O này thường lớn hơn 0.3, còn đá nguồn là các đá sét kết nóng chảy hình thành các đá granit quá bão hòa nhôm thì tỉ lệ tỉ lệ CaO/Na_2O này thường nhỏ hơn 0.3. Các đá granit Chu Lai có tỉ lệ CaO/Na_2O nằm trong khoảng 0.31-0.42 (hình 6b), chứng tỏ nguồn magma hình thành lên các đá granit Chu Lai được hình thành chủ yếu từ quá trình tái nóng chảy các đá trầm tích cát kết.

Kết luận

1. Thành phần các khoáng vật tạo đá chính của các đá granitogneis phức hệ Chu Lai (%): plaggioclas 25-40, felspat kali: 20-40, thạch anh: 25-35, biotit: 5-13, mustcovit: 0-6 . Khoáng vật phụ thường gặp là apatit, granat, orthit, zircon, giàu các khoáng vật cao nhôm (mustcovit, granat);

2. Hàm lượng SiO_2 của các đá granitogneis Chu Lai có tương đối cao dao động trong khoảng 72,63-74,78 %, thuộc loại quá bão hoà nhôm với Al_2O_3 biến thiên 13,43-14,35 %, giàu Kali (K_2O =5,77-6,68%), giàu kiềm (K_2O+Na_2O = 8,13-9,39 %) và tương đối thấp CaO (0,85-1,06%), chỉ số bão hoà nhôm A/CNK 1,08-1,18 %, chỉ số Coridon tiêu chuẩn (C) cao hầu hết đều lớn hơn 1, từ những chứng cứ trên có thể thấy granitogneis là loại S-granit điển hình. Các đá granitogneis Chu Lai Giàu các nguyên tố đất hiếm nhẹ, nghèo các nguyên tố đất hiếm nặng, và có dị thường âm Eu tương đối rõ ràng.

3. Các đá granitogneis Chu Lai có tỉ lệ mol CaO/Na_2O nằm trong khoảng 0.31-0.42, từ đó có thể cho rằng chúng được nóng chảy từ các đá trầm tích cát kết có tuổi cổ hơn Neoproterozoi.

Tài liệu tham khảo

Altherr, R., Holl, A., Hegner, E., Langer, C. and Kreuzer, H., 2000. *High-potassium, calc-alkaline I-type plutonism in the European Variscides: northern Vosges (France) and northern Schwarzwald (Germany).* Lithos, 50(1): 51-73.

Brown, M. and Pressley, R.A., 1999. *Crustal melting in nature: Prosecuting source processes.* Physics and Chemistry of the Earth, Part A: Solid Earth and Geodesy, 24(3): 305-316.

Bùi Minh Tâm., 2008 (chủ biên). *Báo cáo tiến trình hoạt động magma Việt Nam theo quan điểm kiến tạo mảng.* Lưu trữ Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản. Hà Nội.

Đinh Quang Sang., 2017. *Đặc điểm thạch học và tuổi đồng vị U-Pb zircon các thành tạo granitogneiss tuổi Silur sớm khu vực Chu Lai - Khâm Đức (Quảng Nam).* Science & Technology Development Journal: Natural Science, 1(6): 258-272.

Hoffet, J.H., 1935. *Bản đồ địa chất Đông Dương tỷ lệ 1: 500.000, No.12 tờ Đà Nẵng kèm theo thuyết minh viết theo các công trình của H. Counillon*. R., Bourret & Hoffet, Pub: SGI, Hà Nội.

Hoskin, P.W.O. and Schaltegger, U., 2003. *The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis.* Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 53(1): 27-62.

Hurley, P.M. and Fairbairn, H.W., 1972. *Rb-sr ages in vietnam: 530 m.y. event.* Bulletin of the Geological Society of America, 83(11): 3525 - 3528.

Jung, S. and Pfänder, J.A., 2007. *Source composition and melting temperatures of orogenic granitoids: constraints from CaO/Na_2O, Al_2O_3/TiO_2 and accessory mineral saturation thermometry*. European Journal of Mineralogy, 19(6): 859-870.

King, P.L., White, A.J.R., Chappell, B.W. and Allen, C.M., 1997. *Characterization and origin of aluminous A-type granites from the Lachlan Fold Belt, Southeastern Australia.* Journal of Petrology, 38(3): 371-391.

Liu, Y., Zong, K., Kelemen, P.B. and Gao, S., 2008. *Geochemistry and magmatic history of eclogites and ultramafic rocks from the Chinese continental scientific drill hole: Subduction and ultrahigh-pressure metamorphism of lower crustal cumulates.* Chemical Geology, 247(1): 133-153.

Minh Nguyen Trung, Nguyen Thi Dung, Doan Dinh Hung, Pham Minh, Yongjae Yu, Pham Trung Hieu., 2020. *Zircon U-Pb ages, geochemistry and isotopic characteristics of the Chu Lai granitic pluton in the Kontum massif, central Vietnam*. Mineralogy and Petrology (114): 289-303.

Miller CF. 1985. Are strongly peraluminous magmas derived from politic sedimentary sources? J. Geol., 93: 673-689.

Nguyễn Hữu Trọng, Tô Xuân Bản, Lê Tiến Dũng, Phạm Thị Vân Anh, Ngô Xuân Thành, Hà Thành Như, Nguyễn Thị Ly Ly. 2022. *Tuổi U-Pb zircon LA-ICP-MS và thành phần đồng vị Hf trong các đá granitogneis khối Chu Lai, khu vực địa khối Kontum và ý nghĩa địa chất*. Khoa Học Kỹ Thuật Mỏ - Địa chất. Tập. 63 Số. 4

Rudnick RL. 1995. *Making continental crust*. Nature, 378: 571-578.

Sylvester, P.J., 1998. Post-collisional strongly peraluminous granites. Lithos, 45(1): 29-44.

Trịnh Thế Lực., Trần Thanh Hải., Nguyễn Hữu Hiệp và Carter, A., 2019. *Phát hiện mới về tuổi tuyệt đối của đá granodiorite phức hệ Chu Lai thuộc vùng Đông Bắc Quảng Ngãi*. Tạp chí khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất, 60(1): 7-14.

Watson EB and Harrison TM. 1983. Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crustal magma types. Earth Planet. Sci. Lett., 644: 295-304.

Wei Jiang, Jin Hai Yu, Xiaolei Wang, W.L. Griffin, TrungHieu Pham, DinhLuyen Nguyen, Fangqian Wang, 2020. *Early Paleozoic magmatism in northern Kontum Massif, Central Vietnam: Insights into tectonic evolution of the eastern Indochina Block*. Lithos. 376-37

ABSTRACT

Geochemistry from the granitogneis of Chu Lai body, Kontum massif

Nguyen Huu Trong[1,*], To Xuan Ban[1], Ha Thanh Nhu[1], Nguyen Dinh Luyen[1], Nguyen Thi Ly Ly[2]

[1] *Hanoi University of Mining and Geology*
[2] Vietnam Insitutute of Geosciences and Mineral Resources

The Chu Lai granitoids mainly consists of two micas gneiss with light greyish color, typical gneiss structure and relic porphyritic textures. Major minerals of the rocks include plagioclase (25-40%), K-feldspar (20-40%), quartz (25-35%), biotite (5-13%), and muscovite (0-6%). Accessory minerals are apatite, garnet, orthite, and zircon. In this study, two analytical methods were used: X-ray fluorescence (XRF) and Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) to analyze the major and trace elements of the granitoid rocks in the Chu Lai complex. The rocks of Chu Lai granitogneiss have relatively high SiO_2 content (SiO_2 = 72.63-74.78 wt.%), high aluminum (Al_2O_3 = 13.43-14.35 wt.%), and high K_2O (5.77-6.68 wt.%). All the granitogneiss of Chu Lai complex have alumina saturation index greater than 1, and the normative corundum content calculated using the CIPW method is also greater than 1. These mineralogical and geochemical characteristics indicate that the Chu Lai granitogneiss is a typical S-type granite. The Chu Lai granitogneiss exhibit a clear negative Eu anomaly and is relatively enriched in large ion lithophile elements (LILE) such as Rb and K, and relatively depleted in high field strength elements (HFSE) such as Nb, Ta, and Ni. The Chu Lai granitogneiss is the product of the remelting of Pre- Neoproterozoic sedimentary sandstone rocks.

Keywords: Kon Tum, Chu Lai, S-granite

Kết quả nghiên cứu bước đầu về đặc điểm phân vùng sinh thái phục vụ phát triển nông lâm nghiệp và du lịch cảnh quan ở tỉnh Ninh Bình

Đặng Thị Vinh*

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Ninh Bình là một trong những tỉnh có tiềm năng du lịch bậc nhất nước ta, nơi đây được thiên nhiên ưu ái ban tặng nhiều thắng cảnh nổi tiếng như Tam Cốc - Bích Động, khu du lịch Tràng An, rừng Cúc Phương… Với mục tiêu nghiên cứu làm sáng tỏ đặc điểm phân vùng sinh thái tỉnh Ninh Bình, tác giả đã thực hiện các phương pháp nghiên cứu khảo sát thực tế và tổng hợp tài liệu liên quan. Kết quả nghiên cứu cho thấy trên phạm vi toàn tỉnh Ninh Bình có ba phân vùng sinh thái lớn. Thứ nhất là Phân vùng sinh thái đồng bằng (gồm phân vùng sinh thái ruộng lúa nước và đất trồng màu xen đất ở) chiếm 71,1% diện tích tự nhiên toàn tỉnh, có đặc trưng cho hệ sinh thái đồng bằng nên thuận lợi cho sản xuất nông nghiệp như: trồng trọt (trồng lúa, cây hoa màu, cây công nghiệp ngắn ngày) và chăn nuôi các loại gia súc, gia cầm để phát triển kinh tế cho vùng nghiên cứu; Thứ hai là Phân vùng sinh thái đồi núi và bán sơn địa (gồm hệ sinh thái rừng trên núi đá vôi và hệ sinh thái gò đồi) chiếm khoảng 24% diện tích toàn tỉnh, thuận lợi để trồng rừng, trồng cây ăn quả, trồng cây công nghiệp dài ngày, chăn nuôi gia súc, sản xuất vật liệu xây dựng, chế biến gỗ, phát triển du dịch; Thứ ba là Phân vùng sinh thái ven biển (gồm: Hệ sinh thái rừng ngập mặn và bãi triều ngập nước; Hệ sinh thái ruộng trồng cói xen ao đầm nuôi thuỷ hải sản và đất ở) chiếm 4,2% diện tích tự nhiên toàn tỉnh, thuận lợi cho việc trồng rừng phòng hộ, trồng cói, nuôi trồng thủy hải sản và du lịch sinh thái ven biển. Nhìn chung, các phân vùng sinh thái của tỉnh đều có hệ sinh thái phong phú, đa dạng và có những nét đặc trưng riêng nên khá thuận lợi cho Ninh Bình phát triển kinh tế - xã hội, nhất là du lịch. Kết quả nghiên cứu sẽ góp phần làm cơ sở khoa học cho việc định hướng, phát triển nông lâm nghiệp và du lịch cảnh quan ở tỉnh Ninh Bình.

Từ khóa: Ninh Bình, phân vùng sinh thái, du lịch cảnh quan

1. Đặt vấn đề

Ninh Bình là tỉnh có vị trí địa lý khá thuận lợi (cách thủ đô Hà Nội khoảng 90 km về phía nam) để phát triển kinh tế, du lịch. Với lợi thế đó, Ninh Bình không những thu hút được các nhà đầu tư kinh tế mà còn là nơi được các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu, trong đó có các nhà địa chất. Theo đó, trong những năm gần đây đã có nhiều công trình nghiên cứu địa chất điển hình ở Ninh Bình như: Công trình nghiên cứu về địa chất, khoáng sản tỉnh Ninh Bình (Lê Tiến Dũng và nnk, 2008); Các công trình nghiên cứu về tướng đá, trầm tích tầng mặt, địa hóa môi trường tại tỉnh Ninh Bình (Đặng Thị Vinh và nnk, 2011, 2012, 2014, 2015); Nghiên cứu đánh giá tác động môi trường và bảo vệ môi trường nước các khu công nghiệp trên địa bàn tỉnh Ninh Bình (Trần Văn Đức và nnk, 2020), song chưa có công trình nào nghiên cứu chuyên sâu và có hệ thống về đặc điểm phân vùng sinh thái cho tỉnh. Trong khi đó, việc nghiên cứu về phân vùng sinh thái đóng vai trò quan trọng, thiết thực cho việc định hướng, quy hoạch, phát triển kinh tế. Để giải quyết vấn đề tồn tại kể trên, tác giả đã tiến hành nghiên cứu thực tế tại tỉnh Ninh Bình để điều tra, quan sát và thu thập thông tin về địa hình, địa mạo, địa chất, thủy văn, hải văn, cảnh quan sinh thái động thực vật, các hoạt động nhân sinh, phỏng vấn trực tiếp cư dân địa phương về các loại cây trồng, vật nuôi, hoạt động du lịch, dịch vụ…, tổng hợp và xử lý số liệu, tài liệu liên quan. Kết quả nghiên cứu cho thấy: Trong phạm vi tỉnh Ninh Bình có 3 phân vùng sinh thái lớn. Thứ nhất là Phân vùng sinh thái đồng bằng (gồm phân vùng sinh thái ruộng lúa nước và đất trồng màu xen đất ở) chiếm diện tích lớn nhất, có đặc trưng là hệ sinh thái đồng bằng nên thuận lợi cho sản xuất nông nghiệp như: trồng trọt (trồng lúa, cây hoa màu, cây công nghiệp ngắn ngày) và chăn nuôi các loại gia súc, gia cầm để phát triển kinh tế cho vùng nghiên cứu; Thứ hai là Phân vùng sinh thái đồi núi và bán sơn địa (gồm hệ sinh thái rừng trên núi đá vôi và hệ sinh thái gò đồi) chiếm diện tích thứ hai toàn tỉnh, thuận lợi để trồng rừng, trồng cây ăn quả, trồng cây công nghiệp dài ngày, chăn nuôi gia súc, sản xuất vật liệu xây dựng, chế biến gỗ, phát triển du dịch; Thứ ba là Phân vùng sinh thái ven biển (gồm: Hệ sinh thái rừng ngập mặn và bãi triều ngập nước; Hệ sinh thái ruộng trồng cói xen ao đầm nuôi thuỷ hải sản và đất ở) chiếm diện tích tự nhiên nhỏ nhất, thuận lợi cho việc trồng rừng phòng hộ, trồng cói, nuôi trồng thủy hải sản và du lịch sinh thái ven biển. Nhìn chung, hệ sinh thái ở các phân vùng đều khá đa dạng và có những nét đặc trưng riêng nên khá

* *Tác giả liên hệ*
Email: dangthivinh@humg.edu.vn

thuận lợi cho Ninh Bình phát triển kinh tế - xã hội, nhất là du lịch.

2. Các phương pháp nghiên cứu

2.1. Các phương pháp nghiên cứu ngoài thực địa

Công tác khảo sát thực địa được tiến hành tại tỉnh Ninh Bình trong ba đợt, mỗi đợt ba ngày, nhằm điều tra, quan sát và thu thập thông tin về địa hình, địa mạo, địa chất, thủy văn, hải văn, cảnh quan sinh thái động thực vật, các hoạt động nhân sinh, phỏng vấn trực tiếp cư dân địa phương về các loại cây trồng, vật nuôi, hoạt động du lịch, dịch vụ và một số hoạt động kinh tế- xã hội khác ở vùng nghiên cứu.



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu trên bản đồ miền Bắc Việt Nam.

2.2. Phương pháp nghiên cứu trong phòng

- Tác giả đã tiến hành thu thập các tài liệu lưu trữ về vấn đề kinh tế - xã hội, địa lý tự nhiên, địa chất - khoáng sản, địa chất thủy văn, cảnh quan và môi trường sinh thái có liên quan đến tỉnh Ninh Bình.
- Tổng hợp các kết quả khảo sát thực địa và xử lý các số liệu thu thập được trong quá trình nghiên cứu.

3. Kết quả và thảo luận

Kết quả nghiên cứu về đặc điểm phân vùng sinh thái của Ninh Bình cho thấy trong phạm vi toàn tỉnh có 3 phân vùng sinh thái lớn. Theo thứ tự diện tích giảm dần gồm: Phân vùng sinh thái đồng bằng, tiếp theo là Phân vùng sinh thái đồi núi và bán sơn địa, sau cùng là Phân vùng sinh thái ven biển.

3.1. Phân vùng sinh thái đồng bằng

3.1.1. Phạm vi phân bố

Phân vùng sinh thái đồng bằng bao gồm phân vùng sinh thái ruộng lúa nước và đất trồng màu xen đất ở, được giới hạn từ tuyến đê ngăn mặn thứ hai kể từ biển vào về phía lục địa, có diện tính khoảng 101 nghìn ha, chiếm 71,1% diện tích tự nhiên toàn tỉnh, là nơi tập trung dân cư đông đúc nhất tỉnh, chiếm khoảng 90% dân số toàn tỉnh.



Điểm khảo sát tại xã Mai Sơn, Yên Mô



Điểm khảo sát xã Quang Thiện, Kim Sơn



Điểm khảo sát xã Khánh Nhạc, Yên Khánh

Hình 2. Một số hình ảnh khảo sát thực địa nghiên cứu phân vùng sinh thái đồng bằng tại Ninh Bình.

3.1.2. Các đặc trưng

Trong phạm vi phân vùng sinh thái đồng bằng (PVSTĐB) chịu sự chi phối của các yếu tố tự nhiên từ phía đất liền là chủ yếu. Các yếu tố tự nhiên từ phía biển chỉ có tác động nhỏ. Ảnh hưởng rõ nhất là sự bồi tích phù sa hàng năm vào mùa mưa lũ, nhưng hoạt động này ở mức độ bình thường có chịu sự điều tiết của con người thông qua các công trình thủy lợi.

Các yếu tố nhân sinh ảnh hưởng đến PVSTĐB này cũng rất phong phú và đa dạng. Trước hết đó là hoạt

đông sống thường nhật của cộng đồng dân cư sống trên địa bàn; các hoạt động canh tác, chăn nuôi thủy sản, gia súc, gia cầm. Các hoạt động khác gồm hoạt động giao thông đi lại của các phương tiện xe, máy trên các trục đường, hoạt động xây dựng nhà cửa, các công trình công cộng, các hoạt động sản xuất công nghiệp, thủ công nghiệp, làng nghề, chợ …

Trong vùng nghiên cứu, phân vùng sinh thái đồng bằng phát triển khá thuận lợi trên nền các tướng trầm tích tầng mặt chủ yếu gồm:

Tướng bột cát đồng bằng châu thổ (amQ_2^3): phân bố rộng rãi và tập trung chủ yếu ở Hoa Lư, Yên Khánh, Yên Mô, TP Ninh Bình. Trầm tích có màu nâu vàng, thuộc kiểu trầm tích bột cát (với hàm lượng trung bình của bột: 58,46%; cát: 28,48%; sét: 13,94%).

Tướng bùn châu thổ bị đầm lầy hóa ($ambQ_2^3$) phân bố rộng rãi ở khu vực huyện Kim Sơn. Trầm tích có màu nâu, nâu xám, thuộc kiểu trầm tích bùn (bột: 50,46%, sét: 44,63%, cát mịn 4,81%).

Tướng cát cồn cát chắn cửa sông tàn dư (cdQ_2^3) phân bố thành các cồn cát, đê cát nằm xen lẫn với tướng cát bột đồng bằng châu thổ. Trầm tích có màu xám vàng, xám tro. Trầm tích thuộc kiểu cát, cát bùn (với hàm lượng trung bình của cát: 88,08%; bột: 6,64% và sét 4,55%).

Tướng bùn đầm lầy ven biển chứa than bùn (mbQ_2^{1-2}) phân bố ở hai bên sông Hoàng Long, huyện Gia Viễn, Hoa Lư. Trầm tích thuộc kiểu trầm tích bùn, chứa than bùn và các di tích thực vật màu đen.

Tướng bùn cát đồng bằng châu thổ ven biển bị phong hóa loang lổ (amQ_1^3) phân bố ở Nho Quan và Gia Viễn. Trầm tích thuộc kiểu bùn cát, có màu sắc loang lổ với chứa kết vón laterit với màu sắc loang lổ.

Với đặc điểm trầm tích tầng mặt như trên sẽ thuận lợi cho sự phát triển vùng sinh thái ruộng lúa nước và đất trồng màu xen đất ở.

3.1.3. Đặc điểm về hệ sinh thái vùng đồng bằng

- Hệ thực vật: Các loại cây trồng chính theo niên vụ gồm: Lúa, ngô, đậu, lạc, vừng, khoai lang…, các loại rau, củ, cây công nghiệp (đay, cây ca cao…). Các loại cây truyền thống trong vườn đất ở có: Tre, xoan, mít, cam, bưởi, ổi, dừa, chuối, xoài, khế… Các loại cây bóng mát trồng dọc đường đi, dọc bờ ao, bờ kênh mương gồm có: Phi lao, bạch đàn, keo, xà cừ, bàng …
- Hệ động vật: Các động vật nuôi trong các gia đình gồm có: Trâu, bò, lợn, gà, chó, mèo, dê, gà, vịt, ngan, ngỗng. Trong các đầm ao có cá nước ngọt. Trong các hệ thống sông ngòi, kênh mương, ruộng lúa nước có tôm, cua, cá, ếch, nhái nước ngọt. Ngoài ra, còn có các loại côn trùng như: ong, bướm, các loài bọ cánh cứng. Trong đất còn có giun, dế và một số loài khác.

Với đặc điểm về hệ sinh thái vùng đồng bằng khá đa dạng như trên sẽ khá thuận lợi để phát triển kinh tế nông nghiệp cho vùng nghiên cứu.

3.2. Phân vùng sinh thái đồi núi và bán sơn địa

3.2.1. Phạm vi phân bố

Trong phạm vi vùng nghiên cứu, phân vùng sinh thái đồi núi và bán sơn địa nằm ở phía tây của vùng nghiên cứu, vùng có diện tích khoảng 35.000 ha, chiếm 24% diện tích tự nhiên toàn tỉnh, có độ cao trung bình từ 90-120m, đặc biệt khu vực núi đá có độ cao trên 200m.

3.2.2. Các đặc trưng

Phân vùng sinh thái đồi núi và bán sơn địa phân bố chủ yếu trên các thành tạo nền địa chất trước Đệ tứ, gồm các đá các đá sét bột kết, sét kết, bột kết xen cát kết của hệ tầng Cò Nòi (T_1cn) và đá vôi thuộc hệ tầng Đồng Giao ($T_2ađg$). Ngoài ra còn có một diện tích rất nhỏ phân bố trên đá sét kết, sét vôi, bột kết vôi của hệ tầng Nậm Thăm (T_2lnt).



Điểm khảo sát tại rừng Quốc gia Cúc Phương



Điểm khảo sát tại nông trường Đồng Dao -Tam Điệp



Điểm khảo sát tại xã Yên Đồng - Yên Mô

Hình 3. Một số hình ảnh khảo sát thực địa nghiên cứu phân vùng sinh thái đồi núi và bán sơn địa tại Ninh Bình.

3.2.3. Đặc điểm về hệ sinh thái đồi núi và bán sơn địa

Động thực vật trong vùng này khá phong phú và đa dạng. Về động vật có các loài gia súc thường gặp

như trâu, bò, lợn, dê, chó, mèo, thỏ. Các loài gia cầm phổ biến như gà, vịt, ngan, ngỗng, chim cút, bồ câu. Các loài côn trùng như ong, bướm, chuồn chuồn, cào cào, châu chấu, bọ cánh cứng, xén tóc, ve sầu… Về thực vật có các loài cây lấy gỗ như xoan, xà cừ, bạch đàn, thông, keo, tre, luồng … Các loài cây ăn quả như nhãn, mít, na, bưởi, chuối, ổi, roi, dứa, hồng xiêm, vải, các loài dưa … Các loại cây ngũ cốc như ngô, sắn, khoai, đậu, lạc, vừng… Cây công nghiệp như chè, cà phê, mía đường… Ngoài ra, các loài cây dây leo, cây thân bụi, thân cỏ và rêu phủ xanh đồi núi ở khu vực nghiên cứu. Đặc biệt trong vùng có rừng Quốc gia Cúc Phương, nên ngoài những động thực vật kể trên còn có những loài động thực vật hoang dã quý hiếm như: Các loài thú Linh Trưởng quý hiếm (các loài Voọc), Tê tê, hổ, báo, sư tử, khỉ, sóc đen, sóc bụng đỏ… Các loài chim quý: Gõ kiến đầu đỏ, khướu đá hoa, chim giẻ cùi vàng, gà lôi trắng, gà tiền mặt vàng, gõ kiến xanh cổ đỏ, chim khách đuôi cờ… Các loài bò sát quý như: rùa, rắn, trăn, tắc kè, thằm lằn… Thảm thực vật Cúc Phương với ưu thế là rừng trên núi đá vôi với các loài cây cổ thụ quý hiếm như: Cây chò ngàn năm, cây sấu cổ thụ trên dưới nghìn năm tuổi, cây lim… Những cây dây leo thân gỗ quý hiếm như: Thất diệp nhất chi hoa… Các loài cây tầm gửi, phong lan… Những loài cây thuốc như: Đại kích, Hòa thảo…

Tận dụng ưu thế về địa hình, địa mạo và thảm thực vật tươi tốt, người dân trong vùng còn chăn nuôi các đàn gia súc (trâu, bò, dê, thỏ) với quy mô lớn. Trong đó việc chăn nuôi dê đã đem lại lợi ích đáng kể cho sự phát triển kinh tế ở Ninh Bình. Các món ẩm thực được chế biến từ thịt dê đã trở thành nét đặc trưng về ẩm thực vùng miền, thu hút khách du lịch trong nước và quốc tế đến với Ninh Bình. Việc trồng dứa trên diện tích đất đồi tại các nông trường cũng rất phát triển, dứa có chất lượng tốt vào loại bậc nhất nước ta, hàng năm vùng đã cung cấp sản lượng dứa đáng kể cho cả nước và trái dứa đã trở thành loại trái cây đặc trưng phục vụ cho du khách đến Ninh Bình.

Như vậy, PVST đồi núi và bán sơn địa có hệ sinh thái rừng trên núi đá vôi và hệ sinh thái gò đồi rất thuận lợi để trồng rừng, cây ăn quả (dứa, vải, na, nhãn, mít), cây công nghiệp dài ngày như chè, cà phê, thuận lợi để phát triển các ngành công nghiệp như: Sản xuất vật liệu xây dựng, sản xuất mía đường, chế biến gỗ, chế biến hoa quả… Hơn thế nưa, PVST này có nhiều danh lam thắng cảnh sẽ rất thuận cho việc phát triển du lịch nói chung.

3.3. Phân vùng sinh thái ven biển

Phân vùng sinh thái ven biển nằm ở phía Đông nam của tỉnh, có diện tích khoảng 6.000 ha, chiếm 4,2% diện tích tự nhiên toàn tỉnh, gồm các xã ven biển: Kim Trung, Kim Hải, Kim Đông, Kim Tân của huyện Kim Sơn. Vùng sinh thái này nằm kẹp giữa hai cửa sông Đáy và cửa Càn, có đường bờ biển với chiều dài không ổn định do có sự biến động cao của luồng lạch vùng cửa sông.

PVST này phát triển chủ yếu trên thành tạo trầm tích cát cồn cát chắn cửa sông tàn dư (cdQ_2^3) và tướng bùn cát bãi triều hiện đại (tfQ_2^3), có màu xám nâu, xám đen nhạt, trầm tích thuộc kiểu bùn cát (bột: 58%; sét: 42%; cát: 11%). Ngoài ra, phân vùng sinh thái còn có một diện tích nhỏ phát triển trên tướng cát bột lạch triều *(tcQ_2^3)* phân bố hẹp dọc theo các lạch triều và nhánh triều ở khu vực ven biển.

Phân vùng sinh thái ven biển gồm có 2 phân vùng nhỏ là: Phân vùng sinh thái ruộng trồng cói xen ao đầm nuôi thuỷ hải sản và đất ở; Phân vùng sinh thái rừng ngập mặn và bãi triều ngập nước thường xuyên.

Đất ở đây còn nhiễm mặn nhiều do mới bồi tụ và đang trong thời kỳ cải tạo, nên sẽ phù hợp với việc trồng rừng phòng hộ (sú, vẹt), trồng cói, trồng một vụ lúa xen với nuôi thuỷ sản, nuôi trồng thuỷ hải sản và du lịch sinh thái ven biển.

3.3.1. Phân vùng sinh thái ruộng trồng cói xen ao đầm nuôi thuỷ hải sản và đất ở

a) Phạm vi phân bố

Phân vùng sinh thái này phân bố trong phạm vi từ hệ thống đê ngăn mặn ngoài cùng đến hệ thống đê ngăn mặn thứ hai kể từ phía biển, có bề rộng thay đổi từ 3 đến 5 (km) tùy từng vị trí cụ thể.

b) Các đặc trưng

Trên diện tích của PVST này các yếu tố tự nhiên từ phía biển tác động vào gồm gió và hoạt động của thủy triều. Trong đó gió tác động trực tiếp tùy theo mùa khí hậu, còn hoạt động của thủy triều thì có chịu sự điều tiết của con người qua các hệ thống cống trên các luồng lạch. Phân vùng này có hệ thống kênh mương, lạch tự nhiên và nhân tạo khá dày đặc, hằng năm được bồi tụ phù sa từ đất liền.

Về hoạt động nhân sinh: Nơi đây, các cụm dân cư sinh sống với mật độ khá đông cho nên cũng ảnh hưởng khá nhiều đến sinh thái của phân vùng. Các hoạt động nhân sinh gồm: hoạt động sinh sống thường nhật, canh tác, thu hoạch cói, chăm sóc nuôi trồng và thu hoạch hải sả, hoạt động giao thông đường bộ, hoạt động của thuyền xuồng nhỏ trên các kênh rạch, xây dựng nhà cửa và các công trình công cộng khác.

c) Đặc điểm hệ sinh thái của phân vùng sinh thái (PVST) ruộng trồng cói xen ao đầm nuôi thuỷ hải sản và đất ở

Hệ sinh thái động thực vật ở PVST này cũng khá phong phú và đa dạng.

Hệ thực vật: Qua khảo sát thực tế cũng như theo các thông tin từ nhân dân địa phương cung cấp, trên diện tích đất canh tác thì cây cói được trồng là chủ yếu, phát triển tốt cho năng suất cao. Cây lúa cũng được trồng một vụ với diện tích nhỏ. Các loài cây bóng mát và lấy gỗ được trồng dọc các trục đường giao thông và các kênh, lạch

như keo, bạch đàn, phi lao, xà cừ v.v… phát triển tốt. Dọc theo các bờ ao, đầm, kênh mương còn có các loài cây như sú vẹt, điền thanh được trồng để làm bóng mát cho hải sản nuôi. Ngoài ra trong vườn còn có các loại cây truyền thống được trồng như: tre, xoan, dừa, cam, bưởi, mít, nhãn, vải, chuối, ổi và một số loài cây khác.

Hệ động vật: Vùng này chủ yếu có các loài thuỷ hải sản, gồm: tôm, cua, cá, ốc, lươn, nhệch… được nuôi trong các ao đầm, ruộng lúa một vụ và trong hệ thống sông mương. Động vật nuôi có các loài gia súc như: trâu, bò, dê, lợn, chó, mèo và các loài gia cầm như: gà, vịt, ngan, ngỗng, chim cút, bồ câu. Động vật tự nhiên có các loài chuột, rắn, rết, các loại chim như cò, vạc, cuốc, rẽ giun và một số loài chim nhỏ khác. Các loài côn trùng có ong, bướm, cào cào, châu chấu và các loài sâu, bọ khác.

Với đặc điểm nêu trên của PVST này sẽ khá thuận lợi để phát triển kinh tế từ cây cói và nuôi trồng, khai thác các loài thủy hải sản. Đến nay, nghề chế biến cói đã phát triển lên tầm cao, tay nghề của người thợ đã đáp ứng được những đòi hỏi khắt khe nhất, các sản phẩm mỹ nghệ từ cói đã được xuất khẩu và tiêu dùng trong nước. Các sản phẩm mỹ nghệ từ cói cũng là một trong những yếu tố đặc trưng thu hút du khách đến với Ninh Bình. Ngoài ra, việc chế biến và sản xuất các sản phẩm xuất khẩu từ cói đã tạo công ăn việc làm cho người dân lúc nông nhàn, làm tăng thu nhập, đời sống bà con trong vùng được cải thiện.



Điểm khảo sát tại đầm nuôi tôm xã Kim Đông, Kim Sơn



Điểm khảo sát tại ruộng trồng cói xã Kim Trung, Kim Sơn



Điểm khảo sát tại xã Kim Tiến, Kim Sơn

Hình 4. Một số hình ảnh khảo sát thực địa nghiên cứu phân vùng sinh thái ruộng trồng cói xen ao đầm nuôi thuỷ hải sản và đất ở tại Ninh Bình.

3.3.2. Phân vùng sinh thái rừng ngập mặn và bãi triều ngập nước thường xuyên

a) Phạm vi phân bố

Phân vùng sinh thái (PVST) này phân bố từ đới sóng vỡ đến tuyến đê biển ngoài cùng hiện nay, bề rộng thay đổi từ 2 -3 km đến 4-5 km tùy theo vị trí cụ. Trong phân vùng sinh thái này diện tích đất ngập nước lớn hơn rất nhiều so với diện tích rừng ngập mặn.



Điểm khảo sát NB10 rừng ngập mặn Kim Sơn



Điểm khảo sát NB20a tại bãi triều Kim Sơn



Điểm khảo sát NB20b tại rừng phòng hộ Kim Sơn

Hình 5. Một số hình ảnh khảo sát thực địa nghiên cứu phân vùng sinh thái rừng ngập mặn và bãi triều ngập nước thường xuyên tại Ninh Bình.

b) Đặc trưng cơ bản

Phân vùng sinh thái này thường xuyên ngập nước, vì vậy các yếu tố tự nhiên tác động vào đây chủ yếu là từ phía biển như gió, sóng, thủy triều và các dòng chảy biển ven bờ. Các yếu tố từ phía đất liền gồm chủ yếu là gió, các dòng chảy hòa biển từ các cửa sông, cửa lạch, kênh mương đổ vào biển.

Các hoạt động nhân sinh trong phân vùng này gồm các hoạt động nuôi tôm, cá, ngao, đánh bắt hải sản ven bờ, hoạt động giao thông của tàu, thuyền qua lại, trồng và phát triển hệ thống rừng ngập mặn.

c) Đặc điểm về hệ sinh thái rừng ngập mặn và bãi triều ngập nước thường xuyên

Hệ thực vật: Thực vật phát triển ở phạm vi PVST này gồm chủ yếu là các loại cây của rừng ngập mặn (RNM) như: sú, vẹt, orô, bần, trang, mắm, một số cây thân cỏ như muống biển, sậy, cỏ lau và các loài rong, tảo khác. Các thảm rừng ngập mặn ở PVST phát triển không đều (cây sú, vẹt, ô rô là những cây lâu năm, còn bần là cây mới trồng, vì phần lớn các cây bần trước đã bị chết sau trận bão năm 2006).

Hệ động vật: Các loại thủy hải sản nước lợ như: cá, tôm, cua, cáy, còng gió, ngao, ốc, dắt, giun biển, giá… Riêng ngao được nuôi ở phạm vi bãi triều ngập nước. Ngoài ra, trong PVST còn có các loài chim như cò trắng, cò lửa, vạc, hải âu, rẽ giun... Các loài côn trùng có ong, bướm, bọ cánh cứng…

Với đặc điểm của PVST rừng ngập mặn và bãi triều ngập nước thường xuyên như trên sẽ khá thuận lợi để phát triển kinh tế ngư nghiệp và du lịch sinh thái ven biển cho vùng nghiên cứu.

4. Kết luận

Trên địa bàn tỉnh Ninh Bình có 3 phân vùng sinh thái lớn: Thứ nhất là Phân vùng sinh thái đồng bằng; Thứ hai là Phân vùng sinh thái đồi núi và bán sơn địa; Thứ ba là Phân vùng sinh thái ven biển.

Phân vùng sinh thái đồng bằng chiếm diện tích lớn nhất, phân bố trên nền nhiều tướng trầm tích tầng mặt thuộc các thành tạo Đệ tứ, có hệ sinh thái phong phú và đa dạng, đặc trưng cho hệ sinh thái đồng bằng nên thuận lợi làm đất ở và sản xuất nông nghiệp (chăn nuôi, trồng trọt) để phát triển kinh tế cho vùng nghiên cứu.

Phân vùng sinh thái đồi núi và bán sơn địa phân bố chủ yếu trên nền các thành tạo địa chất trước Đệ tứ, có hệ sinh thái rừng trên núi đá vôi và hệ sinh thái gò đồi rất thuận lợi để trồng rừng, trồng cây ăn quả, trồng cây công nghiệp dài ngày, chăn nuôi gia súc, sản xuất vật liệu xây dựng, chế biến gỗ. Đặc biệt, nơi đây có nhiều danh lam thắng cảnh sẽ thuận để phát triển du lịch nói chung.

Phân vùng sinh thái ven biển có diện tích nhỏ nhất, phân bố phía Đông nam của tỉnh, nằm kẹp giữa hai cửa sông Đáy và cửa Càn. Phân vùng sinh thái ven biển phù hợp với việc trồng rừng phòng hộ, trồng cói, nuôi trồng thuỷ hải sản và du lịch sinh thái ven biển.

Nhìn chung, hệ sinh thái ở các phân vùng đều khá đa dạng, phong phú và có những nét đặc trưng riêng nên khá thuận lợi cho Ninh Bình phát triển kinh tế - xã hội, nhất là du lịch cảnh quan.

Tài liệu tham khảo

Lê Tiến Dũng và nnk, 2008. *Điều tra tổng hợp các cơ sở dữ liệu về địa chất, khoáng sản tỉnh Ninh Bình phục vụ phát triển công nghiệp khai khoáng và bảo vệ môi trường và cơ sở dữ liệu thông tin địa lý*. Đề tài cấp tỉnh.

Trần Văn Đức và nnk, 2020. *Ứng dụng phương pháp mô hình hóa trong công tác quản lý, đánh giá tác động môi trường và kế hoạch bảo vệ môi trường nước ngầm, nước mặt các khu công nghiệp trên địa bàn tỉnh Ninh Bình*. Đề tài cấp tỉnh.

Đặng Thị Vinh và nnk., 2011. Đặc điểm thành phần vật chất và môi trường thành tạo trầm tích tầng mặt khu vực tây nam hạ lưu sông Đáy. *Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất*, số 35, 7/2011, trang 93-100.

Đặng Thị Vinh và nnk., 2012. *Nghiên cứu đặc điểm địa hóa môi trường các thành tạo trầm tích tầng mặt khu vực tây nam hạ lưu sông Đáy*. Báo cáo đề tài cấp Bộ mã số B2010-02-99.

Đặng Thị Vinh, 2014. *Các thành tạo trầm tích tầng mặt và mối liên quan với địa hóa môi trường trên địa bàn tỉnh Ninh Bình*. Luận án tiến sĩ địa chất, mã số 62440205. Thư viện Đại học Mỏ - Địa chất.

Đặng Thị Vinh và nnk., 2015. Đặc điểm tướng đá các thành tạo trầm tích tầng mặt tuổi Pleistocen muộn - Holocen khu vực Ninh Bình. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ-Địa chất*, số 51, 2015.

https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Tai-nguyen-Moi-truong/Quyet-dinh-391-QD-UBND-2024-Phat-trien-cong-nghe-sinh-hoc-Bao-ton-nguon-gen-Ninh-Binh-613391.aspx

ABSTRACT

Preliminary research results on ecological partition characteristics for the development of forestry, agriculture, and landscape tourism in Ninh Binh province

Dang Thi Vinh

Hanoi University of Mining and Geology

Ninh Binh is one of the provinces with the most tourist potential in our country, here is the nature gifted with many famous sights such as Tam Coc-Bich Dong, the tourist resort of Trang An, the forest of Cuc Phuong... With the target of studying and clarifying the characteristics of ecological partition in Ninh Binh province, the author has implemented field survey research methods and and synthesis of documentation. Research results show that Ninh Binh province has three major ecological partitions. The first is that the flat ecosystem (including the ecological partition of the fields of water rice and coloured land inhabited) occupies 71.1% of the natural area of the province, which is characteristic of the flat ecological system so that it is conducive to agricultural production such as: cultivation of rice, colour trees, short-lived industrial trees and breeding of livestock, poultry for economic development for the research area; Secondly, mountain and semi-painted ecosystems (including limestone forest and hill ecosystem) account for about 24% of the province's total area, favourable for forest cultivation, planting of fruit trees, growing long-term industrial plants, livestock farming, building materials production, wood processing, marshal development; Thirdly, coastal ecosystem segregation (including mangrove forest ecosystems and flooded valley areas; agricultural ecosystems intersecting seafood ponds and inhabited land) accounts for 4.2% of the natural area of the province, which is conducive to shelter forest cultivation, harvesting, marine aquaculture and coastal ecotourism. Overall, the province's ecosystems are rich, diverse and have their own characteristics, which is very conducive to the economic and social development of Ninh Binh, especially tourism. The results of the research will contribute as a scientific basis for the orientation, development of agriculture and forestry and landscape tourism in Ninh Binh province.

Keywords: *Ninh Binh, ecological partition, landscape tourism*

TIỂU BAN
ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH – ĐỊA KỸ THUẬT

MỤC LỤC

3D probabilistic analysis of a rainfall-induced slope failure, a case study of the Mongsen landslide, Sapa, Vietnam
Dương Văn Bình 315

Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng xỉ lò cao S95 đến sự gia tăng cường độ của bùn thải trong cải tạo nền công trình khu vực Hải Phòng
Bùi Văn Bình 322

Numerical model of intact rock by particle flow code (PFC)
Bui Van Binh 329

Evaluation of undrained shear strength of offshore Vietnam clayey soils using PCPT results
Truong Thanh Can, Nguyen Quynh Luan 336

Nghiên cứu ảnh hưởng của tro trấu, tro rơm rạ đến tính dẻo của đất
Nguyễn Thành Dương, Phạm Thị Ngọc Hà 342

Thí nghiệm cắt khối lớn cho bài toán ổn định mái dốc tự nhiên
Nhữ Việt Hà, Bùi Văn Bình, Dương Văn Bình, Trần Vũ Long, Phạm Thị Ngọc Hà 348

Xác định hệ số mất mát thể tích đất (VL) theo kết quả dự báo và quan trắc độ lún mặt đất khi thi công đường hầm bằng khiên đào (TBM)
Nguyễn Văn Hiến 354

Research on compressive strength of concrete as building partition wall when using artificial rubber granules to partially replace fine aggregate
Nguyen Van Hung, Bui Truong Son, Pham Minh Tan, Bui Van Binh 361

Nghiên cứu lũ bùn đá tại Trà Leng, tỉnh Quảng Nam bằng phần mềm Kanoko 1D và đề xuất giải pháp công trình phù hợp
Nguyễn Châu Lân, Đỗ Tuấn Nghĩa, Phạm Văn Tiền, Nguyễn Trung Kiên, Vũ Văn Kiên, Bùi Tiến Thành, Nguyễn Ngọc Long 367

Xây dựng bản đồ suy thoái độ phủ thực vật tại thành phố Đà Lạt tỉnh Lâm Đồng làm cơ sở dữ liệu đánh giá nguy cơ trượt lở đất
Nguyễn Thị Nụ, Bùi Trường Sơn 374

Ứng dụng công nghệ điện toán đám mây Google Earth Engine phân tích mức độ biến động thực vật tại thành phố Bảo Lộc tỉnh Lâm Đồng làm cơ sở để đánh giá tai biến địa chất
Nguyễn Thị Nụ 381

Tổng quan nghiên cứu trên thế giới về xác định trượt lở đất bằng công cụ viễn thám
Nguyễn Thị Nụ 388

Ứng dụng của thí nghiệm xuyên động trong địa kỹ thuật và một số kết quả áp dụng thực tế
Nguyễn Văn Phóng 395

Study on the Effects of Pile Group for the Installation of an Oil Platform, Offshore Vietnam
Nguyen Van Phong, Le Van Quyen 402

Hiện trạng và nguyên nhân mất ổn định đê biển tỉnh Kiên Giang
Nguyễn Tiến Tài, Bùi Trường Sơn 410

Bước đầu nghiên cứu đặc điểm hình thành và khả năng sử dụng nguồn vật liệu xây dựng khoáng tự nhiên phục vụ xây dựng đường giao thông tỉnh Ninh Thuận
Phạm Minh Tân, Bùi Trường Sơn 417

Phân tích hệ số tiêu tán năng lượng để hiệu chỉnh giá trị xuyên tiêu chuẩn N60 trong nền đất cho khu vực Quy Nhơn, Bình Định
Hứa Thành Thân, Nguyễn Ngọc Phúc 424

3D probabilistic analysis of a rainfall-induced slope failure, a case study of the Mongsen landslide, Sapa, Vietnam

Duong Van Binh[1,2 *]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2] *Research group of Engineering Geology and Geo-environment*

ABSTRACT

Rainfall-induced landslides have frequently occurred in the mountainous provinces of Vietnam, causing significant socioeconomic consequences. Therefore, landslide studies should be carried out systematically, including at regional and local scales. The stability evaluations for each slope address two types of problems: 1) calculating stability to assess the evolution of a landslide process in response to a change in landslide triggers; 2) evaluating the dynamics of changes in slope conditions in response to a change in landslide triggers. The widespread application of advanced models has significantly enhanced the accuracy and reliability of slope stability evaluation results. In this study, a 3D probabilistic analysis model was developed to investigate the behavior of a slope under the effect of heavy rainfall in Trung Chai commune, Sapa, Vietnam. The stability of the examined slope is indicated by the relationship between the factor of safety (FS = 1.258 ÷ 0.901), the probability of failure (PF = 3.2 ÷ 80.6%), and the pore water pressure (Ru = 0 ÷ 0.286). In addition, the reliability index (RI) was determined to be an essential factor in assessing slope stability. Since the Sapa district is located in a seismic zone, earthquakes may trigger landslides. Therefore, this study established the relationships between the seismic coefficient and FS value, as well as the seismic coefficient and pore water pressure. Based on the study findings, we propose that slope stability analysis reports include the additional PF and RI values. In addition, it is critical to establish a standard for the reliability index, which will be used to assess the probability of failure for different projects.

Keywords: slope stability, rainfall-induced landslide, probabilistic analysis, limit equilibrium method, Sapa

1. Introduction

Along with regional and local landslide hazard/risk assessments, slope stability studies are critical components of landslide studies because they provide a more in-depth understanding of the nature and mechanism of the landslide process. Characterized by a tropical monsoon climate, Vietnam has experienced numerous rainfall-induced landslides. Therefore, improving our knowledge of the landslide process is crucial for mitigating damage and promoting the sustainable development of infrastructure and communities. Rahardjo et al. (2007), when studying the instability of uniform soil slopes under precipitation, showed the predominance of soil properties and rainfall intensity over the initial groundwater table position and slope geometry for the stability of a slope.

Kalinin E. V. (2006), Pendin V. V. and Fomenko I. K. (2015) categorized landslide hazard assessment methods for a specific site into analogy, physical modeling, and mathematical modeling methods. Qiao et al. (2020) grouped methods for analyzing slope stability into four categories: qualitative analysis, quantitative analysis, uncertainty analysis, and machine learning methods. In addition, the analytical, empirical, LEM, and numerical methods are described as extensively used slope stability study techniques in the "Guidelines for Open Pit Slope Design" monograph (John Read & Peter Stacey (eds), 2009).

In the last several decades, numerical modeling methods have been strongly developed owing to their advantages over other methods. With the introduction of GIS and the rapid development of computer technology, researchers can build 2D and 3D models that simulate the operating conditions of actual slopes with the highest degree of accuracy.

In slope stability analysis, the factor of safety (FS), which is generally defined as the ratio of resisting shear force to driving shear force along a failure surface, is the critical indicator (Oh & Lu, 2015). Errors in calculating the minimum factor of safety (FS) for slope evaluations may lead to catastrophic slope collapses and fatalities. For slope stability evaluation, many trial slip surfaces are frequently investigated to determine the one with the lowest FS value (Mishra et al., 2019). Wang et al. (2020) argue that probabilistic analysis is

[*] *Corresponding author:*
Email: duongvanbinh@humg.edu.vn

gaining popularity because it provides an effective method for considering geotechnical uncertainties (Fomenko I. K. et al., 2021), which are not considered when calculating FS using deterministic analysis methods.

This paper shows the results of a slope stability analysis for a landslide event in Trungchai commune, Sapa district. In this study, a probabilistic model based on the limit equilibrium method was built to investigate the relationship between precipitation and slope stability. The obtained results include the factor of safety (FS), probability of failure (PF), and reliability index (RI), which are used to evaluate slope stability and are suggested for use in studies and the inclusion of slope stability assessment standards in Vietnam.

2. Study area

Trung Chai, located in the northeast of the Sapa district, is one of the communes that has experienced extensive damage from sediment-related disasters, including landslides. The complex terrain and geological conditions, the development of terraced rice fields, and infrastructure construction activities create an environment susceptible to natural disaster occurrences (Dang et al., 2018). In addition, with an average annual rainfall of more than 2,000 millimeters (Tien Bui et al., 2017), Sapa and Trung Chai are more vulnerable to these disasters than any other area in Vietnam. The Mong Sen event in Trung Chai commune is a well-known sliding mass that has been the subject of various studies between 2000 and 2010 (Binh Van Duong et al., 2022).

The study sliding mass is situated on provincial road 152 between Km 12 + 600 and Km 12 + 900 in the Trung Chai commune during the construction phase of this route (Figure 1). The images taken by a UAV revealed cracks on the surface of the sliding block as well as the movement of soil and rock along the road under construction. The homogenous geological condition of the study area is characterized by the distribution of high-strength Posen complex rocks (granodiorite, granite, and granite migmatite). The sliding mass has been formed on a thick, highly permeable soil layer, which is the weathering product of the bedrock layer. Heavy precipitation on May 31, 2020, has been recognized as the trigger of this landslide event.

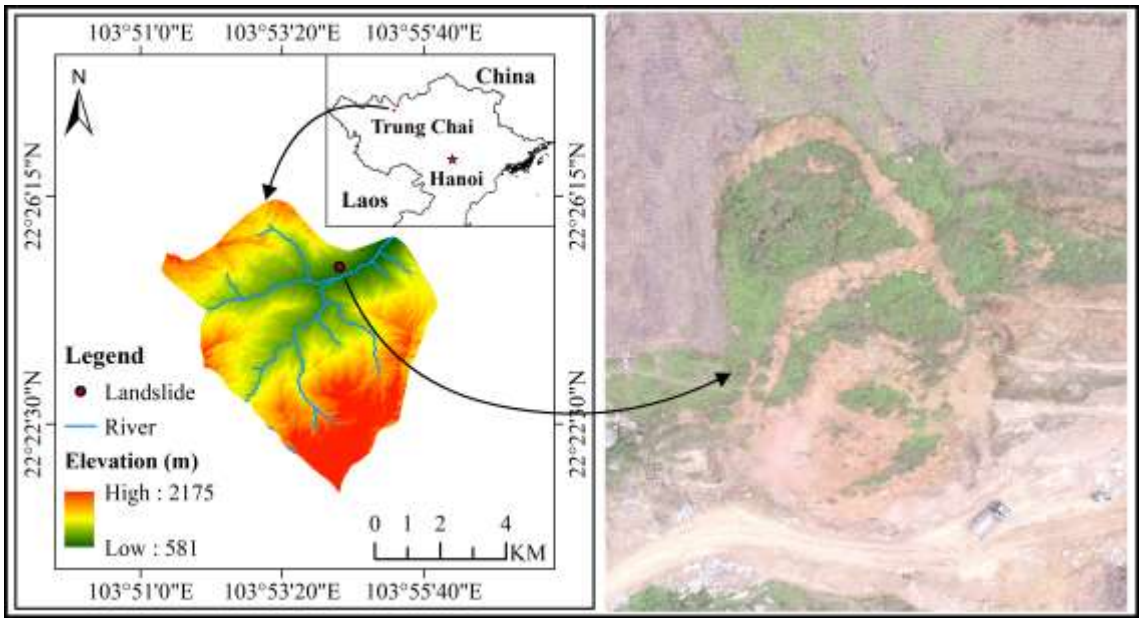


Figure 1. Location of landslide site

3. Data and methods

A 3-D probabilistic slope stability analysis was performed in this study using the program Rocscience Slide 3. To calculate the 3D FS, Slide 3 uses the 3D slope stability method developed by Cheng and Yip (2007), which extends the Janbu (1954) 2D slope stability approach to 3D. As recommended by Huang et al. (2002), Cheng and Yip (2007), Slide 3 does not presume a predefined sliding direction; nevertheless, one may be assigned. Limit equilibrium methods are among the earliest slope stability analysis techniques to be developed (Azmoon et al., 2021) and have been extensively employed worldwide. Multiple LEMs have been developed, and the primary distinctions between them are the varied assumptions on the form of the failure surface, interslice forces, and equilibrium considerations (Pourkhosravani & Kalantari, 2011).

Along with the factor of safety (FS), the probability of failure (PF) and reliability index (RI) are critical indicators for evaluating slope stability in probabilistic analysis. While the factor of safety value is determined by a fixed set of parameters, the probability of failure and reliability index values are determined by a variable set of parameters (random variables). The PF value for assessing slope stability is calculated using the following equation:

$$PF(\%) = \frac{Number\ simulations\ with\ FS < 1}{Total\ number\ of\ simulations} \quad (1)$$

When evaluating slope stability, the reliability index (RI) may be calculated using the following formula:

$$RI = \frac{FS - 1.0}{\sigma_{FS}} \quad (2)$$

The Latin-Hypercube sampling technique (McKay et al., 1979), which employs random numbers to sample from probability distributions of input data, is frequently used in geotechnical engineering. In this study, a probabilistic analysis was undertaken using 1000 samples and the Latin-Hypercube sampling technique because of its accuracy and effectiveness.

The probabilistic analysis model was built in this study using geotechnical data collected from the field survey and laboratory experiments. A 1-meter DEM obtained from the field survey was used to generate the probabilistic analysis model. The strength parameters of the soil layer utilized in the analysis model were determined by the direct shear test, including cohesion (c = 20 kPa) and internal friction angle ($\varphi = 15.1^0$). In this study, due to the lack of pore water pressure data, the influence of pore water pressure on slope stability was evaluated using the pore water pressure ratio (Ru) suggested by Bishop and Morgenstern (1960):

$$Ru = \frac{u}{\gamma h} \quad (3)$$

where u – pore water pressure, h – the depth of the point in the soil mass below the soil surface, and γ – soil unit weight. Using data on rainfall intensity, the method proposed by Liao et al. (2010) was used to determine the Ru value. To determine the pore pressure ratio, rainfall data of heavy rain from 22:00 on May 30 to 24:00 on May 31, 2020, was used. At 15:00 on May 31, the maximum value of Ru was 0.286 (Figure 2).

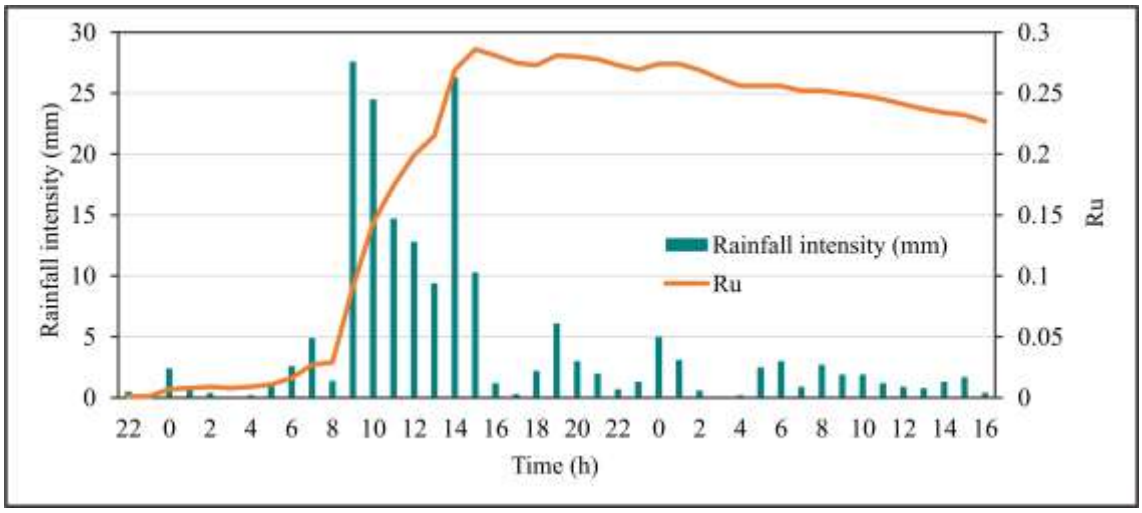


Figure 2. Relationship between the rainfall intensity and Ru value

4. Results and discussion

The computations were performed using Janbu's simplified method based on the Cuckoo search method in probabilistic analysis. In this study, the Normal (or Gaussian) statistical distribution of input parameters was used to predict the PF value.

The stability of the studied slope was maintained throughout the dry period before the heavy rain event, according to the analysis results (Figure 3a). The probability of landslide activation (PF) is 3.2%, indicating that the reliability of the stability of the studied slope is considered hazardous. Protection measures should be implemented to prevent this slope from becoming unstable, as demonstrated by the computed maximum reliability index (RI) of 1.85 < 3 (PF = 3.2%) (United States Army Corps of Engineers, 1997).

As a result of the infiltration of rainwater into the ground during heavy rains, pore water pressure will increase, resulting in a reduction in the FS value. At 4:00 on May 31, 2020, the FS value decreased to 1.1, and the probability of failure increased to 22.1% (Figure 3b). Additionally, as shown in Figure 4a, the slope became unstable at around 10:00 on May 31. According to the simulation results, the FS value decreased from 1.258 to 0.901, corresponding to an increase in the Ru value from 0 to 0.286 (at 15:00 on May 31, 2020). The probability of landslide activation (PF) increases from 3.2% to 80.6% (Figure 4b).

Since the Sapa district is located in a seismic zone (a_{max} = 0.2g), earthquakes may trigger landslides. In addition, the likelihood of a landslide process would increase significantly if an earthquake happened during the rainfall event. Therefore, in this study, a sensitivity analysis was conducted using the input data, such as the probability analysis and the seismic coefficient value. Figure 5 and Figure 6 present the results of a sensitivity analysis performed to evaluate the effects of the seismic coefficient and pore water pressure based

on the LEM.

Figure 5 and Figure 6 indicate that an increase in the Ru ratio owing to precipitation to 0.23 or an earthquake with a seismic coefficient greater than 0.08 might trigger a landslide on the studied slope. With a high value of Ru, even a minor earthquake event may lead to the activation of the landslide event. The equation shown in Figure 7 may be employed as an example for predicting landslide hazards by the combined effects of both triggers.

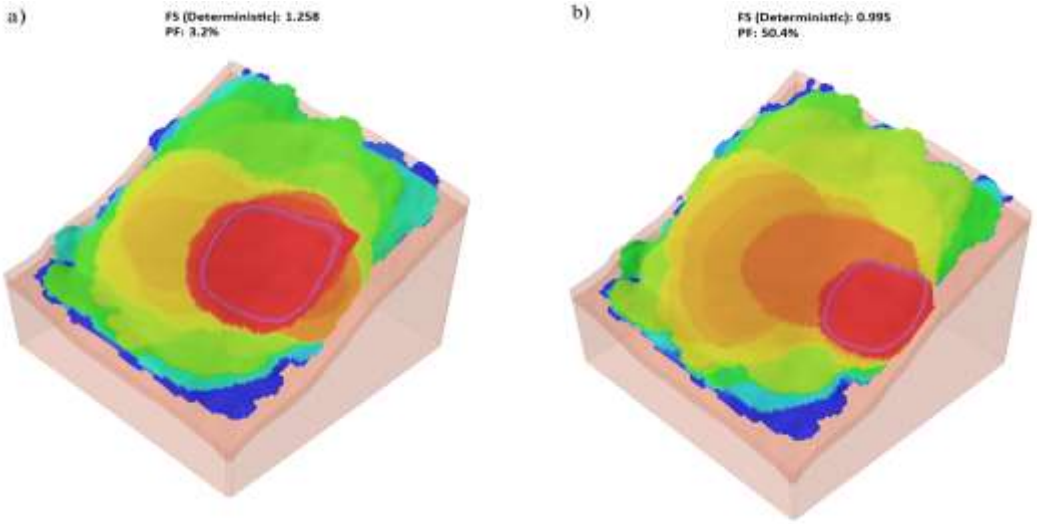


Figure 3. Results of slope stability analysis: (a) before the heavy rain event and (b) during the period of heavy rainfall at 4:00, May 31, 2020

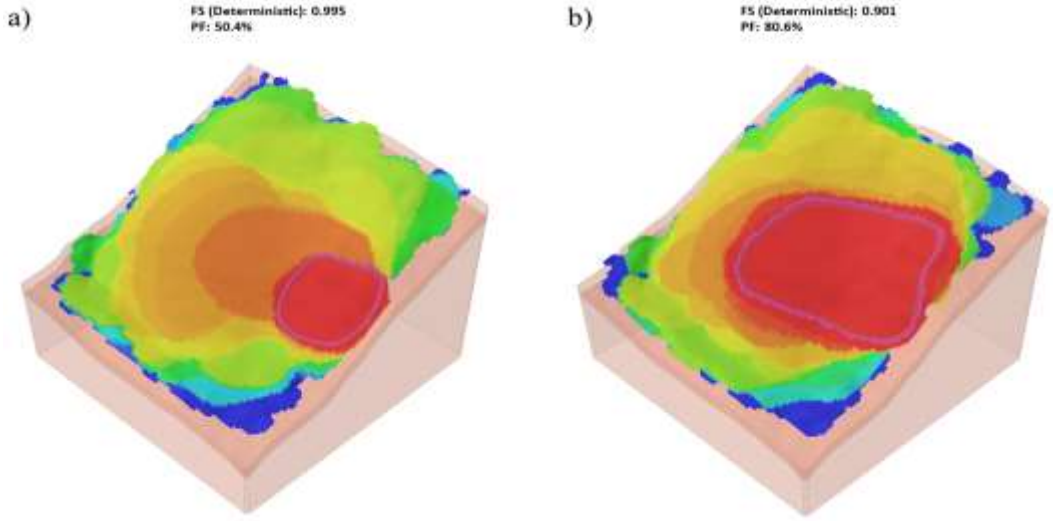


Figure 4. Results of slope stability analysis (a) during the period of heavy rainfall at 10:00 and (b) at 15:00, May 31, 2020

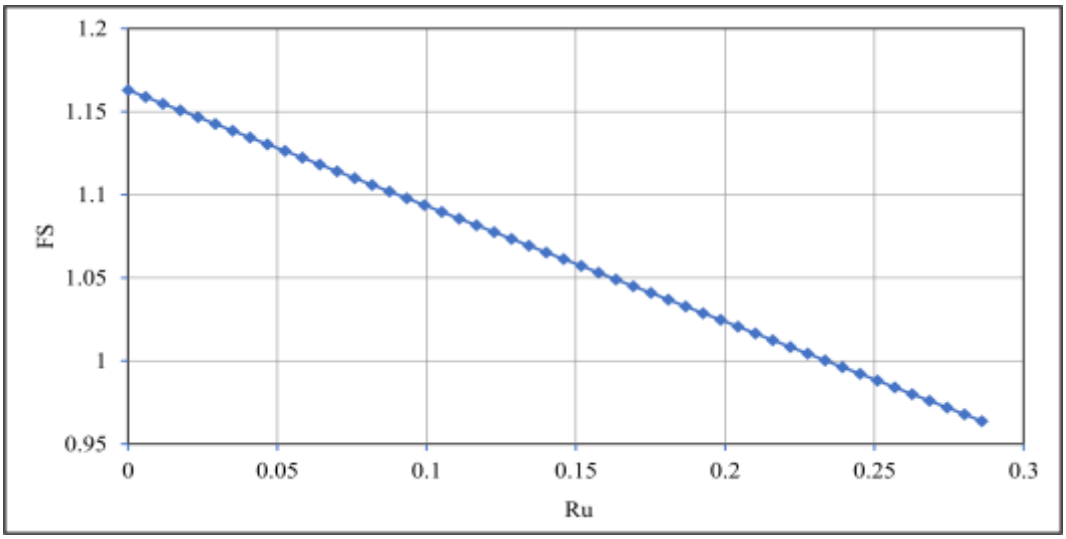


Figure 5. Relationship between pore water pressure ratio and factor of safety

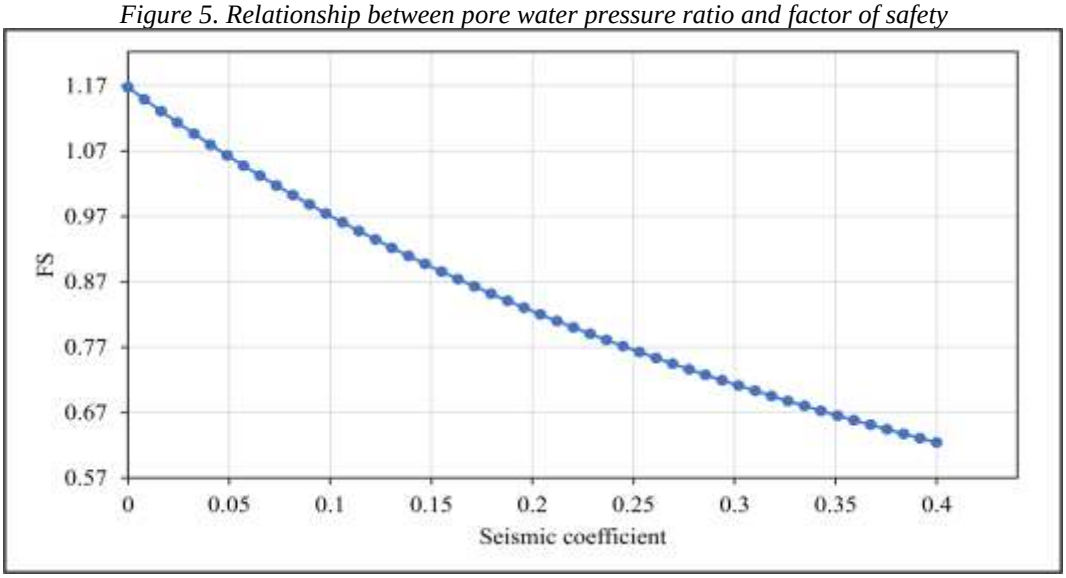


Figure 6. Relationship between seismic coefficient and factor of safety

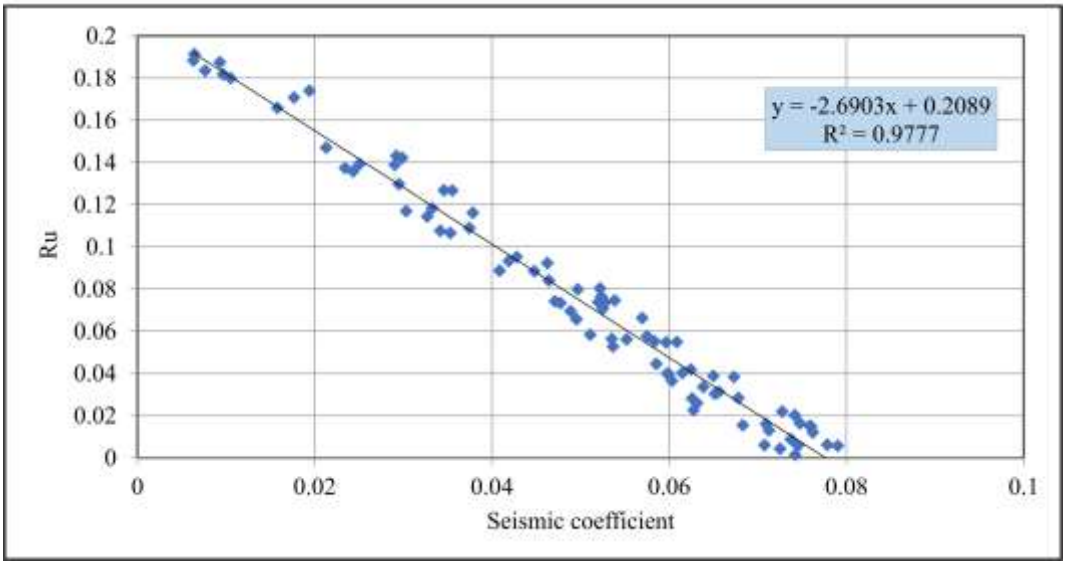


Figure 7. Relationship between pore water pressure ratio and seismic coefficient

5. Conclusions

In this study, a landslide stability probabilistic analysis was conducted in Trung Chai commune, Sapa district, Vietnam, to examine slope behavior under the effect of rainfall. Using 1-meter DEM, the 3-D stability

probabilistic analysis model was built in the Slide 3 program. Even though the factor of safety FS = 1.258 during the dry period, the probability of failure PF = 3.2% indicates that the slope has a high likelihood of instability. Under the influence of rainwater penetration into the soil, the safety factor (FS) decreased from 1.258 to 0.901, corresponding to an increase in the probability of failure (PF) from 3.2% to 80.6%. The analysis results determined that the failure time of the slope and the position of the computed sliding surface were reasonably compatible with the observed failure surface. In addition, the sensitivity analysis results indicate that a single earthquake or heavy rainfall may trigger slope failures. In particular, the landslide hazard for the studied slope or any existing slopes might be significantly increased by the simultaneous effect of these two triggers.

Acknowledgements

For the provision of simulation data, we would like to express our appreciation to the National Science and Technology Project under grant number ĐTĐL.CN-81/21.

References

Azmoon, B., Biniyaz, A., Liu, Z., & Sun, Y., 2021. Image-Data-Driven Slope Stability Analysis for Preventing Landslides Using Deep Learning. *IEEE Access*, 9: 150623-150636.

Binh Van Duong, Fomenko I. K., Kien Trung Nguyen, Lien Hong Thi Vi, Zerkal O. V., & Dang Hong Vu, 2022. Application of GIS-based bivariate statistical methods for landslide potential assessment in Sapa, Vietnam (in Rus). *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 333(4): 126-140.

Bishop, A. W., & Morgenstern, N., 1960. Stability Coefficients for Earth Slopes. *Geotechnique*, 10(4): 129-153.

Cheng, Y. M., & Yip, C. J., 2007. Three-Dimensional Asymmetrical Slope Stability Analysis Extension of Bishop's, Janbu's, and Morgenstern-Price's Techniques. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 133(12): 1544-1555.

Dang, K. B., Burkhard, B., Müller, F., & Dang, V. B., 2018. Modelling and mapping natural hazard regulating ecosystem services in Sapa, Lao Cai province, Vietnam. *Paddy and Water Environment*, 16(4): 767-781.

Fomenko I. K., Gorobtsov D. N., Kurguzov K. V., Novgorodova M. A., & N., S. O, 2021. *The schematization of soil properties in mathematical modeling in engineering geology and geotechnics*. In Reginald E. Hammah, Thamer E. Yacoub, Alison McQuillan, & J. Curran (Eds.). *The Evolution of Geotech - 25 Years of Innovation*. CRC Press. London. 202-209. https://doi.org/10.1201/9781003188339-27

Huang, C.-C., Tsai, C.-C., & Chen, Y.-H., 2002. Generalized Method for Three-Dimensional Slope Stability Analysis. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 128(10): 836-848.

Janbu, N, 1954. Application of composite slip surfaces for stability analysis. Paper presented at the *Proceedings of the European Conference on Stability of Earth Slopes*, Stockholm.

John Read, & Peter Stacey (eds), 2009. *Guidelines for Open Pit Slope Design*. CSIRO Publishing. Melbourne, Australia, 511 pages.

Kalinin E. V., 2006. *Engineering-geological calculations and modeling*. Moscow University Press. Moscow, 256 pages.

Liao, Z., Hong, Y., Wang, J., Fukuoka, H., Sassa, K., Karnawati, D., & Fathani, F., 2010. Prototyping an experimental early warning system for rainfall-induced landslides in Indonesia using satellite remote sensing and geospatial datasets. *Landslides*, 7(3): 317-324.

McKay, M. D., Beckman, R. J., & Conover, W. J., 1979. A Comparison of Three Methods for Selecting Values of Input Variables in the Analysis of Output from a Computer Code. *Technometrics*, 21(2): 239-245.

Mishra, M., Gunturi, V. R., & Miranda, T. F. D. S., 2019. Slope stability analysis using recent metaheuristic techniques: a comprehensive survey. *SN Applied Sciences*, 1(12): 1674.

Oh, S., & Lu, N., 2015. Slope stability analysis under unsaturated conditions: Case studies of rainfall-induced failure of cut slopes. *Engineering Geology*, 184: 96-103.

Pendin V. V., & Fomenko I. K., 2015. *Methodology of landslide hazard assessment and prediction (in Russian)*. Lenand Publishing House. Moscow, 320 pages.

Pourkhosravani, A., & Kalantari, B., 2011. A Review of Current Methods for Slope Stability Evaluation. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 16.

Qiao, X. I. E., Jia-sheng, Z., & Xuan, W, 2020. Research progress of analysis method of slope stability combined with hot spots. Paper presented at the *10th Chinese Geosynthetics Conference & International Symposium on Civil Engineering and Geosynthetics (ISCEG 2020)*, Chengdu, Sichuan, China.

Rahardjo, H., Ong, T. H., Rezaur, R. B., & Leong, E. C., 2007. Factors Controlling Instability of Homogeneous Soil Slopes under Rainfall. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 133(12): 1532-1543.

Tien Bui, D., Tuan, T. A., Hoang, N.-D., Thanh, N. Q., Nguyen, D. B., Van Liem, N., & Pradhan, B., 2017. Spatial prediction of rainfall-induced landslides for the Lao Cai area (Vietnam) using a hybrid intelligent approach of least squares support vector machines inference model and artificial bee colony optimization. *Landslides*, 14(2): 447-458.

United States Army Corps of Engineers, 1997. *Engineering and Design: Introduction to Probability and Reliability Methods for Use in Geotechnical Engineering*. Department of the Army. Washington, DC, USA, pages.

Wang, L., Wu, C., Tang, L., Zhang, W., Lacasse, S., Liu, H., & Gao, L., 2020. Efficient reliability analysis of earth dam slope stability using extreme gradient boosting method. *Acta Geotechnica*, 15(11): 3135-3150.

TÓM TẮT

Phân tích xác suất 3D trượt lở đất do mưa gây ra, nghiên cứu điển hình tại khối trượt Móng Sến, Sa Pa, Việt Nam

Dương Văn Bình [1,2]

[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

[2] *Nhóm nghiên cứu Địa chất công trình và Địa môi trường*

Các vụ trượt lở đất do mưa gây ra thường xuyên xảy ra ở các tỉnh miền núi Việt Nam, gây hậu quả kinh tế xã hội đáng kể. Do đó, các nghiên cứu về trượt lở đất nên được thực hiện một cách có hệ thống, bao gồm ở cả quy mô khu vực và địa phương. Các đánh giá về sự ổn định của từng sườn dốc giải quyết hai loại vấn đề: 1) tính toán sự ổn định để đánh giá sự phát triển của quá trình trượt lở đất nhằm phản ứng với sự thay đổi của các yếu tố kích hoạt lở đất; 2) đánh giá sự thay đổi động học của các điều kiện sườn dốc nhằm phản ứng với sự thay đổi của các yếu tố kích hoạt lở đất. Việc áp dụng rộng rãi các mô hình tiên tiến đã nâng cao đáng kể độ chính xác và độ tin cậy của kết quả đánh giá sự ổn định sườn dốc. Trong nghiên cứu này, một mô hình phân tích xác suất 3D đã được phát triển để phân tích ứng xử của một sườn dốc dưới tác động của mưa lớn ở xã Trung Chải, Sa Pa, Việt Nam. Sự ổn định của sườn dốc được đánh giá dựa trên mối quan hệ giữa hệ số an toàn (FS = 1,258 ÷ 0,901), xác suất phá hủy (PF = 3,2 ÷ 80,6%) và áp lực nước lỗ rỗng (Ru = 0 ÷ 0,286). Ngoài ra, chỉ số độ tin cậy (RI) được xác định là một yếu tố quan trọng trong việc đánh giá sự ổn định của sườn dốc. Vì huyện Sa Pa nằm trong vùng có hoạt động địa chấn, các trận động đất có thể gây ra trượt lở đất. Do đó, nghiên cứu này đã thiết lập mối quan hệ giữa hệ số địa chấn và giá trị FS, cũng như hệ số địa chấn và áp lực nước lỗ rỗng. Dựa trên các kết quả nghiên cứu, chúng tôi đề xuất các báo cáo phân tích sự ổn định sườn dốc phải bao gồm thêm các giá trị PF và RI. Ngoài ra, việc thiết lập một tiêu chuẩn cho chỉ số độ tin cậy là rất quan trọng, tiêu chuẩn này sẽ được sử dụng để đánh giá xác suất phá hủy cho các dự án khác nhau.

Từ khóa: ổn định mái dốc, trượt lở do mưa, phân tích xác suất, phương pháp phần tử hữu hạn, Sa Pa

Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng xỉ lò cao S95 đến sự gia tăng cường độ của bùn thải trong cải tạo nền công trình khu vực Hải Phòng

Bùi Văn Bình[1,2,*]
[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Nhóm nghiên cứu Địa chất công trình và Địa môi trường*

TÓM TẮT

Với tốc độ đô thị hóa cũng như sự phát triển của các khu công nghiệp và cơ sở hạ tầng ngày càng cao, vấn đề vật liệu san lấp nền, đất đắp đường đặt ra những thách thức lớn cho công tác khai thác tài nguyên. Do sự thiếu hụt vật liệu san lấp tại các dự án xây dựng ngày càng lớn, đặc biệt ở những khu vực đồng bằng nơi có địa hình trũng thấp, nên yêu cầu tìm kiếm các nguồn vật liệu đắp thay thế cho cát, đất đắp ngày càng cấp thiết. Nhằm tận dụng các vật liệu thải ra từ quá trình sản xuất công nghiệp nặng cũng như tận dụng các vật liệu thải từ quá trình nạo vét kênh mương, luồng lạch, bài báo đã tiến hành nghiên cứu cải tạo bùn thải bằng xỉ lò cao S95 và xi măng để làm vật liệu san lấp nền công trình. Để nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng xỉ lò cao S95 đến sự gia tăng cường độ, nhóm nghiên cứu đã tiến hành trộn mẫu bùn thải lấy từ luồng Lạch Huyện trộn với các hàm lượng xỉ S95 và xi măng lần lượt là 60kg, 80kg, 110kg, 140kg và 160kg. Các mẫu bùn cải tạo được chế bị với hàm lượng xi măng và xỉ lò cao khác nhau. Sau khi chế bị và bảo dưỡng trong điều kiện phòng thí nghiệm, các mẫu được tiến hành xác định cường độ kháng nén ở 7, 14 và 28 ngày tuổi. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng khi hàm lượng xỉ lò cao và xi măng tăng thì cường độ kháng nén của mẫu bùn gia cố tăng lên, trong đó cường độ kháng nén tăng từ 77,65 đến 702,79 kPa ở 7 ngày tuổi, và từ 116,44 đến 1186,66 kPa ở 14 ngày tuổi và từ 124,13 đến 1660,64 kPa ở 28 ngày tuổi. Hơn nữa, khi thay đổi tỷ lệ giữa hàm lượng xỉ lò cao S95 và hàm lượng xi măng trong từng hàm lượng xỉ và xi măng cho thấy rằng hàm lượng xỉ trên xi măng từ 40/60 và 50/50 cho kết quả cường độ lớn nhất.

Từ khóa: xỉ lò cao, bùn thải, cải tạo bùn, cứng hóa bùn, xỉ S95

1. Giới thiệu chung

Với tốc độ đô thị hóa cũng như sự phát triển của các khu công nghiệp và cơ sở hạ tầng ngày càng cao, vấn đề vật liệu san lấp nền, đất đắp đường đặt ra những thách thức lớn cho công tác khai thác tài nguyên. Do sự thiếu hụt vật liệu san lấp tại các dự án xây dựng ngày càng lớn, đặc biệt ở những khu vực đồng bằng nơi có địa hình trũng thấp, nên yêu cầu tìm kiếm các nguồn vật liệu đắp thay thế cho cát, đất đắp ngày càng cấp thiết. Nhằm tận dụng các vật liệu thải ra từ quá trình sản xuất công nghiệp nặng cũng như tận dụng các vật liệu thải từ quá trình nạo vét kênh mương, luồng lạch, nhiều nhà khoa học đã thực hiện các nghiên cứu gia cố, cải tạo để sử dụng chúng cho vật liệu đắp. Phương pháp cải tạo bùn nạo vét thành vật liệu san lấp là một trong những ứng dụng tiềm năng nhằm giải quyết được bài toán ô nhiễm môi trường và thiếu hụt vật liệu xây dựng. Phan văn Kha (2019) đã nghiên cứu tận dụng đất nạo vét luồng lạch tại sông Tiền và sông Hậu kết hợp với tro bay để làm móng kết cấu áo đường ô tô tại Trà Vinh. Kết quả nghiên cứu đã xác chỉ ra rằng hỗn hợp vật liệu đất – tro bay – xi măng với hàm lưng 6% và 8% xi măng chó mô đun đàn hồi đạt 250 MPa và 287 MPa theo thứ tự, và đạt độ bền cấp III đối với vạt liệu là đất gia cố. Vật liệu gia cố đảm bảo sử dụng để làm lớp móng dưới kết cấu áo dường thay cho các lớp cấp phối thiên nhiên và lớp cấp phối đá dăm. Với hàm lượng xi măng 2% và 4%, hỗn hợp đất gia cố không đảm bảo yêu cầu cấp độ bền cho vật liệu làm móng kết cấu áo đường. Một số tác giả đã nghiên cứu công nghệ cứng hóa bùn nạo vét để sử dụng trong san lấp mặt bằng thay thế cát (Ngô Anh Quân, 2023). Kết quả nghiên cứu đã đề xuất giải pháp công nghệ vật liệu dùng để cứng hóa đất bùn nạo vét từ sông, kênh bằng chất kết dính vô cơ bao gồm xi măng, tro bay, xỉ lò cao và thạch cạo và các phụ giá hóa với thành phần cấp phối hợp lý để cứng hóa bùn nạo vét dùng làm vật liệu san lấp mặt bằng và đắp nền đê bao thay thế cho cát. Chất lượng của bùn sau cứng hóa đạt tiêu chuẩn TCVN8219:2009. Nguyễn Quang Phú (2022) đã nghiên cứu cứng hóa đất bùn nạo vét bằng xi măng và phụ gia khoáng. Nghiên cứu đã sử dụng các hỗn hợp xi măng kết hợp với tro bay và xỉ lò cao

* *Tác giả liên hệ*
Email: buivanbinh@humg.edu.vn

để cứng hóa bùn ở các vùng nước lợ và nước mặn khu vực Cà Mau. Kết quả nghiên cứu với các tỷ lệ hỗn hợp đất bùn với 6% xi mưng và (2, 4, và 6%) xỉ lò cao và (2, 4, 6%) tro bay cho thấy cường độ của đất bùn tăng từ 12,2% đến 15,4% so với đất bùn cứng hóa bằng xi măng. Điều này cho thấy đất bùn sau cứng hóa có thể sử dụng cho mục đích xây dựng như làm vật liệu thay thế cát để san lấp mặt bằng và đắp bờ bao trong các công trình thủy lợi. Lê Văn Dũng (2022) đã nghiên cứu cải tạo bùn thải thành vật liệu có cường độ cao nhằm thay thế cho đất đắp nền đường và đầu cầu. Nghiên cứu đã đề xuất trộn bùn thải với xi măng và chất tạo bọt để tạo ra hỗn hợp đất gia cố có độ rộng lớn và trọng lượng nhỏ hơn đất đắp thông thường. Kết quả nghiên cứu cho thấy khi trộn bùn thải với xi măng và chất tạo bọt làm cải thiện cường độ cũng như khối lượng thể tích của hỗn hợp đất gia cố. Hỗn hợp đất được gia cố bằng xi măng và chất tạo bọt đảm bảo được yêu cầu của vật liệu đắp nền đường và đường dẫn đầu cầu. Công ty cổ phần tư vấn đầu tư công trình hàng hải việt nam đã áp dụng công nghệ trộn bùn mềm với xi măng sử dụng khí nén hỗn hợp qua đường ống để xử lý bùn thành vật liệu san lấp. Các nghiên cứu tái chế bùn thải kết hợp với các phụ gia dùng làm vật liệu san lấp cho các dạng công trình ngày càng được các nhà nghiên cứu, các nhà quản lý quan tâm thực hiện.

Trên Thế Giới việc sử dụng bùn nạo vét cho mục đích san lấp các công trình cảng, sân bay đã được thực hiện ở nhiều nước như Nhật Bản, Trung Quốc, Singapo và Úc. Ở Nhật Bản, khoảng 180 triệu m^3 bùn cát đã được sử dụng cho mục đích san lấp khi xây dựng sân bay quốc tế Kansai (Arai, 1991). Ở Singapo, gần 200 triệu tấn bùn cát nạo vét được sử dụng để xây dựng dự án đông Changi (Arulrajia và nkk, 2009). Việc sử dụng bùn thải làm vật liệu san lấp cho phép giảm giá thành khi xây dựng công trình. Mặt khác, do nhu cầu sử dụng đất làm vật liệu san lấp ngày càng cao, việc cải tạo bùn nạo vét cho mục đích xây dựng các công trình ven biển ngày càng được quan tâm bởi các nhà nghiên cứu. Việc cải tạo bùn nạo vét không chỉ làm giảm nguy cơ gây ô nhiễm môi trường do các rác thải bùn nạo vét, cũng như công tác nhấn chìm bùn gây ra mà còn đem lại hiệu quả kinh tế cũng như khai hoang các vùng đầm lầy ngập nước cho mục đích phát triển kinh tế. Liu và nkk (2015) đã báo cáo về về các đặc tính cũng như sự ổn định của bùn nạo vét và cũng nhấn mạnh triển vọng của nguồn vật liệu này cho mục đích san lấp. Ganesalingam và nnk (2011) đã nghiên cứu các tính chất địa kỹ thuật của bùn nạo vét ở cảng Brisbane, Úc cho mục đích tái chế để làm vật liệu san lấp các công trình mở rộng cảng. Liu và nnk (2022) đã sử dụng xi măng và tro bay để cải tạo bùn nạo vét. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng xi măng và tro bay có hiệu quả cao trong cải tạo bùn và có thể sử dụng tro bay để thay thế một phần xi măng trong việc cải tạo. Nhìn chung, thực tế hiện nay do nhu cầu vật liệu san lấp cho các công trình xây dựng lớn trong khi các nguồn vật liệu có đặc tính phù hợp như cát, sét ngày càng khan hiếm. Do đó, việc tìm các nguồn vật liệu thay thế đang trở lên cấp thiết. Hướng nghiên cứu cải tạo bùn nạo vét để làm vật liệu san lấp, vật liệu đắp đã và đang được nhiều nhà khoa học trên Thế giới quan tâm nghiên cứu.

Nhằm cung cấp những hiểu biết về công tác cải tạo bùn nạo vét, các đặc tính vật lý của bùn, cũng như điều kiện và môi trường thành tạo có ý nghĩa quan trọng đến việc lựa chọn các chất gia cố cải tạo phù hợp. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã thực hiện công tác cải tạo bùn nạo vét lấy từ các cửa sông, luồng lạch khu vực Hải Phòng bằng xi măng kết hợp với xỉ lò S95. Kết quả nghiên cứu nhằm đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng xi măng, xỉ lò cao S95 đến sự gia tăng cường độ của mẫu bùn nạo sau khi được cải tạo.

2. Phương pháp nghiên cứu

Nhằm đánh giá được sự gia tăng cường độ của bùn nạo vét sau khi được cải tạo bằng xi măng và xỉ lò cao, nhóm tác giả đã tiến hành các nghiên cứu trong phòng thí nghiệm nhằm làm sáng tỏ tính chất hóa lý, cơ học của các mẫu đất bùn nạo vét, mẫu xỉ lò cao S95 cũng như tính chất cơ học của hỗn hợp bùn sau cải tạo.

2.1. Đặc điểm của bùn nạo vét

Trong nghiên cứu này, các mẫu bùn nạo vét tại các cửa sông, luồng lạch được lấy tại 3 bãi vật liệu khu vực cảng Lạch Huyện. Bùn nạo vét từ các luồng lạch được tích trữ lại trong các bãi ở xung quanh khu vực cảng Lạch Huyện. Nhóm nghiên cứu đã tiến hành lấy các mẫu bùn nạo vét đặc trưng tại 3 bãi lưu trữ bùn, như hình 1. Mỗi bãi vật liệu tiến hành lấy 2 mẫu bùn đặc trưng. Các mẫu bùn đặc trưng sẽ được phân tích các đặc điểm thành phần hạt, khối lượng riêng, độ ẩm giới hạn dẻo và độ ẩm giới hạn chảy. Các thí nghiệm phân tích các chỉ tiêu vật lý của mẫu bùn được thực hiện tại phòng thí nghiệm Địa kỹ thuật công trình, Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Công tác thí nghiệm xác định các chỉ tiêu vật lý được thực hiện tuân theo tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành. Kết quả thí nghiệm các tính chất của 06 mẫu bùn nạo vét được chỉ ra trong bảng 1.

Kết quả phân tích hạt cho thấy rằng nhóm hạt sét (<0,005 mm) dao động trong khoảng từ 16,4 đến 23,9%, nhóm hạt bụi (0,005-0,05mm) dao động trong khoảng từ 16.9 đến 49.1%. Nhóm hạt cát (0,05-2mm) dao động trong khoảng từ 33,3 đến 66,7%. Độ ẩm giới hạn chảy của mẫu đất dao động từ 29,7% đến 37,5%.

Độ ẩm giới hạn dẻo dao động trong khoảng từ 18,4% đến 24,1%. Với kết quả phân tích thành phần hạt, độ ẩm giới hạn chảy và độ ẩm giới hạn dẻo kết hợp với quan sát lượng hữu cơ, các mẫu đất bùn luồng Lạch Huyện có thể xếp vào loại đất bùn sét pha.



Hình 1. Công tác lấy mẫu tại các bãi lưu trữ bùn nạo vét tại Lạch Huyện, Hải Phòng

Bảng 1. Tính chất vật lý của mẫu bùn nạo vét

TT	Mẫu	Thành phần hạt, P (%) Đường kính nhóm hạt (mm)											Khối lượng riêng	Độ ẩm	
														giới hạn chảy	giới hạn dẻo
		>10	10-5	5-2	2-1	1 - 0,5	0,5 - 0,25	0,25-0,1	0,1 - 0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005	Δ (g/cm^3)	W_L (%)	W_p (%)
1	B1-1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	4,0	12,3	13,7	38,3	10,8	20,6	2,65	35,2	23,2
2	B1-2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	10,4	16,6	19,6	22,8	9,7	19,6	2,63	36,0	22,9
3	B2-1	0,0	0,0	0,0	2,1	3,5	7,2	12,3	17,6	33,1	5,9	18,3	2,66	29,7	18,4
4	B2-2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	11,8	21,9	10,6	22,6	7,3	23,9	2,66	37,5	24,1
5	B3-1	0,0	0,0	0,0	2,1	3,3	6,6	29,1	25,6	11,1	5,8	16,4	2,65	30,1	19,3
6	B3-2	0,0	0,0	0,0	1,5	1,8	5,1	24,9	25,5	14,7	7,0	19,5	2,67	31,4	18,6

2.2. Tính chất của xỉ lò cao nghiền mịn S95 và xi măng

Xỉ lo cao nghiền mịn S95 hiện nay đã được sử dụng rộng rãi như là một loại phụ gia trong bê tông. Trong nghiên cứu này, xỉ lò cao nghiền mịn S95 được sử dụng để thay thế một phần xi măng trong việc cải tạo đất bùn nạo vét. Xỉ lò cao S95 sử dụng trong nghiên cứu là sản phẩm của công ty Cổ phần năng lượng Hòa Phát. Kết quả thử nghiệm mẫu xỉ lò cao nghiền mịn S95 đã được phân tích tại phòng thí nghiệm VILAS003 thuộc Trung tâm kiểm định vật liệu xây dựng thuộc Viện vật liệu xây dựng cấp ngày 21/09/2022 theo chứng chỉ xuất xưởng của nhà máy. Tính chất của mẫu xỉ lò cao S95 được thể hiện như trong bảng 2.

Bảng 2. Tính chất của mẫu xỉ lò cao nghiền mịn S95

STT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả	Phương pháp thử
1	Chỉ số hoạt tính cường độ, phần trăm so với mẫu đối chứng: - 7 ngày - 28 ngày	%	 84 115	TCVN11586:2016 (*)
2	Tỷ lệ độ lưu động	%	102	
3	Khối lượng riêng	g/cm^3	288	TCVN 4030:2003
4	Bề mặt riêng	cm^2/g	5320	

5	Mất khi nung (LOI)	%	-0,25	TCVN 8265:2009
6	MgO	%	7,86	TCVN 8265:2009 (*)
7	SO3	%	0,09	
8	Độ ẩm	%	0,00	
9	Hệ số kiềm tính K	%	1,69	TCVN 4315:2017 (*)
10	Hàm lượng Cl	%	< 0,001	TCVN 141:2008

Loại xi măng được sử dụng trong nghiên cứu là xi măng PCB40 Chinfon. Đây là loại xi măng phổ biến ở khu vực Hải Phòng.

2.3. Phương pháp gia cố và bảo dưỡng mẫu trong phòng thí nghiệm

Nhằm mục đích nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng xỉ lò cao S95 đến sự gia tăng cường độ của đất bùn nạo vét, hàm lượng xỉ lò cao S95 sẽ được thay thế một phần xi măng với tỷ lệ xi măng trên xỉ lò cao. Tỷ lệ xỉ lò cao S95 thay thế xi măng được nghiên cứu lần lượt là 20%, 40%, 50%, 60%. Mặt khác, dựa vào các nghiên cứu của Phan Văn Kha (2019), Ngô Anh Quân (2023), và các kinh nghiệm khi thiết kế hàm lượng xi măng phổ biến thường dùng trong thiết kế cọc Đất- Xi măng trong các dự án giao thông hiện này cùng với mục đích của việc cải tạo đất bùn nạo vét dùng làm vật liệu san lấp, hàm lượng xi măng kết hợp với xỉ lo cao được lựa chọn là 80, 110 và 140 kg/m^3, chi tiết tỷ lệ các hàm lượng thành phần được thể hiện trong bảng 3. Tỷ lệ nước trên xi măng bằng 1. Các mẫu đất bùn nạo vét tại các bãi vật liệu được trộn đều với nhau và lấy mẫu đại diện trước khi được gia cố bằng xi măng và xỉ lò cao S95. Quy trình chế bị mẫu và bảo dưỡng được thực hiện theo phương pháp chế bị ướt theo tiêu chuẩn TCVN9403-2012. Theo quy trình này, mẫu bùn được phơi khô gió và được tán nhỏ và sàng qua rây 0,5mm. Sau đó cân các hàm lượng theo cấp phối đã được đề xuất ở trên. Các hợp phần được trộn đều với nhau theo các tổ hợp mẫu. Sau đó mẫu được bảo dưỡng trong điều kiện nhiệt độ phòng trong khoảng 3 ngày. Sau 3 ngày mẫu được tháo khuôn và bảo dưỡng trong môi trường nước ở nhiệt độ phòng để thí nghiệm ở các ngày tuổi 7, 14 và 28 ngày.

Bảng 3.Hàm lượng xỉ lò cao S95 và xi măng gia cố

TT	Tên mẫu	Hàm lượng XM+S95 kg/cm^3	Tỷ lệ XM/S95		Khối lượng đất khô gió (kg)	Khối lượng XM (g)	Khối lượng xỉ S95 (g)	Tỷ lệ N / XM (g)
			XM	S95				
1	M2.1	80	40	60	2,743	67,8584	101,7876	1
	M2.2		50	50	2,743	84,8230	84,8230	
	M2.3		60	40	2,743	101,7876	67,8584	
	M2.4		80	20	2,743	135,7168	33,9292	
2	M3.1	110	40	60	2,743	93,3053	139,9580	1
	M3.2		50	50	2,743	116,6316	116,6316	
	M3.3		60	40	2,743	139,9580	93,3053	
	M3.4		80	20	2,743	186,6106	46,6527	
3	M4.1	140	40	60	2,743	118,7522	178,1283	1
	M4.2		50	50	2,743	148,4403	148,4403	
	M4.3		60	40	2,743	178,1283	118,7522	
	M4.4		80	20	2,743	237,5044	59,3761	

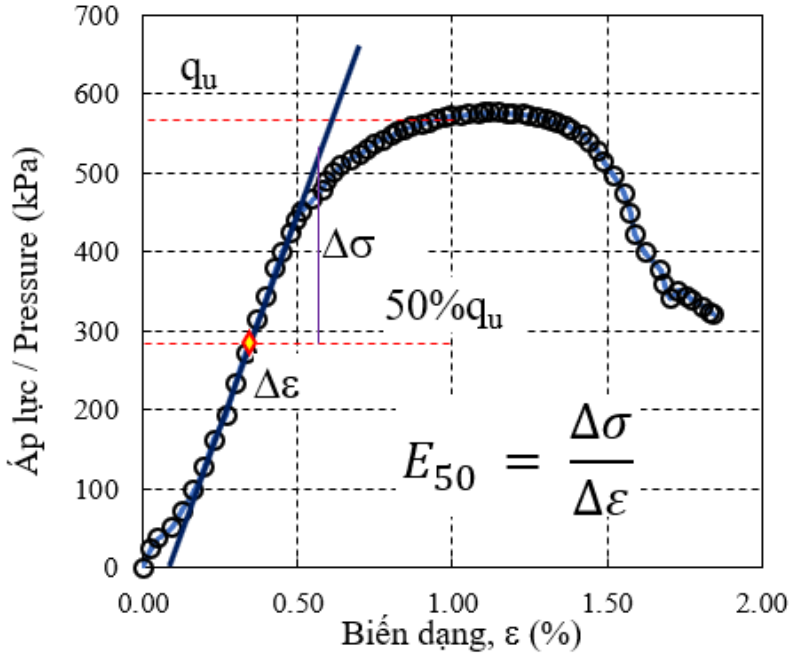
Mỗi tổ hợp mẫu tương ứng với các tỷ lệ xi măng trên xỉ lò cao S95 sẽ được chế bị 9 thỏi mẫu và được bảo dưỡng trong điều kiện phòng thí nghiệm. Các mẫu sẽ được xác định cường độ dựa trên thí nghiệm nén đơn trục nở hông tự do tại các thời điểm bảo dưỡng 7, 14 và 28 ngày. Thí nghiệm xác định cường độ kháng nén trong điều kiện nở hông tuân thủ theo tiêu chuẩn TCVN9403-2012 và tiêu chuẩn ASTM D2166. Giá trị cường độ kháng nén (qu) và mô đun đàn hồi (E_{50}) sẽ được xác định dựa trên kết quả thí nghiệm, như trong hình 2.

3. Kết quả và thảo luận

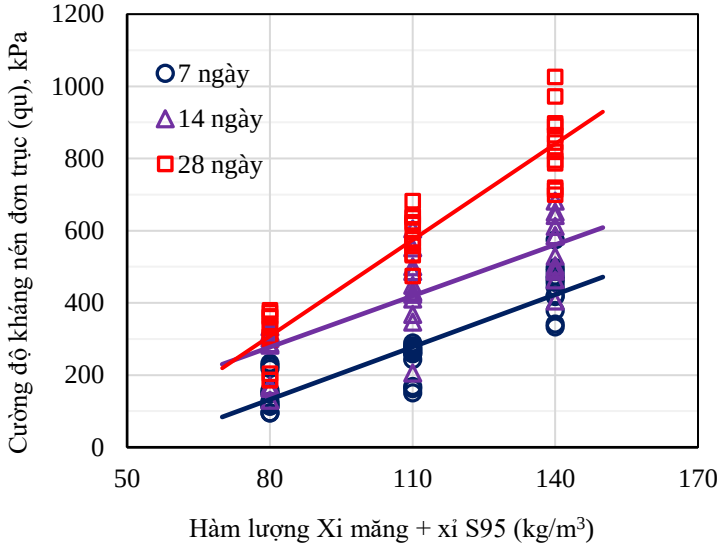
3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng xi măng - xỉ lò cao S95 đến cường độ của bùn nạo vét sau cải tạo

Kết quả thí nghiệm với hàm lượng xi măng và xỉ lò cao S95 lần lượt là 80, 110 và 140 kg/m^3 cho thấy dự gia tăng mạnh cường độ kháng nén của hỗn hợp bùn nạo vét sau cải tạo. Kết quả cường độ kháng nén của hỗn hợp bùn sau cải tạo tại 7, 14 và 28 ngày được thể hiện trọng hình 3. Cường độ kháng nén ở 28 ngày của mẫu bùn nạo vét khi hàm lượng xi măng và xỉ S95 xử lý với 80 kg/m3 thay đổi từ 186,0 đến 380,0 kPa. Cường độ kháng nén ở 28 ngày của mẫu bùn nạo vét khi hàm lượng xi măng và xỉ S95 xử lý với 110 kg/m3 thay đổi từ 474,9 đến 681,85 kPa. Cường độ kháng nén ở 28 ngày của mẫu bùn nạo vét khi hàm lượng xi măng và xỉ S95 xử lý với 140 kg/m^3 thay đổi từ 700,3 đến 1036,3 kPa. Với sự gia tăng cường độ khá lớn

của hỗn hợp bùn sau cải tạo, điều này cho thấy tiềm năng cải tạo bùn nạo vét để làm vật liệu san lấp. Tùy thuộc vào yêu cầu về cường độ của vật liệu san lấp để có thể lựa chọn hàm lượng xi măng – xỉ lò cao S95 hợp lý.



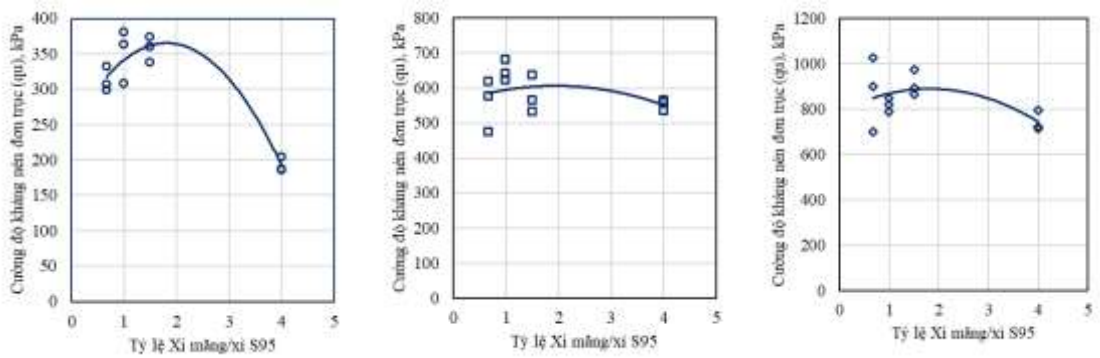
Hình 2. Xác định giá trị cường độ kháng nén (qu) và mô đun đàn hồi (E_{50}) từ kết quả nén đơn trục



Hình 3. Cường độ kháng nén của mẫu bùn sau cải tạo

3.2. Ảnh hưởng của hàm lượng xỉ lò cao S95 đến cường độ của bùn nạo vét sau cải tạo

Kết quả thí nghiệm cho thấy rằng tỷ lệ xỉ lò cao S95 thay thế xi măng có ảnh hưởng đáng kể đến cường độ kháng nén của hỗ hợp bùn nạo vét sau cải tạo. Cường độ kháng nén của mẫu bùn sau cải tạo gia tăng đáng kể khi tỷ lệ thay thế xỉ lò co gia tăng. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi tỷ lệ xỉ lò cao S95 thay thế xi măng từ 40-60% cho kết quả cường độ kháng nén cao hơn so với cường độ kháng nén của mẫu có tỷ lệ thay thế thấp. Hình 4a cho thấy khi hàm lượng xi măng – xỉ S95 là 80 kg/m^3 ảnh hưởng của tỷ lệ thay thế thể hiện rõ ràng nhất. Tỷ lệ xi măng / xỉ S95 từ 0,67 tới 1,5% cường độ kháng nén của mẫu bùn sau cải tạo lớn hơn so với mẫu có tỷ lệ xi măng / xỉ S95 bằng 4. Với hàm lượng xi măng – xỉ S95 từ 110, và 140 kg/m^3 cường độ mẫu với tỷ lệ xi măng / xỉ S95 thể hiện quy luật không rõ ràng. Tuy nhiên, cường độ kháng nén của mẫu cho giá trị gần như tương đương. Điều này cho thấy triển vọng lớn về khả năng sử dụng xỉ lò cao S95 để thay thế một phần xi măng trong lĩnh vực cải tạo bùn nạo vét. Tỷ lệ thay thế có thể lên đến 60%.



(a) Hàm lượng XM-S95 là 80kg/m^3 *(b) Hàm lượng XM-S95 là 110kg/m^3* *(c) Hàm lượng XM-S95 là 140kg/m^3*

Hình 4. Ảnh hưởng của tỷ lệ Xi măng / xỉ S95 đến cường độ kháng nén của mẫu bùn sau cải tạo

4. Kết luận

Ảnh hưởng của hàm lượng xi măng – xỉ lò cao cũng như tỷ lệ thay thế xỉ lò cao S95 cho một phần xi măng đã được nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu cho thấy cường độ của mẫu bùn nạo vét gia tăng mạnh khi được cải tạo với hàm lượng xi măng và xỉ lò cao S95 lần lượt là 80, 110, 140 kg/m^3. Cường độ kháng nén thay đổi từ 186.0 đến 1036.3 kPa khi hàm lượng xi măng và xỉ S95 lần lượt là 80, 110, 140 kg/m^3.

Ảnh hưởng của tỷ lệ thay thế xỉ S95 cho xi măng cho thấy khi tỷ lệ thay thế từ 40-60% cường độ của mẫu hỗn hợp gia cố cho giá trị lớn hơn. Điều này cho thấy khả năng sử dụng xỉ lò cao S95 thay thế 1 phần xi măng trong lĩnh vực cải tạo bùn nạo vét.

Bước đầu kết quả nghiên cứu cho thấy triển vọng lớn của việc sử dụng xỉ lò cao S95 thay thế một phần xi măng. Tuy nhiên, với số lượng mẫu nghiên cứu còn tương đối hạn chế, vì vậy cần tiến hành nghiên cứu sâu hơn để đánh giá đầy đủ bản chất, cơ chế của sự gia tăng cường độ của mẫu sau khi cải tạo.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu được hỗ trợ bởi Trường Đại học Mỏ - Địa chất thông qua đề tài cấp cơ sở mã số T24-15

Phòng thí nghiệm Địa kỹ thuật công trình, Trường Đại học Mỏ - Địa chất đã hỗ trợ trong quá trình thực hiện các thí nghiệm.

Tài liệu tham khảo

Arai Y.,1991. Construction of an artificial offshore island for the Kansai International Airport, Special lecture. GEOCOST 91, Yokohama, 1-17.

Arulrajah A., Bo M. W., Chu J. and Nikraz H., 2009. Instrumentation at Changi land reclamation project, Singapore. Proceedings of the ICE - Geotechnical Engineering, 162(1): 33-40.

Ngô Anh Quân, 2023. *Nghiên cứu công nghệ cứng hóa đất bùn nạo vét để sử dụng trong san lấp mặt bằng thay thế cát*. Đề tài khoa học công nghệ độc lập cấp Quốc gia, mã số ĐTĐL.CN-33/19.

Nguyễn Quang Phú, 2022. Nghiên cứu cứng hóa đất bùn nạo vét bằng xi măng và phụ gia khoáng. *Tạp chí KHCN xây dựng.* Số 3/2022.

Lê Văn Dũng, 2022. Nghiên cứu phương pháp cải tạo bùn thải thành vật liệu thay thế cho đất đắp nền đường, đường đầu cầu. Kỷ yếu hội thảo khoa học Kiến trúc và xây dựng hướng đến phát triển bền vững lần IV 2022.

Liu W.B., Chen Q.S., Chiaro G. and Jiang H.M., 2015. Effect of a cement-lignin agent on the shear behavior of Shanghai dredged marine soils. *Marine Georesources & Geotechnology*. DOI:10.1080/1064119X.2015.1024903.

Liu, Yaxu, Dominic EL Ong, Erwin Oh, Zhuang Liu, and Ross Hughes, 2022. "Sustainable cementitious blends for strength enhancement of dredged mud in Queensland, Australia." *Geotechnical Research* 9, no. 2 (2022): 65-82.

Ganesalingam, Dhanya, Arul Arulrajah, Jayantha Ameratunga, Peter Boyle, and Nagaratnam Sivakugan, 2011. Geotechnical properties of reconstituted dredged mud, 1.

Phan, V. K., 2019. *Nghiên cứu tận dụng đất nạo vét từ dự án luồng tàu biển nối sông Tiền vào sông Hậu gia cố kết hợp tro bay làm móng kết cấu áo đường ô tô tại tỉnh Trà Vinh*. Doctoral dissertation, Trường Đại học Bách khoa-Đại học Đà Nẵng.

ABSTRACT

Effect of the Blast furnace slag S95 content on the strength of dredged mud in enhanced foundation in Hai Phong area

Bui Van Binh[1,2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2] *Research group of Engineering Geology and Geo-environment*

With rapid urbanization and the increasing development of industrial zones and infrastructure, the issue of filling materials for foundation and road embankments presents significant challenges for resource extraction. Due to the growing shortage of fill materials in construction projects, especially in low-lying delta areas, finding alternative sand and embankment soil materials is becoming increasingly urgent. To utilize waste materials from heavy industrial production as well as materials from dredging canals and channels, this paper investigates the use of S95 blast furnace slag and cement to stabilize sludge for use as foundation fill material. To study the effect of S95 blast furnace slag content on strength improvement, the research team mixed sludge samples taken from the Lach Huyen channel with different contents of S95 slag and cement, specifically 60kg, 80kg, 110kg, 140kg, and 160kg. The stabilized sludge samples were prepared with varying cement and slag contents. After preparation and curing under laboratory conditions, the samples were tested for compressive strength at 7, 14, and 28 days. The results indicate that as the content of slag and cement increased, the compressive strength of the stabilized sludge samples also increased, with compressive strength ranging from 77,65 to 702,79 kPa at 7 days, 116,44 to 1186,66 kPa at 14 days, and 124,13 to 1660,64 kPa at 28 days. Furthermore, altering the ratio between the S95 slag content and the cement content within each slag and cement mixture showed that the ratio of slag to cement of 40/60 and 50/50 yielded the highest strength results.

*Keywords***:** blast furnace slag, sludge, sludge stabilization, sludge solidification, S95 slag

Numerical model of intact rock by particle flow code (PFC)

Bui Van Binh[1,2,*]
[1] *Hanoi University of Mining and Geology*
[2] *Research group of Engineering Geology and Geo-environment*

ABSTRACT

The numerical modeling method for studying the complex behavior of rock masses has been and continues to be implemented by many scientists. A rock mass model is a combination of two basic models: the intact rock model and the model simulating the properties of fracture systems, bedding planes, and foliations. In the Particle Flow Code (PFC) method, intact rock is simulated by an assembly of spherical particles that are bonded together. Therefore, in practice, determining the parameters that reflect the bonds between particles is a challenging issue for researchers. Currently, no specific experiment can fully determine the components that reflect the bonding between minerals or rock particles. Most of the bonds between particles in the PFC method are determined through a trial-and-error approach to ensure that the strength, deformation characteristics, and failure modes of the model closely match the results of laboratory experiments. In this study, the author uses the design of experiments (DOE) method to determine the parameters reflecting the bonds between particles to facilitate the simulation of rock and rock masses using the PFC method. The research results show that the behavior of the rock model is consistent with the behavior of rock samples in laboratory tests. The values of compressive strength, elastic modulus, and Poisson's ratio for the laboratory-tested rock samples and the modeled rock samples are 71.9 MPa (UCS), 36.7 GPa (E), 0.22 (v) and 72.75 MPa (UCS), 35.94 GPa (E), 0.23 (v), respectively. The research results demonstrate that the design of the experiment method can be effectively employed to help engineers simulate rock properties in the PFC method.

Keywords: particle flow code, Numerical model, intact rock

1. Introduction

There are several methods for modeling rock and rock masses, among which the Particle Flow Code (PFC) method simulates the mechanical behavior of rock and rock masses based on an assembly of particles, with bonds between the particles represented by bond models. A series of complex microstructural parameters characterize the bonds between the particles. These microstructural parameters are often not easily determined through laboratory experiments but are typically identified through a model calibration process that seeks to match the behavior of the numerical model with that of laboratory rock samples. This process is inherently complex, often involving multiple iterations of trial and error, which can be time-consuming and somewhat simplistic.

Currently, some researchers have applied statistical algorithms and artificial intelligence to determine the microstructural parameters that characterize the bonds between particles in rock material simulations. This study applies the design of experiments (DOE) method and regression analysis to determine the microstructural parameters for modeling rock material.

2. Methodology

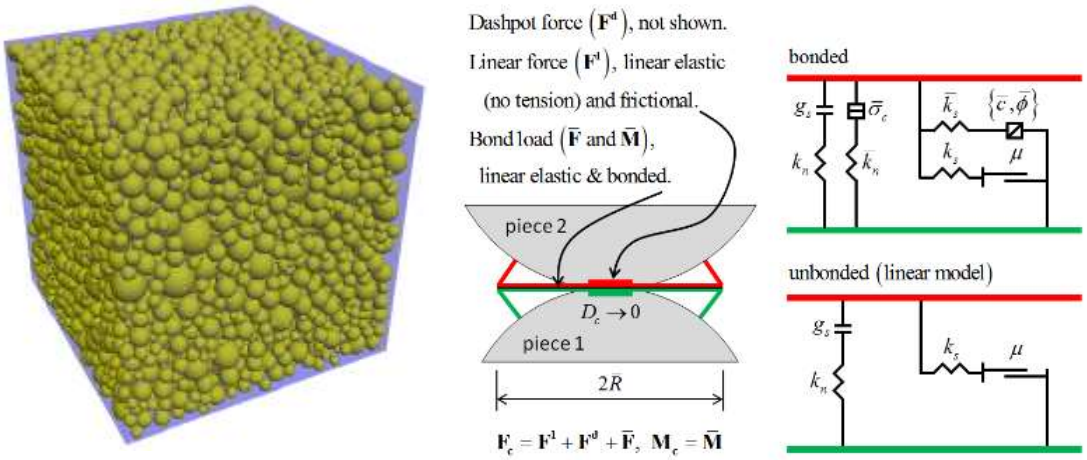
2.1. Contact models of particle flow code

Particles in the PFC model interact at contacts using a generalized internal force. Contact mechanics is embodied in particle-interaction laws that employ a soft-contact approach, for which all deformation occurs at the contacts between the rigid bodies as shown in Figure 1a. The particle-interaction laws are referred to as Contact Models. Several contact models have been proposed. The most popular contact model is a linear parallel bond model. The linear parallel bond model with inactive dashpots and a reference gap of zero corresponds with the parallel-bond model of [Potyondy2004]. A parallel bond provides the mechanical

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: buivanbinh@humg.edu.vn

behavior of a finite-sized piece of cement-like material deposited between the two contacting pieces. The parallel-bond component acts in parallel with the linear component and establishes an elastic interaction between the pieces. The existence of a parallel bond does not preclude the possibility of slip. Parallel bonds can transmit both force and moment between the pieces.

A parallel bond can be envisioned as a set of elastic springs with constant normal and shear stiffnesses, uniformly distributed over a cross-section lying on the contact plane and centered at the contact point. These springs act in parallel with the springs of the linear component. Relative motion at the contact, occurring after the parallel bond has been created, causes a force and moment to develop within the bond material. This force and moment act on the two contacting pieces and can be related to maximum normal and shear stresses acting within the bond material at the bond periphery. If either of these maximum stresses exceeds its corresponding bond strength, the parallel bond breaks, and the bond material is removed from the model along with its accompanying force, moment, and stiffnesses. The linear parallel bond model provides the behavior of two interfaces: an infinitesimal, linear elastic (no-tension), and frictional interface that carries a force and a finite-size, linear elastic, and bonded interface that carries a force and moment as shown in Figure 1b.



(a)- Particle flow code model *(b) Linear parallel bond model*

Figure 1. Particle flow code model and Contact bond model (Itasca, 2014)

The linear Parallel bond model consists of a system of micro-parameters such as particle density, porosity (ρ), minimum particle radius, particle radius ratio (Rmax/Rmin), particle contact modulus (E*), particle normal to shear stiffness ratio (kn/ks), particle friction coefficient (μ), particle-bond radius multiplier (λ), parallel-bond effective modulus ($\overline{E^*}$), bond normal to shear stiffness ratio ($\bar{k}_n/\bar{k}_s$), tensile strength ($\bar{\sigma}_c$), cohesion ($\bar{c}$), and friction angle. These microstructural parameters cannot be directly determined from laboratory experiments. The process of identifying these parameters is highly complex and typically involves a series of trials through uniaxial and triaxial compression test models to achieve behaviors that closely match those of the rock sample being simulated. This process is very time-consuming.

2.2. Design of experiment method (DOE)

DOE is defined as a structured, organized method for determining the relationship between factors affecting a process and the output of that process. An experimentalist changes one or several process variables (factors) to observe the effect the changes have on one or several response variables DOE is an efficient procedure for planning experiments so that the results obtained can be analyzed to yield valid and objective conclusions. DOE begins with determining the objectives of an experiment and selecting the process variables for the study.

In this method, each input variable is determined within a predefined range of values. Then, a series of experiments is conducted based on combinations of these variables to obtain corresponding target results. Based on a series of target results from the combinations of variables, we analyze the data to establish regression functions. By performing optimization calculations on the objective functions based on the predetermined results, we can obtain the optimal values for the input variables. This method will be used to determine the microstructural parameters of the linear parallel bond model so that the uniaxial compression test results on the model match the uniaxial compression test results of the rock sample obtained from laboratory experiments.

3. Numerical results

In this study, the fine-grained sandstone with medium compressive strength is chosen to represent the intact rock. The properties of fine-grained sandstone under the uniaxial compression test are the uniaxial compression strength of (UCS) 71.97 MPa, Young's modulus (E50) of 36.7 GPa, and Poisson's ratio (ν) of 0.22, as illustrated in Fig.2. The micro-parameters of the linear parallel bond model in PFC3D are determined by the calibration approach based on the work of Yoon (2007) that is carried out by the experimental design and optimization, and the suggestion of Ma and Huang (2018) to promote the linear parallel contact bond model. Because this study focuses on a large-scale engineering problem, the specimen size for numerical calibration is chosen to be 1.5 m × 1.5 m × 3.0 m. Based on the relationship between several micro-parameters and macro-properties of the rock (Yoon 2007), we chose a certain range of each micro-parameters corresponding to the properties of the fine grained sandstone. The range of each micro-parameter is divided into three levels including lower, middle, and upper levels, as called the uncoded values. Three levels are coded by the coded values of -1, 0, and 1, respectively as represented in Table 1.

Table 1. Range of micro-parameters for calibration of the parallel bond model

Micro-parameters	Uncoded values of each level			Transformation from coded to uncoded
	-1	0	1	
Particle contact modulus, E* (GPa)	15	25	35	Uncoded = 10×coded + 25
Particle normal to shear stiffness ratio, k_n/k_s	1	2.5	4	Uncoded = 1.5×coded +2.5
Particle friction coefficient, μ (-)	0.25	0.5	0.75	Uncoded = 0.25×coded + 0.5
Tensile strength, $\bar{\sigma}_c$ (MPa)	10	25	40	Uncoded = 15×coded + 25
Cohesion, $\bar{c}$ (MPa)	20	40	60	Uncoded = 20×coded + 40
Particle radius ratio, R_{max}/R_{min}	1.3	1.5	1.7	Uncoded = 0.2×coded +1.5

The Plackett-Burman (PB) (Plackett and Burman 1946, Rodrigues and Iemma 2014) design method is adopted to design the experimental system. The analysis in PB design uses the values of each lower and upper level. Because there are six variables needed for calibration of the parallel bond contact model, the reasonable number of trials would be 12 (PB12) (Rodrigues and Iemma 2014). The design matrix for Plackett-Burman design takes advantage of the work of Yoon (2007), as described in Table 2.

Table 2. Plackett-Burman design matrix (Yoon 2007)

No. trials	E*	kn/ks	μ	$\bar{\sigma}_c$	$\bar{c}$	R_{max}/R_{min}
1	-1	1	1	1	-1	-1
2	-1	-1	-1	1	-1	1
3	-1	1	-1	-1	1	1
4	1	-1	-1	-1	1	-1
5	1	1	1	1	1	1
6	1	-1	1	1	1	-1
7	1	1	1	-1	-1	1
8	1	1	-1	-1	-1	-1
9	1	-1	-1	1	-1	1
10	-1	1	-1	1	1	-1
11	-1	-1	1	-1	-1	-1
12	-1	-1	1	-1	1	1

Based on the PB design matrix, twelve uniaxial compression tests are simulated in the PFC^{3D} medium. The macro-properties involving UCS, Young's modulus (E_{50}), and Poisson's ratio (ν) are represented in Table 3.

Table 3. Macro-properties corresponding to 12 trials

No. trials	Micro-parameters of the parallel bond model						Macro-properties		
	E*	kn/ks	μ	$\bar{\sigma}_c$	$\bar{c}$	R_{max}/R_{min}	UCS (MPa)	E* (GPa)	ν
1	-1	1	1	1	-1	-1	97.88	22.67	0.26
2	-1	-1	-1	1	-1	1	35.44	32.83	0.13
3	-1	1	-1	-1	1	1	45.80	22.16	0.28
4	1	-1	-1	-1	1	-1	118.56	75.30	0.12
5	1	1	1	1	1	1	242.29	58.08	0.26
6	1	-1	1	1	1	-1	211.58	98.80	0.08
7	1	1	1	-1	-1	1	53.81	57.78	0.27
8	1	1	-1	-1	-1	-1	46.56	55.28	0.29
9	1	-1	-1	1	-1	1	36.48	81.69	0.15
10	-1	1	-1	1	1	-1	212.99	22.13	0.28
11	-1	-1	1	-1	-1	-1	42.57	36.14	0.07
12	-1	-1	1	-1	1	1	140.10	36.10	0.07

Macro-properties obtained from twelve trials are analyzed to determine the effect and coefficients of each micro-parameters impacting the macro-properties, as represented in Table 4.

Table 4. Analyzed results of PB design

Variables	UCS		Young's modulus (E_{50})		Poisson's ratio (ν)	
	Effect[a] coeff.[b]	p-value	Effect[a] coeff.[b]	p-value	Effect[a] coeff.[b]	p-value
Constant	NA		NA		NA	
	107.01	0.000	49.914	0.000	0.1883	0.000
E*	22.42		42.483		0.0133	
	11.21	0.294	21.24	0.001	0.0067	0.022
kn/ks	19.10		-20.461		0.1700	
	9.55	0.362	-10.23	0.008	0.0850	0.000001
μ	48.73		3.362		-0.0400	
	24.37	0.059	1.68	0.468	-0.0200	0.00039
$\bar{\sigma}_c$	64.87		5.571		0.0100	
	32.44	0.025	2.79	0.255	0.0050	0.052
$\bar{c}$	109.76		4.362		-0.0133	
	54.88	0.004	2.18	0.358	-0.0067	0.022
R_{max}/R_{min}	-29.37		-3.614		0.0100	
	-14.69	0.189	-1.81	0.438	0.0050	0.052
R-sq (%)	92.19		96.30		99.79	
Effect[a] value is used to determine the relative strength of influence of a factor on a response. Coeff.[b] is used to construct linear regression fittings, which are later used as linear equality constraints.						

The relationships between UCS, E*, ν and micro-parameters are constructed based on constants and coefficients under linear regression, as follows:

$$UCS = 107.01 + 11.21E^* + 9.55kn/ks + 24.37\mu + 32.44\bar{\sigma}_c + 54.88\bar{c} - 14.69R_{max}/R_{min} \quad (1)$$

$$E_{50} = 49.914 + 21.24E^* - 10.23kn/ks + 1.68\mu + 2.79\bar{\sigma}_c + 2.18\bar{c} - 1.81R_{max}/R_{min} \quad (2)$$

$$\nu = 0.1883 + 0.0067E^* + 0.085kn/ks - 0.02\mu + 0.005\bar{\sigma}_c - 0.0067\bar{c} + 0.005R_{max}/R_{min} \quad (3)$$

The optimization with the objective function of UCS equality constraints of E_{50}, ν and side constraints is conducted to predict the micro-parameters based on the results of uniaxial compression laboratory test. The optimal set of micro-parameters of the linear parallel bond model is indicated in Table 5. Its stress-strain curve and mechanical properties under the uniaxial compressive test are illustrated in Fig.2 . The numerical simulation by PFC^{3D} with these micro-parameters agrees well with the experimental results, as indicated in Fig. 2. Further, the tensile test and the tri-axial compression simulations are conducted, as shown in Fig.3. The tensile strength from the numerical simulation is 13.6 MPa. The ratio of the uniaxial compressive strength (UCS) and the tensile strength is 5.35. This ratio lies in a normal range of 5 – 10 (Diambra et al. 2018). It is consistent with the real ratio. Fig.3 shows that the axial strength increases with the increase in confining pressure. From the numerical uniaxial and tri-axial compressive tests, the Mohr-Coulomb and Hoek-Brown criteria are adopted to predict the failure envelope of the intact rock, as shown

in Fig.4. The shear strength of the intact rock is the cohesion of 16.94 MPa and the frictional angle of 44.79°.

Table 5. Micro-parameters of the linear parallel bond model

Micro-mechanical parameters	Values
Particle density, (kg/m^3)	2650
Porosity, ρ	0.2
Minimum particle radius (m)	0.133
Particle radius ratio, R_{max}/R_{min}	1.5
Particle contact modulus, E^* (GPa)	20.5
Particle normal to shear stiffness ratio, k_n/k_s	3.0
Particle friction coefficient, μ	0.50
Parallel-bond radius multiplier, λ	1.0
Parallel-bond effective modulus, $\bar{E}^*$ (GPa)	20.5
Bond normal to shear stiffness ratio, $\bar{k}_n/\bar{k}_s$	3.0
Tensile strength, $\bar{\sigma}_c$ (MPa)	15.0
Cohesion, $\bar{c}$ (MPa)	35.0
Friction angle (degree)	0

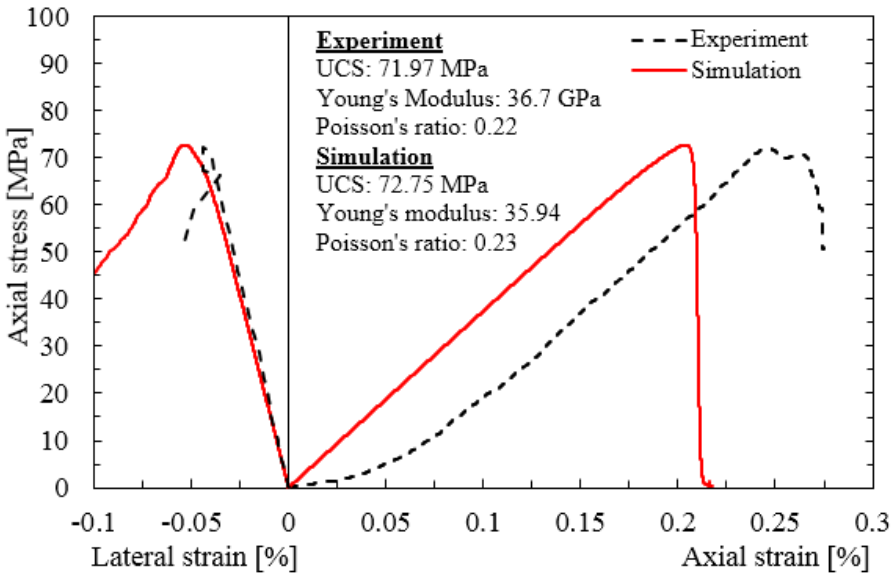


Fig. 2. Uniaxial compression curves from the experiment and PFC^{3D} simulation

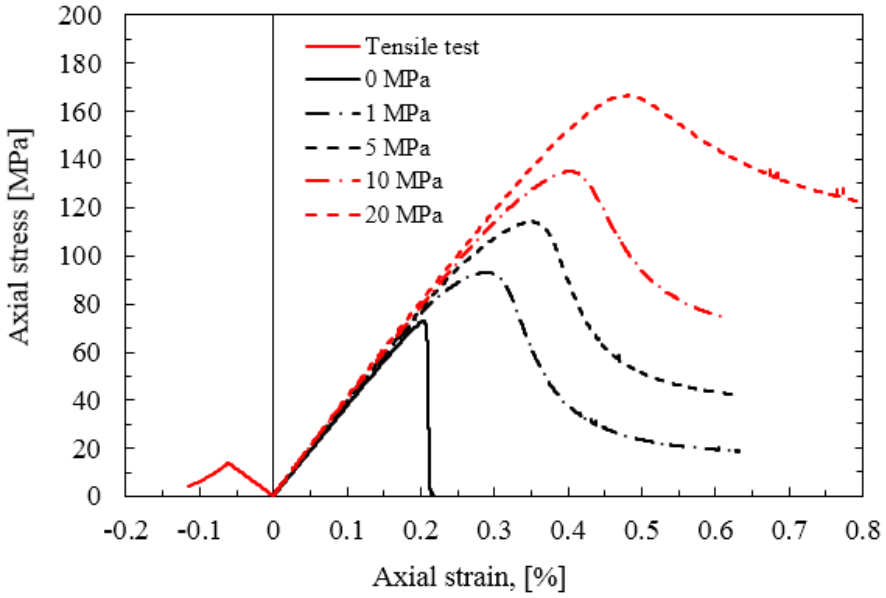
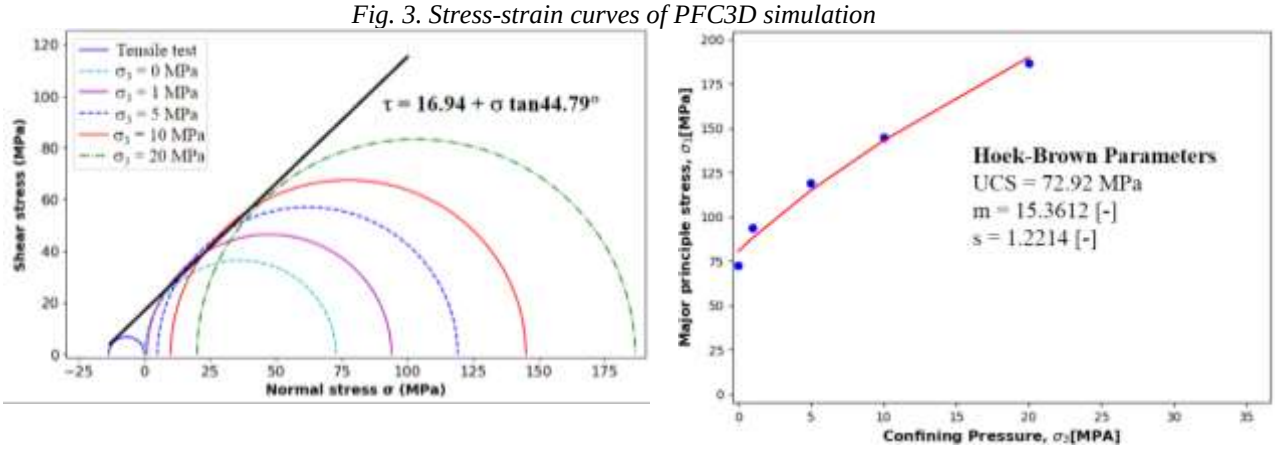


Fig. 3. Stress-strain curves of PFC3D simulation



(a) (b)

Fig. 4. Failure criteria of the intact rock: (a) – Mohr-Coulomb failure criterion, (b) – Hoek-Brown failure criterion.

4. Conclusions

The study applied the design of experiments (DOE) method to determine the microstructural parameters for the rock material simulation model using the Particle Flow Code (PFC) method. The research results demonstrated that the behavior of the rock model closely aligns with the behavior of the rock sample obtained from the laboratory experiments. The values of compressive strength, elastic modulus, and Poisson's ratio for the laboratory-tested rock samples and the modeled rock samples are 71.9 MPa (UCS), 36.7 GPa (E), 0.22 (v) and 72.75 MPa (UCS), 35.94 GPa (E), 0.23 (v), respectively.

From the rock model, the shear strength characteristics of the rock can be determined according to the Mohr-Coulomb and Hoek-Brown strength criteria. Additionally, the rock model can be used to study the complex behavior of rock masses in natural conditions.

References

Cao, R., Cao, P., Lin, H., Ma, G., Fan, X., and Xiong, X, 2018. Mechanical behavior of an opening in a jointed rock-like specimen under uniaxial loading: experimental studies and particle mechanics approach. *Arch Civ Mech Eng*, 18: 198-214. doi:https://doi.org/10.1016/j.acme.2017.06.010

Diambra, A., Festugato, L., Ibraim, E., da Silva, A.P., and Consoli, N, 2018. Modelling tensile/compressive strength ratio of artificially cemented clean sand. *Soils and foundations*, 58(1): 199-211.

Itasca, 2014. Itasca Consulting Group Inc. PFC3D (Particle Flow Code in 3 Dimensions) (Version 5.0): Minneapolis, MN: ICG.

Lin, Q., Cao, P., Meng, J., Cao, R., and Zhao, Z, 2020. Strength and failure characteristics of jointed rock mass with double circular holes under uniaxial compression: Insights from discrete element method modelling. *Theor Appl Fract Mech*, 109, 102692. doi:https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2020.102692

Ma, Y., and Huang, H, 2018. A displacement-softening contact model for discrete element modeling of quasi-brittle materials. *Int J Rock Mech Min Sci*, 104: 9-19.

Plackett, R.L., and Burman, J.P, 1946. The design of optimum multifactorial experiments. *Biometrika*, *33*(4): 305-325.

Potyondy, D.O., and Cundall, P, 2004. A bonded-particle model for rock. *Int J Rock Mech Min Sci*, 41(8): 1329-1364. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2004.09.011

Rodrigues, M.I., and Iemma, A.F, 2014. *Experimental design and process optimization*: CRC Press.

Sagong, M., Park, D., Yoo, J., and Lee, J.S, 2011. Experimental and numerical analyses of an opening in a jointed rock mass under biaxial compression. *Int J Rock Mech Min Sci*, 48(7): 1055-1067. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2011.09.001

Song, J.-J., Lee, C.-I., and Seto, M, 2001. Stability analysis of rock blocks around a tunnel using a statistical joint modeling technique. *Tunnelling and underground space technology*, 16(4): 341-351.

Tawadrous, A., DeGagné, D., Pierce, M., and Mas Ivars, D, 2009. Prediction of uniaxial compression PFC3D model micro-properties using artificial neural networks. *International journal for numerical and analytical methods in geomechanics*, 33(18): 1953-1962.

Yang, S.-Q., Yin, P.-F., Zhang, Y.-C., Chen, M., Zhou, X.-P., Jing, H.-W., and Zhang, Q.-Y, 2019. Failure behavior and crack evolution mechanism of a non-persistent jointed rock mass containing a circular hole. *Int J Rock Mech Min Sci*, 114: 101-121. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2018.12.017

Yang, X., Jing, H., and Chen, K, 2016. Numerical simulations of failure behavior around a circular opening in a non-persistently jointed rock mass under biaxial compression. *Int J Min Sci Technol*, 26(4): 729-738. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2016.05.027

Yoon, J, 2007. Application of experimental design and optimization to PFC model calibration in uniaxial compression simulation. *Int J Rock Mech Min Sci*, 44(6): 871-889.

TÓM TẮT

Mô hình hoá ứng xử của đá nguyên khối bằng phương pháp phần tử dòng hạt (PFC)

Bùi Văn Bình [1,2]

[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

[2] *Nhóm nghiên cứu Địa chất công trình và Địa môi trường*

Phương pháp mô hình số để nghiên cứu ứng xử phức tạp của khối đá đã và đang được nhiều nhà khoa học áp dụng. Mô hình khối đá là sự kết hợp của hai mô hình cơ bản: mô hình đá nguyên khối và mô hình mô phỏng các đặc trưng của hệ thống khe nứt, mặt phân lớp và phân phiến. Trong phương pháp Phần tử dòng hạt (PFC), đá nguyên khối được mô phỏng bởi tập hợp các hạt cầu liên kết với nhau. Vì vậy, trên thực tế, việc xác định các thông số phản ánh các liên kết giữa các hạt là một vấn đề thách thức đối với các nhà nghiên cứu. Hiện tại, không có thí nghiệm cụ thể nào có thể hoàn toàn xác định được các thành phần phản ánh sự liên kết giữa các khoáng vật hoặc hạt đá. Phần lớn các liên kết giữa các hạt trong phương pháp PFC được xác định thông qua phương pháp thử và sai để đảm bảo rằng các đặc tính về độ bền, đặc điểm biến dạng và các kiểu phá hủy của mô hình gần giống với kết quả thí nghiệm trong phòng. Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng phương pháp thiết kế thí nghiệm (DOE) để xác định các thông số phản ánh các liên kết giữa các hạt để thuận lợi cho việc mô phỏng đá và khối đá bằng phương pháp PFC. Kết quả nghiên cứu cho thấy ứng xử của mô hình đá nhất quán với hành vi của mẫu đá trong các thí nghiệm trong phòng thí nghiệm. Các giá trị của cường độ chịu nén, mô đun đàn hồi và hệ số Poisson của mẫu đá thử nghiệm trong phòng thí nghiệm và mẫu đá mô hình lần lượt là 71,9 MPa (UCS), 36,7 GPa (E), 0,22 (v) và 72,75 MPa (UCS), 35,94 GPa (E), 0,23 (v). Kết quả nghiên cứu chứng minh rằng phương pháp thiết kế thí nghiệm có thể được sử dụng hiệu quả để giúp các kỹ sư mô phỏng các tính chất của đá trong phương pháp PFC.

Từ khóa: phương pháp phần tử dòng hạt; mô hình số; đá nguyên khối.

Evaluation of undrained shear strength of offshore Vietnam clayey soils using PCPT results

Truong Thanh Can*, Nguyen Quynh Luan
Seahorse Marine and Energy JSC

ABSTRACT

Results from piezocone penetration testing (PCPT) can be used to evaluate stratigraphy, soil types, and a suite of engineering parameters, such as undrained shear strength (S_u), unit weight (γ), and others, essential for geotechnical analysis and design. The objective of this research is to predict the S_u of clayey soils using PCPT data, alongside some laboratory soil data. Both PCPT and triaxial tests were conducted on clayey soils from site investigations offshore Vietnam to evaluate S_u. The cone factors, N_{kt}, N_{ke}, and $N_{\Delta u}$, were derived by comparing PCPT results with S_u obtained from triaxial tests. Among the methods investigated, the N_{kt}-based approach demonstrated the highest accuracy, with correlation coefficients (R^2) exceeding 0.9. In contrast, N_{ke} and $N_{\Delta u}$ showed greater variability, indicating lower prediction reliability. The results confirm that the N_{kt} factor provides the most consistent and accurate prediction of Su, making it the most suitable for geotechnical applications in offshore Vietnam's clayey soils. This paper presents the results of prediction methods using cone factors.

Keywords: Cone factor · Undrained shear strength · Cone penetration test · Statistical analysis

1. Introduction

Undrained shear strength (S_u) is a critical parameter in geotechnical engineering, reflecting the soil's ability to withstand shear stress. S_u is influenced by various factors, including failure modes, soil anisotropy, strain rate, and stress history. The appropriate S_u value for analysis often depends on the specific design problem at hand. Saturated fine-grained soils can initially support shear loads but may ultimately fail, necessitating accurate evaluation of subsurface strength parameters.

S_u can be assessed through laboratory and in-situ testing methods. Laboratory tests, such as triaxial tests (specifically, unconsolidated undrained tests), provide valuable data by analyzing small soil samples taken from predetermined depths. However, these samples often do not fully represent in-situ conditions due to disturbance during collection. Additionally, testing small, interbedded, or fissured samples can yield misleading results.

Recent advancements have enhanced the correlation between PCPT measurements and soil strength parameters, facilitating reliable assessments of in-situ soil profiles and Su from a single test. These PCPT-derived strength parameters are essential for determining the load-bearing capacity of foundations and conducting stability analyses of clayey soils. This study focuses on correlating S_u with PCPT results to improve geotechnical design accuracy.

This paper explores the estimation of S_u using CPTu results, emphasizing the cone factor (N_k) that relates PCPT cone resistance (q_t) and overburden total stress (σ_{vo}) to S_u. A new methodology is proposed to reduce uncertainties in PCPT-based S_u estimations, eliminating the need for overburden stress calculations that rely on undisturbed samples. To validate this methodology, additional verification sites and published datasets are analyzed to compare measured and estimated undrained shear strengths.

2. Materials and experimental procedures

2.1. Theories for determination of cone factor

Studies predicting S_u using PCPT have advanced through both empirical and theoretical methods. These studies indicate a mathematical relationship between S_u and cone resistance (q_c). Lunne and Kleven developed an equation based on bearing capacity theory to estimate Su, shown as Equation (1):

* *Corresponding author:*
Email: candytruong@seahorse.com.vn

$$S_u = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{N_k} \quad (1)$$

Where N_k is the cone factor and σ_{v0} is the total in-situ vertical stress. The values of N_k range between 5 and 28.4, depending on soil types and test conditions.

As PCPT tests became more common, Lunne et al. (1985) suggested using corrected cone resistance (qt) because qc from u2 type piezocone is affected by pore pressure. This leads to Equation (2):

$$S_u = \frac{q_t - \sigma_{vo}}{N_{kt}} \quad (2)$$

Here, N_{kt} is another cone factor, with values generally between 4 and 29, influenced by the theoretical basis, soil type, and test performed. Aas et al. (1986) found N_{kt} values between 8 and 20, increasing with the plasticity index, while Karlsrud et al. (1996) reported values between 6 and 18, related to the pore-pressure ratio.

Senneset et al. (1982) proposed estimating undrained shear strength (Su) using effective cone resistance (qe), as shown in Equation (3):

$$S_u = \frac{q_t - u_2}{N_{ke}} = \frac{q_E}{N_{ke}} \quad (3)$$

Where $q_E = q_t - u_2$ and N_{ke} ranges from 6 to 12. Lunne et al. (1985) reported Nke values between 1 and 10, influenced by the pore-pressure ratio. The average N_{ke} is 10, with a variation of ±6. However, using effective cone resistance to estimate Su is not recommended for soft normally consolidated clays and heavily over-consolidated soils due to sensitivity and measurement errors in q_t and u_2.

The relationship between undrained shear strength (S_u) and excess pore pressure is shown in Equation (4) (Vesic, 1972; Randolph & Wroth, 1972)

$$S_u = \frac{u_2 - u_0}{N_{\Delta u}} \quad (4)$$

According to cavity expansion theory, $N_{\Delta u}$ ranges from 2 to 20. Lunne et al. (1985) reported values between 4 and 10, while Karlsrud et al. (1996) identified a range of 6 to 8, with no correlation to the pore-pressure ratio. A new cone factor $N_{\Delta u}$ improves accuracy by using the excess pore pressure $\Delta u = (u_2 - u_0)$, which is significant in soft clays and reduces the impact of measurement errors. The range of $N_{\Delta u}$ is typically 4 to 10, depending on soil type and tests.

2.2. Undrained shear strength

Various strength modes of clays can be evaluated through laboratory tests on intact, undisturbed soil samples. These tests are essential for accurate assessment of geotechnical properties. The most commonly used laboratory tests, particularly in onboard settings, include CIUC (Consolidated Isotropically Undrained Compression), true triaxial, hollow cylinder, and directional shear tests.

Among these, CIUC is particularly noteworthy. The CIUC test is valued for its simplicity and efficiency in determining S_u. This test simulates in-situ conditions by not allowing drainage or consolidation during the testing process, providing a direct measure of the soil's shear strength in its current state. The procedure for this type of test is well-defined in the ASTM D2850 - Standard Test Method for Unconsolidated – Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils. This standard outlines the methodology for conducting triaxial compression tests in an unconsolidated-undrained condition, which is critical for accurately determining the undrained shear strength of cohesive soils.

2.3. Tests site and experimental program

Two test sites on cohesive soil deposits were selected for extensive in-situ and laboratory testing programs. These sites, located offshore Vietnam, provided comprehensive datasets for evaluating the geotechnical properties of the cohesive soils.

CIUC tests were conducted on high-quality Shelby tube samples extracted from the field to assess the unconsolidated undrained shear strength, S_u. Cone penetration test data encompassed both uncorrected and corrected values for cone tip resistance (q_c, q_t), sleeve friction (f_s), and, for the piezocone, pore pressures

recorded at the u_2 location. Average total overburden pressure (σ_{v0}) and hydrostatic pressure (u_0) were determined for various soil layers based on borehole log data.

For 451 cohesive soil samples, a reference value of S_u was evaluated from a CIUC test performed on individual specimens obtained from undisturbed sampling. Corresponding PCPT data were acquired at the same site. The information pertaining to the investigated sites is summarized in Table 1.

Table 1. Summary of the test sites and experimental program

Name of site	Site1				Site 2			
Name of borehole	BH02	BH05	BH08	BH11	BL	BL alt	PL	SL
Water depth [m]	47.44	47.33	47.18	47.44	89.8	89.8	90.0	89.9
Survey depth [m]	70	70	72	72	42	42	42	42
No. of CIUC sample	68	71	64	66	18	53	54	57

At Site 1, the subsurface is characterized by distinct stratigraphic units:

- From the seafloor to depths of 10.0 m to 16.7 m below seafloor (BSF), Geotechnical Soil Unit (GSU) I comprises very soft to firm normally-consolidated clays with high plasticity and occasional shell fragments;
- GSU II, located between 10.0 m and 16.7 m BSF, consists of stiff to very stiff over-consolidated crustal clays. This unit includes an organic clay layer from 14.0 m to 15.3 m BSF at specific locations, displaying variability in undrained shear strength. It features brownish and dark grey clays with ferrous pockets and stains, characterized by high plasticity;
- GSU III, extending from 19.9 m to 25.8 m BSF, comprises stiff to very stiff dark grey clays with silt pockets;
- GSU IV spans depths from 40.0 m to 42.2 m BSF, with clays ranging from very stiff to hard and continuing to a borehole depth of 70.0 m BSF.

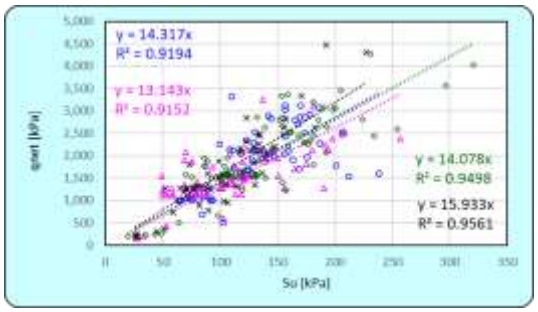
At Site 2, ground conditions predominantly comprise clays extending from the seafloor down to a maximum investigated depth of 42 m BSF. A loose layer of clayey sand, ranging in thickness from 0.3 m to 0.8 m, is present at the seafloor. The underlying clays exhibit soft to firm consistency from approximately 1 m to 5 m BSF, transitioning to firm to stiff conditions up to about 16 m BSF. Below 16 m BSF, the clays generally exhibit stiff to very stiff consistency.

3. Results and analysis

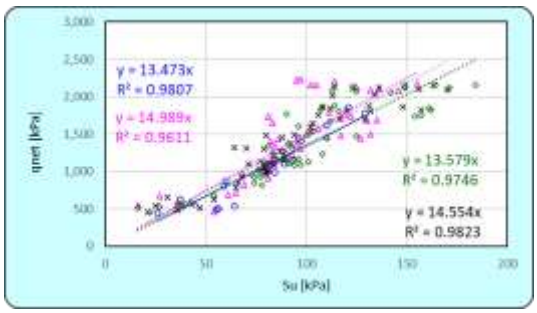
3.1. Correlations between CPT measurements and undrained shear strength

Due to variations in determining undrained shear strength, different specific cone factors (N_{kt}, N_{ke}, and $N_{\Delta u}$) are obtained by correlating PCPT results with S_u. This study explores relationship between these cone factors, shear strength, and pore-pressure ratio. A comprehensive regression analysis was conducted to identify the optimal subset of predictors, with the coefficient of determination (R^2) serving as the criterion to assess the predictors effectiveness.

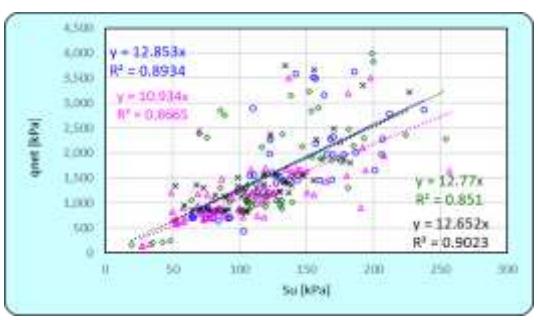
At Site 1, N_{kt} values range from 13.1 to 15.9 with high correlation coefficients ($R^2 > 0.90$), indicating consistent cone tip resistance. Similarly, at Site 2, N_{kt} values range from 13.4 to 15.0, with strong reliability ($R^2 > 0.95$). However, N_{ke} at Site 2 (6.9 to 7.7) is significantly lower than at Site 1 (10.9 to 12.9), reflecting differences in shaft resistance. In contrast, $N_{\Delta u}$ values at Site 2 (8.7 to 10.1) are higher than at Site 1 (4.4 to 7.8), indicating greater pore-pressure resistance. These variations are likely due to differences in soil properties and stratigraphy between two sites.



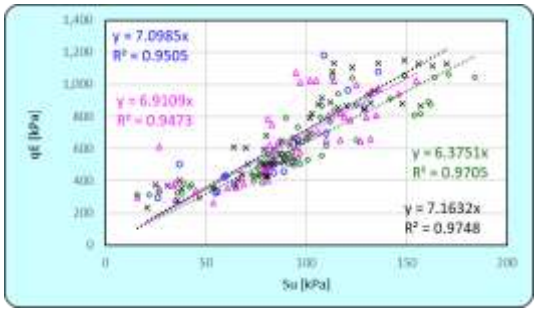
a) Site 1 – N_{kt}



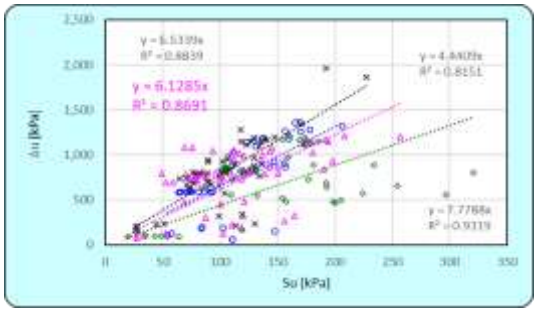
b) Site 2 – N_{kt}



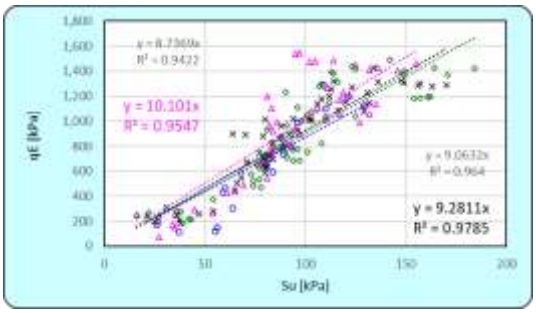
c) Site 1 – N_{ke}



d) Site 2 – N_{ke}



e) Site 1 – $N_{\Delta u}$



f) Site 2 – $N_{\Delta u}$

Figure 1. Plots of undrained shear strength versus PCPT data

Figure 1 shows the relationships between the cone factors and the S_u. Specifically, the values of N_{kt}, N_{ke}, and $N_{\Delta u}$ range from 13 to 16, 6 to 13, and 4 to 10, respectively. Detailed statistics as in Table 2.

Table 2. Statistics on cone factors

Name of borehole	N_{kt} (R-squared)	N_{ke} (R-squared)	$N_{\Delta u}$ (R-squared)
Site 1 - BH02	14.371 (R^2 =0.9194)	12.853 (R^2 =0.8934)	6.5339 (R^2 =0.8839)
Site 1 - BH05	13.143 (R^2 =0.9152)	10.934 (R^2 =0.8665)	6.1285 (R^2 =0.8691)
Site 1 - BH08	15.933 (R^2 =0.9561)	12.652 (R^2 =0.9023)	7.7788 (R^2 =0.9319)
Site 1 – BH11	14.378 (R^2 =0.9498)	12.770 (R^2 =0.8510)	4.4409 (R^2 =0.8151)
Site 2 – BL	13.473 (R^2 =0.9807)	7.0985 (R^2 =0.9505)	8.7369 (R^2 =0.9422)
Site 2 – BL alt	14.989 (R^2 =0.9611)	6.9109 (R^2 =0.9473)	10.1010 (R^2 =0.9547)
Site 2 – PL	14.554 (R^2 =0.9823)	7.1632 (R^2 =0.9748)	9.2811 (R^2 =0.9875)
Site 2 – SL	13.579 (R^2 =0.9746)	7.6751 (R^2 =0.9705)	9.0632 (R^2 =0.9640)

3.2. Comparison of measured and predicted shear strength

Utilizing the database allows for back-analysis to evaluate the methodology's reliability. Figure 2 shows the comparison of S_u values obtained from laboratory tests against PCPT data, based on a dataset of 451 triaxial compression tests. This figure highlights the correlation between the observed and predicted Su values for each borehole across both sites.

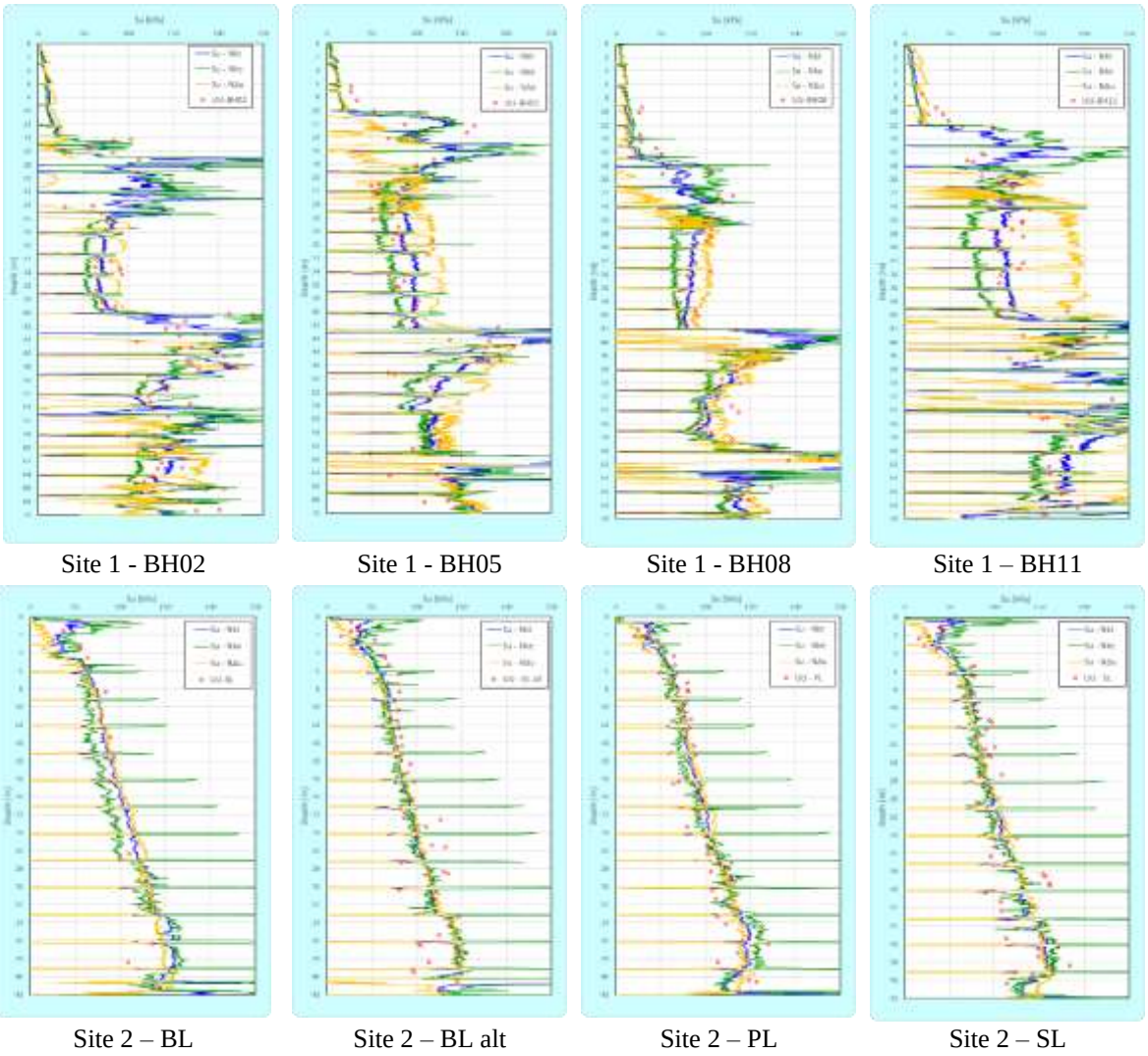


Figure 2. Profiles of undrained shear strength

The statistical analysis of N_{kt}, N_{ke}, and $N_{\Delta u}$ factors shows that N_{kt} consistently provides a closer match between predicted and measured Su, with the ratio of measured-to-estimated values close to 1.

Table 3. Statistics on S_u results from N_{kt}

Name of site	Site1				Site 2			
Name of borehole	BH02	BH05	BH08	BH11	BL	BL alt	PL	SL
μ = ratio of measured/ estimated	1.0570	1.0011	1.1617	1.0923	1.0644	1.0284	0.9945	0.9833
Coefficient R^2	0.9194	0.9152	0.9561	0.9498	0.9808	0.9611	0.9824	0.9746

The results for N_{kt} demonstrate high correlation coefficients ($R^2 > 0.9$) across most boreholes, especially for Site 1 and Site 2, confirming its accuracy as a predictor of undrained shear strength. In contrast, the N_{ke} and $N_{\Delta u}$ methods exhibit more variability, with larger discrepancies between predicted and measured values, especially in boreholes from Site 2, as indicated by lower R^2 values and larger deviations in the measured-to-estimated ratios

Table 4. Statistics on S_u results from N_{ke}

Name of site	Site1				Site 2			
Name of borehole	BH02	BH05	BH08	BH11	BL	BL alt	PL	SL
μ = ratio of measured/ estimated	1.1593	1.0784	1.0872	1.1991	1.0359	0.9971	1.0004	0.9678
Coefficient R^2	0.8935	0.8665	0.9023	0.8510	0.9505	0.9473	0.9748	0.9705

Table 5. Statistics on S_u results from $N_{\Delta u}$

Name of site	Site1				Site 2			
Name of borehole	BH02	BH05	BH08	BH11	BL	BL alt	PL	SL
μ = ratio of measured/ estimated	1.1914	1.1951	1.1850	1.1170	1.1799	1.1701	1.0579	1.0637
Coefficient R^2	0.8838	0.8691	0.9319	0.8151	0.9422	0.9547	0.9785	0.9640

For the arithmetic statistics, ratio of measured-to-estimated values is desired to be close to 1.0 for best results. The R^2 value indicates how well the model fits the data, with an R^2 close to 1.0 suggesting that the model accounts for nearly all the variability in the data. In this study, a 95% significance level was assumed.

4. Conclusions

This paper presents an assessment of undrained shear strength in offshore Vietnam's clayey soils using PCPT and triaxial tests. Cone factors were obtained from laboratory test data and correlated with the PCPT pore pressure ratio, leading to the development of prediction methods. Among these, the method based on N_{kt} was identified as the most accurate, exhibiting lower percentage errors compared to those using N_{ke} and $N_{\Delta u}$. Consequently, N_{kt} based approach is considered the most suitable for estimating undrained shear strength in these soils.

However, caution is recommended when applying this database to new locations with limited laboratory data, particularly in areas containing sensitive or over-consolidated soils. The results indicate that PCPT, with a focus on N_{kt}, can be a reliable alternative to traditional laboratory methods, though additional care is needed in challenging soil conditions.

References

ASTM, 2012. Standard test method for electronic friction cone and piezocone penetration testing of soils, Vol. 04.08, ASTM D5778-12. ASTM Intl., West Conshohocken.

Hong, S.J., Lee, M.J., Kim, J.J. & Lee, W.J., 2010. Evaluation of undrained shear strength of Busan clay using CPT. *Proc., 2nd Intl. Symp. on Cone Penetration Testing*, Vol. 2 (CPT10, Huntington Beach, CA), Omnipress, 313-320.

Lunne, T., Robertson, P.K., & Powell, J.J.M., 1997. *Cone Pene-tration Testing in Geotechnical Practice*. Blackie Academ-ic/London, Routledge, New York, 312 p.

Lunne, T., Randolph, M.F., Chung, S.F., Andersen, K.H. & Sjursen, M., 2005. Comparison of cone and t-bar factors in two onshore and one offshore clay sediments. *Frontiers in Offshore Geotechnics (Proc. ISFOG-1, Perth)*, Taylor & Francis Group, London, 981-989.

Mayne, P.W., Peuchen, J. & Baltoukas, D., 2015. Piezocone evaluation of undrained strength in soft to firm offshore clays. *Frontiers in Offshore Geotechnnics III*, Vol. 2 (Proc. ISFOG, Oslo), Taylor & Francis, London, 1091-1096.

TÓM TẮT

Đánh giá cường độ sức kháng cắt không thoát nước của đất loại sét ngoài khơi Việt Nam bằng kết quả PCPT

Trương Thanh Cần, Nguyễn Quỳnh Luân
Công ty Cổ phần Hàng hải và Năng lượng Hải Mã

Kết quả thí nghiệm xuyên tĩnh có đo áp lực nước lỗ rỗng (PCPT) có thể được sử dụng để đánh giá địa tầng, loại đất, và một loạt các thông số kỹ thuật quan trọng khác như cường độ kháng cắt không thoát nước (S_u), khối lượng thể tích tự nhiên (γ), cùng nhiều thông số cần thiết khác cho phân tích và thiết kế địa kỹ thuật. Mục tiêu của nghiên cứu này là ước tính Su của đất loại sét bằng cách sử dụng dữ liệu PCPT cùng với một số dữ liệu từ phòng thí nghiệm. Cả thí nghiệm PCPT và nén ba trục đều được thực hiện trên đất loại sét từ các dự án khảo sát ngoài khơi Việt Nam để đánh giá S_u. Các hệ số mũi côn N_{kt}, N_{ke} và $N_{\Delta u}$ được suy ra bằng cách so sánh kết quả PCPT với S_u thu được từ thử nghiệm ba trục. Trong số các phương pháp nghiên cứu, phương pháp dựa trên N_{kt} cho thấy độ chính xác cao nhất với hệ số tương quan (R^2) lớn hơn 0,9. Ngược lại, N_{ke} và $N_{\Delta u}$ cho thấy sự biến thiên lớn hơn, làm giảm độ tin cậy của dự đoán. Kết quả khẳng định rằng hệ số N_{kt} cung cấp ước tính S_u ổn định và chính xác nhất, phù hợp nhất cho các ứng dụng địa kỹ thuật trên đất loại sét ngoài khơi Việt Nam. Bài viết này trình bày kết quả của các phương pháp ước tính sử dụng các hệ số mũi côn.

Từ khóa: hệ số mũi côn, sức kháng cắt không thoát nước, thí nghiệm xuyên tĩnh, phân tích thống kê

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Nghiên cứu ảnh hưởng của tro trấu, tro rơm rạ đến tính dẻo của đất

Nguyễn Thành Dương[1,2,*], Phạm Thị Ngọc Hà[1,2]

[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Nhóm nghiên cứu Địa chất công trình và Địa môi trường*

TÓM TẮT

Việt Nam là nước nông nghiệp với sản lượng lúa gạo hàng năm khoảng hơn 40 triệu tấn và sẽ tạo hàng chục triệu tấn phụ phẩm vỏ trấu và rơm rạ. Khi toàn bộ lượng vỏ trấu và rơm rạ được đốt sẽ tạo ra một lượng lớn tro trấu và tro rơm rạ. Ở Việt Nam, tro trấu và tro rơm rạ thường được đổ bỏ ra môi trường và gây ô nhiễm môi trường, chỉ một lượng nhỏ được ứng dụng làm phân bón hữu cơ hoặc làm chất hấp phụ. Chính vì vậy, việc nghiên cứu sử dụng tro trấu, tro rơm rạ cho các mục đích khác nhau là rất cần thiết nhằm giảm lượng đổ bỏ ra môi trường và đồng thời giúp giảm ô nhiễm môi trường. Việt Nam phân bố nhiều loại đất yếu, đặc biệt ở khu vực đồng bằng sông Hồng, sông Cửu Long và việc cải tạo chúng trước khi xây dựng công trình là rất cần thiết. Bài báo này sẽ nghiên cứu, đánh giá ảnh hưởng của tro trấu, tro rơm rạ đến đặc tính chảy dẻo của đất yếu ở khu vực ven biển Cà Mau. Theo đó, tro trấu, tro rơm rạ với hàm lượng từ 0 đến 30% được trộn vào đất yếu và từ đó xác định các chỉ tiêu của hỗn hợp như độ ẩm giới hạn chảy, độ ẩm giới hạn dẻo. Kết quả nghiên cứu cho thấy khi trộn tro trấu và tro rơm rạ vào đất sẽ làm cho tính dẻo của đất giảm dần. Ngoài ra, khi trộn thêm tro trấu, tro rơm rạ vào đất sẽ làm tăng hàm lượng hạt bụi trong đất. Kết quả của nghiên cứu này cho thấy, tro trấu và tro rơm rạ có thể được sử dụng để cải tạo đất yếu về mặt tính dẻo.

Từ khóa: Tro trấu, tro rơm rạ, đất yếu, tính dẻo

1. Mở đầu

Tro trấu, tro rơm rạ là những phế thải phổ biến, được tạo ra từ quá trình đốt vỏ trấu và rơm rạ. Việt Nam là nước nông nghiệp, với diện tích trồng lúa khoảng 7.5 triệu ha (năm 2024). Trong đó, diện tích trồng lúa tập trung chủ yếu ở khu vực đồng bằng sông Hồng và sông Cửu Long. Do đó, lượng rơm rạ và vỏ trấu thải ra từ quá trình gặt lúa và xay sát lúa hàng năm là rất lớn. Khi toàn bộ lượng rơm rạ và vỏ trấu được đốt sẽ tạo một khối lượng rất lớn tro rơm rạ và tro trấu. Hiện nay, tro trấu, tro rơm rạ thường được đổ bỏ ra môi trường, đã và đang gây ô nhiễm môi trường, đặc biệt là môi trường nước và không khí. Các nghiên cứu trên thế giới cho thấy tro trấu và tro rơm rạ có thể được tận dụng trong lĩnh vực cải tạo đất yếu phục vụ xây dựng công trình (Aziz và nnk, 2015 ; Babu và nnk, 2023 ; Jain và nnk., 2020 ; Phanikumar và Nagaraju, 2018). Tại Việt Nam, nghiên cứu của Duong và nnk (2022), Duong (2022a, 2022b) cũng cho thấy tro trấu có thể làm giảm tính dẻo của đất, dùng kết hợp với xi măng để nâng cao cường độ của hỗn hợp đất-xi măng hoặc thay thế một phần xi măng trong cải tạo đất. Tuy nhiên, cho đến nay ở Việt Nam chưa có nghiên cứu về việc sử dụng tro rơm rạ để cải tạo đất. Đất yếu ở Việt Nam phân bố rất phổ biến với nhiều loại khác nhau như các loại đất bùn, sét dẻo chảy-chảy, đất trương nở, co ngót…Trong khi đó nhu cầu về vật liệu đất đắp rất lớn và các loại đất này không phù hợp để sử dụng trực tiếp làm vật liệu đất đắp. Do đó, việc cải tạo đất yếu tại chỗ để làm vật liệu đất đắp như đắp đường giao thông nông thôn, đắp đê, đắp đập là rất cần thiết. Tính dẻo là một trong những tính chất quan trọng của đất và là một trong những chỉ tiêu dùng để đánh giá chất lượng vật liệu đất đắp sau khi cải tạo. Nghiên cứu này sẽ đánh giá ảnh hưởng của tro trấu, tro rơm rạ đến tính dẻo của đất. Qua đó đánh giá tiềm năng của việc sử dụng tro trấu, tro rơm rạ để cải tạo đất làm vật liệu đắp. Tro trấu, tro rơm rạ và mẫu đất được thu thập từ khu vực đồng bằng sông Cửu Long. Khu vực này là vựa lúa lớn nhất cả nước, với sản lượng lúa năm 2023 là khoảng hơn 24 triệu tấn (https://www.sggp.org.vn/dbscl-san-luong-lua-dat-gan-24-trieu-tan-post705538.html). Chính vì vậy, nguồn tro trấu và tro rơm rạ ở khu vực này rất dồi dào.

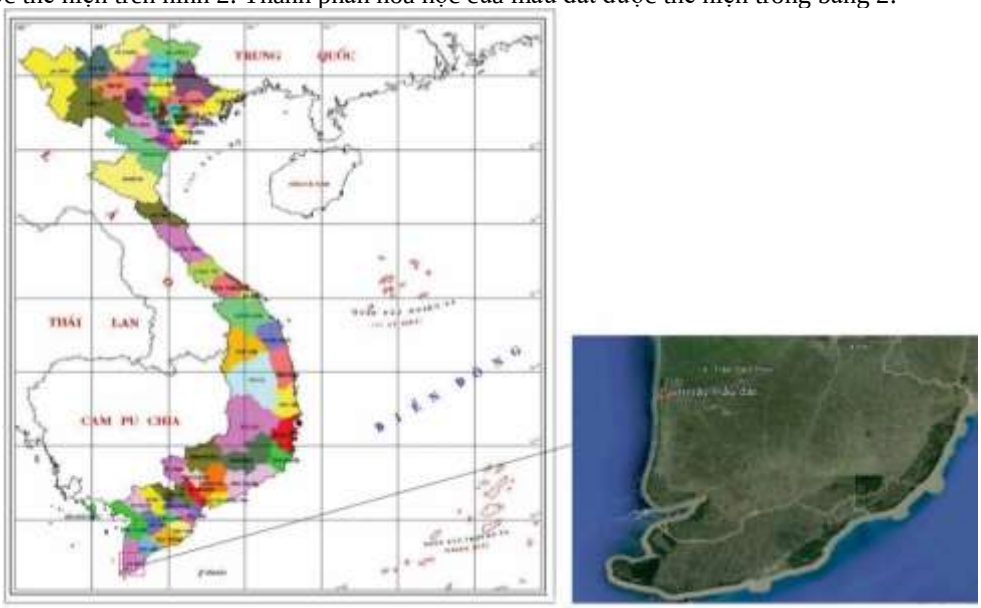
2. Vật liệu và phương pháp thí nghiệm

2.1. Vật liệu

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthanhduong@humg.edu.vn

a. Đất

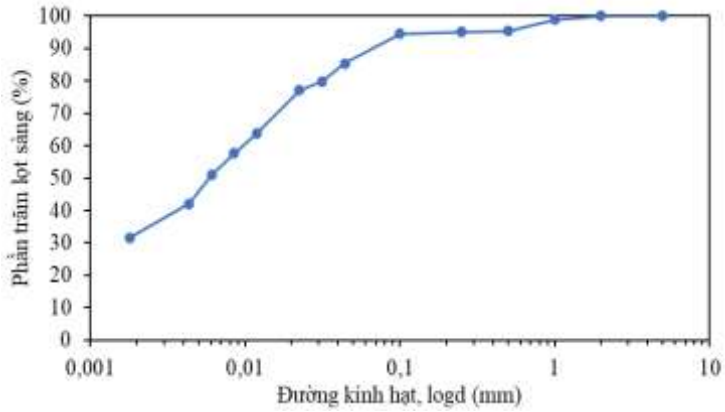
Trong nghiên cứu này, mẫu đất được lấy tại khu vực ven biển huyện Trần Văn Thời, tỉnh Cà Mau (Hình 1). Một số chỉ tiêu cơ lý của mẫu đất được thể hiện trong bảng 1, đường cong phân bố thành phần hạt được thể hiện trên hình 2. Thành phần hóa học của mẫu đất được thể hiện trong bảng 2.



Hình 1. Vị trí lấy mẫu đất nghiên cứu

Bảng 1. Một số chỉ tiêu cơ lý của mẫu đất nghiên cứu

Chỉ tiêu	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Độ ẩm tự nhiên	W_0	%	60.5
Độ ẩm giới hạn chảy (Phương pháp Cassagrande)	W_L	%	71.5
Độ ẩm giới hạn dẻo	Wp	%	44.3
Chỉ số dẻo	Ip	%	27.2
Phân loại đất (ASTM)	-	-	CH



Hình 2. Đường cong phân bố thành phần hạt của mẫu đất

b. Tro trấu, tro rơm rạ

Trong nghiên cứu này, tro trấu được thu thập từ nhà máy cọc bê tông ly tâm Hamaco ở Cần Thơ. Tại nhà máy cọc bê tông ly tâm Hamaco, vỏ trấu được đốt để hấp sấy cọc bê tông ly tâm trong quá trình bảo dưỡng cọc. Nhiệt độ đốt khoảng 800-900^{0}C. Tro rơm rạ thu được từ quá trình đốt rơm ra ở ngoài không khí trong điều kiện tự nhiên. Tro trấu, tro rơm rạ sau khi thu thập được nghiền nhỏ, sau đó sàng qua sàng 0.075mm (Hình 3). Kết quả phân tích thành phần hóa học cho thấy hàm lượng SiO_2 trong tro trấu, tro rơm chiếm tỷ lệ cao nhất, lần lượt là 91.9% và 65.4%. Có thể thấy, tro trấu có hàm lượng SiO_2 cao hơn tro rơm rạ nên tro trấu có màu sáng hơn so với tro rơm rạ.



Hình 3. Tro trấu, tro rơm rạ sau khi sàng qua sàng 0.075mm

2.2. Phương pháp thí nghiệm

Tro trấu, tro rơm rạ với các hàm lượng khác nhau từ 0 đến 30% được trộn đều vào mẫu đất tự nhiên. Thí nghiệm xác định các giới hạn Atterberg được tiến hành theo tiêu chuẩn TCVN 4197-2012, ASTM D4318-17. Trong đó, độ ẩm giới hạn chảy được xác định theo phương pháp đập Cassagrade.

3. Kết quả thí nghiệm và thảo luận

3.1. Kết quả thí nghiệm

Kết quả thí nghiệm xác định độ ẩm giới hạn chảy, giới hạn dẻo của hỗn hợp đất+tro trấu, đất+tro rơm rạ được thể hiện trong bảng 2 và 3.

Bảng 2. Độ ẩm giới hạn chảy, giới hạn dẻo của hỗn hợp đất+tro trấu

Hàm lượng tro trấu (%)	Độ ẩm giới hạn chảy, W_L (%)	Độ ẩm giới hạn dẻo, W_P (%)	Chỉ số dẻo, PI
0	71.5	44.3	27.2
5	68.8	47.9	20.9
10	67.8	46.3	21.5
15	67.4	43.1	24.3
20	66.1	45.9	20.2
25	67.0	46.1	20.9
30	67.4	46.9	20.5

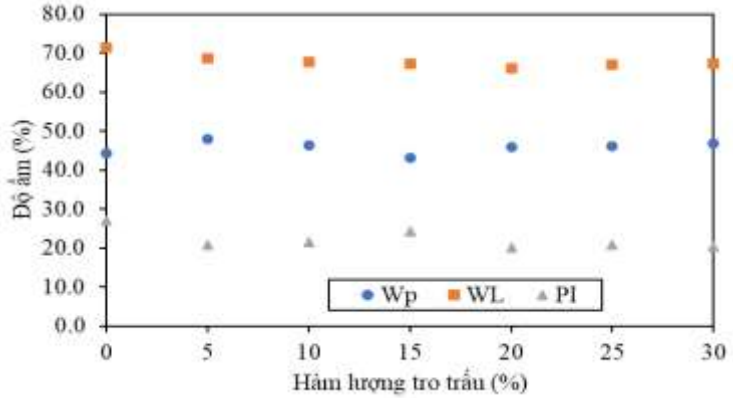
Bảng 3. Độ ẩm giới hạn chảy, giới hạn dẻo của hỗn hợp đất+tro rơm rạ

Hàm lượng tro rơm rạ (%)	Độ ẩm giới hạn chảy, W_L (%)	Độ ẩm giới hạn dẻo, W_P (%)	Chỉ số dẻo, PI (%)
0	71.5	44.3	27.2
5	69.9	46.5	23.4
10	73.9	50.9	23.0
15	76.5	55.2	21.3
20	81.2	61.1	20.1
25	85	65.7	19.3
30	85.5	66.6	18.9

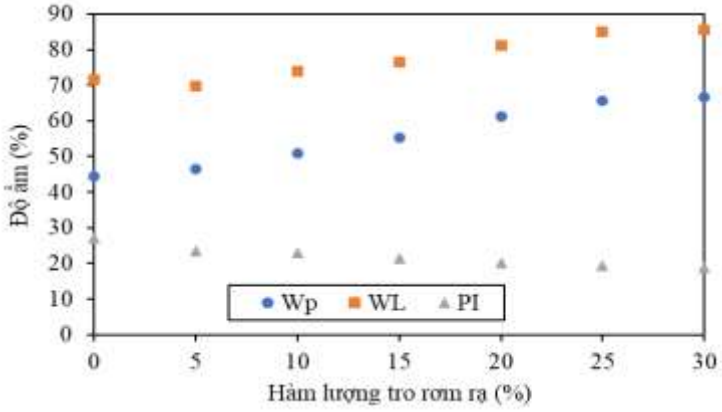
3.2. Thảo luận

Sự thay đổi độ ẩm giới hạn chảy (W_L), độ ẩm giới hạn dẻo (Wp) và chỉ số dẻo (PI) của đất khi hàm lượng tro trấu, tro rơm rạ tăng dần từ 0 đến 30% được thể hiện trên các hình 5 và 6. Trên hình 5 có thể thấy, khi hàm lượng tro trấu tăng dần thì các độ ẩm giới hạn chảy, độ ẩm giới hạn dẻo có xu hướng biến đổi không rõ ràng. Đối với tro rơm rạ, kết quả trên hình 6 cho thấy, khi hàm lượng tro rơm rạ tăng dần tới các giá trị độ ẩm giới hạn chảy và giới hạn dẻo của đất tăng dần. Điều này là do khi tăng hàm lượng tro rơm rạ có thể làm tăng khả năng giữ nước trong đất, dẫn tới làm tăng độ ẩm giới hạn chảy và giới hạn dẻo của hỗn hợp đất (Okafor và Okonkwo, 2009; Sarkar và nnk., 2012). Mặc dù, độ ẩm giới hạn chảy, giới hạn dẻo của hỗn hợp đất+tro trấu, đất+tro rơm rạ có xu hướng biến đổi khác nhau, chỉ số dẻo của đất đều

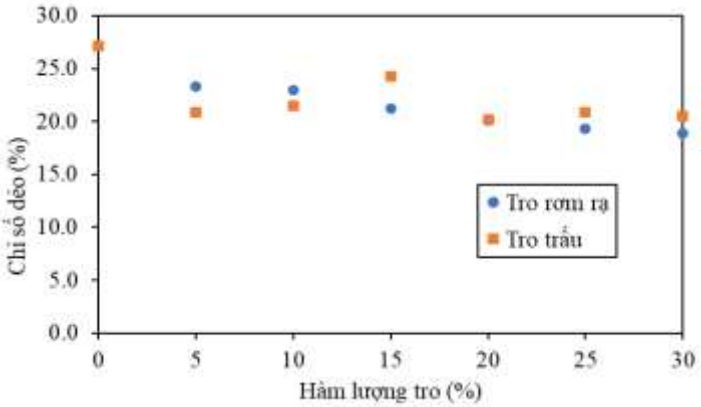
có xu hướng giảm khi hàm lượng tro trấu, tro rơm rạ tăng dần (hình 7). Trên hình 7 có thể thấy, khi sử dụng 30% tro trấu thì chỉ số dẻo của đất giảm từ 27.2% xuống 20.5% (giảm 24.6%), trong khi đó khi sử dụng 30% tro rơm rạ thì chỉ số dẻo giảm từ 27.2% xuống 18.9% (giảm 30.5%). Tại Việt Nam, nghiên cứu của Duong (2022b) cho thấy khi sử dụng 2 loại tro trấu đốt và tro trấu nung với hàm lượng 15% thì chỉ số dẻo của đất giảm lần lượt là 20.7% và 25.7%. Kết quả phân tích, tổng hợp của Duong (2022b) dựa trên nhiều nghiên cứu cũng đã cho thấy sự giảm tính dẻo của đất gần như không phụ thuộc vào hàm lượng SiO_2 có trong tro. Kết quả nghiên cứu của một số tác giả trên thế giới cũng cho thấy tro trấu có thể làm giảm đáng kể tính dẻo của đất. Nghiên cứu của Aziz và nnk. (2015) cho thấy chỉ số dẻo của đất có thể giảm tới 39.4% khi sử dụng 20% tro trấu. Phanikumar và Nagaraju (2018) cho thấy khi sử dụng 25% tro trấu thì chỉ số dẻo của đất giảm từ 55% về 5% (giảm tới 90.9%). Cũng với 25% tro trấu, chỉ số dẻo của đất của đất trương nở ở Ấn Độ giảm từ khoảng 30% về 22% (Jain và nnk., 2020). Gần đây, kết quả nghiên cứu của Babu và nnk. (2023) đã chỉ ra rằng khi sử dụng 50% tro trấu, chỉ số dẻo của đất giảm khoảng 80%. Như vậy, có thể thấy tro trấu có tác dụng cải tạo đất về mặt tính dẻo rất tốt. Tuy nhiên, mức độ giảm tính dẻo của đất phụ thuộc vào hàm lượng tro sử dụng và loại đất.



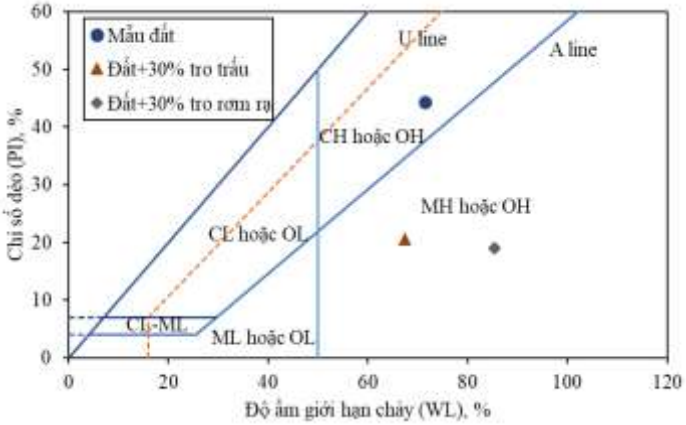
Hình 5. Sự thay đổi các giới hạn Atterberg khi hàm lượng tro trấu tăng dần



Hình 6. Sự thay đổi các giới hạn Atterberg khi hàm lượng tro rơm rạ tăng dần



Hình 7. Ảnh hưởng của tro trấu, tro rơm rạ đến chỉ số dẻo



Hình 8. Biểu đồ Cassagrande thể hiện quan hệ giữa PI và W_L

Mối quan hệ giữa độ ẩm giới hạn chảy (W_L) và chỉ số dẻo (PI) của đất có và không có tro trấu, tro rơm rạ được thể hiện trên biểu đồ Cassagrande (Hình 8). Có thể thấy, khi không sử dụng tro trấu, tro rơm rạ, mẫu đất nằm trên đường "A" và được phân loại là đất CH. Tuy nhiên, khi trộn thêm 30% tro trấu/30% tro rơm rạ thì mẫu đất đã dịch chuyển xuống phía dưới đường "A" và được phân loại thành "MH". Điều này là do khi trộn thêm tro trấu/tro rơm rạ vào đất đã làm thay đổi thành phần hạt của đất. Cụ thể, tro trấu/tro rơm rạ có kích thước nhỏ hơn 0.075mm (kích thước hạt bụi theo ASTM D2487) nên khi trộn vào đất sẽ làm tăng thành phần hạt bụi trong đất. Tro trấu và tro rơm rạ không có tính dẻo hoặc có tính dẻo rất thấp nên hàm lượng hạt sét trong tro là không đáng kể; khi trộn vào đất, hàm lượng hạt sét có thể tăng nhưng tăng rất ít và không ảnh hưởng đến tính dẻo của hỗn hợp đất.

4. Kết luận

Dựa trên việc nghiên cứu tính dẻo của hỗn hợp đất+tro trấu/tro rơm rạ với các hàm lượng tro khác nhau từ 0 đến 30% cho thấy: Tro trấu và tro rơm rạ có thể sử dụng để cải tạo đất về mặt tính dẻo. Cụ thể, với 30% tro trấu, chỉ số dẻo của đất giảm 24.6%; trong khi đó, với 30% tro rơm rạ, chỉ số dẻo của đất giảm 30.5%. Kết hợp với các kết quả nghiên cứu khác cho thấy, mức độ giảm tính dẻo của đất phụ thuộc nhiều vào hàm lượng tro sử dụng và loại đất. Ngoài việc giảm tính dẻo, khi trộn thêm tro trấu/tro rơm rạ vào đất sẽ làm thay đổi thành phần hạt của hỗn hợp đất. Cụ thể, với kích thước tro trấu/tro rơm rạ <0.075mm (kích thược hạt bụi), khi trộn vào đất sẽ làm tăng thành phần hạt bụi của hỗn hợp đất.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này nhận được tài trợ của Bộ Giáo dục và Đào tạo theo đề tài mã số B2024-MDA-07

Tài liệu tham khảo

ASTM D 2487-17, 2017. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)

ASTM D4318-17, 2017. Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.

Aziz, M., Saleem, M., Irfan, M., 2015. Engineering behavior of expansive soils treated with rice husk ash. *Geomechanics and Engineering*, 8: 173–186.

Babu, B.M., Ravali, G., Chinthala Saikiran, B., Kumar, P.R., 2023. Soil stabilizatioon by using rice husk ash. *Journal of Engineering Sciences*, 14.

Duong, N.T., Son, B.T., Nu, N.T., 2022. Possibility of replacing cement with rice husk ash in soft soil improvement using soil-cement column. *Hội nghị ERSD2020*, trang 133-139

Duong, N.T., 2022a. Effect of rice husk ash on unconfined compressive strength of soil-cement admixture. *Suranaree Journal of Science & Technology*, 29.

Duong, N.T., 2022b. Effect of rice husk ash on physical properties of soft soil. *IJEWM* 30, 191. https://doi.org/10.1504/IJEWM.2022.128214

https://www.sggp.org.vn/dbscl-san-luong-lua-dat-gan-24-trieu-tan-post705538.html

Jain, A., Choudhary, A.K., Jha, J.N., 2020. Influence of Rice Husk Ash on the Swelling and Strength Characteristics of Expansive Soil. *Geotech Geol Eng*, 38: 2293–2302. https://doi.org/10.1007/s10706-019-01087-6

Okafor, F.O., Okonkwo, U.N., 2009. Effects of rice husk ash on some geotechnical properties of lateritic soil. *Nigerian Journal of Technology*, 28: 46–52

Phanikumar, B.R., Nagaraju, T.V., 2018. Effect of Fly Ash and Rice Husk Ash on Index and Engineering Properties of Expansive Clays. *Geotech Geol Eng.* 36: 3425–3436. https://doi.org/10.1007/s10706-018-0544-5

Sarkar, G., Islam, M. R., Alamgir, M., Rokonuzzaman, M., 2012. Interpretation of rice husk ash on geotechnical properties of cohesive soil. *Global Journal of Research In Engineering*, 12

TCVN 4197-2012. Phương pháp xác định giới hạn dẻo và giới hạn chảy trong phòng thí nghiệm.

ABSTRACT

Effect of rice husk ash and rice straw ash on the Atterberg's limits of soil

Nguyen Thanh Duong[1,2], Pham Thi Ngoc Ha[1,2]
[1] *Hanoi University of Mining and Geology*
[2] *Research group of Engineering Geology and Geo-environment*

Vietnam is an agricultural country with an annual rice output of about 40 million tons and will generate tens of millions of tons of rice husk and rice straw. When all the rice husk and straw are burned, a large amount of rice husk ash (RHA) and rice straw ash (RSA) will be generated. In Vietnam, RHA and RSA are often dumped into the environment and cause environmental pollution, only a small amount is used as organic fertilizer or as an adsorbent. Therefore, research on the use of RHA and RSA for different purposes is very necessary to reduce the amount as well as help to reduce negative impact to the environment. Vietnam has many types of soft soil, especially in the Red River and Mekong Deltas, and improvement of soft soil before construction is very necessary and popular. This paper will study and evaluate the effect of RHA and RSA on the Atterberg's properties of soft soil in coastal area of Ca Mau province. Accordingly, RHA/RSA with a content from 0 to 30% was mixed with soft soil and then determined the liquid limit, plastic limit of soil mixture. The research results showed that when RHA and RSA were mixed into the soil, the plasticity of the soil would gradually decrease. In addition, adding more RHA/RSA into the soil, the silt content in soil will be increased. This research results show that RHA and RSA can be used to improve soft soil in terms of plasticity index.

Keywords: Rice husk ash, rice straw ash, soft soil, Atterberg's limits

Thí nghiệm cắt khối lớn cho bài toán ổn định mái dốc tự nhiên

Nhữ Việt Hà[1,2*], Bùi Văn Bình[1,2], Dương Văn Bình[1,2], Trần Vũ Long[1], Phạm Thị Ngọc Hà[1,2]
[1]Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[2] Nhóm nghiên cứu Địa chất công trình và Địa môi trường

TÓM TẮT

Đảm bảo an toàn cho các công trình xây dựng trên sườn dốc là một thách thức lớn do sự dịch chuyển của khối đất đá dưới tác động của tải trọng và các yếu tố môi trường. Để đánh giá ổn định mái dốc và thiết kế các công trình chắn giữ, việc xác định chính xác các thông số sức kháng cắt của đất, bao gồm góc ma sát trong (φ) và lực dính kết (c), là rất cần thiết. Tuy nhiên, khó khăn trong việc lấy mẫu nguyên trạng đối với đất đá phong hóa trên sườn dốc đã thúc đẩy sự phát triển của các phương pháp thí nghiệm hiện trường. Nghiên cứu này trình bày kết quả thí nghiệm cắt khối lớn nhằm xác định các thông số sức kháng cắt cho lớp đất sét pha lẫn dăm sạn. Quy trình thí nghiệm bao gồm 4 bước: 1) Tạo mặt bằng và mẫu thí nghiệm, 2) Lắp đặt thiết bị, 3) Thực hiện thí nghiệm, và 4) Tính toán kết quả. Thí nghiệm được tiến hành với các cấp áp lực tăng dần trên mẫu đất ở hai trạng thái tự nhiên và bão hòa, giúp xác định chính xác sức kháng cắt của đất và xây dựng các đồ thị quan hệ. Kết quả thí nghiệm cung cấp dữ liệu tin cậy cho thiết kế tường chắn và kiểm toán ổn định trượt, đồng thời tăng cường hiệu quả khảo sát địa kỹ thuật trên sườn dốc. Những thông tin thu được cũng hỗ trợ thiết kế công trình an toàn hơn. Thí nghiệm cắt khối lớn được khuyến nghị trở thành một phương pháp tiêu chuẩn trong các dự án xây dựng trên sườn dốc, đặc biệt tại các khu vực có nguy cơ trượt lở cao.

Từ khóa: thí nghiệm cắt khối lớn, sức kháng cắt của đất, ổn định mái dốc, Tân Vinh

1. Giới thiệu chung

Địa hình Việt Nam được đặc trưng bởi sự chiếm ưu thế của dạng địa hình đồi núi so với địa hình đồng bằng. Đặc trưng địa hình địa mạo kết hợp với các yếu tố khác như lượng mưa, quá trình phong hóa, sử dụng đất đã dẫn đến sự phát sinh mạnh mẽ các quá trình dịch chuyển trên sườn dốc như trượt lở, lũ quét, lũ bùn đá (Bui và nnk., 2023; Hoa và nnk., 2024)… Sự gia tăng dân số đã dẫn đến sử mở rộng nhanh chóng của các khu dân cư và các khu vực đô thị. Tại các khu vực miền núi, do sự hạn chế về quỹ đất, rất nhiều công trình xây dựng đã và đang được xây dựng trên các sườn dốc tự nhiên. Điều này dẫn đến tiềm ẩn nhiều nguy cơ và rủi ro với sinh mạng cư dân và tài sản của họ (Hoang & Liou, 2024). Do đó, một vấn đề quan trọng là xác định các vị trí xây dựng phù hợp hoặc xây dựng các công trình bảo vệ các tác động của khối đất đá trên sườn dốc.

Tính toán ổn định sườn dốc là bài toán một dạng bài toán cơ học đất điển hình - đã được rất nhiều tác giả nghiên cứu và phát triển thành các mô hình khác nhau (Bishop & Morgenstern, 1960; Cheng & Yip, 2007). Đặc điểm chung của các mô hình này là có dữ liệu đầu vào sử dụng các đặc trưng sức kháng cắt của đất (góc ma sát trong φ và lực dính kết C). Các đặc trưng này thường được xác định trong phòng thí nghiệm từ các mẫu khoan. Tuy nhiên, các sườn dốc thường có thành phần là các sản phẩm phong hóa tàn tích, thành phần hạt không đồng nhất, có lẫn nhiều dăm sạn, đôi khi chứa nhiều hòn lớn. Do hạn chế về đường kính lấy mẫu cũng như thiết bị thí nghiệm trong phòng, các loại đất phong hóa tàn tích lẫn nhiều dăm sạn lớn sẽ không khả thi hoặc không đảm bảo tính nguyên trạng khi khoan lấy mẫu, kết quả thí nghiệm không phản ánh đúng cường độ kháng cắt đất mái dốc.

Các thí nghiệm hiện trường là một phần quan trọng của khảo sát địa kỹ thuật, được phát triển để khắc phục các nhược điểm của thí nghiệm trong phòng và gia tăng độ tin cậy của các thông tin thu được. Đối với các loại đất là sản phẩm tàn tích phong hóa, một số thí nghiệm hiện trường điển hình thường được tiến hành như cắt khối lớn, nén sập cột đất, đẩy ngang cột đất nhằm xác định các đặc trưng kháng cắt (Zou và nnk., 2020). Các thí nghiệm này được tiến hành trong hố đào với các khối mẫu được gia công tại chỗ.

Bài báo trình bày các kết quả thí nghiệm cắt khối lớn cho bài toán ổn định mái dốc tại xã Tân Vinh, huyện Lương Sơn, tỉnh Hòa Bình. Quá trình thí nghiệm được tiến hành với các mẫu đất hình lập phương tại hai trạng thái tự nhiên và bão hòa với các cấp áp lực tăng dần. Các kết quả thí nghiệm đã cung cấp các dữ liệu tin cậy về trạng thái làm việc thực tế của khối đất hiện trường và do đó có ý nghĩa to lớn đối với công tác tính toán thiết kế ổn định mái dốc và công trình trên sườn dốc.

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: nhuvietha@humg.edu.vn

2. Khu vực nghiên cứu

Vị trí nghiên cứu thuộc mái dốc trong phạm vi xây dựng Dự án "Wedo-Wegood Hòa Bình Farm" – Xã Tân Vinh, huyện Lương Sơn, tỉnh Hòa Bình (Hình 1). Khu vực nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa nóng ẩm, có mùa đông khí lạnh và mưa ít, mùa hè nóng và mưa nhiều, tính chất nhiệt đới thể hiện rõ rệt là nhiệt độ bình quân cao, dao động từ 21,8 °C – 24,7 °C. Lượng mưa trung bình từ 1.800 - 2.200mm. Do ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc từ tháng 12 năm trước tới tháng 1, tháng 2 năm sau, lượng mưa giảm rõ rệt, bình quân chỉ có 12,3 mm/năm. Vào mùa hè số ngày mưa và lượng mưa lớn từ tháng 5 đến tháng 10, tập trung vào các tháng 6, 7, 8, 9. Bình quân số ngày mưa cả năm dao động từ 110 - 120 ngày.



Hình 1. Vị trí nghiên cứu

3. Chuẩn bị và tiến hành thí nghiệm

Công tác thí nghiệm cắt khối lớn được tiến hành với mục đích xác định sức kháng cắt của lớp đất đá có thành phần bất đồng nhất lẫn nhiều dăm sạn (thí nghiệm trong phòng cho kết quả không đại diện do tỉ lệ kích thước mẫu và đường kính các mảnh dăm sạn không đảm bảo yêu cầu thí nghiệm trong phòng) nhằm cung cấp số liệu cần thiết, tin cậy cho thiết kế tường chắn đất và kiểm toán ổn định trượt. Trong phạm vi nghiên cứu, chúng tôi đã bố trí 01 điểm thí nghiệm cắt khối lớn nhằm xác định sức kháng cắt ở trạng thái tự nhiên và trạng thái bão hòa của lớp đất Dăm sạn lẫn sét pha, là sản phẩm phong hóa từ đá sét bột kết, xám vàng, loang lổ, rất chặt. Nội dung và vị trí công tác thí nghiệm cắt khối lớn thể hiện trên Bảng 1.

Bảng 1. Nội dung và vị trí thí nghiệm cắt khối lớn xác định sức kháng cắt

TT	Nội dung	Hố đào thí nghiệm	Ghi chú
1	Thí nghiệm cắt khối lớn - xác định sức chống cắt của đất ở hiện trường: 01 vị trí tại lớp đất dăm sạn lẫn sét pha x 2 trạng thái (tự nhiên và bão hòa)	HĐ Kích thước 1.0x3.0x1.5m	Mỗi thí nghiệm thực hiện trên 03 mẫu hình lập phương 30x30x30 cm.

Công tác thí nghiệm cắt khối lớn được tiến hành theo quy trình như sau:

1) Tạo mặt bằng và mẫu thí nghiệm

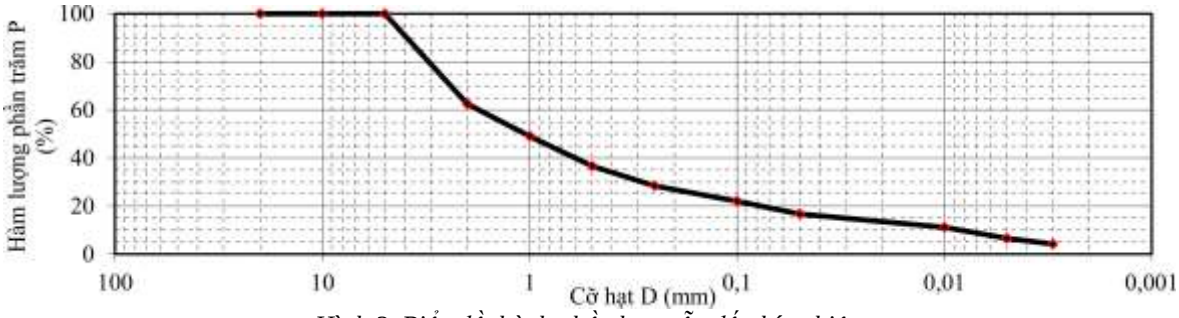
Tại vị trí thí nghiệm đã được xác định, tiến hành đào hố ở mái dốc taluy có kích thước trung bình rộng 2.0m x dài 3.0m x sâu 1.5m của lớp, đới cần thí nghiệm (kích thước có thể thay đổi tùy thuộc vào độ sâu gặp các lớp, đới địa chất).

Tiến hành làm phẳng bề mặt đáy hố đào, dọn sạch đất đá bám dính xung quanh hố, chụp ảnh, mô tả địa chất đặc trưng vùng thí nghiệm. Dùng dao và các dụng cụ hỗ trợ gia công tạo khối đất hình lập phương 30 x 30 x 30cm. San, gạt và rải 1 lớp cát mịn tạo mặt phẳng nén. Tiến hành lắp đặt hộp mẫu để giữ cho mẫu không bị ảnh hưởng trong quá trình chuẩn bị thí nghiệm (Hình 2).



Hình 2. Tạo mặt bằng và mẫu thí nghiệm – dự án Wedo-Wegood Hoà Bình Farm

Mẫu được cắt ở trạng thái tự nhiên và bão hòa. Ở trạng thái tự nhiên, sau khi gia công mẫu, mẫu được bao bọc bởi hộp mẫu để giữ được độ ẩm. Với mẫu thí nghiệm ở trạng thái bão hòa, tiến hành bơm nước vào trong hố đào, giữ cho mực nước trong hố đào ngập khoảng 2/3 chiều cao mẫu. Mẫu được bảo vệ bởi hộp mẫu, nhằm tránh hiện tượng mẫu bị tan rã ở các bề mặt xung quanh. Thời gian bão hòa mẫu khoảng 24h, cho đến khi thấy nước mao dẫn xuất hiện bên trên mặt mẫu. Khi đó, bước thí nghiệm tiếp theo có thể được thực hiện.



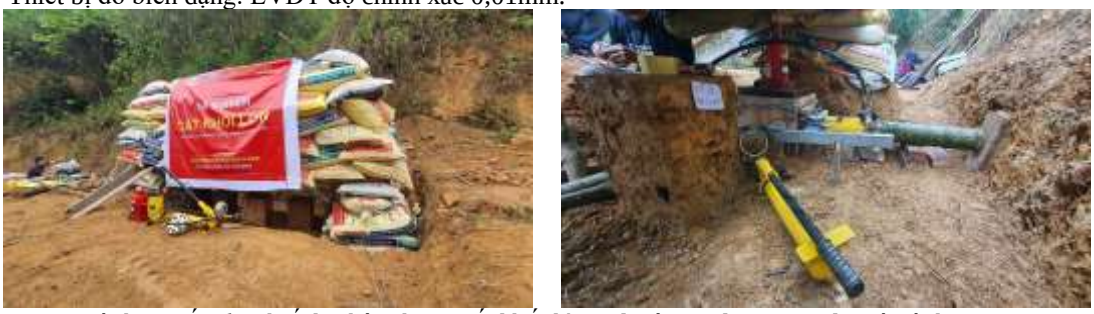
Hình 3. Biểu đồ thành phần hạt mẫu đất thí nghiệm

2) Lắp đặt thiết bị thí nghiệm

Sau khi tạo trụ thí nghiệm, tiến hành lắp đặt thiết bị thí nghiệm tạo áp lực nén và áp lực đẩy cùng hệ thống đồng hồ đo biến dạng (Hình 4).

Thiết bị thí nghiệm cắt khối lớn có các thông số:

- Kích thủy lực có bước công tác của pit tông đẩy là 120mm;
- Đồng hồ đo áp lực loại 25 kG/cm^2 giá trị của vạch chia là 0,2 kG/cm^2;
- Đồng hồ đo biến dạng có giá trị vạch chia 1/100 (mm);
- Thiết bị đo lực: Loadcell 30 tấn
- Thiết bị đo biến dạng: LVDT độ chính xác 0,01mm.



Hình 4. Lắp đặt thiết bị thí nghiệm cắt khối lớn – dự án Wedo-Wegood Hoà Bình Farm

3) Thực hiện thí nghiệm

Bước 1: Tạo áp lực pháp tuyến

Sau khi lắp đặt xong các thiết bị thí nghiệm, tiến hành tăng tải tạo áp lực pháp tuyến tác dụng lên trên bề mặt mẫu. Các cấp áp lực được lựa chọn cho 3 khối mẫu lập phương lần lượt là 1.0; 2.0 và 3.0 kG/cm^2. Khi tác dụng áp lực pháp tuyến, tiến hành tăng tải từ từ đến áp lực dự kiến. Sau đó, giữ áp lực pháp tuyến không đổi và theo dõi biến dạng thẳng đứng của mẫu. Do biến dạng thẳng đứng xảy ra, áp lực pháp tuyến sẽ bị suy giảm. Vì vậy cần tiến hành bù tải để duy trì áp lực áp tuyến không đổi tương ứng với mỗi mẫu thí nghiệm. Khi biến dạng thẳng đứng tiến tới ổn định và áp lực pháp tuyến không đổi (thời gian duy trì áp lực pháp tuyến và biến dạng ko đổi ít nhất khoảng 30 phút), bước thí nghiệm tiếp theo có thể được tiến hành.

Bước 2: Tác dụng lực cắt

Mẫu sau khi tác dụng áp lực pháp tuyến đạt được các yêu cầu như trong bước 1, tiến hành tăng tải trọng theo hướng định trước với phương tác dụng song song với bề mặt mẫu bị cắt dự kiến. Áp lực đẩy tác dụng lên mẫu theo từng cấp, mỗi cấp bằng 1/10 giá trị áp lực nén. Trong quá trình tăng tải, loadcell và thiết bị đo chuyển vị ngang của mẫu (LVDT) sẽ ghi lại các giá trị lực tác dụng và chuyển vị ngang tương ứng của mẫu. Quá trình

thí nghiệm diễn ra cho đến khi mẫu bị phá hủy hoàn toàn.

Kết thúc thí nghiệm tiến hành lật khối mẫu để xem xét đặc điểm của mặt phá hủy, chụp ảnh, mô tả mặt trượt và đặc điểm của mẫu đất đá thí nghiệm.

4) Tính toán kết quả thí nghiệm

Phương pháp tính toán dựa trên cơ sở quan hệ giữa áp lực cắt và áp lực nén là quan hệ tuyến tính. Các chỉ tiêu lực chống cắt là góc nội ma sát φ và lực dính kết C được tính theo công thức:

$$tg\varphi = \frac{n\sum \tau_i\sigma_i - \sum \tau_i \sum \sigma_i}{n\sum \sigma_i^2 - (\sum \sigma_i)^2} \quad (1)$$

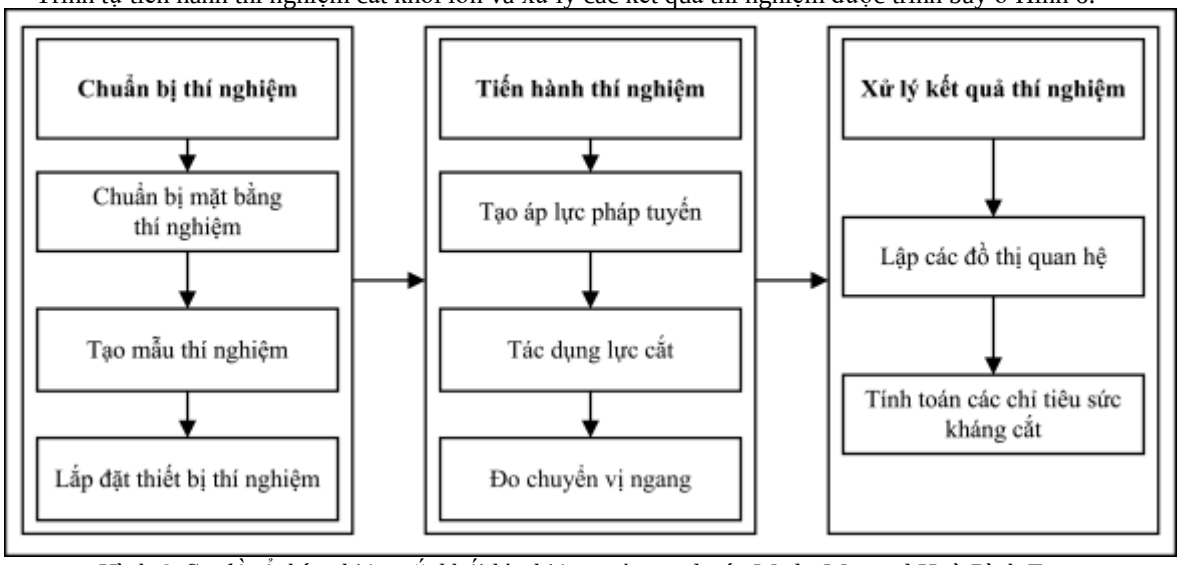
$$C = \frac{\sum \tau_i \sum \sigma_i^2 - \sum \sigma_i \sum \sigma_i\tau_i}{n\sum \sigma_i^2 - (\sum \sigma_i)^2} \quad (2)$$

Các thí nghiệm được tiến hành ở trạng thái tự nhiên và bão hòa. Mỗi thí nghiệm thực hiện 3 dao cắt (mẫu/trụ) tương ứng với 3 cấp áp lực nén thẳng đứng tối đa là 1.0; 2.0; 3.0 kG/cm^2 (cấp áp lực nén có thể điều chỉnh tùy thuộc vào khả năng chịu tải của mái dốc cũng như áp lực nén tính toán).



Hình 5. Tiến hành thí nghiệm và mô tả mẫu đất sau thí nghiệm – dự án Wedo-Wegood Hoà Bình Farm

Trình tự tiến hành thí nghiệm cắt khối lớn và xử lý các kết quả thí nghiệm được trình bày ở Hình 6.



Hình 6. Sơ đồ tổ thí nghiệm cắt khối lớn hiện trường – dự án Wedo-Wegood Hoà Bình Farm

4. Kết quả và thảo luận

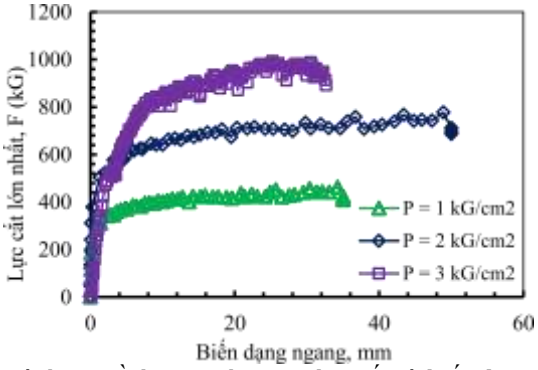
Khu vực nghiên cứu có cao độ địa hình biến đổi trung bình ở phần nửa đầu điện tích dự án, phần nửa sau cao độ địa hình biến đổi mạnh theo phương Tây Nam – Đông Bắc. Trong khi đó, địa hình bị phân cắt mạnh dọc theo các ranh giới tiếp giáp do đặc điểm địa hình đồi núi thấp và các hoạt động xây dựng thay đổi địa hình khu vực lân cận theo phương Tây Bắc – Đông Nam. Mặc dù có sự thuận lợi nhất định trong việc cung cấp, vận chuyện vật liệu và máy móc thiết bị trong quá trình thi công xây dựng (với tiếp cận sát đường giao thông ở phía Tây Nam của dự án) nhưng nhìn chung điều kiện địa hình địa mạo chứa đựng nhiều yếu tố không thuận lợi cho công tác xây dựng dự án. Với sự chênh lệch cao độ địa hình lớn, việc tạo lập các mặt bằng công năng khai thác sẽ không thuận lợi cả về sự phân bậc địa hình, tổng diện tích sử dụng, giao thông kết nối và thi công xây dựng. Độ dốc địa hình lớn, trong đó tồn tại các khu vực đắp mới và khu vực đào tồn tại nhiều nguy cơ sạt sở, mất ổn định mái dốc. Theo phương Tây Bắc – Đông Nam, địa hình bị phân cắt mạnh dọc theo các ranh giới tiếp giáp do đặc điểm địa hình đồi núi thấp và các hoạt động xây dựng thay đổi địa hình khu vực liên kết gây bất lợi cho việc xây dựng các hạng mục công trình theo hướng này (ngay cả đối với công trình có tải trọng không lớn như hệ thống tường bao, thoát nước, …).

Kết quả thí nghiệm cắt khối lớn xác định sức kháng cắt đối với mẫu ở trạng thái tự nhiên và bão hòa được trình bày trong Bảng 2:

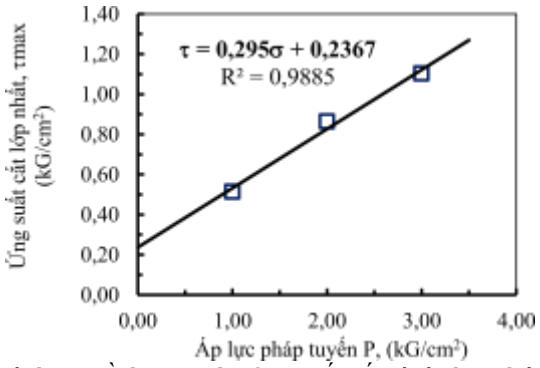
Bảng 2. Kết quả thí nghiệm cắt khối lớn xác định sức kháng cắt của đất

Trạng thái thí nghiệm	Tên chỉ tiêu	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Tự nhiên	Góc ma sát trong	φ	$16^0 26'$	Độ
	Lực dính kết	c	0.237	kG/cm^2
Bão hòa	Góc ma sát trong	φ	$13^0 50'$	Độ
	Lực dính kết	c	0.195	kG/cm^2

Kết quả thí nghiệm cắt khối lớn đã lập được các đồ thị quan hệ giữa lực cắt và biến dạng ngang (Hình 7), ứng suất cắt và áp lực pháp tuyến (Hình 8) đối với mẫu ở trạng thái tự nhiên.

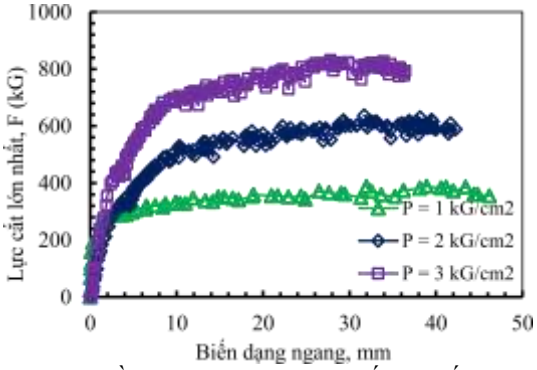


Hình 7. Đồ thị quan hệ giữa lực cắt và biến dạng ngang với mẫu ở trạng thái tự nhiên

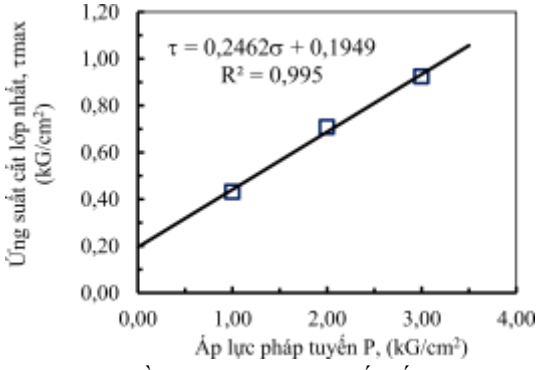


Hình 8. Đồ thị quan hệ ứng suất cắt và áp lực pháp tuyến với mẫu ở trạng thái tự nhiên

Kết quả thí nghiệm cắt khối lớn đã lập được các đồ thị quan hệ giữa lực cắt và biến dạng ngang (Hình 9), ứng suất cắt và áp lực pháp tuyến (Hình 10) đối với mẫu ở trạng thái bão hòa.



Hình 9. Đồ thị quan hệ giữa lực cắt và biến dạng ngang với mẫu ở trạng thái bão hòa



Hình 10. Đồ thị quan hệ ứng suất cắt và áp lực pháp tuyến với mẫu ở trạng thái bão hòa

Lớp đất thí nghiệm trong phạm vi nghiên cứu là các sản phẩm phong hóa của đá gốc, nên sự phân bố về thành phần vật chất và cường độ sức chịu tải theo không gian có nhiều biến đổi cục bộ, ngay cả trong phạm vi bề dày của lớp. Tính chất cơ học biến đổi theo hướng suy giảm khi bão hòa nước, do đó có thể làm phát sinh nguy cơ mất ổn định sườn dốc. Trong điều kiện bão hòa nước, đất đá sẽ bị suy giảm mạnh về sức kháng cắt, thể hiện ở sự suy giảm lực dính và góc ma sát trong, lần lượt là 0,042 kG/cm^2 và $2^0 36'$, làm gia tăng nguy cơ rủi ro mất ổn định mái dốc và các công trình liên quan. Do đó, trạng thái bất lợi nhất là trạng thái đất bị bão hòa nước.

5. Kết luận

Công tác tính toán và thiết kế các công trình trên sườn dốc phải đảm bảo tuyệt đối an toàn, nhằm hạn chế tối đa những rủi ro liên quan đến nhân mạng và tài sản. Trong đó, việc xác định chính xác các thông số địa kỹ thuật là yếu tố quan trọng, đòi hỏi phải áp dụng những thí nghiệm phù hợp với đặc điểm của từng loại đất nền. Đặc biệt, với các loại đất đá phong hóa có thành phần bất đồng nhất, lẫn nhiều dăm sạn lớn, thí nghiệm trong phòng thường không đảm bảo tính đại diện do tỷ lệ kích thước mẫu và đường kính các mảnh dăm sạn không đáp ứng yêu cầu kỹ thuật. Vì vậy, thí nghiệm cắt khối lớn ngoài hiện trường trở thành phương pháp hữu hiệu để xác định chính xác sức kháng cắt của đất.

Trong nghiên cứu này, thí nghiệm cắt khối lớn được thực hiện nhằm cung cấp dữ liệu đáng tin cậy cho công tác thiết kế tường chắn đất và kiểm toán ổn định trượt. Quá trình thí nghiệm được tiến hành theo sơ đồ chất tải với các cấp áp lực tăng dần, tại các trạng thái mẫu tự nhiên và mẫu bão hòa. Kết quả thu được giúp xây dựng

các đồ thị quan hệ giữa các thông số thí nghiệm và xác định sức kháng cắt của đất tại hiện trường.

Các kết quả nghiên cứu không chỉ hữu ích trong việc tăng cường hiệu quả khảo sát địa kỹ thuật trên sườn dốc mà còn cung cấp các thông số thực tế của điều kiện làm việc của đất nền, phục vụ cho thiết kế và đảm bảo an toàn cho các công trình xây dựng. Nó là cơ sở để khuyến nghị rằng thí nghiệm cắt khối lớn nên trở thành một thông số tiêu chuẩn trong khảo sát và thiết kế các dự án xây dựng trên sườn dốc, đặc biệt tại các khu vực có nguy cơ trượt lở và địa hình phân cắt cao.

Tài liệu tham khảo

Bishop, A. W., & Morgenstern, N., 1960. Stability Coefficients for Earth Slopes. *Geotechnique,* 10(4): 129-153.

Bui, Q. D., Ha, H., Khuc, D. T., Nguyen, D. Q., von Meding, J., Nguyen, L. P., & Luu, C., 2023. Landslide susceptibility prediction mapping with advanced ensemble models: Son La province, Vietnam. *Natural Hazards,* 116(2): 2283-2309.

Cheng, Y. M., & Yip, C. J., 2007. Three-Dimensional Asymmetrical Slope Stability Analysis Extension of Bishop's, Janbu's, and Morgenstern-Price's Techniques. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering,* 133(12): 1544-1555.

Hoa, P. V., Binh, N. A., Hong, P. V., An, N. N., Thao, G. T. P., Hanh, N. C.,... Bui, D. T., 2024. One-dimensional deep learning driven geospatial analysis for flash flood susceptibility mapping: a case study in North Central Vietnam. *Earth Science Informatics*.

Hoang, D.-V., & Liou, Y.-A., 2024. Assessing the influence of human activities on flash flood susceptibility in mountainous regions of Vietnam. *Ecological Indicators,* 158, 111417.

Zou, Z., Zhang, Q., Xiong, C., Tang, H., Fan, L., Xie, F.,... Luo, Y., 2020. In Situ Shear Test for Revealing the Mechanical Properties of the Gravelly Slip Zone Soil. *Sensors,* 20(22).

ABSTRACT

Large sized shear test for natural slope stability analysis

Nhu Viet Ha[1,2], Bui Van Binh[1,2], Duong Van Binh[1,2], Tran Vu Long[1], Phạm Thi Ngoc Ha[1,2]

[1] *Hanoi University of Mining and Geology*

[2] *Research group of Engineering Geology and Geo-environment*

Ensuring the safety of construction projects on slopes presents significant challenges due to the movement of soil and rock masses under the influence of loads and environmental factors. To assess slope stability and design retaining structures, accurately determining the shear strength parameters of the soil, such as the internal friction angle (φ) and cohesion (c), is essential. However, difficulties in obtaining undisturbed samples from weathered soil and rock on slopes have led to the development of in-situ testing methods. This study presents the results of large-scale shear tests conducted to determine the shear strength parameters of clayey soil mixed with gravel. The testing procedure consisted of four steps: 1) Site preparation and sample creation, 2) Equipment installation, 3) Test execution, and 4) Data analysis. The tests were carried out with incremental loading on natural and saturated soil samples, allowing for accurate determination of the soil's shear strength and the construction of stress-strain relationships. The test results provide reliable data for designing retaining walls and slope stability assessments while enhancing the efficiency of geotechnical investigations on slopes. The findings also contribute to safer design practices for slope construction. Large-scale shear testing is recommended as a standard method for construction projects on slopes, particularly in areas prone to landslides and severe terrain fragmentation.

Keywords: Large sized shear test, soil shear strength, slope stability, Tan Vinh

Xác định hệ số mất mát thể tích đất (V_L) theo kết quả dự báo và quan trắc độ lún mặt đất khi thi công đường hầm bằng khiên đào (TBM)

Nguyễn Văn Hiến*
Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

TÓM TẮT

Hệ thống các đường hầm rất cần thiết cho một thành phố hiện đại để giải quyết những vấn đề bức xúc về giao thông, nó không những đảm bảo cảnh quan mà còn tiết kiệm được không gian trên mặt đất. Tuy nhiên, trong quá trình thi công đường hầm thường gây ra hiện tượng lún mặt đất, làm thay đổi trạng thái làm việc của các công trình xây dựng bên trên, nguy hiểm hơn nó có thể phá hủy kết cấu gây mất ổn định công trình. Vì vậy, một trong những vấn đề quan trọng trong công tác thiết kế là phải dự báo được độ lún mặt đất gây ra bởi việc đào đường hầm. Những kết quả dự báo sẽ làm cơ sở đề xuất các biện pháp nhằm hạn chế những rủi ro có thể xảy ra trong quá trình thi công. Để dự báo được độ lún mặt đất theo phương pháp phân tích lý thuyết và phương pháp phần tử hữu hạn cần phải xác định được hệ số mất mát thể tích đất (V_L) trong quá trình thi công đường hầm. Nội dung nghiên cứu này sử dụng phương pháp bán thực nghiệm và phương pháp phần tử hữu hạn phân tích ngược độ lún bề mặt để xác định hệ số mất mát thể tích đất. Kết quả phân tích sẽ được so sánh và đánh giá với các dữ liệu quan trắc hiện trường.

Từ khóa: đường hầm; độ lún bề mặt; phễu lún mặt đất; hệ số mất mát thể tích đất.

1. Tổng quan

Trong quá trình thi công đường hầm có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến hiện tượng lún mặt đất, trong đó các yếu tố liên quan đến công nghệ xây dựng, điều kiện địa chất và đặc điểm kết cấu của hầm giữ vai trò quan trọng. Nếu không có những dự báo trước để lựa chọn giải pháp thiết kế, biện pháp thi công và chống giữ hợp lý sẽ dẫn đến những rủi ro rất lớn trong quá trình thi công, cũng như gây mất ổn định cho các công trình xây dựng bên trên. Nghiên cứu này trình bày kết quả quan trắc và phân tích độ lún mặt đất do đào đường hầm đôi dưới dạng chồng chất và lệch góc phục vụ thi công tuyến tàu điện ngầm bằng máy đào TBM cân bằng áp lực đất (EPB). Quan trắc độ lún mặt đất được thực hiện ở cả mặt cắt ngang và mặt cắt dọc theo hướng đào đường hầm để tìm ra tham số chiều rộng phễu lún và hệ số mất mát thể tích đất. Ngoài ra, dựa vào điều kiện địa chất, cấu hình TBM và dữ liệu vận hành thực tế, giá trị mất mát thể tích đất và độ lún mặt đất được dự báo bằng phương pháp bán thực nghiệm và phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) với sự hỗ trợ của phần mềm Plaxis 2D V8.5.

2. Các phương pháp dự báo độ lún bề mặt

2.1. Phương pháp bán thực nghiệm

Hiện tượng lún mặt đất trong quá trình thi công đường hầm được biểu thị bởi sự hình thành của một phễu lún. Phễu lún thường xuất hiện dưới dạng máng ba chiều (Hình 1). Hình dạng và độ dịch chuyển của phễu lún tuân theo định luật Gaussian, được đặc trưng bởi độ lún lớn nhất tại trục của đường hầm. Độ lún của phễu sẽ giảm theo khoảng cách từ điểm uốn của đường cong ra phía ngoài trong mặt cắt ngang của công trình (Hình 2). Độ lún của phễu lún được xác định theo công thức (1).

$$S_v(x) = S_{max} \exp\left(\frac{-x^2}{2i^2}\right) \quad (1)$$

Trong đó: x - khoảng cách ngang đến trục của đường hầm; $S_v(x)$ - độ lún bề mặt tương ứng với tọa độ x; S_{max} - độ lún bề mặt lớn nhất tại trục của đường hầm; i - tham số chiều rộng phễu lún (điểm uốn của đường cong lún); Z_0 - độ sâu của trục đường hầm; R - bán kính của đường hầm.

Mô hình được Peck đề xuất để ước lượng phễu lún, cho phép suy ra điểm uốn (i) và nửa chiều rộng của phễu lún (L_c), cũng như xác định giá trị độ lún lớn nhất (S_{max}) trên bề mặt trong quá trình đào đường hầm. Để tính toán độ lún trên bề mặt, có một mối quan hệ gần đúng được Mair và Taylor đề xuất cho phép xác định điểm uốn của đường cong phễu lún.

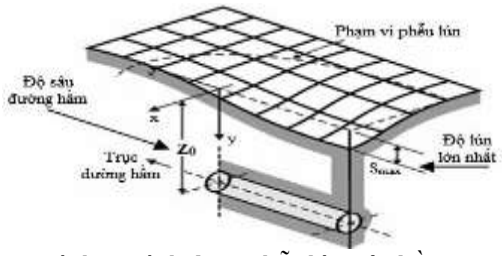
*Tác giả liên hệ:
Email: hiennv@huce.edu.vn

$$i = k.Z_0 \quad (2)$$

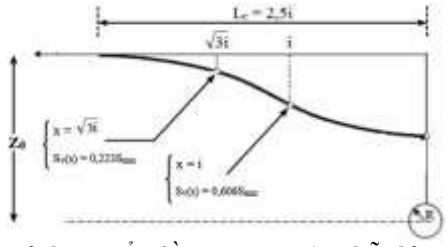
Nhiều nghiên cứu của các tác giả đã xác nhận rằng đối với đất dính k = 0,4 ÷ 0,5 và đối với đất rời k = 0,25 ÷ 0,35. Thể tích của phễu lún được xác định từ công thức (1) phải bằng giá trị mất mát thể tích đất xảy ra xung quanh đường hầm, thường được biểu thị bằng tỷ lệ V_L của diện tích đào đối với đường hầm tròn.

Dựa vào thông số này Mair và cộng sự đưa ra công thức (3) để xác định giá trị S_{max}.

$$S_{\max} = 0{,}313\frac{V_L D^2}{i} \quad (3)$$



Hình 1. Hình dạng phễu lún trên bề mặt (Attewell et al., 1986)



Hình 2. Biểu đồ Gaussian của phễu lún (Peck, 1969)

Đối với đường hầm đôi, không thể áp dụng trực tiếp công thức trên để biểu diễn biên độ độ lún bề mặt bằng đường cong phễu lún Gaussian. Trong trường hợp này, phương pháp cộng tác dụng do Suwansawat đề xuất có thể được sử dụng để phân tích lún trên đường hầm đôi bằng công thức (4).

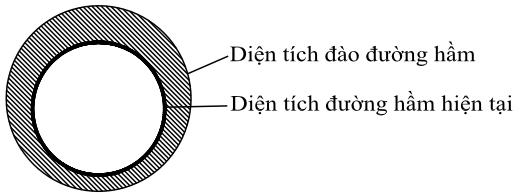
$$S_v(x) = S_{\max,1}\exp\left(-\frac{(x + d/2)^2}{2i_1^2}\right) + S_{\max,2}\exp\left(-\frac{(x - d/2)^2}{2i_2^2}\right) \quad (4)$$

Với i_1, i_2 - tham số chiều rộng phễu lún tại điểm uốn của đường hầm thứ nhất và đường hầm thứ hai; d - khoảng cách tính từ tâm giữa hai đường hầm; x - khoảng cách ngang tính từ trọng tâm giữa hai đường hầm.

2.2. Phương pháp phần tử hữu hạn

Các trình tự xây dựng cho phân tích phần tử hữu hạn (FEM) trong quá trình đào đường hầm sử dụng khiên đào TBM được chia thành bốn giai đoạn chính: (1) kích hoạt khiên đào và cân bằng áp lực tại bề mặt, (2) lắp đặt vỏ hầm và phụt vữa lấp đầy khoảng trống, (3) vữa đông cứng và (4) vữa cứng.

Vermeer và Brinkgreve đề xuất phương pháp biến dạng phẳng hai chiều, cụ thể là phương pháp co giảm để tính toán chuyển vị của mặt đất do đào đường hầm. Phương pháp này bao gồm hai bước tính toán (Hình 3). Bước tính toán đầu tiên bắt đầu bằng cách kích hoạt lớp vỏ hầm và loại bỏ phần khối đất bên trong đường hầm. Lớp vỏ hầm di chuyển vào không gian của lớp đất đã được đào. Trong bước tính toán thứ hai, phần đất xung quanh lớp vỏ hầm được co giảm đồng đều theo từng bước cho đến khi đạt được tỷ lệ co giảm ấn định trước. Mất mát thể tích đất trong quá trình đào đường hầm có thể được giải thích như sau: Mất mát thể tích đất = (diện tích mặt cắt đào đường hầm – diện tích mặt cắt đường hầm hiện tại)/diện tích mặt cắt đào đường hầm. Phân tích độ lún bề mặt gây ra do quá trình đào đường hầm theo các giai đoạn trên được thực hiện với phần mềm Plaxis 2D V8.5.



Hình 3. Mặt cắt ngang đường hầm

3. Xác định hệ số mất mát thể tích đất (V_L) theo kết quả quan trắc hiện trường

Như đã đề cập ở trên, đường cong phễu lún mặt đất được hình thành trong quá trình đào đường hầm biểu thị sự phân bố Gaussian. Do đó, trên cơ sở khớp đường cong Gaussian theo phương pháp bình phương nhỏ nhất đối với phễu lún có thể xác định được hệ số mất mát thể tích (V_L) và tham số chiều rộng phễu lún (i_x). Mặt khác, với giá trị độ lún bề mặt lớn nhất (S_{max}) thu được từ kết quả quan trắc chuyển vị mặt đất phía trên đỉnh đường hầm, hệ số mất mát thể tích đất có thể được xác định theo công thức (5).

$$V_L = \frac{\sqrt{2\pi i_x}.S_{\max}}{A_t}.100\% \quad (5)$$

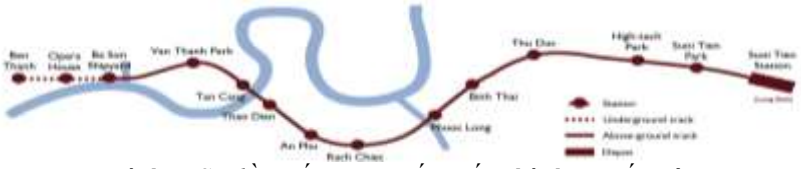
Trong đó: A_t - diện tích mặt cắt ngang của đường hầm.

4. Nội dung nghiên cứu

4.1. Mô tả dự án

Trong nỗ lực giải quyết các vấn đề liên quan đến ùn tắc giao thông và cải thiện chất lượng môi trường cho người dân, Thành phố Hồ Chí Minh có kế hoạch một mặt hiện đại hóa mạng lưới các tuyến đường hiện có, mặt khác xây dựng các tuyến MRT rộng khắp trên địa bàn của thành phố. Hiện có 8 tuyến metro và 3

tuyến xe điện mặt đất hoặc đường sắt một ray (tramway hoặc monorail) đang được đầu tư xây dựng với tổng chiều dài khoảng 225km, trong đó tuyến MRT 1 nối chợ Bến Thành ở khu trung tâm với khu du lịch văn hóa Suối Tiên, Quận 9 dài hơn 19,7km. Tuyến dài với phân đoạn đi ngầm thứ nhất 2,6km từ ga Bến Thành đến ga Ba Son và phân đoạn thứ hai trên cao 17,1km từ ga Ba Son đến ga Suối Tiên (Hình 4). Ba tuyến (1, 2, 5) hiện đang được xây dựng và các tuyến khác trong quá trình chuẩn bị đầu tư.



Hình 4. Sơ đồ tuyến Metro số 1 Bến Thành – Suối Tiên

Gói thầu CP1b (xây dựng đường hầm từ ga Nhà hát Thành phố đến ga Ba Son với chiều dài 1,75km, có hai nhà ga ngầm) là một trong năm gói của tuyến tàu điện ngầm số 1 dài 19,7km trên địa bàn của thành phố. Gói thầu là một hợp đồng xây dựng kết cấu ngầm được liên danh nhà thầu Shimizu – Maeda thực hiện. Các đường hầm được xây dựng gồm hầm EB và hầm WB cho hai tuyến nối ga Nhà hát Thành phố (Km0 + 805) với ga Ba Son (Km1 + 586), được đào cùng một tấm khiên cân bằng áp lực đất EPB có đường kính 6,79m và chiều dài tổng thể của TBM 8,5m.

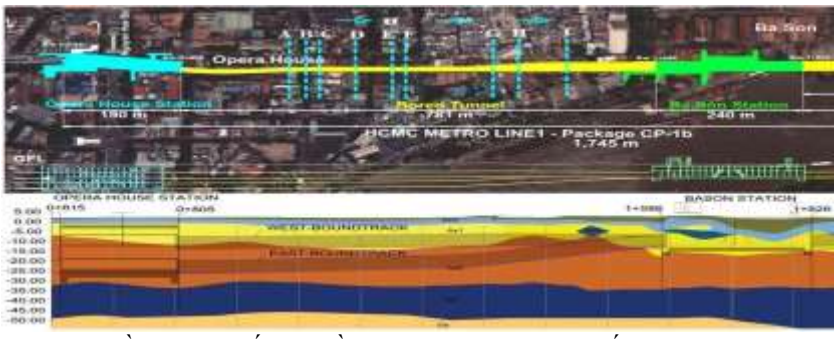
Bảng 1. Tính chất của lớp vỏ hầm

Mô hình tính toán	Đường kính hầm, D (m)	Chiều dày, d (m)	Trọng lượng, w (kN/m/m)	EA kN/m	EI kNm^2/m	Hệ số Poisson, υ
Elastic	6,65	0,3	5,1	$1,17.10^7$	$5,85.10^4$	0,17

Bắt đầu từ ga Nhà hát Thành phố, cả hai đường hầm là một cấu trúc chồng chất và chuyển tiếp sang đường hầm lệch góc trước khi kết thúc tại ga Ba Son. Theo cấu hình của đường hầm chồng chất, hầm EB và hầm WB được đặt ở độ sâu khoảng 24m và 12m dưới mặt đất. Trong khi đối với đường hầm lệch góc, trục của chúng cách nhau từ 2,6m đến 14,5m và độ sâu từ 12m đến 22m. Khiên đào EPB của đường hầm EB thi công từ ga Ba Son đến ga Nhà hát Thành phố, sau khi được đào xong và hoàn thành việc lắp đặt lớp vỏ hầm, tấm khiên được tháo rời và chuyển về ga Ba Son để thi công đường hầm WB.

4.2. Điều kiện địa chất

Địa tầng dọc theo tuyến đường hầm bao gồm 6 lớp đất dựa trên dữ liệu địa kỹ thuật thu thập tại 43 hố khoan có độ sâu 60m. Phần lớn chiều dài của đường hầm đôi nằm trong các lớp đất cát (As1 và As2). Theo kết quả quan trắc, mực nước ngầm nằm ở độ sâu trong khoảng từ 1,97m đến 3,83m. Ngoài ra, các kết quả đo mực nước tại các giếng quan trắc trong lớp As1 và As2, mực nước lớn nhất đạt được ở độ sâu 1,67m. Trong nghiên cứu này, mực nước ngầm được lấy trung bình ở độ sâu 2,0m so với mặt đất.

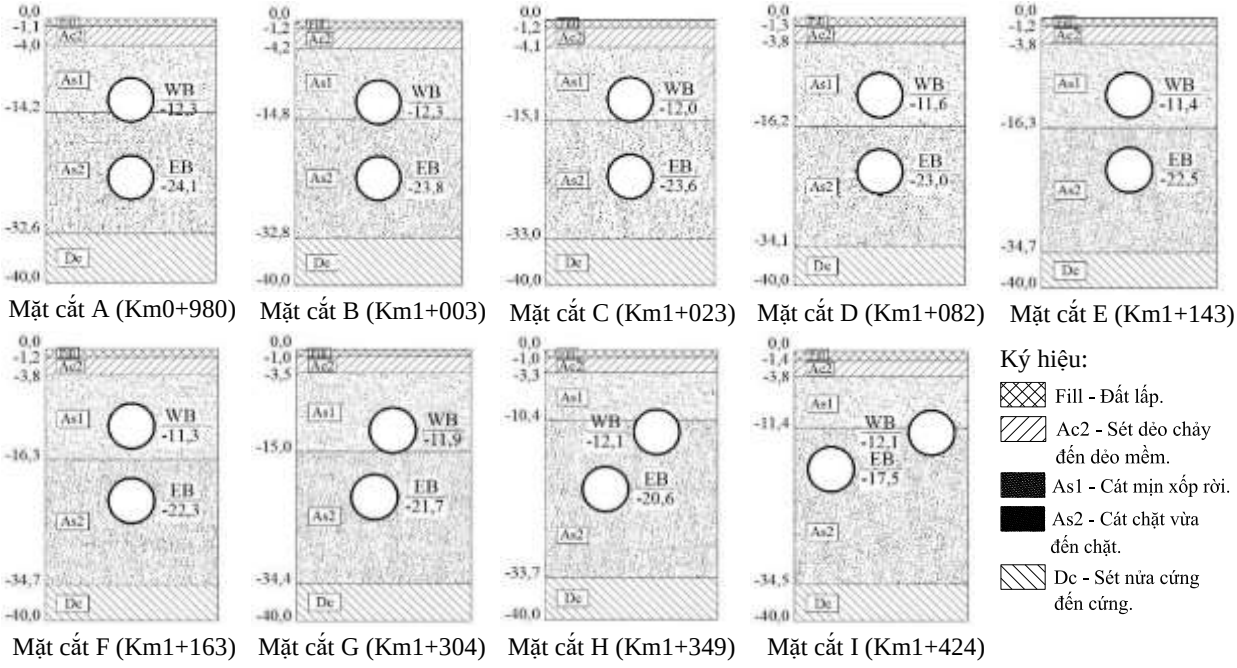


Hình 5. Sơ đồ hướng tuyến và điều kiện địa kỹ thuật mặt cắt CP1b (Kuriki, 2018)

Bảng 2. Các thông số đất nền phân tích trong Plaxis

Tên lớp	γ_{unsat} kN/m^3	γ_{sat} kN/m^3	c kN/m^2	φ 0	ψ 0	E^{ref} kN/m^2	υ	k m/ngđ	Mô hình ứng xử
Fill	19,0	19,0	5	25	0	10.000	0,30	$8,64.10^{-2}$	Undrained
Ac2	16,5	17,0	10	6	0	3.000	0,35	$1,81.10^{-5}$	Undrained
As1	19,5	20,5	0	30	0	12.500	0,30	1,728	Drained
As2	20,0	21,0	0	33	3	37.500	0,30	2,0	Drained
Dc	21,0	21,0	170	29	0	85.000	0,35	$1,36.10^{-5}$	Undrained
Ds	20,5	21,0	0	35	5	90.000	0,30	0,5	Drained

Hình 5 cho thấy chín mặt cắt khác nhau (A đến I) dọc theo hướng tuyến đường hầm được lựa chọn cho phân tích độ lún mặt đất. Các mặt cắt được lựa chọn dựa theo vị trí của đường hầm, tại mỗi mặt cắt bao gồm 5 đến 7 điểm quan trắc độ lún mặt đất trong và sau khi đào đường hầm đôi. Các mô tả chi tiết về mặt cắt địa chất tại các vị trí phân tích lún mặt đất được trình bày trong Hình 6.



Hình 6. Mặt cắt địa chất tại các vị trí phân tích lún mặt đất

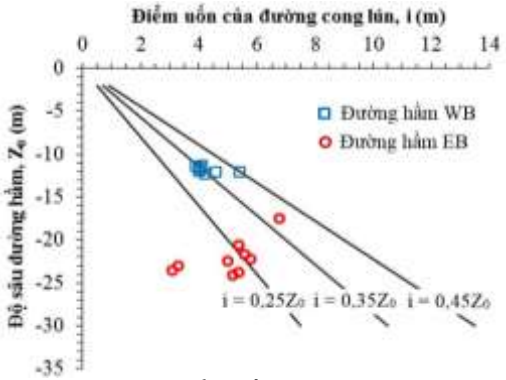
5. Kết quả phân tích và thảo luận

Độ lún bề mặt tại chín mặt cắt với tổng số 49 điểm quan trắc độ lún của đường hầm đôi MRT 1 đã được thu thập, phân tích ngược lại bằng phương pháp bán thực nghiệm và phương pháp phần tử hữu hạn (FEM).

5.1. Xác định hệ số mất mát thể tích đất (V_L) theo phương pháp dự báo

a) Phương pháp bán thực nghiệm

Kết quả phân tích ngược sử dụng phương pháp bán thực nghiệm (Bảng 3) cho giá trị điểm uốn (i) của đường cong phễu lún thay đổi từ 3,1m đến 6,8m đối với hai đường hầm EB và WB được đào trong nền đất cát sử dụng khiên đào (TBM). Mối quan hệ giữa điểm uốn (i) của đường cong phễu lún với độ sâu đường hầm (Z_0) được thể hiện chi tiết trong Hình 7. Phân tích trên biểu đồ cho thấy, các giá trị điểm uốn (i) của đường cong phễu lún cho giá trị trung bình $i = 0,25Z_0$ khi đào đường hầm phía dưới (EB) và $i = 0,35Z_0$ khi đào đường hầm phía trên (WB). Kết quả phân tích phù hợp với các nghiên cứu của Mair và Taylor.

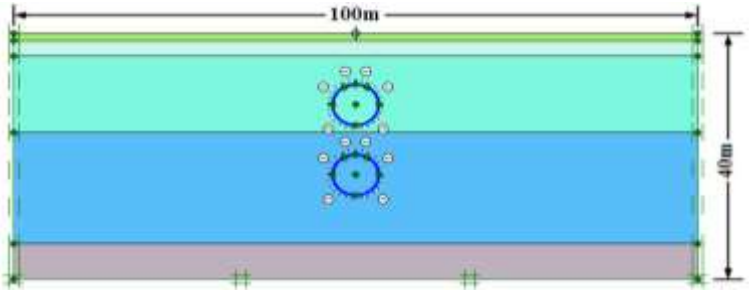


Hình 7. Điểm uốn của đường cong lún, i

Đường cong phễu lún phân tích ngược theo phương pháp bán thực nghiệm phù hợp với các kết quả quan trắc hiện trường (Hình 9). Hệ số mất mát thể tích đất (V_L) do đào đường hầm EB nằm trong khoảng 0,05% ÷ 0,26% và 0,55% ÷ 1,91% với đường hầm WB. Tại các mặt cắt (D, E và F), nơi có độ lún bề mặt cao hơn, hệ số mất mát thể tích đất lên đến 2,39% sau khi khiên đào đường hầm WB đi qua.

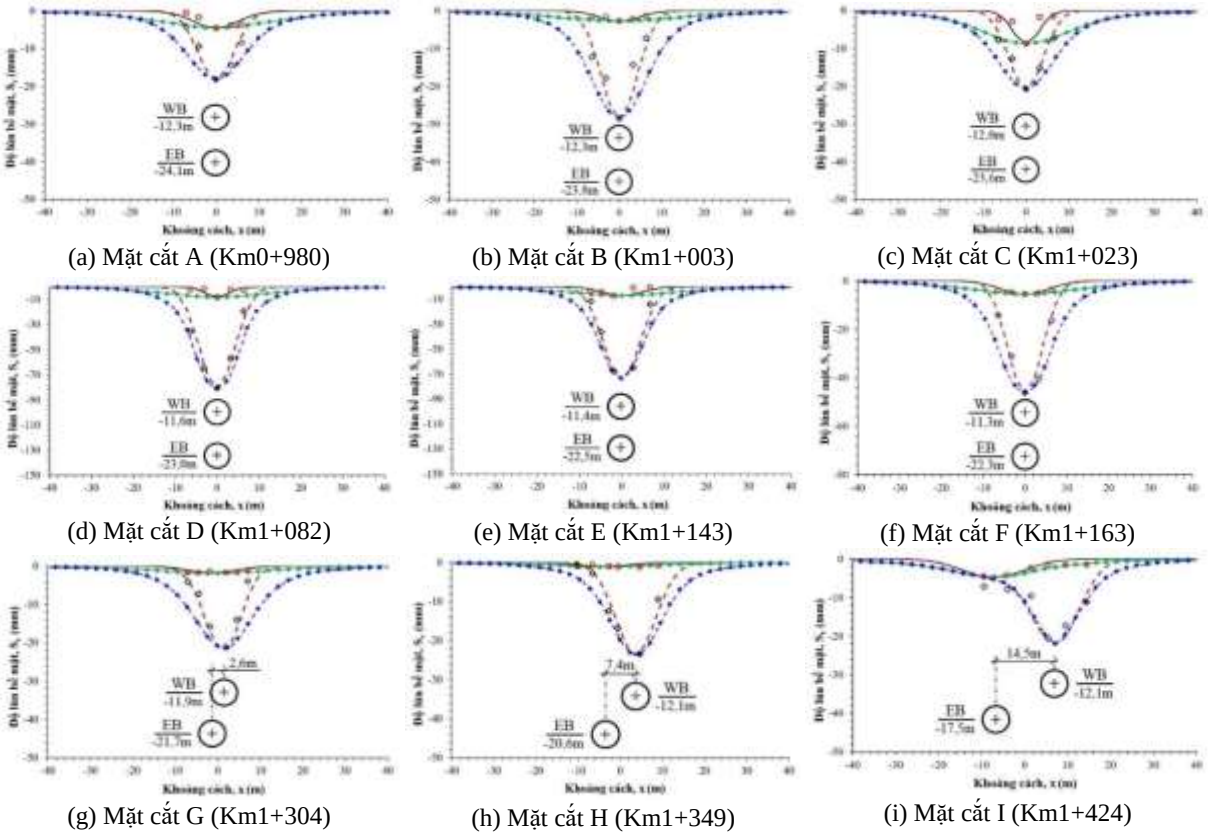
b) Phương pháp phần tử hữu hạn

Mô hình phân tích theo phương pháp phần tử hữu hạn (phương pháp co giảm) sử dụng phần mềm Plaxis 2D V8.5 được thể hiện trong Hình 8. Các bước phân tích theo phương pháp phần tử hữu hạn liên quan đến tính toán trong các giai đoạn như đã trình bày chi tiết ở trên. Các giá trị của hệ số mất mát thể tích đất (V_L) trong nghiên cứu này được chọn sao cho độ lún bề mặt lớn nhất (S_{max}) dự báo khớp với kết quả quan trắc hiện trường.



Hình 8. Mô hình phân tích FEM trong Plaxis 2D V8.5 (Mặt cắt D – Km1+082)

Kết quả phân tích ngược tại chín mặt cắt được thể hiện chi tiết trong Bảng 3 và Hình 9. Nhìn chung, xu hướng hành thành phễu lún mặt đất phù hợp với các biến dạng đo được. Tuy nhiên, phân tích theo phương pháp phần tử hữu hạn cho kết quả biên độ độ lún lớn hơn so với phương pháp bán thực nghiệm. Hệ số mất mát thể tích đất (V_L) cần thiết để phù hợp với các thông tin độ lún đo được sau khi đường hầm EB đi qua nằm trong khoảng 0,05% ÷ 0,92%, nhỏ hơn đáng kể so với các giá trị thu được sau khi đường hầm WB đi qua với phạm vi từ 1,01% ÷ 1,46%. Tại các mặt cắt (D, E và F), nơi có độ lún bề mặt cao hơn, hệ số mất mát thể tích đất (V_L) thay đổi từ 2,23% ÷ 3,51% sau khi khiên đào đường hầm WB đi qua. Đúng như dự báo, hệ số mất mát thể tích đất (V_L) có giá trị càng lớn, độ lún bề mặt có giá trị càng cao.



(a) Mặt cắt A (Km0+980) (b) Mặt cắt B (Km1+003) (c) Mặt cắt C (Km1+023)

(d) Mặt cắt D (Km1+082) (e) Mặt cắt E (Km1+143) (f) Mặt cắt F (Km1+163)

(g) Mặt cắt G (Km1+304) (h) Mặt cắt H (Km1+349) (i) Mặt cắt I (Km1+424)

Hình 9. Đường cong phễu lún mặt đất phân tích theo các phương pháp

5.2. Xác định hệ số mất mát thể tích đất (V_L) theo kết quả quan trắc hiện trường

Phương pháp cuối cùng được xem xét ở đây là phân tích ngược độ lún dựa vào kết quả quan trắc hiện trường bằng cách sử dụng công thức (5) để xác định hệ số mất mát thể tích đất (V_L). Kết quả phân tích theo dữ liệu quan trắc tại chín mặt cắt được thể hiện chi tiết trong Bảng 3. Các giá trị hệ số mất mát thể tích đất (V_L) phân tích theo kết quả quan trắc hiện trường dao động trong khoảng 0,02% ÷ 0,12% khi đào đường hầm EB và 0,27% ÷ 1,18% khi đào đường hầm WB, nhỏ hơn so với dự báo theo phương pháp bán thực nghiệm và phương pháp phần tử hữu hạn. Kết quả phân tích cho thấy, khi thay đổi vị trí giữa các đường

hầm thì giá trị hệ số mất mát thể tích đất thay đổi, ứng xử bề mặt đất thay đổi tương ứng. Đường hầm đặt càng gần bề mặt gây độ lún càng lớn, giá trị mất mát thể tích đất càng cao.

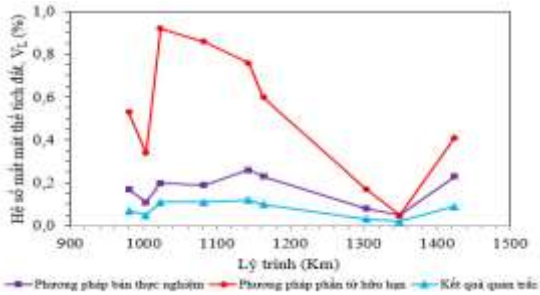
5.3. Đánh giá kết quả phân tích theo các phương pháp

Trong quá trình thi công đường hầm bằng khiên đào TBM không tránh khỏi hiện tượng lún mặt đất, kết quả hình thành phễu lún trên bề mặt, phễu lún này phụ thuộc trực tiếp vào giá trị hệ số mất mát thể tích đất. Trong các nghiên cứu trước đây, hệ số này thường được lấy theo kinh nghiệm. Đồng thời, khi thi công đường hầm trong những điều kiện địa chất khác nhau, hệ số này cũng thay đổi. Cho nên việc dự báo độ lún bề mặt dựa theo tham số này gặp rất nhiều khó khăn. Thông qua nghiên cứu này, giá trị hệ số mất mát thể tích đất sẽ được đánh giá qua nhiều phương pháp khác nhau.

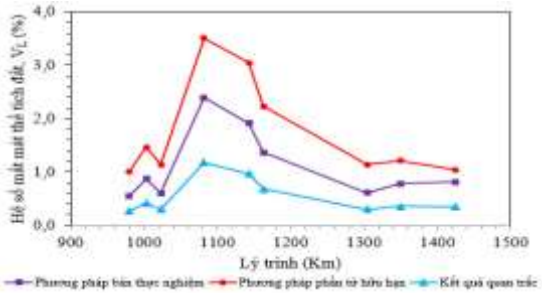
Bảng 3. Kết quả phân tích theo các phương pháp

Mặt cắt	Lý trình	Quan trắc độ lún, S_{max} (mm)		Điểm uốn, i (m)		Hệ số, V_L (%) theo PP bán thực nghiệm		Hệ số, V_L (%) theo PP phần tử hữu hạn		Hệ số, V_L (%) theo kết quả quan trắc	
		EB	WB	EB	WB	EB	WB	EB	WB	EB	WB
A	Km0+980	4,5	18,1	5,2	4,2	0,17	0,55	0,53	1,01	0,07	0,27
B	Km1+003	2,9	28,6	5,4	4,2	0,11	0,87	0,34	1,46	0,05	0,42
C	Km1+023	8,7	20,7	3,1	4,0	0,20	0,60	0,92	1,14	0,11	0,30
D	Km1+082	8,2	80,5	3,3	4,1	0,19	2,39	0,86	3,51	0,11	1,18
E	Km1+143	7,2	67,9	5,0	3,9	0,26	1,91	0,76	3,04	0,12	0,97
F	Km1+163	5,5	46,2	5,8	4,1	0,23	1,37	0,60	2,23	0,10	0,68
G	Km1+304	1,8	21,1	5,6	4,0	0,08	0,61	0,17	1,14	0,03	0,30
H	Km1+349	1,1	23,4	5,4	4,6	0,05	0,78	0,05	1,21	0,02	0,36
I	Km1+424	4,6	20,6	6,8	5,4	0,23	0,81	0,41	1,04	0,09	0,35

Hình 10 và 11 thể hiện sự thay đổi giá trị hệ số mất mát thể tích đất (V_L) dọc theo tuyến đường hầm, độ sâu và vị trí giữa các đường hầm. Kết quả nghiên cứu cho thấy, hệ số mất mát thể tích đất phân tích theo kết quả quan trắc hiện trường cho giá trị nhỏ nhất so với các phương pháp được đề cập ở trên. Phân tích theo phương pháp bán thực nghiệm cho giá trị hệ số mất mát thể tích đất so với dữ liệu quan trắc hiện trường phù hợp hơn phương pháp phần tử hữu hạn.



Hình 10. Hệ số mất mát thể tích đất (V_L) phân tích theo các phương pháp (đường hầm EB)



Hình 11. Hệ số mất mát thể tích đất (V_L) phân tích theo các phương pháp (đường hầm WB)

Khi thay đổi vị trí giữa các đường hầm từ cấu trúc chồng chất sang đường hầm lệch góc làm giảm giá trị hệ số mất mát thể tích đất, độ lún mặt đất giảm đáng kể. Như vậy, vị trí giữa các đường hầm cũng ảnh hưởng đến ứng xử của mặt đất trong quá trình thi công.

6. Kết luận

Trong bài báo này, một nghiên cứu điển hình về ước tính hệ số mất mát thể tích đất (V_L) cho trường hợp đào hầm đôi bằng khiên đào TBM đã được thực hiện dựa trên kết quả dự báo và dữ liệu quan trắc hiện trường. Độ lún của mặt đất do đào hầm đôi được đo bằng cách sử dụng một loạt hệ thống quan trắc. Từ các phễu lún sau khi được quan trắc, hệ số mất mát thể tích đất (V_L) và tham số chiều rộng phễu lún (i) được ước tính bằng cách khớp đường cong Gaussian với các giá trị được tìm thấy theo phương pháp dự báo. Các kết quả chính thu được trong nghiên cứu này có thể được tóm tắt như sau:

- Phễu lún mặt đất gây ra do đào đường hầm đôi được phân tích ngược theo phương pháp bán thực nghiệm cho kết quả phù hợp với quan trắc hiện trường. Giá trị hệ số mất mát thể tích đất (V_L) dao động trong khoảng từ 0,05% ÷ 1,91%. Tại mặt cắt (D) có độ lún bề mặt cao hơn hệ số mất mát thể tích đất lên

đến 2,39% sau khi khiên đào đường hầm WB đi qua. Các giá trị trung bình của điểm uốn đường cong lún trong nghiên cứu này được xác định $i = kZ_0$ (k = 0,25 và 0,35) khi đường hầm được đào trong nền đất cát.

- Phân tích theo phương pháp phần tử hữu hạn cho chiều rộng phễu lún mặt đất lớn hơn các dữ liệu quan trắc hiện trường, hệ số mất mát thể tích đất (V_L) dao động từ 0,05% ÷ 1,46%. Tại các mặt cắt (D, E và F), nơi có độ lún bề mặt cao hơn, hệ số mất mát thể tích đất lên đến 3,51% sau khi khiên đào đường hầm WB đi qua.
- Giá trị hệ số mất mát thể tích đất (V_L) được thể hiện rõ thông qua biểu đồ đường cong phễu lún mặt đất. Giá trị này càng cao, biên độ và chiều rộng đường cong phễu lún càng lớn.
- Đường hầm phía trên (WB) là một trong những nguyên nhân gây ra lún nhiều hơn, mất mát thể tích đất trong quá trình thi công đường hầm lớn hơn so với đường hầm phía dưới (EB), do đó gây thiệt hại nhiều nhất. Như vậy, độ sâu đường hầm có ảnh hưởng đáng kể đến độ lún mặt đất.
- Hiệu ứng tương tác giữa các đường hầm có ảnh hưởng tới giá trị hệ số mất mát thể tích đất trong quá trình thi công, điều này được thể hiện rõ khi thay đổi vị trí đường hầm phía trên (WB) từ cấu trúc chồng chất sang đường hầm lệch góc, giá trị của tham số này giảm.

Tài liệu tham khảo

Hyunku Park, Ju-Young Oh, Dohyung Kim, and Seokbue Chang, 2018. Monitoring and analysis of ground settlement induced by tunnelling with Slurry Pressure Balanced tunnel boring machine. *Advances in Civil Engineering.*

Likitlersuang, Surarak, Suwansawat et al, 2014. Simplified finite-element modelling for tunnelling-induced settlements. *Geotechnical Research* 1(4): 133-152.

Mair R. J., Taylor R. N., Burland J. B., 1996. Prediction of ground movements and assessment of risk of building damage due to bored tunnelling. *International society for soil mechanics and geotechnical engineering*.

Mair R. J., & Taylor R. N., 1997. Bored tunnelling in the urban environment (State-of-the-art report and theme lecture). *Proceedings 14th International Conference Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Hamburg vol. 4, Balkema, Rotterdam. 2353–2385.

Minoru Kuriki, 2020. Design and construction of first bored tunnel under Ho Chi Minh City Metro Line 1 in Vietnam. *Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development*, 221-228.

Peck, R.B, 1969. Deep excavations and tunneling in software international ground. *Proceedings of the 7th Congress of Soil Mechanics and Foundations Engineering*, Mexico City, 225-285.

Vermeer PA and Brinkgreve R, 1993. *PLAXIS Version 5 Manual*. Balkema, Rotterdam, the Netherlands.

ABSTRACT

Determine the soil volume loss coefficient (V_L) based on the prediction results and monitoring of ground surface settlement during tunnel construction by shield (TBM)

Nguyen Van Hien

Hanoi University of Civil Engineering

The system of tunnels is essential for a modern city to solve pressing traffic problems, it not only ensures the landscape but also saves space on the ground surface. However, it often causes ground surface settlement phenomena during tunnel excavation, changing the working status of the constructions above, more dangerous it can destroy the structure causing instability. Therefore, one of the important problems in the design work is to predict the ground surface settlement caused by tunnel excavation. The prediction results will serve as the basis for proposing measures to limit the risks that may occur during the construction process. To predict ground surface settlement by theoretical analysis method and finite element method, it is necessary to determine the soil volume loss coefficient (V_L) during tunnel construction. This research uses semi-empirical method and finite element method to analyze back from surface settlement to determine the soil volume loss coefficient. The analysis results will be compared and evaluated with field monitoring data.

Keywords: tunnel; surface settlement; ground surface settlement trough; soil volume loss coefficient.

Research on compressive strength of concrete as building partition wall when using artificial rubber granules to partially replace fine aggregate

Nguyen Van Hung[1,3,*], Bui Truong Son[1,3], Pham Minh Tan[2], Bui Van Binh[1,3], Vo Luan Nhat[4]
[1] *Hanoi University of Mining and Geology*
[2] *Transport construction project management unit of Ninh Thuan Province*
[3] *Research group of Engineering Geology and Geo-environment*
[4] *Faculty of Engineering and Technology, Van Hien University*

ABSTRACT

Today, renewable building materials are an issue that attracts many scientists and businesses. Using renewable building materials partly helps to reduce the increasing demand for waste landfills, on the other hand, it helps to find a new, friendly, and low-cost materials. Wastes can be used in construction such as ash and slag from thermal power plants, blast furnace slag, crushed stone powder, waste rubber granules, broken glass, etc can be used in construction. Waste rubber is primarily created from old tires. Currently, waste rubber can be used in asphalt concrete, and artificial grass football fields, etc. However, the worldwide source of waste rubber is still very large. In particular, waste rubber granules are a material worth studying because of their huge annual discharge volume to meet the current stage of industrial development. If artificial rubber granules are used in concrete, they will help to improve concrete's features such as pressure absorption, sound insulation, weight reduction, waterproofing, electrical insulation, abrasion, and cracking resistance. This paper presents the results of research on the compressive strength of concrete in building partition walls using artificial rubber particles to replace fine aggregate. Research has shown that, when replacing fine aggregates with artificial rubber particles in a certain ratio, their compressive strength decreases as the replacement rate increases. Specifically, when replacing 20% of sand with artificial rubber granules, the compressive strength decreased by 5%, and when the replacement rate was 30%, the amount decreased by up to 30%. Research results contribute more remarkable ideas about the use of artificial rubber granules in construction mortar. It also contributes to environmental protection and reduces construction costs as well as other social effects.

Keywords: Artificial rubber, Compressive strength, Concrete, Partition wall.

1. Introduction

Every year, countries around the world discharge millions of waste rubber tires from vehicles. It is estimated that more than 300 million waste tires are produced in the United States each year (Luong, 2013). These stockpiles pose a serious fire hazard due to lightning strikes, spontaneous fires, or careless incidents.

It is estimated that in Vietnam, we discharge about 400,000 tons of scrap to the environment, equivalent to 30,000 tons/month. Waste treatment has always been a dilemma for countries around the world not only Vietnam. They also pose other health hazards including diseases caused by animals such as rodents, parasites, and mosquitoes, and soil, water, and air pollution. Most landfills do not accept tires because they are harmful to the environment and are not biodegradable. New processing or recycling technologies must be used.

In addition, the level of exploitation of construction materials such as sand and clay make them increasingly scarce, the mining process affects the environment.

The problem of rampant sand mining is heavily affecting the residential areas living on the riverbank. Causing serious riverbank landslides. Material prices are escalating day by day, so construction costs are

* *Corresponding author*
Email: nguyenvanhung.dcct@humg.edu.vn

increasing too.

In recent decades, research on recycling industrial wastes to put them into use is increasing, in which partition walls are a good object to be able to use these recycled products.

Walls and partitions are the building components, they have the following basic functions:

- Separate to create functional spaces;
- Participating in bearing forces as structural members of the construction;
- Components that create aesthetics for architectural construction.

With such roles, walls, and partitions separate the internal space and the natural space outside the building, between spaces or functional areas in the building. Walls and partitions can be load-bearing structures to create rigidity and stability for buildings or other decorative functions, etc.



Figure 1. Rubber aggregate (RA)

Walls occupy a relatively large volume of material, usually built of brick, stone, or reinforced concrete. The thickness of the wall depends on the height, the building load, the material, and the form of the structure.

The use of different aggregates to make concrete for partition walls has been studied and used (Dao, 2015). However, concrete for partition walls is made from materials that both reduce construction costs as well as ensure environmental sanitation but have not been widely studied. In recent years, artificial rubber (recycled from used tires) has been noticed.

In addition, It can be mixed in desired proportions to produce copolymerization which results in synthetic rubber structures with different physical, mechanical, and chemical properties.

Therefore, if artificial rubber granules are used in the manufacture of concrete for partition walls, it will reduce the pressure of recycling, and treat solid waste sources, while ensuring environmental hygiene and reducing construction costs.

2. Materials and research methods

2.1. Materials

The main materials used in the study are crushed stone, sand, water and cement. However, in this study, artificial rubber granules were used in most of the samples.

The requirements of criteria for crushed stone, sand, and water were taken according to current standards (crushed stone and sand according to TCVN 7572-2:2006; Water according to TCVN 4506:2012, Water for mixing concrete and mortar - Requirements Skill). The test results of crushed stone and sand are shown in Tables 1 and 2.

Rubber aggregates (RA) used in the study were produced by crushing used rubber tires in factories, with sizes from 0÷4 mm, with specific gravity (γ = 900 kG/m^3), which is hydrophobic (Figure 1).

2.2. Research methods

In collecting, synthesizing, and analysing documents related to the research field, laboratory experiments combined with the use of computational software were used in this study.

Preparing the sample:

+ Determining the proportion of ingredients in concrete mix: The ingredients were collected, designed,

and graded according to the standard TCVN 7572-2006 presented above. Experiments on the composition of concrete were carried out at the Geotechnical Laboratory of Hanoi University of Mining and Geology.

+ The method of determining the aggregate composition in concrete used in this study is the calculation method combined with the experiment of Bolomey - Scramtaev until the concrete mixture reaches the required slump (according to TCVN 3106:1993 - Heavy concrete mixes - Slump test method) (Figure 2).

+ In the study, 4 grades were given with the names: CG0RA, CG20RA, CG30RA, and CG40RA with the sand replacement rate of the artificial rubber granules of 0, 20, 30, and 40% respectively. The grading of the aggregates in the study is shown in Table 3.

Molding samples:

The samples were molded and cured according to the standards of TCVN 3105:1995 and TCVN 8828:2011 (Figure 3).

Testing:

The determination of the compressive strength of concrete is usually based on the compression of cube-shaped concrete samples with dimensions of 150 x 150 x 150 mm (Standard TCVN 3118: 1993) at 7 and 28 days.

Table 1. Experimental results of grain composition of sand

Sieve size i, (mm)	2.5	1.25	0.14	Amount passed 0.14 mm
Remaining on sieve i, g	215.5	95.4	635.5	48.7
Separate residual amount, a_i, %	21.55	9.54	63.55	487
Accumulated residual amount A_i, %	21.55	31.1	94.02	99.49
Remaining on sieve 5 mm, %	0.0			
Evaluating (TCVN 7570-2006)	**Quality assurance**			

Table 2. Experimental results of grain composition of crushed stone

Sieve size i, (mm)	20	10
Remaining on sieve i, g	2302.5	2695
Separate residual amount, a_i, %	46.05	53.9
Accumulated residual amount A_i, %	46.05	99.95
Evaluating (TCVN 7570-2006)	**Quality assurance**	

Table 3. The grading of the aggregates in the study

Ingredients	CG0RA	CG20RA	CG30RA	CG40RA
RA (kg)	0	1.6	2.4	3.2
Cement (kg)	4	4	4	4
Fine sand (kg)	8	6.4	5.6	4.8
Crushed stone (kg)	12	12	12	12
Water (l)	2	2.15	2.2	2.40



Figure 2. Slump test in the study



Figure 3. Molding samples



Figure 4. Determination of compressive strength of concrete in the study

Place the specimen in the compressor so that a selected compression face is centered on the bottom plate of the machine. Operate the machine gently so that the top of the sample is in contact with the upper plate of the machine. Increase the load continuously at a constant rate of 6 daN/cm2 for 1 second until the sample fails (Figure 4).

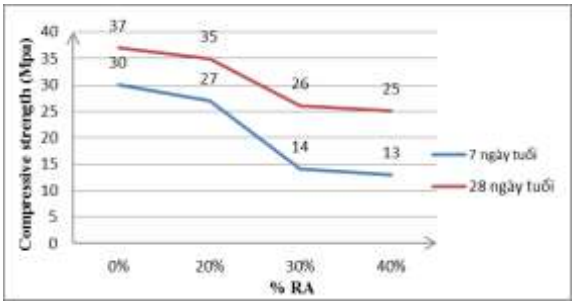


Figure 5. The compressive strength of concrete in the study.

3. Results and discussion

3.1. Bulk density of concrete in the study

After molding and curing the samples as specified, they were weighed and measured to determine the bulk density. The test results to determine the bulk density of the samples are shown in Table 4.

Table 4. Bulk density of concrete in the study.

No.	Type of concrete, %	Bulk density, T/m^3
1	CG0RA	2.32
2	CG20RA	2.15
3	CG30RA	2.01

The bulk density of concrete decreases with increasing rubber content. This is understandable because the specific gravity of rubber (γ_s about 900 kG/m^3) is much smaller than that of sand (γ_s about 1200-1400 kG/m^3) as well as the increased air content. However, the rubber content in the rubber concrete types here is not large (the ratio of rubber aggregate volume/total aggregate volume <20%), and the reduction in bulk density is not significant.

The air content of concrete increases. And the density decreases as the RA ratio increases. The air content increases despite the density increase measures taken during the molding process. This may be because RA is non-polar, so they tend to attract air particles to adhere to their rough surface, resulting in an increase in the air content of concrete.

3.2. The compressive strength of concrete

In the process of determining the optimal composition for concrete, the research team found that the workability of the rubber concrete mixture decreased by the decrease in slump (SN) when increasing RA percentage. It is possible that due to the tendency of rubber particles to repel water, the cement paste of the concrete mixture does not have the necessary adhesion and plasticity to fully cover the rubber aggregate to ensure that the mixture has suitable workability.

The effect of RA on the compressive strength R_{28} and R_7 of concrete determined on 7 days and 28 days is shown in Figure 5.

It can be seen that the compressive strength of concrete decreases with the increase in the amount of artificial rubber (%RA). The rate of decrease in compressive strength of concrete increases following the RA replacement, etc.

The main cause of the decrease in compressive strength is that the rubber aggregate has a much lower hardness than the sand. The effect of RA on the compressive strength at the age of 28 days makes the concrete's link frame weaker, so the strength is reduced. The high Poisson coefficient (ν about 0.5) of RA can cause microcracking when the concrete is compressed. In addition, the poor adhesion between rubber aggregate and cement mortar is also an important cause leading to this decrease in compressive strength. Due to the surface structure as well as the average size of the RA, the junction between the rubber aggregate and the cement mortar becomes stretched compared to the case between the sand and the cement mortar. Another reason that can be considered is that the air content in rubber concrete is higher than that of the control concrete, leading to a decrease in the strength of rubber concrete.

4. Conclusions

It can be seen that:

- The bulk density of concrete decreases with increasing rubber content. When Ra is used in concrete, it reduces the weight of the structure. This partly solves the problem of foundations for projects on poor geological foundations.
- The compressive strength decreases as we increase the proportion of RA in the concrete. Specifically, the compressive strength of the concrete sample CG40RA decreased by 32% compared to that of CG0RA.
- From the research results, it can be seen that the compressive strength of the CG20RA sample is 95% compared with that of CG0RA. Therefore, it is possible to take the replacement level of 20% of sand in concrete to ensure the compressive strength of the structure.
- In concrete used as partition walls, compressive strength is one of the important criteria. However, other criteria such as sound insulation and heat insulation of concrete are also very important criteria that need attention. These indicators will be implemented in future research.
- The compressive strength of concrete using artificial rubber particles has only been studied for a period of 28 days. Therefore, the stability of the compressive strength of concrete using artificial rubber particles over time needs to be studied over a longer period of time.

Acknowledgments

The authors would like to express their sincere thanks to Dr. Nguyen Van Phong, Assoc. Dr. Nguyen Thi Nu, MEng. Phung Huu Hai (Engineering Geotechnical laboratory - Hanoi University of Mining and Geology), who helped the authors during the research process

References

Dao, T. K., Le, T. N, 2015. Application of coconut and chuck in the technology of production partition walls. *Science, technology and food journal*, 05/2015.

Luong, M. C, 2013. Using waste tires in reforming and upgrading changed plastic surface, high-temperature resistance. *Science of water technology and environment*, 43, 12, 2013.
Nguyen, T. N., Bui, T. S., Pham, M. T, 2018. Building Materials, University of Mining and Geology.
TCVN 7572-2:2006, 2006. Determination of particle composition.
TCVN 7570-2006, 2006. Aggregates for concrete and mortar - technical requirements
TCVN 3105:1993,(1993. Sampling, fabrication and curing of concrete samples.
TCVN 3118:1993, 1993. Heavy concrete-Methods to determine compressive strength.
TCVN 8828:2011, 2011. Concrete- Requirements for natural moisture.

TÓM TẮT

Nghiên cứu cường độ chịu nén của bê tông làm tường vách ngăn khi sử dụng hạt cao su nhân tạo thay thế một phần cốt liệu mịn

Nguyễn Văn Hùng[1,3] , Bùi Trường Sơn[1,3], Phạm Minh Tân[2], Bùi Văn Bình[1,3], Võ Nhật Luân[4]
[1] Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[2] Ban Quản lý dự án xây đầu tư xây dựng các công trình giao thông tỉnh Ninh Thuận
[3] Nhóm nghiên cứu Địa chất công trình và Địa môi trường
[4] Khoa Kỹ thuật – Công nghệ, Trường Đại học Văn Hiến

Ngày nay, vật liệu xây dựng tái tạo là vấn đề thu hút nhiều nhà khoa học và doanh nghiệp. Sử dụng vật liệu xây dựng tái tạo một phần giúp giảm áp lực chôn lấp chất thải ngày càng tăng, mặt khác giúp tìm ra vật liệu mới thân thiện và giá thành thấp. Có thể sử dụng chất thải trong xây dựng như tro xỉ từ các nhà máy nhiệt điện, xỉ lò cao, bột đá nghiền, hạt cao su thải, kính vỡ, v.v. trong xây dựng. Cao su thải chủ yếu được tạo ra từ lốp xe cũ. Hiện nay, cao su thải có thể sử dụng trong bê tông nhựa, sân bóng đá cỏ nhân tạo, v.v. Tuy nhiên, nguồn cao su thải trên toàn thế giới vẫn rất lớn. Đặc biệt, hạt cao su thải là vật liệu cần được nghiên cứu vì khối lượng thải hàng năm rất lớn. Nếu sử dụng hạt cao su nhân tạo trong bê tông, chúng sẽ giúp cải thiện các tính năng của bê tông như hấp thụ áp lực, cách âm, giảm trọng lượng, chống thấm, cách điện, chống mài mòn và chống nứt. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu về cường độ nén của bê tông trong tường ngăn xây dựng sử dụng hạt cao su nhân tạo thay thế cốt liệu mịn. Nghiên cứu đã chỉ ra rằng, khi thay thế cốt liệu mịn bằng hạt cao su nhân tạo theo một tỷ lệ nhất định, cường độ nén của chúng giảm khi tỷ lệ thay thế tăng. Cụ thể, khi thay thế 20% cát bằng hạt cao su nhân tạo, cường độ nén giảm 5% và khi tỷ lệ thay thế là 30%, lượng giảm tới 30%. Kết quả nghiên cứu đóng góp thêm nhiều ý tưởng đáng chú ý về việc sử dụng hạt cao su nhân tạo trong vữa xây dựng. Nó cũng góp phần bảo vệ môi trường và giảm chi phí xây dựng cũng như các tác động xã hội khác.

Từ khóa: hạt cao su nhân tạo, cường độ nén, bê tông, tường vách ngăn.

Nghiên cứu lũ bùn đá tại Trà Leng, tỉnh Quảng Nam bằng phần mềm Kanoko 1D và đề xuất giải pháp công trình phù hợp

Nguyễn Châu Lân[1*], Đỗ Tuấn Nghĩa[2], Phạm Văn Tiền[3], Nguyễn Trung Kiên[3], Vũ Văn Kiên[2],
Bùi Tiến Thành[1], Nguyễn Ngọc Long[1]
[1]*Khoa Công Trình, Trường Đại học Giao thông Vận tải*
[2]*Khoa Công Trình, Trường Đại học Thủy Lợi*
[3]*Viện Địa Chất*

TÓM TẮT

Lũ bùn đá gây ra nhiều thiệt hại cho người và cơ sở hạ tầng, gần đây các tỉnh miền Trung nước ta chịu nhiều ảnh hưởng do lũ bùn đá. Tại Trà Leng, Quảng Nam năm 2020 đã xảy ra một trận lũ bùn đá ngây thiệt hại nghiêm trọng đến người và tài sản cũng như hạ tầng bên dưới dòng lũ bùn đá. Tuy nhiên chưa có nhiều nghiên cứu về lũ bùn đá, nguyên nhân và giải pháp cho khu vực này. Do đó, bài báo này trình bày các kết quả bước đầu phân tích lũ bùn đá xảy ra tại Trà Leng năm 2020. Phương pháp nghiên cứu hiện trường, phương pháp bay chụp UAV, thí nghiệm trong phòng và phân tích bằng phần mềm Kanako 1D được thực hiện. Kết quả phân tích cho thấy dòng lũ bùn đá tại Trà Leng có quy mô rộng khi phá hủy cống bên dưới, làm thay đổi dòng chảy, dẫn tới dòng chảy tác động trực tiếp vào vị trí nhà dân. Két quả phân tích bằng phần mềm Kanako chỉ ra các công trình đập Sabo dạng đập kín có thể áp dụng hiệu quả cho khu vực Trà Leng.

Từ khóa: Lũ bùn đá, lượng mưa, Kanako 1D, UAV, Trà Leng

1. Đặt vấn đề

Một trong các tai biến gây phá hủy và thiệt hại lớn nhất cho người và cơ sở hạ tầng là lũ bùn đá (Takahashi, 1978, 2009). Theo Hungr (1995) hiện tượng lũ bùn đá bao gồm: phần phát sinh trượt lở ban đầu, phần thứ hai là dòng chảy chính với kênh dẫn có độ dốc lớn, và cuối cùng là vùng lắng đọng lũ bùn đá gọi là vùng nón vật liệu bùn đá (Jakob và nnk, 2005). Lũ bùn đá (LBĐ) có thể vận chuyển các hòn đá tảng khổng lồ (từ 1-4m) theo dòng chảy với vận tốc lớn, gây ra thiệt hại lớn cho người và cơ sở hạ tầng trong diện tích ảnh hưởng của lũ bùn đá.

Tại Việt Nam, Lũ bùn đá có xu hướng dịch chuyển từ Tây Bắc về khu vực miền Trung thời gian gần đây. Thống kê số trận LBĐ và thiệt hại về người và tài sản khu vực miền Trung trong những năm gần đây như sau:

+ Tại tỉnh Quảng Nam: Sạt lở đất và LBĐ xảy ra năm 2020 làm 43 người chết và 17 người mất tích. Ngày 28/10/2020 lượng mưa lớn nhất hơn 300 mm xảy ra tại thị trấn Trà My và lượng mưa trong tháng 10/2020 đã đạt tới khỏang 1800 mm.

+ Tại tỉnh Thừa Thiên Huế: Lượng mưa tích lũy đạt 2199,9 mm trong 7 ngày từ ngày 6/10/2020 đến ngày 12/10/2020 tại trạm A Lưới. Ngày 13/10/2020, sạt lở đất đã phá hủy Trạm Kiểm lâm 67, huyện Phong Điền khiến 6 người chết và 11 người mất tích.

+ Tại tỉnh Nghệ An: LBĐ đã xảy ra khoảng 6h00 ngày 2/10/2022 với lượng mưa đo được gần 115mm. Dòng LBĐ đã cuốn trôi và vùi lấp nhiều công trình tại xã Tà Cạ và thị trấn Mường Xén (Huyện Kỳ Sơn). Thiệt hại do LBĐ gây ra là 1 người chết và 621 ngôi nhà bị ảnh hưởng.

+ Tại thành phố Đà Nẵng: Mưa do bão số 5 năm 2022 gây ra sạt lở đất mái taluy dương và taluy âm trên tuyến đường Hoàng Sa của bán đảo Sơn Trà. LBĐ cũng xuất hiện trong khu vực này. Lượng mưa giờ lớn nhất vào 20h00 ngày 14/10/2022 là trên 160 mm. Thiệt hại do bão lũ gây ra làm 2 người chết đuối, 1 người tử vong trong ngôi nhà ngập nước, 1 chiến sĩ công an bị và 1 ngư dân bị tử nạn.

Như vậy có thể thấy rằng LBĐ xảy ra ngày càng khốc liệt, thiệt hại lớn cả về người và cơ sở hạ tầng, tuy nhiên các công trình nghiên cứu về lũ bùn đá chủ yếu về mặt lý thuyết, thiên về mô tả diễn biến, đánh giá thiệt hại (Huong, VBThao, & Kien, 2020; Thao, 2020; Thao & Hương, 2023; Thao & Việt, 2023; Tuấn,

[*] *Tác giả liên hệ:*
Email: nguyenchaulan@utc.edu.vn

Trang, & Hằng, 2021).

Đồng thời các nghiên cứu về giải pháp công trình phòng chống lũ bùn đá cũng mới chỉ dừng ở mức độ đề xuất, mới nêu được tác dụng của một số giải pháp công trình mà chưa đưa ra được sơ đồ nguyên lý, hướng dẫn, quy trình tính toán để có thể áp dụng trong thực tế. Các nghiên cứu về lũ bùn đá chưa nêu được cơ chế cơ học, chưa xác định được phạm vi ảnh hưởng của lũ bùn đá cũng như chưa có các phương pháp cảnh báo cho dân cư khu vực.

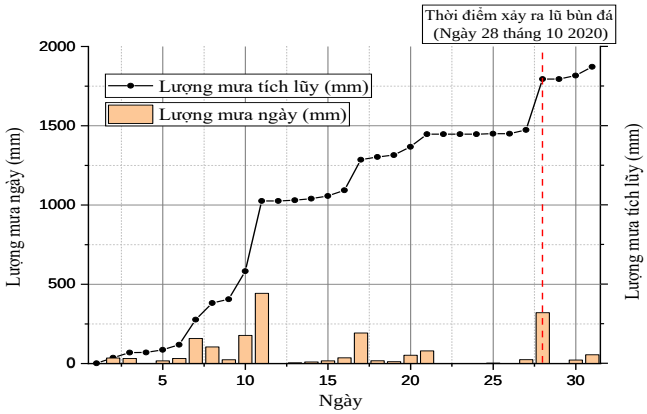
Gần đây cũng có một số nghiên cứu liên quan đến mô phỏng dòng lũ bùn đá như sử dụng phần mềm Kanako (Nguyễn Thành Dương, 2019). Tuy nhiên mỗi một khu vực có đặc trưng địa hình, địa chất, thủy văn, dòng chảy, điều kiện cơ sở hạ tầng khác nhau, các nghiên cứu về dòng lũ bùn đá và đề xuất giải pháp giảm thiểu thiệt hại do dòng lũ bùn cần được tiếp tục triển khai.

Do đó, bài báo này nhắm đến mục tiêu làm sáng tỏ cơ chế hình thành lũ bùn đá tại khu vực Quảng Nam, mô phỏng lũ bùn đá theo các kịch bản có và không có công trình nhân tạo dựa vào thí nghiệm. Từ kết quả mô phỏng có thể đề xuất các giải pháp giảm thiểu thiệt hại tới cơ sở hạ tầng, con người.

2. Khu vực nghiên cứu

2.1. Giới thiệu về khu vực Trà Leng

Trà Leng là xã phía Bắc, cách trung tâm hành chính huyện Nam Trà My 32km, có diện tích tự nhiên lớn nhất huyện với 11.653ha đất, có 649 hộ với gần 3.000 nhân khẩu; chủ yếu là đồng bào các dân tộc: Cà Dong, Xê Đăng, Mơ Nông (chiếm tỷ lệ 98% dân số toàn xã). Năm 2020 lũ bùn đá tại Trà Leng đã chôn vùi hàng chục ngôi nhà và khoảng 30 người chết và mất tích. Lượng mưa tích lũy từ đầu tháng 10 đến khi xảy ra lũ bùn đá khoảng 1800 mm (Hình 1). Khảo sát sau khi lũ bùn đá xảy ra cho thấy cống bị phá hủy, các tảng đá có kích thước cực lớn (10m) lăn xuống từ dòng thác, đồng thời dòng thác đảo dòng chảy gây phá hủy nhà và dẫn đến toàn bộ khu vực phía dưới bị phá hủy (Hình 2).



Hình 1. Biểu đồ lượng mưa ngày và lượng mưa tích lũy tại trạm đo Trà Leng

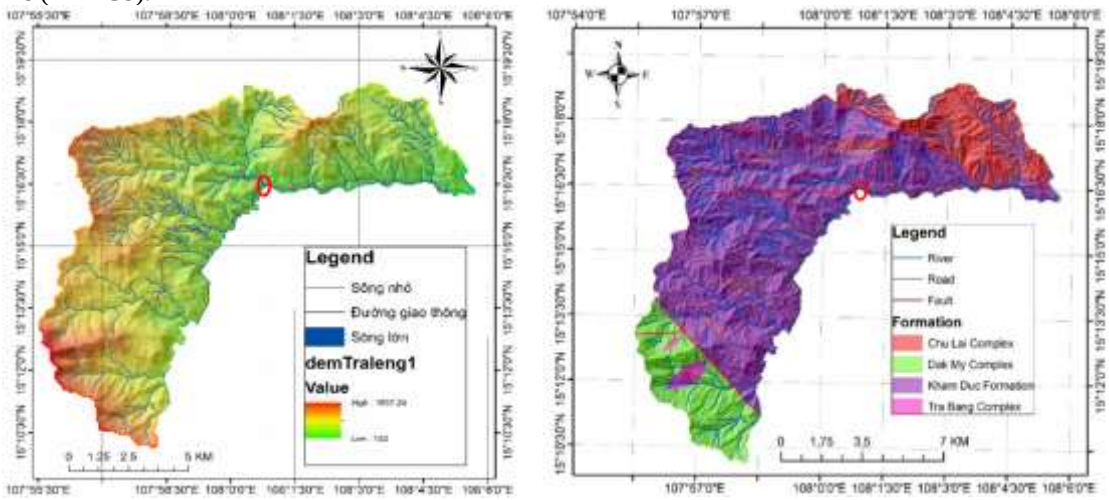


a) Hình ảnh đá tảng lớn còn sót lại sau lũ bùn đá *b) Hình ảnh dòng suối chính và vị trí cống hư hỏng*

Hình 2. Hình ảnh lũ bùn đá Trà Leng

Trà Leng thuộc địa hình núi cao với sự phân cách mạnh, sườn dốc đứng và suối hẹp (Hình 3a). Các sườn dốc đứng, dọc theo suối rải rác các khu vực phù sa tương đối bằng phẳng chạy dọc theo bờ. Mạng lưới sông suối trong khu vực phát triển và phân bố tương đối đều. Bề mặt của lưu vực được phủ bởi đất sét pha cát lẫn với sỏi màu nâu hoặc xám. Đây là sản phẩm từ quá trình phong hóa đá Gneis Biotite của phức hệ Khâm

Đức (Hình 3b).



a) DEM khu vực Trà Leng *b) Các phức hệ tại khu vực Trà Leng*

Hình 3. Bản đồ DEM và phức hệ khu vực Trà Leng

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Số liệu sử dụng

3.1.1. Dữ liệu bay chụp UAV (Unmanned Aerial Vehicle)

Dữ liệu bay chụp UAV được sử dụng để thu thập hình ảnh chi tiết và xây dựng mô hình số độ cao (DEM) với độ phân giải không gian cao tại khu vực nghiên cứu. Dữ liệu DEM được xây dựng này sẽ cung cấp thông tin chi tiết về độ dốc, hướng dòng chảy nước mưa, và các yếu tố khác liên quan đến nguy cơ sạt lở.

3.1.2. Dữ liệu khảo sát thực địa

Khảo sát địa hình, địa mạo, khu vực lũ bùn đá Trà Leng được thực hiện vào các đợt đi thực địa tháng 11 năm 2020, tháng 7 và tháng 8 năm 2024.

3.1.3. Thí nghiệm trong phòng

Một số mẫu đất, đá được thu thập và thí nghiệm các chỉ tiêu vật lý, cơ học. Kết quả thí nghiệm cho mẫu đất và đá được trình bày ở Bảng 1 và Bảng 2.

Bảng 1. Kết quả thí nghiệm mẫu đất tại lớp đất bề mặt sau khi xảy ra lũ bùn đá

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị
1	Độ ẩm	%	22,73
2	Trọng lượng thể tích tự nhiên	kN/m^3	18,3
3	Trọng lượng thể tích khô	kN/m^3	14,9
4	Trọng lượng thể tích bão hòa	kN/m^3	19,3
5	Tỉ trọng	kN/m^3	2,66
6	Hệ số rỗng		0,784
7	Độ bão hòa	%	77,12
8	Giới hạn chảy (LL)	%	28,29
9	Giới hạn dẻo (PL)	%	19,73
10	Chỉ số dẻo (PI)		8,56
11	Chỉ số chảy		0,35
12	Lực dính đơn vị	kPa	22,6
13	Góc ma sát trong	Độ	20°6’

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm mẫu đá

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị
1	Độ ẩm	%	2,12
2	Khối lượng thể tích khô	g/cm^3	2,512
3	Khối lượng thể tích tự nhiên	g/cm^3	2,565
4	Tỉ trọng	kN/m^3	2,8

5	Cường độ nén 1 trục ở điều kiện khô		kPa	81969
6	Cường độ nén 1 trục ở điều kiện bão hòa		kPa	79113
7	Thành phần đá	Felspat kali		44 – 45%
8		Plagioclas		20 – 22%
9		Quartz		25 – 27%
10		Biotit		7 – 8%

3.2. Mô hình phân tích tính toán

3.2.1. Lý thuyết mô phỏng bằng phần mềm Kanako 1D

Bài báo này trình bày phương pháp mô phỏng số lũ bùn đá bằng phần mềm Kanako -1D. Phần mềm Kanako-1D (Nakatani, 2008) là một mô hình tính toán dựa trên tính chất vật lý và có giao diện đồ họa, cho phép sửa đổi các tham số đầu vào. Phần mềm cho phép mô phỏng dòng lũ bùn đá theo một hướng, từ hạ lưu đến thượng lưu của mô hình sông, và quá trình tích tụ bùn đá tại vị trí xây dựng đập Sabo. Các phương trình cơ bản của mô hình dựa trên lý thuyết được thiết lập bởi Takahashi và Nakagawa (1991) và được trình bày như sau:

Phương trình mô men

$$\frac{\partial M}{\partial t}+\frac{\partial vM}{\partial x}=-gh\frac{\partial M}{\partial x}-\frac{\tau_x}{\rho_m} \quad (1)$$

Phương trình tổng lưu lượng dòng lũ bùn đá

$$\partial h/\partial t+\partial M/\partial x=i \quad (2)$$

Hàm số vật liệu

$$\frac{\partial Ch}{\partial t}+\frac{\partial CM}{\partial x}=C*i \quad (3)$$

Phương trình xác định sự thay đổi cao độ mặt đáy (độ sâu dòng chảy):

$$\frac{\partial z_b}{\partial t}=-i \quad (4)$$

trong đó:

- h là độ sâu dòng chảy; v lần lượt là vận tốc theo trục x; z là cao độ đáy (độ sâu dòng chảy);
- t là thời gian; i là vận tốc xói mòn/bồi tụ;
- C* là nồng độ bùn cát trong tầng chuyển động;
- τ_x là ứng suất tiếp đáy sông theo trục x.

3.2.2. Các kịch bản tính toán

- Kịch bản 1: chưa có đập
- Kịch bản 2: đập kín cao 5m
- Kịch bản 3: sử dụng 1 đập kín và 1 đập hở
- Kịch bản 4: đập kín cao 15m

Dòng lũ bùn đá ở lưu vực được mô phỏng dựa vào thông số địa hình, hình thái lưu vực và thông số thủy văn lấy theo lượng mưa cực đoan ngày xảy ra dòng lũ bùn đá (28/10/2020). Thông số đầu vào dòng bùn đá được lấy theo kết quả thí nghiệm trong phòng, và hướng dẫn của Nakatani, 2008. Lưu lượng lớn nhất được tính toán dựa vào lượng mưa và lưu vực dòng chảy, trong phần mềm thông số lưu lượng nhập vào là 45m^3/s.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Phân tích Google Earth kết hợp UAV

Hình 4b sau khi xử lý ảnh UAV bằng phần mềm Agisoft cho thấy vùng thiệt hại được mở rộng nhiều so với ảnh năm 2019. Điều này chứng tỏ phạm vi thiệt hại lớn do lũ bùn đá tại khu vực Trà Leng gây ra, từ ảnh năm 2019 cho thấy thảm phủ và địa hình khu vực chưa có dấu hiệu của dòng lũ bùn đá ha trượt lở đất, điều này cũng là nguyên nhân khó khăn cho công tác dự báo. Hình 5 là kết quả bay chụp UAV cho vị trí dưới chân và vị trí bên trên dòng thác. Từ UAV có thể nhận thấy khu vực co hẹp dòng chảy rất nhỏ (đo được 2-3m), đá cứng phía dưới vị trí cạnh đường, do tầng đá cứng này gây ra sự đổi dòng chảy từ trên xuống dưới không chảy theo suối mà lại đổi dòng vào vị trí nhà dân. Hình ảnh khảo sát thực tế ở hiện trường cho thấy vật liệu dòng bùn đá có kích thước lớn, vị trí nhà dân bị va trực tiếp vào đá có kích thước 2-3m, riêng vị trí suối bên dưới có viên đá có kích thước 10m. Yếu tố địa hình dạng chữ V và yếu tố lượng mưa lớn kích hoạt khối trượt và dòng bùn đá xuống dưới.



a) Hình ảnh bản đồ Google Earth khu vực Trà Leng năm 2019

b) Hình ảnh bản đồ Google Earth và ảnh UAV khu vực Trà Leng năm 2020

Hình 4. Hình ảnh Google Earth khu vực Trà Leng từ năm 2019 đến năm 2020



a) Hình ảnh UAV đất, đá, dòng chảy phần đường và dọc theo dòng thác

b) Hình ảnh UAV đất, đá, dòng chảy của thác phía trên khu vực Trà Leng năm 2020

Hình 5. Hình ảnh Google Earth khu vực Trà Leng từ năm 2019 đến năm 2020

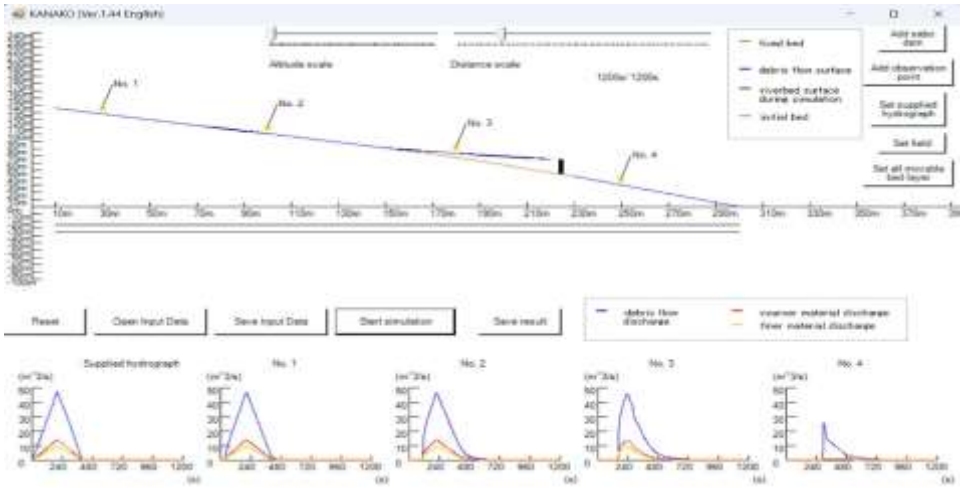
4.2. Cơ chế dòng lũ bùn đá tại Trà Leng

Chiều dài dòng bùn đá khoảng 1,7 km. Vị trí co hẹp dòng chảy tại thác nước cách mặt đường khoảng 42m. Tại vị trí này dòng chảy bị co hẹp chỉ còn 2-3m, ngoài ra còn có cây cối chắn ngang, gây tắc dòng chảy, tạo thành đập tạm thời, khi lượng mưa lớn dồn về gây vỡ đập tạm tràn xuống dưới, đất đá tràn xuống theo dòng chảy nhưng và vào vách đá nghiêng 35^0-40^0 gây đổi hướng dòng chảy vào nhà bên dưới. Ngoài ra có thể cống bị cây to, vật liệu bùn đá tràn xuống gây ra đối hướng dòng chảy.

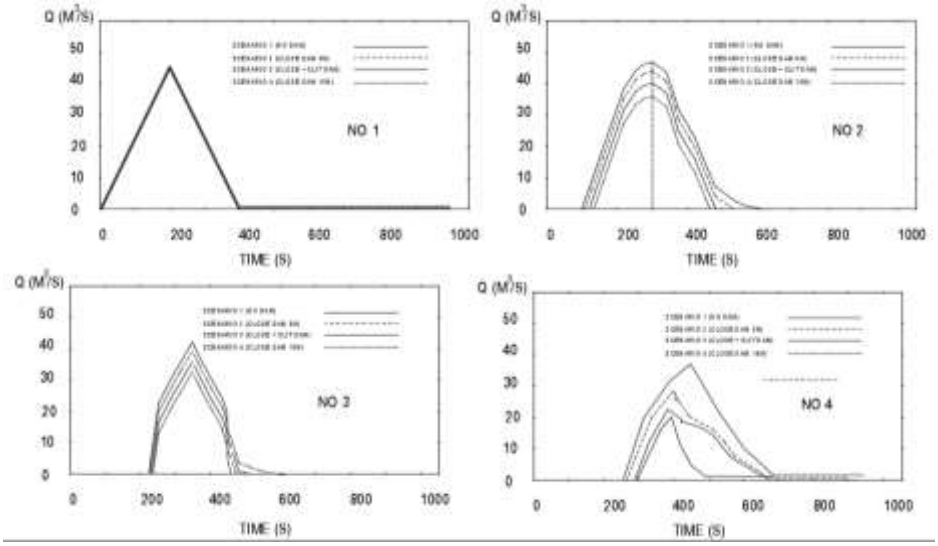
4.3. Kết quả mô phỏng lũ bùn đá Trà Leng

Hình 6 mô phỏng trường hợp sử dụng một đập kín cao 15m và có 4 vị trí quan sát, trong đó vị trí quan sát số 4 ở vị trí chân dòng thác. Phần mềm Kanako được thực hiện với thời gian mô phỏng là 1200s. Kết quả mô phỏng từ phần mềm Kanako thu được vận tốc, lưu lượng dòng bùn đá và lưu lượng dòng chảy có hạt thô và hạt mịn. Kết quả tại điểm quan sát số 4 cho thấy không có dòng chảy hạt thô và hạt mịn, chứng tỏ hiệu quả tốt của đập kín đem lại. Như vậy nếu sử dụng đập kín có thể tránh được thảm họa xảy ra. Tại vị trí số 3 (chưa có đập), lưu lượng vẫn có hạt thô và hạt mịn có giảm đi sau 480s mô phỏng, lưu lượng dòng chảy gần rất lớn, tuy nhiên nếu có đập thì lưu lượng giảm nhanh và các hạt thô, hạt mịn gần như bằng 0.

Hình 6 chỉ ra kết quả mô phỏng từ phần mềm Kanoko cho thấy kịch bản 4 với trường hợp xây dựng đập cao 15m cho hiệu quả tốt nhất có thể giảm đến 90% lưu lượng của dòng bùn đá so với kịch bản 1 (không có đập Sabo). Điều này chứng tỏ hiệu quả của đập Sabo đem lại cho việc ngăn các khối đá có kích thước lớn va đập vào nhà và hạ tầng bên dưới.



Hình 6. Mô hình số lũ bùn đá Trà Leng (trường hợp có đập theo kịch bản 4)



Hình 7. Kết quả mô phỏng lưu lượng ứng với các kịch bản khác nhau ở các vị trí quan sát 1-4

5. Kết luận

Những kết quả hiện trường, phân tích UAV, và kết quả phân tích bằng phần mềm Kanako 1D cho thấy lũ bùn đá tại Trà Leng có tính chất phức tạp, khó dự đoán phạm vi ảnh hưởng. Kích thước đá từ 2-3 m, cá biệt có vị trí kích thước đá 10m.

Nghiên cứu này đã phân tích cho các kịch bản có và không có đập với các vị trí đập khác nhau, từ đó có thể kiến nghị vị trí đập và chiều cao đập hợp lý. Kết quả bước đầu cho thấy kịch bản số 4 sử dụng đập Sabo kín với chiều cao 15m cho kết quả tốt nhất, có thể giảm tối đa thiệt hại gây ra.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài Nafosted 105.08-2021.74. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn.

Tài liệu tham khảo

Nguyễn Thành Dương, Nguyễn Văn Phóng, 2019. *Ứng dụng phần mềm Kanako 1d mô phỏng lũ bùn đá và đập Sabo ở Việt Nam*

Nguyễn Thị Thanh Hương, Vũ Bá Thao và Nguyễn Trung Kien, 2020. Early warning systems for flash floods and debris flows in Vietnam: A review. *Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development*:1233-1240.

Vũ Bá Thao, 2020. Công trình phòng trị lũ bùn đá. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*, 60, trang 40-47.

Vũ Bá Thao và Nguyễn Thị Thanh Hương, 2023. Phân tích đặc trưng lưu vực phát sinh lũ bùn đá-lũ quét

và cơ chế tác động của lũ ở lưu vực suối Nậm Păm. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam,* 65(6), trang 58-66.

Vũ Bá Thao, Bùi Xuân Việt, 2023. Phân tích ngưỡng mưa phát sinh một số trận lũ quét, lũ bùn đá thuộc các tỉnh Lai Châu, Điện Biên, Yên Bái, Sơn La. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn,* 749, trang 96-110.

Nguyễn Quang Tuấn, NVũ Thị Thu Trang, Nguyễn Thị Hằng. 2021. Các biện pháp phòng trị lũ bùn đá - Biện pháp phòng trị kiến nghị cho khu vực bản Khoang – Sapa - Lào Cai. *Hội Cơ học đất và địa kỹ thuật công trình Việt Nam,* 2, trang 16-20.

Jakob, Matthias, Oldrich Hungr and Dr Matthias Jakob, 2005. *Debris-flow hazards and related phenomena* (Vol. 739). Springer.

Takahashi, Tamotsu, 1978. Mechanical characteristics of debris flow. *Journal of the Hydraulics Division,* 104(8):1153-1169.

Takahashi, Tamotsu, 2009. A review of Japanese debris flow research. *International Journal of Erosion Control Engineering,* 2(1):1-14.

ABSTRACT

Research on debris flow in Tra Leng, Quang Nam province, using Kanoko 1D software to develop appropriate countermeasures

Nguyen Chau Lan[1], Đo Tuan Nghia[2], Pham Van Tien[3], Nguyen Trung Kien[3], Vu Van Kien[2], Bui Tien Thanh[1], Nguyen Ngoc Long[1]

[1] *Faculty of Civil Engineering, University of Transport and Communication*
[2] *Faculty of Civil Engineering, Thuy Loi University*
[3] *Institute of Geological sciences*

Debris flows have caused significant damage to both people and infrastructure in the central provinces of our country. In 2020, Tra Leng, Quang Nam, was severely affected by a debris flow, causing extensive damage to people, property, and infrastructure. However, there has been limited research on the causes and solutions for debris flow in this area. This article presents preliminary results from the 2020 Tra Leng debris flow analysis, which utilized field methods, UAV, laboratory experiments, and Kanako 1D software analysis. The results indicate that the debris flow in Tra Leng was large-scale, destroying underlying sewers and altering the flow, directly impacting residential areas. The Kanako software analysis suggests that closed Sabo Dams could be effectively implemented in the Tra Leng area to mitigate such events.

Keywords: Debris flow; rainfall; Kanako 1D; UAV; Tra Leng

Xây dựng bản đồ suy thoái độ phủ thực vật tại thành phố Đà Lạt tỉnh Lâm Đồng làm cơ sở dữ liệu đánh giá nguy cơ trượt lở đất

Nguyễn Thị Nụ[1,2,*], Bùi Trường Sơn[1,2]
[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Nhóm nghiên cứu Địa chất công trình và Địa môi trường*

TÓM TẮT

Mức độ phủ thực vật là một yếu tố quan trọng trong các yếu tố ảnh hưởng đến trượt lở đất đá. Khi lớp phủ càng dày, nguy cơ trượt lở đất đá càng giảm. Trên cơ sở dữ liệu của ảnh vệ tinh Landsat 4 đến 8, bài báo sử dụng phương pháp tính toán dựa vào công nghệ điện toán đám mây trực tuyến Google Earth Engine. Từ ảnh dữ liệu ban đầu, gộp các ảnh theo giai đoạn, loại bỏ yếu tố ảnh hưởng của mây, xác định ảnh tại các thời điểm khác nhau, tạo ảnh theo ngày, lựa chọn các band ảnh để tính toán chỉ số thực vật VI (Vegetation Index). Theo chỉ số này xác định được khu vực có rừng và khu vực không có rừng, từ đó, xác định được diện tích rừng ở từng giai đoạn (tính theo giai đoạn 5 năm), xây dựng được biểu đồ mức độ suy giảm độ phủ thực vật theo từng giai đoạn và bản đồ suy giảm độ phủ thực vật. Kết quả nghiên cứu cho thấy, tại thành phố Đà Lạt tỉnh Lâm Đồng, có sự suy giảm 3,32% về độ phủ thực vật từ năm 1990 đến năm 1995, đến năm 2000 độ phủ thực vật tăng lên 27%, sau đó suy giảm 29,5% năm 2005 và tăng 50,3% vào năm 2010. Đến năm 2015, độ phủ thực vật giảm 10,8% và tăng lên 0,61% vào năm 2020. Sự thay đổi về độ phủ thực vật theo từng giai đoạn phản ánh mức độ xây dựng và sự phá hủy thực vật tăng lên, làm cơ sở quan trọng trong phân tích các yếu tố gây trượt lở đất đá khu vực nghiên cứu.

Từ khóa: Bản đồ suy thoái, độ phủ thực vật, thành phố Đà Lạt, cơ sở dữ liệu, nguy cơ trượt lở

1. Đặt vấn đề

Độ phủ thực vật đóng vai trò quan trọng ảnh hưởng đến tai biến địa chất tự nhiên như trượt lở đất đá. Khi lớp phủ bị biến động, tạo nên các khoảng trống trên bề mặt trái đất. Khi đó, dưới tác động của dòng chảy tạm thời và nước mưa, đất đá tăng trọng lượng, độ bền giảm và thúc đẩy hiện tượng trượt đất đá. Để đánh giá mức độ che phủ thực vật sử dụng chỉ số độ phủ thực vật (FVC – Fractional Vegetation).

Trên thế giới, độ phủ thực vật được sử dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Zhang và nnk (2019) đã sử dụng chỉ số độ phủ thực vật để tính toán các loại thực vật khác nhau ở lưu vực Qaidam. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra có sự khác nhau về chỉ số độ phủ thực vật và nhận định khu vực có mật độ che phủ dày ở nơi có FVC lớn hơn 80%. Xue và Su (2017) cho rằng, chỉ số thực vật (VI) thu được từ các tán cây dựa trên ảnh viễn thám là thủ thuật khá đơn giản và hiệu quả để đánh giá định lượng và định tính về độ che phủ, sức sống và động lực tăng trưởng của thực vật. Zeng và nnk (2022) đã chỉ ra chỉ số thực vật VI được sử dụng trong việc kiểm soát chất lượng cũng như sự thay đổi của hệ sinh thái.

Tại Việt Nam, nghiên cứu về lớp phủ thực vật dựa vào công nghệ viễn thám đã được một số các tác giả đề cập. Nguyễn Quang Giáp (2015) đã thử nghiệm phương pháp xây dựng bản đồ hiện trạng lớp phủ thực vật trong lưu vực từ ảnh vệ tinh LANDSAT 8. Hoàng Anh Huy (2017) sử dụng FVC như một thông số dự báo thời tiết bằng phương pháp số, xác định độ tán xạ bề mặt trong ảnh viễn thám. Đối với viễn thám, có thể sử dụng mô hình hồi quy, chỉ số thực vật VI và phân tích phổ tính đa đối tượng (SMA). Hoàng Anh Huy đã sử dụng mô hình phân tích lẫn phổ tuyến tính (SMA) để xác định độ che phủ thực vật và đánh giá biến động của thực vật tại Thủ đô Hà Nội. Trần Thị Lan Hương và nnk (2019) đã ứng dụng GIS và viễn thám đánh giá biến động tài nguyên rừng huyện Chư Prông tỉnh Gia Lai bằng phần mềm ENVI 4.7 và ArcGIS 10.1. Phạm Thị Làn và Nguyễn Văn Hùng (2021) đã phân loại lớp phủ dựa vào dữ liệu ảnh LANDSAT bằng phương pháp phân loại định hướng đối tượng và cho độ chính xác 0,723%.

Công nghệ điện toán đám mây Google Earth Engine đang là một xu hướng ứng dụng công nghệ thông tin mới và trở thành nền tảng để giải quyết các bài toán dữ liệu lớn (Vũ Hữu Long và nnk, 2018). Đối với ứng dụng này có thể chiết tách được thông tin từ dữ liệu ảnh vệ tinh quang học Landsat hoặc vệ tinh rada

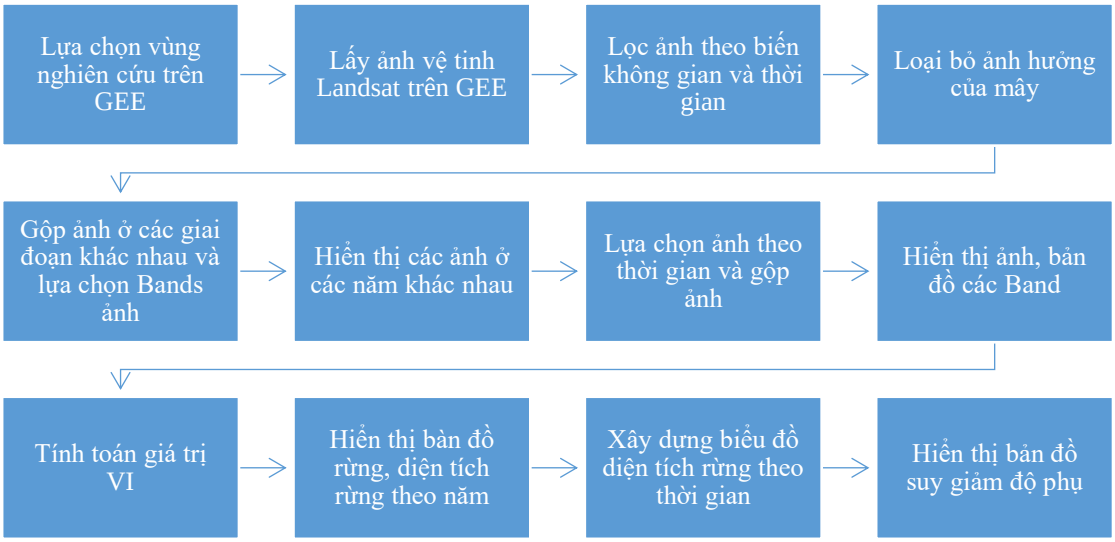
* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthinu@humg.edu.vn

Sentinel – 1, Sentinel – 2. Ưu điểm của công nghệ điện toán đám mây là có thể xử lý một khối lượng lớn ảnh đồ sộ theo diện. Các ảnh vệ tinh có dung lượng lên tới vài GB trên một cảnh ảnh và đòi hỏi máy tính phải có cấu hình mạnh trên các phần mềm như ENVI, ERDAS. Phương pháp sử dụng trên Google Earth Engine có thể tận dụng nguồn dữ liệu ảnh vệ tinh khổng lồ mà không phải tải ảnh hay máy tính có cấu hình mạnh. Google Earth Engine sử dụng đa dạng với nhiều mục đích khác nhau. Trong nghiên cứu này, phân tích, xử lý, khai thác hệ thống ảnh vệ tinh Landsat 4 đến Landsat 8 trong việc chiết tách thông tin về độ phủ của lớp phủ thực vật ở các thời điểm từ năm 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2020. Việc chiết xuất ảnh, tính toán diện tích, sự suy giảm và đồ thị theo dõi sự thay đổi lớp phủ thực vật đều được tiến hành trực tuyến trên hệ thống máy chủ của google.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Thành phố Đà Lạt thuộc tỉnh Lâm Đồng, nằm trên cao nguyên Lâm Viên có diện tích 394,64 km^2, với dân số năm 2022 là 237.565 người. Đà Lạt nằm trên độ cao 1500 m so với mực nước biển. Ranh giới thành phố Đà Lạt được lấy dựa vào nguồn dữ liệu của FAO và có sự trùng khớp với dữ liệu bản đồ trực tuyến của google.

Để nghiên cứu, bài báo sử dụng công nghệ điện toán đám mây Google Earth Engine (GEE), có tích hợp dữ liệu ảnh viễn thám miễn phí từ NASA (Cơ quan hàng không vũ trụ Mỹ), USGS (Cục địa chất liên bang Hoa Kỳ), ESA (Cơ quan hàng không vũ trụ Châu Âu) và nhiều dữ liệu khác. Công nghệ GEE được thực hiện theo quy trình ở hình 1. Các dữ liệu ảnh được sử dụng là Landsat 4 Level 2, Landsat 5 Level 2, Landsat 7 Level 2, Landsat 8 Level 2. Dữ liệu vùng của FAO năm 2015.



Hình 1. Sơ đồ phương pháp nghiên cứu

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Sau khi lấy dữ liệu ảnh Landsat, lựa chọn các thời điểm lấy ảnh là 1990, 1995, 2000, 20005, 2010, 2015, 2020, 2025. Các pixel là mây được loại bỏ và thay thế bằng các giá trị điểm ảnh được tổ hợp vào từ những ảnh không mây có thời gian, mùa tương tự trong năm. Dữ liệu ảnh Landsat ở các thời điểm năm khác nhau cho trong hình 2.

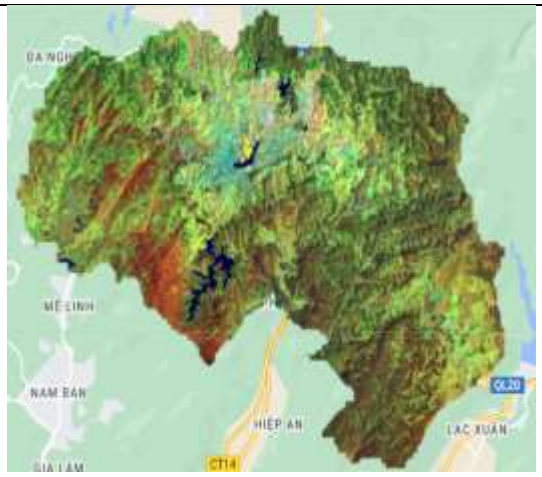




Năm 1990



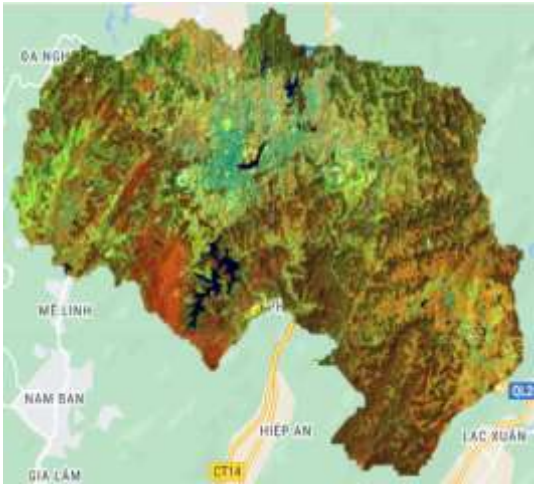
Năm 1995



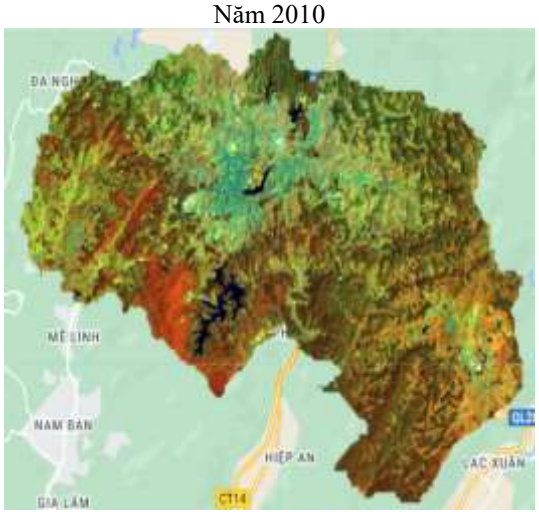
Năm 2000



Năm 2005



Năm 2010



Năm 2015

Năm 2020

Hinh 2. Dữ liệu ảnh Landsat ở các thời điểm năm khác nhau

Sau khi hiển thị ảnh Landsat ở các giai đoạn cho thấy sự khác biệt về màu tại các ảnh.

Chỉ số thực vật quang phổ được tính theo biểu thức $(\rho NIR - \rho SWIR)/(\rho NIR + \rho SWIR)$, trong đó ρNIR và ρSWIR lần lượt là hệ số phản xạ cận hồng ngoại (NIR) và hồng ngoại sóng ngắn (SWIR), đã được sử dụng rộng rãi để biểu thị điều kiện độ ẩm của thực vật. Từ chỉ số thực vật quang phổ, xác định được diện tích bao phủ thực vật ở các thời điểm khác nhau (xem hình 3). Từ hình 3 cho thấy sự khác nhau giữa độ phủ thực vật ở thời điểm các năm 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 và 2020. Điều này cho thấy diện tích

phủ thực vật bị biến động rõ rệt, có thể do sự phá hủy lớp phủ thực vật để xây dựng khu đô thị, hoặc các khu dân cư.



Năm 1990



Năm 1995



Năm 2000



Năm 2005



Năm 2010



Năm 2015



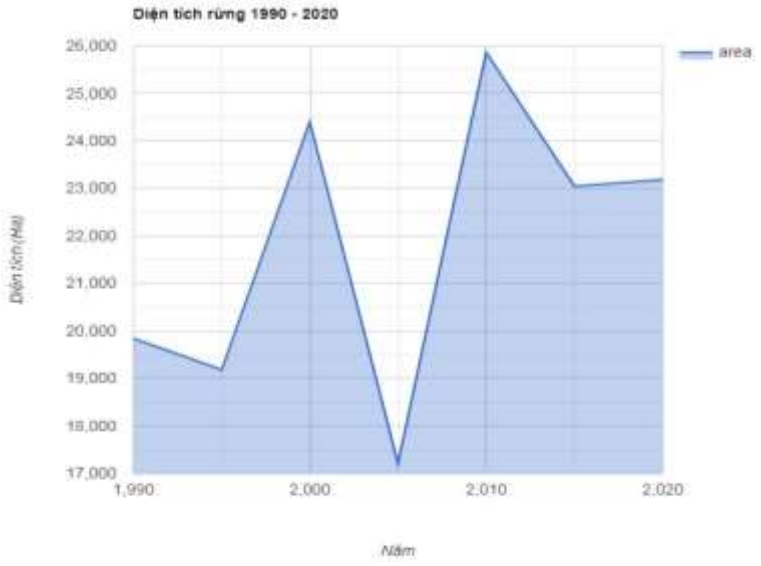
Năm 2020

Hình 3. Độ phủ thực vật ở các thời điểm năm khác nhau.

Từ mức độ phủ thực vật, tính toán được diện tích độ phủ thực vật ở các năm theo ngưỡng tính toán khu vực có thực vật, ở đây lựa chọn là 0.35. Sở dĩ lựa chọn giá trị này bởi vì khi tính toán theo ngưỡng ở thời điểm hiện tại, so với ảnh trên google cho thấy có sự trùng khớp ở rừng che phủ ở thời điểm hiện tại năm 2024. Mức độ suy giảm lớp phủ được trình bày ở bảng 1. Đồ thị xác định tích tích phủ thực vật được thể hiện ở hình 4.

Bảng 1. Mức độ suy giảm diện tích phủ thực vật

Năm	Diện tích, ha	Biến động thực vật, ha	Sự suy giảm, %
1990	19840,39		
1995	19181,42	-658,97	-3,32
2000	24399,11	5,217,69	27,20
2005	17203,92	-7,195,19	-29,49
2010	25862,51	8,658,59	50,33
2015	23046,55	-2,815,96	-10,89
2020	23186,48	139,94	0,61



Hình 4. Sự thay đổi độ phủ thực vật theo thời gian tại thành phố Đà Lạt



Hình 5. Bản đồ thay đổi mức phủ thực vật tại thành phố Đà Lạt

Từ các kết quả nghiên cứu ở bảng 1, hình 4 và hình 5 cho thấy sự thay đổi khá lớn về mật độ phủ thực vật ở các giai đoạn khác nhau. Có sự tăng và giảm của lớp phủ thực vật ở từng giai đoạn. Kết quả nghiên cứu ở hình 5 cho thấy, tại giai đoạn 1990 - 1995 diện tích rừng bị phá hủy mạnh thể hiện ở màu tím, ở xung quanh nội đô thành phố Đà Lạt và vùng Tà Nung ở phía Tây Nam thành phố Đà Lạt, điều đó chứng tỏ sự phát triển của đô thị vào giai đoạn đó. Ở giai đoạn 1995 - 2000 cho thấy sự phát triển đô thị thấp do độ che phủ tăng lên. Đến giai đoạn 2000 -2005, mức độ phủ thực vật giảm đi nhanh chóng, đất đai được phủ thực vật bị biến động mạnh. Ở giai đoạn 2005 - 2010, độ phủ thực vật tăng lên. Đến giai đoạn 2010 - 2015 lại có sự suy giảm về độ phủ thực vật và có sự biến động nhẹ ở giai đoạn 2015 - 2020. Như vậy, có thể thấy sự thay đổi rõ rệt về độ phủ thực vật và mức độ đô thị hóa tại các khu vực khác nhau của thành phố Đà Lạt theo thời gian.

4. Kết luận

Qua kết quả nghiên cứu sử dụng dữ liệu bộ ảnh Landsat được lưu trữ trên công nghệ điện toán đám mây GEE cho thấy:

Trong giai đoạn từ 1990 đến 2020 và thời gian hiện tại, có sự biến động mạnh về độ che phủ thực vật tại một số vị trí và ven đô thành phố Đà Lạt. Độ che phủ bị giảm mạnh ở giai đoạn 1990 - 1995 và giai đoạn 2000 - 2005, trong đó, ở giai đoạn 2000 - 2005 mức độ suy giảm là mạnh nhất. Đến giai đoạn 2005 - 2010 độ phủ thực vật có sự tăng mạnh mẽ và đến giai đoạn 2010 - 2015 bị suy giảm. Từ năm 2015 đến 2020 có sự phát triển độ phủ thực vật nhưng với mức độ nhỏ.

Như vậy, sử dụng công cụ điện toán đám mây Google Earth Engine cho phép xác định được bản đồ phát triển thực vật ở các thời điểm khác nhau cũng như đánh giá được độ thay đổi che phủ thực vật một cách nhanh chóng. Tuy nhiên, việc lựa chọn ngưỡng để tính toán diện tích rừng cần được xác định một cách chuẩn xác phù hợp với từng địa phương.

Kết quả nghiên cứu về đồ phủ thực vật cho thấy sự thay đổi theo thời gian của lớp phủ thực vật. Điều này ảnh hưởng lớn đến việc lựa chọn thời gian lấy ảnh để xác định cơ sở dữ liệu cho việc xác định hàm đa chỉ tiêu trong tính toán nguy cơ trượt lở đất đá tại thành phố Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng.

Tài liệu tham khảo

Phạm Thị Làn và Nguyễn Văn Hùng, 2021. Phân loại lớp phủ, sử dụng đất bằng phương pháp định hướng đối tượng sử dụng ảnh LANDSAT. *Tạp chí Tài Nguyên và Môi Trường*.

https://tainguyenvamoitruong.vn/phan-loai-lop-phu-su-dung-dat-bang-phuong-phap-dinh-huong-doi-tuong-su-dung-anh-landsat-cid1540.html

Dương Văn Khảm, Nguyễn Hữu Quyền, Trần Thị Tâm, Lại Tiến Dũng, 2014. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ viễn thám đánh giá mức độ khắc nghiệt hạn hạn ở các tỉnh duyên hải miền Trung. *Tạp chí Khí tượng thủy văn*. Số tháng 02 -2014.

Nguyễn Quang Giáp, 2015. Thử nghiệm phương pháp xây dựng bản đồ hiện trạng lớp phủ thực vật trong lưu vực từ ảnh vệ tinh LANDSAT 8. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*.

Hoàng Anh Huy, 2017. Đánh giá biến động độ che phủ thực vật tại một số khu vực đô thị và ven đô Hà Nội từ tư liệu ảnh vệ tinh LANDSAT đa phổ và đa thời gian. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, Tập 33, số 2 (2017), trang 40 – 47.

Nguyễn Thị Ngọc Anh, Phạm Thị Mai Trang, 2020. Ứng dụng viễn thám trên nền Google Earth Engine trong theo dõi biến động rừng tại tỉnh Lâm Đồng. *Kỷ yếu hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2020*.

Nguyễn Văn Thái, Trần Xuân Trường, Nguyễn Như Hùng, Lê Thanh Nghị, 2023. Nghiên cứu ứng dụng viễn thám và GIS theo dõi quá trình đô thị hóa thành phố Phủ Lý tỉnh Hà Nam. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ*. Số 56-6/2023.

Siqi Zhang, Hui Chen, Yang Fu, Huihui Niu, Yi Yang and Boxiong Zhang, 2019. Fractional Vegetation Cover Estimation of Different Vegetation Types in the Qaidam Basin. *Sustainability*, Vol 11 (3).

Xue. J, Su.B, 2017. Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and *Applications. Journal of Sensors.*

Zeng, Y., Hao, D., Huete, A. et al. Optical vegetation indices for monitoring terrestrial ecosystems globally, 2022. *Nat Rev Earth Environ, 3: 477–493*. https://doi.org/10.1038/s43017-022-00298-5.

ABSTRACT

Building a map of vegetation cover deforestation in Da Lat city, Lam Dong province as a database to assess landslide risk

Nguyen Thi Nu[1,2], Bui Truong Son[1,2]
[1] *Hanoi University of Mining and Geology*
[2] *Research group of Engineering Geology and Geo-environment*

The level of vegetation cover is an important factor affecting landslides. As the cover becomes thicker, the risk of landslides decreases. Based on the data of Landsat 4 to 8 satellite images, the report uses index calculation method based on Google Earth Engine. From the original data image, combine images by period, remove the influence of clouds, identify images at different times, create images by day, select image bands to calculate VI indices (Vegatation Index). From this index, forested areas and non-forested areas can be determined. On that basis, the forest area at each stage (calculated over a 5-year period) can be determined. Results of creating a chart of the level of vegetation cover decline in each stage and a map of vegetation cover decline. Research results show that there was a 3.32% decline in vegetation cover from 1990 to 1995, by 2000 the vegetation cover increased to 27%, then decreased by 29.5% in 2005 and increased of 50.3% in 2010. By 2015, vegetation cover decreased by 10.8% and then increased to 0.61% in 2020. The results show that there is a change in vegetation cover that varies from period to period, and changes due to construction increase as well as plant destruction. This can be seen that the vegetation cover data used in landslide determination factor analysis changes depending on the multi-temporal image data.

Keywords: Depression map, vegetation coverage, Da Lat city, database, landslide risk

Ứng dụng công nghệ điện toán đám mây Google Earth Engine phân tích mức độ biến động thực vật tại thành phố Bảo Lộc tỉnh Lâm Đồng làm cơ sở để đánh giá tai biến địa chất

Nguyễn Thị Nụ[1,2,*]
[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Nhóm Nghiên cứu Địa chất công trình và Địa môi trường*

TÓM TẮT

Nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine (GEE) có ý nghĩa đặc biệt trong việc xác định biến động bề mặt trái đất như lớp phủ thực vật, biến động của đường bờ biển, bờ sông, trượt lở đất đá,…Khi sử dụng GEE cho phép xử lý ảnh đa thời gian, thời gian xử lý nhanh. Nội dung của bài báo đề cập đến ứng dụng của GEE trong việc phân tích mức độ biến động thực vật tại thành phố Bảo Lộc tỉnh Lâm Đồng bằng việc sử dụng Code miễn phí trên trình soạn thảo mã Code Editor bằng ngôn ngữ JavaScript. Việc viết code được thực hiện bằng các câu lệnh có sẵn trong Docs. Thực hiện sử dụng mã code để trích dẫn ảnh viễn thám tại các thời gian khác nhau. Cụ thể ở đây xem xét sự biến động của độ phủ thực vật từ năm 2010 đến năm 2023 tại thành phố Bảo Lộc, tỉnh Lâm Đồng. Nội dung của phương pháp được thực hiện từ việc xác định thành phố dựa vào dữ liệu FAO, ảnh Landsat từ 4 đến Landsat 9. Kết quả cho thấy sự thay đổi của độ che phủ thực vật theo chuỗi đa thời gian cũng như mức độ xây dựng và độ trống của bề mặt đất làm cơ sở đánh giá ảnh hưởng đến các tai biến địa chất tại địa phương.

Từ khóa: Google Earth Engine, Bảo Lộc, che phủ thực vật, tai biến địa chất

1. Đặt vấn đề

Ứng dụng Google Earth Engine (GEE) đã và đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới cũng như ở Việt Nam trong những năm gần đây. Ứng dụng được xây dựng với mục đích xử lý ảnh và các dữ liệu địa không gian khác. Ứng dụng cho phép sử dụng cơ sở dữ liệu khổng lồ về ảnh vệ tinh, các thuật toán để phân tích, xử lý ảnh, được sử dụng để giám sát sự thay đổi như trượt lở đất đá, thay đổi tài nguyên nước, khí hậu hay rừng, thảm thực vật theo thời gian và không gian khác nhau.

GEE cho phép phân tích một loạt dữ liệu bằng các thuật toán và minh họa bằng hình ảnh, đồ thị, bảng biểu và kết quả. Khi sử dụng GEE có ưu điểm như (1) không cần phải tải dữ liệu ảnh hàng gigabyte dữ liệu vào máy tính, làm giảm tiết kiệm chi phí về máy tính, cũng như hạn chế đượt tốc độ đường truyền internet; (2) giúp tiết kiệm chi phí không phải mua các phần mềm xử lý ảnh viễn thám; (3) thời gian xử lý nhanh và có thể truy cập vào các bộ dữ liệu khổng lồ ở bất kỳ quốc gia nào trên thế giới, phân tích dữ liệu xuyên biên giới và đa thời gian tính theo hàng thập kỷ. Để khai thác dữ liệu này, người dùng cần nắm được lập trình trên Javar script. Ngôn ngữ lập trình đơn giản, dễ gần gũi và khai thác các lệnh có sẵn tại GEE.

Trên thế giới, GEE được sử dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Đối với lớp phủ thực vật Sidhu và nnk (2017) đã sử dụng GEE xác định sự thay đổi của lớp phủ thực vật ở Singapore. Ngoài ra, trong khu vực CCR, một khu bảo tồn rộng lớn, nhóm tác giả nhận thấy độ che phủ rừng không bị ảnh hưởng bởi các yếu tố nhân tạo mà thay vào đó bị chi phối bởi các chu kỳ gió mùa ảnh hưởng đến Đông Nam Á. Chen và nnk (2021) đã sử dụng việc phân loại trong GEE để xác định được mức độ phá hủy thực vật từ năm 1987 đến năm 2019 tại đất nước Georgia và đưa ra độ chính xác là 91%.

Tại Việt Nam, một số tác giả đã sử dụng GEE trong việc theo dõi biến động rừng (Nhung và Thy, 2019), thành lập bản đồ giám sát hạn hạ lưu vực sông Đồng Nai vùng Đông Nam Bộ (Hoàng và nnk, 2020), nghiên cứu lũ lụt ở Đồng Tháp, hạ lưu sông Mê Công (Long và nnk, 2018). Oanh và nnk (2022) đã sử dụng GEE trong giám sát nhanh khu vực ngập lụt của Việt Nam và đã khẳng định GEE cho phép người dùng có thể thực hiện các theo dõi tại nhiều khu vực khác nhau ở các khoảng thời gian khác nhau cũng như phân tích, so sánh đối chiều với thực địa.

* *Tác giả liên hệ:*
Email: nguyenthinu@humg.edu.vn

Độ che phủ thực vật quyết định đến khả năng xâm nhập của dòng nước tạm thời (mưa, dòng chảy trên mặt), khi độ che phủ dày sẽ hạn chế được lượng nước ngấm trực tiếp xuống đất, khi đó làm giảm khả năng bão hòa, hạn chế việc tăng khối lượng thể tích cũng như đất đá bị bão hòa tăng trọng lượng, giảm lực dính kết và có xu hướng gây phá hủy sườn dốc. Ngược lại, khi lớp phủ bị mất hoặc ít, khối lượng đất đá khi mưa xuống lớn, lực dính kết giảm, tăng lực gây trượt và thúc đẩy phá hủy sườn dốc. Chính vì thế, khi xác định được mức độ biến đổi lớp phủ theo thời gian, sẽ đánh giá được mức độ tác hại đến sự phát triển các tai biến địa chất. Do đó, trong bài báo này trên cơ sở nguồn dữ liệu sẵn có trên google earth engine, sẽ sử dụng các hàm trong bộ sưu tập sẵn có, lựa chọn các loại ảnh, lọc theo năm và không gian, loại bỏ đối tượng gây nhiễu là mây, tính toán diện tích độ phủ thực vật theo giai đoạn, từ đó phân tích đánh giá sự biến đổi của độ phủ thực vật. Đây là cơ sở để đánh giá mức độ phát triển tai biến địa chất tại địa phương.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Thành phố Bảo Lộc có diện tích 23,256 ha, chiếm khoảng 2,38% diện tích toàn tỉnh Lâm Đồng. Ranh giới thành phố Bảo Lộc được lấy dựa vào nguồn dữ liệu của FAO (FAO GAUL: Global Administrative Unit Layers 2015, Second-Level 2) với việc lấy ranh giới ở mức ADM2_NAME với tên là Bao Loc Township và có sự trùng khớp với dữ liệu bản đồ trực tuyến của google.

Các nguồn dữ liệu viễn thám được sử dụng bao gồm USGS Landsat 4 Level 2, Collection 2, Tier 1; USGS Landsat 5 Level 2, Collection 2, Tier 1; USGS Landsat 7 Level 2, Collection 2, Tier 1; USGS Landsat 8 Level 2, Collection 2, Tier 1; USGS Landsat 9 Level 2, Collection 2, Tier 1.



Hình 1. Sơ đồ phương pháp nghiên cứu

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Trước hết sử dụng lệnh gọi ảnh dữ liệu Landsat 4 đến 8 tại các năm khác nhau là 2000, 2005, 2010, 2015, 2018,2020,2023. Các ảnh này đã được loại bỏ ảnh hưởng của mây và được lọc theo thời gian thực, cũng như lọc theo vùng là thành phố Bảo Lộc, tỉnh Lâm Đồng.





Năm 2000



Năm 2005



Năm 2010



Năm 2015



Năm 2018

Năm 2020

Năm 2023

Hình 2. Dữ liệu ảnh Landsat ở các thời điểm năm khác nhau

Kết quả nghiên cứu ở hình 2 cho thấy sự thay đổi về màu sắc của ảnh Landsat. Từ đó tính toán chỉ số vegatation index VI theo công thức trong GEE. Sử dụng trong GEE với việc tính toán cộng, trừ, nhân chia như bình thường. // VI/ var vi = image.expression('(NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)', bandMap).rename('VI'); Với NIR là kênh B5 và SWOR là kênh B7 theo công thức:

var bandMap = { NIR: image.select('B5'), SWIR: image.select('B7') };

Kết quả tính toán được hệ số thay đổi thực vật. Từ đó xác định được diện tích lớp phủ thực vật ở từng năm khác nhau. Thể hiện lớp phủ thực vật là màu xanh trên hình 3. Kết quả hình 3 cho thấy sự thay đổi của lớp thực vật tại thành Phố Bảo Lộc tỉnh Lâm Đồng theo các thời gian khác nhau. Mặc dù sự thay đổi trong khoảng 10%, nhưng cũng đã cho thấy sự thay đổi rõ nét trên hình 3.



Năm 2000



Năm 2005



Năm 2010



Năm 2015



Năm 2018



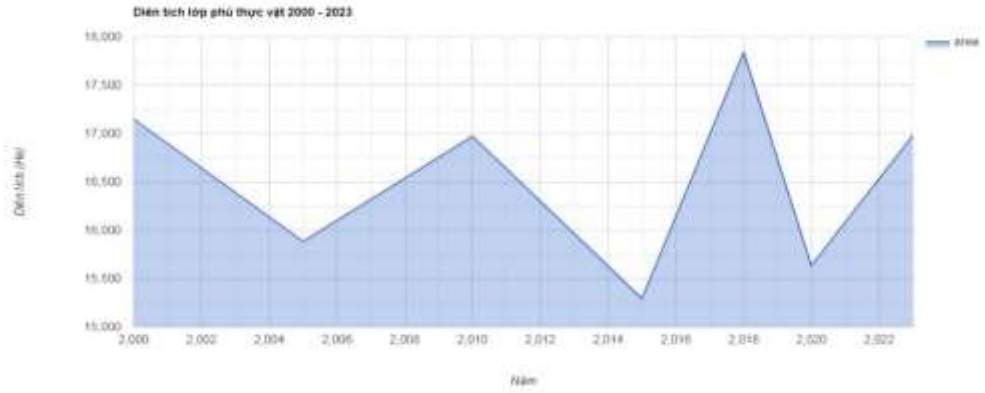
Năm 2020



Năm 2023

Hình 3. Độ phủ thực vật ở các thời điểm năm khác nhau.

Lập trình để vẽ đồ thị trên GEE cho kết quả ở hình 4. Sau đó xuất dữ liệu dưới dạng CSV để chuyển sang file excel. Đối với khu vực Bảo Lộc, sử dụng ngưỡng phủ thực vật là 0,35. Sở dĩ lựa chọn giá trị này bởi vì so sánh với độ phủ hiện tại cho thấy có sự trùng khớp. Kết quả tính toán được trình bày ở bảng 1.

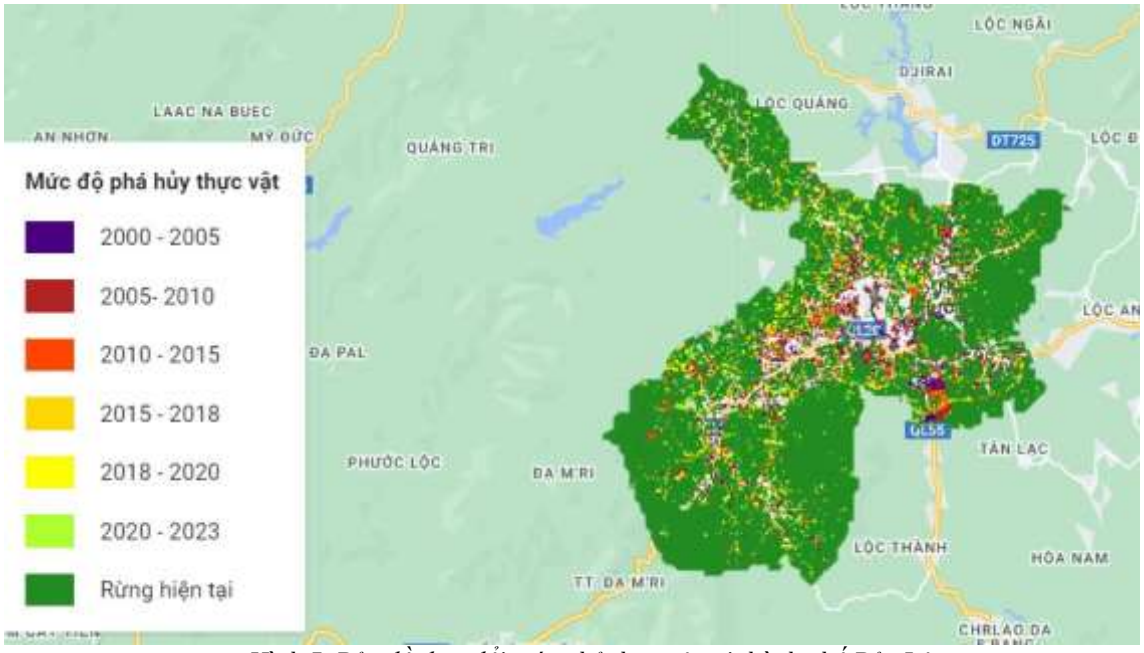


Hình 4. Sự thay đổi độ phủ thực vật theo thời gian tại thành phố Bảo Lộc

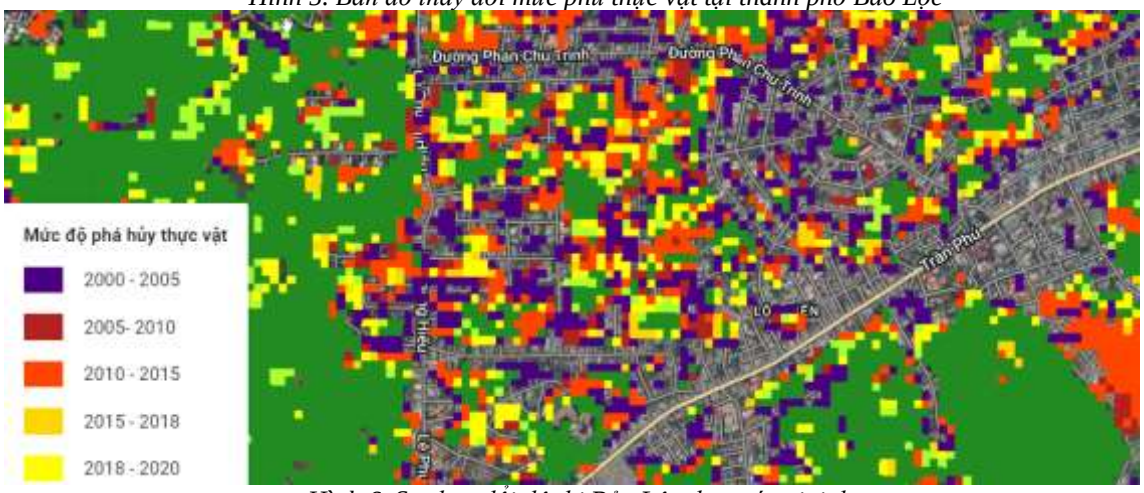
Bảng 1. Mức độ suy giảm diện tích phủ thực vật tại Thành phố Bảo Lộc

Năm	Diện tích, ha	Biến động thực vật, ha	Mức độ thay đổi so với năm 2000, %
2000	17147,2		
2005	15883,48	-1263,72	-7,37
2010	16970,66	-176,539	-1,03
2015	15293,00	-1854,203	-10,81
2018	17839,21	692,011	4,04
2020	15633,65	-1513,554	-8,83
2023	16980,91	-166,294	-0,97

Theo kết quả nghiên cứu ở bảng 1 và hình 4 cho thấy so với năm 2000, mức độ phủ của lớp phủ thực vật đã bị suy giảm theo thời gian. Tuy nhiên, sự suy giảm này có sự thay đổi khác nhau ở các giai đoạn. Trong đó giai đoạn 2010 – 2015, lớp phủ thực vật bị giảm nhiều nhất lên đến 10,81%. Trong giai đoạn 2015-2018, độ phủ thực vật tăng lên 4,04% so với năm 2000. Nhưng ở giai đoạn tiếp theo lớp phủ thực vật lại bị suy giảm. Điều này có thể gây mất cân bằng sinh thái, làm phát sinh các tai biến địa chất tại Bảo Lộc.



Hình 5. Bản đồ thay đổi mức phủ thực vật tại thành phố Bảo Lộc



Hình 6. Sự thay đổi đô thị Bảo Lộc theo các giai đoạn

Xác định khu vực nghiên cứu ở trung tâm Thành phố Bảo Lộc cho thấy rõ rệt sự tăng mức độ đô thị hóa trên đường Trần Phú. Giai đoạn 2000 -2005, thành phố vẫn còn ít nhà cửa, lớp phủ thực vật nhiều. Tuy nhiên đến năm 2024, cho thấy diện tích cây xanh đã lùi ra xa phạm vi thành phố. Điều này thấy rõ nét trên hình ảnh màu ở các giai đoạn thời gian khác nhau.

4. Kết luận

Kết quả sử dụng công cụ điện toán đám mây Google Earth Engine để tính toán sự thay đổi độ phủ của thực vật tại thành phố Bảo Lộc, tỉnh Lâm Đồng cho thấy:

Công cụ GEE cho phép đánh giá được mức độ thay đổi lớp phủ thực vật theo các giai đoạn khác nhau. Đối với thành phố Bảo Lộc, tỉnh Lâm Đồng có sự biến động mạnh về lớp phủ thực vật hay sự suy giảm độ phủ thực vật ở các giai đoạn khác nhau. Độ che phủ bị giảm mạnh nhất ở giai đoạn từ năm 2018 đến năm 2020 với mức độ là 12,36%. Từ năm 2020 đến năm 2023, độ phủ thực vật tăng lên 8,62%.

Trong công nghệ điện toán đám mây GEE có thể sử dụng các hàm, công thức tính toán theo ngôn ngữ lập trình Javar script, sử dụng để trích xuất các ảnh đa dạng theo không gian cũng như theo thời gian. Đây là công cụ thể phân tích, đánh giá, so sánh để lập các bản đồ thành phần làm cơ sở đánh giá tai biến địa chất tại Bảo Lộc, Lâm Đồng như tai biến trượt lở đất.

Tài liệu tham khảo

Đặng Thị Kim Nhung, Phạm Thị Mai Thy, 2019. Ứng dụng viễn thám trên nền tảng Google Earth Engine để theo dõi biến động rừng, ảnh hưởng đến nhiệt độ bề mặt đất ở lưu vực sông Ba – Đà Rằng. *GIS*

conference.

Nguyễn Văn Hoàng, Hoàng Thị Kim Nhân, Nguyễn Đình Vượng, 2020. Nghiên cứu ứng dụng nền tảng Google Earth Engine thành lập bản đồ giảm sát hạn hạn lưu vực sông Đồng Nai vùng Đông Nam Bộ. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, 58.*

Vũ Hữu Long, Nguyễn Vũ Giang, Phạm Việt Hòa, Nguyễn Thanh Tùng, 2018. Ứng dụng công nghệ điện toán đám mây Google Earth Engine trong nghiên cứu lũ lụt tại Đồng Tháp, Hạ lưu sông Mê Công. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, 43.*

Nông Thị Oanh, Đinh Bảo Ngọc, Phạm Quang Hiền, Trần Tuấn Ngọc, 2022. Nghiên cứu ứng dụng nền tảng Google Earth Engine và bộ thư viện phân tích không gian TURFJS trong giám sát nhanh khu vực ngập lụt tại Việt Nam. *Tạp chí Khoa học đo đạc và bản đồ.*

Sidhu, Pebesma, Camara, 2017. Using Google Earth Engine to detect land cover change: Singapore as a use case. *Euripean Journal of Remote Sensing.*

Chen. S et al, 2021. Monitoring temperate forest degradation on Google Earth Engine using Landsat time series analysis. *Remote Sensing of Environment.*

ABSTRACT

Applying Google Earth Engine in analyzing the level of vegetation cover in Bao Loc city, Lam Dong province to serve geological hazard assessment

Nguyen Thi Nu[1,2]

[1] *Hanoi University of Mining and Geology*

[2] *Research group of Engineering Geology and Geo-environment*

The Google Earth Engine (GEE) has special significance in determining changes in the earth's surface such as vegetation cover, changes in coastlines, river banks, landslides, etc. Using GEE allows multi-time image processing and fast processing time. The content of the article refers to the application of GEE in analyzing the level of vegetation cover in Bao Loc city, Lam Dong province by using free Code on the Code Editor code editor in JavaScript language. Writing code is done using commands available in Docs. Use code to quote remote sensing images at different times. Specifically, we look at the changes in vegetation cover from 2010 to 2023 in Bao Loc city, Lam Dong province. The content of the method is made from identifying cities based on FAO data, Landsat images from 4 to Landsat 9. The results show changes in vegetation cover over multiple time series as well as the level Construction and land surface emptiness affect the development of local geological hazards

Keywords: Google Earth Engine, Bao Loc, vegetation cover, geological hazards

Tổng quan nghiên cứu trên thế giới về xác định trượt lở đất bằng công cụ viễn thám

Nguyễn Thị Nụ[1,2,*]
[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Nhóm Nghiên cứu Địa chất công trình và Địa môi trường*

TÓM TẮT
Trượt lở đất đá gây thảm họa vô cùng lớn tới hoạt động kinh tế công trình cũng như cuộc sống của con người. Khảo sát thực địa sau khi xảy ra các vụ trượt lở rất khó khăn, đặc biệt các vùng sâu và xa. Một công cụ phát hiện hữu ích nhất đó là ảnh viễn thám. Có hai loại ảnh được sử dụng là ảnh vệ tinh quang học và ảnh vệ tinh SAR. Các loại ảnh này được Mỹ, Châu Âu chụp ở độ cao lớn có thể quan sát toàn bộ bề mặt trái đất. Các hình ảnh về các vùng bề mặt của trái đất được chụp tại các thời gian khác nhau. Khi so sánh sự thay đổi của ảnh vệ tinh trước và sau các vụ trượt lở đất, có thể nhận định, xác định chính xác các vị trí trượt lở đất. Việc xác định các vụ trượt lở đất từ ảnh viễn thám được xử lý bằng các phần mềm chuyên dụng hoặc công vụ điện toán đám mây Google Earth Engine. Nội dung báo cáo tổng quan các nghiên cứu gần đây về việc sử dụng ảnh vệ tinh, công cụ điện toán đám máy Google Earth Engine trong việc xác định các vụ trượt lở đất. Điều này giúp cho phát hiện nhanh chóng các vụ trượt lở đất sau các trận mưa lớn hoặc các trận động đất. Trên cơ sở đó, xây dựng bản đồ hiện trạng trượt lở đất, phân vùng dự báo nguy cơ trượt lở đất, từ đó giúp cảnh báo sớm trượt lở đất đá. Các nghiên cứu này giúp cho phân tích, đánh giá trượt lở đất trong giai đoạn hiện nay tại Việt Nam.

Từ khóa: Google Earth Engine, trượt lở đất, ảnh vệ tinh quang học, ảnh SAR

1. Đặt vấn đề

Trượt lở đất đá gây thảm họa vô cùng lớn tới hoạt động kinh tế công trình cũng như cuộc sống của con người. Trượt lở đất thường xảy ra khi có hiện tượng mưa kéo dài và liên tục, với cường độ mưa lớn. Sau khi xảy ra động đất, thường ảnh hưởng đến đường giao thông, mùa màng, nhà cửa, ngăn cản các hoạt động cứu trợ,…Do vậy, rất khó kiểm soát được số lượng các vụ trượt lở đất nếu sử dụng công cụ truyền thống đó là khảo sát thực địa, đặc biệt là khảo sát các vùng sâu và xa.

Một trong những công nghệ tiên tiến hiện nay được sử dụng là các dữ liệu vệ tinh hay ảnh vệ tinh. Ảnh vệ tinh là các ảnh về Trái đất hay các hành tinh khác được thu thập bởi các vệ tinh nhân tạo trên quỹ đạo của chúng. Ảnh vệ tinh được chia làm hai loại đó là ảnh vệ tinh quang học và ảnh vệ tinh SAR. Ảnh vệ tinh quang học là loại ảnh được tạo ra bởi việc thu nhận các bước sóng ánh sáng nhìn thấy (0,4 - 0,76 micromet) qua vệ tinh sử dụng các ống kính quang học. Còn radar khẩu độ tổng hợp SAR (Synthetic Aperture Radar) đã được phát triển khá mạnh với ưu thế cho phép thu ảnh có độ phân giải cao và từ hai ảnh thu được bởi kỹ thuật SAR. Công nghệ SAR có khả năng truyền dữ liệu kịp thời và đáng tin cậy cho các ứng dụng trên đất liền và trên biển. Hầu hết vệ tinh được sử dụng để thu thập dữ liệu đều được phóng và kiểm soát bởi những chính phủ như Cục Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ (USGS - United States Geological Survey), Cơ quan Quản lý Khí quyển và Đại dương Quốc gia Mỹ (NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration) và Cơ quan Vũ trụ Châu Âu (ESA - European Space Agency). Các thiết bị chụp ở độ cao lớn, quan sát toàn bộ bề mặt đất, chụp các hình ảnh về các vùng bề mặt của trái đất tại các thời điểm khác nhau. Khi so sánh sự thay đổi của ảnh vệ tinh trước và sau các vụ trượt lở đất, có thể nhận định, xác định các vụ trượt lở đất.

Nội dung báo cáo đề cập đến các nghiên cứu gần đây về việc sử dụng ảnh vệ tinh, công cụ điện toán đám máy Google Earth Engine trong việc xác định các vụ trượt lở đất. Từ đó, đánh giá, nhận xét các ưu nhược điểm của phương pháp này để có những kiến nghị trong việc sử dụng chúng trong nghiên cứu trượt lở tại Việt Nam.

2. Các nghiên cứu sử dụng ảnh viễn thám Quang học để giám sát trượt lở đất

Gần đây, việc kiểm kê lở đất đã được chuẩn bị bằng cách áp dụng các kỹ thuật khác nhau bao gồm chụp ảnh trên không và trực quan hóa hình ảnh quang học, hình ảnh radar khẩu độ tổng hợp (SAR), phát hiện

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthinu@humg.edu.vn

ánh sáng và phạm vi (LiDAR), khảo sát thực địa và báo cáo của cộng đồng địa phương. Ảnh vệ tinh đã được chứng minh là hữu ích trong việc tạo ra các bản kiểm kê trượt lở đất và hỗ trợ các phương pháp lập bản đồ tốn thời gian truyền thống chủ yếu dựa vào khảo sát thực địa và diễn giải trực quan các bức ảnh chụp từ trên không (Guzzetti và nnk, 2012).

Gần đây, hình ảnh quan sát trái đất (EO) và các kỹ thuật, công cụ xử lý và hiển thị liên quan đã làm tăng đáng kể khả năng lập bản đồ trượt lở đất. Kỹ thuật viễn thám thường được sử dụng để xây dựng các bản kiểm kê trượt lở ở các khu vực đã trải qua các sự kiện thảm khốc (Roback và nnk, 2018). Hình ảnh quang học dựa trên vệ tinh (Landsat, Sentinel-2, ASTER) cung cấp thông tin chất lượng cao để lập bản đồ trượt lở đất với độ phân giải trung bình (kích thước pixel 10-30 m).

Vệ tinh cung cấp nền tảng lý tưởng cho việc lặp lại các cuộc khảo sát một cách có hệ thống trên các khu vực rộng lớn hơn. Các kho lưu trữ thu thập được trên quy mô rộng giúp phát hiện các vụ lở đất chưa được biết đến trước đây và phân tích diễn biến trượt lở lịch sử. Các kỹ thuật tương quan dựa trên hình ảnh được sử dụng để theo dõi biến dạng trong cả hình ảnh biên độ quang học và radar, theo dõi các đặc điểm trong chuỗi hình ảnh theo thời gian (Mondini và nnk, 2019). Tuy nhiên, hiệu quả của chúng bị hạn chế đối với các vụ lở đất di chuyển nhanh. Hơn nữa, hình ảnh quang học không hiệu quả trong trường hợp bị mây che phủ. Mặc dù hình ảnh quang học cung cấp dữ liệu chất lượng cao nhưng nó thường bị hạn chế trong nỗ lực phản hồi nhanh vì Hình ảnh quang học yêu cầu ánh sáng ban ngày cũng như điều kiện không có bóng và mây để xác định chính xác các vụ lở đất. Đám mây liên tục lớp phủ có thể ngăn chặn việc lập bản đồ lở đất từ hình ảnh vệ tinh quang học trong nhiều tuần đến nhiều tháng.

Một số nghiên cứu đã sử dụng các hình ảnh quang học dựa trên vệ tinh, chẳng hạn như các hình ảnh được cung cấp bởi SPOT−5, Landsat−8 và Sentinel−2, và các hình ảnh trên không với các phương pháp lập bản đồ thủ công để cung cấp thông tin chất lượng cao về trượt lở đất (Massey và nnk., 2020; Shahabi và Hashim, 2015). Các vụ lở đất gần đây thường xuất hiện sáng hơn so với môi trường xung quanh ngay lập tức do nền đất trống lộ ra và chúng có thể được giải thích trực tiếp bằng hình ảnh, tạo điều kiện cho sự khác biệt giữa hình ảnh trước sự kiện và sau sự kiện (Nichol và Wong, 2005). Ngoài ra, đặc tính quang phổ của ảnh quang học chủ yếu được sử dụng với các chỉ số phổ ngưỡng cho mục đích nhận dạng trượt lở đất (Hölbling và nnk, 2018). Các nghiên cứu trước đây về phát hiện trượt lở đất đã áp dụng các ngưỡng chỉ số quang phổ dành riêng cho từng vùng và do đó hoạt động kém khi áp dụng cho các khu vực mới (Tehrani và nnk, 2021). Hơn nữa, các chỉ số phổ chưa được áp dụng triệt để để xác định đặc điểm trượt lở.

Trong khi hình ảnh quang học cung cấp dữ liệu chất lượng cao nhưng nó thường bị hạn chế trong nỗ lực phản hồi nhanh vì hình ảnh quang học đòi hỏi ánh sáng ban ngày cũng như điều kiện không có bóng và mây để xác định chính xác các vụ lở đất. Ví dụ, Trận động đất có cường độ Mw 7.8 ở Gorkha năm 2015 gây ra hơn 25.000 vụ lở đất, mây che phủ dai dẳng đã ngăn cản việc lập bản đồ lở đất từ vệ tinh hình ảnh quang học trong hơn một tuần (Burrows và nnk, 2020; Williams và nnk, 2018).

Để phân loại các đặc điểm trượt lở, các yếu tố địa mạo, địa chất, thủy văn và các yếu tố khác được xem xét khi áp dụng các chỉ số quang phổ (Dou và nnk.2015). Hơn nữa, sự thành công của việc sử dụng hình ảnh quang học (cả ảnh chụp từ trên không và vệ tinh) phụ thuộc rất nhiều vào thời tiết tại thời điểm thu ảnh. Hình ảnh quang học bị hạn chế về khả năng phản hồi nhanh vì chúng yêu cầu ánh sáng mặt trời, mây và điều kiện không có bóng để xác định chính xác các vụ lở đất (Williams và nnk, 2018).

3. Các ảnh viễn thám radar SAR để nghiên cứu trượt lở đất đá

Ảnh SAR dựa trên vệ tinh có thể giảm thiểu những hạn chế về thời tiết và thời gian thu thập dữ liệu.Radar khẩu độ tổng hợp dựa trên vệ tinh (SAR) có sẵn miễn phí tránh được một số vấn đề này vì nó có thể xuyên qua các đám mây và hoạt động cả ngày lẫn đêm nhưng vẫn bị giới hạn bởi bóng hình học và sự biến dạng (Mondini và nnk, 2019). SAR có thể xuyên qua các đám mây và thu thập dữ liệu cả ngày lẫn đêm. Điều này có thể có lợi cho việc lập bản đồ nhanh chóng các vụ lở đất do lượng mưa lớn hoặc kéo dài gây ra. Tuy nhiên, những hạn chế của nó bao gồm bóng hình học, nhiễu đốm và biến dạng.

Dữ liệu SAR đã được được sử dụng trong hơn một thập kỷ để điều tra các vụ lở đất (Hilley và nnk, 2004). Tuy nhiên, hầu hết các nghiên cứu đều tập trung vào SAR giao thoa kế (InSAR), đo sự thay đổi pha của radar giữa hai đợt mưa lại để định lượng biến dạng bề mặt đất (Huang và nnk, 2017).

Dữ liệu SAR đã được sử dụng để lập bản đồ và giám sát trượt lở đất (Ohki và nnk, 2020). Hầu hết các nghiên cứu đều tập trung vào phép đo giao thoa SAR (InSAR), phương pháp chủ yếu phát hiện các biến đổi bề mặt do lở đất gây ra. Phạm Văn Dũng và nnk (2017), Phạm Văn Hùng và nnk (2016) đã nghiên cứu sử dụng ảnh viễn thám GIS trong phân tích trượt lở đất tại khu vực hồ thủy điện Sơn La.

Gần đây, các kỹ thuật radar khẩu độ tổng hợp giao thoa kế vi sai (D-InSAR) và độ lệch pha trong ảnh SAR đã được sử dụng để phát hiện các vụ trượt đất riêng lẻ hoặc các sự kiện đơn lẻ do dịch chuyển mặt đất đối với các vụ trượt lở đất di chuyển chậm (leo) với chuỗi thời gian đa thời gian (Li và nnk, 2022). Vận tốc dịch chuyển theo phương thẳng đứng và phương ngang được tính toán từ InSAR được sử dụng để phân tích

chuyển động bề mặt của đất đối với các vụ lở đất hoàng thổ (trượt tịnh tiến, trượt quay và dòng chảy hoàng thổ) ở vùng Hoàng Thủy của Trung Quốc (Meng và nnk, 2020). Hơn nữa, biên độ radar SAR và phát hiện các thay đổi dựa trên sự kết hợp cũng có thể được sử dụng để xác định trượt lở đất khi có những thay đổi về tính chất của bề mặt đất (độ phản xạ, độ nhám hoặc tính chất điện môi) của các sự kiện trước và sau lở đất (Mondini và nnk, 2019). Các phương pháp phát hiện thay đổi dựa trên sự mạch lạc thực hiện hiệu quả ở các khu vực đô thị vì tính mạch lạc thường cao trước khi xảy ra sự kiện lở đất và giảm do thiệt hại sau sự kiện. Ở các khu vực miền núi có thảm thực vật dày đặc, phương pháp phát hiện thay đổi dựa trên biên độ hoạt động tốt hơn phương pháp dựa trên sự kết hợp vì sự thay đổi kết hợp luôn ở mức thấp. Ngược lại, sự thay đổi biên độ thể hiện rõ ở các khu vực trượt lở ở vùng núi (Jung và Yun, 2020). Mondini và nnk (2017) đã sử dụng các phép đo liên tục về sự thay đổi biên độ SAR và sự tự tương quan không gian để ngăn chặn hàng trăm vụ lở đất ở Myanmar (Mondini và nnk, 2017). Konishi và Suga (2018) đã nghiên cứu tiềm năng của chênh lệch hệ số tán xạ ngược và mối tương quan cường độ giữa các hình ảnh trước và sau COSMO-SkyMed để phát hiện lở đất ở Bán đảo Kii (Konishi và Suga, 2018). Mondini và nnk (2019) đã sử dụng sự thay đổi biên độ SAR của các hình ảnh trước và sau Sentinel−1 để phát hiện trượt lở đất trong 32 trường hợp trượt lở đất nhanh trên toàn thế giới với các loại, kích thước, độ dốc và nguyên nhân khác nhau. Mặc dù việc phát hiện những thay đổi biên độ SAR trong ảnh hai thời điểm có thể phát hiện và phân loại trượt lở đất, nhưng độ chính xác của việc phát hiện trượt lở đất bị ảnh hưởng do nhiễu đốm và nhiễu khí quyển. Do đó, việc tăng số lượng ảnh SAR từ các tập hợp trước và sau sự kiện có thể làm giảm nhiễu do tán xạ radar và các đốm trong dữ liệu SAR (Handwerger và nnk, 2020 ; Lindsay và nnk, 2022).

Phát hiện thay đổi dựa trên biên độ và kết hợp radar SAR cũng có thể được sử dụng để xác định lở đất, lũ lụt và các loại hiểm họa thiên nhiên khác (Burrows và nnk, 2020; DeVries và nnk, 2020; Jung và Yun, 2020; Mondini và nnk, 2019). Những thay đổi về biên độ và sự kết hợp xảy ra khi có sự thay đổi về tính chất bề mặt đất (ví dụ như độ phản xạ, độ nhám, tính chất điện môi) trước và sau hiện tượng lở đất.

Các phương pháp phát hiện thay đổi dựa trên sự gắn kết hoạt động tốt ở khu vực thành thị vì thông thường độ gắn kết cao trước một sự kiện và có sự suy giảm tính gắn kết từ những thiệt hại sau một sự kiện. Tuy nhiên, sự thay đổi dựa trên biên độ các phương pháp phát hiện tốt hơn các phương pháp dựa trên sự gắn kết ở các vùng núi có thảm thực vật dày đặc, nơi có xu hướng trượt lở đất xảy ra vì ở những khu vực này độ kết hợp luôn ở mức thấp (tức là không thay đổi), trong khi biên độ có thể thay đổi (Jung và Yun, 2020). Hiện tại, các phương pháp phát hiện thay đổi dựa trên SAR chưa được sử dụng đúng mức để nhận dạng phát hiện trượt lở đất sau các sự kiện thảm khốc chủ yếu là do truy cập dữ liệu và xử lý chuyên biệt và phần mềm cần thiết để phân tích dữ liệu SAR.

4. Nghiên cứu ứng dụng ảnh vệ tinh quang học và ra đa để phát hiện trượt lở đất

Ảnh viễn thám gồm có loại ảnh vệ tinh quang học và ảnh radar khẩu độ. Việc sử dụng các loại ảnh này được một số các tác giả khác nhau nghiên cứu và rất hiếm các nghiên cứu được công bố. Nghiên cứu đầu tiên được ghi nhận áp dụng dữ liệu quang học và radar đã xác định các đặc điểm chẩn đoán của một trận lở đất ở Canada, sử dụng dữ liệu Landsat TM và RADARSAT (Plank và nnk, 2016), đã sử dụng SAR phân cực có độ phân giải rất cao thu được bằng Landsat 8 và Sentinel−2 để phát hiện lở đất (Plank và nnk, 2016). Các dữ liệu trượt lở được tìm thấy ở nhiều vùng địa hình khác nhau liên quan đến một số loại đất đá, cấu trúc địa chất và hình thái địa hình. Hình ảnh Sar cho biết các thông tin chi tiết về đặc điểm độ dốc của các vụ trượt đất đá lớn trên các sườn dốc và dóc đứt gãy. Từ hình ảnh này xác định được chi tiết các khối trượt, xác định được chính xác các điểm trượt tại sườn dốc. Trân cơ sở đó có thể hỗ trợ tạo ra các bản đồ đánh giá rủi rõ và bản đồ trượt lở đất đá đồng thời cung cấp thêm các đặc điểm hình thái của trượt lở đất.

Sau này, Mwaniki và nnk (2017) đã sử dụng dữ liệu SAR, chỉ số quang phổ hồng ngoại trung bình (NDMIDIR) chuẩn hóa từ hình ảnh quang học Landsat 8 và các đặc điểm địa chất để lập bản đồ trượt lở đất ở miền trung Kenya. Để xác định các điểm trượt lở cần phải tiền xử lý ảnh Landsat 8, đồng đăng ký hình ảnh, loại bỏ các vết nhiễu của dữ liệu Sar, sau đó ảnh Landsat 8 được tăng cường bằng phân tích thành phần chính và độc lập, chỉ số quang phổ liên tục dải 7 và 4, sử dụng hỗn hợp màu mang các thông tin địa chất lớn nhất. Kết quả nghiên cứu cho thấy, dữ liệu Sar bổ sung cho dữ liệu Landsat 8, đồng thời có những ưu điểm vượt trội khi trượt lở đất đá ở dọc các dãy núi mà khi ảnh landsat không có. Hölbling và nnk, (2018) đã sử dụng hình ảnh quang học tích hợp và dữ liệu cường độ SAR với các đặc tính hình thái để phân biệt các loại trượt lở đất (lở đất nông và dòng chảy mảnh vụn) tại ba địa điểm khác nhau ở miền Bắc Italia, miền Nam Đài Loan, miền Đông Nam Iceland. Jelének và nnk (2021) đã nghiên cứu sử dụng cường độ SAR từ Sentinel-1 và chỉ số thực vật kháng khí quyển (ARVI) từ Sentinel−2 được sử dụng để phát hiện những thay đổi cảnh quan do Trận động đất Kaikoura 2016 ở New Zealand. Nghiên cứu đã chỉ ra các đặc điểm trượt lở đất đá sau khi xảy ra động đất thông qua việc phát hiện các chuyển vị và biến dạng theo chiều dọc. Sử dụng các ảnh này còn có ưu điểm dữ liệu miễn phí toàn cầu, cung cấp độ phân giải không gian và thời gian cao, có thể thu thập và cung cáp chỉ sau vài ngày xảy ra sự kiện.

Ngoài các nghiên cứu trên, hơn nữa, sự kết hợp giữa hình ảnh quang học và hình ảnh SAR được tích hợp với máy học để phát hiện các vụ lở đất và độ nhạy cảm của bản đồ ở Cao nguyên Cameron, Malaysia (Bui và nnk, 2018). D-InSAR của Sentinel−1 và dữ liệu hình ảnh quang học được sử dụng để nhận dạng và theo dõi biến dạng, cũng như phương pháp tích hợp có thể áp dụng giảm thiểu trượt lở đất đối với trượt lở đất biến dạng chậm (Li và nnk, 2022). Dữ liệu hình ảnh SAR có thể thể hiện độ kết hợp thấp ở các khu vực miền núi có thảm thực vật và các điều kiện khí quyển và khí tượng thường xuyên hạn chế dữ liệu hình ảnh quang học tại thời điểm thu nhận. Vì vậy, dữ liệu ảnh SAR đã được kết hợp với ảnh quang học để giảm thiểu những hạn chế này. Mặc dù một số nghiên cứu được đề cập ở trên nhằm mục đích phát triển sự tích hợp hình ảnh quang học và hình ảnh SAR với các công cụ học máy và bán tự động để phát hiện trượt lở đất, nhưng chúng đã sử dụng hình ảnh hai chiều từ trước và sau các sự kiện và cho kết quả kém trong việc phát hiện lở đất do tiếng ồn từ nông nghiệp, thời tiết và không khí. Gần đây (Lindsay và nnk, 2022), đã kiểm tra Sentinel−1 và Sentinel−2 để so sánh khả năng hiển thị lở đất giữa khả năng phát hiện sự thay đổi theo hai thời điểm và đa thời gian của các vụ lở đất trên cảnh quan băng giá ở Na Uy. Việc phát hiện thay đổi đa thời gian vượt trội hơn so với phát hiện hai thời gian về khả năng giảm tiếng ồn. Do đó, nghiên cứu này đã thử nghiệm các hình ảnh đa thời gian để giảm nhiễu đốm, nhiễu khí quyển và nhiễu khí tượng. Ưu điểm của ảnh SAR so với ảnh quang học bao gồm khả năng thu thập dữ liệu cả ngày lẫn đêm và khả năng xuyên qua các đám mây. Hơn nữa, ngưỡng chỉ số phổ chênh lệch tối thiểu đã được một số khu vực nghiên cứu thu được và được sử dụng để phân loại trượt lở đất, đây là một cách tiếp cận mới. Ngoài ra, nghiên cứu này đã kiểm tra các ngưỡng tối thiểu cho tám khu vực nghiên cứu ở khu vực Châu Á và xác nhận bằng việc kiểm kê trượt lở lịch sử.

Phakdimek và nnk (2023) đã nghiên cứu cách sử dụng kết hợp SAR đa thời gian và hình ảnh quang học để phát hiện trượt lở đất trong các điều kiện khác nhau và cải thiện độ chính xác của việc phát hiện trượt lở đất. Phương pháp học máy phân loại và hồi quy (CART) đã được áp dụng để đánh giá việc xác định trượt lở đất trong giai đoạn phân loại. Nghiên cứu này khám phá các phương pháp phát hiện thay đổi với ngưỡng thay đổi tỷ lệ biên độ tối thiểu (Aratio), sử dụng hình ảnh Sentinel−1 và sự khác biệt tương đối về chỉ số thực vật chênh lệch chuẩn hóa (rdNDVI), chỉ số đất trống chênh lệch (dBSI) và chỉ số độ sáng chênh lệch (dBI) thu được bằng hình ảnh Sentinel−2. Nghiên cứu này cũng nhằm mục đích so sánh sự khác biệt giữa các bộ dữ liệu và phân loại trượt lở đất thành trượt lở nông và trượt sâu bằng cách áp dụng kết quả phát hiện trượt lở đất thu được bằng cách sử dụng các hình ảnh được xử lý bằng cả ngưỡng chỉ số biên độ và ngưỡng chỉ số phổ vi phân.

Hiện nay, các phương pháp phát hiện sự thay đổi dựa trên biên độ chưa được tận dụng để lập bản đồ trượt lở đất sau các sự kiện thảm khốc, chủ yếu là do khả năng truy cập dữ liệu cũng như quá trình xử lý và phần mềm chuyên dụng cần thiết để phân tích dữ liệu SAR.

Các nghiên cứu gần đây cũng đã xác định phản ứng nhanh trong thời gian hai tuần giai đoạn sau một sự kiện (Burrows và nnk, 2020; Williams và nnk, 2018).

5. Nghiên cứu ứng dụng trong GEE

Các công cụ chạy hoàn toàn trên Google Earth Engine (GEE), một nền tảng trực tuyến dựa trên đám mây miễn phí, chỉ sử dụng dữ liệu có sẵn miễn phí (Gorelick và nnk, 2017). Các nghiên cứu gần đây đã sử dụng GEE để xác định lũ lụt (DeVries và nnk, 2020), điều tra độ che phủ đất (Huang và nnk, 2017a) và sự thay đổi nước mặt (Donchyts và nnk, 2016), giám sát nông nghiệp (Dong và nnk, 2016), … Handwerger và nnk (2020) đã sử dụng Dữ liệu SAR do vệ tinh Copernicus Sentinel-1 (S1) cung cấp và mô hình độ cao kỹ thuật số (DEM) do NASA cung cấp. Nhiệm vụ Địa hình Radar Con thoi (SRTM) để phân tích phát hiện lở đất.

Handwerger và nnk (2020) đã thực hiện phân tích độ nhạy bằng cách thay đổi khoảng thời gian (tức là số lượng hình ảnh) của dữ liệu SAR được sử dụng trước và sau sự kiện và bằng cách kết hợp các mặt nạ dựa trên độ dốc và độ cong địa hình để loại bỏ các khu vực có khả năng xảy ra lở đất xảy ra. Nhóm nghiên cứu đã sử dụng công cụ google earth engine thiết kế cho người không có chuyên môn về ảnh SAR có thể sử dụng các dữ liệu ảnh Sentinel -1 để xác định các vụ lở đất. Kết quả nghiên cứu tại khu vực tỉnh Hiroshima, Nhật Bản trên diện tích khoảng 3800 vụ trượt lở đất xảy ra do lượng mưa vào tháng 7 năm 2018. Việc phát hiện trượt lử bằng cách sử dụng ảnh SAR thu được trước và sau sự kiện trượt lở đất, bằng cách kết hợp cả dữ liệu hình học thu thập tăng dần và giảm dàn, đồng thời bằng cách sử dụng loại bỏ dữ liệu địa hình những khu vực bằng phảng khó có khả năng trượt lở.

Wu và nnk (2022) sử dụng bộ phân loại Cây phân loại và Cây hồi quy (CART), Máy vectơ hỗ trợ (SVM) và Rừng ngẫu nhiên (RF) để sàng lọc mô hình danh mục đầu tư tốt nhất cho việc lập bản đồ mức độ nhạy cảm với lở đất trên nền tảng Google Earth Engine (GEE). Bộ phân loại Rừng ngẫu nhiên (RF) được tích hợp với chế độ tổng hợp có hiệu suất lập mô hình tốt nhất, với độ chính xác và độ chính xác lần lượt là 90,48% và 89,24%.

Handwerger và nnk (2020) nhấn mạnh SAR có thể phát hiện các vụ trượt đất thường trong vài ngày kể từ khi xảy ra sự kiện, vì xuyên qua được các đám mây, hoạt động cả ngày lẫn đêm và có trên toàn thế giới. Nhóm sử dụng phương pháp thay đổi tán xạ ngược SAR trong Google Earth Engine (GEE) dựa trên đám mây sử dụng các ngăn dữ liệu có sẵn miễn phí theo nhiều thời gian từ các vệ tinh Copernicus Sentinel-1 để tạo ra bản đồ nhiệt mật độ trượt đất nhằm phát hiện nhanh. Khả năng phát hiện sự thay đổi bề mặt do lở đất được cải thiện dựa trên tổng số hình ảnh SAR thu được trước và sau một sự kiện trượt lở đất, bằng cách kết hợp dữ liệu từ cả hình học thu nhận vệ tinh tăng dần và giảm dần và áp dụng mặt nạ địa hình để loại bỏ các khu vực bằng phẳng khó có khả năng xảy ra lở đất. Điều quan trọng là phương pháp tiếp cận GEE không yêu cầu tải một khối lượng lớn dữ liệu xuống hệ thống cục bộ hoặc phần mềm xử lý chuyên dụng, điều này cho phép cộng đồng có nguy cơ và lở đất rộng hơn sử dụng và nâng cao các dữ liệu viễn thám tiên tiến này để cải thiện nhận thức về tình huống về nguy cơ trượt lở đất. Mặc dù GEE cho phép phân tích số lượng lớn dữ liệu nhưng nó là tài nguyên điện toán đám mây dùng chung và do đó nó có quyền sử dụng của người dùng. Giới hạn GEE hạn chế tổng số yêu cầu xử lý đồng thời và thời lượng tối đa của yêu cầu và bộ nhớ tính toán (Gorelick và nnk, 2017). Do đó, các vấn đề tính toán có thể phát sinh trong GEE khi cố gắng xử lý các tác vụ cực kỳ phức tạp bộ dữ liệu lớn (> 500 hình ảnh) trên diện tích lớn (> 3500 km^2). Để khắc phục những vấn đề này, cần bắt đầu với vùng nghiên cứu nhỏ sau đó mở rộng hoặc sử dụng nhiều vùng phân tích thay vì một vùng lớn. Ngoài ra, đối với các sự kiện xảy ra sau năm 2021, có một lượng lớn dữ liệu trước sự kiện có thể dư thừa và chỉ làm tăng thời gian tính toán. Vì vậy, chúng tôi đề nghị giới hạn khoảng thời gian trước sự kiện là < 4 năm.

Đinh Bảo Ngọc và nnk (2023) đã xây dựng quy trình công nghệ và xây dựng hệ thống trên công nghệ WebGIS (GEE) để thu thập và phân tích dữ liệu ảnh Sentinel 2 đa thời gian để xác định vị trí sạt lở đất và đánh giá ước tính thiệt hại do sạt lở đất gây ra.

Subiyantoro và nnk (2023) xác định trượt lở sử dụng GEE bằng ảnh vệ tinh quang học Sentinel 2 tại Poi Village, tại Sulawesi. Phương pháp này sử dụng tình trạng mất thảm thực vật làm đại diện cho sự xáo trộn do lở đất liên quan đến động đất và áp dụng thuật toán phát hiện thay đổi để tính toán Chỉ số thực vật khác nhau được chuẩn hóa (NDVI) và NDVI khác nhau tương đối (rdNDVI). Sử dụng GEE có nhiều ưu điểm như quy trình bán tự động, nhanh chóng và linh hoạt, ranh giới của các vùng trượt lở có thể được tạo tự động. Ngoài ra, việc phân tích không yêu cầu dữ liệu có độ phân giải cao đắt tiền.

6. Kết luận

Từ các phân tích, đánh giá các nghiên cứu gần đây cho thấy:

Trượt lở đất đã được các nhà khoa học quan tâm, nghiên cứu có thể bằng công nghệ truyền thống hoặc sử dụng công nghệ viễn thám với mục đích để đưa ra các giải pháp ứng phó nhanh cho các thảm họa khi mưa lũ hoặc động đất cũng như xây dựng các bản đồ hiện trạng trượt lở và xây dựng bản đồ nguy cơ trượt lở.

Xây dựng hiện trạng trượt lở đất đã được chuẩn bị bằng cách áp dụng các kỹ thuật khác nhau bao gồm chụp ảnh trên không và trực quan hóa hình ảnh quang học, hình ảnh radar khẩu độ tổng hợp (SAR), phát hiện ánh sáng và phạm vi (LiDAR), khảo sát thực địa và báo cáo của cộng đồng địa phương.

Anh vệ tinh quang học cung cấp dữ liệu quang học dựa trên vệ tinh nhưng yêu cầu ảnh sáng ban ngày cũng như điều kiện không có bóng và mây để xác định các vụ trượt lở đất. Khi phát hiện trượt lở, cần xác định sự thay đổi của đối tượng bằng cách tính toán các chỉ số riêng biệt và cần phải xác định được ngưỡng để xác định đó là trượt lở.

Vệ tinh radar cung cấp dữ liệu SAR để xác định trượt lở đất với mục đích lập bản đồ và giám sát trượt lở đất. Cần phải xác định các ngưỡng về độ cao, độ cong địa hình.

Kết hợp ảnh vệ tinh quang học và vệ tinh ra đa sar có thể cho kết quả khả quan với độ chính xác cao trên cơ sở có dữ liệu khảo sát kiểm kê trượt lở, đồng thời ứng dụng công nghệ điện toán đám mây Google Earth Engine với các code được cung cấp miễn phí bởi các nghiên cứu trước đó là một hướng mới cần được ứng dụng thực tế tại Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

Burrows, K., Walters, R. J., Milledge, D., and Densmore, A. L,2020. A Systematic Exploration of Satellite Radar Coherence Methods for Rapid Landslide Detection, Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss.

Bui, D. T., H. Shahabi, A. Shirzadi, K. Chapi, M. Alizadeh, W. Chen, A. Mohammadi,2018. Landslide Detection and Susceptibility Mapping by AIRSAR Data Using Support Vector Machine and Index of Entropy Models in Cameron Highlands, Malaysia. *Remote Sensing* 10 (10): 1527.

DeVries, B., Huang, C., Armston, J., Huang, W., Jones, J. W. and Lang, M. W,2020. Rapid and robust monitoring of flood events. *Remote Sens. Environ.*, 240, 111664.

Dou, J., U. Paudel, T. Oguchi, S. Uchiyama, Y. S. Hayakawa, 2015. Shallow and Deep-Seated Landslide

Differentiation Using Support Vector Machines: A Case Study of the Chuetsu Area, Japan. *Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences* 26 (2–2): 227–239.

Donchyts, G., Baart, F., Winsemius, H., Gorelick, N., Kwadijk, J., Van De Giesen, N, 2016. Earth's surface water change over the past 30 years. *Nat. Clim. Change*, 6(9), 810–813.

Dong, J., Xiao, X., Menarguez, M. A., Zhang, G., Qin, Y., Thau, D., Biradar, C., Moore III, B, 2016. Mapping paddy rice planting area in northeastern Asia with Landsat 8 images, phenology-based algorithm and Google Earth Engine, *Remote Sens. Environ*., 185, 142–154.

Đinh Bảo Ngọc, Nông Thị Oanh, Phạm Quang Hiển, Trần Tuấn Ngọc, Lê Ngọc Xuyên, 2023. Nghiên cứu nền tảng Google Earth Engine phục vụ xây dựng hệ thống xác định các vị trí sạt lở đất từ dữ liệu viễn thám đa thời gian. *Tạp chí đo đạc và Bản đồ*.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. and Moore, R, 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale 500 geospatial analysis for everyone, *Remote Sens. Environ.*, 202, 18–27.

Guzzetti, F., A. C. Mondini, M. Cardinali, F. Fiorucci, M. Santangelo, and K. T. Chang, 2012. Landslide Inventory Maps: New Tools for an Old Problem. *Earth-Science Reviews* 112 (1–2): 42–66.

Handwerger, A. L., S. Y. Jones, M. H. Huang, P. Amatya, H. R. Kerner, and D. B. Kirschbaum, 2020. Rapid Landslide Identification Using Synthetic Aperture Radar Amplitude Change Detection on the Google Earth Engine. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2020:1–24.

Huang, M.-H., Fielding, E. J., Liang, C., Milillo, P., Bekaert, D., Dreger, D., Salzer, J, 2017. Coseismic deformation and triggered landslides of the 2016 Mw 6.2 Amatrice earthquake in Italy, *Geophys. Res. Lett.*, 44(3), 1266–1274.

Hölbling, D., B. Friedl, J. Dittrich, F. Cigna, and G. B. M. Pedersen, 2018. Combined Interpretation of Optical and SAR Data for Landslide Mapping. *Proceedings of the 3rd Regional Symposium on Landslides in the Adriatic Balkan Region*, 7–12, Ljubljana, Slovenia.

Hilley, G. E., Bürgmann, R., Ferretti, A., Novali, F. and Rocca, F.: Dynamics of slow-moving landslides from permanent scatterer analysis, *Science*, 304(5679), 1952–1955.

Jelének, J., V. Kopačková-Strnadová, 2021. Synergic Use of Sentinel-1 and Sentinel-2 Data for Automatic Detection of Earthquake-Triggered Landscape Changes: A Case Study of the 2016 Kaikoura Earthquake (Mw 7.8), New Zealand. *Remote Sensing of Environment*, 265:112634.

Jung, J., S.-H. Yun, 2020. Evaluation of Coherent and Incoherent Landslide Detection Methods Based on Synthetic Aperture Radar for Rapid Response: A Case Study for the 2018 Hokkaido Landslides. *Remote Sensing* 12 (2): 265.

Konishi, T., and Y. Suga, 2018. Landslide Detection Using COSMO-Skymed Images: A Case Study of a Landslide Event on Kii Peninsula, Japan. *European Journal of Remote Sensing* 51 (1): 205–221.

Li, H., Y. He, Q. Xu, J. Deng, W. Li, and Y. Wei, 2022. Detection and Segmentation of Loess Landslides via Satellite Images: A Two-Phase Framework.*Landslides* 19 (3): 673–686.

Lindsay, E., R. Frauenfelder, D. Rüther, L. Nava, L. Rubensdotter, J. Strout, and S. Nordal, 2022. Multi-Temporal Satellite Image Composites in Google Earth Engine for Improved Landslide Visibility: A Case Study of a Glacial Landscape. *Remote Sensing* 14 (10): 2301.

Li, Y., X. Zuo, D. Zhu, W. Wu, X. Yang, S. Guo, C. Shi, C. Huang, F. Li, and X. Liu, 2022. Identification and Analysis of Landslides in the Ahai Reservoir Area of the Jinsha River Basin Using a Combination of DS-Insar, Optical Images, and Field Surveys. *Remote Sensing* 14 (24): 6274.

Massey, C. I., D. T. Townsend, B. Lukovic, R. Morgenstern, K. Jones, B. Rosser, and S. de Vilder, 2020. Landslides Triggered by the MW7.8 14 November 2016 Kaikōura Earthquake: An Update. *Landslides* 17 (10): 2401–2408.

Meng, Q., P. Confuorto, Y. Peng, F. Raspini, S. Bianchini, S. Han, H. Liu, and N. Casagli, 2020. Regional Recognition and Classification of Active Loess Landslides Using Two-Dimensional Deformation Derived from Sentinel-1 Interferometric Radar Data. *Remote Sensing* 12 (10): 1541.

Mondini, A. C., K. T. Chang, S. H. Chiang, R. Schlögel, C. Notarnicola, H. Saito, 2017. Automatic Mapping of Event Landslides at Basin Scale in Taiwan Using a Monte Carlo Approach and Synthetic Land Cover Fingerprints. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 63: 112–121.

Mondini, A. C., M. Santangelo, M. Rocchetti, E. Rossetto, A. Manconi, O. Monserrat, 2019. Sentinel-1 SAR Amplitude Imagery for Rapid Landslide Detection. *Remote Sensing* 11 (7): 760.

Mwaniki, M. W., D. N. Kuria, M. K. Boitt, and T. G. Ngigi, 2017. Image Enhancements of Landsat 8 (OLI) and SAR Data for Preliminary Landslide Identification and Mapping Applied to the Central Region of Kenya.d, N. Al-Ansari, A. Shirzadi, M. Geertsema, và nnk, 2020. Landslide Detection and Susceptibility Modeling on Cameron Highlands (Malaysia): A Comparison Between Random Forest, Logistic Regression and Logistic Model Tree Algorithms. *Forests* 11 (8): 830.

Nguyễn Văn Dũng, Phạm Văn Hùng, Nguyễn Thanh Hoàn, 2017. Sử dụng ảnh viễn thám GIS phân tích

tai biến trượt lở đất khu vực hồ thủy điện Sơn La. *Tạp chí Địa lý nhân văn* số 1 tháng 3/2017.

Nichol, J., M. S. Wong, 2005. Detection and Interpretation of Landslides Using Satellite Images. *Land Degradation & Development* 16 (3): 243–255.

Ohki, M., Abe, T., Tadono, T., Shimada., M, 2020. Landslide Detection in Mountainous Forest Areas Using Polarimetry and Interferometric Coherence. *Earth Planets & Space* 72 (1): 67.

Phạm Văn Hùng, Phạm Quang Sơn, Bùi Văn Thơm, Nguyễn Văn Dũng, 2016. Nghiên cứu đánh giá hiện trạng và nguyên nhân gây trượt lở đất, lũ quét - lũ bùn đá khu vực hồ thủy điện Hòa Bình - Sơn La bằng phân tích ảnh viễn thám phân giải cao và hệ thông tin địa lý. *Tạp chí địa chất*, loạt A, số 358 .7-8/2016, tr. 29-40.

Plank, S., A. Twele, and S. Martinis, 2016. Landslide Mapping in Vegetated Areas Using Change Detection Based on Optical and Polarimetric SAR Data. *Remote Sensing* 8 (4): 307.

Phakdimek.S, Komori, D., Chaithong, T, (2023). Combination of optical images and SAR images for detecting landslide scars, using a classification and regression tree. International Journal of Remote Sensing, 44(11).

Roback, K., M. K. Clark, A. J. West, D. Zekkos, G. Li, S. F. Gallen, D. Chamlagain, . J. W. Godt, 2018. The Size, Distribution, and Mobility of Landslides Caused by the 2015 Mw7. 8 Gorkha Earthquake, Nepal., *Geomorphology*, 301: 121–138..

Shahabi, H., M. Hashim, 2015. Based Statistical Models and Remote Sensing Data in Tropical Environment. *Scientific Reports* 5 (1): 9899.

Subiyantoro. Y, Cees J., Westen.V; Bout, B.V.D; Yuniawan. R.A; Mulyana, A.R, 2022. Semi-automatic Landslide Detection Using Google Earth Engine, a Case Study in Poi Village, Central Sulawesi. IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES)

Tehrani, F. S., G. Santinelli, M. Herrera Herrera, 2021. Multi-Regional Landslide Detection Using Combined Unsupervised and Supervised Machine Learning. *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 12 (1): 1015–1038.

Williams, J. G., N. J. Rosser, M. E. Kincey, J. Benjamin, K. J. Oven, A. L. Densmore, D. G. Milledge, T. R. Robinson, C. A. Jordan, T. A. Dijkstra, 2018. Satellite-Based Emergency Mapping Using Optical Imagery: Experience and Reflections from the 2015 Nepal Earthquakes. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 18 (1): 185–205.

Wu, W., Zhang, Q., Singh, V.P., Wang, G., Zhao, J., Shen, XZ., Sun, S, 2022. A Data-Driven Model on Google Earth Engine for Landslide Susceptibility Assessment in the Hengduan Mountains, the Qinghai–Tibetan Plateau. *Remote sensing*.

ABSTRACT

Overview of research on landslide detection using remote sensing around the world

Nguyen Thi Nu[1,2]

[1] *Hanoi University of Mining and Geology*

[2] *Research group of Engineering Geology and Geo-environment*

Landslides cause huge disasters to economic activities as well as human life. Field survey tools to identify landslides are very difficult, especially in remote and remote areas. Meanwhile, remote sensing tools using optical satellite images and sar satellite images taken at high altitudes by the US and Europe can observe the entire earth's surface and images of the earth's surface regions. The land was taken at different times. When comparing changes in satellite images before and after landslides, landslides can be identified. The content of the report covers recent research on the use of satellite images and the Google Earth Engine cloud computing tool in identifying landslides. This helps to quickly detect landslides after events such as heavy rain or earthquakes, thereby also identifying areas at risk of landslides, helping to early warn of landslides. This is very important in analyzing and evaluating landslides in the current period in Vietnam.

Keywords: Google Earth Engine, landslides, optical satellite images, SAR images

Ứng dụng của thí nghiệm xuyên động trong địa kỹ thuật và một số kết quả áp dụng thực tế

Nguyễn Văn Phóng[1,2,*]
[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Nhóm nghiên cứu Địa chất công trình và Địa môi trường*

TÓM TẮT

Ngày nay, sự phát triển của lĩnh vực xây dựng nói chung và công nghệ nền móng nói riêng kéo theo yêu cầu đối với công tác địa kỹ thuật (ĐKT) ngày càng cao. Trong đó, các phương pháp khảo sát ĐKT cần đảm bảo tính hiệu quả (chất lượng, tiến độ, giá thành) và mở rộng đối tượng, phạm vi nghiên cứu. Do đó, việc nghiên cứu đánh giá khả năng, mức độ đáp ứng của các phương pháp thí nghiệm hiện có với yêu cầu mới là rất cần thiết. Thí nghiệm xuyên động (DCP) là phương pháp thí nghiệm hiện trường đơn giản, gọn nhẹ nhưng ít được sử dụng trong thực tế. Bài báo giới thiệu khả năng ứng dụng của thí nghiệm DCP theo yêu cầu mới và một số kết quả ứng dụng trong công tác khảo sát và đánh giá chất lượng nền gia cố. Kết quả nghiên cứu cho thấy, thí nghiệm DCP đánh giá được độ đồng nhất, phân được ranh giới nền đất cát theo độ chặt; đánh giá được chất lượng cọc đất - xi măng.

Từ khóa: Thí nghiệm xuyên động; độ chặt đất cát; cọc đất – xi măng; nền gia cố.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, theo yêu cầu thực tế sản xuất, hội nhập, thuật ngữ địa kỹ thuật (ĐKT) đang dần thay thế thuật ngữ địa chất công trình (ĐCCT), được thể hiện trong các tiêu chuẩn, công trình nghiên cứu ở nước ta. Thông tin địa kỹ thuật (ĐKT) là một một trong những thông tin quan trọng hàng đầu khi tiến hành quy hoạch, khai thác kinh tế lãnh thổ và tiến hành hoạt động xây dựng. Nó giúp các công tác này được hợp lý về kỹ thuật, kinh tế và bảo vệ môi trường cũng như công trình lân cận. Sự phát triển kinh tế - xã hội kéo theo các yêu cầu về chất lượng công trình, công nghệ nền móng được nâng cao đã đòi hỏi việc thu thập thông tin ĐKT phải thay đổi. Nhiệm vụ của công tác khảo sát ĐKT ngoài cung cấp thông tin về điều kiện ĐCCT, còn phải thu thập thông tin về hiện trạng công trình, các kết cấu gia cố nền (cọc cát, cọc đất – xi măng, …). Thời điểm thu thập thông tin không chỉ ở thời điểm trước thi công, mà còn ở thời điểm trong và sau thi công. Như vậy, để có thông tin ĐKT đáp ứng được yêu cầu mới, ngoài việc nghiên cứu áp dụng các phương pháp khảo sát mới, còn phải nghiên cứu khả năng ứng dụng của các phương pháp nghiên cứu đã có trong điều kiện và yêu cầu thực tế.

Trong các phương pháp thu thập thông tin ĐKT, nhóm phương pháp thí nghiệm hiện trường đặc biệt quan trọng, nó cho phép thu thập thông tin của đối tượng nghiên cứu trong điều kiện thực tế. Các phương pháp thí nghiệm hiện trượng như: thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT), xuyên tĩnh (CPT, CPTu và SCPTu), nén ngang (PMT, DMT), cắt cánh (FVT), xuyên động (DCP),… đã được nghiên cứu và ứng dụng trong thực tế. Trong đó, thí nghiệm xuyên động (DCP) được áp dụng trong khảo sát địa chất công trình (ĐCCT) truyền thống để đánh giá độ đồng nhất, độ chặt hoặc trạng thái và xác định được một số chỉ tiêu cơ lý của đất. Dù vậy, phương pháp này ít được sử dụng ở nước ta do một số hạn chế như độ tin cậy thấp do ít tương quan thực nghiệm, kết quả chịu nhiều yếu tố ảnh hưởng liên quan đến hiệu quả truyền năng lượng đóng xuống mũi xuyên.

Hiện nay với các yêu cầu thực tế, ngày càng nhiều dự án có yêu cầu nhanh chóng thuận lợi, giá thành rẻ; nhiều công nghệ xử lý nền có yêu cầu thí nghiệm ở nhiều thời điểm; đối tượng khảo sát cũng phát sinh đa dạng (trước đây chỉ khảo sát điều kiện địa chất công trình, hiện nay còn cần khảo sát các kết cấu gia cố như cọc cát, cọc đất – xi măng,..). Thí nghiệm DCP với đặc điểm gọn, nhẹ, chi phí thấp nên thích hợp sử dụng trong các trường hợp như: điều kiện thi công chật hẹp; cần so sánh sự thay đổi tính chất của đất nền theo thời gian; khối lượng thí nghiệm lớn hoặc sử dụng phương pháp khác không hiệu quả. Như vậy, việc nghiên cứu ứng dụng phương pháp thí nghiệm DCP theo yêu cầu hiện nay trong điều kiện Việt Nam để tận dụng những ưu điểm và nâng cao hiệu quả sử dụng là cần thiết.

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenvanphong.dcct@humg.edu.vn

2. Phương pháp thí nghiệm DCP và ứng dụng trong khảo sát địa kỹ thuật

2.1. Phương pháp thí nghiệm DCP

Thí nghiệm DCP là một phương pháp thí nghiệm hiện trường, được sử dụng nhằm xác định sức kháng xuyên động (p_d) với mũi xuyên hình chóp nón. Nguyên lý của thí nghiệm là đóng vào đất một dụng cụ gồm mũi xuyên hình chóp nón được gắn vào đầu cần xuyên. Toàn bộ cần và mũi xuyên được đóng vào đất nhờ búa có trọng lượng tiêu chuẩn (m), rơi tự do từ độ cao cố định (h). Thông thường, thí nghiệm DCP được sử dụng kết hợp với khoan để xác định ranh giới địa tầng và đánh giá mức độ đồng nhất của các lớp đất. Thí nghiệm này cũng cho phép xác định các đặc tính về cường độ và biến dạng của đất thông qua các mối tương quan thích hợp (Lê Trọng Thắng, 2014). Thủ tục thí nghiệm có thể theo tiêu chuẩn SNip 448-72 (Lê Trọng Thắng, 2014) hoặc tiêu chuẩn Anh (EN ISO 22476-3,1997).

Theo trọng lượng búa, thiết bị DCP được chia thành 4 loại: loại nhẹ (m = 10kg), loại vừa (30kg), loại nặng (50kg) và loại rất nặng (63,5kg). Khả năng kháng xuyên động được định nghĩa là số búa cần thiết (n) để đẩy mũi xuyên đi vào đất một độ sâu nhất định (s =10cm). Các đại lượng cần được xác định trong thí nghiệm DCP là cường độ sức kháng xuyên động giả định (N) và sức kháng xuyên động đơn vị (q_d). Tùy theo tiêu chuẩn áp dụng mà cách xác xác định q_d có khác nhau.

a) Theo SNip 44-72 (Lê Trọng Thắng, 2014)

N và q_d được xác định theo các biểu thức (1) và (2).

$$N = \frac{10n}{s(\alpha+\beta-1)} \quad (1)$$

trong đó:

n - số nhát búa cần thiết để đưa mũi xuyên đi được một khoảng s (thường s= 10cm);

α - hệ số hiệu chỉnh ma sát, tra theo Bảng 2;

β - hệ số hiệu chỉnh trọng lượng cần, tra theo Bảng 2.

$$q_d = N.\Pi_o\Phi\frac{(m+e^2.m')}{(m+m')} \quad (2)$$

Π_o - hệ số xét đến ảnh hưởng của thiết bị và chiều cao rơi búa (bằng 30 kG/cm với loại nhẹ, 110 kG/cm với loại trung bình, 280 kG/cm với loại nặng);

m – khối lượng búa, kg

m' - khối lượng của thiết bị tác động lên đầu xuyên, kg;

e - hệ số phục hồi năng lượng đàn hồi: e = 0,56;

Φ - hệ số xét đến ảnh hưởng của ma sát giữa cần và đất, xác định theo Bảng 1;

Bảng 1. Bảng tra hệ số Φ

Chiều sâu xuyên, m	0.5-1.5	1.5-4	4-8	8-12	12-16	16-20
Φ	1	0.92	0.84	0.76	0.68	0.60

Bảng 2. Giá trị các hệ số hiệu chỉnh α, β theo V. A. Durante

Khoảng độ sâu xuyên, m	Hệ số hiệu chỉnh α	Hệ số hiệu chỉnh β
0-3	1,00	1,00
3-6	1,13	1,08
6-9	1,26	1,17
9-12	1,39	1,24
12-15	1,51	1,30
15-18	1,64	1,37
18-21	1,77	1,42

Kết quả thí nghiệm DCP được biểu diễn trên biểu đồ q_d hoặc n theo độ sâu. Dựa trên các biểu đồ này, có thể đánh giá được mức độ đồng nhất của các lớp đất và lớp chịu lực, kết hợp với khoan xác định ranh giới địa tầng. Ngoài ra, sử dụng kết quả xuyên có thể xác định một số đặc trưng cơ lý của một số loại đất (chủ yếu là đất loại cát) như sức chịu tải quy ước (R_o), mô đun tổng biến dạng (E_o), độ chặt của cát (Lê Trọng Thắng, 2014).

b) Theo TCXD 112: 1984 và EN ISO 22476-3

Sức kháng xuyên động q_d được tính theo công thức được gọi là công thức Hà Lan (EN ISO 22476-3):

$$q_d = \frac{g h m^2}{(m+m')A}10n \quad (3)$$

Với A là diện tích tiết diện ngang của mũi côn.

Kết quả thí nghiệm DCP được biểu diễn trên biểu đồ q_d hoặc n theo độ sâu.

c) Theo TCVN 10272:2014, ASTM D6951-03

Theo các tiêu chuẩn này, cần xác định độ sâu tích lũy theo số búa, tính độ xuyên cho mỗi nhát búa

(được gọi là chỉ số DCP) và biểu diễn theo độ sâu. Từ chỉ số DCP, xác định được chỉ tiêu CBR theo tương quan:

- Đất thuộc nhóm CL có CBR < 10: CBR = 1 / $(0.017019*DCP)^2$
- Đất thuộc nhóm CH: CBR = 1 / 0.002871*DCP

2.2. Khả năng ứng dụng DCP trong địa kỹ thuật

Theo quan điểm truyền thống về ĐCCT, các phương pháp khảo sát ĐCCT nói chung và thí nghiệm DCP nói riêng có nhiệm vụ khảo sát, thu thập thông tin cần thiết về điều kiện ĐCCT ở thời điểm trước khi xây dựng. Trong khảo sát ĐCCT, phương pháp DCP được dùng để giải quyết các nhiệm vụ sau:

- Phân chia địa tầng và đánh giá mức độ đồng nhất của các lớp đất;
- Đánh giá được độ chặt của đất rời và trạng thái của đất loại sét;
- Xác định được một số đặc trưng về độ bền và biến dạng của đất;
- Cho phép xác định được chiều sâu và lớp đặt mũi cọc.

Ngày nay, theo yêu cầu thực tế thí nghiệm DCP trong ĐKT còn được dùng để đánh giá chất lượng nền đắp (chỉ số CBR - TCVN 10272:2014), đánh giá cường độ của kết cấu gia cố. Do đặc điểm gọn nhẹ, giá thành rẻ nên có thể tiến hành thí nghiệm ở nhiều thời điểm, diện tích thi công hẹp. Nhờ vậy, phương pháp còn cho phép đánh giá được mức độ gia tăng tính chất xây dựng của đất yếu và mức độ gia tăng cường độ của kết cấu gia cố theo thời gian nên có thể giải quyết được một số nhiệm vụ của ĐKT.

Sử dụng kết quả xuyên có thể xác định một số đặc trưng cơ lý của một số loại đất (chủ yếu là đất loại cát) như sức chịu tải quy ước (R_o), mô đun tổng biến dạng (E_o), độ chặt của cát (Lê Trọng Thắng, 2014).

Sức chịu tải quy ước của đất cát có thể được xác định theo Bảng 3.

Bảng 3. Xác định sức chịu tải của đất cát theo q_d (SNip - 448 -72)

Sức kháng xuyên động đơn vị, q_d, kG/cm^2	Sức chịu tải quy ước R_o, kG/cm^2
10	1.0
30	2.5
50	4.0
70	5.5

Mô đun tổng biến dạng của đất loại sét được xác định theo biểu thức (4), với đất loại cát E_o được xác định theo Bảng 4.

$$E_o = 6q_d \quad (4)$$

Bảng 4. Mô đun tổng biến dạng của cát theo q_d (SNip - 448 -72)

Sức kháng xuyên động đơn vị, q_d, kG/cm^2	Môđun biến dạng E, kG/cm^2		
	Hạt to và hạt vừa	Hạt nhỏ	Hạt mịn
20	160÷200	130	80
35	210÷260	190	130
70	340÷390	290	220
110	440÷490	350	280
140	500÷550	400	320
175	550÷600	450	350

Độ chặt của đất loại cát được xác định theo q_d như Bảng 5.

Bảng 5. Phân loại độ chặt kết cấu của cát theo sức kháng xuyên đơn vị q_d (SNip - 448 -72)

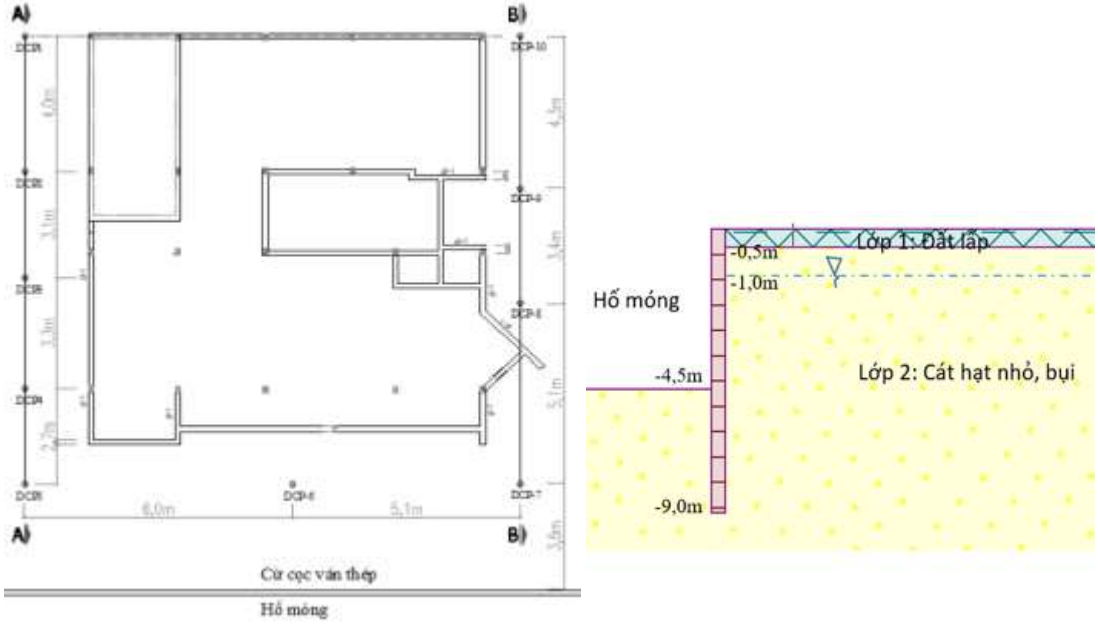
Thành phần và trạng thái của cát	q_d, kG/cm^2	Độ chặt
Cát có kết cấu tự nhiên hạt to và vừa, không phụ thuộc độ ẩm	< 35 35 ÷ 125 > 125	Rời chặt vừa chặt
Hạt nhỏ, ẩm ít	< 30 30 ÷ 110 > 110	Rời chặt vừa chặt
Hạt nhỏ ẩm ít và hạt nhỏ bão hoà nước	< 20 20 ÷ 85 > 85	Rời chặt vừa chặt
Cát mới đắp dưới nước (sau 1 tháng) hạt nhỏ, hạt vừa, ẩm ít	< 35 35 ÷ 110 > 110	Rời chặt vừa chặt
Hạt nhỏ và hạt vừa bão hoà nước	< 20 20 ÷ 85 > 85	Rời chặt vừa chặt

3. Một số kết quả ứng dụng thực tế

3.1. Phân chia địa tầng trong nền cát

3.1.1. Giới thiệu công trình và phương pháp tiến hành

Công trình nhà dân tại số 102, Xuân Diệu, Tây Hồ, Hà Nội có quy mô 2 tầng. Nền đất trong phạm vi độ sâu 10m chỉ có mặt đất cát mịn. Công trình có biểu hiện lún khi công trình liền kề thi công hố móng xây dựng tầng hầm. Hố móng công trình liền kề sâu 4,5m được chắn giữ bằng cọc ván thép sâu 9m (Hình 1b). Quá trình thi công hố móng, đơn vị thi công đã tiến hành bơm hút nước trong hố móng dẫn tới xuất hiện hiện tượng lún, nứt nền sân công trình số 102. Để có số liệu thiết kế giải pháp xử lý cho công trình, cần phân chia địa tầng, khoanh vùng theo độ chặt của lớp cát. Phương án dùng thí nghiệm DCP được lựa chọn do điều kiện thi công trật hẹp, độ sâu khảo sát không lớn, có thể đánh giá độ chặt, độ đồng nhất của nền phục vụ cho khoanh vùng xử lý. Theo phương án này, 10 hố xuyên DCP sâu từ 5,0m đến 6,0m (Theo độ sâu vùng hoạt động nén ép của công trình) được bố trí theo mạng lưới như Hình 1a.



a) b)

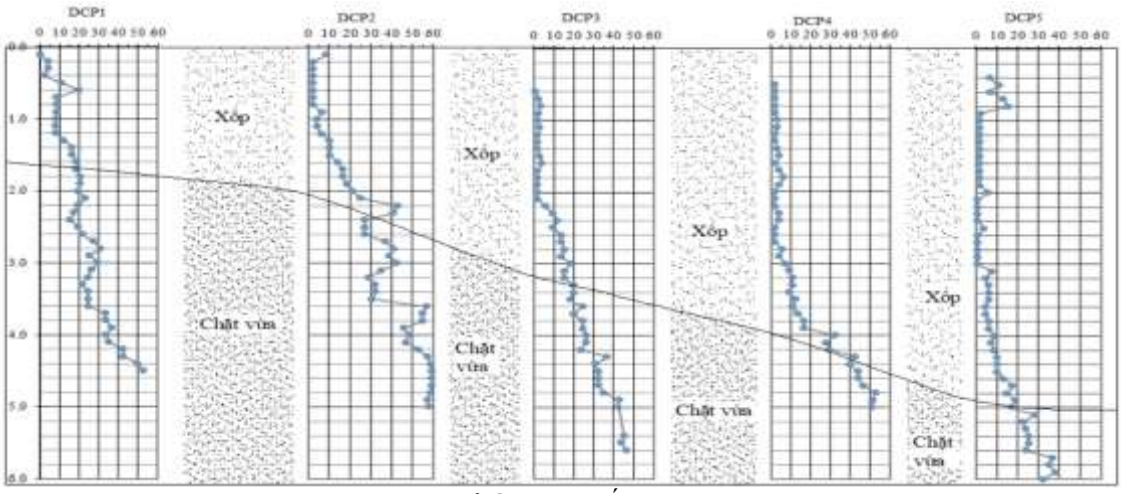
Hình 1. Sơ đồ bố trí thí nghiệm DCP (a) và Địa tầng, thông số hố móng tại VT2 (b)

3.1.2. Kết quả phân chia địa tầng theo độ chặt của cát

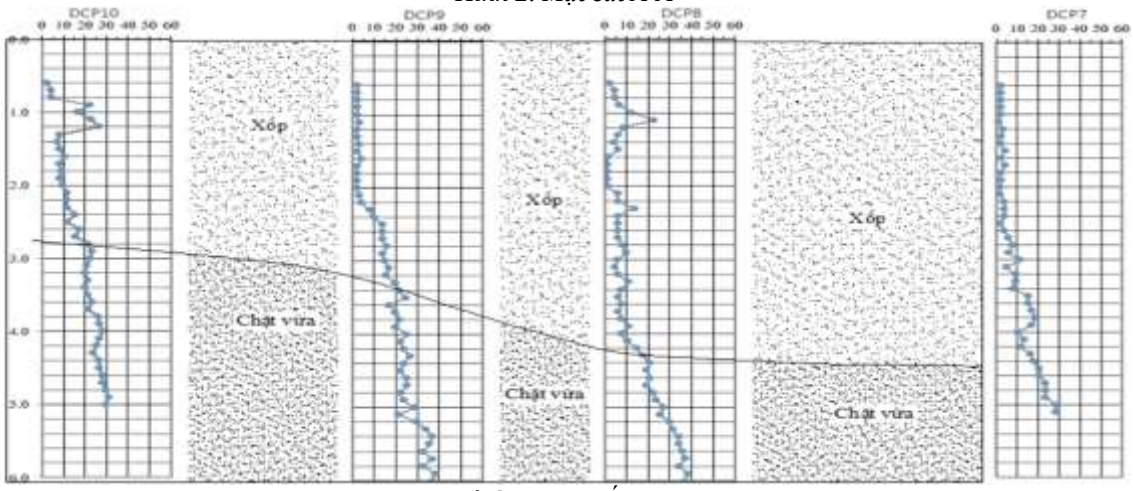
Từ kết quả thí nghiệm DCP, tiến hành xác định q_d theo biểu thức (2) và biểu diễn sự biến đổi q_d theo độ sâu. Độ chặt của đất được xác định theo Bảng 5. Từ đó, xác định được ranh giới theo độ chặt của lớp cát và biểu diễn trên các mặt cắt. Tổng hợp kết quả được biểu diễn trong Bảng 6 và các hình 2, 3. Trong đó, cát hạt nhỏ bão hòa nước ở trạng thái xốp khi $q_d \leq 20$ kG/cm^2.

Bảng 6. Bảng tổng hợp kết quả xác định phạm vi phân bố thí nghiệm DCP

Ký hiệu hố xuyên	Độ sâu (m)	Phạm vi phân cần xử lý ($q_d \leq 20$ kG/cm^2)		Bề dày đất xố
		Từ (m)	Đến (m)	Dày (m)
DCP1	4.5	0.0	1.8	1.8
DCP2	5	0.0	2.0	2.0
DCP3	5.3	0.5	3.3	2.8
DCP4	5	0.5	3.9	3.4
DCP5	6	0.3	5.0	4.7
DCP6	6	0.6	4.6	4.0
DCP7	5.1	0.5	4.5	4.0
DCP8	6	0.5	4.4	3.9
DCP9	6	0.6	3.3	2.7
DCP10	5	0.5	2.8	2.3



Hình 2. Mặt cắt A-A



Hình 3. Mặt cắt B-B

3.2. Đánh giá cường độ của cọc đất xi măng

Dự án Nhà máy nhiệt điện Hải Dương được triển khai tại huyện Kinh Môn, tỉnh Hải Dương. Khu vực bãi xỉ của Nhà máy nằm trên nền đất yếu và được xử lý bằng cọc đất – xi măng (CDM). Trước khi thi công đại trà, đơn vị thi công tiến hành thi công thử 4 cọc CDM. Phạm vi xử lý từ độ sâu 2,0m đến độ sâu 10m. Chất lượng của cọc được đánh giá sau 3 ngày tuổi bằng cách kết hợp thí nghiệm DCP và thí nghiệm cường độ mẫu thân cọc. Cường độ của mẫu thân cọc tại 3 ngày tuổi (q_{u3}) được kiến nghị lấy bằng 60% cường độ mẫu thử tại 28 ngày tuổi. Kết hợp số liệu thí nghiệm cường độ mẫu thân cọc và sức kháng xuyên động tại 3 ngày tuổi (q_{d3}), xác định được trị số sức kháng xuyên động tối thiểu là q_{d3} =10 kG/cm^2 để cọc đảm bảo cường độ yêu cầu.

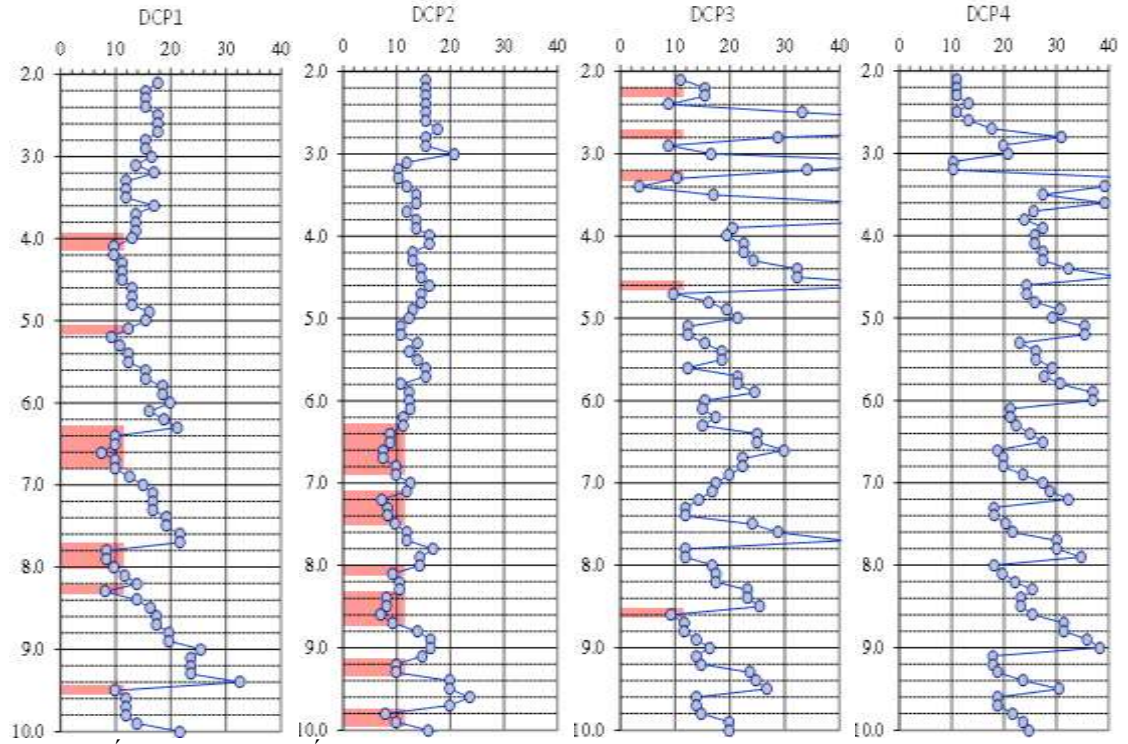
Thí nghiệm DCP được tiến hành tại tất cả các cọc thử với khối lượng 4 hố. Khối lượng, vị trí và độ sâu thí nghiệm được tổng hợp trong Bảng 7.

Kết quả đánh giá chất lượng cọc CDM bằng thí nghiệm DCP dựa trên biểu đồ q_{d3} theo độ sâu được biểu diễn trên Hình 6. Kết quả biểu diễn trên các biểu đồ này cho phép đánh giá mức độ đồng nhất của cọc, xác định được các vị trí có cường độ cọc không đạt (vị trí được bôi đậm trên biểu đồ Hình 4). Dựa vào biểu đồ q_{d3} trên Hình 4 và số liệu trong Bảng 7, có thể thấy các cọc CQ-14, CQ-16 tương đối đồng nhất (độ lệch chuẩn thấp), nhưng có tỷ lệ đoạn cọc không đạt về cường độ khá lớn, lần lượt là 15,9% và 23,2%, chủ yếu tập trung ở phần dưới cọc; Cọc CQ-18 rất không đồng nhất (có độ lệch chuẩn lớn nhất), độ lệch giữa giá trị lớn nhất (Max =72,9 kG/cm^2) và nhỏ nhất (Min =3,4 kG/cm^2) rất lớn, thể hiện chất lượng thi công kém; Duy nhất cọc CQ-20 không có đoạn cọc không đạt.

Bảng 7. Tổng hợp khối lượng thí nghiệm DCP kiểm tra chất lượng cọc CDM

Ký hiệu cọc	Chiều dài cọc,	Hố xuyên động	Sức kháng xuyên động q_{d3}, kG/cm^2	Đoạn cọc không đạt

CDM	m	Ký hiệu	Độ sâu	Max	Min	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Chiều dài, m	Tỷ lệ, %
CQ-14	8,0	DPT1	10,0	32,6	7,5	15,2	4,6	1,30	15,9
CQ-16	8,0	DPT2	10,0	23,7	7,0	13,1	3,5	1,90	23,2
CQ-18	8,0	DPT3	10,0	72,9	3,4	22,0	12,4	0,50	6,1
CQ-20	8,0	DPT4	10,0	46,1	10,2	25,1	7,6	0,00	0,0



Hình 4. Kết quả đánh giá chất lượng cọc CDM theo thí nghiệm DCP (đoạn cọc không đạt được bôi đậm)

4. Kết luận

Từ kết quả tổng hợp lý thuyết và một số kết quả thực nghiệm, có thể rút ra một số kết luận và kiến nghị sau:

Khi khảo sát địa kỹ thuật với đối tượng nghiên cứu là đất nền, sử dụng thí nghiệm DCP có ưu điểm gọn nhẹ, thi công đơn giản, giá thành thấp, kết hợp với khoan cho phép xác định được ranh giới địa tầng và đánh giá mức độ đồng nhất của các lớp đất, cho phép xác định một số chỉ tiêu tính chất xây dựng của đất.

Trong xử lý nền đất yếu, thí nghiệm DCP cho phép tiến hành với cả nền đất và kết cấu gia cố mà việc triển khai thí nghiệm ít tác động đến đối tượng nghiên cứu. Thêm vào đó, phương pháp này cho phép tiến hành với khối lượng lớn, ở nhiều thời điểm, do đó đánh giá được hiệu quả của mỗi quá trình xử lý nền đất, cũng như quá trình gia tăng cường độ của kết cấu giá cố.

Tuy nhiên, sử dụng kết quả thí nghiệm DCP xác định các chỉ tiêu tính chất cơ lý của đất nền cũng như kết cấu gia cố có độ tin cậy thấp do ít số liệu thực nghiệm. Vì vậy, cần có thêm nhiều nghiên cứu thực nghiệm phương pháp thí nghiệm này nhằm tăng độ tin cậy, phát huy ưu điểm của phương pháp, thích ứng với yêu cầu và nhiệm vụ mới của lĩnh vực ĐCCT – ĐKT.

Tài liệu tham khảo

ASTM D6951-03: Sử dụng thiết bị chuỳ xuyên động (DCP) cho mặt đường có chiều sâu không lớn.

EN ISO 22476-3: Geotechnical investigation and testing - Field testing. Part 2: Dynamic probing test, 2005.

Lê Trọng Thắng, 2014. *Các phương pháp nghiên cứu và khảo sát địa chất công trình*. Nxb Khoa học và Kỹ thuật.

Miura K et al. (1997). Physical characteristics of sands -with different primary properties. *Soils and Foundations*, 37(3): 53- 54

Roy E. Hunt, 2005. *Geotechnical Engineering Investigation Handbook*, Second Edition. CRC Press

Tạ Đức Thịnh, Nguyễn Văn Phóng và nnk, 2022. Nghiên cứu quá trình cố kết thoát nước nền đất yếu gia cố bằng cọc cát biển - xi măng. *Kỷ yếu hội nghị khoa học toàn quốc ACEA - VIETGEO 2021*, 13-14/5/2022, Phú Yên.

TCXD 112: 1984: Hướng dẫn thực hành khảo sát đất xây dựng bằng thiết bị mới - thí nghiệm xuyên động.

TCVN 10272:2014: Xác định chỉ số CBR của nền đất và các lớp vật liệu rời làm móng đường - Phương pháp chùy xuyên động.

ABSTRACT

Application of dynamic cone penetrometer test in geotechnical engineering and some practical results in Vietnam

Nguyen Van Phong[1,2]

[1] *Hanoi University of Mining and Geology*

[2] *Research group of Engineering Geology and Geo-environment*

Today, the development of the construction field and foundation technology leads to increasing requirements for geotechnical work. In which, geotechnical survey methods need to ensure effectiveness (quality, schedule, cost) and expand the object and scope of research. Therefore, it is very necessary to evaluate the ability and suitability of existing testing methods to meet new requirements. The dynamic cone penetrometer test (DCP) is a simple, compact field testing method but rarely used in practice. This article introduces the applicability of DCP test according to current requirements and some application results in surveying and evaluating the quality of reinforced foundations. Research results show that the DCP test can evaluate the consistency and demarcate sandy soil boundaries according to the penetration resistance; Evaluate the quality of soil-cement piles; showed the effectiveness of increasing strength due to mechanical compaction and consolidation when reinforcing soft ground with the marinesand - cement - fly ash pile solution.

Keywords: dynamic cone penetrometer test (DCP); soil density; soil - cement piles; reinforced foundation.

Study on the Effects of Pile Group for the Installation of an Oil Platform, Offshore Vietnam

Nguyen Van Phong[1,3], Le Van Quyen[2,3*]
[1] *Hanoi University of Mining and Geology*
[2] *École Polytechnique Montréal*
[3] *Research group of Engineering Geology and Geo-environment*

ABSTRACT

The paper presents the study results of the effects of pile group on the general performance of the offshore oil platform installed using skirt piles. Group of 3 piles per corner of the oil platform was installed close to each other with a spacing S/D less than 8 (the limit distance within which piles will interact with each other) and it was found that the capacity performance of the pile group was not necessarily the total of capacity of each individual pile. The pile group was installed in an offshore area with water depth of 115m and was driven to 112.4m below seabed. The pile diameter was 2134mm. The soil investigation work included 150m borehole and cone penetration testing with pore water pressure measurement also to 150m. The axial and lateral effects of pile group were analyzed using the method proposed by Poulos and the ultimate capacities of the pile group and the corresponding pile group efficiency factors were determined using the equivalent pier (block failure) concept and Poulos method. The results obtained would be necessary and very important for the determination of the available capacity that the pile group would be able to sustain and therefore, optimized design regarding technical and economic issues could be achieved.

Keywords: pile group effects, offshore platform, axial capacity, lateral capacity

1. Introduction

In the offshore oil industry, oil is prospected using drilling platforms. These platforms are built at onshore manufacturing facilities and installed in the middle of the sea. In order for those platforms to withstand environmental loads (storm loads, normal operating loads, etc.), they must be fixated to the seabed by piling activities (i.e using piles to stabilize the structure). Normally, the piles are installed at each corner of the drilling platform with each corner having at least 2 piles (also called skirt pile) to meet the axial and lateral capacity requirements from design step. However, the capacities of the pile group is not always equal to the total contribution of each pile because of an effect which is called pile group effect. This effect indicates that if the piles are installed in proximity to each other, each of the pile will influence on the behaviour of the other piles in the group (Focht et al, 1973; Poulos, 1980). Hence, it is important to know this effect to design the piles to have the required capacity to withstand the environmental loads during the structure's lifetime and ensure the safe and economical solution. In this paper, the pile group effect of a 03-pile group with each pile having the outer diameter of 2134mm will be analyzed and discussed.

2. Theoretical Background and Methodology

Pile group effect may be divided into lateral and axial effect on pile-soil deflection behavior and pile capacity. The pile group effect on shallow lateral pile-soil deflection behavior, i.e., p-y response, is more crucial and considered firstly in the following.

The lateral response of the pile group was analyzed by using the so-called "Combined Poulos P/Y Method" (Focht et al, 1973). In general, the method is a solution of

$$y_G = y_s + y_g \quad (1)$$

* *Corresponding author:*
Email: quyenlv22@gmail.com

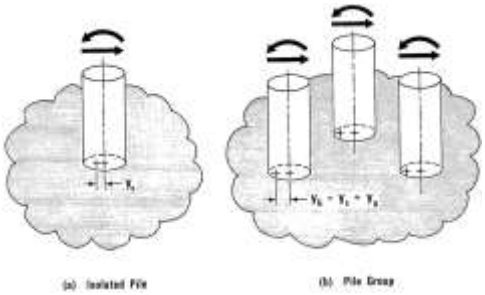


Figure 1. Lateral pile displacement

The added deflection is due to the superpositioning of elastic stresses in the soil mass from the lateral loads carried by other piles in the group. Increased deflections of a group result in bending stresses greater than in a single pile, which must be taken into account by the designer (Focht et al, 1973). By computing ys by a nonlinear p-y analysis for single pile and yg by a modification of elastic pile group analysis with lateral interaction factors proposed by Randolph (1981). This may be further written as:

$$y = y_F \left(\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^{m} H_j \alpha_{kj} + R H_k \right) \qquad (2)$$

Where:

y is the displacement of pile k

y_F is the displacement of a single-pile under unit horizontal load

Hj is the load on pile j

α_{kj} is the lateral interaction factor between pile k and j (=ratio of additional deflection caused by adjacent pile deflection of pile under its own load).

R is the ratio of single pile displacements calculated by nonlinear p-y analysis and Poulos' elastic analysis

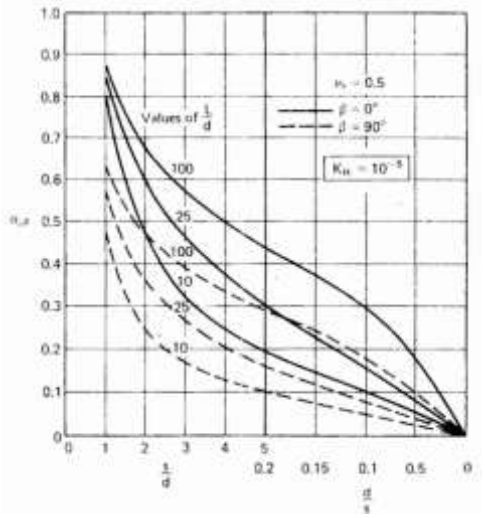


Figure 2. Graph for determination of α (Poulos, 1980)

3. Offshore project information

A comprehensive offshore geotechnical site investigation has recently been performed around the proposed platform site, including 150m sampling/PCPT borehole The subsoil conditions for the platform design comprise mixed CLAY and SAND layers to 150.0m depth. The CLAYs are mostly firm to stiff in consistency whereas the SANDs are medium dense to dense in state.

Axial pile capacity curves and pile-soil deflection data including T-z/Q-z/p-y were generated based on the API PR-2A WSD for the proposed 84-in. OD piles. The piles derive axial capacity from two sources:

i. Frictional soil resistance along the shaft length of pile;
ii. End bearing at the tip of pile.

Pile end bearing capacity was also modified for pile in transition penetrating from clay to sand and from sand to clay for 2D and 3D depth, respectively. These are consistent with the current industry practice. For the target penetration of 112.4m, the ultimate axial compressive pile capacities are summarized as below:

Table 1. Summary of Single Pile Capacities at 112.4m Penetration

Axial Pile Capacity	84-in. OD Pile
Skin Friction in CLAY (MN)	34
Skin Friction in SAND (MN)	25.1
Total Friction (MN)	59.1
End Bearing Capacity (MN) in SAND	42.9
Total Pile Capacity (MN) – Tip in SAND	102

The spacings (S) between pile centres for each 3-pile group are summarized in Table 2.

Table 2. Summary of pile spacing within a pile group

Pile Group	P1-P2	P2-P3	P1-P3	Average (around P1)
3-Pile Group	4.69m (S/D=2.20)	4.69m (S/D=2.20)	7.91m (S/D=3.71)	5.76m (S/D=2.70)

It can be seen that the ratios of pile spacing to diameter are well less than 4 for axial loading case (O'Neil, 1983) and less than 6 for lateral loading case (Poulous, 1980). Hence the group effect should be considered

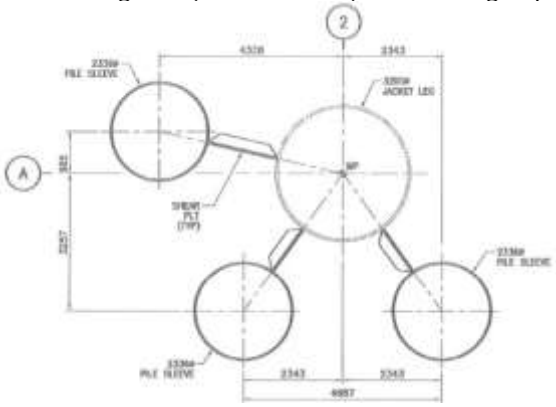


Figure 3. Details of pile spacing

The maximum load data are provided from the structural analysis as in Table 3.

Table 3. Max loads imposed on each pile

Pile Group	**Axial Force**		**Lateral Force**	
	Pile/Leg (Storm)	**Max Force (kN)**	**Pile/Leg (Storm)**	**Max Force (kN)**
3-Pile Group	P3/Leg B2	-39110	P9/Leg A2	5089

It may be concluded that due to a very small rotation angle at the pile-heads the pile groups could be considered as being fixed-head condition, though pile-head condition may be considered as restricted head condition with a small rotation.

The piles are designed to have a variable wall thickness and a penetration of 112.4m below mudline.

To derive appropriate y-factors for structural analysis, the calculation procedure specific to the subject location includes the following steps:

1) Calculation of the non-linear lateral response for a laterally loaded single pile under the given load and pile-head conditions, using the p-y data recommended by API RP 2A and the computer program LPILE;

2) Estimation of the pile interaction factors of the piles in the group, based on the geometry of the pile group, the soil stiffness/modulus and load direction, using the Randolph (1981);

3) Estimation of the lateral response of the pile group, using the simple calculation model presented in Equation [2] and the computer program PIGLET;

4) Calculation of pile displacement of the pile group using the results of Steps 2 and 3;

5) Calculation of y-factors for the cyclic p-y data using the results of Step 4.

Calculated results show that the lateral group response and corresponding y-factors are dependent on the group geometry, load magnitude, load direction and pile-head condition.

For all the calculations, the following assumptions were made:

i. The group load was taken to be equal to the number of the piles in the group multiplied by the corresponding maximum lateral single pile load value

ii. Load direction on the pile group from in the most conservative direction, i.e. load direction is the same as the direction of pile-to-pile center line ($\beta = 0$)

iii. All pile heads of a group have the same lateral deflection with fixed-head conditions
iv. Due to the jacket superstructure restraints by employing top and bottom yoke plates and shear plates between piles and jacket leg.
v. Pile heads at seafloor level
vi. Local scour was considered to a depth of 1.0*D

Based on the analysis procedure, there are two parts of soil parameters involved, the nonlinear part related to the p-y data and linear part related to the averaged elastic Young's modulus E_s for the laterally loaded pile. The Young's modulus (E_s) for the lateral group displacement was estimated as the weighted average of Young's moduli of all layers up to a depth of about 1/3 of the pile length. The Young's modulus for each layer was calculated according to E_s = 225*Su for clay and E_s = 4.5*cone resistance (q_c) for normally consolidated sand. The q_c was taken from CPT data recorded. The Young's moduli are summarized in Table 4.

Table 4. Summary of Young's modulus at subject location

Layer	**Depth (m)**	**Soil Type**	**S_u (kPa)/ q_c (MPa)**	**E_s (MPa)**
1	2.1 – 3.9	Clay	16 - 30	5.2
2	3.9 – 27.8	Sand	6	27
3	27.8 – 36.7	Sand	5	22.5
4	36.7 – 44.8	Clay	50 – 60	12.4
			Weighted Average	**21.9**

3.1. Lateral Load-Deflection Behaviour of Pile Group

The lateral pile interaction effect is due to overlap of stress in the soil around the loaded piles. The lateral pile group effect can be assessed using the Combined PY-Poulos Method with the interaction factors (α) according to Poulos (1980).

The various parameters calculated for the proposed pile groups are summarized in Table 5. It should be noted that an average wall thickness for 1/3 pile length was used for these calculations though the piles have a variable wall thickness along pile length. However, the actual variable wall thickness was used for the single pile analysis with LPILE.

Table 5. Summary of parameters for lateral pile group analysis

Item	84-in. OD Pile
Pile Modulus E_p, kPa	$2.1x10^8$
Wall thickness t, mm	56
Moment of inertia I_p, m^4	0.197
Penetration to diameter ratio L/d	52.7
Pile flexibility factor K_r	$1.18\ x10^{-5}$
Influence factor I_{pH}	18
Pile flexibility P_f	$7.31\ x\ 10^{-6}$

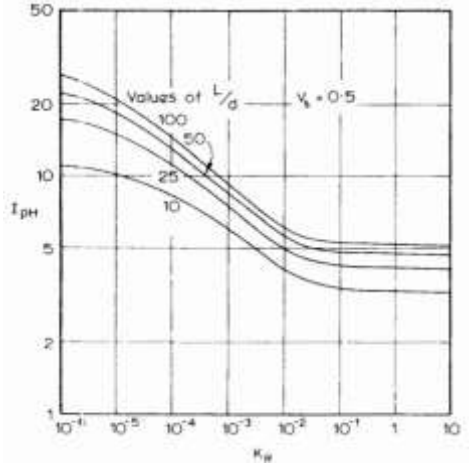


Figure 4. Graph for determination of I_{pH}

The pile head horizontal deflection under the maximum horizontal force by the Poulos elastic method is calculated as $D_{pou} = I_{pH}H/(E_sL)$.

The corresponding head deflections of single pile for site-specific p-y can be estimated by performing a single pile analysis routine in LPILE using the given maximum lateral forces as summarized in Table 7 below:

Table 6. Pile head deflection calculated

Item	3-Pile Group
Pile head force maximum (H_{max}), kN	5089
Deflection from single pile analysis LPILE (D_{sp}), m	0.039
Deflection by Poulos method (D_{pou}), m	0.037
Ratio R = D_{sp}/D_{pou}	1.05
Deflection from pile group (D_g), m	0.056

Note that due to the superstructure constraints the load distribution among the pile heads in the pile group is not even.

The group effect can be modeled by using a Y-factor for the p-y data. The Y-factor is a multiplication factor for all y values of the p-y data. The Y-factor was calculated by applying a range of y-factors to the non-linear soil resistance-deflection relationship (p-y data). The Y factor that matches the deflection of the pile group is the Y-factor that equals the group defection for the individual load on the pile. For each pile in the pile group a Y-factor was calculated. The resulting Y-factor of lateral pile group effect calculated is presented on Figure 5.

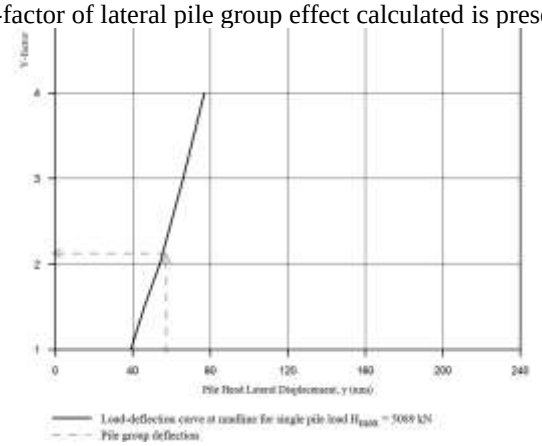


Figure 5. Results of lateral pile group effect analysis

3.2. Axial pile group effects

The axial pile group effect may include the effect on axial pile-soil deflection and on pile group capacity, though such effect may not be substantial for offshore long piles. The axial response of the pile group was analyzed by also using the so-called "Combined Poulos-P/Y Method" (Focht, 1973). In this case the p-y data was certainly replaced by the t-z data.

The Young's modulus for each layer was calculated according to E_s = 450*Su for clay and E_s = 4.5*cone resistance (q_c) for normally consolidated sand. Table summarize the moduli for axial pile group analysis.

Table 7. Summary of Soil Modulus Estimated for Axially Loaded Pile

Layer	Depth (m)	Soil Type	S_u (kPa)/ q_c (MPa)	E_s (MPa)
2	2.1 – 3.9	Clay	16 - 30	10.4
3	3.9 – 27.8	Sand	6	27
4	27.8 – 36.7	Sand	5	22.5
5	36.7 – 44.8	Clay	50 – 60	24.8
6	44.8 – 53.9	Clay	60 – 80	31.6
7	53.9 – 80.0	Clay	80 – 130	47.3
			Weighted Average	**32.9**

The pile head deflection/settlement (S_{pou}) under the maximum vertical force (V_{max}) by the Poulos elastic method is calculated as

$$S_{pou} = \frac{VI}{E_s D} \quad (3)$$

Where:

I is the combined correction factor = $I_0 R_k R_h R_v$

I_0 is the settlement-influence factor for incompressible pile in semi-infinite mass

R_k is the correction factor for pile compressibility
R_h is the correction factor for finite depth of layer on a rigid base
R_v is the correction for soil Poisson's ratio

Table 8. Pile Head Deflections/Settlements Calculated

Item	3-Pile Group
Pile head force (V_{max}), kN	39110
Settlement from single pile analysis APILE (S_{sp}), m	0.036
Settlement by Poulos method (S_{pou}), m	0.019
Ratio R = S_{sp}/S_{pou}	1.92
Deflection from pile group (S_g), m	0.047

The group effect can be modeled by using a z-factor for the t-z data while keeping the same q-z data. The Z-factor is a multiplication factor for all z values of the t-z data. The Z-factor was calculated by applying a range of Z-factors to the non-linear soil resistance-deflection relationship (t-z data). The Z-factor that matches the deflection of the pile group is the Z-factor that equals the group deflection for the individual load on the pile. For each pile in the pile group a Z-factor was calculated. The resulting Z-factor is presented in Figure 6.

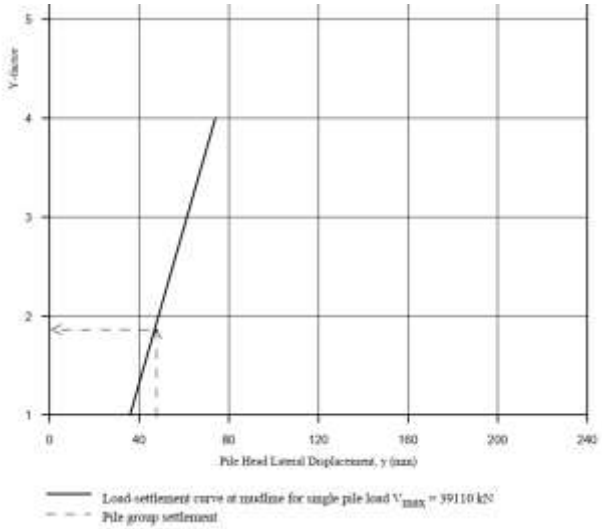


Figure 6. Results of axial pile group effect analysis

3.3. Load Capacity of Pile Group

For assessment of pile group load capacity for a pile group with a spacing ratio of 3 to 8 due to overlap of stresses among the loaded piles, a group efficiency factor may be used to compare the ultimate axial capacity of a pile group comprising n piles and the ultimate capacity of n single piles. Depending on the pile group configuration, embedment depth and the soil strata, the group capacity may not be the same as a single isolated pile capacity multiplied by the number of piles in the group.

The group efficiency factor (η) of a pile group is defined as:

$$\eta = \frac{Q_g}{nQ_s} \quad (4)$$

Where: Q_g is the axial capacity of the group; n is number of piles in a group and Q_s is the capacity of a single pile.

Based on considerations that the offshore driven piles are open ended and less interactive than for close ended driven piles and these piles have to be installed or embedded in the deep sand layer as well as the conservatism adopted in the study and Figure 7 as proposed by O'Neil (1983), a design global pile group efficiency factor, η = 1.0 (no reduction in pile capacity), can be reasonably recommended to be applied for the 3-pile group. Alternatively, zero reduction factor may be applied to t values in t-z data for the 3-pile group.

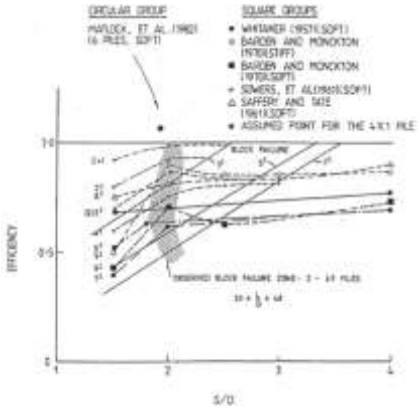


Figure 7. Vertical efficiency for model groups (O'Neil, 1983)

4. Conclusions

It is found from the study in this paper that it is recommended to take into account the effects of pile group when the piles are installed in close proximity with the average spacing ratio (S/D) less than 4 and 6 for the vertical loading case and lateral loading case, respectively, to better predict the actual field behavior and pile performance. The y-factor and z-factor play an important role in facilitating safe and economic design of oil platform structure regarding installation and serviceability purpose. The y-factor and z-factor of 2.07 and 1.87 shall be applied respectively in the structural analyses to have a conservative and safe design of piled foundation.

However, the analyses in this study are applicable to one location only and it is recommended to carry out appropriate survey as well as to derive suitable soil's elastic modulus specific to an installation site to best predict the actual behavior of the pile group. In addition, the results obtained are valid for a certain target penetration depth, it should be re-assessed for the group effects if there are changes in installation depths.

The cases analyzed in the paper are for vertical piles only. For battered piles, there should be further research to study group effects.

Acknowledgements

I would like to express my sincere thanks to the organizing committee of ESRD 2024 and the management of Hanoi University of Mining & Geology for allowing the authors to contribute to this prestigious biannual conference.

References

American Petroleum Institute, 2000. *API Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms*. American Petroleum Institute, Dallas, Texas, RP 2A - WSD.

Focht, J.A. and Koch, K.J., 1973. Rational Analysis of the Lateral Performance of Offshore Pile Groups. *5th Annual Offshore Technology Conference*, Houston, OTC Paper 1896. pp. 701-708.

Ensoft Inc., 2015. APILE – A Program for Analysis of Axial Loaded Pile

Whitaker, T., 1957. Experiments with Model Piles in Groups. *Geotechnique*, 7, pp. 147-167.

O'Neill, M.W., 1983. Group Action in Offshore Piles. *Proc. Conf. on Geotechnical Practice in Offshore Engineering*, ASCE, Austin, Texas. pp. 25-64.

Poulos, H.G. and Davies, E.H, 1980. *Pile Foundation Analysis and Design*. John Wiley and Sons, New York.

Randolph, M.F., 1981. The Response of Flexible Piles to Lateral Loading. *Geotechnique*, 31(2): 247-259.

Randolph, M.F., 1980. "PIGLET – A Computer Program for the Analysis and Design of Pile Groups under General Loading Conditions, University of Cambridge, Department of Engineering, Report No. CUED/D-SOILS-TR91.

de Ruiter, J and Beringen, F.L., 1979. Pile Foundations for Large North Sea Structures. *Marine Geotechnology*, 3: 267-314

TÓM TẮT

Nghiên cứu ảnh hưởng của nhóm cọc cho lắp đặt giàn khoan dầu khí ngoài khơi Việt Nam

Nguyễn Văn Phóng[1,3], Lê Văn Quyền[2,3]
[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Trường Bách khoa École Montréal*
[3] *Nhóm nghiên cứu Địa chất công trình và Địa môi trường*

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của nhóm cọc đến hiệu suất tổng thể của giàn khoan dầu ngoài khơi được lắp đặt bằng cọc váy. Một nhóm gồm 3 cọc tại mỗi góc của giàn khoan dầu được lắp đặt gần nhau với khoảng cách S/D nhỏ hơn 8 (giới hạn khoảng cách mà cọc có thể tương tác với nhau). Kết quả cho thấy khả năng chịu lực tổng thể của nhóm cọc không bằng tổng của từng cọc riêng lẻ. Nhóm cọc được lắp đặt ở khu vực ngoài khơi có độ sâu nước 115m và được đóng sâu 112,4m dưới đáy biển. Đường kính cọc là 2134mm. Công tác khảo sát địa chất bao gồm các hố khoan và thí nghiệm xuyên tĩnh có đo áp lực nước lỗ rỗng tới độ sâu 150m. Ảnh hưởng về khả năng chịu tải dọc trục và phương ngang của nhóm cọc được phân tích bằng phương pháp do Poulos đề xuất, và sức chịu tải giới hạn của nhóm cọc cùng với các hệ số ảnh hưởng nhóm cọc được xác định bằng phương pháp khối tương đương (phá hủy khối) và phương pháp Poulos. Các kết quả thu được sẽ là cần thiết và rất quan trọng để xác định khả năng chịu lực khả dụng mà nhóm cọc có thể duy trì và do đó, có thể đạt được thiết kế tối ưu về các vấn đề kỹ thuật và kinh tế.

Từ khóa: nhóm cọc, giàn khoan ngoài khơi, sức chịu tải dọc trục, sức chịu tải ngang.

Hiện trạng và nguyên nhân mất ổn định đê biển tỉnh Kiên Giang

Nguyễn Tiến Tài[1], Bùi Trường Sơn[2*]
[1] *NCS Bộ môn Địa chất công trình, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Nhóm nghiên cứu EEG, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu hiện trạng mất ổn định của đê biển tỉnh Kiên Giang, đồng thời cũng đưa ra các nhận định ban đầu về nguyên nhân mất ổn định của nhiều đoạn đê. Kết quả nghiên cứu cho thấy trên toàn tuyến đê biển dài hơn 150 km của tỉnh Kiên giang có nhiều đoạn đê đang bị sạt lở nghiêm trọng, ảnh hưởng tới sự ổn định của đê và hoạt động kinh tế - công trình phía trong đê. Tổng chiều dài sạt lở đê biển là 64,37 km, trong đó chủ yếu là sạt lở nguy hiểm hoặc đặc biệt nguy hiểm. Sự phá hoại thân đê chủ yếu xảy ra khi có sự tác động của sóng biển làm bào xói thân đê từ phía biển hoặc do sóng tràn qua đê. Quá trình này dẫn đến xói lở đất thân đê, nền đê và làm phá hủy, mất ổn định đê. Biến đổi khí hậu và rừng ngập mặn phía ngoài đê bị mất cũng là một trong những nguyên nhân khiến sóng biển làm xói lở bờ đê và làm mất ổn định đê. Do đó, cần có giải pháp gia cố thân đê, trồng mới hoặc khôi phục rừng ngập mặn khu vực ngoài đê để ngăn sóng biển ảnh hưởng đến sự ổn định đê.

Từ khóa: xỏi lở; đê biển; Kiên Giang

1. Đặt vấn đề

Tỉnh Kiên Giang có tuyến đê biển dài hơn 150 km, từ Mũi Nai, thành phố Hà Tiên đến Tiểu Dừa, huyện An Minh, giáp tỉnh Cà Mau. Tuyến đê biển này cùng với hệ thống rừng phòng hộ ven biển tạo thành lá chắn bảo vệ sóng biển, nước biển xâm nhập vào đất liền, nhất là khi có mưa, bão. Trên tuyến đê biển còn có hàng trăm cống, công trình thủy lợi điều tiết mặn, ngọt phục vụ phát triển sản xuất theo các mô hình ngọt, lợ, mặn - ngọt.

Hiện nay, có khoảng 50 % đai rừng ngập mặn bảo vệ đê biển đang bị xói lở và làm cho đê biển bị lộ ra và nước biển dễ dàng tràn vào các khu vực đất canh tác bên trong đê. Tổng chiều dài bờ biển bị sạt lở nguy hiểm và đặc biệt nguy hiểm hơn 50 km, hiện tượng sạt lở bờ biển theo mùa, điều kiện thời tiết, nhất là vào mùa mưa bão sạt lở nhiều và nghiêm trọng hơn (Micheal Heiland, 2011).

Sạt lở đê biển ở Kiên Giang đã và đang diễn ra hết sức phức tạp, đòi hỏi phải có các nghiên cứu nhằm xác định cơ sở khoa học để thiết kế các giải pháp phòng tránh và nâng cao ổn định đê biển, bảo vệ an toàn tính mạng, tài sản, ổn định đời sống của người dân và các công trình hạ tầng thiết yếu. Đứng trước tình hình đó, tỉnh Kiên Giang đã kêu gọi đầu tư nhằm thực hiện kế hoạch ứng phó với biến đổi khí hậu, phòng chống thiên tai, sạt lở bờ biển trên địa bàn tỉnh Kiên Giang. Bài báo này sẽ trình bày hiện trạng mất ổn định đê biển của tỉnh Kiên Giang đồng thời cũng làm sáng tỏ một số nguyên nhân gây mất ổn định làm cơ sở cho việc đề xuất các giải pháp ổn định đê biển của tỉnh Kiên Giang.

2. Hiện trạng và nguyên nhân mất ổn định đê biển Kiên Giang

2.1. Khái quát điều kiện tự nhiên của khu vực nghiên cứu

Kiên Giang nằm ở phía Tây Nam của Tổ quốc và thuộc vùng Đồng bằng sông Cửu Long với hơn 150 km bờ biển và có hàng trăm cửa sông, kênh rạch thoát nước ra biển Tây. Địa thế tỉnh Kiên Giang là một hệ thống hở, thấp, chịu tác động của chế độ thủy văn, chịu ảnh hưởng bởi 3 yếu tố: thủy triều vịnh Thái Lan, chế độ thủy văn của sông Hậu và mưa tại chỗ. Các yếu tố này tạo nên sự phức tạp trong môi trường địa chất, đặc biệt là vấn đề sạt lở bờ sông, xói lở bờ biển.

a) Đặc điểm khí hậu

Tỉnh Kiên Giang nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa, mang đặc tính chung của khí hậu vùng ĐBSCL, nóng ẩm quanh năm, nhiệt độ bình quân từ 27,5 - 27,7^{0}C. Tổng nhiệt độ bình quân ở Kiên Giang cao, vượt xa cận dưới của tiêu chuẩn nhiệt đới. Khí hậu chia làm 2 mùa rõ rệt: mùa mưa và mùa khô.

- Mùa mưa từ tháng V đến tháng XI: Lượng mưa chiếm tới 90% tổng lượng mưa trong năm. Các tháng mùa mưa có lượng mưa trung bình từ 88,1 mm đến 544,5 mm/tháng. Trong mùa mưa, tuy có lượng mưa lớn nhưng cũng có thời kỳ mưa ít hoặc không mưa kéo dài (hạn Bà Chằng) từ 7 - 15 ngày, gây hạn cho cây

[*] *Tác giả liên hệ:*
Email: buitruongson@humg.edu.vn

trồng trong tháng VI hoặc tháng VII, có năm mùa mưa đến sớm, nhưng cũng có những năm mùa mưa đến muộn vào cuối tháng V.

- Mùa khô: Từ tháng XII đến tháng IV năm sau, chỉ chiếm khoảng 10% tổng lượng mưa năm; các tháng I, II và III lượng mưa rất ít trung bình từ 11 - 50 mm. Hàng năm có khoảng 135 - 162 ngày mưa. Riêng ngoài đảo phân bố lượng mưa, số ngày mưa thường lớn hơn ở đất liền; ở vùng Rạch Giá thường lớn hơn ở vùng Hà Tiên.

Vùng nghiên cứu mang tính chất khí hậu gió mùa cận xích đạo, có nền nhiệt độ và bức xạ ổn định với hai mùa gió chủ yếu là gió mùa Tây - Nam và gió mùa Đông - Bắc, tương ứng với hai mùa khí hậu là mùa mưa và mùa khô. Tốc độ gió trung bình tháng từ 4,5 - 5,0 m/s. Tốc độ gió cao nhất có thể đạt đến 20-30 m/s. Vào mùa đông, khi có gió mùa Đông - Bắc thì xuất hiện gió chướng có vận tốc trung bình 5 - 10 m/s, lúc mạnh có thể đạt đến 15 - 20 m/s thổi từ biển vào gần trùng hướng với các dòng sông lớn, kết hợp với lúc triều cường dẫn đến hiện tượng nước dâng và sóng cao. Ngoài ra, gió trong giông tố, lốc hay vòi rồng cũng thỉnh thoảng xảy ra trong mùa khô và cả mùa mưa với vận tốc 15 - 25 m/s.

b) Đặc điểm thủy hải văn

Khu vực nghiên cứu có hệ thống sông ngòi, kênh rạch dày đặc, phân bố khắp địa bàn tỉnh, với tổng chiều dài 2.054,93 km. Toàn tỉnh có 3 con sông lớn chảy qua: sông Cái Lớn, sông Cái Bé và sông Giang Thành. Hệ thống kênh đào gồm kênh tiêu lũ và kênh cung cấp nước ngọt, trong đó kênh tiêu lũ gồm: kênh Vĩnh Tế; kênh T3; kênh Tri Tôn; kênh Ba Thê; kênh cung cấp nước ngọt gồm: kênh Cái Sắn; kênh Thốt Nốt; kênh Thị Đội…

Thủy triều biển ở đây có dạng hỗn hợp, thiên về nhật triều, biên độ thay đổi từ 0,8 - 1,0m. Mực nước chân triều dao động nhỏ hơn mực nước đỉnh triều, do đó thời gian duy trì mực nước thấp lâu hơn so với thời gian duy trì mực nước cao. Đường mực nước bình quân gần với đường mực nước chân triều. Đặc điểm này rất thuận lợi cho việc tiêu thoát lũ từ sông Hậu qua hệ thống kênh Rạch Giá - Long Xuyên ra biển Tây. Trong thời gian mùa lũ, nguồn nước ngọt từ sông Hậu đổ về khá phong phú.

c) Biến đổi khí hậu và nước biển dâng

Theo Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng năm 2016 do Bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành, biến đổi khí hậu và nước biển dâng tại Kiên Giang được tóm tắt như sau:

- Nhiệt độ khu vực có xu thế tăng so với thời kỳ cơ sở (1986 - 2005), với mức tăng theo kịch bản RCP4.5, đến cuối thế kỷ 21, nhiệt độ tăng chủ yếu từ từ 1,7 - 1,9°C; theo kịch bản RCP8.5, nhiệt độ tương ứng tăng 3,0 - 3,5°C ở phía Nam. Nhiệt độ thấp nhất trung bình và cao nhất trung bình có xu thế tăng rõ rệt.
- Lượng mưa năm có xu thế tăng so với thời kỳ cơ sở ở tất cả các kịch bản. Theo kịch bản RCP4.5, đến cuối thế kỷ 21, lượng mưa năm có mức tăng phổ biến từ 5 - 15%. Theo kịch bản RCP8.5, mức tăng nhiều nhất có thể trên 20% ở một phần diện tích Nam Bộ. Lượng mưa mùa khô ở một số vùng có xu thế giảm.
- Về mực nước biển dâng, số liệu quan trắc cho thấy khu vực ven biển Nam Bộ tăng mạnh nhất: 5,6mm/năm, tiếp theo là ven biển Trung bộ: 4mm/năm, thấp nhất là ven biển vịnh Bắc Bộ: 2,5mm/năm. Như vậy có nghĩa, nếu nước biển dâng 1m, Đồng bằng sông Cửu Long là khu vực có nguy cơ ngập cao (39,4% diện tích), trong đó tỉnh Kiên Giang có nguy cơ ngập cao nhất (75% diện tích).

d) Khái quát đặc điểm trầm tích Đệ tứ khu vực nghiên cứu

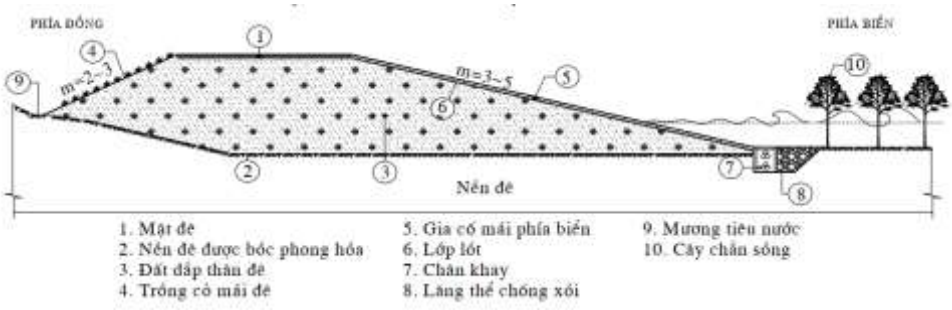
Theo tài liệu Bản đồ địa chất khoáng sản 1/200.000 Đồng bằng Nam Bộ, trầm tích Đệ tứ khu vực nghiên cứu có mặt đầy đủ các trầm tích từ Pleistocen đến Holocen (Nguyễn Phú Tuỳnh, 2014).

- Trầm tích Pleistocen trên (Q_1^3) gồm các nguồn gốc sau: Trầm tích sông chỉ được mô tả trên tờ Mỹ Tho, phân bố không liên tục và gặp trong các hố khoan sâu. Thành phần đất đá là cát, cuội, sỏi, sét caolin mầu xám. Bề dầy trầm tích thay đổi từ 2 đến 25 m; Trầm tích sông biển (amQ_1^3) chủ yếu là cát bụi chuyển lên sét bụi mầu xám vàng, bề dầy thay đổi từ 10 đến 60 m. Trầm tích biển (mQ_1^3) gặp chủ yếu từ độ sâu dưới 20 m. Thành phần đất đá là sét bụi, cát mầu vàng đỏ loang lổ, có nhiều kết vón rắn chắc, bề dầy từ 20 đến 50 m.
- Trầm tích Holocen dưới - giữa (Q_2^{1-2}) gồm các nguồn gốc sau: Trầm tích nguồn gốc sông (aQ_2^{1-2}) gặp trong các hố khoan sâu phân bố rất hẹp ở thung lũng các sông Tiền và sông Hậu. Thành phần chủ yếu là cát lẫn bụi sét chuyển dần lên cát hạt trung mầu xám xanh, xám vàng; Trầm tích sông biển (amQ_2^{1-2}) phân bố tập trung tại hạ lưu các sông Tiền và sông Hậu, thành phần gồm tập dưới là cát mịn đến trung màu xám xanh, chuyển lên là cát hạt trung đến thô mầu xám xanh, xám vàng, chứa ít sạn thạch anh. Tập trên là sét bụi, bụi cát xám vàng loang lổ; Trầm tích biển (mQ_2^{1-2}) có thành phần đất đá thay đổi theo không gian. Tại Mỹ Tho thành phần là cát hạt mịn lẫn bụi sét mầu xám tro, xám xi măng gặp từ 6 - 8 m trở xuống. Tại Sóc Trăng gặp sét, bụi, cát có ít cuội sạn mầu xám phớt vàng. Tại Trà Vinh gặp 3 tập trầm tích dưới độ sâu 18 m và dầy 6 - 7 m. Tập dưới là sét xám vàng, xám trắng chứa sạn laterit và mùn thực vật; tập giữa là cát sạn xám đen lẫn sét mầu xám vàng có nhiều vỏ ốc và mùn thực vật; tập trên là sét bụi mầu xám chứa mùn thực vật.
- Trầm tích Holocen giữa - trên (Q_2^{2-3}) gồm các nguồn gốc sau: Trầm tích nguồn gốc hỗn hợp sông -

biển (am Q_2^{2-3}) phân bố rộng rãi ven các sông Tiền, sông Hậu và trải rộng đến Tịnh Biên, Tri Tôn. Tại các khu vực Bến Tre, Trà Vinh và Sóc Trăng trầm tích này tạo nên các địa hình nhô cao. Trầm tích phân bố từ độ sâu dưới 25 m, bề dày biến đổi từ vài m đến 20 m. Thành phần trầm tích khá đồng nhất gồm bụi sét mịn mầu xám đen kẹp bụi sét mầu nâu, nâu xám hoặc bụi sét có chứa các thấu kính cát mịn nằm xen trong cá tập cát. Tại khu vực An Biên - Kiên Giang trầm tích này phân bố ở độ sâu 1 - 3,8 m với thành phần là bụi sét chứa cát mầu xám nâu, xám đen chứa ít vỏ sò.

2.2. Hiện trạng mất ổn định đê biển Kiên Giang

Các tuyến đê tỉnh Kiên Giang chủ yếu được thiết kế và thi công theo tiêu chuẩn đê đất cấp IV. Mặt cắt đê điển hình theo tiêu chuẩn của đê đất cấp IV được trình bày trong hình 1.



Hình 1. Mặt cắt điển hình đê biển cấp IV tỉnh Kiên Giang

Nhìn chung đê biển của Kiên Giang có chiều cao của mặt đê khoảng 2 - 3 m so với mực nước biển, độ dốc 1:3 và độ rộng của mặt đê là 6 m. Kè được xây dựng bên ngoài bằng các tấm bê tông đúc sẵn. Theo kết quả khảo sát của Công ty cổ phần Tư vấn Trường Sơn, 2022: Nền đê thường được đặt trên lớp sét ít dẻo (CL), sét rất dẻo (CH) mầu xám vàng, xám nâu, xám trắng, trạng thái dẻo cứng - nửa cứng. Bề dầy lớp từ 4 - 8 m (nhiều đoạn không khảo sát hết chiều sâu lớp này), lớp có R_0 = 1,9 kG/cm^2; E_0 = 153 kG/cm^2.

a) Tuyến đê từ Chùa Hang đến Rạch Giá

Tuyến từ Chùa Hang - Rạch Giá dài 63 km, đi sát mép rừng phòng hộ ven biển, được đầu tư xây dựng trong giai đoạn 2000 - 2008. Quy mô, kết cấu: Dùng đắp đất tại chỗ, mặt đê rộng 6 m, cao 2 m, hành lang bảo vệ đê 10 m, trên tuyến xây dựng 25 cống khẩu độ từ 5 m đến 22,5 m để ngăn mặn và thoát lũ ra biển. Từ 2006 đến nay, trên toàn tuyến đê Chùa hang - Rạch Giá bị sạt lở đến 5 - 6 km, nặng nhất là khu vực nằm trên địa bàn huyện Hòn Đất (đoạn kênh 286 - Vàm Rầy sạt lở trên 600 m; đoạn Giồng Kè - T5 sạt lở hoàn toàn trên 500 m. Hệ quả của việc đê bị sạt lở là nước mặn tràn, ngấm sâu vào đất sản xuất, gây khó khăn trong sản xuất nông nghiệp.

Thời gian qua tỉnh Kiên Giang đã nhiều lần nghiên cứu hiện trạng một số khu vực bị sạt lở nặng để tìm biện pháp khắc phục. Trong khu vực sạt lở đoạn kênh 286 - Vàm Rầy được đầu tư để sửa chữa từ năm 2008, tuy nhiên, việc thi công vẫn đang tiến hành tới nay chưa hoàn thành. Đoạn Giồng Kè - T5, hướng sửa chữa là gia cố mặt đê lại bằng bê tông, mái đê phía biển lắp cấu kiện bê tông đúc sẵn, mái phía đồng trồng cỏ.



Hình 1. Sạt lở đê tại đoạn kênh 286 - Vàm Rầy, tuyến đê Chùa Hang - Rạch Giá

b) Tuyến đê đi qua thành phố Rạch Giá

Tuyến đê này dài 12 km đồng thời cũng là tuyến đường ven biển (khu lấn biển). Tuyến đê này đầu tư

xây dựng và đã được gia cố mặt đê bằng các tấm bê tông. Đối với đoạn qua địa bàn thành phố Rạch Giá, có trên 4 km bờ biển được bảo vệ bằng các công trình kè bê tông cốt thép, kết hợp gia cố mái bờ bằng tấm lát bê tông. Tuy nhiên tuyến đê biển này vẫn xảy ra hàng chục điểm sạt lở cục bộ do mất rừng phòng hộ.



Hình 3. Sạt lở đê đoạn đê đi qua thành phố Rạch Giá

c) Tuyến đê từ Xẻo Rô (An Biên) đến Tiểu Dừa (Vân Khánh Tây - huyện An Minh)

Tuyến đê này dài khoảng 70 km, được đầu tư xây dựng trong giai đoạn 1999 - 2005. Quy mô, kết cấu: đắp đất tại chỗ, mặt đê rộng 6 m, cao 2 m; xây dựng 17 cống khẩu độ từ 5 m đến 10 m để ngăn mặn và thoát lũ ra biển, tuy nhiên các cống này chưa đáp ứng được nhu cầu đa mục tiêu. Tuyến đê này sạt lở từ năm 2006 đến nay, trong đó đoạn Xẻo Rô - kênh Chống Mỹ sạt lở gần 8 km được đầu tư xây dựng bằng biện pháp gia cố mặt đê bê tông M300, có 6 cầu trên tuyến kết hợp làm đường giao thông, cắm cột lý trình trên đê, hiện chưa hoàn thành.

Tuyến đê Xẻo Vạt - Tiểu Dừa bị sạt lở gần 25 km, tỉnh đang đề nghị Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn đầu tư khoảng 20 tỷ đồng để đóng cừ tràm, bảo vệ lưu không phía trong đồng, đắp đất khôi phục mặt đê. Trên huyên An Minh có trên 28 km đê biển bị sạt lở nghiêm trọng trong đó có thể kể tới các đoạn đê: Từ kênh Chủ Vàng đến kênh Xẻo Nhàu (12,5 km); từ kênh Xẻo Nhàu đến kênh Thứ Tám (7,0 km) và kênh Thứ Tám đến kênh Xẻo Quao (8,5 km). Ngoài ra địa bàn huyện An Biên cũng là nơi có đê biển đang bị sạt lở, trong đó tại khu vực Mũi Rãnh thuộc Ấp Rạch Cóc, Xẻo Dinh - Tây Yên có đoạn đê dài 2,5 km bị sạt lở nghiêm trọng ảnh hưởng cơ sở hạ tầng, dân sinh, kinh tế.



Hình 4. Các đoạn đê sạt lở rên tuyến đê từ Xẻo Rô (An Biên) đến Tiểu Dừa (Vân Khánh Tây - huyện An Minh)

Nhìn chung, hiện nay, tình hình sạt đê biển trên địa bàn tỉnh Kiên Giang có xu hướng diễn biến ngày càng phức tạp. Theo báo cáo của UBND tỉnh Kiên Giang, tình trạng sạt lở đê biển xảy ra rất nghiêm trọng ở nhiều nơi trải khắp trên địa bàn tỉnh và có nguy cơ ảnh hưởng tới đời sống dân cư và cơ sở hạ tầng. Tại các khu vực thuộc các huyện: An Biên, An Minh, Hòn Đất, Giồng Riềng, U Minh Thượng, Châu Thành, Giang Thành và thành phố Rạch Giá, hiện tượng sạt lở đê biển có nguy cơ ảnh hưởng trực tiếp đến công trình và đời sống của người dân. Tổng chiều dài sạt lở là 64,37 km. Theo quyết định số 01/2011/QĐ-TTg ngày 04/01/2011 của Thủ tướng Chính phủ ban hành quy chế xử lý sạt lở bờ sông, bờ biển; sạt lở đê biển ở Kiên Giang chủ yếu là sạt lở nguy hiểm hoặc đặc biệt nguy hiểm.

2.3. Nguyên nhân gây mất ổn định đê biển Kiên Giang

Trên cơ sở đi thực địa, quan sát thực trạng và khảo sát tại các tuyến đê cho thấy những nguyên nhân chính gây sạt lở đê biển ở Kiên Giang như sau:

a) Sóng biển

Một trong những nguyên nhân chính làm phá hủy đê là sóng biển và thủy triều. Từ tháng X đến tháng IV năm sau hàng năm, thường xuất hiện gió mạnh (gió chướng), tối từ biển vào bờ phía Đông, có hướng gần trùng với hướng sông Mê Kông. Gió chướng nếu gặp triều cường, đỉnh triều cao, thường kèm theo hiện tượng nước dâng, tạo nên sóng lớn và đập vào đê biển, gây xói lở mạnh ngay trong mùa khô. Gió chướng cũng làm gia tăng hiện tượng bồi lắng phù sa cuối mùa lũ ở vùng cửa sông, làm dịch chuyển các đụn cát ngầm ngay trước cửa sông, làm tăng thêm chiều cao và khả năng vỡ sóng ven đường bờ, gây nên hiện tượng xâm thực bờ và cản trở quá trình bồi tụ phù sa ven biển. Tại một số vị trí đê đã được đầu tư xây dựng, gia cố mái đê bằng các tấm bê tông có mắc cài, tuy nhiên xảy ra tình trạng một số vị trí bị mất. Điều này dẫn đến việc kết cấu bảo vệ mặt đê không còn tính toàn khối, nước có thể xói vào nền phía trong gây ra hiện tượng sạt lở và sụt trượt đê biển. Hiện nay, phần lớn chiều dài bờ biển trên địa bàn tỉnh Kiên Giang chưa được đầu tư xây dựng các công trình bảo vệ. Do đó, hiện tượng xói lở bờ biển ở những khu vực này ngày càng nghiêm trọng, ảnh hưởng đến các công trình, cơ sở hạ tầng và đời sống người dân ven biển.

Ngoài ra, qua quá trình khảo sát đánh giá thực trạng và nguyên nhân sạt lở đê biển ở Kiên Giang, hiện tượng biến đổi khí hậu đã và đang làm mất ổn định đê (Mai Van Cong, 2019; Micheal Heiland, 2011; Nguyễn Phú Tuỳnh, 2014). Sự tác động của biến đổi khí hậu đối với xói lở đê biển có thể được thể hiện ở những yếu tố sau: Mực nước biển ngày càng dâng cao đã tạo ra áp lực lớn đối với đê biển. Đê biển ngày càng trở nên không đủ cao để chống lại những biến đổi đột ngột của sóng biển, đặc biệt là trong trường hợp bão lớn. Ngoài ra, biến đổi khí hậu đã làm tăng tần suất và sức mạnh của cơn bão, tạo ra sóng biển mạnh hơn và áp lực nước biển lớn hơn. Các yếu tố này đồng thời gây ra sự xói lở đê biển và lũ lụt ven biển đáng kể. Hiện tượng xâm nhập nước biển ngày càng trở nên phổ biến, khi nước biển xâm nhập vào đất liền sẽ gây ra hiện tượng bào xói đất đai (Mai Van Cong, 2019; Micheal Heiland, 2011). Biến đổi khí hậu cũng thay đổi mô hình mưa lớn và làm tăng nguy cơ lũ lụt, một yếu tố quan trọng góp phần vào xói lở đê biển. Lũ lụt này có thể gây ra áp lực lớn đối với kè bảo vệ và gây ra sự hủy hoại đối với cơ sở hạ tầng và khu vực dân cư.

b) Vật liệu đắp đê chưa phù hợp

Đê biển ở tỉnh Kiên Giang được xây từ lâu, với nhiều công nghệ khác nhau, phổ biết là các công nghệ cũ. Vật liệu đắp đê từ hầu hết các đất mềm dính ở khu vực gần công trình đê. Vật liệu này mềm yếu, dễ bị tan rữa và xói mòn. Ngoài ra trong quá trình xây dựng, ở một số đoạn đê, vật liệu đắp đê không được lu lèn, làm chặt tốt nên cũng dễ bị xói mòn.

Quan sát tại nhiều điểm đê bị sóng biển tràn bờ và đê bị phá vỡ, kiểm tra bề mặt bị xói mòn cho thấy rằng vật liệu đất đắp không có chất lượng đồng chất, có các dấu hiệu của vật liệu hữu cơ được tìm thấy lẫn lộn với đất đắp đê.



Hình 5. Đê biển bị vỡ để lộ vật liệu đắp đê không đồng nhất

c) Lấy đất đắp đê sát chân đê phía biển

Theo khảo sát và các tài liệu tham khảo cho thấy, nhiều nơi đã có hiện tượng lấy đất gần chân đê phía biển, tạo nên kênh dài chạy dọc theo chân đê. Điều này làm giảm khả năng ổn định của đê. Mặt khác, địa hình đê phía biển bị hạ thấp làm giảm khả năng tiêu tán năng lượng của sóng khi đập vào đê.



Hình 6. Đất ở sát chân đê phía biển bị lấy

d) Rừng ngập mặn phòng hộ đê bị phá hủy

Một trong những hình ảnh đầu tiên dễ nhận thấy tại các khu vực đê biển bị sạt lở đó là các tuyến rừng ngập mặn bị phá hủy hoàn toàn hoặc một phần. Khảo sát các tuyến đê biển bị sạt lở, có thể thấy rất nhiều tuyến đê sau khi mất rừng ngập mặn không được bảo vệ bị sóng biển đánh vào chân đê làm cho chân đê bị xói gây ra sạt lở nghiêm trọng. Dọc các tuyến đê tại các vị trí sạt lở thường là những nơi mà rừng ngập mặn không còn phát huy được tác dụng chắn sóng, bảo vệ đê.



(a) *(b)*

Hình 7. Rừng ngập mặt trong điều kiện tốt (a) và bị phá hủy (b) tại huyện Hòn Đất

Điển hình ở khu vực Hòn Đất, đê biển bị tàn phá nặng nề; ở nhiều khu vực khác nhau chạy dọc theo đoạn đê này, đai rừng ngập mặn không còn và khu vực trồng rừng ngặp mặn hiện nay đã bị mất. Trong những khu vực rừng ngập mặn không còn sống thì độ dốc hướng biển của đê bị ăn mòn rất nhiều và ở vài đoạn hầu như bị sụp đổ, một số chỗ đê bị phá vỡ. Hình 7 thể hiện rừng ngập mặt trong điều kiện tốt và rừng ngập mặt bị phá hủy, dẫn tới sạt lở đê biển. Với sự suy giảm của đai rừng ngập mặn trong khu vực này, độ nghiêng của đê ở phía biển đang tiếp tục bị xói mòn do dòng chảy mạnh và dẫn đến có một số lần nước biển đã tràn qua đê.

Từ những kết quả đánh giá ở trên cho thấy: Đê biển của Kiên Giang có chiều cao thấp nên khả năng phá hủy đê do trượt bờ đê là rất thấp. Quá trình phá hoại đê không do yếu tố nền đê mà chủ yếu gây nên bởi quá trình phá hoại thân đê. Sự phá hoại thân đê chủ yếu xảy ra khi có sự tác động của yếu tố sóng biển dưới các hình thức: Sóng biển bào xói thân đê từ phía biển hoặc do sóng tràn làm bào xói thân đê ở phía đồng. Quá trình này dẫn đến xói lở đất thân đê và làm phá hủy đê; đồng thời sóng biển bào xói phần chân đê dẫn đến quá trình sụt trượt bờ đề và gây phá hủy đê.

4. Kết luận

Đê biển ở Kiên Giang có chiều cao thấp, nhiều đoạn đã và đang bị sạt lở nguy hiểm hoặc đặc biệt nguy hiểm. Đê được đắp bằng đất chủ yếu lấy tại chỗ, là lớp đất mềm yếu, nhiều nơi đất đắp có thành thần và tính chất chưa đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật, dễ bị sóng biển bào xói, rửa lũa, gây mất ổn định thân đê. Việc lựa chọn đất dắp đê cần được nghiên cứu kỹ theo đúng các tiêu chuẩn kỹ thuật.

Chiều cao đê chưa đáp ứng được yêu cầu bảo vệ nước biển tràn qua khi sóng lớn tại một số vị trí. Đây là yếu tố tạo điều kiện dễ dàng cho quá trình phá hủy thân đê. Quá trình mất ổn định đê biển Kiên Giang

không xảy ra ở nền đê, mà chủ yếu xảy ra ở phần thân đê. Sự phá hoại thân đê chủ yếu xảy ra khi có sự tác động của yếu tố sóng biển dưới các hình thức: Sóng biển bào xói thân đê từ phía biển hoặc do sóng tràn làm bào xói thân đê ở phía đồng dẫn đến quá trình sụt trượt bờ đê và gây phá hủy đê. Bởi vậy, cần có giải pháp phù hợp để gia cố thân đê, nhằm nâng cao khả năng ổn định cho đê.

Rừng ngập mặn mất là một trong những nguyên nhân chính khiến sóng biển làm xói lở thân đê và làm mất ổn định đê. Bởi vậy, cần có biện pháp trồng mới hoặc khôi phục rừng ngập mặn khu vực ngoài đê để ngăn cản sóng ảnh hưởng đến sự ổn định đê.

Tài liệu tham khảo

Mai Van Cong, 2019. Risk based approach for a long-term solution of coastal flood defences - a Vietnam case, Journal of Safety and Reliability for Managing Risk.

Micheal Heiland, 2011. Phục hồi đê biển ở Kiên Giang, Dự án bảo tồn và phát triển khu dự trữ sinh quyển Kiên Giang.

Nguyễn Phú Tuỳnh, 2014. Đề tài cấp nhà nước, Nghiên cứu giải pháp tổng thể xây dựng tuyến đê biển Vịnh Rạch Giá Kiên Giang.

Công ty cổ phần Tư vấn Trường Sơn, 2022. Dự án đầu tư xây dựng công trình đường bộ ven biển từ Hòn Đất đi Kiên Lương.

UBND tỉnh Kiên Giang, số 2264/QĐ-UBND ngày 03 tháng 10 năm 2019 về việc công bố tình trạng sạt lở bờ biển trên địa bàn các huyện: An Biên, An Minh, Hòn Đất và Kiên Lương, tỉnh Kiên Giang.

ABSTRACT

Current situation and reasons of instability of sea dikes in Kien Giang province

Nguyen Tien Tai[1], Bui Truong Son[2]
[1]PhD Student - Egineering Geology Department
[2]EEG Research Group, Hanoi University of Mining and Geology

This paper presents the results of the current situation of the sea dyke instability in Kien Giang province. It also provides initial assessments of the causes of instability of many dike sections. The results of the study show that along the entire sea dyke line of Kien Giang province, many dike sections are seriously eroded, which affects to the stability of the dike and economic - construction activities inside the dike. The destruction of the dike body mainly occurs when there is the impact of sea waves eroding or due to waves overtopping the dike. This process leads to erosion of the dike body, dike foundation, which destroys and destabilizes the dike. Climate change and loss of mangrove forests are also among the causes of sea waves eroding the dike banks and destabilizing the dike. Therefore, it is necessary to have solutions to reinforce the dike body, plant new mangroves or restore mangroves in areas outside the dike to prevent sea waves from affecting the stability of the dike.

Keywords: erosion; sea dyke; Kien Giang.

Bước đầu nghiên cứu đặc điểm hình thành và khả năng sử dụng nguồn vật liệu xây dựng khoáng tự nhiên phục vụ xây dựng đường giao thông tỉnh Ninh Thuận

Phạm Minh Tân[1], Bùi Trường Sơn[2*]
[1] *Ban QLDA đầu tư xây dựng các công trình giao thông tỉnh Ninh Thuận*
[2] *Nhóm nghiên cứu Địa chất công trình và Địa môi trường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Bài báo báo đã khai thác các thông tin về điều kiện tự nhiên tỉnh Ninh thuận để bước đầu nêu được các yếu tố ảnh hưởng tới đặc điểm hình thành và khả năng sử dụng nguồn vật liệu xây dựng khoáng tự nhiên trong xây dựng đường giao thông của tỉnh. Kết quả nghiên cứu cho thấy các yếu tố về đặc điểm địa chất, địa hình địa mạo và khí hậu có ảnh hưởng rất mạnh đến đặc điểm hình thành nguồn VLXDKTN tỉnh Ninh Thuận. Tỉnh Ninh thuận có các nguồn vật liệu xây dựng khoáng tự nhiên khá phong phú. Đá xây dựng gồm: Đá granit thuộc các phức hệ Đèo Cả, Định Quán, Cà Ná; các đá phun trào thuộc các hệ tầng Đơn Dương, Đèo Bảo Lộc; các trầm tích lục nguyên thuộc hệ tầng La Ngà. Đất xây dựng gồm nhóm đất tàn tích phát triển trên các đá gốc khác nhau, và đất nguồn gốc bồi tích (a), hỗn hợp bồi lũ tích (a, ap) và biển (m). Theo khả năng sử dụng, về trữ lượng đá xây dựng có thể xếp theo thứ tự giảm dần: Các đá xâm nhập > các đá phun trào > các trầm tích lục nguyên; Đối với đất theo trữ lượng tiềm năng có thể xếp: Đất apQ > đất eQ trên các đá phun trảo > đất eQ trên các đá xâm nhập.

Từ khóa: khả năng sử dụng; vật liệu xây dựng; đường giao thông; Ninh Thuận

1. Đặt vấn đề

Ninh Thuận là tỉnh ven biển Duyên hải Nam Trung Bộ. Có ranh giới giáp với các tỉnh: phía Bắc - Khánh Hòa, phía Nam - Bình Thuận, phía Tây - Lâm Đồng và phía Đông giáp Biển Đông. Ninh Thuận nằm ở giao điểm của 3 trục giao thông chiến lược là quốc lộ 1A, đường sắt Bắc - Nam và quốc lộ 27 đi Đà Lạt. Thành phố Phan Rang - Tháp Chàm là trung tâm kinh tế - chính trị của tỉnh Ninh Thuận, cách sân bay quốc tế Cam Ranh khoảng 60 km, gần với các Trung tâm kinh tế, du lịch lớn của cả nước (thành phố Hồ Chí Minh, Cam Ranh, Nha Trang và Đà Lạt). Đây là những điều kiện hết sức thuận lợi để giao lưu, liên kết hợp tác đầu tư phát triển trên nhiều lĩnh vực với quốc tế và các địa phương khác trong cả nước (Hoàng Hoa Thám, 2016).

Hiện nay, hệ thống đường bộ của tỉnh rất được quan tâm đầu tư và xây dựng. Tỉnh đã đầu tư xây dựng mới hoặc nâng cấp sửa chữa hoàn thành đúng quy hoạch một số công trình lớn, quan trọng như tuyến đường ven biển, trong đó có 2 cầu lớn là An Đông và Ninh Chữ; đường Tân Sơ - Tà Năng; đường nối cao tốc Bắc - Nam với quốc lộ 1; đường Hải Thượng Lãn Ông; đường đôi vào hai đầu thành phố Phan Rang - Tháp Chàm; Văn Lâm Sơn Hải; vành đai phía Bắc, cao tốc Bắc Nam, các quốc lộ 1, 27B và 27 ... Từ năm 2011 đến 2020, tổng số km đường bộ được đầu tư mới và nâng cấp là 1.424,75 km; mật độ đường giao thông so với diện tích tự nhiên tăng từ 0,34 lên 0,424 km/km^2; mật độ đường giao thông so với dân số tăng từ 2,02 lên 2,48 km/1000 dân. Dự kiến, theo quy hoạch đến năm 2030 sẽ đầu tư xây dựng mới khoảng 200 km, nâng cấp, sửa chữa và mở rộng khoảng 80 km, nâng mật độ đường giao thông so với diện tích tự nhiên tăng từ 0,424 lên 0,48 km/km^2 và so với dân số tăng từ 2,48 lên 2,82 km/1000 dân. Ngoài ra, hệ thống đường xá, đường nội bộ trong các khu công nghiệp ven biển, vv... cũng dần dần được hoàn thiện theo quy mô và dân số. Trước nhiệm vụ cấp thiết đó, đòi hỏi nhu cầu về vật liệu xây dựng trong đó nguồn vật liệu xây dựng khoáng tự nhiên (VLXDKTN) ngày càng gia tăng. Vì vậy, việc nghiên cứu đặc điểm hình thành và khả năng sử dụng nguồn vật liệu xây dựng khoáng tự nhiên phục vụ xây dựng đường giao thông tỉnh Ninh Thuận là cần thiết.

2. Những yếu tố ảnh hưởng đến đặc điểm hình thành nguồn VLXDKTN tỉnh Ninh Thuận

2.1. Đặc điểm địa chất

[*]*Tác giả liên hệ:*
Email: buitruongson@humg.edu.vn

Tỉnh Ninh Thuận nằm trong đới cấu trúc kiến tạo uốn nếp Mesozoi. Tham gia vào cấu trúc địa chất vùng nghiên cứu gồm các thành tạo trầm tích lục nguyên, phun trào, các thành tạo macma xâm nhập và các trầm tích trẻ Neogen - Đệ tứ. Trong đó:

- Trầm tích lục nguyên: Hệ tầng La Ngà J_2ln, gồm các đá cát kết, bột kết, sét kết. Phân bố chủ yếu ở các xã Ma Nới, Hoà Sơn thuộc huyện Ninh Sơn; Phước Tân, Phước Tiến, Phước Bình thuộc huyện Bác Ái. Trên bản đồ địa chất tờ Đà Lạt - Cam Ranh, hệ tầng La Ngà (Vũ Khúc,1983), chúng có diện lộ khá rộng, gồm 2 dải chính: phương Đông Bắc - Tây Nam gần vĩ tuyến là dải Ankroet - Đà Lạt ở phía Bắc và dải Đại Ninh - Ma Nới ở phía Nam. Ngoài ra, còn gặp các trầm tích của hệ tầng này rải rác ở một số nơi khác. Tổng bề dày của hệ tầng này là 1.280m.

- Các đá phun trào: Gồm 2 hệ tầng là Đèo Bảo Lộc ($J_3đbl$) và Đơn Dương (K_2dd). Hệ tầng $J_3đbl$ gồm các đá $\alpha J_3đbl$ như andesit, andesitodasit, tufandesit; các đá $\rho J_3đbl$ như đasit, riodasit, riolit, tufdasit, tufriolit. Phạm vi phân bố hẹp, gặp chủ yếu tại địa bàn xã Ma Nới huyện Ninh Sơn.

Hệ tầng Đơn Dương (K2dd) gồm các đá andesit, andesitodacit, dacit, trachiryolit, felsit và tuf; đá lộ ra ở Nhơn Sơn (huyện Ninh Sơn), và phường Đô Vinh (thành phố Phan Rang - Tháp Chàm). Chiều dày chung các thành tạo của hệ tầng khoảng 300 - 400 m. Tất cả các đá đều có màu xám, xám sáng.

- Các đá macma xâm nhập (thuộc hệ Kreta, thống Trung - K_2): gồm các phức hệ Định Quán, Đèo Cả và Cà Ná, chiếm 3/4 diện tích toàn tỉnh. Các đá có thành phần chủ yếu từ diorit, diorit thạch anh, granodiorit horblend (bitotit), granit horblend (bitotit) có chất lượng tương đối tốt, đã và đang được khai thác làm vật liệu xây dựng.

- Các thành tạo Neogen và Đệ tứ không phân chia, gồm: Các trầm tích dưới nước phân bố rộng, dọc các sông suối lớn và dải đồng bằng hẹp ven biển. Chúng chiếm diện tích lớn, chủ yếu ở phía Đông Nam là trung tâm của tỉnh. Đặc biệt là phân bố rất rộng rãi ở khu vực Phan Rang -Tháp Chàm. Các thành tạo trẻ phổ biến gồm các diện tích phân bố rải rác không liên tục các trầm tích $(ap)Q_2$ và pQ_2. Đây cũng là nguồn vật liệu quan trọng đang được khai thác làm vật liệu xây dựng.

- Các đất tàn tích (eQ) được hình thành do phong hoá các đá gốc khác nhau. Các đất eQ từ các đá xâm nhập thường có bề dày mỏng. Các đất phong hoá từ đá phun trào, trầm tích lục nguyên có diện phân bố rộng hơn, bề dày có thể tới 5 - 10 m, chúng đã được khai thác làm vật liệu đắp đường, các công trình thuỷ lợi nhỏ (Đặng Xuân Phú, 2006).

Từ việc nghiên cứu đặc điểm địa chất tỉnh Ninh Thuận như trên có thể khái quát thứ tự về khả năng hình thành nguồn VLXDKTN theo đặc điểm thành phần thạch học như sau: Tiềm năng về vật liệu đá xây dựng được xếp theo thứ tự: Các đá thuộc các phức hệ xâm nhập; các đá thuộc các hệ tầng trầm tích lục nguyên và núi lửa. Tiềm năng về vật liệu đất xây dựng: Các thành tạo trầm tích trẻ (a, ap, mb, m), các thành tạo tàn tích (e, ed) trên đá gốc thuộc các hệ tầng đá phun trào (J_3đbl, K_2nt, K_2dd, trong phạm vi tỉnh, hệ tầng Đơn Dường; các thành tạo tàn tích (ed) trên đá gốc thuộc hệ tầng La Ngà (J_2ln); các thành tạo tàn tích (ed) trên đá gốc thuộc các phức hệ đá xâm nhập (Đèo Cả, Cà Ná và Định Quán).

2.2. Đặc điểm địa hình địa mạo

Địa hình Ninh Thuận khá phức tạp, độ cao địa hình thấp dần từ Tây sang Đông và từ Tây Bắc sang Đông Nam, với 3 mặt bao bọc bởi đồi núi và 1 mặt giáp biển. Địa hình chia làm 3 kiểu chính: núi và gò đồi, đồng bằng và lầy ven biển. Địa hình núi và gò đồi có diện tích 2.867,8 km^2, chiếm 85,4% diện tích tự nhiên; địa hình đồng bằng có diện tích 267 km^2, chiếm 8% và lầy ven biển có diện tích 223,5 km^2, chiếm 6,7%. Theo nguồn gốc và hình thái, Ninh Thuận gặp ba kiểu địa hình địa mạo phổ biến (Hoàng Hoa Thám, 2016):

- Kiểu núi thấp, kiến tạo bóc mòn chiếm 63,2% diện tích toàn tỉnh, phân bố chủ yếu ở phía Tây của tỉnh thuộc các huyện Bác Ai, Ninh Sơn, Ninh Phước, Thuận Nam. Trên kiểu địa hình kiểu này phổ biến là đá xây dựng - Granit thuộc các phức hệ khác nhau. Đá có chất lượng tốt, điều kiện khai thác khá thuận lợi. Đất làm vật liệu xây dựng rất nghèo nàn, hiếm gặp.

- Kiểu địa hình đồi, bóc mòn xâm thực chiếm 14,4% diện tích tự nhiên tỉnh, phân bố chủ yếu ở phía Tây các huyện Ninh Phước, Thuận Bắc và Ninh Sơn. Trên kiểu địa hình này, phần lớn này được cấu tạo bởi nhiều thành tạo khác nhau: các trầm tích phù sa cổ, các sườn tích Đệ Tam, Đệ Tứ không phân chia, các tàn tích từ các đồi núi sót của trầm tích lục nguyên hoặc của các xâm nhập granitoid. Độ dốc bề mặt địa hình phổ biến 3 - 15 độ. Vật liệu đất đắp nguồn gốc tàn tích (e) và pha tàn tích (ed) là chủ yếu.

- Kiểu địa hình đồng bằng tích tụ, xâm thực chiếm 22,4% diện tích tự nhiên của tỉnh, phân bố chủ yếu ở phía Tây Nam và rải rác trên các địa hình trũng thấp dọc các sông ở Đông Bắc... Trên kiểu địa hình này, phổ biến nguồn vật liệu xây dựng như các đất rời và đất dính. Cát phân bố chủ yếu trên sông Cái và sông Dinh với trữ lượng lớn, trong đó tập trung nhiều nhất là ở khu vực huyện Ninh Sơn. Hiện nay Ninh Thuận có 18 mỏ, điểm mỏ cát, phân bố trên diện tích khoảng 5.860 ha, với tổng tài nguyên dự báo khoảng 5,57 triệu m^3. [Thám,16]. Ngoài ra, các loại đất dính còn được khai thác làm vật liệu đắp. Như vậy, trên kiểu

địa hình kiểu này thường phổ biến đất xây dựng (dùng làm vật liệu san lấp, san nền, đắp, …) và có điều kiện khai thác khá thuận lợi.

Từ những kết quả nghiên cứu về địa hình địa mạo tỉnh Ninh Thuận có thể xếp thứ tự các kiểu địa hình theo mức độ thuận lợi đến sự hình thành vật liệu đất như sau: Địa hình đồng bằng tích tụ, xâm thực ven biển; địa hình đồi, bóc mòn xâm thực; địa hình núi thấp kiến tạo bóc mòn. Địa hình núi thấp kiến tạo bóc mòn, do lớp phủ rất hạn chế nên thuận lợi cho khai thác đá làm vật liệu xây dựng.

2.3. Đặc điểm khí hậu

Khí hậu của Ninh Thuận mang tính nhiệt đới điển hình, nền nhiệt độ cao và ít biến động, chế độ ánh sáng, lượng mưa, độ ẩm, chế độ gió phong phú là những nhân tố ảnh hưởng lớn đến các yếu tố khí hậu của tỉnh. Nhiệt độ trung bình hàng năm 26 - 27^{o}C, nhiệt độ trung bình tháng thấp nhất trong năm 12 - 13^{o}C, tháng cao nhất lên đến 41^{o}C. Hàng năm, các tháng có nhiệt độ cao nhất từ tháng 4 đến tháng 7, các tháng có nhiệt độ thấp nhất từ tháng 12 đến tháng 1 năm sau. Khí hậu có 2 mùa rõ rệt: mùa mưa từ tháng 9 - 11; mùa khô từ tháng 12 - 8 năm sau. Lượng mưa trung bình năm 700 - 800 mm (Phan Rang). Độ ẩm không khí từ 75 - 77%. Năng lượng bức xạ lớn, 160 Kcal/m^2. Tổng lượng nhiệt 9.500 - 10.000 ^{0} C. Số giờ nắng trung bình hàng năm trên lưu vực đạt từ 2.800 - 2.900 giờ. Tháng nắng nhiều nhất là tháng 3, trung bình một ngày có trên 10 giờ nắng.

Do lượng mưa thấp, địa hình núi và đồi là chính (chiếm ¾ diện tích của tỉnh) nên sản phẩm của vỏ phong hoá có mức độ rửa trôi thấp. Do vậy, trong thành phần của đất thuộc vỏ phong hoá từ các đá phun trào thuộc các hệ tầng Nha Trang, Đơn Dương, Đèo Bảo Lộc có tồn tại các khoáng vật có tính phân tán cao (điển hình là Montmorilonit, Hyđromica). Chính vì vậy, nó đã tạo cho đất có một số tính chất đặc biệt đặc trưng cho "Đất vùng khô nóng Ninh Thuận" (Từ Thị Năm, 2018).

2.4. Đặc điểm mạng lưới thuỷ văn

Mạng sông suối đã góp phần hình thành nên các thành tạo trầm tích trẻ với các nguồn gốc khác nhau như a, p, ap, …thuộc đồng bằng của tỉnh và ven các sông suối. Ninh Thuận có mật độ sông suối thấp - 0,1 km/km^2. Hệ thống sông Cái dài 105 km, gồm sông Cái và các sông nhánh như Dinh, Sắt và Ông…Tổng lưu vực sông suối tỉnh là 3.092 km^2, trong đó lưu vực sông Cái là 3.000 km^2 chiếm tỷ lệ lớn nhất; các sông ngoài lưu vực sông Cái có tổng diện tích là 92 km^2.

Hệ thống các sông, suối khác phân bố ở các phía Bắc và Nam gồm: Quán Thẻ, Trâu và Bà Râu... Các sông ngắn, bắt nguồn và kết thúc trong nội tỉnh, độ dốc bình quân lưu vực từ 7 - 15%. Sông ngắn và dốc đã hạn chế sự bồi tụ các trầm tích trẻ, mức độ đồng nhất của trầm tích không cao. Dòng chảy mùa lũ có mô đun dòng chảy 10 l/s/km^2. Mô đun dòng chảy kiệt 0,5 l/s/km^2. Mức độ khô hạn của Ninh Thuận là cao nhất so với các vùng trong toàn quốc. Chỉ số khô hạn, F > 200 (khô hạn nặng).

Do đặc điểm về vị trí địa lý là nằm sát biển, địa hình 3/4 là đồi núi, các núi có hướng kéo dài theo Bắc - Nam, lại dốc ra biển; phần đồng bằng chạy dài theo ven biển lại hẹp nên mạng lưới sông suối của tỉnh đều ngắn, dốc, lòng sông hẹp, chảy ra biển theo hướng từ Tây sang Đông hoặc Tây - Tây Bắc xuống Đông - Đông Nam.

Phần sông chảy trên các kiểu địa hình núi và đồi có lòng sông hẹp hơn, độ dốc lòng sông lớn. Chính cũng vì vậy, trên các sông suối lớn ít gặp các thềm hoặc bãi bồi rộng nên khá nghèo vật liệu như cuội, cát, sỏi. Thành phần các vật liệu rất bất đồng nhất cả về thành phần và cấp phối hạt.

Phần sông chảy trên kiểu địa hình đồng bằng tích tụ xâm thực, lòng sông được mở rộng hơn, tốc độ dóng chảy nhỏ hơn, bắt đầu xuất hiện các thềm hoặc bãi bồi do có sự tích tụ các vật liệu trầm tích. Các thành tạo trầm tích này chính là nguồn vật liệu đất (dính và rời) đã và đang được khai thác làm vật liệu xây dựng (đất san lấp, cát sỏi chế tạo bê tông, …).

Với đặc khí hậu và mạng thuỷ văn đã nêu và phân tích ở trên cho thấy các vật liệu trầm tích nguồn gốc a và ap có những nét đặc biệt đó là gây nên kém đồng nhất về thành phần và do đó ảnh hưởng tới chất lượng vật liệu.

2.5. Thảm thực vật

Ninh Thuận là tỉnh có tính đa dạng sinh học phong phú. Toàn tỉnh có trên 147.419 ha rừng tự nhiên và trên 10.666 ha rừng trồng. Tỷ lệ che phủ rừng hiện đạt 47,11%. Đặc biệt, tỉnh có nhiều lợi thế khi sở hữu Khu Dự trữ Sinh quyển thế giới Núi Chúa và Vườn Quốc gia Phước Bình. Đây đều là những nơi có tính đa dạng sinh học cao, cảnh quan thiên nhiên độc đáo với nhiều loài động, thực vật quý hiếm đang được ưu tiên bảo tồn và phát triển. Những diện tích thuộc các vườn quốc gia sẽ không được phép khai thác vật liệu khoáng tự nhiên làm vật liệu xây dựng (Quang Tuấn, 2023).

Nhìn chung, do Ninh Thuận là tỉnh có điều kiện khí hậu khắc nghiệt, nắng gió quanh năm, mùa khô hạn kéo dài nên có thảm thực vật nghèo nàn đặc biệt phía Đông của tỉnh. Thảm thực vật đặc trưng cho vùng khô

hạn ven biển nhiệt đới, chủ yếu là cây nhỏ thấp, mật độ thưa thớt, mùa khô hầu như bị chết rất nhiều. Do thảm thực vật như vậy nên khả năng xói mòn, rửa trôi bề mặt là rất lớn. Tốc độ rửa trôi bề mặt trên các núi đồi đá xâm nhập lớn hơn nhiều so với tốc độ phong hoá. Vì vậy, quan sát bằng mắt thường cho thấy: trên địa hình đồi núi đá granit có đá gốc lộ ngay trên mặt hoặc phân bố rất nhiều đá tảng. Mặt khác, do thảm thực vật kém phát triển mà lượng hữu cơ tồn tại trong đất cũng nghèo nàn.

2.6. Đánh giá mức độ ảnh hưởng đến đặc điểm hình thành nguồn VLXDKTN tỉnh Ninh Thuận

Từ việc trình bày các yếu tố của điều kiện tự nhiên tỉnh Ninh Thuận ở trên, có thể đánh giá định tính mức độ ảnh hưởng của các yếu tố này đến đặc điểm hình thành nguồn VLXDKTN tỉnh Ninh Thuận theo 3 cấp độ: Rất mạnh; Mạnh; Trung bình, Yếu (Bảng 1).

Bảng 1. Đánh giá định tính mức độ ảnh hưởng của các yếu tố điều kiện tự nhiên đến đặc điểm hình thành nguồn VLXDKTN tỉnh Ninh Thuận

Các yếu tố của điều kiện tự nhiên	Mức độ ảnh hưởng tới đặc điểm hình thành nguồn VLXDKTN tỉnh Ninh Thuận			
	Rất mạnh	Mạnh	Trung bình	Yếu
Đặc điểm địa chất	X			
Đặc điểm địa hình địa mạo		X		
Đặc điểm khí hậu		X		
Đặc điểm mạng lưới thủy văn			X	
Thảm thực vật				X

3. Đánh giá khả năng sử dụng nguồn VLXDKTN của tỉnh phục vụ xây dựng đường giao thông

3.1. Đá xây dựng

Nguồn đá xây dựng ở Ninh Thuận đã và sẽ được khai thác chủ yếu từ các phức hệ xâm nhập và các hệ tầng đá phun trào. Theo dự báo, các đá có chất lượng khá tốt, trữ lượng tài nguyên khá lớn.

- Đá xâm nhập: Chủ yếu là Granit thuộc các phức hệ $K_1đc$, K_2cn và $K_1đq$. Trong phạm vi nghiên cứu, đá $K_1đc$ lộ ra ở các khu vực đèo Krông Pha, sông Trà Co, cầu Tân Mỹ, Cà Ná..., tạo nên các khối kích thước từ vài km^2 đến trên 100 km^2 và các khối Núi Chúa (300km^2), Núi Đá Cao (50km^2), Hòn Rồng (25km^2), tây Tà Lương (15km^2), bán đảo Cam Ranh (40km^2); đá thuộc K_2cn (Nam Ninh Thuận) phát triển khá rộng rãi ở khu vực quanh Đà Lạt, Cà Ná.

- Đá phun trào: Thuộc các Hệ tầng Đơn Dương và Nha Trang, có thành phần trung tính và axit. Nhìn chung, đá rất cứng chắc, dễ khai thác và rất thích hợp cho việc sử dụng để làm cốt liệu xây dựng đường, bê tông và những nhu cầu khác. Một số khu vực đã nghiên cứu địa chất, chất lượng đá xây dựng đạt yêu cầu đáp ứng cho nhu cầu thị trường như núi Ông Ngài, núi Đất, núi Cô Lô (huyện Thuận Bắc), Núi Tiêng - Núi Giài (huyện Ninh Sơn), Núi Tà Liên (huyện Bác Ái), Phước Diêm (Lạc Tiến), núi Đá Giăng, Chà Bang, núi Mavieck (huyện Thuận Nam). Hiện nay, trên địa bàn tỉnh đã phát hiện, điều tra khảo sát khoảng 22 mỏ và điểm mỏ đá xây dựng với tổng tài nguyên dự báo vào khoảng 2.828,6 triệu m^3, trên tổng diện tích phân bố khoảng 43,3 km^2.

- Đá trầm tích lục nguyên: Chỉ gặp hệ tầng La Ngà (J_1ln). Thành phần của đá phần trên gồm cát - bột kết xen kẽ sét kết, phần dưới chủ yếu là bột kết, sét kết. Do diện phân bố hẹp, chất lượng đá không cao. Trong phạm vi tỉnh, loại đá này cũng ít được quan tâm.

- Đá trầm tích sinh hoá: Chủ yếu là đá Cacbonat gặp ở dạng sođa và san hô vùng ven biển. Có 4 điểm chứa sođa được phát hiện từ năm 1935 (Saurin E.) ở Hòa Trinh, Văn Lâm, Phước Đồng 1, Phước Đồng 2 thuộc huyện Thuận Nam và Ninh Phước. Các điểm cách nhau 2 - 10 km, bao quanh thành phố Phan Rang - Tháp Chàm.

Bảng 2. Tài nguyên dự báo của một số loại đá sử dụng làm VLXD tỉnh Ninh Thuận

Địa phương (huyện)	Thứ tự	Tên mỏ	Loại vật liệu đá	Diện tích các mỏ (ha)	TNDB (triệu m^3)
Thuận Bắc	1	Giác Lan	Phun trào	8.900	1.059
	2	Cô Lô			
	3	Tây Cà Rôm	Granit		
	4	Núi Bà pháo kích			
	5	Ông Ngài			
	6	Núi Đá Đài			
Ninh Hải	7	Núi Ông Câu	Granit	1.900	182.2
	8	Núi Quýt			
Bắc Ái	9	Núi Tà Liên	Granit	5.600	338.6

Địa phương (huyện)	Thứ tự	Tên mỏ	Loại vật liệu đá	Diện tích các mỏ (ha)	TNDB (triệu m^3)
	10	Núi Ma tú			
Ninh Sơn	11	Núi Tiếng	Granit	16.600	908.6
	12	Núi Hòn Gió			
	13	Núi Đỏ			
	14	Đồ Cầm Liên			
	15	Hòn Giài			
	16	Núi Ngỗng			
	17	Thôn Do			
	18	Núi Chột			
Ninh Phước	19	Núi Hòn Bằng	Granit	880	18.4
	20	Núi Gộp Dài			
Thuận Nam	21	Đồi Mộng Liêm	Granit	10.360	314.8
	22	Mỏ Jaty			
	23	Núi Giăng			
	24	Lạc Tiến			
	25	Mavieck			

3.2. Đất sử dụng làm vật liệu xây dựng

Trong phạm vi tỉnh Ninh Thuận, gặp nhiều loại đất sử dụng làm VLXD khác nhau, theo nguồn gốc thành tạo có thể phân ra:

- Nhóm đất tàn tích (e): Gồm có các đất tàn tích phong hoá từ các đá macma xâm nhập granit, đá phun trào hệ tầng Đèo Bảo Lộc, đá phun trào hệ tầng Đơn Dương và đá trầm tích vụn cơ học hệ tầng La Ngà. Một số vỏ phong hoá điển hình trên một số loại đá gốc phổ biến được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Mặt cắt vỏ phong hoá trên một số đá gốc đặc trưng

Đới, phụ đới phong hoá	Độ sâu phân bố (m)	Bề dày (m)	Mô tả đất đá
Đá gốc thuộc hệ tầng La Ngà J_2 ln (tại xã Phước Bình, huyện Bác Ái)			
Đới thổ nhưỡng -V	0 -1.5	1,0-1,5	Á sét, á cát có chứa ít sỏi sạn, các tàn tích thực vật, màu xám nâu.
Đới phân tán (đới phong hoá hoàn toàn) - IV	1,5 - 4,2	2,7	Á sét, á cát chứa sạn dăm của đá gốc, màu xám vàng, xám nâu có nơi xám trắng.
Đới phong hoá mạnh (Dăm sét) - III	4,2-10,0	5,8	Dăm, tảng nhỏ đá gốc (chiếm >50%) lẫn cát sạn và sét. Màu xám vàng, xám nâu, xám sáng. Kết cấu chặt.
Đới phong hoá trung bình (Đới phân khối) - II	10.0-15.0	5,0	Đá gốc phong hoá thành khối tảng. Các khe nứt bị lấp nhét bởi vật liệu vun. Bề mặt các khe nứt lớn thấy thành phần đá gốc đã bị biến đổi.
Đới phong hoá nhẹ - I	>15.0		Đá gốc bị nứt nẻ, còn nguyên khối. Bề mặt khe nứt chưa bị thay đổi màu sắc. Đá còn rắn chắc, xám trắng, xám xanh. RQD =75-90%
Đá gốc thuộc hệ tầng Đơn Dương (K_2 đd) (tại xã Phước Tân, huyện Bác Ái)			
Đới thổ nhưỡng - V	0 - 0.5	~ 0,5	Á sét chứa ít sỏi sạn, các tàn tích thực vật, màu xám, xám nâu. Kết cấu xốp.
Đới phân tán (đới phong hoá hoàn toàn) - IV	0,5 - 5,5	5.0	* Phần trên xấp xỉ 1,0m là đất edQ. Do một phần hạt mịn bị rửa trôi nên đất (á sét) chứa nhiều cát, sỏi sạn, thậm chí đôi chỗ có cả tảng lăn nhỏ. Đất có màu xám vàng, xám nâu, xám xanh, chặt vừa đến chặt. * Phần dưới: đá gốc phong hóa hoàn toàn thành sét, á sét, đôi chỗ còn sót lại các mảnh dăm sạn nhỏ. Đất có màu xám xanh, xám nâu, kết cấu chặt.
Đới phong hoá mạnh (Dăm sét) - III	5,5 – 8,0	2,5	Đất dăm (>50%) - sét, màu xám nâu, xám xanh, kết cấu chặt

Đới, phụ đới phong hoá	Độ sâu phân bố (m)	Bề dày (m)	Mô tả đất đá
Đới phong hoá trung bình (Đới phân khối) - II	8,0 -15.0	5,0	Đá phun trào Rhyolit phong hóa vừa, nứt nẻ màu xám xanh. Chỉ số RQD = 65%.
Đá gốc thuộc hệ tầng Đèo Bảo Lộc (J_3 dbl) (tại xã Ma Nới, huyện Ninh Sơn)			
Đới thổ nhưỡng - V	0 - 0.3	~ 0,3	Đất á sét chứa ít sỏi sạn, các rễ thực vật, màu xám vàng, xám nâu. Kết cấu xốp.
Đới phân tán (đới phong hoá hoàn toàn) - IV	0,3 - 3,5	~3.2	Sét, á sét lẫn ít sạn, màu xám vàng, xám nâu, xám trắng, trạng thái nửa cứng đến cứng.
Đới phong hoá mạnh (Dăm sét) - III	3,5 - 12,5	9,0	Đới phong hoá mạnh: đá phong hóa hoàn toàn thành dăm sạn, cát pha, màu xám trắng, xám vàng, xám nâu, xám đen, kết cấu chặt đến rất chặt.
Đới phong hoá trung bình (Đới phân khối) - II	12,5 -20.0	7,5	Đá phun trào Anđezit phong hóa, nứt nẻ nhiều, xám xanh, xám trắng, đá cứng vừa. Chỉ số RQD 26%

- Nhóm đất bồi tích (a): Phân bố dọc thung lũng các sông Đa Dâng, Đa Nhim, Sông Cái Phan Rang. Do diện phân bố của chúng quá hẹp nên trên bản đồ tỷ lệ 1:200 000 được ghép chung vào trầm tích sông có tuổi Đệ tứ không phân chia. Thành phần gồm hạt thô chiếm chủ yếu: cát, cuội, sỏi lẫn nhiều tảng lăn. Bề dày trầm tích 2-10m.

- Nhóm đất nguồn gốc biển (m): Gồm cát silic nhiễm mặn, nguồn này phong phú và có thể dùng làm vật liệu xây dựng trong giao thông; cát san hô ở ngoài khơi hay ven biển cũng có khả năng đưa vào để xây dựng giao thông và xây dựng nhà ở.

- Nhóm đất nguồn gốc hỗn hợp bồi và lũ tích (ap): Có phạm vi phân bố rộng rãi nhất, thường nằm rải rác thành những diện nhỏ thuộc phần đồng bằng của tỉnh, dọc theo các sông suối lớn trong vùng. Thành phần trầm tích không đồng nhất, thường gồm các lớp cát, sét, cuội sạn sỏi nằm xen kẹp nhau. Như vậy, các lớp đất trầm tích có nhiều nguồn gốc khác nhau, nằm xen kẹp nhau, bề dày thường không lớn, phổ biến xấp xỉ khoảng 10m. Do địa hình và khí hậu chi phối nên đặc điểm phân bố đất ở Ninh Thuận cũng có những đặc thù riêng. Nhóm đất tàn tích phong hoá từ các đá xâm nhập thường mỏng hoặc không gặp trên bề mặt đá gốc. Nhóm đất tàn tích phát triển trên đá phun trào (chủ yếu là hệ tầng Đơn Dương) thường có bề dày lớn hơn. Lý do chính là địa hình ở đây thường là các đồi thấp, thoải hơn, thực vật phát triển hơn, đá gốc lại có khả năng chống tác nhân phong hoá yếu hơn.

- Nhóm đất nguồn gốc ap, adp: Rất phổ biến và nguồn gốc ap là phổ biến nhất. Thành phần của đất có độ mịn thấp, đôi khi còn lẫn cả những khoáng vật nguyên sinh đang phong hoá (fenspat).

- Nhóm đất nguồn gốc biển: Có phạm vi phân bố hẹp, gặp ở những dải hẹp ven biển và đất thường bị nhiễm muối dễ hoà tan. Nhóm đất gốc biển bao gồm có đất rời rạc là cát biển và đất bùn lẫn trong cát biển do bồi sa của các dòng sông.

Bảng 4. Tài nguyên dự báo của một số loại đất sử dụng làm VLXD tỉnh Ninh Thuận

STT	Loại đất (Tên, nguồn gốc)	Địa điểm	Diện tích (ha)	TNDB (triệu m^3)
1	eQ	Núi Bà Râu, Ông Ngài, Tây Hòn Dung - huyện Thuận Bắc	5.800	23,5
2	eQ	Mỏ đá Núi Ông Câu (xã Thanh Hải); Núi Quýt (xã Tri Hải) - huyện Ninh Hải	3.300	19,8
3	eQ	Phước Tiến; Sô Ngang; Núi Nai; Phước Chính - huyện Bác Ái	4.800	24,2
4	eQ	Tân Bình, Lâm Sơn (thôn Lập Lá), Hòn Ngang, Núi Ngỗng, Lương Tri, Hòa Sơn, Hòn Giải, Mỹ Hiệp, Ma Nới (thôn Do), Hạnh Trí, Tân Lập 2 - huyện Ninh Sơn	4.300	28,5
5	ap, adp, mQ và pQ2	Hòa Thạnh, An Hải, Hoài Trung, Phước Thái núi Chồng, Phước Hữu, Phước Vinh - huyện Ninh Phước	16.200	162,36
6	mQ_1pt, N2*mv*	Nam núi Mavieck, Tây Bắc núi Mavieck, Phước Dinh, Tây Núi Chà Bang - huyện Thuận Nam	4.200	16,84

4. Kết luận

Điều kiện tự nhiên Ninh Thuận đã quyết định đến đặc điểm hình thành nguồn VLXDKTN. Trong đó các yếu tố về đặc điểm địa chất, địa hình địa mạo và khí hậu có ảnh hưởng rất mạnh đến đặc điểm hình thành nguồn VLXDKTN tỉnh Ninh Thuận.

Tỉnh Ninh Thuận giàu tài nguyên đá xây dựng, đặc biệt là các đá xâm nhập. Đá làm vật liệu xây dựng

gồm có: xâm nhập granit các loại (axit và trung tính), đá trầm tích (núi lửa và lục nguyên) thuộc các phức hệ và hệ tầng khác nhau, với trữ lượng lớn, chất lượng khá tốt, điều kiện khai thác khá thuận lợi phục vụ xây dựng giao thông.

Đất làm vật liệu xây dựng gồm chủ yếu là đất có nguồn gốc tàn tích phong hoá từ các đá phun trào (phổ biến trên đá gốc thuộc hệ tầng Đơn Dương), trầm tích lục nguyên; các đất nguồn gốc sông và sông lũ (ap). Các nghiên cứu về đất còn chưa đầy đủ và hệ thống nên khả năng tận dụng các loại đất còn hạn chế.

Tài liệu tham khảo

Đặng Xuân Phú, Phạm Văn An, Hồ Vương Bính, Phạm Văn Thanh. 2006. Một số đặc điểm của đất vùng khô nóng Bình Thuận, Ninh Thuận. Trung tâm Thông tin, lưu trữ và bảo tàng địa chất, Cục địa chất Việt Nam. (http://www.idm.gov.vn/nguon_luc/Xuat_ban/2006/A292/a33.htm).

Hoàng Hoa Thám, Nguyễn Quang Tuấn, Nguyễn Văn Phương, 2016. Tổng quan nguồn nguyên liệu làm vật liệu xây dựng ở tỉnh Ninh Thuận và thực trạng khai thác sử dụng chúng. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế.

Quang Tuấn, Ngọc Tiên. 2023. Ninh Thuận: Phát triển và bảo tồn đa dạng sinh học. Báo điện tử VTV, 2023.

Từ Thị Năm, Phạm Thị Minh, Bùi Thị Tuyết, 2018. Nghiên cứu đặc điểm khí hậu tỉnh Ninh Thuận, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*.

ABSTRACT

The initial research on affecting factors to the formation and possibility of using natural mineral materials for traffic construction in Ninh Thuan province

Pham Minh Tan[1], Bui Truong Son[2,]

[1]*Ninh Thuan Traffic Construction Investment Project Management Unit*

[2] *Research group of Engineering Geology and Geo-environment, Hanoi University of Mining and Geology*

The paper has researched information on the natural conditions of Ninh Thuan province to initially clarify the characteristics of the formation and the ability to use natural mineral materials for traffic construction in Ninh Thuan province. The research results have confirmed that Ninh Thuan province has quite rich natural mineral construction materials. Construction stones include granite intrusive rocks belonging to the Deo Ca, Dinh Quan, Ca Na complexes; igneous rocks belonging to the Don Duong, Deo Bao Loc formations; terrigenous sediments belonging to the La Nga formation. Construction soils include residual soils developed on different bedrocks, and alluvial soils (a), mixed alluvial sediments (a, ap) and marine (m). According to the potential reserves and quality of construction stones, they can be classified in decreasing order: Intrusive rocks > igneous rocks > terrigenous sediments. For construction soils, the classification according to potential reserves, they can be classified: apQ > eQ on igneous rocks > eQ on intrusive rocks.

Keywords: usability, construction materials, traffic construction, Ninh Thuan province

Phân tích hệ số tiêu tán năng lượng để hiệu chỉnh giá trị xuyên tiêu chuẩn N_{60} trong nền đất cho khu vực Quy Nhơn, Bình Định

Hứa Thành Thân[1,*], Nguyễn Ngọc Phúc[2]
[1] *Trường Đại học Quang Trung*
[2] *Trường Đại học Công Nghiệp Thành Phố Hồ Chí Minh*

TÓM TẮT

So sánh kết quả tính toán sức chịu tải dọc trục của cọc giữa các phương pháp của TCVN 10304:2014, phương pháp PDA và phương pháp số Geostudio 2018 nhằm lựa chọn phương pháp phù hợp. Kết quả nghiên cứu, sử dụng phương pháp PDA để tính toán ngược được hệ số chuẩn hóa C_{EN}, hệ số hiệu chỉnh năng lượng C_E. Từ đó, xác định được độ lệch hệ số chuẩn hóa C_{EN} được tính theo phương pháp Nhật Bản lớn hơn phương pháp Meyerhof và hệ số hiệu chỉnh năng lượng C_E được tính theo phương pháp Nhật Bản nên được chọn tham khảo khi tính giá trị SPT N_{60}.

Từ khóa: Phương pháp Nhật Bản; phần mềm Geostudio 2018; thí nghiệm PDA; hệ số chuẩn hóa; hệ số hiệu chỉnh năng lượng.

1. Đặt vấn đề

Công trình nhà cao tầng tại thành phố Quy Nhơn nói riêng và tỉnh Bình Định nói chung ngày càng nhiều. Việc khảo sát địa chất tại hiện trường cho nền móng công trình cần độ chính xác cao, đúng tiến độ và đảm bảo chất lượng cũng như tiết kiệm chi phí là điều cần thiết.

Hiện nay, khảo sát địa chất vẫn ưa chuộng nhất là thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT, vì có chi phí thấp, đáp ứng được một số yêu cầu kỹ thuật như phân chia lớp đất, đánh giá trạng thái và cũng được áp dụng để tính toán dự báo sức chịu tải của cọc.

Ngoài ra, kết quả tính toán sức chịu tải dọc trục của cọc theo các phương pháp của TCVN 10304:2014, phương pháp thử động biến dạng lớn (PDA) (Trung Tâm Nghiên Cứu Ứng Dụng và Tư Vấn Kỹ Thuật Nền Móng Công Trình, Đại Học Đà Nẵng, 2017; Nguyễn Ngọc Phúc, 2020) và phương pháp số Geostudio 2018 (Geostudio 2018; Kramer S.L., 1996) cho móng cọc của công trình dân dụng khác nhau và chưa hướng dẫn xác định ngược cách tính toán chỉ số xuyên tiêu chuẩn SPT.

Do đó, báo cáo này trình bày cách lựa chọn phương pháp để tính toán hiệu chỉnh hệ số chuẩn hóa mức tiêu tán năng lượng C_{EN}, hệ số hiệu chỉnh năng lượng C_E nhằm hiệu chỉnh giá trị xuyên tiêu chuẩn SPT N_{60} phù hợp nhất cho nền địa chất ở khu vực tại thành phố Quy Nhơn tỉnh Bình Định.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Chuẩn hóa kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT)

SPT là thí nghiệm hiện trường ít tốn kém nhất, tuy nhiên SPT là một trong những thí nghiệm có sai số nhiều nhất. Nếu trong cùng một thiết bị sử dụng cho 2 lần thí nghiệm khác nhau trong cùng một vị trí ngoài hiện trường thì giá trị N_{SPT} cho hai giá trị khác nhau. Lý do sự sai khác này là năng lượng va đập của búa rơi bị tiêu tán trước khi truyền vào ống đóng lấy mẫu đất (Trần Thị Thanh và nnk, 2014; Vũ Công Ngữ, 2005).

Có nhiều nguyên nhân dẫn đến sự tiêu tán năng lượng va đập:

- Tiêu tán năng lượng do ma sát búa rơi với trục dẫn hướng;
- Tiêu tán năng lượng do ma sát giữa lỗ khoan với cần xuyên, ...

Ở các nước phát triển, năng lượng hiệu quả là 45% ÷ 65%, còn ở nước ta mức năng lượng hiệu quả thấp hơn nhiều.

Do đó, việc chuẩn hóa năng lượng dẫn đến chuẩn hóa N_{SPT} về một giá trị năng lượng hiệu quả là cần thiết. Ở nước phát triển, người ta coi 60% là năng lượng hữu ích trung bình, nên thường quy đổi N về N_{60} (tức 60% năng lượng hữu ích).

* *Tác giả liên hệ:*
Email: htthan@qtu.edu.vn

$$N'_{60} = N_{60} C_N \quad (1)$$

$$N_{60} = N C_E \quad (2)$$

$$\rightarrow \frac{N'_{60}}{N} = C_E C_N = C_{EN} \quad (3)$$

$$\rightarrow C_E = \frac{N'_{60}}{N}\frac{1}{C_N} = \frac{N'_{60}}{N}\sqrt{\frac{\sigma'_{v0}}{0.9576}} \quad (4)$$

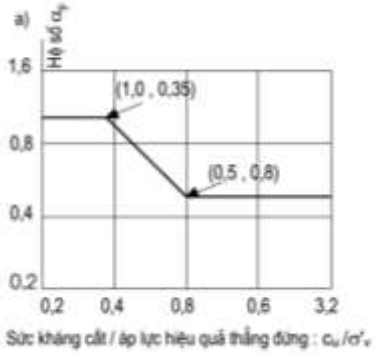
Trong đó: C_{EN} - hệ số chuẩn hóa mức tiêu tán năng lượng theo độ sâu, C_E, C_N - hệ số hiệu chỉnh năng lượng, hệ số hiệu chỉnh độ sâu với $C_E = E_h/60$ (E_h - năng lượng hiệu quả có thực của thiết bị, 60% - năng lượng hiệu quả chuẩn 60%), lấy $C_E = 0.5 \div 0.9$ (Vũ Công Ngữ, 2005), $C_N = (0.9576/\sigma'_{v0})^{0.5}$ với σ'_{v0} - ứng suất hữu hiệu phương đứng, (kG/cm^2).

2.2. Xác định sức chịu tải của cọc theo TCVN 10304 : 2014

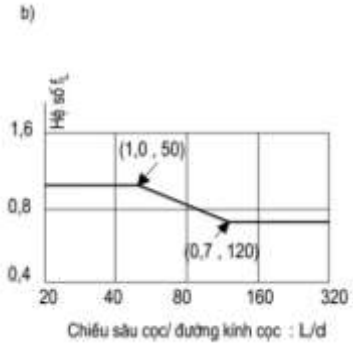
2.2.1. Theo công thức của Viện kiến trúc Nhật Bản

$$R_{c,u,SPT} = q_b A_b + u\sum\left(f_{c,i} l_{c,i} + f_{s,i} l_{s,i}\right) \quad (5)$$

Trong đó: q_b - cường độ của đất dưới mũi cọc (kPa), xác định như sau: khi mũi cọc nằm trong đất rời, $q_b = 300N_p$ cho cọc đóng (ép) và $q_b = 150N_p$ cho cọc khoan nhồi, N_p - chỉ số SPT trung bình trong khoảng 1d dưới và 4d trên mũi cọc; khi mũi cọc nằm trong đất dính, $q_b = 9c_u$ cho cọc đóng và $q_b = 6c_u$ cho cọc khoan nhồi; $f_{c,i}$ - cường độ sức kháng đất trên thân cọc nằm trong lớp đất dính thứ i, $N_{s,i}$ - cường độ trung bình của lớp đất thứ i mà cọc đi qua, $f_{c,i} = \alpha_p f_L c_{u,i}$ (kPa); α_p - hệ số hiệu chỉnh cho cọc đóng, phụ thuộc tỷ lệ giữa sức kháng cắt không thoát nước của đất dính c_u và ứng suất hữu hiệu theo Hình 1, nếu không có số liệu sức kháng cắt không thoát nước thì lấy $c_u = 6.25N_{c,i}$ (kPa) trong đó N_{ci} - chỉ số SPT trong đất dính; f_L - hệ số hiệu chỉnh theo độ mảnh h/d của cọc đóng xác định theo biểu đồ trên Hình 2, đối với cọc khoan nhồi $f_L = 1$; $f_{s,i}$ - cường độ sức kháng đất trên thân cọc nằm trong lớp đất rời thứ i, $f_{s,i} = (10N_{s,i})/3$ (kPa); $l_{s,i}$ và $l_{c,i}$ - lần lượt là chiều dài đoạn cọc nằm trong lớp đất rời và đất dính; u - chu vi tiết diện ngang của cọc; A_b - diện tích tiết diện ngang của cọc.



Hình 1. Quan hệ giữa C_u/σ_v' và α_p



Hình 2. Quan hệ giữa L/d và f_L

2.2.2. Theo công thức của Meyerhof (1976)

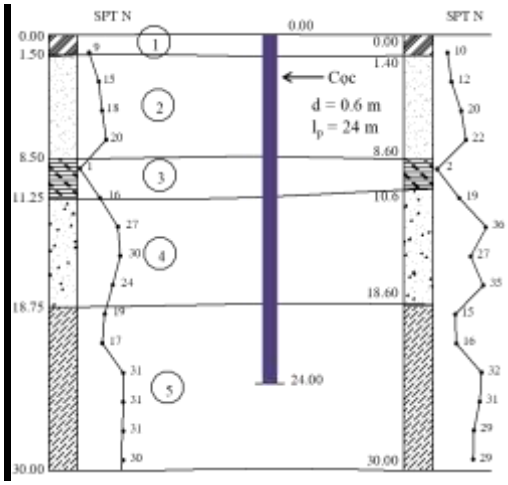
$$R_{c,u,SPT} = q_b.A_b + u.\sum f_i.l_i \quad (6)$$

Trong đó: q_b - cường độ của đất dưới mũi cọc, xác định như sau: $q_p = k_1 N_p$, k_1 - hệ số, lấy $k_1 = 40(h/d) \le 400$ đối với cọc đóng và $k_1 = 120$ đối với cọc nhồi, h - chiều sâu hạ cọc, d - cạnh cọc vuông (hoặc đường kính cọc tròn); N_p - chỉ số SPT trung bình trong khoảng 1d dưới mũi cọc và 4d trên mũi cọc; $f_i = k_2 N_{s,i}$, k_2 - hệ số, lấy $k_2 = 2$ đối với cọc đóng và lấy $k_2 = 1$ đối với cọc khoan nhồi; u - chu vi tiết diện ngang của cọc; A_b - diện tích tiết diện ngang của cọc.

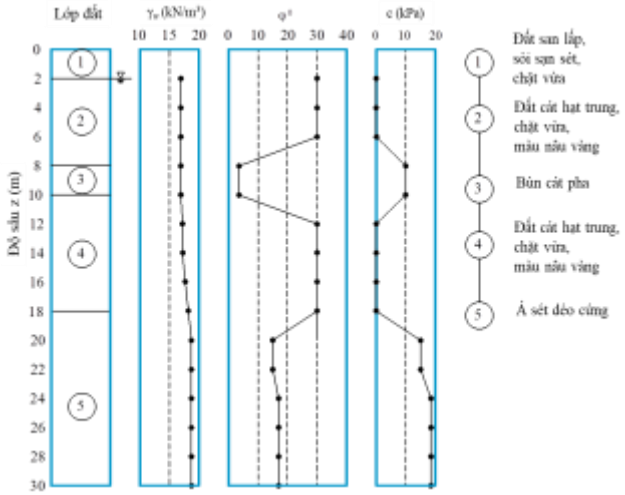
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Địa chất công trình Khách Sạn Năm Thu

Theo báo cáo kết quả khảo sát địa chất công trình này do công ty CP Tư Vấn Thiết Kế Xây Dựng Bình Định lập 2017 cho công trình Khách Sạn Năm Thu tại số 07 Nguyễn Thị Định, thành phố Quy Nhơn, tỉnh Bình Định với khối nhà 10 tầng. Điều kiện địa chất ở công trình (Công ty CP Tư Vấn Thiết Kế Xây Dựng Bình Định, 2017) có 4 lớp đất chính và 1 lớp đất san lấp thể hiện rõ theo Hình 3 và Hình 4.



Hình 3. Trụ địa chất và vị trí cọc



Hình 4. Chỉ tiêu cơ lý đất của công trình

3.2. Kết quả thí nghiệm PDA

Báo cáo kết quả thí nghiệm thử tải PDA cọc khoan nhồi theo ASTM D4945-00 cho công trình Khách Sạn Năm Thu, số 07 Nguyễn thị Định, Thành phố Quy Nhơn, Bình Định do Trung Tâm Nghiên cứu Ứng Dụng và Tư Vấn Kỹ Thuật Nền Móng Công Trình - Đại Học Đà Nẵng, 2017.

Kết quả thiết kế: cọc CTN-T7 có Q_a = 1700 kN, l_p = 24 m, d = 0.6 m với 12 cây thép có đường kính thép là ϕ16 loại CII (R_s = *29.5 N/cm²; R_b = 1.45 kN/cm²*), Mác bê tông B25.

Kết quả thí nghiệm: cọc CTN-T7 có sức chịu tải của cọc $Q_{u,PDA}$ = 2650 kN, chuyển vị đứng đầu cọc S_v = 1.15 cm, sức kháng thân của cọc $R_{s,PDA}$ = 1920 kN, sức kháng mũi của cọc $R_{t,PDA}$ = 730 kN.

3.3. Phương pháp số bằng phần mềm Geostudio 2018

3.3.1. Thông số đất nền và cọc

Từ hồ sơ khảo sát địa chất của dự án Khách Sạn Năm Thu (Công ty CP Tư Vấn Thiết Kế Xây Dựng Bình Định, 2017), kết quả tính toán các thông số đất nền được xác định trong Bảng 4.1.

Bảng 1. Các thông số đất nền và cọc của công trình Khách Sạn Năm Thu

Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Đất san lấp	Lớp 2 Cát hạt trung chặt vừa	Lớp 3 Bùn cát pha	Lớp 4 Cát hạt trung chặt vừa	Lớp 5 Á Sét dẻo cứng	Cọc
Mô hình vật liệu	Model	-	LE	EL	EL	EL	EL	Linear Elastic
Ứng xử của vật liệu	Type	-	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained	Non - porous

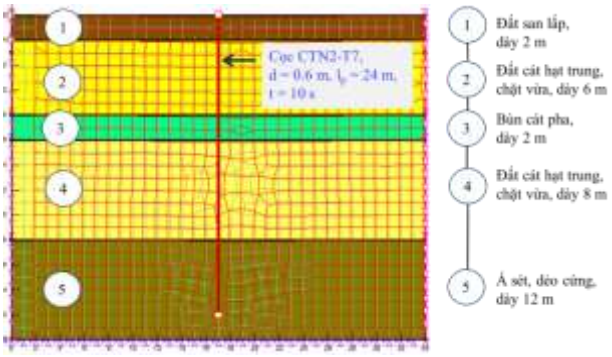
Độ sâu	z	m	0 ÷ 2	2 ÷ 8	8 ÷ 10	10 ÷ 18	18 ÷ 30	-
Dung trọng tự nhiên	γ_w	kN/m^3	17.2	17.3	17.2	17.6	19.6	24
Góc ma sát trong	φ	độ (^{0})	32.94	30	4	30	14.5	
Lực dính của đất	c	kPa	0	0	10	0	19	
Hệ số Poisson	ν	-	0.2	0.3	0.35	0.3	0.35	0.1
Mô đun cắt lớn nhất	G_{max}	kPa	10000	50000	11000	55000	27400	

Cọc sử dụng là cọc bê tông cốt thép có đường kính d = 600 mm, chiều dài cọc l_p = 24 m, Mác B250 có E_p = 3.0x10^7 (kN/m^2), dạng cọc khoan nhồi.

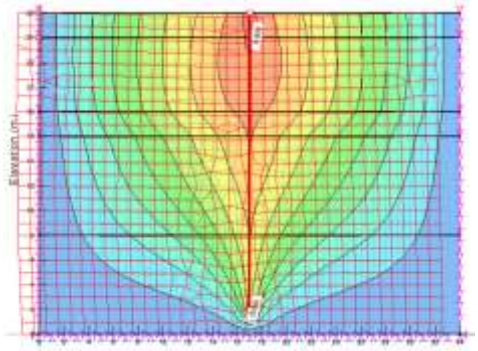
3.3.2. Mô phỏng bằng phần mềm và kết quả

Tiến hành xây dựng mô hình lớp đất có cọc bê tông cốt thép với 870 phần tử và 925 nút, nền đất gồm 5 lớp đất như Hình 5.

Sau khi mô phỏng cọc trong khối đất theo mô hình tuyến tính tương đương (EL), kết quả tính được tổng chuyển vị S_v = 1.12 cm (Hình 6) và sức chịu tải cực hạn dọc trục là $R_{u,G}$ = 2178.4 kN.



Hình 5. Mô phỏng cọc và đất của phần mềm Geostudio 2018



Hình 6. Chuyển vị theo phương đứng của đầu cọc và mũi cọc

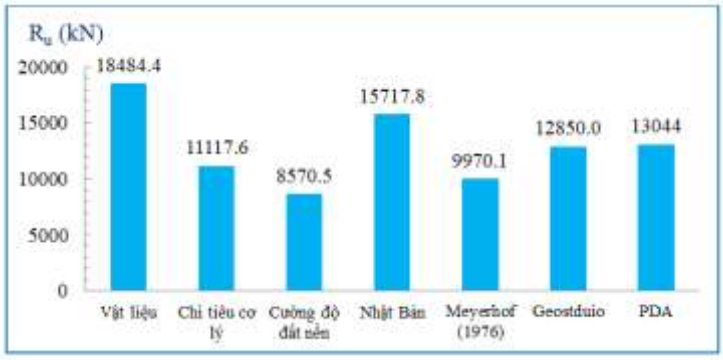
3.4. Thiết lập tương quan

3.4.1. Sức chịu tải cực hạn của cọc theo các phương pháp

Bảng 2. Sức chịu tải cực hạn của cọc theo các phương pháp

Xác định giá trị	R_u theo TCVN 10304:2014					$R_{u,G}$	$Q_{u,PDA}$
	Vật liệu	Chỉ tiêu cơ lý	Cường độ đất nền	Nhật Bản	Meyerhof (1976)	Geostudio	PDA
	3334,1	1749,9	1355,5	2393,9	1657,9	2178.4	2650
μ	1,25	0,66	0,511	0,90	0,62	0.822	

Giá trị sức chịu tải tính theo vật liệu là lớn nhất, còn tính theo theo phương pháp cường độ đất nền là nhỏ nhất, vì đầu mũi cọc cắm trên nền đất á sét. Hệ số tỷ lệ μ giữa sức chịu tải tính theo các phương pháp so với kết quả thí nghiệm thử tải PDA lần lượt là 1.25 (tính cho vật liệu), 0.66 (tính cho chỉ tiêu cơ lý đất nền), 0.511 (tính cho cường độ đất nền), 0.90 (tính cho Nhật Bản), còn giá trị của $R_{u,G}$ là 2178.4 kN và μ là 0.822 (tính theo phần tử hữu hạn bằng phần mềm Geostudio 2018) theo Bảng 4.2 và Hình 7.



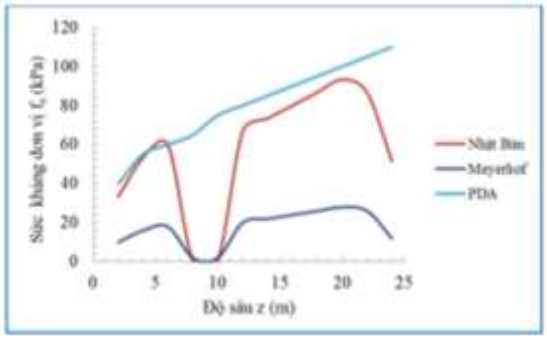
Hình 7. Sức chịu tải cực hạn dọc trục của cọc theo các phương pháp

Giá trị sức chịu tải dọc trục của cọc theo phương pháp Meyerhof nhỏ hơn phương pháp Nhật Bản, từ đây có thể kết luận sơ bộ giá trị N_{SPT} hiệu chuẩn của phương pháp Nhật Bản lớn hơn giá trị N_{SPT} hiệu chuẩn của phương pháp Meyerhof.

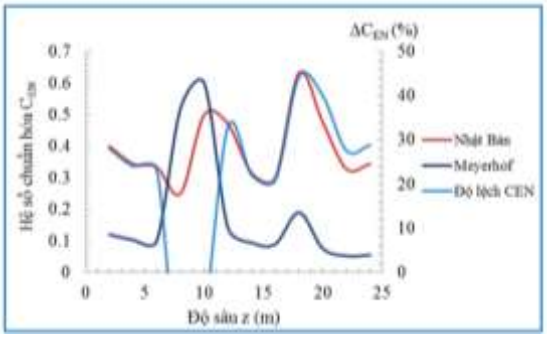
3.4.2. Hệ số chuẩn hóa C_{EN}, C_E theo độ sâu

Hệ số chuẩn hóa C_{EN} càng lớn thì giá trị N_{SPT} chuẩn hóa (tức là N'_{60} của công thức số 3) có giá trị lớn nhất. Do đó theo Bảng 4.2, ta chọn phương pháp Nhật Bản để tính toán hệ số chuẩn hóa C_{EN}. Nội suy giá trị N_{SPT} chuẩn hóa này từ giá trị sức kháng bên đơn vị trên thân cọc tương đồng với kết quả thí nghiệm PDA. Từ đó, xác định $C_{EN} = f(z)$ theo độ sâu.

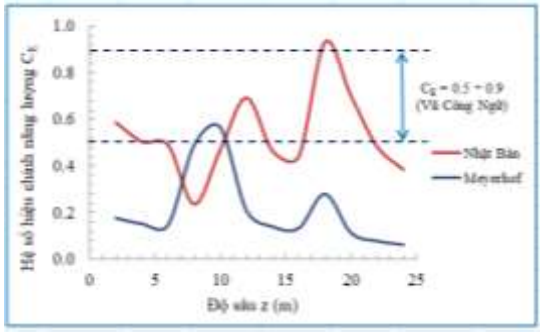
Giá trị của sức kháng thân đơn vị f_s của cọc theo phương pháp Nhật Bản lớn hơn phương pháp Meyerhof và đều nhỏ hơn phương pháp PDA theo độ sâu (Hình 8).



Hình 8. Quan hệ giữa sức kháng đơn vị f_s với độ sâu z



Hình 9. Quan hệ giữa hệ số chuẩn hóa C_{EN} với độ sâu z



Hình 10. Quan hệ giữa hệ số hiệu chỉnh năng lượng C_E với độ sâu z

Hệ số chuẩn hóa C_{EN}, hệ số hiệu chỉnh năng lượng C_E có cùng quy luật cho nền đất hạt rời và đất sét kể cả lớp đất bùn cát pha. Giá trị của hệ số C_{EN}, C_E được tính theo phương pháp Nhật Bản lớn hơn phương pháp Meyerhof cho nền đất cát và đất á sét, còn lớp đất bùn cát pha thì giá trị của hệ số C_{EN}, C_E ngược lại.

Giá trị của độ lệch hệ số C_{EN} tính theo phương pháp Nhật Bản lớn hơn phương pháp Meyerhof cho nền đất cát và đất á sét với ΔC_{EN} là (20% ÷ 45%), còn lớp đất bùn cát pha thì giá trị của hệ số C_{EN} được tính theo phương pháp Nhật Bản nhỏ hơn phương pháp Meyerhof với ΔC_{EN} là (10% ÷ 27%) (Hình 9).

Hệ số hiệu chỉnh năng lượng C_E được tính theo phương pháp Nhật Bản cho giá trị phù hợp với đề xuất

của Vũ Công Ngữ, tức là C_E = (0.5 ÷ 0.9) (Vũ Công Ngữ, 2005) (Hình 10).

4. Kết luận

Giá trị sức chịu tải tính theo vật liệu là lớn nhất còn tính theo phương pháp cường độ đất nền là nhỏ nhất.

Giá trị của độ lệch hệ số chuẩn hóa C_{EN} được tính theo phương pháp Nhật Bản lớn hơn phương pháp Meyerhof.

Hệ số hiệu chỉnh năng lượng C_E được tính theo phương pháp Nhật Bản nên được chọn tham khảo khi tính giá trị SPT N_{60}.

Tài liệu tham khảo

Công ty CP Tư Vấn Thiết Kế Xây Dựng Bình Định, 2017. Báo cáo kết quả Khảo sát địa chất công trình Khách Sạn Năm Thu, Thành Phố Quy Nhơn.

Trung Tâm Nghiên Cứu Ứng Dụng và Tư Vấn Kỹ Thuật Nền Móng Công Trình, Đại Học Đà Nẵng, 2017. Báo Cáo Kết Quả Thí Nghiệm Thử Tải PDA Cọc Khoan Nhồi, Công Trình Khách Sạn Năm Thu, Nguyễn Thị Định, Quy Nhơn.

Geostudio 2018. Dynamic modeling with quake/W. Geo - Slope Intrenational Ltd., 2018, Alberta, Canada, http://www.geo-slope.com.

Kramer S.L., 1996. *Geotechnical earthquake engineering*. University of Washington, 673p.

Nguyễn Ngọc Phúc, 2020. Chuẩn hóa mức năng lượng hiệu quả trong thí nghiệm SPT dựa trên kết quả PDA tại khu vực kho lạnh Cảnh Thị Vải, tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, Trường Đại học Công nghiệp TP. Hồ Chí Minh, số 43A, trang 11-19.

TCVN 10304:2014. Móng Cọc - Tiêu Chuẩn Thiết Kế. 2014.

Trần Thị Thanh, Nguyễn Ngọc Phúc, Ngô Tấn Dược, Nguyễn Khánh Hùng, Nguyễn Đăng Khoa, 2014. *Cơ học đất (tập 2)*. NXB Xây Dựng, Hà Nội.

Vũ Công Ngữ, 2005. *Thí nghiệm đất hiện trường và ứng dụng trong phân tích nền móng*. NXB Khoa Học và Kỹ Thuật, Hà Nội.

ABSTRACT

Analysis of energy correction factor to correct the Standard penetration value (N_{60}) for soil in Quy Nhon city Binh Dinh province

Hua Thanh Than[1], Nguyen Ngoc Phuc[2]

[1] *Quang Trung University*

[2] *Industrial University of Ho Chi Minh City*

Comparison of the results of calculating the axial load capacity of piles between the methods as TCVN 10304:2014 standard, PDA method and Geostudio 2018 software method to choose the appropriate method. The research results, the PDA method is used to reverse calculation the normalization coefficient (C_{EN}) and the energy correction factor (C_E). From there, it is determined that the deviation of the normalization coefficient calculated by the Japanese method is larger than the Meyerhof method and the energy correction factor calculated by the Japanese method should be selected as a reference when calculating From there, it is determined that the deviation of the normalization coefficient calculated by the Japanese method is larger than the Meyerhof method and the energy correction coefficient calculated by the Japanese method should be selected as a reference when calculating for the standard penetration ratio (N_{60}).

Keywords: Japanese method; Geostudio 2018 software; PDA testing; normalization factor; energy correction factor.

TIỂU BAN
ĐỊA CHẤT THỦY VĂN VÀ TÀI NGUYÊN NƯỚC

MỤC LỤC

Sự suy giảm tài nguyên nước dưới đất ở Tây Nguyên những năm gần đây và giải pháp khôi phục, phát triển nguồn nước
Đoàn Văn Cánh, Trần Thị Thu Hương, Nguyễn Tiếp Tân 433

The hydrogeochemical background of the Triassic aquifer in the Olkusz Zn-Pb ore mining region, South Poland
Damian Cień, Jacek Motyka, Kajetan d'Obyrn, Nguyen Bach Thao, Tran Quang Tuan ..... .438

Kết quả tính toán, dự báo ngập lụt cho khu công nghiệp - đô thị - dịch vụ Phú Quý, huyện Hoằng Hóa, tỉnh Thanh Hóa
Vũ Thu Hiền, Đào Đức Bằng, Đinh Anh Tuấn, Nguyễn Thị Bình Minh..... 445

Xác định thông số dịch chuyển kim loại nặng từ thí nghiệm cột thấm không bão hoà bằng phương pháp mô hình số
Trần Vũ Long, Đặng Đức Nhận, Nguyễn Văn Lâm, Đào Đức Bằng, Vũ Thu Hiền..... 452

Nghiên cứu chế tạo, thử nghiệm thiết bị nút trám xi măng trong khoan thăm dò địa chất tại mỏ Ngã Hai, Quảng Ninh
Nguyễn Bách Thảo, Trương Công Hưng, Phạm Văn Khải, Đỗ Quang Mạnh, Nguyễn Quang Tuấn..... 458

Xác định tương quan hệ số thấm từ thí nghiệm thấm trong phòng và hiện trường
Nguyễn Bách Thảo, Đào Đức Bằng, Vũ Thị Như Phương, Nguyễn Minh Luân, Baptiste Chevalier..... 464

Xác định một số thông số dịch chuyển chất bẩn tầng chứa nước ven biển Nam Trung Bộ bằng thí nghiệm hút nước chùm ép chất chỉ thị
Nguyễn Bách Thảo, Nguyễn Văn Lâm, Đào Đức Bằng..... 470

Nghiên cứu, đánh giá khả năng tự bảo vệ tầng chứa nước Holocen đồng bằng ven biển tỉnh Hà Tĩnh
Dương Thị Thanh Thủy..... 476

Phân vùng động thái nước dưới đất trầm tích Đệ Tứ vùng đồng bằng ven biển tỉnh Thanh Hóa
Dương Thị Thanh Thủy..... ..481

Áp dụng phương pháp Thiessen để đánh giá tiềm năng tài nguyên nước mưa tỉnh Quảng Ninh
Trần Quang Tuấn 487

Chuyển đổi các moong khai thác mỏ thành hồ chứa nước đảm bảo an ninh nguồn nước. Lấy ví dụ mỏ đá vôi Bắc Tân Sơn, Hải Dương
Trần Quang Tuấn, Phan Viết Sơn 493

Nghiên cứu tính toán lượng nước chảy vào và thoát nước cho mỏ than Mạo Khê, Đông Triều, Quảng Ninh phục vụ phát triển bền vững
Trần Quang Tuấn 498

Tính toán mực nước hạ thấp dự báo, xác định thông số địa chất thủy văn và vị trí của biên tầng chứa nước có biên với hệ số thấm khác nhau
Đặng Đình Phúc, Triệu Đức Huy, Đặng Hữu Nghị, Nguyễn Bách Thảo, Bùi Thị Vân Anh,

Đặng Đình Phú 504

Tính toán xâm nhập mặn trong giếng khai thác ven biển
Đặng Đình Phúc, Phạm Quý Nhân, Đặng Hữu Nghị, Bùi Thị Vân Anh 510

Sự suy giảm tài nguyên nước dưới đất ở Tây Nguyên những năm gần đây và giải pháp khôi phục, phát triển nguồn nước

Đoàn Văn Cánh[1, *], Trần Thị Thu Hương[2], Nguyễn Tiếp Tân[2]
[1] Hội ĐCTV Việt Nam, [2] Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá sự suy giảm tài nguyên nước dưới đất ở Tây Nguyên, nguyên nhân suy giảm và đưa ra các giải pháp giảm thiểu và phát triển nguồn nước. Các phương pháp nghiên cứu bao gồm khảo sát thực địa, phân tích đánh giá thống kê và phương pháp số. Tây Nguyên là nơi bắt nguồn của nhiều hệ thống sông thu nước từ Tây Nguyên đổ ra các vùng xung quanh. Hệ thống sông Xê Xan, Xêrêpok thu nước từ Tây Nguyên đổ vào sông Mê Kông ở phía tây. Hệ thống sông Ba, sông Đồng Nai và một vài lưu vực sông nhỏ khác lấy nước ở Tây Nguyên đổ ra biển Đông. Tây Nguyên với các cao nguyên bazan trùng trùng, điệp điệp, được cấu thành bởi các thành tạo phun trào bazan phân bố xen kẽ với các khối đá cổ Mezozoi, Paleozoi hoặc các khối xâm nhập cổ chạy dài từ Kon Tum đến Lâm Đồng. Lớp đất đỏ bazan dày đến hàng trăm mét, có độ thấm thấu lớn, khi đã ngậm nước đủ nhiều rồi thì nó mới nhả dần cho nước giải phóng xuống lớp đá bazan phong hóa dở dang ở phía dưới, tạo nên những tầng chứa nước phong phú. Những năm gần đây, tài nguyên nước dưới đất trong các tầng chứa nước đang có xu hướng suy giảm liên tục, nhiều vùng đã nhận thấy sự cạn kiệt nguồn nước dưới đất. Theo điều tra đánh giá những năm 1990, trong giới hạn 4 tỉnh Kon Tum, Gia Lai, Đăk Lăk và Đăk Nông có 2.272 mạch lộ với lưu lượng từ 0,5 l/s trở lên, nhưng cho đến 2023, theo điều tra đánh giá của chúng tôi số lượng và lưu lượng các mạch lộ ở Tây Nguyên đã giảm đi rất nhiều. Số lượng mạch lộ còn khoảng 40 - 60%, lưu lượng còn lại khoảng 30 - 40%. Điều này không phải là do khai thác quá mức cho phép, mà là do lượng khai thác vượt quá lượng bổ cập, nước trong lớp đất đỏ bazan không có nguồn bổ cập kịp thời, là do chúng ta khai thác vào phần tài nguyên tĩnh tích chứa (tĩnh) trong các tầng chứa nước như đã nói ở trên, khai thác đến đâu mực nước hạ thấp đến đó, mạch lộ sẽ mất đi, hồ chứa nước sẽ cạn kiệt. Để bảo vệ tài nguyên nước dưới đất khỏi bị cạn kiệt, nghiên cứu đã đưa ra 5 giải pháp lớn nhằm phục hồi và phát triển nguồn nước dưới đất ở Tây Nguyên.

Từ khóa: mạch nước; lưu lượng; suy giảm; phục hồi; bổ sung nhân tạo

1. Đặt vấn đề

Những năm gần đây, tài nguyên nước dưới đất trong các tầng chứa nước đang có xu hướng suy giảm liên tục, nhiều vùng đã nhận thấy sự cạn kiệt nguồn nước dưới đất. Theo điều tra đánh giá những năm 1990, trong giới hạn 4 tỉnh Kon Tum, Gia Lai, Đăk Lăk và Đăk Nông có 2.272 mạch lộ với lưu lượng từ 0,5 l/s trở lên, nhưng cho đến 2023, theo điều tra đánh giá của chúng tôi số lượng và lưu lượng các mạch lộ ở Tây Nguyên đã giảm đi rất nhiều. Số lượng mạch lộ còn khoảng 40 - 60%, lưu lượng còn lại khoảng 30 - 40% [5].

Bài báo tập trung nghiên cứu hiện trạng suy giảm tài nguyên nước dưới đất ở Tây Nguyên và nguyên nhân gây ra sự cạn kiệt nguồn nước. Từ đó, đề xuất các giải pháp khoa học công nghệ để bảo vệ tài nguyên nước dưới đất khỏi bị cạn kiệt? Bài báo trình bày 5 giải pháp lớn nhằm phục hồi và phát triển nguồn nước dưới đất ở Tây Nguyên.

Để có thể đạt được mục tiêu đã đặt ra, chúng tôi đã tiến hành tổng hợp cập nhật các tài liệu nghiên cứu từ trước đến nay ở Tây Nguyên, khảo sát thực địa, thu thập đo đạc các mạch nước, dòng chảy trên mặt, các công trình lưu trữ nước và khai thác nước, từ đó phân tích đánh giá và đưa ra các kết quả phù hợp.

2. Phương pháp nghiên cứu

a. Phương pháp thu thập thông tin: Tổng hợp tài liệu, đánh giá tổng quan các nghiên cứu liên quan ở trong nước và trên thế giới.

b. Phương pháp kế thừa: sử dụng có chọn lọc kết quả nghiên cứu, bao gồm từ các kết quả nghiên cứu về địa hình, địa chất, khí tượng, thủy văn, nước dưới đất…

c. Phương pháp phân tích: sử dụng phương pháp phân tích để thông kê phân tích các tài liệu, số liệu

[*] *Tác giả liên hệ:*
Email: doanvancanh@gmail.com

đồng thời tổng hợp số liệu theo định hướng của nghiên cứu.

d. Phương pháp, điều tra: điều tra tại các cơ quan trong vùng nghiên cứu, điều tra ngoài thực địa về vị trí các công trình khai thác nguồn nước trong vùng nghiên cứu.

e. Phương pháp so sánh: Trên cơ sở các số liệu thu thập, điều tra, khảo sát thực hiện so sánh với các nguồn khác nhau…

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Tài nguyên nước dưới đất ở Tây Nguyên

Ở Tây Nguyên, tài nguyên nước dưới đất được hình thành từ 2 nguồn: nguồn nước tích chứa trong các lỗ hổng khe nứt của tầng chứa nước và nguồn bổ cập từ nước mưa. Tuy nhiên, nguồn bổ cập tự nhiên từ nước mưa chỉ diễn ra vào mùa mưa, nguồn nước thường xuyên có thể khai thác sử dụng được là nguồn nước tích chứa có sẵn trong tầng chứa nước (nguồn nước tĩnh).

3.1.1. Tài nguyên tích chứa (tĩnh)

Tổng lượng nước tích chứa trong tầng chứa nước được xác định theo công thức:

$$V_n = \mu V_{dđ} = \mu HF \qquad (1)$$

Trong đó, V_n - Tổng lượng nước tích chứa trong tầng chứa nước; μ - hệ số nhả nước trọng lực; $V_{dđ}$ - lượng nước trong tầng chứa nước; H - chiều dày tầng chứa nước; F - diện tích phân bố tầng chứa nước.

Do sự bất đồng nhất về độ phong hóa nứt nẻ của bazan, nên lượng nước này tồn tại và phân bố không đồng đều theo diện tích phân bố và theo chiều sâu, tạo nên sự bất đồng nhất về tính thấm và tính chứa. Vì vậy, tùy từng trường hợp cụ thể, chúng tôi xác định các thông số này theo thông số trung bình hoặc phân chia diện tích và chiều sâu nghiên cứu thành các lưới ô vuông (block) nhỏ để tính toán.

$$V_n = \sum_i^n \mu_i H_i F_i \ (\mathrm{m^3}) \qquad (2)$$

Trong đó, *i* - ký hiệu ô mạng tính toán; μ_i - hệ số nhả nước trọng lực (hệ số chứa - s); H_i - chiều dày trung bình tầng chứa nước trong ô mạng, m; F_i - diện tích phân bố tầng chứa nước trong ô mạng, m^2.

Kết quả xác định lượng nước tích chứa (tĩnh) trong các tầng chứa nước ở Tây Nguyên được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Tài nguyên nước dưới đất tích chứa trong các tầng chứa nước, m^3

Tỉnh	Diện tích phân bố của TCN, *F* (km^2)	Khối lượng nước tích chứa, *Vn* (m^3)
Kon Tum	3.932,3	18.100.710.000
Gia Lai	8.783,2	47.126.110.000
Đăk Lăk	8.456,7	37.647.880.000
Đăk Nông	6.182,4	33.942.540.000
Lâm Đồng	6.439,5	33.575.130.000
Tổng	33.794,1	170.392.370.000

Tổng khối lượng nước tích chứa trong các tầng chứa nước trong 5 tỉnh Tây Nguyên được xác định là hơn 170 tỷ m^3 nước.

3.1.2. Bổ cập từ nước mưa

Vào mùa mưa, mưa rơi xuống khu vực Tây Nguyên, phần lớn (từ 44 đến 69%) chảy tràn trên mặt đất hình thành nên 4 hệ thống sông chính. Các sông như Sê San và Srêpok nhận nước vùng núi cao ở Tây Nguyên đổ vào sông Mê Kông. Các sông Đồng Nai, Sông Ba... nhận nước từ Tây Nguyên đổ ra Biển Đông. Phần còn lại bốc hơi và một phần nước mưa ngấm xuống đất là nguồn bổ cập tự nhiên duy nhất cho nước dưới đất trong các thành tạo đất đá ở Tây Nguyên. Phần ngấm vào lòng đất lại được phân thành 2 phần (không kể bốc hơi ngầm): phần lớn theo sự chênh cao giữa miền cấp và miền thoát mà nó tạo nên dòng ngầm chảy xuống các vùng thấp, thoát ra mặt đất dưới dạng các mạch lộ hoặc chảy trực tiếp ra mạng sông suối hình thành nên dòng ngầm chảy ra sông, chỉ một phần được giữ lại trong tầng chứa nước bổ sung trực tiếp cho tầng chứa nước.

Bổ cập của nước mưa cho nước dưới đất được xác định như thế nào? Từ trước đến nay, chúng ta thường xác định tổng bổ cập cho nước dưới đất do mưa thông qua cường độ ngấm của nước mưa cung cấp cho

nước dưới đất. Tổng lượng bổ cập này được xác định theo công thức:

$$Q_{bc} = W_m \times F \text{ (m}^3\text{/ngày)} \quad (3)$$

Trong đó, W_m - cường độ ngấm của nước mưa bổ cập cho nước dưới đất trên một đơn vị diện tích, m/ngày; F- diện tích tiếp nhận bổ cập, m^2.

Cường độ ngấm của nước mưa (W_m) phụ thuộc vào nhiều yếu tố (bề mặt địa hình, cấu tạo đất địa chất của lớp phủ, thảm thực vật, cường độ mưa, thời gian mưa...) và có thể được xác định bằng nhiều phương pháp khác nhau, nhưng cũng là đại lượng khó xác định nhất.

Cường độ ngấm của nước mưa (W_m) được xác định đơn giản nhất và chính xác nhất dựa vào chuỗi số liệu quan trắc dao động mực nước theo thời gian bằng công thức (ở Việt Nam thường gọi là phương pháp Bindeman):

$$W_m = \mu \frac{\sum_{i=1}^{n}(\Delta Hi + \Delta Zi)}{365}$$

Trong đó, W_m - cường độ ngấm nước mưa bổ cập cho nước dưới đất trong vòng 1 năm, m/ngày, μ - hệ số nhả nước (hoặc hệ số thiếu hụt bão hòa), n - số lượng chu kỳ mực nước dâng và hạ thấp trong 1 năm, ΔHi, ΔZi - đoạn mực nước dâng, hạ thấp trong 1 chu kỳ, m.

Cường độ ngấm của nước mưa cho nước dưới đất cũng có thể được xác định bằng phương pháp mô hình toán với các phần mềm khác nhau. Trong bài báo này, chúng tôi xác định tổng lượng bổ cập của nước mưa cho nước dưới đất ở Tây Nguyên bằng mô hình VIC (Variable Infiltration Capacity). Phần mềm trong mô hình VIC cho phép ta xác định tách bạch ra từng tháng phần trong cân bằng nước chúng ta cần tìm. Kết quả chạy mô hình xác định bổ cập cho nước dưới đất từ nước mưa theo các tỉnh ở Tây Nguyên được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Tổng lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất theo lưu vực sông ở Tây Nguyên

Lưu vực sông	Diện tích (km^2)	Tổng lượng bổ cập NDĐ	
		(triệu m^3/năm)	(triệu m^3/ngày)
Sông Xê Xan	11.620	63,61	0,17
Sông Srêpok	18.764	326,71	0,90
Sông Đồng Nai	10.946	14,62	0,04
Sông Ba	11.300	141,48	0,39
Tổng	52.630	546,41	1,50

Lượng bổ cập cho nước dưới đất từ nước mưa khoảng 0,55 tỷ m^3/năm (1,50 triệu m^3/ngày). Đây chính là ngưỡng khai thác nước dưới đất, nghĩa là chỉ nên khai thác phần này. Nhưng vào mùa khô không có bổ cập từ nước mưa, nếu khai thác nước dưới đất thì phải xâm phạm vào tài nguyên tĩnh đến ngưỡng khai thác tuân theo luật Tài nguyên nước sửa đổi năm 2023. Con số khai thác cũng phải nằm trong giới hạn ngưỡng khai thác này, mùa mưa sẽ được nước mưa bổ cập bù vào lượng nước đã lấy đi.

3.2. Sự suy giảm tài nguyên nước và nguyên nhân suy thoái

Phân tích số liệu mưa, dòng chảy mặt hai giai đoạn quan trắc tài nguyên nước ở Tây Nguyên, chúng ta nhận thấy có những biến động đáng lưu ý như sau:

Trước hết, chúng ta thấy tổng lượng mưa năm gần như không biến động, hoặc có giảm chút ít. Giai đoạn trước năm 2005 cỡ khoảng 94,5 tỷ m^3 [2], năm 2018 là 94,3 tỷ m^3 [4]. Tuy nhiên, dòng chảy mặt biến động rất rõ ràng: giai đoạn trước 2005, tổng lượng dòng chảy mặt trung bình năm là 46,72 tỷ m^3, giai đoạn sau 2005 là 52,86 tỷ m^3, tăng hơn 6 tỷ m^3/năm. Lượng nước ngấm xuống đất cũng chảy ra sông nhiều hơn: giai đoạn trước là 0,98 và giai đoạn sau là 1,22 m^3/năm [4].

Những số liệu đó nói lên điều gì, nó chứng tỏ thảm thực vật đã bị mất nghiêm trọng, không giữ được nước mưa, nước mưa chảy tràn trên mặt tạo lên dòng chảy mặt ngày càng lớn hơn. Nước mưa tạo dòng mặt thoát nhanh không nhiều thời gian để ngấm xuống đất bổ cập nước ngầm. Đồng thời, nước dưới đất cũng không được lưu giữ được nhiều trong các tầng chứa nước mà thoát ra sông dưới dạng dòng ngầm nhiều hơn.

Theo kết quả quan trắc động thái nước dưới đất được công bố hàng tháng, mực nước trong các lỗ khoan quan trắc luôn có xu hướng đi xuống, đặc biệt trong bãi giếng khai thác nước ở TP. Buôn Ma Thuột. Bản tin thông báo, dự báo và cảnh báo tài nguyên nước dưới đất vùng Tây Nguyên vào tháng 4 năm 2024 đã cảnh báo: "Độ sâu mực nước trung bình tháng 8 ở xã Eatu, TP. Buôn Ma Thuột đạt 41,12 m (C15), vượt quá 50% mực nước hạ thấp cho phép của tầng chứa nước không áp".

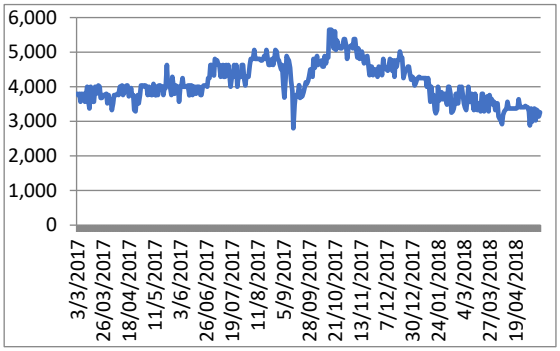
Hơn nữa, nếu nhìn vào các con số nghiên cứu về mạch nước, chúng ta còn thấy bức tranh suy giảm tài

nguyên nước dưới đất rõ ràng hơn.

Một ví dụ điển hình nữa là mạch lộ lớn nhất tỉnh Đăk Lăc tại xã Ea Bhốk và Dray Bhăng, huyện CưKuin. Mạch nước này có 3 điểm xuất lộ với tổng lưu lượng đạt tới trên 300 l/s (khoảng 1080 m^3/giờ) đang được triển khai đề án khai thác. Tuy nhiên, theo số liệu quan trắc chỉ trong 2 năm, lưu lượng cụm mạch lộ đang có xu hướng giảm liên tục (xem Hình vẽ số 1và 2).



Hình 1. Hiện trạng cạn kiệt nguồn nước mạch lộ trên đất bazan ở Gia Lai



Hình 2. Đồ thị quan trắc mực nước dưới đất mạch lộ MC3 tại xã Ea Bhốk và Dray Bhăng, huyện CưKuin tỉnh Đăk Lăk

Tại sao có hiện tượng trên? Đấy có phải là do đang khai thác quá mức cho phép hay không? (lượng khai thác chưa vượt quá lượng bổ cập (1,3 triệu m^3/ngày so với ngưỡng khai thác là 1,5 m^3/ngày), hay công trình khai thác tác động lẫn nhau (khai thác giếng khoan làm cạn kiệt mạch lộ)? Xét trên phương diện địa chất thuỷ văn và hiện trạng tài nguyên nước ở Tây Nguyên không phải như thế. Mà đó là chủ yếu là do mất nguồn sinh thủy, mưa rơi phần lớn chảy tràn trên mặt, không có thảm thực vật giữ lại nước mưa, không đủ thời gian để nước mưa ngấm xuống đất, thậm chí có nhiều tháng mùa khô không không có mưa, tầng chứa nước bazan không được bổ cập kịp thời, chúng ta khai thác vào phần tài nguyên tĩnh tích chứa trong tầng chứa nước như đã nói ở trên, khai thác đến đâu mực nước hạ thấp đến đó, mạch lộ sẽ mất đi hoặc bị giảm lưu lượng, hồ chứa sẽ cạn kiệt như trình bày ở trên.

3.3. Đề xuất giải pháp khôi phục, phát triển nguồn nước

Để hạn chế sự suy giảm mực nước dẫn tới cạn kiệt cục bộ nguồn nước ở Tây Nguyên cần phải làm gì? Chúng tôi xin đưa ra các giải pháp khoa học công nghệ bảo vệ và phát triển tài nguyên nước dưới đất ở Tây Nguyên như sau: (i) Trước hết, cần phải khôi phục thảm thực vật, giữ được rừng là giữ được nước; (ii) Thứ hai, là thực thi các giải pháp nhân tạo lưu giữ nước bằng cách tạo các công trình lưu giữ nước trên mặt và trong lòng đất nhằm giữ lại nguồn nước mưa trong các bể ngầm, làm chậm dòng chảy trên mặt, góp phần tăng lượng bổ cập cho nước dưới đất để sử dụng vào mùa khô; (iii) Thứ ba, việc hình thành các hồ chứa, ao trên địa bàn Tây Nguyên cũng cần được quan tâm để có thể gia tăng nguồn nước vào tầng chứa nước trong cả hai mùa trong năm; (iv) Thứ tư, hiện nay việc khai thác nguồn nước quá mức đã làm cho nguồn nước bị suy giảm. Vì vậy, cần có những công nghệ khai thác, chống thất thoát và quy trình khai thác hợp lý nhằm tiết kiệm nguồn nước để làm giảm sự suy thoái nguồn nước nước đất. Giải pháp vận hành và bảo trì dựa vào phong tục tập quán của đồng bao dân tộc cũng cần được chú trọng; (v) Thứ năm, cần có công tác dự báo về tài nguyên nước dưới đất, đánh giá các tác động đến sự biến động tài nguyên nước là giải pháp cần quan tâm. Từ những dự báo dài hạn trong tương lai, dựa vào những yếu tố có sự tương quan nhất định và những yếu tố chưa chắc chắn, có thể đưa ra những dự báo dài hạn. Trên cơ sở đó có những giải pháp phù hợp cho hiện tại và trong tương lai.

4. Kết luận và kiến nghị

Nước vốn là nguồn tài nguyên thiên nhiên vô giá, đang chứng kiến sự suy giảm nghiêm trọng. Ở Tây Nguyên, nơi nguồn nước mạch lộ từ lâu đã trở thành xương sống cho sinh hoạt và sản xuất. Sự gia tăng nhu cầu sử dụng nước, cùng với tác động của biến đổi khí hậu, nắng nóng và tình trạng khô hạn kéo dài, làm cho nguồn nước dưới đất bị suy giảm nghiêm trọng. Chính vì lý do này, việc đánh giá và đề xuất giải pháp phục hồi nguồn nước trên khu vực Tây Nguyên trở nên cần thiết.

Đối với các giải pháp phục hồi và bảo vệ nguồn nước, bài báo đã đề xuất các giải pháp. Những giải pháp khoa học công nghệ nhằm hạn chế suy giảm mực nước, bảo vệ và phát triển tài nguyên nước dưới đất ở Tây Nguyên đã được trình bày khá chi tiết trong những nghiên cứu liệt kê trong tài liệu tham khảo. Tuy nhiên, mỗi một giải pháp cần dựa trên các nguyên nhân suy giảm để áp dụng.

Lời cảm ơn

Cơ sở dữ liệu của bài báo dựa vào kết quả nghiên cứu các đề tài tác giả thực hiện từ trước tới nay ở Tây Nguyên (có trong danh mục tài liệu tham khảo) và kết quả thực hiện đề tài Mã số ĐTĐL.CN-67/21 "Nghiên cứu xây dựng giải pháp phục hồi và bảo vệ các nguồn nước mạch lộ trong các thành tạo bazan và lục nguyên phục vụ cấp nước sinh hoạt cho vùng khan hiếm nước khu vực Tây Nguyên". Các tác giả ghi nhận những đóng góp của các tổ chức, cá nhân đã giúp hoàn thiện nghiên cứu.

Tài liệu tham khảo

Đoàn Văn Cánh, 2005. Nghiên cứu cơ sở khoa học và đề xuất giải pháp thoát nước mưa vào lòng đất nhằm chống úng ngập thành phố đồng thời bổ sung nhân tạo cho nước dưới đất. Áp dụng cho TP. Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh. *Báo cáo kết quả thực hiện Đề tài NCCB. Mã số: 7.146.06.*

Đoàn Văn Cánh, 2005. Nghiên cứu xây dựng cơ sở khoa học và đề xuất các giải pháp bảo vệ và sử dụng hợp lý tài nguyên nước vùng Tây Nguyên. *Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu trọng điểm cấp Nhà nước giai đoạn 2000 - 2005*. Mã số ĐTĐL. 2007.G/44, 260 trang.

Đoàn Văn Cánh, Nguyễn Thị Thanh Thuỷ, 2008. *Thu gom nước mưa đưa vào lòng đất bổ sung nhân tạo nước dưới đất và chống úng ngập thành phố*. Nhà xuất bản KHKT. Hà Nội. 2008, 104 trang.

Hà Hải Dương, 2018. *Nghiên cứu đề xuất các mô hình, giải pháp công nghệ khai thác và bảo vệ nguồn nước trong các thành tạo Bazant phục vụ cấp nước sinh hoạt bền vững tại các vùng núi cao, khan hiếm nước khu vực Tây Nguyên*. Mã số ĐTĐL.CN-65/15.

Trần Thị Thu Hương, 2024. *Nghiên cứu xây dựng giải pháp phục hồi và bảo vệ các nguồn nước mạch lộ trong các thành tạo bazan và lục nguyên phục vụ cấp nước sinh hoạt cho vùng khan hiếm nước khu vực Tây Nguyên*. Mã số ĐTĐL.CN-67/21.

ABSTRACT

The decline in groundwater resources in the Tay Nguyen (Central Highlands) in recent years and solutions to protect and develop water resources

Doan Van Canh[1], Tran Thi Thu Huong[2], Nguyen Tiep Tan[2]

[1] *Vietnam Hydrogeological Association*

[2] *Institute of Water Resources Vietnam and Environment*

The Central Highlands covers the entire large plateau system of 5 provinces of Kon Tum, Gia Lai, Dak Lak, Dak Nong, and Lam Dong with a natural area of 54,473.79 km^2, with 5.8 million people (according to the 2023 statistical yearbook). There is no place in Vietnam like Tay Nguyen, where surface and groundwater sources are formed from rainwater without receiving any water from other places. The Xe Xan and Xerepok river system collects water from the Central Highlands and flows into the Mekong River in the west. The system of Ba River, Dong Nai River, and a few other small river basins drain water from the Central Highlands into the East Sea. There is also no other place in Vietnam like the Central Highlands, with overlapping plateaus made up of basalt extrusive formations interspersed with Mezozoi, paleozoic, or ancient intrusive rocks, running from Kon Tum to Lam Dong. In particular, the layer of red basalt soil is hundreds of meters thick. It has great permeability. Once it has absorbed enough water, it gradually releases water to the partially weathered basalt layer below, creating the rich aquifers we find today.

However, in recent years, groundwater resources in those aquifers have tended to continuously decline, and many regions have noticed the depletion of groundwater resources. According to surveys and assessments in the 1990s, within the limits of 4 provinces Kon Tum, Gia Lai, Dak Lak, and Dak Nong, there are 2,272 springs with a water flow of 0.5 l/s or more, but until 2023, according to the survey. In our assessment, the number of springs and water flow of springs in the Central Highlands has decreased greatly. The number of springs is about 40 - 60%, the remaining flow is about 30 - 40%.

Researching the cause, we believe that it is not due to excessive exploitation, but because the amount of exploitation exceeds the recharge, the water in the basalt red soil layer does not have a timely recharge, it is because exploiting water, that takes from water stored (static) in the aquifers.

So, what scientific and technological solutions need to be implemented to groundwater resources from depleting? This article presents 5 major solutions to restore and develop groundwater resources in the Central Highlands.

Keywords: spring; water flow; decline; recovery; artificial recharge

The hydrogeochemical background of the Triassic aquifer in the Olkusz Zn-Pb ore mining region, South Poland

Damian Cień[1,*], Jacek Motyka[1], Kajetan d'Obyrn[1], Nguyen Bach Thao[2], Tran Quang Tuan[2]
[1] *Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH University of Krakow, Mickiewicza 30 Av., 30-059 Krakow, Poland*
[2] *Faculty of Geosciences and Geoengineering, Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam*

ABSTRACT

The Olkusz region (South Poland) is known for its centuries-old tradition of zinc and lead ore mining, which ended with the closure of the Olkusz-Pomorzany mine. The shutdown of its dewatering systems in late 2021 and the gradual restoration of the depression cone are causing changes in the qualitative and quantitative parameters of groundwater. Particularly vulnerable is the Triassic aquifer, which has been intensively dewatered since the mid-20th century due to the occurrence of Zn-Pb ores. To assess the ongoing changes, a baseline is needed, which can be the hydrogeochemical background. The result of this article is a defined hydrogeochemical background of the Triassic aquifer for the period before the dewatering of the Olkusz underground mines began. It was characterized based on over 100 analyses. The obtained concentration levels of the studied substances can be used to determine the impact of several decades of mine operations and their closure on the quality of groundwater. Conducting such activities is particularly important during intense climate changes and the prospect of a water crisis. However, it is crucial to differentiate between the hydrogeochemical background levels described in this paper and the natural hydrogeochemical background levels of the Olkusz region, given its long history of mining activity and hydrological disturbances, making it impossible to establish a baseline completely unaffected by anthropogenic changes.

Keywords: hydrogeochemical background; Zn-Pb ore mining; inter-decile range; Olkusz-Pomorzany mine

1. Introduction

The first records of zinc and lead ore mining in the Olkusz area (south Poland) date back to the 12th century (Merkel et al., 2024). The mining history of the region can be divided into three main periods: the medieval exploitation of silver and lead ores through shafts and adits; the 19th and 20th-century extraction of oxidized zinc and lead ores; and the modern mining of sulfide Zn-Pb ores, which came to an end with the liquidation of the Olkusz-Pomorzany mine.

Initially, mining was limited to only works within the aeration zone; however, as these resources began to deplete, rock mass drainage was started, allowing operations below the natural groundwater table. The methods of mining drainage were progressively modernized, enabling large-scale dewatering of the rock mass.

Intense growth in mining and increased extraction of zinc and lead ores occurred in the 1950s when the Boleslaw mine began operation. In 1957, construction of the Olkusz mine began, reaching full capacity in 1968. In 1974, the last Olkusz mine, Pomorzany, began operations and later merged with the Olkusz mine to form the Olkusz-Pomorzany mine. The last mentioned mine began to be flooded in late 2021.

The period from the start of mining at the Boleslaw mine to the decommissioning of the Olkusz-Pomorzany mine can be described as modern sulfide ore mining in the Olkusz region. It had the most significant impact on the chemistry of groundwater. This influence may become particularly evident during the recovery of the depression cone (which covered an area of over 300 km²) after the cessation of mine drainage. Easily soluble secondary mineral phases, formed under the oxidizing conditions of mine drainage in Triassic rocks, will then begin to come into contact with the rising groundwater table (Dold, 2017; Skousen et al., 2019).

A reference point is necessary for the proper assessment of hydrogeological changes occurring due to mining activities. Typically, the hydrogeochemical background is used for this purpose, understood as the

* *Corresponding author*
Email: cien@agh.edu.pl

characteristic range of concentrations of hydrogeochemical elements for the studied unit (Dowigałło et al., 2002). The issue of methodology for determining the hydrogeochemical background is widely described in the literature (e.g., Reimann and de Caritat, 2005; Reimann et al., 2005; Hinsby et al., 2008; Szczucińska, 2017; Aragao et al., 2021).

This paper presents the hydrogeochemical background of the Triassic aquifer for the period before the start of deep and intensive mining drainage. Rocks of this age contain Zn-Pb ore mineralization, making them prone to the most significant changes in water chemistry during the depression cone restoration after the closure of the Olkusz-Pomorzany mine. Determining the background levels will allow for the identification of anomalous values and the assessment of hydrogeochemical changes in the Olkusz region, including those of anthropogenic, natural, and polygenic origin (Macioszczyk, 1987).

It is important to remember that the background levels of the Triassic aquifer defined in this article should not be confused with the natural background levels. In an area where mining activities have been ongoing for at least several hundred years, it would be extremely challenging to describe the natural variability of groundwater hydrogeochemistry in an unobjectionable and low-error manner.

2. Hydrogeological setting

The Olkusz mining region of zinc and lead ores is situated within the Silesian-Krakow monocline, consisting of Mesozoic formations that are slightly inclined in the NE direction. Underneath Mesozoic sediments lie Paleozoic rocks, spanning the Devonian, Carboniferous, and Permian periods, covered by Quaternary sediments. Four aquifers have been identified in this area: Quaternary, Jurassic, Triassic, and Paleozoic (Carboniferous-Devonian) (Fig. 1).

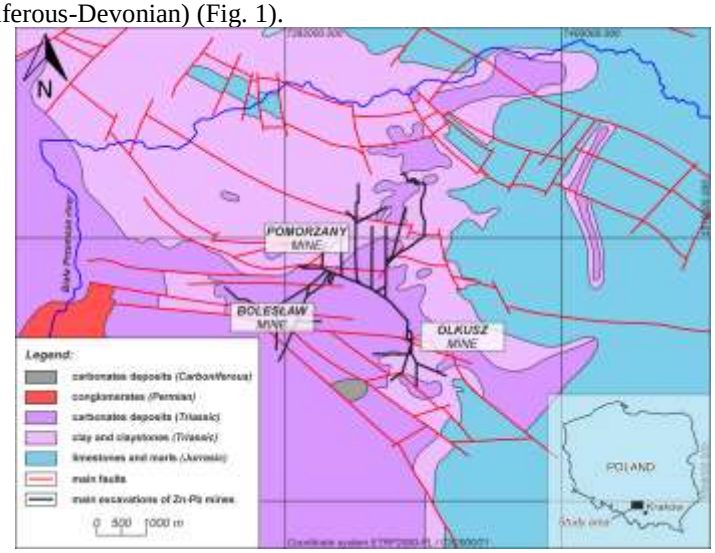


Fig. 1. Geological map of the Olkusz area (After Motyka et al., 2024)

The Quaternary aquifer primarily consists of medium-grained fluvioglacial sands with interbeds of gravel and weathered rock debris, occasionally containing silts and clays. Its thickness varies depending on the shape of the underlying bedrock formations. In the center of buried river valleys created during the pre-glacial age, it can reach several tens of meters (Motyka, 1988). The geometric mean value of the hydraulic conductivity, calculated from the results of pumping tests, is 2.5×10^{-4} m/s (Motyka and Wilk, 1976).

Jurassic formations occur in the northern and eastern parts of the Olkusz region (Fig. 1). These formations consist of Upper Jurassic limestones, constituting the aquifer level of the Malm, underlain by less permeable marls from the lower Malm and upper Dogger. In certain areas, Middle Jurassic marlstones and sandstones form separate aquifer levels (Różycki, 1953). Jurassic limestones are a fractured-karst-type aquifer with a thickness reaching up to 200 m. The geometric mean hydraulic conductivity of Jurassic limestones, calculated from pumping tests, is 1.5×10^{-5} m/s (Motyka and Wilk, 1976).

The Triassic aquifer in the Olkusz zinc and lead ore mining region is lithologically bipartite. Its lower section consists of sands and sandstones from the Middle and Lower Bunter Sandstones, often interbedded with claystone. The upper part is composed of carbonate formations from the Upper Bunter Sandstone (Rhaetian) and Muschelkalk. Lower Bunter Sandstone patches, which are up to several meters thick, minimally impact groundwater flow dynamics. The dolomites and limestones of the Rhaetian and Muschelkalk form a fractured-karst-porous reservoir (Motyka, 1998). With a total thickness reaching 130 meters, the geometric mean hydraulic conductivity, calculated from pumping tests, is equal to 6.5×10^{-5} m/s (Motyka and Wilk, 1976). The dolomites of the Middle Triassic serve as the host rocks for lead and zinc

ore (ore-bearing dolomite).

In the predominant area of the Olkusz zinc-lead ore mining region, the Triassic aquifer is underlain by Permian conglomerates. It is a typical Permian molasse with a thickness of up to 300 meters. On a regional scale, the Permian conglomerates have been interpreted to be an aquitard. However, water outflows ranging from tenths of L/min to several hundred L/min were often encountered. The hydraulic conductivity of Permian rocks, estimated from the results of pumping and slug tests, exhibits a wide range of values, spanning from 2.5×10^{-8} to 5.4×10^{-5} m/s (Adamczyk et al., 1978).

The Paleozoic aquifer is composed of Lower Carboniferous limestones, Devonian dolomites, and limestones interbedded with marls. The hydrogeological properties of this aquifer are poorly recognized. Only two pumping tests have been conducted in the carbonate rocks of the Paleozoic, yielding permeability coefficient values of 7.6×10^{-6} m/s and 7.0×10^{-5} m/s. Based on the current hydrogeological investigation results, the Paleozoic carbonate rocks are classified as a fractured-karst aquifer.

Groundwater flow conditions in the Olkusz zinc and lead ore mining region are highly complex due to the diverse types of hydraulic connections between various aquifers. The primary hydraulic contacts of sedimentary-facial and sedimentary-transgressive types, as well as secondary contacts of erosional and tectonic types, have the greatest influence on water exchange between various aquifers. The Triassic aquifer, containing zinc and lead ores that were mined in the Olkusz region until 2020, is recharged through such hydraulic connections.

3. Methodology

To characterize the hydrogeochemical background of the Triassic aquifer before its regional-scale drainage, only the results of water sample analyses from 1957 to 1963 were considered (Table 1).

Table 1. Aggregate results of Triassic water analyses

Parameter	Unit	Minimum	Maximum	Mean	Median	Std. dev.	Number of observations
Na^+	mg/L	1,00	89,70	13,29	6,70	16,09	62
K^+		0,75	15,20	3,56	2,95	2,58	62
Ca^{2+}		17,00	152,38	66,05	62,50	21,07	111
Mg^{2+}		2,60	73,10	23,76	20,60	13,10	111
Mn^{2+}		0,01	14,00	0,72	0,21	2,04	50
Zn^{2+}		0,01	15,00	0,86	0,18	2,42	77
Pb^{2+}		0,00	16,00	0,42	0,02	2,00	68
Fe_{tot}		0,01	17,00	1,14	0,20	2,94	111
Cl^-		0,60	99,50	11,54	8,50	12,27	128
SO_4^{2-}		14,80	409,03	70,91	38,30	77,22	123
HCO_3^-		16,00	343,50	213,59	219,60	54,26	38
NO_3^-		0,04	132,80	9,32	3,00	19,97	69
pH	-	6,50	14,00	7,59	7,50	0,73	111

The samples were primarily collected from exploration boreholes but also from springs, wells, and water leaks in the Bolesław and Olkusz mines. The initial research material consisted of 130 analyses, which were compiled in documentation from the period of documenting Zn-Pb ore deposits in the Olkusz area (e.g., Zuber, 1964). Some analyses are incomplete, i.e., the concentrations of certain major ions were not measured, making it impossible to estimate their error, as Adamczyk (1979) already noted. These analyses should be regarded as indicative.

The initial research material was limited to analyses in which the concentration of the SO_4^{2-} ion did not exceed 100 mg/L. This decision is based on the fact that natural groundwater in the Triassic dolomites and limestones of the Olkusz region is of very good quality (Adamczyk and Wilk, 1976). This is also indicated by present-day sampling results of springs flowing out of Triassic rocks in the Olkusz area, whose water analyses usually show SO_4 ion contents of 60–70 mg/L, rarely exceeding 100 mg/L. Outliers and extreme values were also excluded, as their presence is most likely due to measurement, data entry or processing errors, or poor sampling.

Over the last few decades, analytical methods used to determine the content of individual water components have been significantly improved. This is particularly true for trace elements, where analytical errors with older methods could reach several tens of percent. Experiences with groundwater in the Olkusz region show that the results of analyses for Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^-, Ca^{2+}, and Mg^{2+}, as well as Fe and Mn ion concentrations, are relatively reliable. Na^+ and K^+ were measured by photometric methods until the 1980s or calculated by comparing the sum of the milliequivalents of anions and cations. In the latter case, the error in the analysis of the main ions' concentrations affected the reported Na^+ ion concentration, which was expressed as the sum of Na^+ and K^+ ion concentrations. Cl^- ion was determined using Mohr's argentometric

method, SO_4^{2-} ion by the gravimetric method through precipitation with barium chloride, and HCO_3^- ion by the titrimetric method as total alkalinity. Ca^{2+} and Mg^{2+} ions were determined together as total hardness, then Ca^{2+} concentration was determined by titration, and Mg^{2+} concentration was calculated. The water analyses used were carried out at the Przedsiębiorstwo Geologiczne w Krakowie Company and the laboratory of the former Institute of Hydrogeology and Engineering Geology of the AGH University of Science.

To determine the range of hydrogeochemical background levels, statistical and graphical methods are most commonly used. Depending on the adopted methodology, the hydrogeochemical background is contained within the intervals X ± 1.28σ (Macioszczyk, 1987), X ± 1.96σ (Nielsen, 1991), X ± 2σ (Matschullat et al., 2000; Peh et al., 2003), X ± 3σ (Miko et al., 2001), M ± 2σ (Sara and Gibson, 1991; Gałuszka, 2007), or M ± 3σ (Reimann and Garret, 2005). Graphical methods are based on analyses of histograms, cumulative plots (Macioszczyk, 1987), probability plots, and boxplots (Reimann et al., 2005). Since some of them assume normality or lognormality of the distribution of hydrogeochemical data (Ahrens, 1954), the above methods give different ranges of background levels. This is rare for this type of data, even for very large populations (Reimann and Filzmoser, 2000; Reimann et al., 2005). For this reason, it is proposed to use the median as the central position of the distribution and percentiles as a measure of dispersion (Reimann and Garrett, 2005). These estimators are robust against extreme values (Howarth, 1983). To determine the hydrogeochemical background levels of the Triassic waters in the Olkusz region, the interdecile range was used, which is the difference between the first and the ninth deciles (10–90%). This corresponds to the interval ± 1.28σ, where σ is the standard deviation. The background range was determined for 13 physicochemical indicators: pH, Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Mn^{2+}, Zn^+, Pb^+, Fe_{tot}, Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_3^- and NO_3^-.

4. Results and discussion

All results obtained in the analyses were statistically tested for normal and log-normal distributions using the Shapiro-Wilk test. It was found that none of the examined ions exhibit a normal distribution (significance level $p < 0.05$) while showing a statistically significant fit to a lognormal distribution. Thus, the validity of taking the median as a measure of the central position of distribution and using it as the basis for determining the background levels was confirmed (Fig. 2).

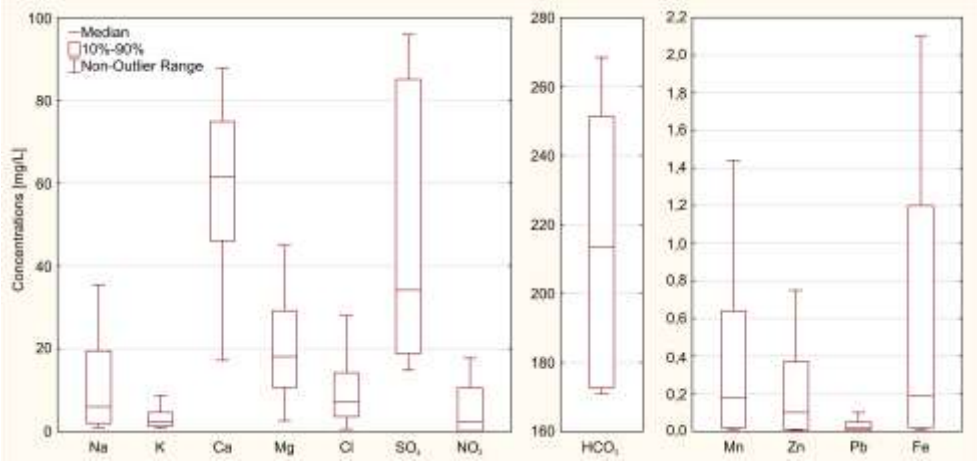


Fig. 2. Box whisker plot of the hydrogeochemical background levels of the Triassic aquifer

The calculated hydrogeochemical background levels of the Triassic aquifer for most components correspond to typical background levels for the Polish area (Table 2). However, higher ranges of values for Mn^{2+}, Zn^{2+}, Pb^{2+}, SO_4^{2-}, and NO_3^- ions are observed.

The quality of groundwater in the Triassic carbonate rocks had already been influenced by various sources of pollution during the years 1957–1963 (Motyka et al., 2005). According to the Altowski-Szwiec classification (Macioszczyk, 1987), the uncontaminated waters were most often HCO_3-Ca-Mg and HCO_3-Ca, which confirms the results of the study by Różkowska et al. (1975). These hydrogeochemical types of water are considered to be unaffected by human activity and are characteristic of poorly mineralized groundwaters in the temperate climate zone (Macioszczyk, 1987). They form under conditions of dolomite and calcite leaching. Waters of the Ca-Mg-HCO_3-SO_4 type can be considered as contaminated waters, already influenced by anthropogenic pollution sources, due to elevated sulfate concentrations. Triassic waters from the studied period were characterized by a pH ranging from nearly neutral to slightly alkaline.

Table 2. Hydrogeochemical background for the Triassic aquifer in the Olkusz area

Parameter	Unit	10 – 90 percentiles	BL[1] of typical natural groundwater in Poland[2]
Na^+	mg/L	2 – 19.5	1 - 60
K^+		1.25 – 4.6	0.5 – 10
Ca^{2+}		46.1 – 74.9	2 – 200
Mg^{2+}		10.7 – 29.2	0.5 – 30
Mn^{2+}		0.02 – **0.64**	0.01 – 0.4
Zn^{2+}		0.01 – **0.37**	0.01 – 0.05
Pb^{2+}		0.005 – **0.05**	0.001 – 0.01
Fe_{tot}		0.02 – 1.2	0.02 - 5
Cl^-		3.6 – 14.2	2 – 60
SO_4^{2-}		18.8 – **85.1**	5 – 60
HCO_3^-		172.7 – 251.4	60 – 360
NO_3^-		0.13 – **10.6**	0 - 5
pH	-	7.05 – 8.1	6.5 – 9.5

[1]Background levels, [2]Witczak et al., 2013

The groundwaters of the Triassic floor were subjected to anthropo-pressure even before intensive mining drainage began. The Triassic carbonate rocks form the porous-fractured-karst type aquifer (Motyka, 1998), which makes them highly susceptible to contamination from surface sources. In areas where Triassic dolomites and limestones outcrop directly at the surface or lie beneath Quaternary formations, the primary contaminants were domestic sewage. Due to disorganized water and sewage management in the Olkusz region and the infiltration of this sewage into the ground, high concentrations of nitrogen compounds were already present in the waters in the late 1950s and early 1960s.

Elevated concentrations of sulfates in groundwater from the Triassic aquifer are a natural phenomenon. As water flows through dolomites containing sulfide minerals and products of their oxidation, it becomes enriched with SO_4^{2-} ions, as well as Ca^{2+}, Mg^{2+}, and metals including Zn^{2+} and Pb^{2+} ions. Abnormally high SO_4^{2-} concentrations are likely associated with waste deposits from historical zinc and lead ore mining and processing. Increased levels of SO_4^{2-} and Mn^{2+} ions in groundwater may also result from leaks from landfills. The background levels of the other investigated components are narrower and mostly fall toward the lower end of the nationwide background range (Table 2).

5. Conclusions

This paper aimed to characterize the hydrogeochemical background levels of the Triassic aquifer for the period before the start of deep mining drainage in the Olkusz region. The background levels were determined based on the analysis of water samples from 1957 to 1963. They came mainly from exploration boreholes but also from springs, wells, and leaks in the Boleslaw and Olkusz mines. The method of 10 and 90 percentile (inter-decile range) was used to calculate it. The background levels were determined for 13 parameters, of which 5, i.e., Mn^{2+}, Zn^{2+}, Pb^{2+}, SO_4^{2-}, and NO_3^- ions, show exceedances relative to the nationwide hydrogeochemical background. The genesis of the elevated concentrations is mixed; their origin is both natural and anthropogenic. The increased concentrations of Zn^{2+}, Pb^{2+}, and SO_4^{2-} ions are likely associated with natural processes, most probably originating from the leaching of dolomites containing sulfides of these metals and their oxidation products. The anomalously high concentrations of these ions may also have originated from mining waste heaps that were present in the area as early as the late 1950s and early 1960s. Human activity may also have influenced the elevated concentrations of Mn^{2+} and NO_3^- ions, which most likely originated from leaks from landfills. The remaining studied parameters showed concentration ranges lower than the typical values for Poland, mostly shifted towards the lower limit. This indicates the very good quality of the uncontaminated Triassic waters in the Olkusz area, further supported by the fact that they were most frequently of the HCO_3-Ca-Mg and HCO_3-Ca types.

The hydrogeochemical background described in this paper serves as a baseline from which the impact of several decades of deep metal ore mining on the aquatic environment in the Olkusz region can be analyzed. It allows us to determine the scale of the impact of mining activities on groundwater, which can be utilized in monitoring the water quality after mine closure and the return to natural hydrogeological conditions. The calculated background is not natural, but it is the closest approximation that can be reliably determined based on the available data. A recommendation for further research is to conduct a detailed comparison of the determined background values with ranges obtained by other statistical and graphical methods.

References

Adamczyk A.F. 1979. *Zinc and lead in the mine waters of the Olkusz area mines.* Doctoral thesis, AGH University of Krakow, Krakow, unpublished (in Polish)

Adamczyk, A.F., Motyka, J., Wilk, Z., Witczak, S. 1978. Salt water in Permian sediments on the north-eastern border of the USCB. *Annales Societatis Geologorum Poloniae,* 48: 537-558 (in Polish)

Adamczyk, Z., Motyka, J. 2000. Water inflow to lead and zinc mines in the Olkusz area (SW Poland). *Przegląd Geologiczny,* 48: 171 – 175 (in Polish)

Aragão, F., Velásquez, L.N.M., Galvão, P., Vieira, L.C. 2020. Natural Hydrogeochemical Background Levels in the Carste Lagoa Santa Protection Unit, Minas Gerais, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences,* 105: 102985

Dold, B. 2017. Acid rock drainage prediction: A critical review. *Journal of Geochemical Exploration,* 172: 120-132

Dowigałło, J., Kleczkowski, A.S., Macioszczyk, T., Różkowski, A. 2002. Hydrogeological glossary. Państwowy Instytut Geologiczny, Warsaw, Poland, pp. 461

Gałuszka, A. 2007. Different approaches in using and understanding the term "geochemical background"—practical implications for environmental studies. *Polish Journal of Environmental Studies,* 16:389-395

Hinsby, K., Condesso, de Melo M.T., Dahl, M. 2008. European case studies supporting the derivation of natural background levels and groundwater threshold values for the protection of dependent ecosystems and human health. *Science of The Total Environment,* 401: 1-20

Howarth, R.J. 1983. Handbook of Exploration Geochemistry. Volume 2: Statistics and Data Analysis in Geochemical Prospecting, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Netherlands, pp. 437

Macioszczyk, A. 1987. Hydrogeochemistry, Wydaw Geol, Warsaw, Poland, pp. 475 (in Polish)

Matschullat, J., Ottenstein, R., Reimann, C. 2000. Geochemical background–can we calculate it? *Environmental Geology,* 39: 990-1000

Merkel S.W., Florkiewicz I., Jansen M., Bode M., Wołoszyn M. 2024. Evidence for Slavic lead mining and trade: Early Rus' lead seals from Czermno and Gródek on the Polish Rus' border. *Journal of Archaeological Science: Reports,* 56: 104539

Miko, S., Halamić, J., Peh, Z., Galović, L. 2001. Geochemical baseline mapping of soils developed on diverse bedrock from two regions in Croatia. *Geologia Croatica,* 54: 53-118

Motyka, J. 1988. Carbonate Triassic sediments as a groundwater environment in the Olkusz-Zawiercie ores mining region. *Zeszyty Naukowe AGH,* 1157: 1 – 109 (in Polish)

Motyka, J. 1998. A conceptual model of hydraulic networks in carbonate rocks, illustrated by examples from Poland. *Hydrogeology Journal*, 6: 469 – 482

Motyka J., Adamczyk Z., Czop M., d'Obyrn K. 2005. Groundwater quality impact by municipal sanitary landfill in Ujków near Olkusz (S Poland). *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 21: 131-153 (in Polish)

Motyka, J., Cień, D., d'Obyrn, K. 2024. The Use of Hydrochemical Zoning to Predict Water Hazards: The Example of the Olkusz-Pomorzany Zn-Pb Mine. *Mine Water and the Environment*, 43: 198-209

Motyka, J., Wilk, Z. 1976. Vertical differentiation in the water permeability of carbonate Triassic rocks in the light of a statistical analysis of the results of pumping tests (Silesia-Cracow monocline). *Geological Quarterly*, 20: 381-399 (in Polish)

Nielsen, D.M. 1991. Practical handbook of groundwater monitoring. Lewis Publ, Chelsea, USA, pp. 728

Peh, Z., Miko S., Bukowec, D. 2003. The geochemical background in Istrian soils. *Natura Croatica,* 12:195-232

Reimann, C., Filzmoser, P., Garret, R.G. 2005. Background and threshold: critical comparison of methods of determination. *Science of The Total Environment,* 346: 1-16

Reinmann, C., Garett R.G. 2005. Geochemical background—concept and reality. *Science of The Total Environment,* 350: 12-27

Różycki, S. 1953. Upper Dogger and lower Malm of the Krakow-Częstochowa Jura. Wydawnictwa Geologiczne, Warsaw, Poland, pp. 353 (in Polish)

Różkowska A., Różkowski A., Rudzińska T. 1975. Hydrochemical characteristics of the Silesian-Kraków Triassic aquifer. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, 282: 551-581 (in Polish)

Skousen, J., Ziemkiewicz, P., McDonald, L. 2019. Acid mine drainage formation, control and treatment: Approaches and strategies. *The Extractive Industries and Society,* 6: 241-249

Szczucińska, A. 2018. Hydrogeochemical background based on spring waters (Lubuskie Lakeland, western Poland). *Geochemistry International,* 55: 1164-1170

Witczak, S., Kania J., Kmiecik E. 2013. Catalog of selected physical and chemical indicators of groundwater pollution and methods of their determination. Bib Mon Śr, Warsaw, Poland, pp. 717 (in

Polish)
Zuber, K. 1964. A comprehensive study of the hydrogeology of the Olkusz area. ZGH Boleslaw archive, Bukowno, Poland. 4/23

TÓM TẮT

Nền thủy địa hóa của tầng chứa nước Trias tại khu vực khai thác quặng Zn-Pb Olkusz, Nam Ba Lan

Damian Cień[1], Jacek Motyka[1], Kajetan d'Obyrn[1], Nguyen Bach Thao[2], Tran Quang Tuan[2]
[1] Khoa Địa chất, Địa vật lý và Bảo vệ môi trường, Đại học AGH Krakow
[2] Khoa Khoa học và Kỹ thuật Địa chất, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Khu vực Olkusz (phía Nam, Ba Lan) nổi tiếng với truyền thống khai thác quặng kẽm và chì kéo dài hàng thế kỷ và kết thúc bằng việc đóng cửa mỏ Olkusz-Pomorzany. Việc đóng cửa các hệ thống thoát nước vào cuối năm 2021 và việc phục hồi dần dần hình phễu hạ thấp mực nước đang gây ra những thay đổi về các thông số định tính và định lượng của nước ngầm. Đặc biệt dễ bị tổn thương là tầng chứa nước Trias, nơi đã được thoát nước mạnh mẽ kể từ giữa thế kỷ 20 do sự hiện diện của quặng Zn-Pb. Để đánh giá những thay đổi đang diễn ra, cần có một đường cơ sở như nền thủy địa hóa. Kết quả của bài báo này là nền thủy địa hóa của tầng chứa nước Trias được xác định trong giai đoạn trước khi bắt đầu thoát nước ở các mỏ ngầm Olkusz. Nền thủy địa hóa này được mô tả dựa trên hơn 100 phân tích mẫu. Nồng độ của các chất được nghiên cứu có thể được sử dụng để xác định tác động của nhiều thập kỷ hoạt động khai thác mỏ và việc đóng cửa các mỏ này đối với chất lượng nước ngầm. Việc tiến hành các hoạt động như vậy đặc biệt quan trọng trong bối cảnh biến đổi khí hậu mạnh mẽ và viễn cảnh khủng hoảng về nước. Tuy nhiên, điều quan trọng là phải phân biệt giữa các mức nền thủy địa hóa được mô tả trong bài báo này và các mức nền thủy địa hóa tự nhiên của khu vực Olkusz, do lịch sử lâu dài của hoạt động khai thác mỏ và các nhiễu loạn thủy văn, khiến việc thiết lập đường cơ sở hoàn toàn không bị ảnh hưởng bởi các thay đổi do con người gây ra.

Từ khóa: nền thủy địa hóa; khai thác quặng Zn-Pb; phạm vi liên thập phân; mỏ Olkusz-Pomorzany

Kết quả tính toán, dự báo ngập lụt cho khu công nghiệp - đô thị - dịch vụ Phú Quý, huyện Hoằng Hóa, tỉnh Thanh Hóa

Vũ Thu Hiền[1,*], Đào Đức Bằng[1], Đinh Anh Tuấn[2], Nguyễn Thị Bình Minh[2]
[1] Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[2] Công ty Cổ phần Tư vấn Xây dựng điện 1

TÓM TẮT

Khu công nghiệp - đô thị - dịch vụ Phú Quý tại huyện Hoằng Hóa, tỉnh Thanh Hóa được thành lập có vai trò quan trọng trong chính sách kinh tế của tỉnh Thanh Hóa. Khi khu công nghiệp hình thành, chế độ tiêu thoát của khu vực sẽ thay đổi, nước mưa khi thoát qua khu công nghiệp không được trữ lại trên khu vực đồng trũng mà chỉ được trữ trong hệ thống kênh tiêu thoát nội khu trong dự án, điều này làm giảm đáng kể khả năng trữ lũ trong nội đồng của khu vực tiêu. Tính toán, dự báo ngập lụt là một trong những bước tính toán cần thiết để xác định, đề xuất được cao trình chống ngập cho khu vực. Từ đó, thiết kế hệ thống kênh tiêu nước mưa cho khu công nghiệp để đảm bảo khả năng tiêu tự chảy cho lưu vực tiêu được hiệu quả. Trong bài báo, các tác giả đã sử dụng kết hợp phương pháp mô hình thủy văn - thủy lực để mô phỏng, tính toán, dự báo ngập lụt cho khu vực nghiên cứu với 2 kịch bản tần suất mưa thiết kế là 2 và 5%. Kết quả là với tần suất mưa 2%, khu vực nghiên cứu có cao trình ngập từ 2.38-2.55 m và với tần suất mưa 5% là 2.3-2.44 m.

Từ khóa: mưa thiết kế; cao trình ngập; hệ thống kênh tiêu

1. Đặt vấn đề

Hoằng Hoá hiện được đánh giá là một trong những huyện đi đầu của Thanh Hoá về phát triển kinh tế - xã hội theo hướng công nghiệp hóa, hiện đại hóa nông nghiệp, nông thôn. Hoằng Hoá tập trung phát triển nuôi trồng thuỷ sản, chăn nuôi gia cầm theo phương pháp công nghiệp, khuyến khích các nhà đầu tư xây dựng cơ sở công nghiệp, tiểu thủ công nghiệp, tạo bước đột phá trong chuyển dịch cơ cấu kinh tế. Dự án khu công nghiệp - đô thị - dịch vụ Phú Quý là một trong những dự án sẽ được đầu tư xây dựng theo hướng hiện đại, đạt tiêu chuẩn quốc tế về chất lượng hạ tầng và bảo vệ môi trường. Khi khu công nghiệp hình thành, chế độ tiêu thoát nước của khu vực sẽ thay đổi, nước mưa khi tiêu thoát qua khu công nghiệp không được trữ lại trên khu vực đồng trũng hiện trạng mà chỉ được trữ trong hệ thống kênh tiêu thoát nội khu trong dự án, điều này làm giảm đáng kể khả năng trữ lũ trong nội đồng của khu vực tiêu. Để đảm bảo khả năng tiêu của hệ thống kênh mương bù lại phần dung tích trữ nước khi làm dự án, việc tính toán, dự báo ngập lụt và thiết kế hệ thống kênh tiêu nước mưa cho khu công nghiệp để đảm bảo khả năng tiêu tự chảy cho lưu vực tiêu được hiệu quả là rất cần thiết.

2. Tổng quan về khu vực nghiên cứu

2.1. Vị trí khu vực nghiên cứu

Khu công nghiệp - đô thị - dịch vụ Phú Quý tại huyện Hoằng Hóa, tỉnh Thanh Hóa có tọa độ vào khoảng:

19°54’25.53”N đến 19°52’15.67”N vĩ độ Bắc; 105°48’48.41”E đến 105°49’20.50”E vĩ độ Đông.

Khu công nghiệp nằm trên địa bàn các xã Hoằng Quỳ, Hoằng Quý, Hoằng Kim, Hoằng Sơn, Hoằng Trinh, Hoằng Cát và Hoằng Xuyên, huyện Hoằng Hóa, tỉnh Thanh Hóa. Khu công nghiệp được bao quanh bởi sông Ấu ở phía Bắc, Sông Cầu Sai ở phía Đông, sông Lạch Trường ở phía Nam và tuyến đường Quốc Lộ 1A năm phía Tây. Khu vực quy hoạch tiếp giáp với tuyến đường 1A và tuyến đường sắt Bắc - Nam đây là 2 tuyến giao thông huyết mạnh Bắc Nam với tổng diện tích quy hoạch khoảng 545 ha *(Báo cáo tổng hợp tính toán thủy văn, thủy lực khu công nghiệp - dịch vụ - đô thị Phú Quý - Hoằng Hóa, Thanh Hóa, năm 2021).*

* *Tác giả liên hệ*
Email: vuthuhien@humg.edu.vn



Hình1. Vị trí khu vực nghiên cứu

2.2. Hiện trạng hệ thống tiêu thoát lũ khu vực nghiên cứu

Hệ thống tiêu thoát lũ khu vực nghiên cứu thuộc thành phần của hệ thống thủy lợi Bắc sông Mã, đi qua các xã Hoàng Kim, Hoàng Phú, Hoàng Quý, Hoàng Trinh, Hoàng Xuyên, Hoàng Cát, Hoàng Đạt thuộc địa phận huyện Hoàng Hóa, tỉnh Thanh Hóa. Hệ thống kênh tiêu trong khu vực khá phức tạp với nhiều kênh nhánh gom nước chảy qua các lưu vực tập trung nước ở hạ lưu. Do vậy, mức độ ngập úng, ứ nước khi xảy ra các trận lũ lớn trên lưu vực thường xuyên xảy ra. Hệ thống kênh tiêu chủ yếu chảy theo chế độ tự chảy và chịu ảnh hưởng của mực nước triều tại các cửa sông nơi hệ thống tiêu đổ ra *(Báo cáo tổng hợp tính toán thủy văn, thủy lực khu công nghiệp - dịch vụ - đô thị Phú Quý - Hoằng Hóa, Thanh Hóa, năm 2021).*



Hình 2. Sơ đồ hệ thống kênh tiêu chảy qua khu nghiên cứu

3. Phương pháp tính toán

Báo cáo sử dụng bộ công cụ mô hình MIKE để tính toán thủy văn thủy lực cho khu công nghiệp bao gồm: MIKE NAM, MIKE 11 HD, MIKE 21 FM, MIKE FLOOD và SWMM. Trong đó, MIKE NAM được sử dụng để tính toán thủy văn mưa rào dòng chảy cho các tiểu lưu vực thuộc khu vực nghiên cứu. MIKE 11 HD là mô đun mô phỏng thủy lực 1 chiều, được sử dụng để mô phỏng dòng chảy trong các kênh, sông thuộc khu vực nghiên cứu. MIKE 21 FM là mô đun thủy lực 2 chiều lưới phi cấu trúc, được sử dụng để mô phỏng quá trình ngập lụt vùng dự án. Mô đun MIKE FLOOD được sử dụng để kết nối MIKE 11 HD và MIKE 21 FM phục vụ mô phỏng ngập lụt của khu vực.

3.1. Dữ liệu đầu vào của mô hình

- Số liệu khí tượng gồm: số liệu bốc hơi tiềm năng và số liệu mưa giờ tại trạm Thanh Hóa, Sầm Sơn và trạm Lạch Trường (1957-2019).

- Số liệu thủy văn gồm: Số liệu mực nước giờ trạm Lèn, Giàng; Số liệu lưu lượng mực nước trạm Cửa Đạt (1998-2019); Số liệu điều tra vết lũ được thực hiện tháng 3 năm 2021.

- Số liệu địa hình trong sông và bình đồ địa hình khu vực dự án được đo tỷ lệ 1:500 và bình đồ lưu vực tỷ lệ 1:10.000.

3.2. Phân chia lưu vực

Toàn bộ Khu công nghiệp - đô thị - dịch vụ Phú Quý (Khu công nghiệp Phú Quý) huyện Hoằng Hóa, tỉnh Thanh Hóa có tổng diện tích tiêu khoảng 545 ha. Tổng diện tích lưu vực và vùng lân cận đổ trực tiếp ra sông Cầu Sài vào khoảng 52 km^2 và được chia làm các tiểu lưu vực cơ bản như Hình 3.



Hình 3. Phân chia tiểu lưu vực vùng nghiên cứu

Trong đó, LV3, LV4, LV4A và 1 phần LV5 thuộc phạm vi khu vực nghiên cứu. Các lưu vực LV1, LV2 là lưu vực tập trung nước ra nhập tại cuối kênh tiêu qua khu vực dự án. Lưu vực LV7, LV8, LV9 là lưu vực chuyển nước qua khu vực nghiên cứu qua các tuyến kênh. Lưu vực LV6 là lưu vực khu giữa của sông Cầu Sài.

3.3. Thiết lập mô hình 2 chiều

Khu vực nghiên cứu được mô phỏng tính toán bằng mô hình MIKE FLOOD, là mô hình thủy lực kết hợp mô phỏng dòng chảy 1 chiều trong sông kênh và mô hình 2 chiều chảy tràn trên bãi, rộng đồng.

MIKE FLOOD = MIKE 11 + MIKE 21

Trong đó:

- Mô hình MIKE 11 mô phỏng dòng chảy theo 1 chiều. Phù hợp mô phỏng dòng chảy trong lòng sông, kênh nơi dòng chảy chỉ phát triển theo 1 chiều là theo chiều dài của sông (theo phương X).

- Mô hình MIKE21 mô phỏng dòng chảy theo 2 chiều. Phù hợp mô phỏng cho các sông lớn, khu vực chảy qua bãi tràn, nơi dòng chảy phát triển cả theo chiều dài của sông và theo hướng tràn ra bờ sông để chảy ra miền đồng bằng (theo cả phương X và phương Y).

Mô hình 2 chiều được mô phỏng trong khu vực nghiên cứu có diện tích 17.5 km^2, được mô phỏng địa hình dưới dạng các ô lưới đa tuyến hình tam giác.

- Dữ liệu địa hình sử dụng trong mô phỏng bao gồm:

+ Bình đồ địa hình khu vực nghiên cứu, tỷ lệ 1:500;

+ Bình đồ địa hình toàn khu vực, tỷ lệ 1:10.000.

Điều kiện biên mô hình

Các điều kiện biên tính toán của mô hình thủy lực bao gồm:

- Biên trên: bao gồm thượng lưu trên các sông Mã, Chu, Bưởi, Vạn Bảo và các dòng chảy qua lưu vực nghiên cứu tại lưu vực bộ phận LV7, LV 8 và LV9.

- Biên nhập lưu: Quá trình lưu lượng của các nhánh kênh nhập lưu được tính từ mô hình mưa - dòng chảy Mike NAM, Urban (LV1, LV2, LV3, LV4, LV4A, LV5 và LV6).

- Biên dưới: Đường quá trình mực nước triều tại các cửa sông Lạch Sùng, Lạch Trường, cửa sông Mã.

Hiệu chỉnh kiểm định mô hình

Sơ đồ thuỷ lực đã được thiết lập cần phải được kiểm chứng qua ít nhất một trận lũ hoặc một chu kỳ triều đã xảy ra trong thực tế. Đối với khu vực nghiên cứu do là tiểu lưu vực nhỏ, nên trong khu vực không có trạm quan trắc mực nước, số liệu mực nước dùng để hiệu chỉnh, kiểm định mô hình sử dụng từ số liệu điều tra vết lũ lịch sử trên lưu vực trong khu vực dự án và khu vực lân cận.

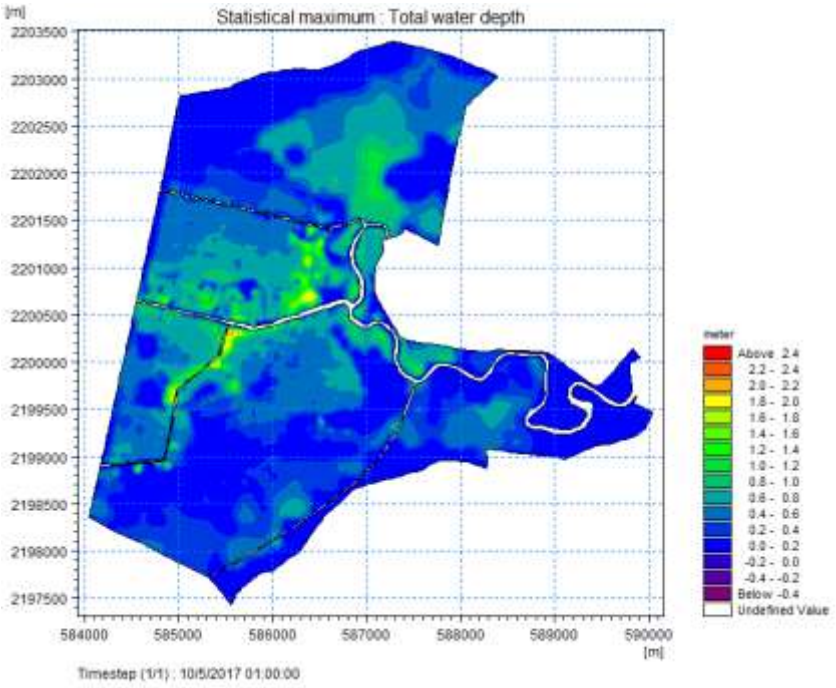
4. Kết quả và thảo luận

Các tác giả lựa chọn ra hai trận lũ tiêu biểu ứng với kịch bản mưa thiết kế P = 2% và kịch bản mưa thiết kế P = 5% để mô phỏng và đánh giá hiện trạng ngập lụt của khu vực.

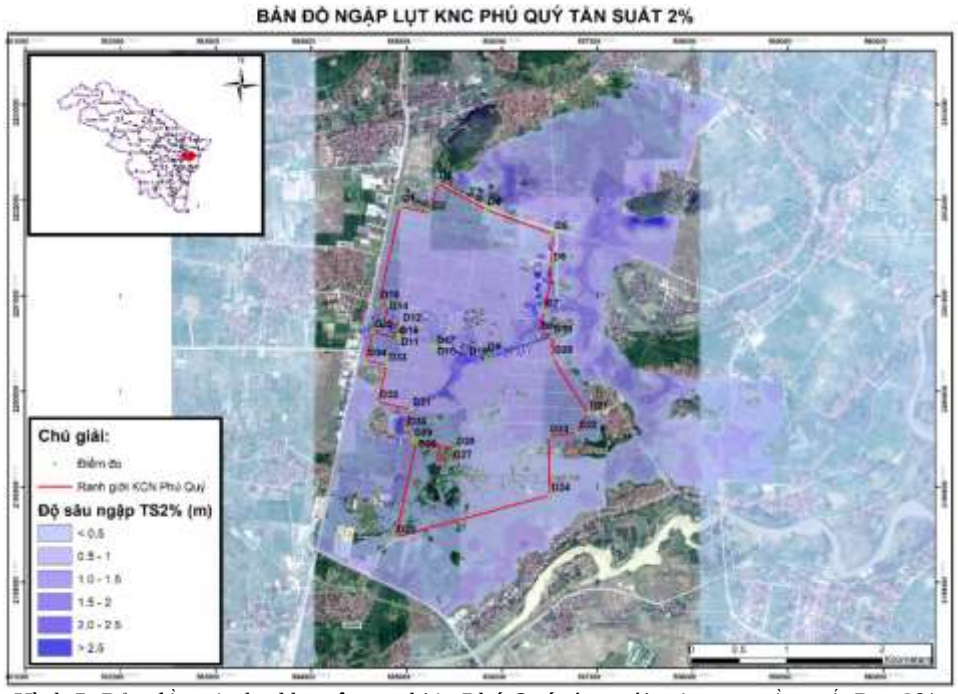
Kết quả hiện trạng ngập lụt gây ra bởi trận lũ ứng với tần suất mưa thiết kế P = 2% được trình bày trên Hình 4 và 5; ứng với tần suất mưa thiết kế P = 5% được trình bày trên Hình 6 và 7.

Khu công nghiệp dự kiến xây dựng thuộc đồng bằng ven biển bao quanh bởi các con sông lớn như sông Mã, sông Lèn, Lạch Trường, nằm trong vùng đã bị ngập do tổ hợp lượng mưa nội đồng lớn, lũ trong sông lớn giảm khả năng thoát lũ. Khu vực được bảo vệ bởi các tuyến đê bao, khi lũ lớn các tuyến đê bao bị vỡ, tràn sẽ gây ngập lụt trong khu vực trong dự án. Kết quả tính toán cho thấy cao trình ngập với tần suất mưa **2%** từ **2.38-2.55** m; đối với tần suất mưa thiết kế **5%** cao trình ngập của khu vực từ **2.3-2.44** m *(Quy phạm thủy lợi, tính toán các đặc trưng thủy văn thiết kế QP.TL C-6-77).*

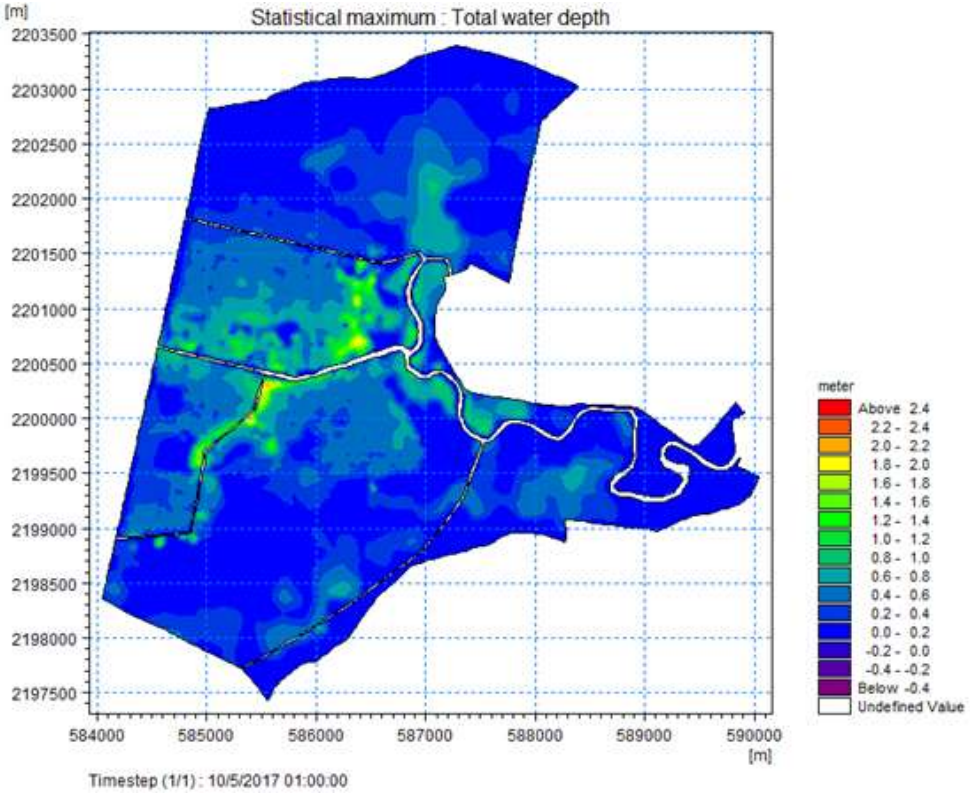
Chính vì thế, vấn đề xác định cao trình nền cho khu công nghiệp hoặc tường bao khu công nghiệp khi xây dựng có ý nghĩa quan trọng, chúng tôi đề xuất cao trình chống ngập lớn nhất của các các điểm khống chế trong khu vực nghiên cứu ứng với tần suất mưa 2% từ 2.88-3.05 m, đối với tần suất mưa thiết kế 5% mực nước chống ngập của khu vực từ 2.80-2.94 m (với hệ số an toàn a = 0.5) *(Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia QCVN 01:2019/BXD và Tiêu chuẩn Quốc gia về công trình thủy lợi TCVN 9152: 2012: Công trình thủy lợi - Quy trình thiết kế tường chắn CTTL).*



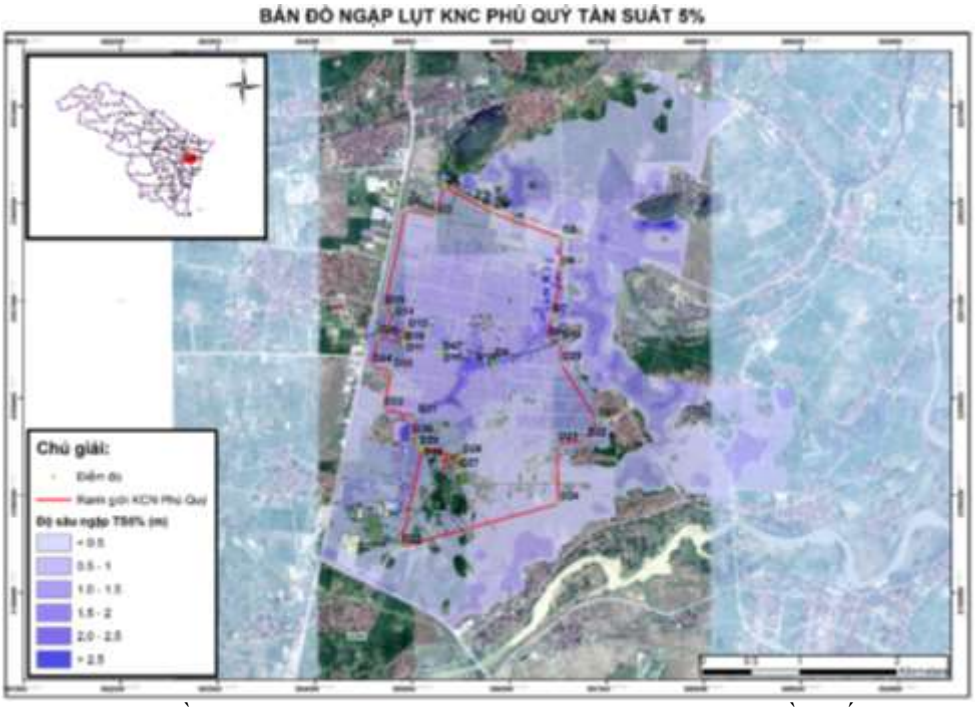
Hình 4. Kết quả tính toán độ sâu ngập khu vực nghiên cứu ứng với trận mưa tần suất P = 2%



Hình 5. Bản đồ ngập lụt khu công nghiệp Phú Quý ứng với trận mưa tần suất P = 2%



Hình 6. Kết quả tính toán độ sâu ngập khu vực dự án ứng với trận mưa tần suất P = 5%



Hình 7. Bản đồ ngập lụt khu công nghiệp Phú Quý ứng với trận mưa tần suất P = 5%

5. Kết luận

Khu vực nghiên cứu nằm ở phía Đông của tỉnh Thanh Hóa, giáp biển Đông, là vùng ảnh hưởng tực tiếp khi xảy ra bão và áp thấp nhiệt đới, có lượng mưa tương đối lớn của tỉnh. Để tính toán, đánh giá ngập lụt cho khu công nghiệp, các tác giả đã xây dựng mô hình thủy lực cho toàn bộ hệ thống sông Mã và khu vực nghiên cứu. Mô hình đã được hiệu chỉnh, kiểm định bằng các trận mưa, trận lũ năm 2017. Kết quả mô hình cho độ tin cậy cao đủ điều kiện áp dụng trong các tính toán nghiên cứu tiếp theo.

Mực nước cao trình chống ngập khu vực nghiên cứu đã được tính toán dựa trên các tiêu chuẩn, quy phạm trong thiết kế tính toán thủy văn, tính toán tiêu thoát nước đô thị hiện hành. Các thông số tính toán dựa trên số liệu mưa tiêu thiết kế 1, 3, và 5 ngày lớn nhất ứng với các tần suất 2% và 5% của các trạm quanh khu vực. Cao trình tường bao khu công nghiệp được xác định trên cơ sở căn cứ của *Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia QCVN 01:2019/BXD, Quy hoạch xây dựng, mục 2.8,* là tổng của 2 thành phần: Mực nước thiết kế ứng với tần suất (H_{tk}) và hệ số an toàn (a = 0,5 m). Kết quả tính toán đề xuất cao trình chống ngập khu vực nghiên cứu như sau: Mực nước thiết kế ứng 2% là 3.05 m, ứng với 5% là 2.94 m.

Tài liệu tham khảo

Báo cáo tổng hợp tính toán thủy văn, thủy lực khu công nghiệp - dịch vụ - đô thị Phú Quý - Hoằng Hóa, Thanh Hóa, năm 2021.

Bộ số liệu Khí tượng, Thủy văn trạm Thanh Hóa, trạm Lạch Trường, trạm Sầm Sơn 1957-2019, Bộ số liệu hải văn trạm Hải văn Sầm Sơn 1998-2019;

Quy phạm thủy lợi, tính toán các đặc trưng thủy văn thiết kế QP.TL C-6-77.

Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia QCVN 01:2019/BXD, Quy hoạch xây dựng, mục 2.8.

Tiêu chuẩn Quốc gia về công trình thủy lợi TCVN 9152: 2012: Công trình thủy lợi - Quy trình thiết kế tường chắn CTTL.

ABSTRACT

Calculation results and flood forecasts for Phu Quy Industrial Park - urban - service, Hoang Hoa district, Thanh Hoa province

Vu Thu Hien[1], Dao Duc Bang[1], Dinh Anh Tuan[2], Nguyen Thi Binh Minh[2]
[1] *Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Power Engineering Consulting Joint Stock Company 1*

Phu Quy Industrial Park - urban - service, located in Hoang Hoa district, Thanh Hoa province, is attached great importance to the province's economic policies. When the industrial park is completed, the area's drainage system will change, rainwater drained through the industrial park will be stored in the project's internal drainage canal system rather than in the lowlands, which greatly lowers the abi potential to store floodwaters in the drainage area's infield. Flood calculation and forecasting is a crucial step in determining and proposing anti-flooding heights for the area, resulting in the designing of a rainwater drainage canal system for the industrial park to ensure effective self-flowing drainage. In the article, the authors used a combination of hydrological and hydraulic modeling approaches to simulate, calculate, and forecast floods for the research area under two design rainfall frequency scenarios: 2% and 5%. As a consequence, with a 2% rainfall frequency, the research area has a flood elevation of 2.38-2.55 m, whereas with a 5% rainfall frequency, it is 2.3-2.44 m.

Keywords: design rainfall; flood elevation; drainage canal system

Xác định thông số dịch chuyển kim loại nặng từ thí nghiệm cột thấm không bão hoà bằng phương pháp mô hình số

Trần Vũ Long[1,*], Đặng Đức Nhận[2], Nguyễn Văn Lâm[2], Đào Đức Bằng[1], Vũ Thu Hiền[1]
[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Hội Địa chất thuỷ văn Việt Nam*

TÓM TẮT

Nghiên cứu về dịch chuyển kim loại nặng trong trầm tích, có rất nhiều phương pháp thí nghiệm để xác định các thông số dịch chuyển của kim loại nặng. Tuy nhiên, phương pháp sử dụng cột thấm trong phòng thí nghiệm là một trong những phương pháp đơn giản và hiệu quả. Nghiên cứu này sử dụng kết quả theo dõi thay đổi của hàm lượng kim loại nặng Niken (Ni), Kẽm (Zn), Cadimi (Cd) và Chì (Pb) đầu ra từ cột thấm. Vật liệu được đặt trong cột thấm là trầm tích cát thuộc tầng chứa nước tuổi Holocene tại khu vực cồn cát ven biển Tiến Thành, Bình Thuận ở độ sâu 0,7 m so với mặt đất và trầm tích sét pha cát thuộc tầng chứa nước tuổi Holocene khu vực Mẫn Xá, Bắc Ninh ở độ sâu 1 m. Phần mềm HYDRUS1D được sử dụng để mô phỏng và giải ngược các thông số dịch chuyển của các kim loại trên. Mô hình lan truyền ẩm van Genuchten - Mualem và mô hình hấp phụ 2 không cân bằng thành phần van Genuchten - Wagenet kết hợp Freundlich trong điều kiện bão hoà thay đổi và phương pháp bình phương phi tuyến tối thiểu được sử dụng để mô phỏng quá trình dịch chuyển của kim loại nặng trong cột thấm. Kết quả đối với cát Bình Thuận và sét pha cát Bắc Ninh cho thấy hệ số tương quan R^2 giữa đường cong lý thuyết và số liệu thí nghiệm có mức độ trùng khớp cao với giá trị 0,98 - 0,99. Các hệ số α_L biến đổi từ 0,00001 đến 1,44 cm, hệ số K_d biến đổi từ 0,61 đến 6,04 cm^3/ngày, hệ số β biến đổi từ 0,58 đến 1,17.

Từ khóa: Lan truyền ẩm; bão hoà thay đổi; kim loại nặng; Bình Thuận; Bắc Ninh

1. Đặt vấn đề

Ô nhiễm nguồn nước dưới đất đang là mối quan tâm lớn của công chúng ở các khu dân cư. Nguồn ô nhiễm bao gồm những đổ thải các hóa chất độc hại, từ các bãi chôn lấp các chất thải nguy hại, những bãi rác tập trung, các nguồn nước thải trong đó có các nước thải công nghiệp (Depountis, 2000). Rác thải chứa các chất độc hại đang trở thành một trong những vấn đề quan trọng hàng đầu đe dọa sức khoẻ và môi trường nói chung. Dịch chuyển các hóa chất từ bề mặt qua các lớp đất xuống tầng chứa nước dưới đất sẽ làm cho chất lượng nguồn tài nguyên quý giá không thể thiếu đối với con người cũng như hệ sinh thái nói chung bị hủy hoại.

Để giải quyết bài toán dịch chuyển chất ô nhiễm, đặc biệt là kim loại nặng, các thông số dịch chuyển của từng loại đất đá ở khu vực nghiên cứu là điều kiện tiên quyết. Tuy nhiên, quá trình dịch chuyển vật chất hoà tan nói chung, kim loại nặng nói riêng trong đất đá lại phụ thuộc vào cả bản thân kim loại nặng cũng như loại đất đá (Appelo và Postma, 2005). Tiến hành các thí nghiệm Tracer sử dụng kim loại nặng ngoài thực địa không phải lúc nào cũng có điều kiện thực hiện. Vì vậy, các thí nghiệm dịch chuyển trong cột thấm trong phòng thí nghiệm là các thí nghiệm thay thế tốt. Các thí nghiệm cột thấm trong phòng thí nghiệm đã được sử dụng từ rất lâu nhằm thực hiện các mô phỏng vật lý sát với điều kiện ngoài hiện trường (Lewis và Sjöstrom, 2010; Trần Vũ Long và nnk, 2022; Mojid và nnk, 2019). Tuy nhiên, mô phỏng những hiện tượng liên quan đến thủy lực trong đất là một vấn đề khó khăn do bản chất phức tạp và không đồng nhất của đất và có nhiều yếu tố cùng tham gia vào quá trình vận động cùng dòng nước thấm trong đất. Một số mô hình được đơn giản hóa chỉ mô tả những khái niệm ở quy mô hẹp đối với các quá trình vận động theo cơ chế vật lý (Božić và nnk, 2009; Celia và nnk, 1990; Foo và Hameed, 2009; Gylienė và nnk, 2009; Javadi và nnk, 2006; Li và nnk, 1999; Vomvoris và Gelhar, 1990) có mức độ ảnh hưởng đến dòng thấm trong tầng đất không bão hòa nước và quá trình dịch chuyển ô nhiễm theo dòng thấm trong đất.

Đối với thí nghiệm cột thấm, lưu lượng đầu vào và hàm lượng kim loại nặng ở đầu ra của cột được theo dõi theo thời gian. Có 2 cách để giải ngược các kết quả thí từ thí nghiệm này là sử dụng các phương pháp

* *Tác giả liên hệ:*
Email: tranvulong@humg.edu.vn

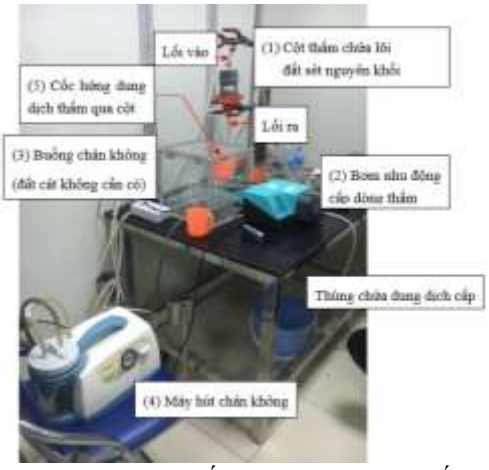
giải tích (Van Genuchten, 1981) hoặc sử dụng phương pháp số (Radcliffe và Simunek, 2018). Trong bài báo này, chúng tôi sử dụng phương pháp số thông qua phần mềm HYDRUS1D để xử lý tài liệu từ thí nghiệm cột thấm với 2 loại trầm tích cát thuộc tầng chứa nước tuổi Holocene tại khu vực cồn cát ven biển Tiến Thành, Bình Thuận ở độ sâu 0,7 m so với mặt đất và trầm tích sét pha cát thuộc tầng chứa nước tuổi Holocene khu vực Mẫn Xá, Bắc Ninh ở độ sâu 1 m.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Thí nghiệm cột thấm

2.1.1. Thực hiện thí nghiệm

Hệ thiết bị bao gồm cột thấm (1) chứa cột đất nghiên cứu, bơm nhu động bơm cấp dung dịch vào đầu cột thấm (2) với tốc độ bơm cấp có thể thay đổi được. Trong trường hợp cột đất là đất cát thì không cần có buồng chân không (3) nối với máy hút chân không (4) để hỗ trợ dòng thấm chảy qua cột, đặc biệt trong trường hợp cột đất là đất sét. Cốc hứng dung dịch thấm đặt phía dưới ống thu dung dịch (5). Mặt trên lớp đất được đặt một tấm giấy lọc hoặc một lớp bông thủy tinh để làm cho dung dịch cấp phân bố đều khắp bề mặt phẫu diễn cột đất. Mặt dưới cột đất cũng được lót một màng nylon trước khi vít tấm hợp kim nhôm có lỗ vào đáy ống nhằm không cho đất trong cột lọt ra ngoài theo nước thấm.



Hình 1. Hệ thiết bị thí nghiệm cột thấm

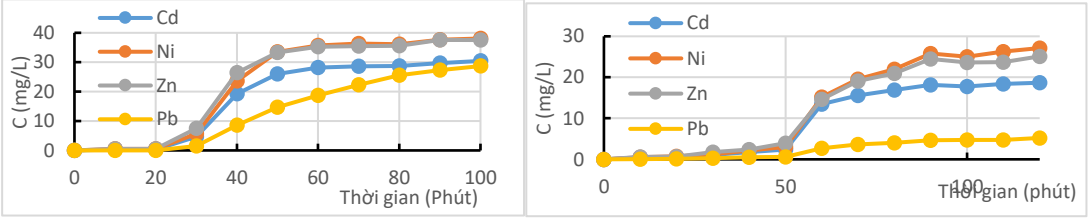
Trước khi cấp dung dịch chứa các ion kim loại nghiên cứu, cột đất được bơm rửa bằng nước khử ion đến khi trong nước rửa không có phát hiện vết các ion kim loại. Bước rửa cột đất đồng thời cũng là bước chuẩn tốc độ dòng chảy trong cột cho ổn định.

Các hoá chất Nickel Chloride ($NiCl_2$), Cadmium Nitrate ($CdNO_3$) (Trung Quốc), Kẽm Chloride ($ZnCl_2$) và chì acetat ($Pb(CH_3COO)_2$) (Merck) loại tinh khiết dùng cho phân tích (PA) đã được sử dụng trong nghiên cứu này. Các muối của Ni, Zn, Cd và Pb được pha trong dung dịch 0,1 M $CaCl_2$ là dung dịch có lực ion tương đương dung dịch nước trong đất (ASTM-D4646, 2016). Nồng độ dung dịch ban đầu của bốn ion kim loại nghiên cứu là 45 mg/L. Các loại trầm tích được sử dụng có các kết quả phân tích cơ lý như trong bảng sau:

Bảng 1. Một số tính chất cơ lý của trầm tích được sử dụng

Các thông số vật lý của đất	Trầm tích cát Bình Thuận	Trầm tích sét pha Bắc Ninh
Tỷ trọng đống, ρ (g/cm^3)	1,51	1,74
Tỷ trọng hạt, ρ_P (g/cm^3)	2,64	2,44
Độ rỗng của đất, θ	43	35,5
Độ ẩm, %	6,0	26,5
Thành phần cỡ hạt: cát:bột:sét (%)	95,2:4,8:<0.05	28,0:33,2:38,8

2.1.2. Kết quả thí nghiệm



Hình 2. Kết quả thí nghiệm đối với cát Bình Thuận và sét pha Bắc Ninh

Kết quả thí nghiệm là đường nồng độ thoát từ đầu ra của cột đất thí nghiệm theo thời gian, các mẫu nước theo dõi được phân tích theo các phương pháp TCVN 6665:2011 (ISO 11885:2007), TCVN 6197:2008.

2.2. Mô hình lan truyền kim loại nặng hoà tan trong môi trường có độ bão hoà thay đổi

2.2.1. Phương trình tổng quát của lan truyền ẩm

Chuyển động nước một chiều đồng đều (cân bằng) trong môi trường lỗ hổng cứng bão hòa một phần được mô tả bằng một dạng biến đổi của phương trình Richards (1931), sử dụng các giả định rằng pha khí

đóng vai trò không đáng kể trong quá trình dòng chảy lỏng và dòng chảy do các gradient nhiệt có thể bỏ qua:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left[K\left(\frac{\partial h}{\partial x} + cosa\right)\right] - S \quad (1)$$

Trong đó, *h* là áp suất nước [L], θ là hàm lượng nước thể tích [L^3L^{-3}], *t* là thời gian [T], *x* là tọa độ không gian [L] (dương hướng lên trên), *S* là lượng thoát [$L^3L^{-3}T^{-1}$], α là góc giữa hướng dòng chảy và trục thẳng đứng, và *K* là hàm hệ số thấm chưa bão hòa [LT^{-1}] được cho bởi:

$$K(h, x) = K_s(x)K_r(h, x) \quad (2)$$

Trong đó, K_r là hệ số thấm thủy lực tương đối [-] và K_s là hệ số thấm bão hòa [LT^{-1}].

Các tính chất thủy động học của đất không bão hòa, được ký hiệu là θ(h) và K(h), trong phương trình (1) thường là các hàm phi tuyến tính của áp suất trong đất. Có năm mô hình phân tích khác nhau cho các tính chất thủy động học bao gồm Brooks (1964); Durner (1994); Kosugi (1996); Van Genuchten (1980); Vogel và Cislerova (1988).

Các hàm giữ nước đất, θ(h) và dẫn nước thủy động, K(h), theo Brooks (1964) được biểu diễn bởi:

$$S_e = \begin{cases} |ah|^{-n} & h < -1/a \\ 1 & h = -1/a \end{cases}$$
$$K = K_s S_e^{2/n+l+2} \quad (3)$$

Trong đó, S_e là độ bão hoà hiệu quả:

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad (4)$$

Trong đó, θ_r và θ_s biểu thị nồng độ nước còn lại và nước bão hòa tương ứng; K_s là dẫn nước thủy động bão hòa; α là nghịch đảo của giá trị áp suất khí (hoặc áp suất bọt khí); *n* là chỉ số phân phối kích thước lỗ, và *l* là tham số kết nối lỗ giả định là 2.0 trong nghiên cứu gốc của Brooks (1964). Các tham số α, *n* và *l* trong HYDRUS được coi là các hệ số kinh nghiệm ảnh hưởng đến hình dạng của các hàm thủy động.

HYDRUS cũng triển khai các chức năng thủy lực đất của Van Genuchten (1980), người đã sử dụng mô hình phân phối kích thước lỗ thông thống kê của Mualem (1976) để thu được một phương trình dự đoán cho hàm dẫn khí thủy nhiệt không bão hòa theo các tham số giữ nước đất. Các biểu thức của Van Genuchten (1980) được cho bởi

$$\theta(h) = \begin{cases} \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1+|ah|^n]^m} & h < 0 \\ \theta_s & h = 0 \end{cases} \quad (5)$$

$$K(h) = K_s S_e^l \left[1 - \left(1 - S_e^{1/m}\right)^m\right]^2 \quad (6)$$

Trong đó,

$$m = 1\text{-}1/n,\ n > 1 \quad (7)$$

Các phương trình trên chứa năm tham số độc lập: θ_r, θ_s, α, *n* và K_s. Tham số kết nối lỗ rỗng trong hàm tính hệ số thấm thuỷ lực được ước tính theo Mualem (1976) là khoảng 0,5 trung bình cho nhiều loại đất.

2.2.2. Mô hình dịch chuyển chất hoà tan hấp phụ 2 thành phần

Khái niệm về hấp phụ hai thành phần của Selim và nnk (1987) và Van Genuchten và Wagenet (1989) được áp dụng trong HYDRUS để cho phép xem xét các phản ứng hấp phụ - giải hấp phụ không cân bằng. Khái niệm hấp phụ hai thành phần giả định rằng các phía hấp phụ có thể được chia thành hai phần:

$$s_k = s_k^e + s_k^k \qquad k\ \varepsilon(1, n_s) \quad (8)$$

Phần loại 1: Hấp phụ trên phần này được giả định là tức thì;

Phần loại 2: Hấp phụ trên phần này được xem xét là phụ thuộc vào thời gian.

Trong trường hợp này, hấp phụ (s_k^e) trên một phần của các thành phần (các thành phần loại 1) được giả định là tức thì, trong khi hấp phụ (s_k^k) trên các thành phần còn lại (loại 2) được xem xét là phụ thuộc vào thời gian. Ở trạng thái cân bằng, chúng ta có:

$$s_k^e = f s_k \qquad k\ \varepsilon(1, n_s) \quad (9)$$

$$s_k^k = (1 - f)s_k \qquad k\ \varepsilon(1, n_s) \quad (10)$$

Ở đây, *f* là tỷ lệ của các thành phần trao đổi được giả định ở trạng thái cân bằng với pha dung dịch [-]. Vì các thành phần hấp phụ loại 1 luôn ở trạng thái cân bằng, việc vi phân của phương trình (11) ngay lập tức cho ra tốc độ hấp phụ cho các thành phần cân bằng loại 1.

$$\frac{\partial s_k^e}{\partial t} = f\frac{\partial s_k}{\partial t} \qquad k\ \varepsilon(1, n_s) \quad (11)$$

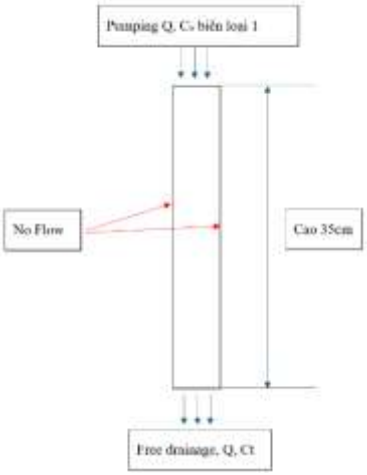
Hấp phụ trên các thành phần không cân bằng loại 2 được giả định là quá trình tốc độ động học bậc nhất. Theo Toride và nnk (1993), phương trình cân bằng khối lượng cho các thành phần loại 2 trong điều kiện

có sự sản xuất và phân hủy được cho bởi:

$$\frac{\partial s^k}{\partial t} = \omega_k[(1-f)\frac{k_{s,k}c_k^{\beta_k}}{1+\eta_k c_k^{\beta_k}} - s^k] - (\mu_{s_k} + \mu_{i^s})s_k^k + (1-f)\gamma_{s,k} \qquad k\ \varepsilon(1, n_s) \qquad (12)$$

Trong đó, ω_k là tỷ lệ hằng số bậc 1 cho chất hoà tan k_{th} $[T^{-1}]$.

2.3.Xây dựng mô hình và tính toán



Hình 3. Mô hình khái niệm cột thấp trong phòng thí nghiệm

Để mô phỏng dịch chuyển của kim loại nặng trong các thí nghiệm nêu trên, mô hình khái niệm hệ thống được thiết lập với các điều kiện biên và đầu vào như Hình 3. Mô hình khái niệm được trình bay như sau:

- Cột thấm được mô phỏng bằng 1 cột có chiều dài 35 cm.
- Phía trên đỉnh cột là nguồn vào bao gồm *Q* cho nước bơm vào và nồng độ *C*.
- Phía dưới cột là nguồn ra được chọn là free - drain mô phỏng thoát nước tự do.
- 2 bên cột được coi là biên giới no-flow không có dòng thấm cắt ngang qua.

Mô hình số được thực hiện nhằm mô phỏng lại thí nghiệm trên phần mềm HYDRUS 1D với phương pháp tính toán phần tử hữu hạn 1 chiều.

Thông số mô phỏng có: Chiều dài cột thấm: 35 cm; Số lượng phần tử hữu hạn 351 với 350 elements, 351 nodes tương ứng 0,1 cm/element; Lưu lượng đầu vào được giữ cố định ở đầu trên của cột. Hàm lượng đầu vào được gán bằng hàm lượng không đổi bằng với hàm lượng kim loại làm thí nghiệm; Thời gian mô phỏng tương đương với thí nghiệm; Số liệu phân tích mẫu nước đầu ra được lấy theo kết quả thí nghiệm; Bước thời gian nhỏ nhất 1E-5 phút và lớn nhất là 1 phút; Giá trị ban đầu của hàm lượng nước được gán bằng giá trị min của độ ẩm đo được trên thực địa và trong cột; Giá trị ban đầu của hàm lượng kim loại nặng trong mô hình được gán bằng 0 mg/L.

3 Điểm quan trắc được đưa vào mô hình với vị trí node 1, 175 và 351 để theo dõi biến động của hàm lượng chất hoà tan trong nước.

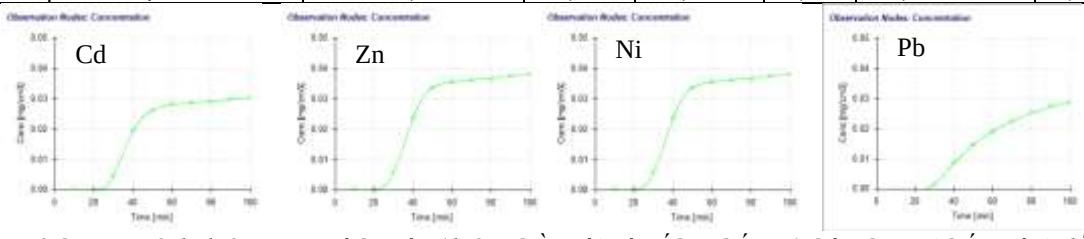
Mô hình dòng chảy được sử dụng là mô hình Van Genuchten (1980) với 5 tham số tính toán. Mô hình dịch chuyển vật chất được sử dụng là mô hình hấp phụ 2 phía với trạng thái không cân bằng hoá học (Selim và nnk, 1987; Van Genuchten và Wagenet, 1989). Giá trị ban đầu của mô hình dòng chảy theo mô hình van Genuchten - Mualem thông qua dự báo bằng mạng nơ-ron (Van Genuchten và nnk, 2003).

3. Kết quả và thảo luận

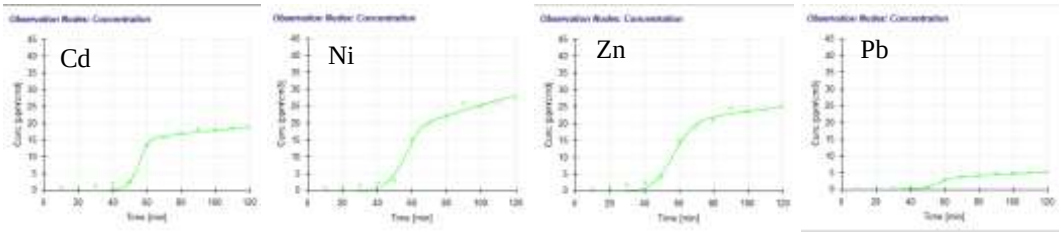
Mô hình được xây dựng chạy và sử dụng chỉnh lý tự động theo phương pháp ước lượng sai số nhỏ nhất phi tuyến (Non-linear least-squares) (Box, 1969). Kết quả tính toán được đưa ra ở các hình bên dưới.

Bảng 2. Kết quả chỉnh lý thông số lan truyền ẩm

Mẫu	θ_r	θ_s	α (1/cm)	n	K_s (cm/phút)	I
Cát Bình Thuận	0,0481	0,3711	0,023	3,016	0,533028	0,5
Sét pha cát bột Bắc Ninh	0,1	0,39	0,059	1,48	0,0218333	0,5



Hình 4. So sánh đường cong tính toán (đường liền nét) và số liệu kết quả thí nghiệm (chấm tròn) đối với cát Bình Thuận



Hình 5. So sánh đường cong tính toán (đường liền nét) và số liệu kết quả thí nghiệm (chấm tròn) đối với sét pha Bắc Ninh

Bảng 3. Kết quả chỉnh lý thông số dịch chuyển

STT	Kim loại	αL (cm)	D_L (cm^2 /phút)	Frac	Kd (cm^3/g)	Beta (Freundlich exponent)	ω (1/Phút)	RSQUARE
Cát Bình Thuận								
1	Cd	0,86	1,15	0,13	0,95	0,89	0,0045	0,99
2	Ni	0,38	0,51	0,36	0,78	1,15	0,009	0,99
3	Zn	0,45	0,6	0,33	0,61	1,07	0,01	0,99
4	Pb	0,62	0,83	0,37	0,33	0,62	0,013	0,99
Sét pha cát bột Bắc Ninh								
5	Cd	0,17	0,9	0,09	3,5	0,95	0,0035	0,99
6	Ni	1,44	7,92	0,23	6,04	0,58	0,0071	0,99
7	Zn	0,3	1,56	0,18	1,14	1,1	0,0054	0,99
8	Pb	1,47e-4	0,000008	0,047	4,03	1,17	0,004	0,99

4. Kết luận

Đối với mô hình của cột thấm với 4 kim loại cho thấy mức độ chỉnh lý giữa tài liệu thí nghiệm và mô hình số có sự trùng khớp lớn với $R^2 \sim 0,99$. Kết quả mô phỏng và tính toán là tin cậy cao. Kết quả của cả 2 thí nghiệm đều cho thấy tốc độ di chuyển của Ni và Zn cao hơn Cd và Pb là thấp nhất. Đất cát Bình Thuận cho thấy tốc độ di chuyển của các kim loại tổng thể cao hơn so với sét pha cát bột Bắc Ninh. Tuy nhiên, lượng kim loại bị giữ lại trong sét pha cát bột Bắc Ninh cao hơn so với Bình Thuận thể hiện bởi các tham số Kd và Beta. Mô hình di chuyển của kim loại nặng trong đất tuân thủ chặt chẽ mô hình dịch chuyển 2 thành phần không cân bằng hoá học.

Lời cảm ơn

Các tác giả cảm ơn đề tài ĐTĐLCN.86/21 đã cung cấp các số liệu thực hiện bài báo này.

Tài liệu tham khảo

Appelo, C. A. J., & Postma, D. 2005. *Geochemistry, groundwater and pollution* (2. ed.). A.A. Balkema Publishers.

ASTM-D4646. 2016. Standard test method for 24-h batch-type measurement of contaminant sorption by soils and sediments. In *Annual Book of ASTM Standards* (Vol. 4).

Box, M. 1969. Non-linear optimization techniques. *Nomograph No. 5, IC I, 20*.

Božić, D., Stanković, V., Gorgievski, M., Bogdanović, G., & Kovačević, R. 2009. Adsorption of heavy metal ions by sawdust of deciduous trees. *Journal of hazardous materials*, *171*(1-3), 684-692.

Brooks, R. 1964. Hydraulic properties of porous. *Media, In Hydrol. Pap., 3*, 1-27.

Celia, M. A., Bouloutas, E. T., & Zarba, R. L. 1990. A general mass‐conservative numerical solution for the unsaturated flow equation. *Water Resources Research*, *26*(7), 1483-1496.

Depountis, N. 2000. *Geotechnical centrifuge modelling of capillary phenomena and contaminant migration in unsaturated soils* University of Wales. Cardiff].

Durner, W. 1994. Hydraulic conductivity estimation for soils with heterogeneous pore structure. *Water Resources Research*, *30*(2), 211-223.

Foo, K., & Hameed, B. 2009. An overview of landfill leachate treatment via activated carbon adsorption process. *Journal of hazardous materials*, *171*(1-3), 54-60.

Gylienė, O., Binkienė, R., & Butkienė, R. (2009). Sorption of Cu (II) complexes with ligands tartrate, glycine and quadrol by chitosan. *Journal of hazardous materials*, *171*(1-3), 133-139.

Javadi, A., Al-Najjar, M., & Elkassas, A. (2006). Numerical modelling of contaminant transport in unsaturated soils. 5th ICEG Environmental Geotechnics: Opportunities, Challenges and Responsibilities for Environmental Geotechnics: Proceedings of the ISSMGE's fifth international congress organized by the Geoenvironmental Research Centre, Cardiff University and held at Cardiff City Hall on 26–30th June 2006,

Kosugi, K. i. 1996. Lognormal distribution model for unsaturated soil hydraulic properties. *Water Resources*

Research, *32*(9), 2697-2703.
Lewis, J., & Sjöstrom, J. 2010. Optimizing the experimental design of soil columns in saturated and unsaturated transport experiments. *Journal of contaminant hydrology*, *115*(1-4), 1-13.
Li, X., Cescotto, S., & Thomas, H. R. 1999. Finite-element method for contaminant transport in unsaturated soils. *Journal of hydrologic engineering*, *4*(3), 265-274.
Long, Y., Huang, T., Zhang, F., & Zhao, Y. 2022. Soil column experimental study on the effect of soil structure disturbance on water chemistry. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(23), 15673.
Mojid, M., Hossain, A., & Wyseure, G. 2019. Impacts of municipal wastewater on basic soil properties as evaluated by soil column leaching experiment in laboratory. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *19*, 402-412.
Mualem, Y. (1976). A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resources Research*, *12*(3), 513-522.
Radcliffe, D. E., & Simunek, J. 2018. *Soil physics with HYDRUS: Modeling and applications*. CRC press.
Richards, L. A. (1931). Capillary conduction of liquids through porous mediums. *physics*, *1*(5), 318-333.
Selim, H., Schulin, R., & Flühler, H. 1987. Transport and ion exchange of calcium and magnesium in an aggregated soil. *Soil science society of America Journal*, *51*(4), 876-884.
Toride, N., Leij, F. J., & van Genuchten, M. T. 1993. A comprehensive set of analytical solutions for nonequilibrium solute transport with first‐order decay and zero‐order production. *Water Resources Research*, *29*(7), 2167-2182.
Van Genuchten, M. T. 1980. A closed‐form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil science society of America Journal*, *44*(5), 892-898.
Van Genuchten, M. T. 1981. *Non-equilibrium transport parameters from miscible displacement experiments*.
Van Genuchten, M. T., Simunek, J., Schaap, M. G., & Skaggs, T. H. 2003. Unsaturated Zone Parameter Estimation Using the HYDRUS and Rosetta Software Packages. *Multimedia Environmental Models; Nuclear Regulatory Commission: Rockville, MD, USA*, 41.
Van Genuchten, M. T., & Wagenet, R. 1989. Two‐site/two‐region models for pesticide transport and degradation: Theoretical development and analytical solutions. *Soil science society of America Journal*, *53*(5), 1303-1310.
Vogel, T., & Cislerova, M. 1988. On the reliability of unsaturated hydraulic conductivity calculated from the moisture retention curve. *Transport in porous media*, *3*, 1-15.
Vomvoris, E. G., & Gelhar, L. W. 1990. Stochastic analysis of the concentration variability in a three‐dimensional heterogeneous aquifer. *Water Resources Research*, *26*(10), 2591-2602.

ABSTRACT

Determining Heavy Metal Transport Parameters from Unsaturated Column Leaching Experiments Using Numerical Modeling Methods

Tran Vu Long[1], Dang Duc Nhan[2], Nguyen Van Lam[2], Dao Duc Bang[1], Vu Thu Hien[1]
[1] *Hanoi University of Mining and Geology*
[2] *Vietnam Association of Hydrogeology*

In the study of heavy metal transport in trầm tích, there are many experimental methods to determine the transport parameters of heavy metals. However, laboratory column leaching experiments are one of the simplest and most effective methods. This study uses results from monitoring changes in the output concentration of heavy metals Nickel (Ni), Zinc (Zn), Cadmium (Cd), and Lead (Pb) from the leaching column. The material packed in the leaching column includes sand sediments from the Holocene aquifer at a depth of 0.7m from the surface at the coastal dunes of Tien Thanh, Binh Thuan, and clayey sand sediments from the Holocene aquifer at a depth of 1m from the surface at Man Xa, Bac Ninh. The HYDRUS-1D software is used to simulate and inversely solve the transport parameters of these metals. The van Genuchten-Mualem moisture transport model and the two-component non-equilibrium van Genuchten-Wagenet adsorption model combined with Freundlich under varying saturation conditions and the nonlinear least squares method are used to simulate the heavy metal transport process in the leaching column. The results for Binh Thuan sand and Bac Ninh clayey sand show that the correlation coefficient R2 between the theoretical curve and experimental data has a high degree of consistency, with values ranging from 0.98 to 0.99. The α_L coefficients vary from 0.00001 to 1.44 cm, the K_d coefficients vary from 0.61 to 6.04 cm³/day, and the β coefficients vary from 0.58 to 1.17.

Keywords: Unsaturated flow; variable saturation; heavy metals; Binh Thuan; Bac Ninh

Nghiên cứu chế tạo, thử nghiệm thiết bị nút trám xi măng trong khoan thăm dò địa chất tại mỏ Ngã Hai, Quảng Ninh

Nguyễn Bách Thảo[1,*], Trương Công Hưng[2], Phạm Văn Khải[2], Đỗ Quang Mạnh[2], Nguyễn Quang Tuấn[3]

[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Công ty Cổ phần Tin học, Công nghệ và Môi trường (VITE)*
[3] *Trường Đại học Thủy Lợi*

TÓM TẮT

Thăm dò khoáng sản trong khai thác mỏ là hoạt động nhằm xác định trữ lượng, chất lượng khoáng sản và các thông tin khác phục vụ khai thác khoáng sản. Đối với khu mỏ than Quảng Ninh, do ảnh hưởng của quá trình khai thác mỏ lộ thiên và hầm lò, địa tầng càng bị biến đổi, dập vỡ mạnh mẽ gây nhiều khó khăn cho công tác khoan thăm dò. Tại các địa tầng có các lớp đá bị dập vỡ, nứt nẻ khi khoan qua rất dễ xảy ra hiện tượng mất nước, hiện tượng đá ở thành lỗ khoan trồi ra (do đá vách của lỗ khoan yếu hoặc mất cân bằng áp suất) có thể gây sự cố kẹt bộ dụng cụ khoan. Biện pháp khắc phục thường được áp dụng là bơm trực tiếp xi măng vào lỗ khoan để tăng kết cấu, giữ ổn định thành lỗ khoan. Tuy nhiên, nhiều giải pháp trám xi măng đang áp dụng chưa đạt hiệu quả cao do áp lực bơm trám xi măng không cao, lượng xi măng không đi sâu vào trong các khe nứt, đới dập vỡ cũng như không xử lý được hiện tượng nước phun, dẫn đến giảm năng suất và tăng chi phí công tác khoan thăm dò. Bộ nút trám xi măng cho các cấp đường kính ϕ132, ϕ112, ϕ93 và ϕ76 đã được nghiên cứu, chế tạo và áp dụng thử nghiệm trong các lỗ khoan thăm dò khu vực mỏ Hà Ráng và Ngã Hai (Quảng Ninh) cho thấy hiệu quả rõ rệt trong các địa tầng phức tạp đồng thời dễ chế tạo, thi công với chi phí thấp.

Từ khóa: nút trám xi măng, sự cố, mất nước, khoan thăm dò, mỏ than Ngã Hai

1. Giới thiệu chung

Theo đánh giá, thống kê từ các đơn vị khoan thi công lâu năm khu vực mỏ Quảng Ninh, rất nhiều lớp đất đá thải hoặc địa tầng địa chất có thành phần và cấu trúc phức tạp, hỗn độn, bị dập vỡ, nứt nẻ khi khoan qua rất dễ xảy ra hiện tượng mất nước, hiện tượng đá ở thành lỗ khoan trồi ra (do đá vách của lỗ khoan yếu hoặc mất cân bằng áp suất) dễ gây sự cố kẹt bộ dụng cụ khoan. Các đơn vị thi công thường sử dụng sử dụng hình thức bơm trực tiếp xi măng vào trong lỗ khoan để tăng kết cấu thành lỗ khoan [1]. Hỗn hợp xi măng với nước theo tỷ lệ kinh nghiệm rồi bơm qua cần khoan xuống khoảng địa tầng cần gia cố. Khi xi măng đông cứng (thường 2 - 5 ngày), tiến hành khoan phá qua khối xi măng rồi tiếp tục phát triển chiều sâu. Với phương pháp này, lớp xi măng bám quanh thành lỗ khoan thường mỏng không được ổn định, xi măng không đi sâu được vào trong khe nứt, lỗ rỗng và không xử lý được hiện tượng nước phun (khi gặp tầng nước có áp). Dưới áp lực cao của dung dịch khoan và sự va đập của bộ cần khoan, lớp xi măng ở thành lỗ khoan không giữ được sự ổn định theo yêu cầu kỹ thuật có thể lại gây ra sự cố [5]. Trên thực tế, đã có nhiều lỗ khoan đã phải bơm trám xi măng nhiều lần dẫn tới giảm năng suất, tiêu tốn nhiều công sức và chi phí, thậm trí phải khoan lại từ đầu [3]. Hiện vẫn chưa có loại dung dịch khoan hay hóa phẩm nào có khả năng giữ được ổn định thành lỗ khoan và chống mất nước (dung dịch). Hầu hết các loại dụng cụ nút trám xi măng hiện có cho thấy ở Việt Nam và trên thế giới có nhiều thiết kế khác nhau và ứng dụng cho các điều kiện địa chất khác nhau và nhiều lĩnh vực khác nhau. Tuy nhiên, đa số các thiết bị nút có cấu tạo phức tạp, chi phí cao và yêu cầu về thiết bị và công nghệ cho thao tác lắp đặt cũng phức tạp [2,4].

Khu mỏ Ngã Hai có cấu trúc địa chất rất phức tạp, bao gồm các hệ thống nếp uốn và đứt gãy [6]. Mỏ than Ngã Hai tồn tại 2 nếp lồi và 3 nếp lõm chính, cùng với đó là rất nhiều các đứt gẫy thuận và ngịch. Các đứt gãy có cự ly dịch chuyển 2 cánh và chiều dày của đới hủy hoại lớn. Điển hình như các đứt gãy Bắc Huy, F.1, F.2, F.M, F.D…

Địa tầng chứa than của khu mỏ Ngã Hai có 35 vỉa than có chiều dày từ rất mỏng, mỏng đến trung bình. Các vỉa than có cấu tạo từ đơn giản đến phức tạp và vô cùng phức tạp. Do khu mỏ có nhiều vỉa than và đứt gãy nên đất đá mềm yếu tập trung nhiều dọc thành lỗ khoan. Cùng với đó là các lớp sét kết xen kẽ trong các lớp bột kết và tập trung gần các vỉa than. Sự cố xảy ra chủ yếu ở những địa tầng mềm yếu này. Đất đá

* *Tác giả liên hệ:*
Email: nguyenbachthao@humg.edu.vn

tại đây mềm bở gặp nước dễ trương nở gây sập lở mạnh thành lỗ khoan.

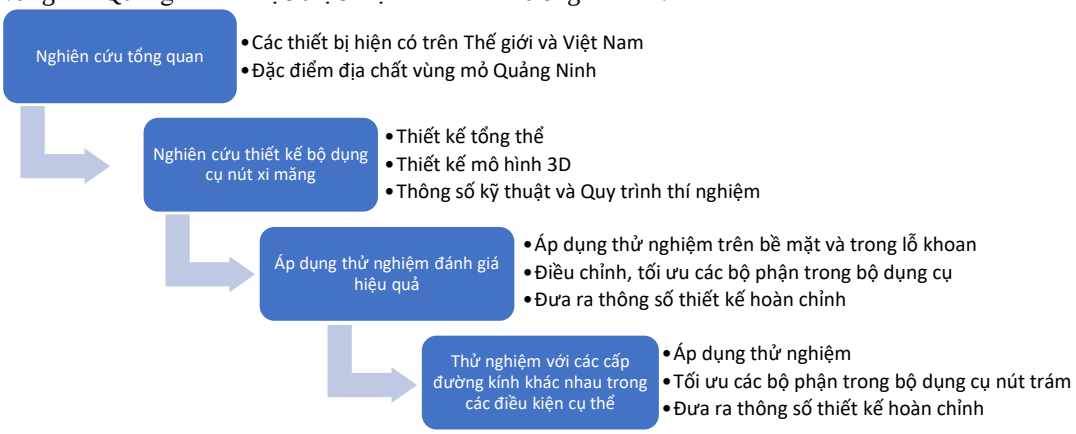
Vì vậy, cần có những nghiên cứu chế tạo thiết bị nút trám xi măng trong thi công khoan thăm dò địa chất có thể áp dụng hiệu quả cho khu vực mỏ Quảng Ninh nhằm giảm thiểu ảnh hưởng của các sự cố nêu trên khi thi công khoan thăm dò địa chất ở những khu vực có địa tầng phức tạp.

2. Nghiên cứu thiết kế, gia công chế tạo thiết bị nút trám xi măng

2.1. Quy trình nghiên cứu, thiết kế, chế tạo bộ dụng cụ nút trám xi măng

Mục tiêu đặt ra cho nghiên cứu này là thiết kế bộ dụng cụ nút trám xi măng có tác dụng ngăn cách lỗ khoan thành những đoạn khác nhau giúp gia tăng áp lực khi bơm xi măng để ổn định thành vách đối với tầng đất đá nứt nẻ mạnh hoặc nước phun phù hợp với những lỗ khoan thăm dò mỏ Ngã Hai nói riêng và khu mỏ Quảng Ninh nói chung. Bộ dụng cụ cần được chế tạo phải dễ dàng đưa xuống lỗ khoan, an toàn khi bơm trám xi măng với áp lực cao. Các yêu cầu kỹ thuật về khả năng chế tạo, sửa chữa cũng như chi phí sản xuất cũng được xem xét đến trong quá trình thiết kế thử nghiệm.

Quy trình nghiên cứu và chế tạo, áp dụng thử nghiệm tại các lỗ khoan trong các địa tầng phức tạp thuộc vùng mỏ Quảng Ninh được thực hiện theo sơ đồ trong Hình 1:



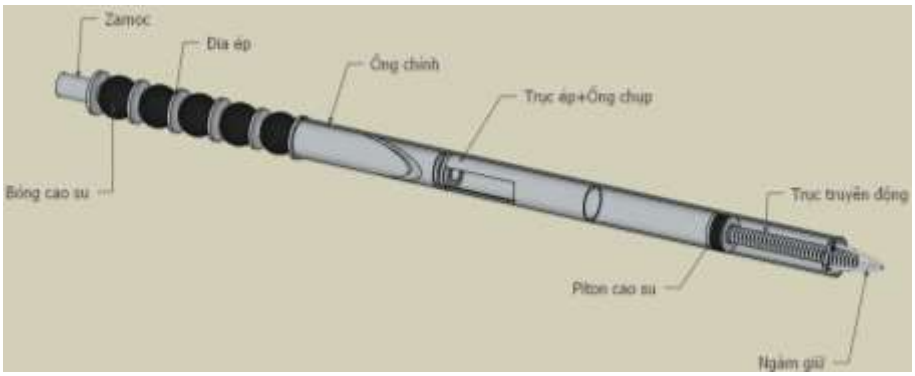
Hình 1. Quy trình nghiên cứu và chế tạo, áp dụng thử nghiệm bộ dụng cụ nút trám xi măng

Để thiết kế bộ dụng cụ nút trám xi măng, nhóm nghiên cứu bắt đầu với lựa chọn thiết kế cho cấp đường kính ϕ112 và áp dụng thí điểm bộ dụng cụ cho cấp đường kính này. Bộ nút trám xi măng đầu tiên này chế tạo với cấp đường kính ϕ112. Vì đây là cấp đường kính phổ biến tại các lỗ khoan thăm dò địa chất khu vực mỏ, kích thước của chúng tôi bộ này chế tạo sẽ dễ dàng, thí nghiệm đơn giản và tiết kiệm chí phí nhất so với các cấp đường kính khác.

Hơn nữa trong thực tế, cấp đường kính ϕ112 thì các lỗ khoan chưa tiến quá sâu, thường ở độ sâu khoảng dưới 150 m nên quá trình thí nghiệm mô phỏng trên mặt đất cũng như thí nghiệm thực tế ngoài thực địa trong các lỗ khoan sẽ dễ dàng hơn rất nhiều.

2.2. Thiết kế tổng thể bộ dụng cụ nút trám xi măng cho cấp đường kính ϕ112

Bản vẽ thiết kế tổng thể bộ dụng cụ như trong hình, bộ dụng cụ nút trám xi măng lỗ khoan có 7 cấu kiện chính bao gồm: zamoc, đĩa ép, bóng cao su, trục ép, ống chính, ống chụp, piston cao su, trục truyền động và ngàm giữ (Hình 2). Từ bản vẽ kỹ thuật và mô hình thiết kế tổng thể 3D, tiến hành gia công từng cấu kiện và hoàn thiện kết nối bộ dụng cụ thử nghiệp cho cấp đường kính ϕ112 (Hình 3).



Hình 2. Thiết kế mô phỏng 3D bộ dụng cụ nút trám xi măng cấp đường kính ϕ112

Nguyên lý hoạt động của bộ dụng cụ: Xi măng sẽ được bơm xuống theo cột cần khoan đi qua ống chính

và đi thẳng xuống piston truyền động để mở ngàm. Sau khi ngàm đã mở giúp cố định bộ dụng cụ vào thành lỗ khoan tiến hành ép cột cần khoan làm biến dạng các trái bóng cao su trong quá trình ép các trái bóng cao su, trục ép và ống chụp sẽ chuyển động tịnh tiến đi xuống khi đó lỗ thoát trên trục ép sẽ trùng với lỗ thoát trên trục chính giúp thoát xi măng ra ngoài. Khi quá trình bơm trám xi măng kết thúc, tiến hành nâng đầu máy và cột cần khoan để trục ép và ống chụp chuyển động tịnh tiến đi lên, giúp các trái bóng cao su trở về trạng thái ban đầu từ đó dễ dàng thu hồi bộ dụng cụ.



Hình 3. Hình ảnh bộ dụng cụ được gia công theo thiết kế cho cấp đường kính ϕ112

3. Áp dụng thử nghiệm thiết bị nút trám xi măng trong điều kiện khu vực mỏ Quảng Ninh

Sau khi thiết kế kỹ thuật, sản xuất thử nghiệm và xây dựng quy trình thử nghiệm, bộ dụng cụ đường kính ϕ112 (Hình 4) được áp dụng trên mặt đất và trong lỗ khoan nông để kiểm tra cơ chế cũng như đánh giá hiệu quả hoạt động của các cơ cấu trong bộ dụng cụ.

3.1. Quy trình áp dụng thử nghiệm

Quy trình áp dụng thử nghiệm bộ dụng cụ nút trám xi măng với cấp đường kính 112 mm được thực hiện trên bề mặt đất để kiểm tra cơ chế hoạt động của các bộ phận, tiếp đến sẽ được đưa vào lỗ khoan nông để kiểm tra hiệu quả hoạt động của cả bộ dụng cụ. Quy trình áp dụng thử nghiệm được tiến hành gồm 7 bước:

Bước 1: Kiểm tra bộ dụng cụ và cần khoan
Bước 2: Lắp bộ dụng cụ vào cột cần khoan
Bước 3: Đưa bộ dụng cụ tới vị trí cần bơm trám xi măng
Bước 4: Bơm xi măng cao áp mở ngàm giữ
Bước 5: Siết ép các quả bóng cao su
Bước 6: Bơm xi măng vào lỗ khoan
Bước 7: Thu hồi bộ dụng cụ.

3.2. Kết quả áp dụng thử nghiệm

Sau thí nghiệm 4 lần ép kết quả xác định được sự biến đổi của các trái bóng cao su theo lực ép, thông qua sự biến thiên về đường kính ngang và chiều cao của các trái bóng cao su giúp xác định được biên độ ép, lực ép hoặc số lượng bóng cần phù hợp với cấp đường kính lỗ khoan, thông số biến dạng của các trái bóng cao su qua 4 lần ép được thể hiện trong Hình 4.

Sau quá trình nghiên cứu và thử nghiệm bộ dụng cụ cấp đường kính ϕ112 trên mặt và trong lỗ khoan nông, tiến hành chỉnh sửa các thông số và tối ưu hoá cho từng cấu kiện và điều kiện làm việc. Qua các lần thử nghiệm và hiệu chỉnh, nhóm nghiên cứu đã đưa ra được thiết kế kỹ thuật của bộ dụng cụ cho bốn cấp đường kính đảm bảo yêu cầu kỹ thuật và khả năng làm việc hiệu quả. Các cấu kiện của các bộ dụng cụ đã được cải tiến và thay đổi so với thiết kế ban đầu, như số lượng ngàm được tăng lên, ống chính được bổ sung bộ phận chống cong cho trục ép, phần ống ngàm đã được tách riêng thành một cụm cấu kiện giúp cho quá trình sửa chữa, bảo dưỡng cũng như sử dụng được dễ dàng. Nhằm đảm bảo tối ưu hoá về mặt kinh tế các cấp đường kính ϕ93 và ϕ76 sẽ có thiết kế chung, tương tự hai bộ dụng cụ cho cấp đường kính ϕ132 và ϕ112 sẽ có chung một bản thiết kế. Tuy nhiên, có sự khác nhau tại kích thước bóng cao su. Mặt khác, việc thiết kế chung cho hai cấp đường kính có thể tăng khả năng sử dụng chéo giữa các bộ dụng cụ.



a) *b)* *c)*

Hình 4. Quan hệ giữa kích thước bóng cao su với lực ép từ các thí nghiệm trong lỗ khoan
a) Áp dụng thử nghiệm trên mặt và trong lỗ khoan nông; b) đo đạc kiểm tra biến đổi đường kính ngang khi thí nghiệm các cấp áp lực khác nhau; c) kết quả thí nghiệm

4. Áp dụng thử nghiệm thiết bị nút trám xi măng trong lỗ khoan thăm dò mỏ Ngã Hai, Quảng Ninh

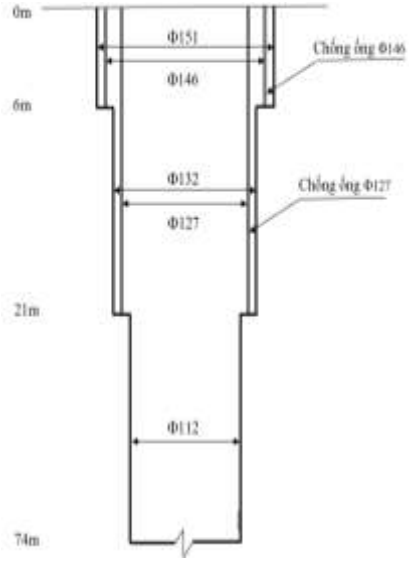
4.1. Triển khai thử nghiệm tại hiện trường

Bộ nút trám xi măng được áp dụng thử nghiệm trong điều kiện đường kính lỗ khoan và điều kiện địa chất phù hợp với cấp đường kính kính ϕ112 tại lỗ khoan thăm dò SX47 [6]. Lỗ khoan nằm trên tuyến 2024-4 thuộc khu mỏ than Ngã Hai, TP. Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh (X:232 6138; Y: 444 695; Z: +107). Lỗ khoan được thiết kế khoan thẳng đứng với chiều sâu dự kiến là 275 m. Nhiệm vụ lỗ khoan nhằm nghiên cứu địa tầng, kiến tạo, xác định địa tầng, chiều sâu vách trụ và cấu tạo chi tiết các vỉa than chính từ vỉa V.7-V.6. Lấy mẫu phân tích hóa than và đá kẹp các vỉa than, lấy mẫu định lượng, lấy mẫu cơ lý vách trụ các vỉa than và quan trắc đơn giản ĐCTV-ĐCCT.

Theo tài liệu các lỗ khoan thăm dò giai đoạn trước [6], đặc điểm địa tầng khu vực mỏ Ngã Hai (Hình 5):

- Lớp đất đá thải với chiều dày là 5,0 m có thành phần phức tạp gồm sạn kết, cát kết, bột kết, kích thước không đồng đều, sắp xếp hỗn độn, với các đặc điểm địa vật lý khác nhau.
- Lớp than: Có 2 vỉa than với chiều dày tổng thể là: 4,0 m.
- Các lớp bột kết: Có độ cứng cấp VII - VIII. Lớp bột kết có độ cứng trung bình.
- Các lớp cát kết: Kích thước hạt vừa đến thô, có tính mài mòn cao, có độ cứng cấp IX, có nhiều khe nứt, gây hao, mất nước lỗ khoan, tốc độ mài mòn lưỡi khoan cao.
- Lớp sạn kết: Đặc điểm rắn giòn, có độ cứng cấp X, xi măng gắn kết yếu, dễ vỡ dưới tác dụng va đập, tác dụng cơ học.





Hình 5. Địa tầng đất đá nứt nẻ mạnh dễ gây mất nước và sự cố (trái) và kết cấu tại lỗ khoan SX47 (phải)

4.2. Kết quả thí nghiệm bộ dụng cụ ϕ112 tại lỗ khoan SX47

Ép xi măng thành công, khi xi măng đông cứng tiến hành thi công khoan phát triển chiều sâu dung dịch khoan tuần hoàn bình thường. Thí nghiệm nhanh: Thời gian bơm trám xi măng cho mỗi cấp đường kính chỉ khoảng 30 phút tính từ khi bắt đầu thí nghiệm đến khi thu hồi bộ dụng cụ. Xi măng phát huy tối đa hiệu quả khi có thể đi sâu vào các khe nứt trong thành lỗ khoan. Tiết kiệm lượng xi măng đến 30% lượng xi măng so với tính toán, lượng xi măng dư thừa được bơm trám theo phương pháp truyền thống, tăng tính hiệu quả cho thí nghiệm.

Sau khi quá trình thí nghiệm với cấp đường kính ϕ112, bộ dụng cụ cho cấp đường kính ϕ93 và ϕ76 được đưa xuống để tiến hành thí nghiệm và cho thấy khả năng hoạt động rất hiệu quả. Công tác thử nghiệm bộ dụng cụ nút trám xi măng tại lỗ khoan SX47 được thể hiện trong Hình 6. Kết quả thử nghiệm cho các cấp đường kính thiết kế được tổng hợp và trình bày trong Bảng 1.



Hình 6. Thử nghiệm các bộ dụng cụ nút trám xi măng tại LK SX47

Bảng 1. Tổng hợp các thông số thí nghiệm khi thử nghiệm các bộ nút trám xi măng với các cấp đường kính khác nhau tại lỗ khoan SX47, mỏ than Ngõ Hai

Thông số (đơn vị)	**Cấp đường kính thử nghiệm**		
	ϕ112	**ϕ93**	**ϕ76**
Áp suất mở ngàm (Mpa)	1,3-1,5	1,3-1,5	1,3-1,5
Trọng lượng ép trái bóng cao su (Tấn)	2,0	1,0	1,0
Áp suất duy trì bơm xi măng (Mpa)	1,5-2,0	1,3-1,8	1,3-1,8
Áp suất tăng vọt kết thúc quá trình bơm (Mpa)	2-3	2-3	2-3

5. Kết luận và kiến nghị

Kết quả của quá trình nghiên cứu, gia công chế tạo và áp dụng thử nghiệm bộ dụng cụ nút trám xi măng với các cấp đường kính khác nhau trên mặt đất và trong các lỗ khoan thăm dò thực tế cho thấy các dụng cụ có các ưu điểm và tồn tại như sau:

Ưu điểm:

- Dễ chế tạo và gia công: Các bộ dụng cụ dễ chế tạo do được hợp thành từ các cấu kiện và cụm cấu kiện không quá phức tạp, có thể thiết kế để tháo rời giúp thuận tiện cho quá trình vận chuyển cũng như sửa chữa và thay thế.

- Có khả năng áp dụng chéo: trong các trường hợp cần thiết, bộ dụng cụ cho cấp đường kính nhỏ (ϕ93 và ϕ76) hoàn toàn có thể sử dụng cho các cấp đường kính lớn hơn nếu sử dụng bóng cao su có kích thước phù hợp, đảm bảo tính linh hoạt và chủ động trong sản xuất.

+ Độ bền cao: Các cấu kiện của các bộ dụng cụ với cấu trúc đơn giản chủ yếu với các ống thép dày, đảm bảo độ bền trong quá trình sử dụng, đặc biệt là với môi trường làm việc yêu cầu sức chịu tải lớn và thời gian hoạt động dài.

+ Dễ dàng sử dụng: Các bước để tiến hành quá trình bơm ép đơn giản, từ bơm ép xi măng đến quá trình thu hồi, không yêu cầu các kỹ thuật phức tạp giúp tăng tính hiệu quả hoạt động cho các bộ dụng cụ cũng như đảm bảo an toàn cho lỗ khoan.

+ Thích hợp với nhiều điều kiện lỗ khoan: Các bộ dụng cụ có thể đáp ứng được với mọi điều kiện lỗ khoan, không bị giới hạn về kỹ thuật.

+ Chi phí gia công thấp nhưng hiệu quả đem lại cao: Các cấu kiện chủ yếu được thiết kế từ các nguyên liệu sẵn có, độ bền cao, dễ gia công và sửa chữa song có thể giúp ổn định thành vách lỗ khoan (chống mất nước, nước xâm nhập vào lỗ khoan, kẹt dụng cụ khoan,...) giảm thiểu tổn thất về thời gian và kinh tế.

Tồn tại:

- Bộ ngàm còn chứa nhiều cấu kiện nhỏ dễ hỏng hóc, khó sửa chữa
- Chưa tối ưu hoá được áp lực bơm xi măng khi còn nhiều khoảng hở
- Chưa tối ưu hoá về liên kết các cấu kiện (giữa ống chụp và trục ép).

Thiết kế kỹ thuật các bộ dụng cụ nút trám xi măng mới áp dụng thử nghiệm trong 2 lỗ khoan thăm dò. Do đó, cần phải tiến hành công tác kiểm định cho các thiết bị cấu thành bộ dụng cụ nhằm đảm bảo yêu cầu kỹ thuật cũng như sự an toàn khi áp dụng vào thực tế.

Cần có thêm sự đầu tư và nghiên cứu nhằm phát triển và nâng cấp các bộ dụng cụ để tăng tính hiệu quả, phục vụ tốt hơn cho quá trình sản xuất cũng như áp dụng thử nghiệm bổ sung trong các lỗ khoan ở các điều kiện địa chất khác nhau để tăng tính chính xác và hiệu quả của dụng cụ.

Xây dựng quy trình áp dụng thử nghiệm và tiếp đến nghiên cứu ban hành quy phạm kỹ thuật cho các bộ dụng cụ đưa ra.

Lời cảm ơn

Công trình nghiên cứu trong khuôn khổ của Đề tài KC.01/Đ04-23/21-25 từ nguồn kinh phí của Tập đoàn Công nghiệp than-khoáng sản Việt Nam và do Công ty Cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường (VITE) chủ trì, thực hiện.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Xuân Thảo, 2020. Công nghệ khoan thăm dò. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2020.

2. Fothergill, J. 2003. Ratings Standardization for Production Packers. Presented at the SPE Production and Operations Symposium, Oklahoma City, Oklahoma, USA, 22-25 March. SPE-80945-MS. http://dx.doi.org/10.2118/80945-MS.

3. G. Hoetz (EBN), B. Jaarsma, (EBN), M. Kortekaas (TNO). Drilling Hazards Inventory: The Key to Safer -and Cheaper- Wells.

4. Liu, Y., Z. Lian, J. Chen, S. Kuang, Y. Mou & Y. Wang (2020) Design and Research on Sealing Structure for a Retrievable Packer. Shock and Vibration, 2020, 7695276.

5. Pusch, R. & G. Ramqvist. 2004. Borehole sealing, preparative steps, design and function of plugs – basic concept.

6. Công ty CP Tin học, Công nghệ, Môi trường-Vinacomin: Thuyết minh Phương án Thi công khoan thăm dò năm 2023 thuộc phương án thăm dò phục vụ khai thác giai đoạn 2019-2020, kế hoạch 5 năm 2021-2025 trong ranh giới giấy phép khai thác số 2734/GP-BTNMT ngày 30/12/2008 mỏ than Ngã Hai, 2023.

ABSTRACT

Research and development of cement packer equipment for geological exploration drilling in the Nga Hai mine area

Nguyen Bach Thao[1], Truong Cong Hung[2], Pham Van Khai[2], Do Quang Manh[2], Nguyen Quang Tuan[3]

[1] Hanoi University of Mining and Geology
[2] VITE - Information Technology, Technology and Environment Joint Stock Company
[3] Thuyloi University

Mineral exploration in mining is an activity aimed at determining the reserves, quality of minerals, and other information for mining purposes. In Quang Ninh coal mine area, due to the impact of open-pit and underground mining processes, the strata are increasingly altered and heavily fractured, causing significant difficulties for drilling exploration. In formations with fractured and cracked rock layers, drilling through them can easily lead to water loss, and the phenomenon of rock from the borehole walls extruding (due to weak borehole wall rock or pressure imbalance) can cause the drill tools to get stuck. The commonly applied remedial measure is to directly pump cement into the borehole to strengthen the structure and stabilize the borehole walls. However, many current cement grouting solutions are not highly effective due to low grouting pressure, insufficient cement penetration into the fractures and fractured zones, and the inability to address water outbursts, leading to reduced productivity and increased exploration drilling costs. Cement packer tools for diameters of ϕ132, ϕ112, ϕ93, and ϕ76 have been researched, manufactured, and tested in exploratory boreholes in the Ha Rang and Nga Hai mining areas (Quang Ninh), showing significant effectiveness in complex strata while being easy to manufacture, implement, and cost-effective.

Keywords: cement packer, incident, water loss, exploration drilling, Quang Ninh

Xác định tương quan hệ số thấm từ thí nghiệm thấm trong phòng và hiện trường

Nguyễn Bách Thảo[1,*], Đào Đức Bằng[1], Vũ Thị Như Phương[2], Nguyễn Minh Luân[1], Baptiste Chevalier[3]

[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Trường Đại học Khoa học Địa chất Trung Quốc*
[3] *Trường Đại học Unilasalle, Pháp*

TÓM TẮT

Bài báo này đánh giá chi tiết việc sử dụng các thí nghiệm trong phòng và hiện trường kết hợp với mô hình số để xác định hệ số thấm của tầng chứa nước (TCN) Pleistocen vùng ven biển tỉnh Bình Thuận. Thí nghiệm xác định hệ số thấm trong phòng thí nghiệm sử dụng phương pháp cột thấm với áp lực không đổi và thí nghiệm trên máng thấm mô phỏng lại thí nghiệm tại hiện trường. Thí nghiệm hút nước tại hiện trường được thực hiện với chùm gồm lỗ khoan hút nước và 5 lỗ khoan quan sát bố trí cùng TCN với các khoảng cách khác nhau. Hệ số thấm trung bình xác định bằng phương pháp hút nước chùm là 4,51 m/ngày so với giá trị trung bình từ các thí nghiệm máng thấm và cột thấm trong phòng lần lượt là 6,50 và 6,01 m/ngày. Số liệu quan trắc mực nước và kết quả tính toán hệ số thấm được kiểm định sử dụng mô hình phần tử hữu hạn Visual MODFLOW. Kết quả thí nghiệm cho thấy hệ số thấm xác định từ thí nghiệm hút nước chùm phù hợp với tài liệu quan trắc mực nước. Nghiên cứu này cho thấy thí nghiệm thấm tại hiện trường phù hợp hơn với điều kiện thực tế so với các thí nghiệm cột thấm và máng thấm trong phòng thí nghiệm. Sự khác biệt hệ số thấm giữa thí nghiệm trong phòng và tại hiện trường do tính nguyên dạng và kích cỡ mẫu đất thí nghiệm và tính dị hướng, cấu trúc của đất đá TCN.

Từ khóa: hệ số thấm, hút nước thí nghiệm, thí nghiệm cột thấm, thí nghiệm máng thấm, thí nghiệm thấm trong phòng

1. Giới thiệu

Hệ số thấm của đất đá đóng vai trò quan trọng trong nghiên cứu về dịch chuyển các chất bẩn vào nước ngầm. Hệ số thấm (K) là tốc độ của nước tự do chảy qua các khe rỗng giữa các hạt rắn của đất, tuân theo định luật thấm tầng của Darcy.

Hệ số thấm của đất đá có vai trò quan trọng trong tính toán và mô hình hóa sự lan truyền và dịch chuyển các chất bẩn trong TCN. Nếu hệ số thấm lớn, nước có thể di chuyển qua đất đá nhanh chóng và chất bẩn cũng sẽ được dịch chuyển nhanh chóng theo. Trong trường hợp hệ số thấm nhỏ, nước di chuyển chậm và có thể gây ra một hiện tượng gọi là tắc nghẽn, khiến chất bẩn tích tụ trong một vùng nhất định.

Thông qua nghiên cứu hệ số thấm của đất đá, các nhà khoa học và nhà nghiên cứu có thể đánh giá khả năng và tốc độ dịch chuyển của các chất bẩn trong nước ngầm. Điều này giúp xác định nguy cơ ô nhiễm nước ngầm và phát triển các biện pháp quản lý môi trường phù hợp để bảo vệ tài nguyên nước ngầm và đảm bảo an toàn cho con người và các sinh vật sống.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Vị trí và phương pháp lấy mẫu thí nghiệm trong phòng

Các mẫu cát được lấy tại khu vực nghiên cứu thuộc thôn Bình Tú, xã Tiến Thành, tỉnh Bình Thuận. Mẫu cát thí nghiệm theo phương pháp cột thấm được lấy nguyên trạng trong quá trình khoan. Mẫu thí nghiệm theo phương pháp máng thấm được lấy mẫu không nguyên trạng ở chiều sâu 2-4 m trong các hố đào tại cùng vị trí đã tiến hành thí nghiệm hút nước chùm (Hình 1). Mẫu nguyên trạng được bảo quản trong các ống PVC, mẫu không nguyên trạng được đưa vào bao nilong với trọng lượng 15 kg mỗi bao. Khối lượng mẫu lấy được tính toán theo thể tích của máng thấm và các cột thấm thí nghiệm trong phòng, lấy thêm 20% để dự phòng và phục vụ các nghiên cứu khác. Các mẫu được thí nghiệm tại Trung tâm phân tích, thí nghiệm Công nghệ cao (CEAE), trường Đại học Mỏ - Địa chất.

2.2. Thí nghiệm thấm trong phòng

Hiện nay, các thí nghiệm xác định hệ số thấm trong phòng được thực hiện sử dụng phương pháp cột thấm (column experiment) và phương pháp máng thấm (sand tank experiment). Thí nghiệm cột thấm

* *Tác giả liên hệ:*
Email: nguyenbachthao@humg.edu.vn

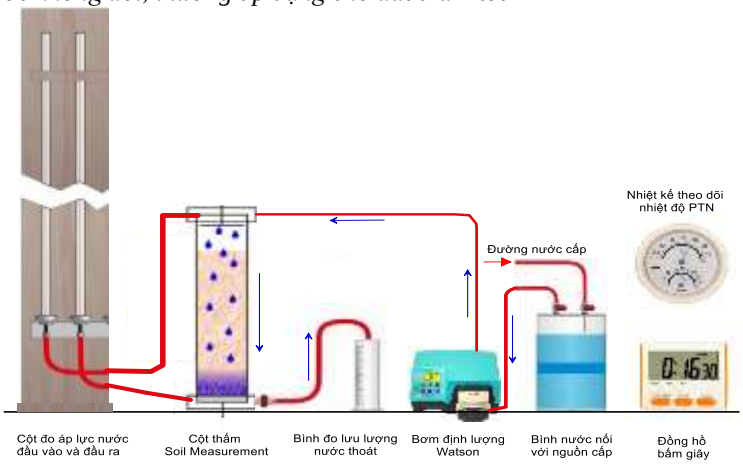
được tiến hành theo 2 phương pháp: i) cột nước không đổi (áp dụng cho đất thấm nước tốt như cát, cát pha) và ii) cột nước thay đổi (áp dụng cho loại đất thấm nước kém như sét, sét pha). Trong nghiên cứu này, chúng tôi thí nghiệm với đất cát khu vực ven biển Bình Thuận, do đó thí nghiệm cột thấm với áp lực không đổi được áp dụng.





Hình 1. Vị trí và phương pháp lấy mẫu thí nghiệm xác định hệ số thấm sử dụng máng thấm trong phòng

a. Xác định theo phương pháp cột nước không đổi, thường áp dụng cho đất thấm tốt



Hình 2. Sơ đồ bố trí các bộ phận của mô hình cột thấm thí nghiệm theo phương pháp áp lực không đổi, sử dụng bộ dụng cụ của Soil Measurement (Mỹ)

Thí nghiệm cột nước không đổi là giữ cho chênh lệch cột nước (h) giữa hai mặt lõi đất không đổi trong suốt quá trình thí nghiệm, tiến hành đo lượng nước (Q) chảy qua lõi đất trong một khoảng thời gian (t). Sơ đồ lắp đặt các dụng cụ thí nghiệm xác định hệ số thấm bằng cột thấm theo phương pháp áp lực thay đổi được thể hiện trong Hình 2.

Trên cơ sở kết quả thí nghiệm, hệ số thấm của mẫu đất được tính như sau:

$$K = \frac{Q.L}{F.H.t} \quad (1)$$

Trong đó:

Q: Lượng nước chảy ra khỏi cột mẫu sau thời gian *t* (cm^3)

L: Chiều cao của cột mẫu đất (cm)

F: Diện tích bề mặt mẫu đất (cm^2)

t: Thời gian thí nghiệm đo lượng nước chảy qua mẫu (giây)

H: Chênh mực áp lực giữa đầu vào và đầu ra của cột thấm đo đạc trong quá trình thí nghiệm (cm).

$$H = H_1\text{-}H_2 \quad (2)$$

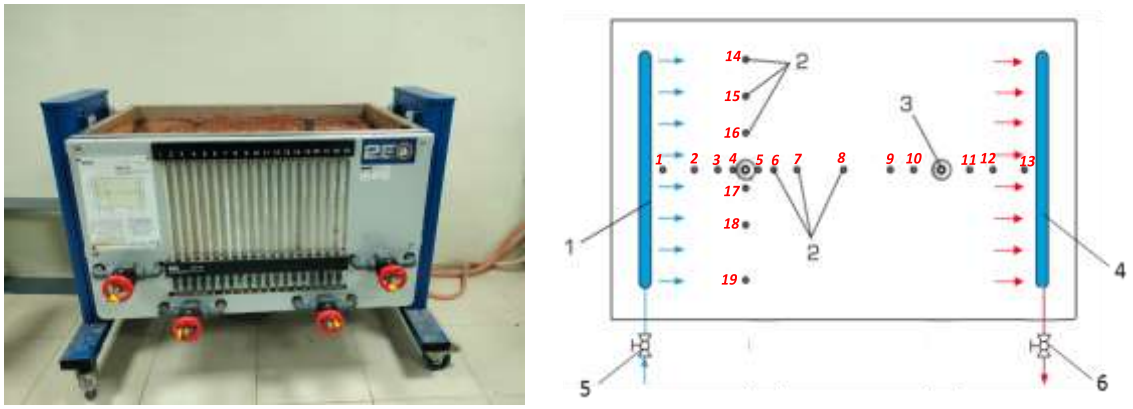
Trong đó: H_1, H_2 lần lượt là chiều cao cột nước trong ống đo áp đầu vào và đầu ra của cột mẫu (cm).

Đường kính của cột mẫu phụ thuộc vào khả năng thấm của loại đất cần thí nghiệm, thông thường dao động trong khoảng 30-60 mm. Chiều dài của cột mẫu phụ thuộc vào loại mẫu nguyên trạng hay phá hủy, thông thường thay đổi từ 20-50 cm. Quy trình thí nghiệm cột thấm với cột nước không đổi tuân theo TCVN 8723:2012. Trước khi bắt đầu đo lưu lượng và ghi kết quả, mẫu đất được cho bão hòa nước đảm bảo đẩy hết khí ra khỏi cột mẫu và khống chế áp lực nước đầu vào và đầu ra của cột mẫu đạt trạng thái ổn định. Sau đó, cho nước chảy qua mẫu sử dụng thiết bị bơm nhu động. Trong quá trình thực hiện các đợt thí nghiệm, đo và ghi chép nhiệt độ của phòng thí nghiệm. Sau mỗi bước thời gian, tiến hành đo lượng nước thoát ra khỏi cột mẫu bằng cách sử dụng các ống đo có khắc vạch chính xác đến mm. Các cột mẫu được tiến hành thí nghiệm đồng thời (cùng thời gian, quy trình và điều kiện thí nghiệm như nhiệt độ, loại

nước thí nghiệm) và thực hiện lặp lại nhiều lần. Để hạn chế các sai số của kết quả xác định hệ số thấm, trong quá trình thí nghiệm cần lưu ý các vấn đề sau: i) các mẫu cần được chế bị theo cùng một quy trình thống nhất; ii) không đầm mẫu dẫn đến độ chặt của mẫu không phản ánh đúng điều kiện tự nhiên của mẫu; iii) sử dụng đĩa kim loại và giấy lọc có khe lọc nhỏ hơn kích thước hạt của mẫu để hạn chế tối đa việc dòng chảy vào cột mẫu lớn gây xáo trộn đất trong cột mẫu.

b. Xác định theo nguyên lý thí nghiệm Darcy sử dụng bộ dụng cụ máng thấm

Thí nghiệm máng thấm được tiến hành với bộ dụng cụ máng thấm của GUNT-Đức. Máng thấm có kích thước 1340×650×1000 mm. Mô hình máng thấm có kết cấu đáy không thấm nước. Bồn chứa mẫu thí nghiệm được làm bằng thép không gỉ, dung tích bồn chứa 215 L. Trên bộ máng thấm được lắp đặt 19 điểm đo áp lực nước dưới đất đáy bồn với 19 ống áp kế (dải áp suất đến 300 mm cột nước). Bộ dụng cụ máng thấm của GUNT và sơ đồ bố trí các bộ phận trên máng thấm được thể hiện trong Hình 3.



Hình 3. Sơ đồ bố trí các bộ phận của mô hình máng thấm MH167-GUNT xác định hệ số thấm
1-Đường ống cấp nước vào mô hình; 2-Các ống áp lực cột nước trên đáy của mô hình; 3-Mô phỏng lỗ khoan hút nước; 4-Đường ống thoát nước đáy mô hình; 5-Van điều chỉnh lưu lượng nước cấp vào mô hình; 6-Van điều chỉnh lượng nước thoát ra khỏi mô hình. Các chấm tròn đen đánh số thứ tự màu đỏ là vị trí đặc các đường ống nối với các cột dâng áp bên ngoài máng thấm

Theo phương pháp thí nghiệm Darcy, lượng nước thấm qua máng (Q) trong một đơn vị thời gian tỷ lệ thuận với diện tích mặt cắt ngang của máng, độ chênh mực nước ở đầu và cuối máng, Δh và tỷ lệ nghịch với chiều dài đường thấm của máng L. Kết luận đó được biểu thị bằng công thức dưới đây:

$$Q = K\frac{h_1 - h_2}{L}F = K\frac{\Delta h}{L}F \quad (3)$$

Trong đó: K: Hệ số thấm (phụ thuộc vào tính chất vật lý của đất đá và nước thấm qua), m/s;

$\frac{\Delta h}{L}$: Gradient thủy lực, kí hiệu là I, nên $Q = K.F.I$ (4)

Chia cả hai vế phương trình cho diện tích, ta có:

$$\frac{Q}{F} = v = K.I \quad (5)$$

v (cm/s, m/s, m/ngày đêm): Vận tốc thấm là lượng nước (tính theo thể tích) thấm qua một đơn vị diện tích mặt cắt ngang của môi trường thấm trong một đơn vị thời gian.

Hệ số thấm tính toán được theo kết quả thí nghiệm phản ảnh hệ số thấm tại điều kiện nhiệt độ phòng thí nghiệm. Độ nhớt của nước sẽ ảnh hưởng đến tốc độ thấm hệ số thấm tính toán. Thông thường, hệ số thấm thí nghiệm sẽ được hiệu chỉnh về hệ số thấm tại điều kiện nhiệt độ 20 ^oC. Bảng tra độ nhớt động lực của nước tương ứng với các cấp nhiệt độ phòng thí nghiệm được thể hiện trong TCVN 8723:2012.

Quy trình thí nghiệm trên máng thấm: Tiến hành mở đồng thời van số 5 và 6 để nước cấp vào và thoát ra khỏi máng thấm. Điều chỉnh van cấp nước số 5 sao cho cột áp suất mực nước tại các vị trí tiếp giáp với đường ống cấp tương ứng với cột áp số 1 trên máng thấm và mực áp tại vị trí tiếp giáp với đường thoát của mô hình tương ứng với cột áp số 13 trên máng thấm. Quan sát đường cong hạ thấp mực nước dọc theo chiều dài máng thấm tại các ống đo áp số 1 đến số 13. Đo đạc mực nước trong ống áp lực nối với vị trí gần ống thoát nước, ghi chép thông tin về nhiệt độ trong phòng thí nghiệm, bấm thời gian. Công tác thí nghiệm xác định hệ số thấm sử dụng máng thấm theo phương pháp Darcy được thực hiện 2 đợt:

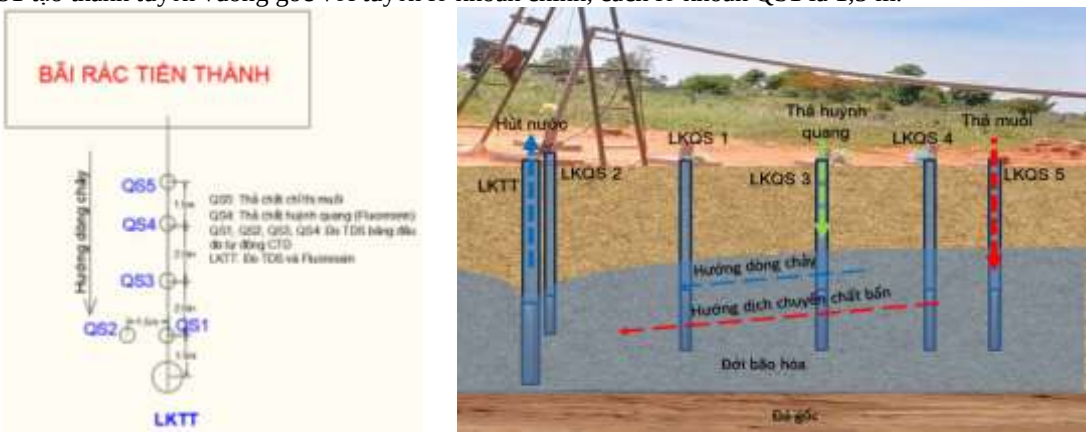
Đợt 1: khống chế mực áp lực miền cấp ở mức 290 mm (cột áp số 1) và ở miền thoát ở mức 30 mm (cột áp số 13) bằng cách điều chỉnh van số 5 trong quá trình thí nghiệm. Đo lượng nước thoát ra ở van số 6 sau mỗi hiệp 20 phút. Tiến hành lặp lại 8 lần với thời gian mỗi lần là 20 phút để lấy giá trị trung bình.

Đợt 2: cố định van cấp nước số 5 (lượng nước cấp vào máng thấm không đổi). Trong quá trình thí nghiệm, bấm thời gian tương ứng với lượng nước thoát ra khỏi máng thấm là 1000 ml đồng thời ghi chép

lại áp lực cột nước tại miền cấp và miền thoát của máng thấm (cột áp 1 và cột áp 13). Thực hiện lặp lại 14 đợt và tính toán lấy giá trị trung bình.

2.3. Thí nghiệm thấm hiện trường

Sơ đồ chùm lỗ khoan thí nghiệm bơm hút nước thả chất chỉ thị (Hình 4) gồm 6 lỗ khoan. Trong đó, có 1 lỗ khoan trung tâm (LKKT) và 5 lỗ khoan quan sát được ký hiệu QS1, QS2, QS3, QS4 và QS5. Các lỗ khoan được bố trí theo tuyến song song với hướng vận động của nước dưới đất và theo hướng dốc của địa hình khu vực. Các lỗ khoan cách nhau từ 1,5 đến 2,0 m. Riêng lỗ khoan QS2 được bố trí vị trí để nối với QS1 tạo thành tuyến vuông góc với tuyến lỗ khoan chính, cách lỗ khoan QS1 là 1,5 m.



Hình 4. Sơ đồ bố trí thí nghiệm hút nước chùm kết hợp với thả chất chỉ thị gồm lỗ khoan trung tâm (LKTT) và các lỗ khoan quan sát (QS)

Căn cứ theo tài tài liệu địa chất thủy văn của khu vực, các lỗ khoan được kết cấu như sau: LKKT sâu 65 m, ống chống đường kính D168 từ +0,5-25,0 m. Phần ống lọc được kết cấu 2 cấp đường kính: ống lọc đường kính D140 từ 25,0-37,0 m và ống lọc D114 từ 37,0-58,0 m. Phía dưới cùng của lỗ khoan được kết cấu bộ phận ống lắng D114: từ 58-60 m có bịt đáy. Các lỗ khoan QS1-QS5 được khoan sâu 55 m, kết cấu ống chống đường kính 114 mm từ 0-50 m. Ống lọc đặt ở chiều sâu từ 50-55 m với đường kính 114 mm. Lỗ khoan được kết cấu bịt đáy.

Thí nghiệm hút nước thí nghiệm thả chất chỉ thị được thực hiện bằng cách hút nước từ LKTT sử dụng bơm chìm với lưu lượng không đổi q = 2,8 l/s (tương đương 242 m^3/ngày) trong thời gian 5 ngày. Trong quá trình tiến hành hút nước cần tiến hành quan sát biến đổi mực nước ở tất cả các lỗ khoan. Mực nước và nồng độ được đo tự động bằng các đầu đo CTD của hãng Solints cài đặt trực tiếp trong các lỗ khoan quan sát (đo đồng thời nhiệt độ, mực nước và độ dẫn điện). Biên độ ghi số liệu được cài đặt theo giây trong quá trình bắt đầu bơm thí nghiệm, khi mực nước bắt đầu ổn định cài đặt tần suất quan trắc là 5 phút cho các giếng. Sau khi dừng bơm, thiết bị vẫn tiếp tục quan trắc để theo dõi sự hồi phục mực nước dưới đất. Trong chùm lỗ khoan quan sát, tại lỗ khoan QS2 lắp đặt 1 đầu đo Baro tự động (ở chiều sâu 40 m, đảm bảo thiết bị luôn ở trên mực nước ngầm) để đo áp suất không khí, cài đặt cùng tần suất để sử dụng hiệu chỉnh số liệu đo mực nước tại các lỗ khoan QS bằng các đầu đo CTD.

Dựa vào điều kiện địa chất thủy văn vùng nghiên cứu để lựa chọn phương trình tính toán phù hợp. TCN được lựa chọn thí nghiệm hút nước là tầng không áp lực trong vùng vô hạn. Lỗ khoan hút nước có kết cấu không hoàn chỉnh.

Vì vậy, việc giải đoán các thông số cho chùm thí nghiệm sử dụng phương trình của Theis (1935).

$$s(r,t) = \frac{q}{4\pi T}\int_u^\infty \frac{1}{u}\exp(-u)\,du = \frac{q}{4\pi T}W(u) \quad (6)$$

Trong đó: *r* là khoảng cách giữa giếng bơm và giếng quan trắc;

W(u) là hàm tích phân mũ E1. Biến không thứ nguyên *u* được xác định bằng $u = \frac{r^2 S}{4Tt}$

Hệ số dẫn nước *T* liên quan đến hệ số thấm (*K*) được xác định bằng công thức bằng $T = K.b$, trong đó *b* là độ dày của TCN.

3. Kết quả và phân tích

a. Kết quả thí nghiệm xác định hệ số thấm bằng các phương pháp

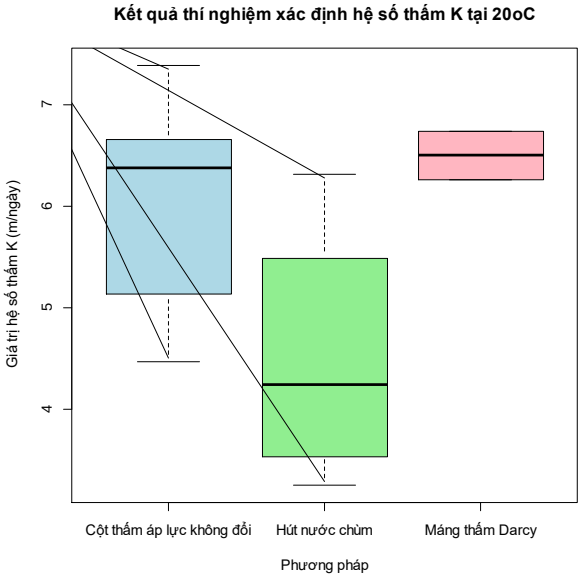
Hệ số thấm TCN khu vực nghiên cứu Tiến Thành (tỉnh Bình Thuận) đã được thực hiện bằng 3 phương pháp bao gồm: i) hút nước thí nghiệm chùm tại hiện trường; ii) thí nghiệm trong phòng sử dụng máng thấm và iii) phương pháp cột thấm với áp lực không đổi (Hình 5). Các thí nghiệm trong phòng đều tiến

hành lặp lại nhiều lần và tính giá trị trung bình. Kết quả thí nghiệm xác định hệ số thấm được tính toán và tổng hợp trong bảng sau.

Bảng 1. Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định hệ số thấm của các mẫu đất

STT	Phương pháp thí nghiệm	Tên mẫu/lỗ khoan	$K_{20°C}$ (m/ngày)	K trung bình (m/ngày)
1	Máng thấm Darcy	TT-MT1	6,26	**6,50**
2		TT-MT2	6,74	
3	Cột thấm với áp lực không đổi	TT-CT1	4,47	**6,01**
4		TT-CT2	5,13	
5		TT-CT3	6,66	
6		TT-CT4	6,38	
7		TT-CT5	7,39	
8	Hút nước chùm	LKQS01	4,67	**4,51**
9		LKQS02	3,25	
10		LKQS03	6,31	
11		LKQS04	3,82	

Hình 5. Đồ thị phân bố kết quả hệ số thấm K tại điều kiện 20 °C ($K_{20°C}$) theo các phương pháp thí nghiệm khác nhau



b. Phân tích tương quan kết quả thí nghiệm xác định hệ số thấm theo các phương pháp khác nhau

Dựa vào bảng tổng hợp kết quả thí nghiệm cho thấy hệ số thấm *K* trung bình theo 2 đợt thí nghiệm máng thấm dao động trong khoảng 6,26-6,74 m/ngày, trung bình là 6,50 m/ngày. Các mẫu thí nghiệm cột thấm được làm lặp 3 lần cho kết quả tính toán hệ số thấm *K* biến đổi trong khoảng tương đối rộng, từ 4,47-7,39, trung bình 6,01 m/ngày. Hệ số thấm theo tài liệu hút nước thí nghiệm chùm tại hiện trường tại các lỗ khoan QS cho kết quả dao động từ 3,25-6,31 m/ngày, trung bình 4,51 m/ngày.

Như vậy, phương pháp thí nghiệm máng thấm cho kết quả hệ số thấm tương đối ổn định giữa các đợt thí nghiệm khác nhau. Ngược lại, thí nghiệm sử dụng cột thấm cho *K* biến đổi lớn lớn hơn, có thể ảnh hưởng bởi các nguyên nhân sau: 1) công tác lấy mẫu làm cho cột cát bị đầm chặt hơn so điều kiện tự nhiên của mẫu; 2) kích thước cột mẫu nhỏ dẫn đến ảnh hưởng đến dòng thấm do ma sát với thành cột thấm; 3) các mẫu đất không đồng nhất. Để khắc phục ảnh hưởng này, thí nghiệm với cột mẫu có kích thước lớn hơn. Điều này được chứng minh dựa vào kết quả thí nghiệm máng thấm, hệ số thấm đồng nhất do đất đá đã được trộn đều cho cả khối lượng mẫu (khoảng 0,4 m^3), kích thước máng thấm lớn nên ít ảnh hưởng đến dòng thấm do bề mặt máng thấm gây ra. Giá trị *K* trung bình theo thí nghiệm máng thấm lớn hơn do sử dụng mẫu không nguyên trạng, độ lỗ hổng có xu hướng lớn hơn trạng thái tự nhiên. Ngoài ra, trong quá trình chuẩn bị thí nghiệm và cho bão hòa, mẫu cát được làm sạch, các hạt bụi mịn có xu hướng theo dòng chảy ra ngoài.

Đối với thí nghiệm hút nước chùm tại hiện trường, tài liệu theo dõi mực nước QS cho *K* khác nhau có thể ảnh hưởng bởi công tác khoan, kết cấu và thổi rửa cũng như tính đồng nhất của đất đá trong TCN.

Theo tổng hợp kết quả thí nghiệm trung bình từ nhiều lần thí nghiệm bằng các phương pháp khác nhau cho thấy hệ số thấm bằng phương pháp máng thấm và cột thấm tương quan với hệ số thấm trung bình theo phương pháp hút nước chùm tại hiện trường lần lượt là 1,44 và 1,33.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã tiến hành các thí nghiệm xác định hệ số thấm theo các phương pháp cột thấm và máng thấm trong phòng và hút nước chùm tại hiện trường. Các thí nghiệm được tiến hành lặp nhiều lần trên cùng một mẫu để tính giá trị trung bình. Hệ số thấm được hiệu chỉnh về cùng điều kiện nhiệt độ 20 °C để nghiên cứu tương quan. Với các điều kiện và quy mô thí nghiệm và áp dụng cho đất loại cát nguồn gốc biển vùng Tiến Thành, Bình Thuận cho thấy tương quan giữa hệ số thấm trên máng thấm và cột thấm thí nghiệm trong phòng với hệ số thấm từ hút chùm ngoài hiện trường lần lượt là 1,44 và 1,33. Từ kết quả này, chúng tôi kiến nghị việc hiệu chỉnh kết quả thí nghiệm xác định hệ số thấm theo từng phương pháp để đưa ra giá trị hệ số thấm cho đất đá các vùng nghiên cứu có thành phần thạch học TCN là đất loại cát hạt mịn, nguồn gốc biển. Đối với các loại đất khác và quy trình thí nghiệm thay đổi (kích thước dụng cụ thấm, điều kiện áp lực,…) cần có các nghiên cứu tương tự để đưa ra hệ số hiệu chỉnh đảm bảo hệ số thấm

xác định được bằng các phương pháp thí nghiệm trong phòng phản ánh đúng nhất thông số của đất trong điều kiện tự nhiên.

Lời cảm ơn

Kết quả nghiên cứu trong bài báo này trong khuôn khổ đề tài nghiên cứu cấp Nhà nước mã số ĐTĐL86/21. Tập thể tác giả xin cảm ơn Ban chủ nhiệm Đề tài đã cung cấp số liệu và hỗ trợ nhóm hoàn thành nội dung nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

Đoàn Văn Cánh, 1997. Báo cáo kết quả xây dựng bãi thí nghiệm và thí nghiệm thấm xác định thông số dịch chuyển chất bẩn. Báo cáo đề tài nghiên cứu khoa học thành phố Hà Nội.

Phạm Quý Nhân, Nguyễn Bách Thảo, Nguyễn Thị Thanh Thủy, Nguyễn Thế Chuyên, Nguyễn Tuấn Long, 2008. Xây dựng thí nghiệm cột thấm xác định các thông số dịch chuyển vật chất trong TCN Pleistoxen và Holoxen vùng Hà Nội. Tạp chí Địa kỹ thuật, 9/2008.

Đặng Hữu Ơn, Hoàng Kim Phụng, Nguyễn Văn Lâm và Phạm Quý Nhân, 1994. Kết quả xác định các thông số địa thấm và dịch chuyển của nước dưới đất. Đề tài KT01 -10.

Nguyễn Bách Thảo, Phạm Quý Nhân, Đặng Đình Phúc, 2005. Ứng dụng mô hình cột thấm xác định các thông số địa chất thủy văn. Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất.

Nguyễn Bách Thảo, 2011. Xây dựng mô hình máng thấm phục vụ nghiên cứu vận động của nước dưới đất. Đề tài B2010-02-84.

TCVN 8723:2012 Phương pháp xác định hệ số thấm trong phòng thí nghiệm (TCVN8723:2012)

Bear, J, 1961. On the tensor form of dispersion in porous media. Journal of Geophysical Research, 66(4), 1185-1197. https://doi.org/10.1029/JZ066i004p01185

Kruseman, G. P., Ridder, N. A. de, & Verweij, J. M., 1994. Analysis and evaluation of pumping test data. ILRI.

ABSTRACT

Identifying the Correlation of Permeability Coefficient between Laboratory and Field Permeability Tests

Nguyen Bach Thao[1], Dao Duc Bang[1], Vu Thi Nhu Phuong[2], Nguyen Minh Luan[1], Baptiste Chevalier[3]

[1] *Hanoi University of Mining and Geology*

[2] *China Geosciences University*

[3] *University of Unilasalle, France*

This paper presents a detailed assessment of the use of laboratory and field experiments combined with numerical modeling to determine the permeability coefficient of Pleistocene aquifers in the coastal area of Bình Thuận province. Laboratory permeability tests were conducted using constant and variable pressure column permeameter methods and a flume experiment that simulated field conditions. Field pumping tests were performed with a cluster of pumping wells and five observation wells arranged at different distances within the aquifer. The average permeability coefficient determined by the cluster pumping method was 7.95 m/day compared to an average of 2.21 m/day from laboratory experiments. Measured water level data and calculated permeability coefficients were verified using the Visual MODFLOW finite element model. The experimental results showed that the permeability coefficient determined from the cluster pumping test was consistent with the water level monitoring data. This study demonstrates that field permeability tests are more representative of actual conditions compared to laboratory column permeameter and flume experiments. The difference in permeability coefficients between laboratory and field experiments is attributed to the integrity and size of the experimental soil samples and the anisotropy and structure of the aquifer's soil and rock.

Keywords: permeability coefficient, pumping test, column experiment, laboratory permeability test

Xác định một số thông số dịch chuyển chất bẩn tầng chứa nước ven biển Nam Trung Bộ bằng thí nghiệm hút nước chùm ép chất chỉ thị

Nguyễn Bách Thảo[1,*], Nguyễn Văn Lâm[2], Đào Đức Bằng[1]

[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Hội Địa chất thủy văn Việt Nam*

TÓM TẮT

Phương pháp bơm hút nước thí nghiệm kết hợp ép chất chỉ thị ngoài hiện trường được phát triển trong nghiên cứu sự dịch chuyển của chất bẩn trong môi trường nước dưới đất có ưu điểm vượt trội là khắc phục được những sai số so với nghiên cứu ở quy mô nhỏ (Lysimet) hoặc dạng điểm (thí nghiệm cột mẫu trong phòng). Phương pháp dựa trên số liệu quan trắc nồng độ theo thời gian bơm thí nghiệm cho phép xác định lượng chất bẩn và hướng dịch chuyển tại các mặt cắt nghiên cứu cũng như tính toán hệ số phân tán dọc và hệ số khuếch tán phân tử hữu hiệu. Thí nghiệm hút nước chùm với 1 lỗ khoan trung tâm và 5 lỗ khoan quan sát trong các tầng chứa nước ven biển tại khu vực Tiến Thành, thành phố Phan Thiết đã đánh giá được các thông số đặc trưng cho quá trình dịch chuyển chất bẩn. Kết quả thí nghiệm hút nước chùm kết hợp ép chất chỉ thị tại khu vực Tiến Thành cho hệ số phân tán dọc α_L trung bình 0,117 m, hệ số phân tán thủy động lực D_L trung bình là 2,14E-05 và hệ số trễ là 0,574. Các thông số dịch chuyển cho phép tính toán, dự báo nguy cơ nhiễm bẩn các công trình khai thác nước từ các ô nhiễm từ bãi rác thải và đề xuất những giải pháp bảo vệ các tầng chứa nước từ các nguồn ô nhiễm nguồn thải trên mặt trong các nghiên cứu tiếp theo.

Từ khóa: thông số dịch chuyển, tầng chứa nước ven biển, hút nước thí nghiệm, ép chất chỉ thị

1. Mở đầu

Thông số địa chất thủy văn (ĐCTV) cơ bản và các thông số dịch chuyển của tầng chứa nước đóng vai trò quan trọng trong nghiên cứu, dự báo nguy cơ ô nhiễm các tầng chứa nước cũng như phục vụ công tác bảo vệ nước dưới đất. Hiện nay, các nhà khoa học đang áp dụng nhiều phương pháp nghiên cứu khác nhau để xác định các thông số cơ bản này, bao gồm các phương pháp thí nghiệm trong phòng (sử dụng máng thấm hoặc cột thấm) hoặc các phương pháp hút nước thí nghiệm ngoài hiện trường. Cơ sở lý thuyết và quy trình thí nghiệm đã được trình bày trong rất nhiều công trình nghiên cứu trong và ngoài nước. Đặc biệt, trong xu hướng hiện nay, kết quả thí nghiệm hút nước chùm ép chất chỉ thị thường được tính toán trên các số hóa mô hình số.

Hệ số dẫn nước, hệ số thấm và hệ số nhả nước được xác định theo tài liệu thí nghiệm trong phòng hoặc hút nước thí nghiệm. Tùy thuộc vào đặc điểm tầng chứa nước (TCN), điều kiện biên mà việc thiết kế sơ đồ thí nghiệm, phương pháp tiến hành và phương trình tính toán sẽ được xác lập.

Độ lỗ hổng hữu hiệu, vận tốc thấm và hệ số phân tán thủy động lực của đất đá các TCN có thể được xác định bằng các thí nghiệm trong phòng sử dụng các cột thấm cho các mẫu đất nguyên trạng. Tuy nhiên, kết quả thí nghiệm chỉ phản ánh độ lỗ hổng cho kích thước mẫu nhỏ. Để hạn chế các sai số do tỉ lệ mẫu, quá trình lấy mẫu, phương pháp hút nước thí nghiệm chùm kết hợp với ép chất chỉ thị tại hiện trường được khuyến nghị áp dụng. Các thông số dịch chuyển kết hợp với các thông số ĐCTV cho phép các nhà khoa học đánh giá, dự báo khả năng và tốc độ dịch chuyển của các chất bẩn trong nước ngầm. Điều này giúp xác định nguy cơ ô nhiễm nước ngầm và phát triển các biện pháp quản lý môi trường phù hợp để bảo vệ tài nguyên nước ngầm và đảm bảo an toàn cho con người và các sinh vật sống.

Thí nghiệm được tiến hành tại bãi rác Bình Tú, xã Tiến Thành, tỉnh Bình Thuận với cấu trúc ĐCTV gồm 3 TCN: Holocen, Pleistocen và TCN trong thành tạo nứt nẻ có tuổi Kreta. TCN Holocen phân bố từ trên mặt đất đến chiều sâu 36,3 m với thành phần đất đá chứa nước là cát hạt mịn, màu nâu đỏ, nâu vàng. Mực nước phân bố ở chiều sâu 0,4 đến 6,2 m. Hệ số thấm của tầng thay đổi từ 0,7 đến 11,6 m/ngày. Ngăn cách giữa tầng chứa nước Holocen và tầng chứa nước Pleistocen là lớp sét pha cát dày 11,5 m. Tầng chứa nước Pleistocen dày 23,8 m. Dưới tầng chứa nước Pleistcen là tầng chứa nước nứt nẻ mạnh có thành phần đất đá chứa nước là cát kết, bộ kết. Tầng chứa nước Pleistocen nằm trực tiếp lên trên tầng chứa nước đá gốc có tuổi Kreta.

* *Tác giả liên hệ:*
Email: nguyenbachthao@humg.edu.vn

Sự dịch chuyển các chất ô nhiễm vào TCN phụ thuộc rất lớn vào thành phần thạch học, bề dày, thành phần khoáng vật của đất đá trong đới thông khí. Kết quả phân tích chỉ tiêu cơ lý tại mẫu đất trong đới thông khí tại bãi rác Bình Tú có nhóm hạt cát chiếm tới trên 70%. Thành phần khoáng vật thạch anh là chủ yếu từ 86 đến 88%, khoáng vật felpat chỉ 5%. Như vậy, lớp đất trên bề mặt trong đới thông khí là cát hạt mịn.

Do đó, các TCN có mối quan hệ thủy lực với nhau qua lớp sét thấm nước yếu, mực nước ngầm nông, đới thông khí có thành phần cát hạt mịn, hệ số thấm của các lớp đất đá lớn, đáy bãi rác không có lớp vật liệu chống thấm dẫn đến nguy cơ ô nhiễm từ bãi rác đến nước dưới đất các TCN là rất cao.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp thí nghiệm hút nước chùm ép chất chỉ thị

2.1. Thí nghiệm hút nước ép chất chỉ thị xác định thông số ĐCTV

Từ những năm cuối thế kỷ 20, phương pháp hút nước thí nghiệm chùm kết hợp với ép chất chỉ thị được phát triển nhằm nghiên cứu sự dịch chuyển của chất bẩn trong môi trường nước dưới đất, khắc phục được một số hạn chế của các nghiên cứu thí nghiệm trong phòng hoặc hút nước đơn tại hiện trường (R. Schwarz, 1998). Phương pháp dựa trên số liệu quan trắc nồng độ theo thời gian hút nước thí nghiệm, cho phép xác định lượng chất bẩn và hướng dịch chuyển tại các mặt phẳng chuẩn, từ đó tính toán hệ số phân tán dọc và hệ số trễ (Allelign Zeru và nnk, 2005). Công tác bơm nước thí nghiệm cũng được ứng dụng để nghiên cứu các thông số lan truyền chất bẩn cho khu công nghiệp ở vùng Linz, Áo (S. Bauer và nnk, 2004) thông qua các lỗ khoan quan sát bố trí vuông góc với hướng dòng chảy. Các kết quả thí nghiệm được tính toán phỏng bằng mô hình toán học.

Các chất chỉ thị như dung dịch muối ăn (NaCl), chất huỳnh quang Uranine hoặc Naphtionate, được bơm vào nước ngầm và quan sát ở các vị trí khác với sự trợ giúp của thiết bị đo nồng độ hoặc huỳnh quang kế.

2.1.1. Xác định độ lỗ hổng hữu hiệu

Quá trình thấm là quá trình chuyển động của nước trong các môi trường lỗ hổng và khe nứt của đất đá. Vì vậy, độ lỗ hổng hữu hiệu quyết định vận tốc thấm thực V của dòng chảy nước dưới đất.

Độ lỗ hổng hữu hiệu được biểu diễn bởi tỷ số giữa thể tích của lỗ hổng và thể tích của các hạt đất đá. Trong một số trường hợp, độ lỗ hổng hữu hiệu còn được biểu diễn bởi diện tích thiết diện lỗ hổng và thiết diện nghiên cứu. Do đó, độ lỗ hổng được biểu diễn bởi phương trình sau:

$$n_e = \frac{V_e}{V_t} \quad (1)$$

Trong đó: n_e là độ lỗ hổng hữu hiệu của đất đá;

V_e là thể tích lỗ hổng hữu hiệu (thể tích nước có thể di chuyển qua);

V_t thể tích tổng của đất đá (gồm cả thể tích lỗ hổng và thể tích hạt rắn).

Trong môi trường của TCN, do tác dụng của lực mao dẫn và các yếu tố hóa học của nước, đặc điểm thạch học của đất đá nên nước chỉ vận động qua một phần diện tích lỗ hổng. Vì vậy, khi nghiên cứu vận động của nước dưới đất, cần xem xét đến khái niệm lỗ hổng hữu hiệu (n_e) là phần diện tích mà nước trọng lực có thể vận động qua.

2.1.2. Tốc độ thấm thực và tốc độ thấm

Trong các nghiên cứu dịch chuyển vật chất nói chung và kim loại nặng nói riêng, quá trình phân tán thấm đóng vai trò quyết định. Quá trình phân tán thấm được đặc trưng bởi tốc độ thấm thực của dòng thấm. Nói cách khác, quá trình phân tán thấm được đặc trưng bởi độ lỗ hổng hữu hiệu của đất đá chứa nước. Vì vậy, độ lỗ hổng hữu hiệu được coi là một thông số quan trọng quy định đến quá trình dịch chuyển của vật chất trong TCN và cần được tính toán, xác định để có các cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo trong quản lý và bảo vệ tài nguyên nước. Mối liên hệ giữa tốc độ thấm thực và tốc độ thấm được biểu diễn qua phương trình sau:

$$u = \frac{V}{n_e} \quad (2)$$

Trong đó, u là tốc độ thấm thực và n_e là độ lỗ hổng hữu hiệu.

V là tốc độ thấm Darcy: $V = K.I$ (3)

Với K hệ số thấm của đất đá; I là gradien thủy lực.

2.1.3. Xác định thông số dịch chuyển

Cơ chế dịch chuyển (đối lưu) và phân tán thủy động lực của NDĐ có hướng dòng chảy chính theo phương x trong không gian một chiều (x, y) được viết bởi phương trình lan truyền vật chất (Bear và Verruijt, 1987):

$$D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - U_x \frac{\partial C}{\partial x} = R \frac{\partial C}{\partial t} \quad (4)$$

Trong đó, D_x là hệ số phân tán thủy động lực học theo hướng x (L2/T);

C là nồng độ chất hoà tan trong nước (M/L3);

U_x ($U = \frac{V}{n_{hh}}$) vận tốc thực của dòng nước tương ứng theo hướng x và y (M/T);

V là vận tốc Darcy; n_{hh} là độ lỗ rỗng hữu hiệu; R là hệ số chậm trễ; T là thời gian (T).

Hệ số phân tán thuỷ động lực xác định theo công thức sau:

$$D_x = D'_x + D^*_d;\ D'_x = \alpha_L U \quad (5)$$

Trong đó, D'_x là hệ số phân tán cơ học tương ứng theo hướng x và y (L2/T);

D^*_d là hệ số khuếch tán phân tử trong môi trường rỗng (L2/T);

α_L là độ phân tán dọc.

Để có lời giải duy nhất, phương trình lan truyền vật chất cần có đầy đủ các điều kiện ban đầu và điều kiện biên được. Trong đó, điều kiện ban đầu là phân bố nồng độ của vật chất đang xem xét tại thời điểm được khái niệm là thời điểm ban đầu t = t_0 tại mọi vị trí trong miền tính toán:

$$C = C_0(x, y) \quad (6)$$

Các điều kiện biên trong tính toán lan truyền vật chất là biên có nồng độ xác định.

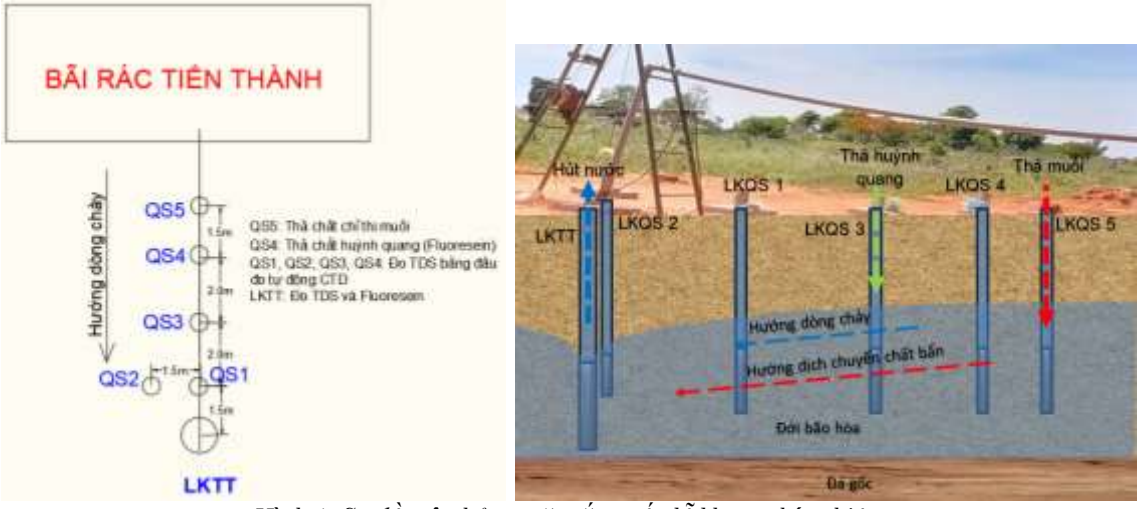
3. Thí nghiệm hút nước chùm ép chất chỉ thị

3.1. Sơ đồ bố trí thí nghiệm

Chùm hút nước thí nghiệm tại khu vực xã Tiến Thành, thành phố Phan Thiết, tỉnh Bình Thuận được triển khai nhằm giải quyết 2 nhiệm vụ cơ bản:

- Xác định các thông số ĐCTV của TCN, bao gồm hệ số dẫn nước *T*, hệ số thấm *K* và hệ số nhả nước *S*.
- Xác định các thông số dịch chuyển của chất bẩn bao gồm độ lỗ hổng hữu hiệu *w* (hay n_{hh}), tốc độ thấm và hệ số phân tán thủy động lực.

Sơ đồ bố trí lỗ khoan hút nước (LKTT) và các lỗ khoan quan sát (LKQS) được thể hiện trong Hình 1. Các lỗ khoan quan sát được bố trí trên tuyến theo phương dòng chảy của NDĐ (QS1, QS3, QS4, QS5) và trên tuyến vuông góc (QS2). Khoảng cách các lỗ khoan được thiết kế nhờ công cụ thiết kế thí nghiệm ép chất chỉ thị trên phần mềm TRAC (T. Klinka A. Gutierrez, D. Thiery. , 2012). Theo đó, khoảng cách giữa các lỗ khoan QS và LKTT trong khoảng 1,5-2 m. Chiều sâu, khoảng cách các lỗ khoan tới LKTT được trình bày trong Bảng 1.



Hình 1. Sơ đồ mô phỏng mặt cắt tuyến lỗ khoan thí nghiệm

Thông tin các lỗ khoan trong chùm thí nghiệm hút chùm ép chất chỉ thị được tổng hợp trong Bảng 1.

Bảng 1. Tổng hợp các thông tin chùm lỗ khoan thí nghiệm

Tên lỗ khoan	Nhiệm vụ	Chiều sâu (m)	Chiều sâu ống lọc (m)	Khoảng cách đến LKTT (m)	Cốt cao miệng giếng (m)	Chiều sâu mực nước (28/6/2023)	Cốt cao mực nước (m)
LKTT	Bơm/theo dõi	60,0		0	+71,45	48,28	23,17
QS1	Theo dõi	55,0	50-55	1,5	+71,55	48,37	23,18
QS2	Theo dõi	55,0	50-55	2,1	+71,56	48,37	23,19
QS3	Ép chất huỳnh quang/theo dõi	55,0	50-55	3,5	+71,65	48,48	23,17
QS4	Theo dõi	55,0	50-55	5,5	+71,67	48,49	23,18
QS5	Ép muối/Theo dõi	55,0	50-55	7,0	+71,71	48,53	23,18

3.2. Tiến hành thí nghiệm

Thí nghiệm hút nước chùm xác định các thông số dịch chuyển chất bẩn sử dụng kết hợp ép chất chỉ thị muối ăn (NaCl) và chất huỳnh quang (Flourisence). Dung dịch muối được ép liên tục vào lỗ khoan suốt quá trình hút nước thí nghiệm trong khi chất huỳnh quang được ép xung một lần (Dirac) ngay khi bắt đầu bơm tại LKTT.

3.2.1. Ước tính khối lượng chất chỉ thị

Khối lượng chất chỉ thị ban đầu cần được tính toán kỹ càng phụ thuộc vào mục đích của thí nghiệm, loại chất chỉ thị và điều kiện thủy văn tổng quát. Nói chung, lượng chất chỉ thị được bơm phải đủ lớn để tạo được nồng độ đỉnh tại điểm quan trắc và có thể phát hiện được, dễ dàng hòa tan. Lượng nước muối hòa tan và chất huỳnh quang đưa vào TCN được tính toán sơ bộ bằng công cụ thiết kế thí nghiệm ép chất chỉ thị trong phần mềm phân tích TRAC (T. Klinka A. Gutierrez, D. Thiery. , 2012).

- Khối lượng chất chỉ thị NaCl: Với các đặc điểm của TCN nêu trên (hệ số thấm, chiều dày, gradien thủy lực), thời gian và lưu lượng hút nước là 2,8 l/s (tương đương 10 m^3/giờ), khoảng cách giữa lỗ khoan ép muối và các lỗ khoan quan sát như trên Hình 1 và Bảng 1, lượng nước muối được đưa vào liên tục với lưu lượng 3,5 l/phút (tương ứng 5,04 m^3/ngày). Hàm lượng muối của nước dưới đất tự nhiên (nồng độ nền) khu vực thí nghiệm là 0,1 g/l. Chất chỉ thị dung dịch nước muối đưa vào lỗ khoan được hòa với độ mặn của nước biển (35 g/l) thì sau thời gian ép muối là 60 giờ, các phần tử muối sẽ lan truyền đến các lỗ khoan quan sát và đạt trạng thái ổn định. Vì vậy, tổng thể tích nước muối hòa tan đưa vào trong quá trình thí nghiệm là 25 m^3, tương đương với lượng muối sử dụng là 430 kg.
- Đối với chất chỉ thị Flouresien: Máy huỳnh quang kế Albillia GGUN-FL30 tại hiện trường khó có thể phát hiện được nồng độ dưới 1 ppb. Chất chỉ thị được ép nhanh (Dirac) vào giếng quan trắc QS03. Điểm quan trắc nồng độ chất chỉ thị là LKTT được lắp đặt huỳnh quang kế để phân tích và ghi lại nồng độ chất chỉ thị trong nước được bơm lên theo thời gian. Sau khi mô phỏng sơ đồ thí nghiệm với các thông số như trên, sử dụng phần mềm TRAC tính toán lượng Flouresien cần sử dụng là 50 g và hòa tàn trong 5 lít nước.

3.2.2. Phương pháp bơm ép chất chỉ thị vào TCN

Công tác ép chất chỉ thị trong quá trình thí nghiệm đã được thực hiện theo nguyên tắc sau:
- Chất chỉ thị Flouresien được ép nhanh vào lỗ khoan QS3 (đoạn ống lọc) theo nguyên tắc "Dirac".
- Chất chỉ thị NaCl được ép vào TCN tại lỗ khoan QS5 liên tục trong suốt quá trình thí nghiệm, đường ống cấp nước muối được nối từ bình cấp và đưa đến đúng đoạn ống lọc sử dụng máy bơm định lượng với lưu lượng 3 l/phút. Dung dịch muối được pha trong thùng nhựa dung tích 3 m^3, với nồng độ sau khi khuấy đều là 35 mg/l.

3.2.3. Tiến hành thí nghiệm bơm hút nước và quan trắc mực nước, nồng độ

Thí nghiệm bơm hút kết hợp với thí nghiệm ép chất chỉ thị được thực hiện bằng cách hút nước từ lỗ khoan LKTT sử dụng bơm chìm với lưu lượng không đổi q = 2,8 l/s (tương đương 242 m^3/ngày) trong thời gian 5 ngày. Trong quá trình hút nước, quan sát biến đổi mực nước và nồng độ muối ở tất cả các lỗ khoan sử dụng các đầu đo CTD của hãng Solints (đo đồng thời nhiệt độ, mực nước và độ dẫn điện). Tần suất quan trắc tự động được cài đặt là 5 phút cho các giếng. Sau khi dừng ép chất chỉ thị muối, tiếp tục bơm hút nước tại LKTT và quan trắc mực nước, nồng độ tại các giếng. Sau khi dừng bơm, thiết bị vẫn tiếp tục quan trắc để theo dõi sự hồi phục mực nước dưới đất. Trong chùm lỗ khoan quan sát, tại lỗ khoan QS2 lắp đặt 1 đầu đo Baro tự động (ở chiều sâu 40 m, trên mực nước ngầm) để đo áp suất không khí, cài đặt cùng tần suất. Số liệu đo áp suất không khí trong lỗ khoan sẽ được sử dụng để hiệu chỉnh số liệu đo mực nước tại các lỗ khoan quan sát bằng các đầu đo CTD.



Hình 2. Lắp đặt các đầu đo tự động mực nước và nồng độ muối (độ dẫn điện) có sử dụng cáp nối với máy tính và cập nhật số liệu theo thời gian thực bằng phần mềm Solints Data Logger

Sự biến đổi về nhiệt độ, độ pH, độ dẫn điện, hàm lượng muối của nước được bơm lên tại lỗ khoan trung tâm được đo bằng thiết bị hiện trường của hãng HANNA (HI98184) với chế độ đo và lưu dữ liệu vào bộ nhớ của máy, tần suất đo được cài đặt tương ứng với các thiết bị CTD tại những lỗ khoan quan sát. Nước bơm lên từ LKTT được dẫn qua huỳnh quang kế để đo nồng độ chất huỳnh quang GGUN-FL30 với tần suất đo là 1 phút. Công tác lắp đặt các đầu đo và quan trắc nồng độ trong quá trình thí nghiệm được thể hiện trong Hình 2.

Tất cả các thiết bị đo nồng độ đều được tiến hành hiệu chỉnh bằng dung dịch chuẩn theo máy có nồng độ 1413 mS/cm (ở điều kiện nhiệt độ 25 ^{o}C). Thiết bị huỳnh quang kế được hiệu chỉnh trong phòng theo hướng dẫn của nhà sản xuất.

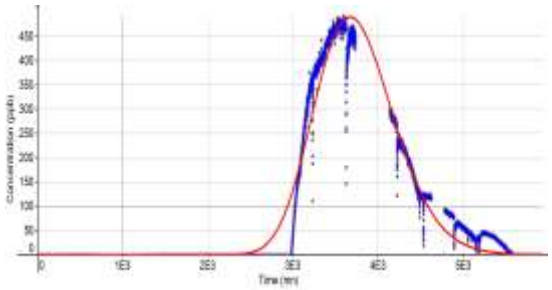
4. Kết quả thí nghiệm hút nước ép chất chỉ thị

Số liệu quan trắc nồng độ chất chỉ thị muối tại QS4 và chất huỳnh quang tại LKKT trong quá trình thí nghiệm được thể hiện trong Hình 3 và Hình 4. Kết quả tính toán theo tài liệu quan trắc tại các lỗ khoan có khoảng cách khác nhau sử dụng mô hình phân tích TRAC tổng hợp trong Bảng 2 cho hệ số hiệu suất mô hình tương đối cao (đều trên 93,4%, trung bình 95,9%). Các kết quả tính toán về độ lỗ hổng hữu hiệu, hệ số phân tán dọc, vận tốc thấm theo các số liệu quan trắc nồng độ tại các lỗ khoan cũng cho số liệu tương đối phù hợp, cho thấy TCN có thành phần tương đối đồng nhất, đặc điểm ĐCTV đơn giản, kết hợp với tài liệu hút nước thí nghiệm cho thấy hầu như không có những biến động thủy lực trong thời gian bơm hút thí nghiệm. Nói cách khác, không có thấm xuyên hay sự phân lớp trong TCN thí nghiệm.

Kết quả thí nghiệm cho thấy độ lỗ hổng hữu hiệu trung bình của TCN là 25,22% và vận tốc thấm thực trung bình là 0,000126 m/s (tương ứng 10,89 m/ngày), tốc độ thấm Darcy tính toán được là 2,75 m/ngày. Hiệu suất trung bình của các mô hình tính toán là 0,959.



Hình 3. Đường cong nồng độ muối (đường màu xanh) làm khớp với đường cong lý thuyết (đường màu đỏ) tại vị trí lỗ khoan QS4



Hình 4. Đường cong nồng độ chất huỳnh quang (chấm tròn màu xanh) làm khớp với đường cong lý thuyết (đường màu đỏ) tại vị trí LKKT

Tổng hợp kết quả tính toán theo tài liệu hút nước chùm ép chất chỉ thị được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Tổng hợp kết quả tính toán thông số dịch chuyển vật chất theo tài liệu thí nghiệm ép chất chỉ thị

Lỗ khoan	Khoảng cách đến nguồn ép chất chỉ thị $x\ (m)$	Hệ số thấm K *(m/ngày)*	Độ lỗ hổng ω	Hệ số phân tán dọc $\alpha_L\ (m)$	Vận tốc thấm u (m/s)	Hệ số phân tán thủy động lực dọc D_L	Hệ số trễ R	Hệ suất của mô hình
LKTT (ép muối)	7,0		0,228	0,027	5,60E-06	1,51E-07	0,4772	0,967
LKTT (ép flouresein)	3,5		0,232	0,063	2,99E-04			0,959
QS1	5,5	4,67	0,225	0,015	4,29E-05	6,4E-07	0,5661	0,972
QS2	5,7	3,25	Không tính toán					
QS3	3,5	6,31	0,232	0,171	3,04E-06	5,17E-07	0,672	0,952
QS4	1,5	3,82	0,344	0,312	2,80E-04	8,68E-05	0,68	0,934
Trung bình		4,51	0,2522	0,11698	0,000126	2,14E-05	0,574	0,959

Theo bảng tổng hợp trên, hệ số thấm tính toán theo phương pháp Theis (1935) dao động trong khoảng 2,25 - 6,31 m/ngày, trung bình là 4,51 m/ngày, độ lỗ hổng hữu hiệu trung bình theo số liệu tính toán tại các lỗ khoan là 25,22% và vận tốc thấm thực trung bình là 0,000126 m/s (tương ứng 10,89 m/ngày). Hệ số phân tán dọc α_L trung bình 0,117 m, hệ số phân tán thủy động lực D_L trung bình là 2,14E-05 và hệ số trễ là 0,574.

Thí nghiệm cho thấy việc dùng chất chỉ thị muối NaCl và chất huỳnh quang Floureicens cùng có ưu điểm là sẵn có, dễ thực hiện, các chất trơ không bị ảnh hưởng của môi trường đất đá, chi phí thấp. Chất chỉ thị muối có thể ảnh hưởng đến môi trường khi thí nghiệm dài, lượng muối sử dụng lớn. Việc quan trắc, ghi nhận số liệu từ thiết bị đo nồng độ muối khá dễ dàng, có thể sử dụng đồng thời nhiều đầu đo tự động và các thiết bị hiện trường trong một thí nghiệm. Thiết bị huỳnh quang kế ít phổ biến, giá thành cao, đòi hỏi cán bộ kỹ thuật có kinh nghiệm sử dụng, việc hiệu chỉnh nồng độ trước khi thí nghiệm cần đúng quy trình của nhà sản xuất.

4. Kết luận

Thí nghiệm hút nước chùm tại xã Tiến Thành, tỉnh Bình Thuận kết hợp ép chất chỉ thị muối đổ liên tục và chất chỉ thị huỳnh quang (đổ xung theo phương pháp Dirac), hệ số thấm dao động trong khoảng 3,25 - 6,31 m/ngày. Kết quả xác định thông số dịch chuyển theo tài liệu quan trắc tại các lỗ khoan khá tương đồng nhau, hiệu suất của mô hình khi khớp kết quả quan trắc với đường cong lý thuyết rất cao (lớn hơn 93,4%). Công tác thí nghiệm ép chất chỉ thị bằng dung dịch muối NaCl bơm liên tục với lưu lượng không đổi và chất chỉ thị huỳnh quang đều có những ưu và nhược điểm riêng. Thí nghiệm đã xác định được các thông số ĐCTV và một số thông số dịch chuyển chất bản. Những kết quả xác định được vô cùng quan trọng trong đánh giá nguy cơ ô nhiễm từ các nguồn trên mặt như bãi chôn lấp rác thải và nghĩa trang. Kết quả thí nghiệm cho thấy việc áp dụng chất chỉ thị là dung dịch nước muối và chất huỳnh quang trong điều kiện TCN nghiên cứu hoặc các khu vực có điều kiện ĐCTV tương tự là hoàn toàn phù hợp và hiệu quả.

Lời cảm ơn

Chúng tôi xin trân trọng cảm ơn sự giúp đỡ của ban chủ nhiệm Đề tài ĐTĐL.86/21 đã hỗ trợ nhóm nghiên cứu hoàn thành các thí nghiệm này.

Tài liệu tham khảo

Đoàn Văn Cánh, 1997. Báo cáo kết quả xây dựng bãi thí nghiệm và thí nghiệm thấm xác định thông số dịch chuyển chất bẩn. *Báo cáo đề tài nghiên cứu khoa học thành phố Hà Nội*.

Phạm Quý Nhân, Nguyễn Bách Thảo, Nguyễn Thị Thanh Thủy, Nguyễn Thế Chuyên, Nguyễn Tuấn Long, 2008. Xây dựng thí nghiệm cột thấm xác định các thông số dịch chuyển vật chất trong tầng chứa nước Pleistoxen và Holoxen vùng Hà Nội. *Tạp chí Địa kỹ thuật*, 9/2008.

Đặng Hữu Ơn, Hoàng Kim Phụng, Nguyễn Văn Lâm, Phạm Quý Nhân, 1994. Kết quả xác định các thông số địa thấm và dịch chuyển của nước dưới đất. *Đề tài KT01 -10*.

TCVN 8723: 2012. Phương pháp xác định hệ số thấm trong phòng thí nghiệm (TCVN8723:2012).

Bear, J. 1961. On the tensor form of dispersion in porous media. *Journal of Geophysical Research*, 66(4), 1185–1197. https://doi.org/10.1029/JZ066i004p01185

Bauer, S., M. Bayer-Raich, T. Holder, C. Kolesar, D. Müller, T. Ptak, 2004. Quantification of groundwater contamination in an urban area using integral pumping tests. *Journal of contaminant hydrology* 75(3–4): 183-213.

Schwarz, R., 1998. *Groundwater risk assessment at contaminated sites: a new investigation approach*. Measurement 10(20): 30.

Zeru, A., G. Schäfer, 2005. Analysis of groundwater contamination using concentration–time series recorded during an integral pumping test: Bias introduced by strong concentration gradients within the plume. *Journal of Contaminant Hydrology* 81(1): 106-124.

T. Klinka A. Gutierrez, D. Thiery. 2012. *Manuel d'utilisation de TRAC : Aide a l'interpr ` etation de trac¸ages en milieux poreux*. BRGM report RP60660-FR (in French)

ABSTRACT

Determining contaminant transport parameters in coastal aquifers in South-Central Vietnam using pumping and tracer test experiments

Nguyen Bach Thao[1], Nguyen Van Lam[2], Dao Duc Bang[1]

[1] *Hanoi University of Mining and Geology*
[2] *Vietnam Hydrogeological Association*

The method of pumping tests combined with tracing experiments, developed for studying contaminant transport in groundwater, offers significant advantages by overcoming the inaccuracies associated with small-scale (Lysimeter) or point-scale (column tests in the laboratory) studies. This method, based on the concentration observation data over time during the pumping tests, allows for the determination of contaminant quantities and transport directions at the studied cross-sections and the calculation of longitudinal dispersion coefficients and effective molecular diffusion coefficients. A cluster pumping test with one central borehole and five observation boreholes in coastal aquifers in Tien Thanh area, Phan Thiet City, evaluated parameters characteristic of contaminant transport processes. This, in turn, facilitated the prediction of groundwater contamination risks from the city's landfill sites and the proposal of solutions to protect aquifers from pollution sources.

Keywords: transport parameters, coastal aquifer, pumping test, tracer test

Nghiên cứu, đánh giá khả năng tự bảo vệ tầng chứa nước Holocen đồng bằng ven biển tỉnh Hà Tĩnh

Dương Thị Thanh Thủy*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Tầng chứa nước Holocen vùng đồng bằng ven biển tỉnh Hà Tĩnh hiện nay là tầng chứa nước có triển vọng nhất, cung cấp nước cho các hoạt động của vùng. Tầng chứa nước này không có áp lực, lộ ngay trên mặt đất, chiều dày mỏng và thành phần thạch học là cát hạt mịn, hạt trung, sét… Tầng chứa nước có mực nước nằm nông, dẫn đến tầng chứa nước này có nguy cơ ô nhiễm khá cao. Chính vì vậy, rất cần thiết nghiên cứu đánh giá khả năng tự bảo vệ của tầng chứa nước để từ đó có biện pháp khai thác và bảo vệ tầng chứa nước một cách hợp lý và khoa học. Bằng phương pháp đánh giá khả năng tự bảo vệ tầng chứa nước GOD do nhà khoa học FODTER đưa ra năm 1987, dựa trên 3 đặc điểm cơ bản của tầng chứa nước: Đặc tính thủy lực của tầng chứa nước (Groundwater confinement); Thành phần lớp phủ (Overlying strata); Độ sâu mực nước dưới đất (Depth to groundwater) để đánh giá khả năng tự bảo vệ của tầng chứa nước Holocen vùng đồng bằng ven biển tỉnh Hà Tĩnh. Kết quả nghiên cứu cho thấy: Tầng chứa nước có mức độ dễ bị tổn thương cao tức là mức độ tự bảo vệ thấp trên toàn vùng đồng bằng. Do vậy, cần có biện pháp bảo vệ tầng chứa nước để có thể khai thác bền vững và lâu dài.

Từ khóa: Khả năng tự bảo vệ; Tầng chứa nước; Holocen

1. Đặt vấn đề

Vùng nghiên cứu, đồng bằng ven biển tỉnh Hà Tĩnh với diện tích 2800 km^2, bao gồm 6 huyện giáp biển và 1 thành phố: Nghi Xuân, Can Lộc, Lộc Hà, Thạch Hà, Cẩm Xuyên, Kỳ Anh và thành phố Hà Tĩnh. Vùng nghiên cứu có vai trò khá quan trọng trong vấn đề an ninh quốc phòng cũng như phát triển kinh tế - xã hội của tỉnh Hà Tĩnh. Vùng nghiên cứu có 7 tầng chứa nước, tuy nhiên do đặc điểm về cấu trúc địa chất, địa chất thủy văn nên ở vùng đồng bằng ven biển dưới sâu nước thường bị lợ và mặn. Vì vậy, hầu hết các lỗ khoan chủ yếu khai thác nước dưới đất từ các tầng chứa nước nông Holoce (qh). Tầng chứa nước lỗ hổng các trầm tích bở rời thống Holocen (qh) có tiềm năng cung cấp nước, có thể đáp ứng các nhu cầu cấp nước cho vùng. Do vậy, việc đánh giá khả năng tự bảo vệ tầng chứa nước triển vọng này trong vùng đồng bằng tĩnh Hà Tĩnh là cần thiết.

Tầng chứa nước lỗ hổng Holocen có thành phần thạch học là cát thạch anh hạt mịn, hạt nhỏ đến hạt trung màu xám tro, xám đen, xám vàng phân bố trên toàn bộ diện tích vùng đồng bằng tỉnh Hà Tĩnh. Bề dày tầng chứa nước thay đổi từ 5 đến 20 m. Chiều sâu mực nước tĩnh ở các lỗ khoan dao động từ 0,36 đến 5,57 m, trung bình 1,43 m. Lưu lượng các lỗ khoan thay đổi từ 0,2 đến 4,0 l/s. Tỷ lưu lượng thay đổi từ 0,07 đến 2,679 l/s.m, trung bình 0,663 l/s.m. Hệ số thấm (K) ở các lỗ khoan từ 1,49 đến 25,91 m/ngày; hệ số nhả nước (μ) từ 0,123 đến 0,186; Độ khoáng hóa thay đổi từ 0,04 đến 2,14 g/l (Nguyễn Hữu Bình; 2011; Đỗ Ngọc Thực, 2015; Nguyễn Hữu Phát, 2017; Hoàng Thăng Long, 2015).

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

Có nhiều phương pháp khác nhau để xác định khả năng tự bảo vệ hay đánh giá tính dễ bị tổn thương của tầng chứa nước dưới đất, như phương pháp DRASTIC, AVI, GOD, EPIK,... Trên cơ sở tài liệu hiện có, phương pháp GOD cũng dễ áp dụng, chỉ dựa vào ba đặc điểm của tầng chứa nước. Do vậy, phương pháp này được lựa chọn để đánh giá khả năng tự bảo vệ cho tầng chứa nước Holocen vùng đồng bằng tỉnh Hà Tĩnh. Một phương pháp đánh giá mức độ tự bảo vệ tầng chứa nước được Nhà khoa học FOSTER đưa ra năm 1987 tại Anh (Foster, 1987) là phương pháp GOD. Phương pháp GOD sau đó được nhiều nhà khoa học trên thế giới áp dụng. Phương pháp này dựa vào ba chỉ tiêu dữ liệu đầu vào: **G** - Đặc tính thủy lực của tầng chứa nước; **O** - Thành phần thạch học lớp phủ; **D** - Độ sâu đến mực nước dưới đất (Hình 1).

+ "G" - Đặc tính thủy lực của tầng chứa nước (Groundwater confinement)

* *Tác giả liên hệ:*
Email: duongthithanhthuy@humg.edu.vn

Tầng chứa nước có áp lực do có lớp cách nước nằm phủ phía trên nên các chất ô nhiễm không dễ dàng xâm nhập vào tầng chứa nước. Trái ngược với trường hợp trên là các tầng chứa nước không áp lực rất dễ bị nhiễm bẩn. Chính vì thế, việc đánh giá đặc tính thủy lực để có biện pháp bảo vệ tầng chứa là rất quan trọng. Chỉ tiêu *"G"* được nghiên cứu và đánh giá theo tài liệu khoan thăm dò địa chất thủy văn.

+ "O" - Thành phần lớp phủ - Thành phần đất đá đới thông khí (Overlying strata)

Tốc độ di chuyển của nước trên mặt và của thành phần vật chất vào nước dưới đất phụ thuộc vào thành phần thạch học của lớp phủ phía trên tầng chứa nước. Thực tế, nếu một tầng chứa nước có lớp đất phủ phía trên là sét dày 10 m thì tầng chứa nước này gần như không thấm nước, như vậy khả năng tự bảo vệ cao hay nói cách khác tầng chứa nước sẽ ít bị tổn thương. Các tầng chứa nước nứt nẻ và tầng chứa nước nứt nẻ - karst, đặc biệt các tầng chứa nước này nằm trong đới phá hủy kiến tạo thì rất dễ bị tổn thương, càng nghiêm trọng hơn nếu tầng chứa nước này không có lớp phủ. Trong trường hợp này, chất bẩn từ trên mặt có thể di chuyển rất nhanh và trực tiếp vào tầng chứa nước theo khe nứt, các hang hốc karst. Chỉ tiêu này được đánh giá dựa vào tài liệu khoan thăm dò và phân tích thành phần đất đá.

+ "D" - Chiều sâu mực nước dưới đất (Depth to groundwater)

Chiều sâu mực nước dưới đất là chỉ tiêu quan trọng, chỉ tiêu này thể hiện thời gian di chuyển của nước trong đới thông khí. Trong đới này sẽ lưu giữ hoặc thấm lọc các vật chất ô nhiễm có trong nước.

Trên cơ sở nghiên cứu đã thực hiện trong thực tế, các tác giả phân chia chi tiết và đưa ra thang điểm cho 3 chỉ tiêu: **G** - Đặc tính thủy lực của tầng chứa nước; **O** - Thành phần đất đá lớp phủ (lớp đất đá đới thông khí); **D** - Chiều sâu mực nước dưới đất (Hình 1). Sau đó, tính toán chỉ số GOD - I_{GOD} chỉ số đánh giá mức độ tổn thương tầng chứa nước, từ đó đánh giá khả năng bảo vệ tầng chứa nước dưới đất: $I_{GOD} = G \times O \times D$.

Các vùng có mức độ dễ bị tổn thương sẽ tương ứng các vùng có chỉ số GOD cao. Vùng có khả năng tự bảo vệ kém sẽ tương ứng với vùng dễ bị tổn thương. Các vùng có khả năng tự bảo vệ kém, có nguy cơ ô nhiễm cao sẽ có các giải pháp bảo vệ và quản lý khác nhau. Tác giả đã phân chia mức độ tổn thương của tầng chứa nước thành 5 cấp (Hình 1):

+ Tầng chứa nước bị tổn thương rất cao: Tầng chứa nước có khả năng tự bảo vệ rất kém và rất dễ bị tổn thương, nguy cơ ô nhiễm rất cao. Các chất ô nhiễm ảnh hưởng đến tầng chứa nước khá nhanh chóng, tầng chứa nước bị tổn thương bởi hầu hết các chất ô nhiễm. Vùng này có chỉ số I_{GOD} từ 0,7-1,0.

+ Tầng chứa nước bị tổn thương cao: Tầng chứa nước tự bảo vệ kém và bị tổn thương bởi nhiều chất ô nhiễm, trừ một số chất ô nhiễm dễ bị hấp phụ hoặc dễ bị biến đổi sang dạng khác trong quá trình di chuyển. Vùng này có nguy cơ ô nhiễm cao, có chỉ số I_{GOD} từ 0,5 đến dưới 0,7.

+ Tầng chứa nước bị tổn thương trung bình: Tầng chứa nước có khả năng tự bảo vệ trung bình, bị tổn thương bởi một số chất ô nhiễm khi được đưa liên tục vào nguồn nước. Vùng có nguy cơ ô nhiễm trung bình. Đây là những vùng có chỉ số I_{GOD} từ 0,3 đến dưới 0,5.

+ Tầng chứa nước có khả năng bị tổn thương thấp: Tầng chứa nước chỉ bị tổn thương bởi những chất ô nhiễm không phân hủy được đưa liên tục vào nguồn nước trong thời gian dài và trên diện rộng. Trường hợp này tầng chứa nước có khả năng tự bảo vệ cao hay vùng có nguy cơ ô nhiễm thấp. Tại những vùng này có chỉ số I_{GOD} từ 0,1 đến dưới 0,3.

+ Tầng chứa nước có khả năng bị tổn thương rất thấp: Do tầng chứa nước có lớp phủ không thấm nước hoặc thấm nước yếu bảo vệ nên tầng chứa nước có khả năng tự bảo vệ rất cao. Mặt khác, dòng ngầm vận động với tốc độ nhỏ... Vùng này không có nguy cơ ô nhiễm, có chỉ số I_{GOD} dưới 0,1.

3. Đánh giá khả năng tự bảo vệ tầng chứa nước Holocen vùng đồng bằng tỉnh Hà Tĩnh

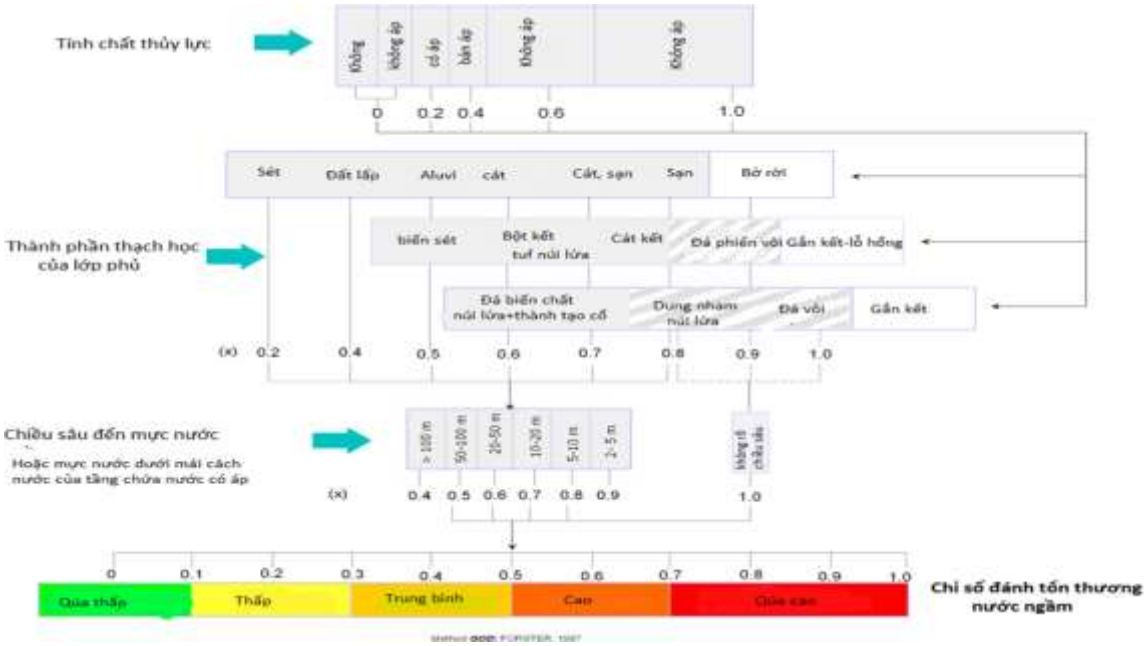
Để đánh giá khả năng tự bảo vệ tầng chứa nước dưới đất vùng đồng bằng tỉnh Hà Tĩnh dựa trên tài liệu tổng hợp khoan bơm thí nghiệm địa chất thủy văn của của 65 giếng khoan từ các dự án điều tra, thăm dò nước dưới đất:

+ Đánh giá yếu tố G - Đặc tính thủy lực của tầng chứa nước: Tầng chứa nước lỗ hổng các trầm tích bở rời thống Holocen (qh) bao gồm toàn bộ các trầm tích hiện đại có tuổi (Q_2^3); (Q_2^2) được tạo thành từ nhiều nguồn gốc biển, sông biển. Tầng chứa nước Holocen toàn vùng đồng bằng ven biển tỉnh Hà Tĩnh là tầng chứa nước không áp lực.

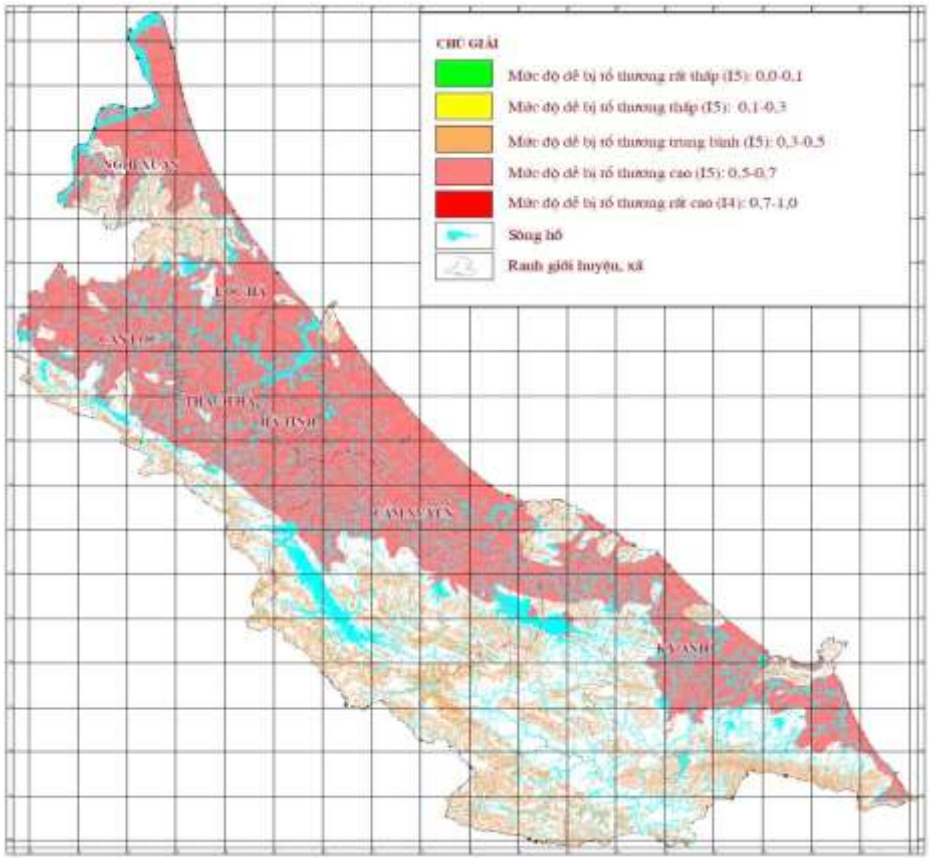
+ Thành phần thạch học đất đá đới thông khí: Tầng chứa nước Đệ Tứ Holocen trong các lỗ khoan ở vùng đồng bằng bắt gặp các lớp cát hạt mịn cát hạt trung, bùn cát, sét nằm xen kẽ nhau.

+ Theo tài liệu các lỗ khoan thăm dò và khai thác có trong vùng, mực nước ngầm nằm rất gần mặt đất, chiều sâu mực nước thay đổi từ 0,44 đến 5,57 m.

+ Kết quả đánh giá khả năng tự bảo vệ tầng chứa nước Holocen vùng đồng bằng ven biển tỉnh Hà Tĩnh thể hiện trong Bảng 1và Hình 2: Giá trị chỉ số I_{GOD} từ 0,55 đến 0,65, vậy toàn bộ tầng chứa nước có mức độ bị tổn thương cao tức là khả năng tự bảo vệ thấp.



Hình 1. Cơ sở lý thuyết phân chia các chỉ tiêu đánh giá khả năng tự bảo vệ tầng chứa nước của phương pháp GOD



Hình 2. Sơ đồ phân vùng đánh giá khả năng tự bảo vệ tầng chứa nước Holocen đồng bằng ven biển tỉnh Hà Tĩnh

Bảng 2. Kết quả đánh giá khả năng tự bảo vệ tầng chứa nước Holocen vùng ven biển Hà Tĩnh

STT	Kết quả đánh giá khả năng tự bảo vệ tầng chứa nước Holocen													
	Nghi Xuân		Can Lộc		Lộc Hà		Thạch Hà		Hà Tĩnh		Cẩm Xuyên		Kỳ Anh	
G	Không áp	1	Không áp	1	Không áp	1	Không áp	1	Không áp	1	Không áp	1	Không áp	1
O	Cát hạt mịn, cát hạt trung, sét…	0,65	Cát hạt mịn, cát hạt trung, sét…	0,65	Cát hạt mịn, cát hạt trung, sét…	0,65	Cát hạt mịn, cát hạt trung, lẫn sét	0,65	Cát hạt mịn, cát hạt trung, sét…	0,65	Cát hạt mịn, cát hạt trung, sét…	0,65	Cát hạt mịn, cát hạt trung, sét…	0,65
D	1,7-3,15	0,94	1,19-2,6	0,97	0,5-1,3	1	0,6-1,89	1	0,45-5,57	0,85	0,43-4,78	0,9	0,36-1,4	1
Chỉ số mức độ tổn thương I_{GOD}		0,61		0,63		0,65		0,65		0,55		0,58		0,65
Mức độ tổn thương	Cao		Cao		Cao		Cao		Cao		Cao		Cao	
Khả năng tự bảo vệ	Thấp		Thấp		Thấp		Thấp		Thấp		Thấp		Thấp	

4. Kết luận

Diện phân bố tầng chứa nước Holocen đồng bằng tỉnh Hà Tĩnh khá lớn, chủ yếu tập trung trên địa bàn 6 huyện và thành phố Hà Tĩnh. Tầng chứa nước này phục vụ cấp nước cho toàn thể các hoạt động của vùng. Tầng chứa nước này hoàn toàn lộ ra trên mặt, thành phần thạch học là cát hạt mịn, hạt trung, xen lần sét với chiều dày mỏng nên rất dễ bị nhiễm bẩn. Trong nghiên cứu này, đã áp dụng phương pháp GOD để đánh giá khả năng tự bảo vệ tầng chứa nước Holocen này cho thấy: Chỉ số I_{GOD} trên toàn thể đồng bằng thay đổi từ 0,55 đến 0,65. Như vậy, tầng chứa nước này có khả năng tự bảo vệ thấp, rất dễ bị tổn thương. Tuy nhiên, do nguồn tài liệu hạn chế, nên kết quả nghiên cứu còn hạn chế, cần có các phương pháp đánh giá khác dựa trên tổng hợp của nhiều chỉ số về đặc điểm địa chất thủy văn để có kết quả chính xác hơn. Từ đó, có các biện pháp khai thác, bảo vệ tầng chứa nước này để khai thác lâu dài và bền vững.

Tài liệu tham khảo

Nguyễn Hữu Bình, 2011. *Bản đồ Địa chất thủy văn tỉnh Hà Tĩnh tỷ lệ 1:100.000*. Sở Tài nguyên môi trường tỉnh Hà Tĩnh, trang 175.

Foster, S.S.D. 1987. Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk, and protection strategy. In Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollution, Vol. 38, ed. W. van Dui-jvenbooden and H.G. van Waegeningh, 69-86. The Hague, Netherlands: TNO Committee on Hydrological Research.

Hoàng Thăng Long, 2016. *Đánh giá trữ lượng nước dưới đất đồng bằng tỉnh Hà Tĩnh, đề xuất các giải pháp khai thác bền vững*. Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Hà Nội.

Nguyễn Hữu Phát, 2017. *Nghiên cứu đánh giá tính bền vững của tài nguyên nước dưới đất trong trầm tích Đệ Tứ đồng bằng ven biển tỉnh Hà Tĩnh, phục vụ phát triển kinh tế xã hội*. Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Hà Nội.

Đỗ Ngọc Thực, Phan Văn Trường, Nguyễn Đức Núi, 2015. Các nhân tố cơ bản ảnh hưởng đến nước dưới đất trong trầm tích Đệ tứ đồng bằng ven biển tỉnh Hà Tĩnh. Tạp chí Khao học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, số 49, trang 115-121.

ABSTRACT

Research and assessment of the self-protection capacity of the Holocene aquifer in the Ha Tinh province coastal plain

Duong Thị Thanh Thuy
Hanoi University of Mining and Geology

The Holocene aquifer in the coastal plain of Ha Tinh province is currently the most promising, providing water for the region's activities. This aquifer has no pressure, is exposed right on the ground surface, has a thin thickness, and the lithological composition is fine-grained sand, medium-grained sand, clay... The aquifer has a shallow water level, leading to a high risk of pollution. Therefore, it is necessary to study and assess the self-protection capacity of the aquifer to have measures to exploit and protect the aquifer reasonably and scientifically. Using the GOD aquifer self-protection assessment method proposed by scientist FODTER in 1987, based on 3 basic characteristics of the aquifer: Hydraulic properties of the aquifer (Groundwater confinement); Overlying strata; Depth to groundwater to assess the self-protection capacity of the Holocene aquifer in the coastal plain of Ha Tinh province. The research results show that: The aquifer has a high level of vulnerability, meaning a low level of self-protection throughout the plain. Therefore, it is necessary to have measures to protect the aquifer for sustainable and long-term exploitation.

Keywords: Self-protection capacity; Aquifer; Holocene

Phân vùng động thái nước dưới đất trầm tích Đệ Tứ vùng đồng bằng ven biển tỉnh Thanh Hóa

Dương Thị Thanh Thủy*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Đồng bằng Thanh Hóa có diện tích 2.800 km^2, là đồng bằng có diện tích lớn thứ 3 cả nước. Đồng bằng có dạng một tam giác châu, với đỉnh là vùng Bái Thượng (huyện Thọ Xuân), đáy là đường bờ biển từ Nga Sơn đến Tĩnh Gia. Có vị trí chiến lược quan trọng trong việc phát triển kinh tế của toàn tỉnh. Thành tạo nên vùng đồng bằng là trầm tích Đệ Tứ với 2 tầng chứa nước Holocen (qh) và tầng chứa nước Pleistocen (qp) là tầng chứa nước chính cung cấp cho toàn vùng đồng bằng. Tuy nhiên, các tầng chứa nước này có nguy cơ cạn kiệt, nhiễm bẩn và nhiễm mặn. Chính vì vậy, việc nghiên cứu các nhân tố cơ bản hình thành và ảnh hưởng đến động thái, đặc điểm động thái nước dưới đất nhằm dự báo sự biến động của chất lượng và trữ lượng nước dưới đất, xác định nguồn hình thành trữ lượng. Từ đó, hoàn thiện mạng lưới quan trắc và có biện pháp khai thác và bảo vệ tầng chứa nước là cần thiết. Trên cơ sở số liệu quan trắc, các đồ thị dao động mực nước, đồ thị tương quan giữa mực nước dưới đất và nhân tố chính hình thành động thái nước dưới đất cho thấy: Tầng chứa nước Holocen được phân chia thành 2 vùng động thái: Vùng động thái tự nhiên (A) và vùng động thái phá hủy. Vùng động thái tự nhiên bao gồm 3 khu động thái: Khu động thái khí tượng (A-I); Khu động thái khí tượng-thuỷ văn (A-II); Khu động thái khí tượng-triều (A-III). Tầng chứa nước Pleistocen được phân chia thành 2 vùng động thái tự nhiên (A) và vùng động thái phá hủy (B). Vùng động thái tự nhiên chia 3 khu động thái: Khu động thái khí tượng (A-I); Khu động thái thuỷ văn (A-II); Khu động thái triều (A-III).

Từ khóa: Đặc điểm động thái; Tầng chứa nước Đệ tứ; đồng bằng Thanh Hóa

1. Đặt vấn đề

Đồng bằng tỉnh Thanh Hóa bao gồm TP. Thanh Hóa, các thị xã Sầm Sơn và Bỉm Sơn, các huyện Thiệu Hóa, Nông Cống, Đông Sơn, Hoằng Hóa, Nga Sơn, Hậu Lộc và Quảng Xương và một số xã thuộc các huyện Thọ Xuân, Vĩnh Lộc và Triệu Sơn. Trong vùng nghiên cứu có trầm tích Đệ tứ với 2 tầng chứa nước Holocen và Pleistocen là 2 tầng chứa nước hiện đang được khai thác phục vụ cho các mục đích khác nhau trên toàn đồng bằng (Nguyễn Hữu Oanh và nnk, 1998; Trần Văn hải, 2017). Do vậy, việc nghiên cứu các nhân tố hình thành động thái, từ đó phân vùng động thái để xác định nhân tố chính hình thành trữ lượng và ảnh hưởng đến chất lượng nước dưới đất là cần thiết.

2. Mạng lưới quan trắc nước dưới đất đồng bằng tỉnh Thanh Hóa

Để đạt được mục tiêu nghiên cứu cần dựa vào mạng lưới quan trắc động thái Quốc gia vùng đồng bằng Thanh Hóa. Mạng lưới quan trắc đi vào hoạt động từ năm 2012. Mạng lưới gồm 14 điểm với 24 công trình quan trắc được bố trí chủ yếu trong 2 tầng chứa nước trong các trầm tích Đệ tứ: Tầng chứa nước lỗ hổng trầm tích Holocen (qh) có 11 lỗ khoan quan trắc, tầng chứa nước lỗ hổng Pleistocen (qp) có 13 lỗ khoan quan trắc (Trần Văn Hải, 2017) (Hình 1 và 2).

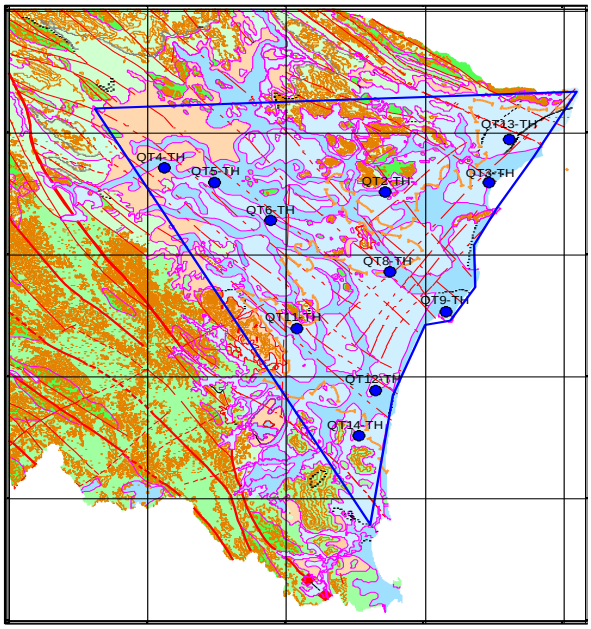
3. Phân vùng động thái nước dưới đất tầng chứa nước Đệ tứ

3.1. Phân vùng động thái mực nước dưới đất tầng chứa nước lỗ hổng trong trầm tích Holocen

Tầng chứa nước Holocen là tầng chứa nước không có áp lực, nằm trên cùng nên chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của hai nhóm nhân tố là tự nhiên và nhân tạo. Trên cơ sở lý thuyết phân vùng động thái nước dưới đất (Đặng Hữu Ơn, 2004; Đào Văn Quang, 2005) và tổng hợp các số liệu quan trắc, các đồ thị dao động mực nước, các biểu đồ tương quan giữa mực nước dưới đất và các nhân tố hình thành động thái như lượng mưa, lượng bốc, mực nước các sông, thủy triều có thể phân chia tầng chứa nước Holocen vùng đồng bằng ven

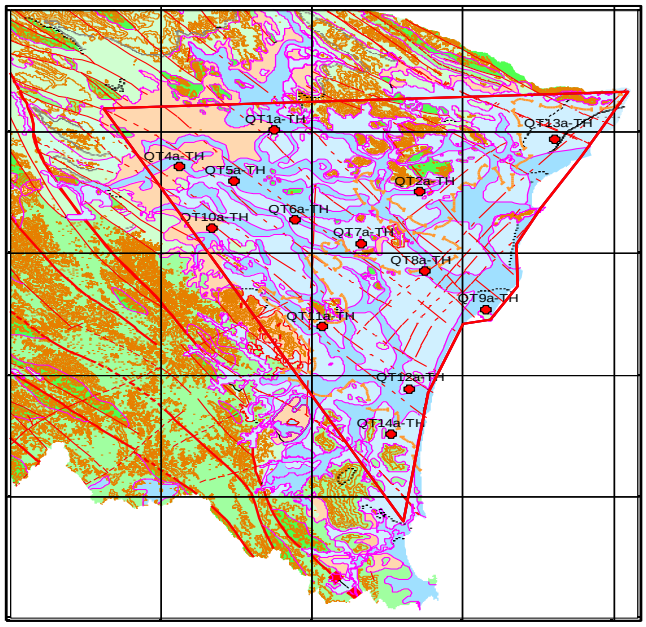
* *Tác giả liên hệ:*
Email: duongthithanhthuy@humg.edu.vn

biển tỉnh Thanh Hóa thành các vùng động thái sau (Bảng 1, Hình 3):



Các lỗ khoan quan trắc nước dưới đất tầng chứa nước Holocen

Hình 1. Sơ đồ các điểm quan trắc nước dưới đất trong tầng chứa nước Holocen



Các lỗ khoan quan trắc nước dưới đất tầng chứa nước Pleistocen

Hình 2. Sơ đồ các điểm quan trắc nước dưới đất trong tầng chứa nước Pleistocen

Bảng 1. Phân vùng động thái mực nước dưới đất tầng chứa nước Holocen

Vùng động thái	Khu động thái	Căn cứ phân vùng động thái
Vùng động thái tự nhiên (A)	Khu động thái khí tượng (A-I)	Các khu vực chịu ảnh hưởng chính là lượng mưa, mối quan hệ giữa lượng mưa và mực nước dưới là chặt chẽ, hệ số tương quan R thay đổi 0,83 - 0,86
	Khu động thái khí tượng - thuỷ văn (A-II)	Khu vực nằm sát sông nên bị ảnh hưởng nhiều nhất là mực nước sông. Các khu vực này cũng bị ảnh hưởng của yếu tố khí tượng, Mối quan hệ giữa mực nước sông và mực nước dưới đất khá chặt chẽ, hệ số tương quan R = 0,68 - 0,84
	Khu động thái khí tượng - triều (A-III)	Các khu vực ven biển có mối quan hệ giữa mực nước triều và mực nước dưới đất khá chặt chẽ, hệ số tương quan R thay đổi từ 0,67 đến 0,83. Tại vùng này ngoài ảnh hưởng của thủy triều thì bị ảnh hưởng thứ yếu là các yếu tố khí tượng
Vùng động thái phá hủy (B)		Các khu vực khai thác nước tập trung các công trình khai thác nước dưới đất và đã xuất hiện các phễu hạ thấp mực nước dưới đất

+ *Vùng động thái tự nhiên (A):* Phân bố ở hầu hết diện tích của tầng chứa nước. Ở đó, động thái nước dưới đất không bị phá huỷ, chủ yếu ảnh hưởng bởi các nhân tố tự nhiên, đôi nơi cũng có các công trình khai thác nước nhưng chưa làm thay đổi quy luật tự nhiên của chúng. Căn cứ vào tác động của các nhân tố chính đến động thái mực nước phân chia ra 3 khu động thái sau:

- *Khu động thái khí tượng (A-I):* Phân bố trên đại bộ phận diện tích của tầng chứa nước trừ những dải ven sông, ven biển. Tại vùng này do tầng chứa nước nằm trên cùng nên hầu hết tầng có cấu trúc hở, nửa hở. Chính vì vậy, động thái nước dưới đất chủ yếu do các yếu tố khí tượng (mưa, bốc hơi) quyết định. Hệ số tương quan giữa lượng mưa, lượng bốc hơi với mực nước dưới đất thay đổi 0,83 đến 0,86. Đồ thị dao động mực dưới đất đồng pha với các yếu tố khí tượng.

- *Khu động thái khí tượng-thuỷ văn* (A-II)*:* Phân bố dọc các sông, chiều rộng phụ thuộc vào độ lớn của

các con sông: đa số các sông khu vực nghiên cứu đều là sông nhỏ nên chiều rộng tầng qh chỉ 2-3 km, đôi khi hẹp hơn. Động thái nước dưới đất ở đây bị chi phối chủ yếu do các dòng chảy trên mặt. Hệ số tương quan giữa mực nước sông và mực nước dưới đất từ 0,68 đến 0,84. Biên độ dao động mực nước lớn từ 6-7 m ở vùng sát sông, giảm đến 2-3 m đối với vùng xa sông.

- *Khu động thái khí tượng-triều* (A-III)*:* Phân bố thành dải hẹp chạy dọc ven bờ biển. Hệ số tương quan thay đổi từ 0,67 đến 0,83. Sự dao động mực nước ở đây do ảnh hưởng chủ yếu của dao động thuỷ triều làm cho mực nước dưới đất có chu kỳ dao động ngày và chu kỳ dao động nửa tháng đến. Ngoài ra, chúng còn bị ảnh hưởng thứ yếu bởi các yếu tố khí tượng. Do vậy, chúng vẫn có chu kỳ dao động theo mùa.

+ *Vùng động thái phá hủy (B):* Phân bố chủ yếu tại khu vực các huyện Quảng Xương, Hoằng Hóa, TP. Thanh Hóa. Tại đây có nhiều công trình khai thác nước dưới đất trong tầng chứa nước Holocen nên đã xuất hiện phễu hạ thấp mực nước. Vùng động thái phá hủy ở đây chỉ mang tính cục bộ, bán kính phễu hạ thấp nhỏ.

3.2. Phân vùng động thái mực nước dưới đất tầng chứa nước lỗ hổng trong trầm tích Pleistocen (qp)

Tầng chứa nước lỗ hổng trong trầm tích Pleistocen (qp) phân bố rộng khắp ở đồng bằng bị phủ bởi tầng chứa nước Holocen ở mức độ khác nhau, lộ ra chủ yếu ở vùng đỉnh và ven rìa đồng bằng. Dựa trên các tài liệu quan trắc mực nước dưới đất và các đồ thị dao động mực nước, đồ thị tương quan giữa mực nước dưới đất với các yếu tố khí tượng, mực nước sông và mực nước thủy triều tại các điểm quan trắc cho đặc điểm động thái mực nước tầng chứ nước Pleistocen (Bảng 2, Hình 4).

Bảng 2. Phân vùng ĐT NDĐ tầng chứa nước Pleistocen theo nhân tố hình thành động thái

Vùng động thái	Khu động thái	Căn cứ phân vùng
Vùng động thái tự nhiên (A)	Khu động thái khí tượng (A.I)	Khu vực này chịu ảnh hưởng cả mưa và bốc hơi. Mối quan hệ giữa yếu tố khí tượng lượng mưa và lượng bốc hơi và mực nước dưới đất là khá chặt chẽ, hệ số tương quan R = 0,71 - 0,82
	Khu động thái thuỷ văn (A.II)	Các khu vực ven sông và sông cắt sâu vào tầng chứa nước hoặc tại vị trí tầng chứa nước có cửa sổ địa chất thủy văn. Tại vùng này có mối quan hệ giữa mực nước sông và mực nước dưới đất khá chặt chẽ, hệ số tương quan R = 0,72 - 0,79
	Khu động thái triều (A.III)	Các khu vực ven biển có mối quan hệ giữa mực nước triều và mực nước dưới đất là khá chặt chẽ hệ số tương quan R = 0,62 - 0,78
Vùng động thái phá hủy (B)		Các khu vực khai thác nước tập trung đã xuất hiện các phễu hạ thấp mực nước dưới đất.

+ *Vùng động thái tự nhiên (A):* Tại vùng này động thái mực nước dưới đất chủ yếu bị ảnh hưởng bởi các nhân tố tự nhiên. Căn cứ vào sự tác động của các nhân tố chính phân chia ra 3 khu như sau:

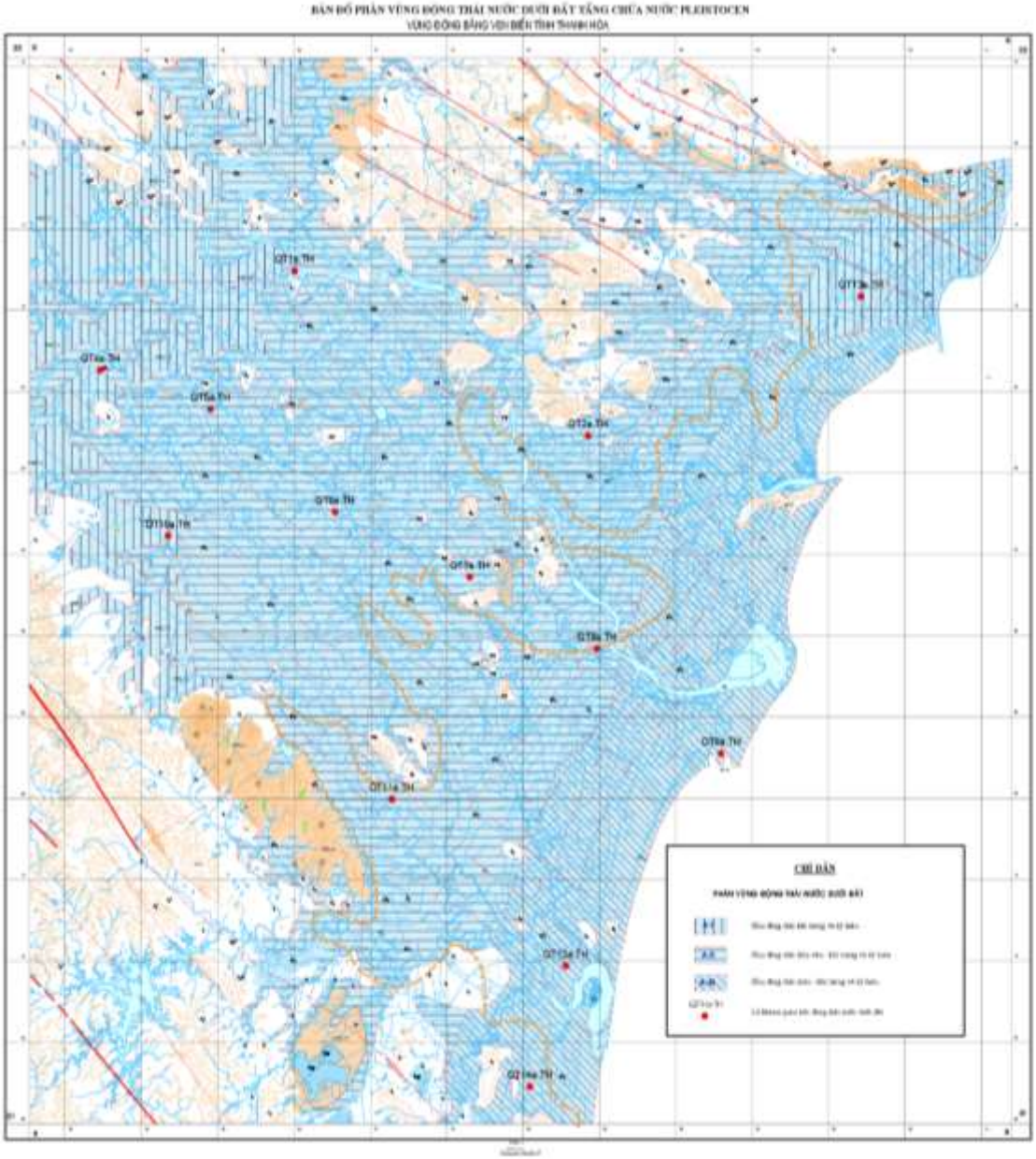
- *Khu động thái khí tượng (A-I):* Do phân bố ở vùng đỉnh và ven rìa đồng bằng nên tầng chứa nước nằm nông, nhiều nơi chúng lộ ra trên mặt. Vì vậy, lượng mưa và bốc hơi có ảnh hưởng rất rõ đến dao động mực nước dưới đất. Các khu vực có mối quan hệ giữa yếu tố khí tượng lượng mưa và mực nước dưới đất là khá chặt chẽ, hệ số tương quan R = 0,71-0,82. Động thái mực nước dưới đất chủ yếu do lượng mưa quyết định. Biên độ dao động mực nước trong năm từ 2-3 m ở vùng rìa đến 1-2 m ở các vùng còn lại.

- *Khu động thái thuỷ văn (A-II):* Phân bố thành dải ven các sông chính như: sông Mã, sông Bưởi,... Động thái nước dưới đất bị chi phối chủ yếu bởi nhân tố thủy văn, các nhân tố phụ khác ít bị ảnh hưởng do tầng chứa nước bị phủ nên mức độ ảnh hưởng nhỏ. Hệ số tương quan giữa mực nước dưới đất và nước sông là R = 0,72 - 0,79. Như vậy, mực nước dưới đất tầng chứa nước qp có mối quan hệ khá chặt chẽ với mực nước sông do lòng sông cắt vào tầng chứa nước.

- *Khu động thái triều (A-III):* Phân bố thành dải hẹp chạy dọc ven bờ biển. Sự dao động mực nước ở đây do ảnh hưởng của dao động thuỷ triều làm cho mực nước dưới đất có chu kỳ dao động ngày và chu kỳ dao động nửa tháng. R = 0,62 - 0,78.

+ *Vùng động thái phá hủy (B):* Phân bố yếu tại khu vực các vùng TP. Thanh Hóa, các huyện Đông Thiệu, Thiệu Hóa và Hoằng Hóa. Tại đây, có nhiều lỗ khoan khai thác nước trong vùng nước nhạt nên đã

xuất hiện phễu hạ thấp mực nước. Như vậy, nhân tố chính ảnh hưởng đến động thái nước dưới đất là hoạt động khai thác nước. Tuy nhiên, do mạng lưới các công trình quan trắc mực nước còn sơ lược nên vùng động thái phá hủy ở đây chỉ mang tính cục bộ, bán kính phễu hạ thấp nhỏ, cần nghiên cứu thêm trong thời gian tới.



Hình 3. Bản đồ phân vùng động thái mực nước dưới đất tầng chứa nước lỗ hổng trong tầm tích Holocen vùng đồng bằng ven biển tỉnh Thanh Hóa

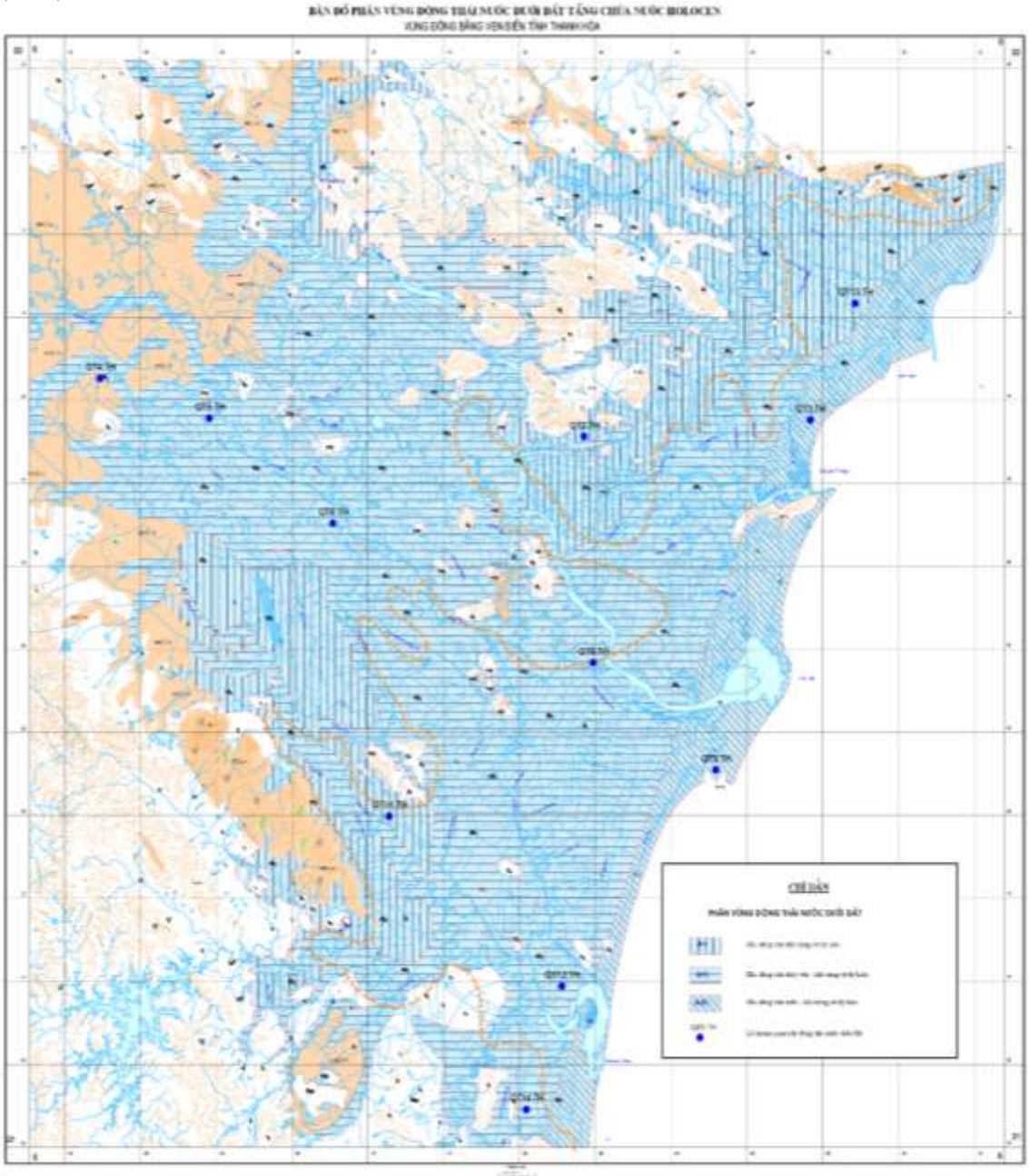
4. Kết luận và kiến nghị

Trên cơ sở các tài liệu quan trắc, biểu đồ dao động và các biểu đồ tương quan mực nước dưới đất với các nhân tố chính hình thành động thái mực nước dưới đất cho thấy:

Vùng đồng bằng ven biển tỉnh Thanh Hóa, nhóm các nhân tố ngoại sinh và nhân tạo là những nhân tố chính hình thành ĐT mực NDĐ. Nhân tố ngoại sinh như nhân tố khí tượng (lượng mưa, bốc hơi…) có ảnh hưởng rộng rãi trên toàn bộ diện tích tầng chứa nước qh, một phần của tầng chứa nước qp. Nhân tố thuỷ văn tác động đến động thái mực nước của tầng Holocen và Pleistocen ở dải ven sông chính sông Mã và các cửa của con sông này. Hoạt động của thuỷ triều biển Đông, vùng hạ lưu các sông đã ảnh hưởng trực tiếp đến động thái mực nước của hai tầng chứa nước này vùng đồng bằng ven biển tỉnh Thanh Hóa. Nhóm các nhân tố nhân tạo hình thành động thái mực nước dưới đất thể hiện không rõ để thể hiện kiểu

động thái bị phá huỷ.

Vùng động thái tự nhiên bao gồm 3 khu động thái: Khu động thái khí tượng (A-I); Khu động thái khí tượng-thuỷ văn (A-II); Khu động thái khí tượng-triều (A-III). Tầng chứa nước Pleistocen được phân chia thành vùng động thái: Vùng động thái tự nhiên (A) và vùng động thái phá hủy (B). Vùng động thái tự nhiên 3 khu động thái: Khu động thái khí tượng (A-I); Khu động thái thuỷ văn (A-II); Khu động thái triều (A-III).



Hình 4. Bản đồ phân vùng động thái mực nước dưới đất tầng chứa nước lỗ hổng Pleistocen vùng đồng bằng ven biển Thanh Hóa

Tuy nhiên, với diện tích đồng bằng ven biển Thanh Hóa rất rộng. Mặt khác, các tầng chứa nước Holocen và Pleistocen trong trầm tích Đệ Tứ lộ ngay mặt đất, bề dày mỏng, gần biển nên nguy cơ nhiễm mặn và nhiễm bẩn rất cao. Trên cơ sở đặc điểm động thái vùng đồng bằng tỉnh Thanh Hóa cần thiết bổ sung các điểm quan trắc tại các vùng và khu động thái khác nhau:

- Đối với vùng động thái khí tượng nguồn cung cấp cho nước dưới đất là nước mưa nên rất dễ bị nhiễm bẩn cần bổ sung tuyến và điểm quan trắc đan dầy và có hệ thống hơn nữa và cần tiến hành đồng bộ với quan trắc động thái thành phần hóa học.

- Đối với vùng động thái thủy văn, động thái khí tượng-thủy văn, động thái triều cần bổ sung tuyến quan trắc từ tầng chứa nước kéo dài ra sông và biển, đặc biệt cần có trạm quan trắc động thái mực nước sông và mực nước triều.

- Đối với vùng động thái bị phá huỷ cần phải bổ sung các điểm quan trắc tại những nơi có hoạt động khai thác nước tập trung quy mô lớn, các khu công nghiệp, thành phố lớn: TP. Thanh Hóa, các huyện Đông Thiệu, Thiệu Hóa và Hoằng Hóa.

Kết quả nghiên cứu mới chỉ dừng ở động thái mực nước. Động thái mực nước, thành phần hóa học và nhiệt độ thường có mối quan hệ hữu cơ. Do vậy, cần phải có công trình nghiên cứu toàn diện hơn.

Tài liệu tham khảo

Trần Văn Hải, 2017. *Dự báo động thái nước dưới đất trầm tích Đệ Tứ vùng đồng bằng ven biển tỉnh Thanh Hóa.* Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Hà Nội.

Nguyễn Hữu Oanh và nnk, 1998. *Báo cáo lập bản đồ ĐCTV 1/50000 vùng Thanh Hóa, Thanh Hóa, trang 186.*

Đặng Hữu Ơn và nnk, 2004. Phương pháp thành lập bản đồ thông tin và dự báo động thái nước dưới đất theo các chỉ tiêu tương đối. *Tuyển tập Báo cáo hội nghị khoa học lần thứ 15 - Q.3: ĐCCT-ĐCTV và môi trường,* trang 185-190.

Đào Văn Quang, 2005. *Nghiên cứu động thái và tính toán cân bằng nước ngầm theo tài liệu quan trắc tại sân cân bằng Như Quỳnh.* Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Hà Nội.

ABSTRACT

Quaternary Sedimentary Groundwater Dynamic Zoning in the Coastal Plain of Thanh Hoa Province

Duong Thi Thanh Thuy

Hanoi University of Mining and Geology

Thanh Hoa Delta is the third largest delta in the country, with an area of 2,800 km^2. The delta is shaped like a triangle, with the top being Bai Thuong (Tho Xuan district), and the bottom being the coastline from Nga Son to Tinh Gia. It has an important strategic position in the economic development of the whole province. Quaternary sediments form the delta with 2 aquifers, Holocene (qh) and Pleistocene (qp), the main aquifers supplying water to the entire delta. However, these aquifers are at risk of depletion, contamination, and salinity. Therefore, it is necessary to study the basic factors that form and affect the dynamics and characteristics of groundwater dynamics to forecast the fluctuations in groundwater quality and reserves and determine the sources of reserves. From there, it is necessary to complete the monitoring network and have measures to exploit and protect aquifers. Based on the observation data, water level fluctuation graphs, correlation graphs between groundwater level and the main factors forming groundwater dynamics show that: The Holocene aquifer is divided into 2 dynamic zones: Natural dynamic zone (A) and destructive dynamic zone. The natural dynamic zone includes 3 dynamic zones: Meteorological dynamic zone (A-I); Meteorological-hydrological dynamic zone (A-II); Meteorological-tidal dynamic zone (A-III). The Pleistocene aquifer is divided into 2 natural dynamic zones (A) and destructive dynamic zone (B). The natural dynamic zone is divided into 3 dynamic zones: Meteorological dynamic zone (A-I); Hydrological dynamic zone (A-II); and Tidal dynamic zone (A-III).

Keywords: Dynamic characteristics; Quaternary aquifer; Thanh Hoa plain

Áp dụng phương pháp Thiessen để đánh giá tiềm năng tài nguyên nước mưa tỉnh Quảng Ninh

Trần Quang Tuấn*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Nước mưa là một trong những nguồn tài nguyên quý giá, ảnh hưởng lớn đến việc cung cấp nước cho các mục đích khác nhau. Dựa vào dữ liệu lượng mưa thu thập trong nhiều năm (1977-2015), nghiên cứu này đã áp dụng phương pháp đa giác Thiessen, sử dụng phần mềm ArcGIS 10.8 để tính toán, đánh giá tiềm năng tài nguyên nước mưa cho toàn bộ tỉnh Quảng Ninh. Kết quả dành được cho thấy lượng mưa trung bình năm trong vùng khoảng 1920 mm/năm. Tiềm năng tài nguyên nước mưa trong toàn tỉnh là khoảng 12 tỷ m^3/năm. Tài nguyên này phân bố không đều, phân bố lớn nhất ở huyện Hoành Bồ với 1,5 tỷ m^3/năm và phân bố ít nhất ở huyện Cô Tô với 0,1 tỷ m^3/năm. Kết quả nghiên cứu có ý nghĩa lớn và rất cần thiết trong việc quản lý, sử dụng tài nguyên nước mưa và phục vụ phát triển bền vững.

Từ khóa: Tài nguyên nước mưa; lượng mưa; đa giác Thiessen; Quảng Ninh

1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và sự gia tăng nhu cầu về nguồn nước trên toàn cầu, việc quản lý và sử dụng tài nguyên nước trở thành một thách thức quan trọng đối với các vùng lãnh thổ, đặc biệt là ở các khu vực có sự biến động lớn về lượng mưa và điều kiện địa lý như tỉnh Quảng Ninh. Quảng Ninh, một tỉnh ven biển phía Bắc Việt Nam, không chỉ có sự phân bố lượng mưa không đồng đều mà còn gặp phải sự biến động đáng kể về khí hậu và thời tiết, điều này ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng cung cấp nước cho sinh hoạt, nông nghiệp và các hoạt động kinh tế khác.

Dữ liệu về lượng mưa và tài nguyên nước mưa là rất cần thiết để xây dựng các chiến lược quản lý và phát triển bền vững. Vì vậy, khi thiết kế các trạm đo mưa đã có sự tính toán tới sự phân bố không đồng đều của lượng mưa theo vùng và sự phức tạp của điều kiện địa lý. Phương pháp Thiessen (Schumann, A.H., 1998) đã được áp dụng như một công cụ hữu hiệu trong việc phân tích lượng mưa và xác định tiềm năng tài nguyên nước mưa ở các khu vực khác nhau. Phương pháp này được biết đến với khả năng phân chia khu vực nghiên cứu thành các vùng ảnh hưởng của các trạm đo mưa, giúp xác định lượng mưa trung bình cho từng khu vực một cách chính xác. Tuy nhiên, việc áp dụng phương pháp này trong bối cảnh tỉnh Quảng Ninh, với sự đa dạng về địa hình và khí hậu, đặt ra nhiều thách thức và yêu cầu sự tinh chỉnh và điều chỉnh phù hợp để có kết quả chính xác và có thể áp dụng vào thực tiễn.

Kết quả áp dụng phương pháp Thiessen trong nghiên cứu này nhằm cung cấp cái nhìn rõ ràng về phân bố lượng mưa và tiềm năng sử dụng nước mưa trong tỉnh. Kết quả của nghiên cứu không chỉ giúp nâng cao hiệu quả quản lý tài nguyên nước mà còn hỗ trợ các quyết định lập kế hoạch và phát triển bền vững cho tỉnh Quảng Ninh trong bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng gia tăng.

2. Vùng nghiên cứu

Quảng Ninh có diện tích khoảng 610235 ha, với 14 đơn vị hành chính (các huyện, thị xã, thành phố), nằm ở phía Đông Bắc Việt Nam, chạy dài theo hướng Đông Bắc - Tây Nam, với tọa độ địa lý từ 20°40’ đến 21°40’ vĩ độ Bắc và từ 106°25’ đến 108°25’ kinh độ Đông. Phía Bắc giáp với Trung Quốc, phía Tây Bắc giáp với các tỉnh Lạng Sơn và Bắc Giang. Phía Đông và phía Nam giáp với vịnh Bắc Bộ và thành phố Hải Phòng. Vùng nghiên cứu có hơn 250 km đường bờ biển, với 6 kiểu địa hình: vùng núi, đồi, thung lũng giữa núi, đồng bằng, bờ bãi và vùng biển, hải đảo (Hình 1).

* *Tác giả liên hệ:*
Email: tranquangtuan@humg.edu.vn



Hình 1. Bản đồ thể hiện phạm vi vùng nghiên cứu

3. Dữ liệu và phương pháp

3.1. Dữ liệu về lượng mưa

Trong vùng nghiên cứu có 7 trạm khí tượng (Bãi Cháy, Quảng Hà, Cô Tô, Cửa Ông, Uông Bí, Tiên Yên và Móng Cái) và 9 trạm quan trắc lượng mưa (Yên Hưng, Phong Cốc, Yên Lập, Hoành Bồ, Vàng Danh, Đông Triều, Đầm Hà, Ba Chẽ và Quất Đông) hiện đang hoạt động. Vị trí trạm Cô Tô nằm xa đất liền và thực hiện thu thập số liệu mưa và các yếu tố thời tiết khác trong vùng biển. Do những nguyên nhân khách quan nên các dữ liệu thu thập về lượng mưa đôi khi không được liên tục. Số liệu được thu thập tại Trung tâm Tư liệu khí tượng thủy văn. Vì vậy, nghiên cứu này lấy số liệu 38 năm, từ năm 1977 đến năm 2015 để tính toán tiềm năng nguồn nước mưa trong vùng nghiên cứu.

3.2. Phương pháp đa giác Thiessen

Phương pháp này dựa vào số liệu mưa và vị trí các trạm đo mưa trong vùng nghiên cứu. Sau đó, dựa vào vị trí các trạm đo mưa để vẽ các đa giác Thiessen. Mỗi đa giác bao quanh một trạm đo mưa và khu vực này được khống chế bởi các đường trung trực nối liền các trạm với nhau (Schumann, 1998). Diện tích của mỗi đa giác Thiessen được vẽ và tính toán theo các bước như sau: (1) các trạm đo mưa trên bản đồ đực nối thành các tam giác; (2) từ các tam giác đó, vẽ các đường trung trực của chúng thành các đa giác; (3) lượng mưa tại trạm đo mưa trong mỗi đa giác đại diện cho lượng mưa trong diện tích đa giác đó; và (4) tính diện tích từng đa giác. Lượng mưa trung bình trong mỗi đa giác được tính toán như sau:

$$X_{tb} = \frac{\sum_{i=1}^{n} f_i . X_i}{(\sum_{i=1}^{n} f_i = F)}$$

Trong đó, X_{tb} là lượng mưa trung bình (mm); X_i là lượng mưa tại trạm thứ i đại diện cho phần diện tích thứ i (mm); n là số đa giác hoặc số trạm mưa; f_i là diện tích của khu vực thứ i (km^2); và F là diện tích khu vực (km^2). Nghiên cứu này sử dụng phần mềm ArcGIS 10.8 để thành lập các đa giác Thiessen.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Phân bố mưa

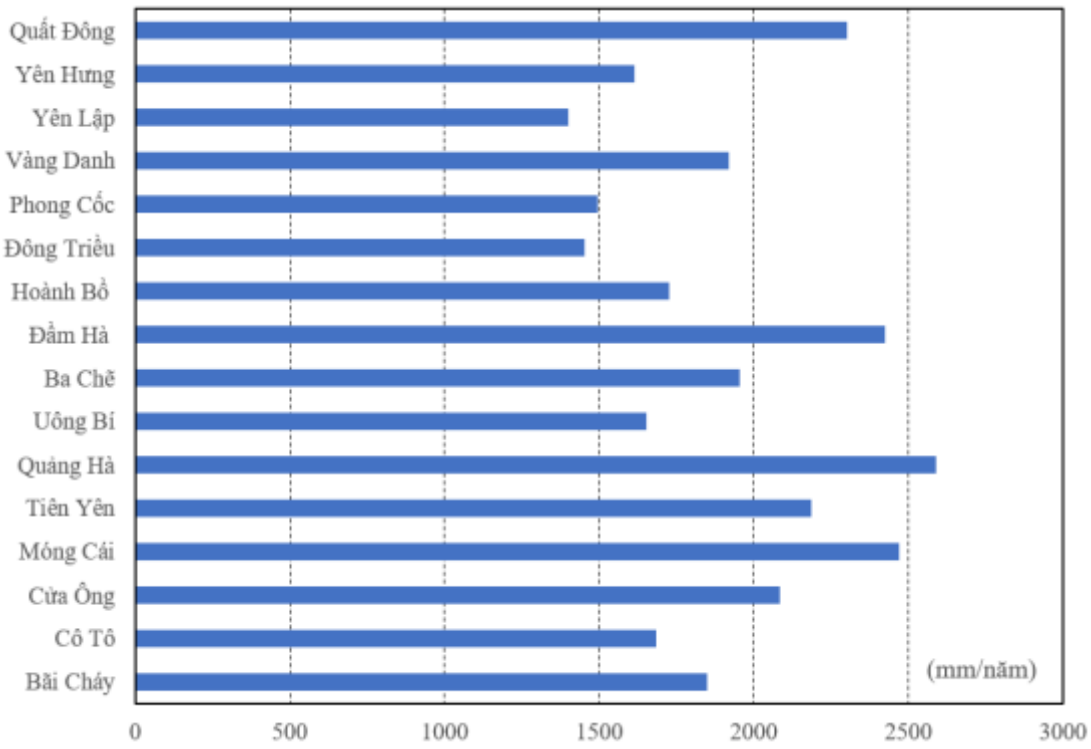
Kết quả tính toán cho thấy, lượng mưa trung bình năm trong vùng nghiên cứu là khoảng 1920 mm/năm. Biến động về lượng mưa giữa các trạm đo mưa là tương đối lớn, vào khoảng 1185 mm. Khu vực có lượng mưa lớn là ở khu vực Quảng Hà, với lượng mưa trung bình cao nhất là 2590 mm. Khu vực ít mưa xảy ra ở khu Yên Lập, TX. Quảng Yên, với lượng mưa trung bình năm là khoảng 1401 mm (Hình 2).

Dựa vào số liệu đo mưa, mùa mưa bắt đầu từ tháng 5 và kết thúc vào cuối tháng 10, với lượng mưa chiếm khoảng 85-88% tổng lượng mưa hàng năm, xảy ra mưa nhiều nhất vào tháng 7 và 8. Mùa khô chiếm khoảng 12-15% tổng lượng mưa năm, từ tháng 11 đến cuối tháng 4 năm sau, với lượng mưa trung bình

phần lớn nhỏ hơn 100 mm/tháng và tháng ít mưa nhất thường xảy ra vào tháng 12 hoặc tháng 1 (lượng mưa trung bình khoảng 13,5 đến 37,1 mm/tháng).

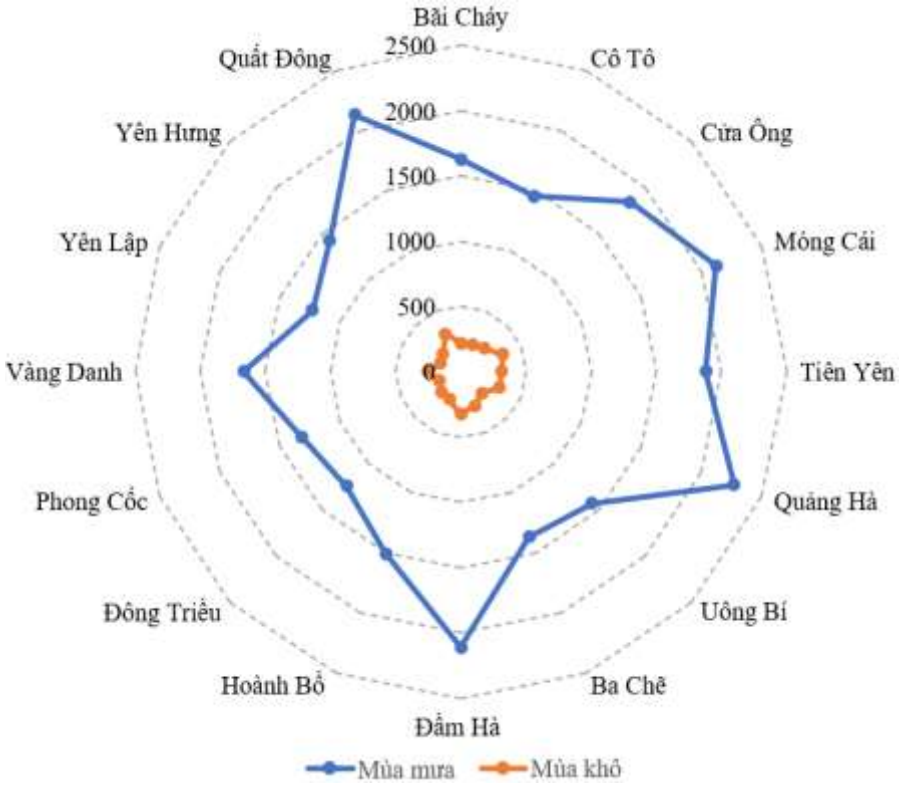
Bảng 1. Lượng mưa trung bình tháng, trung bình năm thời kỳ 1977-2015

TT	Tên trạm đo	Tháng (mm)												Năm (mm)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Quất Đông	47,4	37,7	65,0	93,0	243,2	502,5	574,5	430,3	253,6	127,0	42,7	25,8	2443
2	Yên Hưng	20,4	16,7	40,0	65,8	187,1	257,2	298,0	348,9	231,7	99,0	34,8	16,3	1616
3	Yên Lập	19,9	17,3	37,4	50,1	133,7	214,0	283,3	332,8	185,8	82,3	31,5	13,4	1401
4	Vàng Danh	22,8	29,3	58,5	78,6	201,6	333,6	403,7	406,1	220,7	99,1	33,9	33,3	1921
5	Phong Cốc	13,6	14,4	41,7	57,2	164,0	219,9	280,9	344,1	221,6	88,0	32,9	15,6	1494
6	Đông Triều	18,8	16,8	42,6	71,7	187,6	224,0	254,9	280,4	200,6	92,4	44,6	18,1	1453
7	Hoành Bồ	23,3	24,7	49,6	73,3	180,7	255,6	343,5	377,6	227,8	122,9	39,6	18,8	1737
8	Đầm Hà	39,5	39,8	58,5	96,7	249,9	410,9	526,7	453,1	295,0	175,9	63,3	28,0	2437
9	Ba Chẽ	27,4	38,0	53,5	92,4	199,3	319,6	445,9	358,0	234,1	125,7	46,1	23,8	1964
10	Uông Bí	24,1	23,3	49,0	77,6	188,7	279,1	313,0	343,5	212,3	88,2	33,7	20,5	1653
11	Quảng Hà	50,8	54,7	68,2	113,9	245,4	448,4	577,1	479,4	294,4	152,0	68,9	37,0	2590
12	Tiên Yên	36,6	40,5	64,0	97,1	255,0	345,7	453,5	386,7	290,8	146,1	42,5	26,1	2185
13	Móng Cái	47,6	44,6	68,1	104,8	246,6	455,7	566,1	456,2	262,1	131,4	59,2	26,8	2469
14	Cửa Ông	34,5	29,9	50,2	76,9	207,6	284,0	412,9	470,5	320,7	139,0	41,2	17,7	2085
15	Cô Tô	25,7	25,3	44,7	71,6	146,2	210,5	304,6	372,3	318,2	104,9	38,2	22,9	1685
16	Bãi Cháy	25,4	24,1	46,9	73,4	186,8	275,3	347,9	409,8	272,1	135,2	36,5	15,5	1849



Hình 2. Lượng mưa trung bình năm tại các trạm đo trong vùng nghiên cứu thời kỳ 1977-2015

Vùng nghiên cứu có lượng mưa phân phối theo mùa tương đối lớn, đặc biệt là vào mùa mưa (Hình 3). Vào mùa mưa, tổng lượng mưa lớn nhất của các tháng mùa mưa là 2270 mm, trong khi đó tổng lượng mưa thấp nhất của các tháng là 1232 mm. Ngược lại, vào mùa khô, tổng lượng mưa của các tháng mùa khô lớn nhất là 352 mm, không có vùng nào vượt quá 500 mm và tổng lượng mưa của các tháng nhỏ nhất là 169 mm (Hình 3).



Hình 3. Phân phối mưa theo mùa trong vùng nghiên cứu thời kỳ 1977-2015

4.2. Đánh giá tiềm năng nguồn nước mưa

Dựa trên số liệu mưa trung bình nhiều năm thu thập được, kết hợp áp dụng phương pháp đa giác Thiessen, tính toán theo phương pháp tính trọng số của các trạm đo mưa đối với từng vùng như huyện, thị xã và thành phố. Dựa vào diện tích của mỗi đa giác và tổng diện tích các đa giác, ta tính được trọng số của các trạm đo mưa cho mỗi phần diện tích của huyện, thị xã, thành phố trong đa giác. Khi đó, lượng mưa năm theo vùng ảnh hưởng trong mỗi đa giác được tính = trọng số × lượng mưa năm (đo được tại trạm đo).

Khi đó, tiềm năng tài nguyên nước mưa tính theo huyện, thị xã và thành phố như bảng sau:

Bảng 2. Tiềm năng tài nguyên nước mưa vùng nghiên cứu

TT	Huyện, thị xã, thành phố	Diện tích (km^2)	Trạm đo	Lượng mưa năm đo được tại trạm đo (mm)	Trọng số theo đa giác Thiessen	Lượng mưa năm theo vùng ảnh hưởng (mm)	Tổng lượng mưa năm theo vùng ảnh hưởng (mm)	Tổng lượng nước (10^6 m^3)
1	Đông Triều	397	Vàng Danh	1921	0,13	249,73	1542	612,2
			Đông Triều	1453	0,73	1060,69		
			Uông Bí	1653	0,14	231,42		
2	Đầm Hà	327	Đầm Hà	2426	0,94	2280,44	2412	788,7
			Tiên Yên	2185	0,06	131,10		
3	Bình Liêu	470	Quảng Hà	2590	0,12	310,80	2277	1070,2
			Đầm Hà	2426	0,18	436,68		

			Tiên Yên	2185	0,7	1529,50		
4	Ba Chẽ	607	Hoành Bồ	1727	0,1	172,70	1932	1172,7
			Ba Chẽ	1955	0,9	1759,50		
5	Hải Hà	511	Quảng Hà	2590	0,7	1813,00	2541	1298,5
			Đầm Hà	2426	0,3	727,80		
6	Hoành Bồ	844	Vàng Danh	1921	0,09	172,89	1785	1506,5
			Yên Lập	1401	0,07	98,07		
			Hoành Bồ	1727	0,5	863,50		
			Bãi Cháy	1849	0,16	295,84		
			Cửa Ông	2085	0,02	41,70		
			Ba Chẽ	1955	0,16	312,80		
7	Tiên Yên	652	Đầm Hà	2426	0,05	121,30	2167	1412,9
			Ba Chẽ	1955	0,13	254,15		
			Tiên Yên	2185	0,82	1791,70		
8	Cẩm Phả	346	Bãi Cháy	1849	0,1	184,90	2039	705,5
			Cửa Ông	2085	0,73	1522,05		
			Ba Chẽ	1955	0,17	332,35		
9	Hạ Long	241	Yên Lập	1401	0,35	490,35	1637	394,5
			Hoành Bồ	1727	0,45	777,15		
			Bãi Cháy	1849	0,2	369,80		
10	Móng Cái	519	Quảng Hà	2590	0,4	1036,00	2517	1306,3
			Móng Cái	2469	0,6	1481,40		
11	Uông Bí	256	Vàng Danh	1921	0,53	1018,13	1787	457,5
			Yên Lập	1401	0,03	42,03		
			Yên Hưng	1616	0,01	116,16		
			Uông Bí	1653	0,43	710,79		
12	Quảng Yên	302	Yên Lập	1401	0,5	700,50	1557	470,2
			Yên Hưng	1616	0,28	452,48		

			Bãi Cháy	1849	0,12	221,88		
			Uông Bí	1653	0,11	181,83		
13	Vân Đồn	442	Cửa Ông	2085	0,39	813,15	1830	808,9
			Đầm Hà	2426	0,356	863,66		
			Tiên Yên	2185	0,07	152,95		
14	Cô Tô						1790	103,2
	Tổng							12004,6

Tổng lượng nước được sinh ra từ nước mưa trong vùng nghiên cứu là 12 tỷ m^3/năm. Trong đó, ở phần lục địa, huyện Hoành Bồ có lượng mưa lớn nhất đạt tới 1,5 tỷ m^3/năm và TP. Hạ Long có lượng mưa ít nhất chỉ đạt 0,395 tỷ m^3/năm.

5. Kết luận

Dựa vào dữ liệu lượng mưa đo được trong nhiều năm và áp dụng phương pháp đa giác Thiessen, nghiên cứu này đã tính toán được tiềm năng tài nguyên nước mưa cho tỉnh Quảng Ninh, với tổng lượng nước mưa là khoảng 12 tỷ m^3/năm. Lượng mưa này phân bố không đều, tiềm năng nước mưa lớn nhất đạt 1,5 tỷ m^3/năm ở Hoành Bồ và tiềm năng nước mưa ít nhất là 0,1 m^3/năm ở huyện Cô Tô. Phương pháp Thiessen chỉ cung cấp một ước lượng tương đối về lượng mưa ở các khu vực. Để có kết quả chính xác hơn, có thể kết hợp với các phương pháp phân tích khác như phương pháp Kriging hoặc sử dụng mô hình khí hậu. Từ kết quả dành được, nghiên cứu này có thể giúp ích trong việc đề xuất các giải pháp quản lý và sử dụng tài nguyên nước mưa.

Tài liệu tham khảo

Schumann, A.H., 1998. *Thiessen polygons. In: Encyclopedia of hydrology and lakes*. Encyclopedia of Earth Science. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-4497-6_220.

ABSTRACT

Applying the Thiessen polygon method to assess the potential of rainwater resources in Quang Ninh province

Tran Quang Tuan
Hanoi University of Mining and Geology

Rainwater is one of the valuable resources that significantly impacts the provision of water for various purposes. Based on rainfall data collected over many years (1977-2015), this study applied the Thiessen polygon method, using ArcGIS 10.8 software to calculate and assess the potential of rainwater resources for the entire Quang Ninh province. The results show that the average annual rainfall in the region is approximately 1920 mm/year. The potential rainwater resources for the whole province are around 12 billion m^3/year. This resource is unevenly distributed, with the highest distribution in Hoanh Bo district at 1.5 billion m^3/year and the lowest in Co To district at 0.1 billion m^3/year. The research findings are significant and essential for managing and utilizing rainwater resources and supporting sustainable development.

Keywords: Rainwater resources; rainfall; Thiessen polygons; Quang Ninh

Chuyển đổi các moong khai thác mỏ thành hồ chứa nước đảm bảo an ninh nguồn nước. Lấy ví dụ mỏ đá vôi Bắc Tân Sơn, Hải Dương

Trần Quang Tuấn*, Phan Viết Sơn
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Công tác khai thác khoáng sản bằng các phương pháp khác nhau đã đem lại lợi ích rất lớn cho nền kinh tế quốc dân. Tuy nhiên, việc khai thác khoáng sản bằng phương pháp lộ thiên gây ra nhiều vấn đề cần quan tâm như ô nhiễm môi trường đất, nước và không khí. Các vấn đề giải quyết hậu khai thác đang trở nên cần thiết, vừa giải quyết được các vấn đề môi trường, phát triển kinh tế - xã hội và đảm bảo môi trường sống cho người dân. Trên cơ sở lấy ví dụ mỏ đá vôi Bắc Tân Sơn, tỉnh Hải Dương, để đánh giá những ưu điểm và nhược điểm của công trình sau khi kết thúc khai thác, đảm bảo an toàn, môi trường và hiệu quả sản xuất kinh doanh, đề xuất phương án chuyển đổi các moong khai thác mỏ lộ thiên thành hồ chứa nước đảm bảo an ninh nguồn nước và phát triển bền vững.

Từ khóa: moong khai thác mỏ; hồ chứa nước; nguồn nước; Hải Dương

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, khai thác khoáng sản rắn được tiến hành theo các phương pháp khác nhau như khai thác lộ thiên, khai thác hầm lò, khai thác lộ thiên và hầm lò kết hợp. Các phương pháp khai thác này được thiết kế cho các mỏ tùy thuộc vào các đặc điểm và yếu tố khác nhau như đặc điểm địa chất, địa chất thủy văn, địa chất công trình và đặc điểm các thân quặng... Ngoài việc khai thác các khoáng sản có ích và vật liệu xây dựng nhằm phục vụ các mục đích của con người, công việc này cũng đã để lại nhiều hậu quả về môi trường đất, nước và không khí, như tác động đến cảnh quan và hình thái môi trường, tích tụ hoặc phát tán chất thải, làm ảnh hưởng đến nguồn nước,... (Lưu Văn Thắng và nnk, 2020). Tuy nhiên, nếu có quy hoạch và quy trình khai thác mỏ ngay từ đầu thì sẽ hạn chế rất nhiều vấn đề liên quan tới môi trường. Đồng thời, nước mỏ trong các công trình mỏ sau khai thác sẽ được tái sử dụng với các mục đích khác nhau. Ví dụ: ở Úc, sau khi đóng cửa mỏ than lộ thiên Premier, người ta đã phát triển moong khai thác của mỏ thành một cơ sở giải trí và hồ điều hòa, với độ sâu khoảng 75 m. Ở Trung Quốc, sau khi khai thác mỏ đá, người ta đã để một phần moong khai thác làm hồ điều hòa cảnh quan cho tổ hợp khách sạn InterContinental Shanghai Wonderland và khách sạn mỏ đá Shimao (Shimao Quarry Hotel). Ở Mỹ, người ta còn liệt kê được 70 nhà máy cung cấp nước ở bang Pennsylvania đã sử dụng nước từ các mỏ than đã đóng cửa để cung cấp nước uống cho 82000 người (Wolkersdorfer, 2022). Ngoài ra, nhiều nơi trên thế giới người ta còn sử dụng nước mỏ trong các moong khai thác đã xong để phục vụ du lịch, làm hồ điều hòa và nuôi trồng thủy sản (Wolkersdorfer, 2022). Ở Việt Nam, hầu hết các mỏ khai thác khoáng sản là đang hoạt động. Một số khu vực mỏ, như moong khai thác than 917 của công ty than Hòn Gai thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, ở Quảng Ninh đã được Bộ Tài Nguyên và Môi trường đồng ý cải tạo thành hồ chứa nước ngọt. Điều này mở ra triển vọng cho vấn đề xử lý môi trường tại các mỏ khai thác khoáng sản.

Trong những năm gần đây, khi khoáng sàng nông đã được tận thu và khai thác hết. Các cơ quan quản lý và các công ty mỏ đã tìm kiếm thăm dò và khai thác xuống sâu. Việc làm này để lại nhiều vấn đề tại vị trí đã khai thác trước đó, tạo ra một khu vực địa hình nhân tạo, nước mỏ trong khu vực khai thác có thể dẫn đến ô nhiễm môi trường. Việc khai thác khoáng sản xong rồi bỏ hoặc khắc phục qua loa gây ra nhiều hệ lụy. Tuy nhiên, nếu quy hoạch tốt ngay từ đầu, sau khi kết thúc khai thác, các moong khai thác có thể chuyển đổi mục đích sử dụng khác nhau như làm hồ chứa nước điều hòa hiện trạng môi trường mỏ sau khai thác. Như vậy, để đáp ứng tình trạng khan hiếm nguồn nước càng diễn ra nghiêm trọng trên thế giới cũng như ở Việt Nam, chúng ta nên quy hoạch thăm dò và khai thác hợp lý các mỏ khoáng sản hiện có. Đồng thời, để phát triển kinh tế - xã hội tại các vùng mỏ khoáng sản theo hướng kinh tế tuần hoàn và đảm bảo an ninh nguồn nước thì cần đầu tư cải tạo và chuyển đổi các moong khai thác lộ thiên thành các hồ chứa nhằm điều hòa nguồn nước trong khu vực. Mục tiêu nhằm bảo đảm an ninh nguồn nước và an toàn đập, hồ chứa

* *Tác giả liên hệ:*
Email: tranquangtuan@humg.edu.vn

nước bảo đảm số lượng, chất lượng nước phục vụ dân sinh trong mọi tình huống như sử dụng nước cho sinh hoạt, sản xuất, kinh doanh của các ngành, lĩnh vực, đặc biệt là các ngành kinh tế quan trọng, thiết yếu đến năm 2030 và tầm nhìn đến năm 2045. Nó giúp ứng phó hiệu quả với các thảm họa, thiên tai liên quan đến nước, thích ứng với biến đổi khí hậu; bảo vệ môi trường, khắc phục tình trạng suy thoái, cạn kiệt, ô nhiễm nguồn nước. Điều này mở ra triển vọng cho vấn đề xử lý các moong khai thác khoáng sản đảm bảo yếu tố môi trường, tối ưu hóa các nguồn lực kinh tế - xã hội. Trong bài viết này, chúng tôi sẽ lấy ví dụ cho mỏ đá vôi Bắc Tân Sơn, tỉnh Hải Dương làm hồ điều hòa sau khai thác mỏ.

2. Hiện trạng khai thác và tài nguyên mỏ đá vôi Bắc Tân Sơn

Khu vực mỏ khoáng sản đá vôi Bắc Tân Sơn, phường Minh Tân, TX. Kinh Môn, Hải Dương được khai thác lộ thiên làm vật liệu xây dựng thông thường, với trữ lượng khai thác khoảng 281891 m^3 và diện tích là 2,45 ha. Diện tích đã khai thác hiện tại đến cốt +5 m là 1,77 ha và diện tích chưa khai thác là 0,68 ha (Lưu Văn Thắng và nnk, 2020). Tính đến ngày 21 tháng 3 năm 2020, trữ lượng khoáng sản còn lại tại mỏ đá vôi này là 23671 m^3 ở trạng thái tự nhiên. Tuy nhiên, nhằm tận thu tối đa tài nguyên khoáng sản cho Nhà nước, theo đánh giá thực tế từ kết quả thăm dò mở rộng trong phạm vi mỏ năm 2020 từ địa hình mặt đất đến cốt +5 m (phần diện tích khai thác còn lại của mỏ), hiện trạng trữ lượng còn lại thực tế tại mỏ này là 71729 m^3 ở trạng thái tự nhiên (cấp 121). Đá vôi nằm lộ thiên hoàn toàn, có màu nâu đỏ, xám đen, xám xanh nằm xen kẽ, đôi chỗ phân lớp dày, kiến trúc vi hạt, hạt nhỏ mịn. Địa hình mỏ nằm trên độ cao từ +(2-35) m với đỉnh cao nhất nằm ở phần Tây khu mỏ với cao độ +35 m, mỏ nằm trên mực xâm thực địa phương (đáy moong ở cốt cao +5 m, nằm trên mực nước ngầm) và không tồn tại các hang hốc karst. Khu vực mỏ có cấu trúc địa chất đơn giản, không xảy ra hiện tượng sụt lún mặt đất, biến dạng các công trình xây dựng. Hiện tại, mỏ đã được khai thác với góc dốc bờ moong từ 55 đến 65°. Chỉ có một phần diện tích phía Tây của mỏ do chưa khai thác đến nên vẫn còn ở dạng nguyên thủy. Hiện tại, moong khai thác ở cốt mức +5 m trên mực nước ngầm nên nước chảy vào mỏ chủ yếu là nước mưa (Lưu Văn Thắng và nnk, 2020).



Hình 1. Vị trí và các điểm thăm dò giai đoạn trước mỏ đá vôi Bắc Tân Sơn, Hải Dương

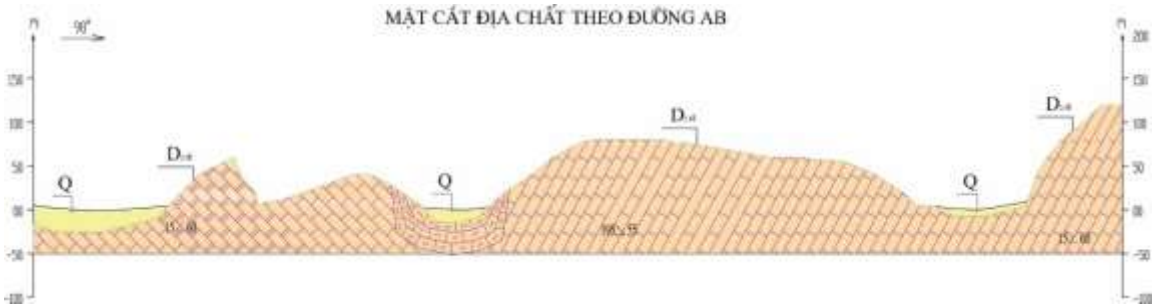
3. Nghiên cứu đề xuất phương án khai thác hợp lý

Để tận dụng moong khai thác làm hồ chứa, công trình khai thác sau khi kết thúc khai thác mỏ như làm hồ điều hòa chứa nước, các mỏ khai thác lộ thiên nên tiếp tục khai thác bằng phương pháp lộ thiên xuống sâu và dưới mực nước ngầm. Khi kết thúc khai thác sẽ tạo ra địa hình moong khai thác và chi phí hoàn thổ tốn kém hơn. Vì vậy, các mỏ nên thực hiện phương án cải tạo để lại dạng hố mỏ sâu sử dụng mục đích chứa nước làm hồ điều hòa. Để chuyển đổi các moong khai thác thành hồ chứa cần phải tính toán kỹ trữ lượng, độ sâu để sau khi các mỏ đóng cửa có thể cải tạo thành các hồ chứa nước sinh hoạt, sản xuất cho các vùng xung quanh. Bên cạnh đó, cũng có thể quy hoạch chi tiết các mỏ khai thác xong có thể đầu tư thành khu du lịch. Điều này sẽ không bỏ phí đất đai sau khai thác khoáng sản.

Phương án khai thác lộ thiên phù hợp với mỏ đá vôi Bắc Tân Sơn với một số lý do sau: thân khoáng sản đá vôi nằm trong hệ tầng Tràng Kênh ($D_{2g}tk$) có chiều dày lớn và tồn tại dưới dạng một nếp lõm. Trong đá vôi có sự xen kẹp các lớp đá vôi đôlômít hoá và đá sét vôi. Đá vôi cứng chắc, ít nứt nẻ, đôi chỗ có các mạch calxit xuyên cắt và không thấm nước. Khu vực mỏ không tồn tại hang hốc karst và mức độ karst hoá tại các điểm lộ đá gốc tự nhiên cũng không có (Lưu Văn Thắng và nnk, 2020). Theo kết quả thăm dò thì trong khu vực mỏ không có đứt gãy địa chất nào cắt qua. Điều này tạo điều kiện thuận lợi cho việc chứa nước trong moong khai thác khi khai thác xong.

Các chỉ tiêu cơ bản của phương án khai thác lộ thiên bao gồm: Lựa chọn khai thác bóc tầng, xuống sâu theo các vị trí khác nhau. Dựa vào mùa trong năm, đào sâu đáy mỏ với đáy mỏ 2 cấp hoặc dạng dốc nghiêng.

Phương án này sẽ thiết kế khai thác xuống sâu -40 m - theo phương án kế hoạch khai thác của mỏ (lấy theo số liệu của mỏ đá vôi Tân Sơn đã được thăm dò trước đó). Như vậy, trong tương lai sau khi kết thúc khai thác sẽ tạo ra một phạm vi chứa nước lớn với chiều sâu cột nước của moong khai thác là từ mực nước ngầm lớn nhất vào mùa mưa tới đáy moong và diện tích mặt hồ trữ nước nằm trong diện tích là 2,45 ha của mỏ.



Hình 2. Mặt cắt địa chất theo đường AB qua diện tích mỏ

4. Ưu, nhược điểm khi khai thác khoáng sản xuống sâu tạo thành hồ chứa nước ngọt

4.1. Về tài nguyên khoáng sản

- *Tận thu tối đa tài nguyên, khoáng sản, nâng cao giá trị tài nguyên:* Theo chiều sâu, mức độ phong hóa của các lớp đất đá giảm dần. Vì vậy, các dự án khai thác khoáng sản xuống sâu trên địa bàn tỉnh Hải Dương nói riêng và trên cả nước nói chung có đặc điểm là khoáng sản có kết cấu tương đối ổn định và không bị phong hóa. Thông qua công tác thăm dò địa chất, các yếu tố địa chất về thân quặng, vỉa khoáng sản như đường phương, hướng dốc, góc dốc, thế nằm... được thể hiện rõ ràng. Bên cạnh đó, các khoáng sản khác đi kèm (nếu có) cũng sẽ rất thuận lợi cho việc khai thác chọn lọc góp phần lớn vào thu hồi tối đa tài nguyên, khoáng sản và nâng cao giá trị tài nguyên. Do vậy, trước khi cấp và phê duyệt các dự án trên phần đất quy hoạch cho khai thác khoáng sản cần phải xem xét và ưu tiên cho dự án khai thác khoáng sản.
- *Thuận lợi cho việc thực hiện tốt quy trình kỹ thuật, quy phạm an toàn trong khai thác khoáng sản:* Đa số các dự án khai thác khoáng sản xuống sâu là dự án kế tiếp sau khi kết thúc các dự án khai thác khoáng sản ở phần nông. Do địa hình mỏ khai thác ở phần nông bằng phẳng, điều kiện làm việc, đi lại của công nhân, máy móc thiết bị, phương tiện phục vụ thực hiện dự án thuận lợi và đảm bảo an toàn. Đặc biệt, hệ thống khai thác áp dụng cho các dự án khai thác xuống xâu chủ yếu là khai thác lớp bằng phù hợp với nhiều công nghệ khai thác hiện tại với quy mô lớn hay quy mô nhỏ đều cho hiệu quả khai thác cao. Cùng với đó là việc đảm bảo thực hiện đúng theo thiết kế mỏ được lập, phê duyệt cho các dự án khai thác xuống sâu.
- *Giảm chi phí hoàn thổ:* Đối với các dự án phải khai thác xuống sâu mới đạt trữ lượng đề ra, hậu quả sẽ dẫn đến để lại hố sâu trong khu vực khai thác. Như vậy, nếu ở giai đoạn kết thúc khai thác, các moong khai thác được chuyển đổi thành các hồ dự trữ nước sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình xử lý công trình mỏ sau khai thác và giảm chi phí hoàn thổ cho mỏ.

4.2. Về tài nguyên nước

- *Dự trữ nguồn nước ngọt:* Hiện nay, ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đã tác động đến đời sống, sinh hoạt của con người trên toàn thế giới; trong đó, vấn đề khan hiếm nước ngọt, tình trạng xâm nhập mặn đang là vấn đề cấp bách mang tính toàn cầu. Nước ta là quốc gia giáp biển nên vấn đề dự trữ và đảm bảo nguồn cung cấp nước cho người dân cần phải được quan tâm nhiều hơn. Nước mặt trong các hệ thống sông, suối, ao hồ, đầm lầy đang ngày càng có xu hướng ô nhiễm và cạn kiệt do các hoạt động của con người như xây đập thủy điện, san lấp và các quá trình bồi lấp tự nhiên. Ở một số thành phố lớn, khai thác nước ngầm quá mức, gây ra hiện tượng sụt lún mặt đất và ô nhiễm nước ngầm. Vì vậy, việc quy hoạch và dự trữ nước trong các vị trí thích hợp như moong mỏ sau khai thác là phù hợp và đảm bảo an ninh nguồn nước. Tuy nhiên, để tạo thành các hồ chứa nước ngọt với khối lượng hàng triệu mét khối trở lên không dễ dàng như vấn đề sạt lở bờ bao xung quanh của hồ. Đối với các dự án khai thác khoáng sản, trong giai đoạn khai thác để thực hiện khai thác xuống sâu an toàn, các dự án đã tính toán kỹ lưỡng, lựa chọn diện tích khai thác đã phải tính toán đến các yếu tố ổn định bờ mỏ một các khoa học để đảm bảo không xảy ra tình trạng sạt lở bờ mỏ. Như vậy, các dự án khai thác xuống sâu làm hồ chứa nước ngọt vừa tận thu được tài nguyên khoáng sản, vừa giải quyết được vấn đề quan trọng nhất đối với các hồ chứa nước ngọt đó là *"ổn định bờ mỏ - bờ hồ chứa nước ngọt"*. Việc dự trữ nguồn nước ngọt theo xu thế tạo các hồ điều hòa sẽ góp phần không nhỏ trong việc giải quyết nước sinh hoạt, phục vụ tưới tiêu khi nguồn nước bị ô nhiễm, xâm ngập mặn.
- *Bổ sung nguồn nước cho các tầng chứa nước ngầm:* Như chúng ta đã biết, nước ngầm đã được các quốc gia trên thế giới cũng như ở Việt Nam khai thác để phục vụ nhu cầu sinh hoạt của người dân. Với quy

mô và tình hình khai thác nước ngầm hiện nay thì nguồn nước ngầm sẽ không kịp phục hồi nếu không có nguồn cung cấp bổ sung. Điều này cũng chưa kể đến tình trạng ô nhiễm nguồn nước ngầm thời gian gần đây cũng đang trong tình trạng đáng báo động. Vì vậy, các dự án khai thác mỏ xuống sâu, với diện tích khai thác ví dụ như khoảng từ 10 ha trở lên, độ sâu khai thác đến -40 m so với mặt bằng hiện trạng sau khi kết thúc khai thác để làm hồ chứa thì có thể chứa nước với thể tích chứa ít nhất khoảng 5 triệu mét khối nước ngọt phục vụ các mục đích khác nhau của người dân. Khi tạo thành hồ chứa một lượng nước lớn, nó còn là nguồn cung cấp bổ sung, quan trọng cho các tầng chứa nước ngầm.

4.3. Về môi trường

- *Điều hòa môi trường xung quanh:* Sau khi kết thúc khai thác, các moong khai thác xuống sâu sẽ được cải tạo thành các hồ điều hòa môi trường, điều tiết nguồn nước, giảm ngập úng và hạn hán trong vùng. Hồ điều hòa sẽ tạo nên cảnh quan môi trường xanh - sạch - đẹp và tạo ra môi trường sinh thái tốt cho sức khỏe cộng đồng.

- *Giải quyết bài toán ngập úng, ngập mặn:* Hàng năm, ở nước ta xảy ra nhiều đợt ngập lụt trên diện rộng, đặc biệt là vào mùa hè. Theo thống kế, mỗi năm Việt Nam chịu ảnh hưởng trung bình của 3-4 cơn bão, trong đó có khoảng 100 ngày mưa với lượng mưa trung bình từ 1500 đến 2000 mm. Việc ngập úng cục bộ sẽ thường xuyên diễn ra ở tất cả các khu vực ngay cả với những khu vực vùng cao. Trong tình trạng đó, hồ chứa nước sẽ có thêm nhiệm vụ cắt đỉnh mưa, dự trữ nước, điều tiết giảm lưu lượng lũ, giải quyết tình trạng ngập lụt. Ngoài ra, tại khu vực mỏ đá vôi Bắc Tân Sơn, thuộc vùng Kinh Môn, Hải Dương, thủy triều lên xuống rất lớn. Nước sông Phi Liệt và sông Mạo Khê chịu ảnh hưởng của nước thủy triều, chiều cao chênh lệch giữa lúc nước lên và nước xuống đạt đến 2,5 m. Kinh Môn là nơi có hệ thống sông ngòi chảy ra cửa biển Bạch Đằng và cũng sẽ là nơi có nguy cơ cao bị hiện tượng xâm ngập mặn. Vì vậy, hồ chứa nước được chuyển đổi từ moong đã kết thúc khai thác còn có chức năng duy trì như là bể chứa cho tiêu thoát trong thời kỳ triều lên, kết hợp cửa cống điều tiết ngăn triều xâm nhập, khi triều rút nước tiêu thoát tự chảy.

4.4. Hiệu quả về mặt xã hội

Bên cạnh lợi ích về mặt kinh tế, đóng góp vào ngân sách Nhà nước để xây dựng, kiến thiết đất nước, khai thác xuống sâu tại mỏ Bắc Tân Sơn là việc thực hiện tốt các quy định của Luật khoáng sản về việc tận thu tối đa nguồn tài nguyên khoáng sản. Mặt khác, thực hiện khai thác xuống sâu sẽ tạo sự ổn định sản xuất kinh doanh của doanh nghiệp, ổn định nguồn vật liệu cung cấp cho thị trường để xây dựng các công trình giao thông, xây dựng trong khu vực góp phần tích cực trong công cuộc xây dựng và phát triển đất nước. Đồng thời, tạo việc làm cho hơn 200 lao động tại công ty, có hiệu quả thiết thực góp phần tích cực ổn định an sinh xã hội, anh ninh khu vực (khi người dân có việc làm và thu nhập ổn định ở mức cao thì đời sống vật chất, tinh thành của nhân dân được nâng lên, tỷ lệ mất việc làm giảm, các tệ nạn xã hội sẽ giảm,... Đây là cơ sở phát triển các dịch vụ xã hội của khu vực).

Bên cạnh những ưu điểm của việc khai thác khoáng sản xuống sâu để tạo thành hồ chứa nước, các dự án khai thác mỏ cũng tồn tại một số khó khăn như sau:

- *Tác động môi trường sau khai thác:* Khai thác mỏ lộ thiên thì luôn ảnh hưởng tới môi trường. Do đó, sau khi kết thúc khai thác mỏ, cần phải đánh giá tác động môi trường mỏ để phục vụ định hướng quy hoạch và sử dụng hợp lý công trình sau khai thác. Các yếu tố như địa mạo cảnh quan, điều kiện địa lý tự nhiên, đặc điểm địa chất, địa chất thủy văn, địa chất công trình nên được đánh giá lại cho mục đích sử dụng làm hồ chứa nước. Khi chứa nước trong moong khai thác để làm hồ chứa nước cần phải đánh giá các tác động của hồ chứa đến môi trường xung quanh. Điều đó, cũng sẽ mất một khoảng thời gian nhất định để tiến hành các dạng công tác này.

- *Chất lượng, trữ lượng nước và nhu cầu sử dụng:* Đây cũng là một yêu cầu bắt buộc đối với việc chuyển đổi các moong mỏ thành hồ chứa nước. Chất lượng nước phải đảm bảo cho các nhu cầu sử dụng nước khác nhau và nhu cầu sử dụng cần phải được đánh giá. Chất lượng nước trong moong mỏ phải có chất lượng tương đương với nước mặt tự nhiên ngoài môi trường và nước ngầm ở khu vực xung quanh.

Kết luận và kiến nghị

Hiện nay, tình trạng khan hiếm nước sạch ngày càng diễn ra nghiêm trọng. Biến đổi khí hậu đã gây ra những ảnh hưởng lớn như ngập úng, ngập mặn, hạn hán.... Cùng với đó, việc phát triển các nhà máy, khu công nghiệp, các bến bãi đã làm ảnh hưởng không nhỏ đến chất lượng nước mặt tại các dòng sông. Để ứng phó với các diễn biến xấu của môi trường, biện pháp xây dựng hồ điều hòa từ các moong khai thác khoáng sản là giải pháp tốt, nó tạo ra "lá phổi xanh", là hồ điều tiết nước cho khu vực mỗi khi mưa to, bão lớn, giải quyết vấn đề ngập úng, hạn hán cho khu vực, là nguồn dự trữ nước ngọt quý báu trong điều kiện nguồn nước ngọt ngày càng cạn kiệt.

Tài liệu tham khảo

Lưu Văn Thắng, Phạm Duy Quân, Lê Thị Bình Minh, Vũ Mạnh Hùng, 2020. *Báo cáo kết quả thăm dò khoáng sản đá vôi làm vật liệu xây dựng thông thường trong phạm vi diện tích đã được cấp phép khai thác tại mỏ Bắc Tân Sơn, phường Minh Tân, thị xã Kinh Môn, tỉnh Hải Dương*, tháng 8 năm 2020. Công ty CP Khai thác, chế biến khoáng sản Hải Dương.

Wolkersdorfer, C., 2022. *Mine Water Treatment-Active and Passive Methods*, Springer.

ABSTRACT

Converting mining pits into water reservoirs ensures water security. A case of Bac Tan Son limestone mine, Hai Duong

Tran Quang Tuan, Phan Viet Son
Hanoi University of Mining and Geology

Mineral exploitation using different methods has brought great benefits to the national economy. However, open-cast mining of minerals causes many issues, such as soil, water, and air pollution. Post-mining problems are becoming necessary to solve environmental problems, and socio-economic development and ensure a living environment for people. Based on the example of Bac Tan Son limestone mine, Hai Duong province, evaluate the project's advantages and disadvantages after exploitation completion, ensuring safety, environment production, and business efficiency, proposed a plan to convert open-pit mining pits into water reservoirs to ensure water security and sustainable development.

Keywords: open pits; water reservoir; water source; Hai Duong

Nghiên cứu tính toán lượng nước chảy vào và thoát nước cho mỏ than Mạo Khê, Đông Triều, Quảng Ninh phục vụ phát triển bền vững

Trần Quang Tuấn*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Thoát nước trong các công trình mỏ đang khai thác là một nhiệm vụ quan trọng khi các mỏ khai thác xuống sâu dưới mực nước dưới đất. Mỏ than Mạo Khê khai thác với hai hình thức là (1) khai thác than lộ thiên các vỉa 9, 9a, 9b cánh Nam với mức sâu -40 m và (2) khai thác than hầm lò tại khu cánh Bắc và cánh Nam. Nguồn nước chảy vào khai trường mỏ là từ các nguồn nước mưa rơi trực tiếp, nước dưới đất trong các trầm tích chứa than, đất đá xung quanh, hầm lò cũ và nước mặt (moong khai thác cũ có chứa nước,...). Bằng phương pháp giải tích, bài báo đã tính toán dự báo lượng nước chảy vào các khu vực khai thác lộ thiên là 212769 m^3/ngày; lượng nước chảy vào hầm lò khu vực cánh Bắc là 103785 m^3/ngày và tại khu vực cánh Nam là 105496 m^3/ngày. Để bơm thoát nước cho mỏ, phương pháp bơm cưỡng bức được áp dụng với 5 trạm bơm thoát nước chính vận hành ở các mức -25, -80, -150 (2 trạm) và -230 m; và đề xuất thêm hai hầm bơm ở mức -300 và -400 m khi khai thác xuống sâu mức này. Toàn bộ lưu lượng nước chảy ra ở mức -400 m được bơm giật cấp lên mức -300 m rồi đến -230 m, -150 m, từ hầm bơm mức -150 bơm lên hầm bơm mức -80 và từ hầm bơm mức -80 bơm lên mặt bằng mức +17. Việc bơm nước nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình khai thác mỏ ở thời điểm hiện tại và tương lai của mỏ.

Từ khóa: Thoát nước mỏ; nước mưa; nước dưới đất; mỏ than Mạo Khê

1. Đặt vấn đề

Trong các công trình khai thác mỏ, hệ thống thoát nước mỏ đóng một vai trò then chốt trong việc duy trì sự ổn định và an toàn của các công trình khai thác dưới lòng đất. Sự thành công của một dự án khai thác mỏ không chỉ phụ thuộc vào nguồn tài nguyên khai thác mà còn liên quan trực tiếp đến cách thức quản lý và xử lý nước trong mỏ. Nước trong khu vực mỏ có thể xuất hiện dưới nhiều hình thức khác nhau, bao gồm nước mưa, nước dưới đất, nước mặt và nước từ quá trình khai thác như nước chống bụi, sàng tuyển, tắm giặt, vệ sinh (Younger và nnk, 2002). Nếu không được bơm để kiểm soát nước mỏ, lượng nước này có thể gây ra nhiều vấn đề nghiêm trọng như lũ lụt, sụt lún, làm giảm khả năng hoạt động của các thiết bị khai thác. Sự tích tụ nước có thể dẫn đến các tình trạng nguy hiểm về an toàn lao động và ô nhiễm môi trường.

Trong những năm gần đây, nhu cầu khai thác than phục vụ cho các ngành kinh tế quốc dân ngày một tăng cao. Mỏ than Mạo Khê - Vinacomin là một trong những khu vực khai thác than quan trọng của nước ta, có đóng góp lớn vào nền kinh tế đất nước (VITE, 2018). Tuy nhiên, khi mỏ khai thác xuống sâu và mở rộng khai trường về hai cánh, điều kiện địa chất và địa chất thủy văn rất phức tạp, lượng nước chảy vào mỏ và việc thoát nước không chỉ ảnh hưởng đến hiệu quả khai thác mà còn đến an toàn lao động và bảo vệ môi trường. Khai thác mỏ khoáng sản rắn thường được tiến hành theo các phương thức khác nhau như khai thác hầm lò, khai thác lộ thiên và khai thác hầm lò và lộ thiên kết hợp (Hoàng Kim Phụng, 2000). Hiện nay, mỏ than Mạo Khê được tiến hành khai thác theo hai hình thức là khai thác lộ thiên tại các vỉa than số 9, 9a và 9b khu vực cánh Nam với độ sâu -40 m và khai thác hầm lò tại các khu vực cánh Bắc và cánh Nam. Nước dưới đất không chỉ tồn tại trong các lớp đất đá chứa nước, các phay phá hủy lớn, mà còn trong các đường lò và các khu vực đã khai thác.

Bất kể các mỏ khoáng sản rắn khai thác theo phương pháp nào thì đều có một lượng nước nhất định chảy vào trong phạm vi của công trình khai thác. Các loại nước này bao gồm từ các nguồn nước khác nhau như nước mưa, nước trên mặt và nước dưới đất chảy vào. Trong những năm khai thác tiếp theo, mỏ than Mạo Khê sẽ tiến hành khai thác xuống mức sâu hơn so với hiện tại. Khi đó, lượng nước chảy vào công trình là một vấn đề cần được tính toán và giải quyết, đảm bảo các điều kiện thuận lợi cho quá trình khai thác. Từ trước đến nay mỏ cũng đã tiến hành sử dụng các hầm bơm chứa nước. Sau đó, nước mỏ được bơm ra ngoài mặt bằng của mỏ sử dụng các máy bơm công suất lớn. Khi mỏ khai thác xuống sâu, cần phải tiến hành

nghiên cứu tính toán lượng nước chảy vào công trình mỏ. Do đó, trong nghiên cứu này việc tính toán lượng nước chảy vào và đưa ra phương án thoát nước cho mỏ than Mạo Khê là một yếu tố quan trọng trong việc đảm hoạt động khai thác diễn ra an toàn và bền vững.

2. Vùng nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu là khu vực khai thác của mỏ than Mạo Khê, thuộc thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh, với diện tích 20,37 km^2 (Hình 1). Địa hình là các đồi, núi thấp bị bào mòn kéo dài theo hướng Đông - Tây. Phía Bắc, Tây, Nam khu mỏ có địa hình tương đối bằng phẳng, với độ cao mặt địa hình từ +15 đến +500 m. Phần lớn khu mỏ là khai thác bằng phương pháp hầm lò nên cơ bản địa hình vẫn giữ được dạng nguyên thủy. Vùng nghiên cứu có khí hậu nhiệt đới gió mùa, với hai mùa: mùa mưa kéo dài từ tháng 4 đến tháng 10, lượng mưa nhiều nhất vào tháng 8 và 9. Mùa khô kéo dài từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau. Tổng lượng mưa hàng năm ở trạm Mạo Khê là trên 1500 mm. Vào mùa hè, nhiệt độ không khí lên đến 37-38 °C. Ngược lại, vào mùa đông, nhiệt độ thấp thường từ 8 đến 15 °C, đôi khi xuống 2-3 °C.



Hình 1. Sơ đồ vị trí khu mỏ than Mạo Khê, Đông Triều, Quảng Ninh

Trong khu mỏ có sự hiển diện của các địa tầng địa chất sau: Hệ tầng Nà Khuất ($T_{2l\,nk}$), hệ tầng Hòn Gai ($T_{3n\text{-}rhg}$), hệ tầng Tiêu Giao (N_{1tg}) và hệ Đệ tứ (Q). Trong vùng tồn tại nhiều hệ thống đứt gãy thuận và nghịch khác nhau. Khu mỏ Mạo Khê có 70 vỉa than, trong đó có 40 vỉa than đã tính trữ lượng. Nước mặt bao gồm nước trong các suối Văn Lôi (lưu lượng biến đổi từ 1,5 đến 195,97 l/s), Bình Minh (lưu lượng từ 0,87 đến 127,99 l/s) và Tràng Khê (lưu lượng từ 0,64 đến 75,47 l/s). Các moong khai thác trước đây tập trung ở phía Nam khu mỏ. Các tầng chứa nước trong khu mỏ bao gồm: Tầng chứa nước lỗ hổng trong trầm tích Đệ tứ (hệ số thấm dao động từ 0,145 đến 0,76 m/ngày, tỷ lưu lượng từ 0,16.10^{-4} đến 0,172 l/s.m), tầng chứa nước khe nứt trong trầm tích Neogen (hệ số thấm = 0,02 m/ngày), tầng chứa nước khe nứt hệ tầng Hòn Gai ($T_{3n\text{--}rhg}$).

Công tác khai thác lộ thiên được tiến hành từ 1981 đến 1983, các vỉa than có chiều dày trên 2 m đều được khai thác chủ yếu là san gạt, bốc xúc lộ thiên. Năm 2013, các vỉa than 9, 9a, 9b cánh Nam được khai thác lộ thiên, mức sâu khai thác là -40 m. Từ năm 2008 đến nay, công ty than Mạo Khê khai thác than theo dự án khai thác hầm lò từ lộ vỉa đến mức -150 m. Trong phạm vi khu mỏ, công ty than Mạo Khê đã tiến hành đào cặp giếng nghiêng từ địa hình đến cốt cao -150 m. Sau đó, đã tiến hành đào hệ thống lò xuyên vỉa cắt qua các tập vỉa 10, 9b, 9, 8, 7, 6, 5, 3 và 1. Từ hệ thống lò xuyên vỉa gặp các vỉa than tiến hành khai thông các đường lò dọc vỉa mức -150 m. Công suất khai thác từ năm 2010 đến năm 2019, đạt trung bình khoảng 1600 nghìn tấn/năm.

3. Phương pháp nghiên cứu

Để tính toán lượng nước chảy vào các khu khai thác của mỏ than Mạo Khê, trong nghiên cứu này đã kết hợp phương pháp khảo sát thực địa, phân tích dữ liệu thu thập được từ các dự án trước và sử dụng phương

pháp giải tích để tính toán. Do mỏ áp dụng 2 phương pháp khai thác mỏ khác nhau nên trong bài viết này sẽ trình bày cách tính toán lượng nước chảy vào mỏ cho các phương pháp này.

a) Phần khu vực lộ thiên của mỏ, nguồn nước chảy vào mỏ đã được xác định bao gồm: Lượng nước mưa rơi trực tiếp xuống moong (Q_1) (không có lượng nước mưa chảy tràn từ bên rìa diện tích moong khai thác lộ thiên vì có rãnh thoát nước mưa chảy tràn) và lượng nước ngầm từ các khe nứt trong trầm tích chứa than chảy vào moong lộ thiên (Q_2). Cụ thể như sau:

+ Lượng nước mưa tính theo diện tích moong và lượng mưa rơi trong ngày là:

$$Q_1 = W.F.\alpha \quad (1)$$

Trong đó, *W* là lượng mưa rơi lấy theo giá trị ngày mưa cao nhất. Năm 2015, tại Quảng Ninh đã xảy ra trận mưa với lượng mưa kỷ lục trong vòng 40 năm qua. Tại khu vực nghiên cứu, lượng mưa cao nhất trong ngày đo được là 260 mm (ngày 02.08.2015). Như vậy, giá trị *W* có thể lấy bằng 260 mm/ngày = 0,26 m/ngày.

F là diện tích hứng nước, bằng diện tích moong khai thác (F = L.B), kích thước moong: L = 1747 m và B = 440 m.

α là hệ số dòng chảy mặt, lấy bằng 1,05 (bao gồm lượng mưa rơi trực tiếp, 1% và hệ số biến đổi khí hậu, 0,5%).

+ Lượng nước ngầm chảy vào moong lộ thiên (Q_2): Để tính toán lượng nước ngầm chảy vào khu vực khai thác lộ thiên, nghiên cứu này sử dụng phương pháp giếng lớn:

$$Q_2 = \frac{1{,}366.K.(2.H - M).M}{lg\frac{R_{dd}}{r_0}} \quad (2)$$

Trong đó, *K* là hệ số thấm trung bình của đất đá theo mức khai thác; *H* là chiều cao cột nước tính từ mực nước tĩnh đến mực nước tính toán cần tháo khô; *M* là chiều dày trung bình của lớp đất đá chứa nước; và r_0 là bán kính moong được tính khi L = 1747 m và B = 440 m, $r_0 = \eta.(L + B)/4$. Hệ số η tra theo bảng sau:

Bảng 1. Tra hệ số η

B/L	0	0,2	0,4	0,6
η	1	1,12	1,16	1,18

R là bán kính ảnh hưởng khi có sự hạ thấp mực nước cho mỗi mức khai thác, theo công thức: $R = 2.S.\sqrt{KH}$ (đối với nước không áp), $R = 10.S.\sqrt{K}$ (với nước có áp) và R_{dd} là bán kính ảnh hưởng dẫn dùng (m) ($R_{dd} = R + r_0$).

b) Tại các khu vực khai thác hầm lò, do các lớp chứa nước có áp lực nên lượng nước chảy vào công trường khai thác (m^3/ngày) (Hoàng Kim Phụng, 2000) được tính như sau:

$$Q = \frac{2{,}73.K.M.S}{lg\frac{R_{dd}}{r_0}} \quad (3)$$

Trong đó, *Q* là lưu lượng nước từ các lớp chứa nước chảy vào mỏ hầm lò (m^3/ngày); *H* là chiều cao cột nước tính từ mực thủy tĩnh đến độ sâu khai thác (m), tại cost ± 0; *S* là mực nước hạ thấp khi khai thác theo địa cấp (m). Khi tháo khô đến đáy công trình thì *S* = *H* và khi mực nước hạ thấp đến đáy công trình nằm ngang thì *h* = 0. *R* là bán kính ảnh hưởng khi có sự hạ thấp theo địa cấp do hoạt động khai thác tại đường lò (m). Đối với khai thác hầm lò, r_0 là bán kính giếng lớn (m); $r_0 = 0{,}25.L$ (*L* là chiều dài giếng lớn, m).

4. Kết quả

4.1. Tính toán lượng nước chảy vào moong mỏ

Với diện tích moong khai thác của mỏ ở thời điểm hiện tại, lượng mưa rơi trực tiếp lớn nhất trong ngày tính toán được là:

$$Q_1 = 0{,}26.1747.440.1{,}05 = 209850\ m^3/ngày.$$

Trong khi đó, lượng nước từ tầng chứa nước khe nứt trong trầm tích chứa than chảy vào moong khai thác lộ thiên được tính toán như sau:

Do đặc điểm độ sâu của khu vực khai thác lộ thiên nông hơn đối với các công trình khai thác hầm lò. Các lớp đất đá chứa nước trong khu vực khai thác lộ thiên là không có áp lực. Do vậy, để tính toán lượng nước chảy vào moong mỏ, nghiên cứu này đã tính lượng nước với công thức cho tầng chứa nước không áp.

Trước tiên, ta tính giá trị r_0 theo tỷ lệ B/L = 0,25. Ta tra bảng trên, lấy η = 1,13. Khi đó, giá trị $r_0 = 1{,}13.(1747 + 440)/4 = 617{,}83$ m.

Như vậy, theo công thức (2), lượng nước có thể chảy vào mỏ cho các mức khai thác là:

Bảng 2. Kết quả tính toán lượng nước chảy vào moong mỏ

Mức khai thác	Hệ số thấm, K (m/ngày)	Độ cao cột nước, H (m)	Bề dày tầng chứa nước, M (m)	Bán kính ảnh hưởng dẫn dùng, R_{dd} (m)	Lưu lượng, Q_2 (m^3/ngày)
Lộ vỉa tới ± 0	0,304	34,87	14,3	810,1	2797,8
Từ ± 0 đến - 20 m	0,0001	54,87	22,5	623,3	70
Từ - 20 m đến - 40 m	0,0001	74,87	16,7	626,3	51,3

4.2. Tính toán lượng nước chảy vào hầm lò

Theo các mức khai thác khác nhau, ta tính được chiều cao cột nước và thống kê hệ số thấm lớn nhất cho từng mức khai thác. Sau đó, theo công thức ở trên, lượng nước chảy vào hầm lò ở các khu khai thác với các mức đã được tính toán:

Bảng 3. Dự tính lượng nước chảy vào hầm lò cho các mức khác nhau ở Cánh Bắc

Mức	Hệ số thấm K_{max}, m/ngày	Độ cao cột nước H, m	Bề dày tầng chứa nước M, m	Bán kính giếng lớn r_0, m	Bán kính ảnh hưởng dẫn dùng R_{dd}, m	Q m^3/ngày
Lộ vỉa tới -100	0,555	184,7	62	651,75	2027,8	35199
-100 tới -200	0,730	284,7	57	651,75	3084,3	47908
-200 tới -400	0,174	484,7	56	651,75	2650,3	20678

Bảng 4. Dự tính lượng nước chảy vào hầm lò cho các mức khác nhau ở Cánh Nam

Mức	Hệ số thấm K_{max}, m/ngày	Độ cao cột nước H, m	Bề dày tầng chứa nước M, m	Bán kính giếng lớn r_0, m	Bán kính ảnh hưởng dẫn dùng R_{dd}, m	Q m^3/ngày
Lộ vỉa tới -100	0,220	134,8	41	777,5	3152	76982
-100 tới -200	0,161	234,9	45	777,5	1755	14124
-200 tới -400	0,171	434,8	47	777,5	2290	14390

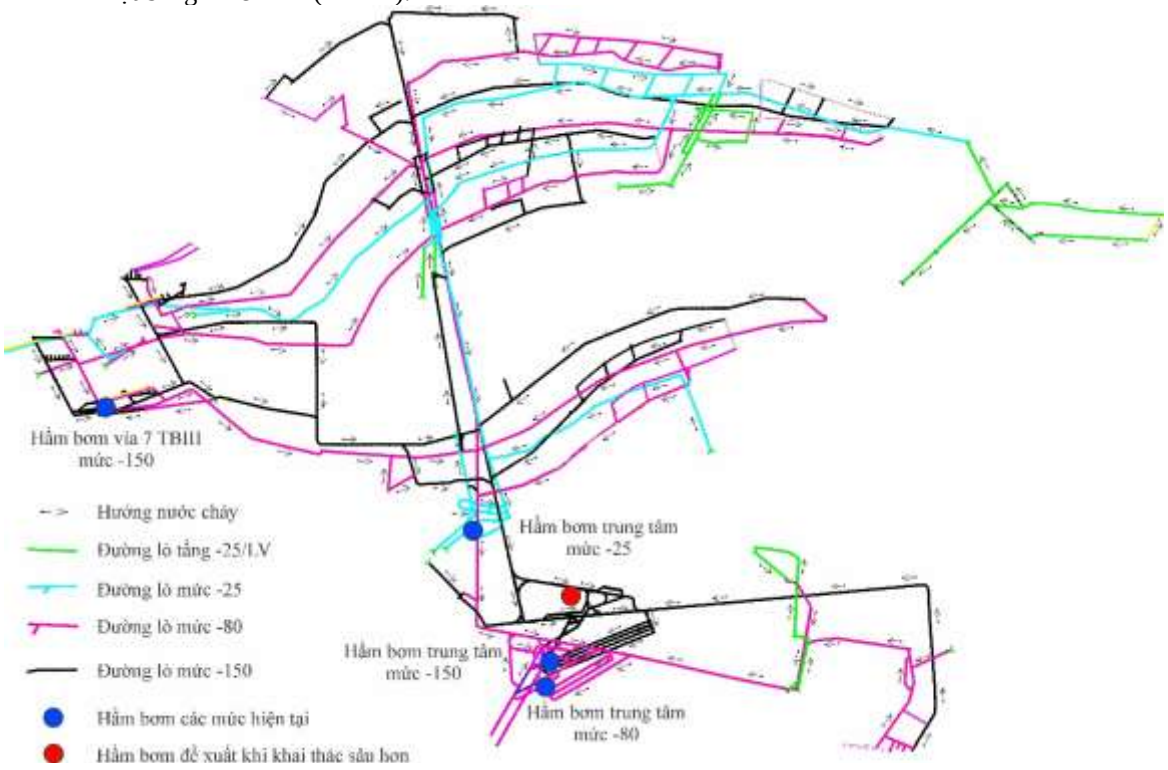
5. Thảo luận và phương án thoát nước cho mỏ

Tầng trầm tích chứa than gồm nhiều lớp chứa nước áp lực nằm xen kẽ với các vỉa than. Dưới trụ các vỉa than là các lớp bột kết và sét kết, chứa và thấm nước kém nên trường mỏ không có nước thấm từ đáy lên, nghĩa là các công trình khai thác ở các mức nằm trên lớp cách nước. Đối với kết quả tính lượng nước chảy vào hầm lò là lưu lượng tính với hệ số thấm lớn nhất. Lưu lượng trên chỉ được tính toán tương ứng với từng địa cấp cụ thể (chưa kể đến lượng nước của các địa cấp phía trên. Khi khai thác nổ mìn gây nứt nẻ vách làm nước từ tầng trên chảy xuống). Do vậy, trong quá trình khai thác, cần lưu ý đến sự biến đổi của đất đá làm bục nước từ các tầng chứa nước phía trên.

Hiện nay, các mỏ than ở Quảng Ninh đều thực hiện việc bơm nước cưỡng bức từ mức khai thác sâu nhất lên mặt bằng. Sau đó, tiến hành xử lý nước mỏ và thải ra môi trường. Trong quá trình đi thực địa mỏ than, tác giả nhận thấy rằng đối với thoát nước mỏ than Mạo Khê đều thực hiện cho các khu vực như thoát nước hầm lò và thoát nước lộ thiên. Đối với khu vực khai thác than hầm lò của mỏ, các nguồn nước chảy vào mỏ bao gồm lượng nước nằm trong các lớp đất đá khi công trình khai thác cắt qua, lượng nước mưa thấm xuống qua các đới sập đổ vào công trình (vào mùa mưa, lượng nước chảy vào mỏ sẽ tăng) và nước trong các hệ thống lò cũ cũng như nước từ các tầng khai thác phía trên chảy xuống tầng khai thác cuối cùng qua hệ thống lò cũ đã khai thác.

Từ những số liệu tính toán ở trên và số liệu quan trắc lượng nước chảy vào hầm bơm qua các năm (2020, 2021, 2022) của mỏ (khoảng 9484000 m^3/năm) (theo báo cáo thoát nước hầm lò và lộ thiên năm 2023 của mỏ Mạo Khê (Công ty than Mạo Khê - TKV, 2022), phương án thoát nước được đưa ra như sau:

Căn cứ vào kế hoạch khai thác của mỏ, lượng nước ngấm chảy vào mỏ ở mức khai thác sâu nhất hiện tại (-230 m) sẽ được đề xuất bơm cưỡng bức lên mức -150 m. Từ hầm bơm mức -150 m sẽ tiến hành bơm nước lên hầm bơm mức -80 m và từ hầm bơm mức -80 sẽ bơm lên mặt bằng mức +17 m. Trong những năm tới (giai đoạn từ 2021 đến 2030), Công ty than Mạo Khê sẽ tiếp tục đầu tư khai thác hầm lò các tầng khai thác từ mức -150 đến -400 m. Như vậy, với độ sâu khai thác hiện tại là -230 m và kế hoạch là -400 m, tác giả đề xuất phương án thoát nước cho mỏ như sau: Khi khai thác ở xuống mức -300 và -400 m, tiến hành xây dựng hầm chứa bơm chứa nước ở mức này. Sau đó, toàn bộ lưu lượng nước ngấm chảy ra ở mức -400 và -300 rồi đến -250 m sẽ được bơm cưỡng bức lên mức -230 m, bơm tiếp lên mức -150 m. Từ hầm bơm mức -150 m, nước mỏ sẽ được bơm lên hầm bơm mức -80 m và từ hầm bơm mức -80 m, nước mỏ sẽ được bơm lên mặt bằng mức + 17 (Hình 2).



Hình 2. Sơ đồ thoát nước hầm lò mỏ Mạo Khê

6. Kết luận

Nghiên cứu này đã tính toán dự báo được lượng nước chảy vào mỏ than Mạo Khê, bao gồm khu khai thác lộ thiên là 212769 m^3/ngày và khu vực khai thác hầm lò là 209281 m^3/ngày. Từ đó, đề xuất phương án thoát nước cho mỏ khi khai thác xuống sâu. Tuy nhiên, trong quá trình tính toán để đảm bảo kết quả tính toán tin cậy, việc dự báo lượng nước chảy vào công trình mỏ nên áp dụng thêm phương pháp mô hình số để đánh giá lượng nước chảy vào mỏ. Trong những năm tới, khi mỏ tiếp tục khai thác xuống sâu, cần tiến hành các nghiên cứu cụ thể như mối quan hệ giữa các tầng chứa nước với nhau và có các chương trình quan trắc và lấy mẫu nước mỏ trong tất cả các công trình khai thác, đảm bảo đánh giá khách quan vấn đề môi trường và khai thác bền vững.

Lời cảm ơn

Tác giả xin gửi lời cảm ơn tới Công ty than Mạo Khê - TKV đã tạo điều kiện giúp đỡ để hoàn thiện nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

Công ty than Mạo Khê - TKV, 2022. Kế hoạch thoát nước hầm lò và lộ thiên, công ty than Mạo Khê - TKV, tập đoàn công nghiệp than - khoáng sản Việt Nam.

Hoàng Kim Phụng, 2000. *Địa chất thủy văn và tháo khô các mỏ khoáng sản cứng*. Nhà xuất bản Giao thông vận tải, 2000.

VITE, Công ty Cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường - Vinacomin, 2018. Báo cáo kết quả thăm dò mỏ than Mạo Khê, thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh.

Younger, P. L., Banwart, S. A., & Hedin, R. S., 2002. *Mine Water-Hydrology, Pollution, Remediation* (Vol. 5). https://doi.org/10.1007/978-94-010-0610-1

ABSTRACT

Study on assessing inflow water and drainage for Mao Khe coal mine, Dong Trieu, Quang Ninh for sustainable development

Tran Quang Tuan

Hanoi University of Mining and Geology

Drainage in mining operations is a crucial task, especially as mines extend deeper levels below the groundwater level. Mao Khe coal mine operates with two methods: (1) open-pit mining from seams 9, 9a, and 9b in the southern part up to a depth of -40 m, and (2) underground mining in both the northern and southern parts. Water sources flowing into the mining area include direct rainfall, groundwater from coal-bearing sediments, surrounding rocks, old mine workings, and surface water (e.g., water in old open pits). Using the analytical method, it has been predicted that the inflow water volume for open-pit mining areas is 212769 m^3/day; for the underground mine in the northern part, this water volume is 103785 m^3/day; and in the southern part, this is 105496 m^3/day. To manage the drainage, a forced pumping method is applied with five main drainage pumping stations operating at levels -25, -80, -150 (two stations), and -230 m, with an additional proposal for two more pumping stations at -300 and -400 m for deeper mining. The total water flow at -400 m is pumped up to -300 m, then to -230, -150 m, from which it is pumped to the -80 m station, and finally from -80 m to the surface level at +17 m. This pumping system facilitates the mine's current and future mining operations.

Keywords: Mine drainage; Rainwater; Groundwater; Mao Khe coal mine

Tính toán mực nước hạ thấp dự báo, xác định thông số địa chất thủy văn và vị trí của biên tầng chứa nước có biên với hệ số thấm khác nhau

Đặng Đình Phúc[1,*], Triệu Đức Huy[3], Đặng Hữu Nghị[2],
Nguyễn Bách Thảo[2], Bùi Thị Vân Anh[2], Đặng Đình Phú[3]
[1] *Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam*
[2] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[3] *Trung tâm Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước Quốc gia*

TÓM TẮT

Bài báo trình bày cơ sở lý thuyết xây dựng công thức tính toán mực nước hạ thấp dự báo khi hút nước từ giếng trong tầng chứa nước có biên, hệ số dẫn khác nhau, dựa trên nguyên tắc cộng dòng và phương pháp ảnh. Bài báo cũng trình bày phương pháp đồ thị tính toán thông số địa chất thủy văn cho các đới chứa nước có hệ số dẫn khác nhau và xác định vị trí của biên hệ số dẫn khác nhau theo tài liệu hút nước thí nghiệm từ giếng nằm gần biên hệ số dẫn khác nhau và áp dụng phương pháp này để xác định hệ số dẫn nước, hệ số truyền áp của hệ thống chứa nước bao gồm tầng chứa nước Pleistocen phủ trực tiếp trên tầng chứa nước khe nứt karst trong vùng nằm rìa đồng bằng Bắc Bộ, tại huyện Quốc Oai, thành phố Hà Nội, xác định vị trí tiếp xúc (biên hệ số dẫn khác nhau) giữa tầng chứa nước Pleistocen và tầng chứa nước khe nứt karst trong đá vôi tuổi $T_2đg$. Kết quả đã xác định được hệ số dẫn tổng hợp và hệ số truyền áp của tầng chứa nước Pleistocen và tầng chứa nước khe nứt karst trong đới I lần lượt bằng 480 m^2/ngày và 4,5E+06 m^2/ngày; hệ số dẫn và hệ số truyền áp của tầng chứa nước khe nứt karst trong đới II lần lượt bằng 180 m^2/ngày và 2.E+06 m^2/ngày. Phương pháp được đề xuất góp phần hoàn thiện phương pháp tính toán địa chất thủy văn.

Từ khóa: Biên hệ số thấm khác nhau; Khoảng cách tới biên; Hệ số dẫn; Mực nước hạ thấp bổ sung

1. Đặt vấn đề

Xác định thông số địa chất thủy văn trong tầng chứa nước có biên cách nước đã được giới thiệu trong một số công trình (David K.T., 1976; Jacob B., 1975; Karanth K.R., 1993; R. Allan Freeze, Joho A. C., 1979; William C.W., 1970; V.M. Sextacov, 1969; V.A. Micorenco, 1983; Đặng Đình Phúc, 2013) và vị trí của biên trong công trình (David K.T., 1976). Tuy nhiên, xác định thông số địa chất thủy văn và vị trí của biên trong tầng chứa nước có biên với hệ số dẫn khác nhau còn ít được nghiên cứu. Trong bài báo này sẽ trình bày cơ sở lý thuyết để xác định mực nước hạ thấp dự báo và phương pháp xác định thông số địa chất thủy văn, vị trí biên trong tầng chứa nước có biên với hệ số thấm khác nhau.

2. Cơ sở lý thuyết

Trong vùng núi và trong vùng rìa đồng bằng thường có sự tiếp xúc giữa các tầng chứa nước với hệ số thấm khác nhau. Trên khu vực miền rìa đồng bằng Bắc Bộ, thường bắt gặp tầng chứa nước lỗ rỗng phủ trực tiếp lên các tầng chứa nước khe nứt hoặc tiếp xúc với tầng chứa nước khe nứt. Như vậy, ở đây tồn tại biên có hệ số thấm khác nhau giữa tầng chứa nước lỗ rỗng và tầng chứa nước khe nứt.

Trong tính toán địa chất thủy văn, các công thức giải tích chủ yếu mới xem xét và cho lời giải trong tầng chứa nước vô hạn hoặc bán giới hạn với các biên mực nước không đổi hoặc biên cách nước (biên không dòng chảy).

Trường hợp biên với hệ số thấm khác nhau thường giải bằng mô hình.

Dưới đây, trình bày lời giải giải tích cho trường hợp tầng chứa nước có biên hệ số thấm khác nhau.

Điều kiện trên biên hệ số thấm khác nhau được biểu diễn bởi công thức toán học (David K.T., 1976; V.A. Micorenco, 1983): $T_1/T_2 = I_2/I_1$.

Ở đây, T_1, I_1 lần lượt là hệ số dẫn nước và độ dốc thủy lực của vùng I; T_2 và I_2 là hệ số dẫn nước và độ dốc thủy lực của vùng II. Vùng I và vùng II là các vùng có hệ số thấm khác nhau nằm tiếp xúc với nhau

* *Tác giả liên hệ:*
Email: dangdinhphuc@gmail.com

qua biên.

Dưới đây, xem xét quy luật biến đổi mực nước trong tầng chứa nước đồng nhất có biên hệ số thấm khác nhau. Trong đó, có các vùng hệ số thấm khác nhau (Hình 1), giá trị các thông số địa chất thủy văn là không đổi, biên hệ số thấm khác nhau trên bình đồ giả sử là đường thẳng.

Trong quá trình hút nước, khi hình phễu hạ thấp mực nước chưa đạt tới biên, đồ thị mực nước hạ thấp tuân theo quy luật hạ thấp trong tầng chứa nước đồng nhất vô hạn (David K.T., 1976; Jacob B., 1975; Karanth K.R., 1993; R. Allan Freeze, Joho A. C., 1979; William C.W., 1970; V.M. Sextacov, 1969; V.A. Micorenco, 1983).

Khi hình phễu hạ thấp đạt tới biên và phát triển sang vùng có hệ số dẫn nước nhỏ hơn bằng T_2, độ dốc của đường mực nước S = f(ln(r)) hay S = F(ln(t)) sẽ bị lệch đi tuân theo quy luật $I_1/I_2 = T_2/T_1$. Mực nước hạ thấp trong vùng ảnh hưởng của biên sẽ tăng lên đại lượng Δs so với trường hợp tầng chứa nước đồng nhất có hệ số dẫn là T_1.

Cũng áp dụng phương pháp cộng dòng và giếng ảnh như trên, ta có thể mô phỏng sự hạ thấp khi hình phễu hạ thấp lan tới biên hệ số thấm thay đổi gồm hai thành phần:

Hạ thấp S_1 do giếng hút tiếp tục gây ra mà không chịu tác động của biên như giếng hút trong tầng chứa nước đồng nhất vô hạn:

$$S = \frac{Q}{4\pi T1} \ln\left(\frac{2.25a.t}{\rho^2}\right) \quad (1)$$

Khi hình phễu lan truyền tới vùng có hệ số thấm nhỏ hơn (hoặc lớn hơn). Ở đây, ta xét nhỏ hơn, mực nước hạ thấp được tăng lên do gặp đới II có hệ số thấm nhỏ hơn và gây ra sức cản thấm bổ sung. Khi đó, độ dốc hình phễu hạ thấp mực nước được tăng lên do tác động của vùng có hệ số thấm nhỏ đi, độ dốc của đường hạ thấp S = F(Lnt)) sẽ tăng lên với tỷ lệ: $b = T_1/T_2$.

Ở đây, T_1 là hệ số dẫn của vùng I, và T_2 là hệ số dẫn của vùng II.

Tác động của vùng hệ số thấm khác nhau tới hạ thấp mực nước được mô phỏng như là tác động của một giếng ảo.

Lưu lượng giếng ảo Q_a được xác định theo công thức:

$$Q_a = CQ \quad (2)$$

Theo (2), hệ số C được xác định bởi công thức:

$$C = \frac{1-T_2/T_1}{1+T_2/T_1} \quad (3)$$

Mực nước hạ thấp bổ sung gây ra bởi giếng ảo được xác định theo công thức:

$$Sa = \frac{C.Q}{4\pi T1} \ln\left(\frac{2.25a.t}{\rho^2}\right) \quad (4)$$

Tổng mực nước hạ thấp khi hình phễu hạ thấp lan tới biên được xác định theo công thức:

$$S = \frac{Q}{4\pi T1} \ln\left(\frac{2.25a.t}{r^2}\right) + \frac{C.Q}{4\pi T1} \ln\left(\frac{2.25a_2.t}{\rho^2}\right) \quad (5)$$

Ở đây, a_2 là hệ số truyền áp của đới II; ρ là khoảng cách từ giếng quan sát trong đới I tới giếng ảo.

Công thức (5) ở trên được sử dụng để tính mực nước hạ thấp khi các giếng khai thác nằm gần biên hệ số thấm khác nhau. Đồng thời, có thể sử dụng công thức (5) để xác định thông số địa chất thủy văn và khoảng cách từ giếng quan trắc tới giếng ảo cũng như khoảng cách tới biên theo tài liệu hút nước thí nghiệm trong vùng có biên hệ số thấm khác nhau. Khi có hai giếng quan trắc sẽ xác định được vị trí của giếng ảo, khoảng cách từ giếng hút tới giếng ảo bằng phương pháp đồ thị (David K.T., 1976), hoặc phương pháp giải tích.

Dưới đây, áp dụng công thức (5) để xác định thông số địa chất thủy văn, cũng như khoảng cách từ giếng quan sát tới giếng ảo theo tài liệu hút nước thí nghiệm từ chùm hút nước C1 tại vùng Quốc Oai.

3. Xác định thông số địa chất thủy văn theo tài liệu hút nước từ chùm hút nước thí nghiệm C1 tại vùng Quốc Oai

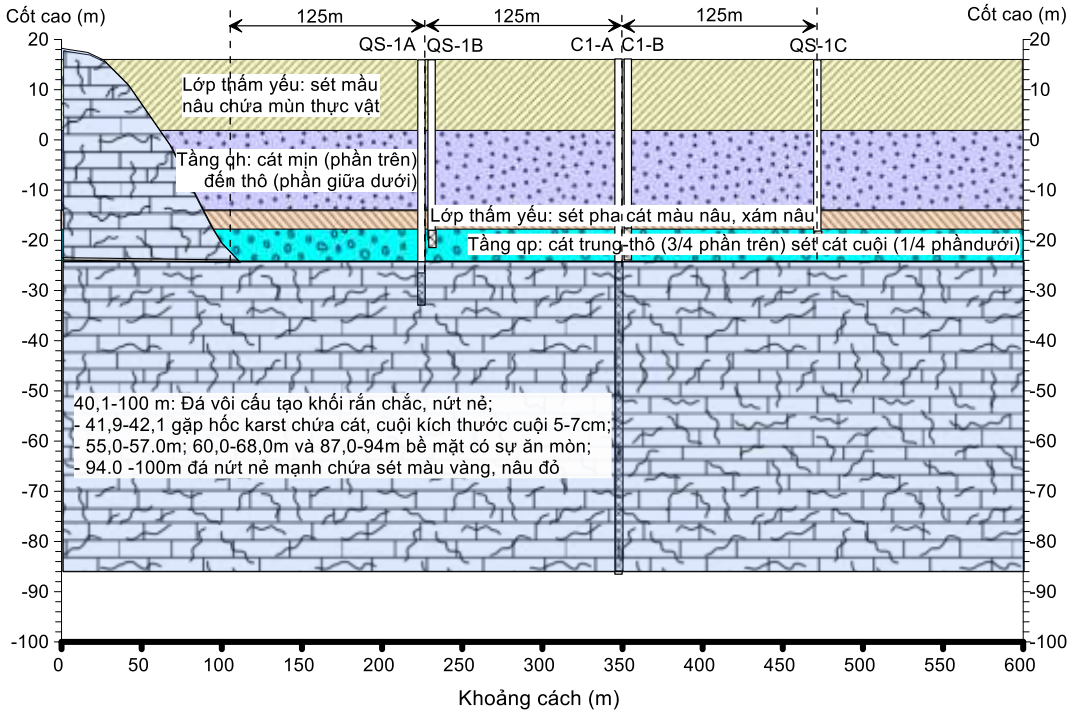
3.1. Vị trí thí nghiệm và sơ đồ cấu trúc các tầng chứa nước chùm thí nghiệm C1

Cụm thí nghiệm hút nước C1 nằm trên xã Sài Sơn, huyện Quốc Oai, TP. Hà Nội. Vùng nghiên cứu là vùng rìa đồng bằng, tại đây tồn tại hai tầng chứa nước tầng chứa nước khe nứt và tầng chứa nước lỗ hổng.

Sơ đồ giếng hút nước và giếng quan trắc được chỉ ra trên Hình 1.

+ Hút nước được tiến hành cho cả hai tầng, trong đó trong tầng qp: Lỗ khoan hút nước C1-B lưu lượng hút giữ ổn định là 4,43 (l/s) = 382,725 (m^3/ngày đêm); thời gian hút nước là 72 h.

- Đồ thị mực nước các giếng quan sát được chỉ ra trên Hình 1; trong đó



Hình 1. Mặt cắt địa chất thủy văn cụm lỗ khoan C1

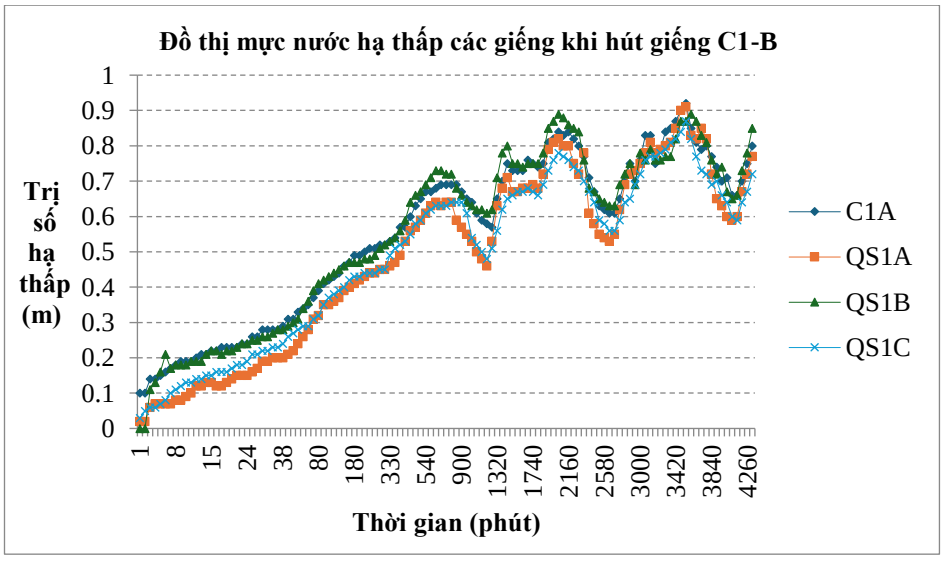
Số liệu khoan và hút nước thí nghiệm cho thấy tầng chứa nước qp và $T_2đg$ có quan hệ thuỷ lực hoàn toàn và hoạt động như một tầng chứa nước.

Dưới đây, chỉ ra kết quả tính toán cho lỗ khoan quan trắc QS-1C, khi hút từ lỗ khoan C1-B.

3.2. Tính toán thông số địa chất thủy văn

3.2.1. Kết quả hút nước

Hình dưới chỉ ra đồ thị hạ thấp mực nước các giếng quan trắc trong cả hai tầng chứa nước khi hút nước thí nghiệm từ lỗ khoan C1-B trong tầng chứa nước lỗ hổng Pleistocen.



Hình 2. Đồ thị mực nước hạ thấp các giếng quan trắc trong cả hai tầng chứa nước khi hút nước giếng C1-B trong tầng chứa nước Pleistocen

Dưới đây, chỉ ra kết quả tính toán xác định thông số địa chất thủy văn và khoảng cách từ giếng quan sát tới giếng ảo bằng phần mền EXCEL và bằng phần mền tính thông số viết bằng ngôn ngữ VISUALBASIC

do chúng tôi xây dựng. Đồng thời, để kiểm tra kết quả tính toán, chúng tôi sử dụng các phương pháp truyền thống để tính toán cho các nhánh đồ thị khác nhau như phương pháp Cooper - Jacob, Theis, Hantush - Kacob và bằng phần mềm AQUIFER TEST.

Dưới đây chỉ ra thí dụ tính toán cho giếng quan sát QS1-C khi hút nước từ giếng C1-B trong tầng chứa nước Pleistocen với lưu lượng 382 (m^3/ngày). Giếng QS1-C nằm cách giếng hút nước C1-B một khoảng 125 m và cách biên hệ số thấm khác nhau giả định khoảng 375 m.

3.2.2. Sử dụng phương pháp đồ thị để xác định thông số địa chất thủy văn và khoảng cách từ lỗ khoan quan sát tới giếng ảo công thức (7):

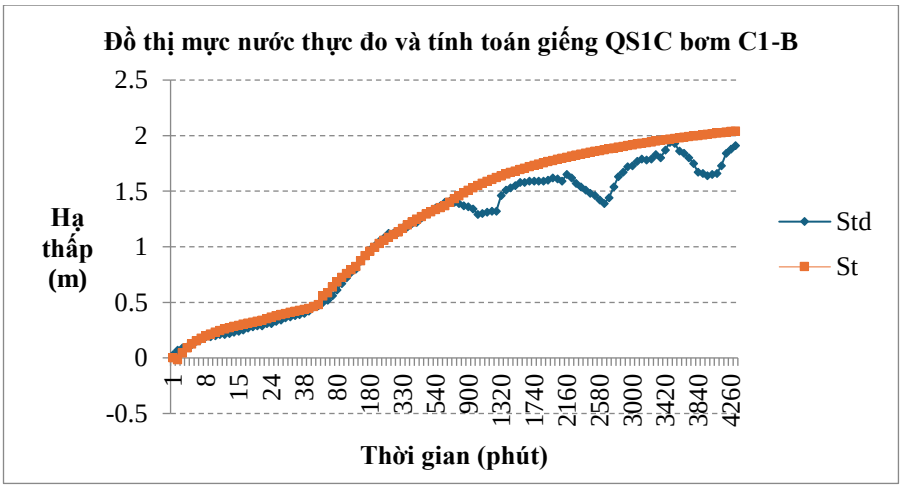
a. Bằng bảng tính EXCEL

Phương pháp tiến hành như sau: Xây dựng bảng tính toán như trong Bảng 2. Tính toán mực nước hạ thấp cho các nhánh I và mực nước hạ thấp bổ sung (nhánh II theo công thức (5) và (7).

Vẽ đồ thị mực nước hạ thấp tính toán và thực đo S = F(t) trên cùng trục tọa độ.

Thay đổi thông số hệ số dẫn và hệ số truyền áp của đới I cho tới khi đồ thị tính toán và đồ thị thực đo trùng nhau, các giá trị của hệ số dẫn T và hệ số truyền áp khi hai đồ thị tính toán và thực đo gần trùng nhau chính là các giá trị hệ số dẫn và hệ số truyền áp của đới I, là đới bao gồm tầng chứa nước Pleistocen và tầng chứa nước karst.

Tiếp tục thay đổi các giá trị hệ số dẫn, hệ số truyền áp của đới II là đới chỉ có tầng chứa nước karst và khoảng cách từ giếng quan sát tới giếng khai thác ảo cho tới khi hai đồ thị thực đo và tính toán gần trùng nhau, các giá trị của các thông số tương ứng với điều kiện khi hai đồ thị gần trùng nhau là các giá trị cần tìm.



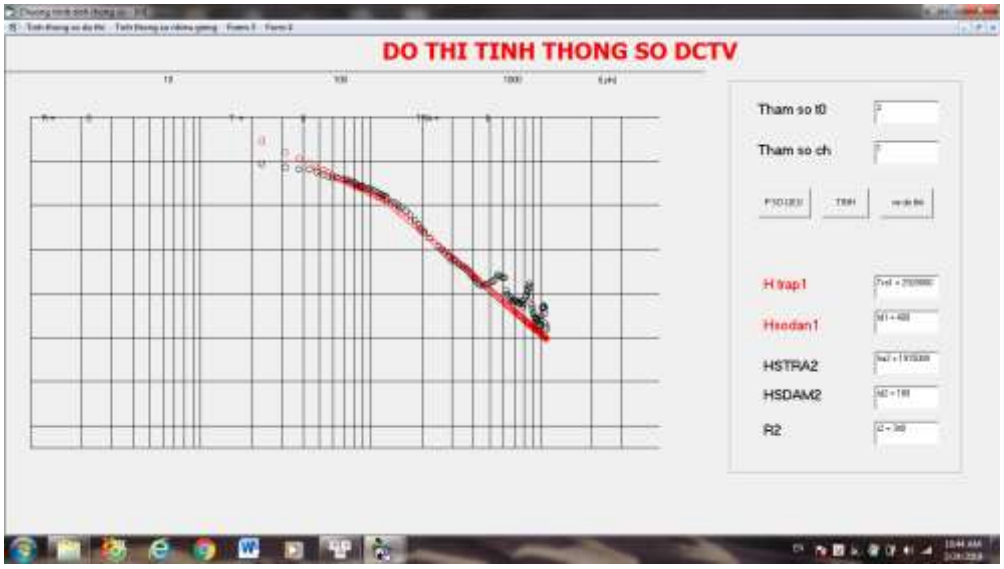
Hình 3. Đồ thị hạ thấp thực đo và tính toán giếng quan trắc QS1C khi bơm giếng C1-B

Kết quả: Hệ số dẫn nước đới I bằng 480 (m^2/ngày), hệ số truyền áp bằng 4.500.000 (m^2/ngày). Đới II hệ số dẫn bằng 180 (m^2/ngày), hệ số truyền áp bằng 2.000.000 (m^2/ngày). Khoảng cách tới giếng ảo bằng 350 m.

b. Tính toán bằng mô hình

Chúng tôi đã lập mô hình tính thông số địa chất thủy văn của các đới chứa nước với hệ số thấm khác nhau, cũng như khoảng cách từ giếng quan sát tới giếng ảo theo công thức (7) và (8) bằng ngôn ngữ VISUALBASIC.

Hình dưới chỉ ra đồ thị tính thông số địa chất thủy văn giếng QS1C khi hút nước từ giếng C1-B bằng phần mềm.



Hình 4. Đồ thị tính thông số giếng QS1C khi bơm C1-B

Kết quả nhánh I: T = 400 (m^2/ngày), hệ số truyền áp a = 2.920.000 (m^2/ngày).
Nhánh II hệ số dẫn T = 180 (m^2/ngày), hệ số truyền áp a = 1.915.000 (m^2/ngày).
Khoảng cách tới giếng ảo r2 bằng 340 m.

3.2.3. Tính toán kiểm tra bằng phương pháp truyền thống

Để kiểm tra kết quả tính toán xác định thông số địa chất thủy văn theo phương pháp được đề xuất ở trên, chúng tôi đã tính toán kiểm tra bằng phần mền Aquifer test với các phương pháp Cooper - Jacob, Theis.

Kết quả tính toán được chỉ ra ở dưới.

Bảng 2. Kết quả tính toán thông số địa chất thủy văn theo tài liệu quan trắc mực nước các giếng khi hút nước từ giếng C1-B theo các phương pháp khác nhau

Phương pháp		Thông số đới I		Thông số đới II		*Khoảng cách i giếng thực tới ảo (m)*
		Hệ số dẫn đới I (m^2/ngày)	Hệ số truyền áp đới I (m^2/ngày)	Hệ số dẫn đới II (m^2/ngày)	Hệ số truyền áp đới II (m^2/ngày)	
Hạ thấp với biên hệ số thấm khác nhau	Bảng tính Excel S	480	4.50E+06	180	2.00E+06	350
	Phần mền tính thông số	400	2.90E+06	180	1.90E+06	340
Aquifer Test	Cooper - Jacob	520	4.00E+07	190	6.38E+06	
	Theis	447	3.07E+07	187	7.00E+08	

Từ kết quả tính theo công thức cho trường hợp có biên với hệ số thấm khác nhau so với các phương pháp Cooper- Jacov, Theis, tính toán cho các nhánh đồ thị khác nhau cho thấy kết quả của các phương pháp là khá gần nhau. Phương pháp tính theo công thức mực nước hạ thấp trong vùng có biên hệ số thấm khác nhau ngoài xác định hệ số dẫn nước, hệ số truyền áp các đới có tính thấm khác nhau còn cho phép xác định khoảng cách từ giếng quan trắc tới vị trí giếng ảo, tức là xác định vị trí của biên hệ số dẫn nước khác nhau.

4. Kết luận

Phương pháp được đề xuất cho phép tính toán lưu lượng giếng, mực nước hạ thấp, thông số địa chất thủy văn và vị trí biên theo tài liệu hút nước thí nghiệm trong tầng chứa nước biên hệ số thấm khác nhau và đã tính được các kết quả như đã trình bày ở trên.

Tài liệu tham khảo

David K.T., 1976. *Groundwater Hydrology*. John Wiley & Sons, New York. Dyn merics of fluids in porous media. American el Sevier publishing company inc. New York, London, Amsterdam, 1972.

Jacob B., 1975. *Dynamics of fluids in porous media*. AamicaFanics yn.
Karanth K.R., 1993. *Groundwater assessment development and management*. Tata McGrau-Hill Publishing Company Limited, New Delhy 1993.
R. Allan Freeze, Joho A. C., 1979. *Groundwater*. Prentice Hall. Englewood Cliffe NJ07632, 1979.
William C.W., 1970. *Ground water resources evaluation*. McGraw-Hill Book Company, New York, ST Loius, Fransisco, Dusseldorf, London, Mexico, Panama, Sydney, Toronto. 1970.
V.M. Sextacov, 1969. *Tính toán địa chất thủy văn*, Lòng Đất, Maxcova (tiếng Nga) 1969.
V.A. Micorenco, 1983. *Động lực học nước dưới đất*, Lòng Đất, Maxcova, 1983.
Đặng Đình Phúc, 2013. *Cơ sở thủy động lực và phương pháp đánh giá trữ lượng nước dưới đất*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội, 2013.

ABSTRACT

Calculation of drawdown and determination of hydrogeology parameters, location of boundary in the aquifer with different conductivity boundary

Dang Dinh Phuc[1,*], Trieu Duc Huy[3], Dang Huu Nghi[2],
Nguyen Bach Thao[2], Bui Thi Van Anh[2], Dang Dinh Phu[3]
[1] *Vietnam Hydrogeological Association*
[2] *Hanoi University of Mining and Geology*
[3] *National Center for Water Resources Planning and Investigation*

This report presents the theoretical basis for building a formula to calculate the predicted drawdown when pumping from wells in aquifers with boundaries of different hydraulic conductivity boundaries, based on the principle of flow superposed and image well method. The report also presents a graphical method to calculate hydrogeological parameters for water-bearing zones with different conductivity and determine the position of different conductivity boundaries according to the data of pumping tests from wells located near the boundary and apply this method to determine the transmissivity T, storage coefficient S of the aquifer system including the Pleistocene aquifer directly covering the fractured-karst aquifer in the marginal area of Northern Plain in Quoc Oai district, Hanoi city, determine the contact position (boundary of different conductivity) between Pleistocene aquifer and fractures karst aquifer in limestone age T_2dg. The results determined that the total conductivity and pressure transfer coefficient of the Pleistocene aquifer and the karst aquifer in zone I were 480 m^2/day and 4.5E+06 m^2/day, respectively; the conductivity and pressure transfer coefficient of the karst aquifer in zone II were 180 m^2/day and 2.E+06 m^2/day, respectively. The proposed method contributes to perfecting the method of hydrogeological calculation.

Keywords: Different permeability coefficient boundary; Distance to different permeability coefficient boundary; The additional drawdown

Tính toán xâm nhập mặn trong giếng khai thác ven biển

Đặng Đình Phúc[1,*], Phạm Quý Nhân[2], Đặng Hữu Nghị[3], Bùi Thị Vân Anh[3]
[1] *Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam*
[2] *Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội*
[3] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Ở phần lớn vùng ven biển nước ta, nước mặt bị mặn, nước dưới đất là một trong những nguồn cung cấp quan trọng cho ăn uống sinh hoạt và sản xuất. Tuy nhiên, do ảnh hưởng của biển, một số giếng khai thác bị mặn do khoảng cách tới biển, cũng như lưu lượng khai thác không hợp lý. Xác định xâm nhập mặn nước dưới đất vùng ven biển là công tác hết sức quan trọng trong khai thác và bảo vệ tài nguyên nước dưới đất. Xác định xâm nhập mặn vào giếng khai thác trong tầng chứa nước vô hạn hiện đã có nhiều công trình nghiên cứu. Trong báo cáo này trên cơ sở nguyên tắc cộng dòng, chúng tôi đề xuất phương pháp tính xâm nhập mặn trong tầng chứa nước ven biển bán giới hạn có dòng chảy thoát ra biển và đề xuất công thức tính toán lưu lượng an toàn với xâm nhập mặn cho các giếng khai thác nước. Lưu lượng an toàn là hàm số của tỷ lưu lương tự nhiên của dòng nước ngầm thoát ra biển và khoảng cách từ giếng tới mép nước biển.
Báo cáo cũng chỉ ra thí dụ tính toán cho giếng khai thác có lưu lượng là 200 (m^3/ngày), nằm cách biển 200 m. Tầng chứa nước có lưu lượng dòng ngầm là 0,2 (m^3/m/ngày), hệ số dẫn là 200 (m^2/ngày) và hệ số truyền áp là 4.000 (m^2/ngày). Nước biển có độ mặn (tổng khoáng hóa) là 10 (g/l), nước ngầm có độ tổng khoáng hóa là 0,1 (g/l). Kết quả tính toán cho thấy mực nước hạ thấp khi hình phễu đã lan tới biên mặn là 1,15 m, tổng khoáng hóa trong giếng sau 1 năm khai thác là 0,892 (g/l); sau 2 năm khai thác tổng khoáng hóa của nước trong giếng khu vực từ biển vào giếng là 1,684 (g/l); lưu lượng an toàn của giếng là 90 m^3/ngày.

Từ khóa: Lưu lượng dòng ngầm; Nguyên tắc cộng dòng; Xâm nhập mặn; Lưu lượng an toàn

1. Đặt vấn đề

Khi khai thác nước dưới đất trong vùng tồn tại biên mặn, cần tính toán xâm nhập để lựa chọn lưu lượng giếng và thời gian khai thác an toàn, đảm bảo chất lượng nước giếng cuối thời gian khai thác tính toán luôn nhỏ hơn độ mặn cho phép.

Tính toán mực nước hạ thấp và xâm nhập mặn trong tầng chứa nước đồng nhất vô hạn hoặc bán giới hạn và lưu lượng dòng ngầm bằng không đã được giới thiệu trong nhiều công trình (David Keith Todd, 1976; Jacob Bear, 1979; K.R. Karanth, 1993; R. Allan Freeze, Joho A, Cherry, 1979; William C. Walton, 1970; V.M. Sextacov, 1969; V.A. Micorenco, 1983; Đặng Đình Phúc, 2013) còn trong tầng chứa nước có lưu lượng dòng ngầm khác ít được nghiên cứu.

Dưới đây, nghiên cứu xâm nhập mặn ngang vào giếng khai thác trong tầng chứa nước bán vô hạn tồn tại dòng chảy thoát ra biển.

2. Cơ sở lý thuyết

Trong các vùng ven biển, đặc biệt là trong vùng cồn cát ven biển, nước ngầm thường vận động từ miền phân thủy thoát ra biển. Trong trường hợp này, quá trình khai thác lưu lượng tự nhiên cung cấp cho hệ thống giếng dưới đây lần lượt nghiên cứu các đặc trưng của trường thấm và của công trình khai thác.

2.1. Chiều rộng đới dòng chảy tự nhiên cung cấp cho hệ thống giếng khai thác

- Khi giếng khai thác hoạt động bán kính ảnh hưởng của giếng tăng. Chiều rộng đới dòng chảy cung cấp cho giếng là hàm số của thời gian và khi hai giếng ở đầu mút của bãi giếng bắt đầu can nhiễu với nhau, chiều rộng đới cung cấp cho giếng được xác định theo công thức:

$$B(t_j) = 2\sqrt{2.25.a.t_j} + \mathrm{D} \qquad (1)$$

[*] *Tác giả liên hệ:*
Email: dangdinhphuc@gmail.com

Ở đây, t_j là thời điểm tính, a là hệ số truyền áp; D là chiều rộng bãi giếng (khoảng cách của hai giếng đầu mút trên đường vuông góc với dòng chảy tự nhiên của nước ngầm).

2.2. Lưu lượng dòng chảy ngầm cung cấp cho bãi giếng

Lưu lượng dòng chảy ngầm cung cấp cho bãi giếng được xác định theo công thức:

$$Qg(t_j) = q \times B(t_j) = q \times (2\sqrt{2.25 \times a \times t_j} + L) \quad (2)$$

- Khi khai thác nước trong tầng chứa nước có dòng chảy tự nhiên, do sự cung cấp của dòng chảy tự nhiên cung cấp cho các giếng khai thác mà mực nước hạ thấp nhỏ hơn so với trường hợp tầng chứa nước vô hạn. Tác động của dòng chảy tự nhiên tới mực nước hạ thấp được xem như là tác động của một giếng cấp được đặt tại tâm của bãi giếng. Lưu lượng giếng bằng lưu lượng dòng ngầm tự nhiên cung cấp cho bãi giếng.

Lưu lượng giếng cấp là hàm số của thời gian được xác định theo công thức ở trên.

Lưu lượng tăng lên sau khoảng thời gian Δt được xác định theo công thức:

$$\Delta Qg(t_j) = q \times (2\sqrt{2.25 \times a \times (t_j - t_{j-1})} + D) \quad (3)$$

2.3. Mực nước hạ thấp khi hình phễu hạ thấp chưa lan tới biên

Áp dụng nguyên tắc cộng dòng và coi bãi giếng là giếng lớn tác động của dòng chảy tự nhiên vào giếng được xem như là tác động của giếng cấp có tâm là tâm bãi giếng khai thác và lưu lượng bằng lưu lượng tự nhiên cấp cho bãi giếng. Mực nước tăng lên do tác động của dòng tự nhiên được xác định theo công thức:

$$Sg(t_j) = \sum_0^n \frac{q.(2\sqrt{2.25 \times a \times (t_j - t_{j-1})} + D)}{4.\pi.T} ln\frac{2.25.at_j}{{\rho_g}^2} \quad (4)$$

Trong công thức trên, $Sg(t_j)$ là trị số tăng mực nước do dòng chảy tự nhiên cấp cho giếng tại điểm tính toán; t_j là thời điểm tính toán; t_{j-1} là thời điểm trước; ρ_g là khoảng cách từ tâm bãi giếng tới điểm tính toán mực nước hạ thấp và n là số thời điểm tính toán.

Áp dụng phương pháp cộng dòng, mực nước hạ thấp tại điểm tính toán khi tính tới dòng ngầm, khi bán kính ảnh hưởng chưa lan tới biên được xác định theo công thức:

$$S_{t\,(tj)} = \sum_1^m \frac{Q_i}{2.\pi.T} ln\left[\frac{2.25.at_j.}{\rho_i^2}\right] + \sum_0^n \frac{q.(2\sqrt{2.25.a.(t_j - t_{j-1})} + L).}{4.\pi.T} ln\frac{2.25.at_j.}{{\rho_g}^2} \quad (5)$$

Trong đó, $S_{i(tj)}$ là mực nước hạ thấp tại vị trí tính toán (giếng) thứ i tại thời điểm t_j; ρ_i là khoảng cách từ giếng can nhiễu tới điểm tính toán; và ρ_g là khoảng cách từ điểm tính toán tới tâm giếng lớn.

2.4. Mực nước hạ thấp khi bán kính ảnh hưởng lan tới biên

Để xác định mực nước hạ thấp khi bán kính ảnh hưởng lan tới biên, ta áp dụng phương pháp cộng dòng, coi lưu lượng giếng gồm hai phần: (1) Lưu lượng dòng ngầm cung cấp cho giếng khi bán kính ảnh hưởng lan tới biên ($Qngb$); (2) lưu lượng giếng trong tầng chứa nước vô hạn ($Qgvh$).

Lưu lượng dòng ngầm cấp cho giếng được xác định theo công thức:

$$Q_{ngb} = q \times B(t_b) = q \times (2\sqrt{2.25.a.t_b} + D) \quad (6)$$

Trong công thức trên, t_b là thời điểm bán kính ảnh hưởng lan tới biên, tính từ lúc bắt đầu khai thác, các ký hiệu khác như trong các công thức ở trên.

Khi bán kính ảnh hưởng lan tới biên, mực nước không đổi (biển) mực nước hạ thấp được xác định theo công thức cho tầng chứa nước bán giới hạn biên mực nước không đổi với lưu lượng tính toán (Qgm) bằng hiệu của lưu lượng giếng (Qg) và lưu lượng dòng ngầm cung cấp cho giếng khi bán kính ảnh hưởng lan tới biên ($Qngb$).

$$Qgm = Qg - Qngb \quad (7)$$

Mực nước hạ thấp khi bán kính ảnh hưởng đạt tới biên được xác định gần đúng theo công thức cho tầng chứa nước có áp, biên mực nước không đổi.

Khi khoảng cách các giếng gần nhau tính toán gần đúng theo công thức giếng lớn:

$$Sb = \frac{Qgvh}{2.\pi T} ln\left[\frac{r_a.}{r_t}\right] \quad (8)$$

Khi khoảng cách các giếng xa nhau áp dụng công thức sau:

$$\sum_1^m \frac{Q_i}{2.\pi.T} ln\left[\frac{r_{ai}.}{r_{ti}}\right] \quad (9)$$

Trong đó, Q_i là lưu lượng tính toán của giếng thứ i bằng lưu lượng thực của giếng trừ lưu lượng dòng ngầm cung cấp cho giếng i. Lưu lượng dòng ngầm cung cấp cho từng giếng được lấy gần đúng bằng tổng lưu lượng dòng ngầm cung cấp cho bãi giếng được xác định theo công thức (6) chia cho số lượng giếng m. Ở đây, r_{ai} và r_{ti} lần lượt là khoảng cách từ giếng thực và giếng ảo tới vị trí (giếng) tính toán. Tại giếng tính toán r_{ai} bằng khoảng cách từ giếng thực tới giếng ảo, tức là bằng 2 lần khoảng cách từ giếng thực tới biên

mực nước không đổi và r_{ti} bằng bán kính giếng.

2.5. Tỷ lệ nước từ biên cung cấp cho giếng so với lưu lượng giếng

Như trên đã trình bày, lưu lượng dòng ngầm cung cấp cho giếng được xác định theo công thức (6). Vậy, tỷ lệ nước từ biên cung cấp cho giếng so với lưu lượng giếng được xác định theo công thức:

$$\frac{\text{Qngb}}{Qg} = \frac{\text{q.}(2\sqrt{2.25.a.t_b} + \text{D}).}{Qg} \quad (10)$$

2.6. Khoảng cách an toàn từ giếng khai thác tới biển

Khi lưu lượng đã xác định, khoảng cách an toàn (L_{at}) từ giếng tới biên mực nước không đổi (mép biển) được xác định theo công thức:

$$\text{L}_{\text{at}} = \frac{Q_g}{q} \quad (11)$$

2.7. Lưu lượng an toàn

Tại vị trí nằm cách biển mặn không đổi (mép biển) (L) lưu lượng an toàn (Q_{at}), là lưu lượng giếng có thể khai thác mà suốt quá trình khai thác không xảy ra xâm nhập mặn vào tầng chứa nước.

$$\text{Q}_{\text{at}} = 2.\text{q.L} \quad (12)$$

2.8. Tính toán lưu lượng muối từ biên mặn không đổi chảy vào tầng chứa nước giếng khi khoảng cách từ giếng tới biên mực nước không đổi (mặn không đổi) nhỏ hơn khoảng cách an toàn

Khi bán kính ảnh hưởng của giếng lan tới biên, lưu lượng dòng ngầm cung cấp cho giếng được xác định theo công thức (12). Khi tiếp tục khai thác, bán kính ảnh hưởng tiếp tục tăng và lưu lượng ngầm cũng tăng. Để an toàn trong tính xâm nhập mặn, chúng tôi lấy lưu lượng dòng ngầm khi này không đổi và được xác đinh theo công thức (12).

Nếu lưu lượng giếng khai thác lớn hơn lưu lượng dòng ngầm cung cấp cho giếng, sẽ xảy ra xâm nhập mặn vào tầng chứa nước.

Phần lưu lượng gây xâm nhập mặn (Q_{gm}) bằng hiệu lưu lượng giếng và lưu lượng dòng ngầm cung cấp cho giếng.

$$\text{Q}_{\text{gm}} = \text{Q}_{\text{g}} - \text{Q}_{\text{at}} = \text{Q}_{\text{g}} - 2.\text{q.L} \quad (13)$$

Khi đó, lưu lượng từ biên mực nước không đổi (biên mặn) chảy vào tầng chứa nước ngầm được xác định theo công thức:

$$\text{Q}_{\text{m}} = \text{p. Q}_{\text{gm}} = \text{p.}(\text{Q}_{\text{g}} - 2.\text{q.L}) \quad (14)$$

Trong đó, p là tỷ số giữa lưu lượng từ biên (nước mặn) cung cấp cho giếng với lưu lượng gây mặn của giếng.

Theo William C. Wallton [5], tỷ lệ nước từ biên mực nước không đổi cung cấp cho giếng gần biên được xác định theo công thức:

$$p = \frac{Q_S}{Q} = \frac{2}{\pi}\int_0^{\frac{\pi}{2}} e^{-F_t sec^2 u}\ du \quad (15)$$

Ở đây:

$$\text{u} = tan^{-1}\frac{r_r}{a} \quad (16)$$

$$F_t = \frac{1.87L^2S}{Tt} \quad (10)$$

Ở đây:

p_t là tỷ số giữa lưu lượng từ sông cung cấp cho giếng và lưu lượng giếng;

L là khoảng cách từ giếng tới biên mực nước không đổi, feet;

S là hệ số trữ;

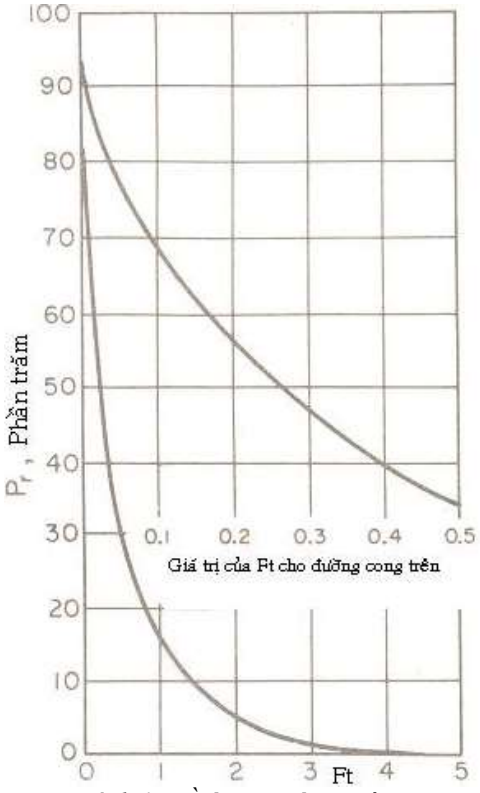
t là thời gian bơm, ngày đêm;

T là hệ số dẫn. gpd/ft;

r_r là khoảng cách dọc theo biên được đo từ vị trí vuông góc của đường nối giếng thực và ảo với biên, feet.

Khi L tính bằng mét, T bằng m^2/ngày. Hàm F_t trong công thức (16) chuyển thành:

$$F_t = \frac{13.98L^2S}{Tt} \quad (17)$$



Hình 1. Đồ thị quan hệ p_t và Ft

Giá trị của p_t phụ thuộc vào F_t được xác định bằng đồ thị trên Hình 1. Lượng mặn (*Lm*) từ biên mặn chảy vào giếng được xác định theo công thức:

$$Lm = Q_m.C_m \quad (18)$$

Trong công thức trên, C_m là nồng độ của nước mặn trên biên.

2.9. Nồng độ mặn (tổng khoáng hóa) trong khu vực giếng Cg

Áp dụng phương trình cân bằng muối nồng độ mặn của nước trong khu vực giếng khai thác (khu vực từ biển vào tới giếng) (C_g) được xác định theo công thức:

$$C_g = \frac{Q_m C_m + (Qg - Q_m) C_n}{Q_g} \quad (19)$$

Trong đó, C_m và C_n lần lượt là nồng độ muối trong nước biển và trong nước ngầm tự nhiên.

3. Thí dụ tính toán

3.1. Số liệu tính toán

Giếng khai thác có lưu lượng là 200 (m^3/ngày), nằm cách biển 200 m. Tầng chứa nước có lưu lượng dòng ngầm là 0,2 (m^3/m/ngày), hệ số dẫn là 200 (m^2/ngày) và hệ số truyền áp là 4.000 (m^2/ngày). Nước biển có độ mặn (tổng khoáng hóa) là 10 (g/l), nước ngầm có độ tổng khoáng hóa là 0,1 (g/l). Tính mực nước hạ thấp khi hình phễu đã lan tới biên mặn và tổng khoáng hóa trong giếng sau 1 năm khai thác và 2 năm khai thác.

3.2. Kết quả tính toán

3.2.1. Mực nước hạ thấp

- Thời gian hình phễu hạ thấp lan tới biên được xác định theo công thức:

$$t_b = \frac{L^2}{2.25a} \quad (20)$$

Thay L = 200 (m) và a = 4.000 (m^2/ngày) vào công thức trên, xác định được thời gian hình phễu lan truyền tới biên bằng 4,44 ngày tính từ thời điểm bắt đầu khai thác. Vậy, tính tới thời điểm 365 ngày, tức là sau 1 năm khai thác, thời gian tính xâm nhập trong công thức (10) bằng 360,5 ngày, cho tới thời điểm 365 ngày từ khi khai thác.

Khi hình phễu hạ thấp lan tới biên mặn, mực nước hạ thấp gồm hai thành phần:

- Mực nước hạ thấp tại thời điểm hình phễu hạ thấp lan tới biên. Thời điểm hình phễu hạ thấp lan tới biên mặn theo công thức được xác định bằng 4,5 ngày từ khi giếng bắt đầu khai thác. Mực nước hạ thấp tại thời điểm này được xác định theo công thức (5) hoặc gần đúng theo công thức cho tầng chứa nước vô hạn. Theo công thức cho tầng chứa nước vô hạn, xác định được mực nước hạ thấp ở thời điểm hình phễu hạ thấp bắt đầu lan tới biên bằng 0,362 m.

- Mực nước hạ thấp gây ra do giếng tiếp tục khai thác sau khi đạt tới biên mặn và được xác định theo công thức cho tầng chứa nước có biên mực nước không đổi (công thức). Lưu lượng bằng lưu lượng gây mặn bằng 120 (m^3/ngày). Mực nước hạ thấp bằng 0,792 m.

- Tổng mực nước hạ thấp bằng 1,15 m.

- Tính toán kiểm tra bằng mô hình Visual Modflow cho mực nước hạ thấp bằng 1,05 m.

3.2.2. Tính lưu lượng an toàn

- Lưu lượng an toàn của giếng tức là lưu lượng khi không gây ra xâm nhập mặn vào tầng chứa nước được xác định theo công thức (12):

$$Q_{at} = 2 \times 0,2 \times 200 = 80 \ (m^3/ngày).$$

- Lưu lượng gây xâm nhập mặn cho giếng được xác định theo công thức (13):

$$Qgm = 200 – 80 = 120 \ m^3.$$

- Lưu lượng nước biển xâm nhập vào tầng chứa nước để cung cấp cho giếng được xác định như sau:

Thay các giá trị *a*, *T*, *S*, và thời gian *t* khai thác tính từ thời điểm hình phễu hạ thấp lan tới biển = 360,5 ngày vào công thức (10), xác định được giá trị của hàm F_t bằng 1,55. Từ đồ thị trên Hình 1, xác định được tỷ lệ nước biển cung cấp cho giếng bằng 10% lưu lượng gây mặn.

- Lưu lượng gây mặn bằng 120 (m^3/ngày). Vậy, lưu lượng nước mặn chảy vào giếng là 12 (m^3/ngày).

3.2.3. Tính độ tổng khoáng hóa trong giếng

- Thay giá trị độ mặn của nước biển bằng 10 (g/l), tổng khoáng hóa của nước ngầm bằng 0,1 (g/l), lưu lượng nước biển cung cấp cho giếng là 12 (m^3/ngày) vào công thức (19) xác định được độ mặn trung bình trong giếng sau 1 năm khai thác là 0,892 (g/l).

Cũng tính toán như trên, xác định được sau 2 năm khai thác tổng khoáng hóa của nước trong giếng khu vực từ biển vào giếng là 1,684 (g/l).

Khi tính tới quá trình phân tán thủy động lực, hấp phụ,... chắc chắn sau thời gian trên, độ mặn trong giếng sẽ nhỏ hơn độ mặn trung bình khu vực giếng.

Như vậy, để tổng khoáng hóa của nước trong giếng đáp ứng nhu cầu cho ăn uống sinh hoạt cần giảm lưu lượng khai thác hoặc tăng khoảng cách từ giếng tới biên mặn.

4. Kết luận

Phương pháp đề xuất ở trên cho phép xác định mực nước hạ thấp, khoảng cách an toàn cũng như lưu lượng an toàn về xâm nhập mặn của các giếng khai thác nước dưới đất vùng ven biển trong tầng chứa nước có dòng chảy ra biển và không có dòng chảy ra biển, góp phần khai thác hiệu quả và vững bền nước dưới đất vùng ven biển.

Tài liệu tham khảo

David Keith Todd, 1976. *Groundwater Hydrology*. John Wiley & Sons, New York, 1976. Dynamics of fluids in porous media. American el Sevier Publishing Company Inc. New York, London, Amsterdam, 1972

Jacob Bear, 1979. *Dynamics of fluids in porous media*. AamicaFanics yn.

K.R. Karanth, 1993. *Groundwater assessment development and management*. Tata McGrau-Hill Publishing Company Limited, New Delhi 1993.

R. Allan Freeze, John A, Cherry, 1979. *Groundwater*. Prentice Hall. Englewood Cliffe NJ07632, 1979.

William C. Walton, 1970. *Groundwater resources evaluation*. McGraw-Hill Book Company, New York, ST Loius, Fransisco, Dusseldorf, London, Mexico, Panama, Sydney, Toronto. 1970.

V.M. Sextacov, 1969. *Tính toán địa chất thủy văn*, Lòng Đất, Maxcova (tiếng Nga) 1969.

V.A. Micorenco, 1983. *Động lực học nước dưới đất*, Lòng Đất Maxcova, 1983.

Đặng Đình Phúc, 2013. *Cơ sở thủy động lực và phương pháp đánh giá trữ lượng nước dưới đất*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội, 2013.

ABSTRACT

Calculating saltwater intrusion in coastal exploitation wells

Dang Dinh Phuc[1,*], Pham Quy Nhan[2], Dang Huu Nghi[3], Bui Thi Van Anh[3]
[1] *Vietnam Hydrogeological Association*
[2] *Hanoi University of Natural Resources and Environment*
[3] *Hanoi University of Mining and Geology*

In many coastal areas in Vietnam, surface water is saline, making groundwater a crucial resource for daily life and production. However, due to the influence of the sea, some groundwater wells have become contaminated with saltwater due to the distance to the sea, as well as the discharge of the well is unreasonable. Researching groundwater salinity intrusion in coastal areas is critical for the sustainable management and protection of groundwater resources. Existing research on saltwater intrusion into exploitation wells in extensive confined and unconfined aquifers currently has many research works. This report introduces a new approach based on the principle of flow superposed, we propose a method to calculate salinity intrusion in a semi-confined coastal aquifer with flow draining into the sea and suggest a formula to calculate safe flow with salinity intrusion, for water exploitation wells. The safe flow rate is a function of the natural flow rate of groundwater flowing into the sea and the distance from the well to the sea's edge. Additionally, the report includes calculation examples to illustrate the application of this method.

Keywords: Groundwater flow; Principle of flow superposed; Saltwater intrusion; sustainable exploitation

TIỂU BAN
TÀI NGUYÊN ĐỊA CHẤT VÀ QUẢN LÝ BỀN VỮNG

MỤC LỤC

Nghiên cứu sử dụng pegmatit bán phong hóa khu vực Dị Nậu, Tam Nông, Phú Thọ làm nguyên liệu sản xuất gạch granite
Tạ Thị Toán, Phạm Thị Thanh Hiền 519

Các yếu tố ảnh hưởng đến phát triển sản phẩm du lịch đá quý ở Việt Nam
Phạm Thị Thanh Hiền, Tạ Thị Toán 523

Các phương pháp nghiên cứu quặng sheelit ẩn sâu khu vực Pia Oắc, Cao Bằng
Hoàng Thị Thoa 529

Đặc điểm chất lượng đá phiến sét khu vực Bỉm Sơn, Thanh Hóa và khả năng sử dụng làm nguyên liệu xi măng portland
Nguyễn Thị Thanh Thảo, Đỗ Mạnh An, Thepphakone SAVATH 535

Đặc điểm chất lượng kaolin khu vực Chơn Thành, Bình Phước và khả năng thu hồi khoáng sản cát đi kèm
Nguyễn Thị Thanh Thảo, Phan Viết Sơn, Trần Xuân Tuấn 542

Results on mineralogy and geochemistry of rare earth elements in the Dong Pao deposit and the orientation of Vietnam's rare earth industry
Tinh Thanh Bui; Yasushi WATANABE; Khang Quang Luong 548

Nhận định ban đầu về tiềm năng quặng đất hiếm kiểu hấp phụ ion khu vực Muanghiam, tỉnh Houaphan, nước CHDCND Lào
Lưu Công Trí, Trịnh Đình Huấn, Bùi Hoàng Bắc, Hoàng Văn Dũng 554

Đặc điểm quặng hóa vàng gốc khu Tiến Thành, Yên Thành, Nghệ An
Lê Thị Thu 560

Các đặc điểm địa chất và quặng hóa cơ bản của kiểu mỏ vàng tạo núi
Lê Xuân Trường 566

Đặc điểm thạch địa hóa granitoid khối Tương Dương khu vực Bắc Trung Bộ, Việt Nam
Khương Thế Hùng, Nguyễn Văn Đạt 572

Nghiên cứu đặc điểm phân bố, khoáng vật, địa hóa, tuổi thành tạo vỏ, kết hạch Fe-Mn vùng biển khơi Nam Trung Bộ, Việt Nam
Nguyễn Khắc Du, Nguyễn Hữu Hiệp, Vũ Trường Sơn 579

Đặc điểm phân bố và chất lượng quặng sa khoáng titan - zircon khu vực Tuy Phong - Bắc Phan Thiết, tỉnh Bình Thuận
Đỗ Mạnh An, Đào Thị Nhàn, Bùi Hoàng Bắc, Nguyễn Thị Thanh Thảo 585

Hoạt động kiến tạo và điều kiện thời tiết khống chế quá trình trầm tích trong các lưu vực sông xung quanh Biển Đông
Phạm Như Sang, Nguyễn Hữu Hiệp 591

Nghiên cứu sử dụng pegmatit bán phong hóa khu vực Dị Nậu, Tam Nông, Phú Thọ làm nguyên liệu sản xuất gạch granite

Tạ Thị Toán*, Phạm Thị Thanh Hiền
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Trong những năm gần đây, nhu cầu sản xuất gạch granit ở Việt Nam ngày càng gia tăng và đòi hỏi nguồn nguyên liệu để sản xuất ngày càng lớn. Chính vì vậy, việc tìm ra những nguồn nguyên liệu mới thay thế để sản xuất gạch granit, cũng như phải có những kế hoạch sử dụng hợp lý và hiệu quả nguồn nguyên liệu là cần thiết. Cao lanh có nguồn gốc phong hóa chủ yếu từ nguồn pegmatit dọc theo dải từ Lào Cai xuống Hòa Bình có trữ lượng rất lớn. Nguyên liệu dùng cho sản xuất gạch granit yêu cầu có chất lượng cao, hàm lượng oxít sắt thấp. Pegmatit bán phong hóa khu vực Dị Nậu, Tam Nông có thành phần khoáng vật gồm feldspar, thạch anh, muscovit và thành phần hóa gồm các ôxít SiO_2, Al_2O_3, K_2O+Na_2O, Fe_2O_3 đáp ứng yêu cầu làm nguyên liệu sản xuất gạch ốp lát granit. Trong công trình này, các tác gải sử dụng pegmatit bán phong hóa khu Dị Nậu nghiền nhỏ, phối liệu tỉ lệ 10%, 20% và 30%. Mẫu được ép tạo hình với áp lực 150 kG/cm^2 và nung dưới nhiệt độ 1220^{o}C. Kết quả chỉ ra với bài phối liệu 20% pegmatit bán phong hóa khu Dị Nậu cho sản phẩm gạch tốt nhất.

Từ khóa: Pegmatit bán phong hóa; gạch granit; gốm sứ.

1. Đặt vấn đề

Cao lanh, sét là nguồn khoáng sản đã được nghiên cứu từ xa xưa, pegmatit bán phong hóa là loại khoáng sản có nguồn gốc phong hóa từ các đá granit, pegmatit,... nhưng chưa bị phong hóa hoàn toàn để chuyển thành cao lanh, trong thành phần khoáng vẫn chứa hàm lượng khoáng vật đá và hàm lượng khoáng vật sét, thành phần hóa có chứa hàm lượng kiềm cao hơn so với cao lanh và cường độ cơ học yếu.

Trong thành phần bài phối liệu sản xuất gốm sứ nói chung và gạch granit nói riêng có chứa các ôxit nhôm Al_2O_3 và ôxit silic SiO_2 và một số ôxít khác để tạo khoáng mulít trong sản phẩm để tạo cường độ trong sản phẩm.

Việc tiết kiệm và sử dụng hợp lý nguồn tài nguyên hiện nay là rất cần thiết vì nguồn khoáng sản ngày càng cạn kiệt. Vì trong thành phần phối liệu có chứa cả cao lanh và feldspar nên việc sử dụng cao lanh bán phong hóa là hoàn toàn có thể thực hiện được nhưng trước đây chưa được quan tâm và trong thời gian gần đây với những nguồn cao lanh có chất lượng tốt thường được sử dụng làm nguyên liệu sản xuất men hoặc sản phẩm gốm sứ cao cấp hơn để mang lại giá trị kinh tế cao hơn.

Ở Việt Nam pegmatit bán phong hóa ở khu Văn Bàn - Lào Cai, La Phù - Phú Thọ đã được nghiên cứu và sử dụng ở một số công ty sản xuất gạch granít như Viglacera Tiên Sơn, Thạch Bàn,…với hàm lượng 10÷30% tùy theo từng loại đã cho kết quả tốt.

Trong khu vực Dị Nậu, Tam Nông, Phú Thọ có nguồn nguyên liệu cao lanh, feldspar và phần pegmatit bán phong hóa đã được các nhà địa chất nghiên cứu thăm dò và đánh giá chất lượng của khoáng sản. Tuy nhiên việc nghiên cứu công nghệ, định hướng lĩnh vực sử dụng loại hình khoáng sản để sử dụng hiệu quả nguồn nguyên liệu cũng rất cần được thực hiện.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Tổng quan gạch granit

Gạch granit là một loại sản phẩm gốm sứ, là loại gạch có cấu trúc xương giống như đá tự nhiên nên nó còn được gọi là gạch granit nhân tạo hay gạch giả đá. Bề mặt gạch granit có thể được mài phẳng tạo độ bóng, nhẵn hoặc được phủ 1 lớp men mỏng, trong suốt, cũng có thể gạch được để nhám bề mặt hoặc tạo các vân gồ ghề tùy thuộc thị hiếu người tiêu dùng (Huỳnh Đức Minh, Nguyễn Thành Đông, 2009).

* *Tác giả liên hệ*
Email: tathitoan@humg.edu.vn

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của các loại gạch (Huỳnh Đức Minh, Nguyễn Thành Đông, 2009).

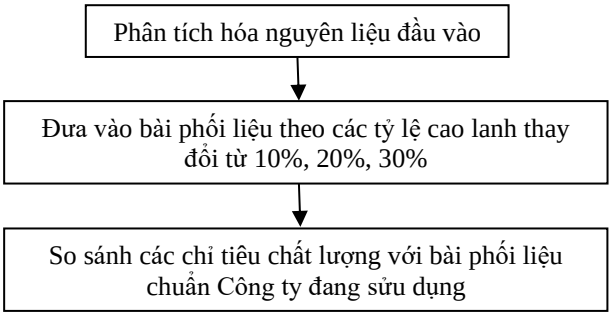
TT	Loại gạch	Độ hút nước, %	Cường độ uốn, kG/cm^2	Nhiệt độ nung, ^{o}C	Trang Trí
1	Gạch lát ceramic	3-6	≥200	1170-1190	Men + hoa văn
2	Gạch ốp ceramic	8-12	140-180	1130-1140	Men + hoa văn
3	Gạch granit	<0,5	≥250	1200-1220	Men trong, mài bóng

Nguyên liệu để sản xuất gạch granit thường là cao lanh, đất sét trắng, feldspar, còn thạch anh được sử dụng trong từng trường hợp cần thiết. Sự có mặt của cao lanh trong phối liệu nhằm làm tăng tổng hàm lượng ôxit nhôm (Al_2O_3) để tăng cường độ của gạch sau nung. Cao lanh cũng như đất sét sử dụng cho gạch granit cần có chất lượng và độ tinh khiết cao để cho các bột đơn màu thuần khiết màu hơn.

2.2. Các phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Thực nghiệm

Mẫu pegmatit bán phong hóa khu vực Dị Nậu, Tam Nông, Phú Thọ được phối trộn với các nguyên liệu khác theo bài toán phối liệu chuẩn để sản xuất gạch granit hiện đang sử dụng tại Công ty cổ phần Viglacera Tiên Sơn theo sơ đồ khối quá trình thực nghiệm như trong Hình 1 bên dưới.



Hình 1. Sơ đồ thực nghiệm sản xuất gạch granit.

Quy trình thực nghiệm được tiến hành lần lượt theo các bước như sau:

(1) Nguyên liệu đầu vào được gia công, phân tích thành phần khoáng, thành phần hóa, các tính chất cơ lý, ngoại quan. Mẫu cao lanh nghiên cứu và các nguyên liệu khác được lấy về sấy khô đến khối lượng không đổi ở nhiệt độ 150^{o}C.

(2) Các loại nguyên liệu được cân định lượng khối lượng theo 3 bài toán phối liệu nhất định, trong đó khối lượng cao lanh chiếm tỷ lần lượt là 10%, 20%, và 30%.

(3) Nghiền mịn hỗn hợp phối liệu đến khi độ sót sàng 63µm <5% với độ ẩm 35%, độ nhớt 25s.

(4) Mẫu hồ sau khi sấy khô được ép thành viên và được nung trong lò nung thanh lăn chu kỳ 55phút ở nhiệt độ 1220^{0}C.

(5) Các sản phẩm sau nung được xác định chi tiết các đặc điểm hóa lý, cơ lý.

2.2.2. Phương pháp phân tích

Thành phần hóa học các oxit chính được xác định phương pháp phân tích huỳnh quang tia X (XRF) và được thực hiện tại phòng thí nghiệm bộ môn Tìm Kiếm - Thăm dò, Trường ĐH Mỏ - Địa Chất. Các tính chất cơ lý của sản phẩm sản xuất thử nghiệm được phân tích tại phòng thí nghiệm của công ty cổ phần Viglacera. Các kết quả phân tích thí nghiệm được trình bày chi tiết ở phần kết quả và thảo luận bên dưới.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đặc điểm cao lanh bán phong hóa khu vực Dị Nậu, Tam Nông, Phú Thọ

Theo kết quả thăm dò chùm thân quặng cao lanh khu vực Dị Nậu, Tam Nông, Phú Thọ cho thấy: ở phần trên cùng của thân khoáng ở độ sâu từ 3,0÷12 m đến 24,0 m so với bề mặt địa hình, thân cao lanh màu xám trắng, trắng trong, đôi chỗ còn nhiều tảng, cục pegmatit bán phong hóa thành cao lanh chưa triệt để màu trắng vàng nhạt, xen hồng, thành phần cao lanh + fenspat màu trắng, trắng vàng, đốm nâu.

Bảng 2. Kết quả thành phần hóa cao lanh bán phong hóa khu vực Dị Nậu.

Chỉ tiêu	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5
Hàm lượng (%)	63,20	0,04	14,93	0,35	0,02	1,07	0,79	2,82	6,72	0,08

Với kết quả phân tích thành phần hóa này cho thấy hàm lượng Fe_2O_3 là tương đối nhỏ, không gây màu cho phối liệu (TCVN 6301:1997). Do đó lượng màu sử dụng vào phối liệu sẽ được tiết kiệm và tổng hàm lượng kiềm ($Na_2O + K_2O$) = 9,54% tương đối cao có tác dụng hạ nhiệt độ nung, hiệu quả là độ kết khối phối liệu tốt hơn.

Tổng hợp các kết quả phân tích thành phần độ hạt (Bảng 3) và tính chất cơ lý của nguyên liệu pegmatit khu vực Dị Nậu, Tam Nông, Phú Thọ cho thấy tỷ lệ cấp hạt <0,5mm chiếm tỷ lệ gần 90%; độ dẻo: 8,1%; độ ẩm tự nhiên: 10,3%; khối lượng riêng: 2,7 g/cm^3; độ lỗ rỗng: 3,3%.

Bảng 3. Kết quả thành phần hạt pegmatit bán phong hóa khu vực Dị Nậu.

Cỡ hạt, mm	>5	5 - 3	3 - 2	2 - 1	1 - 0,5	0,5 - 0,25	0,25 - 0,1	0,1 -0,05	0,05 - 0,01	0,01 - 0,005	<0,005
Hàm lượng, %	0	0	0,7	2,1	9,0	23,3	33,5	58,8	70,4	84,6	99,7

3.2. Đặc điểm phối liệu khi sử dụng pegmatit bán phong hóa khu vực Dị Nậu, Tam Nông, Phú Thọ

Nhằm nghiên cứu khả năng sử dụng pegmatit bán phong hóa vùng nghiên cứu trong lĩnh vực sản xuất gốm sứ, các tác giả tiến hành sản xuất thử nghiệm mẫu công nghệ với các hàm lượng nguyên liệu cao lanh đầu vào khác nhau. Kết quả nghiên cứu cho thấy các thông số kỹ thuật của gạch granit sản xuất thử có những thay đổi nhất định so với mẫu chuẩn của nhà máy (Bảng 4, 5).

Bảng 4. Thông số công nghệ phối liệu gạch granit sử dụng pegmatit bán phong hóa khu vực nghiên cứu.

Số hiệu mẫu	M1	M2	M3	MC
Hàm lượng cao lanh sử dụng vào phối liệu, %	10	20	30	0
Hàm lượng ẩm, %	33,5	33,5	33,5	33,5
Độ linh động hồ, s	26	25	30	25
Cường độ mộc, kG/cm^2	25	30	35	32

Bảng 5. Chỉ tiêu chất lượng phối liệu gạch granit sử dụng pegmatit bán phong hóa khu vực nghiên cứu.

Tên mẫu	**M1**	**M2**	**M3**	**MC**
Hàm lượng cao lanh sử dụng vào phối liệu, %	10	20	30	0
Nhiệt độ nung, ^oC	1220	1220	1220	1220
Độ hút nước, %	0,26	0,01	0,03	0,01
Cường độ uốn, kG/cm^2	421	485	435	456
Màu sắc	Trắng sáng	Trắng sáng	Trắng sáng	Trắng sáng

Như vậy với nguyên liệu pegmatit bán phong hóa khu vực Dị Nậu và các khu vực khác có tính chất tương tự, hàm lượng nguyên liệu đầu vào chiếm tỷ lệ 20% trong bài phối liệu cho ra sản phẩm có thông số kỹ thuật tương đồng với sản phẩm sản xuất theo bài toán phối liệu chuẩn. Sản phẩm có độ linh động tốt, cường độ sản phẩm mộc đạt yêu cầu kỹ thuật.



Mẫu cao lanh bán phong hóa khu vực nghiên cứu | Mẫu M1 | Mẫu M2 | Mẫu M3 | Mẫu MC

Hình 2. Mẫu sau nung ở nhiệt độ 1220^{o}C tại Công ty cổ phần Viglacera Tiên Sơn.

Các mẫu thí nghiệm có sử dụng pegmatit bán phong hóa khu vực nghiên cứu sau khi được nung tại lò nung thanh lăn ở nhiệt độ 1220^{0}C. Sản phẩm sau nung được so sánh với mẫu quy chuẩn (Bảng 5, Hình 2). Các kết quả thử nghiệm cho thấy quy trình sử dụng nguyên liệu pegmatit bán phong hóa đầu vào có tỷ lệ

20% cho kết quả sản phẩm tối ưu nhất. Trường hợp giảm hàm lượng nguyên liệu xuống 10% thì độ kết khối của mẫu chưa được tốt, khả năng cao là do hàm lượng kiềm chưa đủ để tạo pha lỏng tạo điều kiện thuận lợi để kết khối sản phẩm tốt. Trong thử nghiệm tăng tỷ lệ nguyên liệu đến 30% thì mẫu cũng có độ kết khối giảm, nguyên nhân có thể do hàm lượng SiO_2 lớn làm giảm độ kết khối của mẫu. Bên cạnh đó, nguyên liệu đầu vào có hàm lượng ôxit sắt tương đối nhỏ nên màu sắc các mẫu sau nung có độ trắng sáng khá tương đồng với mẫu chuẩn. Qua đó có thể khẳng định rằng xương gạch granit khi sử dụng cao lanh khu Dị Nậu làm nguyên liệu đầu vào bài phối liệu sẽ không làm giảm chất lượng của sản phẩm.

4. Kết luận

Kết quả thực nghiệm chỉ ra rằng pegmatit bán phong hóa khu vực Dị Nậu, Tam Nông, Phú Thọ có chất lượng hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu đối với nguyên liệu sản xuất gạch granit. Nguyên liệu này hoàn toàn có thể được nghiên cứu sử dụng trong bài phối liệu sản xuất gạch granit tại các nhà máy và xí nghiệp khác.

Quá trình nghiên cứu thử nghiệm sử dụng các tỷ lệ nguyên liệu pegmatit bán phong hóa khu vực Dị Nậu cho một số kết quả bước đầu tương đối khả quan. Khi sử dụng 20% cao lanh trong bài phối liệu granit, sản phẩm đạt các thông số kỹ thuật và chất lượng yêu cầu, mang lại hiệu quả tối ưu nhất. Các sản phẩm mẫu có đặc điểm tương đương với mẫu bài phối liệu chuẩn hiện đang sử dụng tại Công ty cổ phần Viglacera Tiên Sơn. Tuy nhiên, việc sử dụng pegmatit bán phong hóa từ khu vực này trong bài phối liệu với tỷ lệ 20% vẫn cần thêm một số thử nghiệm khác, như điều chỉnh lượng màu sử dụng trong bài phối liệu so với phối liệu chuẩn, để có đánh giá toàn diện và đưa nguồn nguyên liệu này vào sử dụng sản xuất gạch granit.

Ngoài phần cao lanh đã phong hóa hoàn toàn từ pegmatit ở trên cùng, tầng sản phẩm bán phong hóa và phần đá gốc pegmatit bên dưới cần được đầu tư nghiên cứu kỹ lưỡng hơn để khai thác và sử dụng hợp lý nguồn tài nguyên khoáng sản khu vực này. Cao lanh có chất lượng tốt cần có phương án khai thác, tuyển lọc và đưa vào sử dụng làm nguyên liệu sản xuất men gốm sứ để mang lại giá trị kinh tế cao hơn.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này nhận được hỗ trợ bởi Công ty cổ phần Viglacera. Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn những sự hỗ trợ quý báu nêu trên.

Tài liệu tham khảo

Huỳnh Đức Minh, Nguyễn Thành Đông, 2009. Công nghệ gốm sứ. *Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật*.

Nguyễn Minh và nnk, 2017. *Đánh giá bổ sung tiềm năng khoáng sản kaolin, felspat và khoáng sản đi kèm tại khu vực huyện Tam Nông và huyện Thanh thủy, tỉnh Phú Thọ*. Trung tâm Thông tin, lưu trữ và Bảo tàng Địa chất.

TCVN 6301:1997. Nguyên liệu để sản xuất sản phẩm gốm xây dựng - Cao lanh lọc - Yêu cầu kỹ thuật.

ABSTRACT

Research on using semi-weathered pegmatite in Di Nau, Tam Nong, Phu Tho area as a raw material for granite tile production

Ta Thi Toan, Pham Thi Thanh Hien
Hanoi University of Mining and Geology

In recent years, the demand for granite tile production in Vietnam has been increasing, meaning a large amount of raw materials are used. It is necessary to find new alternative sources of raw materials to produce granite tiles, as well as to have plans for reasonable and effective use of raw materials. The source of kaolin material is mainly weathered pegmatite along the strip from Lao Cai to Hoa Binh, which has large reserves. Raw materials used for granite production require high quality and low iron oxide content. Mineral composition of semi-weathered pegmatite in Di Nau, Tam Nong includes mainly feldspar, quartz, and muscovite; the chemical composition is composed of SiO_2, Al_2O_3, K_2O + Na_2O, Fe_2O_3 meet the requirements for raw materials for producing granite tiles. We use crushed semi-weathered pegmatite from Di Nau area, mixing at various ratios of 10%, 20%, and 30%. The samples were pressed into shape with a pressure of 150 kg/cm^2 and fired at 1220 ^{0}C. The practical results showed that at the ratios of 20% semi-weathered pegmatite mixture, the granite tile products have the best quality.

Keywords: Semi-weathered pegmatite; granite tiles; ceramics.

Các yếu tố ảnh hưởng đến phát triển sản phẩm du lịch đá quý ở Việt Nam

Phạm Thị Thanh Hiền*, Tạ Thị Toán
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Phát triển sản phẩm du lịch không chỉ mang lại lợi ích kinh tế mà còn góp phần vào việc bảo tồn và phát triển bền vững các giá trị văn hóa, lịch sử và thiên nhiên. Ngoài ra phát triển sản phẩm du lịch còn góp phần nâng cao tính cạnh tranh của điểm đến du lịch Việt Nam. Trong bối cảnh ngành đá quý, đá mỹ nghệ ở Việt Nam rất phát triển thì sự kết hợp giữa du lịch với đá quý tạo ra một sản phẩm du lịch mới ở nước ta. Nghiên cứu này giúp làm sáng tỏ các yếu tố ảnh hưởng đến phát triển sản phẩm du lịch đá quý ở Việt Nam. Phân tích định lượng được sử dụng trong nghiên cứu, kết quả cho thấy có 3 nhân tố ảnh hưởng đến phát triển sản phẩm đá quý ở Việt Nam theo thứ tự giảm dần, gồm: (1) Khả năng chi trả; (2) Nhu cầu du lịch đá quý; (3) Sở thích du lịch đá quý. Ngoài ra, nhận thức của du khách về tài nguyên đá quý Việt Nam đã làm tăng mối quan hệ tích cực giữa các thuộc tính của phát triển sản phẩm du lịch đá quý đối với khách du lịch nội địa.

Từ khóa: Yếu tố ảnh hưởng; sản phẩm du lịch; đá quý.

1. Đặt vấn đề

Sản phẩm du lịch là tập hợp các dịch vụ trên cơ sở khai thác giá trị tài nguyên du lịch để thỏa mãn nhu cầu của khách du lịch (Luật Du lịch, 2017). Đứng ở vị trí của khách du lịch, "Sản phẩm du lịch là tất cả những gì khách được thụ hưởng trong chuyến du lịch". Đối với nhà cung ứng du lịch, "Sản phẩm du lịch tập hợp những dịch vụ cần thiết để thỏa mãn nhu cầu của khách du lịch trong chuyến đi" . Dưới góc độ của một địa phương, "Sản phẩm du lịch là những dịch vụ và hàng hóa phục vụ cho khách du lịch thực hiện loại hình du lịch đó" (Trần Đức Thanh và nnk, 2022).

Trong khi đó, có quan điểm cho rằng du lịch là một ngành có định hướng tài nguyên rõ rệt (Trần Đức Thanh và nnk, 2017). Như vậy sự hiện diện của sản phẩm du lịch ở một địa phương phụ thuộc rất nhiều vào tài nguyên ở đó. Việt Nam là một quốc gia có tài nguyên du lịch khá phong phú và đa dạng, từ các cảnh quan núi cao phía Bắc đến cảnh quan sông nước ở đồng bằng sông Cửu Long, từ địa hình cao nguyên đến địa hình ven biển suốt dọc 3260km đường bờ biển. Bên cạnh đó, với bề dày lịch sử trên mảnh đất này còn có nhiều giá trị văn hóa do 53 tộc người cùng sinh sống tạo nên. Đây là tiền đề quan trọng tạo nên rất nhiều sản phẩm du lịch thu hút khách du lịch. Tuy nhiên, trên thế giới nói chung, trong khu vực nói riêng, Việt Nam không phải là đất nước duy nhất có tài nguyên du lịch đa dạng và phong phú. Chính vì vậy, việc thu hút khách du lịch là một vấn đề rất được quan tâm của ngành du lịch nước nhà. Một trong những định hướng là phát triển sản phẩm du lịch. Đây cũng là một trong giải pháp trong chiến lược phát triển du lịch Việt Nam đến năm 2030 do Thủ tướng Chính phủ phê duyệt ngày 22 tháng 1 năm 2020 (Thủ tướng Chính phủ, 2020).

Phát triển sản phẩm du lịch là việc gia tăng số lượng sản phẩm và nâng cao chất lượng của sản phẩm du lịch của địa bàn. Việc phát triển sản phẩm du lịch là rất quan trọng vì nó đóng góp vào nền kinh tế quốc gia. Việc phát triển sản phẩm du lịch không chỉ góp phần nâng cao thu nhập cho ngành du lịch mà còn kích thích các ngành kinh tế khác (như giao thông vận tải, thương mại, nông nghiệp, dịch vụ) phát triển theo. Ngoài ra, phát triển sản phẩm du lịch còn giúp gia tăng giá trị văn hóa, lịch sử và giá trị thiên nhiên của một vùng đất. Việc thu hút du khách từ các quốc gia khác đến thăm quan và trải nghiệm sẽ giúp nâng cao nhận thức về văn hóa, lịch sử và bảo vệ môi trường của mỗi địa phương. Dưới góc độ xã hội, phát triển sản phẩm du lịch tạo ra nhiều cơ hội việc làm cho người dân địa phương, giúp cải thiện đời sống và thu nhập của họ. Nếu được quản lý và phát triển đúng cách, du lịch cũng có thể góp phần vào phát triển bền vững của một khu vực. Phát triển sản phẩm du lịch không chỉ mang lại lợi ích kinh tế mà còn góp phần vào việc bảo tồn và phát triển bền vững các giá trị văn hóa, lịch sử và thiên nhiên. Bên cạnh

* *Tác giả liên hệ*
Email: baohiennlk@gmail.com

đó phát triển du lịch còn góp phần nâng cao tính cạnh tranh của điểm đến du lịch Việt Nam trong bối cảnh du lịch các nước trong khu vực cũng có sức hút rất lớn đối với khách du lịch.

Trong xu thế đó, phát triển một loại hình sản phẩm mới như sản phẩm du lịch đá quý ở Việt Nam là một hướng đi đúng đắn. Tuy nhiên cho đến nay, kể cả trong nghiên cứu và trong thực tiễn ở nước ta, chưa hình thành thành khái niệm sản phẩm du lịch đá quý. Chính vì vậy, nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến phát triển sản phẩm du lịch đá quý ở Việt Nam là một việc làm có tính cấp thiết, đáp ứng nhu cầu thực tế phát triển du lịch Việt Nam và cũng góp phần mở rộng khái niệm sản phẩm du lịch: sản phẩm du lịch đá quý.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

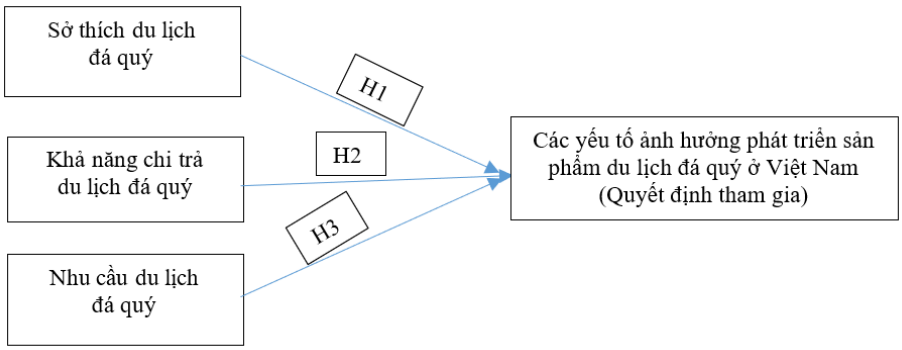
2.1. Mô hình và giả thuyết nghiên cứu

Khả năng chi trả có liên quan trực tiếp đến thu nhập của khách du lịch. Nếu thu nhập tăng, cầu về sản phẩm cũng có thể tăng lên và ngược lại. Giá cả các mặt hàng đá quý phù hợp với túi tiền du khách lúc ấy sẽ kích thích sức mua. Yếu tố này kiểm tra cấu trúc giá cả và khả năng chi trả của các trải nghiệm và sản phẩm du lịch đá quý. Nó xem xét các biến số như phạm vi giá của đồ trang sức và quà lưu niệm bằng đá quý, sự hợp lý về giá cả cho các phân khúc ngân sách khác nhau.

Khả năng chi trả tạo tiền đề và tạo điều kiện cho việc bổ sung các yếu tố tiếp theo. Yếu tố sở thích khách hàng xem xét các yếu tố như độ hiếm, vẻ đẹp và ý nghĩa văn hóa của đá quý, cũng như giá trị biểu tượng và cảm xúc mà đá quý mang lại cho khách du lịch.

Nhu cầu của du khách khi đến với du lịch đá quý là vấn đề cần được quan tâm. Nhu cầu của du khách có thể hiểu là một phần nhỏ trong tự do lựa chọn. Quyền tự do lựa chọn đề cập đến sự cần thiết mà những nhu cầu khách du lịch có thể chấp nhận được để có trải nghiệm thỏa đáng. Mức độ tự do lựa chọn sẽ rất khác nhau, tùy thuộc vào mục đích chuyến đi là để giải trí, công việc, gia đình hay kết hợp. Nó thay đổi tùy theo ngân sách của khách du lịch, kinh nghiệm, kiến thức trước đó và sự phụ thuộc vào đại lý du lịch hoặc các chuyến du lịch trọn gói.

Các yếu tố ảnh hưởng đến phát triển sản phẩm du lịch đá quý ở Việt Nam quyết định bởi từng yếu tố cấu thành, kết hợp với mô hình lý thuyết nghiên cứu của nhiều tác giả (Gunn, 1972; Clemmer, 1991) cùng với khảo sát thực tế tại điểm nghiên cứu tác giả đề xuất mô hình các yếu tố ảnh hưởng phát triển sản phẩm du lịch đá quý ở Việt Nam được mô tả như sơ đồ trong Hình 1.



Hình 1. Mô hình nghiên cứu đề xuất.

Các giả thuyết của mô hình như sau:

Giả thuyết 1: Quyết định tham gia của khách sẽ tăng khi sở thích du lịch đá quý tăng.

Giả thuyết 2: Quyết định tham gia của khách sẽ tăng khi phù hợp với khả năng chi trả của du khách.

Giả thuyết 3: Quyết định tham gia của khách sẽ tăng khi du khách có nhu cầu du lịch đá quý.

2.2. Mẫu nghiên cứu

Sử dụng bảng hỏi được tác giả tiến hành bằng cách dùng hệ thống phiếu để điều tra, khảo sát lấy ý kiến khách tham gia du lịch, những người có trách nhiệm quản lý, các nhà chuyên môn trong lĩnh vực đá quý, địa chất, du lịch theo phiếu điều tra đã chuẩn bị sẵn. Nội dung bảng hỏi được xây dựng dựa trên sự tham khảo các công trình nghiên cứu đi trước kết hợp điều chỉnh, bổ sung thêm và hoàn thiện trong quá trình phỏng vấn và khảo sát khách du lịch. Cấu trúc bảng hỏi chia thành 2 phần như sau:

Phần thông tin cá nhân của đối tượng khảo sát sẽ tập trung vào các câu hỏi về thân nhân đáp viên như: khu vực địa lý, độ tuổi, giới tính, nghề nghiệp, thu nhập và mục đích chuyến đi.

Phần chính là các câu hỏi tập trung vào điều tra các thuộc tính (các biến quan sát) để nghiên cứu, đánh giá nhu cầu thật sự của khách du lịch, sở thích của khách đối với các loại đá quý hay gặp ở Việt Nam, đối

với mỗi người khách sẽ có khả năng chi trả cho một loại sản phẩm khác nhau, riêng đá quý mang tính độc đáo, đặc biệt và giá trị thì mức chi trả cho sản phẩm du lịch đá quý là thế nào?

Bài báo tiến hành chuyển hóa bảng hỏi thành các câu hỏi, biến quan sát đo lường dưới dạng văn bản và khảo sát online, offline. Đối với khảo sát trực tuyến, mẫu phiếu khảo sát được thiết kế trên Google Form. Tác giả đã gửi link mẫu phiếu khảo sát *(https://forms.gle/yMeKtpJrfJKCJSMs7)* lên mạng xã hội, các hội nhóm, diễn dàn du lịch để tiếp cận đối tượng khảo sát (Hình 2). Để du khách thuận tiện truy cập và trả lời khảo sát, tác giả cũng gửi kèm mã QR có link khảo sát. Tổng kết quả thu được 100 mẫu phiếu hợp lệ.

Hình 2. Mã QR chứa link khảo sát.

Căn cứ vào mục tiêu bài báo, quy trình phương pháp bảng hỏi được tiến hành theo các bước:
① xây dựng bảng hỏi nháp;
② xin ý kiến chuyên gia;
③ khảo sát thử: đưa ra câu hỏi phù hợp, sau đó tiến hành bổ sung, loại bớt và đánh giá kết quả;
④ thiết kế bảng hỏi chính thức;
⑤ xác định cỡ mẫu;
⑥chọn mẫu;
⑦ điều tra chính thức;
⑧ xử lý kết quả điều tra.

2.3. Xử lý số liệu

Trong các mẫu phiếu thu thập, mẫu phiếu trả lời không hợp lệ sẽ được loại bỏ tiến hành sạch số liệu, dưới sự hỗ trợ của phần mềm IBM SPSS Statistics 20 và Excel để mã hóa, kiểm tra tính hợp lý của dữ liệu và xử lý kết quả điều tra, phân tích, đánh giá. Các phương pháp được sử dụng để phân tích dữ liệu bao gồm:

Thống kê mô tả: Những dữ liệu thu thập từ quá trình điều tra bằng bảng hỏi được phân tích thông qua các đại lượng thống kê mô tả để làm rõ như tần suất, tỷ lệ phần trăm của các chỉ báo, các biến định danh đồng thời mô tả những đặc trưng của mẫu nghiên cứu theo các dấu hiệu phân biệt đã được định sẵn.

Kiểm định thang đo: Tác giả sử dụng đánh giá độ tin cậy thang đo với hệ số Cronbach's Alpha. Đối với độ tin cậy thang đo, nhiều học giả (Hoàng Trọng và Chu Nguyễn Mộng Ngọc, 2005; 2008) cho rằng Cronbach's Alpha từ 0,7 đến gần 0,8 thì thang đo lường sử dụng được, Cronbach's Alpha từ 0,8 đến gần 1 thì thang đo lường tốt. Đối với biến đo lường đảm bảo độ tin cậy khi có hệ số tương quan biến-tổng hiệu chỉnh (corrected item-total correlation) >= 0,3 (Nunnally và Bernstein, 1994).

Phân tích yếu tố khám phá EFA: Phân tích yếu tố khám phá (EFA) nhằm giảm bớt hay tóm tắt dữ liệu, để đánh giá, kiểm định độ giá trị của thang đo, đồng thời xem xét độ tin cậy (Sig) của các biến quan sát có quan hệ chặt chẽ với nhau hay không. Đặc biệt, kết quả phân tích yếu tố khám phá giúp tìm ra những nhóm yếu tố mới (nếu có) và hiệu chỉnh các giả thuyết đã được đưa ra sau khi tổng quan lý thuyết.

Trị số của KMO phải đạt giá trị 0,5 trở lên ($0,5 \leq KMO \leq 1$) là điều kiện đủ để phân tích yếu tố là phù hợp. Nếu trị số này nhỏ hơn 0,5 thì phân tích yếu tố có khả năng không thích hợp với tập dữ liệu nghiên cứu. Kiểm định Bartlett có giá trị Sig. > 0,05 thì không nên áp dụng phân tích yếu tố. Giá trị tổng phương sai trích (yêu cầu là ≥ 50%). Trị số Eigenvalues (đại diện cho phần biến thiên được giải thích bởi mỗi yếu tố) có giá trị lớn hơn 1 (Nunnally và Bernstein, 1994).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kiểm định Cronbach's Alpha

Các biến độc lập gồm 03 nhân tố cần được đánh giá là: Nhu cầu du lịch đá quý được mã hóa là "NC", Sở thích du lịch đá quý được mã hóa là "ST", Khả năng chi trả được mã hóa là "CP".

Trích dẫn bảng (nếu có) theo nguyên tắc: tất cả các bảng phải được đánh số và tiêu đề in nghiêng được đặt ở phía trên, căn giữa. Các bảng được soạn thảo bằng các ứng dụng đảm bảo có thể biên tập lại như ví dụ tại Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả đánh giá độ tin cậy của thang đo biến độc lập.

Mã hóa	Tương quan biến tổng	Hệ số Cronbach's Alpha nếu loại biến	Hệ số Cronbach's Alpha	Biến độc lập
NC1	0,733	0,841	0,884	Nhu cầu du lịch đá quý
NC2	0,725	0,867		
NC3	0,742	0,840		
NC4	0,715	0,871		
NC5	0,530	0,874		
NC6	0,671	0,823		
NC7	0,757	0,828		
NC8	0,671	0,721		
ST1	0,720	0,847	0,849	Sở thích du lịch đá quý
ST2	0,680	0,760		
ST3	0,724	0,753		
ST4	0,615	0,771		
ST5	0,700	0,767		
ST6	0,754	0,827		
ST7	0,712	0,792		
CP1	0,774	0,897	Khả năng chi trả	
CP2	0,758	0,873		
CP3	0,669	0,881		
CP4	0,739	0,895		
CP5	0,782	0,868		
CP6	0,686	0,761		

Kết quả phân tích hệ số tin cậy Cronbach's Alpha của các nhân tố (Bảng 1) cho thấy hệ số Cronbach's Apla của các thang đo nằm trong khoảng từ 0,849 đến 0,897 và hệ số tương quan biến tổng thấp nhất là 0,530. Tổng số đưa vào đánh giá là 21 biến quan sát độc lập và không có biến nào bị loại ở bước này. Như vậy, tất cả các nhân tố đều đạt yêu cầu về độ tin cậy thang đo. Do vậy 21 biến độc lập sẽ tiếp tục được đưa vào xử lý ở bước phân tích nhân tố khám phá EFA.

3.2. Phân tích các nhân tố khám phá EFA

Có 3 nhân tố với 17 biến quan sát đủ điều kiện được trích ra từ kết quả phân tích EFA bao gồm:

Nhân tố thứ nhất: "Khả năng chi trả" gồm 6 biến quan sát có tương quan chặt chẽ với nhau (Bảng 2). Trong đó biến quan sát CP4 "chi trả thăm quan, trải nghiệm" có hệ số tải nhân tố cao nhất (0,878) nên chúng có tác động mạnh nhất tới "Khả năng chi trả".

Bảng 2. Kết quả phân tích nhân tố khám phá biến độc lập.

	NHÂN TỐ			
	1	2	3	Nhân tố khám phá
CP4	0,878			Khả năng chi trả
CP3	0,871			
CP5	0,840			
CP6	0,830			
CP2	0,820			
CP1	0,757			
NC1		0,793		Nhu cầu du lịch đá quý
NC2		0,791		
NC3		0,756		
NC4		0,741		
NC7		0,708		
ST6			0,786	Sở thích du lịch đá quý

Nhân tố thứ hai: "Nhu cầu du lịch đá quý" gồm 5 biến quan sát có tương quan chặt chẽ với nhau. Trong đó, biến quan sát NC1 "Đá ruby" rất có giá trị có hệ số tải nhân tố cao nhất (0,793) nên chúng có tác động mạnh nhất tới "Nhu cầu du lịch đá quý".

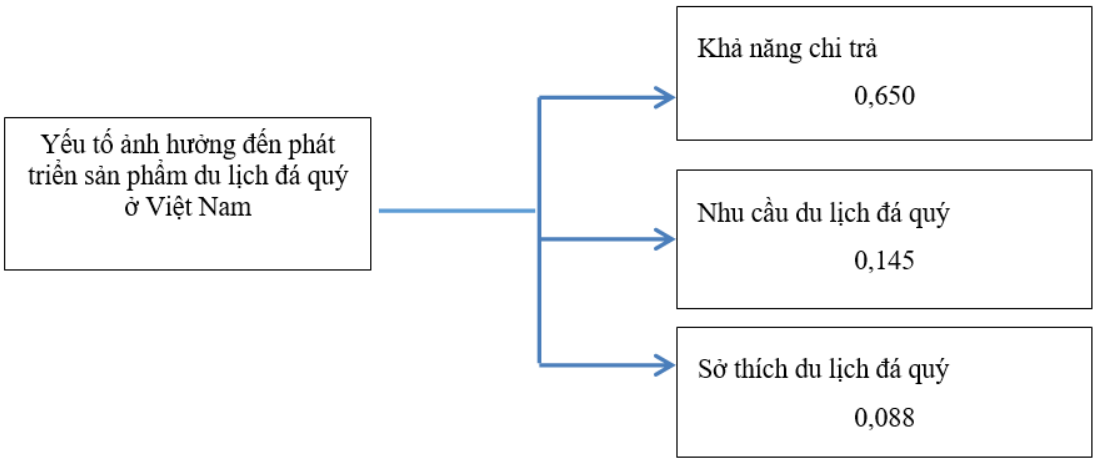
Nhân tố thứ ba: "Sở thích du lịch đá quý" gồm 6 biến quan sát có tương quan chặt chẽ với nhau. Trong đó, biến quan sát ST6 "Ngọc Jade" mua theo mệnh, theo tuổi có hệ số tải nhân tố cao nhất (0,786) nên chúng có tác động mạnh nhất tới "Sở thích du lịch đá quý".

Kết quả phân tích nhân tố EFA cho thấy các biến trong mô hình đều đạt giá trị hội tụ và giá trị phân biệt chấp nhận được. Do đó, phân tích EFA là thích hợp với dữ liệu nghiên cứu. Như vậy, từ các nhân tố với 33 biến quan sát của mô hình nghiên cứu đề xuất ban đầu, kết quả nghiên cứu đã rút gọn còn lại 23 biến quan sát. Ta có thể xác định được có 3 nhân tố ảnh hưởng đến phát triển sản phẩm du lịch đá quý.

3.3. Mô hình nghiên cứu sau hiệu chỉnh

Kết quả nghiên cứu cho ra phương trình hồi quy ước lượng các yếu tố ảnh hưởng đến phát triển sản phẩm du lịch đá quý ở Việt Nam (Y) bao gồm 03 biến Xn (n = 1:3) (Hình 3).

Y = 0,133+0,650 CP + 0,145 NC + 0,088 ST



Hình 3. Mô hình nghiên cứu hiệu chỉnh.

Qua mô hình trên có thể thấy, các yếu tố ảnh hưởng đến phát triển sản phẩm du lịch đá quý ở Việt Nam bị tác động bởi 3 nhân tố quan sát và một số nhân tố khách quan. Biến tự do có hệ số dương là 0,133 có nghĩa là vẫn còn các nhân tố khách quan khác có tác động tích cực đến việc phát triển sản phẩm du lịch đá quý Việt Nam.

4. Kết luận

Yếu tố ảnh hưởng đến phát triển sản phẩm du lịch đá quý là các nhân tố tác động, cụ thể là khả năng chi trả có tác động tích cực nhất, sau đó là nhu cầu du lịch đá quý và cuối cùng là sở thích du lịch đá quý. Kết quả phỏng vấn chuyên gia đã giúp tác giả hoàn thiện khung phân tích và định hướng một số góc nhìn mới cho nghiên cứu, cụ thể là Việt Nam có nhiều tiềm năng để phát triển sản phẩm du lịch đá quý và 3 nhân tố trên tác động chính đến sự phát triển đó. Đây còn là hướng đi mới góp phần đa dạng hóa sản phẩm du lịch ở Việt Nam. Thu nhập của người dân trong những năm gần đây tăng cao, khách du lịch hoàn toàn chủ động về việc lựa chọn mức độ tham gia chuyến du lịch, lựa chọn điểm đến du lịch đá quý tùy vào ngân sách cá nhân của mỗi du khách. Từ kết quả kết cứu đo lường các yếu tố ảnh hưởng đến phát triển sản phẩm du lịch đá quý, là căn cứ để các cấp Chính quyền địa phương, Sở Văn hóa Thể thao và Du lịch, các Doanh nghiệp, hiệp hội du lịch, đá quý các tỉnh, thành phố có liên quan đến đá quý đề xuất các giải pháp phát triển sản phẩm du lịch đá quý mới mẻ này ở Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

Clemmer, J, 1991. *Firing on All Cylinders.* Toronto: Macmillan.

Gunn, C, 1972. Vacation scape: *Designing Tourist Regions*. Austin: Bureau of Business Research. Tourism Planning (2nd ed.). New York: Taylor and Francis.

Hoàng Trọng, Chu Nguyễn Mộng Ngọc, 2005. *Phân tích dữ liệu với SPSS*. Nhà xuất bản Thống kê.

Hoàng Trọng, Chu Nguyễn Mộng Ngọc, 2008. *Phân tích dữ liệu nghiên cứu với SPSS*, Tập 1-2, NXB Hồng Đức, trang 31.

Nunnally, JC. & Bernstein, I.H., 1994. *Psychometric Theory (3 nd).* New York: Me Graw-Hill.

Quốc hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam, 2017. *Luật Du lịch.*

Thủ tướng Chính phủ, *Quyết định Phê duyệt Chiến lược phát triển du lịch Việt Nam đến năm 2030*, số

147/QĐ-TTg, ngày 22/1/2020.

Trần Đức Thanh, Phạm Hồng Long và nnk, 2022. *Nhập môn du lịch*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội.

Trần Đức Thanh, Trần Thị Mai Hoa, 2017. *Giáo trình Địa lý du lịch*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội.

ABSTRACT

Factors Affecting Product Development Gemstone Tourism in Vietnam

Pham Thi Thanh Hien, Ta Thi Toan
Hanoi University of Mining and Geology

Developing tourism products not only brings economic benefits but also contributes to the preservation and sustainable development of cultural, historical, and natural values. In addition, tourism development also contributes to improving the competitiveness of Vietnam's tourist destinations. In the context of the highly developed gemstone and fine art stone industry in Vietnam, the combination of tourism with gemstones creates a new tourism product in our country. This helps clarify the factors affecting the development of gemstone tourism products in Vietnam. Quantitative analysis was used with the support of SPSS 20.0. The results show that there are 03 factors affecting the development of gemstone products in Vietnam in descending order, including: (1) Affordability pay; (2) Gem tourism demand; (3) Interest in gemstone tourism. In addition, tourists' awareness of Vietnam's gemstone resources has increased the positive relationship between the attributes of gemstone tourism product development for domestic tourists.

Keywords: Influencing factors; tourism products; gems.

Các phương pháp nghiên cứu quặng sheelit ẩn sâu khu vực Pia Oắc, Cao Bằng

Hoàng Thị Thoa*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Khu vực Pia Oắc thuộc huyện Nguyên Bình, tỉnh Cao Bằng đã được nghiên cứu nhiều về địa chất và khoáng sản. Kết quả nghiên cứu cho thấy trong vùng có mặt đa dạng các khoáng sản kim loại gồm thiếc, wolfram, chì - kẽm, urani, fluorit, beryli. Tuy nhiên, hiện chưa có công trình nghiên cứu quặng ẩn sâu nào trong khu vực. Để nghiên cứu và đánh giá quặng sheelit ẩn sâu khu vực Pia Oắc, Cao Bằng trên cơ sở các đặc điểm về địa chất, magma, khoáng sản các phương pháp nghiên cứu đã được lựa chọn và đưa vào áp dụng trong khu vực gồm: phương pháp tổng hợp, phân tích tài liệu; phương pháp trọng sa - địa hóa; phương pháp địa chất; phương pháp địa vật lý, khoan máy và các phương pháp phân tích. Kết quả của việc áp dụng các phương pháp nghiên cứu trên đã phát hiện sự tồn tại của quặng sheelit nằm ẩn sâu tại khu vực Pia Oắc với các thân quặng sheelit dạng thấu kính phân bố trong đới biến đổi skarn thuộc tập 2, hệ tầng Cốc Xô ven rìa khối Pia Oắc.

Từ khóa: Phương pháp nghiên cứu; quặng ẩn sâu; sheelit; khu vực Pia Oắc, Cao Bằng.

1. Đặt vấn đề

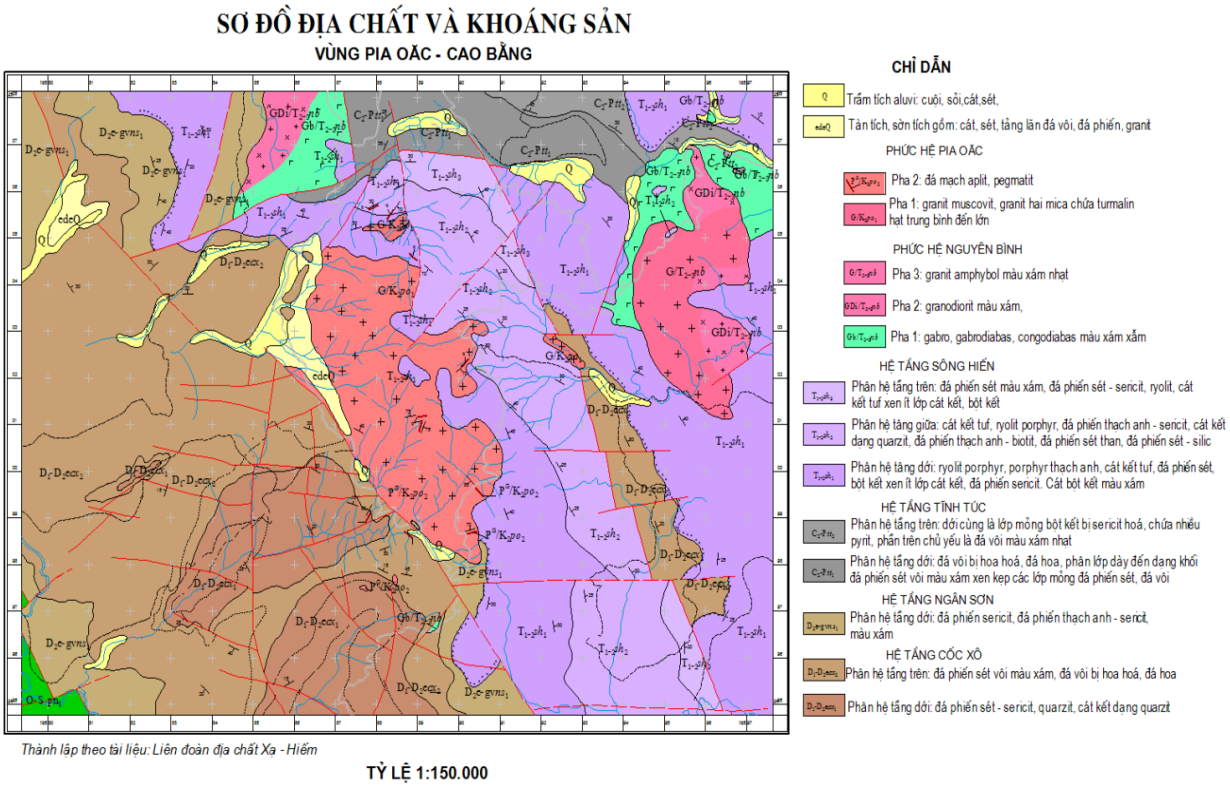
Kết quả nghiên cứu của các nhà địa chất trước đây ở khu vực Pia Oắc đã phát hiện được quặng gốc và sa khoáng thiếc, wolfram có giá trị công nghiệp. Một số mỏ như Tĩnh Túc, Lũng Mười, Alexandr đã được khai thác. Các mỏ, điểm quặng đã phát hiện tập trung chủ yếu liên quan đến thành tạo magma phức hệ Pia Oắc. Tuy nhiên, các mỏ này này thường nằm trong đới tiếp xúc hoặc nội khối mà chủ yếu là phần trên mặt, còn tiềm năng quặng ẩn sâu vẫn còn là câu hỏi chưa được giải đáp, đặc biệt là phần phía tây nam khối Pia Oắc. Việc tiếp tục nghiên cứu và phát hiện các khoáng sản ẩn sâu dưới các thân quặng đã được nghiên cứu, phát hiện tại đây là rất cần thiết và có ý nghĩa, bởi vậy tổ hợp các phương pháp nghiên cứu quặng ẩn sâu đã được áp dụng tại khu vực Pia Oắc, Cao Bằng. Trong khuôn khổ bài báo này, chúng tôi trình bày về các phương pháp được áp dụng để nghiên cứu quặng sheelit ẩn sâu và kết quả nghiên cứu của chúng.

2. Cơ sở lựa chọn phương pháp nghiên cứu

Khu vực Pia Oắc, Cao Bằng cách thị trấn Nguyên Bình khoảng 25km về phía tây nam. Công tác nghiên cứu địa chất và khoáng sản trong vùng đã được nhiều nhà địa chất nghiên cứu (A.G. Cađurốp A.G và nnk, 1963; Phạm Văn Hoàn, 1983; Lê việt Hùng, 1997; Đặng Văn Liệu, 1977). Tham gia vào cấu trúc địa chất khu vực nghiên cứu gồm các đá thuộc hệ tầng Hệ tầng Cốc Xô (D_1-D_2*ecx*) phân bố ở phía tây nam khối Pia Oắc thuộc nếp nồi Phia Đén kéo dài từ Tống Tính - Phia Đén, bao gồm các thành tạo lục nguyên xen thành tạo carbonat, hệ tầng Sông Hiến (T_1-$_2$*sh*) và các thành tạo magma của phức hệ Nguyên Bình (Gb-GDi-G/T_2-$_3$*nb*) và phức hệ Pia Oắc (G/K_2*po*). Phức hệ Pia Oắc với diện lộ khoảng 20 km^2, kéo dài theo phương tây bắc - đông nam có quan hệ xuyên cắt các đá vây quanh thuộc các hệ tầng Cốc Xô, Ngân Sơn và Sông Hiến. Các đá của phức hệ được chia thành hai pha là pha xâm nhập chính (thành phần gồm đá granit hai mica, granit muscovit, phần trung tâm khối đá có cỡ hạt trung bình - lớn, ven rìa khối hạt nhỏ - vừa, đá sáng màu, cấu tạo khối, kiến trúc hạt nửa tự hình, dạng porphyr) và pha đá mạch gồm granit aplit, pegmatit phân bố ven rìa khối (Tài Soỏng - Bản Ồ), đá hạt nhỏ đến vừa, cấu tạo định hướng, đá bị biến đổi greisen hóa. Thành phần khoáng vật chủ yếu gồm plagiocla, felspat kali, thạch anh, mica, apatit, zircon,... Kiến tạo trong vùng có 4 hệ thống đứt gãy là các đứt gãy phương tây bắc - đông nam, đông bắc - tây nam, á vĩ tuyến, á kinh tuyến. Trong đó hệ thống đứt gãy theo phương tây bắc - đông nam là hệ thống lớn nhất có liên quan đến hoạt động magma xâm nhập phức hệ Pia Oắc và đóng vai trò là kênh dẫn hoặc khống chế quặng (Hình 1).

Từ các cơ sở nêu trên, để nghiên cứu quặng sheelit ẩn sâu trong khu vực tổ hợp các phương pháp được lựa chọn gồm: (1) phương pháp tổng hợp, phân tích tài liệu, (2) phương pháp trọng sa - địa hóa, (3) phương pháp đo vẽ địa chất, (4) phương pháp địa vật lý, (5) phương pháp khoan, (6) nhóm các phương pháp phân tích mẫu.

* *Tác giả liên hệ*
Email: hoangthithoa@humg.edu.vn



Hình 1. Sơ đồ địa chất và khoáng sản khu vực Pia oắc, Cao Bằng.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Phương pháp tổng hợp, phân tích tài liệu

Phân tích, tổng hợp và xử lý các tài liệu hiện có về địa chất, khoáng sản vùng Pia Oắc, Cao Bằng làm cơ sở để chẩn đoán các đối tượng có khả năng chứa sheelit ẩn sâu, dự báo diện tích có triển vọng về sheelit ẩn sâu. Trên cơ sở thu thập, tổng hợp các tài liệu đã điều tra, thăm dò về tìm kiếm khoáng sản vùng nghiên cứu (Đặng Văn Liệu, 1977; Phạm Văn Hoàn, 1983; Lê việt Hùng, 1997; Nguyễn Trung Thính và nnk, 2023) cho thấy khu Vực Pia Oắc, Nguyên Bình, Cao Bằng quặng sa khoáng thiếc - wolfram đã được nghiên cứu kỹ với các mỏ Tĩnh Túc, Nậm Kép, Ca Mi, Thái Lạc, Bình Đường, Bản Ồ, Lũng Mười,...

Bên cạnh đó quặng thiếc - wolfram gốc cũng đã được nghiên cứu ở giai đoạn tìm kiếm, đánh giá. Khu vực này có đầy đủ các tiền đề địa chất có thể tồn tại quặng ẩn sâu, vì vậy việc nghiên cứu về triển vọng quặng thiếc - wolfram ẩn sâu cần phải được quan tâm, đầu tư nghiên cứu đúng mức.

3.2. Phương pháp phương pháp trọng sa - địa hóa

Phương pháp trọng sa - địa hóa được kết hợp nhằm mục đích xác định các vành phân tán khoáng vật và các nguyên tố chỉ thị cho các loại đối tượng khoáng sản cần nghiên cứu. Các mẫu trọng sa được lấy theo các suối, sườn được tiến hành với mục tiêu làm rõ nguồn cung cấp sheelit trong các dòng phân tán trọng sa khu vực nghiên cứu và định hướng cho công tác nghiên cứu tiếp theo. Kết quả nghiên cứu cho thấy sheelit gặp trong hầu hết ở các mẫu đãi, sheelit có hàm lượng 0,017÷15,083 g/m^3, trung bình 0,783 g/m^3 và chia hàm 2 bậc hàm lượng sheelit, bậc 1 (sheelit từ vài hạt đến 0,783 g/m^3), bậc 2 (sheelit từ 0,783÷3,0 g/m^3).

Công tác địa hóa chủ yếu tập trung nghiên cứu địa hóa nguyên sinh (đá gốc) nhằm xác định tính chuyên hóa địa hóa một số thành tạo địa chất trong khu vực, xác định tổ hợp các nguyên tố trong tìm kiếm sheelit ẩn sâu. Các mẫu địa hóa nguyên sinh được lấy tại các điểm lộ đá gốc, đới biến đổi theo các mặt cắt chi tiết, ở các tập đá khác nhau theo chiều sâu trong công trình khoan, mật độ lấy mẫu phụ thuộc mức độ biểu hiện quặng hóa, mẫu được lấy theo phương pháp rãnh điểm. Các mẫu được phân tích, xác định hàm lượng nguyên tố Sn, W, Bi, Li, Be, Ag, As, Mo, Cu, Pb, Zn, In, F, Nb, Ta, Rb, B, Ba. Kết quả nghiên cứu địa hóa, xử lý thống kê tại khu vực Pia Oắc cho thấy các thành tạo trầm tích lục nguyên xen cacbonat thuộc lớp 2, tập 2 của hệ tầng Cốc Xô có đặc điểm địa hóa đặc trưng cho kiểu biến đổi skarn. Tổ hợp các nguyên tố chỉ thị cho tìm kiếm thiếc - wolfram (sheelit) gồm Sn, W, Ba ngoài ra đi kèm còn có các nguyên tố sulfua như Bi, Zn, In, Be, Pb.

3.3. Phương pháp địa chất

Phương pháp địa chất được tiến hành nhằm làm rõ cấu trúc đại chất khu vực, đặc điểm các đối tượng địa chất chứa hoặc liên quan tới sheelit. Công tác thu thập tài liệu thực tế để xác định các tiền đề, dấu hiệu tìm kiếm quặng, về sự phân bố và các yếu tố khống chế quặng sheelit tại vùng nghiên cứu.

Các lộ trình địa chất được tiến hành theo tuyến, suối, đường mòn tại các khu vực tập trung các dị thường trọng sa sheelit. Đặc biệt, ở đới nội và ngoại tiếp xúc của granit với các đá trầm tích thì tập trung quan sát và thu thập đầy đủ chi tiết hơn. Thu thập các hiện tượng biến đổi, biến chất trao đổi - nhiệt dịch với các kiểu quặng hóa nội sinh nguồn magma. Trên các tuyến lộ trình tiến hành quan sát liên tục, tại các điểm quan sát tiến hành mô tả chi tiết về địa hình - địa mạo, thạch học của đá,… lấy các loại mẫu nghiên cứu (lát mỏng, khoáng tướng). Cụ thể công tác lộ trình địa chất, lộ trình địa chất bổ sung thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Công tác địa chất bổ sung trong nghiên cứu quặng sheelit ẩn sâu khu vực Pia Oắc.

Lộ trình địa chất	Mục tiêu	Công việc thực hiện	Kết quả
Bổ sung tỷ lệ 1: 10.000	Làm rõ cấu trúc địa chất; Phát hiện các mạch quặng, các biểu hiện biến đổi liên quan đến quặng hóa thiếc - wolfram khu vực Pia Oắc; Định hướng tìm kiếm thân quặng ẩn trong khu vực.	Tiến hành lộ trình mặt cắt chi tiết trên 4 tuyến chuẩn với chiều dài 26,2 km; Lấy các loại mẫu nghiên cứu địa hóa nguyên sinh, lát mỏng, khoáng tướng.	Lập được 4 tuyến mặt cắt địa chất chuẩn

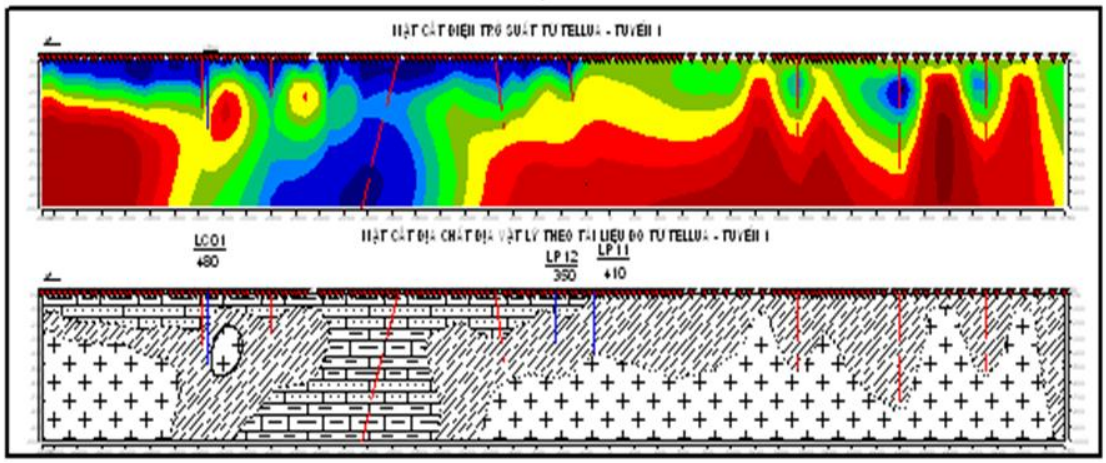
3.4. Phương pháp địa vật lý

Phương pháp địa vật lý được áp dụng để nghiên cứu quặng ẩn sâu khu vực Pia Oắc, Cao Bằng với mục đích nghiên cứu làm rõ cấu trúc địa chất, khối magma ẩn, phát hiện các đới biến đổi có khả năng chứa các thân quặng thiếc - wolfram ẩn và triển vọng quặng hóa dưới sâu. Các phương pháp địa vật lý sử dụng trong vùng gồm phương pháp đo từ tellua, phương pháp đo sâu phân cực kích thích, phương pháp đo karota.

3.4.1. Phương pháp đo từ tellua

Nhằm phát hiện các cấu trúc địa chất như các đứt gãy, đới phá huỷ, thể magma ẩn và ranh giới địa chất đến độ sâu 500÷1.000 m. Máy và thiết bị đo sử dụng thiết bị đo từ tellua là ACF-4M (ACF-4M SYSTEM. Mạng lưới đo được tiến hành theo các tuyến chuẩn, các đoạn tuyến có triển vọng khoáng hóa thiếc - wolfram khu Pia Oắc với với khoảng cách 100 m/điểm, tại các đoạn tuyến có triển vọng quặng hóa tiến hành đo đan dày từ 50÷100 m/điểm.

Kỹ thuật đo được tuân thủ các quy định trong Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9425:2012 (phương pháp tellua). Trong quá trình thi công đã tiến hành đo thử nghiệm để xác định khoảng cách điện cực sao cho thu được tín hiệu tốt nhất (khối lượng đo thử nghiệm 5%). Công tác đo kiểm tra được thực hiện trên các đoạn tuyến vào một ngày làm việc khác, đảm bảo các điều kiện giống với lần đo chính. Tại mỗi điểm đo từ tellua, số liệu đo được là một tập hợp hàng vạn giá trị và chỉ được hiển thị dưới dạng đồ thị theo thời gian và phổ tần số.

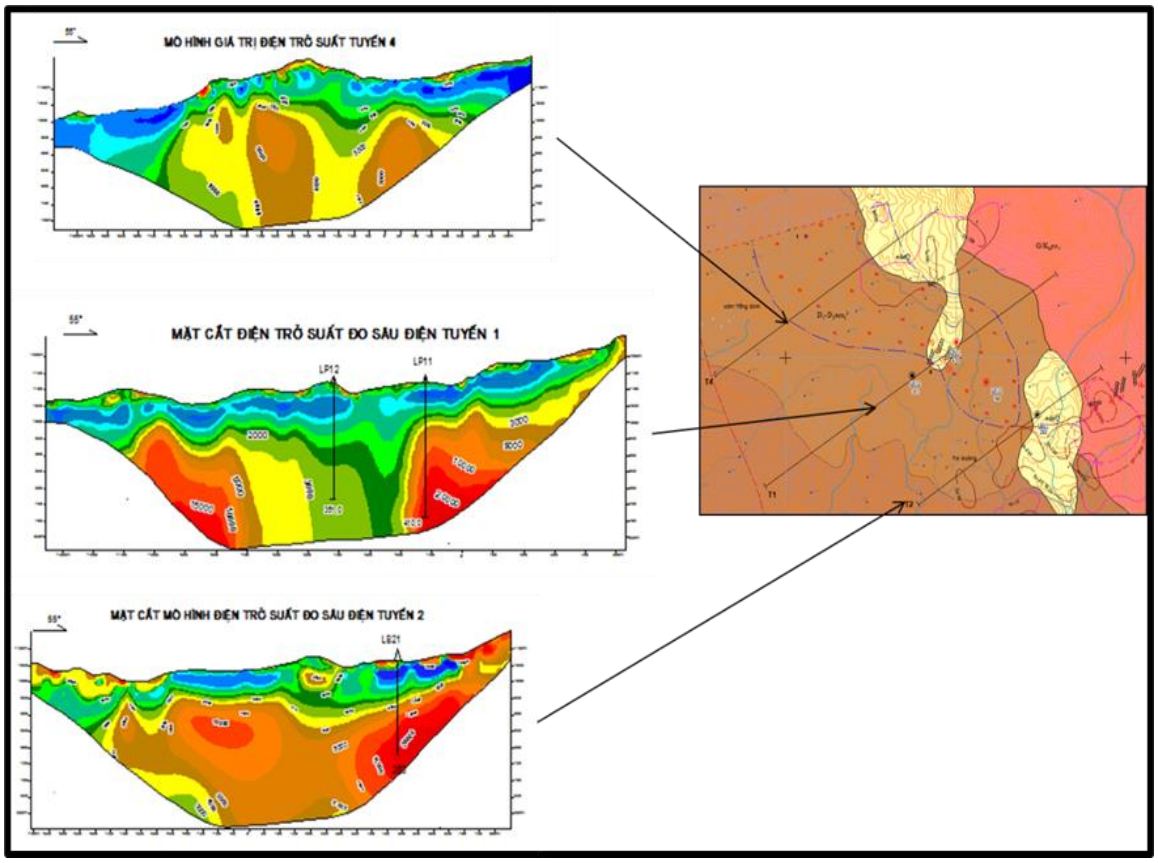


Hình 2. Mặt cắt từ tellua tuyến 1 Bản Chiếu - Tài Sỏng - Pia Oắc, tỷ lệ 1 : 10.000.

Kết quả đạt được của phương pháp đo từ telua đã xác định được các lớp điện trở suất từ 0÷1.000 Ωm là lớp đất phủ và đá phiến sericit, lớp điện trở suất từ 1.000÷5.000 Ωm là lớp đá biến đổi (đá trầm tích bị biến đổi hoặc granit bị biến đổi greizen hóa), tiếp xuống dưới sâu là lớp điện trở suất >5.000 Ωm nằm ở phần sâu tồn tại dạng nền hoặc dạng vòm, khả năng liên quan tới phần nhô cao của đá móng granit. Các dải hẹp điện trở suất thấp có xu hướng cắm dốc khả năng liên quan đến đứt gãy làm cơ sở cho công tác địa vật lý tiếp theo (Hình 2).

3.4.2. Phương pháp đo sâu phân cực kích thích

Phương pháp đo sâu phân cực kích thích dòng 1 chiều được tiến hành để làm rõ cấu trúc địa chất, khoanh định các đới biến đổi có khả năng chứa các thân quặng thiếc - wolfram ẩn và triển vọng quặng hóa đến độ sâu 300÷500 m. Với khối lượng 591 điểm đo, mạng lưới đo là 20 m/điểm được tiến hành trên các diện tích dự báo có khả năng tồn tại các đới biến đổi chứa các thân quặng thiếc - wolfram ẩn (các đoạn tuyến T1, T2, T3, T4 ở khu Tài Soỏng; tuyến BT3, BT4 khu Bản Ồ; tuyến CT3, CT4 khu Bản Chiếu). Kết quả áp dụng phương pháp tại khu vực nghiên cứu đã làm rõ cấu trúc địa chất khu vực, lập mặt cắt điện trở suất, phân cực (tuyến T4, T1, T2 khu Tài Sỏng và tuyến BT4 khu Bản Ồ, tuyến CT3, CT4 khu Bản Chiếu và T3, BT3 ven rìa khu Tài Sỏng - Bản Ồ) và khoanh định được các đới biến đổi có khả năng chứa các thân quặng thiếc - wolfram ẩn kéo dài không liên tục khoảng 3.000m tồn tại theo phương tây bắc đông nam, chiều rộng đới thay đổi từ 300÷700 m. Tài liệu địa vật lý trên tuyến 1 khu Tài Sỏong tương đối phù hợp với kết quả lỗ khoan LP11, LP12. Trên mặt cắt đo sâu tuyến 1 giá trị điện trở từ 1.000 ÷10.000 Ω m cùng với độ phân cực lớn hơn 7% đều gặp đới khoáng hóa chứa sunfua, phần sâu điện trở suất lớn hơn 20.000 Ωm gặp đá granit (Hình 3).



Hình 3. Mặt cắt điện trở suất đo sâu điện tuyến T4, T1, T2 khu Tài Soỏng.

3.4.3. Phương pháp đo karota

Phân chia ranh giới các lớp đất đá khác nhau trong cột địa tầng lỗ khoan theo tham số địa vật lý (điện trở suất, phóng xạ), đánh giá trạng thái lỗ khoan là mục đích của việc sử dụng phương pháp đo karota trong hệ thống các phương pháp địa vật lý. Sử dụng thiết bị đo MATRIX, tiến hành đo karota với chiều dài là 2456,3 m. Kết quả đã xác định được hàm lượng các nguyên tố K, U, Th xác định độ lệch lỗ khoan từ 10÷30, đường kính các lỗ khoan khi khoan qua các tầng thạch học khá ổn định và xác định được ranh giới giữa các

lớp khác nhau, đá biến đổi, granit dựa trên kết quả do điện trở suất.

3.5. Phương pháp khoan máy

Khoan máy được sử dụng nhằm nghiên cứu cấu trúc địa chất, kiểm tra các dị thường địa vật lý qua đó phát hiện và khống chế các mạch quặng, đới quặng ẩn sâu (theo chiều hướng cắm các mạch quặng). Thiết bị khoan sử dụng máy khoan СКБ-4 của Nga sản xuất. Khối lượng công tác khoan đã tiến hành là 06 lỗ khoan với 1468,3 m. Kết quả các lỗ khoan đều gặp khoáng hóa sheelit.

3.6. Các phương pháp phân tích

Các phương pháp phân tích được sử dụng trong nghiên cứu quặng sheelit ẩn sâu khu vực Pia Oắc, Cao Bằng gồm phân tích mẫu hóa cơ bản, mẫu nhóm, mẫu giã đãi, mẫu thạch học lát mỏng và mẫu khoáng tướng. Các chỉ tiêu, số lượng của từng phương pháp được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Bảng tổng hợp phương pháp, chỉ tiêu tiêu và số lượng mẫu phân tích.

Loại mẫu phân tích	Chỉ tiêu phân tích	Sô lượng mẫu
Mẫu hóa cơ bản	Sn, WO_3	39
Mẫu nhóm	Sn, W, Mo, Bi, Be, Ta, Nb, Pb, Zn, Li, As, Ag	05
Mẫu giã đãi	Xác định & mô tả các khoáng vật của thiếc, wolfram, molipden, tantal niobi,...	09
Phân tích thạch học	Xác định tên, thành phần, hàm lượng các khoáng vật tạo đá	05
Phân tích khoáng tướng	Hàm lượng và và thứ tự thành tạo các khoáng vật quặng	38

Kết quả của các phương pháp phân tích đã giúp xác định sơ bộ về đặc điểm các đá chứa quặng gồm chủ yếu là đá skarn, đá biến chất trao đổi phân bố trong đới biến đổi skarn chứa sheelit; hàm lượng trung bìnhcủa Sn là 0,033% và WO3 là 0,56%; khoáng vật quặng thường gặp phân bố tương đối đồng đều trong các thân quặng. Đây là các cơ sở để tiến hành luận giải về điều kiện và tiến trình thành tạo quặng.

4. Kết luận

Kết quả của việc áp dụng các phương pháp nghiên cứu với quặng sheelit ẩn sâu khu vực Pia Oắc, Cao Bằng đã làm sáng tỏ các đặc điểm về cấu trúc địa chất, các đới đá biến đổi skarn chứa quặng sheelit. Xác định các nguyên tố chỉ thị cho tìm kiếm thiếc - wolfram (sheelit) gồm Sn, W, Ba ngoài ra đi kèm còn có các nguyên tố sulfua như Bi, Zn, In, Be, Pb dựa trên kết quả công tác trọng sa - địa hóa. Các tài liệu địa vật lý đã khoanh định được đới biến đổi có đặc điểm điện trở suất khác nhau có khả năng chứa các thân quặng sheelit ẩn, làm cơ sở định hướng công tác khoan. Công tác khoan máy đã kiểm tra dị thường địa vật lý, xác định trật tự địa tầng, các đới khoáng hóa, các thân quặng công nghiệp. Công tác đo karota phân chia được ranh giới các lớp đất đá khác nhau trong cột địa tầng lỗ khoan theo tham số địa vật lý, đánh giá trạng thái lỗ khoan (đối sánh với kết quả khoan). Trên cơ sở kết quả nghiên cứu của các phương pháp đã áp dụng nêu trên đã khoanh định được các thân quặng sheelit ẩn phân bố trong đới biến đổi skarn, điều này cho thấy khu Pia Oắc, Cao Bằng có triển vọng về quặng sheelit ẩn sâu và cần được tiếp tục nghiên cứu mở rộng về phía tây bắc của đới biến đổi.

Lời cảm ơn

Tác giả xin cảm ơn sự hỗ trợ, góp ý của các nhà khoa học thuộc Bộ môn Tìm kiếm -Thăm dò, Khoa khoa học và Kỹ thuật địa chất, Trường Đại học Mỏ - Địa chất và Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm, Cục Địa chất Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

A.G. Cađurốp A.G, Tống Văn Định, Rômanốp V.I, 1963. *Báo cáo tìm kiếm thiếc ở Pia Oắc*. Lưu trữ Địa chất.

Đặng Văn Liệu, 1977. *Báo cáo địa chất kết quả tìm kiếm thiếc - wolfram và lập Sơ đồ địa chất tỷ lệ 1: 10.000 trường quặng Pia Oắc - Cao Lạng*. Lưu trữ địa chất.

Lê việt Hùng, 1997. *Báo cáo kết quả tìm kiếm đánh giá chì - kẽm và các khoáng sản khác đi kèm vùng Tống Tinh, Cao Bằng*. Lưu trữ Địa chất.

Nguyễn Trung Thính & nnk, 2023. Báo cáo tổng hợp kết quả thực hiện đề án thành phần "*Điều tra, đánh giá quặng thiếc - wolfram Pia Oắc và khoáng sản đi kèm khu vực phía đông bắc đứt gãy Sông Hồng*", Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm.

Nguyễn Văn Chữ, 1987. *Địa chất khoáng sản, tập I, II*. Nhà xuất bản Đại học & Trung học chuyên nghiệp Hà nội.

Nguyễn Văn Lâm, Nguyễn Phương, 2009. Giáo trình *Tìm kiếm và thăm dò các mỏ khoáng sản rắn*. Nhà xuất bản Giao thông Vận tải, Hà Nội.

Phạm Văn Hoàn, 1983. *Báo cáo kết quả công tác lập bản đồ và tìm kiếm khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 tờ Nguyên Bình - Ngân Sơn - Phủ Thông*. Lưu trữ Địa chất.

Trần Anh Ngoan, 1993. *Địa chất các mỏ khoáng công nghiệp, tập I*. Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

Xolodovnhicop B.A, 1976. *Báo cáo kết quả công tác lập bản đồ và tìm kiếm khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 tờ Ngân Sơn - Phổ Thông*. Lưu trữ Địa chất.

ABSTRACT

Research Methods for Deep-Seated Scheelite Ore in the Pia Oac Area, Cao Bang

Hoang Thi Thoa
Hanoi University of Mining and Geology

The Pia Oac area in Nguyên Bình district, Cao Bang province has been extensively studied for its geology and mineral resources. Research results indicate the presence of a diverse range of metal minerals in the region, including tin, tungsten, lead-zinc, uranium, fluorite, and beryllium. However, no studies have yet been conducted on deep-hidden ore deposits in the area. To study and evaluate the deep-hidden scheelite ore in the Pia Oac area, Cao Bang, based on geological, magmatic, and mineral characteristics, a combination of research methods have been selected and applied in the area. These methods include (1) synthesis and analysis of documents; (2) heavy mineral - geochemical method; (3) geological method; (4) geophysical method, (5) deep drilling, and (6) analytical methods. The application of these research methods has led to the discovery of deep-hidden scheelite ore in the Pia Oắc area, with lens-shaped scheelite ore bodies distributed in the skarn alteration zone of layer 2, Coc Xo formation, along the edge of the Pia Oac massif.

Keywords: Methodology; deep-seated ore; scheelite; Pia Oac, Cao Bang province.

Đặc điểm chất lượng đá phiến sét khu vực Bỉm Sơn, Thanh Hóa và khả năng sử dụng làm nguyên liệu xi măng portland

Nguyễn Thị Thanh Thảo*, Đỗ Mạnh An, Thepphakone SAVATH
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Khu vực nghiên cứu thuộc phường Đông Sơn, thị xã Bỉm Sơn, tỉnh Thanh Hóa. Đá phiến sét nằm trong trầm tích lục nguyên hệ tầng Nậm Thẳm tuổi Trias giữa. Các thành tạo của hệ tầng có thành phần chủ yếu gồm phiến sét, phiến sét nhiễm vôi, sét vôi phân phiến mỏng, xen kẹp các lớp mỏng hoặc dải cát bột kết. Thân nguyên liệu sét xi măng là sản phẩm phong hóa với mức độ phong hóa từ mạnh đến vừa và yếu của đá gốc là phiến sét, phiến sét nhiễm vôi. Các đá phiến sét có đặc tính bở rời, dễ bị đập vỡ, độ cứng theo thang Morh thay đổi từ 1,0 đến 3,5, đá có cấu tạp phân phiến định hoặc hướng, kiến trúc chủ yếu dạng sét tàn dư. Thành phần khoáng vật của các đá gồm: sericit, thạch anh, chlorit và hydroxyt sắt, ít gặp turmalin, biotit, felspat, carbonat. Thành phần hóa học trong các đới có sự thay đổi tương đối lớn, hàm lượng SiO_2 dao động từ 52÷78%; Al_2O_3 từ 10÷20%; Fe_2O_3 từ 4÷15%, hàm lượng các oxyt này có xu hướng giảm dần theo chiều sâu, ngược lại với hàm lượng CaO và MgO. Từ kết quả phân tích thành phần khoáng vật, thành phần hóa học, đặc tính cơ lý, kỹ thuật và tính chất công nghệ của nguyên liệu cho thấy, đá phiến sét khu vực nghiên cứu có khả năng sử dụng làm nguyên liệu sản xuất xi măng Portland PC50.

Từ khóa: Đá phiến sét; đặc điểm phân bố, chất lượng; xi măng Portland.

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, với sự phát triển của nền kinh tế dẫn đến sự phát triển mạnh mẽ của việc xây dựng cơ sở hạ tầng, nhà cửa,… trên mọi miền đất nước. Do vậy, nhu cầu sử dụng xi măng trong xây dựng lớn kéo theo nhu cầu về nguồn nguyên liệu làm xi măng cũng ngày càng cao. Đá phiến sét được coi là nguyên liệu quan trọng trong công nghiệp sản xuất xi măng (Nguyễn Văn Cần, 2006; Nguyễn Thị Thanh Thảo và Đỗ Cảnh Dương, 2010; Lương Quang Khang và nnk, 2016). Nhiều mỏ sét đã và đang được thăm dò và khai thác phục vụ cho các nhà máy sản xuất xi măng.

Trên cơ sở kết quả đo vẽ bản đồ địa chất tỷ lệ 1:200.000, một số công trình tìm kiếm, thăm dò đá phiến sét đã được thực hiện tại khu vực Bỉm Sơn. Tuy nhiên, cho đến nay chưa có công trình nào đề cập đầy đủ, toàn diện và có hệ thống về đặc điểm phân bố, chất lượng và trữ lượng, tài nguyên đá phiến sét làm cơ sở định hướng công tác thăm dò, khai thác sử dụng cho lĩnh vực sản xuất xi măng portland ở khu vực này. Trên cơ sở các tài liệu thăm dò kết hợp với kết quả phân tích bổ sung, bài báo tổng hợp, xử lý số nhằm đánh giá chất lượng, đồng thời đánh giá khả năng làm nguyên liệu xi măng poorland của đá phiến sét vùng nghiên cứu.

2. Phương pháp nghiên cứu

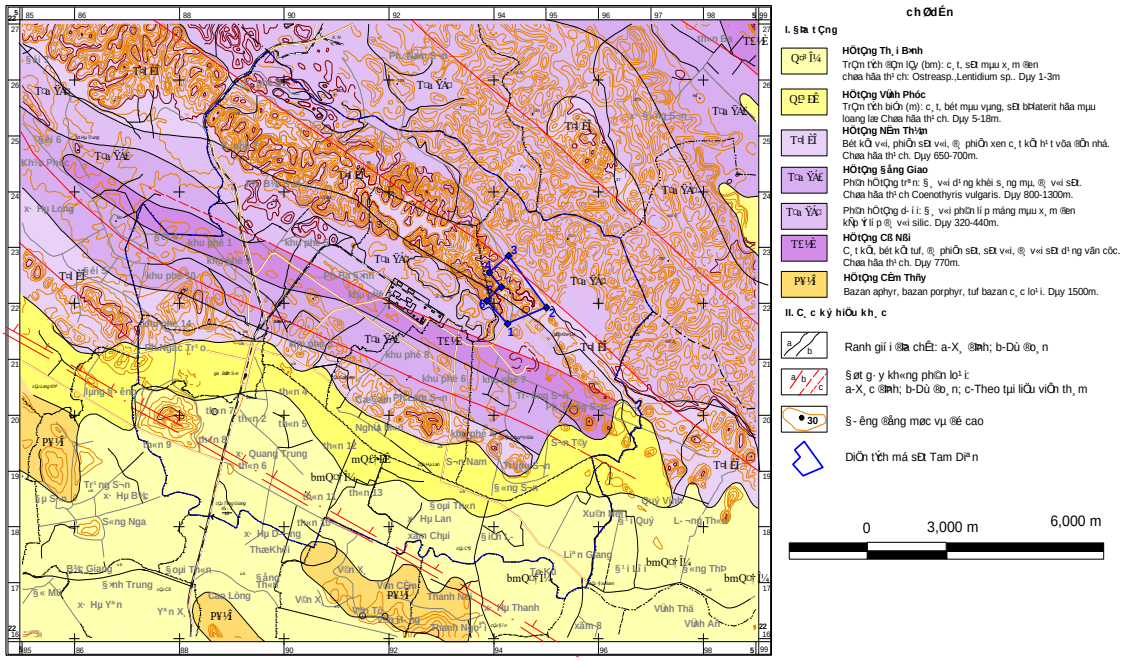
Trong công trình này, tập thể tác giả đã sử dụng tổ hợp các phương pháp nghiên cứu bao gồm: (1) Phương pháp thu thập, tổng hợp và xử lý tài liệu báo cáo địa chất vùng, địa chất mỏ, báo cáo kết quả thăm dò mỏ đá phiến sét Tam Diên, Bỉm Sơn, Thanh Hóa; (2) Phương pháp nghiên cứu địa chất ngoài thực địa nhằm khảo sát thực tế địa chất và lấy các loại mẫu phân tích; (3) Nhóm phương pháp nghiên cứu, phân tích mẫu trong phòng thí nghiệm gồm: (a) Nghiên cứu thành phần khoáng vật quặng bằng phương pháp lát mỏng thạch học và Rơnghen; (b) Phân tích thành phần hóa học các oxit chính; (c) Phân tích tính chất cơ lý của quặng để xác định mức độ phong hóa, độ ẩm, dung trọng,... Tổng hợp các kết quả phân tích mẫu được thể hiện trong các bảng ở phần sau (Bảng 1÷9).

3. Khái quát đặc điểm khu mỏ

3.1. Đặc điểm địa chất

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthithanhthao@humg.edu.vn

Khu vực nghiên cứu có diện tích khoảng 70 ha, thuộc thị xã Bỉm Sơn, Thanh Hóa, cách nhà máy xi măng Bỉm Sơn hơn 1,5 km về phía đông. Trong khu mỏ gặp chủ yếu là các trầm tích lục nguyên hệ tầng Nậm Thắm tuổi Trias giữa (T_2l *nt*) nằm trong dải Tam Điên, kẹp giữa dải đá vôi Yên Duyên và núi Một, chạy dài từ tây bắc Ba Lá qua Tam Điên đến Ba Voi theo phương tây bắc - đông nam và nằm trong một cấu tạo nếp lõm không đối xứng có trục theo phương 120÷130º. Các thành tạo trầm tích lục nguyên hệ tầng Nậm Thắm có thế nằm theo hai cánh của nếp lõm cắm về phía đông bắc và tây nam với góc dốc thay đổi từ 30 đến 75º. Thành phần chủ yếu là phiến sét, phiến sét nhiễm vôi, sét vôi phân phiến mỏng, xen kẹp các lớp mỏng hoặc dải cát bột kết ít nứt nẻ. Đá phiến sét, phiến sét nhiễm vôi có màu đen, xám đen, khi bị phong hoá chuyển dần sang màu xám nâu, xám vàng, nâu vàng, nâu đỏ. Qua công tác thăm dò đã tiến hành cho thấy đá phiến sét có màu đen, xám đen là loại đá phiến sét nhiễm vôi hoặc sét vôi có hàm lượng carbonat cao, nằm ở dưới sâu, đá bị phong hoá nhẹ hoặc còn tươi, tương đối cứng chắc. Khi mức độ phong hoá tăng lên hàm lượng cacbonat bị rửa trôi đá chuyển dần sang màu xám vàng, xám nâu, nâu vàng, nâu đỏ (Bùi Đăng Phúc và nnk, 2007).



Hình 1. Sơ đồ địa chất và khoáng sản khu vực Bỉm Sơn, Thanh Hóa (Theo tài liệu của Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Thanh Hóa).

3.2. Đặc điểm phong hóa

Theo mức độ phong hóa, các đá trong khu mỏ được chia thành hai đới theo chiều từ trên mặt xuống dưới như sau: (1) Đới phong hoá mạnh đến vừa phân bố trên toàn diện tích nghiên cứu, được thành tạo do quá trình phong hoá tại chỗ từ đá gốc là đá phiến sét, đá phiến sét nhiễm vôi và các lớp kẹp hoặc dải cát bột kết. Trong đới này, phụ thuộc vào dạng địa hình và thành phần thạch học của đá, mức độ phong hoá giảm dần từ đá phiến sét, phiến sét vôi đến cát kết, bột cát kết chiều dày thay đổi từ 3,0 đến 20,3 m. Ranh giới phong hoá có dạng uốn lượn theo bề mặt địa hình, đất đá có màu nâu vàng, nâu đỏ, xám vàng, xám trắng độ cứng theo thang Morh thay đổi từ 1÷3, đất đá mềm, bở rời, đập dễ vỡ; (2) Đới phong hoá yếu nằm dưới đới phong hoá mạnh đến vừa. Ranh giới giữa hai đới này không rõ rệt mà là sự chuyển tiếp từ từ. Thành phần chủ yếu gồm đá phiến sét, đá phiến sét vôi, đôi chỗ có xen các lớp hay dải cát bột kết. Đá thường có màu xám đen, xám, đá cứng vừa với độ cứng theo thang Morh thay đổi từ 3,0 đến 3,5, thường dễ bị vỡ vụn khi đập mạnh.

4. Đặc điểm chất lượng đá phiến sét khu vực nghiên cứu

4.1. Thành phần thạch học và khoáng vật

Kết quả phân tích các mẫu đá phiến sét nguyên liệu bởi lát mỏng thạch học cho thấy đá phiến sét ở đây có cấu tạo phân phiến hoặc định hướng; kiến trúc chủ yếu dạng sét tàn dư. Thành phần khoáng vật chính gồm: nhóm sét, sericit, clorit, thạch anh và hydroxyt sắt chiếm khoảng 80÷95%; khoáng vật phụ gồm turmalin, carbonat, felspat,...

Ngoài ra, kết quả phân tích 06 mẫu Rơnghen bằng máy D8 - Advance cho thấy các khoáng vật chủ yếu là: hydromica: 15÷22%, trung bình 20,5%, kaolinit: 5÷10%, trung bình 7,5%, clorit: 5÷10%, trung bình 7%, monmorilonit: 3÷7% trung bình 5,4%, thạch anh: 35÷45% trung bình 38,5%, felspat: 6÷9%, trung bình 7,5%, hematit và ghotit: 5÷7%, trung bình 5,75% và một số khoáng vật khác chiếm tỉ lệ nhỏ không đáng kể.

4.2. Thành phần hóa học

Kết quả phân tích mẫu hoá cơ bản của của sét phần trên mặt lấy từ các hào thăm dò và của đá phiến sét nguyên liệu dưới sâu lấy trong hố khoan sau khi xử lý thống kê được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả thống kê phân tích mẫu hóa cơ bản.

Thành phần hóa cơ bản	Hàm lượng (%) $\left(\frac{Từ \div đến}{Trung\ bình}\right)$		
	Sét phần trên mặt lấy từ các mẫu hào thăm dò	Đá phiến sét nguyên liệu dưới sâu lấy từ các mẫu lõi khoan	
		Đá phiến sét phong hoá mạnh đến vừa	Đá phiến sét, phiến sét vôi phong hoá yếu
SiO_2	$\frac{54,28 \div 74,70}{65,87}$	$\frac{52,94 \div 78,52}{59,06}$	$\frac{52,60 \div 62,00}{56,29}$
Al_2O_3	$\frac{10,18 \div 20,35}{15,54}$	$\frac{10,18 \div 17,81}{12,16}$	$\frac{10,49 \div 14,31}{11,82}$
Fe_2O_3	$\frac{4,00 \div 14,48}{7,82}$	$\frac{4,72 \div 15,04}{6,08}$	$\frac{5,20 \div 9,44}{6,41}$
MKN	$\frac{1,71 \div 8,86}{5,95}$	$\frac{3,74 \div 13,01}{6,80}$	$\frac{6,80 \div 12,54}{9,76}$
Cao	-	$\frac{1,40 \div 9,80}{6,93}$	$\frac{7,14 \div 12,18}{10,19}$
MgO	-	$\frac{0,50 \div 3,20}{1,99}$	$\frac{1,30 \div 2,50}{2,02}$
Modun silic (Ms)	$\frac{1,66 \div 4,56}{2,87}$	$\frac{1,94 \div 5,38}{3,25}$	$\frac{2,45 \div 3,72}{3,19}$
Modun nhôm (Ma)	$\frac{1,12 \div 3,90}{2,01}$	$\frac{0,89 \div 2,67}{2,00}$	$\frac{1,35 \div 2,20}{1,89}$

Từ số liệu ở bảng trên cho thấy hàm lượng SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 có xu hướng giảm dần theo chiều sâu, các hàm lượng CaO, MgO thuộc phần trên mặt thấp hơn phần dưới sâu (Bảng 1). Sự khác nhau này là do ảnh hưởng của quá trình phong hóa dẫn tới quá trình rửa trôi và làm giàu các thành phần vật chất trong mỗi đới.

4.3. Tính chất cơ lý

Thân khoáng sét có thành phần chủ yếu là đá phiến sét, phiến sét nhiễm vôi phong hoá mạnh đến vừa và phong hoá yếu; đá có màu nâu vàng, xám vàng, nâu đỏ, xám trắng, xám đen, độ cứng thay đổi từ 1,0 đến 3,5 theo thang độ cứng Morh. Một số đặc tính cơ lý của sét được trình bày ở Bảng 2. Nhìn chung, thành phần hóa học và tính chất cơ lý của đá phiến sét trong thân nguyên liệu thuộc khu vực nghiên cứu đều đạt tiêu chuẩn đá phiến sét nguyên liệu sản xuất xi măng theo TCVN 6071-1995.

Bảng 2. Một số tính chất cơ lý của nguyên liệu sét.

Chỉ tiêu cơ lý	Giá trị chỉ tiêu cơ lý (Từ ÷ đến (Trung bình))	
	Đá phong hóa mạnh đến vừa	Đá phong hóa yếu
Độ ẩm tự nhiên (%)	18,0÷31,8 (24,6)	0,50÷1,58 (1,08)
Tỷ trọng (g/cm^3)	-	2,51÷2,73 (2,64)
Dung trọng tự nhiên ($tấn/m^3$)	1,90÷2,06 (1,99)	2,51÷2,73 (2,64)

5. Khả năng sử dụng đá phiến sét khu vực Bỉm Sơn làm nguyên liệu xi măng

5.1. Nguyên liệu

Để đánh giá đầy đủ chất lượng của đá phiến sét trong khu vực, phương án sử dụng hỗn hợp sét trộn theo tỷ lệ phong hoá mạnh đến vừa 50% với sét phong hoá yếu 50% được tiến hành. Thành phần các nguyên, nhiên liệu và phụ gia dùng cho mẫu công nghệ gồm đá vôi Yên Duyên, đá phiến sét Bỉm Sơn, quặng sắt Thạch Thành, cao silic Hà Trung (Thanh Hoá), than cám 3C Hòn Gai (Quảng Ninh), thạch cao Đồng Hến (Lào) và các phụ gia khác. Thành phần hoá của các nguyên liệu được nêu trong Bảng 3.

Bảng 3. Thành phần hoá của các nguyên liệu, tro than và phụ gia sản xuất thử xi măng Portland.

Tên nguyên liệu	Thành phần hoá học, %								
	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	MKN
Đá vôi Yên Duyên	0,12	0,011	0,016	55,40	0,30	0,00	0,00	0,01	43,8
Đất sét Bỉm Sơn (Phong hóa mạnh - vừa)	63,92	7,33	16,32	0,84	1,50	0,00	2,53	0,12	6,40
Đất sét Bỉm Sơn (Phong hóa yếu)	57,80	5,26	11,60	8,12	2,70	0,00	2,46	0,98	9,33
Cao silic Hà Trung	82,97	2,56	7,80	1,05	0,55	0,00	1,47	0,13	2,44
Quặng sắt Thạch Thành	20,46	51,10	14,66	0,28	0,40	0,80	0,84	0,12	9,12
Tro than	54,22	6,06	29,41	1,19	0,93	0,00	0,45	5,36	0,00
Thạch cao	1,90	0,05	0,10	33,50	0,40	42,2	0,00	0,002	21,4

5.2. Cơ sở tính toán và lựa chọn phối liệu

Các hệ số chế tạo clinker xi măng portland được chọn trên cơ sở kết quả nghiên cứu nhiều năm của Viện Vật liệu xây dựng và tham khảo từ thực tế sản xuất ở các nhà máy.

Khoảng giá trị các hệ số chế tạo clinker được lựa chọn để nghiên cứu là:

+ Hệ số bão hoà vôi: KH = 0,93÷0,95

LSF = 96÷98

+ Môđun silicát: MS = 2,4÷2,6

+ Môđun aluminát: MA = 1,5

$$KH = \frac{CaO-(1{,}65Al_2O_3+0{,}35Fe_2O_3)}{2{,}8SiO_2} \quad ; \quad LSF = \frac{CaO}{2{,}8SiO_2+1{,}18Al_2O_3+0{,}65Fe_2O_3}$$

$$MS = \frac{SiO_2}{Al_2O_3+Fe_2O_3} \quad ; \quad MA = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$$

Hàm lượng khoáng clinker được tính theo các công thức sau:

$C_3S = 4{,}071.CaO - 7{,}60.SiO_2 - 6{,}718.Al_2O_3 - 1{,}43.Fe_2O_3$

$C_2S = 2{,}867.SiO_2 - 0{,}754.C_3S$

$C_3A = 2{,}65 .Al_2O_3 - 1{,}692.Fe_2O_3$

$C_4AF = 3{,}043. Fe_2O_3$

Trong đó: CaO, SiO_2, Al_2O_3 , Fe_2O_3 là hàm lượng % các oxyt trong clinker.

Hàm lượng tro than tham gia vào clinker là 1,62% được tính trên cơ sở thiết kế nhiệt tiêu tốn riêng khi nung clinker trong lò quay công suất 5.500 tấn clinker/ngày là 750 kcal/kg clinker. Trong trường hợp nhiệt tiêu tốn riêng nhỏ hơn tính toán thì các kết quả thay đổi không đáng kể.

5.3. Kết quả tính phối liệu

Trên cơ sở đặc trưng thành phần nguyên liệu khu vực nghiên cứu có thành phần chủ yếu là sét phong hoá mạnh đến vừa và thực tế sản xuất của nhà máy xi măng Bỉm Sơn trong thời gian qua tỷ lệ phối liệu sét phong hoá mạnh đến vừa và phong hoá yếu là 50/50. Do vậy 04 mẫu nghiên cứu chế tạo phương án phối liệu, clinker xi măng portland PC50 là BS1, BS2, BS3, BS4. Hệ số chế tạo, tỷ lệ các nguyên liệu trong phối liệu, thành phần hoá học của phối liệu, thành phần hoá, thành phần khoáng tính toán của clinker xi măng portland PC50 được đưa ra ở các Bảng 4.

Bảng 4. Hệ số chế tạo và thành phần phối liệu trắng để chế tạo xi măng portland.

Ký hiệu mẫu	Hệ số chế tạo của phối liệu trắng				Tỷ lệ % các nguyên liệu				
	KH	LSF	MS	MA	Đá vôi	Sét PH Mạnh - vừa	Sét PH Yếu	Cao Silic	Quặng sắt
BS1	1,00	102,39	2,68	1,40	79,05	14,00	0	5,08	1,87
BS2	0,98	100,79	2,46	1,41	78,43	16,50	0	3,10	1,96
BS3	1,00	102,49	2,68	1,40	77,96	8,77	8,77	2,96	1,81
BS4	0,98	100,83	2,46	1,41	76,83	10,33	10,33	0,62	1,88

Các mẫu nguyên liệu được gia công sơ bộ bằng máy kẹp hàm đến kích thước ≤ 5 mm và được sấy khô trong tủ sấy ở nhiệt độ 100÷105^{0}C, đến độ ẩm ≤ 0,1%. Cân từng loại nguyên liệu theo tỷ lệ tính toán, trộn sơ bộ và nghiền phối liệu trong máy nghiền bi thí nghiệm (10 kg/ mẻ) tới độ mịn ≤ 10% (lượng còn lại trên sàng có kích thước lỗ 0,08 bmm).

Bảng 5. Hệ số chế tạo, thành phần khoáng của clinker xi măng portland (theo tính toán).

Ký hiệu mẫu	Hệ số chế tạo				Hàm lượng % khoáng chính			
	KH	LSF	MS	MA	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
BS1	0,95	97,56	2,6	1,5	70,30	9,44	7,64	10,18
BS2	0,93	96,03	2,4	1,5	65,16	13,06	8,24	10,99
BS3	0,95	97,63	2,6	1,5	70,08	9,24	7,59	10,12
BS4	0,93	96,05	2,4	1,5	64,81	12,95	8,20	10,89

Các mẫu phối liệu thu được sau khi nghiền được trộn thêm 15% nước thành dạng bột dẻo và tạo thành bánh có độ dày 13÷15 mm. Sau đó các bánh liệu được sấy khô trong tủ sấy ở nhiệt độ 100÷105^{0}C và được nung trong lò GAS thí nghiệm ở các nhiệt độ 1.350^{0}C, 1.400^{0}C và 1.450^{0}C với thời gian lưu ở nhiệt độ nung là 30 phút. Sau đó clinker được làm nguội nhanh đến nhiệt độ < 500^{0}C và để nguội tự nhiên đến nhiệt độ phòng. Khả năng tạo khoáng clinker của các phối liệu được đánh giá bằng hàm lượng CaO tự do còn lại trong clinker sau khi nung. Lượng CaO tự do còn lại trong các mẫu clinker nung ở 1.450^{o}C (xác định theo TCVN 141:1998) là tương đối thấp (Bảng 6).

Sản phẩm clinker (Bảng 7, 8) phối trộn với thạch cao theo tỷ lệ nhất định (96% + 4%) được nghiền trong máy nghiền bi thí nghiệm (10 kg/mẻ, đến độ sót sàng 80 μm đạt ≤ 10%) để tạo ra các mẫu xi măng tương ứng BS1, BS2, BS3, BS4 (Bảng 9).

Bảng 6. Kết quả xác định hàm lượng CaO tự do của các mẫu clinker nghiên cứu.

STT	Ký hiệu mẫu clinker	Hàm lượng CaO tự do (%) sau nung		
		1.350^{0}C	1.400^{0}C	1.450^{o}C
1	BS1	3,01	1,87	0,54
2	BS2	2,81	1,91	0,58
3	BS3	3,20	2,00	0,70
4	BS4	2,66	1,78	0,86

Bảng 7. Thành phần hoá học thực tế và các hệ số đặc trưng của các mẫu clinker.

Đặc trưng	Mẫu clinker			
	BS1	BS2	BS3	BS4
1. Hàm lượng % oxyt				
SiO_2	21,67	21,77	21,79	21,65
Fe_2O_3	3,37	3,67	3,34	3,34
Al_2O_3	5,11	5,48	5,08	5,16
CaO	67,40	66,71	66,97	66,28
MgO	1,20	1,40	1,10	0,70
SO_3	0,02	0,01	0,03	0,01
K_2O	0,33	0,27	0,29	0,38
Na_2O	0,08	0,08	0,17	0,18
MKN	0,54	0,33	0,70	0,85
2. Các hệ số đặc trưng				
KH	0,95	0,92	0,94	0,93
LSF	97,83	95,56	96,81	96,28
MS	2,56	2,38	2,59	2,55
MA	1,52	1,49	1,52	1,54

Bảng 8. Thành phần khoáng của clinker nung lò gas.

Ký hiệu	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
BS1	70,55	8,94	7,84	10,25
BS2	64,06	14,11	8,31	11,17
BS3	68,13	11,10	7,81	10,16
BS4	65,84	12,42	8,02	10,16

Bảng 9. Kết quả kiểm tra chất lượng xi măng portland chế tạo trong phòng thí nghiệm.

Chỉ tiêu thí nghiệm	Chất lượng của các mẫu xi măng nghiên cứu				
	BS1	BS2	BS3	BS4	TCVN 2682-1999
1. Cường độ nén, N/mm^2(MPa) - 3 ngày - 28 ngày	 33,11 56,27	 33,93 55,33	 31,01 54,59	 32,18 53,17	 ≥ 31,0 ≥ 50,0
2. Độ mịn: - Bề mặt riêng, xác định theo phương pháp Blaine, cm^2/g	3550	3600	3490	3510	≥ 2800
3. Thời gian đông kết - Bắt đầu, phút - Kết thúc, phút	 101 183	 121 191	 115 176	 117 152	 ≥ 45 ≤ 375
4. Độ ổn định thể tích, - Độ nở khuôn Lơsatơliê, mm	 0,0	 0,0	 0,0	 0,0	 ≤ 10
5. Hàm lượng SO_3, %	1,73	1,78	1,79	1,79	≤ 3,5
6. Hàm lượng MgO, %	1,30	1,50	1,10	1,00	≤ 5,0
7. Hàm lượng MKN, %	1,79	1,10	1,34	1,25	≤ 5,0
8. Hàm lượng CKT, %	0,18	0,67	0,38	0,58	≤ 1,5

Từ kết quả thí nghiệm cho thấy tất cả các mẫu xi măng đều có các chỉ tiêu cơ lý thoả mãn các yêu cầu kỹ thuật đối với xi măng portland theo TCVN 2682-1999 (Bảng 9).

6. Kết luận

Tổng hợp các kết quả nghiên cứu của công trình này có thể tóm gọn lại như sau:

Khu vực Bỉm Sơn có cấu trúc địa chất đơn giản, chủ yếu là các trầm tích lục nguyên hệ tầng Nậm Thắm tuổi Trias giữa (T_2l *nt*). Thân sét nguyên liệu là các thành tạo nằm trong đới phong hoá từ mạnh đến vừa và phong hoá yếu của trầm tích lục nguyên hệ tầng Nậm Thắm, phân bố trên diện tích nghiên cứu.

Đá phiến sét khu vực Bỉm Sơn có thành phần khoáng vật, thành phần hóa học và tính chất cơ lý đáp ứng yêu cầu làm nguyên liệu sản xuất xi măng theo tiêu chuẩn Việt nam TCVN 6071-1995. Nguyên liệu này có thể kết hợp với một số nguyên liệu khác như đá vôi Yên Duyên, quặng sắt Thạch Thành, cao silic Hà Trung (Thanh Hoá), than cám 3C Hòn Gai (Quảng Ninh), thạch cao Đồng Hến (Lào) và các phụ gia khác theo bài toán phối liệu để làm nguyên liệu để sản xuất clinker xi măng portland PC50. Các mẫu xi măng đều có các chỉ tiêu cơ lý thoả mãn các yêu cầu kỹ thuật đối với xi măng portland theo TCVN 2682-1999.

Tài liệu tham khảo

Bùi Đăng Phúc và nnk., 2007. *Báo cáo thăm dò đá phiến sét làm nguyên liệu xi măng tại khu vực Tam Diên, phường Đông Sơn, thị xã Bỉm Sơn, tỉnh Thanh Hóa*. Trung tâm thông tin lưu trữ và Bảo tàng Địa chất, Cục Địa chất Việt Nam.

Lương Quang Khang và nnk., 2016. Đặc điểm chất lượng đá phiến sét khu vực Khe Non, tỉnh Hà Nam và khả năng sử dụng chúng làm nguyên liệu xi măng, *Tạp chí Công nghiệp mỏ*, Số 2, trang 1-5.

Nguyễn Thị Thanh Thảo, Đỗ Cảnh Dương, 2010. Đánh giá tiềm năng, chất lượng đá phiến sét đen vùng Phong Điền, tỉnh Thừa Thiên Huế làm phụ gia cho công nghiệp xi măng, *Tạp chí Địa chất*, 322, 5-9.

Nguyễn Văn Cần, Đỗ Cảnh Dương, Nguyễn Thị Thanh Thảo, Tạ Minh Tiến, 2006. *Đặc điểm chất lượng sét vùng Phú Sơn, Hòa Vang, Đà Nẵng*, HNKH lần thứ 17 Trường ĐH Mỏ - Địa chất, 210-213.

Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 2682-1999: Xi măng Portland – Yêu cầu kỹ thuật.

Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN. 6071-1995: Nguyên liệu để sản xuất xi măng Poocläng - hỗn hợp sét.

ABSTRACT

Quality characteristics of clayish rock in the Bim Son area, Thanh Hoa, and its potential use as raw material for Portland cement

Nguyen Thi Thanh Thao*, Do Manh An, Thepphakone SAVATH

Hanoi University of Mining and Geology

The study area is located in Đông Sơn Ward, Bim Son Town, Thanh Hoa Province. The clayish rock is part of the clastic sedimentary rocks of the Nam Tham Formation, dating back to the Middle Triassic. The formation mainly consists of shale, calcareous shale, and thinly bedded calcareous claystone, interspersed

with thin layers or bands of siltstone. The raw claystone material for cement is a product of weathering, ranging from strongly to moderately and weakly weathered, derived from the parent rocks, which are shale and calcareous shale. The claystone is characterized by its friability, ease of breaking, with a Mohs hardness scale ranging from 1.0 to 3.5. The rock has a fissile or oriented structure, with a residual clay texture. The mineral composition of the claystone includes sericite, quartz, chlorite, and iron hydroxide, with occasional tourmaline, biotite, feldspar, and carbonate. The chemical composition within different zones shows considerable variation, with SiO_2 content ranging from 52% to 78%, Al_2O_3 from 10% to 20%, Fe_2O_3 from 4% to 15%, with the content of these oxides generally decreasing with depth, contrary to the content of CaO and MgO. Analysis of the mineral composition, chemical composition, physical, mechanical, and technical properties, and technological characteristics of the material indicates that the claystone in the study area is suitable for use as raw material for the production of PC50 Portland cement.

Keywords: Clayish rock; distribution and quality characteristics; Portland cement.

Đặc điểm chất lượng kaolin khu vực Chơn Thành, Bình Phước và khả năng thu hồi khoáng sản cát đi kèm

Nguyễn Thị Thanh Thảo[1,*], Phan Viết Sơn[1], Trần Xuân Tuấn[2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Công ty cổ phần Trung Thành*

TÓM TẮT

Kaolin khu Chơn Thành, Bình Phước có nguồn gốc trầm tích, các thân khoáng kaolin nằm trọn trong các tập đá thuộc phần dưới của hệ tầng Bà Miêu. Thân khoáng có dạng lớp nằm ngang, chiều dày lớn dưới lớp đất phủ mỏng. Kaolin có màu trắng đến trắng sữa, đôi chỗ có màu xám phớt xanh. Thành phần khoáng vật chủ yếu của kaolin gồm kaolinit, thạch anh, chlorit, felspat, ít monmorilonit. Kết quả phân tích hóa, tính chất kỹ thuật, cũng như mẫu sản xuất thử cho thấy kaolin khu vực nghiên cứu có chất lượng đạt yêu cầu làm nguyên liệu cho công nghiệp gốm sứ dân dụng và mỹ nghệ. Kết quả đánh giá nguyên liệu trên rây 0,1 mm trong quá trình lọc kaolin cho thấy sản phẩm có độ hạt mịn, thành phần chủ yếu là thạch anh khá cao với hàm lượng SiO_2 > 96%. Thành phần độ hạt, cơ lý, hoá silicat,... của cát thu hồi trên rây 0,1 mm đều đáp ứng yêu cầu làm vữa xây dựng và làm cốt liệu sản xuất bê tông theo TCVN 7570:2006.

Từ khóa: Kaolin; khoáng sản cát đi kèm; gốm sứ; bê tông; khu vực Chơn Thành, Bình Phước.

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, nhu cầu sử dụng nguyên liệu kaolin trong lĩnh vực sản xuất gốm sứ và vật liệu xây dựng ngày càng tăng, đặc biệt ở khu vực Miền Đông Nam Bộ gồm các tỉnh Bình Dương, Đồng Nai, thành phố Hồ Chí Minh (Nguyễn Thị Thanh Thảo và Đặng Thành Luân, 2019; Nguyễn Thị Thanh Thảo và nnk, 2022). Nguồn nguyên liệu kaolin được sử dụng trong nhiều lĩnh vực sản xuất khác nhau như gạch chịu lửa, sứ cách điện, sứ công nghiệp, sứ vệ sinh, bột giấy,... và hầu như nguồn nguyên liệu này đều phải nhập ngoại hoặc phải mua từ các tỉnh phía Bắc. Việc đánh giá tiềm năng tài nguyên khoáng sản tại địa phương phục vụ cho các lĩnh vực công nghiệp sản xuất nêu trên là cần thiết. Với yêu cầu sử dụng hiệu quả nguồn nguyên liệu tự nhiên, việc đánh giá đầy đủ khả năng sử dụng của khoáng sản đi kèm được các nhà quản lý và nhà đầu tư quan tâm.

Từ năm 2003 trở lại đây, trong khu vực Chơn Thành, Bình Phước đã có một số mỏ kaolin đã và đang được thăm dò, khai thác (Nguyễn Minh Hồng và nnk, 2003). Trong quá trình tuyển kaolin tại mỏ, phát hiện một lượng không nhỏ cát thạch anh có kích thước trên rây 0,1 mm. Việc đánh giá chất lượng và khả năng thu hồi của nguyên liệu cát đi kèm này có ý nghĩa rất quan trọng. Đây là loại cát thạch anh hạt mịn đến trung bình, màu xám trắng, có thể sử dụng làm cát xây dựng hay cát phụ gia xi măng (Nguyễn Ngọc Hải và nnk, 2018). Trên cơ sở sở thu thập, tổng hợp tài liệu nghiên cứu trước đây và kết hợp các kết quả phân tích mẫu, bài báo đánh giá đặc điểm chất lượng kaolin khu vực Chơn Thành, Bình Phước, đồng thời đánh giá chất lượng và khả năng thu hồi khoáng sản cát đi kèm quá trình lọc kaolin của khu mỏ. Kết quả đánh giá góp phần định hướng sử dụng hiệu quả, tiết kiệm nguồn nguyên liệu tự nhiên đang ngày càng giảm hiện nay.

2. Phương pháp nghiên cứu

Trong bài báo này, tập thể tác giả đã sử dụng tổ hợp các phương pháp nghiên cứu gồm: (1) Phương pháp thu thập, tổng hợp và xử lý tài liệu báo cáo đo vẽ bản đồ địa chất, báo cáo kết quả thăm dò mỏ kaolin Bàu Đông Lan khu Chơn Thành, tỉnh Bình Phước; (2) Phương pháp nghiên cứu địa chất ngoài thực địa nhằm khảo sát thực tế địa chất và lấy các loại mẫu phân tích; (3) Nhóm phương pháp nghiên cứu, phân tích mẫu trong phòng thí nghiệm gồm: (a) Nghiên cứu thành phần khoáng vật quặng kaolin, cát bằng phương pháp nhiệt kết hợp nhiễu xạ tia Rơnghen (XRD); (b) Phân tích hóa hàm lượng các thành phần oxit chính; (c) Phân tích thành phần các nguyên tố vi lượng bằng phương pháp quang phổ bán định

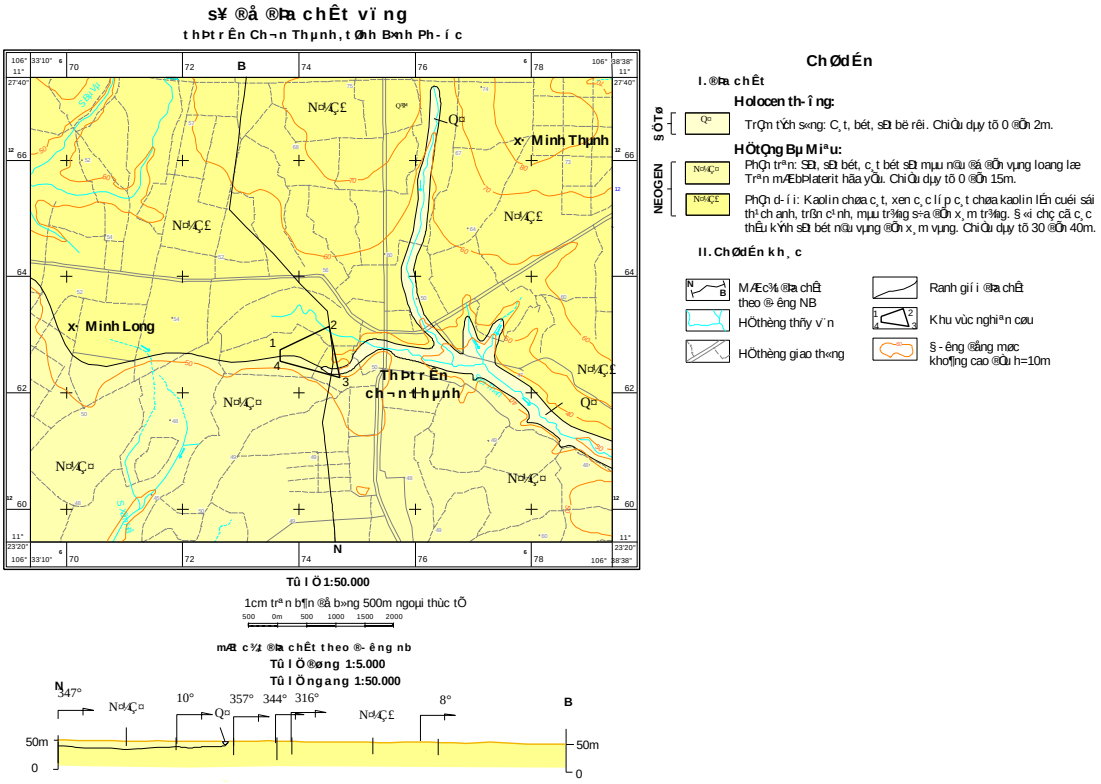
* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthithanhthao@humg.edu.vn

lượng, phân tích mẫu phóng xạ để xác định chỉ số hoạt độ an toàn. Tổng hợp các kết quả phân tích được thể hiện trong các Bảng 1÷6 ở các nội dung tiếp theo.

3. Đặc điểm chất lượng kaolin khu Chơn Thành, Bình Phước

3.1. Đặc điểm phân bố thân kaolin

Theo các kết quả nghiên cứu giai đoạn trước, kaolin khu Chơn Thành nằm trong hệ tầng Bà Miêu (N_2bm), diện phân bố của các thân khoáng kaolin chiếm toàn bộ khu vực nghiên cứu (Hình 1) với chiều dày từ 5 m đến >20 m. Mặt cắt của thân khoáng kaolin từ trên xuống dưới gồm: (1) Phần đất phủ gồm cát, bột, sét màu xám nhạt, bở rời, có lẫn ít rễ cây và mùn thực vật, chiều dày trung bình 3 m; (2) Thân khoáng kaolin gồm các lớp kaolin mịn nén chặt xen kẽ với các lớp kaolin chứa cát bột. Phần sát đáy gồm cát hạt thô đến trung bình chứa cuội sỏi thạch anh màu trắng xám, tròn cạnh. Chiều dày thân kaolin dao động từ 1,2÷25,9 m, trung bình là 11 m (Nguyễn Minh Hồng và nnk, 2003; Nguyễn Ngọc Hải và nnk, 2018).



Hình 1. Sơ đồ địa chất vùng thị trấn Chơn Thành, tỉnh Bình Phước (Bản đồ được biên tập lại theo Ma Công Cọ và nnk, 1998; Lê Minh Thủy và nnk, 2002).

3.2. Đặc điểm thành phần khoáng vật

Kaolin khu Chơn Thành là sản phẩm phong hóa từ đá pegmatit hạt vừa đến lớn. Kaolin có màu trắng đục xen các đám, ổ màu vàng nhạt, ít đốm, vệt mỏng màu nâu sẫm do nhiễm hydroxyt sắt. Phần trên mức độ phong hoá mạnh mẽ, mềm bở làm biến dạng cấu trúc ban đầu. Mức độ phong hóa giảm dần theo chiều sâu. Kaolin hạt mịn, chặt sít, lẫn các ổ cát bột, ở phần dưới xen kẽ một vài lớp cát lẫn cuội sỏi thạch anh tròn cạnh, màu trắng, trắng sữa, phần sát đáy có tỷ lệ cát, cuội sỏi tăng lên. Kết quả phân tích XRD các mẫu kaolin khu vực nghiên cứu (Bảng 1) cho thấy thành phần khoáng vật quặng kaolin gồm chủ yếu thạch anh (40,5%), kaolinit (37,9%), hydromica (9,1%), felspat (5%) và ít hơn là clorit (3,5%), montmorilonit (~1%).

Kết quả phân tích nhiệt cho thấy, kaolin khu vực nghiên cứu có thành phần khoáng vật chủ yếu là kaolinit (37,8%), hydromica (8,7%), clorit (1,9%). Như vậy, kết quả phân tích khoáng vật theo phương pháp XRD và phân tích nhiệt khá tương đồng, kaolin gồm chủ yếu các khoáng vật kaolinit, hydromica, clorit, thạch anh, felspat và ít monmorilonit.

Bảng 1. Thống kê kết quả phân tích XRD mẫu kaolin khu Chơn Thành.

TT	Số hiệu mẫu	Thành phần khoáng vật (%)					
		Kaolinit	Hydromica	Clorit	Thạch anh	Felspat	Khoáng vật khác
1	31.1	48	10	5	30	5	
2	31.2	52	7	ít	32	<5	
3	31.3	30	9	5	45	5	
4	31.4	31	9	ít	47	<5	
5	31.5	40	10	ít	40	5	
6	33.1	42	10	5	35	5	
7	33.2	43	10	<5	35	<5	Monmorilonit
8	33.3	40	8	ít	40	<5	
9	33.4	35	8	5	43	<5	
10	33.5	34	8	5	45	<5	
11	33.6	32	7	<5	45	5	
12	33.7	29	12	<5	47	5	Monmorilonit
13	33.8	37	10	5	43	<5	Monmorilonit
Trung bình		37,9	9,1	3,5	40,5	5	

3.3. Đặc điểm thành phần hóa học

Kết quả phân tích hóa mẫu kaolin khu Chơn Thành cho thấy, thành phần hóa học của kaolin nguyên khai gồm: SiO_2 (81%), TiO_2 (0,65%), Al_2O_3 (12,13%), Fe_2O_3 (0,98%), MKN (4,05%). Kaolin với hàm lượng các oxyt như trên chưa đáp ứng được yêu cầu sản xuất gốm sứ. Do độ hạt của kaolin nhỏ hơn các tạp chất khác trong quặng, để nâng cao chất lượng khoáng sản kaolin khu Chơn Thành, quặng kaolin được đưa vào nghiền, tách lọc qua các cỡ rây khác nhau (0,25; 0,1; 0,05mm). Kết quả thu hồi kaolin lọc qua 03 cỡ rây giảm dần (Bảng 2) cho thấy, tỷ lệ thu hồi kaolin và hàm lượng các oxit SiO_2, Fe_2O_3 tỷ lệ thuận với kích thước mắt sàng, trong khi hàm lượng các Al_2O_3 tăng lên. Chất lượng kaolin lọc đạt tốt nhất ở cỡ rây 0,1mm với tỷ lệ thu hồi trung bình 60%, ứng với hàm lượng Al_2O_3 =23,22% và Fe_2O_3=0,98%.

Bảng 2. Tỷ lệ thu hồi và hàm lượng các oxyt trong kaolin lọc khu Chơn Thành.

Loại mẫu	Độ thu hồi (%)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	TiO_2 (%)	MKN (%)
Nguyên khai	100	81,00	12,13	0,98	0,65	4,05
< 0,25 mm	69,8	69,43	19,83	1,39	0,98	6,71
< 0,1 mm	60,6	60,60	23,22	0,98	1,45	7,81
< 0,05 mm	51,5	51,50	22,93	0,99	1,08	7,71

Kết quả phân tích mẫu quang phổ cho thấy, thành phần 16 nguyên tố vi lượng được xác định có mặt trong quặng với hàm lượng rất nhỏ, hàm lượng các nguyên tố này đều nằm trong giới hạn cho phép về chỉ tiêu sử dụng kaolin cho các lĩnh vực sản xuất công nghiệp (Nguyễn Minh Hồng và nnk, 2003).

3.4. Tính chất cơ lý, kỹ thuật của kaolin

Kaolin khu vực nghiên cứu màu xám trắng đến trắng sữa, đôi chỗ có màu xám phớt xanh. Một số đặc tính cơ lý của các mẫu kaolin nguyên khai trung bình theo công trình được trình bày ở Bảng 3 bên dưới. Qua quá trình tuyển lọc qua cỡ rây 0,1 mm độ trắng được tăng lên đáng kể, đạt từ 53 đến 69%.

Bảng 3. Tính chất cơ lý mẫu kaolin vùng nghiên cứu.

Công trình	Khoảng cách		Thông số cơ lý				
	Từ (m)	Đến (m)	Thể trọng tự nhiên (tấn/m^3)	Độ ẩm (%)	Thể trọng khô (tấn/m^3)	Độ rỗng (%)	Tỷ trọng (tấn/m^3)
G.4	2,0	2,2	57,30	1,12	28,73	1,29	10,47
G.3	1,8	2,0	59,24	1,00	27,36	1,23	9,62
G17	2,0	2,2	59,84	1,06	26,96	1,10	9,49

Để đánh giá khả năng sử dụng của kaolin khu Chơn Thành, nguyên liệu kaolin thu hồi dưới rây 0,1 mm được tiến hành sản xuất gốm sứ thử nghiệm. Phối liệu kaolin và các hợp chất được quay ly tâm với mục đích trộn đều rồi đưa vào đổ khuôn tạo hình bằng phương pháp hồ đổ rót. Sau khi lấy sản phẩm ra khỏi khuôn sản phẩm được hoàn chỉnh lại (chỉnh hình) sao cho sản phẩm đẹp, bóng nhẵn rồi tiến hành phơi, sấy ở nhiệt độ trung bình từ $40 \div 45^0$C. Sản phẩm đã sấy khô được chuyển sang phần trang trí bao gồm các khâu khắc, vẽ, chấm men theo thiết kế, và được đưa vào lò nung ở nhiệt độ trên 1.000^0C trong

thời gian đến 12 giờ, để nguội tự nhiên và được phân tích kiểm tra các thông số, đặc tính kỹ thuật (Bảng 4).

Bảng 4. Đặc điểm chất lượng sản phẩm sứ mỹ nghệ sản xuất thử.

Mẫu	Chỉ tiêu				Nhận xét
	Âm thanh	Bề mặt	Hình dạng	Khuyết tật	
Mẫu 1	Thanh trong	Mịn, láng bóng, không rạn nứt	Không biến dạng, méo mó	không	Rất tốt
Mẫu 2	Thanh trong	Mịn, láng bóng, không rạn nứt	Không biến dạng, méo mó	không	Tốt

Tổng hợp các kết quả phân tích sản phẩm thử nghiệm (Bảng 4) cho thấy, nguyên liệu kaolin thu hồi sau tuyển lọc qua rây 0,1 mm có chất lượng hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu đối với nguyên liệu cho công nghiệp gốm sứ dân dụng và mỹ nghệ.

4. Khả năng thu hồi khoáng sản cát đi kèm

4.1. Đặc điểm chất lượng khoáng sản cát đi kèm

Khoáng sản cát thạch anh được thu hồi trong quá trình tuyển lọc cùng với kaolin. Lượng cát còn lại trên rây 0,1 mm chiếm tỷ lệ khá cao với hàm lượng SiO_2 đạt trên 96%. Đây là loại cát thạch anh hạt mịn đến trung bình, màu xám trắng có thể sử dụng trực tiếp làm cát xây dựng hay cát phụ gia xi măng. Cát có thành phần chủ yếu là thạch anh tròn cạnh đến bán tròn cạnh, rất ít felspat (Hình 2).



Hình 2. Cát trên rây 0.1mm thu hồi trong quá trình tuyển lọc kaolin.

Kết quả phân tích độ hạt của các mẫu cát thu hồi được cho thấy cấp hạt trên rây 0,14 mm chiếm tỷ lệ khá lớn, trung bình 87%. Tỷ lệ cát sót sàng trên rây 0,1 mm trung bình đạt 98,1%; hàm lượng bột, sét được rửa trôi theo kaolin nên chiếm tỷ lệ tương đối thấp, trung bình 1,9%.

Kết quả phân tích hóa học các mẫu cát trên rây 0,1 mm cho thấy hàm lượng trung bình các oxit (Bảng 5) như sau: SiO_2:96,93%, Al_2O_3:0,49%, Fe_2O_3:1,99%, TiO_2:0,30%, và MKN:0,02%.

Bảng 5. Thành phần hóa học cát trên rây 0,1 mm.

STT	Số hiệu mẫu	Khoảng cách (m)			Thành phần hóa học (%)					
		Từ	Đến	Dài	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MKN	Tổng
1	31,1	2,0	4,5	2,5	97,28	0,30	0,68	1,60	0,04	99,90
2	31,2	4,5	7,0	2,5	96,72	0,28	0,84	1,63	0,03	99,50
3	31,3	7,0	9,5	2,5	97,14	0,30	0,46	1,82	0,00	99,72
4	31,4	9,5	12,3	2,8	96,80	0,32	0,52	2,30	0,00	99,94
5	31,5	12,3	15,0	2,7	97,22	0,30	0,65	1,80	0,00	99,97
6	33,1	2,0	4,0	2,0	96,26	0,30	0,89	1,51	0,20	99,16
7	33,2	4,0	6,0	2,0	96,50	0,30	0,24	2,07	0,00	99,11
8	33,3	6,0	8,5	2,5	97,32	0,27	0,27	2,07	0,00	99,93
9	33,4	8,5	11,0	2,5	96,52	0,28	0,19	2,70	0,00	99,69
10	33,5	11,0	13,5	2,5	97,08	0,28	0,41	2,19	0,00	99,96
11	33,6	13,5	16,0	2,5	96,98	0,35	0,21	2,36	0,00	99,90
12	33,7	16,0	18,0	2,0	96,94	0,35	0,69	1,97	0,04	99,99
13	33,8	18,0	19,2	1,2	97,36	0,32	0,38	1,91	0,00	99,97
Trung bình					96,93	0,30	0,49	1,99	0,02	99,75

Qua kết quả phân tích quang phổ bán định lượng, thành phần các nguyên tố vi lượng tương đối nhỏ (Bảng 6), không có khả năng thu hồi trong điều kiện khoa học công nghệ hiện tại, không ảnh hưởng đến sức khỏe con người khi được sử dụng.

Bảng 6. Tổng hợp kết quả phân tích các nguyên tố vi lượng.

	Nguyên tố vi lượng (%)							
	Mg	Ca	V	Mn	Ni	Cr	Mo	Sn
Nhỏ nhất	0,15	0,05	0,010	0,001	0,002	0,005	0	0.0003
Lớn nhất	0,50	0,10	0,015	0,005	0,002	0,010	0,0002	0,0003
Trung bình	*0,26*	*0,06*	*0,015*	*0,002*	*0,002*	*0,008*	*0,0002*	*0,0003*
	Nguyên tố vi lượng (%)							
	Cu	Ag	Pb	Ga	Nb	Zr	Y	Yb
Nhỏ nhất	0,003	0,00001	0,002	0,0005	0,001	0,010	0,002	0,0002
Lớn nhất	0,003	0,00001	0,010	0,0015	0,001	0,030	0,003	0,0002
Trung bình	*0,003*	*0,00001*	*0,005*	*0,0011*	*0,001*	*0,020*	*0,002*	*0.0002*

Tổng hợp kết quả phân tích cơ lý cho thấy các mẫu cát có modul độ lớn: 1,65÷1,79, trung bình 1,73; góc nghỉ khi ướt: 30°06'÷31°48', trung bình 30°86'; khối lượng riêng trung bình 2,68 g/cm3; hệ số nở rời từ 1,23 đến 1,33; trung bình là 1,28. Khi so sánh với tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 7075:2006), cát trên rây 0,1 mm là loại cát mịn, có tính cơ lý đáp ứng yêu cầu làm vữa xây dựng và làm cốt liệu sản xuất bê tông (đối với cát dùng làm cốt liệu cho bê tông cấp B15-B30 chế tạo vữa M ≥ 7,5) có thể khai thác phục vụ nhu cầu xây dựng các công trình công nghiệp và dân dụng.

5. Kết luận

Các kết quả nghiên cứu chính của công trình này có thể được tổng hợp lại như sau:

- Khoáng sản kaolin nằm trong hệ tầng Bà Miêu (N_2bm) có diện phân bố hầu khắp khu vực Chơn Thành, tỉnh Bình Phước. Mặt cắt của hệ tầng từ trên xuống dưới gồm: (1) Phần đất phủ gồm cát, bột, sét với chiều dày trung bình 3 m; (2) Thân khoáng kaolin có chiều dày dao động từ 1,2÷25,9 m, trung bình khoảng 11 m. Kaolin khu vực nghiên cứu có thành phần khoáng vật, hóa học, độ hạt và tính chất công nghệ đạt yêu cầu làm nguyên liệu cho công nghiệp gốm sứ dân dụng và mỹ nghệ.

- Trong quá trình tinh lọc để thu hồi kaolin dưới rây 0,1 mm. Lượng cát còn lại trên rây 0,1 mm chiếm tỷ lệ khá cao, có hàm lượng SiO_2 > 96%. Thành phần độ hạt, cơ lý, hoá học của cát thu hồi trên rây 0,1 mm hoàn toàn đáp ứng yêu cầu làm vữa xây dựng và làm cốt liệu sản xuất bê tông theo TCVN 7570:2006.

Tài liệu tham khảo

Lê Minh Thủy, 2002. *Báo cáo thông tin kết quả lập bản đồ địa chất và khoáng sản nhóm tờ Chơn Thành – Đồng Xoài, tỉ lệ 1:50.000.* Lưu trữ Liên đoàn bản đồ địa chất Miền Nam.

Ma Công Cọ và những người khác., 1998. *Báo cáo kết quả về tiềm năng và quy hoạch khai thác khoáng sản tỉnh Bình Phước, tỉ lệ 1: 50.000.* Lưu trữ Sở khoa học công nghệ tỉnh Bình Phước.

Nguyễn Minh Hồng và nnk, 2003. *Báo cáo kết quả thăm dò mỏ kaolin Bàu Đông Lan, Chơn Thành, Bình Phước*. Lưu trữ Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Bình Phước.

Nguyễn Ngọc Hải và nnk, 2018. *Báo cáo tổng hợp và tính trữ lượng cát làm vật liệu xây dựng trong phạm vi giấy phép khai thác số 06/GP-BTNMT mỏ Kaolin Bàu Đông Lan, thị trấn Chơn Thành, tỉnh Bình Phước*. Trung tâm thông tin lưu trữ và Bảo tàng Địa chất.

Nguyễn Thị Thanh Thảo, Đặng Thành Luân, 2019. *Đặc điểm chất lượng và khả năng sử dụng kaolin khu Nà Thức, Đại Từ, Thái Nguyên để sản xuất gốm sứ. Tài nguyên & Môi trường*, 03 (305), 19-21.

Nguyễn Thị Thanh Thảo, Nguyễn Tiến Dũng, Phan Viết Sơn, Chu Ngọc Tuyến, Hồ Mạnh Cường, 2022. Đặc điểm chất lượng và tiềm năng tài nguyên quặng kaolin-felspat khu vực Nậm Phang, Hà Giang. *Hội nghị toàn quốc Khoa học trái đất và Tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD 2022)*, 362-367.

Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 7570:2006: Cốt liệu cho bê tông và vữa (yêu cầu kỹ thuật).

ABSTRACT

Quality characteristics of kaolin in Chon Thanh, Binh Phuoc and the potential recovery of accompanying sand mineral

Nguyen Thi Thanh Thao[1], Phan Viet Son[1], Tran Xuan Tuan[2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Trung Thanh Joint Stock Company*

The kaolin ore, which is found in Chon Thanh, Binh Phuoc province, originates from sedimentary deposits, with kaolin mineral bodies located entirely within the lower section of the Ba Mieu formation. The ore bodies form horizontal layers of significant thickness beneath a thin weathered cover. The kaolin ore is various in color from white to milky white, with some areas having a light grayish-blue tint. The main mineral components of the kaolin ore include kaolinite, quartz, chlorite, feldspar, and small amounts of montmorillonite. Based on the chemical composition and technical-technological properties, kaolin ore meets the quality requirements for use as raw material in various sectors of the ceramic industry. During processing, the material passing through a 0.1 mm sieve shows that the product has a high quartz content, and SiO_2 content exceeding 96%. This product mainly comprises quartz, leading to SiO_2 content exceeding 96%. The particle size distribution, physical properties, and silica content of the sand recovered meet the standards for use in construction mortar and concrete aggregate following the TCVN 7570:2006.

Keywords: Kaolin ore; ceramics; accompanying sand; concrete; Chon Thanh, Binh Phuoc province.

Nhận định ban đầu về tiềm năng quặng đất hiếm kiểu hấp phụ ion khu vực Muanghiam, tỉnh Houaphan, nước CHDCND Lào

Lưu Công Trí[1], Trịnh Đình Huấn[1], Bùi Hoàng Bắc[2,*], Hoàng Văn Dũng[1]
[1]*Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm*
[2]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Đất hiếm kiểu hấp phụ ion là một loại hình đất hiếm đặc trưng được thành tạo trong lớp vỏ phong hóa các đá xâm nhập và phun trào có thành phần axit-kiềm trong điều kiện khí hậu cận nhiệt đới. Kết quả đo vẽ lập bản đồ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:200.000 vùng phía Bắc nước CHDCND Lào trước đây đã khoanh định được các thành tạo xâm nhập axit có nhiều đặc điểm thạch địa hóa tương đồng với các đá granitoid khu vực Tây Bắc Nghệ An, Việt Nam, nơi mà có điều kiện thuận lợi tạo nên lớp vỏ phong hóa có chứa loại hình quặng đất hiếm kiểu hấp phụ ion. Dựa trên những nghiên cứu gần đây, bài báo giới thiệu một số kết quả mới về đặc điểm quặng hóa đất hiếm trong vỏ phong hóa đá granitoid khu vực Muanghiam, tỉnh Houaphan, CHDCND Lào. Kết quả phân tích ICP-MS cho thấy hàm lượng tổng oxit đất hiếm ở đây dao động từ 0,02÷0,07%, trung bình đạt 0,04%. Đất hiếm tập trung chủ yếu trong đới sản phẩm phong hóa hoàn toàn có bề dày từ 5÷20 m, giàu các khoáng vật sét. Những đặc điểm này khá tương đồng với một số mỏ đất hiếm kiểu hấp phụ ion đã được nghiên cứu gần đây tại Trung Quốc (mỏ Longnan, tỉnh Giang Tây) và Việt Nam (mỏ Bến Đền, tỉnh Lào Cai). Đây là những thông tin quan trọng làm cơ sở cho việc đánh giá tiềm năng quặng đất hiếm kiểu hấp phụ ion vùng Bắc Lào.

Từ khóa: Tiềm năng; đất hiếm hấp phụ ion; vỏ phong hóa; CHDCND Lào.

1. Đặt vấn đề

Đất hiếm kiểu hấp phụ ion (ion-Adsorption Rare Earth Elements) được phát hiện lần đầu tiên vào năm 1969 ở tỉnh Giang Tây, miền nam Trung Quốc và sau đó được công bố trong cuốn "Tuyển tập về các loại hình đất hiếm ngoại sinh" (Chi và Tian, 2008). Theo đó, sự hình thành loại quặng này là do tác động của các yếu tố phong hóa hóa học đối với các đá granitoid và các đá núi lửa với thành phần giàu các nguyên tố đất hiếm trong điều kiện nóng, ẩm, có sự tăng cao của môi trường axit tại những vùng cận nhiệt đới như: Nam Trung Quốc, Bắc Việt Nam và Bắc Lào (Chi và Tian, 2008). Kết quả của các quá trình phong hóa này đã làm giải phóng các nguyên tố đất hiếm ra khỏi đá mẹ và hấp phụ lên bề mặt các khoáng vật sét kaolinit và halloysit (Yang và nnk, 1981; Huang và nnk, 1989; Wu và nnk, 1990; Murakami và Ishihara, 2008).

Các mỏ đất hiếm kiểu hấp phụ ion có đặc trưng là sự tích tụ các nguyên tố đất hiếm trong lớp vỏ phong hóa thường cao gấp từ 2 đến 5 lần so với các nguyên tố đất hiếm có trong đá mẹ và dễ dàng thu hồi chúng trong lớp sét bằng các axit yếu (Wu và nnk, 1990; Bao và Zhao, 2008). Hàm lượng đất hiếm trung bình trong các mỏ kiểu hấp phụ ion dao động trong trong khoảng từ 300÷2.000 ppm, sự thay đổi hàm lượng phụ thuộc vào nguồn cung cấp từ đá mẹ (Wu và nnk, 1996; Bao và Zhao, 2008; Murakami và Ishihara, 2008). Bao và Zhao (2008) đã chỉ ra rằng đá mẹ bị phong hóa thường là các đá granit kiểu I và kiểu S cùng với một số đá granit loại A, và được phân loại chủ yếu vào loạt ilmenit. Hầu hết các granitoid này đá được đặc trưng bởi khoáng vật biotit ± muscovit tập hợp với các ban tinh felspat-K (Huang và nnk, 1989). Do đó, để có thể đánh giá tiềm năng quặng đất hiếm ở một khu vực thì cần phải có sự đánh giá đặc điểm và quy mô lộ diện của các loại hình granitoid tại các vùng nhiệt đới hoặc cận nhiệt đới, nơi diễn ra quá trình phong hóa hóa học mạnh mẽ. Dựa vào đó mới có thể nghiên cứu đầy đủ đặc điểm và bản chất của loại hình quặng đất hiếm hấp phụ ion.

Tại khu vực Bắc Lào, nhiệt độ trung bình hằng năm là 27^{o}C và lượng mưa hằng năm là khoảng 1.834 mm (FAO, 2003). Khí hậu ẩm ướt đã làm tăng tốc độ phong hóa hóa học các đá granitoid ở khu vực Muanghiam, tỉnh Houaphan, Bắc Lào. Do quan hệ tiếp xúc địa chất, đá granit loạt ilmenit đã liên kết với các tập trầm tích tuổi Devon phân bố ở Bắc và Trung Lào (DGM, 1991) tạo nên một diện tích tiềm năng

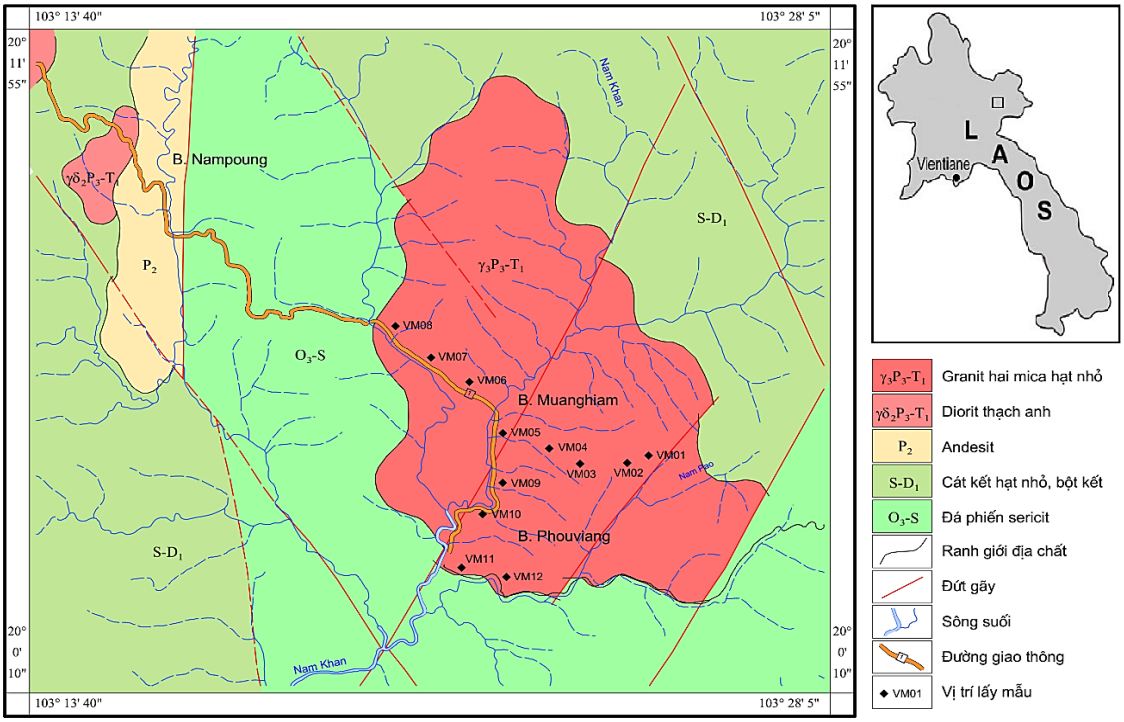
* *Tác giả liên hệ*
Email: buihoangbac@humg.edu.vn

về loại hình quặng đất hiếm kiểu hấp phụ ion. Bài viết này nhằm giới thiệu những kết quả mới về hàm lượng quặng đất hiếm tại khu vực Muanghiam, tỉnh Houaphan, CHDCND Lào và đưa ra một số nhận định ban đầu về tiềm năng quặng hóa, nhằm phục vụ cho các công tác tìm kiếm - thăm dò quặng đất hiếm kiểu hấp phụ ion trong khu vực.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đặc điểm các thành tạo magma xâm nhập khu vực nghiên cứu

Kết quả đo vẽ lập bản đồ địa chất khoáng sản tỷ lệ 1:200.000 vùng Bắc Lào (Trần Văn Bạn và nnk, 2007) cho thấy, tại khu vực huyện Muanghiam, tỉnh Houaphan xuất hiện các thành tạo magma xâm nhập tuổi P_3-T_1 có kích thước khác nhau, thành phần dao động từ diorit, granodiorit đến granit. Trong đó có 03 khối kích thước lớn nhất là: khối Muang Meung - Muang Tonpheung - Muang Sa, khối Sasok, khối Muanghiam, và một số thể nhỏ phân bố rải rác trong phạm vi toàn khu vực.



Hình 1. Sơ đồ địa chất vùng nghiên cứu và vị trí lấy mẫu (Thành lập theo tài liệu của Trần Văn Bạn và nnk, 2007; có sửa chữa và bổ sung).

Khối xâm nhập Muanghiam lộ ra diện tích khoảng trên 100 km^2 ở trung tâm vùng nghiên cứu thuộc bản Muanghiam, khối có dạng đẳng thước kéo dài theo phương á kinh tuyến (Hình 1). Thành phần thạch học gồm các đá granit biotit ít muscovit hạt vừa lộ ở phần phía bắc khối (tại bản Muanghiam và bản Namsao); granit hai mica hạt nhỏ tới vừa lộ phần phía nam (bản Phouviang). Granit hai mica gặp tại trung tâm bản Muanghiam có cấu tạo khối đặc sít, kiến trúc hạt nửa tự hình. Thành phần khoáng vật của đá gồm thạch anh, felspat kali, plagioclas, ít biotit, các khoáng vật phụ gồm zircon, ilmenit, pyrit, đôi chỗ gặp turmalin, granat. Felspat kali trong đá chiếm 30÷35%, thường là orthoclas bị sét hóa, kaolin hóa, rất ít microclin (Trần Văn Bạn và nnk, 2007). Kết quả phân tích thành phần các nguyên tố hiếm - vết (Qian và nnk, 2019) cho thấy granit khu vực Bắc Lào (bao gồm diện tích nghiên cứu) giàu hàm lượng các nguyên tố đất hiếm nhóm nhẹ (La, Ce, Nd). Đây là những điều kiện tương đối thuận lợi để hình thành nên lớp vỏ phong hóa có chứa quặng đất hiếm kiểu hấp phụ ion.

Bao quanh các khối xâm nhập Muanghiam là các thành tạo trầm tích biến chất tuổi Ordovic muộn - Devon sớm gồm chủ yếu là đá phiến sericit màu xám đen, cát kết dạng quarzit, cát bột kết tuổi O_3-S, cát kết hạt nhỏ đến vừa, bột kết, đá phiến sét màu xám đen tuổi S-D_1. Hệ thống đứt gãy phương đông bắc – tây nam phát triển mạnh mẽ trong khu vực nghiên cứu, trong đó có một số đứt gãy tại bản Muanghiam đóng vai trò là ranh giới kiến tạo giữa khối xâm nhập P_3-T_1 với các đá vây quanh.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Để thực hiện nghiên cứu này, tập thể tác giả đã sử dụng một số phương pháp sau: 1 - Tổng hợp và phân tích các tài liệu về cấu trúc địa chất và magma khu vực Bắc Lào (trong đó có diện tích nghiên cứu), 2 - Khảo sát thực địa và lấy mẫu, 3 - Gia công và phân tích mẫu, 4 - Luận giải kết quả phân tích mẫu, 5 - Phương pháp mô hình hóa.

Công tác khảo sát thực địa được tiến hành tại một số vị trí vết lộ trong khối xâm nhập Muanghiam, huyện Muanghiam, tỉnh Houaphan, CHDCND Lào. Mẫu được lấy theo dạng mẫu rãnh điểm với khoảng cách điểm trên rãnh là 50 cm, mỗi rãnh lấy 04 điểm. Trọng lượng của mẫu tại mỗi điểm dao động từ 3÷5 kg. Các điểm mẫu trong cùng một rãnh sau khi lấy sẽ được trộn đều và chia đối đỉnh rút gọn xuống 3 kg/mẫu đem về phân tích. Các mẫu được kiểm tra nhanh tại thực địa trước khi chuyển về phòng phân tích.

Công tác phân tích mẫu được tiến hành tại Phòng phân tích thuộc Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm, sử dụng phương pháp phân tích ICP-MS được thực hiện trên thiết bị Agilent 7700x với các thông số chính: công suất cao tần 1.550 W, độ sâu mẫu 8 mm, khí tạo plasma 15L/phút, áp suất chân không 1.10^{-4}-2.10^{-3} Pa, thời gian đo cho một chỉ tiêu là 0,09 giây, số lần đo lặp là 3. Kết quả phân tích thành phần các nguyên tố đất hiếm trong vỏ phong hóa sẽ được chuẩn hóa theo Chondrite và đối sánh với các thông số thạch địa hóa đá gốc nhằm nhận định nguồn gốc tạo quặng.

Phương pháp mô hình hóa: Thông qua việc khảo sát các vết lộ dọc tuyến lộ trình địa chất, tập thể tác giả tiến hành thành lập một số mặt cắt nhằm đánh giá bề dày lớp vỏ phong hóa khu Muanghiam và xây dựng mô hình phân bố đới chứa quặng đất hiếm kiểu hấp phụ ion trong lớp vỏ phong hóa đá granit. Bên cạnh đó, thông qua những mặt cắt cũng cho thấy sự ảnh hưởng của các yếu tố địa hình, địa mạo trong quá trình bảo tồn các thân quặng đất hiếm kiểu hấp phụ ion.

3. Kết quả và thảo luận

Quá trình khảo sát tại vết lộ tại thực địa cho thấy: Lớp vỏ phong hóa vùng Muanghiam phát triển trên nền các đá granit biotit hạt vừa đến thô, sáng màu, tuổi P_3-T_1, (Hình 1). Mặt cắt vỏ phong hóa gồm 04 đới (Hình 4) từ trên xuống như sau: 1 - Đới phong hóa hoàn toàn; 2 - Đới phong hóa mạnh; 3 - Đới bán phong hóa; 4 - Đá gốc. Trên tuyến lộ trình địa chất chủ yếu gặp đới phong hóa hoàn toàn và phong hóa mạnh. Đới bán phong hóa và đá gốc bắt gặp tại một số vị trí. Đới phong hóa hoàn toàn có màu xám vàng, xám trắng, trạng thái bở rời, độ ẩm thấp; thành phần chủ yếu gồm thạch anh vụn thô, felspat dạng bột mịn màu trắng, khoáng vật phụ (Hình 2a). Đới phong hóa mạnh có màu xám xám trắng, gắn kết yếu đến trung bình, đôi chỗ còn sót lại những mảnh đá granit, độ ẩm thấp; thành phần chủ yếu gồm thạch anh hạt thô, felspat dạng ban tinh rời rạc, biotit dạng vảy nhỏ, khoáng vật phụ. Đới bán phong hóa thường là những thể granit không còn tươi phân bố ngay phía dưới đới phong hóa mạnh, đá đã bị thay đổi màu sắc và kết cấu bên ngoài do ảnh hưởng của phong hóa vật lý. Như vậy có thể nhận thấy đới sản phẩm phong hóa (bao gồm phong hóa hoàn toàn và phong hóa mạnh) có thành phần chủ yếu là felspat dạng bột hoặc ban tinh gắn kết yếu màu trắng, thạch anh hạt vụn đến thô, khoáng vật phụ gồm zircon, ilmenit, turmalin (Hình 2b).



Hình 2. a - Khảo sát thực địa và lấy mẫu vết lộ VM05; b - Thành phần vật chất đới phong hóa vết lộ VM05.

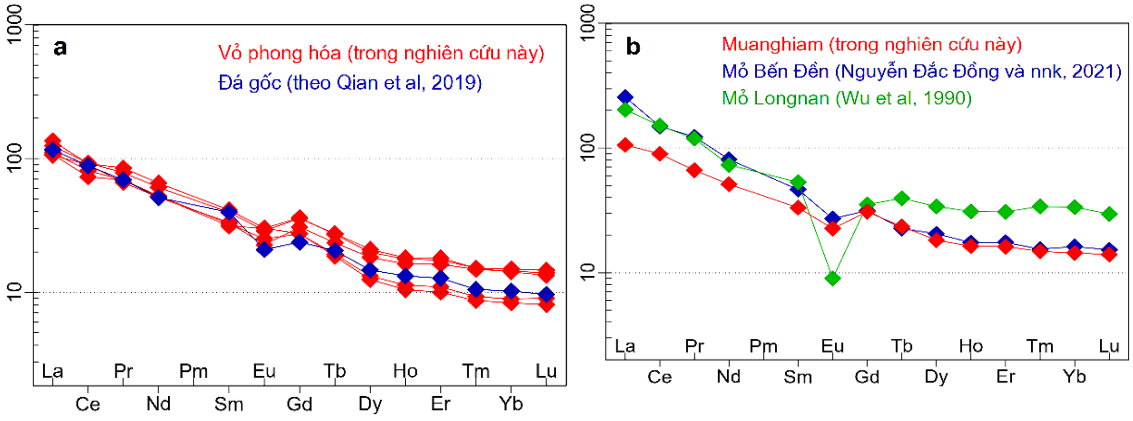
Kết quả phân tích 12 mẫu đất hiếm (số hiệu từ VM1 đến VM12) được lấy trong đới phong hóa mạnh và phong hóa hoàn toàn tại các vết lộ dọc taluy dương của đường tỉnh lộ khu vực Muanghiam (Hình 1) cho thấy: Tổng oxit đất hiếm dao động từ 0,02÷0,07%, trung bình đạt 0,04%. Thành phần (ppm) của một số nguyên tố đất hiếm trong tập mẫu như sau: La (32,79÷74,23), Ce (58,96÷179,76), Nd (30,71÷72,73), Sm (6,10÷14,73), Y (18,22÷42,81), Tb (0,88÷2,01), Dy (4,00÷8,69), Yb (1,74÷4,50). Hàm lượng các nguyên tố đất hiếm nhóm nhẹ chiếm 73,37% và nhóm nặng chiếm 26,63%. Các mẫu quặng đạt hàm lượng cao (≥ 0,05%) thường tập trung tại phần chuyển tiếp từ đới phong hóa hoàn toàn sang đới phong hóa mạnh (Hình 4). Trong khi đó, các mẫu lấy trong đới phong hóa hoàn toàn và đới phong hóa mạnh thường có hàm lượng

đạt thấp hơn (từ 0,02÷0,05%). Chuẩn hóa kết quả phân tích theo Chondrite (Hình 3a) cho thấy thành phần (ppm) các nguyên tố đất hiếm trong lớp vỏ phong hóa (phân tích trong nghiên cứu này) hoàn toàn tương đồng với thành phần (ppm) các nguyên tố đất hiếm trong đá granit biotit hạt vừa đến thô (Qian và nnk, 2019). Điều đó chỉ ra rằng quặng đất hiếm khu vực Muanghiam có nguồn gốc từ các đá granit biotit tuổi P_3-T_1 phân bố rộng rãi trong vùng Bắc Lào.

Bảng 1. Thành phần (ppm) các nguyên tố đất hiếm và hàm lượng (%) tổng oxit đất hiếm trong vỏ phong hóa đá granit biotit khu vực Muanghiam, tỉnh Houaphan, CHDCND Lào.

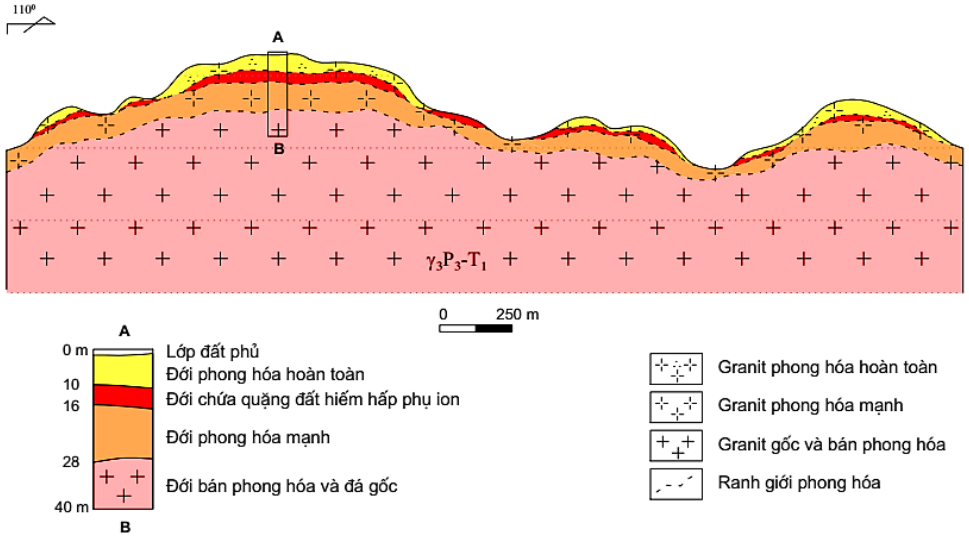
Mẫu	VM01	VM02	VM03	VM04	VM05	VM06	VM07	VM08	VM09	VM10	VM11	VM12
Sc	11,05	14,79	12,55	11,63	12,86	14,00	13,23	12,02	12,88	14,09	12,31	7,99
Y	20,48	27,81	31,35	29,83	18,22	38,36	20,52	31,89	37,41	32,80	42,81	32,34
La	33,31	44,69	41,95	32,79	34,46	52,87	42,76	38,48	48,16	50,70	49,73	74,23
Ce	58,96	73,00	73,93	72,48	65,47	83,21	88,10	74,74	85,19	92,79	77,41	179,76
Pr	8,45	10,63	10,34	8,08	8,44	13,02	10,49	9,56	12,15	12,73	12,44	19,33
Nd	31,45	40,37	39,33	30,71	31,32	48,39	39,17	36,47	44,78	47,04	46,97	72,73
Sm	6,34	8,22	8,03	6,47	6,10	10,24	7,70	7,72	9,36	9,81	10,13	14,73
Eu	1,84	2,24	2,21	1,66	2,21	2,55	1,70	2,12	2,44	2,45	2,48	3,76
Gd	7,08	9,22	9,33	7,96	7,10	11,60	8,87	9,21	11,00	11,28	11,56	17,36
Tb	0,91	1,27	1,28	1,11	0,88	1,60	1,02	1,30	1,52	1,55	1,71	2,01
Dy	4,26	6,23	6,41	5,86	4,00	8,23	4,43	6,73	7,81	7,50	8,69	7,88
Ho	0,81	1,20	1,27	1,17	0,75	1,56	0,81	1,30	1,50	1,35	1,70	1,27
Er	2,30	3,52	3,66	3,39	2,10	4,58	2,34	3,79	4,35	3,66	4,88	3,41
Tm	0,30	0,48	0,49	0,48	0,28	0,61	0,29	0,49	0,59	0,47	0,68	0,41
Yb	1,86	3,11	3,12	3,00	1,74	3,90	1,94	2,97	3,66	2,88	4,50	2,59
Lu	0,29	0,46	0,47	0,45	0,26	0,58	0,30	0,43	0,54	0,43	0,65	0,34
T. TREO	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05

Ghi chú: 1 - Mẫu được lấy tại lớp vỏ phong hóa đá granit biotit dọc đường tỉnh lộ 1C, huyện Muanghiam, tỉnh Houaphan, nước CHDCND Lào; 2- Gia công, phân tích tại Phòng Phân tích Thí nghiệm, Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm.



Hình 3. Thành phần các nguyên tố đất hiếm trong vỏ phong hóa vùng Muanghiam so sánh với đá gốc (a) và so sánh với một số mỏ đất hiếm điển hình trong khu vực lân cận (b).

Các mỏ đất hiếm kiểu hấp phụ ion điển hình trên thế giới hiện nay được biết đến nhiều nhất tại một số tỉnh miền nam Trung Quốc (Giang Tây, Hồ Nam, Phúc Kiến, Quảng Đông, Quảng Tây). Các mỏ đang được khai thác có tổng tài nguyên ước tính từ 1 triệu tấn đến hơn 10 triệu tấn (Chi và Tian, 2008). Các khoáng vật sét chứa quặng đất hiếm được thành tạo bên trong lớp vỏ phong hóa chủ yếu từ các đá magma felsic giàu khoáng vật đất hiếm (Huang và nnk, 1989). Mặc dù điều kiện khí hậu của khu vực Bắc Lào và Đông Nam Á tương tự khu vực Nam Trung Quốc, tuy nhiên các khoáng vật sét chứa đất hiếm chỉ được hình thành và bảo tồn tốt tại những nơi có địa hình tương đối thoải, ít bị xâm thực hoặc ảnh hưởng bởi nước mặt và nước ngầm. Các khoáng vật đất hiếm trong đá gốc cần phải có đặc điểm là dễ hoàn tan và phân tán vào các tầng sét (Chi và Tian, 2008).



Hình 4. Mô hình phân bố quặng đất hiếm kiểu hấp phụ ion khu Muanghiam, tỉnh Houaphan, CHDCND Lào.

Theo nghiên cứu trước đây về quặng đất hiếm phong hóa của (Yang và nnk, 1981; Chi và Tian, 2008; Bao và Zhao, 2008), mặt cắt vỏ phong hóa trên nền các đá magma felsic về cơ bản được phân chia thành 04 đới dựa trên mức độ phong hóa và thành phần vật chất. Phần trên cùng là lớp đất phủ (thổ nhưỡng) có thành phần bao gồm chủ yếu là các vật liệu bở rời. Tiếp đến là đới phong hóa (bao gồm phong hóa hoàn toàn ở phần trên và phong hóa mạnh phía dưới) có bề dày dao động từ 5÷10 m tùy theo khu vực; trong đới này, các ion đất hiếm được hấp phụ lên bề mặt các khoáng vật sét (kaolinit, haloysit, smectit) và được làm giàu thêm từ 3÷5 lần so với đá gốc. Đới thứ ba có bề dày lên tới 30 m bao gồm các đá gốc ít bị phong hóa với tỷ lệ các khoáng vật kaolinit chiếm ưu thế. Đới thứ 4 (ở dưới cùng) là đá gốc chưa bị phong hóa, trong thành phần giàu các nguyên tố đất hiếm và các khoáng vật đặc trưng của nhóm sét. Như vậy có thể nhận thấy, thành phần mặt cắt vỏ phong hóa khu vực Muanghiam (Hình 4) hoàn toàn tương đồng với những kết quả nghiên cứu đã được nêu trên. Việc tồn tại lớp vỏ phong hóa có bề dày lớn là một trong các tiêu chí quan trọng trong việc nhận định và đánh giá tiềm năng về quặng đất hiếm kiểu hấp phụ ion.

Các mỏ đất hiếm trong vỏ phong hóa thường chứa hàm lượng quặng thấp hơn so với các loại hình mỏ đất hiếm khác (hàm lượng đất hiếm trong các mỏ hấp phụ ion dao động phổ biến từ 0,03÷0,2% tổng oxit đất hiếm) (Chi và Tian, 2008; Bao và Zhao, 2008). Tuy nhiên chúng có ưu thế là phân bố trên diện tích rộng, chi phí thăm dò và khai thác thấp. Điều đặc biệt là hàm lượng uran, thori trong quặng tương đối thấp, ít gây ảnh hưởng đến môi trường trong quá trình khai thác. Kết quả công tác đo vẽ lập bản đồ địa chất và tìm kiếm khoáng sản tỷ lệ 1:200.000 khu vực Bắc Lào (Trần Văn Bạn và nnk, 2007) cho thấy trong khu vực này có sự phân bố của nhiều khối xâm nhập granit kích thước lớn (trong đó khối granit Muanghiam có diện tích lên đến 120 km^2). Hàm lượng đất hiếm trong vỏ phong hóa khu vực Muanghiam (theo kết quả phân tích từ nghiên cứu này) dao động từ 0,02÷0,07% (trung bình đạt 0,04%). Khi so sánh thành phần quặng đất hiếm trong vỏ phong hóa tại khu vực Muanghiam với kết quả nghiên cứu một số mỏ đất hiếm kiểu hấp phụ ion điển hình trong khu vực lân cận (Hình 3b) cho thấy có sự gần gũi về thành phần và hàm với mỏ đất hiếm Bến Đền vùng Tây Bắc Việt Nam (Nguyễn Đắc Đồng và nnk, 2021) và mỏ đất hiếm Longnan, tỉnh Giang Tây, Nam Trung Quốc (Wu và nnk, 1990).

4. Kết luận

Quặng đất hiếm kiểu hấp phụ ion vùng Muanghiam có hàm lượng trung bình đạt 0,04% (tổng oxit đất hiếm), đất hiếm nhóm nhẹ chiếm 73,37%, đất hiếm nhóm nặng chiếm 26,63%. Các chỉ số về thành phần quặng khá tương đồng với mỏ đất hiếm Longnan (Nam Trung Quốc) và mỏ đất hiếm Bến Đền (Tây Bắc Việt Nam). Quặng được hình thành bên trong lớp vỏ phong hóa đá granit biotit hạt vừa đến thô, tuổi P_3-T_1 phân bố rộng rãi trong khu vực tỉnh Houaphan, Bắc Lào.Với điều kiện khí hậu, địa hình địa mạo thuận lợi cho việc hình thành và phát triển lớp vỏ phong hóa dày, kết hợp với những thông số quặng hóa gần gũi với những mỏ đất hiếm kiểu hấp phụ ion điển hình trong khu vực lân cận cho thấy vùng Muanghiam có nhiều tiềm năng quặng đất hiếm kiểu hấp phụ ion.

Tài liệu tham khảo

Bao, Z., and Zhao, Z., 2008. Geochemistry of mineralization with exchangeable REY in the weathering crusts of granitic rocks in South China. *Ore Geology Review*, 33, 519-535.

Chi, R., and Tian, J., 2008. Weathered crust elution deposited rare earth ores. *Nova Science Publishers*, New York, USA.

DGM (Department of Geology and Mine, Lao P.D.R.), 1991. Geological and Mineral Occurrence Map. 1:100,000 scale. *British Geological Survey and Department of Geology and Mines.*

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations Office), 2003. AQUASTAT 2003.

Huang, D., Wu, C., and Han, J., 1989. REE geochemistry and mineralization characteristics of the Zudong and Guanxi granites, Jaingxi Province. *Acta Geology Sinica*, 2, 139-157.

Murakami, H., and Ishihara, S., 2008. REE mineralization of weathered crust and clay sediment on granitic rocks in the Sanyo belt, SW Japan and Southern Jiangxi province, China. *Resource Geology*, 58, 373-401.

Nguyễn Đắc Đồng (chủ biên) và nnk, 2021. *Báo cáo kết quả thăm dò khoáng sản quặng đất hiếm, khu vực Bến Đền, huyện Bảo Thắng, tỉnh Lào Cai.* Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.

Qian, X., Wang, Y., Zhang, Y., Senebouttalath, V., Zhang, A., He, H., 2019. Petrogenesis of Permian - Triassic felsic igneous rocks along the Truong Son zone in northern Laos and their Paleotethyan assembly. *Lithos*, 328-329, 101-114.

Trần Văn Bạn (chủ biên) và nnk, 2007. *Báo cáo điều tra khoáng sản và lập bản đồ địa chất vùng Bắc Lào tỷ lệ 1:200.000.* Lưu trữ Liên đoàn Intergeo.

Wu, C., Huang, D., and Guo, Z., 1990. REE geochemistry in the weathered crust of granites, Longnan area, Jiangxi province. *Acta Geology Sinica*, 3, 193-210.

Wu, C., Yuan, Z., and Bai, G., 1996. Rare earth deposits in China. In Jones, A.P., Wall, F., and Williams, C.T., eds., Rare Earth Minerals: Chemistry origin and ore deposits (*The Mineralogical Society Series*, 7), Chapman & Hall, 281-310.

Yang, Y., Hu, Z., and Luo, Z., 1981. Geological characteristics of ion - adsorption type rare earth deposits and their prospecting direction. *Geological Sciences*, 1, 102-118 (in Chinese with English abstract).

ABSTRACT

The initial assessment of the ore potential for ion-adsorption rare earth in the Muanghiam area, Houaphan Province, Lao PDR

Luu Cong Tri[1], Trinh Dinh Huan[1], Bui Hoang Bac[2], Hoang Van Dung[1]
[1]*Radioactive and Rare Minerals Division*
[2]*Hanoi University of Mining and Geology*

Ion-adsorption rare earth ore is formed in the weathering crust of intrusive and extrusive rocks with acidic-alkaline compositions under subtropical climatic conditions. The results of geological mapping and mineral investigation at a 1:200,000 scale in northern Lao PDR have previously outlined intrusive formations with acidic compositions, sharing many geochemical characteristics with granitoid rocks from the Northwest of Nghe An province, Vietnam, where conditions favor the creation of weathered crust containing ion-adsorption rare earth ore. Based on recent study results, this manuscript introduces some new findings about the rare earth mineralization in the weathered crust of granitoid rocks in the Muanghiam area, Houaphan Province, Lao PDR. ICP-MS analysis shows that the total rare earth oxide content ranges from 0.02÷0.07%, with an average of 0.04%. Rare earth elements are primarily concentrated in a fully weathered zone, which is rich in clay minerals and has a thickness of 5÷20 meters. These characteristics are similar to some ion-adsorption rare earth deposits recently studied in China (Longnan Mine, Jiangxi Province) and Vietnam (Ben Den Mine, Lao Cai Province). These findings are crucial information that forms the basis for evaluating the potential of ion-adsorption rare earth ore in northern Laos.

Keywords: Ore potential; ion-adsorption rare earth minerals; weathered crust; Lao PDR.

Results on mineralogy and geochemistry of rare earth elements in the Dong Pao deposit and the orientation of Vietnam's rare earth industry

Tinh Thanh Bui[1,2*]; Yasushi WATANABE[1]; Khang Quang Luong[2]
[1]*Graduate School of International Resource Sciences, Akita University, Akita, 010-0852, Japan;*
[2]*Department of Prospecting and Exploration Geology, Hanoi University of Mining and Geology, No.14 Vien Street, Duc Thang, Bac Tu Liem, Hanoi, Vietnam;*

ABSTRACT

Dong Pao is one of the largest deposits in the Northern part of Vietnam with 60 orebodies of rare earths have been discovered. After 13 years since it was explored, the deposit has not yet come into operation. Meanwhile, the demand for the utilization of rare earth elements (REE) in green energy applications for sustainable development is increasing. This study provides some results about REE mineralogy and geochemical composition of REE ores in three large bodies, F.3, F.7, and F.9, and proposes strategies for developing Vietnam's rare earth industry. Samples were collected from three orebodies, including core and outcrop-vein samples. X-ray diffraction, Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive Spectroscopy, Electron Micro Probe Analyzer, and Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry were used to identify mineral assemblages and provided quantitative geochemical data for REE in each sample. Research results show that the main REE-bearing mineral in ore samples F.7 and F.9 is bastnasite, and the total concentrations of REE are 131,188 ppm and 39,700 ppm, respectively. The ore sample F.9 has a high concentration of heavy rare earth elements (up to 4,958 ppm). Synchysite is the main REE-bearing mineral in ore sample F.3, with 15,048 ppm of the total concentration of REE. These results are important data for further research to enhance effective mining in the future and management of mineral resources. Vietnam should focus on systematic exploration and value-added strategies in its REE industry, shifting from raw material exports to establishing an indigenous industry for REE intermediates and green energy products. To achieve this, Vietnam must invest in research and development, attract foreign investments and talent, and implement policies prioritizing domestic industries in the REE sector.

Keywords: Rare earth elements (REE); REE ores; REE industry; Dong Pao deposit; Lai Chau Province.

1. Introduction

We are confronted with significant global challenges, including climate change, environmental degradation, and the loss of biodiversity. These challenges underscore the necessity for forward-looking solutions in energy supply, storage, and the sustainable utilization of materials and resources. The prevailing development trajectory emphasizes the reduction of carbon emissions and pollution, coupled with preserving biodiversity. The global shift involves transitioning to clean energy, diminishing reliance on fossil fuels, and embracing technologies such as electric vehicles, renewables, and batteries (SDG, 2015; Katila et al., 2019). Concurrently, the advancement of science and technology heightens the demand for materials essential to electronic devices (Sachs et al., 2019; Bali Swain and Yang-Wallentin, 2020). Moreover, aligning with global development trends, there is an imperative to bolster national security and defense, propelling a nation toward becoming an advanced and secure entity.

REE plays a pivotal role in the production of various high-tech goods, including hybrid vehicles, mobile phones, computers, televisions, and energy-efficient lighting. Recognized for their strategic importance, rare earth elements are not only integral to vital components in rapidly growing consumer electronics and environmentally friendly products but are also critical defense equipment (Haxel, 2002; De Lima and Leal Filho, 2015). Consequently, the mastery of science, technology, and rare earth

* *Corresponding author*
Email: buithanhtinh@humg.edu.vn

resources presents a significant opportunity for Vietnam to undergo rapid, robust, and sustainable development, propelling the nation toward the goal of becoming a developed country.

Dong Pao is one of the largest deposits in the Northern part of Vietnam (Khang, 2002; Bui Tat Hop et al., 2010). Which was investigated for the first time in 1971 by Geological Division No.35 discovered 60 orebodies of REE in different sizes (Nguyen Ngoc Anh and Duong., 1971). The deposit experienced two explorations. The first was in 1986, on the orebody F.3 was explored, documenting the reserve is 890,000 tons of T-RE_2O_3 with a grade better than 10% (JICA, 2002). The second is in 2011, the exploration project focused on estimating resources on seven orebodies F.04, F.07, F.09, F.10, F.14, F.16, and F.17, documenting the reserve is 2,552,852 tons of T-RE_2O_3 and the resource is 2,158,380 tons of T-RE_2O_3 (Du, 2010).

All the above reports are not publicly available. Currently, after 14 years of exploration, the Dong Pao deposit has not come into a mining operation, and no further scientific studies have been published about REE minerals in the Dong Pao deposit. In this study, we clarify the characteristics of REE minerals that occur in ore veins in Dong Pao deposits, which are the scientific basis for further research in the future, and give recommendations for the REE industry in Vietnam.

2. Sampling and Analytical Methods

Samples were collected at three large orebodies F.3, F.7, and F.9 in the Dong Pao deposit from outcrop and drill cores, including 01 core sample in orebody F.3, 01 core sample in orebody F.7, 01 outcrop-vein sample in orebody F.9.

The Assemblage analytical methods used comprise X-ray diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscope (SEM-EDS), Electron Micro Probe Analyzer (EPMA), and Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS). XRD and SEM are analytical methods to identify the minerals assemblage, and XRF, ICP-MS, and EPMA are used for geochemistry study, providing the quantitative information of the REE ore and the characteristics of the REE component in each sample.

Samples were pulverized for XRD and ICP-MS analyses and were used to make thin section samples for observation under microscope, SEM-EDS, and EPMA. Only ICP-MS analyses were conducted at the Activation Laboratories, situated in Ontario, Canada. Another was conducted at Akita University, Japan, as well as preparing samples. Analyses using The Rigaku D/Mac-RC instrument for XRD employing Cu Kα1 radiation with conditions: a voltage of 30 kV, a beam current of 16 mA, a scanning rate of 8 degrees per minute, and DS (divergent slit) and SS (scattering slit) set to 1 degree. Using JEOL JSM-IT300 scanning electron microscopy (SEM) equipped with an Oxford Instruments X-Max 50mm2 energy dispersive spectroscope (EDS) attachment, calibration was done using pure cobalt standard. The elemental composition of minerals was identified using electron microprobe (EMPA), JXA-8230 EPMA model.

3. Results

3.1. Mineralogical characterization

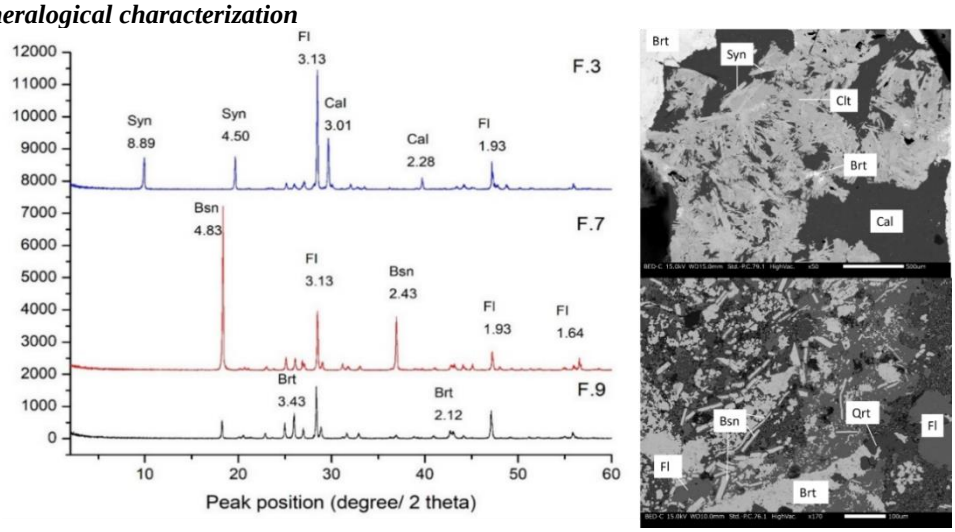


Figure 1. XRD patterns of ore samples in orebodies F.3, F.7, F.9. And back-scattered electron images of REE and gangue minerals Fl = fluorite, Brt = barite, Cal = calcite, Syn = synchysite, Bsn = bastnasite. Clt =celestine, Qtz = quartz.

The mineralogy of ore samples was determined by XRD analysis, the results show major minerals in three ore samples. F.3 ore sample is dominated by fluorite (CaF_2), synchysite ($Ca(REE)(CO_3)_2F$), calcite ($CaCO_3$), and barite ($BaSO_4$). F.7 and F.9 ore samples have similar peak intensities dominated by fluorite, barite, and bastnasite ($(REE)CO_3F$). Synchysite and bastnasite are the two main REE minerals in these samples. The SEM and EPMA investigation verified the presence of the primary minerals and detected additional minerals, celestine (Cel) and parisite (Par) (Fig.1 and Table 1).

Table 1. Compositions of representative main REE-bearing minerals in three ore samples F.3, F.7, F.9, the Dong Pao REE deposit.

Ore body	F.7	F.9	F.3	F.7	F.9	F.3	F.9	F.3
Mineral	Bsn	Bsn	Bsn	Par	Par	Par	Syn	Syn
F	9.5	8.1	6.4	13.0	12.4	7.6	12.3	5.3
CaO	0.5	1.1	0.5	5.8	4.2	7.6	18.2	17.4
La_2O_3	26.8	16.0	22.6	22.1	13.3	20.6	6.1	15.1
Ce_2O_3	32.0	38.5	28.8	27.0	34.1	27.2	18.8	24.4
Nd_2O_3	4.3	8.9	4.4	3.3	8.9	4.9	6.4	6.0
Sm_2O_3	0.0	0.3	0.3	0.0	1.3	0.4	0.0	0.6
Eu_2O_3	0.5	0.9	0.0	0.4	1.4	0.0	0.0	0.0
Gd_2O_3	4.7	5.5	0.1	3.8	5.6	0.1	1.2	0.1
Y_2O_3	0.0	0.4	0.1	0.0	4.1	0.0	5.5	0.1
Pr_2O_3	2.1	3.3	1.6	1.4	3.2	1.8	1.9	1.9
Tb_2O_3	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0
Er_2O_3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	1.0	0.0
ThO_2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
UO_2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
Total	76.6	79.7	62.9	71.6	84.6	68.0	68.7	68.8
CO_2_Cal	18.8	19.7	15.6	13.6	9.8	17.8	28.6	27.3
F_Cal	5.5	4.7	3.7	7.5	7.2	4.4	7.1	3.1
Total_Cal (%)	95.4	99.3	84.7	85.2	94.4	85.8	96.8	96.1
$\sum REE_2O_3$	70.5	73.9	57.9	58.1	72.1	55	39.9	48.2

4.2. Geochemical characterization

Ore sample in F.3 orebody has high concentrations of Sr (59,370 ppm), Ba (32,920 ppm), and ∑REE (15,048 ppm). Ore samples in F.7 and F.9 orebodies have high concentrations of Sr (4,876; 3,914 ppm), Ba (213,900; 175,000 ppm), ∑REE (131,188; 37,700 ppm), respectively.

Table 2. Trace element (including REE) compositions of ore samples F.3, F.7, F.9, Dong Pao deposit.

Orebody	F.3	F.7	F.9
Cs	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Rb	< 2	< 2	< 2
Ta	0.70	0.60	0.80
Nb	15.00	50.00	21.00
Be	2.00	8.00	11.00
V	17.00	36.00	51.00
Sr	59,370.00	4,876.00	3,914.00
Zr	24.00	12.00	12.00
Ba	32,920.00	213,900.00	175,000.00
La	5,100.00	57,200.00	8,100.00
Ce	6,890.00	58,700.00	18,200.00
Pr	585.00	4,000.00	1,730.00
Nd	1,790.00	9,570.00	5,300.00
Sm	210.00	623.00	1,080.00
Eu	49.50	125.00	332.00
Gd	96.80	246.00	669.00
Tb	10.70	28.40	85.70
Dy	42.50	94.00	383.00
Ho	6.60	14.60	61.80

Orebody	F.3	F.7	F.9
Er	15.90	41.10	140.00
Tm	1.71	3.93	14.50
Yb	8.70	20.70	69.40
Lu	1.08	2.79	8.01
Hf	0.60	0.40	0.80
Y	240.00	519.00	3,527.00
Sc	3.00	28.00	9.00
Th	11.50	499.00	210.00
U	10.90	103.00	60.50
∑REE	15,048.49	131,188.52	39,700.41
LREE	14,624.50	130,218.00	34,742.00
HREE	423.99	970.52	4,958.41
LREE/HREE	34.49	134.17	7.01

5. Discussion

5.1. REE-minerals

The primary REE-minerals have been detected in ore samples of orebody veins in the Dong Pao deposit. The main REE-bearing minerals are bastnasite (Ce) and synchysite (Ce). Based on the mineral assemblage, the F.3 ore sample is clearly distinguished from the F.7 and F.9 ore samples. while synchysite is the main REE mineral that occurs with barite, fluorite, celestine and calcite within the F.3 sample. Bastnasite is the main REE mineral that occurs with barite, fluorite, and quartz within F.7 and F.9 samples (Fig.1).

The analysis of bastnäsite, parisite, and synchysite minerals reveals a conspicuous prevalence of light rare earth elements (LREE), particularly in the abundance of La_2O_3, Ce_2O_3, and Nd_2O_3. Ce_2O_3 content is the highest in three samples compared to other REE oxides. Relative to parasite and synchysite, the concentration of $\sum REE_2O_3$ in bastnasite mineral is higher (up to 73.9%). The highest concentration of Ce_2O_3 is observed in bastnäsite from sample F.9, with a value of 38.5%. The bastnäsite minerals found in ore body F.7 demonstrate the greatest content of La_2O_3, measuring at 26.8%. This observation indicates that the distribution of REE in ore samples obtained from orebodies exhibits variations.

5.2. REE geochemistry

The ICP-MS data are consistent with the data above, confirming a notable enrichment of LREE in the three samples. particularly La_2O_3, Ce_2O_3, and Nd_2O_3, are significantly higher, with La at 57,200 ppm, Ce at 58,700 ppm, and Nd at 9,570 ppm in sample F.7. Sample F.9, while showing lower LREE concentrations compared to F.7, still maintains a high level of LREE enrichment with La at 8,100 ppm, Ce at 18,200 ppm, and Nd at 5,300 ppm, alongside a noticeable amount of HREE (4,958 ppm). Sample F.3 displays the lowest LREE concentrations among the three samples, with La at 5,100 ppm, Ce at 6,890 ppm, and Nd at 1,790 ppm. F.7 ore sample has the highest concentration of ∑REE (130,218 ppm). The concentration of ∑REE in F.9 ore sample is much less than that of F.7 with (39,700 ppm). The least is F.3 ore sample (15.048 ppm).

The study compares to prior research (Khang, 2002; Bui Tat Hop et al., 2010). The study has provided empirical evidence of the chemical composition and primary REE-bearing minerals by data and images of analysis results. The study outlines the different attributes of the distribution of REE components in minerals and the geochemistry of ore samples from orebodies F.3, F.7, and F.9. The study offers a framework for further research aimed to comprehending the spatial distribution of REE within each orebody, as well as the specific potential of each REE within Dong Pao deposit. This data serves as a foundation for mining, mineral processing, and the management of REE resources. Because each REE possesses distinct and unique applications for the advanced modern industry.

5.3. Rare earth industry of Vietnam

China is a typical example of building the country into a developed country and is currently the world's second-largest economy, which is achieved through science-technology development and taking advantage of abundant mineral resources, including REE (Mancheri et al., 2013; Van Gosen et al., 2014). China has been the number one supplier of REE to the world over the past three decades, currently accounting for 70%. China's REE reserves are 44 million tons, the largest in the world. Vietnam's REE

reserve ranks second position with 22 million tons. In 2022, Vietnam had produced 4,300 tons of REE ore, increasing nearly 11 times compared to 2021 with 400 tons (USGS, 2023).

In the report published in April 2023 by the Japan Oil, Gas and Metals National Corporation (JOGMEC), Vietnam has not appeared as a REE mining country in the global rare earth supply chain. But along with China, Vietnam is the country that currently has rare earth metal factories supplying to two large consumer markets China and Japan (JOGMEC, 2023). This shows that Vietnam has many opportunities for economic development following China's economic development strategy to develop the REE industry.

For Vietnam to catch up with advanced economies, it needs to make simultaneous advancements on multiple fronts. An exemplar of an advanced economy, China, has already achieved maturity in the evolution of its REE industrial ecosystem. This implies that China has successfully gone through the incubation phase, the diversity phase, and the growth phase before reaching the maturity phase in the REE industry life cycle. Therefore, addressing gaps in technology needs to be a concern; Vietnam has to master technology, products, and markets. To develop the Vietnam rare earth industry, we propose some ideas:

- Continue the systematic exploration program to thoroughly understand the characteristics of REE minerals as well as the ore quantity and resources of REE in Vietnam territory prioritized known deposits such as Dong Pao and Yen Phu. Vietnam is the second-largest REE reserve in the world. This has the potential to be a valuable source of competitive and strategic advantage. The mining and export of REE materials as a part of the development becomes important. Concurrently, there is a recognition that adding value to raw materials could yield substantial economic and strategic benefits, constituting a long-term strategy. Active engagement in every part of the value chain, from research and development (R&D) through mining to the production of intermediate and final products, is essential. Achieving this value addition requires a combination of indigenous capabilities in integrating R&D with products and imports of critical technology.

- Shift focus from solely exporting raw materials to establishing an indigenous industry for the production and export of key REE intermediates, particularly magnets, and products for green energy, aligning with a national REE strategy.

- Establish a dedicated REE industrial zone in Lai Chau to attract foreign investments in REE-related facilities, forming part of the government's initiatives to bridge the technology gap.

- Take proactive measures in researching and acquiring rare earth mining and refining technologies. Attract talents and high-quality human resources to Vietnam to contribute to advancements in the rare earth industry.

- Implement a rationing system for REE materials that favors domestic companies over exports, ensuring that the country's rare earth resources contribute significantly to the growth and sustainability of its domestic industries.

6. Conclusion

This study has shown that REE concentrations in three ore samples from three orebodies of the Dong Pao deposit (Lai Chau, Viet Nam), are related to the presence of the major REE-bearing minerals bastnasite, synchysite, and parasite. The main gangue minerals are barite and fluorite.

The mineral assemblage in F.7 and F.9 ore samples is REE-fluorite-barite-quartz. Bastnasite is the main REE-bearing mineral. The mineral assemblage in F.3 ore sample is REE-fluorite-barite-calcite-celestine, and synchysite is the main REE-bearing mineral. LREE is dominant in all samples. F.7 ore sample has the highest ∑REE concentration (130,218 ppm). While F.9 ore sample has the highest HREE concentration (4,958 ppm).

Vietnam has rare earth potential and has enough conditions to develop the rare earth industry. This is an opportunity to develop the country's economy to become a developed country by 2050. Vietnam's vision involves a comprehensive and sustainable approach to development, strategically harnessing REE resources, investing in critical technologies, and actively participating in the REE global marketplace. These give Vietnam a great position as a dynamic and forward-thinking nation on the world stage, with a clear focus on both economic prosperity and environmental responsibility.

Reference

Bali Swain, R., and Yang-Wallentin, F., 2020, Achieving sustainable development goals: predicaments and strategies: International Journal of Sustainable Development World Ecology. v. 27, no. 2, p. 96-106.

Bui Tat Hop, Trinh Dinh Huan, and Phuong., N., 2010, General outlines of Rare Earths in Vietnam: Journal of Geology, series A.

De Lima, I. B., and Leal Filho, W., 2015, Rare earths industry: Technological, economic, and environmental implications, Elsevier.

Du, N. T., 2010, Exploration of rare earth-fluorite-barite deposit in Ban Hon, Ban Giang area, Tam Duong, Lai Chau, Vietnam: Center for Information and Archives of Geology, General Department of Geology and Minerals of Vietnam.

Haxel, G., 2002, Rare earth elements: critical resources for high technology, US Department of the Interior, US Geological Survey, v. 2.

JOGMEC, 2023, Rare Earth Supply and Demand Trend (レアアースの需給動向).

Katila, P., Colfer, C. J. P., De Jong, W., Galloway, G., Pacheco, P., and Winkel, G., 2019, Sustainable development goals, Cambridge University Press.

Khang, L. Q., 2002, Evaluation of rare earth potential in Northwest area, Vietnam [Doctoral: Hanoi University of Mining and Geology.

Mancheri, N., Sundaresan, L., and Chandrashekar, S., 2013, Dominating the world: China and the rare earth industry: National Institute of Advanced Studies, v. 10, p. 1-74.

Nguyen Ngoc Anh, and Duong., P. V., 1971, the investigation and evaluation of rare earth - fluorite - barite ore in Dong Pao deposit Center for Information and Archives of Geology, General Department of Geology and Minerals of Vietnam.

Ohta, A., and Kawabe, I., 2001, REE (III) adsorption onto Mn dioxide (δ-MnO2) and Fe oxyhydroxide: Ce (III) oxidation by δ-MnO2: Geochimica et Cosmochimica Acta. v. 65, no. 5, p. 695-703.

Sachs, J. D., Schmidt-Traub, G., Mazzucato, M., Messner, D., Nakicenovic, N., and Rockström, J., 2019, Six transformations to achieve the sustainable development goals: Nature sustainability, v. 2, no. 9, p. 805-814.

SDG, F., 2015, Sustainable development goals: https://www. un. org/sustainabledevelopment/inequality.

Tonkin, J. W., Balistrieri, L. S., and Murray, J. W., 2004, Modeling sorption of divalent metal cations on hydrous manganese oxide using the diffuse double layer model: Applied Geochemistry, v. 19, no. 1, p. 29-53.

USGS, 2023, United States Geological Survey mineral commodity summaries (Rare Earth).

Van Gosen, B. S., Verplanck, P. L., Long, K. R., Gambogi, J., and Seal II, R. R., 2014, The rare-earth elements: vital to modern technologies and lifestyles: US Geological Survey, 2327-6932.

Đặc điểm quặng hóa vàng gốc khu Tiến Thành, Yên Thành, Nghệ An

Lê Thị Thu*
Bộ môn Tìm kiếm - Thăm dò, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Khu vực nghiên cứu quặng vàng gốc thuộc xã Tiến Thành, huyện Yên Thành, tỉnh Nghệ An. Các kết quả nghiên cứu và kết quả phân tích bổ sung các loại mẫu như thạch học lát mỏng, khoáng tướng, nung luyện và bao thể trong bài báo này cho thấy khu vực nghiên cứu có cấu trúc địa chất tương đối đơn giản gồm phức hệ đá magma xâm nhập Sông Mã (γT_2 *sm*), hệ tầng Sông Cả (O_3-S_1 *sc*) tập 3, La Khê (C_1 *lk*), Bắc Sơn (C-P *bs*), Đồng Trầu (T_2a *đt*), Quy Lăng (T_2a-l *ql*) và các thành tạo hệ Đệ tứ. Các thân quặng vàng trong khu vực nghiên cứu chủ yếu nằm trong các trầm tích lục nguyên hệ tầng Đồng Trầu, phân bố trùng với phương của các đứt gãy phương Đông Bắc - Tây Nam (ĐB - TN). Thành phần khoáng vật quặng vàng khu Tiến Thành tương đối đơn giản, chủ yếu là các khoáng vật sulfid như arsenopyrit, pyrit, chalcopyrit, galenit và vàng tự sinh. Vàng được thành tạo chủ yếu trong giai đoạn tạo khoáng thứ II của thời kỳ tạo khoáng nhiệt dịch với hàm lượng dao động trong khoảng từ < 0,4 đến 16,6(g/t) sulfid. Kết quả phân tích nhiệt bao thể trước đó cho thấy quặng vàng thành tạo trong điều kiện nhiệt độ từ 205^0C đến 395^0C.

Từ khóa: Quặng hóa vàng; Tiến Thành; Yên Thành; Nghệ An.

1. Đặt vấn đề

Vàng là kim loại có ý nghĩa rất quan trọng trong sự phát triển kinh tế đối với mỗi quốc gia. Việc nghiên cứu, điều tra đánh giá và thăm dò, khai thác quặng vàng là một yêu cầu có tính cấp thiết và là vấn đề rất quan trọng, đặc biệt đối với các nước có nền khai khoáng đang phát triển như Việt Nam.

Điểm quặng hóa vàng khu Tiến Thành thuộc địa phận huyện Yên Thành, tỉnh Nghệ An. Năm 2018. Đề án Lập bản đồ địa chất và khoáng sản nhóm tờ Con Cuông 1, đã lấy, phân tích mẫu trọng sa, mẫu bùn đáy tỷ lệ 1:50.000, kết quả đã xác định được các khu vực có vàng trong các mẫu trọng sa. Năm 2019, trong quá trình điều tra khoáng sản sơ bộ đã ghi nhận được nhiều tảng lăn và vết lộ các mạch thạch anh - sulfid. Đặc biệt đã phát hiện công trình lò cũ của dân khai thác vàng và ghi nhận vết lộ quặng thạch anh chứa vàng dạng mạch trong đới dập vỡ có hàm lượng Au: 8,05 (g/T), bề dày 2,0 m; trong mẫu giã đãi ghi nhận 1.663 hạt vàng (2,6 mg). Tuy nhiên các kết quả nghiên cứu về khoáng sản vàng trong vùng còn mang tính riêng lẻ và tập trung chủ yếu vào việc điều tra đánh giá và thăm dò ở một số điểm quặng vàng có triển vọng trong khu vực nghiên cứu, phục vụ trực tiếp cho các dự án thăm dò và khai thác của các doanh nghiệp (Bùi Viết Sáng và nnk, 2019; Nguyễn Văn Hoành và nnk, 2001).

Cho đến nay, các tài liệu nghiên cứu về đặc điểm quặng hóa Au gốc khu Tiến Thành và các yếu tố địa chất khống chế chúng vẫn còn có rất hạn chế, chưa làm rõ được loại hình quặng hóa dẫn tới những khó khăn trong công tác tìm kiếm thăm dò. Vì vậy, việc nghiên cứu làm sáng tỏ đặc điểm quặng hóa, các yếu địa chất khống chế quặng khu Tiến Thành là việc làm quan trọng và cần thiết, phục vụ công tác tìm kiếm thăm dò, đánh giá tiềm năng quặng vàng trong khu vực và định hướng công tác tìm kiếm, thăm dò các kiểu quặng vàng tương tự trong khu vực nghiên cứu.

2. Cơ sở lý luận và phương pháp nghiên cứu

Vàng là nguyên tố hóa học thuộc nhóm I trong bảng hệ thống tuần hoàn, số thứ tự 79, nguyên tử lượng 196,96. Trị số clark của Au trong vỏ Trái đất là $4,5.10^{-7}$%. Hàm lượng (n.10^{-7}%) trong nước biển: 0,4, trong các đá trầm tích:1,0, trong các đá magma axit -2,0, trong các đá magma mafic: 2,0-10,0. Au có một đồng vị tự nhiên là ^{197}Au. Trong tự nhiên, khoáng vật công nghiệp quan trọng nhất của các mỏ vàng là vàng tự sinh. Ngoài ra còn có hơn 20 khoáng vật chứa vàng, tồn tại chủ yếu ở các dạng: hợp kim, telurua, selenua. Có 6 kiểu mỏ nguồn gốc phổ biến của vàng, gồm: (1) skarn; (2) nhiệt dịch sâu; (3) nhiệt dịch phun trào; (4) biến chất; (5) sa khoáng; (6) giả tầng.

* *Tác giả liên hệ*
Email: lethithu@humg.edu.vn

Ngoài các kiểu mỏ địa chất - công nghiệp nêu trên thì các đới oxy hóa và vỏ phong hóa trên các mỏ sulfua cũng có ý nghĩa công nghiệp đối với vàng. Các phương pháp nghiên cứu được áp dụng trong công trình này bao gồm:

- Tổng hợp tài liệu trong phòng: Công tác tổng hợp và xử lý tài liệu đã được vận dụng trước tiên nhằm xác định được các tồn tại về địa chất và quặng hóa của khu vực cần phải giải quyết. Từ đó xác định được mục tiêu và các nhiệm vụ của đề tài.

- Phương pháp ngoài trời: Phương pháp ngoài trời gồm có các lộ trình địa chất, khảo sát và đo vẽ địa chất ngoài thực địa, thu thập các loại mẫu phân tích, bao gồm các mẫu cục, mẫu lát mỏng, khoáng tướng.

- Các phương pháp nghiên cứu thành phần vật chất quặng trong phòng

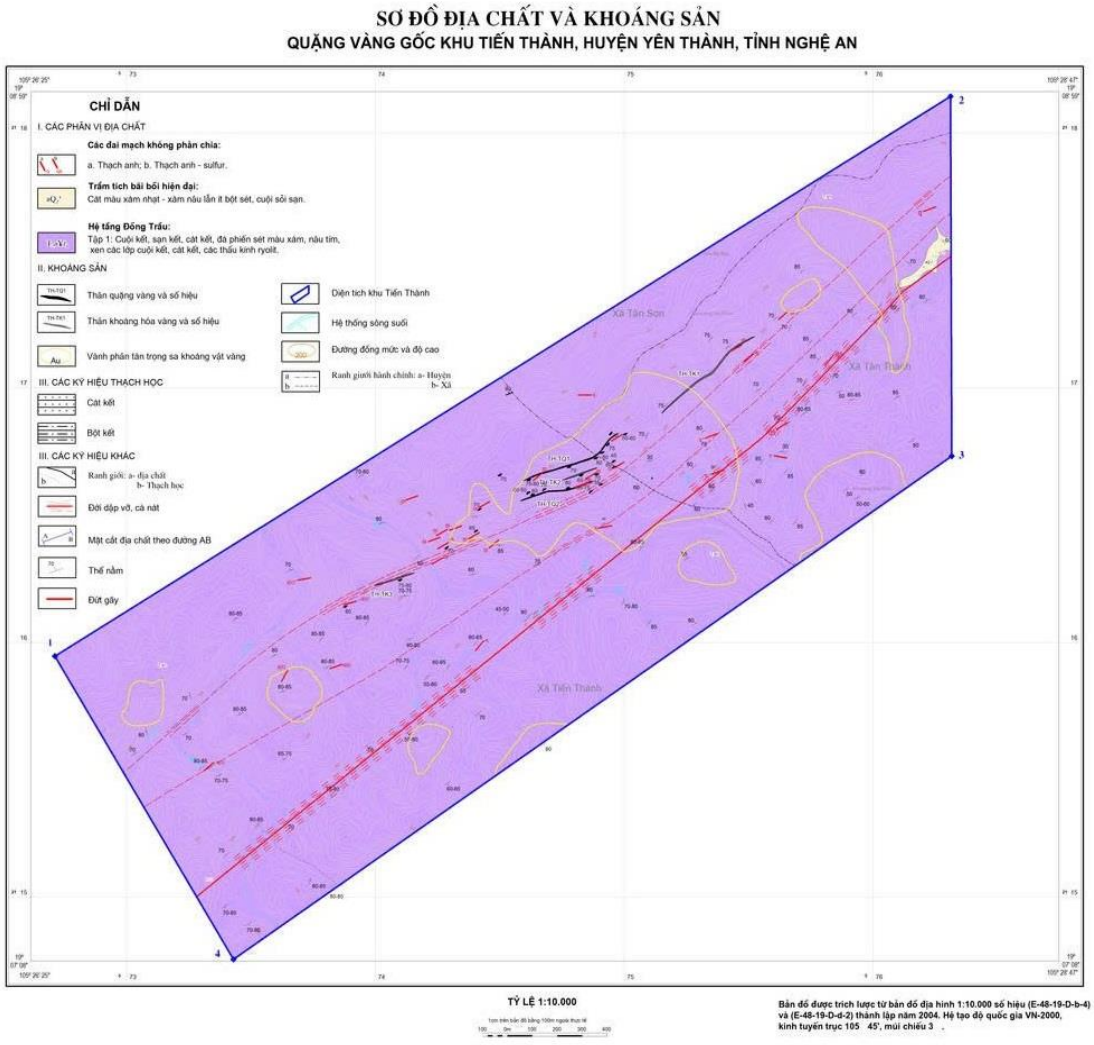
+ Phân tích mẫu khoáng tướng, lát mỏng dưới kính hiển vi phân cực nhằm phục vụ nghiên cứu thành phần khoáng vật quặng, các đới đá biến đổi, đặc điểm các khoáng vật của quặng vàng;

+ Các phương pháp đánh giá định lượng được tính toán trên phần mềm excel phục vụ công tác đánh giá tiềm năng tài nguyên vàng gốc khu vực nghiên cứu.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đặc điểm phân bố và hình thái cấu trúc thân quặng

Tham gia vào cấu trúc địa chất vùng nghiên cứu gồm các thành tạo địa chất thuộc phức hệ đá magma xâm nhập Sông Mã (γT_2 *sm*), hệ tầng Sông Cả (O_3-S_1 *sc*), La Khê (C_1 *lk*), Bắc Sơn (C-P *bs*), Đồng Trầu (T_2a *đt*), Quy Lăng (T_2a-l *ql*) và các thành tạo đệ tứ. Tuy nhiên trong Khu Tiến Thành chỉ gặp các thành tạo thuộc hệ tầng Đồng Trầu, tập 1 (T_2a dt_1) và các dải nhỏ trầm tích bãi bồi hiện đại (aQ^2_3), (Hình 1) (Nguyễn Xuân Bao và nnk, 2001; Nguyễn Văn Hoành và nnk, 2001).

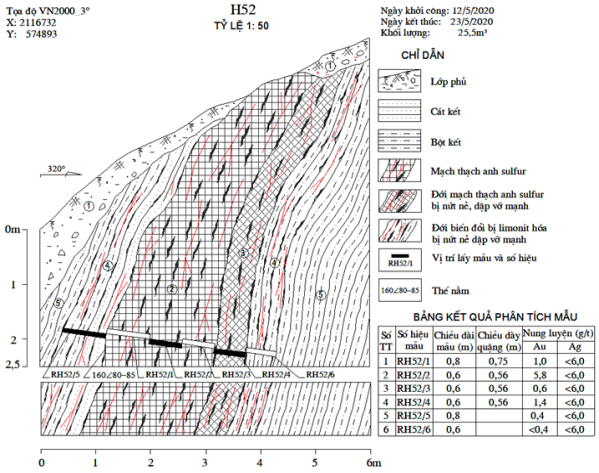


Hình 1. Sơ đồ địa chất và khoáng sản quặng vàng gốc khu Tiến Thành, huyện Yên Thành, tỉnh Nghệ An.

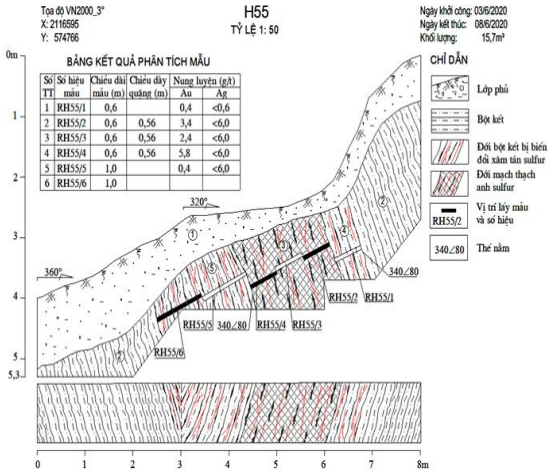
Trong diện tích nghiên cứu đã phát hiện đới khoáng hóa vàng Tiến Thành trùng khớp với đới dị thường địa vật lý kéo dài theo phương ĐB – TN, trùng với đới cà nát dập vỡ phân bố giữa hai đứt gãy chính là F2 và F2-1. Đới này phát triển trong trong các đá cát kết hạt nhỏ đến thô, bột kết, dăm cuội kết bị dập vỡ hệ tầng Đồng Trầu tập 1 (T_{2a} *đt*$_1$). Đá phân lớp không đều từ mỏng đến dày và bị vò nhàu, ép nén, uốn nếp nứt nẻ và bị biến đổi nhiệt dịch khá mạnh nơi có đứt gãy cắt qua, đá thường có màu xám đến xám phớt tím, tím gan gà. Dọc theo đới là đứt gãy F2-1 tạo nên đới cà nát dập vỡ khá rõ, trong đó chứa các đới mạch, gân mạch, ổ thạch anh - sulfid chứa vàng, đới đá biến đổi có bề dày từ 1,0 m đến 10,0 m, có nơi dày đến hàng vài chục mét. Hiện tượng biến đổi nhiệt dịch trong đới này chủ yếu thạch anh hóa, felspat hóa, sericit hóa và chlorit hóa trong đới biến đổi cạnh đới mạch thạch anh sulphur chứa vàng (Lê Văn Hoàn, 2020). Kết quả nghiên cứu của các tác giả trong công trình nêu trên đã xác định được 2 thân quặng và 3 thân khoáng vàng (Hình 1,2,3).

Các thân quặng trong đới khoáng hóa Tiến Thành kéo dài theo phương ĐB - TN khoảng 305÷425 m. Hàm lượng vàng trong các mẫu rãnh thay đổi từ 0,4 đến 16,6 g/t, bề dày trung bình của thân quặng là: 1,41 m và hàm lượng vàng trung bình thân quặng là 4,08 g/t. Thế nằm thân quặng 150÷160^o ∠ 70÷80^o (TQ1) và 330÷360^o ∠ 75÷80^o (TQ2). Thân quặng nằm trong đới dập vỡ thuộc các tập đá cát kết, bột kết bị biến đổi thạch anh hóa, ít hơn là Felspat hóa, chlorit hóa, khi bị phong hóa chứa nhiều limonit. Thành phần khoáng vật quặng chủ yếu bao gồm: Thạch anh - Arsenopyri – Pyrit – Galena – Chalcopyrit - Vàng. Tài nguyên dự báo cấp 334a và cấp 334b vàng là 473,2 kg (trong đó: cấp 334a là 216,3 kg và 334b là 257,0 kg (TQ1) và 265,5 kg (TQ2) (Hình 2, 3).

Các thân quặng có cấu tạo dạng mạch, đới mạch thạch anh - sulfid chứa vàng. Đá vây quanh là cát kết hạt thô, cát kết hạt nhỏ - trung, bột kết, sét kết bị dập vỡ, cà nát mạnh. Trong thân quặng, quặng tồn tại ở dạng các đới mạch, đới vi mạch, thấu kính, ổ mạng hình dạng phức tạp, phân bố khoáng vật quặng rất không đồng đều và không ổn định, mức độ biến thiên hàm lượng quặng trong đới mạch này khá cao.



Hình 2. Đới mạch thạch anh sulfid tại H52(TQ1).

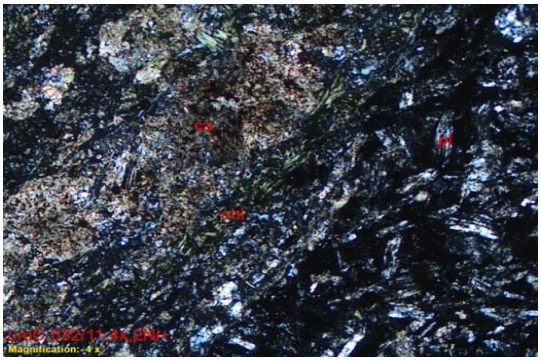


Hình 3. Đới mạch thạch anh sulfid tại H55 (TQ2).

Ngoài 2 thân quặng kể trên, trong khu Tiến Thành còn gặp 3 thân khoáng hóa với độ dài từ 160÷480 m, thế nằm 310÷330^0 ∠70÷75^0. Các thân khoáng hóa thường có cấu tạo dạng mạch, đới mạch, đới vi mạch, dạng chuỗi thấu kính, dạng ổ bị limonit hóa.

3.2. Đặc điểm biến đổi nhiệt dịch đá vây quanh quặng vàng

Quá trình biến đổi nhiệt dịch các đá vây quanh quặng trong khu Tiến Thành xảy ra khá mạnh mẽ và đa dạng. Thành phần và cấu trúc của đá vây quanh ảnh hưởng rất nhiều đến mức độ biến đổi nhiệt dịch, đồng thời cũng có sự chồng lấn thể hiện tính giai đoạn của quá trình khoáng hóa nhiệt dịch. Các quá trình biến đổi chủ yếu gồm chlorit hoá, sericit hoá, felspat hóa, thạch anh hóa, calcit hóa, trong đó quá trình biến đổi sericit hoá phát triển mạnh mẽ nhất, điển hình cho tất cả các đá cạnh mạch quặng bị biến đổi, thứ đến là thạch anh hóa, chlorit hóa (Hình 4,5).



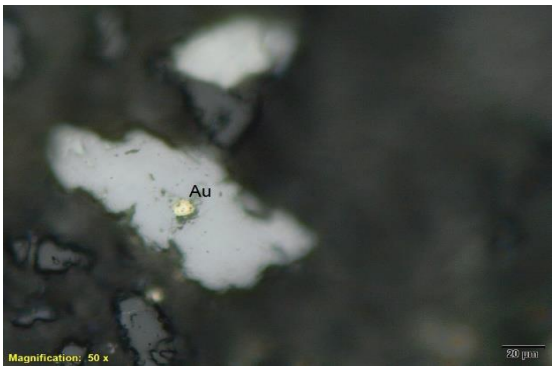
Hình 4. Cát bột kết bị ép biến đổi sericit hóa. Lm T1913, 40x, Ni^+.



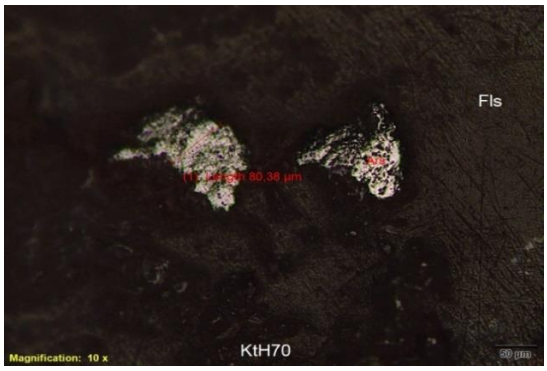
Hình 5. Bột kết bị biến đổi sericit hóa. LmT150, 40x, Ni^+.

3.3. Đặc điểm thành phần khoáng vật quặng

Các kết quả phân tích khoáng tướng, trọng sa toàn diện các mẫu giã đãi cho thấy quặng vàng gốc trong khu vực Tiến Thành có thành phần khoáng vật quặng khá đồng nhất và giống nhau về đặc điểm hình thái khoáng vật. Trong mỏ gặp các khoáng vật nguyên sinh như vàng tự sinh, arsenopyrit, pyrit, galena, chalcopyrit, hematit (Hình 6,7).

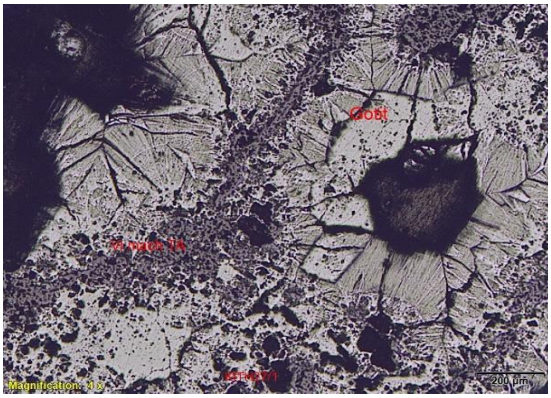


Hình 6. Vàng tự sinh trên nền thạch anh.

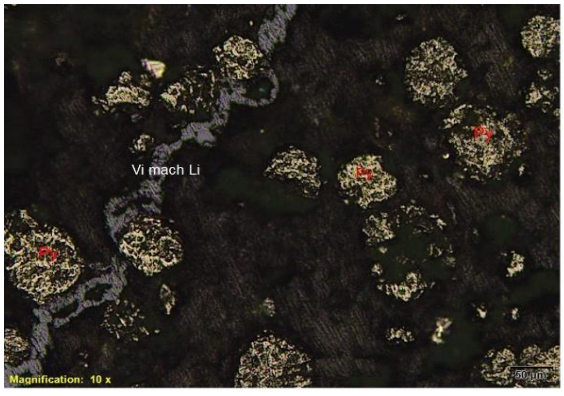


Hình 7. Arsenopyrit bị vỡ nhàu trên nền geothit.

Trong số các khoáng vật nguyên sinh kể trên, vàng là khoáng vật có giá trị nhất trong vùng nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu khoáng tướng cho thấy vàng trong vùng nghiên cứu được hình thành chủ yếu ở giai đoạn 2 của thời kỳ tạo khoáng nội sinh với tổ hợp cộng sinh khoáng vật đặc trưng: thạch anh – sulfua – vàng. Các khoáng vật quặng thứ sinh gặp với tần suất và hàm lượng không nhiều thường gặp là goethit, limonit,… (Hình 8,9).



Hình 8. Geothit dạng keo, dạng lấp đầy lỗ hổng.



Hình 9. Limonit dạng mạch, vi mạch lấp đầy lỗ hổng.

3.4. Đặc điểm cấu tạo, kiến trúc quặng

Quan sát bằng mắt thường kết hợp dưới kính hiển vi cho thấy quặng vàng khu Tiến Thành chủ yếu gặp các dạng cấu tạo phổ biến như cấu tạo xâm tán, ổ, đám, vi mạch trên nền phi quặng. Bên cạnh đó gặp một số dạng cấu tạo quặng đặc trưng cho các khoáng vật thứ sinh như cấu tạo tàn dư, keo, viền, lỗ hổng.

Kiến trúc quặng vàng gốc khu nghiên cứu rất đa dạng, gặp các dạng kiến trúc đặc trưng cho quặng nguyên sinh như kiến trúc hạt tự hình, nửa tự hình, hạt tha hình và các dạng kiến trúc quặng thứ sinh đặc trưng là kiến trúc hạt giả hình, keo.

3.5. Đặc điểm thành phần hóa học quặng

Kết quả phân tích mẫu quang phổ hấp thụ nguyên tử, mẫu hóa nung luyện (Võ Quang Hồng và nnk, 2001; Lê Văn Hoàn và nnk, 2020) cho thấy nguyên tố chính là Au và các nguyên tố đi kèm gồm: Ag, Cu, Pb, Zn, As,... Kết quả phân tích 101 mẫu nung luyện cho thấy: Hàm lượng Au dao động trong khoảng từ < 0,4 đến 16,6(g/T): Trong đó 13 mẫu có hàm lượng Au = 0,4 đến <1(g/T), chiếm 12,9%; có 22 mẫu hàm lượng Au = 1÷16,6%, đạt 21,8%. Trong hầu hết các mẫu nung luyện hàm lượng bạc luôn nhỏ hơn 10 g/t. Chỉ có 1 mẫu có hàm lượng Ag đạt 11,0 g/t. Do vậy, quặng ở khu vực Tiến Thành chủ yếu là quặng vàng, bạc chưa rõ ý nghĩa trong quặng.

Các nguyên tố khác đi kèm gồm: Cu, Pb, Zn nhưng chỉ có ý nghĩa như dấu hiệu địa hóa để tìm kiếm các thân quặng, không có ý nghĩa như khoáng sản đi kèm. Trong đó nguyên tố đồng (Cu) thường có mối tương quan với vàng. Hiện diện trong khoáng vật chalcopyrit. Chì (Pb) có hàm lượng ít và cũng thể hiện mối tương quan đồng biến với kẽm. Khoáng vật chủ yếu là galenit. Kẽm (Zn) có hàm lượng tương đối ổn định, nhìn chung hàm lượng ở mức thấp không đáng kể.

3.6. Tổ hợp cộng sinh khoáng vật và nguồn gốc quặng

Trên cơ sở tổng hợp các tài liệu nghiên cứu trước đây kết hợp với kết quả nghiên cứu về thành phần khoáng vật, cấu tạo và kiến trúc quặng dưới kính hiển vi phản xạ, nghiên cứu mẫu lát mỏng thạch học cho thấy quặng hóa khu vực Tiến thành được thành tạo qua 2 thời kỳ và 3 giai đoạn tạo khoáng và đặc trưng bởi 3 tổ hợp cộng sinh khoáng vật gồm: (1) Thạch anh - Asenopyrit – Pyrit; (2) Thạch anh - Asenopyrit - Sphalerit - Chalcopyrit - Galenit - Au; (3) Geothit - Limonit.

Thời kì tạo khoáng thứ nhất (thời kì tạo khoáng nhiệt dịch) gồm hai giai đoạn khoáng hóa. *Giai đoạn khoáng hoá I*: là giai đoạn tạo khoáng đầu tiên, đặc trưng bởi tổ hợp cộng sinh khoáng vật: thạch anh – pyrit. Các khoáng vật hình thành chủ yếu bằng phương thức trao đổi thay thế và một phần kết hợp với phương thức lấp đầy lỗ hổng, khe nứt. Cấu tạo đặc trưng trong giai đoạn này là xâm tán, ổ; kiến trúc thường gặp là kiến trúc hạt tự hình, nửa tự hình và tha hình; biến đổi cạnh mạch đặc trưng là thạch anh hóa. Giai đoạn khoáng hoá này tạo môi trường thuận lợi cho quặng hoá ở các giai đoạn tiếp theo, chưa hình thành quặng vàng.

Giai đoạn khoáng hoá II: là giai đoạn tạo khoáng quan trọng nhất, thành tạo hầu hết các khoáng vật sulfid và vàng với tổ hợp cộng sinh khoáng vật đặc trưng: thạch anh - sulfid - vàng đây là giai đoạn tạo vàng chính. Các dạng cấu tạo đặc trưng trong giai đoạn tạo khoáng này là xâm tán, mạch xâm tán, vi mạch, vi mạng mạch, ổ. Kiến trúc quặng chủ yếu là kiến trúc hạt tha hình, hạt nửa tự hình, gặm mòn. Biến đổi cạnh mạch chủ yếu là sericit hoá, chlorit hoá.

Thời kì tạo khoáng thứ hai (thời kì tạo khoáng phong hóa) chỉ bao gồm giai đoạn khoáng hóa III. Đây là giai đoạn tạo khoáng thứ sinh với tổ hợp cộng sinh khoáng vật đặc trưng là goethit - limonit. Các dạng cấu tạo quặng thường gặp là tàn dư, viền; kiến trúc thường gặp là kiến trúc hạt tàn dư, giả hình, keo.

Bên cạnh đó kết quả phân tích mẫu bao thể từ nghiên cứu trước đó cho thấy quặng vàng thành tạo trong điều kiện nhiệt độ từ 205^0C đến 395^0C (Lê Văn Hoàn và nnk, 2020).

4. Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu về đặc điểm quặng hóa vàng gốc khu Tiến Thành, Yên Thành, Nghệ An, có thể rút ra được một số kết luận như sau:

Khu vực nghiên cứu có cấu trúc địa chất tương đối đơn giản, tham gia vào cấu trúc địa chất vùng gồm các thành tạo: phức hệ đá magma xâm nhập Sông Mã (γT_2 *sm*), hệ tầng Sông Cả (O_3-S_1 *sc*) tập 3, La Khê (C_1 *lk*), Bắc Sơn (C-P *bs*), Đồng Trầu (T_{2a} *đt*), Quy Lăng ($T_{2a\text{-}1}$ *ql*) và các thành tạo Đệ tứ.

Các thân quặng và thân khoáng chủ yếu nằm trong các trầm tích lục nguyên hệ tầng Đồng Trầu, phân bố trùng với phương của các đứt gãy phương ĐB - TN. Thành phần khoáng vật quặng vàng khu Tiến Thành tương đối đơn giản, chủ yếu là các khoáng vật sulfid như arsenopyrit, pyrit, chalcopyrit, galena và vàng tự sinh. Bên cạnh đó gặp ít các khoáng vật thứ sinh như goethit, limoit.

Cấu tạo quặng đặc trưng là cấu tạo ổ, xâm tán, mạch. Các kiến trúc thường gặp là kiến trúc hạt tha hình, hạt nửa tự hình, kiến trúc gặm mòn, keo và hạt giả hình. Quá trình thành tạo quặng vàng gốc khu Tiến Thành chia làm hai thời kì tạo khoáng gồm thời kì tạo khoáng nhiệt dịch và thời kì tạo khoáng phong hóa. Giai đoạn tạo khoáng thứ II là giai đoạn tạo quặng vàng chính với tổ hợp cộng sinh khoáng vật thạch anh – sulfid – Au.

Tài liệu tham khảo

Bùi Viết Sáng (Chủ biên) và nnk, 2019. *Báo cáo kết quả lập bản đồ địa chất, khoáng sản nhóm tờ Kim Sơn*. Lưu trữ Liên đoàn địa chất Intergeo.

Lê Văn Hoàn (Chủ biên) và nnk, 2020. *Báo cáo điều tra chi tiết hóa khoáng sản vàng gốc khu Tiến Thành*. Trung tâm Thông tin, lưu trữ và Bảo tàng Địa chất.

Nguyễn Văn Hoành (Chủ biên) và nnk, 2001. Báo cáo địa chất khoáng sản tỷ lệ 1:200.000 (hiệu đính lần II). Trung tâm Thông tin, lưu trữ và Bảo tàng Địa chất.

Nguyễn Xuân Bao (Chủ biên) và nnk, 2001. *Kiến tạo và sinh khoáng miền Nam Việt Nam.* Trung tâm Thông tin, lưu trữ và Bảo tàng Địa chất.

Võ Quang Hồng (Chủ biên) và nnk, 2001. *Nghiên cứu đánh giá triển vọng quặng vàng và các khoáng sản đi cùng trong đới Hoành Sơn*. Trung tâm Thông tin, lưu trữ và Bảo tàng Địa chất.

ABSTRACT

Characteristics of original gold mineralization in the Tien Thanh area, Yen Thanh, Nghe An

Le Thi Thu
Hanoi University of Mining and Geology

The study area of Au mineralization is in Tien Thanh commune, Yen Thanh district, Nghe An province. The historical study results and petrographic studies show that the research area has a relatively simple geological structure, consisting of the Song Ma intrusive rock system ($\gamma T_2 sm$), the Song Ca stratigraphic system (O_3-$S_1 sc$) volume 3, La Khe ($C_1 lk$), Bac Son (C-P*bs*), Dong Trau ($T_2 a đt$), Quy Lang ($T_{2\ a\text{-}l}\ ql$), and the formations of the Fourth System. The gold mineralization occurred mainly in terrigenous sediments of the Dong Trau formation, and was constrained in the Northeast - Southwest faulting system. The gold ore minerals composition is composed of quartz, and sulfides including arsenopyrite, pyrite, chalcopyrite, galena, and native gold. The gold was formed primarily in the second hydrothermal mineralization stage with gold content ranging from <0.4 to 16.6 (g/T) sulfide. The historically thermalmetric fluid inclusion analysis results show that the gold ore formation occurred under temperature conditions ranging from 205^0C to 395^0C.

Keywords: Gold ore mineralization; Tien Thanh; Yen Thanh; Nghe An province.

Các đặc điểm địa chất và quặng hóa cơ bản của kiểu mỏ vàng tạo núi

Lê Xuân Trường[1,2*]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Trung tâm Phân tích Thí nghiệm Công nghệ cao*

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu các đặc điểm địa chất – quặng hóa chính của kiểu mỏ vàng tạo núi (orgenic gold deposits) trên cơ sở tổng hợp các kết quả nghiên cứu chi tiết về đặc điểm địa chất – quặng hóa các mỏ và các đai sinh khoáng vàng tạo núi trên thế giới. Các đặc điểm này bao gồm vị trí địa chất, bối cảnh kiến tạo, quy luật phân bố, các cấu trúc khống chế quặng hóa, đặc điểm quặng hóa cơ bản, đặc điểm địa hóa và nguồn gốc của quặng. Kiểu mỏ vàng tạo núi cung cấp ~1/3 sản lượng vàng của thế giới. Mỏ được thành tạo chủ yếu trong giai đoạn kết thúc của quá trình tạo núi, giai đoạn chuyển giao từ va chạm sang tách giãn. Quặng hóa vàng thường phân bố trong các đá biến chất tướng phiến lục. Các mỏ có thể phân bố đơn lẻ hoặc tập chung thành các cụm mỏ bị khống chế bởi các đứt gãy nhánh của một đứt gãy khu vực có kích thước kéo dài đến hàng trăm km, thậm chí hàng nghìn km. Quặng có cấu tạo đặc trưng cho môi trường biến dạng giòn hoặc giòn dẻo ở độ sâu >5 km, thường chứa khoảng 2÷5% khoáng vật sulphide có thành phần chính là pyrite ± arsenopyrite. Quặng hóa có nhiệt độ thành tạo phổ biến ~ 250÷350°C và thường tỷ lệ thuận với hàm lượng pyrhotite trong quặng. Vàng tồn tại dưới dạng hạt vàng tự sinh với tỷ lệ Au/Ag cao, từ 5 đến 10. Dung dịch nhiệt dịch thường giàu CO_2, nghèo NaCl (phổ biến trong khoảng 3÷7wt%), có độ pH trung bình, tính khử yếu, đồng vị oxy ($\delta^{18}O$) thường dao động từ +6 đến +13‰, đồng vị $\delta^{13}C$ thường từ -11 đến -2‰ và đồng vị $\delta^{34}S$ biến đổi trong phạm vi rất rộng.

Từ khóa: Vàng tạo núi; vàng nhiệt dịch; vàng trong đá phiến lục.

1. Mở đầu

Công tác nghiên cứu địa chất các mỏ khoáng trên thế giới phát triển rất mạnh trong khoảng 30 năm trở lại đây nhờ sự phát triển vượt bậc về công nghệ, thiết bị thí nghiệm đi kèm với các phương pháp nghiên cứu phân tích định lượng hiện đại. Nhờ đó, đối với khoáng sản vàng, các nhà địa chất đã xác lập được 9 kiểu mỏ nội sinh như sau:

1) Vàng tạo núi (Orogenic Au; Goldfarb và nnk, 2005; Goldfarb và Groves, 2015);
2) Vàng kiểu mỏ Carlin (Carlin-type Au deposits; Cline và nnk, 2005);
3) Cu-Au/ Au/ Cu-Au-Mo porphyry (Sillitoe và nnk, 2000; Cooke và nnk, 2005; Seedorff và nnk, 2005);
4) Cu-Au nhiệt dịch nông trong môi trường oxy hóa (Cu-Au high sulfidation epithermal; Simmons và nnk, 2005);
5) Au-Ag nhiệt dịch nông trong môi trường trung tính – khử (Au-Ag low-intermediate sulfidation epithermal; Simmons và nnk, 2005);
6) Cu-Au (±Fe, U, REE) IOCG (Williams và nnk, 2005; Skirrow, 2022);
7) Au-Ag (±Sb, Hg, Cu, Zn, Pb) VHMS (Franklin và nnk, 2005);
8) Vàng nhiệt dịch nguồn gốc magma (Intrusion related Au; Hart, 2007);
9) Vàng trong Skarn (Meinert, 2000; Meinert và nnk, 2005).

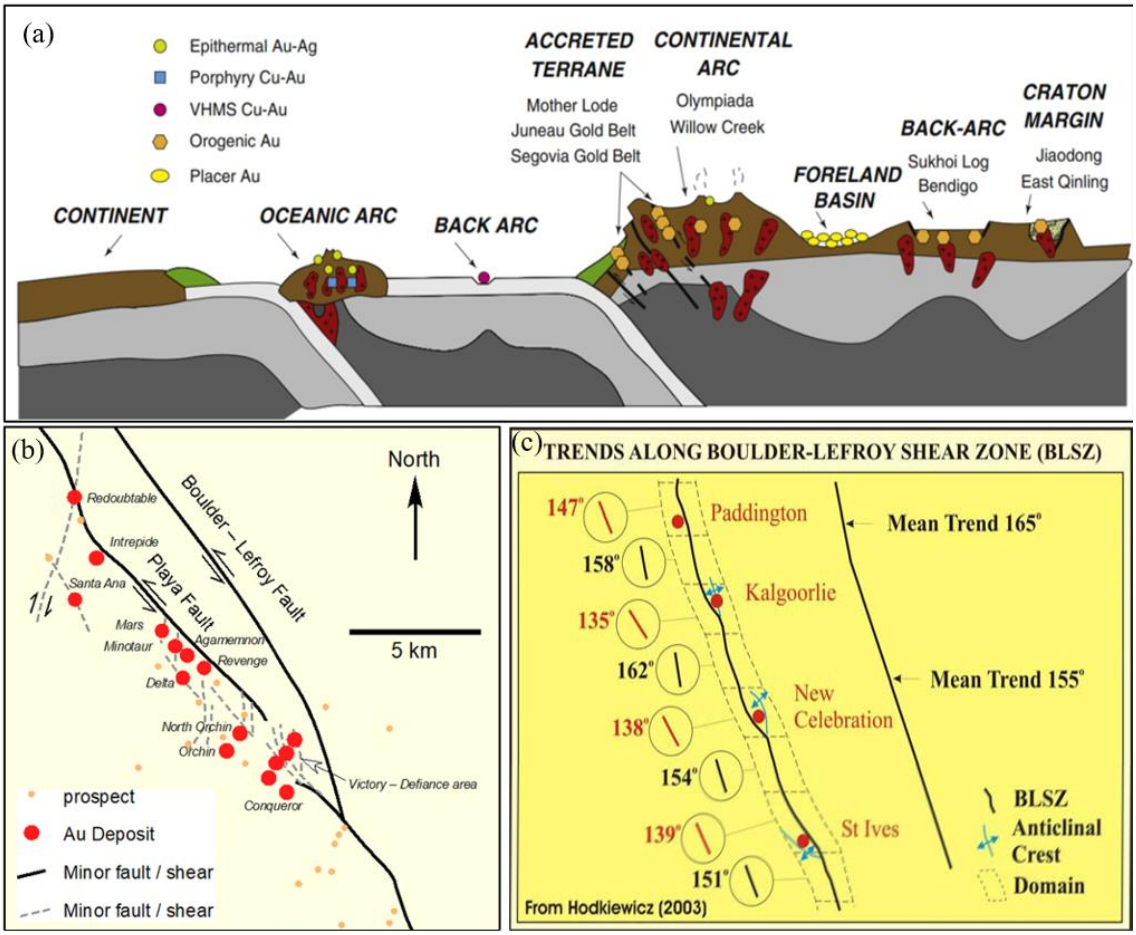
Trong số 9 kiểu mỏ trên, kiểu mỏ vàng tạo núi được ghi nhận là loại hình mỏ nguồn gốc có sản lượng vàng khai thác lớn nhất trên thế giới. Theo thống kê từ 119 mỏ vàng nổi tiếng, sản lượng vàng khai thác từ kiểu mỏ này chiếm ~52% tổng sản lượng vàng được khai thác trên thế giới, vượt trội so với sản lượng vàng được khai thác từ các mỏ porphyry, nhiệt dịch nông và mỏ vàng kiểu Carlin (Goldfard và nnk, 2005). Các mỏ vàng tạo núi thường có hàm lượng vàng trung bình giao động từ ~1 đến 10 g/t. Các mỏ lớn có trữ lượng từ 70 tấn đến 1.000 tấn vàng, ngoại trừ một số mỏ khổng lồ như Muruntau (~5.300 tấn), Ashanti (~2.070 tấn) và mỏ Golden Mile (~2000 tấn) (Goldfard và nnk, 2005).

2. Các đặc điểm địa chất – quặng hóa chính của kiểu mỏ vàng tạo núi

* *Tác giả liên hệ*
Email: lexuantruong@humg.edu.vn

2.1. Đặc điểm địa chất

Các mỏ vàng tạo núi có tuổi thành tạo từ cổ (Archean) đến trẻ (Cenozoic), được thành tạo trong giai đoạn muộn của quá trình tạo núi và chủ yếu phân bố trong các đá biến chất tướng phiến lục (Goldfard và nnk, 2005), thuộc các đới nêm tăng trưởng của cung magma nội lục, ít hơn là trong các đới tách giãn sau cung (Hình 1a; Goldfarb và Groves, 2015). Trong số 25 mỏ vàng tạo núi lớn nhất trên thế giới, có 18 mỏ được thành tạo trong các đá biến chất tướng phiến lục, 04 mỏ trong đá biến chất tướng phiến lục - amphibolite, 01 mỏ trong tướng biến chất granulite (ngoại trừ mỏ Tick Hill, Australia chưa được thống kê; Le và nnk, 2021a,b; Le và nnk, 2022, Le và nnk, 2024) và 02 mỏ trong đá biến chất thấp dưới tướng phiến lục (Goldfard và nnk, 2005). Trong mỗi đai sinh khoáng vàng tạo núi, các mỏ thường phân bố thành các cụm liên quan đến các đứt gãy nhánh của một hoặc một số đứt gãy sâu (Goldfard và nnk, 2005, Robert và nnk, 2005). Ví dụ tại khu vực Kambalda Goldfield thuộc đai sinh khoáng Yilgarn Craton, Australia, có 17 mỏ vàng phân bố tập trung thành 5 cụm mỏ và một số đới khoáng hóa dọc theo đứt gãy khu vực Playa Fault (Robert và nnk, 2005). Các đứt gãy khu vực khống chế hoạt động sinh khoáng có chiều dài lên đến hàng trăm km, thậm chí cả nghìn km (Goldfard và nnk, 2005).



Hình 1. (a) Vị trí kiến tạo của một số kiểu mỏ nguồn gốc của vàng. Các mỏ vàng tạo núi được thành tạo trong đới nêm tăng trưởng (accreated terane) thuộc cung magma nội lục (continental arc) và trong các đới tách giãn sau cung (back-arc) (Goldfarb và Groves, 2015); (b) Các mỏ vàng tạo núi phân bố thành các mỏ đơn lẻ và các cụm mỏ dọc theo đứt chính Playa hoặc các đứt gãy nhánh của đứt gãy chính, khu vực St Ives, vùng Kambalda, Tây Úc (Cox và Ruming, 2004); (c) Sơ đồ thể hiện phương vị của các đới quặng hóa vàng so với phương vị các đứt gãy chính ở Tây Úc (Hodkieics, 2003).

Các đai sinh khoáng vàng tạo núi nổi tiếng thế giới được ghi nhận cho đến nay gồm có Superior Province (Canada), Yilgarn Craton (Australia), West Africa Craton (Tây châu phi), Arabian-Nubian Shield (Khu vực Á-Phi hai bên bờ Biển Đỏ), Lachlanch Fold Belt (Australia), Ural Moutains (Nga), Central Asia Variscan (Trung Á), East China - Southeast Russia (Trung - Nga), Russian Far East (vùng viễn đông nước Nga) và Sierra Nevada Foothills (Mỹ). Trong số đó, đai sinh khoáng Yilgarn Craton (Australia) với 28 mỏ lớn và 54 mỏ nhỏ có trữ lượng và tài nguyên vàng lớn nhất, tương ứng với ~3.400 tấn và ~6.420 tấn vàng. Mỏ

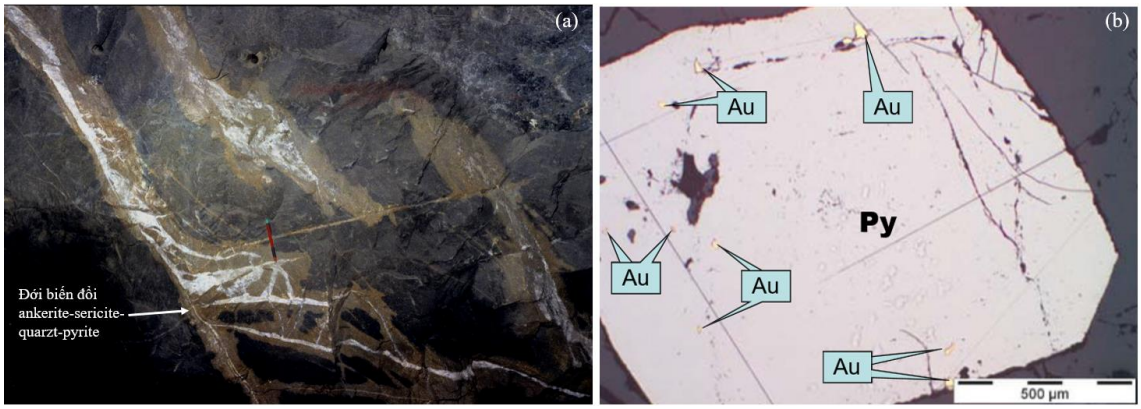
vàng Golden Mile đai sinh khoáng này có trữ lượng ~2.000 tấn vàng, là một trong những mỏ vàng tạo núi lớn nhất thế giới (Goldfard và nnk, 2005; Robert và nnk, 2005).

2.2. Đặc điểm quặng hóa cơ bản

Các mỏ vàng tạo núi phân bố trong các đới uốn nếp, shear, các đứt gãy nhánh liên quan đến đứ gãy sâu trong môi trường biến dạng từ giòn-dẻo đến giòn (Hình 1b). Các thân quặng quặng có quy mô và hình thái, kích thước bị khống chế bởi các yếu tố cấu trúc kiến tạo, thường có chiều dài > 1 km, sâu tới hơn 0,5 km theo đường hướng dốc, rộng từ vài mét đến vài chục mét. Các mỏ lớn có kích thước lên tới 2-10km, rộng ~1 km, sâu đến 2÷3 km (Goldfarb và nnk, 2005). Các thân quặng và đới quặng hóa vàng thường tập trung tại các đới mở, đới biến đổi, gấp khúc liên quan đến đứt gãy lớn (Hình 1c; Hodkieics, 2003). Nhiều mỏ vàng tạo núi phân bố cạnh các đới cấu trúc "Jog" có phương vị lệch khoảng 10-25ºC so với phương vị của đứt gãy khu vực (Hodkieics, 2003; Groves và nnk, 2018).

Quặng có cấu tạo biến đổi da dạng, từ mạng mạch, dăm kết trong đới biến dạng giòn đến các loại cấu tạo đặc trưng cho môi trường biến dạng giòn – dẻo, bao gồm cấu tạo shear, uôn nếp, vò nhàu, xâm tán, khúc dồi,…(Goldfarb và nnk, 2005). Quặng có thành phần khoáng vật đơn giản, giàu thạch anh, hàm lượng sulphide khá thấp, chủ yếu giao động trong khoảng 2÷5% (Goldfarb và nnk, 2005). Thành phần sulphide chính trong quặng là pyrite và arsenopyrite, ít hơn là pyrhotite, chalcopyrite, sphalerite, galena và có thể có một số khoáng vật sulphides khác (vd:Goldfarb và nnk, 2005). Trong nhiều mỏ, hàm lượng pyrhotite trong quặng tỷ lệ thuận với nhiệt độ thành tạo quặng. Vàng tồn tại dưới dạng hạt vàng tự sinh (khác với dạng tồn tại chính của vàng trong kiểu mỏ Carlin) với hàm lượng trung bình giao động chủ yếu trong khoảng 1÷10 g/t, không có nhiều mỏ vàng tạo núi có hàm lượng trung bình >10 g/t (ví dụ: Bendigo, Kolar, Kiland Lake, Grass Vale, Cmbell-Red Lake,…; Goldfarb và nnk, 2005). Tỉ lệ Au/Ag trong quặng cao, biến đổi từ 5 đến 10, tương đương với giá trị gold finess > 900, phổ biến trong khoảng 920÷940 (Goldfarb và nnk, 2005).

Sự có mặt của các khoáng vật biến đổi nhiệt dịch đi kèm với quặng hóa phụ thuộc vào thành phần đá vây quặng nhưng thường có carbonate, sulfide, sericite, chlorite, K-feldspar, biotite, tuamaline và albite. Tùy thuộc và cường độ dập vỡ và thẩm thấm của khí nhiệt dịch đi vào đá vây quanh tại từng vị trí quặng hóa mà có mức độ biến đổi nhiệt dịch khác nhau. Nhìn chung, quặng được thành tạo trong giai đoạn biến chất giật lùi (kết thúc quá trình tạo núi) nên có các đặc điểm khác biệt về khoáng vật và cấu tạo quặng so với đá biến chất quanh quặng. Trong trường hợp quặng được thành tạo ở nhiệt độ cao, và đá vây quanh chứa carbonate, tổ hợp các khoáng vật đá biến đổi được thành tạo có thể tương tự như tổ hợp các khoáng vật biến đổi thuộc nhóm đá skarn. Nhiệt độ tạo quặng phổ biến của quặng hóa vàng tạo núi giao động trong khoảng 250-350°C. Các mỏ tuổi Archean thường được thành tạo ở dải nhiệt độ cao hơn, khoảng 325÷400°C (Groves và nnk, 2020). Tuy nhiên tại các mỏ được thành tạo có độ sâu lớn (>10 km), thậm chí lên đến gần 20 km (Groves và nnk, 2020), nhiệt độ tạo quặng sẽ cao hơn nhiều, tương đương với nhiệt độ thành tạo đá biến chất vây quanh quặng.



Hình 2. (a) Ảnh đại diện của mạch thạch anh – sulphide chứa vàng tại mỏ vàng tạo núi Mt Charlotte, Kalgoorlie, Tây Úc (Image from Zhaoshan Chang). (b) Bao thể vàng (Au) trong các hạt pyrite (Py) tại mỏ vàng tạo núi Sukhoi Log (Image from Ross Large).

2.3. Đặc điểm địa hóa và nguồn gốc quặng

Mỏ vàng tạo núi được thành tạo chủ yếu trong môi trường địa kiến tạo liên quan đến hoạt động tạo núi và biến chất khu vực đi kèm, thường xảy ra trong giai đoạn kết thúc của một chu kỳ tạo núi, giai đoạn chuyển tiếp giữa va chạm và tách giãn của hai mảng kiến tạo. Nguồn gốc của quặng vàng thuộc kiểu mỏ này từ lâu đã được tranh luận rộng rãi, từ đá magma mafic - axit (Tomkins, 2013; Gaboury, 2019), đến mô

hình nguồn gốc trầm tích biến chất (Large và nnk, 2011; Tomkins, 2013). Trong đó mô hình trầm tích biến chất, với các kết quả nghiên cứu định lượng về địa hóa khoáng vật và đồng vị liên tục được cập nhật, đã và đang được sử dụng rộng rãi hơn trong việc định hướng công tác tìm kiếm và thăm dò mỏ.

Dung dịch nhiệt dịch trong kiểu mỏ vàng tạo núi thường được cho là có nguồn gốc từ các thể magma axit trong lớp vỏ dưới hoặc giữa và dung dịch được tách ra trong quá trình biến chất khu vực liên quan đến hoạt động tạo núi liên quan di chuyển theo các đứt gãy sâu từ dưới lên (Goldfarb và Groves, 2015). Tùy thuộc vào lịch sử địa chất kiến tạo và magma ở từng đai sinh khoáng và từng cụm mỏ, kết hợp số liệu địa hóa và đồng vị bền để luận giải quặng có nguồn gốc biến chất hoặc nguồn gốc magma vượt trội hơn so với các nguồn gốc khác. Nhìn chung, chưa có công trình khoa học nào thể ghiện rõ nguồn gốc của mỏ vàng tạo núi liên quan đến một thể magma nhất định nào đó, tương như kiểu mỏ skarn, porphyry, epithermal hay VMS/ VHMS (Goldfarb và Groves, 2015). Ngược lại, mô hình nguồn gốc trầm tích biến chất của mỏ vàng tạo núi tại rất phù hợp với lịch sử địa chất của đai sinh khoáng. Các số liệu phân tích địa hóa, động vị của các thành phần trong quặng cũng rất phù hợp với mô hình này (Goldfarb và Groves, 2015).

Dung dịch mang quặng thường giàu CO_2 (5÷20 mol%) CH_4 và/ hoặc N_2, thường chứa 0,01÷0,36 mol% H_2S, có độ muối thấp đến trung bình, phổ biến trong khoảng 3÷7wt% NaCl, thường có độ pH trung bình (~5,5) và tính khử yếu (0,01÷0,36 mol% H_2S) (Goldfarb và Groves, 2015). Đồng vị oxy ($\delta^{18}O$) từ các khoáng vật chứa oxy trong quặng dao động phổ biến từ +6 đến +11‰ đối với quặng tuổi tiền Cambrian và từ +7 đến +13‰ đối với quặng tuổi Phanerozoic (Goldfarb và Groves, 2015). Đồng vị hydro (δD) và lưu huỳnh ($\delta^{34}S$) biến đổi rất mạnh tùy thuộc vào nguồn gốc của dung dịch nhiệt dịch và lưu huỳnh tại từng mỏ (Goldfarb và Groves, 2015). Đồng vị hydro (δD) tại nhiều mỏ lớn của thế giới thường thay đổi trong khoảng từ -80 đến -20‰ (Goldfarb và nnk, 2005) trong khi đồng vị lưu huỳnh ($\delta^{34}S$) giao động phổ biến trong khoảng 0÷10‰ nhưng có thể thấp hoặc cao hơn nhiều trong một số trường hợp, phản ánh lưu huỳnh đa nguồn gốc tham gia vào dung dịch tạo quặng (Goldfarb và nnk, 2005). Đồng vị $\delta^{13}C$ thường biến đổi trong khoảng -11 đến -2‰ (Goldfarb và Groves, 2015).

3. Kết luận

Trên cơ sở tổng hợp các kết quả nghiên cứu đã được công bố về kiểu mỏ vàng tạo núi, có thể tóm tắt các đặc điểm địa chất – quặng hóa cơ bản của loại hình mỏ này như:

- Phần lớn được thành tạo trong giai đoạn kết thúc của quá trình tạo núi, giai đoạn chuyển giao từ va chạm sang tách giãn giữa hai mảng địa chất;
- Vị trí kiến tạo chính là các cung tạo núi nội lục, tại các đới nêm tăng trưởng của rài lục địa tích cực. Ngoài ra còn có một số mỏ được thành tạo trong các đới tách giãn sau cung;
- Phần lớn các mỏ được thành tạo trong đá biến chất tướng phiến lục so với số ít các mỏ được thành tạo trong tướng biến chất cao hơn hoặc thấp hơn;
- Quặng được thành tạo trong giai đoạn biến chất giật lùi nên có các đặc điểm khác biệt về khoáng vật và cấu tạo quặng so với đá biến chất quanh quặng;
- Các mỏ phân bố đơn lẻ hoặc thành các cụm mỏ bị khống chế bởi các đứt gãy nhánh của một hoặc một số đứt gãy khu vực có kích thước kéo dài lên đến hàng trăm km, thậm chí hàng nghìn km;
- Quặng có cấu tạo đa dạng, từ mạng mạch, dăm kết trong đới biến dạng giòn đến cấu tạo dạng shear, uốn nếp, xâm tán, trao đổi thay thế và/ hoặc khúc dồi trong đới biến dạng giòn - dẻo, thường có độ sâu thành tạo >5 km;
- Thân quặng thường có chiều dài > 1 km, chiều sâu tới hơn 0,5 km theo đường hướng dốc, rộng từ vài mét đến vài chục mét. Các mỏ lớn có kích thước lên tới 2÷10 km, rộng ~1 km, chiều sâu đến 2÷3 km;
- Phần lớn các thân quặng chứa 2÷5% khoáng vật sulfides với thành phần chủ yếu gồm pyrite và arsenopyrite. Hàm lượng pyrhotite trong quặng thường tỉ lệ thuận với nhiệt độ thành tạo quặng;
- Vàng tồn tại dưới dạng hạt vàng tự nhiên, hiếm khi tồn tại dưới dạng dung dịch cứng trong tinh thể pyrite hoặc arsenopyrite như trong kiểu mỏ Carlin;
- Đa số các mỏ có hàm lượng vàng trung bình <10 g/t. Tỉ lệ Au/Ag cao, biến đổi từ 5 đến 10, tương đương với giá trị gold finess > 900, phổ biến trong khoảng 920÷940;
- Sự có mặt của các khoáng vật biến đổi nhiệt dịch đi kèm phụ thuộc vào thành phần đá vây quặng nhưng thường có carbonate, sulfide, sericite, chlorite, K-feldspar, biotite, tuamaline và albite. Trong trường hợp quặng được thành tạo ở nhiệt độ cao, các khoáng vật đá biến đổi tương tự như tổ hợp các khoáng vật đá skarn;
- Nhiệt độ tạo quặng phổ biến là 250÷350°C, các mỏ tuổi Archean thường được thành tạo ở dải nhiệt độ cao hơn, khoảng 325÷400°C. Tuy nhiên tại các mỏ được thành tạo có độ sâu lớn (>10 km), nhiệt độ tạo quặng sẽ cao hơn nhiều, tương đương với nhiệt độ thành tạo đá biến chất vây quanh quặng;

• Đặc điểm của dung dịch nhiệt dịch là: giàu CO_2 (5÷20 mol%); độ muối thấp đến trung bình, phổ biến trong khoảng 3÷7wt% NaCl; thường có độ pH trung bình (~5,5); tính khử yếu (0,01÷0,36 mol% H_2S);

• Đồng vị oxy ($\delta^{18}O$) dao động phổ biến từ +6 đến +11‰ đối với quặng tuổi tiền Cambrian và từ +7 đến +13‰ đối với quặng tuổi Phanerozoic;

• Đồng vị hydro (δD) và lưu huỳnh ($\delta^{34}S$) biến đổi rất mạnh tùy thuộc vào nguồn gốc của dung dịch nhiệt dịch và lưu huỳnh tại từng mỏ. $\delta^{34}S$ phổ biến trong khoảng 0÷10‰ nhưng có thể thấp hoặc cao hơn nhiều trong một số trường hợp, phản ánh lưu huỳnh đa nguồn gốc tham gia vào dung dịch tạo quặng;

• Đồng vị $\delta^{13}C$ thường biến đổi trong khoảng -11 đến -2‰.

Lời cảm ơn

Bài báo là sản phẩm của đề tài khoa học công nghệ thuộc quỹ NAFOSTED, mã số 105.02-2023.09. Tác giả xin chân thành cảm ơn các cá nhân và tổ chức có liên quan đã giúp đỡ tác giả hoàn thành nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

Cline, J. S., Hofstra, A. H., Muntean, J. L., Tosdal, R. M., and Hickey, K. A., 2005. Carlin-type gold deposits in Nevada: Critical geologic characteristics and viable models.

Cooke, D. R., Hollings, P., and Walshe, J. L., 2005. Giant porphyry deposits: characteristics, distribution, and tectonic controls. *Economic geology*, v. 100, p. 801-818.

Cox, S., and Ruming, K., 2004, The St Ives mesothermal gold system, Western Australia—a case of golden aftershocks?: *Journal of Structural Geology*, v. 26, p. 1109-1125.

Franklin, J., Gibson, H., Jonasson, I., and Galley, A., 2005. Volcanogenic massive sulfide deposits.

Gaboury, D., 2019, Parameters for the formation of orogenic gold deposits: *Applied Earth Science*, v. 128, p. 124-133.

Gaboury, D., 2021, The neglected involvement of organic matter in forming large and rich hydrothermal orogenic gold deposits: *Geosciences*, v. 11, p. 344.

Goldfarb, R. J., Baker, T., Dubé, B., Groves, D. I., Hart, C. J., and Gosselin, P., 2005. Distribution, character, and genesis of gold deposits in metamorphic terrain.

Goldfarb R. J., Groves D. I., 2015. Orogenic gold: common orevolvingfluid and metal sources through time. Lithos.233:2–26.

Gosselin, P., and Dubé, B., 2005. Gold deposits of the world: Distribution, geological parameters and gold content: *Geological Survey of Canada Open File* 4895, 271 p. (CD-ROM).

Groves, D. I., Santosh, M., Goldfarb, R. J., and Zhang, L., 2018. Structural geometry of orogenic gold deposits: Implications for exploration of world-class and giant deposits: *Geoscience Frontiers*, v. 9, p. 1163-1177.

Groves, D. I., Santosh, M., and Zhang, L., 2020. A scale-integrated exploration model for orogenic gold deposits based on a mineral system approach: *Geoscience Frontiers*, v. 11, p. 719-738.

Hart, C. J., 2007, Reduced intrusion-related gold systems: *Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division*, v. 5, p. 95-112.

Large, R. R., 1992. Australian volcanic-hosted massive sulfide deposits; features, styles, and genetic models: *Economic geology*, v. 87, p. 471-510.

Large, R. R., Bull, S. W., and Maslennikov, V. V., 2011, A carbonaceous sedimentary source-rock model for Carlin-type and orogenic gold deposits: *Economic Geology*, v. 106, p. 331-358.

Le, T. X., Dirks, P. H., Sanislav, I. V., Harris, C., Huizenga, J. M., Cocker, H. A., and Manestar, G. N., 2022. Quartz oxygen isotopes from Tick Hill area in Mount Isa Inlier: indication of a regional fluid overprint: *Australian Journal of Earth Sciences*, v. 69, p. 439-452.

Le, T. X., Dirks, P. H., Sanislav, I. V., Huizenga, J. M., Cocker, H. A., and Manestar, G. N., 2021a. Geochronological constraints on the geological history and gold mineralization in the Tick Hill region, Mt Isa Inlier: *Precambrian Research*, v. 366, p. 106422.

Le, T. X., Dirks, P. H., Sanislav, I. V., Huizenga, J. M., Cocker, H. A., and Manestar, G. N., 2021b. Geological setting and mineralization characteristics of the Tick Hill Gold Deposit, Mount Isa Inlier, Queensland, Australia: *Ore Geology Reviews*, v. 137, p. 104288.

Le, T., Dirks, P. H., Sanislav, I., Huizenga, J. M., Cocker, H., and Nguyen, G., 2024. P–T conditions of metamorphic and hydrothermal events at Tick Hill gold deposit, Mount Isa, Queensland, Australia: Australian Journal of Earth Sciences, v. 71, p. 538-552.

Meinert, L. D., 2000, *Gold in skarns related to epizonal intrusions*, Book.

Meinert, L. D., Dipple, G. M., and Nicolescu, S., 2005. World skarn deposits. Book.

Robert, F., Poulsen, K. H., Cassidy, K. F., and Hodgson, C. J., 2005. *Gold metallogeny of the Superior*

and Yilgarn cratons.

Seedorff, E., Dilles, J. H., Proffett, J. M., Einaudi, M. T., Zurcher, L., Stavast, W. J., Johnson, D. A., and Barton, M. D., 2005. Porphyry deposits: Characteristics and origin of hypogene features.

Sillitoe, R. H., 2000. *Gold-rich porphyry deposits*: descriptive and genetic models and their role in exploration and discovery.

Simmons, S. F., White, N. C., and John, D. A., 2005. Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits.

Skirrow, R. G. 2022. Iron oxide copper-gold (IOCG) deposits – A review (part 1): Settings, mineralogy, ore geochemistry and classification. *Ore Geology Reviews* 140, 104569.

Tomkins, A. G., 2013, On the source of orogenic gold: *Geology*, v. 41, p. 1255-1256.

Williams, P. J., Barton, M. D., Johnson, D. A., Fontboté, L., De Haller, A., Mark, G., Oliver, N. H., and Marschik, R., 2005. *Iron oxide copper-gold deposits:* Geology, space-time distribution, and possible modes of origin.

ABSTRACT

Basic characteristics of geology and mineralization for the orogenic gold deposits

Le Xuan Truong[1, 2]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

[2]*Center for Excellence in Analysis and Experiment*

This paper introduces the main geological and mineralization characteristics of orogenic gold deposits based on the synthesis of detailed research results from different orogenic gold deposits and metallogenic belts worldwide. These characteristics include geological settings, tectonic contexts, distribution patterns, ore-controlling structures, basic mineralization features, geochemistry, and sources of the ore. Orogenic gold deposits account for approximately one-third of the world's gold production. The deposit mainly occurs during the transitional period from collision to extension in orogenic belts. The deposits are typically found in metamorphic rocks at greenschist facies, in the form of either as isolated deposits or in clusters controlled by subsidiary faults of a regional fault with scales up to hundreds to thousands of kilometers, in brittle or brittle-ductile deformation environments at depths greater than 5 km. The ore usually contains about 2÷5% sulfide minerals which mainly include pyrite and arsenopyrite. The formation temperature of the mineralization is typically around 250÷400°C and is often positively correlated to the pyrrhotite contents. Gold exists as native gold grains with a high Au/Ag ratio, ranging from 5 to 10. The hydrothermal solutions are generally rich in CO_2, low in NaCl (commonly ~ 3÷7 wt%), with neutral pH, and weakly reducing conditions. The oxygen isotopes ($\delta^{18}O$) typically range from +6 to +13‰ while carbon isotopes ($\delta^{13}C$) usually vary from -11 to -2‰. The sulfur isotopic composition of sulfide minerals associated with gold varies widely in this type of deposit.

Keywords: Orogenic gold deposits; Mesothermal gold deposits; Gold in greenschist facies metamorphic rocks.

Đặc điểm thạch địa hóa granitoid khối Tương Dương khu vực Bắc Trung Bộ, Việt Nam

Khương Thế Hùng[1,*], Nguyễn Văn Đạt[2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản*

TÓM TẮT

Đai tạo núi Trường Sơn nằm dọc dãy Trường Sơn, kéo dài từ khu vực Nghệ An đến Quảng Trị, là một trong những đới cấu trúc có hoạt động magma tuổi Pecmi-Trias phát triển mạnh mẽ. Granitoid khối Tương Dương phân bố ở phía bắc đai tạo núi Trường Sơn, thuộc vùng Bắc Trung Bộ Việt Nam. Đá có cấu tạo dạng khối granit biotit hoặc tồn tại dưới dạng mạch pegmatit, thành phần của khối gồm granit biotit và các đá mạch granit aplit, pegmatit. Chúng chủ yếu gồm các khoáng vật (%) plagioclas (33÷45); felspat kali (15÷32); thạch anh (25÷31); biotit (9÷12) và các khoáng vật phụ gồm apatit, zircon và quặng. Granitoid khối Tương Dương có đặc điểm địa hóa: tỷ lệ 10.000×Ga/Al= 6,42÷8,98, giá trị A/CNK=1,26÷1,29, dị thường Eu dương. Những đặc điểm khoáng vật tạo đá và đặc điểm địa hóa cho thấy granit khối Tương Dương thuộc loại S granit. Kết quả định tuổi bằng phương pháp U-Pb zircon cho tuổi kết tinh của granit biotit khối Tương Dương vào khoảng 253±2,7 tr.n; tương ứng tuổi Pecmi muộn. Như vậy, khối granitoid Tương Dương có thể được hình thành trong quá trình va chạm giữa hai mảng Nam Trung Hoa và Đông Dương trong giai đoạn Pecmi muộn. Kết quả nghiên cứu góp phần làm sáng tỏ đặc điểm thạch địa hóa granitoid khối Tương Dương, qua đó định hướng cho công tác nghiên cứu thạch luận - sinh khoáng của các thành tạo granitoid khu vực.

Từ khóa: Tương Dương; granitoid; đai tạo núi Trường Sơn; Bắc Trung Bộ.

1. Đặt vấn đề

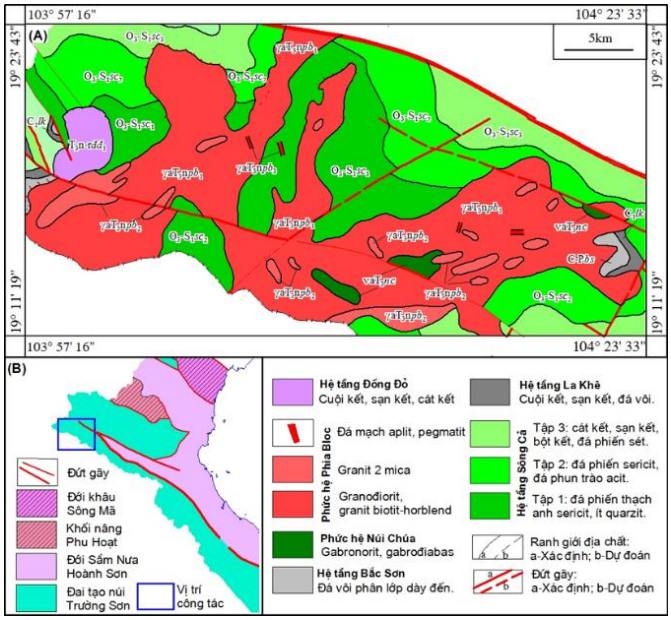
Granitoid khối Tương Dương thuộc phức hệ Phia Bioc, nằm trong địa phận huyện Tương Dương và huyện Kỳ Anh, tỉnh Nghệ An. Phức hệ Phia Bioc được Izokh (1965) xác lập đầu tiên trong quá trình đo vẽ bản đồ địa chất toàn miền Bắc Việt Nam tỷ lệ 1:500.000. Dựa trên mối quan hệ địa chất với các thành tạo vây quanh, Izokh và cộng sự đã xếp phức hệ vào tuổi đầu Trias muộn (sát trước Nori). Theo Trần Đức Lương và Nguyễn Xuân Bao (1988), phức hệ Phia Bioc bao gồm các granitoid giàu nhôm phát triển rộng rãi và phổ biến nhất ở miền Bắc và Bắc Trung Bộ Việt Nam. Một số khối granitoid thuộc phức hệ này được phân bố ở phía bắc đai tạo núi Trường Sơn như khối Bản Bồng Tôm, Pong Cho Lo, Tương Dương, Núi Ông, Mỹ Sơn, chúng nằm rải rác ở khu vực tây Thanh Hóa, Nghệ An và Hà Tĩnh. Trong số đó, khối Tương Dương là một trong những khối granitoid đặc trưng của phức hệ và được lựa chọn cho nghiên cứu này.

Các đặc điểm thạch học, địa hóa granitoid khối Tương Dương đã được đề cập ở một số công trình trước đây (Izokh, 1965; Trần Đức Lương và Nguyễn Xuân Bao, 1988), nhưng chưa được nghiên cứu chi tiết về đặc điểm địa hóa và tuổi đồng vị. Trong nghiên cứu này các phân tích thành phần các nguyên tố chính, nguyên tố vết và định tuổi tuyệt đối bằng đồng vị U-Pb zircon cho granit được thực hiện nhằm luận giải nguồn gốc và điều kiện thành tạo của granitoid khối Tương Dương.

2. Khái quát đặc điểm địa chất khu vực

Vùng nghiên cứu nằm về phía bắc đai tạo núi Trường Sơn và thuộc vùng Bắc Trung Bộ Việt Nam (Hình 1). Trong khối granitoid Tương Dương quan sát thấy hai pha xâm nhập với quan hệ xuyên cắt rõ ràng. Pha đầu cũng là thành phần cấu tạo nên khối là granit biotit; pha thứ hai gồm các thể tường granit hai mica hạt nhỏ sáng màu, granit aplit và các mạch pegmatit, chúng xuyên cắt các loại đá granit của pha đầu nói trên (Hình 2D). Nhiều nơi quan sát được granitoid khối Tương Dương xuyên cắt gây biến chất nhiệt các trầm tích lục nguyên thuộc hệ tầng Sông Cả (O-S*sc*), Huổi Nhị (S_2-D_1*hn*), La Khê (C_1*lk*) và Bắc Sơn (C-P*bs*). Trên đường từ Bản Pung đi Cò Mi gặp cuội kết của hệ tầng Đồng Đỏ (T_3n-r*đđ*) phủ trên granitoid khối Tương Dương (Hình 1A).

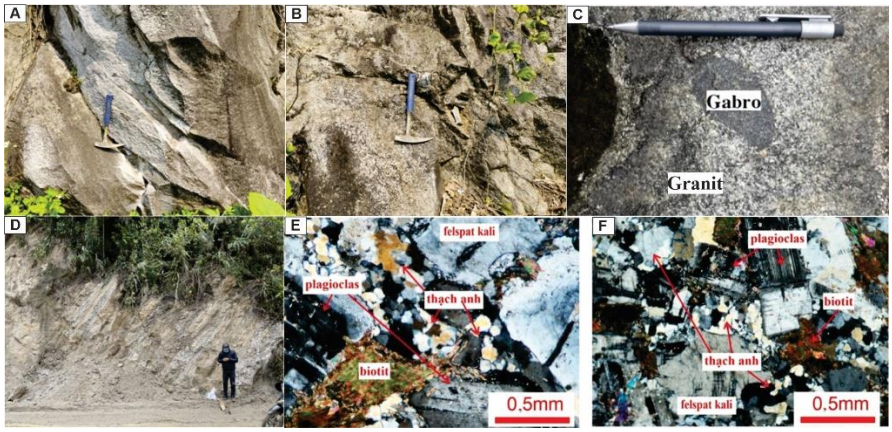
* *Tác giả liên hệ*
Email: khuongthehung@humg.edu.vn



Hình 1. A - Sơ đồ địa chất khối granitoid Tương Dương; B - Sơ đồ kiến tạo khu vực Bắc Trung Bộ Việt Nam và vị trí vùng nghiên cứu (Trần Văn Trị và Vũ Khúc, 2009).

2.1. Đặc điểm thành phần thạch học - khoáng vật của đá granitoid khối Tương Dương

Granit biotit: chiếm phần lớn khối lượng khối Tương Dương, đá phân bố chủ yếu ở phần trung tâm và phía bắc khối (Hình 2A,B). Đá gồm tập hợp những hạt có màu trắng đục xen trắng trong và vảy mica màu đen, trong đá thỉnh thoảng gặp thể tù gabro (Hình 2C), xem kẹp các đai mạch pegmatit (Hình 2D). Đá gắn kết chặt, cấu tạo định hướng yếu. Thành phần khoáng vật (%) gồm: plagioclas (33÷45); felspat kali (15÷32); thạch anh (25÷31); biotit (9÷12) và các khoáng vật phụ gồm apatit, zircon và quặng (Hình 2E, F).



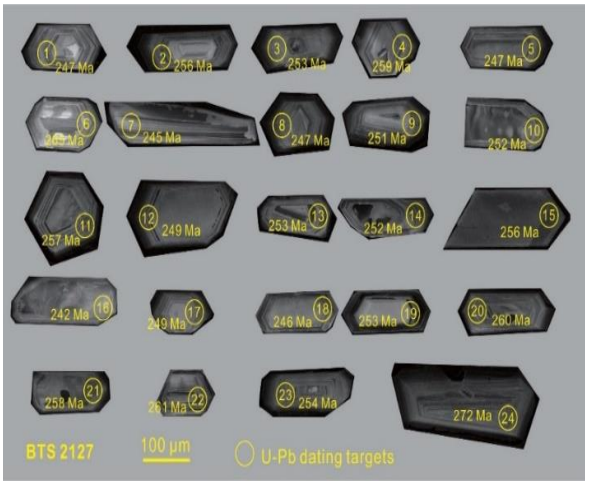
Hình 2. Các đá granitoid khối Tương Dương: A, B - Vết lộ đá granit biotit; C - Thể tù gabro trong đá granit; D - Mạch pegmatit; E, F - Đá granit biotit bị ép phiến dưới kính (Nguyễn Văn Đạt, 2023).

3. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Để thực hiện nhiệm vụ đặt ra, 10 mẫu thạch học lát mỏng được thu thập và phân tích trên kính hiển vi phân cực Axiokop tại Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, 03 mẫu đá đặc trưng cho khối Tương Dương sử dụng cho phân tích đặc điểm thạch địa hóa nguyên tố chính và nguyên tố vết và lựa chọn 01 mẫu granit biotit để định tuổi đồng vị zircon U-Pb bằng LA-ICP-MS tại Phòng thí nghiệm trọng điểm quốc gia về Địa chất và Tài nguyên Khoáng sản (GPMR), Đại học Khoa học Địa chất Trung Quốc (Vũ Hán). Các nguyên tố chính được xác định bằng phương pháp phổ huỳnh quang tia X (XRF) (Bảng 1). Các nguyên tố vết được phân tích bằng phương pháp khối phổ-plasma cảm ứng (ICP-MS), phương pháp này được đánh giá hiệu quả trong phân tích nguyên tố vi lượng (Bảng 2). Tuổi tuyệt đối granitoid khối Tương Dương được xác định bằng phương pháp đồng vị U-Pb zircon, chi tiết phương pháp tham khảo công bố của Hung và nnk (2024).

Bảng 1. Hàm lượng các nguyên tố chính (%) các đá granitoid Tương Dương.

Số hiệu mẫu	Granit biotit		
	BTS2123	BTS2127	BTS5091
SiO_2	65,93	66,20	67,13
TiO_2	0,55	0,52	0,57
Al_2O_3	17,14	16,97	16,76
Fe_2O_3	4,68	4,45	4,68
MnO	0,10	0,08	0,10
MgO	2,10	2,04	1,61
CaO	2,44	2,35	2,38
Na_2O	3,12	2,99	3,04
K_2O	3,53	4,00	3,34
P_2O_5	0,19	0,23	0,22
Total	**99,77**	**99,83**	**99,83**
A/CNK	**1,28**	**1,26**	**1,29**
K_2O/Na_2O	**1,13**	**1,34**	**1,10**
Na_2O+K_2O	**6,65**	**6,99**	**6,38**
$(Na_2O+K_2O)/CaO$	**2,73**	**2,97**	**2,68**



Hình 3. Ảnh âm cực phát quang (CL) và các điểm bắn định tuổi U-Pb cho các hạt zircon từ mẫu BTS2127 (granit biotit) thuộc khối Tương Dương, Ma - triệu năm.

Các hạt zircon trong mẫu BTS2127 trong suốt, không màu hoặc có màu vàng nhạt, hình dạng tinh thể dài, tự hình đến nửa tự hình. Các hạt zircon có kích thước khác nhau, hầu hết có chiều dài từ 120÷500 µm và chiều rộng 80÷150 µm (Hình 3). Hình ảnh CL cho thấy sự phân đới rõ ràng trong hầu hết các hạt zircon, biểu thị các hạt zircon trong mẫu có nguồn gốc magma (Fernando và nnk, 2003; Hoskin và Black, 2000).

Bảng 2. Thành phần nguyên tố vi lượng (ppm) của các đá granitoid khối Tương Dương (Trị số Clack cho các đá granitoid và granit theo Vinogradov. N = giá trị được chuẩn hóa theo Chondrit (Chappell và White, 1974). $Eu/Eu^*=(Eu\times12,987)/[(SQRT(Sm\times4,926)\times(Gd\times3,623)]$).

Nguyên tố	Granit biotit			Trị số Clark	Nguyên tố	Granit biotit			Trị số Clark
	BTS2123	BTS2127	BTS5091			BTS2123	BTS2127	BTS5091	
Cr	64,31	56,99	93,61	25	Yb	4,04	5,21	3,64	4
Rb	163,21	180,63	169,00	200	Lu	0,58	0,68	0,48	1
Ba	549,93	659,51	563,96	830	Li	32,89	30,26	38,94	
Th	24,49	23,17	24,67	18	Sc	12,79	11,95	12,02	3
U	3,84	3,39	3,76	3,5	V	71,93	67,45	67,09	40
Nb	13,03	14,92	13,80	20	Co	9,77	9,13	9,47	5
Ta	1,45	1,25	1,37	3,5	Ni	15,40	17,25	19,09	8
Sr	153,38	169,08	166,11	300	Cu	20,40	41,46	54,46	20
Zr	30,41	20,76	19,67	200	Zn	94,39	134,47	181,72	60
Hf	1,43	0,99	1,16	1	Ga	18,72	18,95	19,08	20
Y	41,32	54,43	36,85	34	Mo	3,20	2,48	4,78	
La	48,33	60,13	52,46	60	Ag	0,11	0,09	0,12	
Ce	89,88	105,94	98,46	100	Cd	0,10	0,18	0,08	
Pr	11,59	16,62	13,07	12	In	0,11	0,16	0,30	
Nd	48,92	73,57	55,27	46	Sb	11,87	40,48	41,59	
Sm	10,58	17,08	11,59	9	Te	0,01	0,01	0,07	
Eu	1,57	2,20	1,63	1,5	Cs	10,24	9,54	11,89	5
Gd	10,03	15,29	10,29	9	Sn	7,06	10,22	19,62	
Tb	1,51	2,27	1,56	2,5	W	0,61	1,12	0,86	
Dy	8,69	11,94	8,24	6,7	Tl	0,90	0,93	0,96	
Ho	1,61	2,38	1,50	2	Pb	65,09	112,38	165,81	20
Er	4,44	5,96	4,16	4	Bi	0,16	0,42	0,48	
Tm	0,67	0,90	0,59						
Zr+Nb+Ce+Y	**71,73**	**75,19**	**56,52**		**Zr/Hf**	**21,28**	**20,92**	**17,03**	
Nb/Ta	**9,01**	**11,92**	**10,11**		**Eu/Eu^***	**0,078**	**0,056**	**0,075**	

4. Kết quả và thảo luận

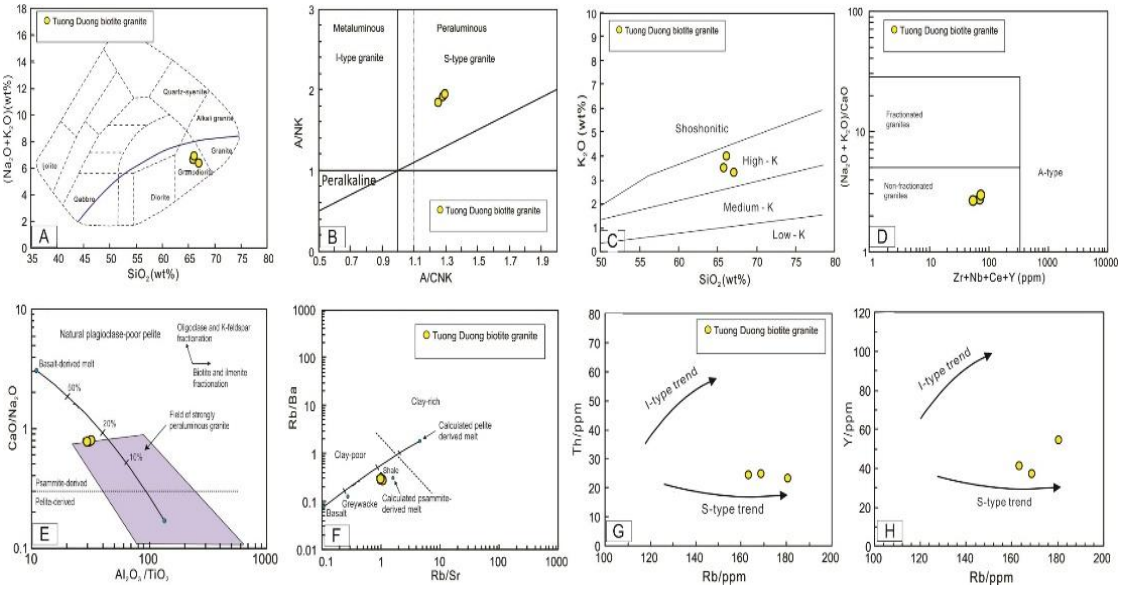
4.1. Đặc điểm thạch địa hóa granitoid khối Tương Dương

Phân tích 03 mẫu granit biotit đặc trưng cho khối Tương Dương cung cấp kết quả về nguyên tố chính (Bảng 1) và nguyên tố vết (Bảng 2) như sau.

4.1.1. Đặc điểm các nguyên tố chính

Granitoid Tương Dương có hàm lượng (%) các oxit như SiO_2 65,93÷67,13; trung bình 67,90; tổng lượng kiềm cao (Na_2O+K_2O): 6,38÷6,99 và tỷ lệ (K_2O/Na_2O): 1,10÷1,34. Trên biểu đồ tương quan hàm lượng Al_2O_3: 16,76÷17,14 tương đối cao; chỉ số bão hòa nhôm ASI [Al_2O_3/(CaO + Na_2O+K_2O)] cao và đều lớn hơn 1 (ASI~1,26÷1,29). Hầu hết các mẫu có hàm lượng CaO cao: 2,35÷2,44; các oxit khác nhìn chung thấp như MgO: 1,16÷2,10; Fe_2O_3: 4,45÷4,68; các oxit MnO: 0,08÷0,10; P_2O_5: 0,19÷0,23 là thấp.

Trên biểu đồ phân loại granit theo đặc điểm kiềm (Hình 4A-C), granitoid khối Tương Dương thuộc loạt kiềm cao, kiểu kiềm K-Na (K_2O/Na_2O~1). Trên biểu đồ tương quan A/NK và A/CNK cho thấy tất cả các mẫu đều thuộc loại trường bão hòa nhôm, kết tinh không phân đoạn (Hình 4D). Ngoài ra, graitoid khối Tương Dương có nguồn từ nóng chảy của đá cát kết, nghèo sét (Hình 4E, F). Biểu đồ tương quan giữa chỉ số ASI và SiO_2 và biểu đồ 3 hợp phần ACF theo Đào Đình Thục và Huỳnh Trung (1995) về phân loại granitoid khối Tương Dương cho thấy các mẫu đều thuộc loại trường granit kiểu S (Hình 4B, G, H).

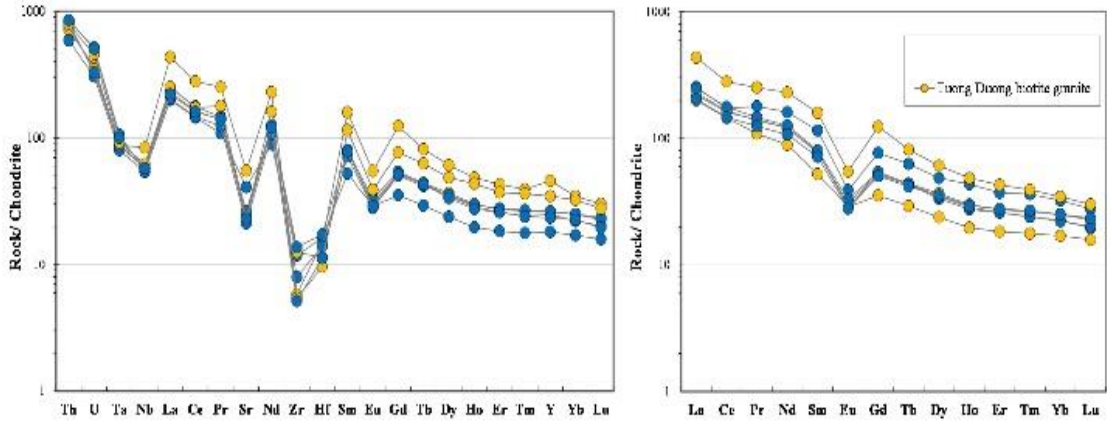


Hình 4. Các biểu đồ phân loại granitoid khối Tương Dương.

4.1.2. Đặc điểm các nguyên tố vết

Các nguyên tố được tách ra thành các silicat (lithophyl) có hàm lượng Cs và Pb cao hơn chỉ số Clark, hàm lượng Rb, Ba, Sr thấp hơn chỉ số Clark. Tỷ số Rb/Sr dao động từ 0,37 đến 1,07 lần; Ba/Sr từ 2,21 đến 3,90 lần; Ba/Rb dao động từ 3,34 đến 5,65 lần. Nhóm nguyên tố trường lực mạnh (HFS) bao gồm cả nhóm nguyên tố đất hiếm (REE) có Nb, Ta, Zr, Lu thấp hơn chỉ số Clark, tỷ lệ Eu/Eu^* rất thấp (0,056–0,078); hàm lượng Th, U, Pb, Hf, Sm, Eu cao hơn chỉ số Clark. Các tỷ số Th/U dao động từ 6,39 đến 9,73 lần; Zr/Hf từ 17,03 đến 21,28 và Nb/Ta từ 9,01 đến 11,92 lần. Nhóm các nguyên tố chuyển tiếp có hàm lượng cao hơn trị số Clark bao gồm Cr, Ni, Co, Cu, Zn, nhưng V thấp hơn trị số Clark. Các nguyên tố kim loại hiếm như Cu, Zn, Pb xuất hiện trong hầu hết các mẫu. Hàm lượng Cu và Zn đều thấp hơn so với chỉ số Clark, trong khi Pb có hàm lượng cao hơn chỉ số Clark từ 2,36 đến 2,51 lần.

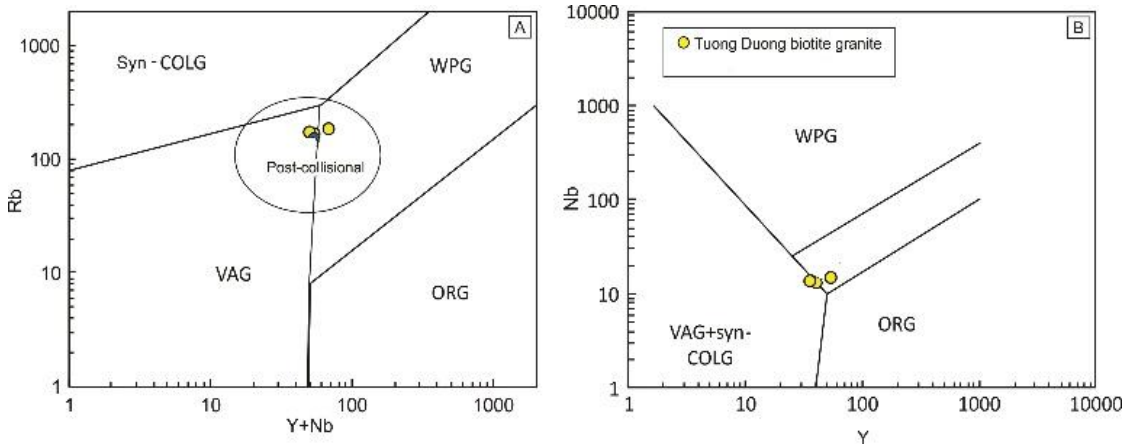
Nhìn chung, granitoid của khối Tương Dương có hàm lượng Rb, Ba, Sr thấp hơn so với trị số Clark, cùng với các giá trị Nb/Ta và Th/U cao. Những đặc điểm này cho thấy sự tương đồng với các loại granit bimodal, granit tiêu chuẩn, granit kim loại hiếm và phản ánh mối liên hệ về nguồn gốc từ vỏ dung thể magma (Harris và nnk, 1986). Trong thành phần nguyên tố đất hiếm của granitoid khối Tương Dương, các nguyên tố đất hiếm nhẹ (LREE) phong phú hơn so với đất hiếm nặng. Khi chuẩn hóa các nguyên tố đất hiếm với chondrit, đường biểu diễn cho thấy độ nghiêng âm rõ rệt, với độ dốc lớn ở nhóm đất hiếm nhẹ (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu) và nhóm đất hiếm trung bình (MREE) (Gd, Tb, Dy, Ho), cùng sự xuất hiện của dị thường âm mạnh ở Eu. Điều này đặc trưng cho granitoid được hình thành trong bối cảnh đồng va chạm (Hình 5).



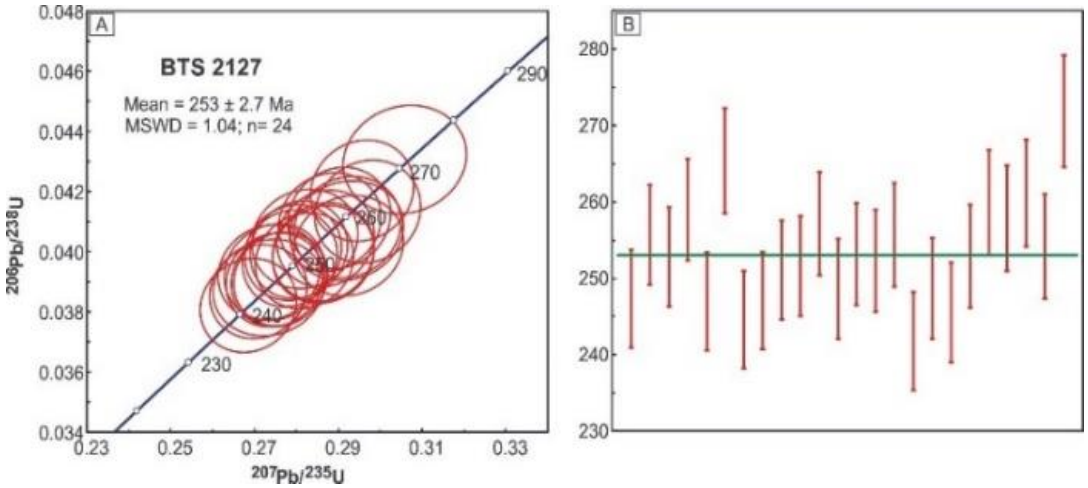
Hình 5. Biểu đồ chân nhện phân bố đất hiếm chuẩn hóa theo Chondrit của đá granit khối Tương Dương.

4.2. Thời gian và nguồn gốc thành tạo granitoid khối Tương Dương

Theo phân loại kiến tạo của Pearce và nnk (1984) (Hình 6A-B), các mẫu granitoid thuộc khối Tương Dương đều nằm trong bối cảnh kiến tạo của granit cung núi lửa (VAG) và granit nội mảng (WPG), cho thấy sự phức tạp trong quá trình hình thành granitoid tại đây. Theo phân loại của Douce (1999), nguồn gốc granitoid khối Tương Dương chủ yếu là kết quả của quá trình nóng chảy từng phần từ các nguồn vỏ có thành phần cát, nghèo sét và kết tinh không phân đoạn.



Hình 6. Biểu đồ phân chia kiểu granitoid theo bối cảnh kiến tạo theo Pearce và nnk (1984) (A, B) . VAG – granit cung núi lửa; syn – COLG – granit đồng va chạm; WPG – granit nội mảng; ORG – granit dãy núi giữa đại dương; Post-COLG – granit sau va chạm (Douce, 1999).



Hình 7. Kết quả định tuổi đá granit biotit bằng phương pháp U-Pb zircon khối Tương Dương.

Tổng cộng 24 điểm bắn trên 24 hạt zircon từ mẫu BTS 2127 được chọn để phân tích tuổi U-Pb. Dữ liệu thu được cho thấy hàm lượng Th và U của các hạt zircon này rất khác nhau, với hàm lượng Th dao động từ 76÷386 ppm và hàm lượng U dao động từ 365÷1855 ppm, tỷ lệ Th/U dao động từ 0.1÷0.65. Tuổi $^{206}Pb/^{238}U$ thu được trên 24 điểm bắn dao động trong khoảng 242±6 Tr.n đến 272±7 Tr.n, các điểm phân tích đều nằm trên đường concordia, tuổi $^{206}Pb/^{238}U$ trung bình cho 24 điểm bắn là 253±2.7 Tr.n (MSWD = 1,04) (Hình 7). Kết quả này đại diện cho tuổi kết tinh của granit biotit thuộc khối Tương Dương, cứ liệu mới từ định tuổi U-Pb zircon cho các đá granitoid Tương Dương đã góp phần làm sáng tỏ về tiến hóa kiến tạo-magma của đai tạo núi Trường Sơn. Nhiều ý kiến đồng thuận cho rằng đai tạo núi Trường Sơn chủ yếu bị ảnh hưởng bởi các sự kiện nhiệt kiến tạo trong giai đoạn Pecmi muộn-Trias sớm (Shi và nnk, 2015) và các đá magma này được coi là sản phẩm của hoạt động magma rìa lục địa tích cực trước khi xảy ra va chạm giữa mảng Nam Trung Hoa và mảng Đông Dương (Hoa và nnk., 2008; Liu và nnk., 2012).

5. Kết luận

Các đặc điểm thạch học và thạch địa hóa của các thành tạo granitoid ở khối Tương Dương cho thấy chúng có đặc trưng gần giống với granit kiểu S, và nguồn gốc ban đầu có thể là các đá trầm tích lục địa cổ. Quá trình hình thành các thành tạo này có thể liên quan đến bối cảnh va chạm giữa hai mảng lục địa Nam Trung Hoa và Đông Dương trong thời kỳ Pecmi muộn. Tuy nhiên, để hiểu rõ hơn, cần có các nghiên cứu chuyên sâu về địa hóa đồng vị của chúng.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu được hỗ trợ bởi Đề tài KHCN cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường, mã số TNMT.2022.562.02.

Tài liệu tham khảo

Chappell, B.W. and White, A.J.R., 1974. Tow contracting granite types. *Pacific Geol.*, 8, 173-174.

Douce, P., 1999. Amphibolite to granulite transition in aluminous greywackes from the Sierra de Comechingones, Córdoba, Argentina. *Journal of metamorphic geology*, 17(4), 415-434.

Đào Đình Thục, Huỳnh Trung, 1995. *Địa chất Việt Nam, tập II- Các thành tạo magma*. Cục Địa chất Việt Nam, Hà Nội.

Fernando, C., John, M.H., Paul, W.O.H., Peter, K., 2003. Atlas of zircon textures. *Rev. Mineral. Geochem*. 53(1), 469–500.

Harris, N.B., Pearce, J.A. and Tindle, A.G., 1986. Geochemical characteristics of collision-zone magmatism. *Geological Society, London, Special Publications*, 19(1), 67-81.

Hoa, T.T., 2008. Permo-Triassic intermediate-felsic magmatism of the Truong Son belt, eastern margin of Indochina. *Comptes Rendus Geoscience*, 340(2-3), 112-126.

Hoskin, P.W.O., Black, L.P., 2000. Metamorphic zircon formation by solid-tate recrystallization of protolith igneous zircon. *J. Metamorph. Geol*., 18(4), 423–439.

Hung, K.T., Golonka, J., Du, N.K., 2024. The Collision Between Indochina and South China Blocks in Northwestern Vietnam and its Controversy. *Inżynieria Mineralna*, 103-112.

Izokh, E.P. (trong Dovjicov, A.E), 1965. *Địa chất miền Bắc Việt Nam*. Cục Địa chất, Hà Nội.

Liu, J.L., Tran, M.D., Tang, Y., Nguyen, Q.L., Tran, T.H., Wu, W.B., Chen, J.F., Zhang, Z.C., Zhao, Z.D., 2012. Permo-Triassic granitoids in the northern part of the Truong Son belt, NW Vietnam: geochronology, geochemistry and tectonic implications. *Gondwana Res.*, 22, 628–644.

Pearce, J.A., Harris, N.B. and Tindle, A.G., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of petrology*, 25(4), 956-983.

Shi, M.F., Lin, F.C., Fan, W.Y., Deng, Q., Cong, F., Tran, M.D., Zhu, H.P., Wang, H., 2015. Zircon U-Pb ages and geochemistry of granitoids in the Truong Son terrane, Vietnam: Tectonic and metallogenic implications. *Journal of Asian Earth Sciences*, 101, 101-120.

Liu, O.F. & Bowen, N.L., 1958. Origin of granit in the light of experimental studies in the system: $NaAlSi_3O_8$–$KAlSi_3O_8$–SiO_2–H_2O. *Geological Society of America*, 74.

Trần Đức Lương, Nguyễn Xuân Bao, 1988. *Thuyết minh bản đồ địa chất Việt Nam tỷ lệ 1:500.000*. Tập II các thành tạo magma, Hà Nội. 339 trang.

Trần Văn Trị, Vũ Khúc, 2009. *Địa chất và tài nguyên Việt Nam*. Bộ Tài nguyên và Môi trường.

ABSTRACT

Geochemical characteristics of Tuong Duong granitoid massif in North Center Vietnam

Khuong The Hung[1], Nguyen Van Dat[2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*The Vietnam Institute of Geosciences and Mineral Resources*

The Truong Son orogenic belt, extending from Nghe An to Quang Tri, is a significant structural zone characterized by Permian-Triassic magmatic activity. The Tuong Duong granitoid massif, located in the northern part of this belt in North Central Vietnam, consists of biotite granite blocks and pegmatite veins. The massif comprises biotite granite, aplitic granite, and pegmatite veins. Mineralogically, these rocks are primarily composed of plagioclase (33÷45%), potassium feldspar (15÷32%), quartz (25÷31%), and biotite (9÷12%), with accessory minerals such as apatite, zircon, and ore minerals. Geochemically, the Tuong Duong granitoid exhibits a 10,000×Ga/Al ratio of 6.42÷8.98, an A/CNK value of 1.26÷1.29, and a positive Eu anomaly, indicating its classification as an S-type granite. U-Pb zircon dating results suggest the crystallization age of the Tuong Duong biotite granite is approximately 253±2.7 Ma, corresponding to the Late Permian. This implies that the Tuong Duong granitoid massif may have formed during the Late Permian collision between the South China and Indochina plates. These findings enhance our understanding of the petrochemical characteristics of the Tuong Duong granitoid massif and provide valuable insights for future petrological and metallogenic studies in the region.

Keywords: Tuong Duong; granitoid; Truong Son orogenic belt; North Center Vietnam.

Nghiên cứu đặc điểm phân bố, khoáng vật, địa hóa, tuổi thành tạo vỏ, kết hạch Fe-Mn vùng biển khơi Nam Trung Bộ, Việt Nam

Nguyễn Khắc Du[1,2*], Nguyễn Hữu Hiệp[1,2], Vũ Trường Sơn[3]

[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Trung tâm Phân tích, Thí nghiệm Công nghệ cao*
[3]*Trung tâm Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên - môi trường biển khu vực phía Bắc*

TÓM TẮT

Vùng biển sâu Nam Trung Bộ có cấu trúc địa chất và địa hình phân dị mạnh mẽ, cùng nhiều khối nâng ngầm nổi cao và bồn trũng, địa hào nằm xen kẽ. Sự hình thành và phân bố của khoáng sản vỏ, kết hạch Fe-Mn có mối liên quan mật thiết với đặc điểm địa hình, địa tầng khu vực cũng như lớp trầm tích tầng mặt. Các mẫu vật thu thập trong vùng đã được nhiều đơn vị nghiên cứu chi tiết dưới kính hiển vi điện tử, SEM, XRD, ICP-MS và tuổi đồng vị ^{230}Th. Tổng hợp các kết quả nghiên cứu cho thấy thành tạo vỏ, kết hạch Fe-Mn có thành phần khoáng vật chứa mangan là vernadit, ít phổ biến hơn là birnessit, khoáng vật chứa sắt chủ yếu là goethit, ít Mn-feroxyhyt, lepidocrocit và hematit. Thành phần vụn gồm thạch anh, felspat, calcit. Sự khác biệt về thành phần giữa vỏ, kết hạch Fe-Mn ở biển Đông so với các nơi khác là hàm lượng Fe cao so với Mn, tỷ lệ Ni và Ni/Co cao, hàm lượng Th và Pb cao so với hàm lượng Co, trong khi REEs tương đối thấp. Sự tăng trưởng của lớp vỏ Fe-Mn thay đổi từ 1,01 đến 44,4 mm/Myr với mức trung bình là 8,4 mm/Myr dựa trên phương pháp tính tuổi Co. Do sự thay đổi lớn về chiều dày và thành phần của vỏ, kết hạch Fe-Mn ở Biển Đông, cần phải thực hiện thêm nhiều các nghiên cứu chi tiết theo từng lớp/ vành tăng trưởng trên vỏ, kết hạch Fe-Mn để có mô hình nguồn gốc thành tạo chi tiết hơn.

Từ khóa: Đặc điểm phân bố; khoáng vật-địa hóa-tuổi thành tạo; kết hạch Fe-Mn; biển khơi Nam Trung Bộ.

1. Giới thiệu chung

Trên thế giới, vỏ và kết hạch Fe-Mn đã được phát hiện từ cuối thế kỷ 19 và trong hơn một thế kỷ qua đã được các nước coi trọng đầu tư nghiên cứu. Tính đến nay, việc xác định các khu vực phân bố, đặc điểm, thành phần hóa học, khoáng vật, địa hóa, mô hình nguồn gốc hình thành, cũng như kỹ thuật điều tra, tìm kiếm, thăm dò khoáng sản rắn biển sâu đã được nghiên cứu trên phạm vi toàn cầu (Hein và nnk, 2014; Halbach và nnk, 2017). Khu vực Biển Đông đã được các nhà nghiên cứu Trung Quốc và quốc tế nghiên cứu, đã xác định và phân loại được các vùng tồn tại vỏ mangan và kết hạch Fe-Mn ở khu vực phía bắc Biển Đông (Zhong và nnk, 2017, 2019; Pinxian Wang và nnk, 2014).

Trên phạm vi khu vực Biển Đông, hiện nay, kết hạch và vỏ Fe-Mn đã được tìm thấy tại nhiều vị trí như trên bề mặt cao nguyên Bắc Hoàng Sa, phía Đông Bắc Biển Đông gần eo biển Luzon, phía Tây Nam trũng sâu Biển Đông,… Điều này cho thấy môi trường thành tạo, phát triển và tồn tại của vỏ, kết hạch Fe-Mn có đặc điểm hình thái địa hình, chế độ thủy động lực và đặc điểm sinh địa hóa đa dạng, phức tạp. Vùng biển sâu Nam Trung Bộ nằm về phía Tây của Biển Đông, giáp thềm lục địa Nam Trung Bộ có cấu trúc địa chất và địa hình phân dị mạnh mẽ, cùng nhiều khối nâng ngầm nổi cao và bồn trũng, địa hào nằm xen kẽ trên bề mặt địa hình, kéo theo sự phân dị trong trầm tích (Phùng Văn Phách và nnk, 2015). Sự hình thành và phân bố trên bề mặt đáy biển của khoáng sản rắn biển sâu, điển hình như vỏ, kết hạch Fe-Mn, có sự liên hệ mật thiết với đặc điểm địa hình, địa tầng khu vực cũng như lớp trầm tích tầng mặt.

Tính đến thời điểm hiện tại, mặc dù trong một số dự án hợp tác quốc tế, và một số đề tài nghiên cứu khoa học cấp Nhà nước đã được thực hiện trong những năm gần đây đã thu thập được một số mẫu kết vỏ và kết hạch Fe-Mn ở khu vực biển khơi Nam Trung Bộ, bước đầu đã đạt được những kết quả nghiên cứu nhất định. Tuy nhiên, do điều kiện khảo sát lấy mẫu rất khó khăn nên lượng mẫu vỏ, kết hạch Fe-Mn mà các đề tài, nhiệm vụ nói trên thu được là rất hạn chế. Chính vì thế, tác giả đã tiến hành các nghiên cứu chuyên sâu hơn về đặc điểm khoáng vật, địa hóa của vỏ, kết hạch Fe-Mn đã có với mong muốn góp phần cung cấp thông tin khoa học nhằm nâng cao hơn chất lượng công tác điều tra, đánh giá tiềm năng khoáng

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenkhacdu@humg.edu.vn

sản rắn biển sâu, đồng thời góp phần phục vụ định hướng công tác nghiên cứu, điều tra khoáng sản biển ở các giai đoạn nghiên cứu tiếp theo.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp thu thập, tổng hợp và xử lý tài liệu

Các tài liệu thu thập được từ 4 Đề tài cấp Nhà nước có liên quan đến vỏ, kết hạch Fe-Mn thuộc chương trình Khoa học và Công nghệ trọng điểm cấp quốc gia "Nghiên cứu khoa học và công nghệ phục vụ quản lý biển, hải đảo và phát triển kinh tế biển", mã số: KC.09/16-20 là cơ sở quan trọng để thực hiện các nghiên cứu về khoáng sản rắn biển sâu. Bên cạnh đó, nguồn số liệu, mẫu vật rất đa dạng gồm các tài liệu khảo sát, mẫu vật đang lưu trữ, các kết quả phân tích, các chuyên đề, báo cáo tổng hợp các Đề tài khoa học công nghệ các cấp do Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên - môi trường biển khu vực phía Bắc, Cục Biển và Hải đảo Việt Nam thực hiện qua các giai đoạn khác nhau. Trong đó, nổi bật lên là các dự án: (1) "Nghiên cứu, điều tra, đánh giá khoanh định các cấu trúc địa chất có tiềm năng và triển vọng khí hydrate ở các vùng biển Việt Nam" (gọi tắt là Dự án băng cháy) và (2) Dự án "Điều tra đặc điểm địa chất, cấu trúc - địa động lực, hiện trạng môi trường và dự báo tai biến vùng biển Bình Thuận - Cà Mau (đến độ sâu 300 m nước), tỷ lệ 1:500.000 bắt đầu điều tra từ năm 2018. Các tài liệu thu thập được phân tích, tổng hợp trong nghiên cứu này nhằm đưa ra những thông tin tổng quát nhất về khoáng sản rắn biển Đông Việt Nam.

2.2. Phương pháp phân tích trong phòng thí nghiệm

Tổ hợp các phương pháp phân tích trong và ngoài ngước có thể được chia làm 3 nhóm gồm các phương pháp sau:

(1) Nhóm phương pháp phân tích khoáng vật:

- Thành phần khoáng vật được phân tích bằng phương pháp nhiễu xạ tia Rơnghen (XRD). Phương pháp này sử dụng máy đo nhiễu xạ Rigaku Mini Flex II với bức xạ CoK α và máy đơn sắc than chì, quét từ 2 đến 70◦ 2θ ở 30 kV và 100 MA, kích thước bước 0,04 (2θ) và thời gian bước $0,5^0$/phút.
- Xác định bán định lượng thành phần và cấu trúc khoáng vật bằng kính hiển vi điện tử quét (Scanning Electron Microscope-SEM).

(2) Nhóm phương pháp phân tích hóa học:

- Phân tích XRF: Sử dụng máy phân tích Huỳnh quang tia X (X-ray Fluorescence, XRF) nhằm xác định thành phần các oxit chính trong các mẫu trầm tích, mẫu vỏ và kết hạch Mn-Fe.
- Phân tích ICP-MS: Sử dụng máy Quang phổ nguồn plasma cảm ứng cao tần kết nối khối phổ (Quang phổ ICP-MS, viết tắt của tên: Inductively Coupled Plasma emission Mass Spectrometry, ICP-MS). Phương pháp phân tích này được sử dụng nhằm định lượng thành phần hóa học các nguyên tố vết, nguyên tố phóng xạ và các nguyên tố nhóm đất hiếm với độ chính xác cao.

(3) Nhóm phương pháp phân tích xác định tuổi thành tạo vỏ, kết hạch Fe-Mn.

Các mẫu định tuổi theo phương pháp đồng vị ^{230}Th cho lớp vỏ, kết hạch Fe-Mn được gửi phân tích tại Viện nghiên cứu địa chất và khoáng sản đại dương thế giới toàn Nga (FSBI "VNIIOkeangeologia"). Phương pháp đồng vị $^{230}Th_{excess}$ nhằm xác định tốc độ phát triển trung bình của 2 lớp vỏ. Đầu tiên, mẫu được hòa tan trong hỗn hợp HCl-HNO_3. Các phần U và Th đã được tinh chế và tách ra bằng cách áp dụng trao đổi anion. Sau đó, chúng được lắng đọng trên đĩa bạch kim bằng dung dịch rượu etylic. Các đồng vị ^{238}U, ^{234}U, ^{232}Th và ^{230}Th được đo bằng máy đo alphaspectrometer "Alpha Duo".

3. Kết quả và thảo luận

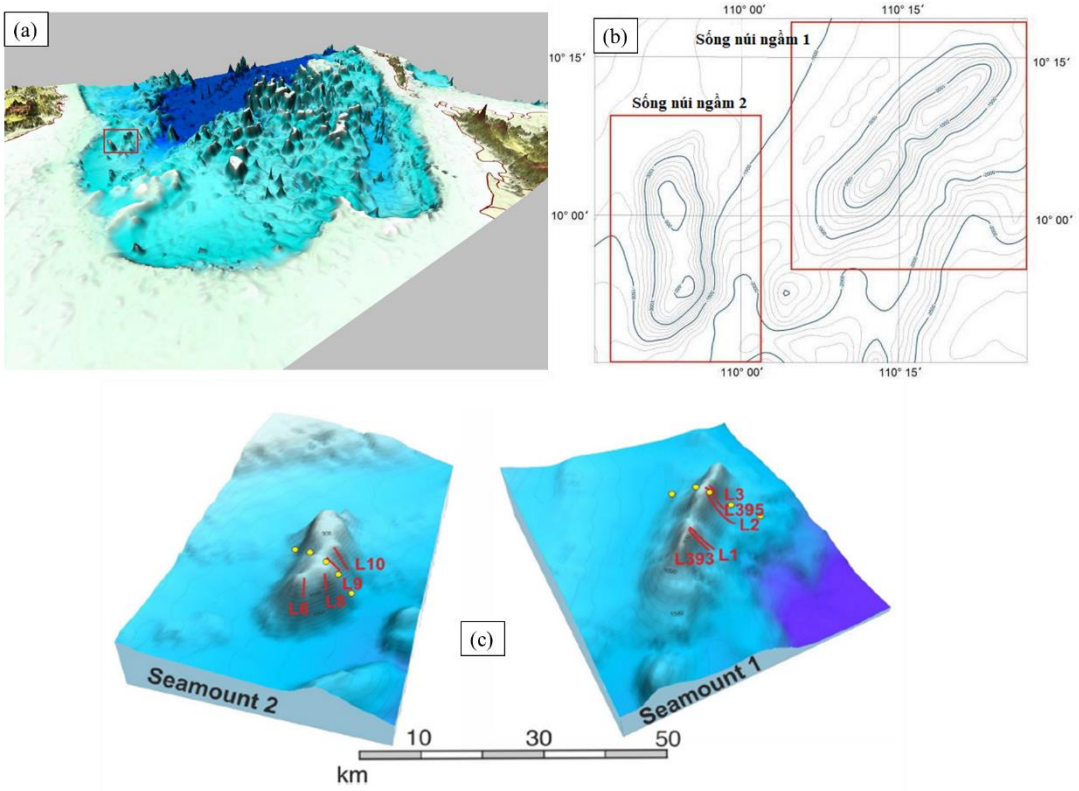
3.1. Đặc điểm phân bố trầm tích tầng mặt

Trên cơ sở các phương pháp xây dựng, phân chia các trường trầm tích (Folk.R, 1980), các số liệu phân tích độ hạt được ghép theo các nhóm: sạn sỏi (%), cát (%), bùn (bột và sét)%, bột (%) và sét (%). Với bộ số liệu kết quả thu thập được, nhóm tác giả tiến hành xử lý mẫu, phân chia ra các trường trầm tích khác nhau, bao gồm: (1) Trầm tích cát sạn – gS; (2) Trầm tích cát lẫn sạn – (g)S; (3) Trầm tích cát bột – zS; (4) Trầm tích bùn cát – sM; (5) Trầm tích bột cát – sZ; (6) Trầm tích bùn – M; (7) Trầm tích bột cát – zS; (8) Trầm tích sét – C; và (9) San hô – Co.

3.2. Đặc điểm phân bố, hình thái vỏ, kết hạch Fe-Mn vùng biển khơi Nam Trung Bộ

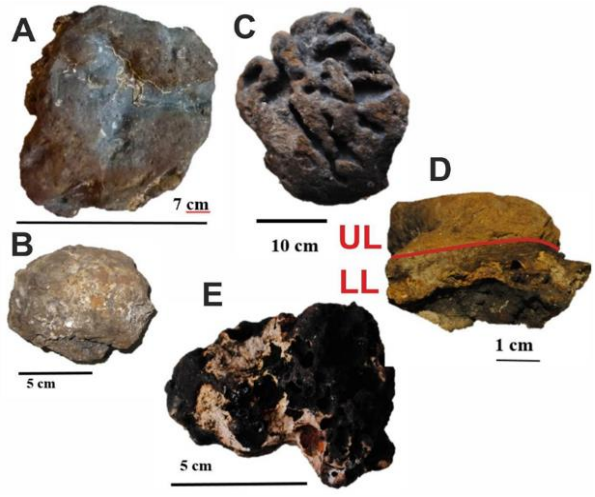
Tổng hợp các kết quả nghiên cứu trước đây từ một số đề tài, dự án và đặc biệt là kết quả nghiên cứu của các nhà địa chất Liên bang Nga trong các chương trình hợp tác nghiên cứu khoa học qua nhiều giai đoạn cho thấy: Vùng nghiên cứu có hai kiểu địa hình có khả năng xuất hiện vỏ, kết hạch Fe-Mn: (1) Bề mặt phun trào trẻ, (2) Bề mặt nằm ngang mài mòn và bề mặt phân dị của các đồi, núi ngầm dưới đáy biển. Kết quả khảo sát, nghiên cứu do VNIIOkeangeologia (Liên bang Nga), Cục Biển và Hải đảo Việt Nam thực hiện ở một số khu vực trong vùng biển Nam Trung Bộ vào các năm 2009, 2010, 2014 và 2020 bước đầu chứng

minh cho các quan điểm trên. Cụ thể tại hai núi ngầm trong vùng nghiên cứu (Hình 1) đã phát hiện và cào vét được mẫu vỏ, kết hạch Fe-Mn.



Hình 1. (a) Bản đồ độ sâu 3 chiều của thềm lục địa Việt Nam. Khung hình vuông màu đỏ là khu vực núi ngầm 1 và núi ngầm 2 đã được khảo sát chi tiết Khu vực lấy mẫu nghiên cứu lớp vỏ, kết hạch Fe-Mn tại núi ngầm 1 và núi ngầm 2; (b) Sơ đồ đẳng sâu; (c) Mô hình 3D. Trong đó: các đường màu đỏ là các tuyến cào lấy mẫu nghiên cứu, chấm màu vàng là các trạm đo xác định vùng oxy cực tiểu (Vũ Trường Sơn và nnk, 2023).

Kết hạch và Vỏ Fe-Mn thường phủ hoặc bao bọc các thành tạo vật chất có trước. Ranh giới giữa phần vỏ và vật chất ở nhân (mảnh vụn) hoặc đá nền hoặc đá gốc là rất khác biệt. Điều này được thể hiện rõ ràng khi quan sát dưới kính hiển vi điện tử quét (SEM) và kết hợp với EDS. Thành phần của vỏ, kết hạch Fe-Mn lấp đầy các lỗ hổng của nhân và đá nền và có ranh giới không theo quy luật nào cả. Nhân là các mảnh vụn được đặc trưng bởi đá vôi sinh học có chứa các mẫu hóa thạch được bảo tồn khá tốt, đôi chỗ bị lấp đầy bởi hydroxit Fe-Mn. Đôi chỗ phần nhân gồm geothit dạng chùm nho phát triển trong các lỗ hổng bắt gặp khá phổ biến (Hình 2).



Hình 2. Hình ảnh vỏ, kết hạch Fe-Mn vùng nghiên cứu.

3.3. Đặc điểm thạch học, khoáng vật các thành tạo vỏ - kết hạch Fe-Mn

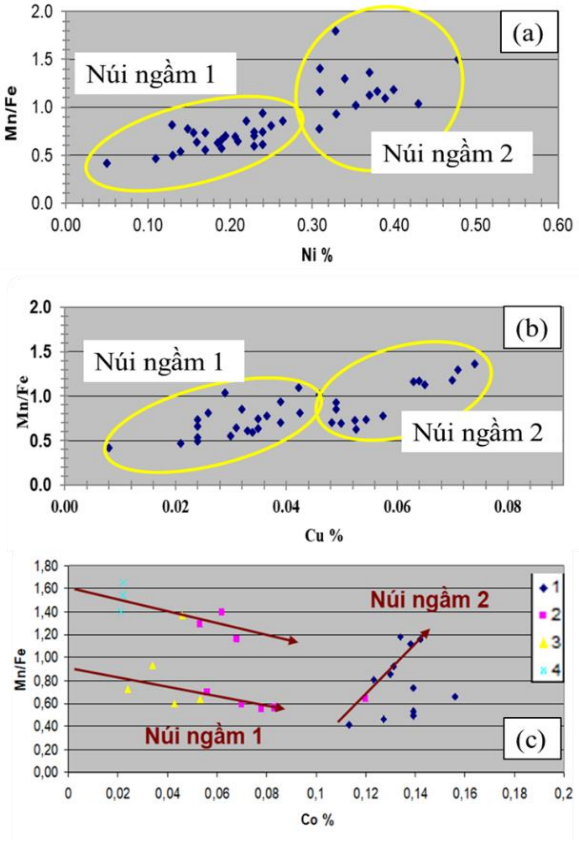
Các mẫu vỏ, kết hạch Fe-Mn vùng biển khơi Nam Trung Bộ thu thập được ở độ sâu từ 1650 đến 550 m gồm cả các khoáng vật quặng và các khoáng vật phi quặng. Tổng hợp các kết quả phân tích XRD cho thấy, khoáng vật mangan chính là vernadit, ít phổ biến hơn là birnessit, trong khi khoáng vật sắt chủ yếu là goethit, ít Mn-feroxyhyt, lepidocrocit và hematit. Thành phần của các lớp vỏ chứa lượng lớn các khoáng vật vụn bao gồm thạch anh, felspat, calcit và các khoáng vật thuộc nhóm sét.

Kết quả nghiên cứu cho thấy mẫu kết hạch, vỏ Fe-Mn hoàn toàn có thể phát triển trên các loại mảnh vụn đá khác nhau từ đá magma, đá trầm tích và đá biến chất. Do phân bố ở độ sâu lớn nên chi phí để khảo sát lấy mẫu vỏ, kết hạch Fe-Mn cao và gặp nhiều khó khăn nên lượng mẫu vỏ, kết hạch Fe-Mn thu được còn hạn chế. Tuy nhiên từ kết quả quan sát, phân tích mẫu có thể dự báo vỏ, kết hạch Fe-Mn vùng biển Nam Trung Bộ hình thành chủ yếu ở các đồi, núi ngầm dưới đáy biển trên các diện tích có độ dốc nhỏ.

3.4. Đặc điểm địa hóa vỏ - kết hạch Fe-Mn

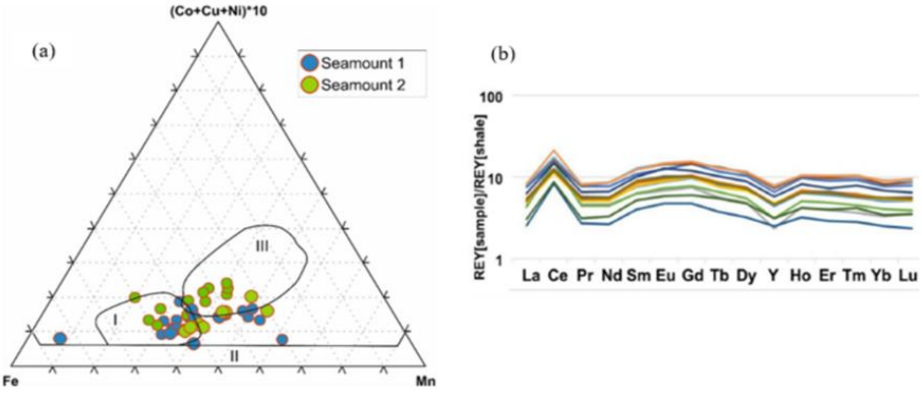
Thành phần hóa học vỏ, kết hạch Fe-Mn được đặc trưng bởi các nguyên tố tạo quặng chính (Mn, Fe, Co, Ni, Cu) và các nguyên tố đất hiếm (REEs). Các nguyên tố tạo quặng chính có ý nghĩa hơn về mặt kinh tế, nhưng các nguyên tố đất hiếm cho thấy nguồn gốc của các thành tạo vỏ, kết hạch Fe-Mn. Trong số đó, người ta quan tâm nhất tới các nguyên tố có giá trị kinh tế cao, như Co và Ni. Vỏ, kết hạch Fe-Mn lắng đọng từ nước lạnh xung quanh (thủy sinh) trên nền đá cứng của các núi ngầm. Sự tích tụ, lắng đọng theo con đường thủy sinh của vỏ, kết hạch Fe-Mn được khống chế bởi sự kết tủa của chất keo của oxit Mn và Fe ngậm nước, mà chứa các nguyên tố kim loại vết do các quá trình hấp thụ bề mặt. Vỏ sắt mangan ở Biển Đông có tỷ lệ Mn/Fe gần bằng 1. Giá trị trung bình hàm lượng của các nguyên tố tạo quặng chính và mô-đun Fe/Mn cho phép chúng tôi đưa ra thứ tự biến đổi hàm lượng trong các thành tạo vỏ, kết hạch Fe-Mn như sau: mảnh đá nền nhiễm hydroxit Fe-Mn → kết hạch → vỏ Fe-Mn. Theo chiều mũi tên, hàm lượng trung bình của Fe, Cu, Co, Ni tăng dần.

Vỏ Fe-Mn ở khu vực núi ngầm 2 được đặc trưng bởi hàm lượng cao các nguyên tố quặng (Hình 3). Tuy nhiên, các giá trị hàm lượng này thấp hơn so với kết quả phân tích lớp vỏ ở khu vực núi ngầm 1, ngoại trừ Co. Thành phần trung bình của Co là 0,115%.



Hình 3. Sự thay đổi môđun mangan và thành phần (a) Ni (%), (b) Cu (%), và (c) Co (%). Trong đó 1, 2 - vỏ Fe-Mn; 3 – kết hạch Fe-Mn; 4 – chất nền có chứa hydroxit Fe-Mn.

Kết quả xử lý thành phần hóa học các thành tạo Fe-Mn vùng nghiên cứu theo sơ đồ Bonatti cho thấy vị trí của các mẫu lấy ở núi ngầm 1 và núi ngầm 2 đều nằm trong trường vỏ, kết hạch Fe-Mn có nguồn nhiệt dịch ở rìa đại dương và trường kết hạch, vỏ nguồn thủy sinh ở vùng biển khơi (Hình 4).



Hình 4.(a) Sơ đồ Bonatti cho các thành tạo vỏ, kết hạch Fe-Mn vùng nghiên cứu. Trong đó: (I)-Trường nhiệt dịch và các kết hạch thành tạo từ rìa đại dương; (II)-Trường tích tụ vỏ, kết hạch Fe-Mn nguồn nhiệt dịch; (III)-Trường kết hạch, vỏ Fe-Mn biển khơi nguồn thủy sinh; (b) Biểu đồ các nguyên tố đất hiếm và ytri (REY) của các thành tạo vỏ, kết hạch Fe-Mn từ núi ngầm 1 (màu cam) và núi ngầm 2 (màu xanh) được chuẩn hóa theo đá phiến sét (PAAS).

3.5. Tuổi thành tạo, tốc độ sinh trưởng vỏ, kết hạch Fe-Mn

Phương pháp đồng vị $^{230}Th_{excess}$ sử dụng sự phân rã phóng xạ của nguyên tố ^{230}Th so sánh với hoạt độ của urani mẹ. Hoạt độ cụ thể của đồng vị $^{230}Th_{excess}$ trong các mẫu giảm dần từ bề mặt xuống theo chiều sâu do sự phân rã phóng xạ. Các phép đo được thực hiện trong các lớp con với chiều dày 0,4 mm. Dựa trên số liệu, tính toán tuổi được thời gian bắt đầu phát triển của lớp vỏ Fe-Mn là 640 ± 80 ka và tốc độ tăng trưởng trung bình là 11 ± 1 mm/Tr.năm. Trong khi đó, sự tăng trưởng của vỏ, kết hạch Fe-Mn thay đổi từ 1,01 đến 44,4 mm/Tr.n. với mức trung bình là 8,4 mm/Tr.n. dựa trên phương pháp tính tuổi Co (Manheim và Lane-Bostwick, 1988). Do đó, tuổi tính toán được của lớp vỏ ban đầu còn khá phân tán và cần được xem xét kỹ càng hơn nữa.

Theo một số tác giả người Trung Quốc (Pinxian Wang và nnk, 2014; Zhong và nnk, 2017, 2019), sự tăng trưởng của vỏ, kết hạch Fe-Mn ở Biển Đông có lẽ bắt đầu vào khoảng 1,5÷1,6 triệu năm trước đây, khoảng thời gian trùng với sự kiện băng hà Toàn cầu cách đây 1,6 triệu năm. Sự kiện băng hà Mid-Brunhes cách đây 0,4 triệu năm có lẽ cũng ảnh hưởng đến sự hình thành vỏ, kết hạch ở biển Đông, phản ánh cấu trúc hai lớp và những thay đổi trong thành phần hóa học của các thành tạo Fe-Mn.

Do sự thay đổi lớn về độ dày và thành phần hóa học trong vỏ, kết hạch ở Biển Đông, cần phải thực hiện các nghiên chi tiết bổ sung theo từng lớp trên kết vỏ và đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành lớp vỏ như chế độ dòng chảy địa phương và đầu vào của mảnh vụn, thành phần đồng vị và nghiên cứu chi tiết theo từng lớp để có mô hình nguồn gốc chi tiết hơn.

4. Kết luận

Mẫu vỏ, kết hạch Fe-Mn được thu thập từ 2 khu vực núi ngầm có đặc điểm địa hóa, đặc điểm khoáng vật khá tương đồng, cho thấy rằng vỏ, kết hạch Fe-Mn tại hai khu vực này được hình thành trong cùng một điều kiện, môi trường thành tạo. Đối với các mẫu lấy ở núi ngầm 1 sự thay đổi thành phần của Co và mô-đun Fe/Mn phản ánh xu hướng tích tụ của Co trong các khoáng vật sắt. Trong khi đó, Co có xu hướng tích tụ các khoáng vật mangan tại núi ngầm 2. Xu hướng biến đổi như vậy cho phép nhận định rằng các thành tạo vỏ, kết hạch sắt-mangan từ núi ngầm 1 được hình thành sớm hơn. Thực tế nghiên cứu mẫu vật cũng cho thấy một số mẫu vỏ, kết hạch Fe-Mn ở núi ngầm 2 có một cấu trúc hai lớp, còn các thành tạo ở núi ngầm 1, cơ bản là có cấu trúc một lớp.

Tốc độ hình thành vỏ, kết hạch Fe-Mn được xác định bằng phương pháp đồng vị $^{230}Th_{excess}$. Kết quả phân tích cho thấy thời gian thành tạo vỏ, kết hạch Fe-Mn tại hai khu vực trong vùng nghiên cứu là 11±1 mm/triệu năm và 4,4 ± 0,5 mm/triệu năm. Sự phát triển của vỏ, kết hạch Fe-Mn vùng nghiên cứu có thể được bắt đầu vào khoảng 1,5 triệu năm trước đây.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu được hỗ trợ bởi Đề tài KHCN cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường, mã số TNMT.2019.06.02.

Tài liệu tham khảo

Folk, R. L. (1980). *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill publishing company.

Halbach, P.E., Jahn, A., Cherkashov, G., 2017. *Marine co-rich ferromanganese crust deposits: description and formation, occurrences and distribution, estimated worldwide resources. In: Sharma, R. (Ed.), Deep-Sea Mining: Resource Potential, Technical and Environmental Considerations*. Springer, Cham, pp. 1–535, https://doi.org/10.1007/978-3-319-52557-0.

Hein, J. R. and A. Koschinsky (2014). *13.11 - Deep-Ocean Ferromanganese Crusts and Nodules. Treatise on Geochemistry (Second Edition).* H. D. Holland and K. K. Turekian. Oxford, Elsevier: 273-291.

Manheim, F.T., Lane-Bostwick, C.M., (1988). Cobant in ferromanganese crusts as a monitor of hydrothermal discharge on the Pacific sea floor. Nature 335, 59–62. http://dx.doi.org/10.1038/335059a0.

Phùng Văn Phách và nnk, (2015). *Nghiên cứu cấu trúc địa chất và tiến hóa Biển Đông phục vụ xác lập đường chủ quyền lãnh hải Việt Nam và dự báo tài nguyên năng lượng và khoáng sản*. Báo cáo tổng kết đề tài cấp nhà nước KC.09.02/11-15. Lưu trữ Viện địa chất – Địa vật lý biển.

Vũ Trường Sơn và nnk, 2023. *Nghiên cứu đặc điểm khoáng vật, địa hóa và dự báo tiềm năng khoáng sản rắn biển sâu Nam Trung Bộ Việt Nam phục vụ định hướng điều tra khoáng sản rắn biển sâu*. Lưu trữ Trung tâm Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên - môi trường biển khu vực phía Bắc.

Pinxian Wang, Qianyu Li, Jun Tian, (2014). Pleistocene paleoceanography of the South China Sea: Progress over the past 20 years. *Marine Geology*. Volume 352, Pages 381-396, ISSN 0025-3227, https://doi.org/10.1016/j.margeo.2014.03.003.

Zhong et al., (2019). Tectonic and paleoceanographic conditions during the formation of ferromanganese nodules from the northern South China Sea based on the high-resolution geochemistry, mineralogy and isotopes. *Marine Geology* 410 (2019) 146-163.

Zhong, Y., Chen, Z., González, F.J., Hein, J.R., Zheng, X., Li, G., Luo, Y., Mo, A., Tian, Y., Wang, S., (2017). Composition and genesis of ferromanganese deposits from the northern South China Sea. *J. Asian Earth Sci*. 138, 110–128.

ABSTRACT

Study on the distribution, mineralogy, and geochemistry, geochronology of ferromanganese crusts and nodules in the offshore area of South Central Bien Dong, Vietnam

Nguyen Khac Du[1,2], Nguyen Huu Hiep[1,2], Vu Truong Son[3]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Center for Excellence in Analysis and Experiment*
[3]*Northern Centre for Planning and Investigation of Marine Resources (CIPM)*

The deep-sea region of South Central Vietnam features a strongly differentiated geological structure and topography, with many high-rising underwater uplift blocks, basins, and alternating grabens. The formation and distribution of Fe-Mn crusts and nodules are closely related to the area's topographical and stratigraphic characteristics and surface sediment layers. Samples collected from the region have been thoroughly studied using electron microscopy, SEM, XRD, ICP-MS, and $^{230}Th_{excess}$ isotope dating. The results show that the mineral composition of Fe-Mn crusts and nodules contains manganese minerals, predominantly vernadite, with birnessite being less common. Iron minerals mainly consist of goethite, with minor Mn-feroxyhyte, lepidocrocite, and hematite. The detrital components include quartz, feldspar, and calcite. A notable difference in the composition of Fe-Mn crusts and nodules in the East Sea compared to other regions is the high Fe content relative to Mn, high Ni content and Ni/Co ratio, and a higher Th and Pb content compared to Co. In contrast, the REE content is relatively low. The growth rate of the Fe-Mn crust layers varies from 1.01 to 44.4 mm/Myr, with an average rate of 8.4 mm/Myr, based on Co age dating methods. Due to the significant variation in thickness and composition of Fe-Mn crusts and nodules in the study area, further in-depth studies on individual layers are necessary to develop a comprehensive model of their origin and formation.

Keywords: Distribution characteristics; mineralogy-geochemistry-geochronology; Fe-Mn nodules; South Central of Bien Dong, Vietnam.

Đặc điểm phân bố và chất lượng quặng sa khoáng titan - zircon khu vực Tuy Phong - Bắc Phan Thiết, tỉnh Bình Thuận

Đỗ Mạnh An[1,*], Đào Thị Nhàn[2], Bùi Hoàng Bắc[1], Nguyễn Thị Thanh Thảo[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Trung tâm thông tin lưu trữ và Bảo tàng Địa chất, Cục Địa chất Việt Nam*

TÓM TẮT

Tuy Phong - Bắc Phan Thiết, tỉnh Bình Thuận là một trong những vùng có tiềm năng quặng sa khoáng titan - zircon lớn, các thân quặng sa khoáng phân bố dọc bãi biển trên diện tích 732,9 km^2. Kết quả nghiên cứu cho thấy các thân quặng phân bố trong hai loại trầm tích khác nhau: kiểu thứ nhất sa khoáng phân bố trong các trầm tích tầng cát đỏ hệ tầng Phan Thiết (mQ_1pt), kiểu thứ hai phân bố cục bộ trong tầng cát xám - vàng cấu thành bởi trầm tích biển Pleistocen (mQ_1). Các khoáng vật nặng hữu ích là ilmenit, zircon, leucoxen, rutil, anatas và monazit. Hàm lượng khoáng vật nặng có ích trung bình trong các thân quặng dao động từ 0,551% (TQ.5BP) đến 0,811% (TQ.3TP), trung bình là 0,6784%. Các hạt khoáng vật nặng có kích thước nhỏ, tập trung chủ yếu kích cỡ <0,2 mm, chiếm 92%÷99%, trung bình >97%, được chọn lọc tương đối tốt, trong thành phần cát quặng chiếm một tỷ lệ đáng kể các khoáng vật sét (≈10%). Chiều dày trung bình của tầng quặng sa khoáng 61,0 m, tuy nhiên độ biến thiên không ổn định với hệ số 51,13%. Hàm lượng các khoáng vật titan giảm dần theo từ bắc vào nam, ngược lại tỷ lệ hàm lượng zircon trong quặng tăng dần từ bắc vào nam. Hàm lượng trung bình TiO_2 trong ilmenit là 51,58% và ZiO_2 trong zircon là 64,01% cho thấy quặng sa khoáng titan - zircon ở khu vực Tuy Phong - Bắc Phan Thiết có chất lượng tương đối tốt. Kết quả nghiên cứu là cơ sở quan trọng nhằm định hướng cho đầu tư thăm dò, khai thác và chế biến quặng sa khoáng khu vực Tuy Phong - Bắc Phan Thiết có hiệu quả.

Từ khóa: Sa khoáng; titan-zircon; đặc điểm phân bố; chất lượng quặng; Bình Thuận.

1. Đặt vấn đề

Sa khoáng titan - zircon là một trong các loại khoáng sản đã được đề cập trong nghiên cứu địa chất được tiến hành ở Bình Thuận từ những năm trước 1975. Tuy nhiên sau 1975, công tác điều tra địa chất mới được tiến hành toàn diện (Trần Đức Lương và nnk, 1985). Hiện nay một số khu vực đang được thăm dò phục vụ khai thác, mang lại nhiều lợi ích kinh tế trong phát triển xã hội của tỉnh Bình Thuận và khu vực (Đinh Thanh Hoàng, 2010; Trần Văn Thảo, 2008). Với nhu cầu khai thác, chế biến titan - zircon đáp ứng cho sản xuất công nghiệp trong nước, khoáng sản sa khoáng titan - zircon đã thu hút sự quan tâm của nhiều doanh nghiệp đầu tư vào tìm kiếm, thăm dò và khai thác. Tại khu vực Tuy Phong - Bắc Phan Thiết, Bình Thuận, đã có các phát hiện về loại hình khoáng sản này (Hoàng Phương và nnk, 1997; Nguyễn Văn Thuấn và Trần Văn Thảo, 2008). Các thân quặng phân bố trong hai loại trầm tích khác nhau: kiểu thứ nhất là sa khoáng phân bố trong các trầm tích tầng cát đỏ hệ tầng Phan Thiết (mQ_1pt), kiểu thứ hai phân bố cục bộ trong tầng cát xám - vàng cấu thành bởi trầm tích biển Pleistocen (mQ_1), có chất lượng tốt, điều kiện khai thác khá thuận lợi. Tuy nhiên, cho đến nay chưa có các công trình nghiên cứu trong khu vực mang tính hệ thống về đặc điểm chất lượng, mối quan hệ của sa khoáng titan - zircon với các thành tạo địa chất, nguồn gốc và đặc điểm phân bố, cũng như tiềm năng của chúng. Vì vậy, để giải quyết các vấn đề nêu trên, đặc biệt là xác định các yếu tố địa chất liên quan và khống chế sa khoáng titan - zircon, làm cơ sở khoa học để định hướng cho công tác điều tra và thăm dò tiếp theo, việc nghiên cứu làm sáng tỏ đặc điểm phân bố và chất lượng quặng sa khoáng titan - zircon khu vực Tuy Phong - Bắc Phan Thiết, Bình Thuận là rất cần thiết.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp thu thập, tổng hợp tài liệu

Bao gồm tham khảo, thu thập và tổng hợp tài liệu các công trình nghiên cứu về địa chất, khoáng sản, trầm tích, kiến tạo, có liên quan tới vùng ven biển khu vực Tuy Phong - Bắc Phan Thiết, tỉnh Ninh thuận.

* *Tác giả liên hệ*
Email: domanhan@humg.edu.vn

Trong đó nổi bật là tài liệu báo cáo kết quả thực hiện đề án "Điều tra, đánh giá tiềm năng sa khoáng titan - zircon trong tầng cát đỏ vùng Ninh Thuận, Bình Thuận và Bắc Bà Rịa - Vũng Tàu" do Liên đoàn địa chất Bắc Trung Bộ thực hiện (Trần Văn Thảo, 2008); các báo cáo tìm kiếm, thăm dò và tài liệu khai thác các mỏ titan - zircon sa khoáng trong phạm vi tỉnh Bình Thuận (Nguyễn Thanh Bình, 1988; Đinh Thanh Hoàng, 2010).

2.2. Phương pháp xử lý thông tin địa chất

Kiểm nghiệm mô hình phân bố thống kê của tập mẫu nghiên cứu, nhằm lựa chọn phương trình toán học để xác định các giá trị trung bình, phương sai phù hợp. Trên cơ sở đó mô tả đặc tính phân bố thống kê của các thông số địa chất như thành phần khoáng vật, hàm lượng thành phần hóa, độ hạt quặng, chiều dày thân quặng sa khoáng. Mục đích của phương pháp là xác định các đặc trưng thống kê, gồm giá trị trung bình, phương sai, hệ số biến thiên của các thông số địa chất nhằm đảm bảo tính sát thực, hiệu quả trong xử lý số liệu, bảo đảm độ tin cậy; đồng thời dựa vào hàm phân bố xác xuất, cho phép xác định xác suất xuất hiện các trị số ngẫu nhiên trong khoảng lựa chọn tuỳ ý. Nội dung phương pháp mô tả chi tiết trong giáo trình Phương pháp xử lý thông tin địa chất (Lương Quang Khang và nnk, 2018).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Khái quát đặc điểm địa chất khu vực nghiên cứu

Khu vực Tuy Phong - Bắc Phan Thiết nằm về phía đông bắc thành phố Phan Thiết, theo dải ven biển từ phường Phú Hải thuộc thành phố Phan Thiết kéo dài khoảng 70 km đến thị trấn Liên Hương, huyện Tuy Phong. Diện tích nghiên cứu là 739 km^2 thuộc địa phận huyện Tuy Phong, huyện Hàm Thuận Bắc và các phường: Phú Hải, Hàm Tiến, Mũi Né, thành phố Phan Thiết, tỉnh Bình Thuận. Theo Trần Văn Thảo và nnk (2010) thì tham gia vào cấu trúc địa chất khu vực nghiên cứu bao gồm các thành tạo núi lửa của hệ tầng Nha Trang (K_2nt) phủ trực tiếp lên trên các trầm tích Jura trung hoặc các đá xâm nhập phức hệ Định quán có tuổi Creta sớm. Các đá núi lửa của hệ tầng Nha Trang bị các xâm nhập granit phức hệ Đèo Cả có tuổi Creta muộn xuyên cắt gây biến đổi silic hóa, thạch anh hóa với đới biến đổi rộng từ một vài mét tới 10÷15 m (Trương Khắc Vy và nnk, 1997). Các thành tạo Hệ Đệ tứ, thống Pleistocen gồm hệ tầng Mũi Né (mQ_1mn), hệ tầng Phan Thiết (mQ_1pt), hệ tầng Phước Tân (Q_1pt), trầm tích biển (mQ_1) và trầm tích sông biển (amQ_1) (Hình 1). Vùng nghiên cứu có 2 kiểu quặng sa khoáng phân bố trong hai loại trầm tích khác nhau. Kiểu thứ nhất sa khoáng phân bố trong các trầm tích tầng cát đỏ hệ tầng Phan Thiết (mQ_1pt), kiểu thứ hai trong trầm tích cát xám - vàng gồm: trầm tích biển Pleistocen (mQ_1).

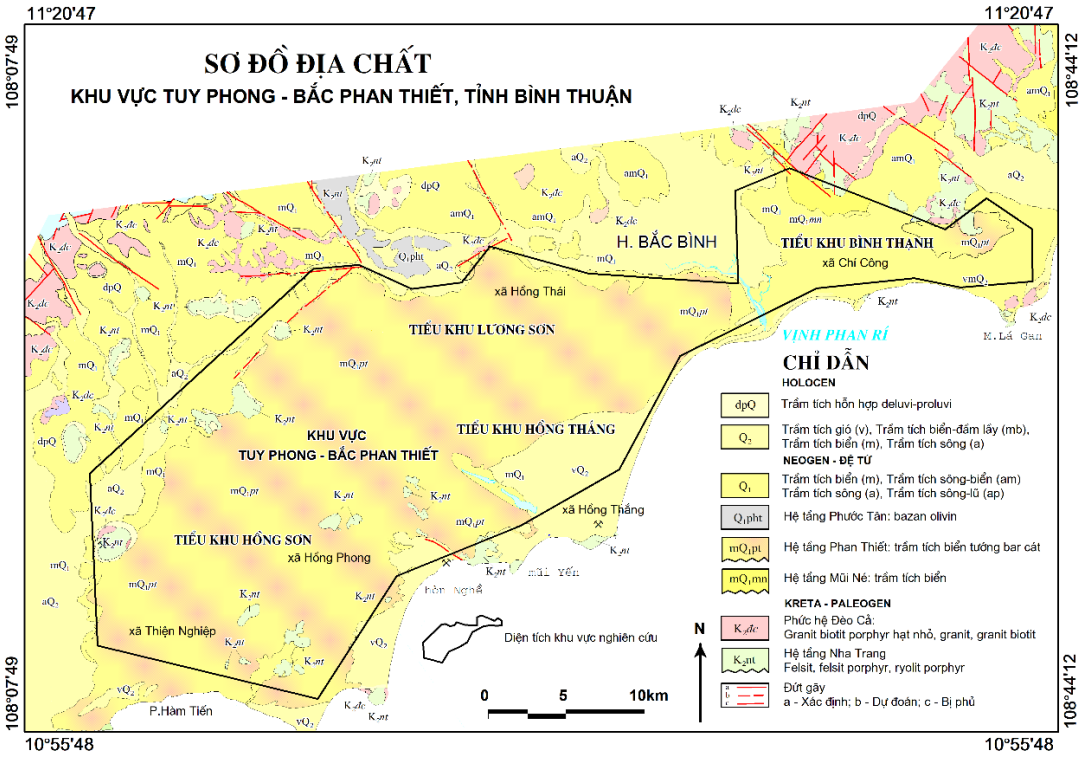
Thành tạo magma xâm nhập phức granitoid hệ Đèo Cả (K_2đc) chủ yếu phân bố tại các núi, dãy núi, đồi ngoài diện tích vùng nghiên cứu. Thành tạo này có thành phần thạch học các nhóm đá chủ yếu như sau: monzodiorit, monzogranodiorit, monzogranit, granit biotit có hornblend, granit biotit, granit sáng màu. Các thành tạo này thường có cấu tạo khối; kiến trúc hạt không đều, ít hơn gặp kiến trúc porphyr yếu, kiến trúc granophyr, kiến trúc aplit hoặc kiến trúc pegmatit. Thành tạo này xuyên cắt các đá phun trào của hệ tầng Nha Trang (K_2nt), thường bị phủ bởi các thành tạo trầm tích Neogen - Đệ tứ.

Đặc điểm địa mạo vùng nghiên cứu theo nguồn gốc được chia ra các kiểu: địa hình xâm thực, tích tụ, địa hình xâm thực, bóc mòn. Chúng có nguồn gốc tích tụ biển, tích tụ lục địa (dòng chảy, gió,…) và có tuổi Jura đến Đệ tứ.

3.2. Đặc điểm phân bố sa khoáng titan - zircon khu vực nghiên cứu

3.2.1. Đặc điểm phân bố sa khoáng trong không gian

Kết quả nghiên cứu cho thấy trên diện tích nghiên cứu tồn tại 2 đối tượng địa chất chứa sa khoáng chính là: tầng cát đỏ (mQ_1pt) và trầm tích cát xám trắng (mQ_1). Trong 2 đối tượng này, tầng cát đỏ chiếm diện tích chủ yếu tạo nên thềm biển tuổi Pleislocen; tầng cát xám chiếm diện tích nhỏ và phân bố tại các phần thấp của địa hình, chúng tạo nên đồng bằng thấp ven biển. Trong tầng cát đỏ, khoáng vật quặng phân bố tương đối đều, mức độ biến thiên hàm lượng không lớn theo phương thẳng đứng cũng như theo chiều ngang. Theo kết quả phân tích mẫu trọng sa bề mặt trên toàn bộ diện tích rộng lớn hàm lượng khoáng vật nặng có ích phổ biến từ 0,20 ÷ 1,00%. Trong tất cả các lỗ khoan tay và các lỗ khoan máy, cũng không có sự đột biến của hàm lượng quặng. Tuy nhiên, nhìn chung trong hầu hết lỗ khoan máy, hàm lượng quặng không biến thiên theo một chiều mà có sự tăng, giảm. Điều đó chứng tỏ tùy thuộc thời kỳ trầm tích mà có sự phân dị giàu hoặc nghèo của khoáng vật quặng. Các khoáng vật sa khoáng phân bố trong tầng cát đỏ theo thứ tự giảm dần hàm lượng: ilmenit, zircon, leucocen, rutil, anatas, monazit.



Hình 1. Sơ đồ địa chất khu vực Tuy Phong - Bắc Phan Thiết, tỉnh Bình Thuận.

Đồng bằng thấp ven biển thành tạo bởi (mQ_1) có thành thạch học khá đa dạng: cát thạch anh hạt nhỏ lẫn bột, sét; cát thạch anh hạt nhỏ đến trung lẫn hạt lớn; cát thạch anh hạt trung - lớn,… tùy thuộc vị trí phân bố mà chúng có màu sắc khác nhau: xám trắng, trắng xám, trắng, xám vàng hoặc xám sẫm. Sa khoáng phân bố trong đồng bằng thấp ven biển mang tính cục bộ tại từng vị trí khác nhau. Tuy nhiên, sự tập trung của chúng vẫn có khả năng tạo thành các thân quặng công nghiệp. Diện tích phân bố tầng cát đỏ và cát xám thống kê tại Bảng 1.

Bảng 1. Thống kê diện tích phân bố các tầng quặng sa khoáng khu vực Tuy Phong - Bắc Phan Thiết.

STT	Khu	Diện tích phân bố tầng cát đỏ (mQ_1pt)			Diện tích phân bố tầng cát xám (mQ_1)		
		Diện tích lộ (km^2)	Diện tích phủ (km^2)	Cộng (km^2)	Diện tích lộ (km^2)	Diện tích thân quặng (m)	Hệ số chứa quặng (%)
1	Tuy Phong	12,0	57,0	69,0	64,8	46,7	72,1
2	Bắc Phan Thiết	523,0	40,0	563,0	36,1	7,1	19,7
	Tổng	535,0	97,0	632,0	100,9	53,8	91,8

3.2.2. Đặc điểm phân bố sa khoáng theo thời gian

Kết quả nghiên cứu cho thấy sa khoáng khu vực nghiên cứu được hình thành trong giai đoạn tạo khoáng Pleistocen. Các bồn trũng được cung cấp các vật liệu vụn có thành phần cát hạt nhỏ đến trung, cát hạt nhỏ pha bột sét thành tạo trầm tích biển Pleistocen hệ tầng Phan Thiết (mQ_1pt). Nguồn cung cấp vật liệu khá giàu khoáng vật quặng ilmenit, zircon, rutil, anatas,... Giai đoạn này hoạt động trầm tích xảy ra trên phạm vi khá rộng, điều kiện lắng đọng thuận lợi và thời gian lắng đọng kéo dài từ giữa đến cuối Pleistocen. Do đó tầng cát đỏ có chiều dày từ vài chục đến hơn 200 mét.

Các khoáng vật sa khoáng phân bố trong trầm tích Pleistocen (tầng cát đỏ) tạo nên các thân quặng quy mô rất lớn từ vài chục km^2, đến hàng trăm km^2; có hàm lượng tương đối ổn định theo không gian cũng như thời gian. Điều này có thể thấy theo chiều sâu (thời gian) và chiều rộng (không gian) sa khoáng trong tầng cát đỏ có mức độ biến thiên hàm lượng diễn ra rất từ từ. Hàm lượng sa khoáng trong các mẫu lõi khoan phổ biến từ 0,2%÷1,0%, nhiều mẫu có hàm lượng 1,0%÷3,0%, trong đó zircon chiếm 10%÷20% tổng khoáng vật nặng có ích.

Sự biến đổi hàm lượng khoáng vật nặng có ích theo chiều thẳng đứng là thể hiện sự phân bố sa khoáng theo thời gian. Hầu hết các lỗ khoan theo hàm lượng quặng biến đổi tương đối đồng đều. Điều đó thể hiện tuy sự hình thành tầng cát đỏ diễn ra trong 1 quá trình trầm tích lâu dài nhưng chế độ trầm tích cũng như nguồn cung cấp vật liệu tương đối ổn định.

3.3. Đặc điểm thành phần khoáng vật quặng sa khoáng

Trong thành phần khoáng vật cát quặng, kết quả phân tích trọng sa toàn phần cho thấy: nhìn chung khoáng vật nặng có ích theo thứ tự giảm dần hàm lượng như sau: ilmenit, zircon, leucoxen, rutil, anatas, monazit, brukit. Khoáng vật phi quặng có: thạch anh, felspat, epidot, amphybol, turmalin, kyanit... các khoáng vật này có mặt trong các mẫu với tỷ lệ rất khác nhau, tùy thuộc vào từng khu vực lấy mẫu cụ thể. Tổng hợp kết quả phân tích trọng sa toàn phần, thành phần khoáng vật nặng có ích theo các khu nghiên cứu như Bảng 2.

Bảng 2. Thống kê thành phần khoáng vật nặng có ích (Trần Văn Thảo, 2008).

STT	Khu	Số hiệu thân quặng	Hàm lượng KV nặng có ích (%)	Khoáng vật titan		Zircon		Số công trình thống kê
				Hàm lượng (%)	Tỷ lệ (%)	Hàm lượng (%)	Tỷ lệ (%)	
1	Tuy Phong	1TP	0,694	0,587	84,65	0,105	15,13	106
2		2TP	0,711	0,585	82,34	0,124	17,44	40
3		3TP	0,811	0,696	85,77	0,114	14,02	65
4	Bắc Phan Thiết	4BP	0,625	0,534	85,45	0,090	14,33	2.320
5		5BP	0,551	0,487	88,35	0,063	11,43	12

Từ Bảng 2 cho thấy hàm lượng khoáng vật nặng có ích trung bình trong từng thân quặng có sự khác nhau, cao nhất là 0,811% (TQ.3TP), thấp nhất là 0,551% (TQ.5BP). Nhìn chung các thân quặng ở khu vực Tuy Phong - Bắc Phan Thiết có hàm lượng khoáng vật nặng có ích khá cao. Tỷ lệ giữa hàm lượng các khoáng vật titan so với hàm lượng tổng khoáng vật nặng có ích trong khu vực nghiên cứu khá giống nhau. Hàm lượng zircon thay đổi từ 0,063% (TQ.5BP)÷0,114% (TQ.3TP). Tỷ lệ giữa hàm lượng khoáng vật này so với hàm lượng tổng khoáng vật nặng có ích thay đổi từ 11,43%÷17,44%. So với các khu vực khác trong cả nước thì tỷ lệ zircon trong tổng khoáng vật nặng của vùng Bình Thuận rất cao. Mối tương quan cặp tuyến tính giữa các khoáng vật (nhóm khoáng vật) được thể hiện qua Bảng 3.

Bảng 3. Ma trận hệ số tương quan cặp tuyến tính giữa các khoáng vật sa khoáng.

	KVN	KV titan	Ilmenit	Zircon	Leucoxen	Rutil	Anatas	Sét	Monazit
KVN	1								
KV titan	**1,00**	1							
Ilmenit	**1,00**	**1,00**	1						
Zircon	**0,92**	**0,90**	**0,90**	1					
Leucoxen	**0,75**	**0,76**	**0,73**	**0,63**	1				
rutil	**0,78**	**0,77**	**0,75**	**0,72**	**0,75**	1			
Anatas	0,51	0,52	0,51	0,39	0,33	0,36	1		
Sét	0,07	0,06	0,06	0,12	0,00	0,04	-0,04	1	
Monazit	0,38	0,37	0,38	0,33	0,26	0,28	0,17	0,04	1

Ghi chú: KVN: Khoáng vật nặng; KV: Khoáng vật.

Các khoáng vật sa khoáng phân bố trong các thân quặng có mối quan hệ tương quan thuận với nhau. Trong đó các khoáng vật chiếm tỷ trọng lớn có quan hệ rất chặt chẽ với nhau như: khoáng vật nặng có ích, tổng các khoáng vật titan, zircon, leucoxen, rutil. Các khoáng vật chiếm tỷ trọng nhỏ có mối tương quan chặt chẽ đến không chặt chẽ (anatas, monazit). Trong thành phần cát quặng chiếm một tỷ lệ đáng kể các khoáng vật sét (≈10%), tuy nhiên chúng có mối tương quan rất kém chặt với các khoáng vật sa khoáng.

3.4. Đặc điểm thành phần độ hạt

Kết quả phân tích độ hạt cát quặng từ mẫu nhóm và kết quả phân tích độ hạt cát quặng từ mẫu cơ lý toàn diện cho thấy tỷ lệ % giữa các cấp độ hạt tương đồng nhau. Độ hạt trầm tích của tầng cát đỏ chủ yếu nằm trong cỡ hạt 0,1 mm đến 0,5 mm, cỡ này chiếm gần 70%; cỡ hạt <0,1 mm đến >0,05mm chiếm khoảng 8%; cỡ hạt <0,05 mm đến >0,01 mm chiếm khoảng >6% (cỡ bột); cỡ hạt <0,01 mm chiếm xấp xỉ 16%. Từ đó có thể xếp trầm tích Pleistocen hệ tầng Phan Thiết (tầng cát đỏ) và loại cát hạt nhỏ đến vừa lẫn bột, sét; độ chọn lọc tương đối tốt.

Độ hạt quặng (khoáng vật nặng) tập trung chủ yếu từ kích cỡ <0,2 mm, cỡ hạt này chiếm từ 92% đến 99%, trung bình >97%. Độ hạt tinh quặng ilmenit có kích cỡ tương tự độ hạt rutil, trong đó cỡ hạt 0,1>m>0,05 trung bình chiếm >55%; cỡ hạt <0,05 chiếm >33%; cỡ hạt 0,2>m>0,1 chiếm 6% đến 7%; cỡ hạt 0,3>m>0,2 chiếm tỷ lệ <1,0%. Tinh quặng zircon và monazit có kích thước nhỏ hơn tinh quặng ilmenit và rutil. Các tinh quặng này không có cỡ hạt >0,2; cỡ hạt 0,2>m>0,1 của zircon chỉ khoảng 0,6%, ở monazit

chỉ 0,2%; tinh quặng zircon có cỡ hạt 0,1>m>0,05 khoảng >41%, trong khi đó tinh quặng monazit chỉ có khoảng >1,8% cỡ hạt này; đặc biệt tinh quặng monazit chủ yếu tập trung ở cỡ hạt <0,05 (chiếm >98%).

Bảng 4. Thống kê kết quả phân tích độ hạt khoáng vật nặng mẫu nhóm (Trần Văn Thảo, 2008).

STT	Khu	Thân quặng	Các loại cỡ hạt quặng (mm)					Số mẫu thống kê (n)
			Cát hạt vừa	Cát hạt nhỏ		Bột	Bột - sét	
			0,5>m>0,3	0,3>m>0,2	0,2>m>0,1	0,1>m>0,05	0,05>m	
			(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
1	Tuy Phong - Bắc Phan Thiết	1PT	0,16	0,79	17,97	65,13	15,96	2
2		2PT	0,17	0,69	24,23	61,43	13,48	2
3		4BP	0,30	1,11	22,29	59,08	17,22	12
4		4BP	0,31	0,82	14,35	62,53	22,00	12
5		4BP	0,53	1,29	21,91	60,10	16,18	2

Như vậy sa khoáng trong cát đỏ có độ hạt luôn nhỏ hơn độ hạt cát của phân vị chứa chúng. Cỡ hạt quặng thuộc loại cát hạt nhỏ đến bột, sét. Trong các tinh quặng, kích cỡ độ hạt theo thứ tự giảm dần như sau: ilmenit (leuxcocen, anatas), rutil, zircon, monazit. Trong đó tinh quặng monazit có độ hạt nhỏ nhất (<0,05 mm) sau đó đến tinh quặng zircon. Điều này trong quá trình tuyển đãi trọng lực cần nghiên cứu kỹ, có giải pháp thích hợp giảm thiểu thất thoát tài nguyên.

3.5. Thành phần hóa học tinh quặng ilmenit, zircon

Kết quả phân tích hóa tinh quặng ilmenit mẫu sản xuất thử TiO_2 có hàm lượng trung bình là 50,22% đến 55,38%, trung bình là 53,28%. Điều này cho thấy tinh quặng ilmenit từ mẫu sản xuất thử được lựa chọn đơn khoáng, loại bỏ tạp chất tương đối tốt. Hàm lượng trung bình ZrO_2 của tinh quặng zircon mẫu nhóm là 64,01%; trong mẫu sản xuất thử là 64,36%. Như vậy tinh quặng zircon của mẫu nhóm và tinh quặng zircon của mẫu sản xuất thử có hàm lượng ZrO_2 tương tự như nhau và khá cao đối với yêu cầu công nghiệp. Hàm lượng các oxyt có hại TiO_2, Fe_2O_3 thấp. Nguyên tố có ích Hf có hàm khá lượng cao, đây có thể là sản phẩm đồng hành thu được có lợi khi chế biến sâu tinh quặng zircon. Như vậy, có thể thấy chất lượng tinh quặng zircon khá cao, hàm lượng tổng Fe_2O_3, TiO_2 thấp; tinh quặng có chất lượng đạt yêu cầu. Để có cơ sở nhận định sơ bộ về chất lượng tinh quặng ilmenit sa khoáng trong tầng cát đỏ, dưới đây trình bày yêu cầu công nghiệp đối với tinh quặng ilmenit theo thành phần hoá học của một số nước (Bảng 5).

Bảng 5. Yêu cầu công nghiệp tinh quặng ilmenit của một số nước.

Quốc gia	TiO_2	ΣFe	Fe_2O_3	Cr_2O_3	P_2O_5	P	V
Liên Bang Nga	> 41%	45%		-	≤0,2%		0,5%
Mỹ, Úc, Na Uy	≥ 44%	< 45%		0,09	≤0,09%		0,1÷0,5%
Trung Quốc	≥ 50%	< 40%	<32%	-	-	<0,03%	-
Quặng ilmenit khu vực nghiên cứu	53,28%	30,16%	21,99%	0,02%	0,05%	0,01%	0,02%

Từ Bảng 5, có thể nhận định tinh quặng ilmenit của tầng cát đỏ có hàm lượng TiO_2 khá cao (trung bình >51,58%). Hàm lượng các hợp phần có hại như: hàm lượng tổng sắt, hàm lượng Cr_2O_3, hàm lượng SiO_2, hàm lượng P_2O_5, P thấp hơn yêu cầu công nghiệp của các quốc gia có công nghệ chế biến sâu. Như vậy, tinh quặng ilmenit có chất lượng đạt yêu cầu.

4. Kết luận và kiến nghị

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu về đặc điểm địa chất thân quặng sa khoáng và quy luật phân bố không gian của các khoáng vật quặng sa khoáng khu vực Tuy Phong - Bắc Phan Thiết có thể rút ra một số kết luận như sau:

(1). Quặng sa khoáng khu vực Tuy Phong - Bắc Phan Thiết tồn tại trong 2 đối tượng địa chất là tầng cát đỏ (mQ_1pt) và trầm tích cát xám trắng (mQ_1). Trong đó, tầng cát đỏ chiếm diện tích chủ yếu tạo nên thềm biển tuổi Pleislocen; tầng cát xám chiếm diện tích nhỏ và phân bố tại các phần thấp của địa hình, chúng tạo nên đồng bằng thấp ven biển.

(2). Quặng sa khoáng có chất lượng tốt, hàm lượng khoáng vật nặng có ích trung bình thân quặng từ >0,45% ÷ ≈1,0%. Trong đó, hàm lượng zircon chiếm từ 12% ÷ 20% tinh quặng, trung bình khoảng 15%, thuộc loại cao trong sa khoáng titan ven biển, góp phần làm tăng giá trị kinh tế của quặng sa khoáng ở vùng

Nam Trung Bộ. Hàm lượng TiO_2 trong tinh quặng ilmenit >52%. Hàm lượng ZrO_2 trong tinh quặng zircon >64%. Các thành phần có hại trong tinh quặng (Cr_2O_3, T.Fe, V, P_2O_5,…) thấp hơn yêu cầu của các nước đối với tinh quặng. Đây là cơ sở rất quan trọng nhằm định hướng cho đầu tư thăm dò, khai thác và chế biến quặng sa khoáng khu vực Tuy Phong - Bắc Phan Thiết có hiệu quả.

(3). Để đánh giá chất lượng và khả năng sử dụng quặng titan - zircon sa khoáng cần thiết phải có công trình nghiên cứu chi tiết về tuyển và chế biến quặng phù hợp với đặc điểm thành phần vật chất quặng ở các vùng cụ thể. Đây là cơ sở để định hướng khai thác và chế biến đạt hiệu quả cao, tránh lãng phí tài nguyên.

Tài liệu tham khảo

Đinh Thanh Hoàng, 2010. *Báo cáo thăm dò mỏ sa khoáng titan - zircon khu Long Sơn - Suối Nước, phường Mũi Né, Thành phố Phan Thiết, Bình Thuận*. Lưu trữ địa chất.

Hoàng Phương và nnk, 1997. *Báo cáo kết quả đo vẽ bản đồ địa chất và tìm kiếm khoáng sản nhóm tờ Phan Thiết*. Lưu trữ địa chất.

Lương Quang Khang và nnk, 2018. *Giáo trình Phương pháp xử lý thông tin địa chất*. Nhà xuất bản Giao thông vận tải.

Nguyễn Thanh Bình, 1988. *Báo cáo kết quả công tác thăm dò sơ bộ mỏ sa khoáng ilmenit - zircon Hàm Tân - Thuận Hải*. Lưu trữ địa chất.

Nguyễn Văn Thuấn, Trần Văn Thảo, 2008. Tiềm năng sa khoáng titan - zircon công nghiệp trong tầng cát đỏ thuộc hệ tầng Phan Thiết ở dải ven biển Nam Trung Bộ. *Tạp chí Địa chất*, loạt A, số 308 (9-10/2008).

Trần Đức Lương, Nguyễn Xuân Bao và nnk, 1985. *Địa chất và khoáng sản Việt Nam, tỷ lệ 1:500.000*. Cục Địa chất và Khoáng Việt Nam xuất bản.

Trần Văn Thảo, 2008. *Báo cáo điều tra, đánh giá triển vọng sa khoáng ven biển từ Khánh hòa đến Bà Rịa - Vũng Tàu*. Lưu trữ địa chất.

Trần Văn Thảo, 2010. Một số nhìn nhận mới về tiềm năng sa khoáng titan - zircon trong tầng cát đỏ vùng Ninh Thuận, Bình Thuận và Bắc Bà Rịa - Vũng Tàu, *Tạp chí Địa chất*, loạt A, số 320 (9-10/2008), trang 348-354.

Trương Khắc Vy và nnk, 1997. *Báo cáo kết quả đo vẽ bản đồ địa chất và tìm kiếm khoáng sản nhóm tờ Tuy Hòa*. Lưu trữ địa chất.

ABSTRACT

Distribution and quality characteristics of titanium-zircon mineral ore in Tuy Phong - Bac Phan Thiet area, Binh Thuan province

Do Manh An[1], Dao Thi Nhan[2], Bui Hoang Bac[1], Nguyen Thi Thanh Thao[1]

[1]Hanoi University of Mining and Geology

[2]Information Center and Geology Museum, the Vietnam Geological Department

Tuy Phong - Bac Phan Thiet, Binh Thuan province is one of the areas with a large potential for titanium-zircon mineral deposits, the mineral deposit bodies are distributed along the beach over an area of 732.9 km^2. The research results show that the ore bodies are distributed in two different types of sediments: the first type of placer is distributed in red sand sediments of the Phan Thiet formation (mQ_1pt), the second type is locally distributed in the gray-yellow sand layer formed by Pleistocene marine sediments (mQ_1). Useful heavy minerals are ilmenite, zircon, leucoxene, rutile, anatase, and monazite. The average content of useful heavy minerals in the ore bodies ranges from 0.551% (TQ.5BP) to 0.811% (TQ.3TP), with an average of 0.6784%. Heavy mineral particles are small, mainly concentrated in size <0.2mm, accounting for 92%÷99%, average > 97%, and relatively well selected, in the composition of sand ore, there is a significant proportion of clay minerals (≈10%). The average thickness of the placer ore layer is 61.0m, however, the variation is unstable with a coefficient of 51.13%. The content of titanium minerals decreases gradually from north to south, in contrast, the proportion of zircon content in the ore increases slowly from north to south. The average content of TiO_2 in ilmenite is 51.58% and ZiO_2 in zircon is 64.01%, showing that the titanium - zircon placer ore in Tuy Phong - Bac Phan Thiet area is of relatively good quality. The research results are an important basis for orienting effective investment in exploring, exploiting, and processing placer ores in the Tuy Phong - Bac Phan Thiet area.

Keywords: Mineral placer; titanium-zircon; distribution characteristics; ore quality; Binh Thuan.

Hoạt động kiến tạo và điều kiện thời tiết khống chế quá trình trầm tích trong các lưu vực sông xung quanh Biển Đông

Phạm Như Sang[1*], Nguyễn Hữu Hiệp[1, 2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội*
[2]*Trung tâm Phân tích Thí nghiệm Công nghệ cao*

TÓM TẮT

Biển Đông là một biển rìa lục địa lớn nhất ngăn cách Châu Á và Thái Bình Dương, nơi nằm trong vùng nhiệt đới gió mùa nên nhận được lượng lớn trầm tích từ các con sông xung quanh. Tuy nhiên, yếu tố nào khống chế quá trình vận chuyển trầm tích từ nguồn ra Biển Đông vẫn chưa được làm sáng tỏ. Do đó, nghiên cứu này sẽ tổng hợp, phân tích và đánh giá những tài liệu liên quan đến quá trình trầm tích nhằm xác định yếu tố nào quan trọng hơn cả khống chế khối lượng trầm tích đổ ra Biển Đông từ các con sông. Kết quả nghiên cứu cho thấy, các con sông xung quanh Biển Đông có diện tích lưu vực, hoạt động kiến tạo và điều kiện thời tiết khá khác biệt dẫn đến lượng trầm tích đổ ra biển khác nhau. Điển hình là đảo Đài Loan có diện tích nhỏ, nhưng hoạt động kiến tạo khá mạnh mẽ, lượng mưa khá dồi dào với nhiều cơn bão xảy ra trong năm đã cung cấp nhiều nhất trầm tích cho Biển Đông 176 triệu tấn/năm. Trong khi đó, các sông Mekong, sông Hồng và sông Châu Giang có diện tích lớn hơn cả nhưng chỉ đóng góp trầm tích lần lượt là 160 triệu tấn/năm, 138 triệu tấn/năm và 84 triệu tấn/năm. Điều đó cho thấy, diện tích lưu vực không phải là yếu tố quan trọng hàng đầu trong việc tạo ra trầm tích cho các lưu vực sông. Hiện tượng này có thể do đảo Đài Loan có hoạt động kiến tạo mạnh mẽ dẫn đến địa hình cao và dốc kết hợp với lượng mưa lớn hàng năm, đặc biệt là nhiều cơn bão lớn đã làm cho lớp vỏ phong hóa bị xói mòn mạnh mẽ và tạo ra nhiều trầm tích cho các lưu vực sông. Vì vậy, hoạt động kiến tạo và điều kiện thời tiết có thể là hai yếu tố quan trọng hơn cả trong việc khống chế quá trình vận chuyển trầm tích từ các lưu vực xung quanh ra Biển Đông.

Từ khóa: Trầm tích; Lưu vực sông; hoạt động kiến tạo; điều kiện thời tiết; Biển Đông.

1. Đặt vấn đề

Biển Đông là một biển rìa lục địa lớn nhất phía tây Thái Bình Dương. Biển Đông được bao quanh bởi Nam Trung Hoa và Đài Loan ở phía Bắc, Luzon và Palawan ở phía Đông, Malay, Sumatra, và Borneo ở phía Nam và bán đảo Đông Dương ở phía Tây, nơi nằm trong vùng nhiệt đới gió mùa nên quá trình phong hóa và bóc mòn diễn ra khá mạnh mẽ (Liu và nnk, 2016; Hình 1). Biển Đông nhận được trầm tích hàng năm chủ yếu từ các con sông lớn hàng đầu thế giới như sông Mekong, sông Hồng, sông Châu Giang và các con sông nhỏ từ các lục địa xung quanh (Milliman và Farnsworth, 2011; Liu và nnk, 2012; Zhang và nnk, 2012). Trầm tích từ những lưu vực sông này chịu ảnh hưởng chủ yếu của điều kiện thời tiết, thành phần thạch học của đá và hoạt động kiến tạo nên chúng chứa đựng những thông tin quý giá những gì đã diễn ra trên lục địa (Liu và nnk, 2016). Bên cạnh đó, khi trầm tích được vận chuyển vào Biển Đông chúng bị ảnh hưởng của nhiều yếu tố như dòng chảy mặt, dòng chảy ngầm, sự thay đổi mực nước biển và đặc trưng lắng đọng của từng loại vật liệu trầm tích (Liu và nnk, 2008, 2016; Sang và Liu, 2021). Do đó, trầm tích ở Biển Đông chứa đựng rất nhiều thông tin hữu ích và được coi là một khu vực khá lý tưởng để nghiên cứu điều kiện cổ địa lý không chỉ trên đất liền mà còn cả dưới đại dương.

Thông thường, lưu vực sông càng lớn thì lượng trầm tích được tạo ra và vận chuyển ra biển càng lớn. Tuy nhiên, các lưu vực sông xung quanh Biển Đông lại không cho thấy điều đó (Hình 1). Sông Mekong, sông Hồng và sông Châu Giang là những con sông lớn trên thế giới và lớn nhất xung quanh Biển Đông nhưng chúng đóng góp lượng trầm tích ít hơn các sông nhỏ ở đảo Đài Loan (Dadson và nnk, 2003; Milliman và Farnsworth, 2011). Điều đó cho thấy, diện tích lớn chưa chắc đã là yếu tố quan trọng nhất tạo ra lượng trầm tích lớn cho các lưu vực sông mà có thể yếu tố nào đó đã khống chế quá trình trầm tích và tạo ra sự đặc trưng cho các lưu vực sông xung quanh Biển Đông. Vì vậy, các lưu vực sông xung quanh Biển Đông

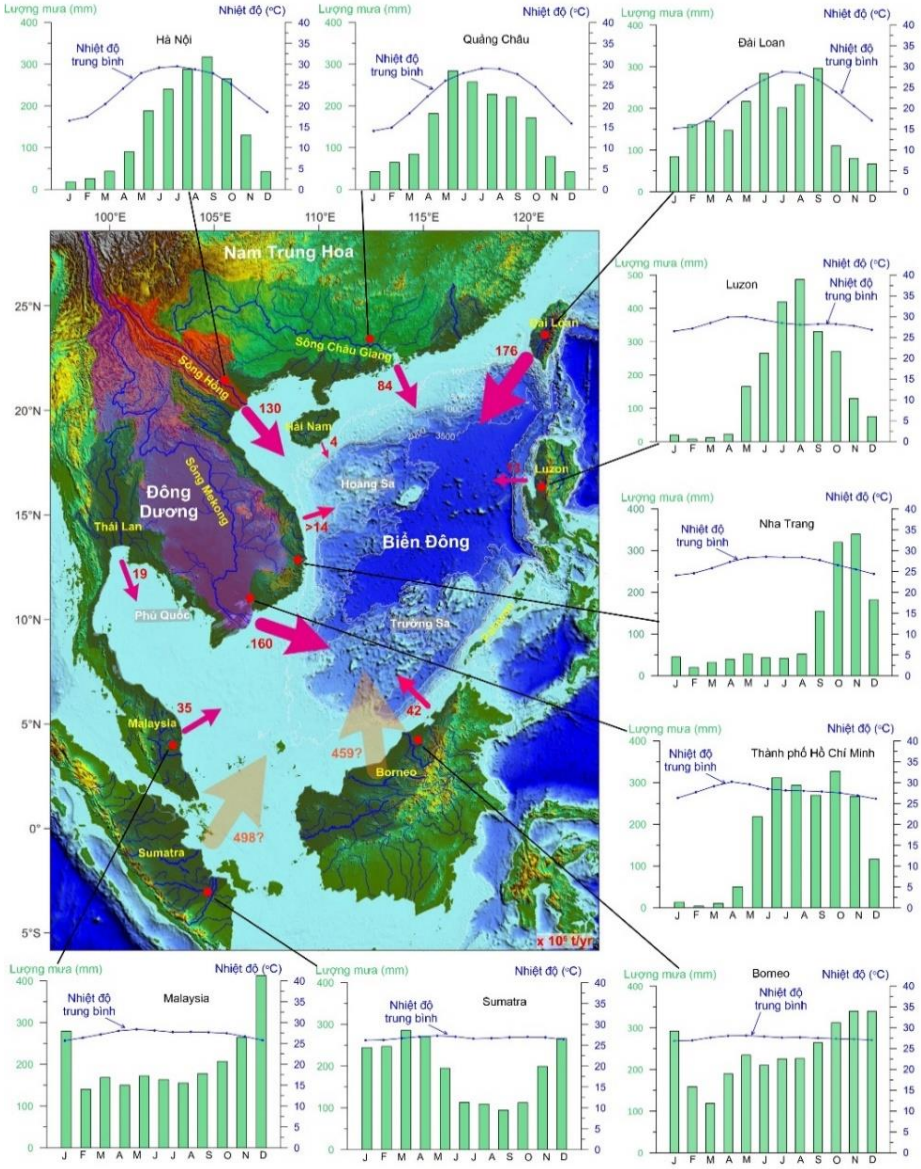
* *Tác giả liên hệ*
Email: phamnhusang@humg.edu.vn

khá lý tưởng để chúng ta nghiên cứu yếu tố nào là quan trọng hơn cả trong việc khống chế quá trình trầm tích từ nguồn đến bồn trầm tích.

Trong nghiên cứu này, các tài liệu nghiên cứu về khối lượng vận chuyển trầm tích, diện tích lưu vực, hoạt động kiến tạo, điều kiện thời tiết và các tài liệu liên quan của các lưu vực sông xung quanh Biển Đông sẽ được tổng hợp, phân tích và đánh giá để tìm ra nguyên nhân và những yếu tố gì đã ảnh hưởng và khống chế quá trình phong hóa, xói mòn và tạo ra sự khác biệt về khối lượng vận chuyển trầm tích từ các lưu vực sông ra Biển Đông.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

Để đạt được mục tiêu của nghiên cứu, những tài liệu về khối lượng trầm tích vận chuyển ra Biển Đông, diện tích lưu vực, hoạt động kiến tạo, điều kiện thời tiết và những tài liệu liên quan đến mục tiêu nghiên cứu sẽ được kết hợp, phân tích và đối sánh (Hình 1; Bảng 1). Thông qua quá trình này, những đặc trưng nhất của các lưu vực xung quanh Biển Đông sẽ được làm rõ, kết hợp và luận giải để đạt được mục tiêu nghiên cứu đã đề ra.



Hình 1. Vị trí và khối lượng trầm tích (triệu tấn/năm) từ các con sông đổ ra Biển Đông và điều kiện thời tiết trong các lưu vực xung quanh. Khối lượng trầm tích vận chuyển từ các con sông ra Biển Đông theo tài liệu trong Bảng 1. Thông tin về nhiệt độ và lượng mưa ở Hà Nội, Hồ Chí Minh, Nha Trang, Borneo, Luzon, Đài Loan, Sumatra và Malay (http://www. worldweather. org/), Quảng Châu (http://cdc.cma.gov.cn) được lấy ở các trạm đo tại cùng thành phố hoặc khu vực lân cận.

3. Kết quả và thảo luận

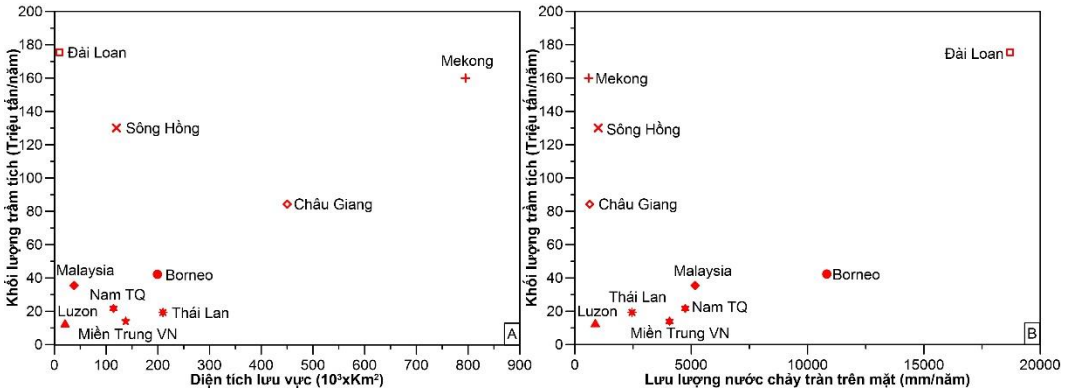
3.1. Điều kiện thời tiết và diện tích lưu vực

Các lưu vực sông xung quanh Biển Đông bị chi phối mạnh mẽ bởi hoạt động của gió mùa Đông Á (Webster, 1994). Gió mùa Đông Á bao gồm gió mùa đông thổi từ bắc xuống nam và gió mùa hè thổi từ nam đến bắc. Sự thay đổi gió mùa này chi phối lượng mưa và nhiệt độ, từ đó ảnh hưởng mạnh mẽ đến nhiều quá trình trên lục địa như quá trình phong hóa, xói mòn, sự phát triển thực vật và các dòng chảy dưới Biển Đông. Gió mùa đông được hình thành do sự lạnh đi của lục địa và sự phát triển của áp suất cao trên khu vực bắc á. Gió mùa hè thì ngược lại, nó được hình thành do hiện tượng nóng lên ở lục địa và sự phát triển của áp suất thấp trên vùng trung tâm Trung Quốc và thổi qua Biển Đông. Theo Chu và Wang (2003), gió mùa đông hoạt động mạnh hơn gió mùa hè và kéo dài từ tháng 11 đến tháng 4, trong khi đó gió mùa hè hoạt động từ tháng 5 đến tháng 9. Dẫu vậy, hoạt động gió mùa ở các lưu vực sông xung quanh Biển Đông vẫn có sự khác biệt rõ dệt và mang những đặc điểm khá riêng (Hình 1).

Bảng 1. Diện tích lưu vực, khối lượng nước chảy tràn trên mặt và khối lượng vận chuyển trầm tích ra Biển Đông của một số con sông xung quanh.

Khu vực	Tên sông	Diện tích lưu vực (km^2)	Lượng lước chảy tràn trên mặt (mm/năm)	Khối lượng trầm tích lơ lửng (triệu tấn/năm)	Nguồn tài liệu
Việt Nam	**Sông Hồng**	**120.000**	**1.000**	**130**	Milliman và Farnsworth (2011)
	Thái Bình	15.000	600	1	Milliman và Farnsworth (2011)
	Sông Mã	28.000	607	3	Milliman và Farnsworth (2011)
	Sông Cả	27.000	815	4	Milliman và Farnsworth (2011)
	Thu Bồn	10.000	1.400	2	Milliman và Farnsworth (2011)
	Sông Ba	14.000	643	1	Milliman và Farnsworth (2011)
	Sài Gòn	44.000	-	3	Milliman và Farnsworth (2011)
	Mekong	**795.000**	**590**	**160**	Milliman và Farnsworth (2011)
Trung Quốc	Jiulongjiang	15.000	1.000	3,1	Milliman và Farnsworth (2011)
	Hanjiang	30.000	867	10	Milliman và Farnsworth (2011)
	Châu Giang	**450.000**	**636**	**84,3**	Zhang và nnk (2012)
	Moyangjiang	6.100	1.393	0,8	Milliman và Farnsworth (2011)
	Jianjiang	9.500	579	1,5	Milliman và Farnsworth (2011)
	Nanliujiang	6.600	773	1,1	Milliman và Farnsworth (2011)
	Changhuajiang	5.100	745	0,08	Milliman và Farnsworth (2011)
	Nandujiang	6.600	773	1,1	Milliman và Farnsworth (2011)
	Hainan	35.400	-	4	Zhang và nnk (2013)
Đài Loan	Cho-Shui	2.989	1.200	54,1	Dadson và nnk (2003)
	Pei-Kang	597	1.300	2,2	Dadson và nnk (2003)
	Po-Tzu	289	1.400	2,1	Dadson và nnk (2003)
	Pa-Chang	441	1.500	6,3	Dadson và nnk (2003)
	Chi-Shui	227	1.300	1,8	Dadson và nnk (2003)
	Tseng-Wen	1.157	1.100	25,1	Dadson và nnk (2003)
	Yen-Shui	146	1.200	1,1	Dadson và nnk (2003)
	Erh-Jen	175	1.800	30,2	Dadson và nnk (2003)
	Kao-Ping	3.076	2.500	49,0	Dadson và nnk (2003)
	Tung-Kang	175	2.900	0,4	Dadson và nnk (2003)
	Lin-Pien	310	2.500	3,3	Dadson và nnk (2003)
Luzon	Cagayan	30.400	1.542	-	Liu và nnk (2009)
	Vigan	5.200	2.104	-	Liu và nnk (2009)
	Agno	6.300	1.050	4,7	Liu và nnk (2009)
	Pampanga	8.600	880	3,5	Liu và nnk (2009)
	Angat	570	-	4,6	Liu và nnk (2009)
Borneo	Tutong	2.300	1.913	0,25	Milliman và Farnsworth (2011)
	Baram	22.800	2.500	12	Hiscott (2001)
	Kidurong	5.400	-	-	Milliman và Farnsworth (2011)
	Rajang	50.000	2.270	30	Staub et al. (2000)
	Lupar	7.000	-	-	Milliman và Farnsworth (2011)
	Sambas	6.800	-	-	Milliman và Farnsworth (2011)
	Lvàek	10.000	-	-	Milliman và Farnsworth (2011)
	Kapuas	82.000	1.220	-	Milliman và Farnsworth (2011)
	Pawan	13.000	2.923	-	Milliman và Farnsworth (2011)
Sumatra	Siak	16.000	-	-	Milliman và Farnsworth (2011)
	Kampar	36.000	917	-	Milliman và Farnsworth (2011)
	Inderagiri	22.000	818	-	Milliman và Farnsworth (2011)
	Hari	50.000	920	-	Milliman và Farnsworth (2011)
	Musi	61.000	1.311	-	Milliman và Farnsworth (2011)
Malay	Pattani	4.000	750	0,35	Milliman và Farnsworth (2011)
	Kelantan	12.000	1.500	13,9	Liu và nnk (2012)
	Trengganu	3.300	1.970	0,8	Liu và nnk (2012)
	Pahang	19.000	947	20,4	Liu và nnk (2012)
Thái Lan	Bangpakhlong	10.000	490	-	Milliman và Farnsworth (2011)
	Khlong Phum	3.000	1.133	0,12	Milliman và Farnsworth (2011)
	Chao Phraya	160.000	188	11	Milliman và Syvitski (1992)
	Mae Klong	31.000	419	8,1	Milliman và Farnsworth (2011)
	Petch	6.000	233	-	Milliman và Farnsworth (2011)

Dựa trên dữ liệu lượng mưa và nhiệt độ tại các trạm đo xung quanh Biển Đông, điều kiện thời tiết có thể chia thành 3 khu vực: (1) Hà Nội, Quảng Châu và đảo Đài Loan; (2) khu vực Malaysia, Sumatra và Borneo; (3) Thành phố Hồ Chí Minh, Nha Trang và Luzon (Hình 1). Ở Hà Nội, Quảng Châu và đảo Đài Loan có nhiệt độ dao động trung bình từ 14°C đến 25°C ở mùa đông và trung bình từ 16°C đến 29°C vào mùa hè. Lượng mưa hàng năm của Hà Nội và Quảng Châu tương đối giống nhau là ~1.700 mm nhưng ~91% lượng mưa xảy ra trong mùa hè ở Hà Nội và ~80% lượng mưa đến từ mùa hè ở Quảng Châu. Đảo Đài Loan có lượng mưa hàng năm cao hơn chút là ~2.075 mm/năm và 68% lượng mưa đến từ mùa hè. Phía nam Biển Đông, bán đảo Malaysia, Sumatra và Borneo có nhiệt độ khá ổn định ~27°C với lượng mưa khá lớn hàng năm với ~2.900 mm ở Malaysia và Borneo và ~2.500 mm ở Sumatra với lượng mưa khá đều trong năm. Ở thành phố Hồ Chí Minh, Nha Trang và Luzon có nhiệt độ khá ổ định hàng năm trung bình từ 26°C đến 28°C. Ở ba khu vực này chế độ gió mùa được chia làm 2 mùa rõ dệt và đặc biệt rõ ràng ở Nha Trang. Lượng mưa ở ba khu vực này lớn nhất ở thành phố Hồ Chí Minh với 1.931 mm/năm và ~93% lượng mưa vào mùa mưa, lượng mưa ở Nha Trang hàng năm trung bình khoảng 1.324 mm và chủ yếu đến từ mùa mưa ~75% cả năm, ở Luzon hàng năm lượng mưa ~2.201 mm với 94% lượng mưa xảy ra ở mùa mưa.



Hình 2. A. Mối quan hệ giữa diện tích lưu vực và khối lượng trầm tích. B. Mối quan hệ giữa lưu lượng dòng chảy tràn trên mặt và khối lượng trầm tích.

Bên cạnh đó, các khu vực xung quanh Biển Đông hứng chịu nhiều cơn bão hàng năm, đặc biệt là đảo Đài Loan, Philipin, Trung Quốc và Việt Nam. Các cơn bão thường được hình thành ở các khu vực có vĩ độ thấp với nhiệt độ nước biển lớn hơn 26°C (Fisher, 1958). Biển Đông nằm trong vùng nhiệt đới nên nhiệt độ nước biển thường ấm hơn 26°C và là điều kiện thuận lợi cho hình thành các cơn bão (Herbeck và nnk, 2011). Ngoài ra, các cơn bão được hình thành ở phía bắc Thái Bình Dương cũng thường có xu hướng đi vào Biển Đông (Zhang và nnk, 2019; Le Mau và nnk, 2021). Theo ước tính của Wang và nnk, (2007) và Ma và nnk, (2021), hàng năm khu vực này có khoảng 10 cơn bão đi qua và ảnh hưởng đặc biệt mạnh mẽ tới Đài Loan và Philipin sau đó là đến Trung Quốc và Việt Nam. Những cơn bão này sẽ làm tăng đột ngột lượng mưa trong một thời gian ngắn, gây ra hiện tượng lũ lụt, sạt lở và xói mòn mạnh mẽ lớp vỏ trái đất.

Về lượng nước chảy tràn trên mặt và diện tích lưu vực, các sông nhỏ ở đảo Đài Loan có diện tích nhỏ nhưng lại thể hiện giá trị lớn hơn cả ~18.700 mm/năm, sau đó đến Borneo ~10.826 mm/năm, Maylay ~5.167 mm/năm, Miền trung Việt Nam ~4.056 mm/năm, phía nam Trung Quốc ~4.738 mm/năm, Sumatra ~3.966 mm/năm, Thái Lan ~2.463 mm/năm và các con sông nhỏ ở Luzon là thấp nhất ~883 mm/năm (Hình 1, 2; Bảng 1). Các con sông lớn như sông Mekong có diện tích lớn nhất 790.000 km^2 nhưng lưu lượng nước hàng năm chảy tràn trên mặt chỉ ~590 mm/năm, sông Hồng 120.000 km^2 và ~1.000 mm/năm và sông Châu Giang 450.00 km^2 và ~636 mm/năm.

3.2. Khối lượng vận chuyển trầm tích từ các sông xung quanh Biển Đông

Xung quanh Biển Đông phát triển mạnh mẽ các hệ thống sông, bao gồm cả sông Mekong, sông Hồng và sông Châu Giang là nhưng con sông lớn hàng đầu thế giới (Hình 1, 2; Bảng 1). Các con sông này đóng góp tới 80% trầm tích mặt và khoảng 63% tổng lượng trầm tích từ lúc Biển Đông được hình thành, ngoài ra khác như cacbonat, silicat sinh học và một ít vật liệu núi lửa (Huang, 2004; Huang và Wang, 2006). Biển Đông nhận được 700 triệu tấn trầm tích hàng năm, ước tính khoảng 3,7% lượng trầm tích đổ ra biển hàng năm của các con sông trên thế giới (Dadson và nnk, 2003; Milliman và Farnsworth, 2011; Liu và nnk, 2012; Zhang và nnk, 2012). Trong đó, sông Mekong, sông Hồng và sông Châu Giang hàng năm đóng góp trầm tích lần lượt 160, 130 và 84 triệu tấn và phần còn lại đến từ các con sông nhỏ khác đặc biệt là các con sông ở đảo Đài Loan với 176 triệu tấn trầm tích/năm. Các sông nhỏ ở miền trung Việt Nam, phía nam Trung Quốc và Philipin đóng góp không nhiều lần lượt là 14, 22 và 13 triệu tấn/năm. Các con sông nhỏ ở Malaysia

đóng góp 35 triệu tấn trầm tích hàng năm và các con sông nhỏ ở Thái Lan đóng góp 19 triệu tấn trầm tích/năm. Milliman và nnk (1999) ước lượng trầm tích đến từ Borneo và Sumatra có thể là 910 triệu tấn/năm và 780 triệu tấn/năm. Tuy nhiên, nhiều tài liệu mới hơn lại cho thấy các sông ở Borneo chỉ đóng góp một lượng không lớn khoảng 42 triệu tấn trầm tích hàng năm (Staub và nnk, 2000; Hiscot, 2001; Milliman và Farnsworth, 2011). Điều này cho thấy, khu vực Sumatra không thể đóng góp lượng trầm tích lớn đến vậy.

3.3. Mối quan hệ giữa diện tích lưu vực, thời tiết, hoạt động kiến tạo và khối lượng trầm tích

Từ các kết quả trên chúng ta có thể thấy, diện tích lưu vực lớn không chắc đã cung cấp lượng trầm tích lớn cho Biển Đông như sông Mekong, sông Hồng và sông Châu Giang, nhưng các lưu vực sông nhỏ như đảo Đài Loan lại đóng góp lớn nhất trầm tích cho khu vực này (Hình 1, 2; Bảng 1). Điều đó cho thấy diện tích lưu vực sông xung quanh Biển Đông không phải là yếu tố hàng đầu quyết đinh khối lượng trình trầm tích chảy ra biển. Khu vực Borneo có lưu lượng nước lớn chảy tràn trong lưu vực 10.826 mm/năm nhưng lượng trầm tích vận chuyển chỉ có ~42 triệu tấn/năm và nhỏ hơn rất nhiều đảo Đài Loan ~176 triệu tấn/năm với ~18.700 mm/năm. Điều này có thể do đảo Đài Loan chịu ảnh hưởng của nhiều con bão hàng năm so với Borneo. Tuy nhiên, các con sông nhỏ ở đảo Luzon cũng hứng chịu nhiều cơn bão hàng năm nhưng lượng trầm tích đổ ra Biển Đông chỉ là 13 triệu tấn/năm. Do đó, ngoài yếu tố điều kiện thời tiết ra thì phải còn có yếu tố khác khống chế quá trình trầm tích ở trong các lưu vực này và đó có thể là hoạt động kiến tạo. Chúng ta biết rằng đảo Đài Loan là một khu vực hoạt động kiến tạo diễn ra khá mạnh mẽ, được phát triển do va chạm hút chìm của quyển đại dương ở Biển Đông dưới mảng Philipin sau va chạm vòng cung lục địa ở 6.5 triệu năm (Huang và nnk, 1997). Hoạt động kiến tạo đã làm cho đảo Đài Loan có địa hình cao và dốc với hơn 200 đỉnh cao hơn 3.000 m và đỉnh cao nhất 3.952 m. Địa hình dốc kết hợp với lượng mưa dồi dào và nhiều cơn bão lớn hàng năm nên khu vực này có quá trình phong hóa và bóc mòn diễn ra mạnh mẽ nhất thế giới để sản sinh ra lượng lớn trầm tích hàng năm. Sản phẩm của quá trình phong hóa sau khi được tạo ra đã bị xói mòn và vận chuyển nhanh chóng xuống các lưu vực sông và Biển Đông nên không có đủ thời gian để quá trình phong hóa hóa học diễn ra, dẫn đến trầm tích sông chứa nhiều các khoáng vật sét nguyên sinh như illit (trung bình 56%) và chlorit (trung bình 41%) (Liu và nnk, 2008).

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, các tài liệu về khối lượng trầm tích và các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình này trong các lưu vực sông đã được tổng hợp, phân tích và đánh giá để làm sáng tỏ yếu tố nào khống chế quá trình trầm tích ở các lưu vực sông xung quanh Biển Đông. Kết quả nghiên cứu cho thấy, các lưu vực xung quanh Biển Đông có diện tích lưu vực, điều kiện thời tiết và hoạt động kiến tạo khác nhau nhiều. Đảo Đài Loan là khu vực khá đặc biệt với hoạt động kiến tạo mạnh mẽ làm cho địa hình cao và dốc, có lương mưa hàng năm dồi dào với nhiều cơn bão hàng năm đi qua đã vận chuyển lượng trầm tích lớn nhất ra Biển Đông 176 triệu tấn/năm. Các con sông có diện tích lưu vực lớn như sông Mekong, sông Hồng và sông Châu Giang chỉ đóng góp lần lượt 160, 130 và 84 triệu tấn/năm. Dựa trên phân tích mối quan hệ giữa khối lượng trầm tích, diện tích lưu vực, điều kiện thời tiết và hoạt động kiến tạo, nghiên cứu cho rằng hoạt động kiến tạo và điều kiện thời tiết là những yếu tố quan trọng hàng đầu trong việc sản sinh và vận chuyển vật liệu trầm tích từ lưu vực sông ra Biển Đông, trong khi đó diện tích lưu vực chiếm vị trí kém quan trọng hơn.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin cảm ơn các thầy cô trong Khoa Khoa học và Kỹ thuật Địa chất, các Phòng Ban chức năng của Trường Đại học Mỏ - Địa chất đã tạo điều kiện thuận lợi cho nhóm nghiên cứu hoàn thành được nghiên cứu này. Bên cạnh đó, nhóm tác giả xin cảm ơn nhóm nghiên cứu mạnh: Kiến tạo và Địa động lực với Tài nguyên Địa chất, Môi trường và Phát triển bền vững (TGREEN) và Nghiên cứu, ứng dụng công nghệ tiên tiến trong Khoa học trái đất, Vật liệu và Môi trường (HiTech-CEAE).

Tài liệu tham khảo

Chu, P.C., Wang, G., 2003. Seasonal variability of thermohaline front in the central South China Sea. *Journal of Oceanography* 59, 65–78.

Dadson, S.J., Hovius, N., Chen, H., Dade, W.B., et al., 2003. Links between erosion, runoff variability and seismicity in the Taiwan orogen. *Nature* 426, 648–651.

Fisher, E. L., 1958. Hurricanes and the sea-surface temperature field. *Journal of the Atmospheric Sciences* 15, 328–333.

Herbeck, L. S., Unger, D., Krumme, U., Liu, S. M., and Jennerjahn, T. C., 2011. Typhoon-induced precipitation impact on nutrient and suspended matter dynamics of a tropical estuary affected by human activities in Hainan, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 93, 375–388.

Hiscott, R.N., 2001. Depositional sequences controlled by high rates of sediment supply, sea-level

variations, and growth faulting: The Quaternary Baram Delta of northwestern Borneo. *Marine Geology* 175, 67–102.

Le Mau, D., Vlasova, G., and Nguyen, D. T. T., 2021. Distribution features of the typhoons in the South China Sea. *Russian Journal of Earth Sciences* 21, 1001–1008.

Liu, Z.F., Tuo, S.T., et al., 2008. Detrital fine-grained sediment contribution from Taiwan to the northern South China Sea and its relation to regional ocean circulation. *Marine Geology* 255, 149–155.

Liu, Z.F., Zhao, Y.L., et al., 2009. Chemical weathering in Luzon, Philippines from clay mineralogy and major-element geochemistry of river sediments. *Applied Geochemistry* 24, 2195–2205.

Liu, Z.F., Wang, H., et al., 2012. Climatic and tectonic controls on chemical weathering in tropical Southeast Asia (Malay Peninsula, Borneo, and Sumatra). *Chemical Geology* 291, 1–12.

Liu, Z., Zhao, Y., Colin, C., Stattegger, K., Wiesner, M. G., Huh, C.A., et al. 2016. Source-to-sink transport processes of fluvial sediments in the South China Sea. *Earth-Science Reviews* 153, 238–273.

Ma, Z., Zhang, Y., Wu, R., Na, R., 2021. Statistical characteristics of the response of sea surface temperatures to westward typhoons in the South China Sea. *Remote Sensing* 13, 916.

Milliman, J.D., Syvitski, J.P.M., 1992. Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: The importance of small mountainous rivers. *Journal of Geology* 100, 525–544.

Milliman, J.D., Farnsworth, K.L., Albertin, C.S., 1999. Flux and fate of fluvial sediments leaving large islands in the East Indies. *Journal of Sea Research* 41, 97–107.

Milliman, J.D., Farnsworth, K.L., 2011. *River discharge to the coastal ocean: A global synthesis.* Cambridge University Press, Cambridge (384 pp.)

Sang, P. N., and Liu, Z., 2021. Terrigenous sediment variations in the western South China Sea and their implications to East Asian monsoon evolution during the Last Glacial-Interglacial cycle. *Quaternary International* 580, 1–10.

Staub, J.R., Among, H.L., Gastaldo, R.A., 2000. Seasonal sediment transport and deposition in the Rajang River Delta, Sarawak, East Malaysia. *Sedimentary Geology* 133, 149–264.

Wang, G., Su, J., Ding, Y., and Chen, D., 2007. Tropical cyclone genesis over the South China Sea. *Journal of Marine Systems* 68, 318–326.

Webster, P.J., 1994. The role of hydrological processes in ocean-atmosphere interactions. *Review Geophysical* 32, 427–476.

Zhang, W., Wei, X.Y., Zheng, J.H., Zhu, Y.L., Zhang, Y.J., 2012. Estimating suspended sediment loads in the Pearl River Delta region using sediment rating curves. *Continental Shelf Research* 38, 35–46.

Zhang, C., Hu, C., et al., 2019. Perspective on landfalling frequency and genesis location variations of southern China typhoon during peak summer. *Geophysical Research Letters* 46, 6830–6838.

ABSTRACT

Tectonic and climatic controls on sedimentary processes in river drainage basins surrounding the East Sea

Sang Pham Nhu[1], Hiep Nguyen Huu[1, 2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Center for Excellence in Analysis and Experiment*

The East Sea is the largest continental margin sea separating Asia and the Pacific, located in the tropical monsoon region and receiving large amounts of sediments from surrounding rivers. However, the factors controlling the source-to-sink sediment transport in these river basins have not yet been fully clarified. Therefore, this study synthesizes, analyzes, and evaluates related documents to determine the key factors influencing sediment discharge and formation from river basins to the East Sea. The results indicate that the surrounding river basins exhibit significant differences in basin areas, tectonic activities, and climate conditions, leading to dissimilar amounts of sediment discharge. Typically, Taiwan rivers have small basins but are characterized by strong tectonic activities and abundant rainfall, with many storms/year, resulting in the highest amount of sediment discharge ~176 million tons/year. Meanwhile, the Mekong, Red, and Pearl Rivers have the largest basins but they contribute only ~160, 138, and 84 million tons/year, respectively. This means that basin area is not the primary factor determining the amount of sediment transport in river basins. This phenomenon may be due to that Taiwan rivers have strong tectonic activities leading to high and steep terrain along with heavy annual rainfall, especially frequent strong storms, causing significant erosion of the weathered products and huge sediment discharge. Consequently, tectonic activity and climate conditions can be the two most crucial factors in controlling sediment transport processes from surrounding basins to the East Sea.

Keywords: River sediment; River basin; Tectonic; Climate condition; East Sea.

TIỂU BAN
QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG

MỤC LỤC

Nghiên cứu lựa chọn tiêu chí đánh giá và phân vùng nhạy cảm sinh thái tại thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh
Nguyễn Thị Cúc, Phan Thị Mai Hoa, Nguyễn Quốc Phi 600

Kết quả nghiên cứu phóng xạ tự nhiên khu vực mỏ đất hiếm Đông Pao, tỉnh Lai Châu
Nguyễn Văn Dũng, Nguyễn Thị Thu Trang, Lê Anh Thơ, Vũ Thị Lan Anh, Đào Đình Thuần 606

Bảo vệ các hệ sinh thái biển cho sự phát triển hướng tới phát triển bền vững du lịch biển Việt Nam
Nguyễn Đình Đáp 613

Hiệu quả quản lý tài nguyên và bảo vệ môi trường từ các mô hình kinh tế tuần hoàn trong nông nghiệp tại tỉnh Sơn La
Trần Thị Thanh Hà, Dương Văn Mạnh 619

Nét độc đáo của văn hóa đá ở xã Ngọc Chiến, huyện Mường La, tỉnh Sơn La
Trần Thị Thanh Hà, Phạm Anh Tuân, Nguyễn Thị Hồng Nhung, Đặng Thị Nhuần, Hoàng Thị Thanh Giang, Tòng Thị Quỳnh Hương 626

Đánh giá chất lượng nước hồ Cấm Sơn và đề xuất giải pháp quản lý
Nguyễn Mai Hoa 633

Landslide risk assessment based on topographic index and remote sensing technology in Hoa An district, Cao Bang province
Phan Thi Mai Hoa, Nguyen Quoc Phi, Nguyen Thi Cuc 639

Nghiên cứu đánh giá hiện trạng chất lượng môi trường nước mặt trên sông Kinh Thầy thuộc địa bàn tỉnh Hải Dương
Nguyễn Thị Hoà, Nguyễn Phương Đông, Trần Thị Ngọc, Nguyễn Thị Thu Huyền, Nguyễn Thị Hồng, Đào Trung Thành 647

Nghiên cứu đánh giá hiện trạng quản lý chất thải rắn sinh hoạt tại tỉnh Vĩnh Phúc bằng mô hình DPSIR
Nguyễn Thị Hồng, Vũ Thị Lan Anh, Nguyễn Thị Hòa, Nguyễn Phương Đông, Đào Trung Thành 656

Đánh giá chất lượng nước sông Kỳ Lộ đoạn qua trạm quan trắc An Thạnh, tỉnh Phú Yên giai đoạn 2021 - 2023 nhằm phục vụ cho cấp nước sinh hoạt
Trần Thị Thu Hương, Đỗ Văn Bình, Nguyễn Đức Trọng 662

Đánh giá hiệu quả và tiến độ thực hiện Mục tiêu SDG-1 về Giảm nghèo ở Việt Nam giai đoạn 2016-2020, Nghiên cứu điển hình ở tỉnh Nam Định và tỉnh Vĩnh Phúc
Nguyễn Thị Hồng Ngọc, Trần Anh Quân 668

Landslide susceptibility mapping at the Huoi Reng watershed, Le Thuy County, Quang Binh province
Dao Minh Nhut, Phan Thi Mai Hoa, Bui Hoang Bac, Nguyen Quoc Phi 674

Đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả trong công tác quản lý môi trường tại một số mỏ chứa khoáng sản độc hại nhóm II
Nguyễn Phương,Vũ Thị Lan Anh, Nguyễn Văn Dũng, Phan Thị Mai Hoa, Nguyễn Phương Đông, Nguyễn Thị Cúc 693

Implement circular economy in coal industry: Applied at Mong Duong mine, Quang Ninh province
Dao Trung Thanh, Nguyen Thi Hong 699

Ảnh hưởng của các dòng thải giàu chất hữu cơ đến chất lượng nước sông Kôn đoạn từ xã Tây Thuận đến xã Nhơn Mỹ tỉnh Bình Định
Vũ Thị Phương Thảo, Huỳnh Thị Thu Thủy 705

Đánh giá hiện trạng khai thác nước dưới đất tại các vùng núi cao, vùng khan hiếm nước tỉnh Gia Lai
Trần Thị Thanh Thủy 712

Tác động của Biến đổi khí hậu đến khu vực mỏ than Hà Tu và các giải pháp ứng phó
Trần Thị Thanh Thủy 718

Nghiên cứu đề xuất quy hoạch không gian đô thị theo mục tiêu phát triển bền vững
Đặng Thị Ngọc Thủy 724

Nghiên cứu lựa chọn tiêu chí đánh giá và phân vùng nhạy cảm sinh thái tại thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh

Nguyễn Thị Cúc*, Phan Thị Mai Hoa, Nguyễn Quốc Phi
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Phân vùng nhạy cảm sinh thái là việc phân chia lãnh thổ thành các đơn vị tương đối đồng nhất về mức độ nhạy cảm môi trường đối với những thay đổi xung quanh theo các tiêu chí nhất định nhằm đưa ra định hướng phát triển kinh tế phù hợp và đơn giản hóa công tác quản lý môi trường. Bài báo tập trung phân tích cách tiếp cận và luận giải cơ sở khoa học và thực tiễn đề xuất tiêu chí phân vùng nhạy cảm sinh thái từ các nghiên cứu trong và ngoài nước. Đối chiếu với đặc điểm tự nhiên, tình hình phát triển kinh tế xã hội tại thành phố Hạ Long kết hợp hỏi ý kiến chuyên gia để đề xuất tiêu chí phân vùng nhạy cảm sinh thái phù hợp cho thành phố Hạ Long. Kết quả nghiên cứu đã đưa ra 03 nhóm tiêu chí và 10 tiêu chí cụ thể gồm: Nhóm yếu tố tự nhiên (Độ cao, Độ dốc, Tỷ lệ lớp phủ thực vật, Lượng mưa, Khoảng cách đến di sản thiên nhiên, khu bảo tồn thiên nhiên, rừng đặc dụng và rừng phòng hộ); Nhóm yếu tố kinh tế - xã hội (Khoảng cách đến khu vực khai thác khoáng sản, Khoảng cách đến hệ thống giao thông chính) và Nhóm yếu tố Rủi ro về sức khỏe con người (Sử dụng đất, Mật độ dân cư, Tai biến thiên nhiên). Tiêu chí đề xuất là cơ sở tài liệu xây dựng bản đồ phân vùng nhạy cảm sinh thái khu vực nghiên cứu.

Từ khóa: Tiêu chí, Phân vùng nhạy cảm sinh thái, Thành phố Hạ Long

1. Đặt vấn đề

Nhạy cảm sinh thái là phản ứng của hệ sinh thái trước sự thay đổi môi trường do tác động của hệ thống tự nhiên như môi trường (đất, nước, không khí), địa hình, lớp phủ và hoạt động của con người [7]. Cơ sở của phương pháp phân vùng nhạy cảm sinh thái là lựa chọn các tiêu chí, mô phỏng chúng dưới dạng bản đồ phân bố không gian. Bản đồ phân vùng nhạy cảm sinh thái được thành lập từ kết quả chồng xếp các bản đồ tiêu chí theo trọng số đã xác định (theo phương pháp AHP) trên nền tảng GIS [1,4,6,7]. Tuy nhiên, đánh giá mức độ dễ bị tổn thương về sinh thái - môi trường là một quá trình khó khăn và phức tạp vì nó bị ảnh hưởng bởi nhiều biến số bao gồm thủy văn - khí tượng, địa hình, tài nguyên thiên nhiên và hoạt động của con người [1]. Vì vậy, nghiên cứu lựa chọn tiêu chí phân vùng nhạy cảm sinh thái có ý nghĩa quan trọng, liên quan chặt chẽ tới quá trình phân tích đặc điểm tự nhiên – xã hội và định hướng phát triển kinh tế vùng. Thành phố Hạ Long nằm ở trung tâm của tỉnh Quảng Ninh có địa hình đa dạng gồm vùng đồi núi cao ở phía đông, đông bắc và thấp dần về phía nam là vùng ven biển, hải đảo với hệ sinh thái rừng và biển phong phú, đa dạng. Với vị trí địa lý thuận lợi cùng sự phong phú về tài nguyên thiên nhiên, thành phố Hạ Long đã trở thành trung tâm phát triển kinh tế của tỉnh Quảng Ninh và là điểm đến du lịch hấp dẫn của nhiều du khách. Điều này đang tạo nên áp lực lớn lên môi trường sinh thái của thành phố Hạ Long, đặc biệt là những khu vực có tính nhạy cảm sinh thái cao như hệ sinh thái rừng ngập mặn, vùng ven biển hay các di sản thiên nhiên và khu bảo tồn thiên nhiên.

Vì vậy, phát triển kinh tế bền vững đảm bảo gìn giữ được cảnh quan môi trường, đặc biệt là

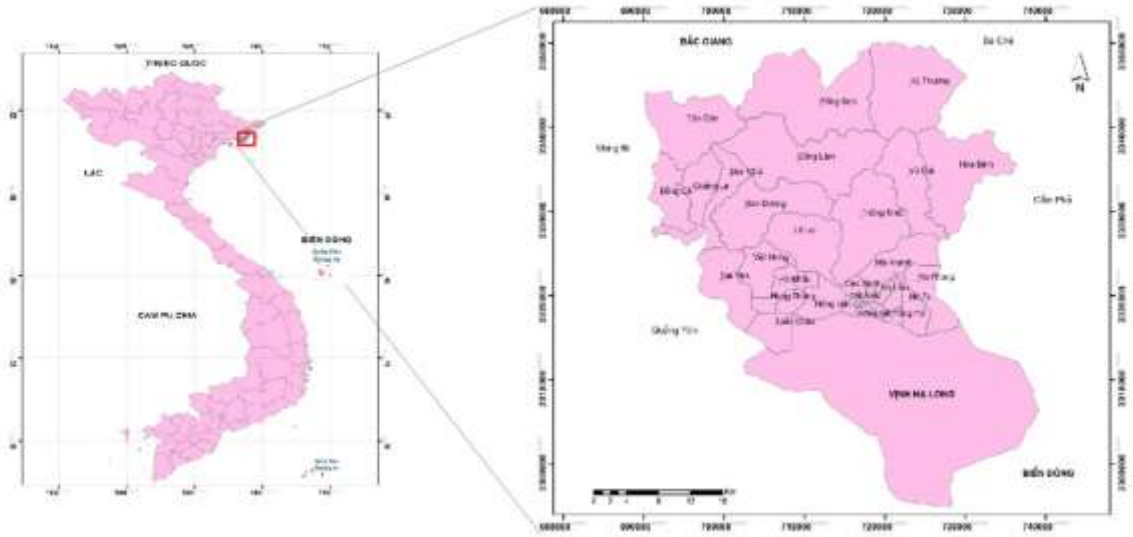
* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthicucmtcs@humg.edu.vn

di sản thiên nhiên Vịnh Hạ Long là hết sức cần thiết và cần được quan tâm đúng mức. Nghiên cứu phân vùng nhạy cảm sinh thái thành phố Hạ Long là thông tin hữu dụng cho nhà quản lý thiết lập các hệ thống cảnh báo sớm về an toàn sinh thái và xây dựng quy hoạch phát triển kinh tế của thành phố Hạ Long. Trong đó, lựa chọn tiêu chí đánh giá, phân vùng nhạy cảm sinh thái có ý nghĩa quan trọng trong nghiên cứu nói trên.

2. Phạm vi và phương pháp nghiên cứu

2.1. Phạm vi nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu là thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh có địa hình đa dạng gồm vùng đồi núi cao ở phía đông, đông bắc và thấp dần về phía nam, là vùng ven biển, hải có hệ sinh thái rừng và biển phong phú, đa dạng (Hình 1).



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp kế thừa, phân tích tổng hợp

Nhóm tác giả đã thu thập tài liệu các công trình nghiên cứu khoa học đã có trong và ngoài nước về lĩnh vực nghiên cứu. Phân tích cách tiếp cận, luận giải cơ sở khoa học và thực tiễn đề xuất tiêu chí phân vùng nhạy cảm sinh thái từ các nghiên cứu có trước. Tổng hợp các nghiên cứu về quản lý môi trường, đặc điểm tự nhiên, các hoạt động phát triển kinh tế - xã hội và định hướng phát triển kinh tế dài hạn của thành phố Hạ Long. Bên cạnh đó, nhóm nghiên cứu còn rà soát các văn bản, quy định pháp luật về các yếu tố nhạy cảm môi trường, quy định về đảm bảo an toàn cho di sản thiên nhiên, khu vực bảo tồn thiên nhiên và các loại di sản khác để đề xuất tiêu chí phân vùng nhạy cảm sinh thái cho khu vực nghiên cứu.

2.2.2. Phương pháp chuyên gia

Nghiên cứu phân vùng nhạy cảm sinh thái liên quan đến nhiều lĩnh vực khác nhau như đa dạng sinh học, địa lý cảnh quan, quản lý di sản, công nghệ GIS, ô nhiễm môi trường và khai thác khoáng sản … Vì vậy, nghiên cứu đã tổ chức tham vấn các chuyên gia có chuyên môn sâu về các lĩnh vực liên quan nhằm lựa chọn tiêu chí phân vùng nhạy cảm sinh thái phù hợp cho thành phố Hạ Long. Các chuyên gia tham vấn là nhà khoa học thuộc lĩnh vực môi trường, địa chất và cán bộ Ban quản lý Vịnh Hạ Long.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Cơ sở lý luận và thực tiễn đề xuất tiêu chí phân vùng nhạy cảm sinh thái thành phố Hạ Long

Trên thế giới, nhiều nghiên cứu đã phân tích lựa chọn tiêu chí đánh giá phân vùng nhạy cảm sinh thái trên cơ sở cân nhắc mức độ ảnh hưởng của chúng đến độ nhạy môi trường. Các nghiên cứu đều chỉ ra rằng, tính nhạy sinh thái phụ thuộc chủ yếu vào các điều kiện tự nhiên, kinh tế xã

hội và hoạt động của con người [1,4,6,7,8]. Ở Châu Âu, Kosmas và cộng sự (1999) sử dụng phương pháp phân tích đa chỉ tiêu AHP kết hợp GIS đánh giá mức độ nhạy cảm môi trường thông qua độ thoái hóa đất và sử dụng đất ở khu vực Địa Trung Hải (MEDALUS) dựa trên 4 chỉ số là thổ nhưỡng, khí hậu, thảm thực vật và biện pháp quản lý. Yilmaz và cộng sự (2020) đã lựa chọn các chỉ tiêu địa hình, độ dốc, địa mạo, hệ thống giao thông, diện tích dân cư, thảm thực vật và độ che phủ đất để đánh giá phân vùng nhạy cảm sinh tái tại Denizli, Thổ Nhĩ Kỳ. Ở Châu Á, các tác giả Qiang Niu (2018), Xiaoyan Dai (2011), Yuping (2024) sử dụng GIS, viễn thám và phương pháp phân tích đa chỉ tiêu đánh giá độ nhạy sinh thái dựa trên các tiêu chí hiện trạng môi trường (PM10, PM2,5), địa hình, địa mạo, độ dốc, mặt nước, chỉ số thực vật chuẩn hóa, mức độ phong phú loài và nguy cơ lũ lụt. Kết quả nghiên cứu là bản đồ phân vùng mức độ nhạy cảm sinh thái theo 5 mức: Không nhạy cảm, nhạy cảm trung bình thấp, nhạy cảm trung bình, nhạy cảm cao và nhạy cảm rất cao [4,6,8]. Bên cạnh đó, Leman và cộng sự (2016), đã thực hiện đánh giá vùng nhạy cảm môi trường cho quy hoạch sử dụng đất ở Langkawi, Malaysia. Nghiên cứu cũng sử dụng phương pháp phân tích đa chỉ tiêu và GIS đánh giá mức độ nhạy cảm về môi trường. Bộ chỉ số được sử dụng trong nghiên cứu bao gồm các chỉ thị về rủi ro thiên tai (độ dốc, thảm thực vật, lượng mưa, địa chấn…), chỉ thị về giá trị di sản và chỉ thị về hỗ trợ sự sống [3]. Việt Nam, trong nghiên cứu của Nguyễn Kim Anh và cộng sự (2016), tập thể tác giả sử dụng 16 tiêu chí thuộc 4 nhóm yếu tố là Khí tượng thủy văn; Xã hội – kinh tế; Tài nguyên đất và địa hình – địa mạo đánh giá phân vùng nhạy cảm sinh thái của tỉnh Thừa Thiên Huế trên cơ sở phân tích AHP và GIS. Trong đó, nhóm yếu tố địa hình – địa mạo (độ dốc, độ cao) và nhóm yếu tố xã hội – kinh tế (khoảng cách đến đường giao thông; khoảng cách đến chợ; khoảng cách đến khu dân cư) được đánh giá là có ảnh hưởng lớn đến tính nhạy cảm sinh thái của khu vực [1]. Trong nghiên cứu của Hoàng Hồng Hạnh và cộng sự (2021) đã đưa ra 04 nhóm tiêu chính và 12 tiêu chí thứ cấp đánh giá, phân vùng nhạy cảm môi trường. 04 nhóm tiêu chí bao gồm: Nhạy cảm môi trường nước; nhạy cảm môi trường nước; nhạy cảm sinh thái và đa dạng sinh học; Rủi ro thiên tai và tác động của biến đổi khí hậu và Rủi ro sức khỏe con người [2]

Thành phố Hạ Long nằm ở trung tâm của tỉnh Quảng Ninh, có địa hình đa dạng gồm vùng đồi núi cao ở phía đông, đông bắc và thấp dần về phía nam là vùng ven biển, hải đảo. Độ cao trung bình từ 0m đến 1065m so với mực nước biển và thấp dần về phía biển, độ dốc trung bình từ 15-20%, xen giữa là các thung lũng nhỏ hẹp. Tài nguyên rừng của thành phố Hạ Long rất phong phú, đa dạng về chủng loại động, thực vật gồm rừng đặc dụng, rừng sản xuất và rừng phòng hộ. Tổng diện tích rừng là 68.266,6ha, tỷ lệ che phủ rừng toàn thành phố đạt 61,0%. Thành phố Hạ Long là nơi chứa đựng nhiều di sản thiên nhiên, khu bảo tồn thiên nhiên như Vịnh Hạ Long, khu bảo tồn Đồng Sơn – Kỳ Thượng, nơi có động vật và thực vật phong phú. Thành phố Hạ Long có nguồn tài nguyên khoáng sản đa dạng, đặc biệt là than nằm trên địa bàn các phường Hà Khánh, Hà Lầm, Hà Trung, Hà Phong, Hà Tu. Ngoài ra còn có nhiều núi đá vôi, mỏ đất sét, mỏ kim loại... Với nguồn tài nguyên thiên nhiên và tài nguyên khoáng sản phong phú, hoạt động phát triển kinh tế thành phố Hạ Long gắn liền với du lịch, dịch vụ và khai thác khoáng sản. Những hoạt động này có nguy cơ ảnh hưởng đến môi trường, tác động đến các yếu tố nhạy cảm môi trường và hệ sinh thái. Theo định hướng phát triển kinh tế thành phố Hạ Long đến năm 2040, Hạ Long trở thành đô thị dịch vụ, du lịch, gắn với Di sản thiên nhiên thế giới Vịnh Hạ Long. Vì vậy, phát triển kinh tế cần phải đi đôi với việc bảo vệ môi trường, bảo tồn các di sản thiên nhiên và đa dạng sinh học.

Từ phân tích trên cho thấy, tính nhạy sinh thái liên quan chặt chẽ tới các yếu tố tự nhiên, kinh tế xã hội (bao gồm hoạt động của con người) và rủi ro về sức khỏe con người. Trong một số nghiên cứu, tiêu chí Hiện trạng môi trường được đưa vào đánh giá phân vùng nhạy cảm sinh thái [2]. Tuy nhiên, hiện trạng môi biến động liên tục, phụ thuộc vào hoạt động phát triển kinh tế và cách thức quản lý môi trường nên không phù hợp để sử dụng làm tiêu chí phân vùng lâu dài. Do đó, tiêu chí đánh giá phân vùng nhạy cảm sinh thái cần được xây dựng dựa vào đặc điểm tự nhiên và yếu tố nhạy cảm môi trường (quy định tại Luật bảo vệ môi trường, 2022). Tiêu chí phân vùng phải mang tính dài hạn hoặc tính chu kỳ, đảm bảo hiệu quả đánh giá trong khoảng thời gian nhất định.

3.2. Đề xuất tiêu chí phân vùng nhạy cảm sinh thái

Việc xây dựng tiêu chí phân vùng sinh thái của thành phố Hạ Long, ngoài các yếu tố về tự nhiên, kinh tế - xã hội cần đặc biệt chú trọng đến những yếu tố đặc trưng là chứa đựng di sản thiên nhiên, khu bảo tồn thiên nhiên và hoạt động khai thác khoáng sản. Trên cơ sở nghiên cứu lý luận và thực tiễn thông qua phân tích, biện luận trên, tiêu chí phân vùng nhạy cảm sinh thái áp dụng cho thành phố Hạ Long đề xuất gồm 03 nhóm tiêu chí (Yếu tố tự nhiên; yếu tố kinh tế - xã hội và yếu tố Rủi ro về sức khỏe con người), 10 tiêu chí cụ thể (bảng 1).

Bảng 1. Tiêu chí phân vùng nhạy cảm sinh thái tại thành phố Hạ Long

Nhóm tiêu chí	Tiêu chí
Yếu tố tự nhiên	Độ cao
	Độ dốc
	Tỷ lệ lớp phủ thực vật (NDVI)
	Lượng mưa
	Khoảng cách đến di sản thiên nhiên, khu bảo tồn thiên nhiên, rừng đặc dụng và rừng phòng hộ
Yếu tố kinh tế - xã hội	Khoảng cách đến khu vực khai thác khoáng sản
	Khoảng cách đến hệ thống giao thông chính
	Sử dụng đất
Yếu tố rủi ro sức khỏe con người	Mật độ dân cư
	Tai biến thiên nhiên (Nguy cơ trượt lở)

Nhóm tiêu chí yếu tố tự nhiên:

Độ cao: Thành phố Hạ Long có độ cao dao động lớn từ 0m đến 1065m so với mực nước biển, mức độ phân cắt địa chất lớn dẫn đến sự phân hóa các loài thực vật ở các độ cao khác nhau. Càng lên cao thì các loài thực vật nhạy cảm càng tăng, dẫn tới khả năng phục hồi sinh thái trước sự biến đổi môi trường ở các khu vực có địa hình cao kém hơn so với ở khu vực địa hình thấp.

Độ dốc: Chỉ tiêu độ dốc liên quan chặt chẽ tới nguy cơ xảy ra tai biến, đặc biệt là trượt lở. Trong cùng điều kiện như nhau, khu vực có độ dốc càng lớn thì nguy cơ xảy ra tai biến như trượt lở, lũ quét, xói mòn càng cao. Do vậy, mức độ nhạy cảm sinh thái sẽ tỷ lệ thuận với độ dốc.

Tỷ lệ lớp phủ thực vật: Chỉ số thực vật phản ánh tỷ lệ đất được che phủ bởi thảm thực vật. Theo Xiaoyan (2011) thảm thực vật ảnh hưởng đến tính dễ tổn thương của môi trường sinh thái. Theo đó, độ nhạy sinh thái sẽ tăng khi thảm thực vật tăng lên [6].

Lượng mưa: Khu vực có lượng mưa lớn, độ ẩm cao là điều kiện thuận lợi cho thực vật phát triển, làm tăng tính nhạy sinh thái.

Khoách cách an toàn đến DSTN, khu bảo tồn thiên nhiên, rừng đặc dụng, rừng phòng hộ: Theo Luật BVMT, 2020 di sản thiên nhiên thế giới Vịnh Hạ Long, khu bảo tồn thiên nhiên Đồng Sơn – Kỳ Thượng và rừng đặc dụng, rừng phòng hộ thuộc thành phố Hạ Long thuộc nhóm yếu tố nhạy cảm môi trường cần được bảo vệ theo quy định về bảo vệ và quản lý di sản thiên nhiên thế giới (Nghị định số 109/2017/NĐ-CP) và quy định bảo vệ khu bảo tồn thiên nhiên (Luật đa dạng sinh học 2008). Vì vậy mức độ nhạy cảm sinh thái sẽ giảm giảm theo khoảng cách từ các khu di sản, khu bảo tồn hay rừng đặc dụng, rừng phòng hộ.

Nhóm tiêu chí về kinh tế - xã hội

- *Khoảng cách đến khu vực khai thác khoáng sản*: Thành phố Hạ Long tập trung các mỏ than có quy mô lớn của tỉnh Quảng Ninh như Hà Tu, Hà Lầm, Hòn Gai, Núi Béo. Khai thác khoáng sản phá hủy thảm thực vật, thay đổi địa hình và tác động lớn đến môi trường tự nhiên, đặc biệt là môi trường khí. Theo kết quả nghiên cứu của Dương Thị Huyền Trang, 2022 [5], không khí tại thành phố Hạ Long bị ô nhiễm chủ yếu bởi TSP, ở nhiều vị trí trạm quan trắc, nồng độ TSP lên tới 550 µ/m^3 vượt QCVN 05:2022/BTNMT – Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng

môi trường không khí xung quanh (giới hạn 300 µ/m^3). Nguyên nhân chính phát sinh TSP là do hoạt động công nghiệp, trong đó, chủ yếu là hoạt động khai thác than. Vì vậy, vùng càng gần khu vực khai thác thì mức độ nhạy cảm sinh thái càng cao.

Khoảng cách đến hệ thống giao thông chính: Những khu vực gần đường giao thông chính thường được quan tâm đầu tư phát triển để phù hợp với cảnh quan chung, vì vậy ở khu vực này thường có độ nhạy sinh thái thấp [7]. Tại Hạ Long, có các tuyến đường lớn chính là QL18, QL279, đường tỉnh 337 và tuyến đường cao tốc Hải Phòng – Hạ Long – Vân Đồn – Móng Cái. Vì vậy, khu vực càng xa hệ thống giao thông chính càng có tính nhạy cảm sinh thái cao.

Sử dụng đất: Đất sử dụng cho các mục đích khác nhau có tính nhạy cảm sinh thái khác nhau. Trong đó, đất trống và đất chưa sử dụng được đánh giá không nhạy cảm với sự thay đổi môi trường, đất canh tác nông nghiệp được đánh giá ít nhạy cảm; đất ở, đất du lịch và đất công nghiệp được đánh giá là nhạy cảm mức trung bình; đất rừng và mặt nước được đánh giá là nhạy cảm ở mức cao và mặt nước sử dụng cho mục đích nuôi trồng thủy sản và sinh hoạt được đánh giá là cực kỳ nhạy cảm [2].

Nhóm tiêu chí Rủi ro sức khỏe con người

Mật độ dân cư: Mật độ dân cư là tiêu chí đánh giá mức độ rủi ro về sức khỏe con người. Khu vực có mật độ dân cư càng cao sẽ có hoạt động kinh tế phát triển càng mạnh, mức độ tác động đến hệ sinh thái càng lớn. Do đó, độ nhạy sinh thái của một khu vực sẽ tăng dần khi mật độ dân số tăng [2].

Nguy cơ trượt lở: Trượt lở là tai biến có nguy cơ gây tổn thương hệ sinh thái như môi trường sống của động thực vật, phá hủy thảm thực vật, cơ sở hạ tầng và sức khỏe con người. Vì vậy, những khu vực có nguy cơ trượt lở đồng nghĩa với việc khu vực đó có tính nhạy cảm sinh thái cao.

4. Kết luận

Bài báo tập trung phân tích cách tiếp cận và luận giải cơ sở khoa học và thực tiễn để xuất tiêu chí phân vùng nhạy cảm sinh thái từ các nghiên cứu trong và ngoài nước. Đối chiếu với đặc điểm tự nhiên, tình hình phát triển kinh tế xã hội tại thành phố Hạ Long kết hợp hỏi ý kiến chuyên gia để đề xuất tiêu chí phân vùng nhạy cảm sinh thái phù hợp cho thành phố Hạ Long. Kết quả nghiên cứu đã đưa ra 03 nhóm tiêu chí và 10 tiêu chí cụ thể gồm: Nhóm yếu tố tự nhiên (Độ cao, Độ dốc, Tỷ lệ lớp phủ thực vật, Lượng mưa, Khoảng cách đến di sản thiên nhiên, khu bảo tồn thiên nhiên, rừng đặc dụng và rừng phòng hộ); Nhóm yếu tố kinh tế - xã hội (Khoảng cách đến khu vực khai thác khoáng sản, Khoảng cách đến hệ thống giao thông chính) và Nhóm yếu tố Rủi ro về sức khỏe con người (Sử dụng đất, Mật độ dân cư, Tai biến thiên nhiên). Tiêu chí đề xuất là cơ sở tài liệu xây dựng bản đồ phân vùng nhạy cảm sinh thái khu vực nghiên cứu.

Lời cảm ơn

Bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của Đề tài cấp cơ sở T24-29. Tập thể tác giả xin chân thành cám ơn ý kiến đóng góp cảu các chuyên gia thuộc khoa Môi trường, Ban quản lý Vịnh Hạ Long và Trường Đại học Mỏ - Địa chất đã tài trợ kinh phí cho Đề tài mã số T24-29.

Tài liệu tham khảo

Anh Kim Nguyen, Yuei-An Liou, Ming-Hsu Li, Tuan Anh Tran, 2016. Zoning eco-environmental vulnerability for environmental management and protection. *Ecological Indicators, No.* 69, p.100–117.

Hoàng Hồng Hạnh, Trần Qúy Trung, Nguyễn Thu Hà, 2021. International experience on environmental zoning in environmental protection planning. Environmental Journal, No.36, p.75-81.

Nazren Leman, Mohammad Firuz Ramli, Rd Puteri Khairani Khirotdin, 2015. GIS-based integrated evaluation of environmentally sensitive areas (ESAs) for land use planning in Langkawi, Malaysia. *Journal homepage: www.elsevier.com.*

Qiang Niu, Li Yu, Qiao Jie, Xian Li, 2018. An urban eco environmental sensitive areas assessment method based on variable weights combination. *Environment, Development and Sustainability*, No, p.2069-2085

Dương Thị Huyền Trang, Đỗ Hữu Tuấn, 2022. Assessment of air quality in Ha Long City, Quang Ninh

Province in 2016-2019. Journal of Hydro – Meteorology, No 736(1), p.1-13.

Xiaoyan Dai, Zhou Li, Shouyi Lin, Wencheng Xu, 2012. Assessment and zoning of eco-environmental sensitivity for a typical developing province in China. *Stoch Environ Res Risk Assess* No.26, p.1095–1107.

F. C. Yilmaz , M. Zengin và C. Tekin Cure, 2020. Determination of ecologically sensitive areas in Denizli province using geographic information systems (GIS) and analytical hierarchy process (AHP). *Environment Monitoring Assessment*, p.192:589.

Tang Yuping, Shu Mengrong, Wu Yuanjing, Xuan Yang, 2024. Ecological Sensitivity Evaluation and Spatial Pattern Analysis of Minjiang Estuary National Wetland Park Based on GIS. *Journal of Resources and Ecology*, No.15.

ABSTRACT

Research on selecting criteria for evaluating and zoning ecological sensitivity in Ha Long city, Quang Ninh province

Nguyễn Thị Cúc, Phan Thị Mai Hoa, Nguyễn Quốc Phi
Hanoi University of Mining and Geology

The article focuses on analyzing the approach and explaining the scientific basis and practice of proposing criteria for ecologically sensitive zoning from domestic and foreign studies. Comparing with the natural characteristics and socio-economic development in Ha Long city, combined with consulting experts, to propose appropriate ecologically sensitive zoning criteria for Ha Long city. The research results have proposed 03 groups of criteria and 10 specific criteria including: Group of natural factors (Altitude, Slope, Vegetation cover, Rainfall, Distance to natural heritage, nature reserves, special-use forests and protective forests); Group of socio-economic factors (Distance to mineral exploitation areas, Distance to main transport systems) and Group of human health risk factors (Land use, Population density, Natural disasters). The proposed criteria are the basis for documents to build a map of ecologically sensitive zoning in the study area.

Keywords: Criteria, Ecologically sensitive zoning, Ha Long City

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Kết quả nghiên cứu phóng xạ tự nhiên khu vực mỏ đất hiếm Đông Pao, tỉnh Lai Châu

Nguyễn Văn Dũng[1,*], Nguyễn Thị Thu Trang[2], Lê Anh Thơ[2], Vũ Thị Lan Anh[1], Đào Đình Thuần[1],

[1]*Khoa Môi trường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất,*
[2]*Trường Đại học Kinh tế Quốc dân,*

TÓM TẮT

Hoạt độ các nhân phóng xạ tự nhiên trong đất, nước, không khí và liều chiếu xạ hàng năm là những tiêu chí quan trắc quan trọng trong đánh giá tác động môi trường của các khu vực khai khoáng nói chung. Nghiên cứu, đánh giá nồng độ hoạt độ các nhân phóng xạ tự nhiên trong mẫu đất, nước và không khí ở khu vực mỏ đất hiếm Đông Pao, Lai Châu nhằm đóng góp vào công tác giám sát, đánh giá, quản lý giám sát môi trường trong hoạt động khai thác, chế biến quặng đất hiếm. Kết quả nghiên cứu cho thấy, hoạt độ đồng vị phóng xạ tự nhiên đều tồn tại trong các mẫu đất, nước, có một số mẫu đất có hoạt độ phóng xạ cao hơn so với tiêu chuẩn cho phép. Giá trị liều chiếu xạ trung bình hàng năm tại khu vực đạt giá trị 13,56 mSv/năm, cao gấp 5,65 lần so với trung bình thế giới (2,4 mSv/năm).
Kết quả nghiên cứu đã đóng góp vào công tác đánh giá giám sát hiện trạng môi trường tại khu vực này.

Từ khóa: hoạt độ phóng xạ; môi trường phóng xạ; liều hiệu dụng hàng năm; mỏ đất hiếm; Đông Pao.

1. Mở đầu

Hoạt độ các nhân phóng xạ tự nhiên trong môi trường luôn có sự khác nhau giữa các vùng. Tuy nhiên, con người vẫn có thể sống bình thường ở những nơi có nền bức xạ cao (bức xạ tự nhiên cao gấp 100 lần so với mức trung bình toàn cầu), nơi một số mỏ đã tồn tại dưới lòng đất trong thời gian rất dài. Hiện nay, ô nhiễm không khí, đất, nước hoặc nền phóng xạ đã được nghiên cứu phổ biến và đánh giá nghiêm túc ở nhiều khu vực khác nhau trên thế giới.

Dương Giang ở Trung Quốc, Kerala ở Ấn Độ, Guarapari ở Brazil và Ramsar ở miền bắc Iran là một trong những khu vực trên thế giới có mức độ bức xạ tự nhiên cao. Các mỏ đất hiếm đã được tìm thấy ở miền bắc Việt Nam và tập trung ở vùng Tây Bắc. Đất hiếm mang lại những cơ hội kinh tế tiềm năng cũng như những rủi ro về sức khỏe và môi trường. Kết quả khảo sát môi trường phóng xạ tự nhiên ở Tây Bắc Việt Nam cho thấy liều phóng xạ gamma thay đổi từ 0,2 đến 3,0 $\mu Sv.h^{-1}$. Ở tất cả các khu vực mỏ đất hiếm, mức liều gamma đều vượt quá giới hạn an toàn là 0,6 $\mu Sv.h^{-1}$.

Mỏ đất hiếm Đông Pao, thuộc huyện Tam Đường, tỉnh Lai Châu được giới hạn bởi tọa độ địa lý từ 22°10' đến 22°30' vĩ độ Bắc, từ 103°18' đến 103°46' kinh độ Đông, đây là vùng núi cao, địa hình dốc thoải kéo dài theo phương Tây Bắc - Đông Nam, là khu vực thuộc dạng địa hình phức tạp, phần dọc trung tâm theo hướng Tây Bắc - Đông Nam là địa hình đồi núi thấp, bao bọc hai bên sườn là hai dãy núi cao bị phân cắt mạnh. Độ cao thay đổi từ 500÷2000m tạo nên nhiều thành vách, phân cắt bởi các hệ thống sông suối.

Đặc điểm địa chất của khu vực gồm các hệ tầng: Hệ tầng Suối Chiềng (PPsc), Hệ tầng Sin Quyền (PP-MPsq), Hệ tầng Bản Nguồn (D_1bn), Hệ tầng Cha Pả (NPcp), Hệ tầng Bản Páp ($D_{1\text{-}2}$bp), hệ tầng Nậm Xe – Tam Đường(aG-aSy/Ent), hệ tầng Mường Hum (aG/PZ_2mh), hệ tầng Ye Yen Sun(G/Eys_1). Theo kết quả điều tra đánh giá của Liên đoàn địa chất xạ hiếm cho thấy đây là mỏ đất hiếm có trữ lượng lớn, tài nguyên đất hiếm đạt ~ 1,3 triệu tấn TR_2O_3. Ngoài khoáng sản chủ yếu là đất hiếm, tại khu vực có chứa các chất phóng xạ U, Th với hàm lượng cao, hàm lượng urani U_3O_8 trung bình 0,0182%; hàm lượng thori ThO_2 trung bình đạt 0,165%.

Các hoạt động khảo sát, điều tra môi trường phóng xạ tự nhiên tại khu vực nghiên cứu bao gồm đo suất liều chiếu ngoài, nồng độ khí phóng xạ và xác định hoạt độ các chất phóng xạ tự nhiên trong mẫu đất, nước và thực vật. Trên cơ sở xử lý số liệu thu thập đã xây dựng được bản đồ ô nhiễm phóng xạ tại khu vực khảo sát.

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenvandung@humg.edu.vn



Hình 1. Sơ đồ khu vực khảo sát

2. Phương pháp nghiên cứu

Theo các tiêu chuẩn về công tác khảo sát, điều tra, đánh giá tác động môi trường phóng xạ tác giả sử dụng các phương pháp sau:

2.1. Tính toán các thành phần môi trường phóng xạ tự nhiên tại mỏ khoáng sản

2.1.1. Liều tương đương bức xạ (Liều hiệu dụng hàng năm)

Liều tương đương H, là tổng của liều chiếu ngoài và liều chiếu trong, được xác định theo công thức sau:

$$H = H_n + H_t, (mSv/năm) \quad (1)$$

Trong đó:

- H_n là liều chiếu ngoài gây bởi bức xạ gamma, được đo tại vị trí cách mặt đất 1m, xác định theo công thức sau:

$$H_n = 8760 \times H_{SL}, (mSv/năm) \quad (2)$$

trong đó H_{SL} là suất liều chiếu ngoài trong không khí (μSv/h);

- H_t là liều chiếu trong gồm các thành phần: liều chiếu trong qua đường hô hấp (H_p) gây bởi khí phóng xạ radon, toron và liều chiếu trong qua đường tiêu hóa (H_d) (thức ăn và nước uống), tính bằng mSv/năm và được xác định bởi các công thức sau:

+ $H_p = H_{Rn} + H_{Tn}, (mSv/năm)$ (3)

Trong đó: $H_{Rn} = 0,047 \times C_{Rn}$ (Bq/m^3), $H_{Tn} = 0,007 \times C_{Tn}$ (Bq/m^3) với C_{Rn} là nồng độ khí radon (^{222}Rn) và C_{Tn} là nồng độ khí toron (^{220}Rn).

+ $H_d = (6,2\times10^{-6}A_K + 2,8\times10^{-4}A_{Ra} + 2,3\times10^{-4}A_{Th} + 4,4\times10^{-5}A_U) \times m_d, (mSv/năm)$ (4)

Trong đó: A_K, A_{Ra}, A_{Th}, A_U là hoạt độ phóng xạ của kali, radium, thori, urani trong nước hoặc thực phẩm (Bq/kg), tương ứng; m_d là lượng nước hoặc thực phẩm trung bình tiêu thụ một người trong một năm (800 lít nước và 650 kg thức ăn).

2.1.2. Hoạt độ bức xạ trong các mẫu đất

Hoạt độ bức xạ trong đất được xác định bởi công thức sau:

$$A = A_{Ra} + 1,3A_{Th} + 0,085A_K \leq 370, (Bq/kg) \quad (5)$$

với A_{Ra}, A_{Th}, A_K lần lượt là các hoạt độ của các nhân phóng xạ Ra, Th, K.

2.2. Phương pháp đánh giá sai số

Để đánh giá môi trường phóng xạ tự nhiên, nghiên cứu này tác giả sử dụng tổ hợp các phương pháp sau:

- Đo suất liều bức xạ gamma để tính liều chiếu ngoài gây bởi bức xạ gamma;
- Đo khí phóng xạ radon, toron trong không khí xung quanh để liều chiếu trong qua đường hô hấp;
- Đo phổ gamma để xác định hoạt độ urani, thori và kali trong lớp đất, đá bề mặt;
- Xác định hoạt độ các chất phóng xạ urani, thori, kali trong các mẫu lương thực, nước để tính toán liều chiếu trong qua đường tiêu hóa.

Sai số các phép đo được xác định bởi các biểu thức sau:

Sai số tuyệt đối: $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - y_i)^2}{2n}}$ (6)

Sai số tương đối: $\delta = \frac{\sigma}{R}.100\%$ với $R = \frac{1}{2n}\sum_{i=1}^{n}(x_i + y_i)$

với n là số điểm đo kiểm tra; x_i, y_i là giá trị đo chính và đo lặp.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá sai số của các phép đo

Sau khi tiến hành khảo sát và phân tích xử lý số liệu, kết quả đánh giá sai số của các phương pháp theo công thức (6) được đưa ra trong bảng 1

Bảng 1. Bảng đánh giá sai số của các phép đo

Phương pháp	Điểm đo	Sai số tương đối (%)	Sai số tuyệt đối (%)		Ngưỡng cho phép (%)
			Giá trị	Đơn vị	
Phương pháp đo suất liều gamma					
Tại vị trí đo 0 m	140	3,23	0,01	µSv/h	≤ 10
Tại vị trí đo 1 m	140	3,45	0,01	µSv/h	≤ 10
Phương pháp đo khí phóng xạ					
Radon (^{222}Rn)	25	10,5	7,88	Bq/m^3	≤ 30
Toron (^{220}Rn)	25	8,43	16,34	Bq/m^3	≤ 30
Phương pháp đo phổ gamma					
Kênh Kali	27	5,76	0,27	%	≤10
Kênh Uranium	27	7,86	2,13	ppm	≤10
Kênh Thorium	27	4,35	3,32	ppm	≤10

Kết quả tính sai số cho thấy các số liệu khảo sát đảm bảo tin cậy.

3.2. Các thành phần môi trường phóng xạ tự nhiên

3.2.1. Đặc trưng suất liều bức xạ gamma

Kết quả khảo sát cho thấy suất liều bức xạ gamma ở vị trí 0 m giá trị thay đổi từ 0,11 đến 3,21 µSv/h, trung bình là 0,98 µSv/h; ở vị trí 1m, giá trị thay đổi từ 0,08 đến 2,97 µSv/h, trung bình 0,81 µSv/h (bảng 2).

Bảng 2. Đặc trưng thống kê suất liều gamma

Thông số	Giá trị suất liều gamma (µSv/h)	
	0 m	1 m
Nhỏ nhất	0,11	0,08
Lớn nhất	3,21	2,97
Trung bình	0,98	0,81
Độ lệch chuẩn	0,52	0,6

Giá trị suất liều bức xạ gamma < 0,3 µSv/h ở khu vực nằm xa thân quặng đất hiếm. Giá trị suất liều gamma từ 0,3 ÷ 0,6 µSv/h được xác định ở khu vực tiếp giáp giữa thân quặng và phi quặng, càng vào gần thân quặng đất hiếm giá trị suất liều gamma tăng cao, tại vị trí thân quặng đạt giá trị 3,21 µSv/h. Theo tiêu chuẩn của Nga và Việt Nam, khu vực nghiên cứu vượt quá tiêu chuẩn cho phép đối với suất liều bức xạ gamma.

3.2.2. Đặc trưng của khí phóng xạ

Nồng độ của khí radon (^{222}Rn) trong không khí dao động từ 6,7 đến 1.142 Bq/m^3, trung bình là 213 Bq/m^3; Nồng độ của khí toron (^{220}Rn) dao động từ 12,5 ÷ 1.245 Bq/m^3, trung bình 342 Bq/m^3 (Bảng 3). Các vị trí của nồng độ radon cao không chỉ phụ thuộc vào khu vực phân bố của các thân quặng đất hiếm, mà cả các khu vực thông gió tự nhiên hạn chế. Ở những nơi có mật độ dân số cao, chẳng hạn như các Bản Hon, Nà Khum, Đông Pao, giá trị nồng độ radon cao hơn mức khuyến cáo về nồng độ khí radon trong nhà ở theo tiêu chuẩn Việt Nam.

Bảng 3. Đặc trưng thống kê nồng độ khí phóng xạ radon

Thông số	Nồng độ khí phóng xạ (Bq/m^3)	
	^{222}Rn	^{220}Rn
Nhỏ nhất	6,7	12,5

Lớn nhất	1142	1245
Trung bình	213	342
Độ lệch chuẩn	72,3	178,4

Theo tiêu chuẩn của Việt Nam số 7889:2008, không được phép xây dựng nhà mới ở những khu vực có nồng độ khí phóng xạ radon vượt quá 100 Bq/m^3.

3.2.3. Đặc trưng phổ gamma trong đất

Kết quả đo phổ gamma trong đất bề mặt đã xác định được đặc trưng nồng độ của các chất phóng xạ Kali, Urani và thori. Kết quả được đưa ra ở Bảng 4.

Bảng 4. Đặc trưng thống kê phổ gamma trong đất

Thông số	Hoạt độ phóng xạ		
	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)
Nhỏ nhất	0,42	3,2	52
Lớn nhất	15,21	613,4	467,6
Trung bình	5,88	251,6	176,4
Độ lệch chuẩn	3,12	137,5	78,5

Từ bảng 4 cho thấy hoạt độ các chất phóng xạ thorium, uranium trong đất cao, vượt tiêu chuẩn cho phép. Hàm lượng urani trong các mẫu đất cao hơn hàm lượng thorium, bản chất phóng xạ là urani.

3.2.4. Hoạt độ alpha, bêta trong nước

Kết quả phân tích hoạt độ alpha và bêta trong nước tại khu vực nghiên cứu cho thấy: hoạt độ alpha dao động từ 0,021 ÷ 0,093 Bq/l, trung bình 0,053 Bq/l; hoạt độ beta dao động từ 0,165 ÷ 0,912 Bq/l, trung bình 0,543 Bq/l. So sánh với quy chuẩn Việt Nam về chất lượng nước mặt QCVN 08:2023/BTNMT, giá trị giới hạn ngưỡng của hoạt độ alpha và bêta lần lượt là 0,1 Bq/l và 1,0 Bq/l. Do đó, tổng hoạt độ của alpha và bêta trong các mẫu nước nằm trong giới hạn cho phép (Bảng 5).

Bảng 5. Đặc trưng thống kê tổng hoạt độ alpha và bêta trong nước

Thông số	Hoạt độ (Bq/l)	
	Alpha	Beta
Nhỏ nhất	0,021	0,165
Lớn nhất	0,093	0,912
Trung bình	0,053	0,543
Độ lệch chuẩn	0,022	0,171

3.2.5. Hoạt động của các nguyên tố phóng xạ trong đất

Kết quả phân tích về hoạt độ của các nguyên tố phóng xạ trong các mẫu đất đã chỉ ra rằng các đồng vị phóng xạ như ^{226}Ra, ^{238}U, ^{232}Th và ^{40}K có mặt trong hầu hết các mẫu đất tại khu vực nghiên cứu.

Bảng 6. Đặc trưng thống kê hoạt độ phóng xạ trong mẫu đất

Thông số	Hoạt độ phóng xạ (Bq/kg)			
	^{226}Ra	^{238}U	^{232}Th	^{40}K
Nhỏ nhất	15,6	8,9	11,3	52,2
Lớn nhất	2003,3	1523,4	898,8	1008,2
Trung bình	563,7	324,5	232,4	243,3
Độ lệch chuẩn	615,4	378,7	276,3	187,3

Kết quả phân tích các mẫu đất cho thấy, hoạt độ phóng xạ của một số mẫu đất vượt quá giới hạn > 1.000 Bq/kg. Các mẫu đất này được lấy tại mỏ đất hiếm Đông Pao, nơi có sử dụng đất để trồng cây lương thực. Kết quả cho thấy mẫu đất có hoạt độ phóng xạ cao chủ yếu nằm ở khu vực chứa quặng đất hiếm. Từ đó, có thể nhận xét rằng hầu hết đất trên bề mặt khu vực mỏ Đông Pao đều có mặt các nhân phóng xạ tự nhiên. Theo các giá trị giới hạn ngưỡng của các đồng vị phóng xạ tự nhiên trong vật liệu xây dựng, thì trong khu vực không được cấp phép để định cư lâu dài, xây dựng các công trình dân dụng…

3.3. Phân vùng ô nhiễm phóng xạ khu vực mỏ đất hiếm Đông Pao

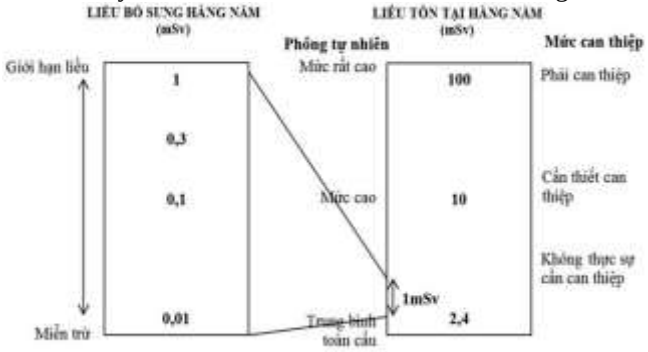
3.3.1. Cơ sở pháp lý phân vùng ô nhiễm môi trường phóng xạ

Theo ICRP, can thiệp là các hoạt động của con người nhằm giảm thiểu mức chiếu xạ hiện có trước khi quyết định về các hành động an toàn bức xạ được đưa ra. Đối với các mỏ khoáng sản có chứa chất phóng xạ, can thiệp là các hoạt động cách ly, che chắn để giảm liều chiếu ngoài, thông gió, lọc bụi để giảm nồng độ khí phóng xạ, nồng độ bụi giảm liều chiếu trong qua đường hô hấp và xử lý nước thải, kiểm tra nguồn

nước sinh hoạt… để giảm liều chiếu trong qua đường tiêu hóa.

- *Các mức tham chiếu an toàn phóng xạ*

Giá trị tham chiếu được xem là mức liều chiếu xạ mà trên mức đó cần phải có các hành động bảo vệ thích hợp được thực hiện. Ủy ban an toàn phóng xạ Quốc tế ICRP đề ra nguyên tắc can thiệp trong trường hợp chiếu xạ tự nhiên là các hành động can thiệp phải được luận chứng và tối ưu. Mức liều hiện thời hàng năm 10 mSv được coi là mức khuyến cáo để bắt đầu xem xét các hành động can thiệp (hình 2).

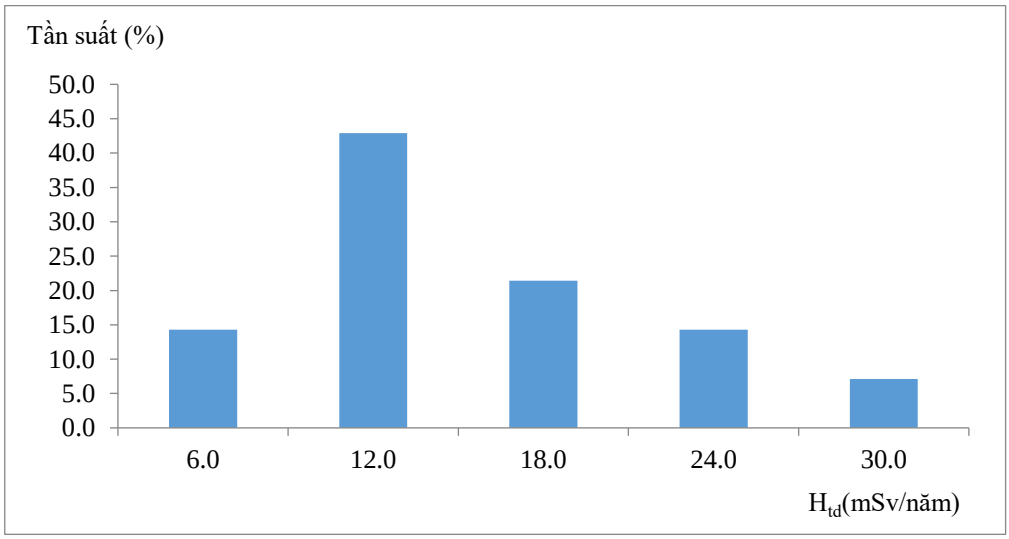


Hình 2. Mức liều khuyến cáo can thiệp trong chiếu xạ tự nhiên

- Tổng hoạt độ phóng xạ alpha (α) là ≤ 0,1 Bq/l (QCVN 08:2023/BTNMT).
- Tổng hoạt độ phóng xạ beta (β) là ≤ 1,0 Bq/l (QCVN 08:2023/BTNMT).
- Giới hạn nồng độ radon trong không khí nơi các ngôi nhà mới đang được xây dựng là ≤ 100 Bq/m^3 và để sử dụng các tòa nhà hiện có là ≤ 200 Bq/m^3 (7889:2008).
- Suất liều gamma của bức xạ không vượt quá 0,3 μSv/h.

3.3. Xử lý tổng hợp tài liệu tính tổng liều tương đương chiếu xạ vùng nghiên cứu

Kết quả xử lý tài liệu đo suất liều gamma môi trường, đo khí phóng xạ rdon theo các công thức (1), (2) và (3), đã xây dựng được biểu đồ tổng liều tương đương cho khu vực khảo sát. Kết quả được đưa ra trên hình 3.



Hình 3. Biểu đồ tổng liều tương đương khu vực nghiên cứu

Theo biểu đồ tần suất, xác định được giá trị liều chiếu xạ trung bình hàng năm tại khu vực nghiên cứu là H = 13,56 (mSv/năm), cao gấp 5,65 lần so với mức trung bình hàng gây bởi các nhân phóng xạ tự nhiên của thế giới (2,4 mSv/năm)..

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu rút ra các kết luận sau:

- Góp phần hoàn thiện việc lựa chọn tổ hợp phương pháp để khảo sát các tham số môi trường phóng xạ như: phương pháp đo nồng khí phóng xạ; phương pháp đo suất liều chiếu ngoài; phương pháp đo phổ gamma; phương pháp lấy và phân tích hoạt độ các chất phóng xạ ^{238}U, ^{232}Th, ^{40}K trong mẫu đất, nước, thực vật bằng các thiết bị hiện đại, độ nhạy độ tin cậy cao và có thể áp dụng cho các khu vực có các đặc

điểm tương tự.

- Các kết quả được đưa ra trong nghiên cứu này là cơ sở để theo dõi tác động của môi trường phóng xạ và đưa ra các giải pháp giảm thiểu ảnh hưởng của các chất phóng xạ đến môi trường sinh thái khi mỏ đi vào khai thác, chế biến quặng đất hiếm trong thời gian tới.

Tài liệu tham khảo

Abdollahi H., 2013. World high background natural radiation areas and public life: letter to the editor. Radiation Measurement 59, 288–289

Ahmed J.U, 1991. High levels of natural radiation: report of an international conference in Ramsar. IAEA Bulletin 2:36–38

IAEA, 2003. Extent of environmental contamination by naturally occurring radioactive material (NORM) and technological options for mitigation. IAEA, Vienna

Derin MT, Vijayagopal P, Venkatraman B, Chaubey RC, Gopi-nathan A, 2012. Radionuclides and radiation indices of high background radiation area in Chavara-Neendakara placer deposits (Kerala, India). PLoS One 7(11):e50468. doi: 10.1371/journal. pone.0050468

Tu CM, Huan TD, Hoa NV, Ton ND, Long ND, Phong DH, 2013. Characteristics of rare earth ore mineralization in South Nam Xe Area, Lai Chau Province. J Geol A 335: 67–76..

Nam NV, Hai DV, Son NT, Long LT, 2013. Rare earth deposits in the Northwest of Vietnam considered from the perspective of radioactive environment. J Geol A 335: 47–55.

Nam NV, Son NT, Vinh NQ, 2010. Studying on the characteristics of natural radiation field for the assessment of radioactive pollution over rare earth mines in the North Vietnam. J Geol A320: 9–10.

Bộ Công thương,.2011. "Quy hoạch chi tiết thăm dò, khai thác, chế biến và sử dụng quặng phóng xạ giai đoạn đến 2020, có xét đến năm 2030". Hà Nội.

Trần Bình Trọng và nnk, 2005. Báo cáo "Điều tra hiện trạng môi trường phóng xạ trên các mỏ Đông Pao, Thèn Sin – Tam Đường – tỉnh Lai Châu, Mường Hum tỉnh Lào Cai, Yên Phú tỉnh Yên Bái, Thanh Sơn tỉnh Phú Thọ, An Điềm, Ngọc Kinh – sườn Giữa tỉnh Quảng Nam", Lưu trữ Liên đoàn địa chất Xạ Hiếm.

Bộ Khoa học và Công nghệ, 2012. Thông tư "Quy định về kiểm soát và đảm bảo an toàn trong chiếu xạ nghề nghiệp và chiếu xạ công chúng", số 19/2012/TT-BKHCN, Hà Nội.

Bui, T.H.; Trinh, D.H.; Nguyen, P. Overview of rare earth in Vietnam. Geol. J. Ser. A, 2010. 447–456.

Trinh, D.H.; Nguyen, P. Develop a methodology for investigating and assessing the environment related to toxic minerals on the basis of existing equipment in Vietnam. J. Geol. Ser. A 2013, 30–38.

Tiêu chuẩn Việt Nam 9414:2012. Điều tra đánh giá địa chất môi trường, phương pháp gamma.

Tiêu chuẩn Việt Nam 9419:2012. Điều tra địa chất môi trường, phương pháp phổ gamma.

Tiêu chuẩn Việt Nam: TCVN 9415:2012. Điều tra, đánh giá địa chất môi trường-phương pháp xác định liều tương đương.

Tiêu chuẩn Việt Nam: TCVN9416:2012. Điều tra, đánh giá địa chất môi trường phương pháp khí phóng xạ.

Trần Anh Tuấn và nnk, 2012. Nghiên cứu cơ sở khoa học để xác định khu vực có mức chiếu xạ tự nhiên có khả năng gây hại cho con người để tiến hành khảo sát, đánh giá. Đề tài khoa học công nghệ cấp Bộ (2011 - 2012), Bộ TN & MT.

Tiêu chuẩn Việt Nam: TCVN 6866 -2001. An toàn bức xạ, giới hạn liều đối với nhân viên bức xạ và dân chúng.

TCVN 7538-1:2006 (ISO 10381-1:2002): Soil Quality-Sampling-Part 1: Guidance on the Design of Sampling Programmes.

TCVN 7889:2008: Natural Radon activity in Buildings-Levels and General Requirements of Measuring Methods.

TCVN 6663-1:2011 (ISO 5667-1:2006): Water Quality-Sampling-Part 1: Guidance on the Design of Sampling Programmes and Sampling Techniques.

International Atomic Energy Agency (IAEA). Technical Reports Series No.295. Measurement of

Radionuclides in Food and the Environment. A Guidebook.

QCVN 08-MT:2015/BTNMT. National Technical Regulation on Surface Water Quality; Socialist Republic of Vietnam: Hanoi, Vietnam, 2023.

ABSTRACT

Results of natural radioactivity research in the Dong Pao rare earth mine area, Lai Chau province

Nguyen Van Dung[1], Nguyen Thi Thu Trang[2], Le Anh Tho[2], Vu Thi Lan Anh[1], Dao Dinh Thuan[1],

[1]Faculty of Environment, Ha Noi University of Mining and Geology,
[2]National Economics University,

The activity of natural radionuclides in soil, water, air and annual radiation dose are important monitoring criteria in assessing the environmental impact of mining areas in general. Research and assessment of the concentration of natural radionuclides in soil, water and air samples in the Dong Pao rare earth mine area, Lai Chau aims to contribute to the monitoring, evaluation and management of environmental monitoring in the exploitation and processing of rare earth ores. The research results show that natural radionuclides are present in soil and water samples, some soil samples have higher radionuclides than the permitted standards. The average annual radiation dose in the area is 13.56 mSv/year, 5.65 times higher than the world average (2.4 mSv/year).
The research results have contributed to the assessment and monitoring of the current environmental status in this area.

Keywords: radionuclides; radiation environment; annual effective dose; rare earth mines; Dong Pao.

Bảo vệ các hệ sinh thái biển cho sự phát triển hướng tới phát triển bền vững du lịch biển Việt Nam

Nguyễn Đình Đáp*
Viện Hàn lâm Khoa học xã hội Việt Nam

TÓM TẮT
Việt Nam được đánh giá là một trong những quốc gia có mức độ đa dạng sinh học (ĐDSH) biển cao với đủ các hệ sinh thái biển nhiệt đới tiêu biểu. Nguồn tài nguyên du lịch dọc bờ biển Việt Nam rất phong phú, đa dạng và có giá trị, là nền tảng phát triển nhiều loại hình du lịch như tham quan, vui chơi giải trí, du lịch sinh thái, nghỉ dưỡng, thể thao và văn hóa... Nếu được quản lý, vận hành tốt, du lịch biển có thể mang lại những hiệu quả hết sức tích cực, ngược lại, du lịch cũng có thể trở thành tác nhân của những ảnh hưởng tiêu cực tới môi trường, xã hội và cộng đồng. Các hệ sinh thái biển chính của Việt Nam đang đứng trước nguy cơ suy giảm về số lượng và chất lượng do các tác động tổng hợp và đa dạng. Do vậy, để tiến tới kinh tế biển xanh, Việt Nam cần thực hiện các giải pháp như: Bảo tồn đa dạng sinh học, bảo vệ môi trường và mở rộng các dịch vụ hệ sinh thái nâng cao tiềm năng cho các hoạt động kinh tế (du lịch biển, thủy sản, năng lượng tái tạo...), xây dựng hệ sinh thái rừng ngập mặn giảm thiểu biến đổi khí hậu.

Từ khóa: hệ sinh thái biển, môi trường biển, đa dạng sinh học biển, du lịch biển.

1. Khái niệm, vai trò của hệ sinh thái biển

Tập hợp của tất cả các hệ sinh thái biển chiếm 70% bề mặt trái đất. Các hệ sinh thái biển phân bố trên các vùng địa lý sinh vật khác nhau. Chúng được xếp vào nhóm hệ sinh thái dưới nước.Do vậy, hệ sinh thái biển là hệ sinh thái thủy sinh lớn nhất trên thế giới (nước biển bao phủ hơn 70% bề mặt Trái Đất, chiếm hơn 97% lượng nước cung cấp cho Trái Đất và 90% những khu vực có sự sống trên hành tinh) [9].

Hệ sinh thái biển bao gồm các hệ sinh thái gần bờ (như ruộng muối, bãi bồi, đồng cỏ biển, rừng ngập mặn, hệ thống bãi triều đá và các rạn san hô ngầm...), hệ sinh thái xa bờ (bao gồm các hệ sinh thái ngoài khơi, đại dương, nước biển bề mặt, biển sâu, miệng phun thủy nhiệt đại dương và đáy biển...). Các hệ sinh thái biển được đặc trưng bởi quần xã sinh vật liên kết với chúng và môi trường vật chất [8].

Hệ sinh thái biển là nguồn cung cấp của cải sinh học to lớn, được tạo thành từ các yếu tố sinh học khác nhau, chẳng hạn như sinh vật sản xuất (thực vật), sinh vật tiêu thụ sơ cấp (cá và động vật thân mềm), sinh vật tiêu thụ thứ cấp (cá ăn thịt nhỏ) và sinh vật tiêu thụ cấp ba (cá ăn thịt lớn). Kích thước) và sinh vật thối rữa (vi khuẩn và nấm). Đổi lại, các yếu tố phi sinh học nhất định xác định các đặc điểm của các hệ sinh thái tự nhiên này, chẳng hạn như nhiệt độ, độ mặn và áp suất của nước cũng như lượng ánh sáng mặt trời mà nó nhận được.

Ngoài việc cung cấp nhiều lợi ích cho thế giới tự nhiên, các hệ sinh thái biển còn cung cấp nhiều dịch vụ, lợi ích liên quan đến xã hội, kinh tế và hệ sinh thái sinh học của con người. Các hệ thống biển Pelagic điều hòa khí hậu toàn cầu, góp phần vào chu trình nước, duy trì đa dạng sinh học, cung cấp nguồn thực phẩm và năng lượng, đồng thời tạo cơ hội cho giải trí và du lịch. Về mặt kinh tế, các hệ sinh thái biển còn giúp con người khai thác hàng tỷ USD qua đánh bắt, nuôi trồng thủy sản, dầu khí ngoài khơi, thương mại và vận tải biển.

2. Hiện trạng hệ sinh thái và đa dạng sinh học biển Việt Nam

Việt Nam được đánh giá là một trong những quốc gia có mức độ ĐDSH biển cao với đủ các hệ sinh thái biển nhiệt đới tiêu biểu: vùng triều cửa sông, rừng ngập mặn, rạn san hô, cỏ biển, đầm phá. Có những nhóm sinh vật biển đặc trưng cho vùng biển nhiệt đới vĩ độ thấp, số lượng loài phong phú nhưng số lượng cá thể mỗi loài không lớn như vùng biển ôn đới. Riêng vùng biển phía Bắc, ĐDSH biển có tính chất cận nhiệt.

Vùng biển Việt Nam có khoảng 20 hệ sinh thái điển hình, phân bố trên 1 triệu km2 diện tích ở Biển Đông, với 155.000 ha rừng ngập mặn, khoảng 1.300 km2 rạn san hô, gần 500 km2 đầm phá và khoảng 16.000 ha cỏ biển, nhiều khu vực bãi triều và cửa sông, với chừng 11.000 loài sinh vật cư trú, trong đó có xấp xỉ 6.000 loài động vật đáy; 2.038 loài cá (có hơn 100 loài cá kinh tế); 653 loài rong biển; 657 loài động

* Tác giả liên hệ:
Email: nguyendinhdap@gmail.com

vật phù du; 537 loài thực vật phù du; 94 loài thực vật ngập mặn; 225 loài tôm biển; 14 loài cỏ biển; 15 loài rắn biển; 12 loài thú biển; 5 loài rùa biển và 43 loài chim nước... Theo ước tính, mỗi năm, khoản lợi nhuận thu được từ các hệ sinh thái biển và ven biển của Việt Nam từ 60 - 80 triệu USD, tức là khoảng 56 - 100 USD/năm/gia đình cư dân sống ở các huyện ven biển [1].

Rạn san hô là một trong những hệ sinh thái đặc sắc của biển Việt Nam. Ở đây, có sự đa dạng sinh học rất cao, cảnh quan kỳ thú, phân bố rộng khắp từ Bắc vào Nam trên diện tích 1.222 km2. Sự đa dạng và phong phú của san hô Việt Nam thể hiện ở 350 loài tạo rạn kèm theo khoảng 3.000 sinh vật khác có đời sống gắn bó liên quan tới vùng rạn san hô, trong đó có nhiều loại có giá trị kinh tế cao như tôm hùm, bào ngư, trai ngọc, hải sâm… Theo đánh giá của Trung tâm Bảo tồn Sinh vật biển và Phát triển Cộng đồng, tổng giá trị các sản phẩm dịch vụ của hệ sinh thái rạn san hô ở nước ta ước tính vào khoảng 100 triệu USD/năm, trong đó 1 km2 rạn san hô có thể cung cấp lượng hải sản đánh bắt lên tới 10.000 USD. Tại Đồng bằng sông Cửu Long, 1 km2 rừng ngập mặn có thể cung cấp lượng đánh bắt 450 kg hải sản/năm. Mỗi năm, hệ sinh thái cỏ biển cung cấp lượng thủy sản và các dịch vụ có giá trị trên 20 triệu USD và giá trị mà đầm phá mang lại ước tính lên đến trên 2.000 USD/ha [1, 4].

Theo Trung tâm Bảo tồn Sinh vật biển và Phát triển Cộng đồng, riêng hệ sinh thái san hô có giá trị tổng thể ước tính vào khoảng 100 triệu USD, trong đó cứ 1 km2 rạn san hô có thể cung cấp số lượng hải sản đánh bắt có giá trị khoảng 10.000 USD [11].

Ngoài các giá trị về kinh tế, du lịch, các rạn san hô tập trung ở một số nơi còn có giá trị điều tiết, là công cụ hữu hiệu bảo vệ đường bờ biển, bảo tồn đa dạng sinh học biển và quản lý nghề cá.

Mỗi mét vuông cỏ biển có thể tạo ra 10 lít O2 hòa tan, góp phần cân bằng O2 và CO2 trong nước, làm giảm hiệu ứng nhà kính khi hấp thụ CO2 vào nước. Trong thời gian một năm, 0,44 ha cỏ biển có thể tạo ra 10 tấn lá làm nguồn thức ăn, sinh cảnh và nơi sinh sản của nhiều loài động vật không xương sống, có xương sống cả ở giai đoạn con non và trưởng thành. Các loài cỏ biển cũng đóng góp vào mạng lưới thức ăn, hoặc trực tiếp thông qua các động vật ăn cỏ biển hay gián tiếp sau khi các loài thực vật cỏ biển chết đi và trở thành thức ăn mùn bã [12].

Nhìn chung, các hệ sinh thái biển ở nước ta có nhiều tiềm năng về kinh tế, văn hóa, du lịch và môi trường. Tuy nhiên, hiện nay, các hệ sinh thái này đang bị suy giảm nhanh chóng do sự khai thác quá mức của con người, ô nhiễm môi trường và biến đổi khí hậu [3].

3. Nguy cơ đe dọa hệ sinh thái biển

3.1. Tác động của biến đổi khí hậu

Việt Nam là một trong những quốc gia bị tác động mạnh của biến đổi khí hậu. Theo các kịch bản biến đổi khí hậu được Bộ Tài nguyên và Môi trường (TN&MT) công bố, nếu mực nước biển dâng cao 1m, khoảng 40% diện tích Đồng bằng sông Cửu Long, 11% diện tích Đồng bằng sông Hồng và 3% diện tích của các tỉnh khác thuộc vùng ven biển bị ngập, Thành phố Hồ Chí Minh bị ngập trên 20% diện tích; khoảng 10 - 12% dân số nước ta bị ảnh hưởng trực tiếp và tổn thất khoảng 10% GDP. Nếu nước biển dâng lên 5 mét, Việt Nam có thể mất 16% diện tích, kèm theo đó là hơn 35% số dân và khoảng 35% tổng GDP bị ảnh hưởng [4].

Nhiệt độ tăng, mực nước biển dâng và thay đổi lượng mưa làm cho hệ sinh thái, sản lượng đánh bắt cá, cơ sở hạ tầng và sinh kế nghề cá dễ bị tổn thương. Tại Việt Nam, mối quan ngại nổi lên là các dị thường lượng mưa và tăng nhiệt độ do sự ấm lên toàn cầu. Đặc biệt là bão và lũ lụt sau mỗi chu kỳ 3 - 4 năm, tác động của chúng tới các hệ sinh thái (rừng ngập mặn, dải ven bờ, châu thổ), các loài cá phổ biến, nghề cá và sinh kế.

Nước biển dâng sẽ ảnh hưởng đến vùng đất ngập nước ven biển Việt Nam, nghiêm trọng nhất là khu vực rừng ngập mặn dễ bị tổn thương ở Cà Mau, Thành phố Hồ Chí Minh, Vũng Tàu và Nam Định. Đa dạng sinh học vùng bờ và nguồn lợi thủy, hải sản giảm sút. Các hệ sinh thái vùng bờ quan trọng bị suy thoái và thu hẹp diện tích. Các quần đàn có xu hướng di chuyển ra xa bờ hơn do thay đổi cấu trúc hoàn lưu ven biển, thay đổi tương tác sông - biển ở vùng cửa sông ven bờ, do mất đến 60% các nơi cư trú tự nhiên quan trọng [2].

3.2. Khai thác quá mức hệ sinh thái và tài nguyên biển

Hoạt động nuôi trồng thủy sản làm tăng đáng kể lượng chất thải, chủ yếu là từ phân bón và thức ăn. Với tổng diện tích nuôi tôm là hơn 600.000 ha trên cả nước, hằng năm, gần 3 triệu tấn chất thải rắn thải ra môi trường [5].

Bên cạnh đó, tài nguyên thiên nhiên biển đang bị khai thác quá mức, thiếu tính bền vững. Cỏ biển trên toàn vùng biển nước ta từ Quảng Ninh đến Hà Tiên đã mất khoảng 40-60%; rừng ngập mặn mất đến 70% và khoảng 11% các rạn san hô bị phá hủy hoàn toàn, không có khả năng phục hồi. Thảm cỏ biển phân bố từ Bắc vào Nam và ven các đảo, ở độ sâu từ 0-20 m, hiện chỉ còn khoảng trên 5.583 ha. Tại một số khu vực như đảo Cát Bà (thành phố Hải Phòng), thành phố Hạ Long (Quảng Ninh), vùng biển tỉnh Quảng Nam…, thảm cỏ biển hầu như không có cơ hội để phục hồi tự nhiên do có quá nhiều tác động từ hoạt động du lịch, nuôi trồng thủy sản… Trong vòng 20 năm qua, Việt Nam đã mất 12% rạn san hô, 48% số rạn san hô khác đang trong tình trạng suy thoái nghiêm trọng, tập trung chủ yếu ở các vùng có đông dân cư như vịnh Hạ Long (Quảng Ninh), các tỉnh, thành phố ven biển miền Trung và một số đảo khác [1].

Các hệ sinh thái biển đang bị khai thác thiếu tính bền vững dẫn đến tình trạng suy giảm đa dạng sinh học. Đến nay, Sách đỏ Việt Nam và danh mục đỏ của Tổ chức Bảo tồn thiên nhiên thế giới đã ghi nhận khoảng 100 loài sinh vật biển nước ta có nguy cơ đe dọa tuyệt chủng. Một kết quả nghiên cứu của Tổ chức Nông Lương Liên hợp quốc và một số tổ chức quốc tế khác cũng cho thấy, hơn 80% lượng cá trên các vùng biển ven bờ và ngoài khơi của Việt Nam đã bị khai thác. Trong đó, có đến 25% lượng cá bị khai thác quá mức hoặc khai thác cạn kiệt, sản lượng đánh bắt giảm đáng kể. Nhiều loài sinh vật biển khác đang đứng trước nguy cơ bị tuyệt chủng [1].

3.3. Gia tăng chất thải ra cửa sông, ven biển

Theo Báo cáo hiện trạng môi trường biển và hải đảo giai đoạn 2016-2020 của Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam (Bộ Tài nguyên và Môi trường), 28 tỉnh, thành phố trực thuộc trung ương có biển có tổng dân số khoảng 51 triệu người, mật độ dân số là 354 người/km2, cao hơn trung bình cả nước 1,9 lần, tốc độ gia tăng dân số khoảng 0,91%/năm [1]. Các hoạt động của con người dẫn đến gia tăng chất thải, ảnh hưởng đến môi trường các khu vực ven biển, các vùng biển và hải đảo.

Việc gia tăng các nguồn thải từ lục địa, đặc biệt là theo các dòng chảy sông ra biển dẫn đến môi trường biển nhiều nơi đang có xu hướng suy giảm về chất lượng. Nhiều vùng cửa sông ven biển đã bị ô nhiễm do nước thải công nghiệp, đô thị. Tình trạng xả các chất thải chưa qua xử lý hay xử lý chưa đạt quy chuẩn đang diễn biến ngày càng phức tạp ngay tại các tỉnh ven biển, gây thiệt hại lớn về kinh tế, đời sống, sinh kế của cộng đồng dân cư ven biển và những tổn hại khó lường đối với các hệ sinh thái, sinh vật biển.

Phần lớn các chất thải từ đất liền tác động gián tiếp đến môi trường nước biển và hải đảo thông qua các cửa sông ven biển, mức độ gia tăng tại các cửa sông chảy qua hoặc gần các thành phố biển. Kết quả thống kê cho thấy, có 74% lượng chất thải rắn của các địa phương có biển được thu gom (năm 2019); lượng nước thải sinh hoạt đô thị phát sinh khoảng 122 - 163 triệu m3/ngày; có đến 70% các khu, điểm du lịch trong cả nước tập trung khu vực ven biển, theo đó là sự phát triển các dịch vụ du lịch biển, hệ quả không chỉ gây áp lực lên hạ tầng đô thị (hệ thống cung cấp điện, nước, hệ thống xử lý chất thải khi nhu cầu sử dụng điện, nước) mà còn tác động đến không gian của các đô thị ven biển, tác động rõ nhất là sự thay đổi cảnh quan ven biển, điển hình như các dự án lấn biển làm khu nghỉ dưỡng [3].

Theo ước tính của các nhà khoa học, 80% lượng rác thải ra biển xuất phát từ các hoạt động trên đất liền. Việt Nam có 112 cửa biển, đây chính là nguồn để rác trôi ra đại dương. Nhiều sinh vật nhầm tưởng rác thải là thức ăn hoặc mắc kẹt giữa các ngư cụ dẫn đến việc sinh cảnh bị phá hủy. Số liệu từ Chương trình Môi trường Liên hợp quốc công bố năm 2018, mỗi năm Việt Nam xả ra đại dương 0,28 đến 0,73 triệu tấn rác thải nhựa. Ô nhiễm rác thải biển không chỉ ảnh hưởng tới chất lượng môi trường, hệ sinh thái mà còn tác động đến phát triển kinh tế, cộng đồng dân cư ven biển; tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn, an ninh lương thực [1, 3, 10].

Đối với các nguồn thải trên biển, nguồn thải từ hoạt động nuôi trồng thủy hải sản và hoạt động từ du lịch biển là nguồn thải có mức độ tác động lớn nhất và là nguyên nhân trực tiếp gây ô nhiễm môi trường cục bộ tại một số vịnh, đầm phá ven biển. Bên cạnh đó, sự gia tăng chất thải nhựa đại dương trong những năm gần đây là vấn đề lớn mang tính toàn cầu và cũng là áp lực lớn trong công tác quản lý chất thải trên biển ở nước ta.

Hoạt động dầu khí, vận tải biển, với quy mô khoảng 340 giếng khoan thăm dò và khai thác dầu khí cùng 272 bến cảng biển đang hoạt động với tổng công suất trên 550 triệu tấn/năm. Ngoài nước thải lẫn dầu với khối lượng lớn, trung bình mỗi năm hoạt động này phát sinh khoảng 5.600 tấn rác thải dầu khí, trên 15.000 tấn dầu mỡ trôi nổi, trong đó 23 - 30% là chất thải rắn nguy hại chưa xử lý... [3].

Bên cạnh đó, việc xảy ra một số sự cố môi trường do xả thải chất thải công nghiệp (điển hình là sự cố môi trường nghiêm trọng do công ty TNHH gang thép Hưng Nghiệp Formosa) và sự cố tràn dầu, ô nhiễm

môi trường biển. Các sự cố môi trường biển thường để lại hậu quả nặng nề làm gia tăng ô nhiễm đối với môi trường, HST biển, tác động trực tiếp đến phát triển kinh tế biển như du lịch, đánh bắt và NTTS, ảnh hưởng trực tiếp đến sinh kế của người dân. Các tác động trên đã làm chất lượng môi trường nước biển bị suy giảm, tình trạng ô nhiễm chất hữu cơ và dầu mỡ đã và đang diễn ra ở các tỉnh thành ven biển, đặc biệt là vùng cửa sông các tỉnh phía Bắc và dọc dải ven biển đồng bằng sông Cửu Long. Ô nhiễm hữu cơ tuy chỉ có tính cục bộ nhưng khá cao và vượt mức cho phép ở gần các khu du lịch, đông dân trải dài từ Bắc vào Nam, như Cửa Lục, Sầm Sơn, Đà Nẵng, Nha Trang và Vũng Tàu...

Theo đánh giá của Bộ TN&MT, ô nhiễm môi trường biển trong những năm gần đây đã làm cho nhiều loài sinh vật biển giảm mạnh về số lượng, có loài đã tuyệt chủng cục bộ. Có đến 236 loài thủy sinh quý hiếm bị đe dọa ở cấp độ khác nhau, trong đó, có hơn 70 loài sinh vật biển đã bị liệt kê trong Sách đỏ Việt Nam. Nguồn lợi hải sản bị khai thác ngày càng cạn kiệt cả số lượng và chất lượng. Các nguồn cá dự trữ bị suy giảm từ 4 triệu tấn vào năm 1990 xuống còn 3 triệu tấn như hiện nay. Kích thước trung bình của cá và tính đa dạng loài cũng giảm đáng kể [1].

4. Giải pháp phục hồi và bảo vệ sinh thái biển

Để thực sự đưa Việt Nam trở thành quốc gia biển mạnh, phát triển bền vững, thịnh vượng, an ninh, an toàn như Nghị quyết Hội nghị lần thứ 8 Ban Chấp hành Trung ương khóa XII về Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 (Nghị quyết số 36-NQ/TW ngày 22/10/2018) đã nêu, việc ngăn chặn xu thế ô nhiễm, suy thoái môi trường biển và phục hồi hệ sinh thái biển đã được xác định là một trong những nhiệm vụ cấp bách trong thời gian tới.

Theo đó, cần kiểm soát hiệu quả bảo tồn các hệ sinh thái biển trước tác động của các nguồn gây ô nhiễm môi trường bằng biện pháp áp dụng các công cụ kinh tế và chính sách trong quản lý môi trường biển, như: lệ phí ô nhiễm, lệ phí xả thải, phí sử dụng biển, phí sản phẩm, lệ phí hành chính thuế, cấp phép và thu hồi Giấy phép khai thác, sử dụng biển, đảo, các quỹ môi trường biển và các khoản trợ cấp khác…

Cần có sự liên kết phối hợp liên tỉnh, liên vùng và liên ngành chặt chẽ, hiệu quả trong việc kiểm soát các hoạt động khai thác và làm suy kiệt hệ sinh thái biển, kiểm soát các nguồn trực tiếp gây ô nhiễm, suy thoái môi trường vùng biển ven bờ, đặc biệt là nguồn thải từ các khu đô thị, khu công nghiệp, khu chế xuất, cơ sở nuôi trồng, chế biến thủy sản, hoạt động thương mại, dịch vụ… dọc theo bờ biển, trên các đảo, cụm đảo; bảo đảm nước thải phải được xử lý đạt quy chuẩn kỹ thuật trước khi xả ra biển.

Bên cạnh đó, các địa phương cần tìm và lựa chọn các phương thức làm ăn đa dạng cho ngư dân, như chú trọng phát triển du lịch hoặc các dịch vụ thay thế khác, giúp các thế hệ tương lai của ngư dân có đa dạng phương thức kiếm sống, thay vì chỉ khai thác hải sản như hiện nay. Nguồn sinh kế của các địa phương ven biển chủ yếu là canh tác, nuôi trồng và đánh bắt thủy, hải sản, do đó các biện pháp thích ứng cũng được xác định và tiếp cận theo từng lĩnh vực. Cụ thể, trong nông nghiệp, để thích ứng đòi hỏi phải thay đổi trong quản lý và các kỹ thuật canh tác để tránh rủi ro mất mùa; bổ sung các giống mới có khả năng thích nghi với biến đổi khí hậu. Trong đánh bắt cá và nuôi trông thủy sản, cần chú ý các quy định xử lý nước thải nhằm tránh tình trạng phát sinh dịch bệnh gây thiệt hại lớn. Hướng dẫn các hộ dân cách tiếp cận tín dụng, bảo hiểm và các dịch vụ tài chính một cách hiệu quả, thiết lập mô hình liên kết giữa các xã, các vùng chịu tác động trực tiếp của biến đổi khí hậu để trao đổi thông tin và các bài học kinh nghiệm.

Việc áp dụng mô hình, phương thức quản lý tổng hợp vùng bờ để giải quyết các vấn đề yếu kém, tồn tại trong quản lý; khai thác và sử dụng tài nguyên, bảo vệ môi trường vùng bờ tại các địa phương, từ đó từng bước nâng cao khả năng thích ứng biến đổi khí hậu và nước biển dâng trong tương lai. Giải pháp này phải đặt ở vị trí ưu tiên cao nhất bởi nó có hiệu quả ngay cả khi biến đổi khí hậu và nước biển dâng không xảy ra, góp phần vào việc sử dụng hiệu quả tài nguyên, dịch vụ của các hệ sinh thái biển, giúp từng bước tiếp cận nền kinh tế xanh, thân thiện với môi trường.

5. Du lịch biển đảo việt nam trên cơ sở bảo vệ tài nguyên, môi trường

Theo Báo cáo "Kinh tế biển xanh Việt Nam - Cơ hội và thách thức" do Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam (Bộ Tài nguyên và Môi trường thực hiện năm 2022), hoạt động kinh tế biển ở Việt Nam rất đa dạng, có thể chia thành các hoạt động kinh tế đều diễn ra trên biển (kinh tế hàng hải, đánh bắt và nuôi trồng hải sản; khai thác dầu khí ngoài khơi; du lịch biển; làm muối; dịch vụ tìm kiếm, cứu nạn...) và các hoạt động kinh tế không diễn ra trên biển nhưng liên quan trực tiếp đến khai thác biển (đóng mới và sửa chữa tàu thuyền; công nghiệp chế biến dầu khí; công nghiệp chế biến thủy sản; cung cấp dịch vụ biển; nghiên cứu khoa học và công nghệ biển, điều tra cơ bản tài nguyên và môi trường biển...).

Việt Nam, trong đó du lịch biển có vai trò chủ đạo, chiếm khoảng 2/3 tỷ trọng của toàn ngành. Nguồn tài nguyên du lịch dọc bờ biển Việt Nam rất phong phú, đa dạng và có giá trị, là nền tảng phát triển nhiều loại hình du lịch như tham quan, vui chơi giải trí, du lịch sinh thái, nghỉ dưỡng, thể thao và văn hóa... Nếu được quản lý, vận hành tốt, du lịch biển có thể mang lại những hiệu quả hết sức tích cực, ngược lại, du lịch cũng có thể trở thành tác nhân của những ảnh hưởng tiêu cực tới môi trường, xã hội và cộng đồng.

Các hệ sinh thái biển chính của Việt Nam đang đứng trước nguy cơ suy giảm về số lượng và chất lượng do các tác động tổng hợp và đa dạng. Sự thay đổi diện tích rừng ngập mặn ở Việt Nam theo hai xu hướng gồm: Giảm diện tích rừng nguyên sinh và tăng diện tích rừng trồng mới. Đến nay, những cánh rừng ngập mặn nguyên sinh hầu như không còn, dẫn đến sự suy giảm đa dạng sinh học biển, đặc biệt là mất bãi đẻ và môi trường sống cho các loài thủy sinh, phá hủy các hệ sinh thái lân cận như hẹ và cỏ biển. Các rạn san hô ở biển Việt Nam đang giảm về diện tích và độ che phủ của san hô sống theo thời gian, có nơi lên đến hơn 30% trong 10 năm qua. Hệ sinh thái cỏ biển cũng đang bị suy thoái, giảm diện tích do các hoạt động của con người như đánh bắt, neo đậu tàu thuyền, nuôi trồng thủy sản gây ô nhiễm môi trường, hoạt động xây dựng cảng và các công trình du lịch.

Do vậy, để tiến tới kinh tế biển xanh, Việt Nam cần thực hiện các giải pháp như: Bảo tồn đa dạng sinh học, bảo vệ môi trường và mở rộng các dịch vụ hệ sinh thái nâng cao tiềm năng cho các hoạt động kinh tế (du lịch biển, thủy sản, năng lượng tái tạo...), xây dựng hệ sinh thái rừng ngập mặn giảm thiểu biến đổi khí hậu.

Căn cứ vào những vấn đề lý luận đã phân tích và thực trạng phát triển sản phẩm du lịch nói chung, sản phẩm du lịch biển "xanh" đặc thù nói riêng Việt Nam thời gian qua, một số giải pháp cơ bản cần được xem xét thực hiện bao gồm:

Cần nâng cao nhận thức xã hội, trước hết là nhận thức của nhà quản lý các cấp, về ý nghĩa và tầm quan trọng của việc phát triển các sản phẩm du lịch hấp dẫn, nhất là các sản phẩm du lịch biển "xanh" đặc thù, nhằm góp phần nâng cao sức cạnh tranh của du lịch biển Việt Nam trong bối cảnh hội nhập hiện nay. Nhận thức này cần được chuyển hóa thành hành động cụ thể trong hoạt động tổ chức thực hiện và quản lý quy hoạch, trong thẩm định dự án đầu tư phát triển sản phẩm du lịch ở các cấp từ địa phương đến vùng ven biển trên phạm vi toàn quốc.

Trên cơ sở định hướng chiến lược về phát triển sản phẩm du lịch Việt Nam đã được xác định trong Chiến lược phát triển Du lịch Việt Nam đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030 và Đề án về phát triển du lịch biển, đảo và vùng ven biển Việt Nam đến năm 2020, cần xây dựng một số chương trình hành động cụ thể phát triển các sản phẩm du lịch biển "xanh" đặc thù cho từng khu vực ở vùng ven biển. Những chương trình này cần được xây dựng trên cơ sở những nghiên cứu cơ bản có định hướng về tài nguyên du lịch tự nhiên đặc thù vùng ven biển và hải đảo; khuyến khích và tăng cường tính "xanh" trong phát triển cơ sở vật chất kỹ thuật du lịch, trong các dịch vụ du lịch với những điều kiện cụ thể ở cấp địa phương, vùng và quốc gia. Ở đây cần đặc biệt chú trọng đối với việc khai thác giá trị di sản thế giới gắn với các truyền thuyết, văn hóa bản địa; các giá trị văn hóa truyền thống làng quê Việt Nam ở vùng ven biển.

Để có được hướng dẫn cụ thể đối với việc thực hiện các chương trình hành động trên đối với các nhà quản lý, các nhà đầu tư cần thiết phải đánh giá toàn diện có tính hệ thống về sản phẩm du lịch biển Việt Nam, đặc biệt là các sản phẩm du lịch biển đặc thù. Trên cơ sở những đánh giá này mới có thể xác định được sản phẩm du lịch nào cần được "nâng cấp" hoàn thiện và sản phẩm du lịch nào cần được phát triển mới theo hướng "xanh".

Cần nâng cao hiệu quả của hoạt động quản lý và hướng dẫn đối với các dự án đầu tư phát triển sản phẩm du lịch biển "xanh" đặc thù thông qua việc xây dựng các tiêu chí và đưa vào áp dụng trong thực tiễn để phát triển sản phẩm du lịch "xanh"; đẩy mạnh công tác quy hoạch, quản lý quy hoạch và thẩm định dự án đầu tư của các cơ quan quản lý, tư vấn du lịch. Ở đây vấn đề nâng cao năng lực của đội ngũ quản lý và tư vấn du lịch cần được đặt ra một cách nghiêm túc. Thực tế cho thấy, năng lực của đội ngũ cán bộ trực tiếp quản lý và tư vấn các dự án phát triển du lịch nói chung, phát triển các sản phẩm du lịch "xanh" nói riêng, còn rất hạn chế. Tình trạng này đã và đang là một trong những nguyên nhân của "bức tranh"về sản phẩm du lịch biển Việt Nam

Cơ chế phân cấp xét duyệt các dự án đầu tư phát triển du lịch hiện nay đã tạo điều kiện để các địa phương chủ động, đẩy nhanh quá trình đầu tư phát triển du lịch nói chung, phát triển các sản phẩm du lịch biển "xanh" nói riêng. Tuy nhiên, trong điều kiện hiện nay, khi năng lực thẩm định của các địa phương nhìn chung còn hạn chế, đòi hỏi có sự hợp tác, tham vấn với các cơ quan quản lý và tư vấn trung ương đối với những dự án phát triển sản phẩm du lịch "xanh" có ý nghĩa quan trọng, đặc thù hoặc nằm trong các khu vực nhạy cảm về môi trường sinh thái, văn hóa. Điều này đặc biệt quan trọng đối với các địa phương nằm trong các trọng điểm phát triển du lịch biển Việt Nam đã được xác định trong Chiến lược phát triển Du lịch

Việt Nam đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030 và Đề án phát triển du lịch biển, đảo và vùng ven biển Việt Nam đến năm 2020.

Tăng cường hoạt động bảo vệ môi trường du lịch biển với việc nâng cao năng lực và hiệu lực quản lý nhà nước về bảo vệ môi trường biển trong lĩnh vực du lịch; nghiên cứu bổ sung và hoàn thiện hệ thống chính sách khuyến khích phát triển du lịch biển "xanh" với sự tham gia tích cực của cộng đồng địa phương vùng ven biển.

Việc thực hiện một số giải pháp cơ bản trên đây sẽ góp phần tích cực vào quá trình hình thành hệ thống các sản phẩm du lịch biển "xanh" đặc thù của Việt Nam, tạo ra sự khác biệt và hấp dẫn du lịch giữa các địa phương, các khu vực vùng ven biển và từ đó sẽ tạo được sự khác biệt, hấp dẫn chung của du lịch biển Việt Nam mà du khách muốn được trải nghiệm, khám phá.

Tài liệu tham khảo

Bộ TN&MT, 2021. Báo cáo hiện trạng môi trường biển và hải đảo Việt Nam giai đoạn 2016 - 2021 (Tổng quan). Hà Nội - 2021.

Bộ TN&MT, 2018. Quản lý tổng hợp đối bờ: Kinh nghiệm thực tiễn ở Việt Nam. Hà Nội - 2018.

Bộ TN&MT, 2020. Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia, giai đoạn 2015 - 2020. Hà Nội - 2020.

Bộ TN&MT, 2016. Kịch bản biến đổi khí hậu cập nhật năm 2016. NXB Tài nguyên môi trường và bản đồ Việt Nam - 2016.

Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2016. Báo cáo diện tích rừng ngập mặn. Hà Nội - 2016.

Nguyễn Chu Hồi, 2019. Tài nguyên môi trường và chủ quyền biển đảo. NXB Chính trị quốc gia sự thật - 2019.

Nguyễn Chu Hồi, 2020. Kinh tế biển xanh: các vấn đề và cách tiếp cận cho Việt Nam. NXB Chính trị quốc gia sự thật - 2020.

Phan Nguyên Hồng, 1999. Rừng ngập mặn Việt Nam. NXB Nông nghiệp - 1999.

Bảo My, 2020. Hệ sinh thái biển Việt Nam trước sức ép biến đổi khí hậu. Tạp chí Kinh tế môi trường - 2020.

Thanh Huyền, 2020. Ô nhiễm môi trường biển: Thực trạng và vai trò của cộng đồng trong bảo vệ môi trường biển. Tạp chí Môi trường và Xã hội - 2020.

Minh Đăng, 2020. Đầu tư vào vốn tự nhiên - Bảo tồn và phát triển đa dạng sinh học. Tạp chí Cộng sản - 2020.

Nguyễn Đức Phú, 2019. Bảo tồn và phát triển đa dạng sinh học biển. Tạp chí Quốc phòng toàn dân - 2019.

ABSTRACT

Protecting marine ecosystems for sustainable development of vietnam coast tourism

Nguyễn Đình Đáp
Vietnam Academy Of Social Sciences

Vietnam is considered one of the countries with a high level of marine biodiversity with a full range of typical tropical marine ecosystems. Tourism resources along Vietnam's coast are very rich, diverse and valuable, serving as the foundation for the development of many types of tourism such as sightseeing, entertainment, eco-tourism, relaxation, and sports. and culture... If managed and operated well, marine tourism can bring very positive effects; conversely, tourism can also become a factor of negative impacts on the environment. school, society and community. Vietnam's main marine ecosystems are facing the risk of decline in quantity and quality due to combined and diverse impacts. Therefore, to move towards a blue ocean economy, Vietnam needs to implement solutions such as: Preserving biodiversity, protecting the environment and expanding ecosystem services to enhance the potential for economic activities. economy (marine tourism, fisheries, renewable energy...), building a mangrove ecosystem to mitigate climate change.

Keywords: marine ecosystem, marine environment, marine biodiversity, marine tourism

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Hiệu quả quản lý tài nguyên và bảo vệ môi trường từ các mô hình kinh tế tuần hoàn trong nông nghiệp tại tỉnh Sơn La

Trần Thị Thanh Hà*, Dương Văn Mạnh
Trường Đại học Tây Bắc

TÓM TẮT

Bài viết đã hệ thống hóa các vấn đề về kinh tế tuần hoàn trong nông nghiệp. Theo đó, hiện nay tại Việt Nam và đặc biệt tại tỉnh Sơn La đang thúc đẩy áp dụng kinh tế tuần hoàn trong tất cả các ngành, lĩnh vực của đời sống, nhất là lĩnh vực nông nghiệp. Trên cơ sở phân tích những hiệu quả quản lý tài nguyên và bảo vệ môi trường từ kinh tế tuần hoàn trong nông nghiệp tại tỉnh Sơn La, nhóm tác giả cũng chỉ ra những hạn chế còn tồn tại và đề xuất một số giải pháp góp phần nâng cao hiệu quả của kinh tế tuần hoàn trong nông nghiệp.

Từ khóa: Bảo vệ môi trường; kinh tế tuần hoàn; nông nghiệp; quản lý tài nguyên; Sơn La.

1. Đặt vấn đề

Kinh tế tuần hoàn (KTTH) nói chung và KTTH trong nông nghiệp nói riêng đang trở thành xu thế tất yếu trong bối cảnh tài nguyên ngày càng suy thoái, cạn kiệt, môi trường bị ô nhiễm, biến đổi khí hậu diễn biến khốc liệt. Đây là thách thức lớn đối với sản xuất nông nghiệp thế giới. Hơn nữa, theo dự báo của Tổ chức Nông - Lương Liên Hiệp quốc (FAO), để nuôi sống số dân khoảng 9,5 tỷ người vào năm 2050, nông nghiệp thế giới phải sản xuất nhiều hơn 70% lượng lương thực, thực phẩm so với hiện nay. Do đó, phát triển KTTH trong nông nghiệp là xu thế tất yếu mà nhiều quốc gia đã lựa chọn, mô hình KTTH đặc biệt quan trọng và cần thiết đối với lĩnh vực nông nghiệp.

Tại Việt Nam, theo thống kê của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, tổng khối lượng phụ phẩm nông nghiệp năm 2020 của cả nước là trên 156,8 triệu tấn, bao gồm: 88,9 triệu tấn phụ phẩm sau thu hoạch từ cây trồng, từ quá trình chế biến nông sản của ngành trồng trọt (chiếm 56,7%); 61,4 triệu tấn phân gia súc, gia cầm từ ngành chăn nuôi (chiếm 39,2%); 5,5 triệu tấn từ ngành lâm nghiệp (chiếm 3,5%) và khoảng gần 1 triệu tấn từ ngành thủy sản (10,6%). Vì vậy, ở nước ta, xây dựng KTTH, nhất là trong lĩnh vực nông nghiệp đã được xác định là một trong những định hướng phát triển đất nước.

Sơn La là một tỉnh thuộc vùng núi cao Tây Bắc - vùng địa hình hiểm trở nhất của Việt Nam. Với đặc thù địa hình khó khăn dẫn tới vấn đề quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường để đảm bảo phát triển an toàn cho dân cư Sơn La là vô cùng quan trọng. Trong những năm gần đây, Sơn La đã khai thác hiệu quả tiềm năng lợi thế tự nhiên để phát triển các loại cây trồng có giá trị kinh tế hàng hóa cao nhưng vì vậy cũng đứng trước nhiều thách thức về biến đổi khí hậu, ô nhiễm môi trường. Do vậy, phát triển nông nghiệp xanh theo hướng KTTH là hướng mở để đưa ngành nông nghiệp Sơn La phát triển bền vững.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

Dữ liệu thông tin của bài viết được các tác giả thu thập và tổng hợp từ báo cáo của Ủy Ban nhân dân tỉnh Sơn La, dữ liệu của Cục thống kê tỉnh Sơn La. Số liệu, dữ liệu nghiên cứu còn được thu thập từ các địa phương đã và đang thực hành KTTH trong nông nghiệp tại tỉnh Sơn La như thành phố Sơn La, Mai Sơn, Yên Châu, Mộc Châu, Sông Mã,… trong quá trình nhóm tác giả đi thực địa.

Phương pháp nghiên cứu. Phương pháp thu thập tài liệu (dữ liệu đầu vào được lấy từ nhiều nguồn khác nhau: báo cáo tổng kết phát triển kinh tế, niên giám thống kê, các số liệu điều tra, các bài báo, các tài liệu liên quan đến kinh tế nói chung và kinh tế tỉnh Sơn La nói riêng...); Phương pháp phân tích, xử lý số

* *Tác giả liên hệ:*
Email: thanhha@utb.edu.vn

liệu thống kê (các số liệu, tài liệu đã thu thập cần được xử lí, hệ thống hóa một cách khoa học); Phương pháp thực địa (nhóm tác giả xác định các khu vực đã có các mô hình KTTH và có cơ hội phát triển KTTH để đi tìm hiểu tình hình thực tế). Ngoài ra, nhóm nghiên cứu còn sử dụng phương pháp dự báo, phương pháp tham vấn chuyên gia và các bên liên quan (nhà quản lý và người dân sinh sống trên địa bàn tỉnh Sơn La), công việc này giúp chúng tôi tìm hiểu và nhận thức đúng đắn về hơn về hiệu quả quản lý tài nguyên và bảo vệ môi trường từ KTTH trong nông nghiệp tại tỉnh Sơn La

2.2. Tổng quan về kinh tế tuần hoàn trong nông nghiệp

KTTH nói chung và KTTH trong nông nghiệp nói riêng là vấn đề được các quốc gia trên thế giới quan tâm nhiều trong thời gian gần đây.

Về khái niệm, KTTH trong nông nghiệp là quá trình sản xuất theo một chu trình khép kín mà hầu hết các chất thải được quay trở lại làm nguyên liệu cho sản xuất. Chất thải và phụ phẩm của quá trình sản xuất này là đầu vào của quá trình sản xuất khác. Mô hình KTTH tạo ra sản phẩm an toàn, chất lượng cao, giảm tối đa sự lãng phí, thất thoát và nhất là giảm tối đa chất thải hoặc không có chất thải ra môi trường. Qua đó giúp tối ưu việc sử dụng tài nguyên, giảm lãng phí,… hạn chế các tác động có ảnh hưởng xấu đến môi trường [5]. Đây chính là điểm khác biệt lớn của nền KTTH tuần hoàn so với nền kinh tế truyền thống - khi người sản xuất chỉ quan tâm đến việc khai thác tài nguyên nhằm tối đa hóa năng suất, sản lượng, vứt bỏ sau tiêu thụ, tạo ra một lượng phế thải lớn, gây ô nhiễm môi trường và làm cạn kiệt tài nguyên.

Về bản chất, các mô hình KTTH trong nông nghiệp là hình thức: (1) Bảo tồn và phát triển vốn tự nhiên thông qua việc kiểm soát hợp lí các tài nguyên không thể phục hồi và cân đối với các tài nguyên có thể phục hồi, các nguồn năng lượng tái tạo; (2) Tối ưu hóa lợi tức của tài nguyên bằng cách tuần hoàn các sản phẩm và vật liệu nhiều nhất có thể trong các chu trình kĩ thuật và sinh học; (3) Nâng cao hiệu suất chung của toàn hệ thống (thiết kế chất thải, thiết kế ô nhiễm).

Về mục tiêu, theo Quy định chung về kinh tế tuần hoàn [2] thì mục tiêu của KTTH trong nông nghiệp gồm: (1) Giảm khai thác, sử dụng tài nguyên không tái tạo, tài nguyên nước; tăng hiệu quả sử dụng tài nguyên, nguyên liệu thô, vật liệu; tiết kiệm năng lượng. (2) Kéo dài thời gian sử dụng vật liệu, sản phẩm, hàng hóa. (3) Hạn chế chất thải phát sinh và giảm thiểu tác động xấu đến môi trường bao gồm: giảm chất thải rắn, nước thải, khí thải; giảm sử dụng hóa chất độc hại; tái chế chất thải, thu hồi năng lượng.

Về chủ trương, trong Nghị quyết Đại hội XIII của Đảng (2021) nêu rõ: "phát triển kinh tế xanh, ít chất thải, giảm nhẹ phát thải khí nhà kính, cácbon thấp; khuyến khích phát triển mô hình KTTH để sử dụng tổng hợp và hiệu quả đầu ra của quá trình sản xuất". Như vậy, Nghị quyết của Đảng đã đưa ra khái niệm KTTH trong mối tương quan với bảo vệ môi trường và phát triển nền kinh tế xanh. Do đó, Việt Nam không chỉ phải giải bài toán phát triển nhanh, chống tụt hậu xa về kinh tế, mà còn phải nỗ lực phát triển kinh tế sao cho hạn chế tối đa rác thải, chống ô nhiễm môi trường, biến đổi khí hậu một cách tốt nhất [4].

Về định hướng, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn trong Đề án phát triển khoa học và ứng dụng, chuyển giao công nghệ thúc đẩy KTTH trong nông nghiệp giai đoạn 2022-2030 (2023) đã nêu rõ phấn đấu đến năm 2030 trong lĩnh vực trồng trọt sẽ có 60% phụ phẩm được xử lý, 80% phụ phẩm lúa gạo được thu gom và tái sử dụng. Trong chăn nuôi có 60% nông hộ và các trang trại xử lý chất thải; hoàn thiện và áp dụng các quy trình quản lý, sử dụng chất thải và tái sử dụng các phụ phẩm của các mặt hàng nông sản chủ lực… [1].

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Các mô hình kinh tế tuần hoàn trong nông nghiệp tại tỉnh Sơn La và hiệu quả quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường

Tại tỉnh Sơn La phát triển nông nghiệp được coi là nhiệm vụ trọng tâm. Theo thống kê của ngành Nông nghiệp và PTNT tỉnh, trên địa bàn tỉnh có nguồn phế phụ phẩm vô cùng lớn với hàng triệu tấn/năm, như: rơm, rạ, cỏ, bã mía; trên 8 triệu con gia súc, gia cầm được nuôi theo quy mô trang trại, gia trại. Trong kế hoạch phát triển nông nghiệp, tỉnh Sơn La đặt mục tiêu tái cơ cấu nông nghiệp theo hướng sản xuất nông nghiệp bền vững; xây dựng nền nông nghiệp hiện đại; đẩy mạnh phát triển nông nghiệp sạch, nông nghiệp hữu cơ gắn với phát triển công nghiệp chế biến nông sản... Trong đó, phát triển KTTH trong nông nghiệp là điểm nhấn trong việc tái cơ cấu nông nghiệp của tỉnh. Trong chiến lược phát triển KTTH trong nông nghiệp, các lĩnh vực được Tỉnh ưu tiên đã được xác định gồm:

- Sinh khối và các sản phẩm sinh học, trong đó, sản xuất nông nghiệp và lâm nghiệp được coi là các lĩnh vực trọng tâm để thúc đẩy chuyển dịch toàn bộ nền kinh tế theo hướng phát thải các-bon thấp và thân thiện với khí hậu. Thu hồi, sử dụng các năng lượng sinh khối, đặc biệt biogas là hướng ưu tiên hàng đầu.

- Thay đổi thói quen sử dụng phân bón theo hướng tăng cường phân bón hữu cơ được sản xuất từ chất thải hữu cơ trong quá trình sản xuất nông nghiệp và tiêu thụ thực phẩm ở nông thôn; bảo vệ sức khỏe của đất bằng việc tăng cường sử dụng phân hữu cơ là vấn đề cơ bản.

- Tuần hoàn nước và sử dụng nước hiệu quả bởi nông nghiệp là một ngành kinh tế sử dụng nước nhiều nhất. Quản lý nước tốt và tuần hoàn nước là yêu cầu quan trọng để duy trì nông nghiệp bền vững, đặc biệt trong điều kiện biến đổi khí hậu và ở một tỉnh miền núi với nhiều nơi khan hiếm nước, nhất là vào mùa khô như Sơn La.

Sản xuất tuần hoàn trong nông nghiệp hiện nay được người nông dân Sơn La hiểu như một hình thức sản xuất "lành mạnh và thân thiện với môi trường". Trên địa bàn Tỉnh có các mô hình tiêu biểu sau:

Mô hình xử lý chất thải sản xuất cà phê. Công ty cổ phần Tập đoàn Minh Tiến (thành phố Sơn La) có 03 xưởng chế biến cà phê với tổng công suất 35.100 tấn quả cà phê tươi/năm, hằng năm thải ra hàng chục nghìn tấn vỏ cà phê. Giải quyết bài toán này, doanh nghiệp áp dụng mô hình KTTH vào sản xuất, bảo đảm không có thành phần nào của quả cà phê bị loại bỏ. Công ty đã đầu tư công nghệ mô KTTH, tạo ra các sản phẩm thân thiện môi trường. Cuối năm 2023, Công ty đưa đến tay người tiêu dùng những sản phẩm ấn tượng được làm từ vỏ trấu cà phê như bao bì sinh học, túi tự hủy, dao, thìa dĩa... góp phần bảo vệ môi trường sống. Bên cạnh đó, tận dụng phụ phẩm trong quá trình chế biến, công ty còn thu gom vỏ cà phê để làm trà Cascara; tận dụng vỏ trấu và bã cà phê để sản xuất sản phẩm sinh học Namigo. Ngoài ra, điểm nhấn trong sản xuất nông nghiệp tuần hoàn là việc Công ty đã xây dựng xưởng sản xuất phân bón hữu cơ vi sinh cung cấp cho vùng trồng cà phê.

Dây chuyền xử lý chất thải tự động. Nhiều nông dân nuôi bò sữa ở huyện Mộc Châu đã đầu tư gần một tỉ đồng xây dựng dây chuyền xử lý chất thải tự động để bảo vệ môi trường, giúp trang trại sạch sẽ và thu hàng trăm triệu đồng/năm nhờ bán phân bò ép khô. Việc áp dụng dây chuyền ép phân khô tự động còn góp phần nâng cao chất lượng phục vụ khách du lịch khi trang trại bò sữa nằm trong khuôn viên của trang trại du lịch.

Mô hình khi sinh học Biogas. Hiện nay, ngoài sử dụng hầm biogas xây bể theo cách truyền thống, người dân tỉnh Sơn La đã tiếp cận và sử dụng hầm biogas bằng nhựa composite, với ưu điểm thiết kế, thi công đơn giản, độ bền cao, dễ dàng di chuyển, kết cấu chắc, không bị rò rỉ nước và khí do được tăng cường keo chống thấm, loại hầm biogas này đảm bảo an toàn và hiệu quả bảo vệ môi trường.

Mô hình sản xuất tổng hợp (bò - trùn quế - cỏ/ngô - gia súc, gia cầm – cá). Mô hình tận dụng phụ phẩm chăn nuôi (phân) để nuôi trùn quế; lấy phân trùn quế bón cỏ/ngô; trùn quế làm thức ăn cho gia súc, gia cầm, cá, đem lại hiệu quả kinh tế cao, giảm phát thải khí nhà kính, bảo vệ môi trường.

Mô hình canh tác trên rác thải. Các phụ phẩm (bã mĩa, lõi ngô, các loại rác hữu cơ khác) được sử dụng làm giá thể trồng các loại nấm. Đây là hướng đi khả quan cho KTTH trong nông nghiệp tại tỉnh Sơn La.

Mô hình sản xuất điện từ bã mía. Đây là mô hình có cơ hội phát triển mạnh tại Mai Sơn. Lượng bã mía, bã bùn từ quá trình ép mía lấy đường của Công ty cổ phần mía đường Sơn La được sử dụng làm nhiên liệu đốt lò. Bã mía được đưa vào lò làm nhiên liệu sản xuất hơi. Với áp lực cao, hơi chuyển sang tuabin chạy máy phát điện để sản xuất ra điện, phục vụ nhu cầu sử dụng của nhà máy và bán cho lưới điện quốc gia.

Mô hình tuần hoàn giữa trồng cây ăn quả và chăn nuôi gia súc. Mô hình điển hình tại Sơn La là trồng bưởi (cam, quýt) và nuôi bò.

Chu trình sinh học đang triển khai: (1)- Trồng cỏ, thu gom cỏ trên đồi – nuôi bò – thu gom phân, ủ hoai mục – bón đồi bưởi, bón cỏ; (2) – Cỏ, cây dại trên đồi bưởi – cắt phủ bề mặt, phân hủy tự nhiên – nguồn phân bổ sung cho cỏ, cây dại, cây bưởi.

Chu trình công nghệ đang triển khai: (1)- Vỏ bưởi – chưng cất tinh dầu bưởi – bã vỏ bưởi – lên men sản xuất chất tẩy rửa hữu cơ; (2)– bã – phân bón cho cây bưởi.

Mô hình trồng cây ngô sinh khối và chăn nuôi gia súc. Đây là loại ngô được thu hoạch ở giai đoạn bắp ngô mới chín sáp để làm thức ăn cho gia súc. Mỗi một vụ ngô sinh khối chỉ kéo dài khoảng 2,5 tháng, đặc biệt kể cả trong mùa đông giá rét của miền Bắc, người nông dân vẫn có thể làm thêm một vụ ngô sinh khối thay vì phải bỏ không ruộng như với các loại cây thực phẩm khác. Việc thu hoạch ngô sinh khối cũng đơn giản hơn nhiều so với ngô thông thường, không cần xay xát. Ước tính, mỗi năm, một ha ngô sinh khối gia đình thu được khoảng 150 triệu đồng, cao hơn gấp đôi so với trồng ngô lấy hạt thông thường. Với điều kiện đất đai và khí hậu tại Mai Sơn rất thích hợp để trồng loại cỏ này, kết hợp với chăn nuôi gia súc.

Mô hình Tuần hoàn nước phát triển tại các cơ sở sản xuất tinh bột dong, sắn; chế biến cà phê tại Mai Sơn, Mộc Châu, thành phố Sơn La.

Mô hình sản xuất phân hữu cơ từ chất thải nông nghiệp. Mô hình này đã được nhiều hộ gia đình tại huyện Mai Sơn, Yên Châu, Mộc Châu thực hiện. Nhiều hộ dân vùi rơm vào đất để lưu giữ nguồn phân bón cho vụ sau, hoặc dùng chế phẩm sinh học xử lý rơm, rạ thành phân bón hữu cơ để tăng vi sinh vật

hữu cơ giúp cải tạo đất; rơm, rạ làm thức ăn cho gia súc. Một số hộ gia đình đã sử dụng các phụ phẩm từ trồng trọt, sản xuất (cây ngô, cây đậu, vỏ cà phê...), rác thải sinh hoạt, phế phẩm từ chăn nuôi (phân lợn, phân gà, phân bò) qua quá trình ủ, phân hủy làm phân bón hữu cơ để chăm sóc, cải tạo đất bạc màu, đất thiếu dinh dưỡng, trả lại độ phì cho đất, canh tác rau hữu cơ và rau an toàn. Nhờ đó, lượng chất thải nông nghiệp được tái sử dụng làm phân bón ổn định, vừa tận dụng nguồn nguyên liệu sẵn có để đáp ứng yêu cầu sản xuất ngày càng sạch hơn và giảm thiểu phát thải, giảm khí nhà kính.

Mô hình chăn nuôi an toàn sinh học 4F (Farm-Food-Feed-Ferlitizer: trồng trọt - thực phẩm - chăn nuôi - phân bón). Mô hình là chu trình sản xuất khép kín, gồm: chăn nuôi bò hữu cơ, sản xuất các chế phẩm sinh học, sản xuất thức ăn chăn nuôi hữu cơ và sản xuất phân bón vi sinh. Trong mô hình này, chất thải trong trang trại được thu gom và xử lý để sản xuất phân bón hữu cơ vi sinh phục vụ trồng trọt, tạo thành quy trình sản xuất nông nghiệp khép kín từ chăn nuôi đến trồng trọt, từ cây đến đất. Thực hiện mô hình chăn nuôi an toàn sinh học 4F vừa tăng hiệu quả kinh tế, phòng ngừa dịch bệnh, vừa góp phần bảo vệ môi trường sinh thái, giảm phát thải khí nhà kính. Nhờ công nghệ biogas, chất thải gia súc được xử lý để tiếp tục bón cho đồng cỏ, cải tạo đất và một phần khác được biến đổi thành khí metan dùng để đun nước nóng dùng cho hoạt động của trang trại. Việc tái tạo và tái sử dụng năng lượng vừa mang lại hiệu quả về kinh tế, vừa giảm thiểu đáng kể lượng phát thải CO2, thích ứng với biến đổi khí hậu.

Bảng 1. So sánh đặc điểm của các mô hình kinh tế tại Sơn La

Tiêu chí			Các mô hình nông nghiệp truyền thống tuyến tính	Các mô hình KTTH trong nông nghiệp
1	***Động lực phát triển***		Khai thác tài nguyên	Tái tạo tài nguyên
2	***Mục tiêu***		Tăng trưởng kinh tế	Hài hòa kinh tế - xã hội - môi trường
3	***Công nghệ***		Công nghệ cũ	Công nghệ sạch, thông minh
4	***Hiệu suất kinh tế***		Hiệu suất thấp	Hiệu suất cao
5	***Tác động xã hội***		Số lượng việc làm giới hạn, thu nhập chậm được cải thiện	Tạo thêm nhiều việc làm mới, nâng cao thu nhập
6	***Sức khỏe con người***		Bị đe dọa	Được nâng cao
7	***Nguyên, nhiên liệu sử dụng vào sản xuất***		- Sử dụng nhiên liệu để sản xuất, vận chuyển, bón phân và phòng trừ sâu bệnh	Sử dụng chất đốt Biogas nên giảm chi phí dùng nhiên liệu, không chặt phá rừng
8	***Tài nguyên, môi trường***	Tổng thể	Bị tác động rất lớn	Tối giản tác động đến tài nguyên, môi trường
		Đất trồng	- Tăng hiện tượng xói mòn đất - Giảm sút nghiêm trọng độ màu mỡ	- Giảm xói mòn đất - Tăng độ màu mỡ
		Không khí	Lượng khí thải rất lớn do đốt rác, đốt phụ phẩm thừa của nông nghiệp; ô nhiễm không khí tại các khu vực chăn nuôi, chế biến nông sản	Giảm khí thải (do không đốt rác, đốt phụ phẩm thừa của nông nghiệp; quản lý được phân gia súc, gia cầm,…)
		Khí hậu	Nhiệt độ tăng, nhiều tai biến thiên nhiên	Khí hậu điều hòa
		Nước	Gây ô nhiễm, lãng phí	Tiết kiệm nước, bảo vệ nguồn nước khỏi ô nhiễm
		Sinh vật	Nhiều loài sinh vật đứng trước nguy cơ tuyệt chủng	Bảo tồn và phát triển hệ thống đa dạng sinh học

(Nguồn: Tổng hợp của nhóm tác giả)

Ngoài các kết quả thu được tích cực từ hiệu quả kinh tế, từ vấn đề lao động – việc làm – sinh kế – thu nhập thì KTTH trong nông nghiệp tại tỉnh Sơn La đã và đang mang lại hiệu quả rất lớn tới việc quản lý tài nguyên và bảo vệ môi trường, đặc biệt là những khía cạnh như:

Về đất trồng. Tình trạng đất trồng tốt sẽ tạo điều kiện cho cây trồng sinh trưởng và phát triển với năng suất tối đa, giảm được nhiều loại sâu bệnh. Trong những năm qua nông nghiệp tuần hoàn đã cho thấy một số cải thiện đáng chú ý gồm: Giảm xói mòn đất, tăng độ màu mỡ, giàu chất hữu cơ và các vi sinh vật có ích trong đất. Điều quan trọng hơn là lượng hữu cơ trong đất tăng cao giúp liên kết các hạt đất với nhau, duy trì nhiệt độ và cung cấp nguồn thức ăn cho các loại vi sinh vật có lợi trong đất giúp rễ cây khỏe và phát triển tốt.

Lượng nước thấm qua đất tại hệ thống canh tác tuần hoàn cao hơn từ 15-20% so với hệ thống canh tác truyền thống, vì thế giảm được tình trạng nước chảy tràn trên mặt đất hạn chế việc rửa trôi, xói mòn đất, hạn chế ngập úng và cung cấp nước cho cây khi xảy ra hạn hán.

Về nguyên, nhiên liệu sử dụng vào sản xuất của hệ thống canh tác hữu cơ. Khi cuộc khủng hoảng năng lượng trên thế giới xảy ra, việc sử dụng tài nguyên hiệu quả và thông minh là rất cần thiết. Hiện nay nông nghiệp truyền thống đang sử dụng một lượng lớn nhiên liệu để sản xuất, vận chuyển, bón phân và phòng trừ sâu bệnh hại -> Lượng khí nhà kính thải ra là 12%[†]. Tại các hệ thống nông nghiệp tuần hoàn sử dụng ít hơn 45% lượng năng lượng so với các hệ thống nông nghiệp truyền thống nên hiệu quả sản xuất trong các hệ thống tuần hoàn cao hơn 28% so với các hệ thống nông nghiệp truyền thống.

Về môi trường và sức khỏe con người. Các hình thức canh tác nông nghiệp truyền thống phụ thuộc rất nhiều vào thuốc bảo vệ thực vật, nhiều loại trong số đó rất độc hại đối với con người và động vật. Các chất độc gần như không thể đào thải được. Thuốc diệt cỏ Glyphosate hiện được chứng minh là gây tổn thương cho DNA của người và động vật. Hệ thống nông nghiệp truyền thống hiện tại đã bộc lộ những điểm yếu của nó làm như lãng phí tài nguyên, làm cho đất cạn kiệt chất dinh dưỡng, nước nhiễm độc và gây ra những tác động tiêu cực đến sức khỏe con người và môi trường.

Như vậy, các KTTH trong nông nghiệp đang cải thiện chất lượng thực phẩm, sức khỏe đất, nước và cải thiện các vùng nông thôn của nhiều quốc gia trong đó có Việt Nam và đặc biệt là tỉnh Sơn La. Trong nhiều năm trở lại đây, hình thức canh tác nông nghiệp truyền thống tuyến tính đã bộc lộ những mặt hạn chế ảnh hưởng trực tiếp đến con người và môi trường. Tài nguyên đất cạn kiệt do các hoạt động cày xới, nguồn nước nhiễm độc và gây ra tác động tiêu cực đến sức khỏe con người và môi trường. Xây dựng và cải thiện tình trạng đất bằng cách sử dụng các phương pháp hữu cơ qua phương thức tuần hoàn vừa tiết kiệm chi phí sản xuất vừa để cố định chất dinh dưỡng trong đất, khuyến khích sự đa dạng sinh học và giảm thiểu đáng kể đầu vào từ các chất tổng hợp. Hiện nay các nông trại sản xuất tuần hoàn đang đảm bảo tính bền vững của hệ thống vô thời hạn.

3.2. Những hạn chế và giải pháp phát triển kinh tế tuần hoàn trong nông nghiệp tại tỉnh Sơn La

Tỉnh Sơn La đã đạt được nhiều kết quả trong phát triển KTTH ở lĩnh vực nông nghiệp tuy nhiên Tỉnh vẫn còn tồn tại nhiều khó khăn, hạn chế như:

Lao động phần đa chưa qua đào tạo. Bên cạnh đó, tỉnh Sơn La thiếu đội ngũ chuyên gia giỏi để phát triển KTTH trong nông nghiệp. Đội ngũ cán bộ nghiên cứu, ứng dụng, chuyển giao công nghệ xử lý chất thải, phế, phụ phẩm trong nông nghiệp cũng còn rất hạn chế…

- Điều kiện tự nhên khó khăn, nhất là địa hình. Đặc điểm nổi bật của địa hình Sơn La là độ dốc lớn và độ chia cắt sâu mạnh, trên 87% diện tích đất tự nhiên có độ dốc trên 25°. Điều đó làm cho đại bộ phận ruộng đất của tỉnh đều rất nhỏ hẹp, manh mún. Sơn La cũng là tỉnh có diện tích đất trống đồi trọc khá lớn. Nếu như chi phí để lắp đặt hoàn chỉnh một công trình khí sinh học ở đồng bằng hiện nay thường chỉ từ 10 – 12 triệu đồng thì chi phí này ở các huyện miền núi của Sơn La phải lên tới 20 triệu đồng/công trình (nếu đụng phải đá trong quá trình thi công).

- Nhận thức của các cơ quan quản lý nhà nước, doanh nghiệp và nhất là của người dân về KTTH nói chung, KTTH trong nông nghiệp nói riêng chưa đầy đủ. Mặc dù gần đây, sản xuất nông nghiệp nước ta đã và đang từng bước quan tâm đến sản xuất nông nghiệp bền vững, nông nghiệp hữu cơ, song về cơ bản, các chủ thể sản xuất, kinh doanh trong ngành nông nghiệp vẫn chủ yếu chú trọng đến gia tăng sản lượng thông qua gia tăng đầu vào. Sản xuất nông nghiệp vẫn chủ yếu dựa vào khai thác tài nguyên, sử dụng chất kích thích tăng trưởng, thuốc bảo vệ thực vật, phân bón vô cơ. Bên cạnh đó, vấn đề xử lý chất thải trong nông nghiệp còn bị coi nhẹ, chưa được quan tâm. Đây là một trong những rào cản cho phát triển nông nghiệp tuần hoàn thời gian qua.

- Tình trạng sử dụng phân bón, thuốc bảo vệ thực vật, thuốc kháng sinh, thuốc tăng trưởng chưa được quản lý hiệu quả, dẫn đến dư thừa và hình thành những rủi ro đối với môi trường,…

- Trong khi phát triển KTTH phải gắn với đổi mới khoa học, tiếp cận công nghệ tiên tiến thì việc đầu phổ biến công nghệ cho người dân về KTTH còn hạn chế, chưa có giải pháp phù hợp với từng vùng, từng nhóm sản phẩm, quy mô trang trại và doanh nghiệp. Việc ứng dụng các công nghệ số mới chỉ dừng lại ở một số mô hình điển hình và các doanh nghiệp có tiềm lực về tài chính…

[†] Theo số liệu của Ủy ban Liên chính phủ về Biến đổi Khí hậu (IPCC) của Liên Hợp Quốc

Với những hạn chế khó khăn kể trên, tỉnh Sơn La sẽ tiếp tục đẩy mạnh chuyển đổi sang mô hình KTTH, KTTH trong nông nghiệp tăng trưởng dựa trên tăng năng suất, tiến bộ khoa học và công nghệ, đổi mới sáng tạo, sử dụng hiệu quả tài nguyên, hướng tới đạt mục tiêu kép về tăng trưởng kinh tế gắn với giảm ô nhiễm, suy thoái môi trường. Chủ động kiểm soát chặt quá trình công nghiệp hóa theo hướng thân thiện với môi trường. Thực hiện xanh hóa các ngành sản xuất công nghiệp, thúc đẩy phát triển công nghiệp xanh, công nghiệp công nghệ cao, các khu công nghiệp sinh thái. Khuyến khích sử dụng các nguồn nguyên, vật liệu thân thiện với môi trường [6].

KTTH trong nông nghiệp là con đường tất yếu, chủ động và hiệu quả của nông nghiệp Việt Nam, đặc biệt là tỉnh miền núi như Sơn La. Tuy nhiên, để chuyển đổi từ thói quen lạm dụng hóa chất trong trồng trọt và chăn nuôi, sử dụng nước quá nhiều trong chăn nuôi và xả thải ra môi trường là vấn đề rất khó khăn, đòi hỏi phải có nhiều giải pháp tổng hợp. Để phát triển KTTH trong nông nghiệp hiệu quả, bền vững tỉnh Sơn La cần tập trung chủ yếu vào các nhóm giải pháp về: (i) cơ chế - chính sách; (ii) khoa học - kĩ thuật công nghệ; (iii) giáo dục - truyền thông. Trong đó, cần xác định thị trường đầu ra cho sản phẩm của mô hình KTTH trong sản xuất nông nghiệp; thu hút các thành phần kinh tế đầu tư ứng dụng công nghệ, tiến bộ kỹ thuật vào KTTH trong sản xuất nông nghiệp; tăng cường học hỏi kinh nghiệm và hợp tác quốc tế trong phát triển mô hình KTTH trong sản xuất nông nghiệp…

4. Kết luận

Tầm nhìn của mô hình kinh tế trong tương lai là xây dựng một nền kinh tế bền vững và thịnh vượng, giúp duy trì nguồn tài nguyên và giảm thiểu tác động tiêu cực lên môi trường. KTTT trong nông nghiệp đã và đang thay đổi phương thức sản xuất, chăn nuôi của nhiều doanh nghiệp, hợp tác xã và nông dân Sơn La, góp phần xây dựng mô hình khép kín, bảo vệ môi trường, tăng thêm nguồn thu, hình thành tư duy sản xuất mới. Đây là xu thế tất yếu, là mục tiêu đang được tỉnh đặc biệt quan tâm, định hướng để phát triển xanh, nhanh và bền vững, trở thành trung tâm phát triển nông nghiệp công nghệ cao vùng Tây Bắc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2023. *Đề án phát triển khoa học và ứng dụng, chuyển giao công nghệ thúc đẩy kinh tế tuần hoàn trong nông nghiệp giai đoạn 2022-2030*. Hà Nội.

Chính phủ, 2022. Nghị định 08/2022/NĐ-CP ngày 10/1/2022 *Quy định chi tiết một số điều của Luật bảo vệ môi trường*. Hà Nội.

Cục thống kê tỉnh Sơn La, 2023. *Niên giám thống kê tỉnh Sơn La năm 2022.* Nxb Thống kê, Hà Nội.

Đảng Cộng sản Việt Nam 2021. *Văn kiện Đại hội đại biểu toàn quốc lần thứ XIII*. Nxb Chính trị quốc gia Sự thật, Hà Nội, Tập I, tr.275.

Trần Thị Thanh Hà 2020. *Giáo trình Quản lý và xử lý chất thải rắn*. Đại học Tây Bắc.

UBND tỉnh Sơn La 2022. Số 194/KH-UBND tháng 8 năm 2022, *Kế hoạch v/v thực hiện Chiến lược bảo vệ môi trường Quốc gia đến năm 2030, tầm nhìn 2050 trên địa bàn tỉnh.*

ABSTRACT

Effective resource management and environmental protection from circular economy in agriculture in Son La province

Tran Thi Thanh Ha, Duong Van Manh

Tay Bac University

The article has systematized the issues of circular economy in agriculture. Accordingly, currently in Vietnam and especially in Son La province, the application of circular economy is being promoted in all sectors and areas of life, especially in the agricultural sector. Based on the analysis of the effectiveness of resource management and environmental protection from circular economy in agriculture in Son La province, the group of authors also pointed out the existing limitations and proposed some solutions to contribute to improving the effectiveness of circular economy in agriculture.

Keywords: Environmental protection; circular economy; agriculture; resource management; Son La.

PHỤ LỤC ẢNH

		
Nước thải rửa sắn đã được xử lý để quay vòng sản xuất	Bã sắn được thu mua làm phân bón hữu cơ	Thi công bể biogas cho trang trại lợn
		
Sản xuất phân hữu cơ từ phân bò	Cây ngô được thu gom làm thức ăn cho bò	Rơm cuộn làm thức ăn dự trữ cho bò
		
Trùn (giun) quế phân hủy rác thải hữu cơ	Ủ rơm rạ làm phân bón	Dùng bèo tây xử lý nước thải và ủ rơm rạ làm phân bón (Yên Châu)
		
Xử lí vỏ cà phê làm phân	Dây chuyền sản xuất trà cascara	Trà từ vỏ cà phê
		
Các vật dụng làm từ vỏ cà phê	Túi rác sinh học cà phê	Bã mía làm nguyên liệu đốt lò hơi cung cấp cho máy phát điện tại Công ty Mía đường Sơn La
		
Trồng nấm bằng lõi ngô	Dây chuyền xử lý chất thải tự động	Máy ép phân khô

Nét độc đáo của văn hóa đá ở xã Ngọc Chiến, huyện Mường La, tỉnh Sơn La

Trần Thị Thanh Hà*, Phạm Anh Tuân, Nguyễn Thị Hồng Nhung, Đặng Thị Nhuần, Hoàng Thị Thanh Giang, Tòng Thị Quỳnh Hương
Trường Đại học Tây Bắc

TÓM TẮT

Ngọc Chiến là một xã vùng cao ở huyện Mường La, cách thành phố Sơn La 74 km. Xã nổi tiếng với nhiều sản phẩm du lịch độc đáo. Trong đó, Văn hóa Đá không chỉ có giá trị về tinh thần, vật chất đối với bà con dân tộc Thái ở Ngọc Chiến mà còn là điểm đến hấp dẫn của nhiều du khách tới tham quan, trải nghiệm và khám phá. Nghiên cứu sử dụng phương pháp thực địa kết hợp điều tra xã hội học để tìm hiểu tình hình thực tế và đối chứng với các tài liệu sẵn có. Ngoài ra, các tác giả còn sử dụng phương pháp tham vấn chuyên gia và các bên liên quan: các chuyên gia, nhà quản lý và người dân sinh sống trên địa bàn xã Ngọc Chiến. Kết quả nghiên cứu đã phân tích những nét độc đáo trong Văn hóa Đá của xã Ngọc Chiến; đề xuất các giải pháp bảo tồn và phát huy giá trị văn hóa này. Từ đó, góp phần đưa Ngọc Chiến từng bước phát triển và trở thành điểm du lịch mới, một "miền quê cổ tích" và là viên ngọc quý của tỉnh Sơn La.

Từ khóa: Ngọc Chiến, Mường La, văn hóa Đá.

1. Đặt vấn đề

Vùng núi Tây Bắc được thiên nhiên ban tặng cho khí hậu ôn hòa, núi đồi trùng điệp cũng là tiềm năng để phát triển các loại hình du lịch sinh thái, du lịch cộng đồng. Một trong những địa điểm nổi tiếng và thu hút khách du lịch đặc biệt là xã Ngọc Chiến, huyện Mường La, tỉnh Sơn La.

Xã Ngọc Chiến ở độ cao 1.800 m so với mực nước biển. Thiên nhiên nơi đây còn "ưu ái" dành cho Ngọc Chiến những mỏ nước khoáng nóng tự nhiên, rất có lợi cho sức khỏe. Đến đây, du khách không chỉ được thỏa sức ngắm, lưu giữ những hình ảnh đẹp bên những bức tường, cổng chào, nhà thờ trang trí bằng đá cuội, mà còn được trải nghiệm những cung đường ngập tràn sắc hoa; ngắm những ngôi nhà sàn độc đáo có mái lợp bằng gỗ pơ mu. Văn hóa Đá của đồng bào các dân tộc ở xã Ngọc Chiến có những nét nổi bật mà không nơi nào có được. Nét đặc trưng này cần được lưu giữ, bảo tồn và phát huy, tạo điểm nhấn trong phát triển du lịch của xã Ngọc Chiến. Bài viết phân tích những nét độc đáo của Văn hóa Đá ở xã Ngọc Chiến và đề xuất những giải pháp cần thiết để bảo tồn, phát huy giá trị này.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

Văn hóa là khái niệm mang nội hàm rộng với rất nhiều cách hiểu khác nhau gồm có tất cả những giá trị tinh thần và vật chất mà con người làm ra trong quá trình lao động, sinh sống thực tiễn suốt chiều dài lịch sử. Văn hóa Đá là một phần của văn hóa vật thể. Bên cạnh những quần thể đá tự nhiên còn có sản phẩm đá do bàn tay, khối óc của con người tạo ra.

Xã Ngọc Chiến là một điểm nhấn mới trong du lịch của tỉnh Sơn La. Hiện tại chưa có các nghiên cứu cụ thể về địa bàn này. Do đó, nghiên cứu này sử dụng phương pháp thực địa để tìm hiểu tình hình thực tế và đối chứng với các tài liệu sẵn có. Đặc biệt, phương pháp được các tác giả sử dụng hiệu quả là phương pháp tham vấn chuyên gia và các bên liên quan (các chuyên gia, nhà quản lý - cán bộ xã, bản và người dân sinh sống trên địa bàn xã Ngọc Chiến) để tìm hiểu rõ nét về Văn hóa Đá tại nơi đây.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Khái quát về đối tượng nghiên cứu

Xã Ngọc Chiến là địa bàn vùng sâu, vùng xa của huyện Mường La (tỉnh Sơn La). Xã có gần 100% số dân là đồng bào dân tộc thiểu số, chủ yếu là người H'Mông, người Thái và một bộ phận nhỏ người La Ha. Chính vì thế, nơi đây có những nét văn hóa đa dạng và đặc sắc của cộng đồng các dân tộc bản địa.

* *Tác giả liên hệ*
Email: thanhha@utb.edu.vn

Ngọc Chiến nằm cách trung tâm huyện Mường La 34 km về phía Đông Bắc, cách thành phố Sơn La 74 km. Phía Bắc giáp huyện Mù Cang Chải, tỉnh Yên Bái; Phía Nam giáp xã Chiềng Muôn, Chiềng Ân huyện Mường La; Phía Đông giáp huyện Trạm Tấu, tỉnh Yên Bái; Phía Tây giáp xã Nặm Păm, Hua Trai, huyện Mường La. Tổng diện tự nhiên của Xã là: 21.219 ha [1; 1].

Ngọc Chiến nằm ở độ cao 1800 m so mặt nước biển. Xã nằm tại các thung lũng, hai bên được bao bọc bởi hai cánh rừng chạy dọc xã. Có 02 cánh đồng lớn, diện tích trên 300 ha. Diện tích rừng 18.462 ha, độ che phủ rừng 87%. Ngọc Chiến có khí hậu mát mẻ quanh năm, nhiệt độ trung bình 23 độ C. Đặc biệt, Xã có 13 khu khoáng nóng nhiệt độ từ trên 30 đến trên 70 độ C; 02 mó tắm cộng đồng của nhân dân; Xã có hơn 10 km dòng suối Chiến hiền hòa, trong xanh, cảnh quan rất đẹp.



Hình 1. Vị trí xã Ngọc Chiến trong bản đồ huyện Mường La [3; 437]

Xã còn có trên 300 ha đồi thông bon sai (chỉ có ở Ngọc Chiến, là thông tự nhiên, không phải thông trồng); có hơn 2.650 ha cây Sơn Tra (táo mèo), mùa hoa nở trắng từng khoảng núi đồi, mùa táo chín các cây trĩu qủa, đỏ rực. Đặc biệt, Xã có bản Nậm Nghiệp nằm ở độ cao trung bình 2.200 m là nơi phân bố tập trung của Mai Anh Đào, 1.260 ha Táo Mèo, trên 400 ha chè cổ thụ, rừng nguyên sinh, cánh đồng Tà Chơ, văn hóa đặc sắc của dân tộc Mông đen. Ngọc Chiến có trên 1000 ha chè cổ thụ trong rừng nguyên sinh; 405 ha diện tích lòng hồ thủy điện (được nhân dân gọi là Hồ Ngọc) với đập vòm thủy điện Nậm Chiến đẹp nhất Đông Nam Á.

3.2. Những nét độc đáo trong Văn hóa Đá của xã Ngọc Chiến

"Kiến trúc xanh" độc đáo

Ngoài vẻ đẹp của thiên nhiên bình yên, mộc mạc thì điểm nhấn thú vị của Ngọc Chiến chính là Văn hóa Đá. Hiện nay với mỗi bản, mỗi căn nhà của người dân Ngọc Chiến đều có dấu ấn của Đá. Những viên đá cuội vốn nằm im lìm dưới lòng suối, tưởng vô dụng nhưng đã được người dân các bản ở xã Ngọc Chiến thổi hồn, tạo nên những bức tường đá, bờ rào đá, nhà thờ đá và cổng bản rất đẹp, sinh động và hấp dẫn du khách đến thăm.

Những viên sỏi nhiều kích thước, màu sắc vốn là sản phẩm mà tạo hóa kì công thành tạo nay dưới bàn tay, khối óc sáng tạo của người dân nơi đây đã sống dậy trở thành những tác phẩm nghệ thuật thực sự. Hơn nữa, Đá cũng mang trong mình câu chuyện thầm lặng của tự nhiên, câu chuyện về những giá trị văn hóa gắn với cuộc sống của người dân.

Tại Ngọc Chiến cổng nhà dân, tường rào… được làm bằng sỏi với phong cách đặc trưng, nổi bật, đơn giản nhưng thu hút mà hiếm nơi có được. Các gia đình chọn thiết kế chiếc cổng và tường bao quanh bằng

đá, trên đó trang trí thêm các khóm hoa tự trồng. Đây đều là những vật liệu sẵn có ở địa phương và rất thân thiện với môi trường, thiên nhiên.

Tất cả đều mang vẻ đẹp của Đá. Sự sáng tạo và tài hoa của người Ngọc Chiến đã biến hàng triệu viên sỏi, cuội với hình thù và kích thước khác nhau tạo nên các công trình kiến trúc độc đáo, nhất là các Nhà thờ. Phải có niềm đam mê bất tận dành cho Đá và sức sáng tạo phi thường mà người dân nơi đây đã có được những công trình nhà thờ ấn tượng, độc đáo, kì lạ. Tại xã hiện tại có 04 nhà thờ bằng đá: Nhà thờ Xủ Công (Bản Lướt), Nhà thờ cây đa Xi Tu (Bản Phày), Nhà thờ cây sa mu nghìn năm (Bản Nà Tâu), Nhà thờ Đon Hó – nhà thờ tổ của người Thái trắng (Bản Mường Chiến). Đá được bố trí, sắp xếp, tạo hình giúp cho nó mềm mại, thể hiện sự trường tồn của kiến trúc.

Di sản văn hóa đá Ngọc Chiến là sản phẩm sáng tạo, trao truyền của nhiều thế hệ, thuộc nhiều tộc người đã từng sinh sống trên mảnh đất này. Thể hiện năng lực sáng tạo và được xem là những hằng số cấu thành nên môi trường sống bao bọc xung quanh con người; tác động vào nhận thức, tâm tư tình cảm của cộng đồng dân cư trong từng không gian văn hóa.

Dưới sự tác động của con người, đá tự nhiên đã trở nên hữu ích. Đá trở thành vật liệu chính để kiến thiết làng xóm; xây dựng nhà ở, tạo các vật dụng trong sinh hoạt gia đình và xây dựng các công trình thủy lợi phục vụ phát triển kinh tế - dân sinh. Đá gắn bó những lợi ích vật chất, đá đi vào đời sống tinh thần.

Công trình kiến trúc "0 đồng"

Ngọc Chiến còn được biết đến là vùng đất của những công trình với kiến trúc "xanh" độc đáo mà bình dị, gần gũi với thiên nhiên. Đó là những ngôi nhà truyền thống mái lợp pơ mu, những chiếc cổng chào độc lạ, bức tường nhà kết bằng đá; hay những con đường bê tông chạy dọc khắp các bản làng, ngõ xóm, khu sản xuất, lung linh ánh điện không khác gì các thị trấn, thị tứ… Cán bộ và bà con Ngọc Chiến gọi đây là những công trình "0 đồng" - bởi xuất phát từ chủ trương của xã, nhưng kinh phí thực hiện 100% của nhân dân.

Trước đây khi bà con chưa hiểu giá trị của việc thu hút du lịch, cán bộ bản phải khoán vật liệu theo nhân khẩu, mỗi khẩu là 50 cân đá. Còn hiện nay, người dân các bản thi đua nhau xây dựng bản đẹp hơn, ấn tượng hơn. Ở đây, nhà nào cũng có ít nhất 3 bồn hoa, còn tường rào thì thống nhất đều ốp bằng đá cuội bà con tự lấy dưới suối lên. Những lối nhỏ dẫn vào bản sinh động hơn bởi các bức tường rào với nhiều hình thù sáng tạo, những bồn hoa được chăm sóc cẩn thận xanh mướt.

Những con đường liên bản trước kia chỉ vừa 2 xe máy tránh nhau, thì nay bà con đã tự nguyện hiến đất mở đường lên từ 6 đến 8 mét. Hiến đất làm đường, dựng tường rào bằng đá cuội, trồng hoa tạo cảnh quan đã trở thành phong trào khiến cho Ngọc Chiến thay đổi từng ngày. Nhờ đó, bà con đi lại dễ dàng, chuyên chở nông sản đi bán cũng thuận tiện hơn trước rất nhiều.

Khu chong chóng đá khổng lồ do Đoàn thanh niên xây dựng và Khu bãi đá hình bình rượu cần Lầu Xá mà người dân bản Kẻ xây dựng để đón khách du lịch cũng là những công trình "0 đồng" điển hình mới được hoàn thành. Đây là những giá trị tương đối ổn định được tích lũy và tái tạo trong cộng đồng người qua không gian và thời gian, được đúc kết thành những tinh hoa văn hóa và cố định hóa dưới dạng các sản phẩm văn hóa mang tính vĩnh hằng. Văn hóa Đá trước hết thuộc về di sản văn hóa vật thể nhưng không phải là duy nhất. Vì trong những di sản văn hóa đá vật thể đó luôn chứa đựng những giá trị văn hóa phi vật thể. Đây mới thực sự là "linh hồn" của di sản Văn hóa Đá Ngọc Chiến.

Di sản văn hóa đá Ngọc Chiến thể hiện ở tính sáng tạo không ngừng của cộng đồng cư dân đã sinh sống trên miền đất Ngọc Chiến trong suốt chiều dài lịch sử hình thành và phát triển. Họ là chủ thể văn hóa trong việc tạo ra những di sản văn hóa đá với nhiều loại hình đa dạng, phong phú và mang sắc thái văn hóa riêng.

Văn hóa Đá và con người Ngọc Chiến

Có lẽ, đá đã sinh ra những tính cách của con người cũng khá nhẫn nại, kiên trì. Tính cách con người trên vùng suối đá được thể hiện bằng cả một thế ứng xử với đá. Sự điềm đạm, sức dẻo dai, sáng tạo đã thắng được cái cương cứng của đá, biến đá thành các sản phẩm thu hút khách du lịch và làm đẹp cho bộ mặt nông thôn mới nơi đây.

Đá lầm lì, sắc nhọn, khó tính là vậy, nhưng chiều theo ý con người, đá được quây lại thành bờ rào rất hiền lành, nhưng lại là điểm tựa, khẳng định sự sinh cơ bền chặt với đá. Con người nơi đây sinh ra, lớn lên và khi giã từ cuộc sống thì vẫn bên đá.

Sự khác biệt giữa Văn hóa Đá tại Ngọc Chiến với Văn hóa Đá tại một số địa phương khác ở Việt Nam

"Văn hóa Đá" là một điều bình dị đã từng được biết đến tại cao nguyên đá Đồng Văn của Hà Giang, những nương đá khắc nghiệt là nơi sản sinh ra văn hóa đá ở đó. Còn tại Ngọc Chiến, văn hóa đá bắt nguồn từ dòng suối Chiến thơ mộng. Ở Đồng Văn đặc trưng với các kiểu canh tác trên nương đá, nhà ở với móng nhà, bậc thềm nhà, sân bằng đá, trong nhà có cối xay cối giã bằng đá. Còn Ngọc Chiến đặc trương là các kiến trúc nhà thờ, cổng, bờ tường, hàng rào và các công trình trang trí khác.

Tỉnh Phú Yên cũng có một số không gian văn hóa đá lạ mắt và độc đáo. Đó là các công trình kiến trúc dân dụng bằng đó phiến hay công viên đá nhân tạo. Các công viên đá tại Phú Yên được xây dựng hoành tráng với những phiến đá nguyên khối và dưới sự chỉ đạo, đầu tư của nhà nước. Còn các công trình đá tại Ngọc Chiến là do chính quyền chủ trương còn người dân tự thực hiện 100 %. Các công trình bằng đá cuội nhỏ xinh, bình dị, hoang sơ, tạo cảm giác bình yên cho người tham quan.

Ở tỉnh Đồng Nai, người Việt cổ đã chế tạo các dụng cụ, nhạc cụ bằng đá để phục vụ trong sản xuất và sinh hoạt đời sống với niên đại trên 300 năm. Đồng Nai còn có nhiều di sản đá tự nhiên từ lâu đời. Còn tại Ngọc Chiến văn hóa đá được hình thành muộn hơn và giai đoạn gần đây mới được phát triển mạnh mẽ dưới tác động của việc tăng cường phát triển du lịch.

3.3. Một số giải pháp bảo tồn và phát huy giá trị Văn hóa Đá cho xã Ngọc Chiến

Thứ nhất, tăng cường tuyên truyền, phổ biến, giáo dục về bảo tồn và phát huy giá trị văn hóa đá cho các thế hệ đồng bào dân tộc Ngọc Chiến. Có lẽ, không phải tự nhiên mà Ngọc Chiến được gọi tên là "bản giao hưởng của thiên nhiên". Bởi ngoài việc được thiên nhiên ưu ái vẻ đẹp suốt bốn mùa, miền đất này còn có những bàn tay cần cù, khéo léo, sáng tạo đang tô điểm cho bức tranh ấy. Do đó, để bảo tồn và phát huy giá trị văn hóa Đá cho xã Ngọc Chiến thì giải pháp cần thiết đầu tiên là giáo dục thế hệ trẻ giá trị bảo vệ môi trường, bảo vệ tài nguyên và bảo tồn văn hóa của dân tộc.

Thứ hai, đầu tư và phát triển đồng bộ cơ sở hạ tầng cho xã Ngọc Chiến. Đường giao thông tới xã Ngọc Chiến hiện hết sức khó khăn và thường xuyên bị ảnh hưởng bởi mưa lũ. Xây dựng đường tới xã để thu hút hơn khách du lịch chính là tạo động lực cho người dân phát huy giá trị văn hóa Đá nơi đây. Cần nghiên cứu và xây dựng hệ thống hạ tầng đồng bộ để các điểm thăm quan phát huy tác dụng như các đường đi thăm quan, hệ thống điện chiếu sáng, cấp thoát nước, thông tin liên lạc,...

Thứ ba, phát huy vai trò của cộng đồng. Phát huy vai trò tự quản, tự giác và chủ động của cộng đồng trong công cuộc bảo vệ và phát huy giá trị di sản văn hóa. Muốn vậy phải xử lý hài hòa lợi ích và trách nhiệm giữa Nhà nước và cộng đồng trong quá trình quản lý, khai thác và bảo vệ di sản. Bên cạnh đó, cũng cần tránh xu hướng "hành chính hóa", "Nhà nước hóa" di sản văn hóa đá, chính quyền "lấn sân", làm thay người dân trong thực hành di sản. Việc làm này vô hình trung sẽ đẩy người dân rời xa bản chất của di sản và tách di sản ra khỏi môi trường sống đích thực của nó. Chỉ khi người dân có hiểu biết sâu sắc và có sự tham gia chủ động vào việc bảo vệ và phát huy giá trị văn hóa đá, thì khi đó hiệu quả mới bền vững, lâu dài.

Thứ tư, cần đặc biệt bảo vệ nét hoang sơ của Ngọc Chiến. Đầu tư phát triển hạ tầng nhưng tuyệt đối không để quá trình đô thị hóa ảnh hưởng tới Ngọc Chiến. Tiếp tục bảo vệ và duy trì độ che phủ rừng như hiện nay (87%).

Thứ năm, muốn bảo tồn và phát huy Văn hóa Đá thì cần phát huy tổng hợp các thế mạnh kinh tế của địa phương. Tại Ngọc Chiến đời sống của đồng bào các dân tộc Mông, Thái vùng cao nơi đây rất khó khăn. Song địa phương này có điều kiện đất đai và khí hậu lạnh rất phù hợp trồng các giống hoa ôn đới cho giá trị kinh tế cao, nâng cao thu nhập nhanh chóng. Vì vậy, tỉnh Sơn La và huyện Mường La cần có sự đầu tư về vốn và kĩ thuật chăm sóc hoa cho đồng bào Mông, Thái nơi đây [2;134]. Bên cạnh đó cần có thêm những lớp tập huấn, hướng dẫn để người dân khai thác có hiệu quả hơn các hoạt động kinh doanh du lịch.

4. Kết luận

Văn hóa Đá tại xã Ngọc Chiến, huyện Mường La, tỉnh Sơn La có nhiều nét độc đáo, khác biệt so với các vùng văn hóa đá khác trên đất nước Việt Nam. Văn hóa Đá Ngọc Chiến thể hiện ở tính sáng tạo không ngừng của cộng đồng cư dân nơi đây. Đó là nét đẹp cần bảo tồn và phát huy trong tương lai. Với các tiềm năng, lợi thế sẵn có về tự nhiên, dân cư, đặc biệt là Văn hóa Đá, Ngọc Chiến hứa hẹn là điểm đến lí tưởng trong chuyến hành trình khám phá Tây Bắc và trở thành viên ngọc quý của tỉnh Sơn La.

Tài liệu tham khảo

Đảng ủy xã Ngọc Chiến, 2021. *Báo cáo Về tiềm năng lợi thế của xã Ngọc Chiến, Số 59- BC/ĐU.*

Trần Thị Thanh Hà, 2019. *Nâng cao mức sống dân cư ở tỉnh Sơn La theo hướng bền vững*. Luận án Tiến sĩ, Viện Chiến lược phát triển, Bộ Kế hoạch và Đầu tư, Hà Nội.

Thào Xuân Sùng (chủ biên), 2020, *Địa chí Sơn La.* Nxb Chính trị Quốc gia Sự thật.

ABSTRACT

The unique feature of stone culture in Ngoc Chien commune, Muong La district, Son La province

Tran Thi Thanh Ha, Pham Anh Tuan, Nguyen Thi Hong Nhung,
Dang Thi Nhuan, Hoang Thi Thanh Giang, Tong Thi Quynh Huong
Tay Bac University

ABSTRACT:

Ngoc Chien is a highland commune in Muong La district, 74 km from Son La city. The commune is famous for many unique tourism products. In particular, Stone Culture is not only of spiritual and material value to the Thai people in Ngoc Chien, but also an attractive destination for many tourists to visit, experience and discover. The study uses field methods combined with sociological investigation to find out the actual situation and compare it with available documents. In addition, the authors also used the method of consulting experts and stakeholders: experts, managers and people living in Ngoc Chien commune. Research results have analyzed the unique features of Stone Culture of Ngoc Chien commune; then propose solutions to preserve and promote this cultural value. Since then, contributing to Ngoc Chien's development step by step and becoming a new tourist destination, a "fairytale countryside" and a jewel of Son La province.

Key words: Ngoc Chien, Muong La, Stone Culture.

PHỤ LỤC ẢNH





Nhà thờ Xủ Công (Bản Lướt) | Nhà thờ cây sa mu nghìn năm (Bản Nà Tâu)





Nhà thờ cây đa Xi Tu (Bản Phày)





Khu bãi đá hình bình rượu cần Lầu Xá (bản Kẻ) | Khu chong chóng khổng lồ








Cổng nhà và tường rào "xinh đẹp" của người dân Ngọc Chiến

<table>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">Cổng mỗi bản của xã Ngọc Chiến đều được xếp bằng đá cuội và có mái bằng gỗ pơ mu</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">Cột nhà, bàn ghế, tường nhà được người dân trang trí bằng đá cuội</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">Dòng suối Chiến thơ mộng, mang trong mình Văn hóa Đá</td></tr>
</table>

Đánh giá chất lượng nước hồ Cấm Sơn và đề xuất giải pháp quản lý

Nguyễn Mai Hoa*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Hồ Cấm Sơn là một trong những hồ dự trữ nước quan trọng với tổng diện tích lưu vực 378,4 km2, trong đó diện tích lòng hồ là 2.650 ha. Nguồn nước hồ Cấm Sơn có vai trò rất quan trọng đối với việc phát triển kinh tế, xã hội của tỉnh Bắc Giang và tỉnh Lạng Sơn. Nghiên cứu được thực hiện dựa trên các phương pháp thu thập, tổng hợp và phân tích số liệu; phương pháp lấy và phân tích mẫu nước mặt. Dựa trên kết quả phân tích 12 mẫu nước mặt hồ Cấm Sơn cho thấy có 7/19 thông số chất lượng nước vượt quá giới hạn cho phép của QCVN 08:2023/BTNMT – quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt (cả mức A và B). Nước hồ có dấu hiệu bị ô nhiễm nhẹ bởi các hợp chất hữu cơ dễ phân hủy, chất dinh dưỡng (tổng nitơ, amoni), cặn lơ lửng, vi sinh vật và Pb. Các thông số khác như dầu mỡ và hầu hết các kim loại nặng,... đều nằm dưới ngưỡng cho phép cả mức A và B của QCVN 08:2023/BTNMT. Chất lượng nước hồ trong mùa mưa tốt hơn so với trong mùa khô.

Từ khóa: Bắc Giang; chất lượng; hồ Cấm Sơn; nước mặt.

1. Đặt vấn đề

Hồ Cấm Sơn được xếp vào danh mục các hồ chứa nước quan trọng cấp quốc gia và là hồ thủy lợi lớn thứ 5 của Việt Nam sau các hồ: Dầu Tiếng, Phú Ninh, Kẻ Gỗ và Cửa Đạt. Tổng diện tích lưu vực hồ Cấm Sơn là 378,4 km^2, trong đó diện tích lòng hồ là 2.650 ha. Phần lớn diện tích lòng hồ thuộc địa phận 04 xã Cấm Sơn, Tân Sơn, Hộ Đáp và Sơn Hải của huyện Lục Ngạn, tỉnh Bắc Giang, một phần nhỏ thuộc xã Hòa Lạc, huyện Hữu Lũng, tỉnh Lạng Sơn (khoảng 30 – 40 km^2). [Bộ NN&PTNT, 2004].

Nhiệm vụ chính của hồ Cấm Sơn là điều tiết nguồn nước tưới tiêu cho sản xuất nông nghiệp cho khu vực hồ và vùng lân cận. Hiện nay, hồ đang cung cấp nước tưới cho 19.857 ha và tiêu nước cho 68.975 ha đất canh tác của huyện Lạng Giang, Lục Nam, vùng Đông Bắc huyện Yên Dũng và thành phố Bắc Giang thông qua hệ thống thủy lợi Cầu Sơn – Cấm Sơn. [Công ty TNHH MTV khai thác công trình thủy lợi Bắc Sông Thương, 2023]

Bên cạnh mục đích chính là cấp nước phục vụ tưới tiêu nông nghiệp nguồn nước hồ Cấm Sơn còn được sử dụng cho mục đích sản xuất công nghiệp. Hiện nay, nguồn nước của hồ đang được khai thác để sử dụng trực tiếp cho nhà máy xi măng Hương Sơn, ngoài ra còn một phần nhỏ các cơ sở sản xuất, kinh doanh sử dụng với tổng lượng nước cấp khoảng 600.000 m^3/năm. [UBND tỉnh Bắc Giang, 2022]

Hồ Cấm Sơn cũng cung cấp nước để phục vụ sản xuất điện cho thủy điện Cấm Sơn công suất 4,5 MW cấp điện cho khu vực Đồng Mỏ, tỉnh Lạng Sơn. [UBND huyện Hữu Lũng, tỉnh Lạng Sơn, 2022]

Hàng năm, hồ Cấm Sơn cung cấp 21,5 triệu m^3 nước cho Nhà máy nước sạch DNP- Bắc Giang mục đích để cấp nước sinh hoạt của khu dân cư và hoạt động sản xuất, kinh doanh dịch vụ trên địa bàn huyện Lạng Giang, các khu đô thị, khu dân cư phía Nam và Tây Nam thành phố Bắc Giang; một phần dân cư huyện Yên Dũng, Việt Yên và các khu/cụm công nghiệp liên quan trên địa bàn tỉnh Bắc Giang. [Công ty cổ phần Đầu tư Hạ tầng nước sạch DNP - Bắc Giang, 2017]

Xuất phát từ thực tế trên, đánh giá chất lượng nước hồ và đề xuất các giải pháp quản lý hướng đến khai thác, sử dụng một cách bền vững hồ Cấm Sơn là một nhiệm vụ thực tiễn cấp thiết được đặt ra hiện nay của 2 tỉnh Bắc Giang và Lạng Sơn.

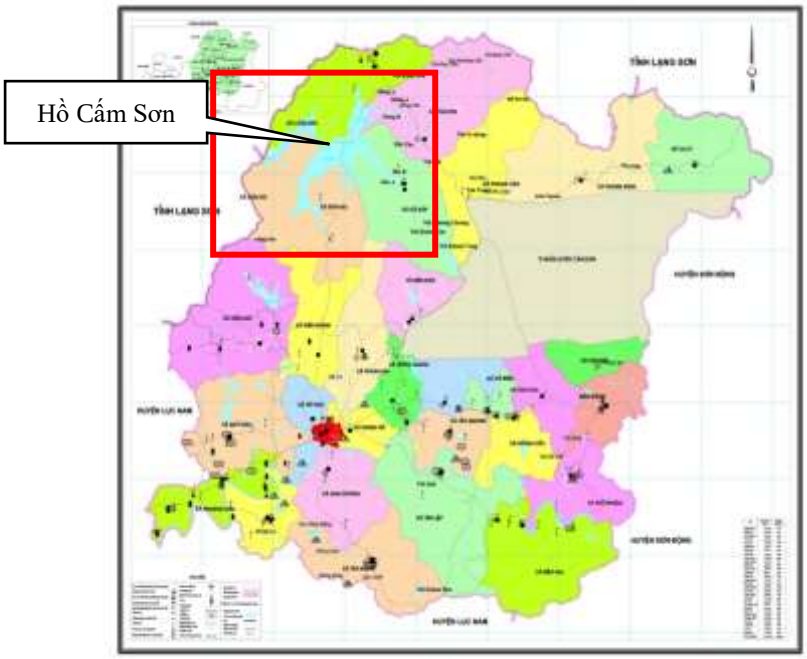
2. Phạm vi và phương pháp nghiên cứu

2.1. Phạm vi nghiên cứu

Hồ Cấm Sơn được phân chia thành nhiều nhánh và các hồ nhỏ khác nhau phân bố trên địa phận 04 xã Cấm Sơn, Tân Sơn, Hộ Đáp và Sơn Hải của huyện Lục Ngạn, tỉnh Bắc Giang và xã Hòa Lạc, huyện Hữu

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenmaihoa@humg.edu.vn

Lũng, tỉnh Lạng Sơn. Nhằm bảo đảm đánh giá được chất lượng nước hồ Cấm Sơn một cách đại diện và tổng hợp nhất các vị trí lấy mẫu nước được phân bố ở tất cả các khu vực khác nhau thuộc lòng hồ.



Hình 1. Khu vực Hồ Cấm Sơn trên địa bàn huyện Lục Ngạn, tỉnh Bắc Giang và huyện Hữu Lũng, tỉnh Lạng Sơn

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp thu thập, tổng hợp, phân tích, đánh giá số liệu, tài liệu

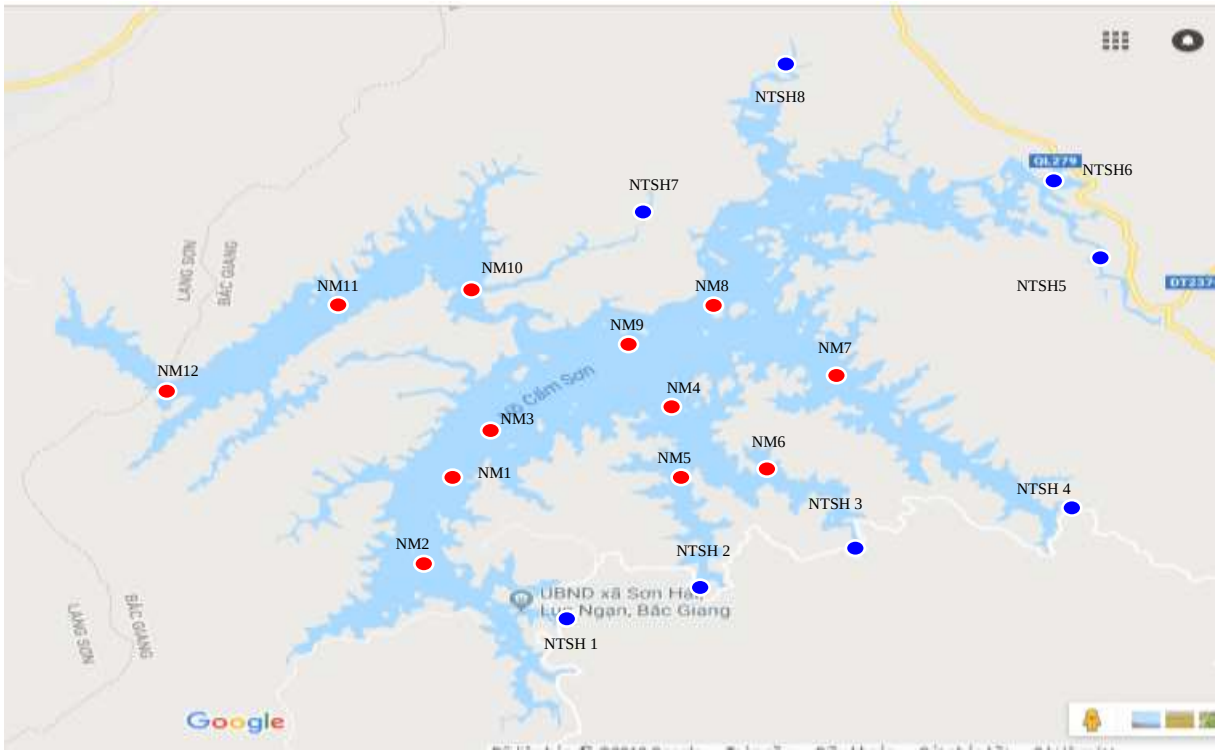
Nghiên cứu đã tiến hành thu thập, tổng hợp, phân tích, đánh giá các số liệu, tài liệu từ: các UBND 5 xã thuộc khu vực lòng hồ Cấm Sơn, các đơn vị có tham gia khai thác, vận hành hồ Cấm Sơn (Công ty TNHH MTV khai thác công trình thủy lợi Bắc Sông Thương, Công ty cổ phần Đầu tư Hạ tầng nước sạch DNP - Bắc Giang, nhà máy xi măng Hương Sơn) và kết quả thực hiện các đề tài, dự án liên quan khác.

2.2.2. Phương pháp lấy mẫu và phân tích

Tọa độ vị trí 12 điểm lấy mẫu nước hồ Cấm Sơn được trình bày trong Bảng 1 dưới đây:

Bảng 1. Mô tả các vị trí lấy mẫu nước trên khu vực hồ Cấm Sơn

TT	Ký hiệu	Tọa độ		Mô tả vị trí
		X	Y	
1	NM1	21.5152380	106.5567870	Khu vực hồ xã Sơn Hải
2	NM2	21.513025	106.5457173	Nhánh dọc Khuôn My, xã Sơn Hải
3	NM3	21.525230	106.5587696	Hồ Đồng Chẽ, xã Sơn Hải
4	NM4	21.5311132	106.5765741	Hồ Điệp, xã Hộ Đáp
5	NM5	21.5211502	106.5771625	Hồ Cồ Vai, xã Sơn Hải
6	NM6	21.5223987	106.5871678	Hồ Đồng Hỏi, xã Hộ Đáp
7	NM7	21.5370123	106.5930167	Hồ Cấm Sơn xã Hộ Đáp
8	NM8	21.5476887	106.5812210	Khu vực thôn Cấm, xã Cấm Sơn
9	NM9	21.5400926	106.5708278	Khu vực chính giữa hồ Cấm Sơn
10	NM10	21.5484883	106.5552690	Hồ Ba Khúc, xã Cấm Sơn
11	NM11	21.5400926	106.5708276	Trước đình làng Tĩnh
12	NM12	21.5418190	106.5157980	Trước đập Cấm Sơn (Lạng Sơn)



Hình 2. Vị trí lấy mẫu nước hồ Cấm Sơn (các chấm đỏ trong hình)

Mẫu nước hồ được tiến hành lấy thành 2 đợt: tháng 8 (mùa mưa) và tháng 2 (mùa khô) năm 2023. Các mẫu nước sau khi lấy được đo đạc và phân tích 19 thông số chất lượng nước, gồm: pH, Oxy hòa tan (DO), Chất rắn lơ lửng (TSS), Nhu cầu oxy sinh hóa (BOD_5), Nhu cầu oxy hóa học (COD), Amoni (NH_4^+), Nitrit (NO_2^-), tổng nitơ, tổng Photpho, các kim loại nặng (Pb, Cd, Hg, As, Fe, Cu, Zn), Clorua (Cl^-), Tổng dầu mỡ và Coliform. Quá trình lấy, bảo quản và vận chuyển mẫu tuân thủ theo các tiêu chuẩn hiện hành.

Bảng 2. Các phương pháp, thiết bị sử dụng trong quá trình lấy và phân tích mẫu

TT	Chỉ tiêu	Phương pháp, thiết bị sử dụng
1	Lấy mẫu	TCVN 6663-4:2020 (ISO 5667-4:2016) - Chất lượng nước - Lấy mẫu – Phần 4: Hướng dẫn lấy mẫu từ các hồ tự nhiên và hồ nhân tạo. TCVN 6663-3:2016 (ISO 5667-3: 2012) - Chất lượng nước - Lấy mẫu. Hướng dẫn bảo quản và xử lý mẫu.
2	pH	TCVN 6492:2011 (máy đo pH để bàn của Hana, sai số phép đo < ± 0,012)
3	DO	TCVN 7325:2016 (ISO 5814:2012): Chất lượng nước – Xác định oxy hoà tan – Phương pháp đầu đo điện hoá (đo bằng đầu đo điện hoá, sai số phép đo < ± 0,1 mg/l)
4	TSS	TCVN 6625:2000 (lọc qua lọc sợi thuỷ tinh, sai số phép đo < ± 0,3 mg/l)
5	BOD_5	TCVN 6001-1:2008 (pha loãng và cấy, ủ 5 ngày ở 20^0C; sai số phép đo < ± 1,5 mg/l)
6	COD	TCVN 6491:1999 (thuốc khử $K_2Cr_2O_7$; sai số phép đo < ± 10 mg/l)
7	NH_4^+	TCVN 6179-1:1996 (máy quang phổ kế UV - VIS với thuốc thử natri nitroprusiat và natri diclorosoxyanurat, ngưỡng giới hạn đo 0,2 ÷ 5 mg/l)
8	Tổng P	TCVN 6202:2008 (ISO 6878 : 2004) - Chất lượng nước – Xác định phospho – Phương pháp đo phổ dùng Amoni Molipdat (máy quang phổ kế UV - VIS với thuốc thử amoni molipdat, ngưỡng giới hạn đo ≥ 0,01 mg/l)
9	Tổng N	TCVN 6624:2-2000 (ISO 11905 - 2 : 1997): Chất lượng nước – Xác định Nitơ – Phần 2 – Xác định nitơ liên kết bằng huỳnh quang sau khi đốt mẫu và oxy hoá thành nitơ đioxyt
10	Cl^-, NO_3^-, NO_2^-	TCVN 6494-1:2011 (ISO 10304-1:2007): Chất lượng nước – Xác định các anion hoà tan bằng phương pháp sắc kí lỏng ion. Phần 1: Xác định bromua, clorua, florua, nitrat, nitrit, phosphat và sunfat hoà tan

11	Hg	TCVN 7877:2008 (máy quang phổ hấp thụ nguyên tử AAS PinAAcle 900F của hãng PERKIN ELMER, dùng chất khử natri tetrahydroborat, ngưỡng giới hạn đo 1 ÷ 10 µg/l)
12	As	TCVN 6626:2000 (máy quang phổ hấp thụ nguyên tử AAS PinAAcle 900F của hãng PERKIN ELMER; ngưỡng giới hạn đo 1 ÷ 10 µg/l)
13	Cu, Pb, Zn, Cd	TCVN 6496:2009 (ISO 11047:1998) - Chất lượng nước - Xác định cadimi, crom, coban, chì, đồng, kẽm, mangan và niken bằng cường thủy - Các phương pháp phổ hấp thụ nguyên tử ngọn lửa và nhiệt điện (không ngọn lửa) TCVN 6193:1996 (máy quang phổ hấp thụ nguyên tử AAS PinAAcle 900F của hãng PERKIN ELMER; ngưỡng giới hạn đo từ 0,001 ÷ 10 mg/l)
14	Fe	TCVN 6177:1996 (máy quang phổ kế UV - VIS, ngưỡng giới hạn đo từ 0,01 ÷ 5 mg/l)
15	Dầu mỡ	TCVN 5070:1995 (Phương pháp khối lượng, giới hạn đo ≥ 0,3 mg/l)
16	Coliform	TCVN 6187-1:2009 (Phương pháp lọc màng, cấy và đếm số khuẩn lạc)

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá chất lượng nước mặt

Nồng độ trung bình của các thông số chất lượng nước được tính toán dựa trên kết quả phân tích các mẫu nước lấy tại 12 vị trí trong hồ Cấm Sơn vào mùa mưa và khô được so sánh với QCVN 08:2023/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt. Kết quả được trình bày chi tiết trong Bảng 3.

Bảng 3. Giá trị trung bình các thông số chất lượng nước hồ Cấm Sơn trong mùa mưa và mùa khô

Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị (TB ± SD)		QCVN 08:2023/BTNMT	
		Mùa mưa	Mùa khô	Mức A	Mức B
A. Nhóm thông số phục vụ phân loại chất lượng nước					
pH		7,76±0,15	**8,68±0,25**	6,5 ÷ 8,5	6,0 ÷ 8,5
DO	mg/l	7,43±0,64	7,77±0,28	≥ 6,0	≥ 5,0
TSS	mg/l	**28,93±7,36**	**39,79±21,15**	≤ 5	≤ 15
BOD_5	mg/l	**12,23±8,70**	**8,09±4,44**	≤ 4	≤ 6
COD	mg/l	**23,83±15,13**	**30,22±21,97**	≤ 10	≤ 15
Tổng P	mg/l	0,02±0,000	0,04±0,03	≤ 0,1	≤ 0,3
Tổng N	mg/l	0,0228±0,01	**0,625±0,22**	≤ 0,6	≤ 1,5
Coliform	MNP/100ml	**1.908±466**	**1.842±490**	≤ 1.000	≤ 5.000
B. Nhóm thông số ảnh hưởng tới sức khoẻ con người					
NH_4^+	mg/l	0,01±0,000	**0,61±0,22**	0,3	
NO_2^-	mg/l	0,0028±0,01	0,0005±0,00	0,05	
Pb	mg/l	0,0015±0,000	**0,0328±0,0156**	0,02	
Cd	mg/l	0,0003±0,000	0,0028±0,0015	0,005	
Hg	mg/l	0,0006±0,000	0,0006±0,000	0,001	
As	mg/l	0,0023±0,000	0,0023±0,000	0,01	
Fe	mg/l	0,0250±0,010	0,0561±0,0190	0,5	
Cu	mg/l	0,0300±0,00	0,0128±0,0060	0,1	
Zn	mg/l	0,0533±0,038	0,2801±0,2480	0,5	
Cl^-	mg/l	5,00±0,000	5,84±0,49	250	
Tổng dầu mỡ	mg/l	0,44±0,10	0,49±0,16	5,0	

Kết quả từ bảng 3 cho thấy:

- Đối với nhóm các thông số phục vụ phân loại chất lượng nước:

+ Có 6/8 thông số vượt quá giới hạn cho phép, trong đó có 3 thông số là TSS, BOD_5, COD trong cả 2 đợt lấy mẫu (mùa mưa và mùa khô) đều vượt cả mức A (chất lượng nước để sử dụng làm nước cấp sinh hoạt) và mức B (chất lượng nước để cấp cho mục đích tưới tiêu thủy lợi) của QCVN 08:2023/BTNMT, cụ thể: Vào mùa mưa, hàm lượng TSS vượt mức A từ 4,34 ÷ 7,26 lần và vượt mức B từ 1,44 ÷ 2,42 lần; hàm

lượng BOD_5 vượt 5,23 lần mức A và vượt 3,49 lần mức B; hàm lượng COD vượt 3,9 lần mức A và vượt 2,6 lần mức B. Vào mùa khô, hàm lượng TSS vượt mức A từ 3,73 ÷ 12,2 lần và vượt mức B từ 1,24 ÷ 4,1 lần; hàm lượng BOD_5 vượt 3,13 lần mức A và vượt 2,1 lần mức B; hàm lượng COD vượt 5,22 lần mức A và vượt 3,48 lần mức B.

+ Có 2 thông số là pH và tổng Nitơ trong các mẫu lấy vào mùa khô vượt giới hạn cho phép của mức A (cụ thể: pH vượt 1,05 lần và tổng Nitơ vượt 1,41 lần).

+ Hàm lượng Coliform trong các mẫu lấy ở cả 2 mùa đều vượt giới hạn cho phép của mức A nhưng vẫn thấp hơn giá trị quy định theo mức B của QCVN 08:2023/BTNMT. Như vậy chất lượng nước hồ Cấm Sơn hiện tại không đảm bảo cho cả 2 mục đích là sử dụng làm nước cấp sinh hoạt và cấp cho mục đích tưới tiêu thủy lợi. Để có thể sử dụng nguồn nước hồ Cấm Sơn phục vụ cho các mục đích cấp nước này thì cần có biện pháp cải thiện chất lượng nước hiện tại.

- Đối với nhóm các thông số ảnh hưởng tới sức khoẻ con người, có 2/12 thông số trong các mẫu lấy vào mùa khô vượt giới hạn cho phép của QCVN 08:2023/BTNMT, tuy nhiên mức vượt không lớn, cụ thể: NH_4^+ vượt từ 1,3 ÷ 2,8 lần và Pb vượt khoảng 2,42 lần. Các thông số khác như dầu mỡ và hầu hết các kim loại nặng,... đều nằm trong ngưỡng cho phép của QCVN 08:2023/BTNMT – cả mức A và B.

- Chất lượng nước hồ trong mùa mưa tốt hơn so với trong mùa khô.

3.2. Đề xuất giải pháp

3.2.1. Bảo vệ và phát triển diện tích rừng trong lưu vực

- Bảo vệ nghiêm ngặt diện tích rừng hiện có trong lưu vực hồ Cấm Sơn gồm hơn 8.500 nghìn ha rừng phòng hộ thuộc Ban quản lý rừng phòng hộ Cấm Sơn và khoảng 40,5 ha rừng tự nhiên thuộc xã Hòa Lạc, huyện Hữu Lũng, tỉnh Lạng Sơn. [Ban Quản lý rừng phòng hộ Cấm Sơn, 2017]

- Đối với diện tích rừng sản xuất đã giao khoán cho người dân cần phải khuyến khích người dân khoanh nuôi bảo vệ rừng, trồng và giữ rừng thông qua cơ chế chi trả dịch vụ môi trường. Hạn chế việc người dân chuyển đổi mục đích sử dụng đất.

- Đẩy mạnh hoạt động trồng rừng phủ xanh 1.024,6 ha đất trống trong lưu vực hồ Cấm Sơn, trong đó cần ưu tiên phủ xanh diện tích đất trống thuộc 03 xã ven hồ là: Cấm Sơn (145,7 ha), Sơn Hải (65,8 ha) và Tân Sơn (172,7 ha). [Ban Quản lý rừng phòng hộ Cấm Sơn, 2017]

3.2.2. Hạn chế phát triển các nguồn thải trong lưu vực

- Xác định và cắm mốc ranh giới hành lang bảo vệ nguồn nước đối với hồ Cấm Sơn theo quy định tại Nghị định số 43/2015/NĐ-CP ngày 06/5/2015 của Chính phủ quy định lập, quản lý hành lang bảo vệ nguồn nước.

- Thực hiện nghiêm việc cấp giấy phép cho các hoạt động trong phạm vi bảo vệ công trình thủy lợi theo quy định tại Nghị định số 67/2018/NĐ-CP ngày 14/5/2018 của Chính phủ quy định chi tiết một số điều của Luật Thủy lợi để hạn chế phát triển các nguồn thải.

- Tổ chức tiến hành định kỳ các hoạt động dọn dẹp vệ sinh môi trường khu vực xung quanh hồ và vớt rác trên mặt hồ.

3.2.3. Đẩy mạnh hoạt động quan trắc và giám sát chất lượng nước

- Rà soát, điều chỉnh Quy hoạch mạng lưới quan trắc môi trường của tỉnh, trong đó bổ sung tối thiểu 09 điểm quan trắc nước mặt trên hồ để bảo đảm đánh giá đúng chất lượng nước hồ và tính toán được khả năng tiếp nhận chất ô nhiễm của hồ theo quy định.

- Định kỳ quan trắc các nguồn nước thải quan trọng xả thải trực tiếp vào hồ Cấm Sơn.

- Lắp đặt hệ thống quan trắc tự động tại khu vực lấy nước hồ phục vụ cấp nước sinh hoạt, công nghiệp.

3.2.4. Hoàn thiện các cơ chế, chính sách khai thác và quản lý chất lượng nước hồ Cấm Sơn

- Xây dựng cơ chế phối hợp giữa 2 tỉnh Bắc Giang và Lạng Sơn trong việc khai thác và quản lý chất lượng nguồn nước lưu vực hồ Cấm Sơn.

- Xây dựng cơ chế phối hợp giữa Ban quản lý rừng phòng hộ Cấm Sơn, Công ty TNHH MTV KTCTTL Bắc Sông Thương, UBND 05 xã ven hồ, đơn vị khai thác nước sinh hoạt và các cơ quan liên quan khác trong việc khai thác, bảo vệ và quản lý chất lượng nước hồ Cấm Sơn.

- Tổ chức rà soát và điều chỉnh các văn bản có liên quan tới việc khai thác và quản lý chất lượng nước hồ Cấm Sơn cho phù hợp với tình hình thực tế.

3.2.5. Tuyên truyền, giáo dục nâng cao nhận thức cộng đồng về bảo vệ hồ Cấm Sơn

- Tiến hành tập huấn, tuyên truyền về vai trò, ý nghĩa và tầm quan trọng của hồ Cấm Sơn; hướng dẫn người dân quản lý chất thải sinh hoạt; sử dụng phân bón, thuốc bảo vệ thực vật hợp lý để hạn chế xả thải vào hồ.

- Tổ chức các đợt tuyên truyền kiến thức về bảo vệ nguồn nước trong các sự kiện như: Ngày nước thế giới, ngày môi trường thế giới, ngày đa dạng sinh học.

- Đưa nội dung bảo vệ nguồn nước hồ Cấm Sơn vào nội dung hoạt động của các tổ chức chính trị - xã

hội, đoàn thể ở địa phương, nội dung học tập ngoại khóa của học sinh các cấp trên địa bàn huyện Lục Ngạn để giáo dục ý thức và trách nhiệm bảo vệ nguồn nước cho các thế hệ tương lai.

4. Kết luận

Kết quả phân tích của 12 mẫu nước mặt từ 2 đợt lấy mẫu (,mùa mưa và mùa khô) cho thấy: Nước hồ Cấm Sơn có dấu hiệu bị ô nhiễm nhẹ bởi các hợp chất hữu cơ dễ phân hủy, chất dinh dưỡng (tổng nitơ, amoni), cặn lơ lửng, vi sinh vật và Pb. Các thông số khác như dầu mỡ và hầu hết các kim loại nặng,... đều nằm dưới ngưỡng cho phép của QCVN 08:2023/BTNMT – cả mức A và B. Chất lượng nước hồ trong mùa mưa tốt hơn so với trong mùa khô.

Chất lượng nước hồ Cấm Sơn hiện tại không phù hợp cho cả 2 mục đích là sử dụng làm nước cấp sinh hoạt và cấp cho mục đích tưới tiêu thủy lợi, công nghiệp. Vì vậy cần có biện pháp cải thiện chất lượng nước nếu muốn tiếp tục sử dụng nguồn nước hồ Cấm Sơn phục vụ cho các mục đích hiện tại.

Để bảo vệ vàcải thiện chất lượng nước hồ Cấm Sơn, trong thời gian tới tỉnh Bắc Giang và Lạng Sơn cần phối hợp để hoàn thiện các cơ chế, chính sách khai thác và quản lý chất lượng nước hồ Cấm Sơn; thực hiện kiểm soát chặt chẽ các nguồn thải trên lưu vực; đẩy mạng hoạt động quan trắc, giám sát chất lượng nước hồ cũng như chất lượng các nguồn thải vào hồ; bảo vệ và phát triển diện tích rừng trên lưu vực hồ và tăng cường các hoạt đông tuyên truyền, giáo dục nâng cao nhận thức cộng đồng về bảo vệ hồ Cấm Sơn.

Lời cảm ơn

Báo cáo này được hoàn thành dựa trên kết quả điều tra phân tích do tác giả phối hợp với Sở TNMT tỉnh Bắc Giang thực hiện, thuộc đề án "Quản lý, bảo vệ môi trường đảm bảo chất lượng nguồn nước hồ Cấm Sơn, huyện Lục Ngạn và các khu vực phụ cận liên quan" của UBND tỉnh Bắc Giang chủ trì.

Tài liệu tham khảo

Ban Quản lý rừng phòng hộ Cấm Sơn, 2017. Báo cáo công tác bảo vệ và quản lý rừng xung quanh khu vực Hồ Cấm Sơn.

Bộ Nông nghiệp & Phát triển Nông thôn, 2004. Quyết định số 1848/QĐ-BNN-TL ngày 01/7/2004 của Bộ NN&PTNT ban hành danh mục các hồ chứa nước là công trình quan trọng quốc gia.

Công ty cổ phần Đầu tư Hạ tầng nước sạch DNP - Bắc Giang, 2017. Báo cáo ĐTM Dự án "Nhà máy nước sạch DNP - Bắc Giang".

Công ty TNHH MTV khai thác công trình thủy lợi Bắc Sông Thương, 2023. Thống kê nhu cầu nước tưới cho sản xuất nông nghiệp của khu vực xung quanh hồ Cấm Sơn.

UBND tỉnh Bắc Giang, 2022. Báo cáo kinh tế - xã hội năm 2022 của tỉnh Bắc Giang.

UBND huyện Hữu Lũng, tỉnh Lạng Sơn, 2022. Báo cáo kinh tế - xã hội năm 2022 của huyện Hữu Lũng.

ABSTRACT

Assessing the water quality of Cam Sơn lake and proposing management solutions

Nguyen Mai Hoa
Hanoi University of Mining and Geology

Cam Son Lake is one of the important water reserves with a total basin area of 378.4 km^2, of which the lakebed area is 2,650 hectares. Cam Son Lake water source plays a very important role in the economic and social development of Bac Giang province and Lang Son province. The research was conducted based on methods of collecting, synthesizing and analyzing data; Methods of taking and analyzing surface water samples. The analysis results of 12 surface water samples of Cam Son Lake show that 7/19 water quality parameters exceed the allowable limit of QCVN 08:2023/BTNMT - national technical regulation on surface water quality (both levels A and B). The lake water shows signs of being slightly polluted by easily decomposable organic compounds, nutrients (total nitrogen, NH_4^+), SS, Coliforms and Pb. Other parameters such as oil and grease and most heavy metals,... are below the allowable threshold for both levels A and B of QCVN 08:2023/BTNMT. Lake water quality during the rainy season is better than during the dry season.

Keywords: Bac Giang; Cam Son Lake; quality; surface water.

Landslide risk assessment based on topographic index and remote sensing technology in Hoa An district, Cao Bang province

Phan Thi Mai Hoa [1,2 *], Nguyen Quoc Phi [1,2], Nguyen Thi Cuc [1,2]
[1] *University of Mining and Geology*
[2] *Resource and Environment Management Research Group*

ABSTRACT
The Non Nuoc Geological Park in Hoa An district, Cao Bang province, is considered an important mountainous landscape area for developing geological, geomorphological, and biodiversity values, with economic, scientific, educational, and awareness-raising values for the Earth's geological heritage of Vietnam. However, due to its location in an area where geological and human activities are always strong in high mountainous areas, various disasters in the area along traffic routes, such as landslides and landslides on roads and works, are always at risk of occurring. In addition, due to the impact of climate change and the intensity of floods, the risk of such disasters may occur with increasing frequency and intensity. The study uses topographic index, remote sensing imagery and logistic regression models to assess the factors and risk of disasters. The analysis results show that the areas zoned with high and very high risk of disasters account for about 66.92 km^2, equivalent to 10.16% of the study area. In addition, the study area is also greatly affected by climate change with increasing intensity and frequency of heavy rainfall.

Keywords: natural geological heritage, landslide disaster, logistic regression, remote sensing, topographic index.

1. Introduction

The Non Nuoc Geological Park in Cao Bang, characterized by mountainous landscapes, is a special type of environmental landscape that holds geological, geomorphological, and biodiversity values. On April 12, 2018, UNESCO officially recognized it as a global geopark, bringing economic, scientific, educational, and awareness-raising values for the Earth's geological heritage (UNESCO, 2015) [8].

From 2007 to 2009, scientists from the Institute of Geology, Vietnam Academy of Science and Technology conducted surveys that confirmed: Cao Bang province has nearly 400 large and small landslides, with diverse locations and evenly distributed throughout the mountainous regions of the province. However, prevention and remediation efforts have not been effective, causing significant loss of life and property. Notably, since the beginning of the 2023 storm season, unstable rainfall patterns have led to landslides on rural and provincial roads in Hoa An district, causing billions of dong in damage [7].

The application of GIS and remote sensing technologies to predict natural disasters in various dimensions with a solid scientific foundation is crucial for ensuring sustainable socio-economic development for local communities, as well as for the rational exploitation of natural landscapes and the protection of valuable geological heritage sites in accordance with UNESCO regulations in areas prone to disasters in the coming years. This approach is particularly aligned with the objective of environmental protection of natural heritage, as outlined in one of the 12 key programs, plans, and projects of the National Environmental Protection Strategy to 2030, with a vision to 2050 [1].

Therefore, this study chooses Hoa An within the Non Nuoc Geological Park in Cao Bang to contribute to pilot research, meeting the practical, urgent, and topical needs of today.

[*]Tác giả liên hệ:
Email: phanthimaihoa@humg.edu.vn

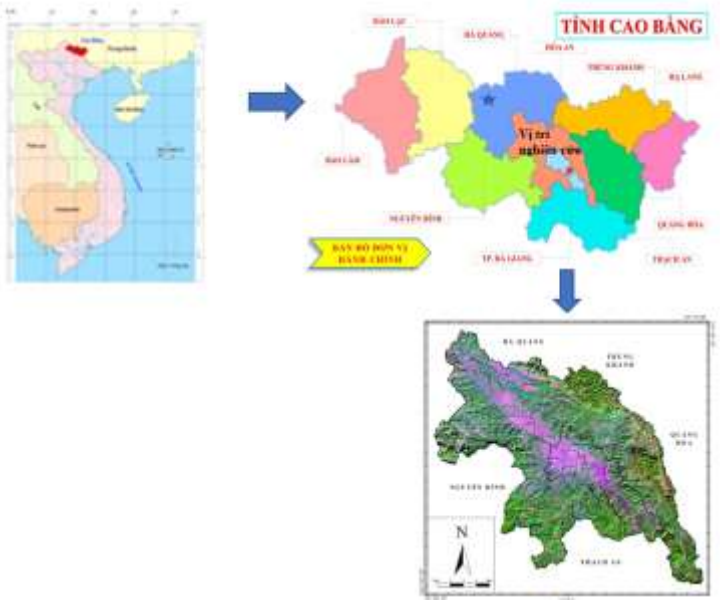


Figure 1. Study area on the 2020 RS752 channel synthesis image (Landsat 8 OLI) in Hoa An district, Cao Bang province (scale 1:50,000)

2. Data and Research Methodology

2.1. Data Sources

Along the 20 km section of National Highway 3 from Cao Bang to Quang Uyen, natural driving forces, climate change, and human activities can lead to landslides, mudslides, flash floods, and other disasters. In the study area, landslides are the most likely type of disaster to occur, with around 20 landslides recorded in the villages of An Lai, Nguyen Hue commune, Hoa An district. Since the beginning of the 2023 storm season, more than 11 landslides have been recorded along rural and provincial roads [7].

Hoa An district is characterized by two-thirds mountainous terrain with an average altitude of about 300 meters. The district is crossed by the Bang Giang, De Rao, and Nhiem rivers [2]. There are also many lakes in the area, such as Khuoi Lai, Na Tau, and Khuoi Khoan lakes, which are famous natural geological heritage sites. However, there is no continuous monitoring data for disasters. Therefore, remote sensing data with multi-temporal and spatial characteristics collected over the years is an effective method for monitoring the risk of disasters in general and landslides in particular. In addition, the method of identifying landslide-causing factors on a GIS base allows for remote sensing interpretation on a much larger scale than the landslide blocks distributed along traffic routes. However, most of these blocks are located deep in the mountains or on steep slopes, making them difficult to access during field surveys [4].

The landslide-causing factors for analyzing natural disaster susceptibility are divided into three main groups: Group 1 includes natural terrain factors such as altitude, slope, slope direction, Topographic Wetness Index (TWI), Topographic Roughness Index (TRI), Normalized Moisture Index (NMI), and Mass Balance Index (MBI); Group 2 includes meteorological and hydrological factors such as soil moisture and rainfall; Group 3 includes factors related to disaster-increasing agents such as land cover (LULC)/Land use, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).

The data required for the study is partly provided from existing information and maps prepared by organizations and partly created through field surveys. Rainfall data is the maximum daily rainfall, taken in August 2023, and Landsat 8 (OLI+) images taken on December 22, 2023, are stored by USGS with a spatial resolution of 30 meters for images and 15 meters for panchromatic bands (https://earthexplorer.usgs.gov/).

2.2. Research Method

The method used in this study includes five main steps as follows: (1) Detecting landslide locations by optical remote sensing analysis of Google Earth images and conducting wide-ranging field surveys, while randomly dividing the landslide storage into training and validation sets; (2) Selecting and extracting 12 factors using various data sources, including DEM, geological maps (scale 1:200,000 ÷ 1:50,000 by the General Department of Geology and Minerals), topographic maps (scale 1:50,000 issued by the Ministry of Natural Resources and Environment) and Landsat 8 (OLI+) images, in addition to satellite rainfall measurements; (3) Predicting the risk of accidents using a logistic regression model.

Currently, zoning for accident risk prediction with the help of information technology has become easier and more reliable by using a large amount of related data [3, 5, 6]. The main content of accident risk assessment is to delineate areas of risk by level, origin, and according to different mechanisms. The simplest form of the logistic regression equation is as follows:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots + b_nX_n \quad (1)$$

In which:

Y is the result or dependent variable

X_i are the influencing factors

b_i are the coefficients related to each factor

The relationship between the probability of an accident and the influencing factors can be represented by the formula:

$$P = \frac{1}{1+e^{-z}} \quad (2)$$

$$Z = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots + B_nX_n \quad (3)$$

Where: P is the probability of occurrence at a certain location

Z is a multivariate regression function describing the relationship between the likelihood of occurrence and the related factors.

The above equation can be rewritten as follows:

$$\ln\left(\frac{\rho}{1-\rho}\right) = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_3 + \ldots\ldots + \beta_nX_n \quad (4)$$

In which, the odds ratio of an event is simply defined as the ratio of the probability of the event occurring to the probability of the event not occurring:

$$odds = \frac{\rho}{1-\rho} \quad (5)$$

In disaster risk research, the odds ratio represents the probability of a disaster occurring under the influence of environmental factors.

3. Results of Disaster Risk Assessment in the Study Area

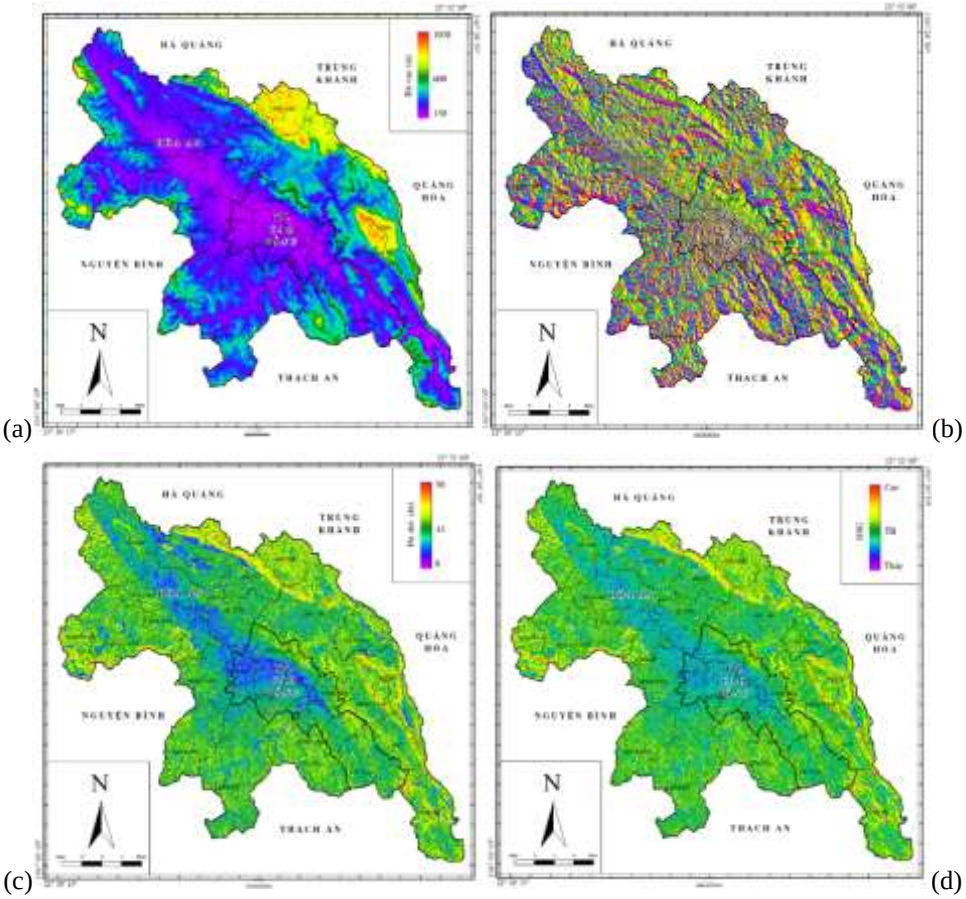
3.1. Landslide and Debris Flow Risk in the Study Area

The analysis of the topographic and geological characteristics of the study area and the preliminary results from previous studies indicate that the structure of the mountainsides near the traffic route is composed of large rock masses, which are the products of landslides and debris flows on the coarse-grained weathering crusts. The geological structure of the mountainous area with the lithological and weathering crust characteristics of the area through which the road passes is composed of cemented sand, quartz, schist, and Paleozoic calcareous schist (belonging to the Than Sa, Luoc Kieu, Mia Lé, Na Quan, and Toc Tat formations) [7]. The terrain is high, with slopes and dissection, with 65% of the area having an elevation of 500-800m and slope angles exceeding 37°. Combined with the action of the flowing stream, erosion at the base of the slope can be intensified, but it is not very noticeable.

Moderate to heavy rainfall is the main cause of landslides and rockfalls in the area. Hoa An district, Cao Bang province, takes data from the automatic rain gauge station in Keo Yen commune (Ha Quang), which is near Hoa An district and has an average annual rainfall of < 1500 mm, which is low compared to the national average. However, climate change has led to more frequent, prolonged, and intense rainfall.

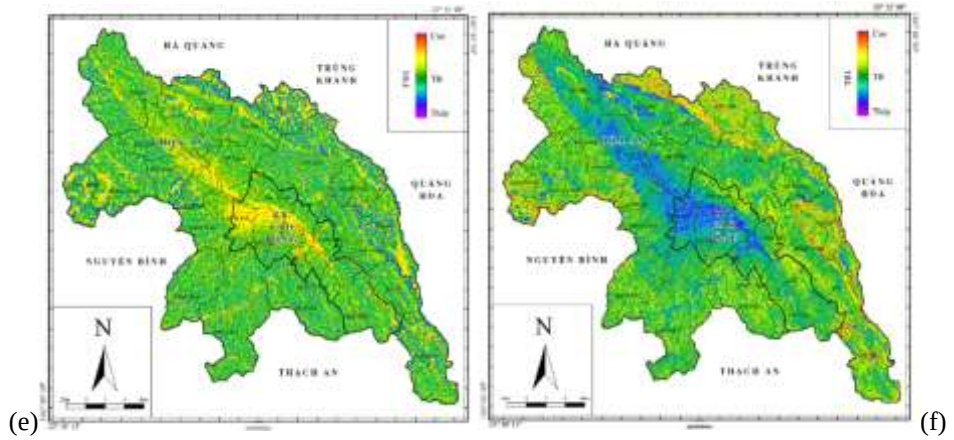
In addition to natural factors, human activities play an extremely important role in triggering disasters, such as mining activities (there are still 34 mineral mines in the area, mainly stone mines, located in or covering part of the Non Nuoc Cao Bang Geological Park), illegal logging, agricultural activities, or construction activities over time have destroyed the vegetation cover, which is also an important factor causing landslides and rockfalls. As of 2022, 75% of the identified landslides have occurred on hillsides covered by grass, shrubs, and very little vegetation.

The probability of landslides and debris flows in the Hoa An area is calculated using the logistic regression function with basic natural information layers such as lithological composition, density and faults, geological hydrology - engineering geology conditions, topographic conditions, slope, slope direction..., soil moisture and rainfall; human factors such as land use (LULC), normalized difference vegetation index (NDVI).

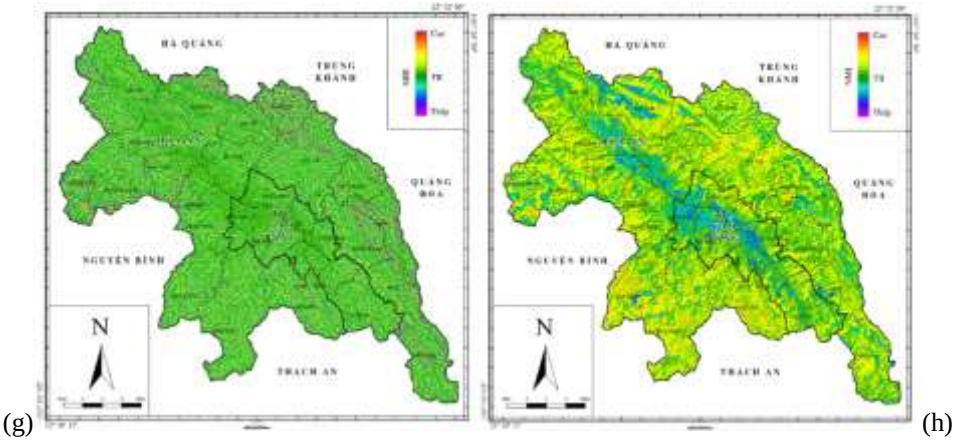


(a) (b)

(c) (d)

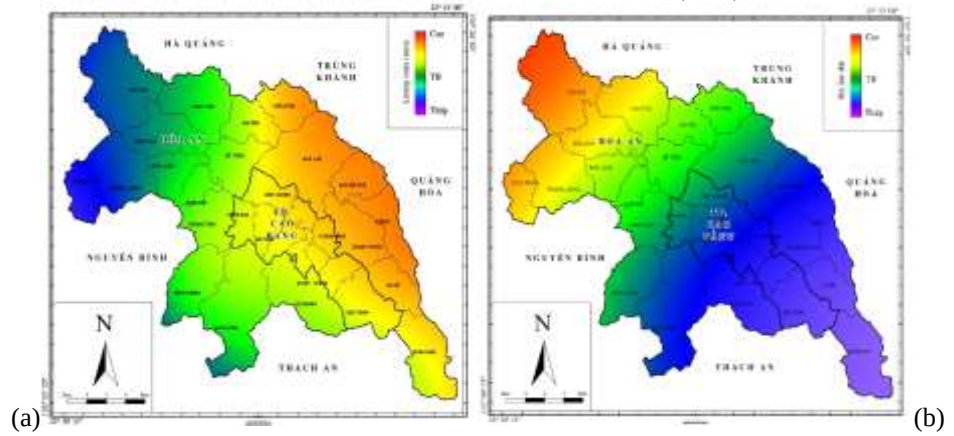


(e) (f)



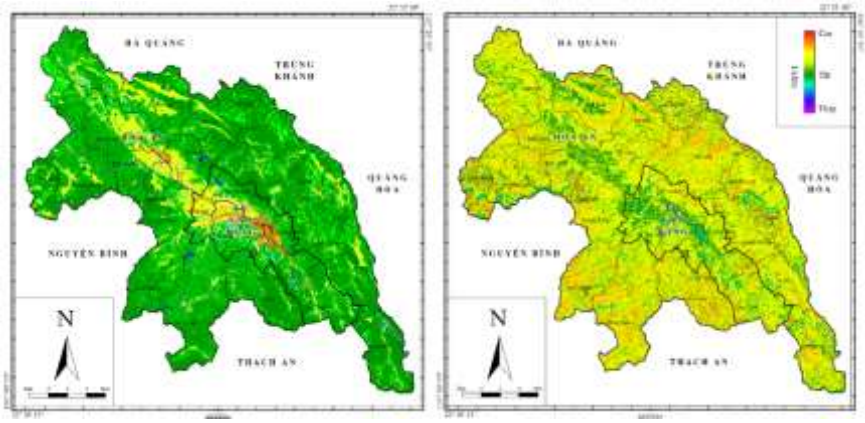
(g) (h)

Figure 2. Factors related to natural terrain (a) terrain elevation; (b) terrain slope direction; (c) slope; (d) DSG; (e) topographic moisture index (TWI); (f) terrain roughness index (TRI); (g) mass balance index (MBI); (h) normalized moisture index (NMI).



(a) (b)

Figure 3. Meteorological and hydrological factors (a) maximum daily rainfall; (b) soil moisture



(a) (b)

Figure 4. Factors that increase the triggering of landslides (a) land cover (LULC 2020)/Land use; (b) normalized difference vegetation index (NDVI).

Based on the data collected in the study area, which includes landslide locations at statistical points up to 2022 and verified using Google Earth imagery, a disaster risk map was constructed and presented in the form of disaster probability.

The landslide hazard probability represents the likelihood of landslides occurring in a specific area based on the analysis of the relationship between the occurrence of landslide points and the associated factors. Determining the cause of landslides is often difficult as landslides rarely occur due to a single cause; therefore, the analysis is often based on the synthesis of information layers. The combination of coefficients is performed according to the backward inference mechanism for each pair of information according to formula 4, and the results are shown on the landslide susceptibility map in the study area based on the logistic regression model.

3.2. Results of Disaster Risk Zoning

After determining the severity of the disasters and estimating them according to the weights, the results allow the area to be divided into 4 zones with different disaster risks, including:

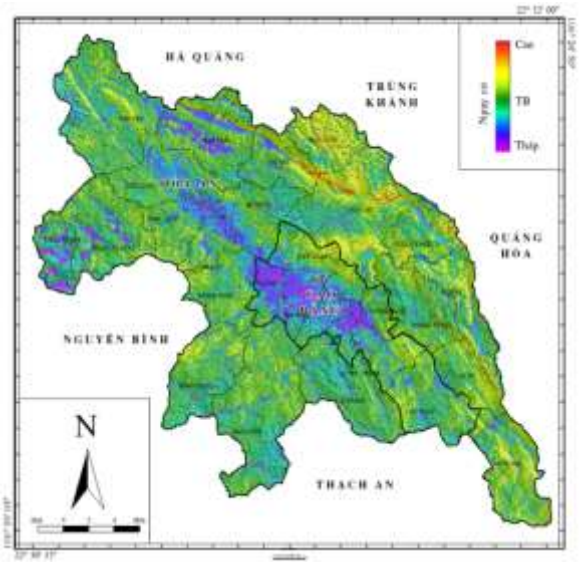


Figure 5. Disaster Risk Map of the Study Area

Areas of very high disaster risk occupy the smallest area within the study area, approximately 9.62 km2 (1.46% of the total area). They are concentrated mainly in the northeastern communes of the district, in the terrain over 1000 m asl, with slopes over 75° and aspects regularly exposed to storms and heavy rainfall. The area has higher rainfall than the communes in the northwest and experiences erosion and landslides in

various directions. Additionally, the soil moisture index (TWI) is high, and the mass balance index (MBI) indicates low stability of the soil and rock masses. This area has a high population density in the northern part of Dai Tien and Ngu Lao communes (mountains over 1011 m asl), Duc Xuan commune, and Pa Dien peak (Quang Trung commune, 1000 m asl). Therefore, caution is required when constructing residential structures such as houses and roads to ensure the safety of residents.

Areas of high disaster risk cover an area of approximately 57.30 km2 (8.70% of the study area) and are mainly distributed in the steep terrain with slopes over 700 m, such as Nguyen Hue, Ha Tri, Hong Nam, and Trung Vuong communes, with slopes over 600° and loose soil structures mixed with weathered rocks that are easily waterlogged. Small streams within the landslide-prone areas collect water from the mountains above and the surrounding basins, creating rapid flows that erode residential areas below during rainfall events. Notably, these areas have an average annual rainfall higher than other areas, with some days receiving over 250 mm, increasing the risk of landslides. In addition, these areas also experience significant human activities, including transportation routes, which can hinder traffic and endanger the lives of road users.

Areas of medium disaster risk cover the largest area, approximately 213.41 km^2 (57.44% of the total area), and are distributed in the communes of Dan Chu, Binh Long, Hoang Tung, Binh Duong, Bach Dang, and Le Chung. The terrain in these communes is relatively flat, with no high mountains and only a few low hills that gradually slope down from north to south, with elevations below 250 m. Average annual rainfall is moderate.

Areas of low disaster risk cover approximately 378.34 km^2 (32.43% of the total area) and are concentrated mainly in the northwest of Cong Trung commune, the western border of Be Trieu commune, and Nam Tuan commune, which are characterized by hilly and midland terrain with relatively steep slopes over 550°. However, rainfall distribution is low in these areas, and the slopes are sheltered from the wind.

Table 1. Statistical table of the area at risk of being affected by disasters

Disaster Risk	Area (km^2)	Percentage (%)
Very high	9.62	1.46
High	57.30	8.70
Medium	213.41	32.40
Low	378.34	57.44
Total	658.67	100

The statistical results, in conjunction with the topographical characteristics of the study area and the findings of previous studies, indicate that slopes with gradients exceeding 550° and mountains with elevations ranging from 600 to 1000 m are prone to fracturing and intense disintegration due to modern tectonic movements. These conditions favor strong weathering processes and increase the likelihood of landslides during rainfall events.

The geological composition of the mountain slopes suggests that landslides and rockfalls can occur at any time, posing a hazard to construction projects and vulnerable points along rural and provincial roads. Moreover, the presence of fault systems coinciding with the sliding masses can further weaken the cohesion, and the combination of high-intensity rainfall events lasting for several days can trigger landslides on transportation routes.

In contrast to mountainous areas with windward slopes, landslides in the study area's sheltered mountainous regions primarily occur on highly resistant rock types. Consequently, landslides are still possible but pose a lower risk and affect a smaller area.

4. Conclusion

The mountainous area of Hoa An commune, Cao Bang province, is an area that can be affected by landslides and debris flows on rural and provincial roads. Geological disasters in the study area are currently mainly affected by the lithological characteristics and weathering crust of the area through which the road passes, with a thick weathering layer and a large slope of the terrain belonging to the windward slope. When heavy and prolonged rains occur, it will create the driving force for landslides and debris flows. The study results have shown that exogenous factors (terrain conditions, topography, climate, rainfall regime, wind regime, maritime - hydrological regime) are the main causes governing the landslide process in the region. However, human activities such as excavation of works, construction of houses, roads, civil works ..., also contribute greatly to making landslides more and more powerful. The MBI, TWI, NMI indices are directly proportional to the number of landslide points in the area.

The calculation results using the logistic regression model show that the areas zoned with high and very high risk of disasters account for about 66.92 km^2, equivalent to 10.16% of the study area. In addition, the study area is also greatly affected by climate change with increasing intensity and frequency of heavy rainfall.

References

Decision No. 450/QD-TTg of the Prime Minister: Approving the National Environmental Protection Strategy to 2030, with a vision to 2050.

Electronic information portal of Hoa An District People's Committee (https://hoaan.caobang.gov.vn/dieu-kien-tu-nhien)

Hien Do Minh et al. Large-scale Mapping of Landslide and Debris Flow using Flowr Model with Statistical and Machine Learning Methods. **VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences,** [S.l.], v. 38, n. 4, dec. 2022. ISSN 2588-1094. https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4872.

Lan H.X., Zhou C.H., Wang L.J., Zhang H.Y. and Li R.H., 2004. Landslide hazard spatial analysis and prediction using GIS in the Xiaojiang watershed, Yunnan, China. Engineering Geology 76, 109-128.

Nguyen Quoc Phi, Nguyen Phuong, Nguyen Kim Long, Nguyen Thi Cuc, Ho Tien Chung, 2010. Application study of logistic regression model and artificial neural network in the assessment of geological and environmental disasters. Scientific Conference of University of Mining and Geology, Hanoi, pp. 242-250.

Quoc Phi Nguyen, Thi Phuong Thao Vu, Thi Mai Hoa Phan, Thi Anh Nguyet Nguyen, Thi Thanh Binh Do, Assessement of coastal hazards in Con Dao archipelago, Ba Ria - Vung Tau province using GIS and remote sensing. , Journal of Geodesy and Cartography: No. 58 (2023).

Uong Dinh Khanh, et al. Current status of landslide hazard along some roads of Cao Bang Province and adjacent areas. Journal of Geology: No.320 (2007), pp. 10 – 20.

Website: http://caobanggeopark.com

TÓM TẮT

Đánh giá rủi ro trượt lở đất dựa trên chỉ số địa hình và công nghệ viễn thám tại huyện Hòa An, tỉnh Cao Bằng

Phan Thị Mai Hoa[1,2], Nguyễn Quốc Phi[1,2], Nguyễn Thị Cúc [1,2]

[1] Trường Đại học Mỏ - Địa chất

[2]Nhóm Nghiên cứu Quản lý Tài nguyên và Môi trường

Công viên địa chất Non Nước tại huyện Hòa An, tỉnh Cao Bằng được coi là một khu vực cảnh quan núi non quan trọng để phát triển các giá trị về địa chất, địa mạo và đa dạng sinh học, với các giá trị về kinh tế, khoa học, giáo dục và nâng cao nhận thức về di sản địa chất của Việt Nam. Tuy nhiên, do vị trí của nó nằm trong khu vực có hoạt động địa chất và nhân sinh mạnh mẽ ở vùng núi cao, các thảm họa như trượt lở đất và sạt lở trên các tuyến giao thông luôn có nguy cơ xảy ra. Bên cạnh đó, do tác động của biến đổi khí hậu và cường độ lũ lụt, nguy cơ các thảm họa này có thể xảy ra với tần suất và cường độ ngày càng gia tăng. Nghiên cứu này sử dụng chỉ số địa hình, hình ảnh viễn thám và các mô hình hồi quy logistic để đánh giá các yếu tố và rủi ro của thảm họa. Kết quả phân tích cho thấy các khu vực được phân vùng có rủi ro thảm họa cao và rất cao chiếm khoảng 66,92 km², tương đương với 10,16% diện tích nghiên cứu. Ngoài ra, khu vực nghiên cứu cũng chịu ảnh hưởng lớn từ biến đổi khí hậu với tần suất và cường độ mưa lớn ngày càng tăng.

*Từ khóa***:** di sản địa chất tự nhiên, trượt lở đất, hồi quy logistic, viễn thám, chỉ số địa hình.

Nghiên cứu đánh giá hiện trạng chất lượng môi trường nước mặt trên sông Kinh Thầy thuộc địa bàn tỉnh Hải Dương

Nguyễn Thị Hoà*, Nguyễn Phương Đông, Trần Thị Ngọc, Nguyễn Thị Thu Huyền,
Nguyễn Thị Hồng, Đào Trung Thành
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Hiện nay nguồn nước các sông đang đứng trước nguy cơ suy thoái, ô nhiễm trầm trọng, điển hình tại sông Kinh Thầy do việc khai thác, sử dụng nguồn nước không hợp lý kết hợp với việc xả thải vào nguồn một cách bừa bãi cùng với quá trình đô thị hóa trên địa bàn tỉnh Hải Dương đang phát triển mạnh đã làm biến đổi mạnh mẽ các điều kiện môi trường nói chung và tài nguyên nước mặt tại sông Kinh Thầy nói riêng, gây ảnh hưởng tới cuộc sống của người dân và các ngành kinh tế trên địa bàn. Bài báo này tập trung vào việc đánh giá chất lượng môi trường nước mặt của Sông Kinh Thầy thuộc địa bàn tình Hải Dương. Bài báo đã đánh giá được hiện trảng xả thải vào nguồn cũng như chất lượng nguồn nước tại sông Kinh Thầy được đánh giá thông qua thông số chất lượng nước WQI (Water Quality Index). Theo kết quả đánh giá diễn biến chất lượng nước mặt định kỳ theo mạng lưới quan trắc tài nguyên và môi trường của tỉnh Hải Dương giai đoạn 2016 – 2020 cho thấy: Chất lượng nước sông Kinh Thầy có thông số TSS, NO_2^-(N), NH_4^+(N) vượt QCVN 08 (Cột B1). Các đợt quan trắc năm 2018, 2019 và 2020 có xu hướng tốt hơn so với năm 2016, 2017.

Từ khóa: Chất lượng nước mặt, Hải Dương, sông Kinh Thầy

1. Đặt vấn đề

Tỉnh Hải Dương nằm ở trung tâm đồng bằng Bắc Bộ, toàn tỉnh có diện tích tự nhiên 1.668,2 km^2 bao gồm 12 đơn vị hành chính là thành phố Hải Dương, thành phố Chí Linh, thị xã Kinh Môn và 9 huyện: Nam Sách, Kim Thành, Thanh Hà, Cẩm Giàng, Bình Giang, Gia Lộc, Tứ Kỳ, Ninh Giang và Thanh Miện, trung tâm tỉnh cách Hà Nội 57 km [2].

Nước mặt có vai trò vô cùng to lớn đối với môi trường và con người tuy nhiên nguồn nước mặt tại khu vực nghiên cứu đang có những dấu hiệu ô nhiễm do điều kiện tự nhiên và các hoạt động nhân sinh. Theo kết quả điều tra trong khu vực tỉnh Hải Dương có 13 sông chính gồm: sông Thái Bình, sông Thương, sông Kinh Thầy, sông Mạo Khê, sông Phi Liệt, sông Hàn, sông Kinh Môn, sông Lai Vu (Rạng), sông Văn Úc, sông Lạch Tray, sông Gùa, sông Kẻ Sặt và sông Luộc, hầu hết các con sông này đều có những thông số chất lượng nước vượt quá chỉ tiêu cho phép [3].

Sông Kinh Thầy dài 44,5 km. Điểm đầu từ ngã ba Nấu Khê 21°03′30″B 106°18′57″Đ phường Cổ Thành thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương, phía nam của ngã ba Mỹ Lộc nơi sông Đuống hội lưu với sông Thái Bình. Điểm cuối là ngã ba Tri Sơn nơi giáp ranh giữa phường Phú Thứ và phường An Lưu (thị xã Kinh Môn, tỉnh Hải Dương). Các loại tàu thuyền có tải trọng 150-250 tấn hoạt động được trên sông trong cả hai mùa. Đây là con sông tương đối lớn tại khu vực ngiên cứu và cũng là nơi tiếp nhận nhiều nguồn nước thải từ khu vực đổ về.

Hiện nay tỉnh Hải Dương đã đầu tư xây dựng nhiều dự án quan trắc môi trường để đánh giá hiện trạng và chất lượng môi trường trên địa bàn tỉnh tuy nhiên để đánh giá hiện trạng và chất lượng môi trường nước mặt trên từng con sông cụ thể còn nhiều hạn chế do đó Để bảo vệ nguồn nước hiệu quả, tránh lãng phí, chồng chéo việc điều tra, đánh giá hiện trạng nguồn nước mặt trên Sông Kinh Thầy trên địa bàn tỉnh Hải Dương là cần thiết, kết quả nghiên cứu góp phần xây dựng cơ sở dữ liệu phục vụ công tác quản lý các nguồn gây ô nhiễm nước mặt trong khu vực và góp phần bảo vệ tổng hợp tài nguyên nước của tỉnh.

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthihoa@humg.edu.vn

2. Phương pháp nghiên cứu

Bài báo được thực hiện với những phương pháp sau.

* Phương pháp tổng hợp, xử lý tài liệu: Đánh giá mức độ tin cậy của các thông tin tài liệu; Tổng hợp các thông tin, số liệu, tài liệu về nguồn tiếp nhận, nguồn thải, gồm: vị trí, chất lượng nước, lưu lượng, yếu tố ảnh hưởng đến nguồn tiếp nhận và nguồn thải; Phân tích, xử lý các thông tin, số liệu, tài liệu về nguồn tiếp nhận, nguồn thải, yếu tố ảnh hưởng đến nguồn tiếp nhận và nguồn thải.

* Lập danh mục các nguồn xả nước thải, nguồn tiếp nhận nước thải: Đối với mỗi nguồn thải cần xác định các thông tin chính sau: Tên nguồn thải; Vị trí, tọa độ nguồn thải hoặc các điểm xả nước thải; Loại nguồn thải; Thời gian đo đạc; Chế độ xả thải, lưu lượng trung bình, lớn nhất của nguồn thải; Giá trị các chất ô nhiễm trong nguồn thải; Đối với trường hợp có nhiều nguồn thải cần xác định danh mục nguồn xả nước thải cùng với các thông tin nêu trên; Tên, vị trí, đặc tính nguồn tiếp nhận nước thải.

* Xác định các chất ô nhiễm đặc trưng có trong nguồn nước thải: Trên cơ sở các loại nguồn thải, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về môi trường đối với các loại nước thải xác định: Các chất ô nhiễm đặc trưng cho mỗi loại nước thải; Các chất ô nhiễm cần đánh giá trên đoạn sông.

* Đánh giá diễn biến lưu lượng nguồn tiếp nhận: Lập biểu đồ diễn biến lưu lượng nguồn tiếp nhận, thời gian 12 tháng; Đánh giá diễn biến lưu lượng trong 12 tháng và giai đoạn nước kiệt nhất.

* Đánh giá diễn biến chất lượng nguồn tiếp nhận: Lập biểu đồ diễn biến từng chỉ tiêu ô nhiễm cần đánh giá trong nguồn tiếp nhận, thời gian 12 tháng; Đánh giá diễn biến từng chỉ tiêu ô nhiễm cần đánh giá trong nguồn tiếp nhận.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hiện trạng xả nước thải vào nguồn nước lưu vực sông Kinh Thầy

- Theo kết quả điều tra khảo sát dọc sông Kinh Thầy có 05 điểm xả nước thải xả trực tiếp vào sông gồm: 04 điểm xả nước thải sinh hoạt, 01 điểm xả nước thải công nghiệp với tổng lưu lượng nước thải 1.653 m^3/ngày [4].

- Ngoài ra, theo kết quả thu thập dữ liệu, tài liệu tại các Sở Ban Ngành và tại các đơn vị có phát sinh nước thải có 12 điểm xả nước thải (đã được cấp phép) xả gián tiếp vào sông Kinh Thầy gồm: 10 điểm xả nước thải loại hình công nghiệp, 02 điểm xả nước thải loại hình y tế với tổng lưu lượng nước thải 2.490 m^3/ngày.

Bảng 1. Tổng hợp hiện trạng xả nước thải vào nguồn nước trên LVS Kinh Thầy

TT	Đơn vị hành chính	Nguồn phát sinh nước thải					
		Sinh hoạt		Công nghiệp		Y tế	
		Số lượng	Lưu lượng (m^3/ngày)	Số lượng	Lưu lượng (m^3/ngày)	Số lượng	Lưu lượng (m^3/ngày)
1	TP. Chí Linh	2	20	5	1.200	2	240
2	Nam Sách			1	450		
3	TX. Kinh Môn	2	62	5	2.171		
Tổng		*4*	*82*	*11*	*3.821*	*2*	*240*

a. Hiện trạng xả thải theo sinh hoạt

Theo kết quả điều tra khảo sát, lưu vực sông Kinh Thầy có 04 điểm xả nước thải sinh hoạt với tổng lưu lượng 82 m^3/ngày. Các loại hình nước thải sinh hoạt phát sinh chủ yếu từ các khu dân cư tập trung, khu đô thị; trong đó lưu lượng xả thải lớn nhất đạt 45 m^3/ngày (SKTXT26, Cống tiêu, phường Hiệp Sơn, thị xã Kinh Môn), lưu lượng xả thải nhỏ nhất đạt 8 m^3/ngày (SKTXT03, KDC Lâu Khê, xã Hiệp Cát, huyện Nam Sách). Các điểm đều chưa có hệ thống xử lý nước thải. Nước thải sinh hoạt trực tiếp xả ra ngoài môi trường theo kênh mương thủy lợi hoặc đổ thẳng ra sông [5].

Kết quả đo nhanh chất lượng nước thải tại hiện trường cho thấy: thông số pH thay đổi từ 7,00 (SKTXT25) đến 7,48 (SKTXT03), trung bình 7,32; thông số DO thay đổi từ 3,4 mg/l (SKTXT25) đến 4,2 mg/l (SKTXT03), trung bình 3,8 mg/l; thông số TDS thay đổi từ 217 mg/l (SKTXT25) đến 947 mg/l (SKTXT01), trung bình 412 mg/l.



Số hiệu: SKTXT25, Cống tiêu, phường Hiệp Sơn, thị xã Kinh Môn

Hình 1. Ảnh điều tra, khảo sát các điểm xả nước thải sinh hoạt sông Kinh Thầy

b. Hiện trạng xả thải theo công nghiệp

Theo kết quả điều tra khảo sát và thu thập, lưu vực sông Kinh Thầy có 11 điểm xả nước thải công nghiệp với tổng lưu lượng 3.821 m^3/ngày. Trong đó:

- Có 10/11 điểm có giấy phép xả nước thải vào nguồn nước với tổng lưu lượng 2.250 m^3/ngày; lưu lượng xả thải lớn nhất đạt 500 m^3/ngày (Công ty cổ phần nguyên liệu Viglacera, phường Cộng Hòa, thành phố Chí Linh), nhỏ nhất 32 m^3/ngày (Công ty TNHH Phú Tân, phường Duy Tân, thị xã Kinh Môn). Hầu hết các cơ sở đều có hệ thống thu gom, hệ thống xử lý nước thải đạt tiêu chuẩn hiện hành trước khi thải ra môi trường và hàng năm đều quan trắc định kỳ.

- Có 01/11 điểm không có giấy phép xả nước thải vào nguồn nước với lưu lượng 1.571 m^3/ngày (CCN Hiệp Sơn, phường Hiệp Sơn, thị xã Kinh Môn). Nước thải được xử lý sơ bộ trước khi thải ra môi trường.

c. Hiện trạng xả thải theo y tế

Theo kết quả thu thập, lưu vực sông Kinh Thầy có 02 điểm xả nước thải y tế với tổng lưu lượng 240 m^3/ngày; lưu lượng xả thải đều đạt 120 m^3/ngày tại Bệnh viện đa khoa thị xã Chí Linh và Trung tâm Y tế thành phố Chí Linh, phường Sao Đỏ, thành phố Chí Linh). Các cơ sở đều có giấy phép xả nước thải vào nguồn nước và đều có hệ thống thu gom, hệ thống xử lý nước thải đạt tiêu chuẩn hiện hành trước khi thải ra môi trường và hàng năm đều quan trắc định kỳ [.

3.2. Kết quả tính chỉ số WQI đánh giá chất lượng nước mặt tại khu vực nghiên cứu

Thông số chất lượng nước WQI được tính toán theo theo Quyết định số 1460/QĐ-TCMT ngày 12/11/2019 của Tổng cục Môi trường về việc ban hành Hướng dẫn kỹ thuật tính toán và công bố thông số chất lượng nước Việt Nam (VN_WQI) [1]. Trong đó, WQI được tính toán từ các thông số quan trắc chất lượng nước, dùng để mô tả định lượng về chất lượng nước và khả năng sử dụng nguồn nước đó và biểu diễn thông qua một thang điểm.

Bảng 2. Giá trị WQI tương ứng với mức đánh giá chất lượng nước

Khoảng giá trị WQI	Chất lượng nước	Màu sắc	Mục đích sử dụng
91 - 100	Rất tốt	Xanh nước biển	Sử dụng tốt cho mục đích cấp nước sinh hoạt
76 - 90	Tốt	Xanh lá cây	Sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt nhưng cần có biện pháp xử lý phù hợp
51 - 75	Trung bình	Vàng	Sử dụng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích tương đương khác
26 - 50	Xấu	Da cam	Sử dụng cho giao thông thủy và các mục đích tương đương khác
10 - 25	Kém	Đỏ	Nước ô nhiễm nặng cần các biện pháp xử lý trong tương lai
<10	Ô nhiễm rất nặng	Nâu	Nước nhiễm độc, cần có biện pháp khắc phục xử lý

Căn cứ cơ sở phân vùng chất lượng các nguồn nước mặt theo Quyết định số 1460/QĐ-TCMT, kết quả tính toán WQI_{SI} trên sông Kinh Thầy như sau

Bảng 3. Kết quả tính toán WQI_{SI} các thông số trên sông Kinh Thầy

TT	WQI_{SI}	Vị trí lấy mẫu			
		SKT01	SKT02	SKT03	SKT04
1	WQI_{pH}	100	100	100	100
2	WQI_{BOD5}	100	100	100	100
3	WQI_{COD}	100	100	100	100
4	WQI_{DO}	75,3	62,3	69,2	72,3
5	$WQI_{NH4^+(N)}$	100	100	100	100
6	$WQI_{NO2^-(N)}$	10	10	10	10
7	$WQI_{NO3^-(N)}$	100	100	100	100
8	$WQI_{PO4^{3-}(P)}$	100	100	100	94,1
9	WQI_{As}	100	100	100	100
10	WQI_{Cd}	100	100	100	100
11	WQI_{Pb}	100	100	100	100
12	$WQI_{Cr^{6+}}$	100	100	100	100
13	WQI_{Cu}	100	100	100	100
14	WQI_{Zn}	100	100	100	100
15	WQI_{Hg}	100	100	100	100
16	$WQI_{Coliform}$	100	100	100	82
17	WQI_{EColi}	10	10	91,6	50
Tổng	WQI	69	68	90	75

Bảng 4. Kết quả đánh giá chất lượng nước theo chỉ số WQI trên sông Kinh Thầy

TT	Số hiệu mẫu	Tọa độ (Hệ VN2000 KTT $105^0$30' MC 3^0)		Vị trí	Chỉ số WQI	MĐSD Phù hợp
		X (m)	Y (m)			
1	SKT01	2332416	586684	X. Nam Tân, H. Nam Sách	69	Sử dụng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích tương đương khác
2	N11	2331754	588582	X. Thanh Quang, H. Nam Sách	64	Sử dụng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích tương đương khác
3	N5	2327757	594407	P. Tân Dân, TP. Chí Linh	69	Sử dụng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích tương đương khác
4	SKT02	2328639	594973	P. Tân Dân, TP. Chí Linh	68	Sử dụng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích tương đương khác
5	N17	2330343	600022	X. Bạch Đằng, TX. Kinh Môn	93	Sử dụng tốt cho mục đích cấp nước sinh hoạt
6	SKT03	2328682	603549	P. Thất Hùng, TX. Kinh Môn	90	Sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt nhưng cần có biện pháp xử lý phù hợp
7	SKT04	2324393	608729	P. Hiệp Sơn, TX. Kinh Môn	75	Sử dụng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích tương đương khác

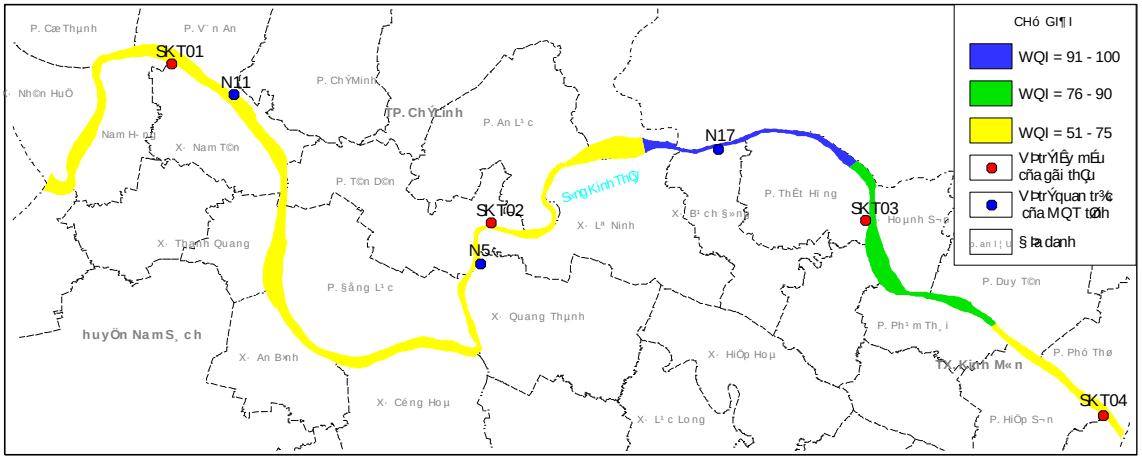
** Kết quả tính toán WQI trên sông Kinh Thầy cho thấy:*

+ Đoạn sông từ xã Nam Tân, huyện Nam Sách đến phường Tân Dân, thành phố Chí Linh có chỉ số WQI đạt từ 64 đến 69 chất lượng nước phù hợp cho mục đích tưới tiêu và các mục đích tương đương khác.

+ Đoạn sông thuộc xã Bạch Đằng, thị xã Kinh Môn có chỉ số WQI đạt 93 chất lượng nước phù hợp với mục đích cấp nước sinh hoạt.

+ Đoạn sông thuộc phường Thất Hùng, thị xã Kinh Môn có chỉ số WQI đạt 90 chất lượng nước phù hợp với mục đích cấp nước sinh hoạt nhưng cần có các biện pháp xử lý phù hợp.

+ Đoạn sông thuộc phường Hiệp Sơn, thị xã Kinh Môn có chỉ số WQI đạt 75 chất lượng nước phù hợp cho mục đích tưới tiêu và các mục đích tương đương khác.



Hình 2. Kết quả tính toán WQI trên sông Kinh Thầy

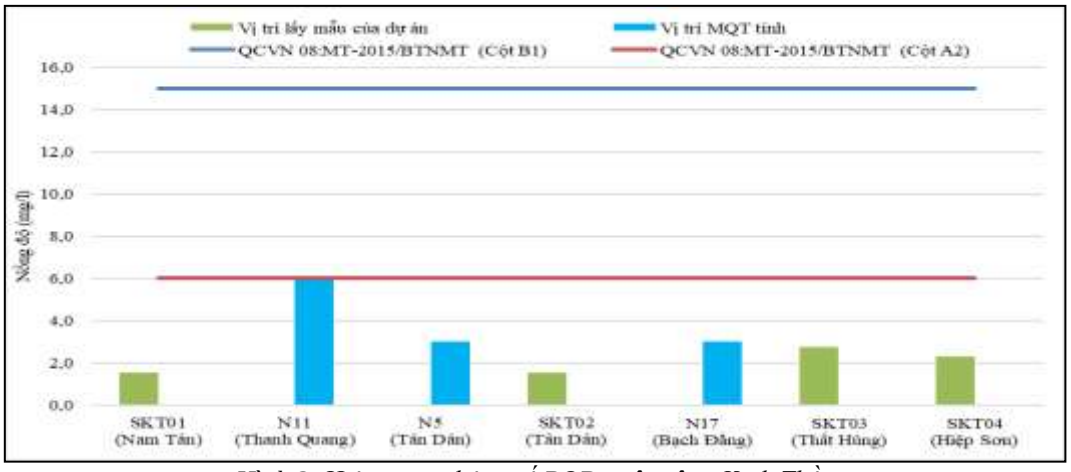
Bảng 5. Kết quả đánh giá chất lượng nước trên sông Kinh Thầy

TT	Thông số đánh giá	ĐVT	QCVN 08 (Cột B1)	QCVN 08 (Cột A2)	Số mẫu nghiên cứu	Tổng hợp kết quả phân tích			Số mẫu vượt	Giá trị Max vượt (lần)
						Min	Max	Trung bình		
1	pH	-	5,5-9	6-8,5	7	7,20	7,91	7,54		
2	BOD_5	mg/l	15	6	7	1,5	6,0	2,9		
3	COD	mg/l	30	15	7	4,0	16,0	7,7		
4	DO	mg/l	≥ 4	≥5	7	5,2	7,9	6,3		
5	TSS	mg/l	50	30	7	7,0	37,0	16,4		
6	NH_4^+(N)	mg/l	0,9	0,3	7	0,04	0,20	0,09		
7	Cl^-	mg/l	350	350	7	7,0	39,3	17,6		
8	F^-	mg/l	1,5	1,5	7	<0,01	<0,3	-		
9	NO_2^-(N)	mg/l	0,05	0,05	7	0,035	0,344	0,165	6	6,9
10	NO_3^-(N)	mg/l	10	5	7	<0,01	1,20	0,80		
11	PO_4^{3-}(P)	mg/l	0,3	0,2	7	<0,05	0,150	0,10		
12	CN^-	mg/l	0,05	0,05	7	<0,001	<0,001	<0,001		
13	As	mg/l	0,05	0,02	7	KPH	0,00298	-		
14	Cd	mg/l	0,01	0,005	7	KPH	<0,001	-		
15	Pb	mg/l	0,05	0,02	7	KPH	0,00307	-		
16	Cr (VI)	mg/l	0,04	0,02	7	0,00265	0,00769	<0,01		
17	Cu	mg/l	0,5	0,2	7	KPH	0,00165	-		
18	Zn	mg/l	1,5	1	7	KPH	0,0022	-		
19	Ni	mg/l	0,1	0,1	7	0,0117	0,0137	0,0129		
20	Fe	mg/l	1,5	1	7	0,249	0,841	0,478		
21	Mn	mg/l	0,5	0,2	7	0,0104	0,0482	0,0288		
22	Hg	mg/l	0,001	0,001	7	KPH	<0,001	-		
23	Tổng Phenol	mg/l	0,01	0,005	7	<0,001	<0,001	<0,001		
24	E.Coli	MPN/ 100ml	100	50	7	75	4.400	1.345	5	44,0
25	Coliform	MPN/ 100ml	7.500	5000	7	640	11.500	6.734	3	1,5

Từ kết quả trên cho thấy sông Kinh Thầy có các chỉ tiêu vượt QCVN 08 (Cột B1 và Cột A2) gồm: NO_2^-(N), Coliform và E.coli.

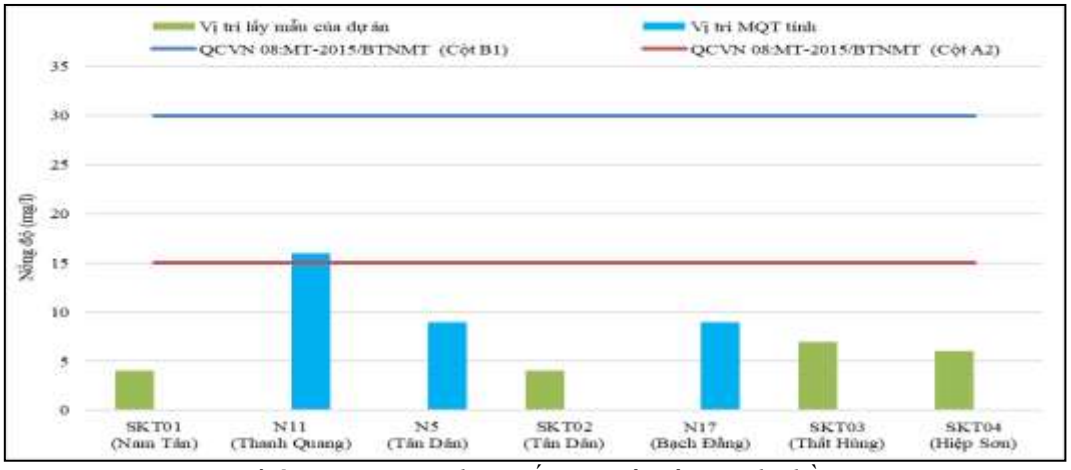
- Thông số pH: thay đổi từ 7,20 (N17) đến 7,91 (SKT04) trung bình 7,54. Các mẫu đều nằm trong giới hạn cho phép QCVN 08 (Cột B1 và cột A2).

- Thông số BOD_5: thay đổi từ 1,5 mg/l (SKT01, SKT02) đến 6,0 mg/l (N11) trung bình 2,9 mg/l. Các mẫu đều nằm trong giới hạn cho phép QCVN 08 (Cột B1 và cột A2).



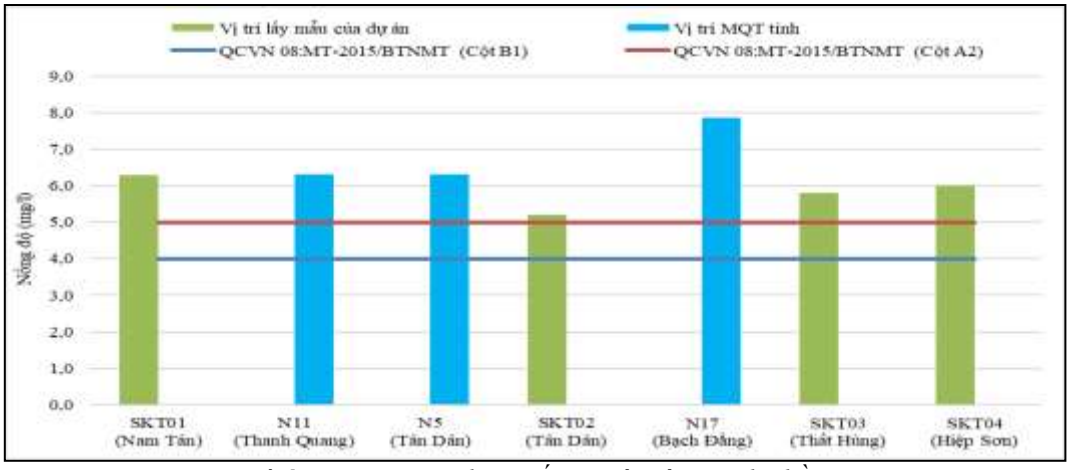
Hình.3. Hiện trạng thông số BOD_5 trên sông Kinh Thầy

- Thông số COD: thay đổi từ 4,0 mg/l (SKT01, SKT02) đến 16,0 mg/l (N11) trung bình 7,7 mg/l. Các mẫu đều nằm trong giới hạn cho phép QCVN 08 (Cột B1 và cột A2).



Hình 4. Hiện trạng thông số COD trên sông Kinh Thầy

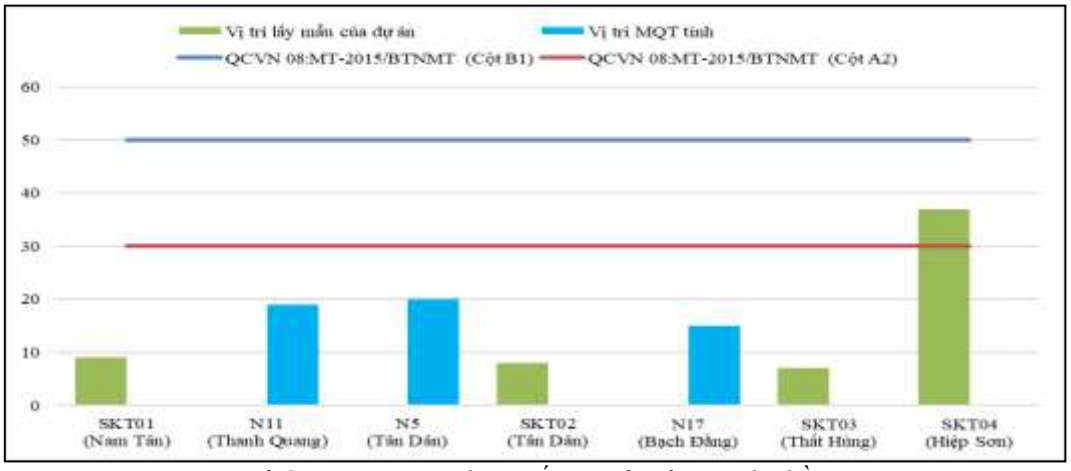
- Thông số DO: thay đổi từ 5,2 mg/l (SKT02) đến 7,9 mg/l (N17) trung bình 6,3 mg/l. Các mẫu đều nằm trong giới hạn cho phép QCVN 08 (Cột B1 và cột A2).



Hình 5. Hiện trạng thông số DO trên sông Kinh Thầy

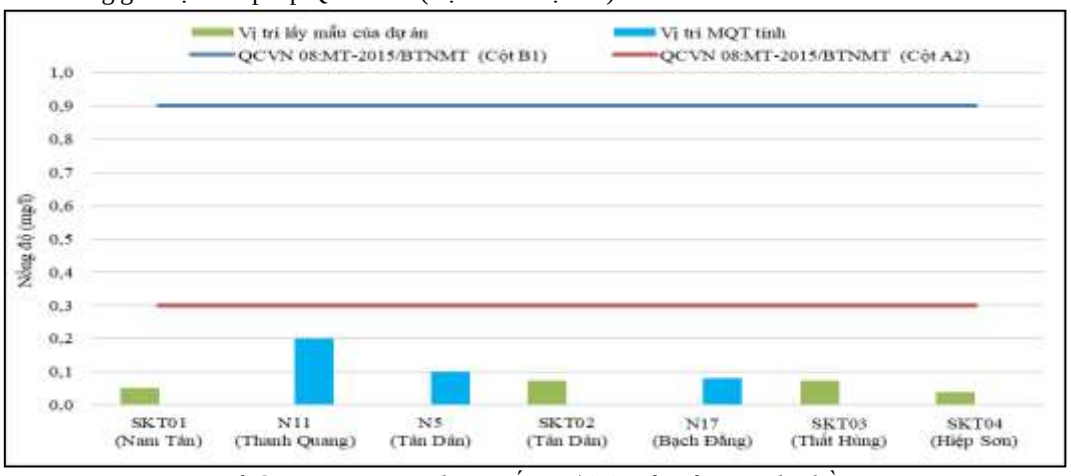
- Thông số TSS: thay đổi từ 7,0 mg/l (SKT03) đến 37,0 mg/l (SKT04) trung bình 16,4 mg/l. Các mẫu

đều nằm trong giới hạn cho phép QCVN 08 (Cột B1 và cột A2).



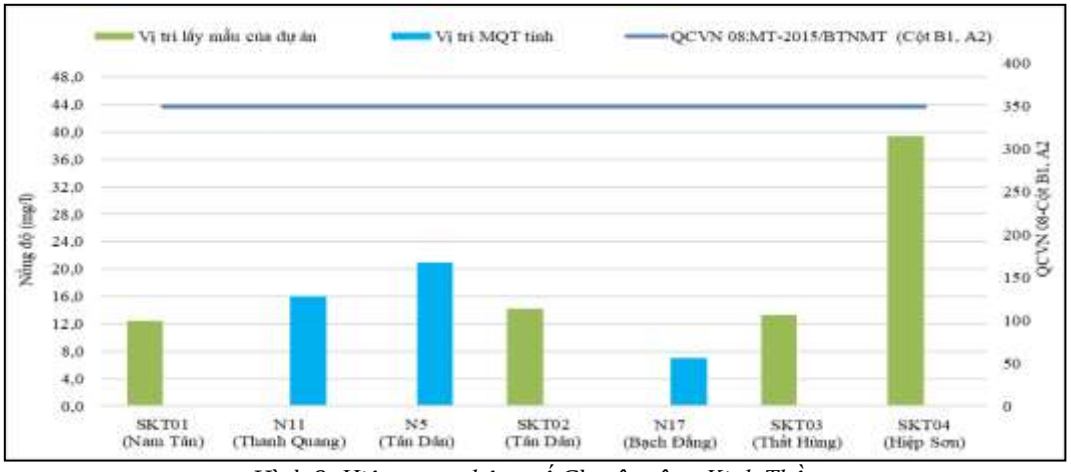
Hình 6. Hiện trạng thông số TSS trên sông Kinh Thầy

- Thông số NH_4^+(N): thay đổi từ 0,04 mg/l (SKT04) đến 0,20 mg/l (N11) trung bình 0,09 mg/l. Các mẫu đều nằm trong giới hạn cho phép QCVN 08 (Cột B1 và cột A2).



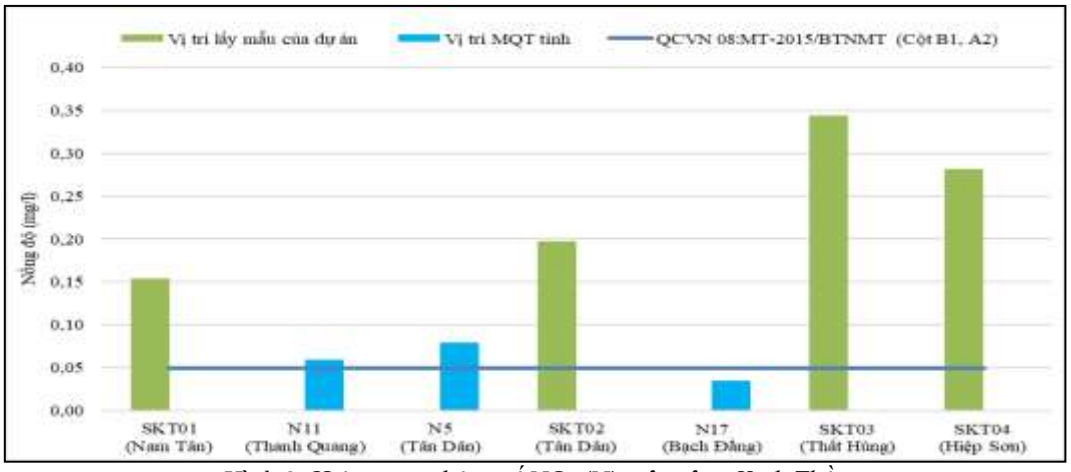
Hình 7. Hiện trạng thông số NH_4^+(N) *trên sông Kinh Thầy*

- Thông số Cl^-: thay đổi từ 7,0 mg/l (N17) đến 39,3 mg/l (SKT04) trung bình 17,6 mg/l. Các mẫu đều nằm trong giới hạn cho phép QCVN 08 (Cột B1 và cột A2).



Hình 8. Hiện trạng thông số Cl^- *trên sông Kinh Thầy*

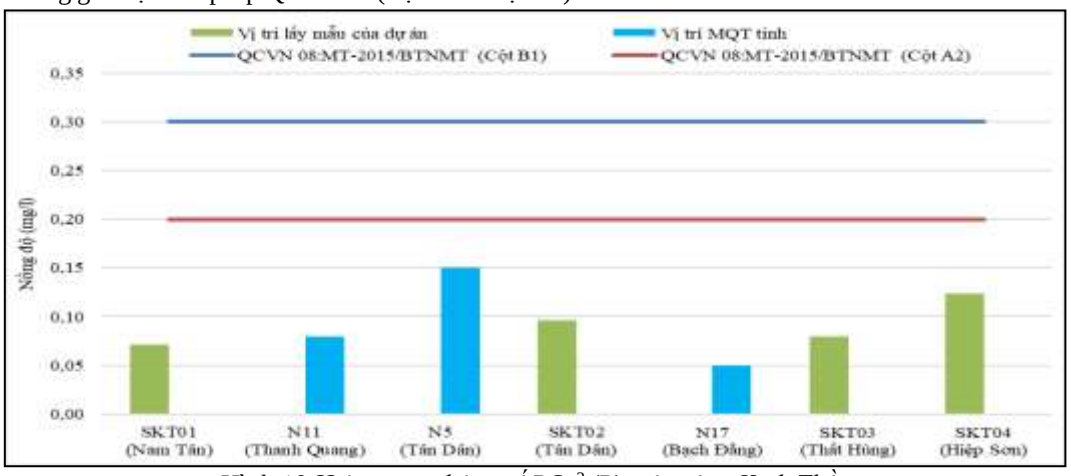
- Thông số NO_2^-(N): thay đổi từ 0,035 mg/l (N17) đến 0,344 mg/l (SKT03) trung bình 0,165 mg/l. Có 6 mẫu vượt QCVN 08 (Cột B1 và cột A2), giá trị lớn nhất vượt 6,9 lần.



Hình 9. Hiện trạng thông số NO_2^-(N) *trên sông Kinh Thầy*

- Thông số NO_3^-(N): thay đổi từ <0,01 mg/l (SKT01, SKT02, SKT03) đến 1,20 mg/l (N17), trung bình 0,8 mg/l. Các mẫu đều nằm trong giới hạn cho phép QCVN 08 (Cột B1 và cột A2).

- Thông số PO_4^{3-}(P): thay đổi từ <0,05 mg/l (N17) đến 0,150 mg/l (N5), trung bình 0,10 mg/l. Các mẫu đều nằm trong giới hạn cho phép QCVN 08 (Cột B1 và cột A2).



Hình 10 Hiện trạng thông số PO_4^{3-}(P) *trên sông Kinh Thầy*

Kết quả đánh giá diễn biến chất lượng nước mặt định kỳ theo mạng lưới quan trắc tài nguyên và môi trường của tỉnh Hải Dương giai đoạn 2016 – 2020 cho thấy: Chất lượng nước sông Kinh Thầy có thông số TSS, NO_2^-(N), NH_4^+(N) vượt QCVN 08 (Cột B1). Các đợt quan trắc năm 2018, 2019 và 2020 có xu h ướng tốt hơn so với năm 2016, 2017.

4. Kết luận

1. Bài báo đánh giá được hiện trạng các nguồn xả thải trực tiếp cũng như gián tiếp vào Sông Kinh Thầy.

2. Đã tổng quan được về tình hình chất lượng nguồn nước được đánh giá thông qua thông số chất lượng nước WQI (Water Quality Index) – áp dụng với số liệu quan trắc môi trường nước mặt lục địa. Thông số này cho phép đánh giá nhanh chất lượng nước mặt lục địa một cách tổng quát, có thể được sử dụng như một nguồn dữ liệu để xây dựng bản đồ phân vùng chất lượng nước, cung cấp thông tin môi trường cho cộng đồng một cách đơn giản, dễ hiểu, trực quan, từ đó nâng cao nhận thức của cộng đồng về môi trường.

3. Theo kết quả đánh giá diễn biến chất lượng nước mặt định kỳ theo mạng lưới quan trắc tài nguyên và môi trường của tỉnh Hải Dương giai đoạn 2016 – 2020 cho thấy: Chất lượng nước sông Kinh Thầy có thông số TSS, NO_2^-(N), NH_4^+(N) vượt QCVN 08 (Cột B1). Các đợt quan trắc năm 2018, 2019 và 2020 có xu hướng tốt hơn so với năm 2016, 2017

5. Tài liệu tham khảo

Quyết định 1460/QĐ-TCMT 2019 hướng dẫn kỹ thuật tính toán và công bố chất lượng nước, 2019.

UBND tỉnh Hải Dương. Báo cáo số 148/BC-UBND ngày 05/12/2021 của UBND tỉnh Hải Dương về

tình hình thực hiện Kế hoạch phát triển kinh tế - xã hội năm 2021 và Kế hoạch phát triển kinh tế - xã hội năm 2022, 2021.

Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn Hải Dương. Quy hoạch thủy lợi tỉnh Hải Dương đến năm 2015 và định hướng đến năm 2020, 2008.

Sở Tài nguyên và Môi trường Hải Dương. Báo cáo kết quả quan trắc chất lượng môi trường tỉnh Hải Dương năm 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021.

Sở Tài nguyên và Môi trường Hải Dương. Báo cáo hiện trạng môi trường tỉnh Hải Dương 5 năm (2016-2020), 2020.

ABSTRACT

Research to evaluate the current status of surface water environment quality on Kinh Thay river in Hai Duong province

Nguyen Thi Hoa , Nguyen Phuong Đong, Tran Thi Ngoc, Nguyen Thi Thu Huyen,
Nguyen Thi Hong, Dao Trung Thanh
Hanoi University of Mining and Geology

Currently, river water sources are facing the risk of serious degradation and pollution. Typically at Kinh Thay River, the unreasonable exploitation and use of water resources combined with indiscriminate discharge of waste into water sources along with the rapidly growwing urbanization process in Hai Duong province, has drastically changed environmental conditions in general and surface water resources (Kinh Thay River) in particular, affecting the lives of people and economic sectors in the area. This article focuses on assessing the quality of surface water environment of Kinh Thay River in Hai Duong province. The article has evaluated the current discharge of wastewater into water source as well as the quality of water resources at Kinh Thay River using the water quality parameter WQI (Water Quality Index). According to the results of periodic assessment of surface water quality developments based on the natural resources and environmental monitoring network of Hai Duong province in the period 2016 - 2020, it shows that: among the Kinh Thay river water quality parameters, the TSS, NO_2^-(N), NH^{4+}(N) exceed QCVN 08 (Column B1). In the 2018, 2019 and 2020 monitoring periods, water quality tended to be better than those in 2016 and 2017.

Keywords: Surface water quality, Hai Duong, Kinh Thay river

Nghiên cứu đánh giá hiện trạng quản lý chất thải rắn sinh hoạt tại tỉnh Vĩnh Phúc bằng mô hình DPSIR

Nguyễn Thị Hồng*, Vũ Thị Lan Anh, Nguyễn Thị Hòa,
Nguyễn Phương Đông, Đào Trung Thành
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Nghiên cứu đã sử dụng mô hình đánh giá tổng hợp DPSIR để đánh giá thực trạng phát sinh, thu gom, xử lý CTRSH tại tỉnh Vĩnh Phúc. Kết quả nghiên cứu cho thấy CTRSH gia tăng chủ yếu do gia tăng dân số và phát triển kinh tế. Khối lượng CTRSH phát sinh ước tính khoảng 916 tấn/ngày. Tỷ lệ thu gom CTRSH ở đô thị đạt 95%, nông thôn đạt 75%. CTRSH được xử lý hợp vệ sinh còn rất thấp. Hầu hết các bãi chôn lấp, lò đốt rác thải hiện đã quá tải, xuống cấp, công nghệ lạc hậu không đảm bảo hợp vệ sinh đã gây ra các tác động đến môi trường tự nhiên, sức khỏe cộng đồng và phát triển kinh tế - xã hội trên địa bàn tỉnh Vĩnh Phúc. Một số cơ chế, chính sách về quản lý CTR đã được ban hành, góp phần giải quyết những khó khăn trong công tác quản lý CTR ở các địa phương.

Từ khóa: Mô hình DPSIR; chất thải rắn; tỉnh Vĩnh Phúc

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, cùng với sự gia tăng dân số và nhu cầu cuộc sống, lượng chất thải rắn sinh hoạt (CTRSH) tăng nhanh cùng với sự thay đổi thành phần trong CTRSH. Trong đó một lượng lớn vẫn chưa được thu gom để xử lý hợp vệ sinh và xả trực tiếp ra môi trường, điều này cũng là mối quan tâm hàng đầu của chính quyền địa phương bởi công tác quản lý chất thải còn nhiều hạn chế.

Tỉnh Vĩnh Phúc có diện tích tự nhiên 123.600 ha, gồm 9 đơn vị hành chính (TP Vĩnh Yên, Phúc Yên và 07 huyện: Lập Thạch, Sông Lô, Tam Dương, Bình Xuyên, Tam Đảo, Vĩnh Tường, Yên Lạc) với 136 xã, phường, thị trấn. Theo kết quả điều tra, khảo sát, tổng lượng rác thải phát sinh trên địa bàn tỉnh khoảng 920 tấn/ngày, trong đó ở khu vực đô thị khoảng 350 tấn/ngày, khu vực nông thôn khoảng 570 tấn/ngày. Tỷ lệ thu gom ở đô thị đạt khoảng 95%, khu vực nông thôn đạt khoảng 75%. Tỷ lệ đốt khoảng 25%, chôn lấp khoảng 75%.

Bên cạnh đó, cách xử lý CTRSH chủ yếu là chôn lấp với hình thức chôn lấp đơn giản chưa đáp ứng được đầy đủ các yêu cầu về điều kiện vệ sinh môi trường. Đa số các bãi rác được xây dựng và hoạt động từ giai đoạn 2014 - 2015 nên đến nay quá tải và đang trong tình trạng ô nhiễm, ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng môi trường sống, sức khỏe cộng đồng, sự phát triển kinh tế và xã hội.

Do đó, việc đánh giá các tác đông và đưa ra được các giải pháp hữu hiệu để giảm lượng CTRSH và cải thiện hoạt động quản lý chất thải là rất cần thiết. Chính vì vậy, nghiên cứu đã ứng dụng mô hình đánh giá tổng hợp DPSIR để đánh giá nguyên nhân, hiện trạng quản lý và khả năng ứng phó với các vấn đề môi trường do CTRSH gây ra, xác định được điểm tồn đọng và đưa ra giải pháp quản lý phù hợp.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Thu thập, tổng hợp tài liệu

Tác giả đã tiến hành thu thập các thông tin liên quan đến gia tăng dân số, chính sách phát triển kinh tế, lượng chất thải phát sinh, hiện trạng thu gom, các phương pháp xử lý CTRSH đang áp dụng tại tỉnh Vĩnh Phúc từ các cơ quan chức năng. Ngoài ra, số liệu phân tích còn được thu thập từ các các báo cao mới nhất, Niên giám thống kê, Báo cáo hiện trạng môi trường của tỉnh.

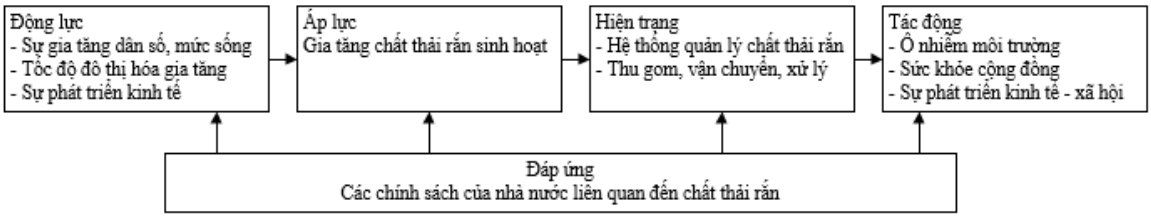
2.2. Phương pháp DPSIR

Nghiên cứu sử dụng mô hình đánh giá tổng hợp DPSIR (Động lực – Driving (D), Áp lực – Pressure (P), Hiện trạng – State (S), Tác động – Impact (I), Đáp ứng – Response (R)) để đánh giá hiện trạng và tác động đến môi trường do chất thải rắn sinh hoạt. Đây là một phương pháp đánh giá tổng hợp do Tổ chức Môi trường Châu Âu (EEA) xây dừng từ những năm 1999 nhằm xác định, phân tích và đánh giá các chuỗi quan hệ nguyên nhân – kết quả: nguyên nhân gây ra các vấn đề môi trường, hậu quả và các biện pháp ứng phó

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthihong@humg.edu.vn

cần thiết. Cấu trúc của mô hình bao gồm các thông số chỉ thị về điều kiện tự nhiên – kinh tế – xã hội của vùng nghiên cứu.

Trên cơ sở khảo sát thực tế, thu thập số liệu, tác giả xây dựng sơ đồ thể hiện mối quan hệ nhân quả của các yếu tố trong mô hình DPSIR để đánh giá hiện trạng quản lý CTR tại tỉnh Vĩnh Phúc.



Hình 1. Sơ đồ phân tích hiện trạng quản lý CTRSH tỉnh Vĩnh Phúc

Sự gia tăng dân số, mức sống và tốc độ đô thị hóa là nguyên nhân chính dẫn đến lượng CTRSH tăng mạnh. Lượng CTRSH gia tăng trong khi năng lực thu gom và xử lý còn hạn chế đã làm suy giảm chất lượng môi trường sống, ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe của cộng đồng và sự phát triển kinh tế khu vực. Từ đó, cần đưa ra những giải pháp hữu hiệu để cải thiện hoạt động quản lý CTRSH và làm giảm lượng và thành phần CTRSH.

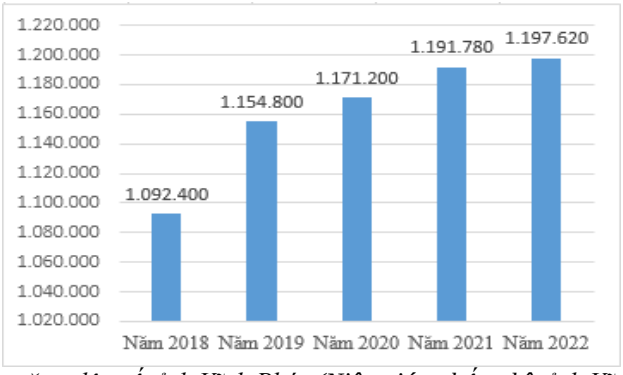
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá hiện trạng quản lý CTRSH tỉnh Vĩnh Phúc

3.1.1. Động lực

- Gia tăng dân số

Tốc độ gia tăng dân số trên địa bàn tỉnh Vĩnh Phúc từ năm 2018 đến năm 2022 tăng 9,6%. Quá trình gia tăng dân số nhanh chóng kéo theo những nhu cầu ngày càng tăng về sinh hoạt, giáo dục, đào tạo, chăm sóc y tế, giao thông vận tải, nhà ở, việc làm... làm gia tăng sức ép đối với môi trường tự nhiên và môi trường xã hội.



Hình 2. Biểu đồ gia tăng dân số tỉnh Vĩnh Phúc (Niên giám thống kê tỉnh Vĩnh Phúc năm 2022)

- Tốc độ đô thị hóa gia tăng (Niên giám thống kê tỉnh Vĩnh Phúc năm 2022)

Tính đến cuối tháng 12/2022, trên địa bàn tỉnh có 2 thành phố và 30 đô thị loại V thuộc cấp huyện, tốc độ đô thị hóa đạt 47%; Do tác động của quá trình đô thị hóa, quá trình chuyển dịch cơ cấu lao động theo hướng tăng dần lao động ngành công nghiệp - xây dựng và dịch vụ, đồng thời giảm dần lao động nông nghiệp, đã làm cho dân số đô thị của Vĩnh Phúc tăng mạnh. Dân số tăng cùng với đô thị hóa nhanh chóng đã góp phần làm cho CTRSH gia tăng về số lượng và thay đổi trong thành phần. Nguồn phát sinh CTRSH chủ yếu là các khu dân cư. Lượng CTRSH gia tăng trong khi tỷ lệ được thu gom thấp đã trở thành một trong những mối quan tâm của các nước đang phát triển.

- Phát triển kinh tế

Tốc độ tăng tổng sản phẩm trên địa bàn tỉnh (GRDP) năm 2022 đạt mức tăng khá, ước tăng 9,4% so với năm trước, cao nhất trong giai đoạn 2014-2022. Trong đó, khu vực nông, lâm nghiệp và thủy sản ước tăng 0,17%; khu vực công nghiệp và xây dựng tăng 13,14%; khu vực dịch vụ tăng 9,61%.

Quy mô GRDP tỉnh Vĩnh Phúc năm 2022 theo giá hiện hành ước đạt 153 nghìn tỷ đồng, tăng 15,6 nghìn tỷ đồng, tương đương tăng 11,39% so với năm 2021. Đưa giá trị GRDP bình quân đầu người lên 127,7 triệu đồng/người, tăng 13,5 triệu đồng/người, tương đương tăng 11,82% so với năm 2021.

Về cơ cấu trong GRDP: Năm 2022, ước tỷ trọng ngành công nghiệp - xây dựng chiếm 48,92%; ngành dịch vụ chiếm 21,87% và ngành nông, lâm nghiệp, thủy sản chiếm 5,23%; thuế sản phẩm trừ trợ cấp sản phẩm chiếm 23,98% trong cơ cấu GRDP các ngành kinh tế theo giá hiện hành.

3.1.2. Áp lực

Lượng CTR phát sinh phụ thuộc vào quá trình gia tăng dân số, đô thị hóa và phát triển kinh tế. Sự phát

triển dân số đã tạo sức ép rất lớn lên việc đầu tư hệ thống hạ tầng bảo vệ môi trường như xử lý rác thải. Tổng lượng CTR phát sinh của tỉnh Vĩnh Phúc năm 2020 khoảng 916 tấn/ngày tương đương khoảng 334.340 tấn/năm; Chỉ số phát sinh ước tính trên đầu người khoảng 0,7-0,9 kg/người/ngày (Theo thống kê của Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Vĩnh Phúc)

Bảng 1. Khối lượng CTRSH phát sinh theo khu vực năm 2020

STT	Địa bàn	Dân số 2020			Khối lượng rác phát sinh (tấn/ngày)	Chỉ số phát sinh (kg/người/ngày)
		Đô thị	Nông thôn	Tổng cộng		
1	TP. Vĩnh Yên	100.244	20.961	121.205	113	0,9
2	TP. Phúc Yên	83.642	24.698	108.340	102	0,9
3	Bình Xuyên	72.470	62.357	134.827	110	0,8
4	Tam Dương	11.266	104.874	116.140	84	0,7
5	Tam Đảo	20.537	63.930	84.467	68	0,8
6	Vĩnh Tường	29.080	179.846	208.926	153	0,7
7	Yên Lạc	15.559	142.689	158.248	114	0,7
8	Lập Thạch	14.590	123.635	138.225	101	0,7
9	Sông Lô	3.593	97.261	100.854	72	0,7
	Tổng	350.981	820.251	1.171.232	916	

Dự báo đến năm 2025 khối lượng phát sinh khoảng 980 tấn/ngày. Cùng với sự hình thành phát triển các đô thị, khu, cụm công nghiệp và khu dân cư mới, sự gia tăng, dịch chuyển cơ học về dân số trên địa bàn tỉnh sẽ tăng cao dẫn tới lượng CTRSH phát sinh ngày càng lớn, áp lực lên hệ thống thu gom, xử lý sẽ ngày càng gia tăng, đặc biệt là đối với những vùng trung tâm phát triển đô thị, công nghiệp, vùng lõi nằm trong quy hoạch chung đô thị Vĩnh Phúc.

3.1.3. Hiện trạng

- Công tác thu gom, vận chuyển CTR

+ Đối với khu vực đô thị (TP. Vĩnh Yên và TP. Phúc Yên): Việc thu gom, vận chuyển, xử lý rác thải được thực hiện thông qua hình thức đấu thầu cung cấp dịch vụ. Hiện nay, Công ty Cổ phần Môi trường và Dịch vụ đô thị Vĩnh Yên và Công ty Cổ phần Môi trường và công trình đô thị Phúc Yên đang thực hiện cung cấp dịch thu gom, vận chuyển và xử lý rác thải trên địa bàn thành phố Vĩnh Yên, thành phố Phúc Yên. Tỷ lệ rác được thu gom đạt trên 95% và tần suất thu gom 1 lần/ngày (thu gom hàng ngày) để vận chuyển về nơi xử lý.

+ Đối với khu vực nông thôn: Hoạt động thu gom, vận chuyển, xử lý rác thải được thực hiện thông qua hợp đồng thuê khoán cho hợp tác xã hoặc các tổ đội vệ sinh môi trường. Nhìn chung, mạng lưới thu gom rác thải đã được hình thành và cơ bản đã bao phủ đến hầu hết khu trung tâm hành chính và các khu dân cư tập trung của các xã, thị trấn. Tỷ lệ rác thải được thu gom đạt trên 75%, tần suất trung bình khoảng 3 ngày/lần. Một số ít khu dân cư thưa thớt ở các xã vùng núi tần suất thấp hơn hoặc thực hiện theo hình thức tự xử lý bằng hố chôn lấp tại gia đình.

+ Đối với các cơ sở sản xuất, kinh doanh, dịch vụ, khu công nghiệp: Thực hiện theo hợp đồngdịch vụ với các đơn vị có chức năng để thu gom, vận chuyển, xử lý tại các cơ sở trên địa bàn tỉnh hoặc các tỉnh lân cận, tần suất trung bình khoảng 2 ngày/lần.

Bảng 2. Dự kiến khối lượng CTRSH được thu gom, xử lý theo địa bàn

STT	Địa bàn	Khối lượng thu gom, xử lý theo tỷ lệ hàng năm (tấn/năm)			
		2022	2023	2024	2025
1	TP. Vĩnh Yên	45.990	48.290	50.704	53.239
2	TP. Phúc Yên	39.055	41.008	43.058	45.211
3	Bình Xuyên	29.539	29.884	30.228	30.573
4	Tam Dương	22.831	23.128	23.424	23.721
5	Tam Đảo	36.306	36.522	36.738	36.954
6	Vĩnh Tường	41.521	42.055	42.589	43.123
7	Yên Lạc	31.119	31.524	31.928	32.332
8	Lập Thạch	27.233	27.586	27.939	28.292
9	Sông Lô	19.510	19.767	20.025	20.283
	Tổng	293.104	299.764	306.633	313.728

- *Công tác xử lý CTR*

CTRSH hiện nay phần lớn được chôn lấp tạm thời hoặc đổ thành bãi lộ thiên, phần còn lại được xử lý bằng các lò đốt quy mô nhỏ, không đảm bảo hợp vệ sinh.

+ Xử lý CTRSH ở đô thị: Ở khu vực thành phố Vĩnh Yên, rác thải được thu gom, chôn lấp tại khu vực cạnh núi Bông, phường Khai Quang. Khu vực này nằm trong vùng quy hoạch phát triển đô thị và không đảm bảo khoảng cách an toàn về môi trường theo quy định. Ở khu vực thành phố Phúc Yên, do đến nay vẫn chưa bố trí được địa điểm xử lý nên phải tổ chức vận chuyển rác đến các địa bàn khác để xử lý.

+ Xử lý CTRSH ở khu vực nông thôn: Hầu hết mỗi xã, thị trấn hiện nay có trung bình từ 1-2 bãi rác thải để xử lý cho toàn xã, thậm chí có địa phương hình thành bãi rác theo từng thôn, khu dân cư. Theo thống kê, toàn tỉnh hiện có khoảng 232 bãi rác tạm với tổng diện tích khoảng 31,2 ha. Ngoài ra, trong thời gian qua ngân sách tỉnh và một số doanh nghiệp đã đầu tư lắp đặt 37 lò đốt rác quy mô cấp xã (34 lò từ nguồn ngân sách, 3 lò từ nguồn vốn của doanh nghiệp) và 01 nhà máy đốt rác thải tập trung (công suất đốt khoảng 75 tấn/ngày đêm) tại thị trấn Hợp Hòa, huyện Tam Dương.

Bảng 3. Số lượng điểm tập kết CTRSH

STT	Địa bàn	Theo quy hoạch		Thực tế triển khai	
		Số lượng	Diện tích (m^2)	Số lượng	Diện tích (m^2)
1	TP. Vĩnh Yên	04	2.000	02	45.000
2	TP. Phúc Yên	04	2.000	02	9.300
3	Bình Xuyên	15	79.500	08	33.464
4	Tam Dương	30	16.445	42	14.249
5	Tam Đảo	12	6.000	05	4.200
6	Vĩnh Tường	75	66.010	67	101.778
7	Yên Lạc	61	114.700	59	51.255
8	Lập Thạch	43	21.500	35	25.903
9	Sông Lô	30	15.000	12	26.650

Theo quy hoạch được duyệt, các điểm tập kết rác thải tạm thời quy mô cấp xã (bãi rác tạm trong khi chưa có nhà máy xử lý tập trung) hầu hết chưa được đầu tư hạ tầng bài bản, có diện tích nhỏ hẹp, phân tán manh mún với hình thức chôn lấp đơn giản chưa đáp ứng được đầy đủ các yêu cầu về điều kiện vệ sinh môi trường. Đa số các bãi rác được xây dựng và hoạt động từ giai đoạn 2014-2015 nên đến nay đã quá tải và đang trong tình trạng ô nhiễm gây bức xúc trong nhân dân.

Theo Sở Tài nguyên và Môi trường, đa số các lò đốt rác thải quy mô cấp xã đã được đầu tư hiện đang hoạt động, góp phần xử lý trong ngắn hạn nhu cầu bức xúc về xử lý rác thải của các địa phương. (Hiện có 03 trên tổng số 37 lò đã được đầu tư không hoạt động do người dân phản đối không cho xe chở rác vào để đốt rác: 01 lò đốt tại Thị trấn Lập Thạch, huyện Lập Thạch; 02 lò tại các xã Đạo Trù, Hồ Sơn, huyện Tam Đảo).

- *Năng lực thu gom, vận chuyển CTR*

+ Đơn vị cung ứng dịch vụ thu gom, vận chuyển CTR:

Theo số liệu thống kê, toàn tỉnh hiện có 34 doanh nghiệp, 117 hợp tác xã hoặc tổ dịch vụ vệ sinh môi trường tham gia cung ứng dịch vụ thu gom, vận chuyển, xử lý rác thải sinh hoạt trên địa bàn. Trong đó, có 09 doanh nghiệp, 117 hợp tác xã hoặc tổ dịch vụ vệ sinh môi trường trực tiếp thực hiện thu gom, vận chuyển, xử lý CTR cho các địa phương. Còn lại 25 doanh nghiệp thuộc địa bàn các tỉnh lân cận có giấy phép vận chuyển, xử lý chất thải do Bộ Tài nguyên và Môi trường cấp phép thực hiện thu gom, vận chuyển và xử lý chất thải (gồm rác thải công nghiệp, y tế, nguy hại và rác thải sinh hoạt) cho hầu hết các cơ sở sản xuất, kinh doanh, dịch vụ trên địa bàn tỉnh.

+ Phương tiện thu gom, vận chuyển CTRSH:

Phương tiện thu gom, vận chuyển rác hiện nay rất đa dạng, ở khu vực đô thị như thành phố Vĩnh Yên, Phúc Yên và một số thị trấn, trung tâm huyện lỵ, cơ sở sản xuất kinh doanh, dịch vụ chủ yếu sử dụng xe tải, xe ép rác chuyên dụng, còn lại ở các xã nông thôn chủ yếu là xe đẩy tay, xe ba gác, xe cải tiến hoặc xe tự chế có gắn động cơ, xe tải cỡ nhỏ,... Theo thống kê, hiện nay trên địa bàn toàn tỉnh có 15 xe ép rác (loại từ 2,5 đến 7 tấn); 15 xe ô tô (loại từ 1,5 đến 2,5 tấn); khoảng 1.225 xe đẩy tay và các phương tiện thô sơ khác.

+ Lao động tham gia thu gom, vận chuyển, xử lý CTR trên địa bàn: Thống kê có khoảng 2.100 người

trực tiếp tham gia hoạt động thu gom, vận chuyển, xử lý rác thải sinh hoạt. Trong đó, chủ yếu ở các Công ty Cổ phần Môi trường và Dịch vụ đô thị Vĩnh Yên (khoảng 500 người), Công ty Cổ phần môi trường và công trình đô thị Phúc Yên (khoảng 300 người). Các doanh nghiệp thu gom có từ 5-10 người; còn lại các hợp tác xã, tổ vệ sinh môi trường ở các xã, thị trấn có số lao động từ 10 - 15 người tùy từng địa phương, đơn vị.

3.1.4. Tác động

- Tác động đến môi trường tự nhiên và sức khỏe cộng đồng

Phương pháp xử lý CTRSH tại tỉnh Vĩnh Phúc chủ yếu là phương pháp chôn lấp thông thường tại bãi rác tạm. Vì là bãi rác tạm nên tất cả những khâu trong quy trình xử lý rác cũng chỉ là tạm bằng phương pháp chôn lấp tại chỗ, sơ sài; chưa có phương án thu gom, xử lý nước rỉ rác gây ô nhiễm môi trường đã kéo dài nhiều năm, ảnh hưởng đến đời sống sinh hoạt của người dân. Nước rỉ rác chứa hầu hết những thành phần ô nhiễm có thể kể đến như: Kim loại, chất độc hại gây độc hại cho môi trường và sức khỏe con người. Trong quá trình phân hủy CTR sẽ tạo ra các khí gây mùi khó chịu và các khí độc hại gây hiệu ứng nhà kính như CH_4, CO_2, N_2O gây ô nhiễm môi trường không khí, gây ra các bệnh như đau mắt, bệnh đường hô hấp, bệnh ngoài da, tiêu chảy, dịch tả, thương hàn,…cho cộng đồng và có nguy cơ bùng phát thành dịch nếu không có các biện pháp ngăn chặn kịp thời.

Tại các lò đốt rác, sau thời gian dài hoạt động (chủ yếu được đầu tư trước năm 2016), đến nay hầu hết các lò hiện đang trong tình trạng xuống cấp, quá tải, công suất không đáp ứng được nhu cầu các xã, thị trấn, dẫn đến tình trạng tập kết rác thải, thậm chí đốt bên ngoài lò đốt đã gây ô nhiễm môi trường cho khu vực. Khí thải từ các lò đốt CTRSH (như CO, khí axit, kim loại, dioxin/furan) có khả năng gây ô nhiễm môi trường không khí và gây nên các bệnh về hen suyễn, tim, làm tổn hại đến hệ thần kinh, đặc biệt là dioxin/furan có khả năng gây ung thư rất cao nếu không có biện pháp kiểm soát, xử lý khí thải đảm bảo quy định.

- Tác động đến sự phát triển kinh tế và xã hội

Việc quản lý CTRSH không hiệu quả cũng dẫn đến nhiều tác động tiêu cực tới phát triển KT-XH. Thiệt hại về kinh tế do không quản lý triệt để CTRSH không chỉ bao gồm chi phí xử lý ô nhiễm môi trường, mà còn bao gồm chi phí liên quan đến khám chữa bệnh, thiệt hại đến một số ngành như du lịch, thủy sản... Bên cạnh đó là các hệ lụy về xung đột, bất ổn xã hội, đặc biệt tại các khu vực xung quanh cơ sở xử lý CTRSH. Mặc dù vậy, nếu tận dụng tối đa các lợi thế từ hoạt động tái sử dụng, tái chế chất thải thì sẽ là nguồn động lực tích cực trong phát triển kinh tế nói chung môi trường nói riêng.

3.1.5. Đáp ứng

Nhiều cơ chế, chính sách, quy định và hướng dẫn quản lý tổng hợp CTR nói chung và CTRSH nói riêng của nhà nước đã được hoàn thiện và ban hành như: Luật Bảo vệ môi trường 2020; Luật Phí và lệ phí (2015), Nghị định số 38/2015/NĐ-CP ngày 24 tháng 4 năm 2015 của Chính phủ về quản lý chất thải và phế liệu...

Trước thực trạng phát sinh, thu gom và xử lý CTR trên địa bàn và thực hiện quy định của Luật Bảo vệ môi trường năm 2020 nhằm đảm bảo toàn bộ chất thải rắn sinh hoạt phát sinh tại các cơ quan, tổ chức, hộ gia đình, cá nhân trên địa bàn tỉnh Vĩnh Phúc đều được phân loại tại nguồn thì tỉnh Vĩnh Phúc đưa ra kế hoạch thực hiện phân loại chất thải rắn sinh hoạt tại nguồn và Phê duyệt Đề án thu gom, xử lý rác thải sinh hoạt và vệ sinh môi trường trên địa bàn tỉnh Vĩnh Phúc đến năm 2025, định hướng đến năm 2030 với mục tiêu đến năm 2025: Hoàn thành hệ thống thu gom, vận chuyển, xử lý rác thải đồng bộ trên toàn tỉnh. Tỷ lệ rác thải được thu gom, xử lý rác đạt 97% ở khu vực đô thị và đạt 90% ở khu vực nông thôn. Định hướng đến năm 2030: Toàn bộ rác thải sinh hoạt trên địa bàn tỉnh được thu gom, xử lý tại các cơ sở xử lý tập trung; hoàn thành việc cải tạo, phục hồi môi trường và tái sử dụng 100% diện tích đất chôn lấp rác tạm hiện nay.

3.2. Đề xuất giải pháp

- Tuyên truyền nâng cao nhận thức về việc phân loại giảm thiểu CTRSH tại nguồn thông qua việc cung cấp tài liệu sổ tay hướng dẫn và tổ chức hướng dẫn trực tiếp trong các mô hình thí điểm.

- Xây dựng và ban hành cơ chế hỗ trợ chi phí sản xuất, tiêu thụ các sản phẩm phân composte, sản phẩm tái chế khác từ rác thải sinh hoạt trên địa bàn; hỗ trợ về giá đối với túi, bao bì, thùng chứa phục vụ hoạt động phân loại, thu gom rác thải tại nguồn.

- Ứng dụng các công nghệ mới, ưu tiên sử dụng các công nghệ có thể thu hồi, tái sử dụng lại các thành phần hữu ích trong chất thải và thân thiện với môi trường.

- Thường xuyên tổ chức thanh tra, kiểm tra định kỳ, đột xuất quá trình tổ chức thực hiện cung ứng dịch vụ thu gom, vận chuyển, xử lý chất thải rắn sinh hoạt. Kịp thời phát hiện, xử lý những vi phạm trong hoạt động tiếp nhận, xử lý rác thải tại từng cơ sở xử lý.

4. Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu cho thấy, CTRSH gia tăng tại tỉnh Vĩnh phúc chủ yếu do gia tăng dân số, phát triển kinh tế.

Công tác quản lý rác thải còn có một số hạn chế, bất cập: tỷ lệ CTRSH được xử lý hợp vệ sinh còn rất thấp, tình trạng tập kết, đổ thải CTRSH gây ô nhiễm môi trường còn diễn ra phổ biến. Hầu hết các bãi rác, lò đốt rác thải hiện đã quá tải, xuống cấp, công nghệ lạc hậu,... gây ô nhiễm môi trường, trong khi đó việc mở rộng, cải tạo còn nhiều khó khăn do thiếu kinh phí, do người dân phản đối hoặc không còn phù hợp với quy định pháp luật về bảo vệ môi trường.

Việc triển khai xây dựng các nhà máy xử lý CTRSH tập trung còn chậm. Đến nay mới chỉ có nhà máy xử lý CTRSH tại thị trấn Hợp Hòa, huyện Tam Dương đi vào hoạt động, song công suất xử lý còn thấp, chưa đạt mục tiêu đã đề ra.

Đơn giá dịch vụ thu gom, vận chuyển CTRSH hiện không còn phù hợp, mức thu thấp, trong khi hiện nay chưa có cơ chế và nguồn hỗ trợ riêng cho hoạt động thu gom, vận chuyển, xử lý CTR.

Tài liệu tham khảo

Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2020. Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia 2019.

Huỳnh Thị Đan Xuân và nnk, 2021. Ứng dụng mô hình đánh giá tổng hợp dpsir trong nghiên cứu thực trạng quản lý chất thải rắn sinh hoạt ở đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, tập 57, từ trang 108 đến trang 120.

Kế hoạch số 62/KH-UBND, 2024. Về việc thực hiện phân loại chất thải rắn tại nguồn trên địa bàn tỉnh Vĩnh Phúc

Quyết định số 3235/QĐ-UBND, 2021. Về việc Phê duyệt Đề án thu gom, xử lý rác thải sinh hoạt và vệ sinh môi trường trên địa bàn tỉnh Vĩnh Phúc đến năm 2025, định hướng đến năm 2030.

Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Vĩnh Phúc, 2020. Báo cáo hiện trạng môi trường tỉnh Vĩnh Phúc giai đoạn 2016-2020.

Tổng cục Thống kê, 2022. Niên giám Thống kê tỉnh Vĩnh Phúc năm 2022.

ABSTRACT

Research to assess the status of household solid waste management in Vinh Phuc province using the DPSIR framework

Nguyen Thi Hong, Vu Thi Lan Anh, Nguyen Thi Hoa, Nguyen Phuong Dong, Dao Trung Thanh
Hanoi University of Mining and Geology

The study used the DPSIR model to assess the status of generation, collection, and treatment of household solid waste in Vinh Phuc province. Research results show that household solid waste is increasing due to population growth and economic development. The total weight of household solid waste generated is about 916 tons/day. Household solid waste collection in urban areas reached 95% and in rural areas 75%. Household solid waste that is treated hygienically is still very low. Most landfills and waste incinerators are currently overloaded, degraded, and have outdated, unhygienic technology, causing impacts on the natural environment, public health, and economic development. - society in Vinh Phuc province. A lot of mechanisms and policies on solid waste management have been issued, contributing to solving difficulties in solid waste management in localities.

Keywords: DPSIR model; solid waste; Vinh Phuc province.

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Đánh giá chất lượng nước sông Kỳ Lộ đoạn qua trạm quan trắc An Thạnh, tỉnh Phú Yên giai đoạn 2021 - 2023 nhằm phục vụ cho cấp nước sinh hoạt

Trần Thị Thu Hương[1, 2, *], Đỗ Văn Bình[1], Nguyễn Đức Trọng[2]
[1] *Khoa Môi trường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Nhóm nghiên cứu "Những tiến bộ trong khai thác Mỏ bền vững và có trách nhiệm" – ISRM*
[3] *Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước Miền Trung*

TÓM TẮT

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá diễn biến chất lượng nước sông Kỳ Lộ, đoạn chạy qua trạm quan trắc An Thạnh, tỉnh Phú Yên và phân vùng chất lượng nước nhằm đáp ứng nhu cầu sử dụng nước mặt trên địa bàn tỉnh Phú Yên. Mẫu nước được quan trắc 2 lần 1 tháng trong 3 năm liên tục từ 2021 đến 2023. Mẫu nước được phân tích chia thành 4 nhóm chỉ số, nhóm I đo nhanh (nhiệt độ, pH), nhóm II kim loại nặng (As, Cd, Pb, $Cr^{6+,}$ Cu, Zn, Hg), nhóm III hữu cơ và dinh dưỡng (DO, COD, BOD_5, $N_NO_2^-$, $N_NO_3^-$, $N_NH_4^+$, PO_4^{3-}) và nhóm IV vi sinh (*E. coli* và Coliform). Các chỉ tiêu và phương pháp phân tích được thực hiện theo QCVN 08:2015/BTNMT. Kết quả cho thấy nhóm I và nhóm III luôn nằm trong giới hạn cho phép mức A1 theo giới hạn QCVN08-MT:2015/BTNMT. Nhóm III và nhóm IV vẫn còn ghi nhận trong một số tháng của năm 2021 và 2022 cần phải có biện pháp xử lý phù hợp. Nhìn chung, chất lượng nước mặt sông Kỳ Lộ qua trạm quan trắc An Thạnh trong 3 năm 2021 đến 2023 đã có sự thay đổi rõ rệt. Theo tiêu chí VN_WQI thì hai năm 2021 và 2022 chất lượng nước đạt mức tốt và năm 2023 chất lượng nước rất tốt, đáp ứng cho mục đích sinh hoạt cấp nước.

Từ khóa: chất lượng nước, chỉ số WQI, trạm An Thạch, sông Kỳ Lộ

1. Đặt vấn đề

Hệ thống sông Kỳ Lộ là sông lớn thứ 2 ở tỉnh Phú Yên có diện tích lưu vực là 2.058 km2, chiều dài sông chính 103 km. Phần thượng lưu được gọi là sông La Hiên, trong khi phần hạ lưu gọi là sông Cái. Sông bắt nguồn từ núi To Net (1.030 m) ở xã Đăk Song huyện Krong Chro tỉnh Gia Lai, chảy theo hướng Bắc Tây Bắc vào địa phận tỉnh Phú Yên ở xã Phú Mỡ huyện Đồng Xuân. Chế độ nước sông Kỳ lộ được chia làm 2 mùa rõ rệt, mùa cạn từ tháng 1 đến tháng 8, mùa lũ từ tháng 9 đến tháng 12. Lũ thường xuất hiện vào ban đêm, dạng lũ đơn, cường xuất trung bình, thời gian xuất hiện lũ kéo dài. Theo các đặc trưng thủy văn và địa hình, đoạn sông Kỳ Lộ ở thượng nguồn chịu sự điều tiết của hồ thủy điện La Hiêng 2, đoạn ở hạ nguồn ra tới biển có nhiều nhánh sông hợp lưu và hồ thủy lợi, nhánh sông Nhân Mỹ ở hạ nguồn là đoạn tách khỏi dòng chính và cùng chảy ra cửa biển có lưu lượng khá nhỏ so với dòng chính, nhánh sông Cô ở thượng nguồn chảy nhập vào sông chính là nhánh sông lớn nhất của sông Kỳ Lộ (Huỳnh Huy Việt, 2018).

Trạm quan trắc tài nguyên nước mặt An Thạnh nằm ở phía bờ trái sông Kỳ Lộ. Cách cầu Ngân Sơn 130m về phía thượng lưu. Trạm có tọa độ địa lý: 13°20' vĩ độ bắc, 109° 12' kinh độ đông; thuộc thôn Phú Mỹ, xã An Dân, huyện Tuy An, tỉnh Phú Yên. Đoạn sông đặt trạm có chiều dài khoảng 300m, tương đối thẳng, lòng sông tương đối ổn định, tuy nhiên đáy sông có lúc bị thay đổi do quá trình vận động bùn cát trong sông, bên bờ trái là bãi bồi, có dân cư ở và đất canh tác nông nghiệp, bên bờ phải là khu dân cư. Vật chất tạo nên đáy sông chủ yếu là cát và bùn sét, lẫn di tích thực vật. Nhiều đoạn lòng sông Kỳ Lộ thuộc tỉnh Phú Yên đã bị bồi lấp, dòng chảy liên tục bị thay đổi, gây xói lở diện tích đất sản xuất và khó tiêu úng, thoát lũ trong mùa mưa, bão gây ảnh hưởng lớn đến chất lượng nước sông.

Báo cáo hiện trạng và quy hoạch phát triển kinh tế - xã hội tỉnh Phú Yên đến năm 2020 chỉ ra rằng, lưu vực sông Kỳ Lộ từ thượng nguồn đến điểm trên Nhà máy đường Đồng Xuân là vùng nông nghiệp; từ Nhà

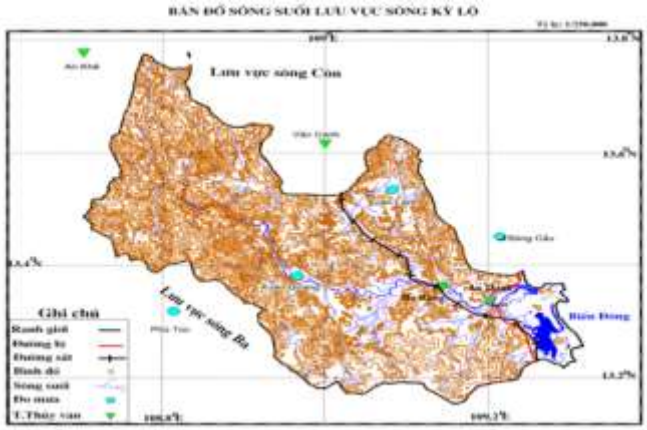
* *Tác giả liên hệ*
Email: tranthithuhuong@humg.edu.vn

máy đường Đồng Xuân đến biển Đông là vùng nông nghiệp, công nghiệp, du lịch, dịch vụ, đô thị; nhánh sông Nhân Mỹ là vùng nông nghiệp và đô thị; nhánh sông Cô là vùng tập trung sản xuất nông nghiệp. Những năm gần đây, vào mùa mưa bão, nước lũ sông Kỳ Lộ không thoát kịp đã dâng cao gây ngập úng vào khu dân cư, ruộng vườn. Trước nhu cầu sử dụng nước sạch của người dân và phát triển quy hoạch phát triển kinh tế của tỉnh, việc đánh giá chất lượng nước sông tại khu vực này nhằm phục vụ nhu cầu cấp nước sinh hoạt là hết sức cần thiết, cấp bách. Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện để đánh giá chất lượng nước sông Kỳ Lộ, đoạn chảy qua trạm An Thạnh trong 3 năm liên tục từ 2021 đến 2023 và đánh giá chất lượng nước theo chỉ số phân vùng WQI (Tổng cục Môi trường, 2019).

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Nước sông chảy qua trạm An Thạnh được lấy và phân tích theo dõi chất lượng trong 3 năm từ 2021-2023. Công tác lấy, bảo quản và phân tích mẫu được thực hiện theo Thông tư số 10/2021/TT-BTNMT của Bộ Tài nguyên và Môi trường. Mẫu được phân tích tại Trung tâm Công nghệ và Phân tích thí nghiệm tài nguyên nước miền Trung thuộc Liên đoàn và Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Trung.



Hình 1. Vị trí trạm quan trắc An Thạnh trên sông Kỳ Lộ

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Mẫu nước được phân tích chia thành 4 nhóm chỉ số, nhóm I đo nhanh (nhiệt độ, pH), nhóm II kim loại nặng (As, Cd, Pb, $Cr^{6+,}$ Cu, Zn, Hg), nhóm III hữu cơ và dinh dưỡng (DO, COD, BOD_5, $N_NO_2^-$, $N_NO_3^-$, $N_NH_4^+$, PO_4^{3-}) và nhóm IV vi sinh (*E. coli* và Coliform). Các chỉ tiêu và phương pháp phân tích được thực hiện theo QCVN 08:2015/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt. Tần suất lấy mẫu được thực hiện theo tháng vào ngày 01 và 15 của tháng và mẫu theo quý lấy vào ngày 15 của các tháng 3, 6, 9 và 12. Thông tin lấy mẫu và phương pháp phân tích được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Bảng thông tin mẫu và phương pháp phân tích mẫu nước sông Kỳ Lộ tại trạm An Thạnh

STT	Tên mẫu	Tần suất	Các chỉ tiêu phân tích	Phương pháp phân tích
1	Nhóm I	1 mẫu/tháng	Nhiệt độ nước	Đo trực tiếp ngoài hiện trường bằng các thiết bị cầm tay
			pH	
2	Nhóm III (Nhóm thông số kim loại nặng)	1 mẫu/tháng	Asen (As)	SMEWW 3114B:2017
			Cadimi (Cd)	SMEWW 3113B:2017
			Chì (Pd)	
			Crom (Cr^{6+})	SMEWW 3500-Cr.B:2017
			Đồng (Cu)	SMEWW 3113B:2017
			Kẽm (Zn)	SMEWW 3111B:2017
			Thủy ngân (Hg)	SMEWW 3112B:2017
3	Nhóm IV (Nhóm thông số hữu cơ và dinh dưỡng)	1 mẫu/tháng	DO	TCVN 7325:2016
			COD	SMEWW 5220C:2017
			BOD_5	TCVN 6001-1:2008
			NO_2^-	SMEWW 4500NO_2^-.B:2017
			NO_3^-	TCVN 6180:1996
			NH_4^+	TCVN 6179-1:1996
			PO_4^{3-}	SMEWW 4500P.E:2017
4	Nhóm IV (vi sinh)	1 mẫu/tháng	Coliform	TCVN 6178-2:1996
			E. coli	

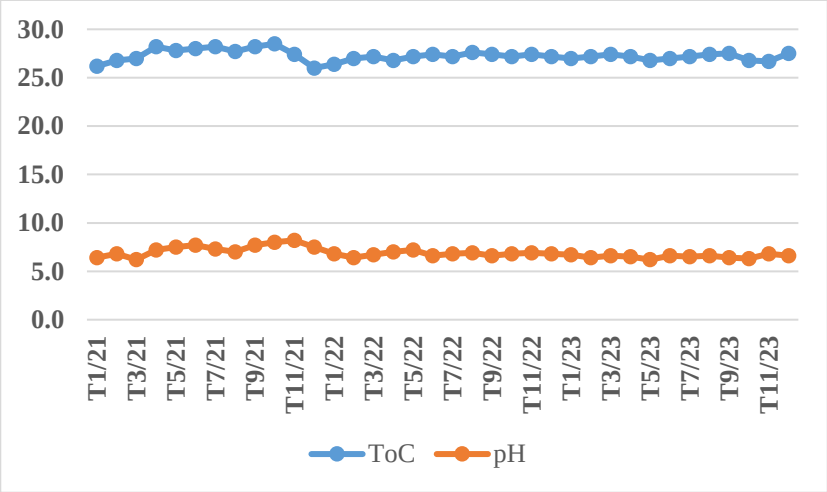
2.3. Thống kê và xử lý số liệu

Các số liệu nghiên cứu được thống kê và xử lý bằng phần mềm GraphPad 6; Excel 2010.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả phân tích nhóm I

Kết quả đo nhanh nhóm I (nhiệt độ, pH) chất lượng nước sông Kỳ Lộ trong 3 năm được thể hiện trong bảng 1. Biến động nhiệt độ và pH cho thấy, nhiệt độ nước sông khá ổn định dao động trong khoảng 27,5 đến 28,5°C; giá trị lớn nhất và nhỏ nhất đều ghi nhận trong năm 2021 lần lượt vào tháng 10/2021 (28,5°C) và 12/2021 (26°C). Tương tự, giá trị pH trung bình trong khoảng 7,3 – 8,2; giá trị nhỏ nhất xuất hiện ở tháng 3/2021 (6,2) và lớn nhất ở tháng 11/2021 (8,2).



Hình 2. Biến động nhiệt độ và pH của nước sông Kỳ Lộ từ 1/2021 đến 122023

3.2. Kết quả phân tích nhóm III

Kết quả phân tích nhóm III (thông số kim loại nặng) bao gồm các chỉ số Asen (As), Chỉ số Cadimi (Cd), Chì (Pd), Crom (Cr^{6+}), Đồng (Cu), Kẽm (Zn), Thủy ngân (Hg) đều ghi nhận các giá trị nằm trong giới hạn cho phép mức A1 theo QCVN08-MT:2015/BTNMT (Bảng 2). Kết quả này cho thấy nhóm chỉ tiêu kim loại nặng trong mẫu nước sông đạt chất lượng phục vụ nhu cầu cấp nước sinh hoạt.

Bảng 2. Kết quả phân tích nhóm III của nước sông Kỳ Lộ qua các năm 2021 - 2023

	Chỉ tiêu phân tích nhóm III - 2021 (mg/L)						
	As	**Cd**	**Pb**	**Cr^{6+}**	**Cu**	**Zn**	**Hg**
Giá trị trung bình	0,001	0,001	0,001	0,003	0,004	0,023	0,0005
Giá trị lớn nhất	0,001	0,001	0,001	0,008	0,005	0,030	0,0008
Thời gian phân tích	15-11	15-01	15-01	15-01	15-03	17-05	15-09
Giá trị nhỏ nhất	0,001	0,000	0,001	0,002	0,002	0,005	0,0005
Thời gian phân tích	15-01	15-11	15-01	17-02	15-01	15-03	15-01
	Chỉ tiêu phân tích nhóm III - 2022 (mg/L)						
Giá trị trung bình	0,001	0,0002	0,002	0,004	0,005	0,050	0,0004
Giá trị lớn nhất	0,001	0,0002	0,002	0,008	0,005	0,050	0,0006
Thời gian phân tích	17-01	17-01	17-01	17-01	17-01	17-01	15-03
Giá trị nhỏ nhất	0,001	0,0002	0,002	0,003	0,005	0,050	0,0003
Thời gian phân tích	17-01	17-01	17-01	16-05	17-01	17-01	16-05
	Chỉ tiêu phân tích nhóm III - 2023 (mg/L)						
Giá trị trung bình	0,001	0,0002	0,002	0,003	0,005	0,057	0,0004
Giá trị lớn nhất	0,001	0,0002	0,003	0,006	0,009	0,103	0,0005
Thời gian phân tích	1-Dec	1-Dec	15-11	15-08	15-11	15-03	15-02
Giá trị nhỏ nhất	0,001	0,0002	0,002	0,003	0,005	0,050	0,0003
Thời gian phân tích	1-Dec	1-Dec	1-Dec	1-Dec	1-Dec	1-Dec	15-03

3.3. Kết quả phân tích nhóm IV

Kết quả phân tích nhóm IV (nhóm thông số hữu cơ và dinh dưỡng) ghi nhận trong năm 2021 có 11/12

mẫu có hàm lượng Amoni (NH^{4+}) nằm trong giới hạn cho phép mức A1, 1 mẫu còn lại nằm trong giới hạn cho phép mức B1; Nitrit (NO^{2-}) dao động trong mức từ A1 đến B1; các thông số còn lại nằm trong giới hạn cho phép mức A1 theo QCVN08-MT:2015/BTNMT. Năm 2022 ghi nhận 9/12 mẫu có hàm lượng Amoni (NH_4^+) nằm trong giới hạn cho phép mức A1, 03 mẫu nằm trong giới hạn cho phép mức B1, các chỉ tiêu còn lại dao động trong giới hạn cho phép mức A1 đến A2 theo QCVN08-MT:2015/BTNMT. Tương tự, năm 2023 ghi nhận có 10/12 mẫu có nhu cầu ôxy sinh hóa BOD_5 nằm trong giới hạn cho phép mức A1 và 02/12 mẫu nằm trong mức A2; 11/12 mẫu có Amoni (NH_4^+) nằm trong mức A1 và 02/12 mẫu mức B2; các chỉ tiêu còn lại dao động trong giới hạn cho phép mức A1 theo QCVN08-MT:2015/BTNMT.

Bảng 3. Kết quả phân tích nhóm IV của nước sông Kỳ Lộ qua các năm 2021 - 2023

	Chỉ tiêu phân tích nhóm IV - 2021 (mg/L)						
	DO	**COD**	**BOD_5**	**$N\text{-}NO_2^-$**	**$N\text{-}NO_3^-$**	**$N\text{-}NH_4^+$**	**$N\text{-}PO_4$**
Giá trị trung bình	7,22	5,55	1,55	0,013	0,261	0,057	0,018
Giá trị lớn nhất	8,07	10,68	2,40	0,029	0,771	0,490	0,041
Thời gian phân tích	15-11	18-10	15-06	15-03	15-11	15-06	15-09
Giá trị nhỏ nhất	5,74	1,66	0,60	0,005	0,076	0,000	0,005
Thời gian phân tích	15-03	15-12	15-04	15-11	17-02	15-11	15-11
	Chỉ tiêu phân tích nhóm VI - 2022 (mg/L)						
Giá trị trung bình	7,22	5,55	1,55	0,013	0,261	0,057	0,018
Giá trị lớn nhất	8,07	10,68	2,40	0,029	0,771	0,490	0,041
Thời gian phân tích	15-11	18-10	15-06	15-03	15-11	15-06	15-09
Giá trị nhỏ nhất	5,74	1,66	0,60	0,005	0,076	0,000	0,005
Thời gian phân tích	15-03	15-12	15-04	15-11	17-02	15-11	15-11
	Chỉ tiêu phân tích nhóm IV - 2023 (mg/L)						
Giá trị trung bình	7,22	5,55	1,55	0,013	0,261	0,057	0,018
Giá trị lớn nhất	8,07	10,68	2,40	0,029	0,771	0,490	0,041
Thời gian phân tích	15-11	18-10	15-06	15-03	15-11	15-06	15-09
Giá trị nhỏ nhất	5,74	1,66	0,60	0,005	0,076	0,000	0,005
Thời gian phân tích	15-03	15-12	15-04	15-11	17-02	15-11	15-11

3.4. Kết quả phân tích nhóm V

Đối với mẫu phân tích nhóm V (nhóm thông số vi sinh) đã ghi nhận trong năm 2021 có 11/12 mẫu có thông số Coliform nằm trong giới hạn cho phép mức A1, 01 mẫu trong mức A2; *E. coli* có 09/12 mẫu dao động trong mức từ A1 đến A2, 01 mẫu trong mức B1, 02 mẫu vượt mức giới hạn cho phép B2 (ngày 15/11 và 15/12) theo QCVN08-MT:2015/BTNMT. Tương tự, năm 2022 ghi nhận thông số Coliform có 10/12 mẫu nằm trong giới hạn cho phép mức A1, 01 mẫu trong mức A2 và 01 mẫu vượt mức giới hạn cho phép cột B2 (ngày 15/7); Thông số *E. coli* có 09/12 mẫu dao động trong mức từ A1 đến B2, có 03 mẫu vượt mức giới hạn cho phép B2 (ngày 15/8, 17/10 và 15/11) theo QCVN08-MT:2015/BTNMT. Năm 2023 ghi nhận Coliform có 12/12 mẫu nằm trong giới hạn cho phép mức A1; Chỉ tiêu *E. coli* có 02 mẫu nằm trong giới hạn cho phép mức A1, 03 mẫu trong mức A2, 05 mẫu trong mức B1, 01 mẫu trong mức B2 và 01 mẫu vượt mức giới hạn cho phép B2 (ngày 17/4 theo QCVN08-MT:2015/BTNMT.

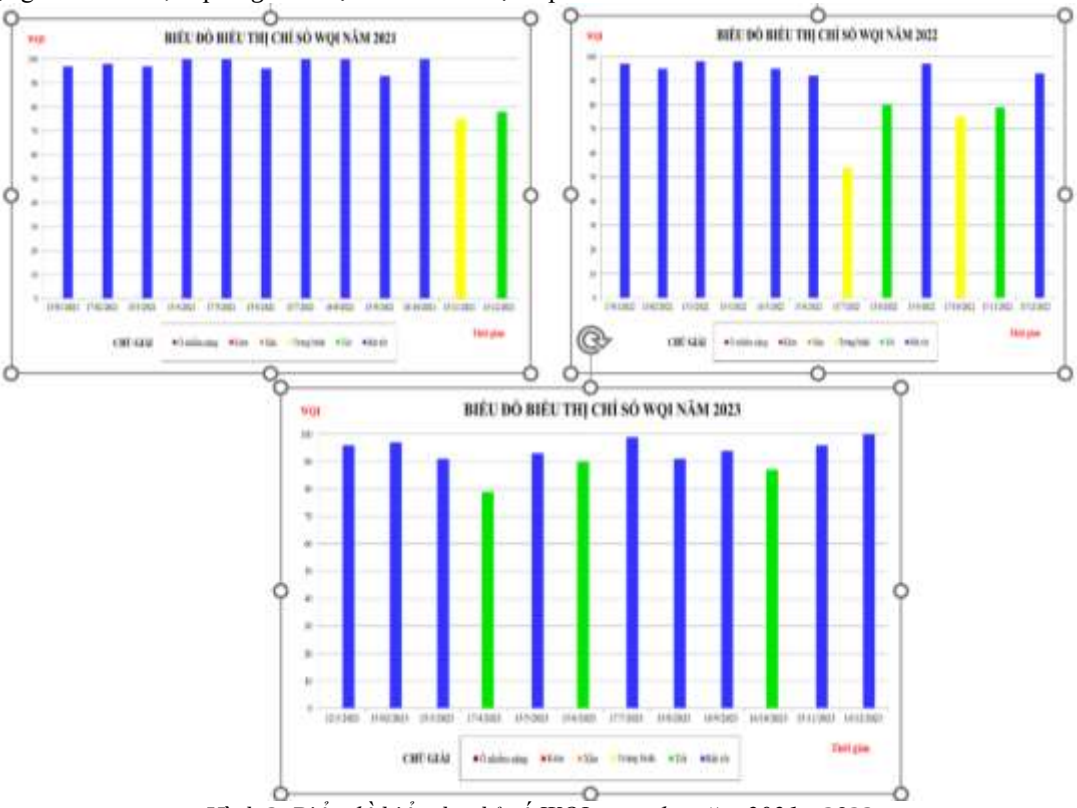
Bảng 4. Kết quả phân tích nhóm V của nước sông Kỳ Lộ qua các năm 2021 - 2023

	Nhóm IV (2021) - (MPN/100ml)		Nhóm IV (2022) - (MPN/100ml)		Nhóm IV (2023) - (MPN/100ml)	
	Coliform	*E. coli*	*Coliform*	*E. coli*	*Coliform*	*E. coli*
Giá trị trung bình	1085	168	-749	-1666	-2583	-3500
Giá trị lớn nhất	4300	930	-2440	-5810	-9180	-12550
Thời gian phân tích	15-11	15-12	15-13	15-14	15-15	15-16
Giá trị nhỏ nhất	75	0	-75	-150	-225	-300
Thời gian phân tích	15-03	15-01	15-01	15-03	15-05	15-07

3.5. Đánh giá chất lượng nước theo chỉ tiêu VN_WQI

Kết quả tính toán chất lượng nước sông Kỳ Lộ đoạn qua trạm An Thanh trong 3 năm 2021-2023 theo

hướng dẫn kỹ thuật tính toán và công bố chỉ số chất lượng nước Việt Nam (VN_WQI) được thể hiện trong hình 3. Kết quả tính toán cho thấy theo tiêu chí VN_WQI thì chất lượng nước sông Kỳ Lộ năm 2021 có chất lượng tốt, các chỉ tiêu phân tích có giá trị thấp hơn trung bình hàng năm, riêng tháng 11 và 12 có chất lượng nước tương đối tốt cần có biện pháp xử lý phù hợp. Năm 2022 nước có chất lượng tốt, các chỉ tiêu phân tích có giá trị thấp hơn trung bình hàng năm, mẫu nước trong tháng 7 và 10 có chất lượng nước trung bình cần có biện pháp xử lý phù hợp. Tuy nhiên, đến năm 2023 đánh giá theo chỉ số chất lượng nước Việt Nam (VN_WQI) đã có sự thay đổi rõ rệt, mẫu thu được trong cả 12 tháng có chất lượng nước rất tốt, đáp ứng cho mục đích sinh hoạt cấp nước.



Hình 3. Biểu đồ biểu thị chỉ số WQI trong ba năm 2021 - 2023

Việc đánh giá chất lượng nước sông nhằm mục đích cấp nước sinh hoạt được nghiên cứu theo nhiều tiêu chí và kịch bản khác nhau như phân vùng chất lượng nước mặt theo diễn biến phát triển các vùng kinh tế (Huỳnh Phú, 2021), phân tích định tính và định lượng kết hợp phỏng vấn (Phan Ngọc Duyên, 2014) hay báo cáo chất lượng nước mặt vùng bờ theo kịch bản nước biển dâng (Lê và nnk, 2021). Khi phân tích 4 nhóm chỉ số tại sông Soài Rạp, Lòng Tàu và Vàm Sát theo các kịch bản khác nhau, Lê và nnk (2021) đã chỉ ra rằng chất lượng nước sông sẽ khó được nâng cao nếu không cải thiện tình hình xử lý nước thải. Mặt khác, Huỳnh Phú (2021) lại cho rằng chất lượng nước mặt trên địa bàn tỉnh Bạc Liêu giai đoạn 2014 - 2019 có diễn biến phức tạp, xu hướng tăng dần tỉ lệ nước mặt bị ô nhiễm theo các vùng kinh tế khi đánh giá chất lượng theo VN_WQI và 4 nhóm chỉ số. Phan Ngọc Duyên (2014) thì cho rằng để cải thiện chất lượng nước mặt cần kết hợp áp dụng mô hình quản lý nước dựa vào cộng đồng và áp dụng mô hình đất ngập nước để bảo vệ nguồn nước. Trong nghiên cứu này, căn cứ vào hiện trạng và kết quả dự báo mức độ ô nhiễm nước mặt từ mô hình Mike 11 (Huỳnh Huy Việt, 2018) cho thấy sông Kỳ Lộ từ thượng nguồn đến điểm trên Nhà máy đường Đồng Xuân, chất lượng nước sông còn khá tốt, ít biến động; từ Nhà máy đường Đồng Xuân đến biển, chất lượng nước sông giảm dần do tiếp nhận nước thải từ các nhà máy sản xuất công nghiệp và nước thải từ các hoạt động nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản, nước thải sinh hoạt từ các đô thị và hoạt động du lịch, đoạn cuối sông gần cửa biển bị nhiễm mặn do ảnh hưởng từ biển. Kết quả phân tích thực tế 4 nhóm chỉ tiêu cho thấy hai nhóm I và III luôn nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 08-MT:2015/BTNMT và nhóm IV, V thì vẫn có một số tháng chất lượng cần phải xử lý thêm. Tuy nhiên, khi sử dụng tiêu chí phân vùng VN_WQI lại chỉ ra rằng chất lượng nước luôn đạt từ mức tốt đến rất tốt phù hợp cho cấp nước sinh hoạt. Khảo sát thực tế tại vị trí lấy mẫu cho thấy khu vực này thường xuyên xảy ra hiện trạng khai thác cát và mức độ đô thị hóa phát triển các khu dân cư song chất lượng nước vẫn có thể sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt nhưng cần các biện pháp xử lý phù

hợp khi thay có thay đổi (nếu có).

4. Kết luận

Kết quả phân tích 4 nhóm chỉ tiêu cho thấy nhóm I (nhiệt độ, pH) và nhóm III (kim loại nặng) luôn nằm trong giới hạn cho phép mức A1 theo QCVN08-MT:2015/BTNMT. Nhóm III (hữu cơ và dinh dưỡng) và nhóm IV vi sinh (*E. coli* và Coliform) vẫn còn ghi nhận trong một số tháng của năm 2021 và 2022 cần phải có biện pháp xử lý phù hợp. Nhìn chung, chất lượng nước mặt sông Kỳ Lộ qua trạm quan trắc An Thạnh trong 3 năm 2021 đến 2023 đã có sự thay đổi rõ rệt. Theo tiêu chí VN_WQI thì hai năm 2021 và 2022 chất lượng nước đạt mức tốt và năm 2023 chất lượng nước rất tốt, đáp ứng cho mục đích sinh hoạt cấp nước. Kết quả phân vùng chất lượng nước này kết hợp với quy hoạch phát triển kinh tế trên toàn tỉnh, sẽ là cơ sở cho việc đề xuất các giải pháp khoa học phát triển bền vững trong nông nghiệp, ngư nghiệp và cấp nước sinh hoạt trong khu vực.

Tài liệu tham khảo

Báo cáo chất lượng nước sông An Thạch năm 2021 – Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Trung

Báo cáo chất lượng nước sông An Thạch năm 2022 – Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Trung

Báo cáo chất lượng nước sông An Thạch năm 2023 – Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Trung

Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2008. Hướng dẫn lấy mẫu nước sông, suối - TCVN 6663 - 6:2008.

Huỳnh Huy Việt, 2018. Phân vùng tiếp nhận nước thải của lưu vực sông ba và sông kỳ lộ đáp ứng nhu cầu sử dụng nước mặt trên địa bàn tỉnh Phú Yên. *Tạp chí Môi trường*, 2, 17-19.

Huỳnh Phú, 2021. Nghiên cứu phân vùng chất lượng nước mặt theo diễn biến phát triển các vùng kinh tế của tỉnh Bạc Liêu. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 725, 17-28.

Lê Ngọc Tuấn, Trần Tuấn Hoàng, 2021. Dự báo chất lượng nước mặt vùng bờ thành phố Hồ Chí Minh. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 727, 68-81.

Phan Ngọc Duyên, 2014. Đánh giá hiện trạng và đề xuất giải pháp quản lý chất lượng nước mặt huyện Tân Phú Đông, tỉnh Tiền Giang. *Tạp chí Khoa học*, 11, 98-104

Tổng cục Môi trường, Quyết định 1460/QĐ-TCMT ngày 12 tháng 11 năm 2019 của về việc ban hành hướng dẫn kỹ thuật tính toán và công bố chỉ số chất lượng nước Việt Nam (VN_WQI)

ABSTRACT

Assessment of water quality of Ky Lo river at An Thanh monitoring station, Phu Yen province in the period of 2021 - 2023 to serve domestic water supply

Tran Thi Thu Huong[1, 2], Do van Binh[1], Nguyen Duc Trong[3]

[1]Faculty of Environment, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam
[2] Innovations for Sustainable and Responsible Mining (ISRM) Research Group, HUMG
[3]Central Vietnam Division of Water Resources Planning and Investigation

This study was conducted to assess the water quality variable of Ky Lo river at An Thanh monitoring station, Phu Yen province and to divide the water quality zone to meet the needs of surface water of Phu Yen province. The water samples took twice per month for 3 contrinously years from 2021 to 2023. The analyzed water samples were divided into 4 groups of parameters, group I for quick measurement (temperature, pH), group II for heavy metals (As, Cd, Pb, $Cr^{6+,}$ Cu, Zn, Hg), group III for organic and nutritional (DO, COD, BOD_5, $N_NO_2^-$, $N_NO_3^-$, $N_NH_4^+$, PO_4^{3-}), group IV for microorganisms (*E. coli* and Coliform). The parameters and methods are according to Vietnamese standard 08:2015/MONRE. The results show that group I and III are always under to level A1 according to Vietnamese standard 08:2015/MONRE. Group III and IV are still requiring appropriate treatment measures in some months of 2021 and 2022. In general, the surface water quality of Ky Lo River at An Thanh monitoring station in the 3 years from 2021 to 2023 has changed significantly. According to VN_WQI criteria, the water quality in 2021 and 2022 is good and in 2023 the water quality is very good, meeting the purpose of domestic water supply.

Keyword: water quality, WQI index, An Thach station, Ky Lo river

Đánh giá hiệu quả và tiến độ thực hiện Mục tiêu SDG-1 về Giảm nghèo ở Việt Nam giai đoạn 2016-2020, Nghiên cứu điển hình ở tỉnh Nam Định và tỉnh Vĩnh Phúc

Nguyễn Thị Hồng Ngọc[1] , Trần Anh Quân[2,*]
[1] *Học viện Nông nghiệp Việt Nam*
[2] *Trường Đại học Mỏ Địa chất*

TÓM TẮT

Trong số 17 mục tiêu phát triển bền vững (SDG) được đề xuất phù hợp với chiến lược phát triển dài hạn của Việt Nam, SDG-1 hướng tới mục tiêu chấm dứt nghèo đói ở mọi nơi. SDG-1 được coi là mục tiêu khả thi nhất trong số các mục tiêu khi Việt Nam thực hiện các chương trình mục tiêu quốc gia về Phát triển nông thôn mới và Giảm nghèo bền vững trong một thời gian dài. Công tác xóa nghèo ở Việt Nam đã đạt được nhiều kết quả đáng khích lệ, trong đó Việt Nam đã sớm hoàn thành việc chấm dứt hộ nghèo cùng cực trên cả nước vào năm 2015. Đánh giá về việc thực hiện SDG-1 tại các tỉnh Nam Định và Vĩnh Phúc cũng cho thấy nhiều kết quả tích cực. các tiêu chí đã được thực hiện thành công trước thời hạn. Tuy nhiên, việc nội địa hóa và triển khai SDG-1/SDG ở Việt Nam vẫn còn nhiều khó khăn và bất cập. Bên cạnh đó, chương trình SDG chưa được sự quan tâm đúng mức của các cơ quan quản lý và các nhà nghiên cứu khoa học. Việc lồng ghép các tiêu chí SDG vào Chương trình phát triển kinh tế xã hội là phù hợp với bối cảnh của Việt Nam. Nhiệm vụ quan trọng trước mắt của Việt Nam trong giai đoạn tiếp theo là nâng cao nhận thức về tầm quan trọng của việc thực hiện SDG trong chiến lược phát triển kinh tế - xã hội, đồng thời lấy kết quả thực hiện SDG làm tiêu chí thiết yếu để đánh giá kết quả thực hiện nhiệm vụ của các địa phương.

Từ khóa: SDG, Phát triển bền vững, 2030 Agenda, xóa nghèo, giảm nghèo bền vững

1. Đặt vấn đề

Với chính sách, nguồn lực đầu tư của Nhà nước, sự nỗ lực của cả hệ thống chính trị, sự chung tay của các doanh nghiệp, các nhà hảo tâm, các tổ chức thiện nguyện, Chương trình mục tiêu quốc gia giảm nghèo bền vững giai đoạn 2016 - 2020 đã đạt được thành tựu đáng kể, góp phần giảm tỷ lệ hộ nghèo cả nước từ 9,88% vào cuối năm 2015 xuống còn 3,75% vào cuối năm 2019 và dưới 3% trong năm 2020, đưa Việt Nam trở thành một trong những quốc gia đầu tiên về đích sớm trong thực hiện Mục tiêu Thiên niên kỷ của Liên hợp quốc về giảm nghèo (GOVN, 2020). Tuy nhiên Việt Nam vẫn còn gặp nhiều thách thức trong công tác giảm nghèo. Kết quả giảm nghèo chưa thực sự bền vững, chưa đồng đều. Nghèo đói tập trung chủ yếu ở những vùng khó khăn, miền núi, vùng sâu, vùng xa, vùng bãi ngang ven biển, hải đảo, nơi có đông đồng bào dân tộc thiểu số sinh sống, nhiều nơi tỷ lệ nghèo vẫn còn trên 50%, cá biệt còn trên 60-70%; tỷ lệ tái nghèo trong 4 năm 2016-2019 bình quân 4,09%/năm so với tổng số hộ thoát nghèo (giai đoạn trước tỷ lệ tái nghèo khoảng 12%/năm); tỷ lệ hộ nghèo phát sinh tương đối lớn, trung bình giai đoạn 2016-2019 bằng 21,8% so với tổng số hộ thoát nghèo (Phạm Thị Thanh Bình và Vũ Văn Hà, 2018). Tốc độ giảm nghèo của nhóm đồng bào dân tộc thiểu số chậm hơn so với mức giảm tỷ lệ nghèo chung; tỷ trọng hộ nghèo dân tộc thiểu số trong tổng số hộ nghèo tăng từ 48% năm 2016 lên 55,27% năm 2018 (Do Kim-Chung, 2015). Thu nhập bình quân của hộ đồng bào dân tộc thiểu số chỉ bằng 1/6 mức thu nhập bình quân của cả nước, chênh lệch giàu - nghèo giữa các vùng, nhóm dân cư chưa được thu hẹp, nhất là khu vực miền núi phía Bắc và Tây Nguyên (GOVN, 2017).

Nam Định và Vĩnh Phúc là hai tỉnh lớn ở Đồng bằng sông Hồng, có vị trí địa lý quan trọng, kinh tế phát triển và dân cư đông đúc. Cả Nam Định và Vĩnh Phúc đều đóng vai trò thiết yếu trong thúc đẩy phát triển kinh tế toàn quốc. Cũng như các địa phương khác trên toàn quốc, dưới sự lãnh đạo của chính phủ,

* *Tác giả liên hệ*
Email: quantrananh.humg@gmail.com

các chương trình xóa đói giảm nghèo tại hai tỉnh này đã được thực hiện trong nhiều năm, đặc biệt phải kể tới chương trình mục tiêu quốc gia về xóa nghèo bền vững (từ năm 2006-2010 được gọi là chương trình 135) và chương trình mục tiêu quốc gia về nông thôn mới. Đây là hai chương trình Chương trình Mục tiêu Quốc gia (MTQG) duy nhất ở Việt Nam đóng vai trò đặc biệt quan trọng trong công tác hỗ trợ người nghèo và phát triển nông thôn.

Sau nhiều năm thực hiện chương trình mục tiêu quốc gia về xoá nghèo bền vững cũng như các chương trình chính sách khác hỗ trợ người nghèo, cuộc sống của người dân nói chung và người nghèo nói riêng đã có nhiều thay đổi tích cực. Nghiên cứu này tìm hiểu sự thay đổi của những người nghèo ở tỉnh Nam Định và Vĩnh Phúc nhằm đánh giá hiệu quả của những chính sách xoá đói giảm nghèo đang được áp dụng cũng như để tìm hiểu thêm về tâm tư, tình cảm và nguyện vọng của người dân. Bên cạnh đó, nghiên cứu này cũng đánh giá tiến độ và hiệu quả thực hiện mục tiêu 1 trong 17 mục tiêu PTBV ở Việt Nam – Xoá nghèo ở mọi nơi.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng của nghiên cứu này là các chính sách của chính phủ và địa phương, chương trình mục tiêu quốc gia, các dự án nhằm xoá nghèo và hỗ trợ người dân có hoàn cảnh khó khăn ở Việt Nam. Ngoài ra nghiên cứu còn tập trung vào đối tượng các hộ nghèo, cận nghèo và những hộ đã thoát nghèo để nghiên cứu sự thay đổi của các nhóm hộ gia đình dưới các chính sách hỗ trợ. Cán bộ quản lý các cấp thuộc trung ương và địa phương cũng là những đối tượng được quan tâm nghiên cứu nhằm xác định được rõ hơn định hướng và quan điểm của chính quyền trong công tác xoá nghèo.

Dữ liệu được sử dụng trong báo cáo này được thực hiện dựa trên: Tổ chức 17 cuộc họp với các cơ quan địa phương tại tỉnh Nam Định (10) và Vĩnh Phúc (7); Đã phỏng vấn 32 cán bộ (22 nam và 10 nữ); Tổ chức 9 cuộc thảo luận nhóm với cộng đồng (4 nhóm) và cán bộ nhà nước (5 đơn vị quản lý); Tổng số 26 nam và 20 nữ đã tham gia thảo luận; Điều tra 353 hộ trong đó có 48 hộ nghèo và 305 hộ cận nghèo. Số hộ có người bị khuyết tật là 24 hộ và số hộ dân tộc thiểu số là 79. Trong số đại diện của mỗi hộ có 184 nam và 169 nữ.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phỏng vấn

Ở các cấp chính quyền quản lý, nghiên cứu tập trung vào các cán bộ quản lý tham gia vào thực hiện chính sách có liên quan đến xoá nghèo và thực hiện mục tiêu số 1 của chương trình PTBV:

- Ở mỗi tỉnh, nghiên cứu này hướng tới cán bộ quản lý ở tỉnh/huyện/xã đang công tác tại phòng LĐTBXH, phòng KHĐT, phòng NNPTTN, văn phòng chỉ đạo chương trình mục tiêu quốc gia về xoá nghèo bền vững, trung tâm đào tạo nghề.
- Ở Vĩnh Phúc, dữ liệu được thu thập tại thành phố Phúc Yên, huyện Lập Thạch và Tam Đảo.
- Ở Nam Định, dữ liệu thu thập tại huyện Giao Thuỷ và Mỹ Lộc.

2.2.2. Khảo sát hiện trường và bảng hỏi

Trước khi thực hiện khảo sát ở tỉnh Nam Định và Vĩnh Phúc, nhóm nghiên cứu đã thảo luận với các cơ quan có liên quan đến hoạt động xoá nghèo và thực hiện mục tiêu PTBV về vấn đề khảo sát thực địa. Ở mỗi tỉnh, huyện/xã với tỷ lệ hộ nghèo cao sẽ được lựa chọn cho nghiên cứu (cuối năm 2019, tỷ lệ nhèo xấp xỉ 2% tổng số hộ). Ở mỗi huyện tổng số hộ được khảo sát từ 20-30% tổng số hộ nghèo.

Phỏng vấn bán cấu trúc là công cụ được sử dụng để thu thập thông tin từ các cơ quan quản lý nhà nước. Câu hỏi trong bảng hỏi phỏng vấn nhằm mục đích để người phỏng vấn hiểu rõ nét và sâu hơn về hoạt động quản lý, các chính sách và phương hướng của địa phương trong xoá nghèo và thực hiện các mục tiêu PTBT theo QĐ 622/QD-TTg của TTCP. Đối với các hộ nghèo, bảng hỏi được thiết kế để tìm hiểu về hiểu biết của người dân về các chương trình và chính sách đang được hỗ trợ cũng như tìm hiểu ý kiến và nguyện vọng của người dân.

2.2.3. Thu thập dữ liệu thứ cấp

Dữ liệu thứ cấp thu thập từ các tài liệu, báo cáo, thống kê chính thức đã được công bố của tỉnh Nam Định và Vĩnh Phúc: (1) Tài liệu thống kê về hiện trạng tự nhiên, kinh tế xã hội và môi trường; (2) Dữ liệu về xoá đói giảm nghèo, thu nhập và điều kiện kinh tế của các hộ nghèo; (3) Báo cáo tổng hợp về các chương trình 135, chương trình mục tiêu quốc gia về xoá nghèo bền vững, về phát triển nông thôn mới; và (4) Tài liệu, báo cáo về chiến lược phát trển kinh tế xã hội của tỉnh.

2.2.4. Xử lý và phân tích dữ liệu

Dữ liệu được phân tích và định lượng từ kết quả phỏng vấn và khảo sát tại địa phương. Nội dung phỏng vấn và khảo sát được sử dụng suy luận và đưa ra kết luận liên quan đến vai trò của kế hoạch thực hiện PTBV đối với xóa đói giảm nghèo. Dữ liệu chính được thu thập thông qua bảng câu hỏi đã được sắp xếp và tóm tắt trước khi phân tích. Dữ liệu được phân tích để có thông tin mô tả bao gồm tình hình thực hiện mục tiêu xoá nghèo trong PTBV, hiệu quả của các chính sách giảm nghèo, điểm mạnh và điểm yếu

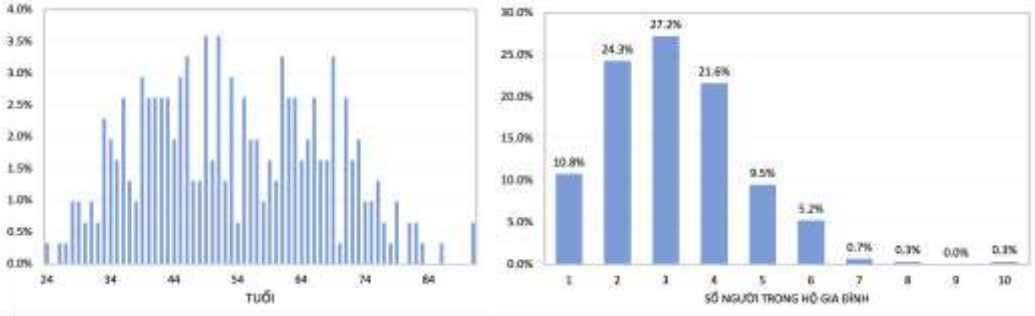
của người dân địa phương trong việc theo đuổi chương trình xoá nghèo trong PTBV; nỗ lực giám sát và theo dõi việc thực hiện PTBV. Hiệu quả và tiến độ thực hiện xoá nghèo trong PTBV ở Việt Nam được thể hiện dựa trên việc phân tích cả dữ liệu định tính và định lượng.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Tác động của chính sách xoá đói giảm nghèo tới cộng đồng địa phương

3.1.1. Đặc điểm của hộ nghèo

Trong số những hộ nghèo được phỏng vấn ở Nam Định và Vĩnh Phúc, độ tuổi của chủ hộ dao động trong khoảng khá rộng, từ 24 đến 91 tuổi (Hình 1), trong đó độ tuổi phổ biến nhất từ 40 đến 70 tuổi. Độ tuổi trung bình của chủ hộ nghèo và cận nghèo là 53 tuổi. Nhìn chung, tỷ lệ chủ hộ nghèo ở độ tuổi lao động (18 – 60 tuổi) ở khu vực nghiên cứu là tương đối cao, chiếm 64.4% tổng số hộ.



Hình 1. Tỷ lệ độ tuổi (hình trái) của các chủ hộ nghèo và số người (hình phải) trong hộ gia đình

Hình 1 cũng thể hiện phân bố tỷ lệ số thành viên trong gia đình của các hộ được khảo sát. Có 10.8% số gia đình chỉ có một thành viên duy nhất trong khi số gia đình có từ 5 thành viên trở lên chiếm 16.1%. Có 73.1% số hộ là có từ 2 đến 4 người trong một gia đình. Trung bình mỗi một gia đình nghèo và cận nghèo ở Nam Định và Vĩnh Phúc có 3.17 người. So với mặt bằng chung về các hộ nghèo ở Việt Nam hay trên thế giới thường có trung bình từ 6-8 người thì số người trong các hộ gia đình được nghiên cứu ở tỉnh Nam Định và Vĩnh Phúc đều rất khiêm tốn. Trong 312 các hộ nghèo và cận nghèo, số hộ có người trong giai đình thuộc diện BTXH chiếm 35.4% tổng số hộ, trong đó chủ yếu là hộ có một người được bảo trợ (31.8%). Nhìn chung tỷ lệ hộ có người trong gia đình thuộc diện BTXH khá cao. Chỉ có 261/312 hộ cho ý kiến chi tiết về số thành viên còn khả năng lao động trong gia đình, trong đó có 54 hộ hoàn toàn không có khả năng lao động, chiếm 20.7% và 34 hộ (13%) có toàn bộ thành viên trong gia đình có khả năng lao động. Hộ nghèo có số lao động nhiều nhất là 6 người trong tổng số 6 người của gia đình.

Về số lượng trẻ em trong độ tuổi đi học, có 68.1% số hộ có trẻ đi học, trung bình mỗi hộ có 1.2 trẻ. Nhìn chung số lượng trẻ em trung bình tại các hộ nghèo và cận nghèo không nhiều so với đặc điểm chung của các hộ nghèo trên toàn quốc là gia đình đông người và nhiều trẻ em.

3.2.2. Những nguyên nhân chính dẫn đến nghèo

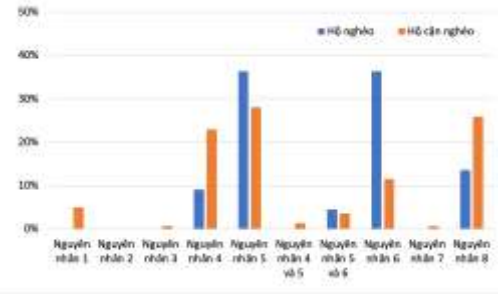
Trong số 8 nguyên nhân chính được thống kê là dẫn tới nghèo hoá các hộ ở Nam Định và Vĩnh Phúc (Bảng 1) (Ngo Dang và cs, 2018), thì những nguyên nhân lớn nhất bao gồm các hộ có người thân thuộc đối tượng BTXH như có người già đơn thân, bà mẹ đơn thân nuôi con nhỏ (~22%), gia đình có người cao tuổi không có người chăm sóc (~32%) và hộ không có người thân thuộc nhóm BTXH nhưng lại có người bị bệnh nặng (24.2%). Nhìn chung nguyên nhân chính của các hộ nghèo ở khu vực nghiên cứu là gia đình có nhiều gánh nặng, có nhiều người cao tuổi và đau ốm phải chăm nuôi nên không có thời gian để đi làm, không có đủ năng lực để tự đi làm kiếm tiền. So với các nguyên nhân đói nghèo phổ biến ở Việt Nam như nhà đông con đang độ tuổi ăn học thì các trường hợp nghèo ở Nam Định và Vĩnh Phúc khó thoát nghèo hơn vì không có khả năng để tự thoát nghèo.

Bảng 1. Những nguyên nhân chính dẫn đến nghèo

Lý do	Mô tả
1	Trẻ dưới 16 tuổi không có người nuôi dưỡng do nhiều nguyên nhân (Quyết định số 136/2013/NĐ-CP)
2	Người từ 16 tuổi đến 22 tuổi có lý do như lý do 1 mà đang học phổ thông, học nghề, trung học chuyên nghiệp, cao đẳng, đại học văn bằng thứ nhất.
3	Trẻ em bị nhiễm HIV thuộc hộ nghèo; người bị nhiễm HIV thuộc hộ nghèo không còn khả năng lao động mà không có lương hưu, trợ cấp bảo hiểm xã hội hàng tháng, trợ cấp ưu đãi người có công hàng tháng, trợ cấp hàng tháng khác.
4	Người thuộc hộ nghèo không có chồng hoặc không có vợ; có chồng hoặc vợ đã chết; có chồng hoặc vợ mất tích theo quy định của pháp luật và đang nuôi con nhỏ/đang đi học
5	Người cao tuổi (Quyết định số 136/2013/NĐ-CP)

6	Trẻ em khuyết tật, người khuyết tật thuộc diện hưởng trợ cấp xã hội theo quy định của pháp luật về người khuyết tật
7	Gia đình có nhiều trẻ nhỏ thuộc độ tuổi đi học
8	Gia đình có hoàn cảnh đặc biệt khó khăn, kinh tế yếu, nhà có người bị ốm nặng không có khả năng về sức khoẻ để làm việc

Hình 2 so sánh các nguyên nhân dẫn đến nghèo ở các hộ nghèo và cận nghèo. Nhìn chung giữa 2 nhóm hộ nghèo đều có nhiều điểm tương đồng khi các nguyên nhân chính dẫn đến đói nghèo đều khá giống nhau. Tuy nhiên, tỷ lệ những gia đình thuộc diện nghèo do nhà có người thuộc diện bảo trợ xx hội thuộc nhóm người bị tật nguyền chiếm đến gần 40%, trong khi ở nhóm hộ cận nghèo thì tỷ lệ này chỉ là trên 10%. Nhóm hộ cận nghèo chủ yếu rơi vào nhóm gia đình có phụ nữ đơn thân chăm con nhỏ, nhà có người cao tuổi không còn đủ sức lao động và nhà có người ốm đau. Có thể nói nguyên nhân chính dẫn tới hộ bị nghèo và không có khả năng để thoát nghèo là gia đình có người bị tàn tật và già yếu, đây là những người hoàn toàn không có khả năng lao động thậm và nhiều khi cần có người khoẻ mạnh chăm sóc. Khi người khoẻ mạnh không thể lao động mà phải dành thời gian để chăm sóc người bị ốm thì khả năng để thoát nghèo là rất khó khăn.



Hình 2. Những nguyên nhân chính dẫn đến nghèo và cận nghèo

3.1.3. Những nguồn thu nhập chính của các hộ gia đình nghèo và cận nghèo

Thu nhập trung bình của các hộ được thống kê tại **Error! Reference source not found.**. Nhìn chung mức thu nhập trung bình tính theo đầu người giữa các nhóm hộ tương đối rõ rệt. Đối với các hộ nghèo, thu nhập trung bình trong 1-2 năm gần đây đạt khoảng 0.38 USD/ngày, tương đương với 730.000 VND/tháng, con số này thấp hơn 3.7 lần so với thu nhập trung bình của hộ cận nghèo và 5.6 lần so với những hộ đã thoát nghèo. Kết quả thống kê khảo sát cho kết quả rất tương đồng với chuẩn nghèo đa chiều tiêu chí thu nhập bình quân đầu người là dưới 1.000.000 VND/tháng theo quy định quyết định số 59/2015/QĐ-TTg. Đa số các hộ thuộc nhóm cận nghèo đã gần thoát nghèo khi mức thu nhập trung bình đã đạt 950.000 VND/tháng. Tuy nhiên theo chuẩn nghèo đa chiều mới năm Nghị định số 07/2021/NĐ-CP đã nâng cao tiêu chí thu nhập để thoát nghèo lên trên 1.5 mil. VND/tháng, gấp 1.5 lần so với tiêu chuẩn cũ. Ngay cả đối với hộ đã thoát nghèo thì mức thu nhập trung bình đầu người mới chỉ đạt 1.480.000 VND/tháng, nhiều khả năng sẽ tái nghèo, đặc biệt trong giai đoạn khó khăn toàn xã hội do dịch bệnh Covid 19 khiến kinh tế giảm sút.

Bảng 2. Thu nhập trung bình của các hộ gia đình được phỏng vấn

Loại hộ	USD/ngày	Triệu VND/tháng	Độ lệch chuẩn (triệu đồng/tháng)
Hộ nghèo	0.38	0.73	0.20
Hộ cận nghèo	1.39	0.95	0.43
Hộ thoát nghèo	2.13	1.48	0.58

Kết quả khảo sát cho thấy thu nhập chính của các hộ vẫn đến từ lĩnh vực nông nghiệp là chủ đạo, trong đó 98.2% số hộ có thu nhập dựa vào kinh tế nông nghiệp, trong đó có 42.1% hộ chỉ có nguồn thu duy nhất từ nông nghiệp. Công việc trồng trọt, chăn nuôi chỉ bận một số thời điểm cố định trong năm nên trong những khoảng thời gian nông nhàn những hộ có người lao động thường cố gắng kiếm thêm các nguồn thu nhập khác từ một số các công việc thời vụ như gặt thuê, cấy thuê, thu hoạch nông sản thuê hoặc buôn bán nhỏ lẻ những sản phẩm nông nghiệp. Những công việc thường đem lại lợi nhuận cao hơn so với nông nghiệp như buôn bán hay dịch vụ đều không có sự tham gia của các gia đình nghèo và cận nghèo. Khó khăn đối với những hộ này không chỉ đơn thuần đến từ tiếp cận tài chính mà còn từ bản thân gia đình khi không có đủ sức khoẻ hay thời gian để đầu tư cho công việc.

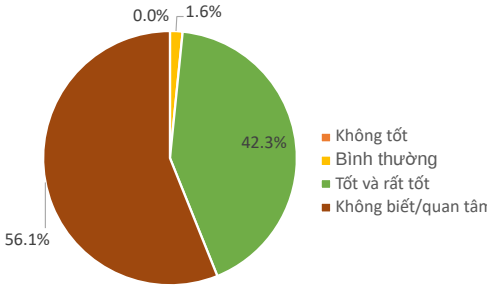
3.1.4. Mức độ quan tâm về các chính sách hỗ trợ

Chỉ có 3.5% số hộ hoàn toàn không biết về những chính sách đang được áp dụng, bao gồm cả những chính sách gia đình mình không được hưởng. Đây là những người già sức khoẻ yếu nên không quan tâm nhiều đến chính sách. Chính sách nhiều hộ quan tâm cũng như mang lại nhiều giá trị thiết thực nhất đối với các hộ ở Vĩnh Phúc và Nam Định là chính sách miễn giảm bảo hiểm y tế cho người nghèo (biết bởi 81.9% hộ) và chính sách hộ trợ trẻ em nghèo đi học (biết bởi 58.4% hộ). Những chính sách chưa mang lại

nhiều hỗ trợ hay thiết thực với bà con địa phương thể hiện qua mức độ hiểu biết và quan tâm của các hộ, bao gồm các chính sách hỗ trợ tiếp cận nguồn nước sạch (1.4%) hay chính sách ưu đãi vay vốn dành cho bà con dân tộc tiểu số (1.1%). Chính sách dạy nghề chỉ có 37.4% các hộ dân biết đến và quan tâm, một phần là do hiệu quả của các chương trình dạy nghề trước đây chưa cao , chưa mang lại hiệu quả tích cực.

3.1.5. Hiệu quả hoạt động của ban xóa đói giảm nghèo

Ban quản lý xoá đói giảm nghèo tại địa phương được người dân bầu ra thông qua các hình thức bỏ phiếu và tiến cử. Có 88% số hộ dân nhận thức được về quy trình bầu cử ban quản lý xoá đói giảm nghèo. Với 12% số hộ dân còn lại, phần lớn không nhận được sự có mặt của ban quản lý và cũng không thực sự quan tâm tới tổ chức này. Về hiệu quả hoạt động hỗ trợ người nghèo của BQL xoá đói giảm nghèo của địa phương, 56.1% số hộ không biết và không quan tâm tới hoạt động của BQL xoá đói giảm nghèo tuy nhiên tất cả những ý kiến đánh giá của những hộ còn lại đều cho rằng BQL xoá đói giảm nghèo đang hoạt động hết sức hiệu quả (**Error! Reference source not found.**). QBL nắm được tình hình thực tế của địa phương, nắm được hoàn cảnh từng gia đình và đề xuất được những người xứng đáng để nhận được các chế độ hỗ trợ.



Hình 4. Đánh giá của các hộ nghèo về mức độ hiệu quả của Ban xoá đói giảm nghèo

3.2. Khó khăn và thách thức trong thực hiện mục tiêu xóa nghèo tại địa phương

3.2.1. Điểm mạnh

Hệ thống chính sách giảm nghèo ở Việt Nam tương đối toàn diện về nội dung và mục tiêu hỗ trợ. Chương trình CTMTQG giai đoạn 2016-2020 có các cơ chế đổi mới để tổ chức thực hiện và cụ thể hơn về lồng ghép giới và các nhóm dễ bị tổn thương so với các chương trình trước đây. Ngoài ra, Chiến lược phát triển 2011-2020 của Ngân hàng Chính sách xã hội nêu rõ những nỗ lực của chính phủ trong việc xác định các giải pháp nhằm phát triển các sản phẩm dịch vụ hỗ trợ hiệu quả hơn cho hộ nghèo, hộ cận nghèo và các đối tượng được hưởng chính sách hỗ trợ. Ngoài ra, CTMTQG 2010-2020 cũng đã đóng góp đáng kể vào công cuộc giảm nghèo bền vững ở Việt Nam.

3.2.2. Điểm yếu

Trong tổng số 169 mục tiêu phát triển bền vững toàn cầu, Việt Nam đã nội địa hoá được 115 chỉ tiêu trong đó phản ánh được 150 mục tiêu toàn cầu. Những mục tiêu không được nội địa hoá không áp dụng cho Việt Nam và không phù hợp với bối cảnh kinh tế xã hội Việt Nam. Một số mục tiêu của VIệt Nam đã lồng ghép và phản ánh được nhiều mục tiêu toàn cầu. Tuy nhiên nhiều mục tiêu Việt Nam chưa phản ánh được hết các mục tiêu toàn cầu và các mục tiêu Việt Nam đề xuất còn thiếu nỗ lực và chưa tương xứng với tiềm lực của Việt Nam. Tính liên kết trong xây dựng kế hoạch PTBV trong quản lý các cấp vẫn chưa cao khi KHHĐ PTBV của quốc gia không nhận được phản hồi về tính khả thi và phù hợp của các tỉnh dù nhiều địa phương nhận thức được sự bất khả thi với một số các mục tiêu đã đề ra. Mức độ quan tâm của các địa phương còn thấp với Chương trình Nghị sự 2030 của Liên hợp quốc.

4. Kết luận

Chính sách xoá đói giảm nghèo của Việt Nam trong những năm qua đã mang lại hiệu quả rõ rệt trên toàn quốc, trong đó có Nam Định và Vĩnh Phúc. Tỷ lệ hộ nghèo và cận nghèo ở Nam Định và Vĩnh Phúc liên tục giảm trong những năm gần đây, thể hiện rõ rệt với những đổi thay tích cực ở các khu vực nông thôn. Kết quả khảo sát và đánh giá xã hội học cho 310 hộ nghèo và cận nghèo ở cả hai tỉnh phản ánh sự cải thiện rõ rệt trong đời sống tinh thần và vật chất của người nghèo. Các chính sách đang được áp dụng đặc biệt là các chính sách về bảo hiểm y tế, giáo dục và hỗ trợ nguồn vốn đã và đang mang lại những hiệu quả tích cực trong xoá đói giảm nghèo thể hiện qua mức tăng trưởng kinh tế của từng hộ gia đình và niềm tin, sự ủng hộ của người nghèo đối các chính sách của Nhà nước và địa phương. Tuy nhiên công tác xoá nghèo ở cả Nam Định và Vĩnh Phúc đều còn gặp rất nhiều khó khăn khi phần lớn các hộ gia đình thuộc diện nghèo và cận nghèo đều bắt nguồn từ gia đình có hoàn cảnh đặc biệt, có đối tượng BTXH hoặc có người thân bị ốm đau dẫn đến kiệt quệ về tài chính. Nhìn chung quá tình giảm nghèo bền vững phải bắt nguồn từ tiềm lực nội tại của các hộ gia đình, khi không đảm bảo thời gian và sức khoẻ cho lao động, bài toán xoá nghèo sẽ trở nên vô cùng khó khăn. Bên cạnh đó, công tác xoá đói giảm nghèo sẽ còn gặp nhiều khó khăn hơn nữa khi diễn biến dịch bệnh Covid-19 ở Việt Nam còn phức tạp, sẽ làm giảm tiến độ và đẩy lùi các nỗ lực của đất nước.

Tài liệu tham khảo

Brillantes A 2016. “Public Sector Reform and Poverty Reduction.” *Vietnam Law & Legal Forum*

Magazine, August 8.

Do, Kim-Chung. 2015. "Implementation of Poverty Reduction Policies: An Analysis of National Targeted Program for Poverty Reduction in the Northwest Region of Vietnam." *International Journal of Business and Social Science* 6 (9): 76–86 (in Vietnamese).

GOVN, 2017. Decision No. 622/QD-TTg on National Action Plan for the implementation of the 2030 sustainable development Agenda

GOVN, 2020. National Report 2020 on the implementation of the goals developed by Vietnam (in Vietnamese)

Ngo Dang, T.; Tran Thuy, C.; Tran Van, Y.; Nguyen Thanh, T 2018. Sets of Sustainable Development Indicators in Vietnam: Status and Solutions. *Economies* 2018, 6, 1. https://doi.org/10.3390/economies6010001

P.T.T Binh & V.V. Ha (2018): Poverty Reduction in Vietnam and the Role of Public Administration, *Journal of Contemporary Asia*, DOI: 10.1080/00472336.2018.1515368

Pollonia Miola, Fritz Schiltz, 2019. Measuring sustainable development goals performance: How to monitor policy action in the 2030 Agenda implementation? *Ecological Economics*, Volume 164, 2019, 106373, ISSN 0921-8009, https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106373

ABSTRACT

Evaluate the effectiveness and progress of SDG-1 implementation on Poverty reduction in Vietnam in the period 2016-2020, Case studies in Nam Dinh and Vinh Phuc provinces

Nguyen Thi Hong Ngoc[1], Tran Anh Quan[2]
[1] *Vietnam National University of Agriculture*
[2] *Hanoi University of Mining and Geology*

"No one is left behind" is the most important goal in Vietnam's sustainable development strategy. The proposed 2030 Agenda and Sustainable Development Goals (SDGs) are in line with Vietnam's long-term development strategy. The Government of Vietnam has been mobilizing resources and the cooperation of management agencies at all levels, organizations, communities and people. Out of 17 sustainable development goals, SDG-1 aims to end poverty everywhere and is considered a feasible goal among 17 sustainable development goals when Vietnam implements its target programs. National target on New Rural Development and Sustainable Poverty Reduction for a long time. The work of poverty eradication in Vietnam has achieved many encouraging results, of which Vietnam has soon completed the end of extreme poverty across the country in 2015. Assessment of the implementation of SDG-1 in the provinces Nam Dinh and Vinh Phuc provinces also showed many positive results. the criteria were successfully fulfilled ahead of time. However, the localization and implementation of SDG-1/SDG in Vietnam still face many difficulties and inadequacies. In addition, the SDG program has not received adequate attention from regulatory agencies and scientific researchers. The integration of SDG criteria into the Socio-Economic Development Program is appropriate in the context of Vietnam. The important immediate task of Vietnam in the next phase is to raise awareness of the importance of the SDG implementation in the socio-economic development strategy, and at the same time take the SDG implementation results as a criterion. essential to evaluate the performance of local tasks.

Keywords: SDG, sustainable development, 2030 Agenda, poverty eradication, sustainable poverty reduction

Landslide susceptibility mapping at the Huoi Reng watershed, Le Thuy County, Quang Binh province

Dao Minh Nhut[1,2], Phan Thi Mai Hoa[1,3], Bui Hoang Bac[1], Nguyen Quoc Phi[1,*]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam*

[2]*Northwest Geological Division, Vietnam Geological Department, Ministry of Natural Resources and Environment, Vietnam*

[3]*Graduate University of Science and Technology, Vietnam Academy of Science and Technology, Vietnam*

ABSTRACT

This study focuses on mapping landslide susceptibility in the Huoi Reng watershed, located in Le Thuy District, Quang Binh Province, Vietnam, by integrating Geographic Information Systems (GIS) with advanced machine learning techniques. A comprehensive set of topological, geological, and environmental factors were collected, processed, and analyzed. Three machine learning models—J48 Decision Trees, Random Forest (RF), and Optimized Random Forest with Bagging (OptRF-Bagging)—were employed to evaluate the data and generate landslide susceptibility maps. The results reveal that areas with high landslide susceptibility are predominantly concentrated in regions characterized by heavy rainfall, specific land use and land cover (LULC) patterns, and weathered or weak soils. Among the models, the Random Forest model demonstrated the highest performance, achieving an ROC value of 0.993, indicating its robustness and reliability. The findings of this study provide crucial insights for guiding landslide risk management and mitigation strategies in the Huoi Reng watershed and can serve as a reference for similar regions prone to landslides.

Keywords: Landslide susceptibility, Le Thuy District, GIS, machine learning, Random Forest, Quang Binh.

1. Introduction

In recent years, the mountainous provinces of Vietnam have faced increasingly complex environmental changes, including landslides, rockslides, flash floods, mudslides, riverbank erosion, and coastal erosion. These hazardous and sudden natural disasters have escalated, causing substantial harm to human life, property, and the ecological environment. On average, these natural disasters result in approximately 400 deaths and disappearances annually, with estimated economic losses ranging from 1-1.5% of GDP[9]. The enduring consequences of these environmental changes significantly impact both the environment and the livelihoods of the people.

The mountainous and midland regions of Vietnam are particularly vulnerable to various natural hazards, including landslides, rockslides, flash floods, and mudslides. Despite the critical need to understand landslide susceptibility in these regions, comprehensive studies that incorporate advanced machine learning techniques with Geographic Information Systems (GIS) for accurate predictions remain insufficient. Recent years have seen an increasing complexity and unpredictability in natural disaster occurrences across Vietnam. For example, in 2020 alone, Vietnam experienced 16 types of natural disasters, including 10 storms in the East Sea, 263 incidents of thunderstorms and heavy rains across 49 provinces, and 101 cases of floods, flash floods, and landslides. Particularly devastating was the historic flood event from October 6 to 22, 2020, in the Central region, which resulted in significant human and economic losses. As of November 6, 2020, these disasters had caused 340 deaths and disappearances, 819 injuries, and the destruction or damage of hundreds of thousands of houses. The economic losses from these events were estimated to exceed 33,449 billion VND, highlighting the urgent need for improved disaster preparedness and mitigation strategies, especially in the most vulnerable regions. [7].

Quang Binh, a province in central Vietnam, has endured significant damage from natural disasters in recent years, particularly from storms, flash floods, and landslides. These events have not only disrupted

* Corresponding author:
Email: nguyenquocphi@humg.edu.vn

the socio-economic life of the local population but have also caused substantial losses in terms of lives and property. In this context, studying and forecasting landslide risks have become crucial, especially in high-risk areas. One such area within the province is the Huoi Reng watershed, located in Le Thuy district. Initial assessments and remote sensing image interpretation from 2010 to 2015 identified this area as having a high concentration of landslide points. This highlights the importance of conducting detailed research in Huoi Reng to develop preventive measures and mitigate the damage caused by landslides, not only in this area but throughout Quang Binh province.

Tree-based methods, known as white-box models, allow users to visualize how data is divided through the branching structure of the tree. This transparency facilitates a deeper analysis of the significance of factors influencing the final outcome, making these methods particularly valuable for understanding underlying data patterns.

In the context of landslide susceptibility mapping, which is essential for disaster risk management in mountainous regions, various approaches are employed, including expert-based, statistical, and machine learning methods.Expert-based methods provide practical insights but often struggle with consistency and scalability. Statistical methods like Logistic Regression and AHP [5] offer objective results but can be constrained by linear assumptions. Machine learning, especially with techniques such as J48 Decision Trees[1][3], Random Forest[1][2][6][8], and Optimized Random Forest-Bagging[4][6], represents a significant advancement in this field. J48 is valued for its simplicity and interpretability, though it is sensitive to data noise. Random Forest addresses this by aggregating results from multiple decision trees, thereby enhancing reliability and minimizing overfitting. Optimized Random Forest-Bagging further refines this approach, improving accuracy and generalization, though it may occasionally be slightly less accurate than standard Random Forest. These methods excel in integrating multi-source data, substantially enhancing the quality of landslide susceptibility mapping. The choice of method ultimately depends on the specific research goals and the nature of the available data.

In conclusion, this study seeks to develop a comprehensive landslide susceptibility map for the Huoi Reng watershed in Le Thuy District, Quang Binh Province, Vietnam, employing Geographic Information Systems (GIS) integrated with advanced machine learning techniques. The specific objectives include the collection and processing of relevant spatial and environmental data, the application and comparison of machine learning models such as Random Forest (RF), Optimized Random Forest with Bagging (OptRF with Bagging), and Decision Tree (J4.8), and the evaluation of each model's performance to identify the most effective approach. The ultimate goal is to generate a detailed and accurate landslide susceptibility map, which will serve as a critical tool for disaster risk management and mitigation in this highly vulnerable region. By incorporating diverse datasets—including topographic features, geological formations, and climatic factors—this research aims to enhance the predictive accuracy and practical utility of landslide susceptibility assessments, providing a vital contribution to the ongoing efforts to safeguard lives and property from natural disasters in Quang Binh Province.

2. Study Area and Data

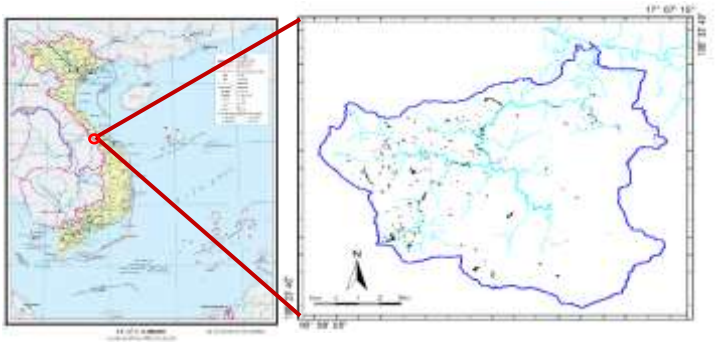
2.1. Study Area

The Huoi Reng watershed is located in the west of Le Thuy district, Quang Binh province. This area is characterized by challenging hilly terrain and a sparse population density. It falls under the management of a national forest and shares a border with Laos. The geographical coordinates of the watershed range from 17°40' to 17°55' N latitude and 105°50' to 106°05' E longitude, covering an area of approximately 145 square kilometers.

2.2. Data

This study considers sixteen factors contributing to landslide susceptibility, including elevation, slope, land use, lithology, weathering, hydrogeology, engineering geology, faults, topographic wetness index (TWI), terrain ruggedness index (TRI), road density, houses, soil moisture, NDVI (normalized difference vegetation index), precipitation, and weathering crust. The data were prepared by collecting and processing spatial layers in GIS. Elevation data were derived from DEM, and other layers such as slope, aspect, TRI, and TWI were generated using spatial analysis tools. Lithological and fault data were obtained from

geological surveys, while rainfall data were gathered from CMORPH precipitation dataset of US National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). NDVI, BSI, and NMI indices were calculated using remote sensing imagery. Landslide points were identified and interpreted from Google Earth imagery spanning. The processed data and their sources are presented in Table 1.



Figue 1. Landslide locations

Table 1. The processed data and their sources

Data Type	Description	Source	Processing Method
Elevation (Raster)	Controls the direction of waterways and drainage density, affecting soil moisture and slope gradient.	DEM from a 1:10,000 scale contour map	Interpolation of contour data to create DEM using GIS tools
Slope (Raster)	Influences shear forces on hill slopes, increasing landslide risk in areas with higher slopes.	Derived from DEM	Calculation of slope angle from DEM using GIS tools
Aspect (Raster)	Affects soil moisture and vegetation cover due to sunlight exposure and wind patterns.	Derived from DEM	Calculation of aspect direction from DEM using GIS tools
TRI (Terrain Ruggedness Index) (Raster)	Measures terrain variability, indicating more rugged and unstable areas.	Derived from DEM	Calculation of TRI from DEM using GIS tools
TWI (Topographic Wetness Index) (Raster)	Indicates areas prone to higher soil moisture accumulation.	Derived from DEM	Calculation of TWI using DEM and flow accumulation data
MBI (Mass Balance Index) (Raster)	Represents the balance between soil production and erosion rates.	Derived from DEM	Calculation of MBI using DEM and soil production/erosion data
Lithology (Vector)	Describes rock types and structures, influencing soil stability and resistance to weathering.	Geological maps	Digitization and classification of lithological units
GeoEngineering (Vector)	Focuses on classifying soil types based on hardness and bonding	Geological maps	Manual digitization and classification of soil

Data Type	Description	Source	Processing Method
	strength, which are crucial for slope stability assessment		types based on geotechnical properties
GeoHydrology (Vector)	Studies groundwater interaction with geological formations, affecting soil stability.	Geological maps	Analysis of groundwater levels and their interaction with geological formations
WeatheringCrust (Raster)	The outermost layer of rock altered by climatic conditions, affecting stability.	Geological and weathering maps	Classification of weathering intensity and type from geological maps
Fault-Buffer (Raster)	Proximity to geological faults, increasing landslide risk due to seismic activities.	Fault maps	Creation of buffer zones around fault lines using GIS tools
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) (Raster)	Measures vegetation density, stabilizing slopes.	Satellite imagery (Landsat 8&9)	Calculation of NDVI using satellite image bands (NIR and Red)
BSI (Bare Soil Index) (Raster)	Assesses bare soil extent, increasing erosion and landslide risk.	Satellite imagery (Landsat 8&9)	Calculation of BSI using satellite image bands (Red and SWIR)
NMI (Normalized Moisture Index) (Raster)	Indicates soil moisture content.	Satellite imagery (Landsat 8&9)	Calculation of NMI using relevant satellite image bands (NIR and SWIR) or in-situ data
Rainfall (Raster)	High rainfall increases soil saturation and landslide likelihood.	CMORPH precipitation dataset of US National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)	Interpolation of rainfall data from meteorological stations
LULC2020 (Land Use and Land Cover) (Raster)	Describes human activities and vegetation affecting slope stability.	Land use maps	Classification and mapping of land use/cover types using remote sensing or field data

In the study of landslide susceptibility and environmental stability, various factors must be analyzed to understand the complex interactions that lead to slope failures. These factors can be categorized into three main groups: topological, geological, and environmental indicators. Each group provides unique insights into how different aspects of the landscape and human activity influence the likelihood of landslides. By examining these indicators, researchers can develop a comprehensive understanding of the mechanisms driving slope instability and identify areas at risk. The following sections delve into the specifics of each group, starting with the crucial topological indicators.

- Topological:

The topology indicators are vital for understanding the physical characteristics of the landscape, which directly affect environmental stability and the potential for natural hazards like landslides. Elevation

dictates the direction of waterways and the density of drainage networks, influencing soil moisture and slope gradient, both crucial for landscape stability. Slope impacts the shear forces acting on hill slopes, with steeper slopes being more susceptible to landslides due to increased gravitational forces. Aspect determines the amount of sunlight different areas receive, affecting soil moisture levels and vegetation cover—both essential for maintaining slope stability. The Terrain Ruggedness Index (TRI) measures the variability of the terrain, with higher values indicating more rugged and potentially unstable areas. Topographic Wetness Index (TWI) identifies zones prone to higher soil moisture accumulation, which increases landslide susceptibility. Finally, the Mass Balance Index (MBI) offers insights into the balance between soil production and erosion, providing a broader perspective on long-term landscape stability.

❖ Geological:

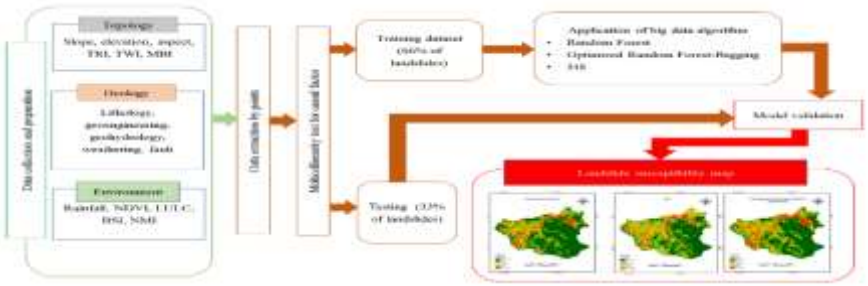
Geology indicators are crucial for understanding the underlying conditions that influence slope stability and landslide risk. Lithology describes the types of rocks and geological structures present in an area, playing a significant role in determining soil stability and resistance to weathering. GeoEngineering focuses on classifying soil types based on their hardness and bonding strength, which are critical factors for assessing slope stability. GeoHydrology studies the interaction between groundwater and geological formations, which is crucial in areas where water infiltration can weaken soil and rock stability. The WeatheringCrust refers to the outermost layer of rock altered by climatic conditions, affecting its mechanical properties and overall stability. Fault-Buffer measures the proximity to geological faults, where the risk of landslides is heightened due to potential seismic activities that can trigger slope failures.

❖ Environmental:

Environmental indicators provide insight into how vegetation, soil conditions, and weather patterns influence slope stability. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) measures vegetation density, which plays a critical role in stabilizing slopes by anchoring the soil and reducing erosion. In contrast, the Bare Soil Index (BSI) assesses the extent of exposed soil, which increases vulnerability to erosion and heightens landslide risk. The Normalized Moisture Index (NMI) indicates soil moisture content, offering a direct measure of the potential for soil saturation—a key factor in landslide occurrence. Rainfall is another critical factor, as high precipitation levels can lead to increased soil saturation, significantly raising the likelihood of landslides. Lastly, Land Use and Land Cover (LULC2020) provides a comprehensive overview of how human activities and vegetation cover affect slope stability, highlighting areas where land use practices may either mitigate or exacerbate landslide risks.

3. Methods

This study applies and evaluates three machine learning models to predict landslide susceptibility in the Huoi Reng watershed. The models considered include Random Forest (RF), Optimized Random Forest with Bagging (Optimized RF-Bagging) and J48. Each model has unique strengths and is applied to the processed spatial and environmental data to determine the most effective approach for landslide susceptibility mapping.



Figue 2. Framework of the proposed approach

3.1. J48

J48 is a simple and interpretable decision tree algorithm based on the C4.5 algorithm. It constructs decision trees by recursively splitting the dataset into subsets based on the attribute that results in the highest

information gain. Information gain is a measure of how well an attribute separates the training examples according to their target classes.

The decision rule at each node is determined by:

$$\text{Information Gain} = \text{Entropy(D)} - \sum_{i=1}^{n} \left|\frac{D_i}{D}\right| \text{xEntropy}(D_i)$$

Where D is the dataset D_i is the subset of data for a particular attribute value, and Entropy(D) measures the impurity of the data.

While J48 may not be as robust or powerful as Random Forest, it offers significant advantages in terms of speed and interpretability. The resulting decision tree is easily understandable, making J48 an excellent choice for scenarios where model transparency is crucial.

3.2. Random Forest (RF).

The Random Forest (RF) algorithm is a powerful ensemble learning method that constructs multiple decision trees during training and outputs the mode of the classes (for classification tasks) or the mean prediction (for regression tasks). Each tree in the forest is built from a different subset of the training data, created through bootstrap sampling, which involves sampling with replacement. Additionally, at each split in a tree, a random subset of features is selected, further enhancing the diversity among the trees.

The prediction of the Random Forest is given by:

Classification:

$$\gamma = \text{mode}(T_1(\text{x}), T_2(\text{x}), \ldots, T_m(\text{x}))$$

Where $T_i(\text{x})$ represents the prediction of the *i*th tree for instance x, and m is the total number of trees.

Regression:

$$\gamma = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} T_i(x)$$

Optimization of RF involves hyperparameter tuning and feature selection to enhance performance. Key hyperparameters include the number of trees (n_estimatorsn), which determines how many trees are in the forest; the maximum depth of trees (max_depthmax), which limits the depth of each tree to control complexity and prevent overfitting; and the number of features considered at each split (max_featuresmax). Typically, these parameters are optimized using techniques like Grid Search or Random Search combined with cross-validation to achieve the best performance.

3.3. Optimized Random Forest with Bagging (Optimized RF-Bagging)

The Optimized Random Forest with Bagging model enhances the standard Random Forest by combining hyperparameter optimization with the Bagging technique. Bagging (Bootstrap Aggregating) involves creating multiple subsets of the training data by sampling with replacement, and each subset is used to train a separate base model. In the context of Optimized RF-Bagging, the Random Forest algorithm is applied to each subset with optimized hyperparameters, such as the number of trees, tree depth, and feature selection criteria.

This model combines optimized parameter tuning and bagging, which involves creating multiple subsets of the training data by sampling with replacement. Each subset is used to train a separate base model, and the final prediction is obtained by aggregating the outputs of all base models. This approach reduces overfitting and variance, enhancing model stability.

3.4. Model Evaluation

Model evaluation is a critical process in assessing the performance and generalizability of machine learning models. This process involves comparing the model's predictions with actual outcomes using a variety of metrics to gauge how well the model performs across different scenarios. Key evaluation metrics include accuracy, which measures the overall correctness of the model's predictions; precision, which indicates the proportion of positive identifications that were actually correct; recall, which assesses the model's ability to identify all relevant instances; and the F1 score, which provides a harmonic mean of precision and recall, offering a balanced measure of the model's performance. Additionally, the Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve (AUC-ROC) is used to evaluate the trade-off between the true positive rate and false positive rate, providing insight into the model's ability to distinguish between classes.

Further metrics such as Kappa, which adjusts accuracy by considering the agreement occurring by chance, and Root Mean Squared Error (RMSE), which measures the average magnitude of error in predictions, are also employed to provide a more nuanced understanding of model performance. These metrics collectively help in evaluating not just the accuracy of the model but also its stability and reliability.

To ensure the robustness of the evaluation, a percentage split of 2/3 was used as a cross-validation technique. In this approach, the dataset was repeatedly split into training (66%) and validation (33%) sets. This method, while simpler than full k-fold cross-validation, allows for a quick and effective estimation of model performance on unseen data. By using such evaluation metrics and methods, researchers can gain valuable insights into the model's predictive power, identify potential issues such as overfitting or underfitting, and make informed decisions about model improvement and deployment.

4. Results

4.1. Distribution of Influencing Factors

The distribution of factors influencing landslide susceptibility is a complex interplay of topological, geological, and environmental characteristics, each contributing uniquely to the stability or instability of the landscape. Understanding how these factors are distributed across the study area is crucial for effective risk assessment and the development of targeted mitigation strategies.

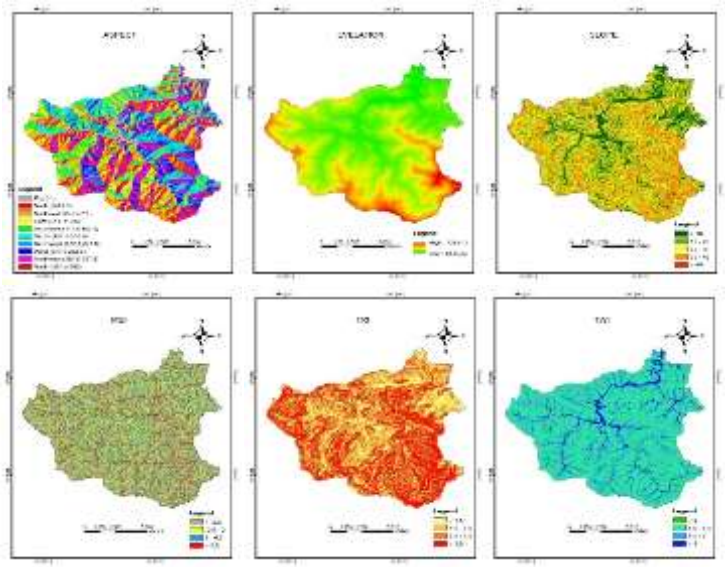
4.1.1. Topological Factors

Topological factors, including elevation, slope, aspect, terrain ruggedness, topographic wetness, and moisture balance, are fundamental in shaping the terrain's response to natural forces (figue 4). These factors determine water flow, soil stability, and the gravitational stresses acting on slopes, making certain areas more prone to landslides. For instance, areas with elevations between 100-500m are particularly susceptible due to the accumulation of materials and the combined effects of moderate slopes and frequent rainfall. Similarly, steep slopes and east-facing aspects exposed to sea breezes and storms contribute to a higher landslide risk, as does rugged terrain with high terrain ruggedness indices.

Elevation: Areas with an elevation of 100-500m have the highest landslide area at 6.12ha, accounting for 75.28% of the total landslide area. This elevation range is particularly susceptible to landslides due to its role as a zone where materials from higher elevations tend to accumulate. As water flows down from higher altitudes, it carries soil, rocks, and other debris, which then settle in these mid-elevation zones. The combination of moderate slopes, frequent rainfall, and the accumulation of loose materials increases the instability of the terrain, making it more prone to landslides. The significant percentage of landslide area within this elevation range underscores the importance of focusing disaster risk management efforts on these regions, where the buildup of unstable materials poses a considerable hazard.

Table 2. Elevation

Elevation (m)	Area(km2)	Ratio (%)	Area landslide(ha)	Ratio (%)
<100	2.65	1.84	0.00	0.00
100-200	20.05	13.94	1.58	19.47
200-500	63.70	44.31	4.54	55.81
500-1000	53.12	36.95	2.01	24.72
>1000	4.26	2.96	0.00	0.00
Sum	**143.78**	**100.00**	**8.13**	**100.00**



Figue 3. Topological Factors

Slope: Areas with slopes between 20-30 degrees have a landslide area of 2.656 ha (32.669%) and slopes between 30-45 degrees have a landslide area of 2.633 ha (32.386%). The steeper the slope, the stronger the gravitational force acting on the soil, making it more prone to slipping. The high percentage of landslide area in these zones highlights the crucial role of slope in landslide prediction and prevention.

Table 3. Slope

Slope (^{0})	**Area(km2)**	**Ratio (%)**	**Area landslide(ha)**	**Ratio (%)**
<10	14.41	10.02	0.63	7.76
20-Oct	38.01	26.44	1.96	24.13
20-30	48.43	33.68	2.66	32.67
30-45	39.73	27.63	2.63	32.39
>45	3.20	2.22	0.25	3.05
Sum	**143.78**	**100.00**	**8.13**	**100.00**

Aspect: East-facing slopes, which face the sea and receive direct rain and storms, have a landslide area of 1.712 ha, accounting for 21.058% of the total landslide area. These areas are prone to water infiltration and are subjected to strong winds, increasing the risk of landslides. The large percentage of landslide area in these zones necessitates enhanced protective measures for mountain slopes, especially those exposed to rain and storms.

Table 4. Aspect

Aspect	**Area(km2)**	**Ratio (%)**	**Area landslide(ha)**	**Ratio (%)**
N	21.00	14.60	0.95	11.73
NE	21.55	14.99	1.28	15.70
E	18.28	12.71	1.71	21.06
SE	16.86	11.72	1.25	15.41

Aspect	Area(km2)	Ratio (%)	Area landslide(ha)	Ratio (%)
S	15.23	10.59	0.75	9.23
SW	15.67	10.90	0.39	4.76
W	14.63	10.17	0.59	7.21
NW	20.57	14.31	1.21	14.91
Sum	**143.78**	**100.00**	**8.13**	**100.00**

Terrain Ruggedness Index (TRI): Areas with a ruggedness index above 3.5 have the highest landslide area at 3.183 ha, accounting for 39.151% of the total landslide area. Complex and uneven terrain creates conditions for geological disturbances, leading to a higher risk of landslides. The large percentage of landslide area in these regions underscores the importance of monitoring and managing complex terrains.

Table 5. TRI

TRI	Area(km2)	Ratio (%)	Area landslide(ha)	Ratio (%)
<1.5	23.58	16.40	1.11	13.59
1.5-2.5	35.14	24.44	1.84	22.57
2.5-3.5	36.53	25.41	2.01	24.69
>3.5	48.53	33.75	3.18	39.15
Sum	**143.78**	**100.00**	**8.13**	**100.00**

Topographic Wetness Index (TWI): The TWI range of 4-6.5 has the highest landslide area at 5.123 ha, accounting for 63.014% of the total landslide area. This reflects that soil with moderate moisture levels has a high water absorption capacity but can also become unstable when saturated, leading to landslides. The large percentage of landslide area in these zones needs careful monitoring and management, especially during the rainy season.

Table 6. TWI

TWI	Area(km2)	Ratio (%)	Area landslide(ha)	Ratio (%)
<4	3.72	2.59	0.15	1.81
4-6.5	102.82	71.52	5.12	63.01
6.5-9	25.10	17.46	1.70	20.86
>9	12.13	8.44	1.16	14.32
Sum	**143.78**	**100.00**	**8.13**	**100.00**

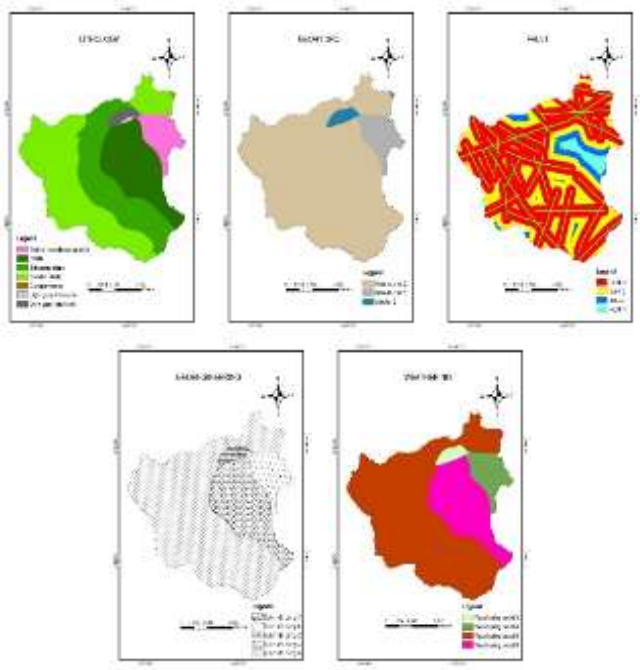
Moisture Balance Index (MBI): Areas with an MBI range of -0.5 to 0 have the highest landslide area at 3.369 ha, accounting for 41.439% of the total landslide area. The moisture balance in the soil at this level is sufficient to maintain soil cohesion but also prone to slipping when moisture increases suddenly. The large percentage of landslide area in these zones highlights the importance of water management and soil moisture control.

Table 7. MBI

MBI	Area(km2)	Ratio (%)	Area landslide(ha)	Ratio (%)
<-0.5	21.89	15.23	1.80	22.17
-0.5	53.33	37.09	3.37	41.44
0-0.5	44.55	30.98	2.03	25.01
>0.5	2.40	16.70	0.93	11.39
Sum	**143.78**	**100.00**	**8.13**	**100.00**

4.1.2. Geological Factors

Geological factors, such as lithology, geotechnical properties, groundwater interactions, and the presence of fault lines, play a critical role in determining the inherent stability of the landscape. In the study area, certain geological formations like banded shale are particularly prone to landslides due to their stratified structure and susceptibility to weathering. Additionally, areas near geological faults or those with hard linkages and significant groundwater interactions show higher landslide occurrences, emphasizing the importance of geological assessments in landslide risk prediction and management.



Figue 4. Geological factors

Lithology (Banded Shale): Banded shale has the highest landslide area at 5.263 ha, accounting for 64.736% of the total landslide area. The stratified structure and lithological composition of this type of rock make it susceptible to disintegration when exposed to water or weathering, leading to instability and landslides. The large percentage of landslide area in banded shale regions underscores the importance of lithological studies for landslide risk prediction.

Table 8. Lithology

Lithology	Areakm2)	Ratio (%)	Area landslide(ha))	Ratio (%)
Biotite-horblende granite	1.09	7.55	0.34	4.21
Shale	31.08	21.62	0.30	3.68
Siliceous shale	36.84	25.62	2.08	25.62
Banded shale	62.16	43.23	5.26	64.74
Conglomerate	0.11	0.07	0.00	0.00
Light gray limestone	0.28	0.19	0.08	0.94
Dark gray limestone	2.46	1.71	0.07	0.82
Sum	**143.78**	**100.00**	**8.13**	**100.00**

GeoEngineering (Hard Linkage - LKC): Areas with the LKC6 geotechnical layer have the highest landslide area at 7.346 ha, accounting for 90.357% of the total landslide area. The hard-linked strata with heterogeneous layers are prone to failure under the influence of heavy rain or earthquakes, leading to soil and rock instability and landslides. The large percentage of landslide area in these zones indicates the need for special protective measures in areas with hard linkages.

Table 9. GeoEngineering

GeoEngineering	Area (km2)	Ratio (%)	Area landslide(ha)	Ratio (%)
LKC7	31.08	21.62	0.30	3.67
LKC6	9.90	68.86	7.35	90.36
LKC5	10.86	7.55	0.34	4.21
LKC3	2.73	1.90	0.14	1.77
LKC2	0.11	0.07	0.00	0.00
Sum	**143.78**	**100.00**	**8.13**	**100.00**

GeoHydrology (Non-Water Bearing - KCN): Areas classified under KCN2 hydrogeology have the highest landslide area at 7.644 ha, accounting for 94.022% of the total landslide area. Although these areas do not contain groundwater, they may accumulate surface rainwater, leading to rapid saturation and instability, causing landslides. The large percentage of landslide area in these zones highlights the necessity of effective rainwater management.

Weathering (Weathering Crust - VPH): Areas with a VPH5 weathering crust have the highest landslide area at 7.346 ha, accounting for 90.357% of the total landslide area. Intensive weathering weakens the original structure of the soil and rock, creating materials that are easily eroded and prone to slipping. The large percentage of landslide area in these zones indicates the need for specific management measures to mitigate landslide risks in highly weathered areas.

Table 10. GeoHydrolygy

GeoHydrology	Area(km2)	Ratio (%)	Area landslide(ha)	Ratio (%)
KCN2	130.08	90.47	7.64	94.02
KCN1	10.86	7.55	0.34	4.21
CN2	2.84	1.97	0.14	1.77
Sum	**143.78**	**100.00**	**8.13**	**100.00**

Table 11. Weathering

Weathering	Area(km2)	Ratio (%)	Area landslide(ha)	Ratio (%)
Weathering crust 6	31.19	21.69	0.30	3.67
Weathering crust 5	9.90	68.86	7.35	90.36
Weathering crust 4	10.86	7.55	0.34	4.21
Weathering crust 3	2.73	1.90	0.14	1.77
Sum	**143.78**	**100.00**	**8.13**	**100.00**

Fault-Buffer: Areas within 0.5 km of a fault line have the highest landslide area at 7.276 ha, accounting for 89.496% of the total landslide area. Geological faults weaken the surrounding structure, increasing the risk of landslides. The large percentage of landslide area in areas near faults emphasizes the importance of monitoring and managing these regions to reduce risks.

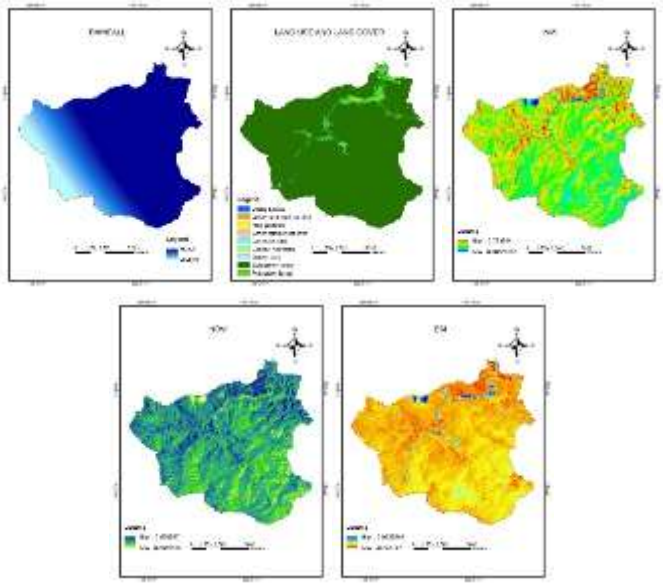
Table 12. Fault

Fault-Buffer	Area(km2)	Ratio (%)	Area landslide(ha)	Ratio (%)
<0.5km	99.90	69.48	7.28	89.50
0.5-1km	3.20	22.23	0.76	9.29
1-2km	7.79	5.42	0.10	1.22
>2km	0.41	2.87	0.00	0.00
Sum	**143.78**	**100.00**	**8.13**	**100.00**

4.1.3. Environmental Factors

Environmental factors, including rainfall, vegetation cover, and land use practices, significantly influence landslide susceptibility, especially when interacting with the topological and geological characteristics of the area. Despite the study area's predominant coverage by evergreen forests, which typically stabilize slopes, the region still experiences a high frequency of landslides. This can be attributed to factors such as heavy rainfall leading to soil saturation, the ruggedness of the terrain, and human activities

that disturb natural stability. These environmental conditions highlight the complexity of landslide risk in forested regions and underscore the need **for comprehensive environmental management strategies.**



Figue 5. Environmental factors

Rainfall: Areas receiving rainfall between 555-585 mm have the highest landslide area at 4.808 ha, accounting for 59.139% of the total landslide area. Heavy rainfall is a primary factor that increases the risk of landslides, particularly when the soil becomes saturated and unstable. The large percentage of landslide area in these zones emphasizes the role of rainfall management and improving drainage systems.

Table 13. Rainfall

Rainfall (mm)	Area(km2)	Ratio (%)	Area landslide(ha)	Ratio (%)
<525	15.83	11.01	0.30	3.67
525-555	65.69	45.69	1.95	24.00
555-585	55.43	38.55	4.81	59.14
>585	6.83	4.75	1.07	13.20
Sum	**143.78**	**100.00**	**8.13**	**100.00**

NDVI: Areas with an NDVI greater than 0.4 have the highest landslide area at 0.7 ha, accounting for 8.610% of the total landslide area. Although these areas have dense vegetation cover, they are still prone to landslides due to other underlying geological or climatic factors. The large percentage of landslide area in these zones indicates that vegetation cover alone is not always sufficient to protect soil from landslides.

Table 14. NDVI

NDVI	Area(km2)	Ratio (%)	Area landslide(ha)	Ratio (%)
<0.1	1.21	0.84	0.06	0.70
0.1-0.25	120.70	83.95	6.06	74.49
0.25-0.4	19.50	13.57	1.32	16.20

NDVI	Area(km2)	Ratio (%)	Area landslide(ha)	Ratio (%)
>0.4	2.36	1.65	0.70	8.61
Sum	**143.78**	**100.00**	**8.13**	**100.00**

Bare Soil Index (BSI): Areas with a BSI greater than -0.1 have the highest landslide area at 0.7 ha, accounting for 8.610% of the total landslide area. Bare soil areas lacking vegetation cover are highly susceptible to erosion, leading to landslides. The large percentage of landslide area in these zones emphasizes the need for soil protection and reclamation.

Table 15. BSI

BSI	Area(km2)	Ratio (%)	Area landslide(ha)	Ratio (%)
<-0.2	1.21	0.84	0.06	0.70
-0.2 - -0.15	120.70	83.95	6.06	74.49
-0.15 - -0.1	19.50	13.57	1.32	16.20
>-0.1	2.36	1.65	0.70	8.61
Sum	**143.78**	**100.00**	**8.13**	**100.00**

Normalized Moisture Index (NMI): Areas with an NMI greater than 0.6 have the highest landslide area at 2.616 ha, accounting for 32.177% of the total landslide area. High soil moisture reduces the strength of soil and rock, increasing the risk of landslides. The large percentage of landslide area in these zones underscores the importance of managing soil moisture in high-risk areas.

Table 16. NMI

NMI	Area(km2)	Ratio (%)	Area landslide(ha)	Ratio (%)
<0.2	0.54	0.38	0.09	1.06
0.2-0.4	12.79	8.90	0.85	10.50
0.4-0.6	107.78	74.97	4574.00	56.26
>0.6	22.66	15.76	2616.00	32.18
Sum	**143.78**	**100.00**	**8.13**	**100.00**

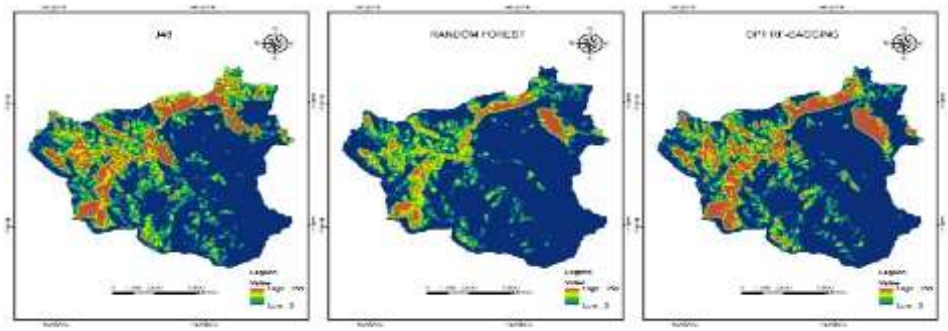
LULC (Land Use and Land Cover): Evergreen forests, which cover 95.022% of the study area, are paradoxically the regions with the highest recorded landslide area, totaling 6.474 hectares and accounting for 79.631% of the total landslide area. This seemingly contradictory situation arises because these forests are often situated on steep and unstable terrain, which is inherently more prone to landslides. The dense vegetation of evergreen forests typically provides stability to the soil; however, when combined with steep slopes and rugged terrain, the risk of landslides significantly increases. The soil in these areas can become saturated with water during heavy rainfall, leading to instability and triggering landslides. The high percentage of landslide occurrences within these forested areas underscores the critical need for effective forest land management and conservation practices. By focusing on the sustainable management of these forests and implementing erosion control measures, it is possible to mitigate the risk of landslides, preserving both the ecological integrity of the forests and the safety of the surrounding communities.

Table 17. LULC

LULC2020	Area(km2)	Ratio (%)	Area landslide(ha)	Ratio (%)
Water bodies	1.22	0.85	0.69	8.54
Urban and built-up land	0.02	0.01	0.03	0.31
Rice paddies	0.05	0.03	0.00	0.00
Other agricultural land	0.14	0.10	0.00	0.00
Grass/Shrubs	0.05	0.04	0.10	1.26
Crops/Fruit trees	0.83	0.58	0.09	1.10
Barren land	0.04	0.03	0.16	1.92
Evergreen forest	136.62	95.02	6.47	79.63
Plantation forest	4.80	3.34	0.59	7.26
Sum	**143.78**	**100.00**	**8.13**	**100.00**

4.2. Landslide Susceptibility Mapping

The results of the landslide susceptibility mapping for the Huoi Reng watershed in Le Thuy District, Quang Binh Province, were generated using three different machine learning models: J48, Random Forest (RF), Optimized Random Forest with Bagging (Optimized RF-Bagging).



Figue 6. Landslide Susceptibility Mapping

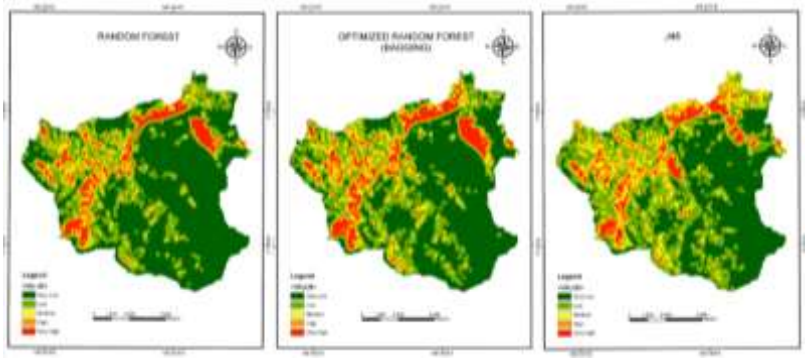
The analysis reveals that areas with high to very high landslide susceptibility are predominantly concentrated in the western and northwestern parts of the study area. These regions are notably aligned with major watercourses such as the Huoi Reng (Rao Reng) Stream, Go Stream, and Mu Cau Stream. The proximity of these high-risk zones to large streams suggests that hydrological processes, including erosion and sediment transport, play a significant role in destabilizing the slopes, particularly during periods of intense rainfall. The spatial distribution of these susceptible areas highlights the strong correlation between topography, hydrology, and landslide occurrence, with the western and northwestern sections of the study area being particularly vulnerable to such events. These findings are consistent across the different models applied, reinforcing the criticality of these regions in landslide susceptibility assessments.

The susceptibility map is divided into five classes, indicating zones of very high, high, medium, low, and very low susceptibility to landslides. The classification is as follows:

Very High Susceptibility: Areas with steep slopes, high rainfall, and specific geological formations prone to instability. These areas are critical for targeted risk management and mitigation efforts.

- **High Susceptibility:** Areas with considerable slopes and moderate rainfall, often influenced by land use changes and human activities.
- **Medium Susceptibility:** Areas with moderate slopes and rainfall, showing moderate risk due to a mix of natural and anthropogenic factors.
- **Low Susceptibility:** Areas with gentle slopes and lower rainfall, less affected by human activities.
- **Very Low Susceptibility:** Flat areas with minimal slope and rainfall, showing the least risk of landslides.

The mapping process integrated multiple factors, including elevation, slope, land use, lithology, weathering crust, hydrogeology, and precipitation, to ensure comprehensive and accurate risk assessment. The susceptibili*ty* map highlights zones requiring prioritized monitoring and intervention.



Figue 7. *Classified Landslide Susceptibility Mapping*

4.3. Model Accuracy Evaluation

The efficiency of various machine learning models in predicting landslide susceptibility for the Huoi Reng watershed in Le Thuy District, Quang Binh Province, was rigorously assessed.

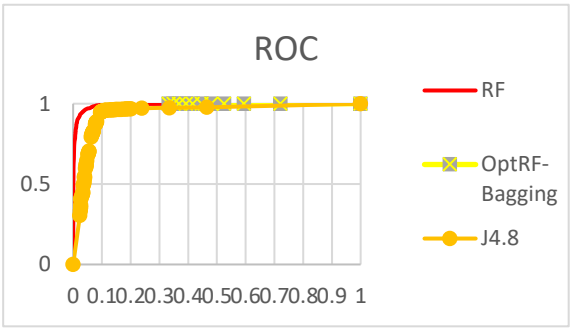
The evaluation of the models reveals distinct performances across different metrics, highlighting the strengths and weaknesses of each approach. The J48 Decision Tree model, despite being simpler and more interpretable, offered a solid balance between accuracy and transparency. It achieved a ROC score of 0.942, an accuracy of 92.511%, and a Kappa coefficient of 0.850. With a tree size of 717, J48 is advantageous in scenarios where quick and interpretable results are essential. However, it does sacrifice some accuracy compared to more complex models. Additionally, it recorded a Root Mean Squared Error (RMSE) of 0.262 and a Relative Absolute Error (RAE) of 18.624%, making it a reliable choice for straightforward applications.

The Random Forest (RF) model, on the other hand, exhibited the highest overall performance, achieving an impressive ROC score of 0.993, an accuracy of 95.423%, and a Kappa coefficient of 0.909. These metrics underscore its robust predictive power and consistency. However, this model also featured a large tree size of 1857, indicating a more complex model that, while accurate, might be prone to overfitting when applied to different or less similar areas.

The Optimized Random Forest with Bagging (OptRF-Bagging) model also demonstrated commendable performance. It achieved a ROC score of 0.974, an accuracy of 92.999%, and a Kappa coefficient of 0.860. The OptRF-Bagging model stands out by combining the RF with Bagging, which significantly enhances model stability and reduces the risk of overfitting, particularly in complex landscapes. With a tree size of 1091, it strikes a balance between complexity and generalizability, making it particularly effective in varying conditions. The model also reported a RMSE of 0.239 and a RAE of 22.355%, further validating its reliability in challenging environments.

Table 19. Models accuracy evaluation

Models	*Accuracy*	*Kappa*	*Root mean squared error*	*Relative absolute error*	*ROC*	*Size of the trees*
J48	92.511	0.850	0.262	18.624	0.942	717
RF	95.423	0.909	0.201	23.039	0.993	1857
OptRF-Bagging	92.999	0.860	0.239	22.355	0.974	1091



Figue 8. ROC chart

In summary, the Random Forest (RF) model emerged as the most effective method for landslide susceptibility mapping in the study area due to its exceptional accuracy, high reliability, and robust handling of complex data patterns. However, the Optimized Random Forest combined with Bagging (OptRF-Bagging) model also demonstrated strong predictive capability, with a simpler forest structure and better practical applicability, especially in complex terrain conditions. The J48 model, while slightly less accurate, provided significant value in terms of interpretability and efficiency. These findings highlight the flexibility and superiority of these machine learning approaches in environmental hazard modeling.

5. Conclusion

The research on landslide susceptibility mapping in the Huoi Reng watershed has effectively utilized three advanced machine learning models: J48 Decision Tree, Random Forest (RF), and Optimized Random Forest with Bagging (OptRF-Bagging). These models were rigorously evaluated using various performance metrics, demonstrating their capability to predict landslide-prone areas with high precision and accuracy.

Key findings from the study highlight that rainfall is the most influential factor in triggering landslides, underscoring the critical role of precipitation in landslide susceptibility. Areas with high rainfall are particularly vulnerable to soil saturation and reduced slope stability, which can lead to landslides. Additionally, factors such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), land use/land cover (LULC2020), and weathering crust were also identified as significant contributors to landslide susceptibility. These findings emphasize the combined impact of natural conditions and human activities on landslide risks.

Among the models used, Random Forest demonstrated the highest performance metrics, achieving an ROC score of 0.993, an accuracy of 95.423%, and a Kappa coefficient of 0.909, signifying its superior accuracy and reliability in predicting landslide-prone areas. The J48 Decision Tree model, although simpler, performed well with an ROC score of 0.942, an accuracy of 92.511%, and a Kappa coefficient of 0.850, offering a balance between accuracy and interpretability. The Optimized Random Forest with Bagging

model also performed commendably, with a ROC score of 0.974, an accuracy of 92.999%, and a Kappa coefficient of 0.860, effectively reducing overfitting and enhancing model stability in complex terrains.

The susceptibility maps generated from these models classify the Huoi Reng watershed into zones of very high, high, medium, low, and very low susceptibility to landslides. These maps provide critical insights for local authorities and planners, enabling them to prioritize monitoring efforts and develop effective mitigation strategies. The integration of various environmental and geological factors in the mapping process ensures a robust and accurate risk assessment framework.

In conclusion, this study demonstrates the effectiveness of advanced machine learning techniques in landslide susceptibility mapping. The comprehensive analysis of significant factors and the high performance of the models offer valuable tools for landslide risk management in the Huoi Reng watershed. Future research should focus on incorporating real-time monitoring data and additional environmental variables to further enhance predictive capabilities and support more effective landslide risk management strategies.

Acknowledgments

The authors are grateful to the members of Research group on Natural Resources and Environmental Management (NREM) of Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam, for their help with the data collection and map preparation.

References

Al-khudafi, A. M., Al-Sharifi, H. A., Hamada, G. M., Bamaga, M. A., Kadi, A. A., & Al-Gathe, A. A, 2023. Evaluation of Different Tree-Based Machine Learning Approaches for Formation Lithology Classification. In International Geomechanics Symposium, ARMA-IGS-2023-26. https://doi.org/10.56952/IGS-2023-0026

Ali, N., Chen, J., Fu, X., Ali, R., Hussain, M. A., Daud, H., Hussain, J., & Altalbe, A, 2024. Integrating Machine Learning Ensembles for Landslide Susceptibility Mapping in Northern Pakistan. *Remote Sensing*, *16*(6), 988. https://doi.org/10.3390/rs16060988.

Caluza, L. J. B, 2023. J48-Based Decision Tree Algorithm in Detecting Kolb's Learning Style Preferences of Information Technology Students. Mindanao Journal of Science and Technology, 21(1), 73-94.

Dam, D. N., Hiep, V. L., & Binh, T. P, 2023. Landslide Susceptibility Modeling and Mapping at Dien Bien Province, Vietnam Using Bagging Based MLP Neural Network. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *1289*(1), 012020. DOI: 10.1088/1757-899X/1289/1/012020.

Devara, M., Vishwajith, M. V., Maurya, V. K., & Dwivedi, R, 2023. Landslide Susceptibility Mapping Using Machine Learning Algorithm. In *Landslide Susceptibility Mapping Using Machine Learning Algorithm* (pp. 1-14). Springer. DOI: 10.1007/978-981-99-6395-9_5.

Juwariyem, J., Sriyanto, S., Lestari, S., & Chairani, C, 2024. Prediction of Stunting in Toddlers Using Bagging and Random Forest Algorithms. Sinkron: Jurnal dan Penelitian Teknik Informatika, 8(2), 947-955. https://doi.org/10.33395/v8i2.13448

National Steering Committee for Natural Disaster Prevention and Control (MARD). (n.d). Damages caused by natural disasters from the beginning of 2020 and in October 2020. https://phongchongthientai.mard.gov.vn/Pages/thiet-hai-do-thien-tai-tu-dau-nam-2020-va-trong-thang-10-2020-cap-nhat-6-11-2020-.aspx

Tran, T. T., Tran, T. A., Nguyen, V. A., Nguyen, T. T. H., Vu, V. L., Hoang, A. T., & Vo, T. T. H., 2024. Integrating Remote Sensing, GIS and Machine Learning Approaches in Evaluation of Landslide Susceptibility in Mountainous Region of Nghe An Province, Vietnam. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1345*(1), 012008. DOI: 10.1088/1755-1315/1345/1/012008.

Vietnam Fatherland Front Committee of Quang Binh Province. (n.d.). Propaganda outline on disaster prevention and control. https://ubmt.quangbinh.gov.vn/3cms/Ban-in-507.htm?art=1526978506744

TÓM TẮT

Xây dựng Bản đồ dự báo nguy cơ sạt lở đất tại khu vực Huổi Rêng, huyện Lệ Thủy, tỉnh Quảng Bình

Đào Minh Nhựt[1,2], Phan Thị Mai Hoa[1,3], Bùi Hoàng Bắc[1], Nguyễn Quốc Phi[1]
[1] Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[2]Liên đoàn Địa chất Tây Bắc, Cục Địa chất Việt Nam, Bộ Tài nguyên và Môi trường, Việt Nam
[3]NCS Viện Hàn Lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Nghiên cứu tập trung vào việc xác lập bản đồ nguy cơ sạt lở đất tại khu vực Huổi Rêng, thuộc huyện Lệ Thủy, tỉnh Quảng Bình, Việt Nam thông qua tích hợp Hệ Thống Thông Tin Địa Lý (GIS) với các kỹ thuật học máy tiên tiến. Các yếu tố về địa hình, địa chất và môi trường đã được thu thập, xử lý và phân tích. Ba mô hình học máy gồm Cây Quyết Định (Decision Trees) J48, Rừng Ngẫu Nhiên (Random Forest - RF) và phương pháp tối ưu hóa rừng ngẫu nhiên (Optimized Random Forest with Bagging - OptRF-Bagging) được sử dụng để đánh giá dữ liệu và thành lập bản đồ nguy cơ sạt lở đất. Kết quả cho thấy các khu vực có nguy cơ sạt lở cao chủ yếu tập trung ở những vùng có lượng mưa lớn, kiểu sử dụng đất và lớp phủ đất (LULC) đặc thù, cũng như đất bị phong hóa hoặc yếu. Trong số các mô hình, mô hình Rừng Ngẫu Nhiên thể hiện hiệu suất cao nhất, đạt giá trị ROC là 0,993, cho thấy độ tin cậy và tính dự báo mạnh mẽ. Những phát hiện từ nghiên cứu này cung cấp những hiểu biết quan trọng nhằm hướng dẫn các chiến lược quản lý và giảm thiểu rủi ro sạt lở đất tại khu vực Huổi Rêng và có thể làm tài liệu tham khảo cho các khu vực tương tự.

Từ khóa: *Nguy cơ trượt lở, huyện Lệ Thủy, GIS, học máy, Rừng ngẫu nhiên, Quảng Bình*

Đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả trong công tác quản lý môi trường tại một số mỏ chứa khoáng sản độc hại nhóm II

Nguyễn Phương[1],Vũ Thị Lan Anh[2,*], Nguyễn Văn Dũng[2],
Phan Thị Mai Hoa[2], Nguyễn Phương Đông[2], Nguyễn Thị Cúc[2]
[1]Tổng hội Địa chất Việt Nam
[2]Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Khoáng sản độc hại là loại khoáng sản có chứa một trong các nguyên tố Thủy ngân, Asen, Urani, Thori, Asbet khi khai thác, sử dụng phát tán ra môi trường những chất phóng xạ hoặc độc hại vượt mức quy định của quy chuẩn kỹ thuật, tác động khác nhau đến môi trường và con người. Vì vậy, trong quá trình khai thác các mỏ chứa khoáng sản trên phát tán gây ảnh hưởng ở các mức độ khác nhau. Do đó, nhóm nghiên cứu tiến hành đánh giá hiện trạng môi trường tại 3 mỏ khoáng sản chứa nguyên tố độc hại gồm mỏ Antimon - thủy ngân Yên Vệ, tỉnh Ninh Bình; mỏ Chì - Kẽm Nông Tiến - Núi Dùm, tỉnh Tuyên Quang; mỏ Asbet Núi Ông, tỉnh Sơn La. Bằng biện pháp khảo sát thực địa, lấy và phân tích mẫu, sử dụng mô hình phát đã một phần đánh giá được hiện trạng đã thăm dò, khai thác tại các mỏ. Đề xuất các giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả trong quản lý, khai thác, sử dụng tài nguyên khoáng sản gồm 2 nhóm: giải pháp công trình và giải pháp phi công trình. Nhóm giải pháp phi công trình gồm: Lập bản đồ vị trí khai thác khoáng sản độc hại nhóm II, khoanh vùng có nguy cơ ảnh hưởng đến môi trường; Tổ chức nghiên cứu về các ảnh hưởng đến môi trường liên quan hoạt động khai thác khoáng sản độc hại; Nghiên cứu đánh sự ảnh hưởng của khai thác khoáng sản độc hại nhóm II tới môi trường và thiệt hại của do các dự án khai thác mỏ gây ra; Tuyên truyền giáo dục về ảnh hưởng môi trường trong khai thác khoáng sản đến người dân.

Từ khóa: khoáng sản độc hại, giải pháp công trình, giải pháp phi công trình

1. Đặt vấn đề

Theo Luật Khoáng sản năm 2010 tại Điều 2 *"Khoáng sản độc hại là loại khoáng sản có chứa một trong các nguyên tố Thủy ngân, Asen, Urani, Thori, nhóm khoáng vật Asbet mà khi khai thác, sử dụng phát tán ra môi trường những chất phóng xạ hoặc độc hại vượt mức quy định của quy chuẩn kỹ thuật Việt Nam".* Các nguyên tố thuộc nhóm khoáng sản độc hại có thể tồn tại và mức độ tác động khác nhau. Asen là kim loại có thể tồn tại ở nhiều dạng hợp chất vô cơ và hữu cơ. Asen có nhiều trong quặng kim loại màu, các loại quặng than và có trong mạch nước ngầm. Asen được sử dụng làm thuốc trừ sâu, diệt cỏ, diệt nấm, chế biến thuốc nhuộm, xà phòng, có trong các hợp kim với mục đích tăng độ cứng và độ chịu nhiệt. Thủy ngân cũng có ở dạng các hợp chất hữu cơ thủy ngân, sử dụng trong nông nghiệp (thuốc chống nấm) và công nghiệp (làm điện cực...). Thủy ngân còn có trong các chất thải công nghiệp, phân hóa học, bột giấy,... Thủy ngân thường có trong nước bề mặt và nước ngầm ở dạng vô cơ với nồng độ thường < 0,5 µg/l. Lượng thủy ngân trong không khí khoảng 2-10 mg/m^3. Asbet là những khoáng vật silicat dạng sợi. Được dùng làm chất phụ gia được trộn với nhiều sản phẩm như xi măng, cao su, chất dẻo,… Khi tiếp xúc lâu với amiăng sẽ gây ra các bệnh về phổi như là thể xơ hóa phổi, tổn thương màng phổi, ung thư phổi và gây chai da.Trong tự nhiên chì có nhiều trong các quặng chì như là PbS, $PbCO_3$ và $PbSO_4$. Chì được sử dụng để sản xuất ắc quy chì, hàn... Các hợp chất hữu cơ chì như tetraethyl và tetramethyl chì được sử dụng rộng rãi làm chất chống kích nổ và chất làm trơn trong xăng. Tuy vậy, hiện nay một số nước đã không còn dùng loại xăng chứa chì. Phần lớn lượng chì có trong nước uống là do ống dẫn nước là hợp kim chì, các vật dụng hàn bằng chì trong ngành xây dựng... Lượng chì hoà tan từ hệ thống dẫn nước có chì tùy thuộc các yếu tố như pH, nhiệt độ, độ cứng của nước và thời gian nước lưu trong ống. Nước mềm có tính axit hòa tan nhiều chì. Kẽm trong tự nhiên là hỗn hợp của 5 đồng vị ổn định ^{64}Zn, ^{66}Zn, ^{67}Zn, ^{68}Zn và ^{70}Zn, trong đó đồng vị 64 là phổ biến nhất. Hợp chất hai nguyên tố của kẽm được tạo ra với hầu hết á kim và tất cả các phi kim trừ khí hiếm. ZnO là chất bột màu trắng và hầu như không tan trong các dung

* *Tác giả liên hệ*
Email: vuthilananh@humg.edu.vn

dịch trung tính, vì là một chất trung tính nó tan trong cả dung dịch axit và bazơ.

Trong nội dung nghiên cứu, nhóm tác giả lựa chọn các mỏ có hoạt động khai thác các nguyên tố trên gồm: mỏ Antimon - thủy ngân Yên Vệ, tỉnh Ninh Bình; mỏ Chì - Kẽm Nông Tiến (Núi Dùm), tỉnh Tuyên Quang; mỏ Asbet Núi Ông, tỉnh Sơn La. Các khu vực mỏ này đã có những hoạt động khai thác, chế biến khoáng sản tác động đến môi trường và người dân xung quanh.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Thu thập tài liệu

Thu thập các tài liệu liên quan trong vùng như: báo cáo địa chất khoáng sản, các kết quả đánh giá tác động môi trường trong khu vực... Thu thập, tổng hợp kết quả đo vẽ, bản đồ địa chất và khoáng sản khu vực bao gồm: đặc điểm địa chất khoáng sản, đặc điểm quặng hóa, vành phân tán địa hoá của các nguyên tố độc hại và cài đặt trên máy tính bằng phần mềm chuyên dụng.

2.2. Khảo sát thực địa

Khảo sát địa chất môi trường nhằm đánh giá hiện trạng về địa chất, môi trường, dân cư trong khu vực nghiên cứu, kết quả mô tả các đặc điểm sau:

- Phân bố dân cư, sản xuất nông nghiệp, điều kiện nhà ở, sử dụng nguồn nước.
- Đặc điểm địa chất, khoáng sản các yếu tố địa chất chứa khoáng sản độc hại.
- Các yếu tố có thể gây phát tán khoáng sản độc hại: địa hình, địa mạo; thảm thực vật; các dòng chảy tạm thời và thường xuyên; các hiện tượng sạt lở đất; hiện tượng đào bới, san gạt làm nền nhà, đường giao thông, hệ thống thuỷ lợi; các khu vực moong khai thác, bãi thải, hồ thải, nhà xưởng, nhà ở cho công nhân...
- Đặc điểm phân bố vỏ phong hóa và các loại đất trồng trong khu mỏ.

2.3. Lấy và phân tích mẫu

a. Không khí

Mẫu không khí được lấy theo tuyến lộ trình lộ chất môi, ưu tiên ở các vị trí thiết kế lấy mẫu đất và các điểm nhạy cảm, điểm có dân cư sinh sống gần khu vực mỏ, vị trí trong và xung quanh thân quặng. Mẫu được lấy bằng thiết bị lấy mẫu riêng, thời gian lấy một mẫu tối thiểu là hai giờ. Tại mỗi khu mỏ lấy 10 mẫu không khí.

b. Nước

Mẫu nước được ở giếng nước hoạt của nhân dân và nước mặt trong khu vực. Mẫu lấy được acid hóa để tránh kết tủa đóng vào can nhựa 2 lít sau khi được tráng rửa sạch sẽ bằng nước tại điểm lấy mẫu. Đo độ pH bằng giấy quỳ tím ngay tại thực địa, ghi eteket, được định vị trên bản đồ bằng máy đo GPS. Vị trí các mẫu lấy sẽ cụ thể khi tiến hành khảo sát thực địa. Tại mỗi khu mỏ lấy 10 mẫu nước.

c. Đất

Mẫu đất, được lấy theo mạng lưới tuyến lộ trình địa chất môi trường cách tuyến 1000m. điểm lấy mẫu trên tuyến cách nhau 1000m, về cơ bản trùng với các vị trí lấy mẫu khí và các điểm nhạy cảm; ngoài ra, gặp các vị trí đất có nhiều mảnh vụn có chứa khoáng vật của Pb, Zn (khu vocj mỏ Nông Tiến – Núi Dùm), Hg, Sb (khu vực mỏ Yên Vệ) mà mắt thường quan sát được hoặc mảnh vụn chứa asbet (khu vực mỏ Núi Ông). Trọng lượng mẫu từ 1kg/mẫu. Tại mỗi khu mỏ lấy 20 mẫu đất.

3. Kết quả và thảo luận

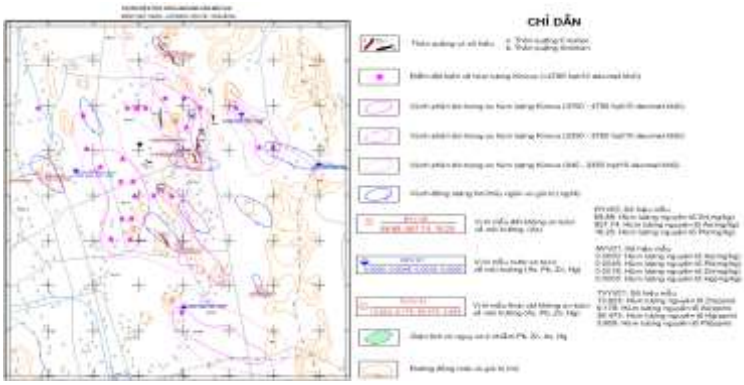
3.1. Hiện trạng khai thác ở một số mỏ khoáng sản

3.1.1. Khu vực mỏ antimon - thủy ngân Yên Vệ, tỉnh Ninh Bình

Khu vực mỏ thuộc xã Thạch Bình, Phú Long, huyện Nho Quan, tỉnh Ninh bình, cách trung tâm thành phố Ninh Bình khoảng 27 km.

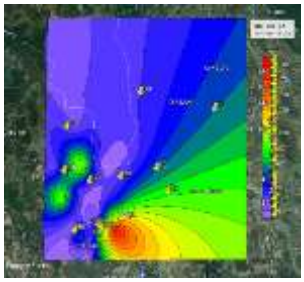
Xã Thạch Bình Phía có diện tích tự nhiên 2.517,15 ha, kéo dài trên 10 km theo hướng tây bắc - đông nam; phía tây, bắc, đông tiếp giáp với 3 xã thuộc 2 huyện Yên Thủy, Lạc Thủy của tỉnh Hòa Bình; phía nam giáp xã Phú Sơn, huyện Nho Quan. Phía Tây bắc là đất đồi rừng có diện tích 728,27 ha; phía tây và phía đông được bao bọc bởi núi đá vôi có diện tích 225 ha. Ở trung tâm xã trải về phía Nam là đất nông nghiệp có diện tích 798,65 ha.

Xã Phú Long, phía đông giáp các xã Quỳnh Lưu và Quảng Lạc; Phía nam giáp thành phố Tam Điệp; Phía tây giáp xã Kỳ Phú; Phía tây nam tỉnh Thanh Hóa; Phía bắc giáp xã Phú Lộc, có diện tích 30,35 km², có quốc lộ 45 đi qua với chiều dài gần 8 km.. Ở phía bắc xã Phú Long có hồ Đá Lải, là nơi lưu trữ nước phục vụ tưới tiêu trong huyện và một hồ câu cá ở miền Bắc.



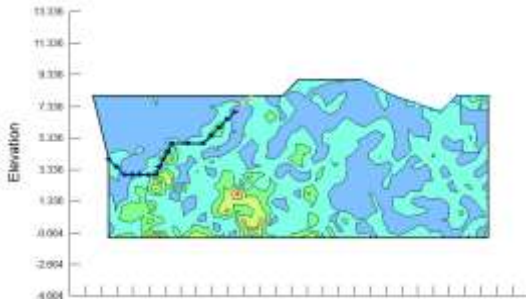
Hình 1. Sơ đồ phân bố khoáng sản (nguyên tố) độc hại mỏ Yên Vệ

Quá trình lấy mẫu, phân vùng nồng độ bụi đối với khu vực nghiên cứu xung quanh khu vực mỏ Atimon, thủy ngân, Yên Vệ, Nình Bình được thể hiện ở hình 2 dưới đây.



Hình 2. Bản đồ phân vùng diễn biến nồng độ bụi khu vực Yên Vệ

Các kết quả nội suy từ mô hình cho thấy dữ liệu nồng độ bụi tổng trong khu vực đồng đều với các giá trị thống kê trung bình có độ tin cậy khá cao. Sự biến thiên của dữ liệu hợp lý và được đo lường bằng độ lệch chuẩn và phương sai. Giá trị hệ số tương quan cho thấy mô hình có khả năng giải thích được dữ liệu tuy nhiên hiệu suất không cao.



Hình 3. Bản đồ dự báo ô nhiễm khoáng sản (nguyên tố) độc hại trong môi trường đất tại khu vực Antimon Yên Vệ

Như vậy, diện tích quanh mỏ có nồng độ bụi cao trong giai đoạn khai thác do hoạt động của mỏ và các hoạt động xung quanh. Tuy nhiên, ghi nhận tại điểm mỏ Antimon Yên Vệ mức độ ô nhiễm bụi không cao.

3.1.2. Khu vực mỏ Chì - Kẽm Nông Tiến - Núi Dùm, tỉnh Tuyên Quang

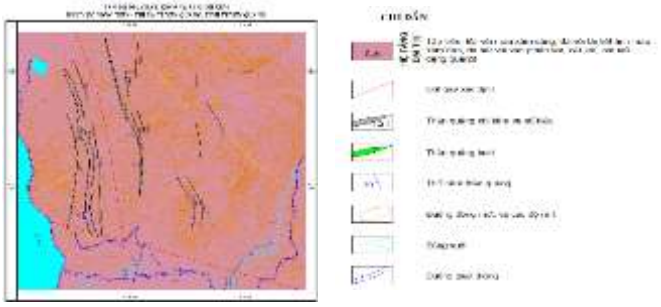
Khu khu vực mỏ chì - kẽm Nông Tiến - Núi Dùm, thuộc địa phận xã Tràng Đà, Nông Tiến và thị xã Tuyên Quang, tỉnh Tuyên Quang. Cách thị xã Tuyên Quang khoảng 4km về phía đông bắc, khu vực nghiên cứu cả diện tích 2,28 km^2.

Khu vực nghiên cứu thuộc đồi - núi cao trung bình, với độ cao tuyệt đối từ 150m đến 400m, đỉnh cao nhất là đỉnh Thượng Lô ở phía Bắc cao 532 m. Các dãy núi đá lục nguyên thường kéo dài theo phương đông bắc - tây nam, xen những núi đá vôi dạng chỏm hoặc khối vách đứng, sườn dốc. Địa hình phân cắt mạnh, mức độ lộ đá gốc khá tốt.

Một phần diện tích do quá trình mất đi lớp phủ, gây ảnh hưởng đến hệ sinh thái cũng như môi trường xung quanh.

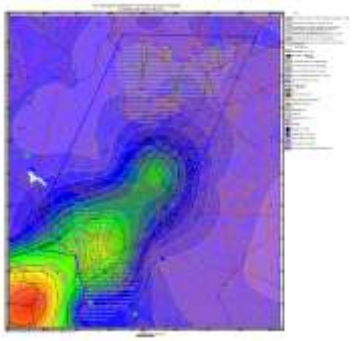


Hình 4. Địa hình sau thăm dò mỏ Nông Tiến, Tuyên Quang



Hình 5. Bản đồ phân bố quặng chì - kẽm khu Nông Tiến, Tuyên Quang

Dựa vào kết quả phân tích chất lượng quặng, phân tích mẫu môi trường xung quanh, các báo cáo thiệt hại, các bản đồ độ dốc và các bản đồ liên quan khác như bản đồ sử dụng đất, thảm phủ thực vật, mật độ dân số và các bản đồ cơ sở hạ tầng... đã thành lập được các bản đồ ô nhiễm môi trường khoáng sản (nguyên tố) độc hại tại các khu mỏ khảo sát như sau:



Hình 6. Sơ đồ dự báo ô nhiễm khoáng sản

Kết quả tính toán trên Geostudio – Seep/E kết hợp CTRAN/W 2012 cho thấy với hàm lượng các kim loại nặng trong đất, nước thì khu vực tâm mỏ quặng là khu vực nguy cơ ô nhiễm cao trên 1 diện tích rộng. Theo thời gian bị rửa trôi xuống các khu vực trũng, ngập nước, tích tụ và có nguy cơ di chuyển theo dòng thấm khoảng 2-3 năm thì một phần bị hấp thụ vào bề mặt hạt đất, phản ứng hóa học, một phần tiến sâu theo các khe nứt của thân quặng.

Bên cạnh đó, quá trình khảo sát cho thấy, bãi thải của mỏ chì – kẽm nằm sát khu vực nhà dân. Người dân sống gần các khu vực này đã có những ảnh hưởng từ việc đá lăn vào các diện tích đất. Sau đó, được dự án bổ sung hàng rào thép gai để tránh việc sạt lở đất đá. Tuy nhiên, vẫn có ảnh hưởng do hoạt động nổ mìn, xúc bốc gây bụi. Việc khai thác có nguy cơ phát tán các nguyên tố độc hại ảnh hưởng đến chất lượng nước sử dụng của người dân.

3.1.3. Khu vực mỏ asbet Núi Ông, tỉnh Sơn La

Khu mỏ Asbet Núi Ông, huyện Phù Yên, tỉnh Sơn La, cách Vạn Yên khoảng 70 km về phía tây, thuộc tờ bản đồ địa hình VN-2000 F-48-65-D (Yên Châu) tỷ lệ 1.50.000. Khu vực nghiên cứu chủ yếu nằm trên sườn dốc hướng về sông Đà, trong đó, đáng chú ý là độ dốc sườn 25- 45^0 chiếm phần lớn diện tích của khu vực. Địa hình ở các khu vực này thuận lợi cho quá trình trượt lở đất đá diễn ra với bề mặt sườn nhấp nhô, không được bằng phẳng do các dòng chảy tạm thời phát triển mạnh chia cắt bề mặt sườn. Các sản phẩm phong hoá đưa xuống dưới chân sườn thuộc phần địa hình thoải bên dưới, đây là khu vực tích tụ các vật liệu bở rời, tạo nên các vạt gấu sườn tích với chiều dày lớn, khi có mưa lớn kéo dài, nước mưa là nơi thuận lợi cho hiện tượng trượt lở phát triển. Dọc theo Sông Đà và các suối lớn hình thành các bãi bồi và các thềm tạo nên những thung lũng nhỏ… Đây là khu vực tập trung dân cư đông đúc, canh tác trồng trọt.

3.2. Đề xuất giải pháp quản lý, khai thác, sử dụng có hiệu quả tài nguyên

Để nâng cao hiệu quả trong quản lý, khai thác, sử dụng tài nguyên khoáng sản có 2 nhóm giải pháp chính cần áp dụng nhóm giải pháp công trình và nhóm giải pháp phi công trình.

3.2.1. Nhóm giải pháp công trình

- Xây dựng các giải pháp kỹ thuật- công trình, đặt các trạm quan trắc online cảnh báo về nguy cơ gây

ảnh hưởng đến môi trường cho từng vị trí cụ thể (khu vực khai thác, bãi thải) trong suốt thời kỳ dự án hoạt động và sau thời gian cải tạo phục hồi môi trường ít nhất 3 - 5 năm.

- Đánh giá kinh tế liên quan đến khai thác khoáng sản tới môi trường sinh thái nhằm xác định chi phí cần thiết cho cải tạo, phục hồi môi trường hoặc phòng ngừa sự cố môi trường.

- Hạn chế tới mức tối đa và tiến tới ngừng hẳn việc khai thác tận thu, khai thác thổ phỉ hoặc sử dụng công nghệ lạc hậu trong chế biến khoáng sản.

- Tận thu và sử dụng khoáng sản đi kèm là một trong những biện pháp bảo vệ môi trường, kết hợp bảo vệ tài nguyên khoáng sản và mang lại lới ích kinh tế.

- Trong quá trình khai thác mỏ, phần trên mặt địa hình bị phá vỡ, thảm thực vật bị huỷ hoại. Đặc biệt đá và các tảng lăn ở sườn dốc thường bị trượt lở.

- Với bãi thải cần có đê chắn ổn định.

3.2.2. Nhóm giải pháp phi công trình

3.2.2.1. Lập bản đồ vị trí khai thác khoáng sản, khoanh vùng có nguy cơ ảnh hưởng đến môi trường

Việc lập bản đồ khu vực khai thác khoáng sản, đặc biệt là khoáng sản nhóm II có nguy cơ tác động, ảnh hưởng tới môi trường. Từ đó, đề xuất xây dựng các công trình, nhà ở, các hoạt động sinh hoạt... tại các vị trí đảm bảo an toàn, giảm thiểu tối đa tác động do hoạt đọng khai thác khoáng sản gây nên.

Bên cạnh đó, cần có bản đồ phân vùng môi trường làm căn cứ để xây dựng kế hoạch phát triển kinh tế - xã hội gắn với bảo vệ môi trường. Sự tăng trưởng kinh tế nhanh ở một số tỉnh tỷ lệ nghịch với vấn đề môi trường, nên cần tăng cường ứng dụng tiến bộ khoa học công nghệ sản xuất sạch.

3.2.2.2. Tổ chức nghiên cứu về các ảnh hưởng đến môi trường liên quan hoạt động khai thác khoáng sản

Căn cứ vào tình hình thay đổi môi trường trong hoạt động khai thác khoáng sản những năm gần đây, tổ chức điều tra thu thập các tài liệu để có những nghiên cứu sâu về đặc điểm các ảnh hưởng đến môi trường trong hoạt động khai thác khoáng sản.

Trên thực tế khảo sát tại các mỏ khu vực nghiên cứu nhận thấy, hầu hết các khu mỏ có diện tích khai thác hoặc bãi thải nằm gần các khu vực nhà dân. Vì vậy, trong quá trình khai thác không tránh khỏi những tác động trực tiếp như bụi, tiếng ồn, rung... Bên cạnh đó, nước mưa chảy tràn từ một số bãi thải cuốn theo kim loại nặng nếu không được thu gom vào các hồ lắng, khi chảy ra ngoài sẽ tác động đến nguồn nước sinh hoạt, sản xuất của người dân.

3.2.2.3. Nhóm giải pháp gắn phát triển kinh tế- xã hội với bảo vệ môi trường

Sử dụng tiết kiệm tài nguyên, khoáng sản. Khuyến khích cộng đồng dân cư tham gia vào hoạt động bảo vệ tài nguyên đất, nước, rừng, khoáng sản. Sử dụng các chế tài pháp luật, các chính sách, công cụ kinh tế và biện pháp hành chính nhằm thực hiện tốt các quy định pháp luật về tài nguyên, khoáng sản. Tăng cường đầu tư cho khâu phục hồi, tái tạo và cải thiện môi trường sinh thái ở địa bàn khai thác mỏ. Tăng cường tuyên truyền, nâng cao nhận thức về môi trường và phát triển bền vững nhằm xây dựng phong trào quần chúng nhân dân bảo vệ môi trường.

3.2.2.4. Tuyên truyền về ảnh hưởng môi trường trong khai thác khoáng sản

Việc giảm nhẹ thiệt hại do khai thác khoáng sản gây ra với môi trường có liên quan mật thiết tới sự hiểu biết các đặc điểm của của các dạng tai biến của cộng đồng để phòng tránh và đối phó với tai biến môi trường là rất cần thiết. Phải coi trọng và tăng cường làm tốt công tác tuyên truyền giáo dục cho toàn dân hiểu về pháp lệnh an toàn lao động và vệ sinh môi trường nhằm nâng cao tinh thần cảnh giác cho mọi người dân để họ bảo vệ mình và góp phần tham gia phối hợp, bảo vệ cộng đồng.

3.2.2.5. Kiện toàn hệ thống cơ quan quản lý Nhà nước về môi trường theo hướng hiện đại, đủ năng lực đáp ứng yêu cầu đề ra

Đổi mới và kiện toàn, tăng cường năng lực tổ chức bộ máy cơ quan quản lý nhà nước về môi trường, nhất là ở cấp cơ sở. Thực hiện nghiêm túc luật Bảo vệ môi trường, luật Đất đai, luật Bảo vệ và phát triển rừng. Xử lý nghiêm các hành vi vi phạm pháp luật về bảo vệ môi trường. Cần điều chỉnh lại mức thuế tài nguyên, thuế khai thác, sử dụng nước cho phù hợp với thực tế và phải có quy định rõ mức đóng thuế thỏa đáng của doanh nghiệp cho địa phương và Nhà nước, tránh tình trạng đóng thuế hình thức như hiện nay.

Thứ nhất, xây dựng, hoàn thiện thể chế chính sách, pháp luật: Tiếp tục xây dựng, hoàn thiện cơ chế chính sách, kiện toàn tổ chức và nâng cao chất lượng nguồn nhân lực đảm bảo hoạt động hiệu quả quản lý nhà nước về khoáng sản. Thứ hai, khi hoạch định, tổ chức thực hiện các chính sách phát triển kinh tế - xã hội phải gắn với vấn đề môi trường, biến đổi khí hậu và tầm nhìn dài hạn.

4. Kết luận

Đánh giá hiện trạng tại 03 mỏ khoáng sản đặc thù gồm mỏ Antimon - thủy ngân Yên Vệ, tỉnh Ninh Bình; mỏ Chì - Kẽm Nông Tiến - Núi Dùm, tỉnh Tuyên Quang; mỏ Asbet Núi Ông, tỉnh Sơn La nhận thấy việc khai thác khoáng sản đã làm mất lớp phủ, ảnh hưởng đến môi trường không khí, đất, nước xung quanh. Sử dụng mô hình lan truyền ô nhiễm áp dụng với mỏ Chì - Kẽm Nông Tiến (Núi Dùm) cho kết quả lan truyền ô nhiễm bụi từ vị trí mỏ ra khu vực lân cận khoảng 500m. Vì vậy, cần quy hoạch người dân ở xa các khu vực ảnh hưởng hoặc có hệ thống giảm thiểu bụi tại công trường. Bên cạnh đó, các bãi thải của việc khai thác chì – kẽm cũng gây lo ngại cho người dân do việc sạt lở bãi thải. Bãi thải nằm sát khu vực đất nông nghiệp của người dân. Đề xuất các giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả trong quản lý, khai thác, sử dụng tài nguyên khoáng sản gồm 2 nhóm giải pháp công trình và giải pháp phi công trình. Nhóm giải pháp phi công trình gồm: Lập bản đồ vị trí khai thác khoáng sản độc hại nhóm II, khoanh vùng có nguy cơ ảnh hưởng đến môi trường; Tổ chức nghiên cứu về các ảnh hưởng đến môi trường liên quan hoạt động khai thác khoáng sản độc hại.

Tài liệu tham khảo

Phạm Quang Hưng, 2011. *Tính toán lan truyền của chất ô nhiễm trong đất với điều kiện Việt Nam*. Tạp chí Khoa học công nghệ xây dựng. Số 9/5-2011.

Nguyễn Phương và nnk, 2016. *Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của phóng xạ đến môi trường tại một số mỏ khoáng sản và đề xuất giải pháp phòng ngừa*. Đề tài khoa học công nghệ cấp Bộ, Mã số: B2013 - 02 -15. Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

Nguyễn Văn Phổ, 2011. *Mô hình địa môi trường các mỏ khoáng và ý nghĩa của chung trong đánh giá ảnh hưởng môi trường do khai thác mỏ*. Tạp chí Các khoa học về trái đất, số 33(4) 661-668.

Phạm Tích Xuân và nnk, 2011. *Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của các bãi thải khai thác và chế biến khoáng sản kim loại đến môi trường và sức khỏe con người và đề xuất biện pháp giảm thiểu*. Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Nhà nước, mã số KC08/06. Viện địa chất – Bộ Khoa học và Công nghệ.

Durucan, Sevket, Anna Korre, and Gabriela Munoz-Melendez, 2006. *Mining life cycle modelling: a cradle-to-gate approach to environmental management in the minerals industry*. Journal of Cleaner production 14.12-13 (2006): 1057-1070.

Dong, Longjun, et al, 2019. *Some developments and new insights of environmental problems and deep mining strategy for cleaner production in mines*. Journal of Cleaner Production 210: 1562-1578.

ABSTRACT

Propose solutions to improve efficiency in environmental management at some mines containing toxic minerals group II

Nguyen Phuong[1], Vu Thi Lan Anh[2], Nguyen Van Dung[2],
Phan Thi Mai Hoa[2], Nguyen Phuong Dong[2], Nguyen Thi Cuc[2]

[1] *Vietnam Union of Geological Sciences*

[2] *Hanoi University of Mining and Geology*

Toxic minerals are minerals that contain one of the elements Mercury, Arsenic, Uranium, Thorium, Asbet when exploited and used, they release into the environment radioactive or toxic substances exceeding the prescribed levels of regulations. techniques, different impacts on the environment and people. Therefore, in the process of exploiting the mines containing the above minerals, they cause impacts at different levels. Therefore, the research team conducted an assessment of the current environmental status at 3 mineral mines containing toxic elements including Yen Ve Antimony - Mercury mine, Ninh Binh province; Nong Tien Lead - Zinc mine - Nui Dum, Tuyen Quang province; Asbet Nui Ong mine, Son La province. By means of field surveys, taking and analyzing samples, and using generation models, we can partly evaluate the current status of exploration and exploitation at the mines. Proposing solutions to improve efficiency in management, exploitation and use of mineral resources includes 2 groups: structural solutions and non-structural solutions. The group of non-structural solutions includes: Mapping locations of group II toxic mineral exploitation, delineating areas with risks of affecting the environment; Organize research on environmental impacts related to toxic mineral exploitation activities; Research to evaluate the impact of group II toxic mineral exploitation on the environment and damage caused by mining projects; Propagate and educate people about the environmental impact of mineral exploitation.

Keywords: toxic minerals, structural solutions, non-structural solutions

Implement circular economy in coal industry: Applied at Mong Duong mine, Quang Ninh province

Dao Trung Thanh*, Nguyen Thi Hong
Hanoi University of Mining and Geology

ABSTRACT

Implementing a circular economy in the coal industry, specifically at the Mong Duong mine in Quang Ninh, requires a comprehensive approach involving various stakeholders. Although the coal industry presents unique challenges, several strategies and measures can be applied to foster a more circular and sustainable approach: Resource Efficiency; Recycling and Reuse; Renewable Energy Transition; Research and Development; Stakeholder Engagement; Regulatory Framework; Economic Diversification; and Education and Awareness. Implementing a circular economy in the coal industry is a complex and long-term process that requires collaboration, investment, and commitment from all stakeholders involved. It is essential to balance economic development with environmental and social considerations to achieve a sustainable and resilient future for the Mong Duong mine and the broader Quang Ninh region.

Keywords: Circular economy; Sustainable development; Coal industry; Mong Duong mine.

1. Introduction

The term "circular economy" was first introduced in a publication by the European Union in 2015 as part of its efforts to promote a more sustainable and efficient use of resources [1]. This concept focuses on creating an integrated model of production, distribution, and consumption that aims to keep products, components, and materials in use for as long as possible while minimizing raw material inputs and waste outputs [2]. Over the years, various definitions and models have emerged, emphasizing principles such as reducing, reusing, recycling, and recovering resources to achieve a closed-loop system and maximize resource efficiency [3]. The circular economy concept has gained significant attention in academic research, with a growing number of publications exploring its potential to drive sustainability and environmental benefits across different sectors [4].

As outlined in the provided research papers, the coal industry can benefit significantly from embracing circular economy principles. Transitioning to circular business models in coal mining operations can optimize material flows, reduce production costs, expand product ranges, and enhance sustainable development indicators [5]. Circular economy approaches, such as narrowing supply chain loops, slowing loops through product repair, and closing loops via recycling, can help reduce energy consumption and greenhouse gas emissions on a global scale [6]. In Quang Ninh, where coal plays a vital role, implementing circular economy models in coal mines is seen as a strategic move towards sustainable development, addressing economic challenges, energy shortages, and environmental issues. By integrating circular economy practices, the coal industry can improve its environmental impact and drive economic growth and resilience.

Studies emphasize the benefits of circular business models in mining operations, highlighting cost reduction, product range expansion, and improved sustainability indicators [7]. Additionally, the implementation of product-service systems (PSSs) in the mining industry can facilitate the transition to circularity through supplier involvement, a concept that remains underexplored but holds significant potential for achieving sustainability in mining operations [8]. Furthermore, practicing a circular economy in the mining industry involves various strategies such as increasing the recycling of mine wastewater, reusing mine waste rock, controlling air pollution, and managing other wastes effectively. By valorizing wastewater, communal production, and agricultural wastes and utilizing mining waste as alternative materials in construction, the industry can reduce resource consumption, minimize waste generation, and promote sustainable practices [9]. Additionally, adopting a circular economy approach to address acid mine

* *Tác giả liên hệ*
Email: daotrungthanh@humg.edu.vn

drainage issues through recycling mining wastes as buffering agents for sulfide-bearing tailings can significantly mitigate environmental pollution [10]. By integrating these insights and strategies, the Mong Duong mine can serve as a pioneering example, inspiring broader industry adoption of circular economy principles. The paper explores barriers and drivers for implementing circular economy practices in the mining industry, which can be applied to promote circular economy at Mong Duong mine and the broader coal industry.

2. Materials and methods

2.1. Description of Study Area

Mong Duong mine is currently in the implementation phase of the underground mining project at level -250m to -550m (Fig 1), with total reserves of 33.7 million tons, mine life is 18 years, and ending in 2044. Contiguous location of the mine: the North borders on Mong Duong River; the South borders with 790 factories; the West borders Khe Cham Coal Company; the East borders with Bai Tu Long Bay. The location of the Mong Duong mine is shown in Fig. 2.

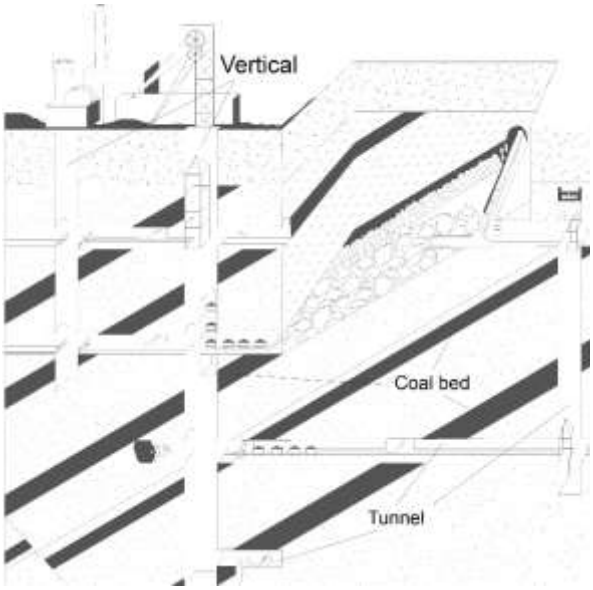


Fig 1. Cross section of underground coal mine



Fig 2. The locality of the Mong Duong mine

2.2. SWOT Analysis

The SWOT method, which stands for strengths, weaknesses, opportunities, and threats analysis, was initially introduced as an analytical tool in management in the 1960s and has since been widely referenced in conventional management literature [11]. It is mainly used in the fields of corporate competitiveness and strategy research. In this study, it is used to assess the possibility of applying circular economy at Mong Duong mine (Fig 3).

2.3. Survey method

Explore the mine's readiness and needs in the circular economy progression. From the information collected, the survey was designed to facilitate the mine to achieve sustainable development through circular economy approaches. The questions revolved around the relationship between the components of the circular economy (production, supply chain, distribution, consumption, and responsibility) and sustainable performance (economic, environmental, and social). The statistical results of the responses will provide an overview of the production situation and the collective desire for sustainable and circular business. In addition, the survey results can be used to design a circular economy model for the mine or adjust the current business model (Fig 4).

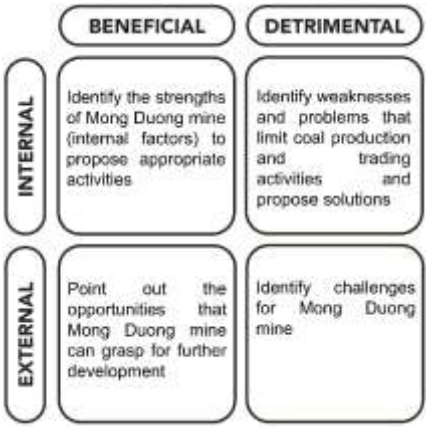


Fig 3. SWOT analysis for Mong Duong mine

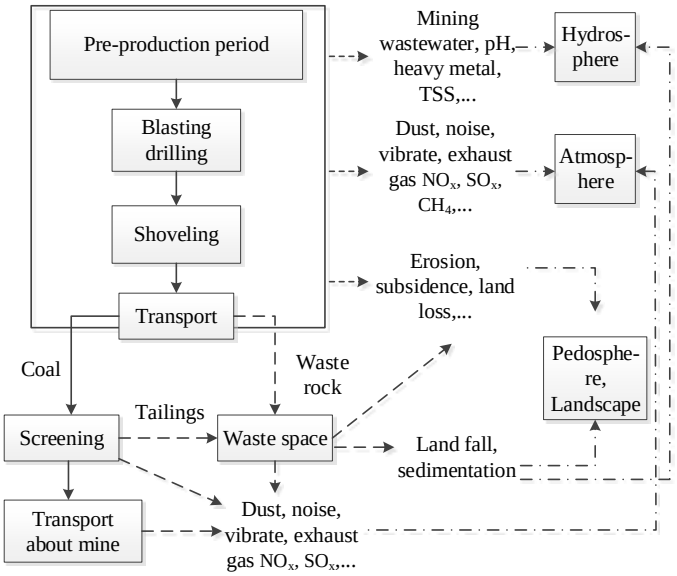


Fig 4. Schematic product and waste streams at Mong Duong mine

2.4. Interview method

- The objective is to add information sources and reliability to the collected data.
- Interview subjects: Experts in the coal industry; mine management; employees, engineers, and workers directly involved.
- Type of interview: Semi-structured interview (SSI) uses a pre-prepared set of questions, but the interviewer has the right to ask additional questions based on the interviewee's responses.
- Implementation steps: i) Preparation: Identify objective, list interviewees, design questions and schedule; ii) Conduct the interview: The interviewer and interviewee exchange information, sometimes using audio or video recording equipment to record the entire conversation; iii) Information processing: After interviewing, information needs to be processed, synthesized and classified.

3. Results and discussion

3.1. Analyze results and evaluate survey data

Fig 5 shows that the results for priority, experience, ambition, and current business model are all at an average level. However, the priority factor has the highest score (29/40), indicating that the mine is always ready to transform its business model towards a circular economy. However, there is still little understanding of the circular economy model and needs support to move towards a more sustainable business model.

Through the results of Fig 6, the most chosen strategies in 9R by businesses are Rethink and Reduce. In addition, Repair and Recycle are also the choices of the interviewee.



Fig 5. Investigation results at Mong Duong mine in circular economy practice strategy

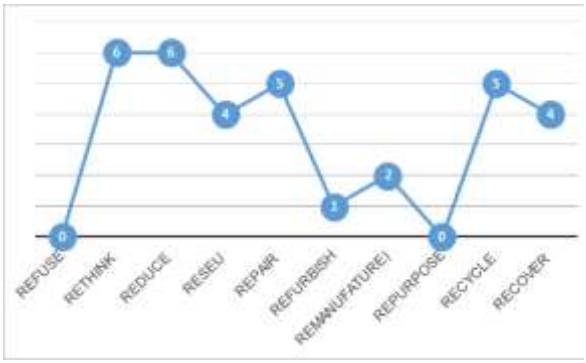


Fig 6. Results of the strategic orientation survey of Mong Duong mine

3.2. Factors influencing circular economy practice strategies at Mong Duong mine

From the results of the investigation and data analysis, the article presents four main factors affecting the circular economy practice strategy of the Mong Duong mine in Quang Ninh province. Details are presented in Figure 7.

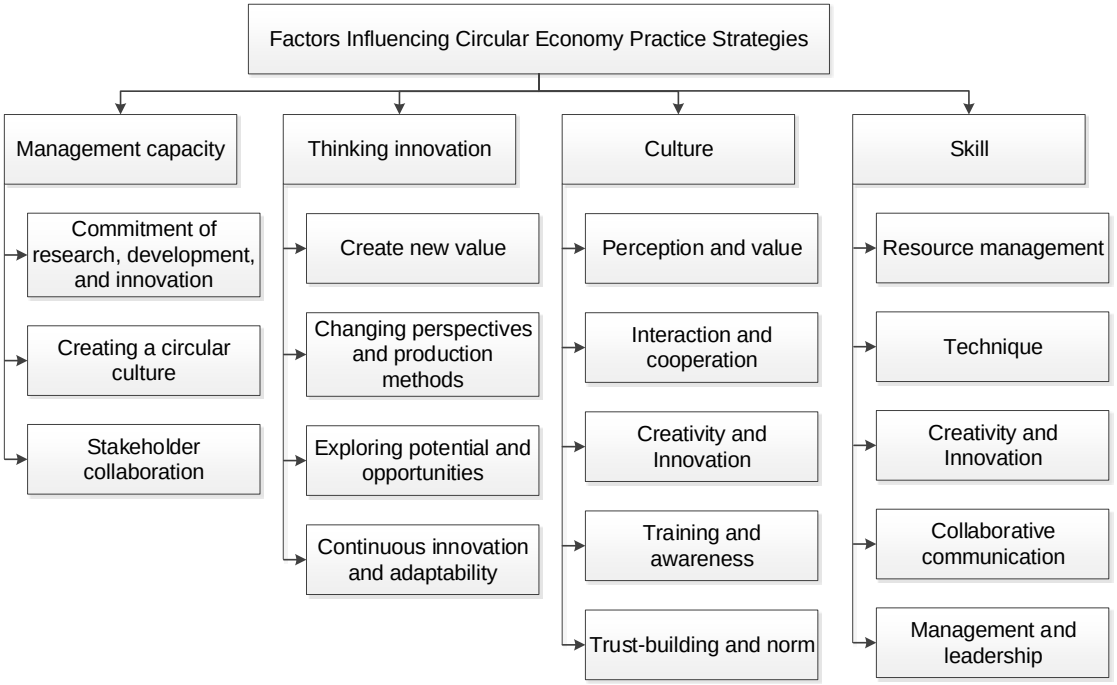


Fig 7. Factors influencing circular economy practice strategies at Mong Duong mine

Factors influencing circular economy practice strategies at Mong Duong mine including:

a. Management capacity

Leadership is an important element in the circular economy strategy for the coal industry in Vietnam. Leadership has a decisive role in setting business goals and commitments towards a circular economy. Leadership needs to demonstrate awareness of the importance of the circular economy and devise a long-term strategy to ensure that the business's production, consumption, and recycling activities all comply with circular principles.

- Commitment of research, development, and innovation (R&D&I): Leaders commits to promoting research, development, and technological innovation to create new products and production processes that are highly circular. This means increased reuse and recycling in the mine's production process.

- Creating a circular culture: Creating a circular culture means understanding mine's current impact on the environment and society. Leaders are responsible for building a circular culture within the company, encouraging employee participation, and promoting activities that comply with circular economy principles. This includes providing training, awareness, and support to workers on circular economy aspects, from product grading, and production processes, to recycling and resource disposal.

- Stakeholder collaboration: Leaders need to create collaborative relationships with stakeholders such as governments, Non-governmental organizations, researchers, and other businesses to promote a circular economy. This cooperation can include sharing information, techniques, and best solutions to achieve common circular economy goals.

b. Thinking innovation

In the context of the coal industry, innovation in thinking is crucial for the successful implementation of circular economy practices.

- Create new value: Innovative thinking is a driving force behind the creation of new value in the Mong Duong mine's transition towards a circular economy model. Innovations that focus on maximizing resource efficiency and reducing waste generation can lead to significant cost savings for mine.

- Changing perspectives and production methods: Thinking innovation promotes a change in traditional perspectives and working methods of the Mong Duong mine. It encourages flexibility, creativity, and adaptability to changes and challenges in applying the circular economy.

- Exploring potential and opportunities: Thinking innovation helps recognize and explore the potential and opportunities in applying the circular economy of the Mong Duong mine. It encourages the exploration and adoption of new technologies, processes, and methods to maximize resource value and minimize loss.

- Continuous innovation and adaptability: Innovative thinking is also crucial for fostering a culture and environment of adaptation and continuous innovation in mine operations. It promotes continuous learning, experimentation, and revision to improve the productivity and efficiency of circular economy strategies.

c. Skill

Skills are paramount in the successful implementation of circular economy practices within the coal industry. A skilled workforce equipped with the necessary expertise in resource management, technique, creativity, innovation, collaborative communication, management and leadership is essential for driving sustainable change in coal mining operations.

- Resource management: Resource management skills are an important factor in optimizing resource use and reducing losses in the production process. Workers need to be able to identify and sort reusable and recyclable resources and allocate them efficiently in the production process.

- Technique: Technical skills are important to develop and apply mine reuse technologies and processes. Workers need to have the necessary knowledge and skills for repair, maintenance, waste recycling, and wastewater recirculation.

- Creativity and innovation: Promote a work environment that encourages creativity, where employees are empowered to think outside the box and explore new ideas for implementing circular economy practices in coal operations. Encourage experimentation and risk-taking to test innovative solutions that can lead to more sustainable resource management and waste reduction strategies.

- Collaborative and communication: These skills are important in creating a positive and collaborative working environment within a circular economy strategy. Workers need to be able to work in teams, communicate effectively and interact with other stakeholders to promote reuse and recycling. Collaborative communication only works if everyone feels confident sharing their opinions.

- Management and leadership: Management and leadership skills are important in defining and promoting circular economy practice strategies. Leadership needs to be able to define goals and allocate resources, as well as create an environment that encourages innovation and creativity.

d. Culture

Cultural factors deeply rooted in the coal industry, such as a historical reliance on linear production models and resource extraction, can pose challenges to the adoption of circular economy practices. Overcoming ingrained traditional practices requires a cultural shift towards embracing concepts of sustainability, resource efficiency, and waste reduction.

- Perception and value: By aligning perceptions and values with the principles of circular economy, the coal industry can drive positive change, improve its productivity, and contribute to a more sustainable future for both the mine and the broader ecosystem.

- Interaction and cooperation: The culture in the Mong Duong mine needs to promote interaction and cooperation between stakeholders in the supply chain. Encourage open communication, collaboration, and idea-sharing among employees at all levels to drive a culture of innovation from the top down. Collaboration between businesses, suppliers, customers, and waste management organizations contributes to the creation of a multi-sector circular economy environment.

- Creativity and innovation: Innovation and creativity in a coal mine's culture of circular economy practices are essential for driving sustainable change and fostering a mindset of continuous improvement. Cultivating a culture that values innovation and creativity not only drives operational efficiency but also opens up opportunities for collaboration, experimentation, and the adoption of cutting-edge technologies that align with the principles of the circular economy.

- Training and awareness: The culture needs to place special emphasis on training and raising awareness about the circular economy for the entire company. Training programs and awareness activities help build a workforce with the knowledge and skills needed to implement recycling and reuse activities in the manufacturing process.

- Trust-building and norm: Establishing trust among stakeholders, including mining companies, local communities, regulatory bodies, and environmental organizations, is crucial for fostering collaboration and achieving shared sustainability goals. Transparency in operations, clear communication channels, and a commitment to responsible mining practices are key elements in building trust within the industry. Moreover, establishing norms and standards that prioritize environmental stewardship, resource efficiency, and social responsibility can help create a framework for sustainable practices to thrive. By adhering to these norms and fostering a culture of accountability, the coal industry can work towards integrating circular economy principles into its operations, driving positive change and setting a foundation for long-term sustainability in the sector.

4. Conclusion

The circular economy in the coal industry plays an important role in optimizing resource use and

minimizing environmental impact.

Leadership, innovation, culture, and skills contribute to the application of Mong Duong Mine's circular economy strategy.

However, the Mong Duong mine also faces challenges and limitations such as a lack of recycled resource supply, a complex recycling process, a lack of cooperation and intellectual property rights, cultural awareness, and awareness inconsistency, as well as changing regulations and policies.

To overcome these challenges, the mine needs to increase investment in research and development of recycling technology, cooperation between businesses, raising awareness and consciousness about the circular economy, and creating a sustainable environment with favorable conditions from the government through regulations and supportive policies.

The effectiveness of applying a mine's circular economy strategy will help minimize environmental impacts, enhance mine competitiveness and sustainability, and create great economic and social value.

References

European Commission, 2015. Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy. *COM*, 614.

Ignasi Puig Ventosa and Verónica Martínez Sánchez, 2023. Circular economy. *Edward Elgar, Ecological Economics Chapter 9*, 48-55.

Eli Vicente Raudales-Garcia, José Valdo Acosta-Tzin, Pablo Alcides Aguilar-Hernández, 2024. Circular economy: a systematic and bibliometric review. *Región Científica*, 3(1), 2024192.

Ana Galina, Gabriel Lucas Bandeira, Ubiratã Tortato, 2023. Evolution of the Circular Economy: Exploratory Network Analysis and State of The Art. *The 41st IBIMA International Conference*, 26-27.

Oksana Marinina, Natalia Kirsanova, Marina Nevskaya, 2022. Circular Economy Models in Industry: Developing a Conceptual Framework. *Energies*, 15(24), 9376-9376.

Andreas Feldmann, 2023. Circular economy for energy-intensive industries. *Edward Elgar, Climate Change and Technology Chapter 13*, 228-236.

Oksana Marinina, Natalia Kirsanova, Marina Nevskaya, 2022. Circular Economy Models in Industry: Developing a Conceptual Framework. *Energies*, 15(24), 9376.

Vargas Juan Pablo, Angélica Patricia Muñoz Lagos, José Guillermo Feriz Torres, Ian Scott Kinney, Sebastián Pérez Cortés, and Juan Pablo Hurtado, 2022. Achieving Circularity through Novel Product-Service Systems in the Mining Industry: An Opportunity for Circularity. *Sustainability*, 14(6), 3614.

El Machi Aiman, Yahya El Berdai, Safaa Mabroum, Amine el Mahdi Safhi, Yassine Taha, Mostafa Benzaazoua, and Rachid Hakkou, 2024. Recycling of Mine Wastes in the Concrete Industry: A Review. *Buildings*, 14(6), 1508.

Giovanni Grieco, Giuseppe Cocomazzi, Stefano Naitza, Micol Bussolesi, Matteo Luca Deidda, Elena Ferrari, and Enrico Destefanis, 2024. Recycling Feldspar Mining Waste as Buffering Agent for Acid Mine Drainage Mitigation. *Minerals*, 14(6), 552.

Alka Jain, 2015. SWOT Analysis in Thirukkural: Comparative Analysis with Humphrey SWOT Matrix. *IOSR Journal of Business and Management*, 17(1), 31-34.

TÓM TẮT

Thực hành kinh tế tuần hoàn trong ngành than: Áp dụng tại mỏ than Mông Dương, tỉnh Quảng Ninh

Đào Trung Thành, Nguyễn Thị Hồng
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Việc thực hiện kinh tế tuần hoàn trong ngành than, như lấy ví dụ tại mỏ than Mông Dương ở Quảng Ninh, đòi hỏi một cách tiếp cận toàn diện với sự tham gia của các bên liên quan. Bài báo cũng đã chỉ ra những thách thức chung và đặc thù cho mỏ than Mông Dương, từ đó xây dựng chiến lược và đề xuất một số biện pháp để thúc đẩy sản xuất tuần hoàn bền vững hơn, bao gồm: Hiệu quả sử dụng tài nguyên; Tái chế và Tái sử dụng; Chuyển đổi năng lượng tái tạo; Nghiên cứu và phát triển; Sự tham gia của các bên liên quan; Khung pháp lý; Liên kết chuỗi kinh tế; Giáo dục và nhận thức. Việc triển khai nền kinh tế tuần hoàn trong ngành than là một quá trình, đòi hỏi sự hợp tác, đầu tư và cam kết từ tất cả các bên liên quan. Do đó, những người ra quyết định cần phải cân bằng giữa phát triển kinh tế với lợi ích môi trường và xã hội để hướng tới phát triển xanh bền vững và phục hồi môi trường cho mỏ Mông Dương nói riêng và vùng mỏ Quảng Ninh nói chung.

Từ khóa: Kinh tế tuần hoàn; Phát triển bền vững; Ngành than; Mỏ than Mông Dương.

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Ảnh hưởng của các dòng thải giàu chất hữu cơ đến chất lượng nước sông Kôn đoạn từ xã Tây Thuận đến xã Nhơn Mỹ tỉnh Bình Định

Vũ Thị Phương Thảo[1,*] Huỳnh Thị Thu Thủy[1,2]
[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Phòng Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước miền Trung*

TÓM TẮT

Sông Kôn cấp thoát nước cho các hoạt động sinh kế của người dân cũng như các cánh đồng nông nghiệp, thuỷ điện, là dòng lưu thông thuỷ và là hệ sinh thái đa dạng nhưng đang trải qua tình trạng suy thoái chất lượng nguồn nước ngày một nghiêm trọng hơn. Bài báo này nghiên cứu ảnh hưởng của các dòng thải giàu chất hữu cơ đến chất lượng nước sông Kôn đoạn từ xã Tây Thuận huyện Tây Sơn đến xã Nhơn Mỹ thị xã An Nhơn tỉnh Bình Định. Các mẫu nước từ các dòng thải vào đoạn sông nghiên cứu, các mẫu nước trên đoạn sông nghiên cứu đã được thu thập, được phân tích hàm lượng các chất hữu cơ, chất dinh dưỡng, vi sinh vật. Kết quả phân tích cho thấy các dòng thải từ các hoạt động sinh hoạt, từ các khu chăn nuôi, làng nghề chế biến lương thực, thực phẩm từ vùng lưu vực đổ vào sông là nguyên nhân chính khiến dòng sông Kôn đang ngày càng bị ô nhiễm nặng nề hơn bởi các chất hữu cơ, các chất dinh dưỡng nitơ, photpho. Việc xả thải này tạo nên những khó khăn lớn cho việc lưu giữ nguồn nước sạch và hệ sinh thái sông Kôn, là nguyên nhân chính có thể gây nên phú dưỡng nguồn nước trong tương lai và làm suy giảm đa dạng sinh học sông nếu không có biện pháp quản lý chất lượng nguồn nước kịp thời.

Từ khóa: chất lượng nước; sông Kôn; ô nhiễm hữu cơ

1. Đặt vấn đề

Sông Kôn bắt nguồn từ dãy Trường Sơn thuộc tỉnh Gia Lai và Quảng Ngãi, có độ cao từ 600 – 700 m, chảy theo hướng Tây Bắc - Đông Nam đến Thượng Giang tỉnh Bình Định rồi chuyển hướng Tây Nam chảy qua thị xã An Nhơn huyện Tuy Phước rồi đổ ra biển tại vịnh Quy Nhơn. Sông dài 171 km, diện tích lưu vực là 3.102 km^2, độ dốc bình quân lưu vực khoảng 0,2^o. Vùng đồng bằng ven biển của lưu vực tương đối rộng, xen lẫn bãi cát dọc sông và ven biển, cao từ 2 đến 20 m so với mặt biển. Dẫn nước từ thượng lưu về hạ lưu rồi đổ ra biển, vai trò của dòng sông Kôn là rất to lớn đối với vùng lưu vực mà nó chảy qua, cấp thoát nước cho các hoạt động sinh kế của người dân cũng như các cánh đồng nông nghiệp, các khu chăn nuôi,…, là dòng lưu thông thuỷ cho tàu bè tấp nập ngược xuôi,…là hệ sinh thái đa dạng được nhiều loài sinh vật nước ưa thích bởi có nguồn nước trong từ thượng nguồn đổ về,…

Hiện nay, các quá trình khai thác, sử dụng tài nguyên nước trên lưu vực sông Kôn chủ yếu tập trung ở khu vực trung lưu và hạ lưu do thượng lưu sông bắt nguồn từ rừng nguyên sinh và rừng đầu nguồn nên không có hoặc có rất ít ảnh hưởng từ các hoạt động kinh tế. Các hoạt động kinh tế trong vùng lưu vực hệ thống sông diễn ra mạnh mẽ tại các huyện thuộc tỉnh Bình Định bao gồm huyện Vĩnh Thạnh, huyện Tây Sơn, huyện An Lão, thị xã An Nhơn, huyện Tuy Phước, huyện Vân Canh, huyện Phù Cát và thành phố Quy Nhơn (Uỷ ban nhân dân tỉnh Bình Định, 2021).

Quá trình đô thị hoá và công nghiệp hoá nhanh chóng trong khu vực này những năm gần đây đã tác động mạnh mẽ và gây áp lực lớn lên hệ thống sông, đặc biệt là hoạt động của 12 cụm công nghiệp, các làng nghề làm bún – bánh thôn An Thái và Mỹ Thạnh xã Nhơn Phúc, các hoạt động chăn nuôi, các hoạt động canh tác trong nông nghiệp, … đã và đang hoạt động hết công suất khiến nhu cầu dùng nước sạch gia tăng mạnh và lượng phát sinh nước thải lớn. Theo kết quả điều tra khảo sát, hầu hết nước thải của các làng nghề làm bún bánh, nước thải chăn nuôi và nước thải của các khu dân cư,… không được xử lý mà xả thẳng ra kênh rạch nối ra hệ thống sông Kôn khiến dòng sông đang ngày càng phải chở nặng nhiều hơn các chất ô nhiễm hữu cơ, các hoá chất bảo vệ thực vật, rác thải,… Diễn biến phát sinh do các tác động của con người dẫn đến những vấn đề cấp thiết trong quản lý tài nguyên nước: môi trường nước đang có những dấu hiệu suy

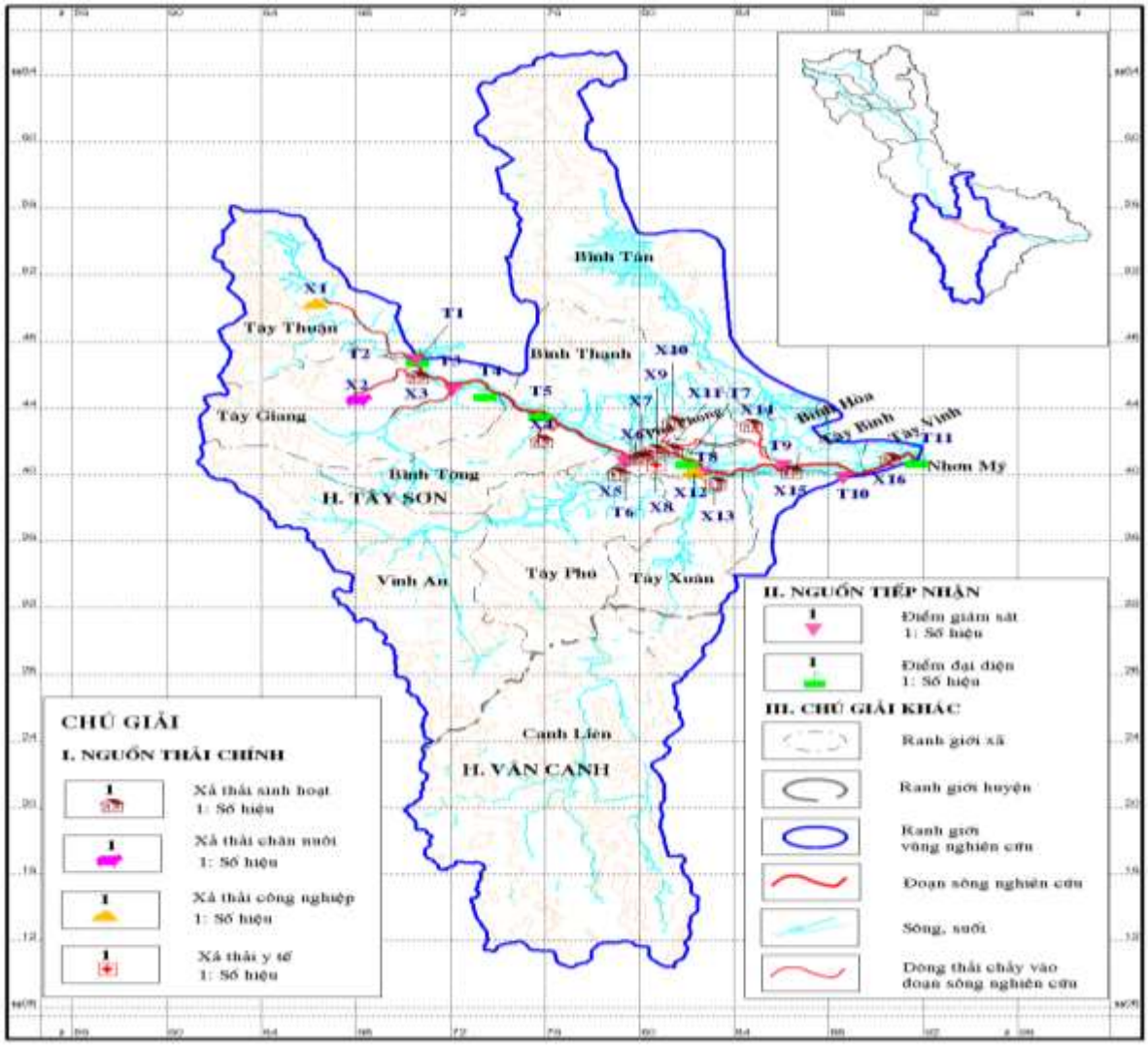
[*]Tác giả liên hệ:
Email: vuthiphuongthao@humg.edu.vn

thoái, ô nhiễm, hệ sinh thái thuỷ sinh tự nhiên đang giảm dần về số lượng loài cũng như số lượng các cá thể… (Uỷ ban nhân dân tỉnh Bình Định, 2022).

Bảo vệ chất lượng nước và hệ sinh thái thủy sinh, khắc phục, hạn chế ô nhiễm, suy thoái, cạn kiệt nguồn nước, là nhiệm vụ thường xuyên, lâu dài và vô cùng cấp bách. Để bảo vệ được nguồn nước sông Kôn, cần đánh giá và quản lý được những ảnh hưởng của các dòng xả thải vào sông. Bài báo này "Ảnh hưởng của các dòng thải giàu chất hữu cơ đến chất lượng nước sông Kôn đoạn từ xã Tây Thuận huyện Tây Sơn đến xã Nhơn Mỹ thị xã An Nhơn tỉnh Bình Định" tập trung thống kê và đánh giá ảnh hưởng của các nguồn thải giàu chất hữu cơ đến chất lượng nước sông Kôn, là cơ sở khoa học cung cấp thông tin giúp các nhà quản lý, các nhà hoạch định chính sách trong công tác quản lý, bảo vệ và quy hoạch môi trường.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vị trí và thời gian lấy mẫu



Hình 1. Các vị trí lấy mẫu nước trên sông và trên các dòng thải vào sông Kôn ở đoạn sông nghiên cứu

Hình 1 thể hiện các vị trí lấy mẫu nước bao gồm các vị trí lấy mẫu trên sông Kôn là các vị trí sau khi đã tiếp nhận các dòng chảy từ các sông, suối, kênh, mương, cống thải với lưu lượng từ $5m^3$/ngày đêm trở lên từ xã Tây Thuận huyện Tây Sơn đến xã Nhơn Mỹ thị xã An Nhơn tỉnh Bình Định vào mùa mưa và mùa khô trong 2 năm liên tục 2021, 2022. Bên cạnh đó, nước thải từ các cống thải chính của các khu dân cư, nước thải từ các cống thải của các hoạt động công nghiệp, nước thải của các bệnh viện bao gồm 16 vị trí lấy mẫu (Từ X1 đến X16) cũng được thu gom. Tọa độ điểm lấy mẫu được xác định bằng thiết bị định vị

toàn cầu GPS (Bảng 2.1). Tầng nước thu mẫu trên sông thuộc tầng nước mặt và ở miệng cống xả đối với điểm xả thải.

Bảng 1. Vị trí lấy mẫu nước trên sông Kôn

Vị trí lấy mẫu	Ký hiệu	Toạ độ		Mục đích lấy mẫu
		Kinh độ	Vĩ độ	
Sông Kôn tại xã Tây Thuận, huyện Tây Sơn.	T1	154052’39”	26054’18”	Đánh giá chất lượng nước sông Kôn ở điểm đầu đoạn sông nghiên cứu.
Sông Kôn, xã Tây Thuận, huyện Tây Sơn, sau khi nhập lưu sông Đồng Phô.	T2	$154^0$51’64”	$26^0$53’23”	Để đánh giá chất lượng nước sông Kôn sau khi nhập lưu sông Đồng Phô.
Sông Kôn, xã Tây Giang, huyện Tây Sơn, sau khi nhập lưu sông Đồng Tre.	T3	$154^0$33’25”	$26^0$68’59”	Để đánh giá chất lượng nước sông Kôn sau khi nhập lưu sông Đồng Tre
Sông Kôn, tại hồ Văn Phong, xã Tây Giang, huyện Tây Sơn	T4	$154^0$31’84”	$26^0$82’80”	Để đánh giá chất lượng nước của hồ Văn Phong trên dòng sông Kôn sau khi được ngăn sông đắp đập.
Hồ Văn Phong, xã Bình Tường, huyện Tây Sơn, tỉnh Bình Định.	T5	$154^0$19’82”	$27^0$06’19”	Để đánh giá chất lượng nước hạ nguồn của Hồ Văn Phong trên dòng sông Kôn.
Sông Kôn, xã Bình Thành, huyện Tây Sơn, tỉnh Bình Định, sau khi đón nhận nước thải các khu dân cư và bệnh viện	T6	$153^0$91’28”	$27^0$68’35”	Để đánh giá chất lượng nước sông Kôn sau khi nhập lưu với sông Hàm Hô và đón nhận nước thải các khu dân cư Khối 1, Khối 2, thôn Kiên Long, Khối Thuận Nghĩa, Bệnh viện Đa khoa khu vực Phú Phong.
Sông Kôn, TT. Phú Phong, huyện Tây Sơn, tỉnh Bình Định sau khi nhập lưu sông Đồng Sim	T7	$153^0$83’96”	$27^0$74’78”	Để đánh giá chất lượng nước sông Kôn sau khi hợp lưu sông Đồng Sim.
Sông Kôn TT. Phú Phong, huyện Tây Sơn, tỉnh Bình Định, sau khi hợp lưu sông Kút.	T8	$153^0$87’35’’	$27^0$54’87’’	Để đánh giá chất lượng nước sông Kôn sau khi đón nhận nước thải khu dân cư thôn Phú An, xã Tây Xuân, huyện Tây Sơn, tỉnh Bình Định
Sông Kôn, xã Bình Thành, huyện Tây Sơn sau khi nhập lưu suối Quéo, (suối Quéo chứa nước thải sinh hoạt KDC thôn Kiên Long, xã Bình Thành và KDC xã Bình Hòa)	T9	$153^0$88’02”	$28^0$08’77”	Để đánh giá chất lượng nước sông Kôn sau khi nhập lưu suối Quéo.
Sông Kôn, xã Bình Nghi, huyện Tây Sơn, tỉnh Bình Định.	T10	$153^0$80’83”	$28^0$34’21”	Để đánh giá chất lượng nước sông Kôn sau khi tiếp nhận nước thải KDC thôn La Nghi, xã Bình Nghi xả trực tiếp ra sông
Sông Kôn, xã Nhơn Mỹ thị xã An Nhơn, tỉnh Bình Định.	T11	$153^0$91’71”	$28^0$65’39”	Đánh giá chất lượng nước sông Kôn ở điểm cuối đoạn sông nghiên cứu

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Quy trình lấy mẫu theo tiêu chuẩn lấy mẫu trong “Hướng dẫn lấy mẫu ở sông suối -TCVN 6663 - 6:2008” (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2008). Mẫu được vận chuyển ngay về Trung tâm Công nghệ và Phân tích Thực nghiệm, Phòng Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước miền Trung, bảo quản ở nhiệt độ 40C, đạt tiêu chuẩn ISO 6663 - 1995. Mẫu được phân tích trong phòng thí nghiệm với các chỉ tiêu và phương pháp QCVN 08:2023/BTNMT (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2023), tham khảo phương pháp xác định của APHA, AWWA, và WEF (1998) (APHA, AWWA, and WEF, 1998).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hiện trạng các kênh mương nhánh và các nguồn thải chảy vào sông Kôn đoạn từ xã Tây Thuận huyện Tây Sơn đến xã Nhơn Mỹ thị xã An Nhơn tỉnh Bình Định

Trong lưu vực sông Kôn, ở đoạn sông nghiên cứu, có các dòng chảy là các kênh mương nhánh, suối nhỏ đón nước thải của các khu dân cư, các trang trại chăn nuôi, nhà máy, xí nghiệp, bệnh viện,… hoạt động trong vùng lưu vực. Đó là sông Đồng Phô - hợp lưu với sông Kôn tại xã Tây Giang, huyện Tây Sơn, chứa nước thải của công ty Giang Đạt Thành – chuyên sản xuất hạt vi nhựa, nước thải của các trang trại chăn nuôi khoảng 3300 con heo, 5000 con trâu bò và nước thải sinh hoạt các thôn; sông Đồng Tre - nhập lưu sông Kôn tại xã Tây Giang, huyện Tây Sơn, đón nhận nước thải sinh hoạt các thôn Thượng Giang 1, Thượng Giang 2; sông Đồng Sim - hợp lưu vào sông Kôn tại Thị trấn Phú Phong, huyện Tây Sơn, tỉnh Bình Định, chứa nước thải của Công ty cổ phần May Tây Sơn và nước thải sinh hoạt của các khu dân cư trong thị trấn; sông Hàm Hô- hợp lưu với sông Kôn tại Thị trấn Phú Phong, huyện Tây Sơn, tỉnh Bình Định đón nhận nước thải sinh hoạt của các khu dân cư xã Bình Tường, Tây Phú,… ; suối Quéo - hợp lưu với sông Kôn tại xã Bình Thành, huyện Tây Sơn - chứa nước thải sinh hoạt khu dân cư thôn Kiên Long, xã Bình Thành và khu dân cư xã Bình Hòa. Ngoài các sông, suối nói trên, đoạn sông nghiên cứu còn đón nhận nước thải Bệnh viện Đa khoa khu vực Phú Phong và khá nhiều các cống dẫn nước thải sinh hoạt nhỏ lẻ của các hộ dân sống xung quanh hai bờ sông. Các nguồn thải chính vào sông Kôn đoạn từ xã Tây Thuận huyện Tây Sơn đến xã Nhơn Mỹ thị xã An Nhơn tỉnh Bình Định được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Các nguồn thải chính vào sông Kôn đoạn từ xã Tây Thuận huyện Tây Sơn đến xã Nhơn Mỹ thị xã An Nhơn tỉnh Bình Định

Nguồn gốc nước thải	Nguồn thải	Lưu lượng (m^3/ngày)	Tiêu chuẩn xả thải đã đạt
Nước thải chăn nuôi	Trang trại chăn nuôi heo (7 hộ: 3300 con) Các hộ chăn nuôi nhỏ lẻ	70	-
	Nước thải chăn nuôi trâu bò (khoảng 5000 con)	80	-
Nước thải công nghiệp	Công ty TNHH SXTM và DV Giang Đạt Thành	6	QCVN 40:2011/BTNMT
	Công ty cổ phần may Tây Sơn	40	QCVN 40:2011/BTNMT
Nước thải làng nghề	Làng nghề làm bún miến thôn An Thái, Mỹ Thạnh	380	-
Nước thải sinh hoạt	Nước thải sinh hoạt thôn Thượng Giang 2	20	-
	KDC thôn Hòa Sơn	40	-
	KDC thôn Kiên Long	40	-
	KDC Khối 2	300	-
	KDC Khối 1	100	-
	KDC Khối Thuận Nghĩa	80	-
	KDC Khối 2	60	-
	KDC thôn Phú Thịnh	53	-
	KDC thôn Phú An	56	-
	KDC xã Bình Hòa	80	-
	KDC thôn La Nghi	55	-
	KDC thôn 2	58	-
Nước thải y tế	Bệnh viện Đa khoa khu vực Phú Phong	60	QCVN 28:2010/BTNMT

Ghi chú: "-" điểm xả thải chưa được cấp giấy phép

Trong số các nguồn thải được thống kê nói trên, nhận thấy các loại hình nước thải từ các hoạt động sinh hoạt, nước thải chăn nuôi đều chưa được kiểm soát trong khi nước thải y tế của Bệnh viện Đa khoa khu vực Phú Phong, nước thải của Công ty TNHH SXTM và DV Giang Đạt Thành, Công ty cổ phần may Tây Sơn đã được BTNMTđều đã được xử lý đạt chuẩn trước khi xả thải. Nước thải sinh hoạt trong vùng lưu vực khoảng 60% đã được xử lý qua các bể phốt 3 ngăn, sau đó được thu gom qua các cống thải và chảy về các sông suối nhỏ trước khi xả vào sông Kôn. Kết quả phân tích cho thấy các nguồn nước thải sinh hoạt này có hàm lượng khá cao các chất rắn lơ lửng, các chất hữu cơ, các hợp chất dinh dưỡng của nitơ và photpho, mật độ vi khuẩn coliform, nhiều mẫu có giá trị vượt các giá trị tiêu chuẩn cho phép của QCVN 14: 2008/BTNMT ở cả 2 cột A (xả vào các nguồn nước được dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt) và cột B (xả vào các nguồn nước không dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt). Cụ thể, kết quả phân tích từ các mẫu nước thải sinh hoạt thu được trong khu vực, cho thấy COD nằm trong khoảng 56 -390mg/l; BOD_5 nằm trong phạm vi 38- 215mg/l; TSS (52-156mg/l); N-NH_4^+ (0,325 - 4,5mg/l); N- NO_3^-(0,018 - 0,630mg/l), N-NO_2^- (0,61-13mg/l); P - PO_4^{3-}(0,4-6,8mg/l); mật độ coliform (1500.10^3 - 1200.10^9MPN/100ml).

Bên cạnh nước thải sinh hoạt, phải kể đến một lượng nước thải khác cũng khá lớn với công suất khoảng 380m3 mỗi ngày từ khoảng 200 hộ làm nghề sản xuất bún-bánh thôn An Thái, Mỹ Thạnh theo hệ thống cống thải rồi xả thải trực tiếp ra sông Kôn. Nước thải các cơ sở sản xuất bún tại đây có chứa nhiều tinh bột lên men chua, có pH axit 4,5-6, BOD5 từ 900- 1200mg/l, COD từ 1600-1900mg/l, nồng độ chất rắn lơ lửng cao (TSS từ 110 - 450mg/l), nồng độ các chất dinh dưỡng khá cao (TN 25-45mg/l; TP(10-12,5mg/l)). Ngoài ra, trong nước thải làng nghề bún bánh tại đây còn có mật độ khá lớn các vi sinh vật (Tổng coliform 5.106-9.106 MPN/100ml). Điều đáng nói ở đây là các làng nghề này với các hộ sản xuất quy mô gia đình là chủ yếu, sản xuất manh mún nên khó có thể áp dụng được các công nghệ xử lý nước thải hiện đại do ít kinh phí và chưa có chuyên môn vận hành.

Trong lĩnh vực chăn nuôi ở vùng lưu vực, thường phần chất thải rắn chuồng trại được thu gom đem chôn lấp hoặc ủ phân sinh học, phần nước thải lỏng đậm đặc chất hữu cơ, các chất rắn lơ lửng, được thải bỏ thẳng ra các cống thải, sông, hồ, ao,… Đặc trưng của nước thải chăn nuôi vùng lưu vực này có pH từ 6,5 - 8,2, COD từ 1450 -3300mg/l); BOD_5 (868- 1615mg/l); N-NH_4^+ (25 - 280mg/l); N- NO_3^-(58 - 210mg/l), N-NO_2^- (31-130mg/l); P - PO_4^{3-} (18-42mg/l); tổng coliform (1900.10^9 - 1200.10^{12}MPN/100ml)).

3.2. Hiện trạng chất lượng nước sông Kôn và ảnh hưởng của các nguồn thải giàu chất hữu cơ vào sông Kôn đoạn từ xã Tây Thuận huyện Tây Sơn đến xã Nhơn Mỹ thị xã An Nhơn tỉnh Bình Định

Kết quả phân tích chất lượng nước sông Kôn ở đoạn sông nghiên cứu cho thấy ở điểm đầu của đoạn sông nghiên cứu - Điểm T1- thôn Tây Giang, chất lượng nước khá tốt. Ở cả hai mùa khô và mùa mưa, nồng độ oxy hoà tan cao (≥ 6,78 mg/l), pH trung tính (7,01 -7,03), nồng độ các chất dinh dưỡng (TN $_{\text{mùa khô}}$ =1,3mg/l; TN $_{\text{mùa mưa}}$ = 0, 7mg/l; $TP_{\text{mùa khô}}$ =1mg/l, TP $_{\text{mùa mưa}}$ = 0,8mg/l), các chất hữu cơ thấp ở cả hai mùa mưa và mùa khô (COD ≤5,9mg/l, BOD_5 ≤ 1,8mg/l). Như vậy chất lượng nước tại đây thoả mãn các giá trị giới hạn của mức A của QCVN 08:2023/BTNMT - chất lượng nước tốt, nước có thể được sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt, bơi lội, vui chơi dưới nước sau khi áp dụng các biện pháp xử lý phù hợp. Tuy nhiên, ở vị trí T2, sau khi nhập lưu sông Đồng Phô, chất lượng nước ở đây đã có sự thay đổi đáng kể. Tại đây, pH giảm nhẹ với tính axit nhẹ (6,2-6,5), DO giảm đáng kể, (DO $_{\text{mùa mưa}}$ = 5,88 mg/l, DO $_{\text{mùa khô}}$ 5,65mg/l), tổng nitơ tăng (TN $_{\text{mùa mưa}}$ = 1,3mg/l, TN $_{\text{mùa khô}}$ = 2mg/l); tổng photpho tăng (TP $_{\text{mùa mưa}}$ = 0,16mg/l, TP $_{\text{mùa khô}}$ = 0,19 mg/l); các chất hữu cơ tăng (COD $_{\text{mùa mưa}}$ =6,5 mg/l, COD $_{\text{mùa khô}}$ =9 mg/l, $BOD_{5\ \text{mùa mưa}}$ = 2,3mg/l, $BOD_{5\ \text{mùa khô}}$ = 3,5 mg/l). Như vậy tại vị trí T2, chất lượng nước sông Kôn không còn thoả mãn các giá trị giới hạn của mức A - chất lượng nước tốt của QCVN 08:2023/BTNMT mà chỉ thoả mãn mức B- chất lượng nước trung bình. Hệ sinh thái trong nước tiêu thụ nhiều oxy hòa tan do một lượng lớn chất ô nhiễm là các chất dinh dưỡng nitơ, photpho, các chất hữu cơ có trong nước thải sinh hoạt thôn Tây Giang, huyện Tây Sơn và nước thải của các trang trại chăn nuôi khoảng 3300 con heo, 5000 con trâu bò thải ra sông Đồng Phô - hợp lưu với sông Kôn tại xã Tây Giang.

Từ vị trí T2 trở xuống xuôi dòng theo hướng Đông Nam, chất lượng nước sông Kôn tiếp tục giảm do phải đón nhận lượng lớn các dòng thải sinh hoạt từ các khu dân cư vùng lưu vực chảy xuống các sông Đồng Tre, sông Hàm Hô, suối Quéo, hoặc xả thẳng ra sông Kôn từ những cống thải dân sinh. pH nước sông Kôn giảm thấp, nằm trong khoảng pH 6,0-6,3 trong mùa mưa, 5,5-5,7 trong mùa khô; $DO_{\text{mùa mưa}}$ = 4,9 - 5,18 mg/l trong khi $DO_{\text{mùa khô}}$ = 4,2-4,8 mg/l, DO đạt các giá trị thấp nhất ở điểm T5 ở cả hai mùa; TN $_{\text{mùa mưa}}$ = 1,4- 3,9mg/l, $TN_{\text{mùa khô}}$ = 2,7- 4,6mg/l, $TP_{\text{mùa mưa}}$ = 0,13- 0,39mg/l, $TP_{\text{mùa khô}}$ = 0,36- 0,5mg/l. Về các giá trị của DO, chất lượng nước sông Kôn ở các vị trí T5 và T11 thậm chí chỉ đạt GTGH mức C của QCVN 08:2023/BTNMT - Chất lượng nước xấu, hệ sinh thái trong nước có lượng oxy hòa tan giảm mạnh do chứa một lượng lớn các chất ô nhiễm, nước chỉ có thể được sử dụng cho các mục đích sản xuất công nghiệp sau khi áp dụng các biện pháp xử lý phù hợp (MONRE, 2023); về giá trị TN, tại các vị trí T5, T8, T9, T10 chỉ đạt giá trị D của QCVN 08:2023/BTNMT - Nước có chất lượng rất xấu, có thể gây ảnh hưởng lớn tới cá

và các sinh vật sống trong môi trường nước do nồng độ chất ô nhiễm cao, chỉ có thể được sử dụng cho các mục đích giao thông thuỷ và các mục đích khác với yêu cầu chất lượng nước thấp (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2023). So sánh với báo cáo môi trường quốc gia 2018, chất lượng nước sông Kôn đã xấu đi đáng kể (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2018). Nguồn nước này, do quá giàu nitơ, photpho và các chất hữu cơ dễ đối mặt với nguy cơ phú dưỡng nguồn nước (Abid A. Ansari và cộng sự, 2011; D. Xanthoulis và cộng sự, 2008; V. T. P. Thảo, 2014).

Kết quả khảo sát cho thấy dòng sông Kôn trên đoạn sông nghiên cứu phải đón nhận các nguồn xả thải chính giàu chất hữu cơ bao gồm chủ yếu là nước thải sinh hoạt của dân cư vùng lưu vực với tổng lưu lượng xả thải vào khoảng trên 1000 m^3 ngày đêm, nước thải của các hộ bún bánh làng nghề An Thái, Mỹ Thạnh 380m^3, nước thải của các trang trại chăn nuôi heo, bò, trâu,... cùng các hộ chăn nuôi nhỏ lẻ khác với lưu lượng khoảng 120m^3. Các mẫu nước thải chăn nuôi, nước thải làng nghề bún bánh, nước thải sinh hoạt là các nguồn ô nhiễm hữu cơ lớn nhất ở đoạn sông nghiên cứu. Tình trạng ô nhiễm hữu cơ của các dòng sông trên khắp Việt Nam bởi các dòng xả thải đậm đặc chất hữu cơ đang ngày một tăng lên về số lượng cũng như hàm lượng các chất ô nhiễm khiến các dòng sông dần dần chuyển màu, chuyển mùi và mất đi sự đa dạng sinh học, mất đi các nguồn lợi thuỷ sản vốn từng là nguồn cung cấp thức ăn dồi dào cho cư dân, mất đi các lợi ích về sinh thái cảnh quan môi trường mà người ta có thể khai thác ở những dòng sông sạch (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2006; Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2018; V.T.P. Thảo và N.T. Thanh, 2022). Không chỉ ở Việt Nam mà có thể thấy bài học từ nhiều nước trên thế giới, hậu quả của nhiều dòng sông do phải đón nhận nước thải của các hoạt động sinh hoạt, nước thải chăn nuôi, nước thải chế biến lương thực, thực phẩm đậm đặc chất hữu cơ và vi sinh vật trong nửa thế kỷ qua đã bị ô nhiễm phú dưỡng, bị suy giảm đa dạng sinh học nghiêm trọng và có những dòng sông đã trở thành những dòng sông chết (Abid A. Ansari và cộng sự, 2011; MaraDuncan, 2005). Đặc biệt khi tình trạng dân số ngày một tăng cao, các hoạt động kinh tế ngày một phát triển hơn, nếu không có những hệ thống thu gom nước thải và xử lý tốt trước khi xả thải thì dòng sông Kôn sẽ đứng trước tình trạng bị ô nhiễm ngày một nặng nề hơn.

4. Kết luận

Tình trạng xả thải các dòng nước thải giàu chất hữu cơ bao gồm nước thải sinh hoạt, chăn nuôi, làng nghề chế biến lương thực, thực phẩm,... chưa qua xử lý từ các khu dân cư vào dòng sông Kôn là một nguyên nhân lớn khiến thuỷ vực này đang ngày càng bị ô nhiễm, bị xuống cấp về chất lượng nước. Việc xả thải này tạo nên những khó khăn lớn cho việc lưu giữ nguồn nước sạch và hệ sinh thái sông Kôn, là nguyên nhân chính có thể gây nên phú dưỡng nguồn nước trong tương lai và làm suy giảm đa dạng sinh học sông nếu không có biện pháp quản lý chất lượng nguồn nước kịp thời.

Tài liệu tham khảo

Abid A. Ansari, Singh Gill, Guy R. Lanza, Walter Rast, 2011. "*Eutrophication: causes, consequences and control."* Springer, Netherlands.

APHA, AWWA, and WEF, (1998), *Standard methods for the examination of water and wastewater*, America Public Health Association.

Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2006. Báo cáo Môi trường Quốc gia 2006.

Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2008. Hướng dẫn lấy mẫu ở sông và suối - TCVN 6663-6:2008.

Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2018. Báo cáo "Hiện trạng môi trường quốc gia năm 2018 Chuyên đề: Môi trường nước lưu vực sông".

Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2023. QCVN 08:2023/BTNMT- Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt.

D. Xanthoulis, Lều Thọ Bách, Wang Cheng Duan, Hans Brix, 2008. *Xử lý nước thải chi phí thấp*. Nhà xuất bản Xây dựng.

MaraDuncan, 2005. *Domestic wastewater treatment in developing countries*. Earthscan Publisher, London.

Ủy ban nhân dân tỉnh Bình Định, 2021. Báo cáo công tác bảo vệ môi trường tỉnh Bình Định năm 2021.

Ủy ban nhân dân tỉnh Bình Định, 2022. *Báo cáo công tác bảo vệ môi trường tỉnh Bình Định năm 2022.*

Vũ Thị Phương Thảo, 2014. Hiện trạng ô nhiễm môi trường nước sông Nhuệ đoạn từ đầu nguồn tới Cầu Chiếc. Vietnam *Journal of Marine Science and Technology*, 14(3), 280–288.

Vũ Thị Phương Thảo và Nguyễn Thị Thanh, 2022. Water quality degradation in Sat River - the section flowing through Hai Duong province and some proposals to improve river water quality. *Journal of Mining and Earth Sciences.* 63, 3 (Jun, 2022), 10-16.

ABSTRACT

The effects of waste flows rich in organic matter on the water quality of the Kon River section from Tay Thuan commune to Nhon My commune, Binh Dinh province.

Vu Thi Phuong Thao[1], Huynh Thi Thu Thuy[1,2]

[1] *Hanoi University of Mining and Geology*

[2]*Central Department of Regional Water Resources Planning and Investigation*

The Kon River provides water and drainage for people's livelihood activities, agricultural fields, and hydroelectric power. It is a water circulation and a diverse ecosystem but is experiencing daily deterioration of water quality. This article studies the effects of waste streams rich in organic matter on the water quality of the Kon River from Tay Thuan commune, Tay Son district, to Nhon My commune, An Nhon town, Binh Dinh province. Water samples from discharge streams into the study river section and water samples in the study river section were collected and analyzed for the content of organic substances, nutrients, and microorganisms. Analysis results show that waste streams from daily activities, livestock farming areas, and food processing villages from the basin area into the river are the main reasons the Kon River is increasingly polluted. Heavier pollution by organic substances, nitrogen nutrients, and phosphorus. This discharge greatly complicates preserving clean water sources and the Kon River ecosystem. It is the leading cause of future eutrophication of water sources and reduces river biodiversity if it does not take timely measures to manage water source quality.

Keywords: water quality, Kon River, organic pollution

Đánh giá hiện trạng khai thác nước dưới đất tại các vùng núi cao, vùng khan hiếm nước tỉnh Gia Lai

Trần Thị Thanh Thủy*
Khoa Môi trường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Gia Lai là tỉnh miền núi thuộc khu vực Bắc Tây Nguyên có địa hình cao nguyên và đồi núi, với điều kiện khai thác và cung cấp nước khó khăn đặc biệt tại các khu vực dân tộc thiểu số. Hiện tỉnh Gia Lai có 12 vùng khan hiếm nước. Hầu hết các vùng đều chưa có hệ thống cấp nước sinh hoạt tập trung, người dân chủ yếu sử dụng nước từ tầng chứa nước nằm nông bằng giếng đào nhỏ lẻ hoặc lấy nước từ nguồn nước suối chưa qua xử lý và thường bị thiếu nước vào mùa khô. Tổng lưu lượng khai thác nước dưới đất tại các vùng khan hiếm khoảng 4.650 m^3/ngày. Chất lượng nước tại các tầng chứa nước nằm nông hiện bị ô nhiễm các chất hữu cơ với hàm lượng Nitrat, E. Coli và Coliform cao hơn quy chuẩn cho phép QCVN 09:2023/BTNMT. Ở các tầng chứa nước nằm sâu, chất lượng nước tốt, nước trong, không màu, nước nhạt, độ tổng khoáng hóa dao động từ 44 đến 450 mg/l; độ pH biến đổi từ 5,50 đến 8,90; độ cứng biến đổi từ 0,9 đến 288,0 mg/l tuy nhiên tại một số khu vực như vùng Ia Glai, Ia Pia, Al Bá nước vẫn có dấu hiệu ô nhiễm các chất hữu cơ và vi sinh. Từ kết quả đánh giá hiện trạng khai thác nước dưới đất tại các vùng núi cao, vùng khan hiếm nước trong khu vực, nghiên cứu đã tổng hợp, đánh giá các tác động của chúng đến tính ổn định của nguồn nước đồng thời xây dựng phương án quản lí khai thác nước phù hợp nhằm đảm bảo đời sống dân sinh và phát triển kinh tế - xã hội bền vững cho địa phương.

Từ khóa: nước dưới đất; khai thác; vùng núi cao; vùng khan hiếm nước

1. Đặt vấn đề

Gia Lai là tỉnh miền núi thuộc khu vực Bắc Tây Nguyên với địa hình phổ biến là cao nguyên, sau đó là đồi núi chiếm đến 2/5 diện tích toàn tỉnh. Các tầng chứa nước nông trên địa bàn hiện bị ô nhiễm khá trầm trọng, chỉ có tầng chứa nước sâu không bị ô nhiễm do được bảo vệ bởi các tầng chứa nước phía trên, tuy nhiên cần có biện pháp bảo đảm an toàn khi khoan và khai thác hợp lý. Ngoài ra, vì địa hình đồi núi cao nên điều kiện khai thác và cung cấp nước khó khăn, đặc biệt tại các khu vực dân tộc thiểu số. Tình trạng thiếu nước sinh hoạt thường xuyên xảy ra bởi đa phần người dân còn dùng giếng đào và hệ thống nước tự chảy, chưa có nước máy. Bên cạnh đó, tình trạng hạn hán triền miên, các công trình thủy lợi thiếu nước rồi mưa bão, lũ lụt bất thường… dẫn đến tình trạng thiếu nước ở Tây Nguyên nói chung và Gia Lai nói riêng ngày càng trầm trọng. Theo Báo cáo hiện trạng bảo vệ môi trường tỉnh Gia Lai, nước mặt tại hầu hết các điểm quan trắc bị ô nhiễm BOD_5, COD và Nitơ, nghiêm trọng nhất ở lưu vực sông Ba, nước ngầm ở một vài thời điểm cũng bị ô nhiễm nitrat, nitrit, kim loại nặng… Từ thực tế trên đòi hỏi cần điều tra đánh giá hiện trạng nguồn nước dưới đất đáp ứng yêu cầu về chất lượng và trữ lượng phục vụ cấp nước sinh hoạt cho các vùng núi cao, vùng khan hiếm nước của tỉnh Gia Lai để xây dựng phương án quản lí khai thác nước dưới đất tại khu vực đảm bảo phát triển kinh tế - xã hội bền vững cho địa phương.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Thu thập tài liệu

Thu thập các tài liệu về đặc trưng các tầng chứa nước chính trong khu vực, hiện trạng khai thác nước dưới đất cùng các công trình cấp nước tại địa phương, đồng thời thu thập số liệu về hiện trạng chất lượng nước dưới đất từ các báo cáo của Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Gia Lai, Trung tâm Quy hoạch Điều tra Tài nguyên nước Quốc gia và Viện Khoa học Thuỷ lợi Việt Nam.

2.2. Khảo sát thực địa

Thực hiện khảo sát các nguồn nước đang khai thác và các công trình cấp nước tại khu vực, khảo sát đánh giá lưu lượng và lấy mẫu nước dưới đất tại 12 vùng khan hiếm nước của tỉnh gồm: vùng A Dok, Al Bá, Ia Glai, Ia O, Ia Pia, DakTroi, Dear, Ia Bang, Ia Broai, Iamron, Iarong, Kong Htok để đánh giá hiện

* *Tác giả liên hệ*
Email: tranthithanhthuy@humg.edu.vn

trạng chất lượng nước đồng thời khảo sát hiện trạng các hoạt động khai thác, sử dụng nước, hoạt động xả thải trong khu vực cùng các nguồn thải có nguy cơ gây tác động đến môi trường để đưa ra giải pháp quản lý phù hợp. Tổng diện tích khảo sát là 102 km^2 với mật độ điểm điều tra từ 6,2 đến 7,0 điểm/km^2. Tổng khối lượng khoan khảo sát được thực hiện bởi Trung tâm Quy hoạch Điều tra Tài nguyên nước Quốc gia là 27 lỗ khoan với tổng số mét khoan là 2.650 m.

2.3. Tham vấn cộng đồng

Thực hiện tham vấn tại 12 vùng khan hiếm nước về hiện trạng khai thác, sử dụng nước cùng công tác quản lý tài nguyên nước của khu vực núi cao, khan hiếm nước, trong đó tập trung tham vấn tại các công trình cấp nước tập trung về hiện trạng khai thác nước dưới đất cùng tham vấn người dân địa phương về hiện trạng chất lượng, trữ lượng nguồn nước cấp trong khu vực để có cơ sở đề xuất giải pháp quản lý khai thác nước dưới đất phù hợp.

2.4. Phân tích mẫu

Phân tích mẫu nước dưới đất trong phòng thí nghiệm theo các tiêu chuẩn quy định để đánh giá hiện trạng chất lượng nước khu vực nghiên cứu. Mẫu được Trung tâm Quy hoạch Điều tra Tài nguyên nước Quốc gia gửi phân tích tại các cơ sở phân tích có năng lực chuyên môn như: Trung tâm Y tế dự phòng tỉnh Gia Lai, Trung tâm Công nghệ và Phân tích - Thí nghiệm miền Trung. Tổng lượng mẫu lấy và phân tích tại 12 vùng khan hiếm nước là 129 mẫu đánh giá toàn diện, cùng 89 mẫu đánh giá các yếu tố vi lượng, nhiễm bẩn, sắt và vi sinh. Mẫu phân tích được so sánh với quy chuẩn QCVN 09:2023/BTNMT.

2.5. Tổng hợp, xử lý số liệu

Căn cứ trên các kết quả thu thập, khảo sát thực địa, tham vấn cộng đồng và phân tích mẫu trong phòng, tiến hành tổng hợp đánh giá hiện trạng chất lượng nước, hiện trạng khai thác, sử dụng nước của tỉnh Gia Lai cùng đánh giá các tác động do hoạt động khai thác đến tính ổn định của nguồn nước khu vực để đề xuất các giải pháp quản lý phù hợp.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hiện trạng khai thác, sử dụng nước ở các vùng khan hiếm nước của tỉnh Gia Lai

Tại các khu vực khảo sát của tỉnh Gia Lai, nguồn nước phục vụ sinh hoạt chủ yếu được lấy từ các suối nhỏ trong vùng, các ao, hồ, nước mưa và khai thác từ các nguồn nước ngầm bằng các giếng đào, giếng khoan ở tầng chứa nước trên cùng (Nguyễn Mạnh Trường, 2021). Hiện nay, tại khu vực không có các công trình cấp nước tập trung. Vào mùa mưa, lượng nước khai thác từ các nguồn trên có thể đủ dùng cho sinh hoạt của hộ gia đình. Tuy nhiên vào mùa khô, lưu lượng nước ở hệ thống suối cạn kiệt, ô nhiễm, nguồn nước ngầm cũng không đủ cung cấp cho sinh hoạt nên tình trạng khan hiếm nước thường xuyên xảy ra. Kết quả khảo sát trong khu vực cho thấy tại Gia Lai có từ 1 đến 3 tầng chứa nước, bao gồm các tầng chứa nước lỗ hổng trầm tích Holocen (qh), tầng chứa nước lỗ hổng trầm tích Pleistocen (qp), tầng chứa nước khe nứt lỗ hổng phun trào Bazan hệ tầng Túc Trưng $\beta(n_2\text{-}qp)tt$ và tầng chứa nước khe nứt trầm tích Neogen hệ tầng Sông Ba (N_1^3sb) (Trung tâm Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước Quốc gia, 2020). Hiện nay, nguồn nước duy nhất được sử dụng để cấp cho người dân chỉ có thể là nước mưa và nước dưới đất tầng nông. Việc khai thác nước dưới đất bằng giếng đào, giếng khoan với quy mô nhỏ lẻ, chỉ đủ cung cấp cho hộ gia đình, khoảng < 1,0 m^3/hộ nên tác động do hoạt động khai thác đến trữ lượng và chất lượng nguồn nước trong khu vực là không lớn. Dựa trên kết quả tổng hợp điều tra, tìm kiếm nguồn nước dưới đất tại các vùng núi cao, vùng khan hiếm nước tỉnh Gia Lai cho thấy hiện trạng trữ lượng khai thác nước dưới đất tại các vùng khan hiếm nước của tỉnh Gia Lai được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Hiện trạng trữ lượng khai thác nước dưới đất tại tỉnh Gia Lai
(Trung tâm Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước Quốc gia, 2020)

TT	Huyện	Vùng	Lỗ khoan	Chiều sâu lỗ khoan (m)	Lưu lượng khai thác của lỗ khoan (m^3/ngày)	Tổng lưu lượng của vùng, (m^3/ngày)
1	Ia Pa	Ia Broăi	VCGL.1	80	172	616
2			VCGL.2	80	254	
3			VCGL.3	80	190	
4	Chư Sê	Al Bá	VCGL.4	100	172,8	320
5			VCGL.5A	100	147,2	

TT	Huyện	Vùng	Lỗ khoan	Chiều sâu lỗ khoan (m)	Lưu lượng khai thác của lỗ khoan (m^3/ngày)	Tổng lưu lượng của vùng, (m^3/ngày)
6	Chư Sê	Kông Htôk	VCGL.6	100	389	1.063
7			VCGL.7	100	674	
8	Chư Prông	Ia O	VCGL.8	100	104	415
9			VCGL.9	100	311	
10	Ia Pa	Ia Mrơn	VCGL.10	80	242	916
11			VCGL.11	80	233	
12			VCGL.12	80	190	
13			VCGL.13	80	251	
14	Mang Yang	Đê Ar	VCGL.14	100	100	290
15			VCGL.15	100	190	
16	Chư Prông	Ia Pia	VCGL.16	150	93,31	170
17			VCGL.17	120	76,03	
18	Chư Sê	Ia Glai	VCGL.18	130	172,8	372
19			VCGL.19	102	198,8	
20	Đăk Đoa	A Dơk	VCGL.20	120	120	327
21			VCGL.21	120	207	
22	Chư Pưh	Ia Rong	VCGL.22	100	75	295
23			VCGL.23	100	220	
24	Chư Prông	Ia Băng	VCGL.24	120	90	366
25			VCGL.25	120	276	
26	Mang Yang	Đăk Trôi	VCGL.26	110	100	330
27			VCGL.27	100	230	

3.2. Hiện trạng chất lượng nước dưới đất tại vùng khan hiếm nước của tỉnh Gia Lai

Dựa trên kết quả phân tích mẫu nước cho thấy chất lượng nước tại các tầng chứa nước nằm nông hiện bị ô nhiễm các chất hữu cơ với hàm lượng Nitrat, E. Coli và Coliform cao hơn QCVN 09:2023/BTNMT. Với các tầng chứa nước nằm sâu, nước có chất lượng tốt, nước trong, không màu, nước nhạt, độ tổng khoáng hóa dao động từ 44 ÷ 450 mg/l; độ pH biến đổi từ 5,50 ÷ 8,90; độ cứng biến đổi từ 0,9 ÷ 288,0 mg/l (Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước quốc gia, 2020). Hiện trạng chất lượng nước tại từng vùng cụ thể như sau:

*** Vùng Ia Broăi:** Theo kết phân tích mẫu nước lấy trong vùng cho thấy nước dưới đất có chất lượng tương đối tốt, không có dấu hiệu ô nhiễm vi sinh và các thành phần hữu cơ, nước trong, không màu, nước nhạt, độ tổng khoáng hóa dao động từ 278 đến 468 mg/l; độ pH biến đổi từ 6,42 đến 6,5; độ cứng biến đổi từ 145,0 đến 288,0 mg/l. Loại hình hóa học của nước là Bicarbonat - Natri.

*** Vùng Al Bá:** theo kết phân tích 68 mẫu nước cho thấy chất lượng nước khá tốt, độ pH thay đổi từ 7,5 đến 7,8, thuộc loại kiềm yếu; Độ tổng khoáng hóa thay đổi từ 230 đến 245 mg/l. Nước thuộc loại siêu nhạt đến nhạt; loại hình hóa học của nước là Bicarbonat-Natri-Magie, Bicarbonat-Natri, Bicarbonat-Clorua-Kali-Canxi, Bicarbonat-Clorua-Kali-Magie. Tại một số mẫu phân tích cho thấy nước có hàm lượng Nitrat, E. Coli và Coliform cao hơn giới hạn cho phép theo quy chuẩn QCVN 09:2023/BTNMT.

*** Vùng Kông H'tôk:** nước dưới đất trong vùng có chất lượng tương đối tốt, không có dấu hiệu ô nhiễm vi sinh và các thành phần hữu cơ, nước trong, không màu, nước nhạt, độ tổng khoáng hóa dao động từ 112 đến 336 mg/l; độ pH biến đổi từ 6,92 đến 8,13; độ cứng biến đổi từ 47,0 đến 231,0 mg/l. Loại hình hóa học của nước là Bicarbonat - Calci.

*** Vùng Ia O:** Kết quả phân tích các mẫu nước trong vùng cho thấy: nước có chất lượng tốt, không có dấu hiệu ô nhiễm vi sinh và các thành phần hữu cơ, nước trong, không màu, nước nhạt, độ tổng khoáng hóa dao động từ 189 đến 211 mg/l; độ pH biến đổi từ 7,9 đến 8,9. Nước thuộc kiểu Bicarbonat - Natri.

*** Vùng Ia Mrơn:** Theo kết quả phân tích mẫu nước cho thấy thấy nước có chất lượng tương đối tốt, không có dấu hiệu ô nhiễm vi sinh và các thành phần hữu cơ, nước trong, không màu, nước nhạt, độ tổng khoáng hóa dao động từ 136 đến 202 mg/l; độ pH biến đổi từ 5,50 đến 7,80; độ cứng biến đổi từ 31,0 đến 150,0 mg/l. Loại hình hóa học của nước là Bicarbonat - Calci.

*** Vùng Đê Ar:** Nước dưới đất trong vùng có chất lượng tương đối tốt, không có dấu hiệu ô nhiễm vi sinh và các thành phần hữu cơ, nước trong, không màu, nước nhạt, độ tổng khoáng hóa dao động từ 74 đến 450 mg/l; độ pH biến đổi từ 6,42 đến 7,49; độ cứng biến đổi từ 18,5 đến 210 mg/l. Loại hình hóa học của nước là Bicarbonat - Calci.

*** Vùng Ia Pia:** Chất lượng của tầng chứa nước phun trào bazan Pliocen hệ tầng Túc Trưng $\beta(N_2\text{-}Q_1)$tt kết quả phân tích thành phần hóa học 28 mẫu nước cho thấy: độ pH thay đổi từ 6,83 đến 7,67 thuộc loại trung tính; Độ tổng khoáng hóa thay đổi từ 254 đến 330 mg/l thuộc loại nước siêu nhạt đến nhạt; loại hình hóa học chủ yêu là Bicarbonat Natri. Tại một số mẫu phân tích cho thấy nước có hàm lượng Nitrat, E. Coli và Coliform cao hơn giới hạn cho phép theo quy chuẩn QCVN 09:2023/BTNMT.

*** Vùng Ia Glai:** kết quả phân tích thành phần hóa học 28 mẫu nước cho thấy: độ pH thay đổi từ 7,18 đến 7,8 thuộc loại kiềm yếu; Độ tổng khoáng hóa thay đổi từ 188 đến 195 mg/l thuộc loại nước siêu nhạt đến nhạt; loại hình hóa học chủ yêu là Bicarbonat Natri và Bicacbonnat- Natri, Calxi. Tại một số mẫu phân tích cho thấy nước trong tầng này có dấu hiệu nhiễm bẩn, với hàm lượng Nitrat, E. Coli và Coliform cao hơn giới hạn cho phép theo quy chuẩn QCVN 09:2023/BTNMT.

*** Vùng A Dơk:** Kết quả phân tích các mẫu nước lấy trong vùng cho thấy nước có chất lượng tốt, không có dấu hiệu ô nhiễm vi sinh và các thành phần hữu cơ, nước trong, không màu, nước nhạt, độ tổng khoáng hóa dao động từ 165 đến 190 mg/l; độ pH biến đổi từ 8,33 đến 8,45; độ cứng biến đổi từ 0,9 đến 1,2 mg/l, trung bình 1,05 mg/l. Loại hình hóa học của nước Bicacbonat – Natri.

*** Vùng Ia Rong:** Kết quả phân tích mẫu nước cho thấy nước dưới đất có chất lượng tương đối tốt, không có dấu hiệu ô nhiễm vi sinh và các thành phần hữu cơ, nước trong, không màu, nước nhạt, độ tổng khoáng hóa dao động từ 128 đến 250 mg/l; độ pH biến đổi từ 6,68 đến 7,45; độ cứng biến đổi từ 58,0 đến 149,0 mg/l. Loại hình hóa học của nước là Bicarbonat – Calci.

*** Vùng Ia Băng:** Kết quả phân tích mẫu nước cho thấy nước có chất lượng tương đối tốt, không có dấu hiệu ô nhiễm vi sinh và các thành phần hữu cơ, nước trong, không màu, nước nhạt, độ tổng khoáng hóa dao động từ 44 đến 168 mg/l; độ pH biến đổi từ 7,18 đến 8,39; độ cứng biến đổi từ 5,5 đến 37,5 mg/l. Loại hình hóa học của nước là Bicarbonat – Calci.

*** Vùng Đăk Trôi:** Dựa trên kết quả khảo sát, lấy mẫu, phân tích cho thấy nước dưới đất trong vùng có chất lượng tương đối tốt, không có dấu hiệu ô nhiễm vi sinh và các thành phần hữu cơ, nước trong, không màu, nước nhạt, độ tổng khoảng hóa dao động từ 162 đến 206 mg/l; độ pH biến đổi từ 7,94 đến 8,31; độ cứng biến đổi từ 21,5 đến 66,0 mg/l. Loại hình hóa học của nước là Bicarbonat - Calci.

3.3. Đánh giá hoạt động khai thác nước đến tính ổn định của nguồn nước

Theo số liệu điều tra tại khu vực khảo sát của tỉnh Gia Lai cho thấy chất lượng nước tốt và lưu lượng phụ thuộc theo mùa. Vào mùa khô, nước thường bị cạn kiệt và dễ bị ô nhiễm bởi hóa chất nông nghiệp như thuốc diệt cỏ, thuốc trừ sâu, phân bón. Hiện nay, nguồn nước sử dụng để cấp nước thường là nước mưa và nước dưới đất tầng nông. Việc khai thác nước dưới đất thường sử dụng các giếng đào, giếng khoan với quy mô nhỏ lẻ, chỉ đủ cung cấp cho hộ gia đình, khoảng < 1,0 m^3/hộ. Vào mùa mưa, lượng nước khai thác từ các nguồn trên có thể đủ dùng cho sinh hoạt của hộ gia đình, tuy nhiên thường dễ bị nhiễm bẩn do lũ kéo theo các chất bẩn từ thượng nguồn về. Theo kết quả khảo sát hiện tại có gần 50% người dân đang thiếu nước sạch phục vụ sinh hoạt. Trong vùng điều tra không có khu công nghiệp, các nguồn thải chủ yếu là rác thải và nước thải sinh hoạt của các hộ gia đình. Nước thải sinh hoạt chủ yếu được thải trực tiếp ra sông, suối... chiếm tỷ lệ 85%. Rác thải sinh hoạt được thu gom vào các bãi thải và vận chuyển đi xử lý chiếm 40%, còn lại 60% xả thải trực tiếp ra các sông, suối, kênh mương… gây tác động nhất định đến chất lượng nước khu vực nghiên cứu. Là địa phương thuộc vùng núi cao nên nguy cơ xâm nhập mặn vào tầng chứa nước không có. Bên cạnh đó, do lưu lượng khai thác không cao lại thường cạn kiệt vào mùa khô nên mức độ ảnh hưởng của hoạt động khai thác đến các công trình khai thác nước khác nằm trong vùng ảnh hưởng của công trình cũng như đến các nguồn nước mặt xung quanh là thấp. Hơn nữa, do tình trạng khan khiếm nước xảy ra đặc biệt vào mùa khô cho thấy các công trình khai thác nước tại đây có hiệu quả kinh tế thấp và khả năng phục vụ xã hội không cao (Viện Khoa học Thuỷ lợi, 2022).

Dựa trên các kết quả khảo sát, cùng các tiêu chí xây dựng, điều kiện khai thác, tính bền vững về công nghệ kỹ thuật – môi trường, hiệu quả kinh tế khi vận hành để đánh giá mức độ tác động của công nghệ khai thác đến nguồn nước nhằm đưa ra các giải pháp khắc phục kịp thời, kiểm soát các vấn đề khai thác, sử dụng tài nguyên và bảo vệ môi trường, nghiên cứu đã tổng hợp đánh giá được mức độ tác động của công nghệ khai thác đến nguồn nước khu vực như bảng 2.

Bảng 2. Đánh giá mức độ tác động của hoạt động khai thác nước dưới đất đến nguồn nước của tỉnh

TT	Tiêu chí	Mức độ tác động
1	Ảnh hưởng của hoạt động khai thác đến sự suy giảm mực nước, trữ lượng nguồn nước	3
2	Ảnh hưởng của hoạt động khai thác đến chất lượng nguồn nước (gia tăng ô nhiễm, xâm nhập mặn)	3
3	Ảnh hưởng của công nghệ khai thác đến khả năng sụt lún bề mặt đất	2
4	Ảnh hưởng của công nghệ khai thác đến các dòng mặt	2
5	Ảnh hưởng của công nghệ khai thác nước đến các công trình khai thác lân cận và tính bền vững của tài nguyên nước	3
6	Tổng hợp mức độ đánh giá tác động	2,6

- Mức độ 1: Không tác động đến nguồn nước;
- Mức độ 2: Tác động đến nguồn nước thấp;
- Mức độ 3: Tác động đến nguồn nước trung bình;
- Mức độ 4: Tác động mạnh đến nguồn nước;
- Mức độ 5: Tác động rất mạnh đến nguồn nước.

Dựa trên kết quả nghiên cứu cho thấy hiện nay các công nghệ khai thác tại khu vực có mức độ tác động trung bình đến tính ổn định của nguồn nước, trong đó thực trạng khan hiếm nước là nghiêm trọng nhất. Do đó, địa phương cần kiểm tra, đầu tư công nghệ khai thác nước dưới đất đảm bảo cung cấp nước cho đời sống dân sinh. Theo đánh giá, công nghệ khai thác nước mặt từ hệ thống sông, suối và khai thác nước ngầm tầng chứa nước nông bằng các giếng khoan, giếng đào là mô hình khai thác đạt hiệu quả cao nhất với mức độ tác động không cao đến các công trình lân cận và đảm bảo tính bền vững về chất lượng và trữ lượng của tài nguyên nước khu vực nghiên cứu (Viện Bơm và Thiết bị Thủy lợi, 2021).

3.4. Đề xuất giải pháp quản lý khai thác, sử dụng nước dưới đất của tỉnh

Từ kết quả đánh giá hiện trạng chất lượng nước dưới đất, hiện trạng khai thác sử dụng nước cùng các tác động của hoạt động này đến tính ổn định của nguồn nước khu vực, nghiên cứu đã đưa ra một số giải pháp quản lý, xây dựng phương án quy hoạch khai thác nước dưới đất nhằm hạn chế tình trạng suy thoái, cạn kiệt tài nguyên nước dưới đất cho tỉnh Gia Lai, cụ thể:

- Ban hành các văn bản chỉ đạo, hạn chế khai thác, sử dụng nước đối với những khu vực đã có hệ thống cấp nước tập trung hoặc nước mặt ổn định; đồng thời kiểm tra, giám sát, hạn chế khai thác nước dưới đất, đảm bảo tuân thủ trữ lượng khai thác cho phép tối đa bằng 30% trữ lượng của nguồn nước dưới đất.
- Định hướng quy hoạch khai thác nước dưới đất phù hợp cho từng khu vực khan hiếm nước, trong đó tại 12 vùng điều tra thuộc tỉnh Gia Lai có thể kết nối các lỗ khoan, xây dựng các hệ thống cấp nước tập trung với loại hình và công suất như sau: Vùng Ia Broăi: với 3 lỗ khoan có tổng lưu lượng khai thác khoảng 651 m^3/ngày, đủ điều kiện xây dựng 3 hệ thống cấp nước tập trung công suất thiết kế từ 150 m^3/ngày đến 250 m^3/ngày để cấp nước sinh hoạt 3 cụm dân cư của xã Ia Broăi; Vùng Al Bá: với 2 lỗ khoan có tổng lưu lượng có thể khai thác khoảng 200 m^3/ngày, đủ điều kiện xây dựng hệ thống cấp nước tập trung công suất thiết kế 200 m^3/ngày; Vùng Kông H'tôk: với 2 lỗ khoan có tổng lưu lượng có thể khai thác khoảng 1.063 m^3/ngày, đủ điều kiện xây dựng hệ thống cấp nước tập trung công suất thiết kế 1.000 m^3/ngày; Vùng Ia O: với 2 lỗ khoan có tổng lưu lượng có thể khai thác khoảng 415 m^3/ngày, đủ điều kiện xây dựng hệ thống cấp nước tập trung công suất thiết kế 400 m^3/ngày; Vùng Ia Mrơn: với 4 lỗ khoan có tổng lưu lượng có thể khai thác khoảng 916 m^3/ngày, đủ điều kiện xây dựng 2 hệ thống cấp nước tập trung công suất thiết kế từ 400 m^3/ngày đến 450 m^3/ngày; Vùng Đê Ar: với 2 lỗ khoan có tổng lưu lượng có thể khai thác khoảng 276 m^3/ngày, đủ điều kiện xây dựng hệ thống cấp nước tập trung công suất thiết kế 250 m^3/ngày; Vùng Ia Pia: với 2 lỗ khoan có tổng lưu lượng có thể khai thác khoảng 270 m^3/ngày, đủ điều kiện xây dựng hệ thống cấp nước tập trung công suất thiết kế 250 m^3/ngày; Vùng Ia Glai: với 2 lỗ khoan có tổng lưu lượng có thể khai thác khoảng 232 m^3/ngày, đủ điều kiện xây dựng hệ thống cấp nước tập trung công suất thiết kế 200 m^3/ngày; Vùng A Dơk: với 2 lỗ khoan có tổng lưu lượng có thể khai thác khoảng 200 m^3/ngày, đủ điều kiện xây dựng hệ thống cấp nước tập trung công suất thiết kế 200 m^3/ngày; Vùng Ia Rong: với 2 lỗ khoan có tổng lưu lượng có thể khai thác khoảng 269 m^3/ngày, đủ điều kiện xây dựng hệ thống cấp nước tập trung công suất thiết kế 250 m^3/ngày; Vùng Ia Băng: với 2 lỗ khoan có tổng lưu lượng có thể khai thác khoảng 397 m^3/ngày, đủ điều kiện xây dựng hệ thống cấp nước tập trung công suất thiết kế 350 m^3/ngày; Vùng Đăk Trôi: với 2 lỗ khoan có tổng lưu lượng có thể khai thác khoảng 340 m^3/ngày, đủ điều kiện xây dựng hệ thống cấp nước tập trung công suất thiết kế 300 m^3/ngày.
- Định kỳ quan trắc, giám sát tài nguyên nước về lưu lượng, chất lượng nước thải trước khi thải ra nguồn tiếp nhận của các đơn vị có hoạt động xả thải. Tăng cường công tác quản lý, bảo vệ tài nguyên nước, bảo

vệ rừng, môi trường sinh thái; đồng thời đẩy mạnh công tác tuyên truyền bảo vệ tài nguyên nước trong toàn dân. Đánh giá khoanh định vùng cấm và vùng hạn chế khai thác sử dụng nước dưới đất trên địa bàn tỉnh Gia Lai đến năm 2030 và tầm nhìn đến năm 2040. Tăng cường thu hút nguồn lực đầu tư từ khối tư nhân vào các dự án đầu tư xây dựng công trình cấp nước để quản lý khai thác sử dụng nước hợp lý.

4. Kết luận

Tỉnh Gia lai có nguồn tài nguyên nước khá phong phú nhưng phân bố không đều. Do địa hình núi cao hiểm trở, chia cắt mạnh nêu điều kiện hình thành nước phức tạp, một số nơi thiếu nước gây khó khăn cho sản xuất và đời sống dân sinh. Tại địa phương chủ yếu khai thác nước dưới đất bằng các giếng đào, giếng khoan để phục vụ cấp nước sinh hoạt và hiện chưa có các công trình khai thác nước tập trung. Chất lượng nước tốt, nước trong, chỉ có một số khu vực như Ia Glai, Ia Pia, Al Bá bị ô nhiễm vi sinh, hàm lượng E. Coli và Coliform vượt quy chuẩn cho phép theo QCVN09:2023/BTNMT. Kết quả khảo sát cũng cho thấy do khu vực nằm ở vùng núi cao nên mức độ tác động của hoạt động khai thác nước dưới đất đến các công trình lân cận và tính bền vững của tài nguyên nước cũng như tác động đến môi trường thấp. Nghiên cứu cũng đã đề xuất một số giải pháp quản lý tổng thể trong khai thác sử dụng nước, định hướng xây dựng các hệ thống cấp nước tập trung với quy mô lưu lượng khai thác hợp lý cho từng khu vực để đảm bảo chất lượng và trữ lượng tài nguyên nước dưới đất phục vụ phát triển kinh tế - xã hội dài hạn và bền vững cho tỉnh Gia Lai.

Tài liệu tham khảo

Trung tâm Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước Quốc gia, 2020. *Báo cáo kết quả điều tra giai đoạn I "Điều tra tìm kiếm nguồn nước dưới đất tại các vùng núi cao, vùng khan hiếm nước" thuộc chương trình "Điều tra, tìm kiếm nguồn nước dưới đất để cung cấp nước sinh hoạt ở các vùng núi cao, vùng khan hiếm nước"*, Hà Nội.

Trung tâm Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước Quốc gia, 2020, *Báo cáo Kết quả phân tích mẫu nước của lỗ khoan tỉnh Gia Lai*, Hà Nội.

Nguyễn Mạnh Trường, 2021. Báo cáo chuyên đề "Nghiên cứu tổng quan các giải pháp và công nghệ khai thác của các mô hình cấp nước tại vùng núi cao, vùng khan hiếm nước ở Việt Nam, *Tạp chí Khoa học và công nghệ thuỷ lợi*, Hà Nội.

Viện Bơm và Thiết bị Thủy lợi, 2021. *Báo cáo nghiên cứu tổng quan các giải pháp và công nghệ khai thác của các mô hình cấp nước tại vùng núi cao, vùng khan hiếm nước tại Việt Nam*, Hà Nội.

Viện Khoa học Thuỷ lợi, 2022. *Báo cáo ĐTĐL.CN-7/21 "Nghiên cứu đánh giá tính ổn định và đề xuất các giải pháp kỹ thuật nâng cao hiệu quả của mô hình cấp nước tại vùng núi cao, vùng khan hiếm nước"*, Hà Nội.

ABSTRACT

Assess the current status of groundwater exploitation in high mountainous and water-scarce areas in Gia Lai province

Tran Thi Thanh Thuy

Faculty of Environment, Hanoi University of Mining and Geology

Gia Lai is a mountainous province in the Northern Central Highlands region with plateau and mountainous terrain and 12 water-scarce areas. According to the field surveys, community consultation in the study area showed that due to the high mountainous terrain, water exploitation and supply conditions are difficult, especially in the ethnic minority areas. Most areas do not have a centralized water supply system, people mainly use water from shallow aquifers through small dug wells or get water from untreated spring water sources and often not enough water for supply in the dry season. The total quantity of groundwater exploitation in scarce areas is about 4,650 m^3/day. The water quality in shallow aquifers is polluted by organic substances with Nitrate, E.Coli and Coliform levels higher than allowed standards QCVN 09:2023/BTNMT. For deep aquifers, the groundwater is good quality, clear, colorless, pale water, with total mineralization ranging from 44 to 450 mg/l; pH varies from 5.50 to 8.90; Hardness varies from 0.90 to 288.0 mg/l, however, in some areas such as Ia Glai, Ia Pia, and Al Ba, there are still signs of organic pollution. From the results of assessing the current status of groundwater exploitation in high mountainous areas and water-scarce areas in the region, the study has synthesized and evaluated their impacts on the stability of water sources and built the water exploitation management plans that ensure stability and sustainability of water resources for socio-economic development locally.

Keywords: groundwater, exploitation, high mountain areas, water-scarce areas.

Tác động của Biến đổi khí hậu đến khu vực mỏ than Hà Tu và các giải pháp ứng phó

Trần Thị Thanh Thủy*
Khoa Môi trường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Biến đổi khí hậu (BĐKH) đã và đang tác động đến đời sống, kinh tế - xã hội nói chung và các hoạt động sản xuất, khai thác than tại Quảng Ninh. Bằng các phương pháp thu thập, tổng hợp, thống kê số liệu, khảo sát thực địa và tham vấn cộng đồng, bài báo đã đánh giá được các tác động của BĐKH đến khu vực mỏ than Hà Tu như sự cố trượt lở bãi thải do mưa lớn, bồi lấp sông suối và phá huỷ một số cơ sở hạ tầng, gia tăng nguy cơ xảy ra tai biến địa chất do hoạt động đứt gãy kiến tạo… Bên cạnh đó, sự gia tăng nhiệt độ còn gây khó khăn cho hoạt động sản xuất, ảnh hưởng đến môi trường không khí, sức khoẻ người lao động, làm chậm công tác cải tạo, phục hồi môi trường, tăng chi phí điện năng và nhu cầu sử dụng nước… dẫn đến tăng chi phí sản xuất. BĐKH, nước biển dâng còn làm tăng nguy cơ xâm nhập mặn, hạ thấp mực nước dưới đất, biến đổi địa hình gây khó khăn cho công tác điều tra, đánh giá trữ lượng cùng hoạt động thăm dò khai thác của mỏ. Bài báo cũng đã tổng hợp được các giải pháp ứng phó với tác động của BĐKH do Công ty cổ phần than Hà Tu đang triển khai thực hiện trong đó tập trung vào cả hai hướng là thích ứng và giảm nhẹ để giảm thiểu rủi ro, sự cố môi trường nhằm đảm bảo ổn định và phát triển kinh tế - xã hội bền vững cho địa phương theo định hướng phát triển công nghiệp xanh, sạch, công nghệ cao, thân thiện với môi trường.

Từ khóa: biến đổi khí hậu; tác động; ứng phó; mỏ than; Hà Tu.

1. Đặt vấn đề

Tỉnh Quảng Ninh là địa phương ven biển chịu tác động mạnh và dễ bị tổn thương bởi BĐKH và nước biển dâng. Hàng năm, tỉnh chịu trực tiếp nhiều cơn bão, áp thấp nhiệt đới và gió lốc lớn. Nhiều khu vực trong vùng có đặc điểm địa hình đồi núi, là điều kiện để nước lũ các sông, suối tăng nhanh đột ngột khi có mưa lớn và gây sạt lở đất. Trong những năm qua các trận mưa lớn thường xảy ra thất thường, không theo quy luật. Theo kết quả nghiên cứu của Trung tâm Khí tượng thuỷ văn Quốc gia, trong vòng một thập kỷ qua nhiệt độ trung bình của tỉnh đã tăng khoảng 0,1°C, trong đó nhiệt độ mùa hè tăng khoảng 0,1 ÷ 0,3°C. Nắng nóng kéo dài với số đợt nắng nóng nhiều hơn, xảy ra cục bộ và diễn biến phức tạp. Hiện tượng thời tiết cực đoan khác như rét đậm, rét hại, khô hạn đều có xu hướng gia tăng tạo ra nhiều thách thức đối với môi trường và con người. BĐKH tại khu vực đã tác động không nhỏ đến hoạt động khai thác than, sinh thái môi trường và đời sống dân cư xung quanh khu vực mỏ. Công ty Cổ phần than Hà Tu là một trong những doanh nghiệp than lớn ở khu vực Hạ Long, Quảng Ninh có trình độ công nghệ khai thác hiện đại, hàng đầu của tập đoàn TKV. Bằng công nghệ khai thác than lộ thiên, Công ty đã và đang chịu tác động của BĐKH đến hoạt động sản xuất. Hiện nay, mỏ than Hà Tu đang thực hiện khai thác lộ thiên tại khai trường khu Bắc Bàng Danh có sự kế thừa với khai trường vỉa 7&8 (đến mức +30 m) và khai trường vỉa Trụ mỏ Hà Tu với diện tích là 381,56 ha (Công ty Cổ phần Than Hà Tu, 2023). Việc đánh giá các tác động của BĐKH đến hoạt động khai thác than của mỏ cùng các giải pháp ứng phó với rủi ro, sự cố môi trường hiện nay là cần thiết để từ đó xây dựng kế hoạch quản lý phù hợp, nhằm đảm bảo lợi ích kinh tế, phát triển bền vững cho mỏ than Hà Tu.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Thu thập tài liệu

Thu thập tài liệu quan trắc về khí tượng, thuỷ văn, hiện trạng các sự cố môi trường xảy ra do sự thay đổi khí hậu của địa phương và của công ty than Hà Tu. Ngoài ra, thu thập các tài liệu về hiện trạng các công trình quản lý, ứng phó với biến đổi khí hậu tại mỏ than cùng kế hoạch và chi phí cần thiết đang triển khai nhằm giảm thiểu tác động của Biến đổi khí hậu tại mỏ than Hà Tu.

* *Tác giả liên hệ*
Email: tranthithanhthuy@humg.edu.vn

2.2. Khảo sát thực địa

Thực hiện khảo sát, đánh giá thực trạng khai thác, các công trình bảo vệ, ứng phó sự cố môi trường có nguy cơ xảy ra tại mỏ. Thực hiện công tác tham vấn cộng đồng về các vấn đề sự cố, tác động môi trường do Biến đổi khí hậu tại khu vực mỏ than Hà Tu cùng các giải pháp đã được Công ty Cổ phần than Hà Tu triển khai thực hiện, ứng phó để giảm thiểu tác động.

2.3. Tổng hợp, xử lý số liệu

Tổng hợp, phân tích số liệu có được từ công tác thu thập, khảo sát thực địa và tham vấn cộng đồng. Đánh giá các tác động của Biến đổi khí hậu tại khu vực mỏ than Hà Tu cùng các ảnh hưởng đến hoạt động sản xuất khai thác mỏ, các giải pháp quản lý, kiểm soát, giảm thiểu tác động của BĐKH để định hướng xây dựng và phát triển, khai thác mỏ an toàn, bền vững.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Tác động của Biến đổi khí hậu đến khu vực mỏ than Hà Tu

Mỏ than Hà Tu nằm trong khu vực Hạ Long chịu ảnh hưởng chế độ khí hậu nhiệt đới, gió mùa, nóng ẩm vùng Đông Bắc Bộ. Mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 10 hàng năm. Độ ẩm từ 60 ÷ 80%, nhiệt độ từ 25 ÷ 30°C. Lượng mưa lớn tập trung vào tháng 7, 8 hàng năm. Mùa khô từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau, độ ẩm từ 30 ÷ 40%, nhiệt độ từ 15 ÷ 18°C. Hàng năm, tại khu vực trung bình 1 năm có 1,5 cơn bão. Sức gió từ cấp 8 đến cấp 10, mạnh nhất đến cấp 12, nhưng xác suất thấp. Tháng 6, 7, 8 là những tháng bão hay đổ bộ vào Quảng Ninh, có những cơn đổ bộ trực tiếp, cũng có cơn gây ảnh hưởng gián tiếp. Trong đó tháng 8 là có nhiều bão nhất (Công ty Cổ phần Than Hà Tu, 2021). Gió bão gây nước dâng làm hư hại đê, đổ nhà cửa, cây xanh và gây lũ lụt, xói lở. Trên địa bàn đôi khi có những cơn lốc kèm theo mưa rất lớn, có thể gây lũ lụt đột ngột với cường độ lớn. Thống kê cho thấy trong vòng 1 thập kỉ gần đây, số lượng các cơn bão mạnh và siêu bão hoạt động tăng 1,5 lần so với thập kỷ trước, gây ảnh hưởng lớn đến khu vực và gây thiệt hại đáng kể trong những năm vừa qua. Đây cũng là nguyên nhân chính gây mưa lớn, tạo ra lũ gây xói mòn, sạt lở đất, ngập lụt, ảnh hưởng không nhỏ đến hoạt động sản xuất khai thác, đảm bảo ổn định phát triển kinh tế của mỏ. Theo số liệu thống kê cũng cho thấy, nhiệt độ giai đoạn 2010 ÷ 2020 có xu hướng tăng khoảng 1,0 ÷ 1,5°C so với những năm 2000. Lượng mưa trung bình năm gia tăng cao trong những năm trở lại đây, đặc biệt giai đoạn 2013 ÷ 2018 (khoảng 2.355 mm) và tăng nhiều so với giai đoạn 2000 ÷ 2010 (khoảng 1.768 mm). Nghiên cứu cũng cho thấy rằng khu vực còn có sự phân bố nhiệt độ, lượng mưa không đồng đều trong năm, mùa mưa chiếm tới 80% lượng mưa trong năm dẫn đến sự gia tăng các hiện tượng thời tiết cực đoan, mưa lũ, hạn hán…

Các yếu tố địa hình và hệ thống sông cũng là những nhân tố thúc đẩy nguy cơ tác động của BĐKH đến hoạt động khai thác của mỏ than Hà Tu. Hầu hết các sông suối nằm trong vùng mưa lớn trên 2.000 mm nên hay hình thành lũ thất thường, nước lên nhanh và xuống cũng nhanh. Theo kết quả khảo sát thực địa, dọc tuyến sông Diễn Vọng dài gần 5 km, dòng sông dần bị thu hẹp, các bãi bồi nổi lên giữa dòng, nhiều đoạn có thể lội bộ qua vào mùa khô. Các khai trường khai thác than xung quanh khu vực thường xuyên bồi, lấp đất đá xuống sông Diễn Vọng vào mùa mưa, lũ hàng năm.

Hoạt động khai thác lộ thiên còn gây ra những biến đổi địa hình và cảnh quan, lớp phủ thực vật, tạo nên những bãi đổ thải cao 150 m ở khu Bắc Bàng Danh của mỏ với góc dốc sườn tầng 35°; khu vực moong khai thác lộ thiên tạo thành địa hình âm có độ sâu từ 50 ÷ 150 m dưới mực nước biển trung bình; đất đai khu vực khai thác mỏ thường bị bóc đi lớp đất màu, dễ bị xói mòn. Những nhân tố này kết hợp với sự thay đổi khí hậu cũng góp phần gia tăng các hiện tượng cực đoan và tai biến thiên nhiên cho khu vực mỏ than Hà Tu. BĐKH sẽ làm cường hóa các tai biến thiên nhiên, gây xói lở, bồi tụ, cát di động… góp phần tàn phá cảnh quan các mỏ khoáng sản, gây khó khăn cho công tác điều tra, đánh giá, thăm dò và khai thác, đặc biệt ảnh hưởng lớn đến quá trình đóng cửa mỏ, phục hồi môi trường sau khai thác. Với các đợt mưa thất thường, cường độ lớn sẽ gây lũ quét, lũ bùn đá, trượt lở… tàn phá, vùi lấp nhiều mỏ khoáng sản, gây ảnh hưởng đến hoạt động sản xuất. Ngoài ra, nó còn làm phát tán các kim loại độc hại từ chất thải mỏ, gây ô nhiễm môi trường. Nếu với tình trạng mưa kéo dài, lũ về đạt đỉnh muộn kết hợp hệ thống thoát nước kém, các biện pháp bảo vệ môi trường không được chú trọng sẽ dẫn tới gia tăng tình trạng ngập úng, nguy cơ ô nhiễm, tai biến địa chất, sự cố môi trường, hoạt động khai thác và quá trình vận chuyển tại các mỏ khai thác khoáng sản bị đình trệ, gây tổn thất về kinh tế và xã hội. Điển hình như đợt mưa lớn lịch sử từ 25/7 - 5/8/2015 đã ảnh hưởng đến hầu hết các đơn vị của TKV tại Quảng Ninh gây thiệt hại lớn cho sản xuất kinh doanh trong đó có công ty Cổ phần than Hà Tu… Hầu hết các tuyến đường ô tô và đường sắt vận chuyển than ra cảng, đường chuyên dụng đều bị sạt lở, hư hỏng, nhiều nhà xưởng, công trình xây dựng của nhiều mỏ bị bùn đất tràn lấp (Báo Công thương, 2018). Mưa lớn gây sạt lở nhiều hệ thống tầng, bờ moong mỏ, vỡ mương thoát nước, vùi lấp thiết bị (03 máy xúc, 02 máy khoan xoay cầu); hệ thống

đường giao thông nội bộ mỏ bị chia cắt, bùn đất chảy vào moong khai thác khoảng 1,0 triệu m^3; bùn đất vùi lấp khu vực máng ga Lộ Phong và kho than 9 của Công ty than Hà Tu. Theo kết quả khảo sát, thu thập tài liệu, BĐKH đã gây tác động đến hoạt động sản xuất của mỏ than Hà Tu, gây thiệt hại về tài sản, ảnh hưởng đến đời sống người lao động, chi tiết được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Thống kê một số sự cố môi trường do BĐKH tại mỏ than Hà Tu

TT	Năm	Sự cố môi trường
1	2005	Sạt lở bãi thải
2	2007	Sạt lở bãi thải, ngập lụt gây cản trở giao thông
3	2008	Sạt lở bãi thải, ngập lụt gây cản trở giao thông, gián đoạn sản xuất
4	2009	Mưa lớn gây ngập lụt, cản trở giao thông, gián đoạn sản xuất
5	2010	Mưa lớn gây ngập lụt, sạt lở bãi thải, cản trở giao thông, gián đoạn sản xuất
6	2015	Sạt lở bãi thải, bồi lấp sông suối, phá huỷ đường giao thông, hạ tầng của mỏ, gián đoạn sản xuất, ảnh hưởng đến kinh tế của mỏ
7	2016	Mưa lớn gây ngập lụt, cản trở giao thông gián đoạn sản xuất
8	2017	Mưa lớn gây ngập lụt, thiệt hại về vật chất và sản xuất kinh doanh
9	2020	Mưa lớn gây ngập lụt, cản trở giao thông, gián đoạn sản xuất
10	2024	Mưa lớn gây ngập lụt, cản trở giao thông, tạm dừng khai thác, sản xuất

Đối với hoạt động khai thác của các mỏ than, mưa lũ kéo dài sẽ dẫn đến nhiều nguy cơ ô nhiễm và tai biến môi trường, hoạt động khai thác bị đình trệ, tổn thất nhiều về kinh tế, đời sống xã hội của cán bộ, người lao động… (Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam, 2020). Theo đánh giá của Công ty, mưa lớn sẽ làm giảm khoảng 20 ÷ 30% sản lượng khai thác của mỏ. Công ty còn tiêu tốn kinh phí cho việc bơm thoát nước. Vào mùa mưa, độ ẩm không khí cao, chất lượng than thành phẩm giảm do hiệu suất bốc cháy của than phục vụ cho sản xuất nhiệt điện thấp, gây ảnh hưởng đến doanh thu của Công ty.

Nước mưa chảy tràn qua khu vực mang theo các chất ô nhiễm làm cho tình hình ô nhiễm gia tăng cả về diện và lượng. Mưa lũ còn kéo theo đất đá trượt lở, rửa trôi đất đá bãi thải trong khu vực, đặc biệt tại bãi thải vỉa 7 – 8 của mỏ than Hà Tu, dẫn đến chi phí hàng năm tăng cao phục vụ công tác quan trắc định kỳ, cải tạo và gia cố để hạn chế sạt lở các bãi thải trước tác động của chúng khi có sự thay đổi về điều kiện thời tiết đặc biệt là vào mùa mưa bão. Nước thải lẫn với đất đá thải trượt lở nếu không xử lý sơ bộ khi đổ vào suối sẽ gây bồi lắng dòng chảy, nâng cao đáy thuỷ vực dẫn đến thay đổi điều kiện sống của các loài sinh vật thuỷ sinh, có thể làm chúng biến mất, đồng thời làm gia tăng nhiều loại sinh vật yếm khí, ảnh hưởng đến hệ sinh thái khu vực. Dưới tác động của mưa lũ, hệ thống suối thoát nước của hầu hết các đơn vị bị bồi lấp, kè chắn bị hư hỏng; một số đập chắn rọ đá bị hư hỏng nặng. Mưa lớn còn làm tăng nguy cơ tràn tường chắn tại một số kho than của các đơn vị. Theo thống kê, tại trận mưa lớn lịch sử năm 2015, mưa lớn làm vỡ đê bao chân của kho than dẫn đến cuốn trôi hàng ngàn tấn than, gây tổn thất kinh tế cho Công ty than Hà Tu.

BĐKH dẫn đến hiện tượng nắng nóng, rét đậm, rét hại bất thường và kéo dài. Hạn hán gia tăng còn ảnh hưởng nhiều đến hệ sinh thái khu vực, làm suy giảm số lượng và môi trường sống của các loài đồng thời làm chậm quá trình tái sinh và trồng rừng... Nhiệt độ tăng cao, khô hạn, nắng nóng kéo dài dẫn đến tăng nhu cầu sử dụng điện để vận hành các thiết bị làm mát, gây quá tải, hư hỏng các thiết bị cấp điện, giảm hiệu suất lao động, chi phí điện năng tăng, gây thiệt hại đến kinh tế. Nắng nóng còn làm tăng nhu cầu sử dụng nước tạo nên nhiều sức ép cho cơ sở hạ tầng, chi phí khai thác, cung cấp nước sinh hoạt, khai thác… Kết quả khảo sát cho thấy mặc dù trữ lượng khai thác của mỏ giảm trong những giai đoạn gần đây, tuy nhiên nhu cầu khai thác, sử dụng nước và điện của Công ty vẫn tăng lên một phần do BĐKH.

BĐKH còn gây ảnh hưởng đến hệ thống cấp điện, cấp nước, hệ thống thoát nước, các tuyến cống… do đó đòi hỏi Công ty phải đầu tư, quy hoạch đồng bộ cơ sở hạ tầng, xem xét và điều chỉnh lại quy hoạch các khu dân cư, các bãi thải mỏ đồng thời thường xuyên rà soát quản lý, bổ sung quy hoạch cho phù hợp với thực trạng của mỏ.

BĐKH còn ảnh hưởng đến hoạt động giao thông vận chuyển trong khu vực mỏ. Mưa lũ sẽ làm tăng nguy cơ sạt lở các tuyến đường vận chuyển, đòi hỏi Công ty phải thường xuyên có phương án bảo trì, duy tu, sửa chữa, đê kè trước mùa mưa lũ. Còn vào mùa khô hạn, nắng nóng, hoạt động khai thác lộ thiên sẽ phát sinh nhiều khí bụi ra môi trường. Do đó, nhằm hạn chế việc phát sinh bụi, tiếng ồn, giảm thiểu ảnh hưởng của quá trình vận chuyển than, góp phần cải thiện môi trường, cảnh quan, Công ty cũng thường xuyên chú trọng nâng cấp các tuyến đường vận chuyển chuyên dụng, hạn chế việc vận chuyển than trên các tuyến quốc lộ, tỉnh lộ của khu vực Hạ Long.

Tóm lại, BĐKH đã gây tác động đến hoạt động khai thác khoáng sản của mỏ than Hà Tu. Do đó, vấn đề rủi ro BĐKH cần được lồng ghép vào các chính sách tài nguyên và khoáng sản để giảm thiểu được các nguy cơ rủi ro, sự cố môi trường và tổn thất kinh tế cho doanh nghiệp.

3.2. Hiện trạng ứng phó với BĐKH của mỏ than Hà Tu

Theo đánh giá của Kịch bản BĐKH và nước biển dâng của tỉnh Quảng Ninh cho thấy thành phố Hạ Long chịu ảnh hưởng nặng nề của bão và các hiện tượng khí hậu cực đoan như: nắng nóng, mưa bất thường, dông tố, lốc, lốc xoáy, lũ quét… Các trận mưa lũ có xu thế kéo dài nhiều ngày với cường độ lớn. Theo dự báo đến năm 2050 mực nước biển của khu vực dâng thêm 30 cm, nhiệt độ môi trường tăng từ 2 ÷ 3°C, tổng lượng mưa trung bình năm tăng 5% nhưng lượng mưa lại giảm về mùa khô. Chính bởi vậy, với lượng mưa dự báo gia tăng đòi hỏi Công ty cần có giải pháp để giảm thiểu nguy cơ do mưa lũ gây ra.

Bảng 2. Biến đổi lượng mưa (%) so với thời kỳ cơ sở theo Kịch bản Biến đổi khí hậu của tỉnh Quảng Ninh (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2020)

TT	Mùa	Kịch bản RCP4.5		Kịch bản RCP8.5	
		2046 - 2065	2080 - 2099	2046 - 2065	2080 - 2099
1	Đông	15,6 (-2,5÷32,2)	14,2 (-7,8÷36,0)	10,2 (-8,4÷27,5)	15,6 (-2,8÷38,7)
2	Xuân	16,2 (5,0÷27,5)	30,6 (14,2÷48,9)	8,4 (-4,7÷22,5)	13,0 (-5,6÷35,5)
3	Hè	17,1 (9,4÷25,7)	21,1 (4,3÷36,6)	23,4 (7,4÷38,6)	40,0 (19,8÷62,5)
4	Thu	25,4 (-0,1÷52,9)	28,9 (-7,8÷67,9)	24,2 (-4,5÷49,1)	44,5 (-5,9÷87,2)

Hàng năm, Công ty đã tiến hành quan trắc môi trường tại một số khu vực để đánh giá các mức độ ô nhiễm do mưa lụt gây ra, từ đó có phương án khắc phục, cải tạo phù hợp. Xây dựng thêm các giải pháp cho công tác ứng phó, khắc phục với mưa lũ như: tăng cường gắn kết với chính quyền địa phương trong công tác khắc phục sự cố, sơ tán dân khỏi vùng nguy hiểm; rà soát các vị trí xung yếu, hệ thống hầm bơm, trạm điện; thống kê cập nhật thiệt hại; phương án bố trí lao động; kiểm kê các kho than; tăng cường công tác an ninh, bảo vệ than, tài sản; chống hiện tượng trôi than tại các kho than...

Công ty CP Than Hà Tu có 5 bãi thải với diện tích trên 2,6 triệu m^2, gồm: Bãi thải Chính Bắc, Nam Lộ Phong, Nam Vỉa Trụ, bãi thải Vỉa 7 và 8, bãi thải trong Trụ Tây. Công ty cũng tuân thủ giải pháp công nghệ đổ thải hợp lý nhằm đảm bảo an toàn cho các công trình xung quanh. Chuyển từ đổ thải cao sang đổ thải theo tầng với chiều cao tầng 30 ÷ 50 m theo đúng quy chuẩn, nâng cao mức độ ổn định, ngăn ngừa nguy cơ sạt lở bãi thải, giảm phát sinh bụi (Vũ Phong Cầm, 2021). Nâng cấp và từng bước kiên cố ta luy, xây dựng các tuyến đê, đập chắn đất đá, mương thoát nước bảo vệ quanh chân bãi thải, chú trọng tiêu thoát nước đặc biệt là vào mùa lũ… Công ty có phương án tái sử dụng đất đá thải của mỏ phục vụ san lấp các dự án xây dựng, giảm thiểu nguy cơ chống sạt lở và tai biến môi trường khi mưa lũ, vừa tận dụng được tài nguyên phục vụ xây dựng các dự án trọng điểm của tỉnh Quảng Ninh như: Khu đô thị phức hợp Hạ Long Xanh, KCN và đô thị đầm Nhà Mạc và các dự án tại TP Hạ Long… Ở các bãi thải có nguy cơ bị sạt, trôi, sụt, Công ty bổ sung bờ kè bằng rọ đá hộc, cắt chắn tầng và bổ sung các cửa xả, đổ bê tông ở các đập để chắn đất đá… đảm bảo an toàn và môi trường. Công ty cũng tiến hành lập các phương án bảo vệ, gia cố cho các các tuyến đường vận chuyển than, đập chắn đất đá. Tiến hành trồng cây cải tạo, phục hồi môi trường với diện tích trên 100 ha đối với bãi thải Nam Lộ Phong, Vỉa 7 - 8 và một phần bãi thải Chính Bắc đã hoàn thành đổ thải, rút ngắn thời gian phủ xanh bãi thải xuống còn 2 ÷ 3 năm, góp phần đảm bảo chống sạt lở mỗi khi mưa bão, tạo cảnh quan môi trường.

BĐKH gây ảnh hưởng đến hoạt động giao thông vận chuyển trong khu vực mỏ. Mưa lũ sẽ làm tăng nguy cơ sạt lở các tuyến đường vận chuyển, do đó Công ty thường xuyên có phương án bảo trì, duy tu, sửa chữa, đê kè trước mùa mưa lũ. Vào mùa khô hạn, nắng nóng, hoạt động khai thác phát sinh nhiều khí bụi, Công ty cũng thường xuyên nâng cấp các tuyến đường vận chuyển chuyên dụng, góp phần cải thiện môi trường. Tiếp tục đầu tư các tuyến băng tải thay thế ô tô vận chuyển than ngoài mỏ để khắc phục bụi phát sinh. Công ty cũng đã đầu tư xây dựng nhiều hệ thống phun sương dập bụi tại các tuyến đường vận chuyển cùng hệ thống phun cao áp để xử lý bụi tại các khu vực khai trường, kho bãi, lắp đặt lưới chắn bụi; kiên cố hoá các khu vực sàng tuyển, kho bãi; xây dựng trạm rửa xe ô tô, thực hiện tưới nước chống bụi, phủ bạt trên các phương tiện vận chuyển và kho bãi, kịp thời khắc phục hiệu quả tình trạng bụi phát sinh do hoạt động nổ mìn, khai thác, vận chuyển. Hiện nay, Công ty đã tập trung đầu tư lắp đặt 4 hệ thống phun sương chống bụi cao áp cố định tại khu vực kho than, sàng tuyển và 4 hệ thống phun sương chống bụi di động tại khu vực đầu đường các bãi thải (hình 1). Còn tại các tuyến đường bê tông cố định cũng được lắp đặt hệ thống này với chiều dài 1 km và trồng phi lao.

Nắng nóng kéo dài còn gây khó khăn cho người công nhân hoạt động ngoài trời, tại các công trường và các mặt bằng, vỉa khai thác lộ thiên. Hoạt động sản xuất và sàng sơ tuyển sẽ phát sinh nhiều nồng độ bụi (bụi than, đá) và tiếng ồn, với điều kiện khí hậu có độ ẩm thấp, nhiệt độ cao, lượng mưa thấp vào mùa khô sẽ làm gia tăng nguy cơ phát tán bụi ra xa hơn và tác động đến sức khỏe người lao động cao hơn đồng thời đòi hỏi chi phí đầu tư các công trình xử lý ô nhiễm bụi ở các khâu, các công đoạn phát sinh bụi, gây tốn kém cho doanh nghiệp. Từ nhiều năm trước công việc khai thác mỏ đã để lại hàng triệu m^3 than phụ phẩm tại bãi thải có chất lượng rất thấp (66,2 ÷ 73,4% độ tro), với tiêu chuẩn này thì không thể đem

bán được. Do đó, Công ty đã đầu tư 17,8 tỷ đồng để lắp đặt dây chuyền tuyển than bằng máy lắng lưới chuyển động. Dây chuyền này cho phép tận dụng than chất lượng xấu để tuyển ra sản phẩm than dùng được có độ tro 36% ÷ 42%, tiết kiệm tài nguyên, hạn chế than phụ phẩm tại các bãi thải gây tác động và nguy cơ sự cố môi trường khi có mưa lũ…



Hình 1. Công ty CP than Hà Tu lắp đặt hệ thống phun sương bảo vệ môi trường tại các tuyến đường, khu vực kho than. (Tập đoàn công nghiệp Than - Khoáng sản Việt nam, 2023)



Hình 2. Công ty CP Than Hà Tu trồng cây cải tạo phục hồi môi trường cảnh quan khai trường sản xuất (Tập đoàn công nghiệp Than - Khoáng sản Việt nam, 2023)

BĐKH và nước biển dâng làm gia tăng nguy cơ xâm nhập mặn, mực nước hạ thấp, địa hình biến đổi gây khó khăn hơn cho công tác điều tra, đánh giá trữ lượng cùng hoạt động thăm dò khai thác. Do đó, Công ty đã đầu tư xây dựng thêm các công trình, đê bao để giảm thiểu nguy cơ trượt lở, chống xâm nhập mặn. Quy trình phân tích mẫu sản phẩm đã có những điều chỉnh thích hợp do tác động của sự thay đổi khí hậu như độ ẩm tăng và nguy cơ xâm nhập mặn vào các tầng than, điều này dẫn đến chi phí sản xuất gia tăng, ảnh hưởng đáng kể đến hoạt động sản xuất, kinh doanh của doanh nghiệp.

Ngoài ra, với tác động của BĐKH, nước biển dâng, một trọng lượng lớn đất đá chất tải lên mặt đất khiến cho một số đứt gãy tại khu vực tái hoạt động, kích thích các đới dập vỡ thành đường dẫn nước làm thay đổi đặc điểm địa chất thủy văn, địa chất công trình của mỏ, gây khó khăn cho hoạt động khai thác. Do đó, Công ty phải thường xuyên quan trắc bề mặt địa hình, điều kiện địa chất, địa chất thuỷ văn để đánh giá nguy cơ mức độ hạ thấp, nguy cơ sụt lún mặt đất, khoanh vùng các khu vực hạ thấp mực nước quá mức, xác định các công trình có nguồn nước bị ô nhiễm để đưa ra các giải pháp khắc phục, xử lý kịp thời dẫn đến chi phí cũng gia tăng. Theo thống kê hàng năm, Công ty đã chi phí hơn 700 triệu đồng cho công tác quan trắc dịch động bãi thải, khảo sát điều kiện địa chất, địa chất thuỷ văn khu vực khai thác.

Trong năm 2023, Công ty tiếp tục đầu tư xây dựng một trạm rửa xe tự động; 2 trạm xử lý nước thải sinh hoạt công suất 20 ÷ 25 m^3/ngày đêm; 1 hệ thống phun sương dập bụi di động; phục hồi môi trường khu vực đã kết thúc khai thác năm 2023 và trồng cây lấy gỗ tại khu vực bãi thải đã dừng hoạt động... Toàn bộ lượng nước thải phát sinh tại moong khai thác đều được thu hồi về xử lý tại hai trạm xử lý nước thải của Công ty với tổng công suất 36.000 m^3/ngày. đêm. Nước thải sau khi xử lý xong được tận dụng lại để phục vụ sản xuất, một phần làm nước rửa đường hay phục vụ cho các hệ thống phun sương dập bụi. Trong năm 2022 và quý I/2023, Công ty cũng đã thuê Công ty TNHH MTV Môi trường TKV xử lý trên 9.300 tỷ m^3 nước thải mỏ với tổng giá trị gần 31 tỷ đồng. Ngoài ra, để quản lý nước thải, Công ty đã từng bước hiện đại hoá, đầu tư xây dựng trạm quan trắc nước thải tự động để thực hiện giám sát chất lượng môi trường nước, đánh giá được diễn biến nồng độ ô nhiễm và dự báo nguy cơ để có phương án khắc phục, xử lý kịp thời. (Công ty Cổ phần Than Hà Tu, 2023)

Để vừa đảm bảo ổn định, chống trượt bãi thải, hạn chế nguy cơ do tác động của BĐKH, vừa phục hồi lại cảnh quan môi trường cho khu vực khai thác, Công ty xây dựng kế hoạch phục hồi môi trường theo quy định của Thông tư 38/2015/TT-BTNMT, định hướng đến năm 2030 trong đó tập trung xây dựng đê, kè chống trượt và tiêu thoát nước hợp lý, trồng cây, phủ xanh đất trống bãi thải. Việc phủ xanh bề mặt bãi thải sẽ góp phần chống phát sinh bụi, hạn chế xói lở... đồng thời tạo cảnh quan và môi trường làm việc cho người lao động cũng như môi trường sinh thái cho vùng mỏ Quảng Ninh (hình 2). Công ty cũng tuân thủ thực hiện công tác quan trắc định kỳ, cụ thể là giám sát môi trường không khí tại 6 vị trí với tần suất 3 tháng/lần; giám sát môi trường nước tại 4 vị trí với tần suất giám sát 3 tháng/lần; giám sát nước mặt tại 1 vị trí với tần suất 3 tháng/lần và giám sát thường xuyên, liên tục tại trạm xử lý nước thải. Ngoài ra, Công ty còn thực hiện giám sát sạt lở, sụt lún sườn tầng và bãi thải... Hàng năm, Công ty đã đầu tư thực hiện cho các dạng công tác này với tổng kinh phí khoảng 43,3 tỷ đồng (Công ty Cổ phần Than Hà Tu, 2023). Ngoài ra, để ứng phó với các sự cố môi trường và các hiện tượng thời tiết cực đoan gia tăng trước các tác

động của BĐKH như hiện nay, Công ty đã thực hiện thường xuyên công tác huấn luyện an toàn mỏ, định kỳ, tập huấn cho công nhân và người lao động trong ứng phó các sự cố an toàn và môi trường.

4. Kết luận

BĐKH đã và đang tác động mạnh mẽ đến hoạt động sản xuất khai thác của mỏ than Hà Tu, tỉnh Quảng Ninh. Kết quả khảo sát, tổng hợp cho thấy trong những năm qua, Công ty than Hà Tu đã chịu ảnh hưởng của nhiều đợt mưa lũ, gây tổn thất nặng nề, ảnh hưởng đến sản xuất kinh doanh, đặc biệt tại trận mưa lũ lịch sử năm 2015. Nghiên cứu đã đánh giá được các tác động của BĐKH đến hoạt động khai thác than của mỏ than Hà Tu với một số tác động chính bởi mưa lũ như: gia tăng nguy cơ sạt lở bờ mỏ, moong khai thác, bãi thải; ngập úng, phá huỷ các cấu trúc địa chất gia tăng nguy cơ tai biến địa chất, phá huỷ các công trình trên bề mặt, gia tăng nguy cơ sự cố hạ thấp mực nước ngầm hoặc mất nước, phát tán ô nhiễm môi trường, tác động đến hệ sinh thái, phục hồi cảnh quan môi trường, ảnh hưởng đến sức khoẻ người lao động, gián đoạn sản xuất, gây tổn thất kinh tế. Từ đó, nghiên cứu cũng đã tổng hợp được các giải pháp quản lý và kỹ thuật của Công ty than Hà Tu đã và đang thực hiện để ứng phó với BĐKH trong đó tập trung vào cả hai hướng là thích ứng và giảm nhẹ phù hợp để đảm bảo ổn định sản xuất của Công ty, bảo vệ an toàn, môi trường và phát triển kinh tế nhanh, bền vững.

Tài liệu tham khảo

Báo Công thương, 2018. *Ngành Than chủ động ứng phó với Biến đổi khí hậu*, Hà Nội.

Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2020. *Kịch bản biến đổi khí hậu Việt Nam*. Nhà xuất bản Tài nguyên – Môi trường và Bản đồ Việt Nam, Hà Nội.

Vũ Phong Cầm, 2021. Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam: Nhiều giải pháp xử lý môi trường. *Báo Xây dựng*, Hà Nội.

Công ty Cổ phần Than Hà Tu, 2021. *Báo cáo Đánh giá tác động môi trường và phương án cải tạo, phục hồi môi trường dự án "Khai thác lộ thiên khu Bắc Bàng Danh – Công ty Cổ phần than Hà Tu"*, Quảng Ninh.

Công ty Cổ phần Than Hà Tu, 2023. *Báo cáo thường niên các năm 2018 - 2023*, Quảng Ninh.

Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam, 2020. *Báo cáo Tổng kết Công tác bảo vệ môi trường từ khi thành lập Tập đoàn đến nay và nhiệm vụ trong thời gian tới*, Hà Nội.

Tập đoàn công nghiệp than khoáng sản Việt Nam, 2023. *Công ty CP Than Hà Tu: Nỗ lực hoàn nguyên sau khai thác than*, Hà Nội.

ABSTRACT

Impact of Climate Change on Ha Tu Coal Mine and the response solutions in this area

Tran Thi Thanh Thuy

Faculty of Environment, Hanoi University of Mining and Geology

Climate change has been affecting life, socio-economy, and the exploitation of coal in the Ha Tu coal mine area. By using the data collection methods, synthesis, statistics, field surveys and community consultation, the article has assessed the impacts of climate change on the research area such as landslides due to heavy rains, river silting and destruction of some infrastructure, increased the risk of geological disasters that effected by tectonic faulting activities... In addition, the increasing temperature will be one of the factors that cause difficulties for production activities, affect the air environment, workers' health, environmental restoration, and increase the demand for use electricity and water. This matter leads to increased production costs. Climate change and the sea level rise also increase the risk of saltwater intrusion, lower groundwater levels, and changing the terrain making it more difficult to investigate, assess reserves, and exploit coal mines. The article also summarizes the solutions to respond to the impacts of climate change being implemented by Ha Tu Coal Joint Stock Company, focusing on both appropriate adaptation and mitigation to minimize risks and environmental incidents to ensure stability and sustainable socio-economic development for the locality in the direction of developing the Green - Clean industry, high technology, and environmentally friendly.

Keywords: Climate change; impact; response; coal mine; Ha Tu.

Nghiên cứu đề xuất quy hoạch không gian đô thị theo mục tiêu phát triển bền vững

Đặng Thị Ngọc Thủy*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

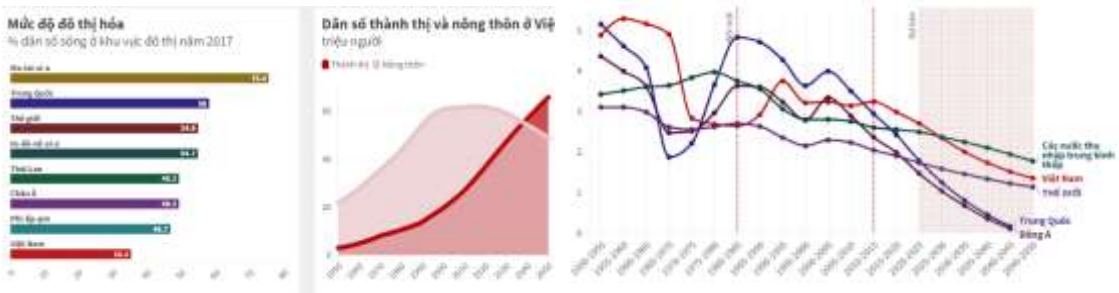
TÓM TẮT

Trong bối cảnh tăng trưởng kinh tế hiện nay, vấn đề đất đô thị và những tác động đến môi trường, không gian xanh ngày càng đóng vai trò quan trọng. Hệ sinh thái tổng hợp các tương tác giữa con người và môi trường thông qua một loạt các thành phần kết hợp của đa dạng sinh học và các yếu tố phi sinh học, liên kết các quá trình và chức năng sinh thái. Cơ sở hạ tầng xanh trong bối cảnh đô thị nhấn mạnh đến chất lượng và số lượng không gian xanh đô thị và cận đô thị cũng như các khu vực tự nhiên cần quan tâm. Với tỷ lệ đô thị hóa hiện nay ở Việt Nam hiện nay là 42 %, mục tiêu đến năm 2025 là 45% thì việc quy hoạch không gian đô thị bền vững ngay từ đầu là cần thiết. Bên cạnh đó, rà soát một số đô thị nhằm đảm bảo các yếu tố cây xanh, đất ngập nước… của đô thị đáp ứng tiêu chuẩn. Áp dụng cho quy hoạch Hà Nội phấn đấu đến năm 2025 là 85%, năm 2030 là 90%; Tỷ trọng kinh tế số trong GRDP đạt 30% năm 2025, đạt 40% năm 2030; đến năm 2025 doanh số thương mại điện tử chiếm 10% so với tổng mức bán lẻ hàng hóa và dịch vụ tiêu dùng trên địa bàn thành phố, đến năm 2030 tăng 20%; tỷ lệ đô thị hóa đến năm 2025 đạt khoảng 60-62%, đến năm 2030 đạt khoảng 65-75%; tỷ lệ đất xây dựng đô thị trên tổng diện tích đất tự nhiên đạt khoảng 30% vào năm 2025, phấn đấu đến năm 2030 đạt khoảng 33-36%.
Từ khóa: đô thị bền vững, không gian xanh, quy hoạch

1. Đặt vấn đề

Sử dụng đất đô thị là nguyên nhân chính gây ra tác động môi trường ở cả quy mô địa phương và toàn cầu. Mặc dù chỉ chiếm 2% diện tích đất sử dụng toàn cầu, nhưng khoảng một nửa dân số thế giới sống ở khu vực thành thị và hầu hết các hoạt động công nghiệp đều diễn ra tại đây [5]. Năm 2019, dân số đô thị ở Liên minh châu Âu đã chiếm 75% tổng dân số, trong khi tỷ lệ này ở Bắc Mỹ là 80% và ở châu Á là khoảng 40%. Số lượng các thành phố có ít nhất một triệu dân sẽ gần như tăng gấp đôi cho đến năm 2030: năm 2000, con số này là 371 và dự kiến sẽ tăng lên 706 vào năm 2030. Khoảng 90% sự phát triển đô thị diễn ra ở các nước đang phát triển và châu Á sẽ chiếm hơn 60% dân số đô thị trên thế giới vào năm 2050. Ngoài ra, số lượng các siêu đô thị (trên 10 triệu dân) sẽ tăng lên, đặc biệt là ở châu Á và châu Phi [6].

Tính đến đầu năm 2023, tỷ lệ đô thị hóa tại Việt Nam là 42%. Bộ Xây Dựng đặt mục tiêu năm 2025 với tối thiểu là 45%. Trong các tỉnh thành ở Việt Nam, Đà Nẵng đứng đầu cả nước với tỷ lệ đô thị hóa chiếm 87,45%. Dân số Đà Nẵng phân bố chủ yếu ở thành phố. Thành phố Hồ Chí Minh đứng thứ 3 trong danh sách này với tỷ lệ 77,77%. Đây là tỉnh thành có mật độ dân số cao nhất Việt Nam (4.375 người/km^2) và là vùng đất màu mỡ thu hút người lao động của khắp nơi trên đất nước. Thủ đô Hà Nội cũng nằm trong các tỉnh thành có tỷ lệ đô thị hóa cao là 49,05%. Chỉ tính riêng tại quận Đống Đa, mật độ dân số lên tới 42.000 người/km^2 (theo số liệu năm 2018). Càng gần trung tâm thành phố, mật độ dân số càng dày đặc hơn. Lý do bởi các công ty, xí nghiệp, trường học,... tập trung nhiều ở nội thành Hà Nội (hình 1).



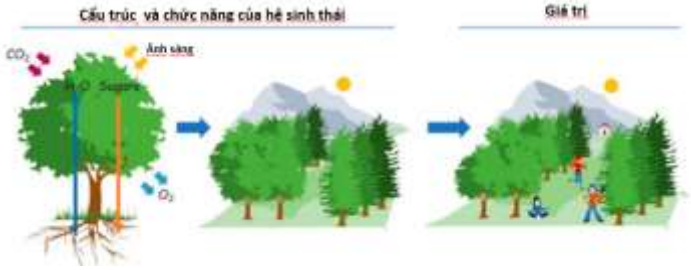
Hình 1. Mức độ đô thị hóa ở một số quốc gia trên Thế giới và Việt Nam

Với tỷ lệ đô thị hóa ngày càng tăng, trong quy hoạch đô thị, đất ngập nước là một phần quan trọng của hệ sinh thái. Đất ngập nước góp phần vào khả năng sinh sống của các thành phố thông qua việc cải thiện chất lượng nước, cô lập carbon, cung cấp môi trường sống cho các loài động vật hoang dã, giảm tác động

* *Tác giả liên hệ*
Email: dangthingocthuy@humg.edu.vn

của các đảo nhiệt đô thị và tạo ra các cơ hội giải trí. Tuy nhiên, việc duy trì đất ngập nước ở các khu vực đô thị phải đối mặt với nhiều thách thức, như giảm chức năng thủy văn, thay đổi chế độ nước do rào cản, ô nhiễm nước thải, mất môi trường sống do thay đổi mục đích sử dụng đất và mất đa dạng sinh học do sự xâm nhập của các loài ngoại lai *[2]*.

Dự kiến dân số đô thị sẽ đạt 70% tổng dân số thế giới vào năm 2050 [7]; do đó, điều này sẽ dẫn đến sự gia tăng các khu vực đô thị có khả năng làm tăng nhu cầu về tài nguyên thiên nhiên, đặc biệt là năng lượng và nước, gây ra những tác động tiêu cực đến sức khỏe con người. Do đó, cần phải xây dựng các mô hình, chiến lược và chính sách đô thị hóa có khả năng nâng cao chất lượng cuộc sống của con người ở các khu vực đô thị và giảm thiểu tác động ở cả quy mô địa phương và toàn cầu. Khái niệm về dịch vụ hệ sinh thái tổng hợp các tương tác giữa con người và môi trường liên kết các cấu trúc sinh học vật lý và chức năng sinh thái với các hàng hóa và dịch vụ hữu ích cho con người *[4] (*Hình 2).



Hình 2. Sơ đồ minh họa khái niệm dịch vụ hệ sinh thái [4] [3]

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1 Thu thập tài liệu

- Thu thập các tài liệu báo cáo trong nước tại các tạp chí liên quan đến môi trường, quy hoạch, xây dựng.

- Thu thập các bài báo nước ngoài thuộc danh mục Scopus, Web of Science và Science Direct về các công bố, nghiên cứu đã có liên quan đến quy hoạch môi trường đô thị, phát triển đô thị bền vững.

2.2. Khảo sát thực địa

Tiến hành đánh giá hiện trạng đô thị hiện nay tại Việt Nam. Đặc biệt, đánh giá hiện trạng phát triển đô thị tại Hà Nội trong những năm gần đây. Xem xét các vấn đề liên quan đến mối liên hệ giữa sức khỏe con người và thảm thực vật không được quy hoạch tốt ở các khu vực đô thị, các từ khóa khác đã được sử dụng, chẳng hạn như tác nhân gây căng thẳng về môi trường, dịch vụ hệ sinh thái, tác nhân gây căng thẳng cho thảm thực vật, tác nhân gây căng thẳng phi sinh học và chất chuyển hóa thứ cấp. Chỉ các bài báo viết bằng tiếng Anh mới được xem xét. Việc sàng lọc đầu ra được thực hiện thủ công để loại bỏ các bản sao trước tiên, sau đó bằng cách kiểm tra tóm tắt, phương pháp luận và kết luận; chỉ những đầu ra phù hợp với chủ đề của bài báo mới được chọn là đủ điều kiện.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Vai trò của các yếu tố sinh thái tạo nên đô thị bền vững

3.1.1. Không gian xanh đô thị

Không gian xanh đô thị làm giảm bề mặt hấp thụ nhiệt, tăng khả năng bảo vệ khỏi ánh nắng mặt trời, tăng cường làm mát bằng cách tạo bóng râm và thoát hơi nước (giúp làm giảm vi khí hậu trong khu vực đô thị), đại diện cho bồn chứa ô nhiễm, che tiếng ồn, lọc các chất ô nhiễm môi trường bằng cách cải thiện chất lượng không khí và tăng khả năng giữ nước tự nhiên. Do đó, các dịch vụ hệ sinh thái liên quan trực tiếp đến không gian xanh đô thị là lọc không khí (điều tiết khí; cô lập carbon), điều tiết vi khí hậu, thoát nước mưa (điều tiết nước hoặc quản lý nước mưa) và xử lý nước thải (xử lý chất thải), giảm thiểu chế độ nhiễu loạn, với sự gia tăng tính đa dạng và thành phần loài, và các giá trị văn hóa và giáo dục.

Không gian xanh đô thị cũng tác động tích cực cho du khách, tăng giá trị tài sản và làm cho các khu vực đô thị hấp dẫn hơn. Sự tương tác của con người với không gian xanh thúc đẩy sức khỏe tâm lý, cải thiện tâm trạng và sự chú ý, đồng thời giảm căng thẳng và lo lắng. Các dịch vụ khác như sản xuất lương thực và kiểm soát xói mòn có thể có giá trị thấp hơn trong bối cảnh đô thị, nhưng có thể được coi là có liên quan ở các khu vực đô thị.

Tuy nhiên, việc cung cấp các dịch vụ hệ sinh thái trong không gian đô thị công cộng là không đủ để đảm bảo chất lượng cuộc sống của con người ở các thành phố đang phát triển. Các hành động riêng tư trong không gian riêng tư cần phải có trách nhiệm xã hội; ví dụ, bằng cách phát triển các yếu tố đô thị tích

hợp đa dạng sinh học chức năng có khả năng hỗ trợ các dịch vụ hệ sinh thái để giảm tác động đến môi trường và tăng cường phúc lợi của con người. Điều quan trọng là phải áp dụng các hành động sử dụng đất đa chức năng để đảm bảo sử dụng đồng thời không gian cho các hoạt động của con người như nhà ở và sản xuất các dịch vụ hệ sinh thái như giữ nước mưa, chuyển đổi năng lượng và tạo môi trường sống, liên quan đến cả khu vực công và tư nhân.

3.1.2. Mái nhà xanh

Việc đưa thảm thực vật lên mái nhà có thể giúp tăng cường đa dạng sinh học ở các khu vực đô thị. Tuy nhiên, vì mái nhà xanh là môi trường sống được tạo ra nhân tạo với các điều kiện môi trường khác nhau liên quan đến các điều kiện tự nhiên, chẳng hạn như bức xạ và nhiệt độ cao, nên việc sử dụng thảm thực vật bản địa có thể khó áp dụng và không phải lúc nào cũng khả thi. Do đó, việc sử dụng mái nhà xanh phải bỏ qua các hành động bảo tồn đòi hỏi phải sử dụng thảm thực vật địa phương vì điều này có thể khiến chiến lược này trở nên kém hiệu quả và tốn kém. Có thể quy hoạch các loại thảm thực vật khác nhau: cây làm thuốc, cây thơm, cây ăn quả, v.v. với ý tưởng tạo ra các khu vườn đô thị rộng lớn. Đây có thể là yếu tố đặc trưng của một khu phố và là điểm thu hút. Theo quan điểm này, mái nhà xanh có thể trở thành khu vực thú vị cho các hoạt động xã hội.

Theo quan điểm này, một ví dụ quan trọng được thể hiện bằng giải pháp được giới thiệu từ Viện Kỹ thuật Xây dựng và Công nghệ Xây dựng Hàn Quốc. Viện đã phát triển một "mái nhà xanh lam" cung cấp khả năng đưa một khu vực xanh và lưu trữ nước trên mái nhà vào một giải pháp. Mái nhà được đặc trưng bởi một lớp thảm thực vật trên lớp nước. Giải pháp này có thể lưu trữ nhiều nước hơn, giảm dòng chảy và tránh các tác động của lũ quét, và có thể lưu trữ nước có thể được sử dụng cho mục đích sinh hoạt.

3.1.3. Vườn cộng đồng

Khái niệm về vườn cộng đồng đô thị thường gắn liền với hoạt động trồng trọt ở các khu vực đô thị và cận đô thị. Nó cung cấp các sản phẩm thực phẩm, cũng như các loại thảo mộc thơm và dược liệu, cây cảnh, v.v. Trong bối cảnh đô thị, nông nghiệp có thể đại diện cho một chiến lược sử dụng đất đa chức năng vì nó có thể tích hợp các hoạt động nông nghiệp với các mục đích chức năng xã hội và sinh thái. Cụ thể, các khu vườn cộng đồng đô thị góp phần vào tính bền vững sinh thái bằng cách cung cấp các hệ sinh thái nông nghiệp có thể cải thiện chất lượng đất và giảm xói mòn đất do nước mưa chảy tràn. Chúng cũng có thể tác động đến biến đổi khí hậu/vi khí hậu đô thị và kích thích tái sử dụng hiệu quả chất thải hữu cơ đô thị, do đó giảm dấu chân tài nguyên đô thị. Các lợi ích và hàng hóa xã hội và kinh tế của các khu vườn cộng đồng bao gồm tăng khả năng tiếp cận với trái cây và rau quả tươi, xây dựng mối quan hệ cộng đồng và phục hồi kinh tế cộng đồng, và tái tạo các không gian đô thị trống rỗng, bị bỏ quên hoặc bị xáo trộn. Các khu vườn cộng đồng hữu ích trong việc thúc đẩy ý thức về sức khỏe và hạnh phúc của cá nhân ở các khu vực đô thị nơi có sự cô lập xã hội và đa dạng văn hóa, thúc đẩy giao tiếp giữa các nền văn hóa.

3.1.4. Cân bằng các dịch vụ hệ sinh thái

Hệ sinh thái đô thị có thể hỗ trợ các chức năng có tác động tiêu cực đến phúc lợi của con người được gọi là các dịch vụ hệ sinh thái. Ví dụ, cây cối có thể gây ra các vấn đề như dị ứng do phấn hoa, lá cây chặn cống thoát nước mưa, rễ cây làm nứt vỉa hè, cây đổ dọc theo các đại lộ, gây thiệt hại vật chất cho mọi thứ và con người, và nỗi sợ tội phạm gia tăng của cư dân. Sự khác biệt giữa dịch vụ hệ sinh thái và dịch vụ bất lợi không phải là tuyệt đối, mà phụ thuộc rất nhiều vào sự kết hợp của các quá trình sinh thái đặc trưng cho thảm thực vật, mục đích của không gian xanh và việc áp dụng thiết kế dịch vụ hệ sinh thái. Hơn nữa, dịch vụ hệ sinh thái có thể bị ảnh hưởng bởi một số yếu tố, chẳng hạn như tuổi tác, trình độ học vấn, giá trị văn hóa, thái độ, tình trạng sức khỏe, kiến thức của người đánh giá và bối cảnh tham chiếu. Do đó, việc lựa chọn loài thực vật không xem xét bối cảnh và các bên liên quan có thể tạo ra những kết quả không mong muốn. Các yếu tố chính tác động đến thiết kế không gian đô thị nông nghiệp là: tiếp xúc với các chất ô nhiễm (loại, nồng độ, khoảng cách từ nguồn, thời gian tiếp xúc), điều kiện khí tượng, các loài thực vật có khả năng tích tụ các chất độc hại thấp và tính chất đất (Hình 3).



Hình 3. Thảm thực vật được sử dụng trong các khu vườn cộng đồng đô thị

Hơn nữa, sự tích tụ chì (Pb) quá mức trong mô thực vật ảnh hưởng nghiêm trọng đến các chức năng sinh lý và sinh hóa quan trọng, dẫn đến thay đổi quá trình hấp thụ các nguyên tố vi lượng và đóng khí khổng gây ra sự hấp thụ CO2 thiếu hụt . Các loại rau lá, củ và đậu có xu hướng tích tụ nồng độ chì cao hơn ngũ cốc và cây ăn quả như cà chua. Ví dụ, Zhou và cộng sự {Zhou, 2016 #8}đã nghiên cứu sự tích tụ kim loại nặng ở các loài rau khác nhau để đánh giá các rủi ro sức khỏe con người phát sinh từ việc tiêu thụ các loại rau này. Nồng độ kim loại nặng cao nhất được báo cáo trong các loại rau lá, nhiều hơn rau thân, rau củ, các loài họ cà và các loại đậu, trong khi loại tích tụ thấp nhất là dưa, cho thấy các loài này phù hợp hơn để trồng trên đất đô thị.

3.2. Các công cụ đánh giá đô thị bền vững

Các công cụ đánh giá đô thị bền vững được ra đời vào năm 2004, bắt đầu bằng bộ công cụ CEEQUAL của Vương quốc Anh, EcoCity của Trung Quốc…Hai năm tiếp theo, năm 2006, là CASBEE của Nhật Bản và EnviroDevelopment của Úc. Sau đps là BREEAM Communities, CASBEE, GBI Township, LEED – ND…và rất nhiều các công cụ khác được phát triển và sử dụng trên toàn cầu.

Các công cụ đánh giá tính bền vững của đô thị được xây dựng dựa trên 2 nhóm chỉ số là chỉ số định lượng và chỉ số định tính. Việc đánh giá diễn ra ở phạm vi không gian khác nhau từ một tòa nhà đến một khu ở cho đến toàn bộ một thành phố và cũng được thực hiện ở nhiều mức độ, từ vật liệu xây dựng công trình, đến năng lượng của tòa nhà, phân tích chất lượng không khí trong tòa nhà cho đến đánh giá về vị trí lựa chọn xây dựng công trình, quy hoạch, quy hoạch giao thông, phát triển cộng đồng, phúc lợi xã hội, quản trị đô thị. Ví dụ một số công cụ chỉ tập trung đánh giá môi trường của một tòa nhà như LEED, BREEAM…Nhưng cũng có một số công cụ đánh giá tính bền vững của một khu ở hoặc một khu vực của đô thị như LEED – ND của Mỹ, CASBEE-UD của Nhật Bản và BREEAM – Communities của Châu Âu, IGBC Green Townships and GRIHA-LD…các công cụ này chú trọng đến sự cân bằng trên 3 khía cạnh kinh tế - xã hội - môi trường, bao gồm hệ thống các tiêu chí đánh giá đã được phân loại thành các nhóm: Vị trí, nguồn lực, hạ tầng, giao thông, quy hoạch sử dụng đất.

Hiện nay, rất nhiều quốc gia trên thế giới xây dựng bộ công cụ làm thước đo sự phát triển bền vững của đô thị. Các công cụ này có hệ thống tiêu chí khác nhau trên cơ sở các điều kiện phù hợp với đặc điểm của các quốc gia, phần lớn vẫn sử dụng giống nhau như đánh giá về vị trí, môi trường trong nhà, năng lượng, tài nguyên, nước sạch.

3.3. Đánh giá quá trình phát triển đô thị bền vững tại Hà Nội

3.3.1. Phát triển kinh tế Hà Nội thời gian qua

Thủ đô Hà Nội thời điểm được hợp nhất (tháng 8-2008) có diện tích 3.328,89km^2 với dân số 6.230 nghìn người, gồm 29 quận, huyện, thị xã và 577 xã, phường, thị trấn. Qua 15 năm phát triển (từ 2008 - 2023), dân số ước tính đến tháng 6-2023 là 8.564,5 nghìn người (gấp 1,37 lần so với thời điểm mới hợp nhất); có 30 quận, huyện, thị xã (huyện Từ Liêm tách lập thành 2 quận Nam Từ Liêm và Bắc Từ Liêm) và 579 xã, phường, thị trấn (tăng 2 phường).

Trong những năm qua, kinh tế đô thị tại Thủ đô đã được quan tâm, cơ cấu ngành kinh tế đã chuyển dịch đúng hướng, giảm tỷ trọng ngành công nghiệp - xây dựng và tăng tỷ trọng các ngành dịch vụ, thương mại, du lịch. Các hoạt động kinh tế tại khu vực đô thị có nhiều kết quả tích cực. Hạ tầng thương mại được chú trọng xây dựng, các hình thức thanh toán trên nền tảng công nghệ hiện đại, thương mại điện tử phát triển mạnh; du lịch dần trở thành ngành kinh tế mũi nhọn. Các loại thị trường: bất động sản, chứng khoán, khoa học - công nghệ dần phát triển theo hướng hiện đại, đồng bộ và hội nhập.

Tuy nhiên, các nguồn lực như đất đai, tài chính, lao động, hạ tầng kỹ thuật và hạ tầng xã hội... trong khu vực đô thị chưa được huy động và khai thác đồng bộ, có hiệu quả cho phát triển kinh tế đô thị; vẫn còn nhiều dư địa và nhiều cơ hội phát triển lớn trong thời gian tới.

Bên cạnh đó, tăng trưởng kinh tế đô thị chưa thực sự bền vững, thể hiện ở tốc độ tăng trưởng kinh tế không đều qua các năm. Tốc độ tăng giá trị tăng thêm ngành dịch vụ ở nhiều quận còn thấp hơn ngành công nghiệp - xây dựng; các ngành dịch vụ, công nghiệp có giá trị gia tăng cao đóng góp vào tăng trưởng còn thấp. Chuyển dịch cơ cấu kinh tế đô thị còn chậm. Một số chỉ tiêu về hạ tầng đô thị, như nhà ở, giao thông đô thị, diện tích công viên trên đầu người của Hà Nội ở mức thấp so với các nước trong khu vực và thế giới. Hệ thống vận tải hành khách công cộng phát triển chậm, chưa đáp ứng nhu cầu đi lại của người dân đô thị; hạ tầng đô thị bị quá tải gây nên các hiện tượng tắc nghẽn giao thông, úng ngập và vệ sinh môi trường đô thị. Hạ tầng thương mại khu vực đô thị tồn tại nhiều bất cập, khó khăn.

Ngoài ra, việc phát triển đô thị và đô thị hóa thời gian qua chưa thể hiện rõ bản sắc của từng địa phương, chưa đạt kết quả cao về cấu trúc chùm đô thị; chưa phát huy tối đa các yếu tố tác động đến tăng trưởng kinh tế đô thị như tiềm năng, lợi thế về quy mô kinh tế, vị trí địa lý, văn hóa - xã hội đặc sắc.

Thêm vào đó, ô nhiễm môi trường ngày càng tăng, đặc biệt là tình trạng ô nhiễm không khí luôn ở mức báo động. Nhiều chỉ số ô nhiễm vượt quy chuẩn cho phép, nhất là tại các công trình xây dựng, mức độ ô nhiễm không khí cao gấp 5-6 lần quy chuẩn cho phép. Hoạt động giao thông của hai loại phương tiện ô tô và xe máy cũng chiếm 70% nguyên nhân gây ra ô nhiễm không khí tại Hà Nội.

3.3.2. Định hướng và một số giải pháp

Thủ đô tiếp tục tăng trưởng kinh tế; thực trạng ngành thương mại - dịch vụ; các mô hình kinh tế mới; ngành công nghiệp - xây dựng và nông nghiệp đô thị, qua đó, xác định các nhiệm vụ, giải pháp phát triển kinh tế đô thị thành phố đến năm 2025, định hướng đến năm 2030. Phấn đấu phát triển kinh tế đô thị thành phố Hà Nội theo hướng nhanh, hiệu quả, bền vững; đưa Hà Nội đến năm 2030 trở thành trung tâm, động lực thúc đẩy phát triển vùng đồng bằng sông Hồng, vùng kinh tế trọng điểm Bắc bộ và cả nước; hội nhập quốc tế sâu rộng, có sức cạnh tranh cao với khu vực và thế giới, phát triển ngang tầm thủ đô các nước phát triển trong khu vực.

Chỉ tiêu cụ thể được đề ra trong giai đoạn này là: Kinh tế khu vực đô thị đóng góp chủ yếu vào GRDP toàn thành phố đến năm 2025 là 85%, năm 2030 là 90%; Tỷ trọng kinh tế số trong GRDP đạt 30% năm 2025, đạt 40% năm 2030; Phấn đấu đến năm 2025, doanh số thương mại điện tử chiếm 10% so với tổng mức bán lẻ hàng hóa và dịch vụ tiêu dùng trên địa bàn thành phố, đến năm 2030 tăng 20%. Tốc độ tăng trung bình hằng năm so với năm trước khoảng 20%; giá trị gia tăng dịch vụ lưu trú và ăn uống tăng khoảng 15 - 20%; giá trị gia tăng ngành giáo dục, đào tạo tăng 20 - 25%; giá trị gia tăng dịch vụ y tế tăng 25 - 30%; giá trị gia tăng dịch vụ nghệ thuật, vui chơi, giải trí tăng khoảng từ 20 - 25%.

Để phát huy tối đa tiềm năng của kinh tế đô thị, giúp bứt tốc kinh tế Thủ đô theo các mục tiêu đề ra, thành phố Hà Nội đề ra nhiều giải pháp cụ thể trong đề án. Trong đó, thành phố đặt ra yêu cầu quy hoạch khu vực phát triển đô thị với các không gian phát triển kinh tế đô thị quy mô, đặc sắc, vượt trội, đáp ứng được yêu cầu là động lực chính giúp Để mở rộng không gian kinh doanh thương mại - dịch vụ phục vụ phát triển thương mại sẽ nghiên cứu, quy hoạch phát triển diện tích kinh doanh thương mại tại khu vực được quy hoạch không gian xây dựng ngầm đô thị, tổ chức các siêu thị, cửa hàng tiện ích để phục vụ dân cư trong vùng, thu hút khách du lịch, góp phần phát triển công nghiệp văn hóa. Gia tăng diện tích thương mại trong khu vực nội đô cả về không gian, mặt đất và không gian ngầm. Tiếp tục phát triển các diện tích thương mại, khu mua sắm, cửa hàng tiện ích trong các tòa nhà cao tầng; các không gian công cộng phía trên mặt đất.

Thiết kế không gian xanh phù hợp, tạo ra chất lượng không gian xanh tốt và nâng cao khả năng cung cấp dịch vụ như khu ecopark (hình 4).



Hình 4. Hình ảnh không gian xanh khu Ecopark (bản đồ nền từ Google Earth)

Bên cạnh đó, mở rộng không gian kinh doanh thương mại khi phát triển mới các khu vực đô thị của thành phố. Đối với các khu vực định hướng phát triển mô hình thành phố trực thuộc Thủ đô (vùng Đông Anh, Mê Linh, Sóc Sơn, Hòa Lạc và Xuân Mai), ưu tiên hình thành các trung tâm bán buôn, trung tâm mua sắm Outlet cho khách du lịch, trung tâm thương mại vùng, khu dịch vụ logistics, khu tổng kho tập trung,…

Đối với khu vực phát triển đô thị thông minh hai bên trục Nhật Tân - Nội Bài, ưu tiên hình thành các trung tâm thương mại vùng, trung tâm đại diện thương mại, khu dịch vụ logistics, khu tổng kho tập trung. Đối với khu dân cư hai bên bờ sông Hồng và sông Đuống, hình thành các trung tâm mua sắm, khu tổng kho tập trung… Hai bên Vành đai 4, hình thành các trung tâm thương mại, siêu thị, cửa hàng tiện lợi, chợ dân sinh tại các đô thị.

4. Kết luận

Quy hoạch đô thị bền vững là một trong những nội dung, chiến lược quan trọng cho quá trình phát triển kinh tế hiện nay. Trong bối cảnh tăng trưởng kinh tế hiện nay, vấn đề đất đô thị và những tác động

đến môi trường, không gian xanh ngày càng đóng vai trò quan trọng. Hệ sinh thái tổng hợp các tương tác giữa con người và môi trường thông qua một loạt các thành phần kết hợp của đa dạng sinh học và các yếu tố phi sinh học, liên kết các quá trình và chức năng sinh thái. Áp dụng cho quy hoạch Hà Nội phấn đấu đến năm 2025 là 85%, năm 2030 là 90%; Tỷ trọng kinh tế số trong GRDP đạt 30% năm 2025, đạt 40% năm 2030; đến năm 2025 doanh số thương mại điện tử chiếm 10% so với tổng mức bán lẻ hàng hóa và dịch vụ tiêu dùng trên địa bàn thành phố, đến năm 2030 tăng 20%; tỷ lệ đô thị hóa đến năm 2025 đạt khoảng 60-62%, đến năm 2030 đạt khoảng 65-75%; tỷ lệ đất xây dựng đô thị trên tổng diện tích đất tự nhiên đạt khoảng 30% vào năm 2025, phấn đấu đến năm 2030 đạt khoảng 33-36%. Hơn nữa, việc tích hợp và thúc đẩy không gian riêng tư rất quan trọng để khuếch đại những lợi ích mà các giải pháp này có thể mang lại cho các hệ thống đô thị vì nhiều giải pháp nhỏ kết hợp lại với nhau và được thêm vào những giải pháp được thực hiện ở không gian công cộng có thể có tác dụng toàn diện trong việc giảm thiểu tác động đô thị.

Tài liệu tham khảo

Mai N. T. T., T. Q. Thái and N. X. Nghĩa, 2018. "Phương pháp tiếp cận dự báo theo kịch bản trong quy hoạch giao thông đô thị bền vững", *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng -ĐHXDHN.* 12(2), pp. 74-79.

Alikhani S., P. Nummi and A. Ojala, 2021. "Urban wetlands: A review on ecological and cultural values", *Water.* 13(22), p. 3301.

De Groot R., L. Brander, S. Van Der Ploeg, R. Costanza, F. Bernard, L. Braat, M. Christie, N. Crossman, A. Ghermandi and L. Hein, 2012. "Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units", *Ecosystem services.* 1(1), pp. 50-61.

De Groot R., B. Fisher, M. Christie, J. Aronson, L. Braat, J. Gowdy, R. Haines-Young, E. Maltby, A. Neuville and S. Polasky, 2012. "*Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation"*, *The economics of ecosystems and biodiversity: Ecological and economic foundations*: pp. 9-40.

Semeraro T., A. Pomes, C. Del Giudice, D. Negro and R. Aretano, 2018. "Planning ground based utility scale solar energy as green infrastructure to enhance ecosystem services", *Energy Policy.* 117, pp. 218-227.

Suzuki H., A. Dastur, S. Moffatt, N. Yabuki and H. Maruyama, 2010. *Eco2 Cities: Ecological cities as economic cities*, World Bank Publications.

United Nations. The World´s Cities in 2018. Available online: **https://www.un.org/en/events/citiesday/assets/pdf/the_worlds_cities_in_2018_data_booklet.pdf**

ABSTRACT

Research and propose urban spatial planning according to sustainable development goals

Dang Thi Ngoc Thuy

Hanoi University of Mining and Geology

On the context of current economic growth, the issue of urban land and its impact on the environment and green space plays an increasingly important role. Ecosystems synthesize the interactions between humans and the environment through a series of combined components of biodiversity and abiotic factors, linking ecological processes and functions. Green infrastructure in an urban context emphasizes the quality and quantity of urban and sub-urban green spaces and natural areas of concern. With the current urbanization rate in Vietnam currently at 42%, the target by 2025 is 45%, sustainable urban space planning from the beginning is necessary. In addition, review a number of urban areas to ensure that the urban greenery, wetlands... elements meet standards. Applying to Hanoi planning, striving to reach 85% by 2025, 90% by 2030; The proportion of digital economy in GRDP reaches 30% in 2025, reaching 40% in 2030; By 2025, e-commerce sales will account for 10% of the total retail sales of consumer goods and services in the city, and by 2030 it will increase by 20%; The urbanization rate by 2025 will reach about 60-62%, by 2030 it will reach about 65-75%; The ratio of urban construction land to total natural land area will reach about 30% by 2025, striving to reach about 33-36% by 2030.

Keywords: sustainable urban, green space, planning

TIỂU BAN
CÔNG NGHỆ MỚI
TRONG XỬ LÝ MÔI TRƯỜNG

MỤC LỤC

Bàn về khả năng khai thác nước dưới đất của nhà máy cấp nước khu công nghiệp Sa Đéc tỉnh Đồng Tháp
Đỗ Văn Bình, Trần Thị Thanh Thuỷ, Dương Thị Thanh Xuyến 732

Đánh giá sự phân bố vi nhựa trong trầm tích tại cửa sông Cái (Khánh Hòa)
Tạ Lê Đăng Khôi, Nguyễn Thị Thanh Hoài, Lê Hùng Phú, Trần Anh Quân, Hoàng Văn Lương, Vu Ngoc Toan, Trần Thị Thu Hương 737

Đánh giá tính hợp lý của các giếng khai thác nước dưới đất tại trạm cấp nước Dương Nội, Hà Đông
Đỗ Văn Bình, Dương Thị Thanh Xuyến, Đỗ Thị Hải, Trần Thị Kim Hà 743

Kết quả khảo sát hoạt độ phóng xạ trong nước biển khu vực Hải Phòng - Quảng Ninh
Nguyễn Văn Dũng, Nguyễn Thị Thu Trang, Lê Anh Thơ, Bùi Chí Tiến 749

Đánh giá chất lượng môi trường đất và nước tại một số làng nghề chế tác kim loại và cơ kim khí
Nguyễn Mai Hoa 754

Đánh giá lan truyền bụi từ trạm nghiền xi măng Norcem Yên Bình, Lai Châu sử dụng ứng dụng mô hình METI-LIS
Trần Anh Quân, Phạm Đức Bình 760

Tối ưu hóa quá trình hòa tách bộ phận nam châm trong ổ cứng đã qua sử dụng để thu hồi kim loại đất hiếm
Phạm Khánh Huy 767

Nghiên cứu hiệu quả dự báo chất lượng nước mặt bằng các mô hình học máy: ứng dụng tại sông Ba Chẽ, tỉnh Quảng Ninh
Nguyễn Thị Hồng, Nguyễn Thị Thu Huyền, Đào Trung Thành 773

Nghiên cứu vai trò của chủng nấm Curvularia lunata trong kích thích sinh trưởng và xử lý ô nhiễm môi trường
Vũ Thị Lan Anh, Nguyễn Thị Hồng, Trần Thị Ngọc, Nguyễn Phương Đông, Nguyễn Thị Nhạn 779

Ảnh hưởng của bộ rễ thực vật đến việc loại bỏ hợp chất 4-Nitrophenon trong nước
Nguyễn Hoàng Nam, Nguyễn Hoàng Nam Anh, Nguyễn Mạnh Hà, Phạm Việt Đức 784

Nghiên cứu đánh giá vai trò của chủng vi nấm *Trichoderma harzianum*
Vũ Thị Lan Anh, Nguyễn Văn Dũng, Nguyễn Thị Nhạn 790

Hiệu quả xử lý Benzen, Methyl-*tert*- butylether trong nước ngầm của hệ thống constructed wetland dòng chảy ngang dưới bề mặt
Nguyễn Hoàng Nam, Nguyễn Hoàng Nam Anh, Nguyễn Viết Hùng, Phạm Việt Đức 796

Chuyển đổi số với ngành công nghiệp môi trường ứng dụng với các doanh nghiệp khai khoáng ở Việt Nam
Nguyễn Ngọc Bảo, Nông Việt Hùng, Dương Phi Hùng, Nguyễn Thị Thu Hương, Nông Việt Trung, Nguyễn Hồng Thái, Ngô Thái Vinh, Dương Mai Yến 803

Nghiên cứu công nghệ phân tách, thu hồi bụi than, sắt và khoáng silica từ tro bay nhà máy nhiệt điện hướng đến sản xuất nguyên liệu công nghiệp theo mô hình kinh tế tuần hoàn
Nông Việt Hùng, Nguyễn Ngọc Bảo, Dương Phi Hùng, Nguyễn Thị Thu Hương, Nông Việt Trung, Vũ Mạnh Anh, Nguyễn Ngọc Trực, Ngô Thái Vinh, Dương Mai Yến 807

Đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải và sức chịu tải của sông Ngũ Huyện Khê thuộc địa bàn tỉnh Bắc Ninh
Nguyễn Thị Hoà 812

Bàn về khả năng khai thác nước dưới đất của nhà máy cấp nước khu công nghiệp Sa Đéc tỉnh Đồng Tháp

Đỗ Văn Bình[1*], Trần Thị Thanh Thuỷ[1], Dương Thị Thanh Xuyến[2]

[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Cục kiểm soát ô nhiễm môi trường, Bộ Tài nguyên và Môi trường*

TÓM TẮT

Nhà máy cấp nước khu công nghiệp Sa Đéc, tỉnh Đồng Tháp được Bộ Tài nguyên và Môi trường cấp phép khai thác với lưu lượng 4.500 m^3/ngày.đêm tại 3 giếng khoan G1, G2 và G3. Trong các văn bản liên quan đến hoạt động khai thác nước của nhà máy cho thấy các giếng của nhà máy đều khai thác nước trong tầng chứa nước Pliocen trên (n_2^1). Dựa vào kết quả nghiên cứu, tổng hợp tài liệu, tác giả bài báo thấy rằng các giếng khai thác đó đang được khai thác nước trong tầng chứa nước nằm dưới sâu hơn thuộc tầng chứa nước Miocen trên (n_1^3). Lượng nước khai thác hàng ngày của nhà máy cấp nước trong mấy năm gần đây chỉ đạt khoảng 31% nhưng mực nước động trong các giếng đã xấp xỉ và vượt mực nước động cho phép. Vì vậy, để bảo đảm mực nước động trong các giếng không xuống quá sâu, vi phạm quy định cho phép và bảo vệ môi trường, trong tương lai gần cũng như hiện tại, nhà máy cấp nước chỉ nên khai thác với lưu lượng nhỏ hơn lưu lượng đã được cấp phép.

Từ khóa: nước dưới đất; Sa Đéc; khai thác; tầng chứa nước Miocen.

1. Đặt vấn đề

Nhà máy cấp nước khu công nghiệp Sa Đéc nằm trong phạm vi phường Tân Quy Đông, thành phố Sa Đéc, tỉnh Đồng Tháp, đã bắt đầu khai thác nước từ năm 2008. Nhà máy có 3 giếng khai thác nước dưới đất ký hiệu G1, G2 và G3 đang lấy nước trong tầng chứa nước Miocen trên (n_1^3). với lưu lượng được cấp phép là 4.500 m^3/ngày.đêm. Trong quá trình khai thác từ 2008 đến nay chất lượng nước nhìn chung ổn định và đạt yêu cầu theo quy chuẩn nước ngầm (QCVN 09:2023/BTNMT). Sơ đồ các giếng khu vực khai thác được thể hiện ở Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ vị trí các giếng khai thác nước dưới đất KCN Sa Đéc, Đồng Tháp.

* *Tác giả liên hệ*
Email: dovanbinh@humg.edu.vn

Đến nay, hiệu lực giấy phép số 92/GP-BTNMT về việc khai thác, sử dụng nước dưới đất của Nhà máy cấp nước khu công nghiệp Sa Đéc sắp hết hạn nên đơn vị chủ quản tiếp tục thực hiện các thủ tục xin cấp lại giấy phép đảm bảo theo quy định của pháp luật. Hồ sơ pháp lý, kỹ thuật đã được Nhà máy hoàn thành để xin cấp lại giấy phép khai thác nước. Với việc phân tích chuyên môn, bằng số liệu của nhà máy, chúng tôi thấy rằng cần có những xem xét, điều chỉnh các thông tin để việc khai thác nước trong giai đoạn tiếp theo của Nhà máy phù hợp với thực tiễn và đảm bảo yêu cầu quy định hiện hành.

2. Phương pháp nghiên cứu

Để có được những thông tin, kết quả nghiên cứu, các tác giả đã sử dụng các phương pháp nghiên cứu cơ bản sau:

2.1. Phương pháp thu thập tài liệu

Tác giả đã tiến hành thu thập, thống kê các tài liệu về địa chất, địa chất thuỷ văn, hiện trạng khai thác nước của khu vực, kết quả phân tích mẫu nước trong nhiều năm, kết quả đo mực nước động, mực nước tĩnh trong các giếng từ năm 2019 đến 2024.

2.2. Phương pháp phân tích

Thực hiện thống kê, phân tích các tài liệu thu thập được, đánh giá chuyên môn về tính hệ thống và xác thực của các thông tin.

2.3. Phương pháp so sánh

Từ kết quả đánh giá, phân tích, tác giả tiến hành so sánh với các tiêu chuẩn, quy chuẩn, thông tin kỹ thuật để đưa ra những nhận định và đề xuất nhằm đưa ra những thông tin phục vụ khai thác hợp lý và đảm bảo yêu cầu quy định.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Lưu lượng khai thác nước tại các giếng khai thác khá nhỏ so với lưu lượng được cấp phép

Các số liệu lưu giữ, thống kê của nhà máy cấp nước Sa Đéc cho thấy các giếng đã được khai thác từ lâu (năm 2008). Chuỗi số liệu khai thác từ năm 2019 đến năm 2023 cho thấy lưu lượng nước khai thác thực tế khá nhỏ, chỉ đạt xấp xỉ từ 21% đến 32% lưu lượng được cấp phép. Cụ thể, năm 2019 lưu lượng khai thác trung bình 1.074 m^3/ngày đêm, đạt 23,87%; năm 2020 khai thác 980 m^3/ngày đêm, đạt 21,78%; năm 2021 khai thác trung bình 1.085 m^3/ngày đêm, đạt 24,1%; năm 2022 khai thác trung bình 1.423 m^3/ngày đêm, đạt 31,62%; năm 2023 khai thác trung bình 1.261 m^3/ngày đêm, đạt 28,02% và từ tháng 1/2024 đến tháng 5/2024, lưu lượng khai thác trung bình 1.195 m^3/ngày đêm, đạt 26,56%.

Do lưu lượng khai thác thực tế chỉ mới đạt từ 21,78 đến 31,62%, chưa đạt đến 1/3 lưu lượng được cấp phép, nguyên nhân một phần là do nhu cầu sử dụng nước của khu vực chưa cao so với tính toán nhu cầu xin cấp phép trước đây, một phần là khả năng khai thác của các giếng chưa đạt yêu cầu về công suất. Với góc nhìn chuyên môn về tài nguyên nước, nhóm nghiên cứu thấy rằng khả năng khai thác nước của 3 giếng khoan khó đạt được lưu lượng 4.500 m^3/ngày đêm mà không ảnh hưởng đến các vấn đề của tầng chứa nước trong tương lai.

3.2. Vấn đề mực nước động ở các giếng khai thác xuống khá sâu

Mặc dù lượng nước khai thác của hệ thống 3 giếng mới chỉ đạt chưa đến 1/3 lưu lượng được cấp phép nhưng mực nước động ở các giếng đã xuống khá sâu. Mực nước động tại giếng G1 năm 2019 từ 24,5 m đến 29,0 m; năm 2020 từ 22,5 m đến 31,5 m, năm 2021 từ 24,0 m đến 26,0 m; năm 2022 từ 24,6 m đến 25 m; năm 2023 từ 24,7 m đến 25,0 m. Với các giếng G2 và G3 mực nước cũng xuống sâu tương tự (Bảng 1). Mực nước nêu trên là mực nước tính theo tháng nên nếu tính theo ngày thì thực tế có những thời điểm mực nước động còn xuống sâu hơn nữa, vượt quá quy định cho phép là 25 m. Do vậy nếu khai thác với lưu lượng như giấy phép số 92/GP- BTNMT đã cấp (4.500 m^3/ngày đêm) thì mực nước động chắc chắn còn xuống sâu hơn nữa. Điều đó sẽ vi phạm giấy phép được cấp và có thể nảy sinh những vấn đề môi trường mới ở bãi giếng như sụt lún mặt đất, cạn kiệt tầng chứa nước và xâm nhập mặn,…

Hơn nữa, theo tài liệu tổng hợp cho thấy nước khai thác trong các giếng khai thác G1; G2 và G3 từ tháng 1/2019 đến 5/2024 chỉ khai thác với thời gian 10÷12 h/ngày. Với việc khai thác 12 h/ngày và khai thác luân phiên (giếng này khai thác thì giếng khác ngừng để nước hồi phục lại) mà mực nước động trong các giếng khai thác vẫn xuống khá sâu (lớn hơn 25 m, vượt quy định của giấy phép) thì việc tiếp tục khai thác nước trong 3 giếng một cách đồng thời với chế độ 24h/24h và lưu lượng bằng 4.500 m^3/ngày sẽ không đảm bảo, khi đó mực nước động ở các giếng sẽ vượt quá mực nước động cho phép (25 m). Điều đó chứng tỏ việc khai thác nước tại 3 giếng nêu trên là chưa phù hợp với công suất lớn (4.500 m^3/ngày).

Bảng 1. Tổng hợp mực nước động lớn nhất trong các giếng khai thác của nhà máy cấp nước Sa Đéc.

TT	Thời gian	Mực nước động lớn nhất (m)			Mực nước động cho phép (m)
		Giếng G1	Giếng G2	Giếng G3	Giấy phép 92/GP-BTNMT
1	2019	29,0	29,0	19,5	25
2	2020	31,5	29,5	18,0	25
3	2021	26,0	25,5	17,5	25
4	2022	25,0	26,1	23,0	25
5	2023	25,0	25,8	22,9	25
6	2024	24,8	27,9	22,9	25

3.3. Vấn đề môi trường liên quan đến hoạt động khai thác nước

Khi khai thác nước dưới đất mà mực nước động trong các giếng xuống sâu có thể sẽ dẫn đến các vấn đề môi trường như sụt lún mặt đất, cạn kiệt tầng chứa nước, xâm nhập mặn và ô nhiễm nước. Vì vậy, việc nghiên cứu và có những đánh giá về phạm vi ảnh hưởng của hệ thống các giếng là cần thiết. Từ các tài liệu hút nước thí nghiệm ở các giếng nêu trên có thể xác định được vùng ảnh hưởng đó. Phạm vi ảnh hưởng của hệ thống có thể tính toán theo phương pháp thuỷ động lực đối với tầng chứa nước có áp lực, có thấm xuyên và theo phương pháp giếng lớn.

Kết quả tính toán vùng diện tích ảnh hưởng cho kết quả diện tích vùng hạ thấp mực nước 0,5 m do hệ thống công trình khai thác gây ra ($S_{ht0,5}$) là đường tròn với tâm là tâm giếng lớn, bán kính ảnh hưởng tính toán đạt được r = 3.958 m. Như vậy, khi khai thác nước ở 3 giếng G1, G2 và G3 với công suất 4.500 m^3/ngày đêm sẽ tạo ra một vùng ảnh hưởng với diện tích của đường tròn bán kính 3.958m. Tâm giếng lớn xác định như sau:

$$Xgl = \frac{X1Q1 + X2Q2 + X3Q3}{Q} \qquad Ygl = \frac{Y1Q1+Y2Q2+Y3Q3}{Q}$$

Với: (X1, Y1), (X2, Y2) và (X3, Y3) là toạ độ các giếng G1, G2 và G2. Từ toạ độ các giếng đã có xác định được toạ độ tâm giếng lớn là Xgl: 582975 và Ygl: 114370.

Q1, Q2, Q3 là lưu lượng khai thác tại các giếng G1, G2, G3 và Q = Q1+Q2+Q3

3.4. Một số ý kiến đề xuất

Thực trạng khai thác nước dưới đất của hệ thống cấp nước của nhà máy cho thấy, từ năm 2019 đến nay lưu lượng của cả hệ thống (gồm 3 giếng) luôn nhỏ hơn 4.500 m^3/ngày. Nhiều thời gian lưu lượng chỉ đạt xấp xỉ 21÷31% lưu lượng được cấp phép tuy nhiên thực tế mực nước động đã xuống sâu hơn mực nước cho phép (Uỷ ban nhân dân tỉnh Đồng Tháp, 2020). Do vậy cần xem xét lại nhu cầu xin cấp phép và tính toán khả năng khai thác cụ thể của từng giếng cũng như cả hệ thống 3 giếng để xin cấp lại giấy phép khai thác cho phù hợp. Theo đánh giá của nhóm nghiên cứu hệ thống khó đáp ứng được lưu lượng 4.500 m^3/ngày như lâu nay được cấp phép.

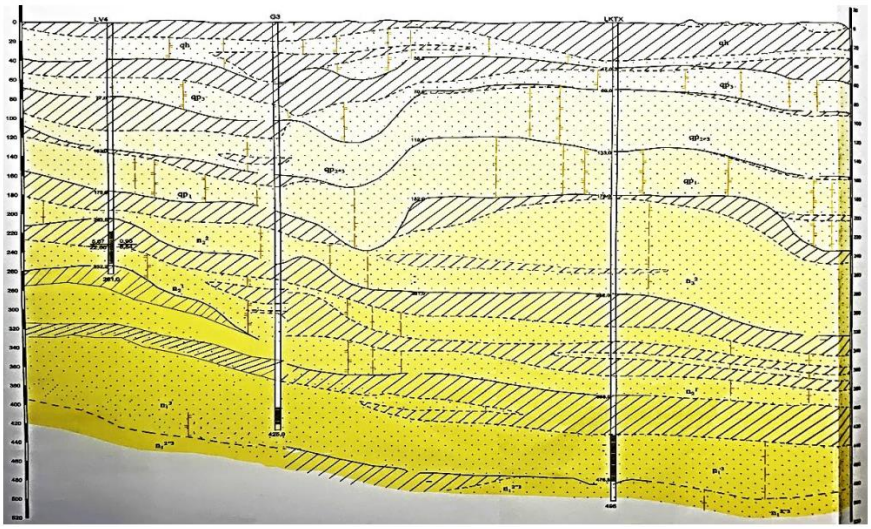
Về đặc trưng chất lượng nước dưới đất, từ những kết quả phân tích mẫu nước định kỳ nhiều năm cho thấy chất lượng nước dưới đất ở các giếng ổn định về thành phần và đạt chất lượng theo QCVN 09:2023/BTNMT, nước sau xử lý đạt chất lượng cho sinh hoạt theo QCVN1-1:2018/BYT (Công ty cổ phần đầu tư BFIW, 2024).

Ngoài ra, theo giấy phép khai thác số 92/GP-BTNMT thì các giếng G1, G2 và G3 đang khai thác nước dưới đất trong tầng chứa nước Pliocen dưới (n_2^1). Tuy nhiên bằng việc phân tích địa tầng khu vực, chiều sâu và vị trí đặt ống lọc của các giếng, chúng tôi cho rằng các giếng G1, G2 và G3 thực chất đang khai thác nước trong tầng chứa nước Miocen trên (n_1^3), nằm phía dưới tầng Pliocen dưới n_2^1. Lý do là tầng n_2^1 chỉ phân bố từ chiều sâu 250÷336 m còn tầng chứa nước Miocen trên (n_1^3) có chiều sâu phân bố từ 370÷460 m. Trong khi đó chiều sâu của 3 giếng khai thác G1, G2 và G3 là 425 m và phần ống lọc, bộ phận quan trọng nhất của các giếng nằm ở độ sâu từ 399÷420 m, thuộc tầng n_1^3. Mặt khác theo thành phần địa tầng thì các thành tạo n_2^1 có thành phần cát hạt mịn, đến cát hạt thô trong khi thành phần của thành tạo n_1^3 là cát hạt trung, thô đến sạn. Điều đó cho thấy tầng chứa nước đang khai thác nước của các giếng G1, G2 và G3 là thuộc tầng chứa nước Miocen trên (n_1^3).

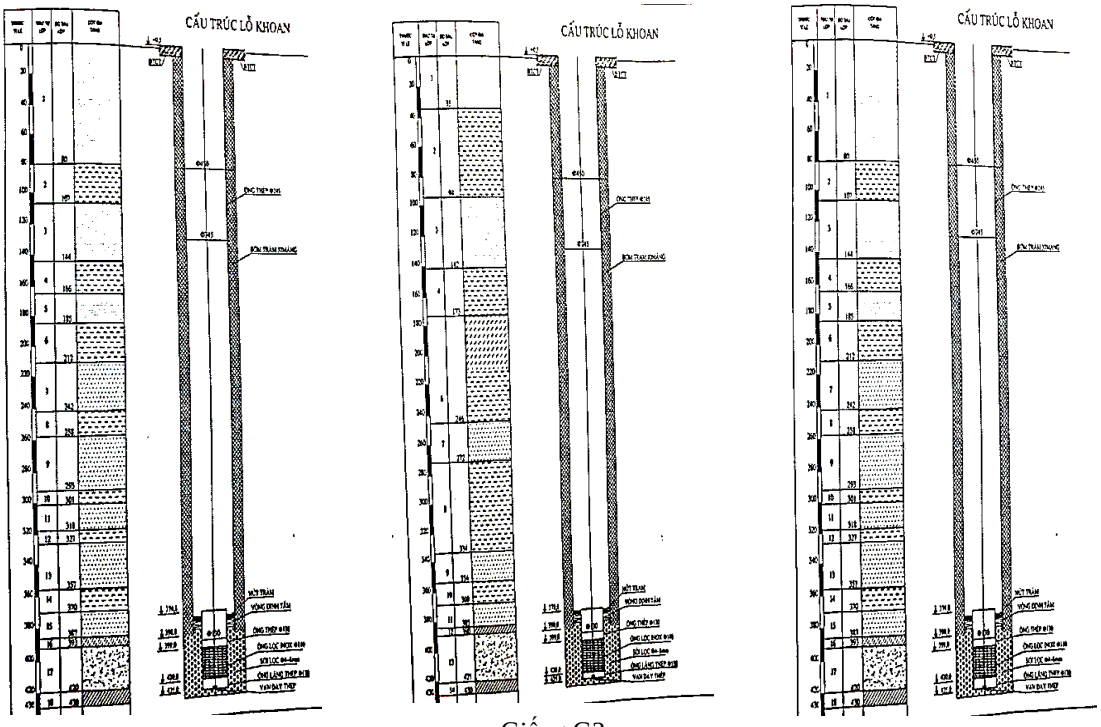
Bảng 2. Chiều sâu phân bố của tầng chứa nước Pliocen dưới (n_2^1).

TT	Tên lỗ khoan (giếng khoan)	Chiều sâu lỗ khoan (m)	Chiều sâu mái tầng chứa nước n_2^1 (m)	Chiều sâu đáy tầng chứa nước n_2^1 (m)	Chiều dày tầng chứa nước n_2^1 (m)
1	G1	430	270,5	336,4	65,9
2	G2	430	270,0	335,7	65,7
3	G3	430	271,3	336,0	64,7
4	QT1	400	258	312	54
5	QT2	400	258,5	311,4	52,9

Chiều sâu phân bố và thành phần thạch học của tầng chứa nước thể hiện ở mặt cắt địa chất thuỷ văn (Hình 2) và thiết đồ các giếng khoan khai thác G1, G2 và G3 của nhà máy được thể hiện ở Hình 3.



Hình 2. Mặt cắt địa chất thuỷ văn khu vực các giếng khai thác nước KCN Sa Đéc, Đồng Tháp (Cục Quản lý tài nguyên nước, 2004).



Giếng G1 Giếng G2 Giếng G3

Hình 3. Thiết đồ và kết cấu các giếng khai thác G1, G2 và G3 (Cục Quản lý tài nguyên nước, 1996).

Bảng 3. Chiều sâu phân bố của tầng chứa nước Miocen trên (n_1^3).

TT	Tên lỗ khoan (giếng khoan)	Chiều sâu lỗ khoan (m)	Chiều sâu mái tầng chứa nước n_2^1 (m)	Chiều sâu đáy tầng chứa nước n_2^1 (m)	Chiều dày tầng chứa nước n_2^1 (m)
1	G1	430	370,5	423,6	53,1
2	G2	430	370,0	423,0	53,0
3	G3	430	371,3	423,5	52,2
4	QT1	400	375,0	395,0	20,0
5	QT2	400	372,9	396,0	23,1

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu, tổng hợp, phân tích tài liệu đã làm rõ thông tin nhà máy cấp nước khu công nghiệp Sa Đéc, phường Tân Quy Đông thành phố Sa Đéc, tỉnh Đồng Tháp có 3 giếng khai thác G1, G2 và G3. Kết quả nghiên cứu tổng hợp cho thấy nhà máy đang khai thác nước trong tầng chứa nước Miocen trên (n_1^3) chứ không phải khai thác trong tầng chứa nước Pliocen dưới (n_2^1) như lâu nay vẫn nêu trong các văn bản.

Việc khai thác nước của nhà máy trong những năm gần đây mới chỉ đạt khoảng 21÷31% lưu lượng nước được cấp phép khai thác là 4.500 m^3/ngày.đêm tại Giấy phép số 92/GP-BTNMT ngày 15/4/2022 (Sở Tài nguyên và môi trường tỉnh Đồng Tháp, 2022) mà mực nước động thực tế trong các giếng đã xuống khá sâu xấp xỉ, thậm chí vượt quy định mực nước động cho phép là 25 m. Vì vậy với 3 giếng nêu trên khả năng đáp ứng lưu lượng khai thác trong thời gian những năm tiếp theo với công suất 4.500 m^3/ngày mà mực nước vẫn nằm trong khoảng nhỏ hơn 25 m là khó khả thi. Theo tác giả bài báo, bãi giếng cần khai thác với lưu lượng nhỏ 4.500 m^3/ngày, có thể khai thác từ 3.000 m^3/ngày.đêm đến 3.500 m^3/ngày.đêm thì sẽ an toàn, tránh nguy cơ sụt lún, xâm nhập mặn và đảm bảo chất lượng môi trường khu vực.

Tài liệu tham khảo

Đỗ Văn Bình, Trần Thị Kim Hà, Đỗ Thị Hải, Phạm Thị Thanh Hải, 2024. Dự báo hạ thấp mực nước trong các giếng khai thác của nhà máy cấp nước số 2 thành phố Cà Mau. *Tạp chí công nghiệp Mỏ*, số 1, Trang 46-53.

Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2018. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 1-1:2018/BYT về chất lượng nước sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt.

Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2023. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 09:2023/BTNMT về chất lượng nước dưới đất.

Công ty cổ phần đầu tư BFIW, 2024. Báo cáo hiện trạng khai thác nước dưới đất nhà máy cấp nước khu công Sa Đéc, tỉnh Đồng Tháp.

Cục Quản lý tài nguyên nước, 1996. Báo cáo nghiên cứu nước dưới đất vùng đồng bằng sông Cửu Long.

Cục Quản lý tài nguyên nước, 2004. Báo cáo phân chia địa tầng N-Q nghiên cứu cấu trúc địa chất đồng bằng Nam Bộ.

Sở Tài nguyên và môi trường tỉnh Đồng Tháp, 2022. Giấy phép khai thác nước dưới đất số 92/GP-BTNMT ngày 15/4/2022 cho Nhà máy cấp nước khu công nghiệp Sa đéc.

UBND tỉnh Đồng Tháp, 2020. Báo cáo tổng hợp Dự án Lập danh mục các vùng hạn chế khai thác nước dưới đất và lập bản đồ phân vùng hạn chế khai thác nước dưới đất trên địa bàn tỉnh Đồng Tháp.

ABSTRACT

Discussion on the ability of water supply plants to exploit groundwater Sa Dec Industrial Park, Dong Thap Province

Do Van Binh[1], Tran Thi Thanh Thuy[1], Duong Thi Thanh Xuyen[2]

[1]Hanoi University of Mining and Geology

[1]Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment

The water supply plant of Sa Dec Industrial Park in Dong Thap province is licensed by the Ministry of Natural Resources and Environment to operate with a flow of 4,500 m^3/day.night at 3 wells G1, G2 and G3. In the relevant documents, it is stated that the wells of this water plant are exploited in the upper Pliocne aquifer (n_2^1). Studying and synthesizing the author's documents, the authors of the article found that those exploited wells were exploiting water in the deeper aquifer of the upper Miocene aquifer (n_1^3). The daily water extraction of the system in recent years has only reached about 31%, but the dynamic water level in the wells has been approximately and exceeded the permissible dynamic water level. Therefore, shortly as well as the present, it should only be exploited with a flow smaller than the licensed flow to ensure that the dynamic water level in the wells does not degrade too deep, violating regulations on permits and environmental protection.

Keywords: Groundwater; Sa Dec; exploitation; miocene aquifer.

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Đánh giá sự phân bố vi nhựa trong trầm tích tại cửa sông Cái (Khánh Hòa)

Tạ Lê Đăng Khôi[1], Nguyễn Thị Thanh Hoài[2], Lê Hùng Phú[3], Trần Anh Quân[4], Hoàng Văn Lương[4], Vu Ngoc Toan[5], Trần Thị Thu Hương[4, 6,*]

[1]*Trung tâm thực nghiệm thực hành, Trường Đại học Nha Trang, Khánh Hòa*
[2] *Viện Khoa học khí tượng thủy văn và Biến đổi khí hậu Quốc gia, Hà Nội*
[3] *Viện Hải dương học Nha Trang, Khánh Hòa*
[4] *Khoa Môi trường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[5] *Viện Công nghệ mới, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự, Bộ Quốc phòng*
[6] *Nhóm nghiên cứu mạnh Những tiến bộ trong khai thác Mỏ bền vững và có trách nhiệm (ISRM), HUMG*

TÓM TẮT

Ô nhiễm rác thải nhựa đặc biệt là các hạt vi nhựa đã gây ra nhiều tác động bất lợi cho môi trường và các hệ sinh thái cửa sông trong những năm gần đây. Mục đích của nghiên cứu này nhằm đánh giá sự phân bố của vi nhựa trong mẫu trầm tích lấy tại cửa sông Cái (Khánh Hòa). 06 mẫu trầm tích được thu thập, chiết xuất và phân tích vi nhựa bằng kính hiển vi soi nổi. Kết quả cho thấy vi nhựa có mặt ở tất cả các vị trí khảo sát, với nồng độ dao động từ 548,6 đến 3018,3 MPs/kg trầm tích khô. Màu xanh dương và hình dạng mảnh chiếm ưu thế ở các mẫu, trong đó dạng mảnh có kích thước 50÷150 µm chiếm tỷ lệ khá cao lên tới 46 và 67,44%. Tiếp theo là màu trắng (32,7%), xanh lá (13,2%), màu đỏ (7,2%) và các màu khác (0,7%). Kích thước vi nhựa 50÷150 µm chiếm ưu thế, tiếp theo lần lượt là các kích thước 20÷50, 300÷500, 150÷300 và > 500 µm. Kết quả này chỉ ra rằng đang có sự ô nhiễm của các mảnh vụn nhựa tại các cửa sông, ven biển tiềm ẩn nhiều rủi ro cho hoạt động vui chơi giải trí của con người và hệ sinh thái địa phương.

Từ khóa: ô nhiễm vi nhựa, cửa sông, trầm tích, soi nổi.

1. Đặt vấn đề

Sự xuất hiện của vi nhựa trong môi trường nước đã được phát hiện vào đầu những năm 1970, tuy nhiên thuật ngữ về vi nhựa (microplastic, MP) mới được đề xuất vào năm 2004 và nhanh chóng thu hút sự quan tâm, chú ý của nhiều nhà khoa học (Arthur và nnk, 2009). "Vi nhựa" là các hạt nhựa rất nhỏ bé, có kích thước từ 1 µm đến 5 mm (Andrady, 2011) với nhiều kiểu hình dạng khác nhau như dạng sợi, dạng mảnh, dạng hạt,… vi nhựa được chia thành 2 nhóm: vi nhựa sơ cấp và thứ cấp tùy thuộc vào nguồn gốc của chúng. Vi nhựa sơ cấp (vi nhựa nguyên sinh) là các hạt nhựa được sản xuất và sử dụng trực tiếp như nguyên liệu thô trong sản xuất nhựa, hoặc trong quá trình sản xuất hàng tiêu dùng có kích thước hạt từ nano đến micromet (Maynard, 2006). Chúng được dùng trong các sản phẩm mỹ phẩm, chăm sóc sức khoẻ, chất tẩy rửa, trong công nghiệp đóng tàu,… (Reddy và nnk, 2006). Vi nhựa thứ cấp là những mảnh nhựa nhỏ có nguồn gốc từ sự phân hủy của các mảnh vụn nhựa lớn hơn, cả trên biển và trên đất liền. Theo thời gian, dưới tác động của các quá trình vật lý, sinh học và hóa học có thể làm giảm tính toàn vẹn về mặt cấu trúc của các mảnh vụn nhựa, dẫn đến sự phân hủy thành các mảnh vi nhựa có kích thước nhỏ hơn (Andrady, 2011).

Hiện nay, vi nhựa đã được ghi nhận xuất hiện ở khắp nơi cả trên cạn và dưới nước, ở cả Việt Nam và trên thế giới. Điều này cho thấy nhựa đã được thải bỏ và phân hủy không đúng cách vào hệ sinh thái. Các dòng sông là nơi đóng góp đáng kể cho ô nhiễm nhựa ở các đại dương do kết nối cửa sông với biển. Tuy nhiên, dữ liệu về ô nhiễm vi nhựa trong hệ sinh thái nước ngọt này còn hạn chế. Hơn nữa, hoạt động dân sinh cũng như các hoạt động công nghiệp khác ở khu vực cửa sông, ven biển tiềm ẩn nhiều nguy cơ tác động đến hệ sinh thái, tích tụ nhựa và vi nhựa vào lớp trầm tích đáy. Theo nghiên cứu của Jambeck và nnk (2015), Việt Nam đứng thứ 4 trên toàn thế giới trong việc quản lý yếu kém rác thải nhựa và 55,9 triệu dân sống trong vùng duyên hải đã thải bỏ ra biển khoảng 0,28÷0,73 triệu tấn rác nhựa mỗi năm. Các kết

quả nghiên cứu về thành phần, hình dạng và phân bố vi nhựa trong trầm tích tại cửa sông, ven biển ở Việt Nam hiện còn nhiều hạn chế. Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá hiện trạng vi nhựa trong trầm tích tại khu vực cửa sông Cái - Khánh Hòa để bổ sung thêm dữ liệu hỗ trợ cho các biện pháp quản lý môi trường, nhất là quản lý ô nhiễm nhựa và vi nhựa.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Khánh Hòa là tỉnh ven biển, là trung tâm kinh tế, chính trị, văn hóa, du lịch của vùng Duyên hải Nam Trung Bộ. Khánh Hòa không có sông lớn chỉ có sông vừa và nhỏ, trong đó sông Cái Nha Trang là sông lớn nhất tỉnhvới chiều dài 84 km, diện tích lưu vực là 1.732 km^2. Do chảy qua nhiều khu vực với nhiều các hoạt động kinh tế - xã hội khác nhau, nên lượng chất thải từ các lưu vực này đổ ra cửa sông Cái cũng rất lớn về lượng và phức tạp về thành phần. Tại khu vực nghiên cứu, các hoạt động giao thông thủy phục vụ các hoạt động du lịch vũng như đánh bắt thủy hải sản cũng là một nguồn phát sinh ra các chất thải hữu cơ vào môi trường trong đó có nhựa, OCPs, PCBs,… 6 điểm lấy mẫu từ điểm giao giữa sông Kim Bồng với sông Cái Nha Trang chạy dần về phía vịnh Nha Trang là những địa điểm có nhiều nguồn thải hoặc hoạt động liên quan đến việc xả thải rác nhựa và vi nhựa đồng thời cũng là những địa điểm có tiếp nhận nguồn thải (Hình 1 và Bảng 1).



Hình 1. Sơ đồ vị trí lấy mẫu tại cửa sông Cái (Khánh Hòa).

Bảng 1. Đặc điểm vị trí lấy mẫu trong khu vực nghiên cứu.

STT	Khu vực lấy mẫu	Kí hiệu mẫu	Mô tả đặc điểm vị trí
1	Gần Cầu Ngọc Thảo	NT1 (12015'41"B; 109011'17"Đ)	Hai bên là khu dân cư của thành phố, nước không phân tầng, nơi tiếp giáp/giao nhau đổ vào sông Cái.
2	Sông Kim Bồng giao với sông Cái	NT2 (12015'35"B; 109011'10"Đ)	Xung quanh là khu dân cư sinh sống, là nơi tiếp nhận nước thải từ thành phố đổ vào sông Cái. Nước có màu đen, mùi hôi.
3	Dốc Đoàn Kết	NT3 (12015'32"B; 109011'29"Đ)	Hai bên là khu dân cư sinh sống, 1 bên là làng chài, bên còn lại là kè sông.
4	Gần cầu Trần Phú	NT4 (12015'37"B; 109011'52"Đ)	Khu vực này là điểm tiếp giáp cửa sông Cái đổ vào vịnh Nha Trang.
5	Cầu Xóm Bống	NT5 (12015'47"B; 109011'1744"Đ)	Hai bên hầu hết là khu dân cư gần tháp bà Ponaga, 1 bên là bờ kè khách sạn và dân cư, 1 bên chỉ có dân cư sinh sống.
6	Cầu Chăm Pa	NT6 (12015'46"B; 109011'34"Đ)	Khu vực này có 1 bên là khu du lịch sinh thái, 1 bên là khu dân cư.

2.2. Phương pháp lấy mẫu

Mẫu vi nhựa trong trầm tích được lấy theo phương pháp của Lenaker và nnk (2019). 06 mẫu trầm tích được lấy bằng gàu Ekman-Birge kích thước 20 x 20 x 35 cm tại lớp trầm tích tầng mặt (0÷25 cm). Gàu thu mẫu được neo vào thuyền ở các vị trí lấy mẫu. Tại mỗi vị trí lấy mẫu 3 lần vào các thời điểm khác nhau lúc thời gian triều xuống, vào mùa mưa (tháng 10 năm 2023). Mẫu thu được trộn đều và cho vào lọ

thủy tinh, sử dụng giấy nhôm để đóng gói và bảo quản lạnh bằng đá gel trong hộp lạnh rồi đưa về phòng thí nghiệm.

2.3. Phương pháp phân tích vi nhựa trong trầm tích

Tại phòng thí nghiệm, mẫu sau khi bảo quản ở nhiệt độ 4°C được rã đông về nhiệt độ phòng để phân tích và xác định hệ số khô kiệt theo TCVN 6648:2000. Bước tiếp theo, mẫu được sấy khô và sàng qua rây có kích thước từ 0,3÷5,0 mm rồi cân 100g mẫu khô cho vào cốc 600 ml. Các mẫu được sấy khô thêm một lần nữa từ 20 đến 24 giờ trong lò sấy ở nhiệt độ 90°C. Sau đó các mẫu được để khô tự nhiên qua đêm. Sau khi sấy trong lò, mỗi mẫu được cân lại để ghi lại trọng lượng thực của mẫu đã sấy và không có sự thay đổi đáng kể khối lượng mẫu trước và sau sấy. Hỗn hợp vi nhựa-tạp chất sẽ được oxy hóa ướt bằng peroxide (WPO) với sự hiện diện của xúc tác Fe(II) để tiêu hủy các hợp chất hữu cơ dễ phân hủy. Chuẩn bị 73,05g NaCl, Fe (II) 0.05 M (Cho 3 ml axit sulfuric đậm đặc vào 500 ml nước cất và 7,5 g $FeSO_4.7H_2O$) để tách vi nhựa. Hỗn hợp mẫu đã oxy hóa ướt sẽ được cho vào dung dịch muối bão hòa NaCl hay NaI (tùy thuộc vào tỷ trọng của nhựa cần tách) để tách vi nhựa ra theo nguyên lý tuyển nổi. Phần vi nhựa nổi sẽ được thu vào dụng cụ tách tỷ trọng với giấy lọc 0,3 mm, làm khô tự nhiên. Vi nhựa sau cùng sẽ được cân để xác định hàm lượng vi nhựa có trong mẫu vi nhựa-tạp chất ban đầu. Cuối cùng, mẫu sẽ được đưa vào kính hiển vi soi nổi để xác định hình dạng, kích thước, số lượng và màu sắc của vi nhựa có trong mẫu.

2.4. Thống kê và xử lý số liệu

Các số liệu nghiên cứu được thống kê và xử lý bằng phần mềm GraphPad 6; Excel 2010.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả phân loại vi nhựa theo mật độ

Mật độ vi nhựa trong trầm tích tại khu vực nghiên cứu được thể hiện trong bảng 2. Cả 6 vị trí thu mẫu đều xuất hiện vi nhựa và mật độ vi nhựa dao động từ 540,6 đến 3010,2 MPs/kg. Lượng vi nhựa thấp nhất ghi nhận tại vị trí NT5 (540,6 MPs/kg) trên nhánh Xóm Bống - Cù Lao và cao nhất là NT3 (3010,2 MPs/kg) trên nhánh Hà Ra. Có thể thấy, vi nhựa trong trầm tích trên trên nhánh Hà Ra cao hơn nhiều so với trầm tích trên nhánh Xóm Bống -– Cù Lao. Nguyên nhân do trên nhánh Hà Ra có sông Kim Bồng đổ vào tại vị trí NT2. Sự xuất hiện vi nhựa trong trầm tích tại của sông Cái - Nha Trang có thể do hoạt động dân sinh, kinh doanh dịch vụ hai bên bờ sông và hoạt động làng nghề Gốm Lư Cấm thải vào môi trường nước sông.

Bảng 2. Số lượng vi nhựa trong trầm tích tại cửa sông Cái (Khánh Hòa).

STT	Kí hiệu mẫu	Số lượng vi nhựa (MPs/kg)
1	NT1	630,5
2	NT2	2280
3	NT3	3010,2
4	NT4	2660
5	NT5	540,6
6	NT6	930,5
Tổng		10051,8

3.2. Kết quả phân loại vi nhựa theo kích thước

Kết quả phân tích kích thước vi nhựa bằng kính hiển vi soi nổi đã ghi nhận có 05 nhóm kích thước gồm 20÷50, 50÷150, 100÷300, 300÷500 và >500 µm (Bảng 3).

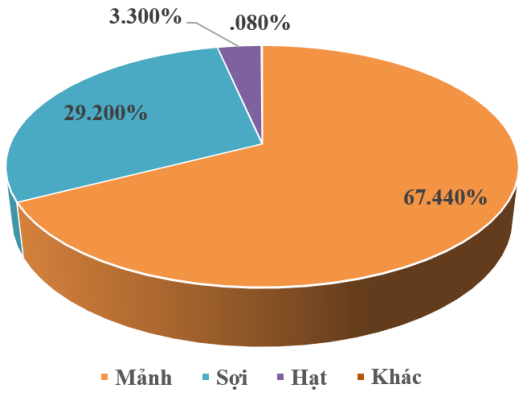
Bảng 3. Kích thước vi nhựa được phát hiện trong trầm tích tại cửa sông Cái (Khánh Hòa).

Vị trí	20÷50 µm	50÷150 µm	150÷300 µm	300÷500 µm	> 500 µm	Tổng
NT1	93,5	438,9	0	48,7	49,4	630,5
NT2	895,2	844,5	293	148	99,3	2280
NT3	1085,6	1580,3	294,6	49,5	0	3010
NT4	973,2	1310,5	237,7	138,6	0	2660
NT5	293,2	147,6	49,9	49,9	0	540,6
NT6	194,5	539,2	147,5	49,3	0	930,5
Tổng	3535,2	4861	1022,7	484	148,7	10051,8

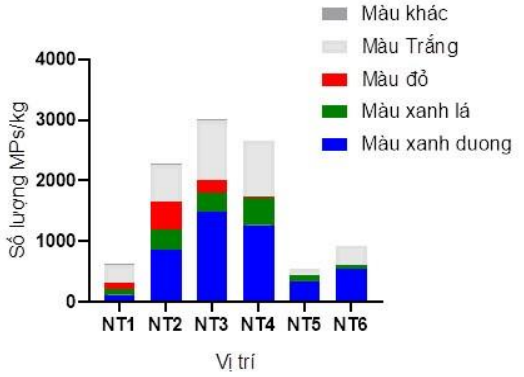
Vi nhựa kích thước trong khoảng 50÷150 µm chiếm tỷ lệ cao nhất, tiếp theo là các kích thước 20÷50; 300÷500; 150÷300 và > 500 µm. Một số điểm như NT1 không xuất hiện vi nhựa có kích thước 150÷300 µm. Các vị trí NT3, 4, 5, 6 không ghi nhận sự xuất hiện của vi nhựa ở kích thước > 500 µm. Kết quả trên cho thấy vi nhựa ngày càng có xu hướng phân hủy thành kích thước nhỏ hơn, dễ dàng thâm nhập sâu rộng gây tác động lớn đối với con người và hệ sinh thái thủy sinh khu vực ven biển.

3.3. Kết quả phân loại vi nhựa theo hình dạng

Kết quả phân loại theo hình dạng đã ghi nhận các hình dạng khác nhau bao gồm dạng sợi, dạng hạt, dạng mảnh và các dạng khác. Hình 3 thể hiện các loại hình dạng vi nhựa trong trầm tích tại cửa sông Cái (Khánh Hòa). Vi nhựa dạng mảnh chiếm tỷ lệ cao nhất và đạt 67,44%; dạng sợi và dạng hạt chiếm tỷ lệ thấp hơn, có giá trị lần lượt là 29,2% và 3,30%. Các vi nhựa dạng khác chiếm tỷ lệ thấp nhất khoảng 0,08% tổng số vi nhựa được tìm thấy.



Hình 3.Tỷ lệ trung bình hình dạng vi nhựa trong mẫu trầm tích ở cửa sông Cái (Khánh Hòa).



Hình 4. Tỷ lệ màu sắc vi nhựa của các mẫu mẫu trầm tích thu được tại cửa sông Cái (Khánh Hòa).

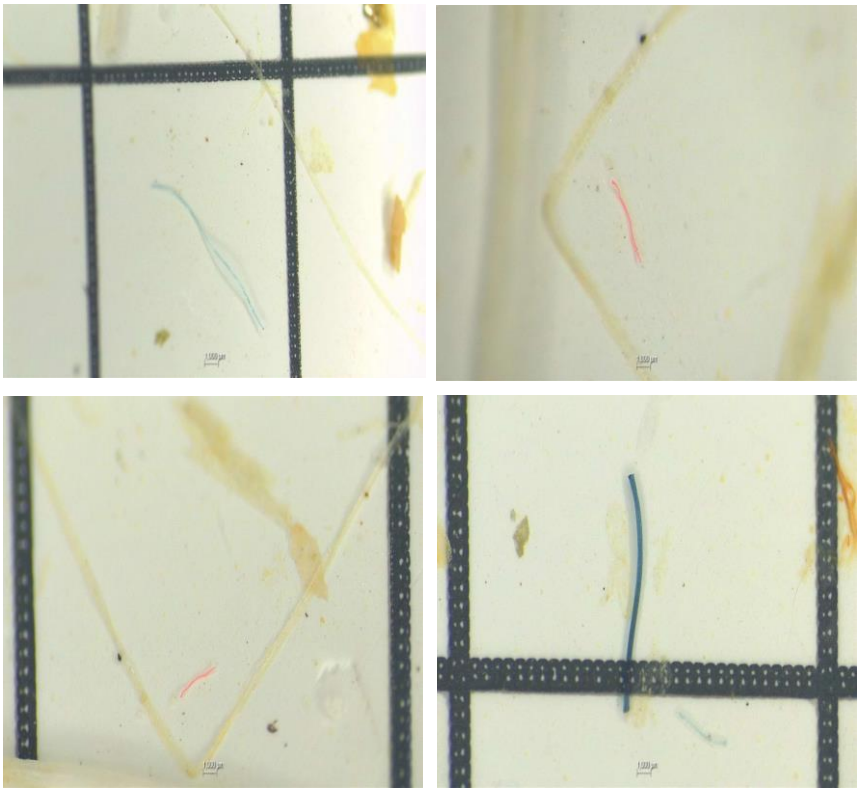
3.4. Kết quả phân loại vi nhựa theo màu sắc

Phân loại theo màu sắc cho thấy vi nhựa màu xanh dương ghi nhận giá trị trung bình là 46,1%, chiếm gần một nửa số vi nhựa được tìm thấy. Tiếp theo là màu trắng với 32,7%; màu xanh lá 13,2%; màu đỏ 7,2% và cuối cùng là một số màu khác chiếm 0,7%. Cũng như hình dạng vi nhựa, kết quả phân tích thống kê cho thấy có sự khác biệt về màu sắc vi nhựa trong 6 mẫu khảo sát, màu sắc của vi nhựa dự kiến sẽ cung cấp thông tin về các nguồn ban đầu của chúng (Hình 4).

3.5. Thảo luận

Kết quả trong Bảng 2 cho thấy số lượng vi nhựa được phát hiện trong tất cả các mẫu trầm tích và có sự khác nhau đáng kể giữa các vị trí lấy mẫu trên 2 nhánh sông Cái (Nhánh Hà Ra từ vị trí NT2 đến NT3) và nhánh Xóm Bống - Cù Lao (từ vị trí NT5 đến NT6), vị trí NT1 điểm nối giữa hai nhánh trên và NT4 là hợp của hai nhánh trên. Kết quả này cũng phù hợp với đặc điểm địa lý, vị trí và sinh vật cảnh xung quanh sông có dân cư sinh sống và có các hoạt động dịch vụ, sản xuất. Một số công bố trước đây cũng ghi nhận kết quả tương tự, Dian và nnk (2022) cũng ghi nhận mật độ vi nhựa ở cửa sông Sado (Bồ Đào Nha) (1042,8 ± 430,8 MP/kg) cao hơn so với tất cả các vị trí lấy mẫu ven biển (52,9 ± 31,9 MPs/kg). Từ cửa sông càng đi sâu vào trong đất liền mật độ vi nhựa càng tăng liên quan mật thiết đến các hoạt động của người dân hai bên bờ sông.

Số liệu hình dạng và kích thước thu được của vi nhựa trong các mẫu trầm tích cho thấy sự không đồng nhất tại các vị trí khảo sát. Dạng mảnh và dạng sợi chiếm số lượng nhiều nhất, tiếp theo là dạng hạt và các hình dạng khác gần như không xuất hiện. Phần lớn vi nhựa thu được có kích thước 50÷150 µm, tuy nhiên một vài vị trí không ghi nhận xuất hiện vi nhựa ở kích thước > 500 µm như: NT3, NT4, NT5, NT6; NT1 ở kích thước 150÷300 µm (Bảng 3). Kết quả này cho thấy ô nhiễm vi nhựa đã diễn ra ở khu vực nghiên cứu trong thời gian dài, khi tồn tại lâu trong môi trường dưới tác động của các yếu tố như nắng, gió, tia UV,... các vi nhựa lớn sẽ bị phân hủy thành các vi nhựa có kích thước nhỏ hơn nữa. Các vi nhựa với kích thước nhỏ như vậy sẽ được vận chuyển đi xa hơn bởi gió và nước, làm tăng khả năng hấp thụ các chất độc hại của sinh vật biển khi ăn phải do chúng lơ lửng trong môi trường nước.



Hình 5. Một số hình ảnh vi nhựa được ghi nhận trong mẫu trầm tích tại cửa sông Cái (Khánh Hòa).

Các vi nhựa được tìm thấy trong nhiều màu sắc khác nhau (trắng, xanh lá, xanh dương, đỏ và màu khác) (Hình 4). Vi nhựa màu xanh dương chiếm gần một nửa số hạt được tìm thấy (46%). Tiếp theo là màu trắng chiếm 32,7%, ngoài ra còn màu đỏ, xanh lá,... Màu sắc của vi nhựa dự kiến sẽ cung cấp thông tin về các nguồn ban đầu của chúng và là một yếu tố quan trọng cần được lưu ý vì sinh vật dễ nhầm lẫn vi nhựa với thức ăn của chúng. Ví dụ, các mảnh nhựa được nhuộm có thể là kết quả của các vật liệu đóng gói (Andrady và nnk, 2011) và các các hạt vi nhựa dạng viên màu có thể có nguồn gốc từ các sản phẩm mỹ phẩm (Fendall và nnk, 2009). Ngoài ra một số vi nhựa không màu hoặc trong suốt có thể bị bỏ qua trong quá trình chiết xuất hoặc nhận dạng.

Hiện nay, vi nhựa được phân tán rộng khắp môi trường nước, trầm tích và sinh vật. Sự hiểu biết về sự phân bố và tích tụ của dạng ô nhiễm này là rất quan trọng để đánh giá rủi ro môi trường. Có nhiều phương pháp phân tích vi nhựa như sử dụng kính hiển vi soi nổi, kính hiển vi huỳnh quang hay phổ hồng ngoại FTIR,... Cũng có những nghiên cứu kết hợp nhiều phương pháp, trong đó FTIR là phương pháp thường được sử dụng để phân tích thành phần polymer trong từng mẫu. Vì thế, trong các nghiên cứu tiếp theo nhóm tác giả sẽ phân tích đầy đủ hơn để có được bộ dữ liệu đầy đủ bổ sung vào nguồn dữ liệu còn thiếu hụt về vi nhựa tại khu vực cửa sông. Bên cạnh đó, cần có các chính sách quản lý hợp lý về việc tuyên truyền cũng như sử dụng các sản phẩm nhựa trong cuộc sống hàng ngày, vận chuyển,… nhằm hạn chế ô nhiễm vi nhựa trong hệ sinh thái.

4. Kết luận

Kết quả phân tích mật độ, đặc trưng của vi nhựa tại 6 vị trí tại cửa sông Cái (Khánh Hòa) cho thấy vi nhựa xuất hiện ở tất cả các mẫu và có sự không đồng nhất về mật độ. Các hạt vi nhựa có kích thước nhỏ, dạng sợi và dạng mảnh chiếm đa số trong các mẫu trầm tích. Trong các mẫu được phân loại, màu xanh dương là màu phổ biến nhất, tiếp theo là màu trắng, xanh lá, màu đỏ và các màu khác. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy các hoạt động dân sinh và đặc trưng địa lý ảnh hưởng đến mật độ xuất hiện vi nhựa. Cần nghiên cứu sâu hơn để hiểu các cơ chế phân bố, tích tụ và thành phần polymer của vi nhựa cũng như tác động của chúng với sinh vật sinh sống trong môi trường trầm tích nhằm ngăn ngừa, giảm thiểu những tác động tiêu cực của chúng đến hệ sinh thái và sức khỏe con người.

Lời cảm ơn

Bài báo này là kết quả của đề tài KC562, mã số ĐTĐL.CN-53/22 “Nghiên cứu, đánh giá sự tích tụ và tác động của vi nhựa (Microplastic) đến hệ sinh thái cửa sông ven biển Nam Trung Bộ”. Tập thể tác giả chân thành cảm ơn Bộ Khoa học và Công nghệ đã cấp kinh phí để thực hiện đề tài và bài báo này.

Tài liệu tham khảo

Andrady, A.L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Mar Pollut Bull* 62(8): 1596-605

Arthur, C., Baker, J., and Bamford, H., (eds). 2009. Effects and Fate of Microplastic Marine Debris. *In: Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence.*

Dian, R., Joana, A., Joana, P., João, P., Paulo, S. C., Fernando, R., Paula, S., Maria, H. C. 2022. Distribution patterns of microplastics in subtidal sediments from the Sado river estuary and the Arrábida marine park, Portugal. *Front. Toxicology, Pollution and the Environment* 10, 1-21.

Fendall, L.S. and Sewell, M.A., 2009. Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin*, 58(8), 1225–1228.

Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K.L. 2015. Marine pollution: Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223): 768-71.

Lenaker, P. L., Baldwin, A. K., Corsi, S. R., Mason, S. A., Reneau, P. C., Scott, J. W. 2019. Vertical Distribution of Microplastics in the Water Column and Surficial Sediment from the Milwaukee River Basin to Lake Michigan. *Environmental Science & Technology* 53(21), 12227÷12237.

Maynard, D.A. 2006. Nanotechnology: A research strategy for addressing risk. *Woodrow Wilson Int Cent Sch* 43.

Reddy, M.S., Basha, S., Adimurthy, S., Ramachandraiah G. 2006. Description of the small plastics fragments in marine sediments along the Alang-Sosiya shipbreaking yard. *India Estuar Coast Shelf Sci* 68: 656–660.

ABSTRACT

Assessment of the microplastic distribution in sediments at Cai River estuary (Khanh Hoa)

Ta Le Dang Khoi[1], Nguyen Thi Thanh Hoai[2], Le Hung Phu[3], Tran Anh Quan[4], Hoang Van Luong[4], Vu Ngoc Toan[5], Tran Thi Thu Huong[4, 6]

[1]*Center for Practical Experiment, Nha Trang University, Khanh Hoa*

[2]*Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change, Ha Noi*

[3]*Hydro-Geo Chemistry, Institute of Oceanography, Khanh Hoa*

[4]*Faculty of Environment, Hanoi University of Mining and Geology (HUMG)*

[5]*Institute of New Technology, Institute of Military Science and Technology, Ministry of National Defense*

[6]*Innovations for Sustainable and Responsible Mining (ISRM) Research Group, HUMG*

Plastic waste pollution, especially microplastics, has caused many adverse impacts on the environment and estuarine ecosystems in recent years. The purpose of this study was to assess the distribution of microplastics in sediment samples taken at the Cai River estuary (Khanh Hoa). 06 sediment samples were collected, extracted and analyzed for microplastics using a stereomicroscope. The results showed that microplastics were present at all surveyed locations, with concentrations ranging from 548.6 to 3018.3 MPs/kg dry sediment. Blue color and fragment shape dominated the samples, in which fragments with a size of 50-150 µm accounted for a high proportion up to 46 and 67.44%, respectively; followed by white (32.7%), green (13.2%), red (7.2%) and other colors (0.7%). Microplastics of 50÷150 µm size are dominant, followed by sizes 20÷50, 300÷500, 150÷300 and > 500 µm, respectively. This result indicates that there is pollution of plastic debris in estuaries and coastal areas, posing many risks to human entertainment activities and local ecosystems.

Keyword: microplastic pollution; estuary; sediment; stereomicroscope.

Đánh giá tính hợp lý của các giếng khai thác nước dưới đất tại trạm cấp nước Dương Nội, Hà Đông

Đỗ Văn Bình[1,*], Dương Thị Thanh Xuyến[2], Đỗ Thị Hải[1], Trần Thị Kim Hà[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Cục kiểm soát ô nhiễm, Bộ Tài nguyên và Môi trường*

TÓM TẮT

Khai thác nước dưới đất sẽ làm cho mực nước trong các giếng và khu vực ảnh hưởng hạ thấp xuống. Theo quy định mực nước động trong các giếng khai thác không được vượt quá 35 m đối với các giếng trong khu vực đô thị và không quá 30m đối với khu vực khác. Trạm cấp nước sạch Dương Nội có 13 giếng gồm (12 giếng khai thác và 01 giếng dự phòng) đang khai thác trong tầng chứa nước Pleistocen dưới (qp1). Để đánh giá tính hợp lý và đảm bảo cuat hoạt động khai thác nước trong các giếng đó cần tính toán dự báo mực nước hạ thấp hoặc mực nước động sâu nhất sau những khoảng thời gian khai thác và so sánh với mực nước động cho phép. Bài báo đã sử dụng phương pháp thuỷ động lực để tính toán và dự báo mực nước trong các giếng sau 5 năm, 10 năm. Kết quả dự báo các giếng vẫn làm việc tốt và mực nước động nằm dưới mực nước động cho phép sau 27 năm, điều đó cho thấy các giếng khai thác hợp lý.

Từ khóa: Khai thác nước; Dương Nội; mực nước động; tính hợp lý.

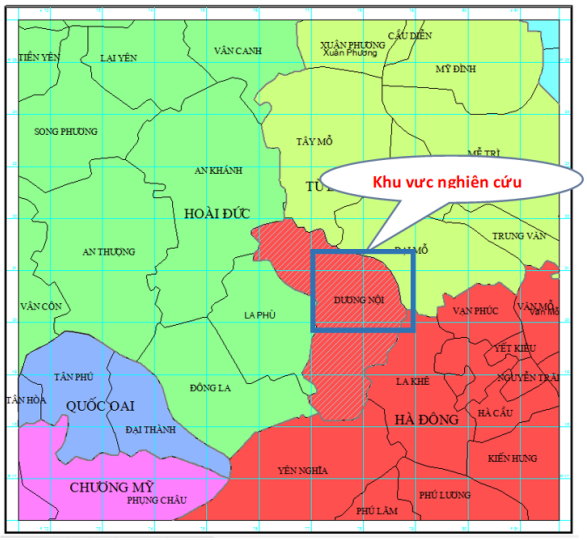
1. Đặt vấn đề

Trạm cấp nước sạch Dương Nội nằm trên địa bàn phường Dương Nội, quận Hà Đông, TP. Hà Nội có công suất 30.000 m^3/ngđ, phù hợp với chủ trương của Lãnh đạo TP. Hà Nội về cấp nước tại quyết định số 2699/QĐ-UBND của thành phố Hà Nội 15/6/2010. Đây là vùng đô thị mới, có mật độ dân cư đông đúc, các công trình hạ tầng dày đặc, kinh tế phát triển mạnh, có nhu cầu sử dụng nước lớn. Trạm cấp nước Dương Nội gồm có 13 giếng khoan khai thác (12 giếng khai thác và 01 giếng dự phòng), khai thác nước trong tầng chứa nước Pleistocen (qp1), mỗi giếng khai thác với lưu lượng 2.500m^3/ngày đêm (Công ty TNHH MTV Nước sạch Hà Đông, 2024).

Khu vực nghiên cứu được giới hạn bởi các toạ độ: X: 571.124 đến 581.977; Y: 2.315.991 đến 2.326.070 hệ toạ độ VN2000, múi chiếu 6º.

Khu vực nghiên cứu tiếp giáp các vùng lân cận như sau:

- Phía Đông giáp Đại Mỗ - Nam Từ Liêm;
- Phía Tây giáp La Phù - Hoài Đức;
- Phía Nam giáp Yên Nghĩa - Hà Đông;
- Phía Bắc giáp Tây Mỗ - Nam Từ Liêm;
- Phía Tây Bắc giáp An Khánh - Hoài Đức;
- Phía Đông Nam giáp La Khê - Hà Đông.



Hình 1. Sơ đồ vị trí vùng nghiên cứu.

2. Phương pháp nghiên cứu

Để đánh giá tính hợp lý của các giếng khai thác nước dưới đất của trạm cấp nước trong khu vực Dương Nội, chúng tôi sử dụng các phương pháp nghiên cứu sau đây:

- *Phương pháp khảo sát thực địa:* nghiên cứu hiện trạng các giếng khai thác nước của trạm cũng như thông tin các giếng nằm trong khu vực ảnh hưởng của bãi giếng. Xác định mực nước động, mực nước tĩnh ở các giếng khai thác, thu thập tài liệu hút nước thí nghiệm;

* *Tác giả liên hệ:*
Email: dovanbinh@humg.edu.vn

- *Phương pháp thuỷ động lực kết hợp thuỷ lực:* tiến hành tính toán lưu lượng khai thác của các giếng, đánh giá tính hợp lý của việc khai thác nước ở các giếng (lưu lượng, mực nước động, chất lượng nước…);
- *Phương pháp so sánh:* so sánh kết quả tính toán, đánh giá với các tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành như: QCVN 09:2023/BTNMT; Nghị định 1672018/NĐ-CP,...

3. Kết quả và thảo luận

Kết quả nghiên cứu tổng hợp cho thấy trong khu vực có 3 thành tạo chứa nước chính như mô tả dưới đây. Tuy nhiên các giếng khai thác của trạm cấp nước Dương Nội được thiết kế khai thác trong tầng chứa nước Pleistocen (qp_1) (Công ty TNHH MTV Nước sạch Hà Đông, 2015, 2019 và 2024). Các giếng được thiết kế và thi công đảm bảo yêu cầu kỹ thuật.

3.1. Tầng chứa nước lỗ hổng trong các trầm tích Holocen (qh)

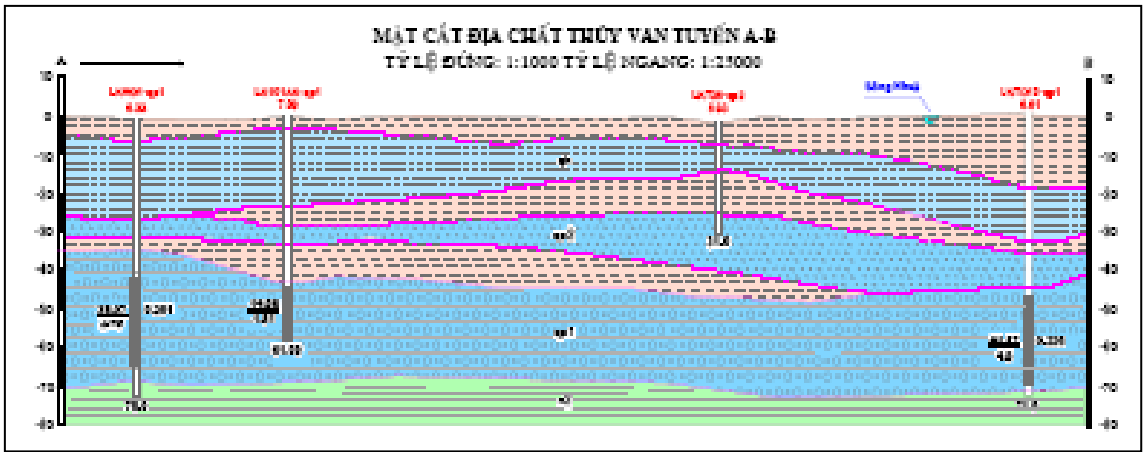
Tầng chứa nước Holocen phân bố rộng khắp trong phạm vi nghiên cứu. Đây là tầng chứa nước nằm trên cùng, từ tài liệu các lỗ khoan cho thấy, chiều sâu nóc tầng thay đổi từ 3÷18m, chiều sâu đáy tầng từ 14÷27 m; bề dày từ 6÷21 m, trung bình dày 15 m. Thành phần đất đá chủ yếu của tầng chứa nước qh là cát, cát pha sét. Nước chứa trong tầng là nước không áp (hệ số truyền mực nước a = 4.103 m^2/ngày). Chiều sâu mực nước của tầng ở trạng thái tự nhiên thay đổi từ 0,85÷3,15 m, độ dẫn nước Km = 206÷716 m^2/ngày. Lưu lượng lỗ khoan hút thí nghiệm Q = 2,08÷4,76 l/s, tỷ lưu lượng lỗ khoan đạt q = 0,96÷4,62 l/sm. Từ đó cho thấy tầng chứa nước qh có mức độ chứa nước từ trung bình đến giàu (Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Bắc, 1981, 1993, 1999).

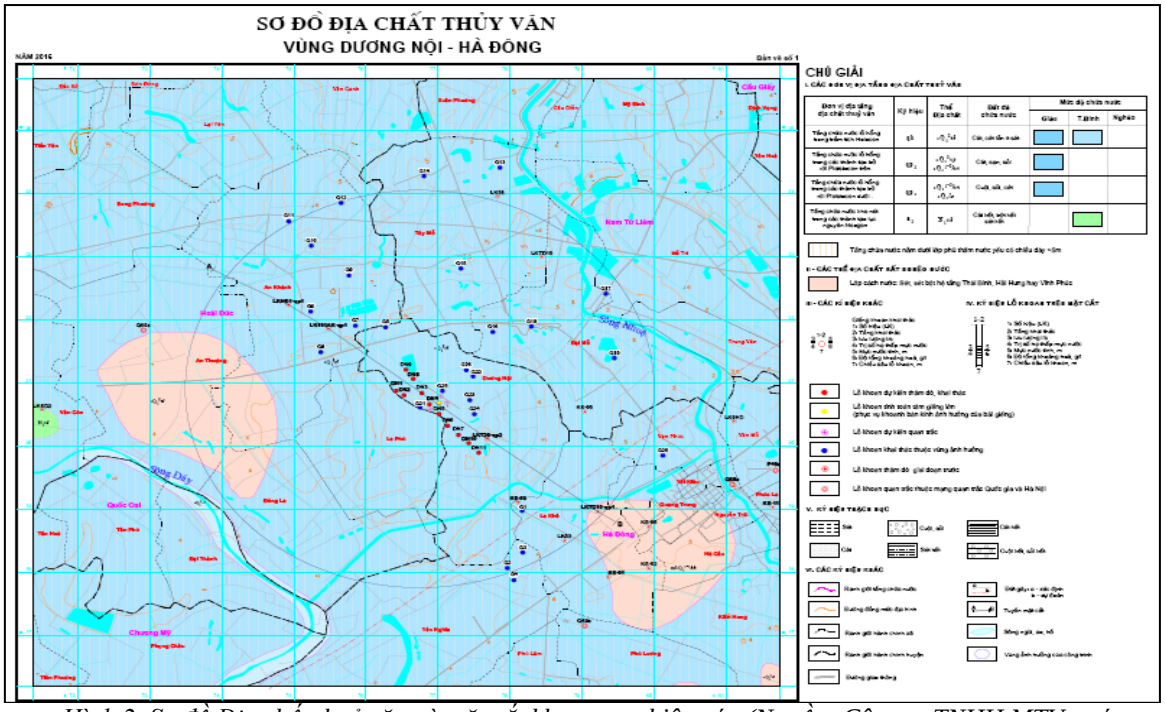
3.2. Tầng chứa nước lỗ hổng trong các trầm tích Pleistocen trên (qp_2)

Tầng chứa nước qp_2 phân bố rộng khắp vùng nghiên cứu. Từ tài liệu khoan cho thấy, chiều sâu nóc tầng thay đổi từ 10÷43 m, chiều sâu đáy tầng thay đổi từ 29,7÷50 m, chiều dày tầng thay đổi từ 4÷23,5 m, trung bình là 11,67 m. Cấu tạo nên tầng gồm các thành tạo là cát trung đến cát thô. Trong khu vực thăm dò, tầng chứa nước qp_2 mặc dù phân bố rộng khắp nhưng không liên tục. Chiều sâu nóc tầng qp_2 thay đổi 27÷35 m, chiều sâu đáy tầng 32÷43,5 m. Bề dày tầng thay đổi từ 5÷8,5 m, trung bình là 6,5 m. Kết quả quan trắc cho thấy biên độ dao động mực nước thay đổi từ 0,5÷2,57 m. Tầng chứa nước qp_2 có mức độ chứa nước từ trung bình đến giàu. Kết quả thí nghiệm cho kết quả tỉ lưu lượng q = 0,47÷5,80 l/sm, hệ số dẫn nước Km = 112÷370 m^2/ngày, hệ số thấm K = 4,6÷35,2 m/ngày (Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Bắc, 1981, 1993, 1999).

3.3. Tầng chứa nước lỗ hổng trong các trầm tích Pleistocen dưới (qp_1)

Kết quả nghiên cứu cho thấy tầng chứa nước qp_1 phân bố rộng khắp, liên tục trong phạm vi nghiên cứu. Chúng có bề dày khá ổn định, thay đổi trong khoảng từ 18÷34 m, trung bình là 26,7 m. Tài liệu khoan cho thấy chiều sâu nóc tầng từ 35÷43,5 m, chiều sâu đáy tầng 61,09÷71,5 m. Cấu tạo nên tầng chứa nước chủ yếu là các thành tạo gồm cuội thạch anh lẫn sạn và cát. Kết quả hút nước thí nghiệm cho thấy lưu lượng lỗ khoan thay đổi từ 30,2÷35,5 l/s, tỷ lưu lượng q từ 10,88÷13,36 l/sm. Tầng chứa nước qp_1 có mức độ chứa nước thuộc loại giàu đến rất giàu nước. Đây là tầng chứa nước có áp lực với hệ số truyền áp a = 5,23.10^4 m/ngày. Hệ số dẫn nước trung bình là 1.780 m^2/ngày (Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Bắc, 1981, 1993, 1999). Giữa các tầng chứa nước là các lớp cách nước với thành phần chủ yếu là sét, sét pha ngăn cách nước giữa các tầng một cách tự nhiên. Đặc điểm địa chất thuỷ văn và các tầng chứa nước thể hiện trong Hình 2.





Hình 2. Sơ đồ Địa chất thuỷ văn và mặt cắt khu vực nghiên cứu (Nguồn: Công ty TNHH MTV nước sạch Hà Đông).

3.4. Đặc điểm, diễn biến chất lượng nước dưới đất

Kết quả phân tích mẫu nước dưới đất trong nhiều năm ở Bảng 1 (Công ty TNHH MTV Nước sạch Hà Đông, 2024) cho thấy, đa số các thành phần tan trong nước đều nằm trong giới hạn cho phép (QCVN09:2023/BTNMT). Một số thành phần có hàm lượng vượt ngưỡng cho phép như NH_4^+, Fe tổng số (cao hơn QCVN09 đến 6 lần). Hàm lượng các kim loại nặng khác như As, Cd, Mn, Pb,… đều nằm trong giới hạn cho phép. Chất lượng nước dưới đất trong các tầng chứa nước nhìn chung đảm bảo yêu cầu theo QCVN. Hiện nay, chỉ có một số chỉ tiêu như sắt (Fe) và Amoni (NH_4^+) vẫn cao hơn quy chuẩn cho phép nên khi sử dụng cần phải có biện pháp, công nghệ xử lý phù hợp.

Bảng 1. Đánh giá chất lượng nước tầng chứa nước qp_1.

TT	Chỉtiêu phân tích	ĐVT	Kết quả phân tích			QCVN 09:2023 /BTNMT
			Nhỏ nhất	Lớn nhất	Trung bình	
1	pH	-	6,61	7,14	6,96	5,5-8,5
2	Độ cứng tổng	$mgCaCO_3/l$	83,0	136,0	112,85	500
3	COD (Mn)	mgO_2/l	0,60	3,80	2,72	4
4	TDS	mg/l	163,00	256,0	213,46	1500
5	NH_4^+_N	mg/l	1,03	**6,63**	**3,12**	1
6	Cl-	mg/l	11,60	33,60	22,75	250
7	F-	mg/l	0,24	0,78	0,37	1
8	NO_2_N	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	1
9	NO_3_N	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	15
10	SO_4^{2-}	mg/l	<1	12	6,25	400
11	CN^-	mg/l	<0,004	<0,004	<0,004	0,01
12	Phenol	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
13	As	mg/l	0,01	0,07	0,04	0,05
14	Cd	mg/l	0,0002	0,001	0,0004	0,005
15	Pb	mg/l	<0,001	0,01	0,004	0,01
16	Cu	mg/l	0,0	0,1	0,04	1
17	Cr (VI)	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	
18	Zn	mg/l	0,05	0,24	0,12	3
19	Mn	mg/l	0,1	0,5	0,25	0,5
20	Ni	mg/l	0,002	0,012	0,0041	0,02
21	Hg	mg/l	0,0002	0,0007	0,0003	0,001
22	Fe	mg/l	2,34	**21,90**	**8,38**	5
23	Se	mg/l	<0,001	0,006	0,003	0,01
24	E. Coli	Vi khuẩn /100 ml	KPH	KPH	KPH	0
25	Coliform		KPH	KPH	KPH	3

3.5. Tính toán dự báo mực nước hạ thấp theo thời gian

3.5.1. Công thức tính toán, dự báo mực nước hạ thấp theo thời gian

Để nghiên cứu tính hợp lý của việc khai thác nước dưới đất trong khu vực nghiên cứu, ngoài việc đánh giá chất lượng nước dưới đất, chúng ta cần quan tâm đến trữ lượng. Trữ lượng nước dưới đất trong vùng được thể hiện qua mực nước trong các tầng chứa nước. Theo đó cần xác định mực nước trong vùng ảnh hưởng của công trình khai thác gây nên. Theo quy định mực nước đó được thể hiện qua diện tích có mức hạ thấp mực nước S > 0,5 m do riêng bãi giếng gây ra theo thời gian. Để đánh giá sự hợp lý dưới tác động tổng hợp của nhiều công trình và đúng với thực tế, chúng tôi xác định vùng ảnh hưởng (mực nước S < 0,5 m) gây ra. Như vậy, ngoài các công trình khai thác thuộc bãi giếng thì các giếng khai thác khác nằm trong phạm vi ảnh hưởng của bãi giếng cũng được thống kê và đưa vào tính toán can nhiễu hạ thấp mực nước.

Việc tính toán được áp dụng công thức trong trường hợp tầng chứa nước có thấm xuyên, thấm ổn định. Sử dụng phương pháp giếng lớn để tính toán theo phương pháp thuỷ động lực (Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước Quốc gia, 2018). Theo đó, khi tầng chứa nước có thấm xuyên, trạng thái ổn định mực nước hạ thấp được xác định theo công thức (1) dưới đây:

$$S = So + \sum_{i=1}^{n} Si \quad (1)$$

Trong đó S_o là trị số hạ thấp mực nước tại giếng khai thác đang nghiên cứu; *Si* là trị số hạ thấp mực nước do giếng khai thác thứ i trong khu vực gây ra cho giếng đang nghiên cứu. Giá trị hạ thấp mực nước tại giếng khai thác bằng giá trị hạ thấp mực nước của bản thân giếng đang nghiên cứu gây ra cộng với giá trị hạ thấp mực nước do các giếng thứ i gây ra cho giếng đang nghiên cứu thể hiện ở công thức (2).

$$\mathrm{So} = \frac{Q}{4\pi \mathrm{Km}} \ln \frac{2{,}25a^{*}t}{r_o^2} \quad (2)$$

Giá trị hạ thấp mực nước ở giếng đang nghiên cứu do giếng thứ i nằm trong phạm vi ảnh hưởng gây ra được xác định theo công thức (3) dưới đây:

$$\mathrm{Si} = \frac{Qi}{4\pi \mathrm{Km}} \ln \frac{2{,}25a^{*}t}{r_i^2} \quad (3)$$

Trong các công thức ở trên:

- Q: Tổng lưu lượng khai thác nước của bãi giếng (m^3/ng);
- Qi: Lưu lượng khai thác tại giếng thứ i (m^3/ng);
- Km: Hệ số dẫn nước (m^2/ng), theo tài liệu hút nước thí nghiệm trước đây, Km = 1.780 m^2/ngày;
- ri: Khoảng cách từ giếng can nhiễu thứ i đến giếng tính toán (m);
- a*: Hệ số truyền áp (m^2/ng), a*=5,23.104 m^2/ng;
- μ^* Hệ số nhả nước đàn hồi, μ^* = 4,17.10^{-2};
- t: Thời gian khai thác (ngày).

3.5.2. Kết quả dự báo hạ thấp mực nước tại các giếng khoan trong vùng ảnh hưởng

Mực nước động trong các giếng khoan được tính toán dựa vào các công thức thuỷ động lực và thuỷ lực nêu ở trên với số lượng công trình nằm trong phạm vi bãi giếng là 13 công trình. Kết quả tính toán dự báo mực nước động sau 5 năm, 10 năm ở các giếng được thể hiện ở bảng 2 dưới đây.

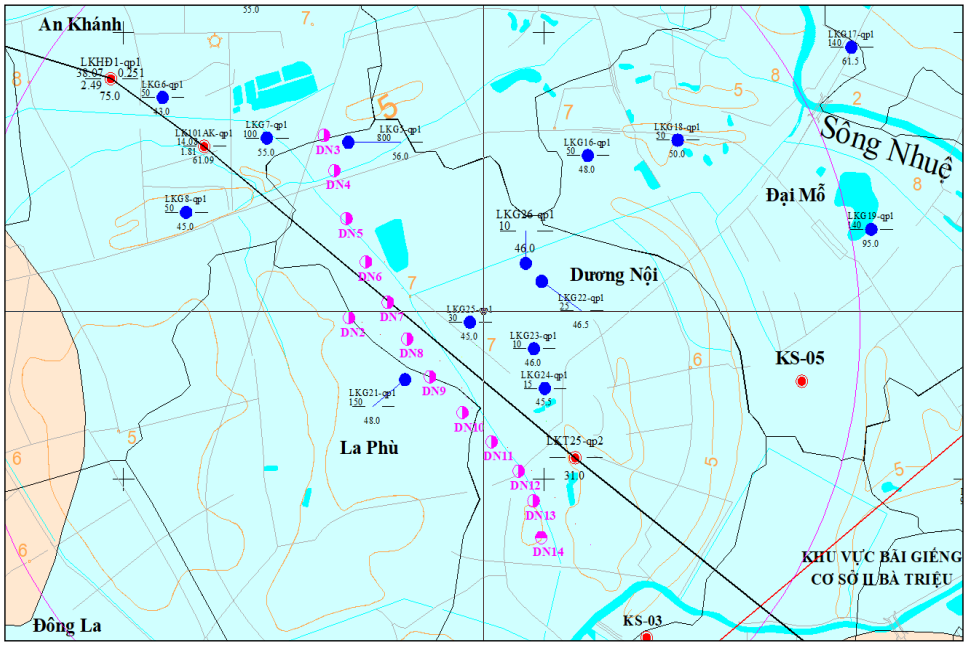
Bảng 2. Kết quả tính toán mực nước động dự báo của các giếng khai thác.

TT	Số hiệu giếng	Tọa độ (VN 2000, KTT 105^0, múi chiếu 6^0)		Lưu lượng (m^3/ ng.đ)	Ht (m)	Hđ (m)	Mực nước động dự báo, $H_{đ\ db}$ (m)			Ghi chú
		X	Y				Sau 1 năm	Sau 5 năm	Sau 10 năm	
1	DN2	576341	2320904	Dự phòng	15,73	20,28	20,71	21,79	22,53	Trạm cấp nước Dương Nội
2	DN3	576326	2321459	2.500	15,71	20,5	20,93	22,01	22,75	
3	DN4	576442	2321216	2.500	15,67	20,4	20,83	21,91	22,65	
4	DN5	576572	2320990	2.500	15,77	20,46	20,89	21,97	22,71	
5	DN6	576688	2320785	2.500	15,66	20,53	20,96	22,04	22,78	
6	DN7	576823	2320573	2.500	15,72	20,73	21,16	22,24	22,98	
7	DN8	576254	2321728	2.500	16,67	20,38	20,81	21,89	22,63	
8	DN9	576192	2321925	2.500	15,68	20,52	20,95	22,03	22,77	
9	DN10	577016	2320372	2.500	15,71	20,7	21,13	22,21	22,95	
10	DN11	577189	2320209	2.500	15,73	20,7	21,13	22,21	22,95	
11	DN12	577349	2320045	2.500	15,68	20,55	20,98	22,06	22,80	
12	DN13	577438	2319878	2.500	15,66	20,47	20,9	21,98	22,72	
13	DN14	577484	2319673	2.500	15,68	20,53	20,96	22,04	22,78	

(Nguồn: Báo cáo hiện trạng khai thác nước Trạm cấp nước Dương Nội, Hà Đông)

Như vậy, sau 10 năm khai thác tại các giếng, chiều sâu mực nước động sẽ thay đổi từ 22,63 (giếng DN8) đến 22,95 m (DN10), trung bình là 22,72 m. Mực nước động này nhỏ hơn mực nước động cho phép khá nhiều (*Hđcp* = 35 m). Nhìn vào kết quả tính toán tại Bảng 2 ta thấy rằng mực nước động tại Trạm cấp nước Dương Nội đã đến trạng thái gần ổn định. Các kết quả quan trắc mực nước tại giếng khoan khai thác trong suốt quá trình khai thác cũng cho thấy mực nước động ít biến động theo thời gian và dao động quanh giá trị đưa vào tính toán dự báo. Trạm cấp nước Dương Nội hoàn toàn đảm bảo yêu cầu về mặt trữ lượng. Vì vậy, việc bố trí công trình khai thác như hiện nay và chế độ khai thác ở các giếng thuộc Trạm cấp nước Dương Nội là hợp lý và đảm bảo tính bền vững.

Từ tài liệu thu thập và tính toán đã xác định được bán kính ảnh hưởng vùng hạ thấp S < 0,5 m là r = 3.159 m (xem Hình 3).



Hình 3. Diện tích khu vực có mực nước hạ thấp từ 0,5m (diện tích vòng tròn trên sơ đồ)(Nguồn: Công ty TNHH nước sạch Hà Đông, 2024).

4. Kết luận

Trong khu vực nghiên cứu vùng Dương Nội, quận Hà Đông, có 3 tầng chứa nước lỗ hổng, giữa các tầng chứa nước được phân cách với nhau bởi các lớp cách nước (thấm nước yếu). Các tầng chứa nước phân bố khá rộng rãi trong khu vực nghiên cứu, đặc biệt tầng chứa nước pleistocen dưới có bề dày lớn, mức độ chứa nước phong phú (giàu nước), chất lượng nước tốt, là đối tượng khai thác nước tốt cho sinh hoạt và sản xuất.

Trạm cấp nước Dương Nội khai thác tại 13 giếng khoan (gồm 12 giếng khai thác và 01 giếng dự phòng) với công suất 30.000m^3/ngày.đêm trong tầng chứa nước qp_1 với lưu lượng mỗi giếng khoan là 2.500 m^3/ngày đêm. Kết quả quan trắc cho thấy, mực nước động ở các giếng khoan đã đạt trạng thái gần ổn định và luôn nhỏ giới hạn cho phép (< 35 m).

Kết quả tính toán, dự báo mực nước hạ thấp của bãi giếng sau 5 năm, 10 năm cho thấy mực nước sâu nhất là 22,95 m vẫn nằm dưới mực nước động cho phép (<35 m), bán kính ảnh hưởng vùng hạ thấp S< 0,5 m là r = 3,159 m. Điều đó chứng tỏ các giếng trong bãi giếng khai thác có tính hợp lý, lưu lượng đảm bảo yêu cầu.

Tài liệu tham khảo

Công ty TNHH MTV Nước sạch Hà Đông, 2024. *Báo cáo hiện trạng khai thác nước dưới đất trạm cấp nước Dương Nội, Hà Đông công suất 30.000 m^3/ngày đêm, Hà Nội.*

Công ty TNHH MTV Nước sạch Hà Đông, 2019. *Báo cáo kết quả thăm dò đánh giá trữ lượng nước dưới đất phục vụ xây dựng Trạm cấp nước Dương Nội để cấp nước sinh hoạt, sản xuất tại quận Hà Đông và khu vực lân cận, công suất 30.000 m^3/ngày đêm, Hà Nội.*

Công ty TNHH MTV Nước sạch Hà Đông, 2015. *Báo cáo kết quả thăm dò đánh giá trữ lượng nước dưới đất phục vụ nâng công suất công trình cấp nước tại cơ sở I Bà Triệu - Hà Đông, TP Hà Nội từ 16.000 m^3/ngày đêm lên 22.000 m^3/ngày đêm, Hà Nội.*

Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước Quốc gia, 2018. *Báo cáo kết quả bảo vệ nước dưới*

đất đô thị Hà Nội thuộc Đề án "Bảo vệ nước dưới đất ở các đô thị lớn", Hà Nội.

Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Bắc, 1981. *Báo cáo thăm dò tỉ mỉ nước dưới đất vùng Hà Nội, Hà Nội.*

Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Bắc, 1993. *Báo cáo thăm dò nước dưới đất vùng Hà Nội mở rộng, Hà Nội.*

Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Bắc, 1999. *Báo cáo điều tra địa chất đô thị Hà Đông, Hà Nội*.

ABSTRACT

Evaluation of the rationality of groundwater extraction wells Duong Noi Ha Dong water supply station

Do Van Binh [1*]; Duong Thi Thanh Xuyen[2], Do Thi Hai[1], Tran Thi Kim Ha[1]

[1] Hanoi University of Mining and Geology

[2]Department of Pollution Control, Ministry of Natural Resources and Environment

Groundwater extraction will cause water levels in wells and affected areas to drop. According to regulations, the dynamic water level in exploited wells must not exceed 35m for wells in urban areas and not more than 30m for other areas. Duong Noi clean water supply station has 13 wells including (12 exploitation wells and 01 redundancy well) being exploited in the Lower Pleistocene aquifer (qp1). In order to assess the reasonableness and ensure the water exploitation activities in such wells, it is necessary to calculate and forecast the lowest water level or the deepest dynamic water level after the exploitation periods and compare it with the permissible dynamic water level. The paper used the hydrodynamic method to calculate and forecast the water level in the wells after 5 years, 10 years. The forecast results of the wells are still working well and the dynamic water level is below the permissible dynamic water level after 10 years. That shows that the wells are being exploited reasonably.

Keywords: Water exploitation; Duong Noi; dynamic water level; Rationality.

Kết quả khảo sát hoạt độ phóng xạ trong nước biển khu vực Hải Phòng - Quảng Ninh

Nguyễn Văn Dũng[1,*], Nguyễn Thị Thu Trang[2], Lê Anh Thơ[2], Bùi Chí Tiến[3]
[1]*Khoa Môi trường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Trường Đại học Kinh tế Quốc dân*
[3]*Liên đoàn Địa chất và khoáng sản biển*

TÓM TẮT

Hoạt độ của một số đồng vị phóng xạ tự nhiên (^{226}Ra, ^{232}Th, ^{238}U, ^{210}Po) và nhân tạo (^{137}Cs, ^{90}Sr) trong nước biển ven bờ khu vực Hải Phòng - Quảng Ninh được khảo sát năm 2022. Các đồng vị ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{238}U và ^{137}Cs được xác định bằng phương pháp kết tủa đồng thời và đo trên hệ phổ kế gamma phông thấp HPGe; các đồng vị ^{210}Po được xác định bằng phương pháp tách hóa phóng xạ và đo trên hệ phổ kế alpha; đồng vị ^{90}Sr được xác định bằng kỹ thuật tách hóa và đo trên hệ đếm tổng beta phông thấp. Kết quả phân tích hoạt độ của các đồng vị phóng xạ tự nhiên và nhân tạo ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{238}U, ^{210}Po, ^{137}Cs, ^{90}Sr lần lượt là 3,16÷6,09; 3,94÷9,86; 3,36÷7,22; 1,62÷2,99; 1,41÷2,44; 1,46÷2,34 mBq/l với các giá trị trung bình là 4,56; 5,89; 5,75; 3,29; 2,13; 1,86 mBq/l, tương ứng. Kết quả khảo sát có thể được xem là số liệu nền phông phóng xạ trong nước biển khu vực Hải Phòng - Quảng Ninh, là căn cứ để đánh giá sự ảnh hưởng của các hoạt động hạt nhân đối với môi trường biển trong tương lai.

Từ khóa: Phóng xạ tự nhiên; phóng xạ nhân tạo; phóng xạ trong nước biển.

1. Mở đầu

Các đồng vị phóng xạ luôn tồn tại trong các thành phần môi trường đất, nước và không khí. Các đồng vị tự nhiên có nguồn gốc từ vỏ Trái đất, phổ biến nhất là ^{40}K, các chuỗi phóng xạ ^{235}U, ^{238}U, ^{232}Th và một số các đồng vị ít phổ biến hơn là ^{50}V, ^{87}Rb, ^{113}Cd, ^{115}In, ^{123}Te, ^{138}La, ^{142}Ce,…; ngoài ra còn có các đồng vị được hình thành do tương tác của bức xạ vũ trụ với các thành phần khác trong khí quyển. Các đồng vị phóng xạ nhân tạo được hình thành từ các vụ thử hạt nhân trong khí quyển, các tai nạn hạt nhân và của các cơ sở hạt nhân. Theo một thống kê, tính đến thời điểm hiện nay trên toàn cầu đã có hơn 500 vụ thử vũ khí hạt nhân đã có một lượng lớn các đồng vị phóng xạ nhân tạo đã được phát tán vào khí quyển như là ^{3}H, ^{14}C, ^{90}Sr, ^{137}Sr, ^{230,240}Pu. Tai nạn tại các cơ sở hạt nhân trong quá khứ đã phát tán một lượng lớn các nhân phóng xạ nhân tạo vào môi trường. Sau tai nạn Chernobyl năm 1986, đồng vị ^{137}Cs và một số đồng vị khác đã phát tán rộng rãi và được tìm thấy trong không khí, đất, thảm thực vật và sữa. Một số đồng vị phóng xạ như ^{131}I, ^{134}Cs, ^{137}Cs, cũng được phát hiện ở nhiều nơi trên thế giới sau vụ tai nạn hạt nhân Fukushima năm 2011. Xuất phát từ nhu cầu bảo đảm an ninh năng lượng nhằm phát triển kinh tế xã hội, hiện nay các nước trong khu vực đã đưa các nhà máy điện hạt nhân vào hoạt động và xu thế vẫn tiếp tục phát triển điện hạt nhân. Vì thế, việc nghiên cứu xác định mức hoạt độ các đồng vị phóng xạ tự nhiên và nhân tạo trong môi trường biển là hết sức cần thiết.

Bài báo trình bày kết quả khảo sát và phân tích hoạt độ phóng xạ môi trường biển tại 02 vị trí khu vực Quảng Ninh – Hải Phòng. Các điểm khảo sát này được thiết kế dựa trên sự dịch chuyển của các dòng hải lưu nhưng cũng đặc trưng cho sự phân bố theo vĩ độ của các nhân phóng xạ trong môi trường và sự vận chuyển các chất phóng xạ trong vùng biển Vịnh Bắc Bộ Việt Nam từ Quảng Ninh – Hải Phòng.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng, phạm vi nghiên cứu

Mẫu nước biển ven bờ được lấy vào các tháng 3, 6, 9 và 12 năm 2022 tại khu vực Quảng Ninh - Hải Phòng nhằm xác định sự có mặt của các đồng vị phóng xạ tự nhiên và nhân tạo trong nước biển khu vực nghiên cứu. Vị trí thu góp cách bờ khoảng 1÷3 km với thể tích 400 l để phân tích các nhân phóng xạ ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{238}U, ^{137}Cs, ^{210}Po và ^{90}Sr. Vị trí lấy mẫu được đưa ra trên Hình 1.

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenvandung@humg.edu.vn



Hình 1. Sơ đồ vị trí lấy mẫu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Sau khi lấy, mẫu được xử lý sơ bộ tại hiện trường và chuyển về phòng thí nghiệm để xác định hoạt độ các đồng vị phóng xạ tự nhiên và nhân tạo theo các quy trình do Trung tâm Phân tích môi trường, Viện Khoa học và kỹ thuật hạt nhân thực hiện theo các quy chuẩn của Việt Nam và quốc tế, như sau: Các đồng vị ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{238}U, ^{137}Cs được làm giàu bằng phương pháp kết tủa đồng thời, với hiệu suất thu hồi đạt từ 89÷94%. Sau đó chúng được xác định trên hệ phổ kế gamma phông thấp; hệ đo dùng detector bán dẫn siêu tinh khiết HPGe có thể tích nhạy cỡ 138 cm^3, hiệu suất ghi tương đối 30%, tỉ số peak/compton 56, độ phân giải 1,90 keV tại 1332 keV của ^{60}Co. Detector được đặt trong buồng giảm phông hình trụ, phông tích phân trong dải năng lượng từ 100÷2000 keV là cỡ 2,1 số đếm/giây. Đồng vị ^{210}Po được làm giàu bằng phương pháp tủa chọn lọc, tách hóa phóng xạ để loại các yếu tố cản, tập trung lên tiêu bản đo bằng kỹ thuật điện phân. Hiệu suất thu hồi đối với ^{210}Po đạt 83÷91% được xác định qua đồng vị đánh dấu là ^{209}Po. Các tiêu bản mẫu được đo trên hệ phổ kế alpha Ensemble-2 với detctor bán dẫn Si – hàng rào mặt có diện tích bề mặt phần hoạt động 900 mm^2, độ phân giải ≤ 25 keV, hiệu suất ghi ≥ 25% và phông trong dải năng lượng trên 3MeV là ≤ 1 số đếm/giờ.

Xác định đồng vị ^{90}Sr bằng kỹ thuật tách hóa phóng xạ để làm giàu, loại bỏ các yếu tố cản và các đồng vị gây nhiễu khác, chờ 15 ngày để đạt cân bằng phóng xạ ^{90}Sr - ^{90}Y; sau đó tách và đo ^{90}Y trên hệ đếm bêta phông thấp. Hiệu suất thu hồi của quá trình tách đạt khoảng 77%. Hệ đếm tổng alpha và bêta phông thấp MPC 9300 dùng ống đếm tỷ lệ lưu khí kết hợp với mạch đối trùng và lớp buồng chì che chắn để giảm phông, có các đặc trưng: phông alpha: 0,002 số đếm/giây; phông bêta: 0,02 số đếm/ giây; hiệu suất ghi alpha: 29% với nguồn chuẩn ^{241}Am có đường kính 50,04 mm; hiệu suất ghi bêta: 35% với nguồn chuẩn hỗn hợp ^{90}Sr - ^{90}Y có đường kính 50,04 mm.

Độ tin cậy và chính xác của phương pháp được đánh giá thông qua việc phân tích các mẫu so sánh Quốc tế do IAEA tổ chức hàng năm, phân tích các mẫu chuẩn IAEA đã mã hóa và áp dụng quy trình chuẩn cũng như quy định về QA/QC do Bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành. Kết quả phân tích các đồng vị nêu trên trong mẫu nước biển ven bờ được công bố có độ không bảo đảm bảo đo với hệ số k = 2 và xác suất tin cậy P = 95%.

Ngoài xác định hoạt độ phóng xạ tự nhiên và nhân tạo, các thông số môi trường như pH, tổng chất rắn lơ lửng, độ dẫn,… cũng phân tích, đồng thời sử dụng nó làm cơ sở để lý giải cho sự biến thiên của các đồng vị trong môi trường biển.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả phân tích các thông số môi trường khu vực nghiên cứu

Kết quả phân tích-các thông số môi trường như: pH, tổng chất rắn lơ lửng,… trong nước biển ở Quảng Ninh - Hải Phòng vào các đợt khảo sát trong năm 2022 được đưa ra ở Bảng 1.

Bảng 1. Các thông số môi trường khu vực nghiên cứu.

TT	Vị trí khảo sát	Kí hiệu mẫu	Thông số môi trường			
			pH	Tổng chất rắn lơ lửng(g/l)	Độ dẫn (S/cm)	Độ muối (%)
1	Quảng Ninh	Đợt 1(3/2022)	7,65	12,07	47,82	34,05
		Đợt 2 (6/2022)	7,60	13,66	48,43	35,13
		Đợt 3 (6/2022)	7,84	22,93	48,25	34,31
		Đợt 4 (12/2022)	7,82	32,70	47,00	32,60
2	Hải Phòng	Đợt 1(3/2022)	8,18	16,02	48,91	34,23
		Đợt 2 (6/2022)	8,30	21,86	46,05	33,03
		Đợt 3 (6/2022)	8,44	31,86	45,61	32,02
		Đợt 4 (12/2022)	8,06	44,30	47,94	34,01

Từ Bảng 1, cho thấy tại vùng biển Quảng Ninh – Hải Phòng cho thấy các thông số môi trường như: pH, tổng chất rắn lơ lửng, độ dẫn và độ muối của nước biển ít biến động trong năm 2022.

3.2. Kết quả phân tích hoạt độ phóng xạ trong nước biển

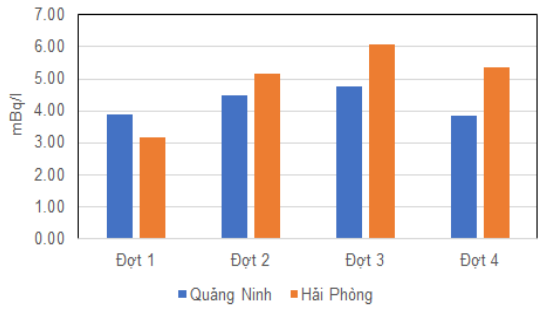
Kết quả phân tích hoạt độ các đồng vị phóng xạ tự nhiên và nhân tạo trong nước biển khu vực Quảng Ninh - Hải Phòng qua các đợt khảo sát năm 2022 được đưa ra trong Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả khảo sát phóng xạ mẫu nước biển vùng nghiên cứu.

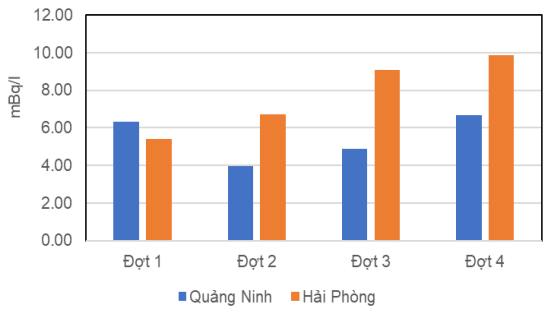
Đợt lấy mẫu	Hoạt độ phóng xạ (mBq/l)											
	^{226}Ra		^{232}Th		^{238}U		^{210}Po		^{137}Cs		^{90}Sr	
	QN	HP	QN	HP	QN	HP	QN	HP	QN	HP	QN	HP
Đợt 1	3,89	3,16	6,32	5,40	6,39	3,60	2,46	2,46	2,44	1,58	1,46	1,53
Đợt 2	4,49	5,16	3,94	6,70	4,17	5,63	2,59	2,99	1,84	1,41	1,56	2,19
Đợt 3	4,77	6,09	4,87	9,08	5,99	7,22	2,25	1,61	1,66	2,27	2,29	2,34
Đợt 4	3,86	5,36	6,69	9,86	4,53	6,05	2,32	2,71	1,60	2,05	1,76	1,74

(Ghi chú: QN: Quảng Ninh; HP: Hải Phòng)

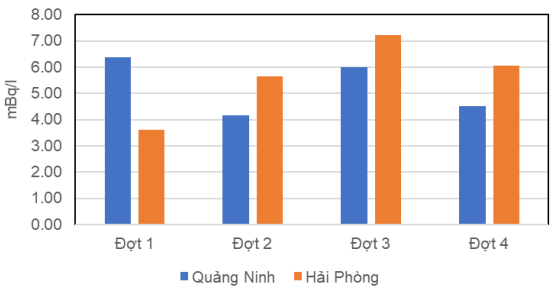
Từ Bảng 2, xây dựng được các biểu đồ sau:



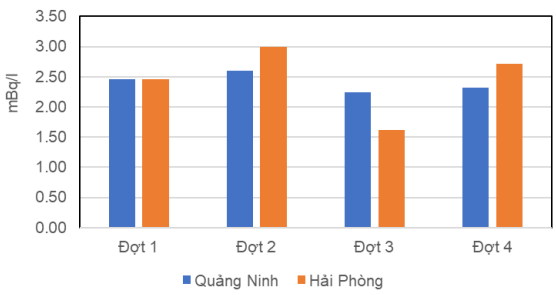
Hình 2. Biến thiên hoạt độ nhân phóng xạ ^{226}Rn trong nước biển ven bờ vùng Quảng Ninh – Hải Phòng.



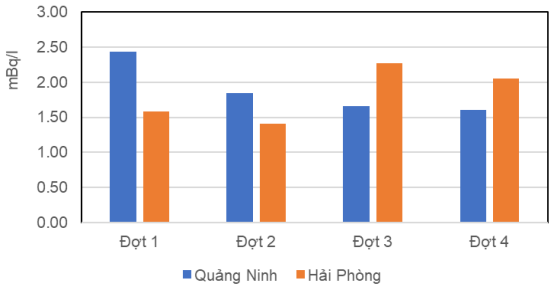
Hình 3. Biến thiên hoạt độ nhân phóng xạ ^{232}Th trong nước biển ven bờ vùng Quảng Ninh – Hải Phòng.



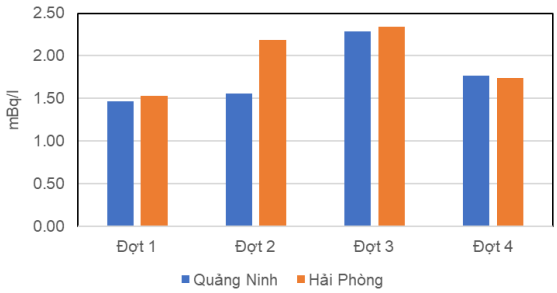
Hình 4. Biến thiên hoạt độ nhân phóng xạ ^{238}U trong nước biển ven bờ vùng Quảng Ninh – Hải Phòng.



Hình 5. Biến thiên hoạt độ nhân phóng xạ ^{210}Po trong nước biển ven bờ vùng Quảng Ninh – Hải Phòng.



Hình 6. Biến thiên hoạt độ nhân phóng xạ ^{137}Cs trong nước biển ven bờ vùng Quảng Ninh – Hải Phòng.



Hình 7. Biến thiên hoạt độ nhân phóng xạ ^{90}Sr trong nước biển ven bờ vùng Quảng Ninh – Hải Phòng.

Qua Bảng 2 cho thấy hoạt độ phóng xạ tự nhiên và nhân tạo trong các đợt khảo sát dao động không nhiều giữa các vị trí lấy mẫu. Cụ thể như sau:

+ Đồng vị phóng xạ ^{226}Ra không có biến động đáng kể giữa các vị trí lấy mẫu, hoạt độ ^{226}Ra trung bình trong nước biển là 4,56 mBq/l. Hoạt độ ^{226}Ra trung bình trong nước biển ở Hải Phòng lớn hơn hoạt độ ^{226}Ra trung bình khu vực Quảng Ninh. Điều này được giải thích là do tổng chất rắn lơ lửng tồn tại trong nước dưới dạng huyền phù ảnh hưởng rất lớn đến hoạt độ phóng xạ ^{226}Ra, ^{226}Ra hấp phụ trong cặn sẽ bị giải hấp và đóng góp lớn vào giá trị hoạt độ ^{226}Ra trong nước biển.

+ Đồng vị ^{232}Th là đồng vị phóng xạ tự nhiên có chu kỳ bán rã 14,05 tỉ năm, là nguyên tố khó tan trong môi trường nước, dễ gắn kết với các hạt lơ lửng và đi vào trầm tích biển. Qua 4 đợt khảo sát nhận thấy hoạt độ của ^{232}Th có xu hướng tăng nhẹ từ tháng 3 đến tháng 12 trong năm. Giá trị hoạt độ trung bình của ^{232}Th ở Hải Phòng là 8,79 mBq/l cao hơn ở Quảng Ninh (5,11 mBq/l) khoảng 1,,7 lần vào các đợt 2, 3, và 4. Điều này là do tổng chất rắn lơ lửng không tan có chứa ^{232}Th trong nước biển tại Hải Phòng lớn hơn nhiều so với Quảng Ninh.

+ Đồng vị ^{238}U là đồng vị phóng xạ tự nhiên có chu kỳ bán rã 4,47 tỉ năm, dễ tan trong môi trường nước biển hơn so với ^{232}Th. Trong các đợt khảo sát, hoạt độ ^{238}U trung bình tại khu vực khảo sát là 5,,57 mBq/l và chúng không có thay đổi đáng kể giữa các đợt khảo sát trong năm 2022.

+ Đồng vị ^{210}Po là đồng vị phóng xạ tự nhiên có chu kỳ bán rã 138 ngày. Hoạt độ ^{210}Po trong năm 2022 ở khu vực khảo sát không có sự thay đổi đáng kể giữa các đợt lấy mẫu và giá trị trung bình 3,29 mBq/l.

+ Đồng vị ^{137}Cs là đồng vị phóng xạ nhân tạo có chu kỳ bán rã 30 năm. Hoạt độ trung bình ^{137}Cs trong nước biển tại điểm khảo sát là 2,13 mBq/l và không có sự biến động đáng kể nào so với các đợt khảo sát. Các điểm khảo sát tại Quảng Ninh và Hải Phòng có hoạt độ ^{137}Cs trong nước biển có giá trị tương đương nhau.

+ Đồng vị ^{90}Sr là đồng vị phóng xạ nhân tạo có chu kỳ bán rã 29 năm. Theo kết quả khảo sát hoạt độ ^{90}Sr trong nước biển tại khu vực khảo sát không có sự thay đổi thực sự rõ ràng giữa các đợt lấy mẫu. Hoạt độ ^{90}Sr trung bình trong nước biển tại Quảng Ninh và Hải Phòng là 1,86 mBq/l. Bảng 3 trình bày kết quả về hoạt độ của các đồng vị phóng xạ tự nhiên và nhân tạo trong nước biển ở phía bắc nước ta cùng với vùng Châu Á – Thái Bình Dương.

Bảng 3. Hoạt độ phóng xạ trong mẫu nước biển ven bờ tại khu vực Quảng Ninh – Hải Phòng qua các đợt khảo sát và vùng Châu Á – Thái Bình Dương.

TT	Đồng vị phóng xạ	Quảng Ninh	Hải Phòng	Vùng Châu Á – Thái Bình Dương
1	^{226}Ra	3,86÷4,77	3,16÷6,09	0,50÷4,14
2	^{232}Th	3,94÷6,69	5,40÷9,86	5,27
3	^{238}U	4,17÷6,39	3,36÷7,22	1,00÷5,29
4	^{210}Po	2,25÷2,59	1,62÷2,99	0,20÷1,84
5	^{137}Cs	1,60÷2,44	1,41÷2,27	0,13÷2,95
6	^{90}Sr	1,46÷2,29	1,53÷2,34	0,67÷2,01

Kết quả từ Bảng 3 cho thấy rằng, các đồng vị phóng xạ tự nhiên và nhân tạo nêu trên tại vùng biển Quảng Ninh – Hải Phòng có mức hoạt độ tương đương với vùng biển Châu Á – Thái Bình Dương.

4. Kết luận

Hoạt độ các đồng vị phóng xạ tự nhiên và nhân tạo tại các điểm khảo sát ở Quảng Ninh – Hải Phòng có giá trị trung bình nằm trong khoảng giá trị tại vùng biển Châu Á Thái - Bình Dương.

Qua các đợt khảo sát trong năm 2022 nhận thấy rằng, chất lượng nước ven bờ tại các vùng biển Quảng Ninh – Hải Phòng không có biến động lớn, vào các thời điểm giao mùa. Có thể nhận xét là: các hoạt động ứng dụng năng lượng nguyên tử phục vụ nhu cầu phát triển kinh tế – xã hội trong nước, hoạt động của các nhà máy điện hạt nhân của các nước trong khu vực chưa ảnh hưởng đến chất lượng nước biển ven bờ phía nam Việt Nam. Tuy nhiên, việc theo dõi những diễn biến chất lượng môi trường biển cần được quan tâm đúng mức.

Tài liệu tham khảo

Cunningham, J.D., MacNeill, G., Pollard, D., (1987), Chernobyl. Its effect on Ireland. Dublin: Nuclear Energy Board.

AEA/RCA/UNDP Project, Asia-Pacific marine radioactivity database (ASPAMARD), 2018, http://aspamard.pnri.dost.gov.ph/home.

European Commission, "Main findings of the Commission's Article 35 verification in Ireland", Irish National Monitoring Network for Environmental Radioactivity. Reference of report: IE-07/03, 2008.

K. Hirose, M. Aoyama, C. S. Kim, "Plutonium in seawater of the Pacific Ocean", Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2007.

IAEA, (1989), Measurement of Radionuclides in Food and the Environment, Technical Reports series 295, International Atomic Energy Agency, Vienna,.

McAulay, I.R. and Moran, D., (1989), Radiocaesium fallout in Ireland from the Chernobyl accident, Journal of Radiological Protection, Vol. 9, (1), p. 29-32.

Mc Ginnity, P., Currivan, L., Duffy, J., Hanley, O., Kelleher, McKittrick, L., Ó Colmáin, M., Organo, C., Smith, K., Somerville, S., Wong, J. McMahon, C., 2012a. Assessment of the impact on Ireland of the 2011 Fukushima Nuclear Accident. RPII 12/01. Dublin: Radiological Protection Institute of Ireland

N. Casacuberta, P. Masqu´e J. Garcia-Orellana, R. Garcia-Tenorio, and K.O. Buesseler, "90Sr and 89Sr in seawater off Japan as a consequence of theFukushima Daiichi nuclear accident", Biogeosciences, 10, 3649–3659, 2015.

Ryan, T.P., 1992. Nuclear fallout in the Irish terrestrial environment, Ph.D. Thesis, Dublin: University College Dublin

Ryan, T.P., Mitchell, P.I., Sanchez-Cabeza, J.A., Smith, V and Vives i Batlle, J., "Distribution of radioactive fallout throughout Ireland. In: Science, Green Issues and the Environment: Ireland and the Global Crisis". (Eds. D.D.G. McMillan, C.O'Rourke, D.J. Fry and H.D. McMillan), p. 276-283. 1993

The Environmental Behaviour of Radium, Technical Reports series No. 310, IAEA, Vienna, 1990.

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), 2008, New York: United Nations.

ABSTRACT

Results of survey on radioactive activity in seawater in Hai Phong - Quang Ninh area

Nguyen Van Dung[1,*], Nguyen Thi Thu Trang[2], Le Anh Tho[2], Bui Chi Tien[3],

[1]Faculty of Environment, University of Mining and Geology

[2]National Economics University

[3]Marine Geology and Mineral Center

Activities of some natural (^{226}Ra, ^{232}Th, ^{238}U, ^{210}Po) and artificial (^{137}Cs, ^{90}Sr) radioactive isotopes in coastal seawater in the Hai Phong - Quang Ninh area were surveyed in 2022. Isotopes ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{238}U and ^{137}Cs were determined by simultaneous precipitation method and measured on HPGe low-background gamma spectrometer; ^{210}Po isotopes were determined by radioactive chemical separation method and measured on alpha spectrometer; ^{90}Sr isotopes were determined by chemical separation technique and measured on low-background total beta counting system. The results of the analysis of the activities of natural and artificial radioactive isotopes ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{238}U, ^{210}Po, ^{137}Cs, ^{90}Sr are respectively 3.16÷6.09; 3.94÷9.86; 3.36÷7.22; 1.62÷2.99; 1.41÷2.44; 1.46÷2.34 mBq/L with average values of 4.56; 5.89; 5.75; 3.29; 2.13; 1.86 mBq/L, respectively. The survey results can be considered as background data of radioactive background in seawater in the Hai Phong - Quang Ninh area, which is the basis for assessing the impact of nuclear activities on the marine environment in the future.

Keywords: Natural radiation; artificial radiation; radiation in seawater.

Đánh giá chất lượng môi trường đất và nước tại một số làng nghề chế tác kim loại và cơ kim khí

Nguyễn Mai Hoa*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Trong danh mục 47 làng nghề ô nhiễm đặc biệt nghiêm trọng cần xử lý phân bố trên địa bàn cả nước được Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố, các làng nghề chế tác kim loại và cơ kim khí chiếm 19,15%. Nghiên cứu được thực hiện dựa trên các phương pháp thu thập, tổng hợp và phân tích số liệu; phương pháp lấy và phân tích mẫu nước mặt và đất. Các thông số ô nhiễm đặc thù là Cu, Pb, Fe, Al trong 70 mẫu nước mặt và 35 mẫu đất tại 7 làng nghề chế tác kim loại và cơ kim khí đã được phân tích để tính toán hệ số ô nhiễm A cho từng làng nghề. Kết quả cho thấy nước mặt tại 04/07 làng nghề (57,14%) bị ô nhiễm nghiêm trọng; 01/07 làng nghề (14,29%) bị ô nhiễm và chỉ có 02/07 làng nghề (28,57%) không ô nhiễm. Kết quả phân tích cho thấy môi trường đất tại các làng nghề chế tác kim loại và cơ kim khí hầu hết đã bị ô nhiễm bởi các thông số kim loại nặng do quá trình tích tụ từ hoạt động sản xuất của làng nghề trong nhiều năm qua. Từ giá trị của hệ số ô nhiễm A tính toán được thì có 06/07 làng nghề được khảo sát (chiếm 85,71%) có môi trường đất bị ô nhiễm nghiêm trọng và 01 làng nghề còn lại môi trường đất cũng đã bị ô nhiễm.

Từ khóa: làng nghề; kim loại; cơ kim khí; ô nhiễm.

1. Đặt vấn đề

Trong những năm qua, cùng với sự phát triển kinh tế - xã hội, thực trạng môi trường đang nảy sinh nhiều hệ lụy phức tạp, trong đó nổi lên một số vấn đề ô nhiễm môi trường tại các làng nghề.

Theo số liệu được thống kê, trên cả nước hiện có 4.575 làng nghề, trong đó có 1.951 làng nghề được công nhận (1.062 làng nghề mới và 889 làng truyền thống). Các làng nghề phân bố không đồng đều giữa các vùng, miền (miền Bắc khoảng 60%, miền Trung 30%, miền Nam 10%) (Bộ TN&MT, 2021).

Công tác bảo vệ môi trường tại các làng nghề ở nước ta chưa được quan tâm đúng mức, rất ít làng nghề có hệ thống thu gom và xử lý chất thải rắn, nước thải. Theo báo cáo công tác bảo vệ môi trường của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (NN&PTNT) năm 2020, mới có 16,1% làng nghề có hệ thống xử lý nước thải tập trung đạt yêu cầu về bảo vệ môi trường; tỷ lệ làng nghề có điểm thu gom chất thải rắn công nghiệp chỉ đạt 20,9%; nhiều làng nghề hiện vẫn xả thải bừa bãi gây tác động xấu tới cảnh quan, gây ô nhiễm môi trường không khí, nước và đất (Bộ NN&PTNT, 2020). Theo báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia năm 2014 – Môi trường nông thôn, chất lượng môi trường tại hầu hết khu vực sản xuất trong các làng nghề nông thôn đều không đạt tiêu chuẩn. Các nguy cơ mà người lao động tiếp xúc khá cao: 95% người lao động có nguy cơ tiếp xúc với bụi, 86,9% tiếp xúc với nhiệt, 59,6% tiếp xúc với hóa chất (Bộ TN&MT, 2015).

Để giải quyết các vấn đề ô nhiễm môi trường làng nghề, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 577/QĐ-TTg phê duyệt Đề án BVMT làng nghề đến năm 2020 và định hướng đến năm 2030. Đề án đã xác định danh mục và mục tiêu xử lý triệt để ô nhiễm môi trường tại 47 làng nghề ô nhiễm nghiêm trọng trên cả nước. Đáng chú ý, trong số 47 làng nghề ô nhiễm nghiêm trọng cần xử lý đã được xác định và công bố thì loại hình chế tác kim loại và sản xuất cơ kim khí có 09 làng nghề (chiếm 19,2%). Do đặc thù của quá trình tái chế và gia công kim loại làm phát sinh hơi axit, kiềm (từ khâu tẩy rửa, làm sạch bề ngoài trước khi mạ), hơi một số oxit kim loại như ZnO, Al_2O_3 và ô nhiễm nhiệt. Nước thải từ các quá trình gia công cơ kim khí phát sinh chủ yếu từ các công đoạn làm mát, tẩy rửa - mạ kim loại, vệ sinh thiết bị, nhà xưởng thường chứa nhiều bụi bẩn, rỉ sắt, dầu mỡ và một số hóa chất độc hại như: HCl, NaOH, Fe^{3+}, CN^-, Zn^{2+}, Cr^{3+}, Ni^{2+},... Nước thải mạ có độ màu rất cao, đặc biệt hàm lượng các kim loại nặng như Cr^{6+}, Zn^{2+}, Pb^{2+} lớn hơn từ 1,5÷10 lần tiêu chuẩn cho phép (Nguyễn Thị Thu Hà, 2023). Các loại chất thải rắn phát sinh trong quá trình sản xuất thường có hàm lượng kim loại rất cao, chứa dầu mỡ, các chất khoáng. Nếu việc thải bỏ chất thải rắn không theo quy hoạch và không được quản lý chặt chẽ thì lượng chất độc này dễ ngấm vào đất,

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenmaihoa@humg.edu.vn

tích tụ lại lâu dần sẽ làm suy thoái chất lượng môi trường đất của làng nghề. Vì vậy, đây là nhóm làng nghề tiềm ẩn nguy cơ gây ô nhiễm kim loại nặng đối với môi trường cần được quan tâm quản lý đặc biệt. Xuất phát từ thực tế trên, đánh giá chất lượng môi trường tại các làng nghề chế tác kim loại và cơ kim khí để làm cơ sở cho công tác quản lý, đề xuất các giải pháp bảo vệ môi trường phù hợp hướng đến phát triển làng nghề một cách bền vững là một nhiệm vụ thực tiễn cấp thiết được đặt ra hiện nay.

2. Phạm vi và phương pháp nghiên cứu

2.1. Phạm vi nghiên cứu

Trong 09 làng nghề chế tác kim loại, cơ kim khí thuộc danh mục các làng nghề ô nhiễm môi trường đặc biệt nghiêm trọng cần xử lý đã được xác định và công bố trong Quyết định số 577/QĐ-TTg có 07 làng nghề hiện đang hoạt động và đã được điều tra, khảo sát, lấy mẫu phân tích để đánh giá chất lượng môi trường trong báo cáo này.

Bảng 1. Danh mục các làng nghề được điều tra, khảo sát, lấy mẫu và phân tích.

TT	Tên làng nghề	Địa phương
1	Làng nghề đúc đồng Đại Bái	Xã Đại Bái, huyện Gia Bình, tỉnh Bắc Ninh
2	Làng nghề cơ kim khí Rùa Hạ	Xã Thanh Thùy, huyện Thanh Oai, TP. Hà Nội
3	Làng nghề đúc cơ khí Mỹ Đồng	Xã Mỹ Đồng, huyện Thủy Nguyên, TP.Hải Phòng
4	Làng nghề cơ khí, đúc Bình Yên	Xã Nam Thanh, huyện Nam Trực, tỉnh Nam Định
5	Làng nghề cơ kim khí Vân Chàng	Thị trấn Nam Giang, huyện Nam Trực, tỉnh Nam Định
6	Làng nghề chạm bạc xã Lê Lợi	Xã Hồng Thái, huyện Kiến Xương, tỉnh Thái Bình
7	Làng nghề đúc đồng Phường Đúc	TP. Huế, tỉnh Thừa Thiên Huế

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp thu thập, tổng hợp, phân tích, đánh giá số liệu, tài liệu

Nghiên cứu đã tiến hành thu thập, tổng hợp, phân tích, đánh giá số liệu, tài liệu từ: các UBND và Sở TNMT của 6 tỉnh/thành phố nơi có làng nghề chế tác kim loại, cơ kim khí thuộc danh mục các làng nghề ô nhiễm môi trường đặc biệt nghiêm trọng cần xử lý và kết quả thực hiện các đề tài, dự án liên quan khác.

2.2.2. Phương pháp lấy mẫu và phân tích

Tại mỗi làng nghề, tiến hành lấy 10 mẫu môi trường nước mặt và 05 mẫu môi trường đất để phân tích các thông số môi trường đặc thù theo loại hình sản xuất chế tác kim loại, cơ kim khí là Cu, Pb, Cr, Ni, Fe, Zn và dầu mỡ khoáng. Quá trình lấy, bảo quản và vận chuyển mẫu tuân thủ theo các tiêu chuẩn hiện hành. Các mẫu sau khi lấy được bảo quản trong thùng chuyên dụng và gửi về phân tích tại Trung tâm Môi trường và Khoáng sản – Chi nhánh Công ty Cổ phần Đầu tư CM (mã số VIMCERTS 34) vào tháng 9 năm 2023.

Bảng 2. Các phương pháp, thiết bị sử dụng trong quá trình lấy và phân tích mẫu.

TT	Chỉ tiêu	Phương pháp, thiết bị sử dụng
	Lấy mẫu	TCVN 6663-4:2020 (ISO 5667-4:2016) - Chất lượng nước - Lấy mẫu – Phần 4: Hướng dẫn lấy mẫu từ các hồ tự nhiên và hồ nhân tạo. TCVN 6663-3:2016 (ISO 5667-3:2012) - Chất lượng nước - Lấy mẫu. Hướng dẫn bảo quản và xử lý mẫu. TCVN 7538-2:2005 (ISO 10381-2:2002) - Chất lượng đất - Lấy mẫu - Phần 2: Hướng dẫn kỹ thuật lấy mẫu.
1	Cu, Pb, Zn, Cr, Ni	TCVN 6496:2009 (ISO 11047:1998) - Chất lượng nước - Xác định cadimi, crom, coban, chì, đồng, kẽm, mangan và niken trong dịch chiết đất bằng cường thủy - Các phương pháp phổ hấp thụ nguyên tử ngọn lửa và nhiệt điện (không ngọn lửa) TCVN 6193:1996 (máy quang phổ hấp thụ nguyên tử AAS PinAAcle 900F của hãng PERKIN ELMER; ngưỡng giới hạn đo từ 0,001÷10 mg/l)
2	Fe	TCVN 6177:1996 (máy quang phổ kế UV - VIS, ngưỡng giới hạn đo từ 0,01÷5 mg/l)
3	Dầu mỡ	TCVN 5070:1995 (Phương pháp khối lượng, giới hạn đo ≥ 0,3 mg/l)

Đơn vị chịu trách nhiệm phân tích mẫu đã thực hiện việc hiệu chuẩn bảo trì và kiểm soát các trang thiết bị phân tích theo định kỳ (QA). Ngoài ra, để kiểm soát chất lượng mẫu phân tích, Trung tâm Môi trường và Khoáng sản luôn sử dụng các loại mẫu kiểm soát chất lượng nội bộ (QC) như: mẫu trắng phương pháp, mẫu lặp, mẫu chuẩn đối chứng (CRM), mẫu thêm chuẩn, mẫu control chart. Các mẫu kiểm soát được sử dụng phù hợp với từng thông số phân tích.

2.2.3. Phương pháp xây dựng hệ số ô nhiễm A

Để đánh giá mức độ ô nhiễm môi trường làng nghề sử dụng hệ số ô nhiễm A tính toán dựa trên các thông số ô nhiễm môi trường đặc thù của làng nghề. Công thức tính hệ số ô nhiễm A:

$$A = \frac{\frac{C_1}{C_{q1}} + \frac{C_2}{C_{q2}} + ... + \frac{C_n}{C_{qn}}}{n} \quad (1)$$

Trong đó: C_1, C_2... C_n: Giá trị các thông số ô nhiễm đặc thù trong môi trường xung quanh đối với làng nghề chế tác kim loại, cơ kim khí, tính trung bình cho các lần lấy mẫu trong năm (đối với mẫu nước gồm 7 thông số là Cu, Pb, Cr, Ni, Fe, Zn và dầu mỡ khoáng; đối với mẫu đất gồm 5 thông số là Cu, Pb, Cr, Ni và Zn).

C_{q1}, C_{q2},... C_{qn}: Giá trị ngưỡng của các thông số trên được quy định tại quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng môi trường xung quanh tương ứng (QCVN 08:2023/BTNMT đối với nước mặt và QCVN 03:2023/BTNMT đối với đất).

n: Số lượng các thông số ô nhiễm đặc thù.

Bảng 3. Phân loại mức độ ô nhiễm môi trường dựa vào hệ số ô nhiễm A.

Hệ số ô nhiễm A	Phân loại mức độ ô nhiễm
A ≤ 1,0	Không ô nhiễm môi trường
1,0 <A ≤2,0	Ô nhiễm môi trường
A > 2,0	Ô nhiễm môi trường nghiêm trọng

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Chất lượng nước mặt

Theo kết quả tính toán hệ số ô nhiễm A cho thấy:

- Có 02/07 làng nghề được khảo sát có hệ số ô nhiễm A < 1,0 (làng nghề không gây ô nhiễm môi trường) bao gồm: Làng nghề chạm bạc xã Lê Lợi và làng nghề đúc đồng Phường Đúc, TP. Huế do hiện nay hoạt động sản xuất rất cầm chừng vì vậy nước thải sản xuất hầu như không phát thải ra môi trường.
- Có 01/07 làng nghề được khảo sát có hệ số ô nhiễm A: 1,0 < A <2,0 (làng nghề ô nhiễm môi trường: làng nghề cơ kim khí Vân Chàng, thị trấn Nam Giang.
- Có 04/07 làng nghề được khảo sát có hệ số ô nhiễm A > 2,0 (làng nghề ô nhiễm môi trường nghiêm trọng) bao gồm: làng nghề đúc đồng Đại Bái, huyện Gia Bình, tỉnh Bắc Ninh; làng nghề cơ kim khí Rùa Hạ, huyện Thanh Oai, TP. Hà Nội; làng nghề đúc cơ khí Mỹ Đồng và làng nghề cơ khí đúc Bình Yên, tỉnh Nam Định. Đặc điểm chung của các làng nghề này là nước thải chứa hàm lượng kim loại nặng Fe, Cu, Pb với hàm lượng rất cao (hàm lượng Cu dao động từ 1÷10 mg/l vượt giới hạn cho phép (GHCP) tối đa tới 5 lần; hàm lượng Fe dao động từ 1,5÷3 mg/l vượt GHCP tối đa tới 3 lần, hàm lượng Pb dao động từ 0,1÷1,0 mg/l vượt GHCP tối đa 2 lần). Các làng nghề này hầu hết chưa được xây dựng hệ thống thu gom và xử lý nước thải tập trung. Nước thải từ quá trình hoạt động của các làng nghề đổ thẳng trực tiếp ra nguồn tiếp nhận là nguyên nhân gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng.

Bảng 4. Mức độ ô nhiễm nước mặt tại các làng nghề được khảo sát, lấy mẫu phân tích.

TT	Tên làng nghề	Hệ số ô nhiễm A										Đánh giá mức độ ô nhiễm
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	
1	Đúc đồng Đại Bái	8,4	9,4	8,5	9,0	10,3	8,9	8,5	7,9	7,6	7,8	Ô nhiễm nghiêm trọng
2	Cơ kim khí Rùa Hạ	4,3	3,2	2,5	4,7	4,1	4,2	4,4	6,2	7,0	6,9	Ô nhiễm nghiêm trọng
3	Đúc cơ khí Mỹ Đồng	3,2	4,0	4,6	3,8	3,2	10,9	5,3	7,1	3,6	2,3	Ô nhiễm nghiêm trọng
4	Cơ khí, đúc Bình Yên	2,4	4,2	1,5	1,6	2,5	1,3	2,8	3,3	3,5	3,1	Ô nhiễm nghiêm trọng
5	Cơ kim khí Vân Chàng	0,9	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,3	1,1	1,1	Ô nhiễm
6	Chạm bạc xã Lê Lợi	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	Không ô nhiễm
7	Đúc đồng Phường Đúc	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	Không ô nhiễm

3.2. Chất lượng môi trường đất

Theo kết quả tính toán hệ số ô nhiễm A cho thấy: có 01 làng nghề là làng đúc đồng Phường Đúc, TP. Huế có hệ số ô nhiễm A: 1 < A < 2 (ô nhiễm), còn 06/07 làng nghề được khảo sát có hệ số ô nhiễm A > 2,0 (ô nhiễm nghiêm trọng). Kết quả phân tích cho thấy môi trường đất của các làng nghề cơ kim khí hầu hết đã bị ô nhiễm bởi các thông số kim loại và kim loại nặng (Cu, Pb, Cr, Ni và Zn). Tại làng nghề chạm bạc xã Lê Lợi mặc dù hiện nay hoạt động sản xuất rất cầm chừng nhưng môi trường đất vẫn bị ô nhiễm nghiêm trọng do quá trình tích tụ từ hoạt động sản xuất của làng nghề trong nhiều năm qua.

Bảng 5. Mức độ ô nhiễm môi trường đất tại các làng nghề được khảo sát, lấy mẫu phân tích.

TT	Tên làng nghề	Hệ số ô nhiễm A					Đánh giá mức độ ô nhiễm
		A1	A2	A3	A4	A5	
1	Đúc đồng Đại Bái	3,6	3,7	3,7	3,6	3,6	Ô nhiễm nghiêm trọng
2	Cơ kim khí Rùa Hạ	2,5	2,6	2,5	2,5	2,5	Ô nhiễm nghiêm trọng
3	Đúc cơ khí Mỹ Đồng	3,2	3,3	3,3	3,2	3,3	Ô nhiễm nghiêm trọng
4	Cơ khí, đúc Bình Yên	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	Ô nhiễm nghiêm trọng
5	Cơ kim khí Vân Chàng	6,0	4,0	5,4	5,2	5,8	Ô nhiễm nghiêm trọng
6	Chạm bạc xã Lê Lợi	5,6	5,6	6,1	6,1	5,7	Ô nhiễm nghiêm trọng
7	Đúc đồng Phường Đúc	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	Không ô nhiễm

3.3. Tình hình xây dựng và thực hiện các dự án xử lý ô nhiễm theo Chương trình mục tiêu quốc gia về khắc phục ô nhiễm và cải thiện môi trường tại các làng nghề sản xuất chế tác kim loại và cơ kim khí

Trong thời gian qua, công tác bảo vệ môi trường khu vực nông thôn nói chung và làng nghề nói riêng đã từng bước được quan tâm bởi chính quyền các cấp và có những chuyển biến tích cực, các làng nghề được quy hoạch trong cụm công nghiệp và được nâng cấp công nghệ sản xuất, qua đó một phần chất thải phát sinh đã được kiểm soát. Căn cứ Chương trình mục tiêu quốc gia, Đề án bảo vệ môi trường làng nghề; Chiến lược bảo vệ môi trường và Nghị quyết số 35/NQ-CP của Chính phủ về những vấn đề cấp bách trong công tác bảo vệ môi trường, Nghị quyết số 113/2015/QH13 của Quốc hội về giải quyết vấn đề ô nhiễm môi trường tại các làng nghề, việc đẩy mạnh tiến độ thực hiện xử lý ô nhiễm môi trường tại 47 làng nghề bị ô nhiễm nghiêm trọng đã được triển khai. Hiện đã có 39/47 làng nghề (đạt 72%) xử lý triệt để hoặc xây dựng dự án xử lý ô nhiễm môi trường.Tuy nhiên, vẫn còn 08/47 làng nghề (28%) ô nhiễm nghiêm trọng tại Quyết định số 577/QĐ-TTg chưa triển khai các biện pháp xử lý ô nhiễm môi trường (Nguyễn Thị Thu Hà, 2023), vẫn còn nhiều làng nghề chưa di dời vào trong cụm công nghiệp, trong đó có các làng nghề sản xuất chế tác kim loại và cơ kim khí.

Bảng 5. Một số hoạt động xử lý, khắc phục ô nhiễm và cải thiện môi trường tại các làng nghề sản xuất chế tác kim loại và cơ kim khí được khảo sát.

TT	Tên làng nghề	Hoạt động	Năm thực hiện	Đơn vị đầu tư
1	Đúc đồng Đại Bái	Xây dựng CCN làng nghề tập trung với diện tích 6,2 ha. Trong cụm đã đầu tư xây dựng hệ thống XLNT (hiện tại không còn hoạt động); có 02 cơ sở đã lắp đặt hệ thống xử lý khí thải. Dự án đầu tư xây dựng công trình xử lý ô nhiễm được UBND tỉnh Bắc Ninh phê duyệt tại Quyết định số 1140/QĐ-UBND ngày 29/10/2014 với tổng kinh phí 52.115.157.000 đồng từ nguồn sự nghiệp tài nguyên môi trường được giao hàng năm và các nguồn vốn khác do UBND huyện Gia Bình làm chủ đầu tư đến nay dự án vẫn chưa được triển khai do chưa bố trí được nguồn kinh phí.	2002	JICA - Nhật Bản tài trợ
2	Cơ kim khí Rùa Hạ	Di dời 35 hộ gia đình sản xuất ra CCN Thanh Thùy, xây dựng Trạm XLNT CCN Thanh Thùy với công suất 4.000 m^3/ngày đêm (trong đó đấu nối nước thải của làng nghề cơ kim khí).	2003	Sở TN&MT và xã hội hoá
3	Đúc cơ khí Mỹ Đồng	Di dời được 22 cơ sở vào khu tập trung quy mô 5,4 ha. Năm 2013, đã thực hiện khảo sát địa hình nhưng đến nay vẫn chưa có kinh phí để tiếp tục triển khai dự án "Khắc phục ô nhiễm môi trường làng nghề đúc đồng xã Mỹ Đồng huyện Thủy Nguyên".	2013	UBND thành phố Hải Phòng

4	Cơ khí, đúc Bình Yên	Đã xây dựng hệ thống thu gom và xử lý nước thải tập trung với công suất 500 m^3/ngày đêm với quy trình công nghệ xử lý hóa lý kết hợp vi sinh nhiều bậc theo chế độ vận hành tự động; hồ điều hòa nước thải diện tích hơn 500 m^2; đường nội bộ; cây xanh. Các hạng mục công trình của dự án gồm: xây dựng hệ thống đường cống thoát nước thải chung của làng nghề gồm cống hộp B400 – B1000 (tùy từng khu vực) có tổng chiều dài là 6.568,7 m, trên các tuyến cống có thiết kế 71 hố ga lắng cặn. Xử lý chất thải tồn dư và nạo vét kênh mương bị ô nhiễm. Xây dựng nhà kho diện tích 504 m^2 để tập kết tro xỉ nguy hại sau đó vận chuyển đi xử lý. Năm 2011, Cục Kiểm soát ô nhiễm - Tổng cục Môi trường phối hợp với Công ty Cổ phần thân thiện môi trường Bách Khoa (BKEST) xây dựng mô hình xử lý khí thải của lò đúc nhôm làng nghề Bình Yên. Hiện nay, đa số hộ sản xuất đã từng bước nâng cao ống khói, lắp đặt các công nghệ xử lý để hạn chế khí thải phát thải ra môi trường không khí.	2013	Sở TN&MT, Tổng cục Môi trường, Cơ quan hợp tác Thụy Sỹ
5	Cơ kim khí Vân Chàng	Di dời các cơ sở sản xuất ra khỏi làng nghề: 80 hộ di dời vào CCN Vân Chàng và 32 cơ sở di dời vào CCN Đồng Côi. Dự án quản lý chất thải nguy hại tỉnh Nam Định đã hỗ trợ làng nghề thu gom xử lý chất thải, xây dựng các hạng mục: Đường cống thu gom nước thải làng nghề gần 1.000 m, xây dựng hệ thống xử lý nước thải với bể điều hòa 4 ngăn, 2 hồ sinh học, sân phơi bùn. Nước thải sản xuất (phát sinh từ các công đoạn làm mát, cô đúc, nhúng rửa) sẽ chảy ra cống thu gom thoát nước thải của làng nghề, tiếp theo chảy sang hồ điều hòa phía cuối làng nghề, xử lý sơ bộ đảm bảo chỉ tiêu loại B trước khi vào hệ thống kênh thủy nông Nam Ninh. Năm 2018, UBND thị trấn Nam Giang triển khai dự án nạo vét, kiên cố hóa hồ sinh học điều tiết nước thải tại làng nghề Vân Chàng với tổng kinh phí là 2 tỷ đồng. Tuy nhiên đến nay các hạng mục công trình đã xuống cấp, không được duy tu, bảo dưỡng; do đó nước thải trong cống thu gom bị ứ đọng, không chảy về cụm xử lý nước thải của làng nghề gây ra hiện trạng nước mặt vẫn đang có dấu hiệu ô nhiễm về kim loại nặng. Các cơ sở trong làng nghề đã áp dụng biện pháp thông gió tự nhiên để thông thoáng nhà xưởng và lắp đặt ống khói để dẫn khí thải, bụi bay lên cao, chưa có hệ thống xử lý bụi, khí thải.	2008	Cơ quan hợp tác Thụy Sỹ, UBND huyện Nam Trực
6	Chạm bạc xã Lê Lợi	Chưa bố trí được kinh phí lập dự án xử lý ô nhiễm môi trường		
7	Đúc đồng Phường Đúc	Chưa bố trí được kinh phí lập dự án xử lý ô nhiễm môi trường		

4. Kết luận

Kết quả tính hệ số ô nhiễm A dựa trên số liệu phân tích của 70 mẫu nước mặt và 35 mẫu đất tại 7 làng nghề chế tác kim loại và cơ kim khí cho thấy: Môi trường đất và nước mặt tại các làng nghề chế tác kim loại và cơ kim khí hầu hết đã bị ô nhiễm bởi các thông số kim loại nặng do quá trình tích tụ từ hoạt động sản xuất của làng nghề trong nhiều năm qua, cụ thể là:

- Môi trường nước mặt: có 04/07 làng nghề (57,14%) bị ô nhiễm nghiêm trọng; 01/07 làng nghề (14,29%) bị ô nhiễm và chỉ có 02/07 làng nghề (28,57%) không ô nhiễm.

- Môi trường đất: có 06/07 làng nghề được khảo sát (chiếm 85,71%) có môi trường đất bị ô nhiễm nghiêm trọng và 01 làng nghề còn lại môi trường đất cũng đã bị ô nhiễm.

- Trong 07 làng nghề được nghiên cứu, chỉ có 01 làng nghề đúc đồng Phường Đúc tại TP. Huế, tỉnh Thừa Thiên Huế (14,3%) là không bị ô nhiễm cả nước mặt và đất. Nguyên nhân là do hiện nay hoạt động sản xuất rất cầm chừng nên lượng chất thải phát sinh ra môi trường rất nhỏ.

- Có 04/07 làng nghề (57,14%) là làng nghề đúc đồng Đại Bái (Xã Đại Bái, huyện Gia Bình, tỉnh Bắc

Ninh), làng nghề cơ kim khí Rùa Hạ (Xã Thanh Thùy, huyện Thanh Oai, TP. Hà Nội), làng nghề đúc cơ khí Mỹ Đồng (Xã Mỹ Đồng, huyện Thủy Nguyên, TP.Hải Phòng) và làng nghề cơ khí, đúc Bình Yên (Xã Nam Thanh, huyện Nam Trực, tỉnh Nam Định) bị ô nhiễm nghiêm trọng cả nước mặt và môi trường đất, đây cũng là những làng nghề hiện nay vẫn có số lượng lớn cơ sở còn hoạt động sản xuất.

Lời cảm ơn

Báo cáo này được hoàn thành dựa trên kết quả điều tra thống kê do tác giả phối hợp với Trung tâm Tư vấn và Công nghệ Môi trường thực hiện, thuộc nhiệm vụ "Khắc phục ô nhiễm và cải thiện môi trường tại các làng nghề bị ô nhiễm đặc biệt nghiêm trọng" của Tổng cục Môi trường chủ trì.

Tài liệu tham khảo

Bộ TN&MT, 2015. Báo cáo Hiện trạng môi trường quốc gia 2014 - Môi trường nông thôn.

Bộ TN&MT, 2021. Báo cáo Hiện trạng môi trường quốc gia giai đoạn 2016 - 2020.

Bộ NN&PTNT, 2020. Báo cáo công tác bảo vệ môi trường.

Chính phủ, 2013. Quyết định số 577/QĐ-TTg ngày 11 tháng 04 năm 2013 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Đề án BVMT làng nghề đến năm 2020 và định hướng đến năm 2030.

Nguyễn Thị Thu Hà, 2023. Đề xuất giải pháp khắc phục ô nhiễm môi trường nước ở các làng nghề. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam bản điện tử, số ra ngày 23/10/2023.*

ABSTRACT

Assessing the quality of land and water environment in some metal processing and mechanical villages

Nguyen Mai Hoa
Hanoi University of Mining and Geology

In the list of 47 craft villages locating across the country with extremely serious pollution level announced by the Ministry of Natural Resources and Environment, metal processing and mechanical engineering craft villages account for 19.15%. The research was conducted based on methods of collecting, synthesizing and analyzing data; Methods of taking and analyzing surface water and soil samples.Conducted analysis of specific pollution parameters such as Cu, Pb, Fe, Al in 70 surface water samples and 35 soil samples in seven metal processing and mechanical engineering villages and then calculate the pollution coefficient A. The results show that surface water in 04/07 craft villages (57.14%) are seriously polluted; 01/07 craft villages (14.29%) are polluted, and only 02/07 craft villages (28.57%) are not polluted. Analysis results show that the soil environment in metal processing and mechanical engineering craft villages is mostly polluted by heavy metal parameters due to accumulation from the craft villages' production activities over many years. From the calculated value of pollution coefficient A, 06/07 surveyed craft villages (accounting for 85.71%) have seriously polluted soil environment and the remaining 01 craft village has soil environment that has already been polluted.

Keywords: craft villages; metal processing; mechanical; pollution.

Đánh giá lan truyền bụi từ trạm nghiền xi măng Norcem Yên Bình, Lai Châu sử dụng ứng dụng mô hình METI-LIS

Trần Anh Quân[1,*], Phạm Đức Bình[2],
[1]*Khoa Môi trường, Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

TÓM TẮT

Ô nhiễm không khí do hoạt động công nghiệp là một trong những vấn đề môi tường hàng đầu ở Việt Nam. Nghiên cứu này tập trung vào việc đánh giá tác động môi trường từ hoạt động sản xuất của trạm nghiền xi măng Norcem Yên Bình tại tỉnh Lai Châu, với mục tiêu bảo vệ sức khỏe cộng đồng trước nguy cơ ô nhiễm bụi. Trạm nghiền xi măng có công suất 500.000 tấn mỗi năm, với ống khói cao 45 mét. Trong quá trình hoạt động, lượng bụi mịn từ đây có thể phát tán ra môi trường với nồng độ đáng kể. Khi hệ thống xử lý hoạt động ổn định, nồng độ bụi ở mức 23 mg/Nm³, nhưng khi gặp sự cố, mức này có thể tăng vọt lên đến 227 mg/Nm³. Sử dụng mô hình phân tán METI-LIS (Gaussian), nghiên cứu đã mô phỏng sự phát tán bụi dưới điều kiện khí tượng đặc trưng của khu vực từ năm 2021 đến 2023. Kết quả mô phỏng cho thấy khi hệ thống xử lý khí thải gặp sự cố, nồng độ bụi trong bán kính 200-500 mét từ ống khói có thể lên tới 400 µg/m³, vượt ngưỡng an toàn 100 µg/m³. Tác động tiềm tàng của khói thải từ ống khói gia tăng lo ngại cho các khu dân cư xung quanh. Kết quả của nghiên cứu sẽ là cơ sở khoa học quan trọng để chính quyền tỉnh Lai Châu xây dựng chính sách quản lý chất lượng không khí, góp phần vào sự phát triển bền vững của khu vực.

Từ khóa: ô nhiễm môi trường; bụi, xi măng; mô hình hoá môi trường; METI-LIS.

1. Đặt vấn đề

Công nghiệp hóa và đô thị hóa đang diễn ra mạnh mẽ tại Việt Nam trong những thập kỷ gần đây, đem lại sự phát triển kinh tế đáng kể nhưng cũng kéo theo nhiều thách thức về môi trường. Trong số đó, ô nhiễm không khí nổi lên như một vấn đề cấp bách, đặc biệt tại các khu vực có hoạt động công nghiệp mạnh. Tỉnh Lai Châu, với chiến lược phát triển công nghiệp vật liệu xây dựng, đang phải đối mặt với những thách thức này, điển hình là từ hoạt động của trạm nghiền xi măng Norcem Yên Bình.

Trạm nghiền Norcem Yên Bình, đặt tại huyện Tam Đường, tỉnh Lai Châu, là một trong những cơ sở sản xuất xi măng lớn trong khu vực với công suất 500.000 tấn/năm. Mặc dù đóng góp quan trọng cho nền kinh tế địa phương, hoạt động của nhà máy cũng gây ra lo ngại về tác động môi trường, đặc biệt là vấn đề phát thải bụi vào không khí. Quá trình sản xuất xi măng tạo ra lượng lớn bụi mịn, có khả năng lan truyền xa và ảnh hưởng đến chất lượng không khí trong khu vực rộng lớn. Tác động của bụi từ sản xuất xi măng đến sức khỏe con người là vấn đề được quan tâm sâu sắc trong cộng đồng khoa học và y tế (Thai và nnk, 2021; Rahmani và nnk, 2018). Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng phơi nhiễm lâu dài với bụi mịn có thể dẫn đến nhiều vấn đề sức khỏe nghiêm trọng, bao gồm các bệnh về đường hô hấp, tim mạch, và thậm chí là một số loại ung thư (El Shafy và nnk, 2018; Barnes và nnk, 2019). Đặc biệt, bụi silic tự do từ quá trình sản xuất xi măng được coi là yếu tố nguy cơ cao gây bệnh bụi phổi silic, một bệnh nghề nghiệp nguy hiểm và không thể chữa khỏi (Barnes và nnk, 2019; Rathebe, 2023).

Trên thế giới, nhiều nghiên cứu đã được tiến hành để đánh giá sự lan truyền và tác động của bụi từ các nhà máy xi măng. Tại Việt Nam, mặc dù đã có một số nghiên cứu về ô nhiễm không khí từ các hoạt động công nghiệp, nhưng các nghiên cứu chuyên sâu về sự lan truyền bụi từ nhà máy xi măng còn hạn chế, đặc biệt là tại khu vực miền núi phía Bắc như Lai Châu. Điều này tạo ra một khoảng trống kiến thức quan trọng, cản trở việc đánh giá chính xác tác động môi trường và xây dựng các biện pháp quản lý phù hợp (Thai và nnk, 2021; Rahmani và nnk, 2018).

* *Tác giả liên hệ*
Email: quantrananh.humg@gmail.com

Nghiên cứu này xuất phát từ nhu cầu cấp bách trong việc bảo vệ sức khỏe cộng đồng và môi trường sống tại khu vực xung quanh trạm nghiền xi măng Norcem Yên Bình. Việc thiếu thông tin chính xác về mức độ và phạm vi lan truyền của bụi có thể dẫn đến việc đánh giá thấp các rủi ro sức khỏe và môi trường, cũng như hạn chế hiệu quả của các biện pháp kiểm soát ô nhiễm (Nkhama và nnk, 2017; Mamuya và Sabuni, 2022). Hơn nữa, trong bối cảnh Việt Nam đang tăng cường các nỗ lực bảo vệ môi trường và phát triển bền vững, nghiên cứu này sẽ cung cấp cơ sở khoa học quan trọng cho việc hoạch định chính sách và quản lý môi trường tại địa phương. Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá sự lan truyền bụi từ ống khói trạm nghiền xi măng Norcem Yên Bình và tác động của nó đến chất lượng không khí và sức khỏe cộng đồng. Nghiên cứu sẽ xác định các đặc điểm khí thải và xây dựng mô hình mô phỏng sự lan truyền bụi trong không khí. Thông qua việc đạt được những mục tiêu này, nghiên cứu hướng tới việc cung cấp một bức tranh toàn diện về vấn đề ô nhiễm bụi từ trạm nghiền xi măng, từ đó hỗ trợ quá trình ra quyết định và xây dựng chính sách môi trường hiệu quả, góp phần bảo vệ sức khỏe cộng đồng và thúc đẩy sự phát triển bền vững của địa phương.

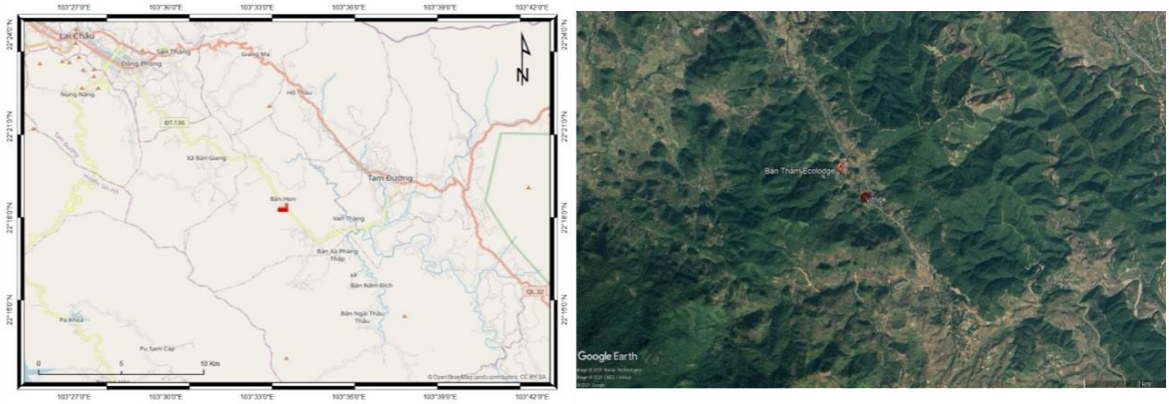
2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng chính của nghiên cứu này là sự lan truyền bụi trong không khí từ ống khói của Trạm nghiền xi măng Norcem Yên Bình, tỉnh Lai Châu. Trạm nghiền xi măng này có một ống khói chính, được thiết kế với chiều cao 45 m và đường kính trong 2,2 m. Nghiên cứu tập trung vào việc đánh giá sự phát tán của bụi từ ống khói này trong các điều kiện môi trường và vận hành khác nhau. Nồng độ bụi phát sinh từ khói thải ống khói được thể hiện ở Bảng 1.

Bảng 1. Tổng hợp dữ liệu phát thải từ ống khói Trạm nghiền xi măng Norcem Yên Bình.

Thông số	Đơn vị	Giá trị	Ghi chú
Cao độ ống khói so với mặt nước biển	m	750	
Độ cao ống khói	m	45	Độ cao thiết kế
Đường kính trong của ống khói	m	2,2	Theo thiết kế
Lưu lượng khói thải	Nm^3/h	126,000	Thực đo
Nhiệt độ khói thải đầu ra	^oC	90	
Nồng độ bụi trong khói thải trường hợp hệ thống xử lý khí thải hoạt động tốt	mg/Nm^3	23	Số liệu quan trắc thực tế thời gian thử nghiệm ống khói
Nồng độ bụi trong khói thải trường hợp hệ thống xử lý khí thải gặp sự cố		227	



Hình 1. Vị trí khu vực trạm nghiền xi măng Norcem Yên Bình trên nền bản đồ (a) Open Street Map và (b) vệ tinh Google Earth.

2.2. Mô hình Meti-lis

Nghiên cứu áp dụng mô hình METI-LIS phiên bản 2.03, một mô hình phân tán Gaussian được phát triển bởi Bộ Kinh tế, Thương mại và Công nghiệp Nhật Bản (METI) cùng với sự hợp tác của nhiều tổ chức khác. Mô hình METI-LIS được xây dựng trên cơ sở phương trình phân tán Gaussian, cho phép tính toán nồng độ chất ô nhiễm tại các điểm khác nhau trong không gian dựa trên các thông số đầu vào như đặc điểm nguồn thải, điều kiện khí tượng và địa hình. Mô hình này đặc biệt chú trọng đến hiệu ứng

downwash, phù hợp cho việc mô phỏng lan truyền chất ô nhiễm từ các nguồn thấp như ống khói công nghiệp. Phương trình lan truyền vật chất trong không gian trong METI-LIS được mô tả như sau:

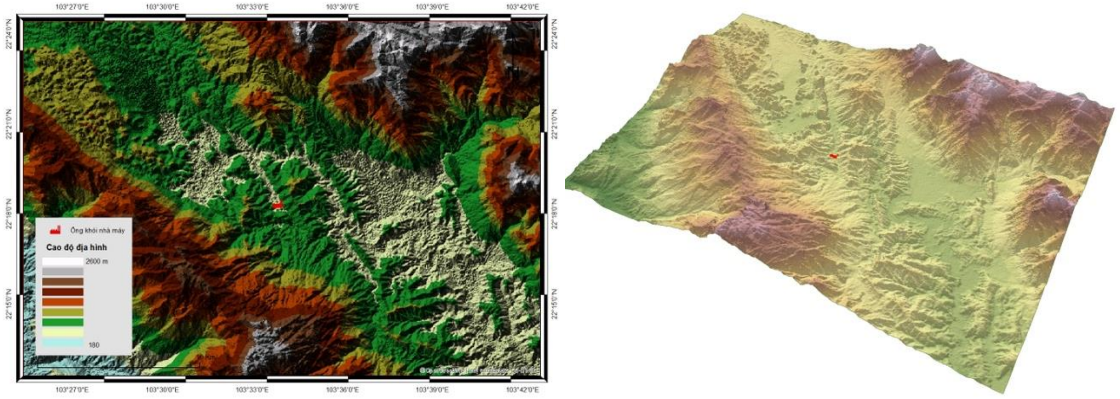
$$C_{(x,y,z)} = \frac{QV}{2\pi u_s \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-0.5\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \quad (1)$$

Trong đó:
- C: nồng độ của khí mô phỏng tại một điểm có tọa độ (x,y,z) (ppb, ppm);
- Q: hệ số phát thải chất ô nhiễm (g/s);
- V: thành phần khuếch tán theo chiều thẳng đứng;
- us: hướng gió chính tại độ cao phát thải (m/s);
- σy, σz: các thông số khuếch tán theo phương thẳng đứng và phương ngang (m).

2.3. Dữ liệu nghiên cứu

Dữ liệu khí tượng đầu vào của mô hình METI-LIS là dữ liệu quan trắc thực tế trên địa bàn khu vực tại Trạm KTTV huyện Tam Đường, tỉnh Lai Châu, được cung cấp từ Trung tâm khí tượng thủy văn môi trường Quốc Gia, thời gian dữ liệu nền là 36 tháng từ 01/12/2020÷31/12/2023. Dữ liệu quan trắc có độ phân giải theo ngày. Để đảm bảo mô phỏng có độ chi tiết cao nhất, quá trình mô phỏng còn sử dụng dữ liệu Reanalysis ERA-5 Interim với độ phân giải 3 tiếng liên tục. Số liệu quan trắc được sử dụng để chuẩn hoá dữ liệu ERA5. Điểm mạnh của ERA5 là ngoài cung cấp được các thông số về gió và nhiệt độ thực tế (6 giờ liên tục) thì còn cung cấp được các số liệu cần thiết cho tính toán độ ổn định của khí quyển bao gồm thời gian nắng trong ngày và cường độ bức xạ mặt trời.

Dữ liệu mô hình số độ cao sử dụng trong METI-LIS được trích xuất từ dữ liệu địa hình JAXA ALOS PALSA độ phân giải 12,5 m do cơ quan Cơ quan nghiên cứu và phát triển hàng không vũ trụ Nhật Bản cung cấp từ vệ tinh ALOS. Do giới hạn tính toán của METI-LIS có giới hạn nhất định về số lượng ô lưới nên mô hình số độ cao DEM ALOS PALSA được nội suy về độ phân giải thấp hơn trong phạm vi 99 x 99 ô lưới trên toàn bộ vùng mô phỏng. Phương pháp nội suy được áp dụng là bilinear interpolation (nội suy song tuyến tính).



Hình 2. Bản đồ địa hình khu vực trạm nghiền xi măng Norcem Yên Bình.

2.4. Thiết lập giả thuyết và kịch bản mô phỏng

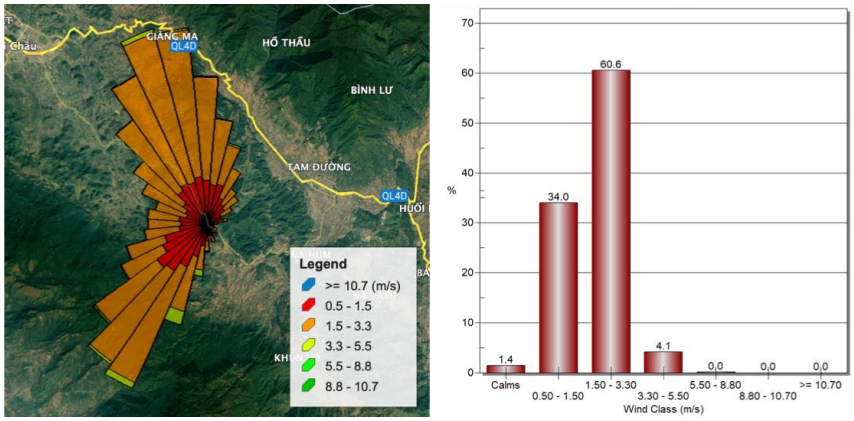
Do việc mô phỏng và thực tế lan truyền thường có sự khác biệt khi ngay cả các thuật toán chính xác nhất về lan truyền, ví dụ như thuật toán Gaussian, đều có những sai số nhất định. Các quá trình lan truyền được mô phỏng dựa trên các thuật toán chỉ đạt được tính chính xác cao khi các giả thiết giới hạn của thuật toán được đảm bảo. Mô phỏng quá trình phát tán khí thải trong môi trường không khí từ các hoạt động sản xuất của Dự án Trạm nghiền xi măng Norcem Yên Bình bằng mô hình Meti-lis được thực hiện dựa trên những giả thiết như sau: (1) Các điều kiện ổn định thì vận tốc gió và chế độ rối không thay đổi theo thời gian; (2) Dòng chảy đồng nhất: vận tốc gió và chế độ rối không thay đổi theo không gian. Trong các kịch bản tính toán dài hạn (long-term) thì dữ liệu khí tượng được tính toán theo dữ liệu 3 giờ liên tục. Trong 3 tiếng thời gian này coi như dữ liệu khí tượng coi như không thay đổi; (3) Có sự phản xạ tuyệt đối của bề mặt đất đối với luồng khói, nghĩa là không có hiện tượng mặt đất hấp thụ chất ô nhiễm; (4) Sự phân bố nồng độ trên mặt đất trực giao với luồng gió theo phương ngang (y) và phương đứng (z) là phân theo luật phân phối (xác suất) chuẩn Gauss; (5) Vận tốc gió không bằng không để cho hiện tượng khuếch tán theo phương x được coi là không đáng kể.

Các kịch bản mô phỏng lan truyền và nồng độ chất ô nhiễm từ nhà máy xi măng Yên Bình được xây dựng nhằm dự đoán tác động lớn nhất có thể xảy ra đối với môi trường không khí và sức khỏe cộng đồng trong khu vực. Mỗi kịch bản được thiết lập trên giả định về phát thải cao nhất có thể, trong đó ống khói được giả định luôn hoạt động ở 100% công suất liên tục không nghỉ trong suốt thời gian nghiên cứu nhằm đảm bảo mức độ tác động được dự tính là cao nhất.

Mô hình METI-LIS được thiết lập để đánh giá mặt cắt ô nhiễm ở cao độ 2 m so với bề mặt đất tương đương với tầng khí thở. Độ phân giải miền tính được thiết lập theo độ phân giải nền dữ liệu địa hình. Mô phỏng được thiết lập trên nền môi trường không có bụi để có thể đánh giá ảnh hưởng trực tiếp của ống khói tới môi trường.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đặc điểm phân bố tần suất và hướng gió khu vực nghiên cứu



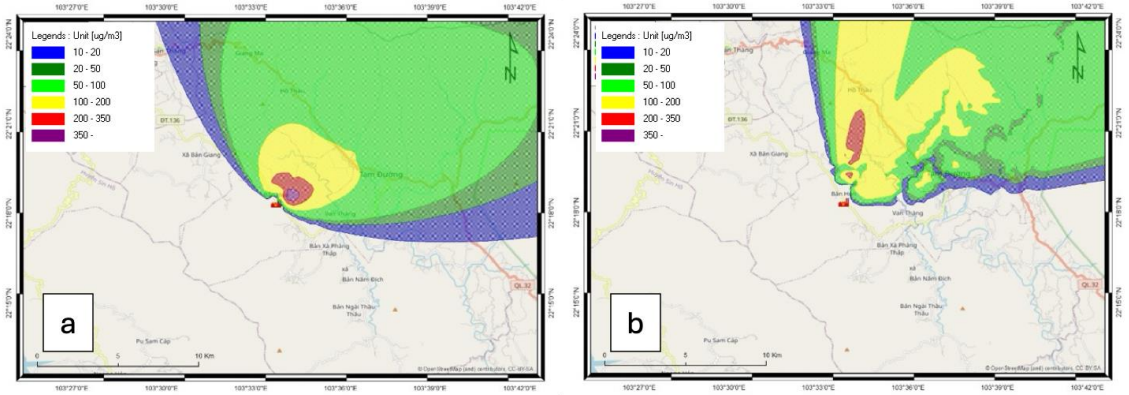
Hình 3. (a) Hoa gió và (b) tần suất tốc độ gió tại khu vực nghiên cứu giai đoạn 2021÷2023.

Tỉnh Lai Châu có đặc điểm khí tượng đa dạng và phức tạp, phản ánh vị trí địa lý và địa hình đặc trưng của vùng núi phía Bắc Việt Nam. Khí hậu trong tỉnh phân chia thành bốn mùa rõ rệt, mỗi mùa đều có hướng gió chủ đạo riêng biệt. Trường gió trong khu vực thể hiện sự thay đổi theo mùa rõ rệt, với hai hướng gió thịnh hành chính là Tây Bắc và Tây Nam (Hình 3). Đáng chú ý, Lai Châu không chịu ảnh hưởng mạnh của gió mùa Đông Bắc như nhiều tỉnh thành khác ở miền Bắc Việt Nam. Về tần suất gió, khu vực này có đặc điểm là gió thổi thường xuyên nhưng không mạnh, với gần 60% thời gian trong năm là gió nhẹ và chỉ có khoảng 1÷2% là gió vừa và lớn. Hiện tượng lặng gió chiếm tỷ lệ nhỏ, khoảng 1,6% thời gian trong giai đoạn 2015÷2019. Cấp gió mạnh nhất có ý nghĩa thống kê là 3,3÷5,5 m/s, được xếp vào mức gió nhẹ theo thang đánh giá Beaufort. Phân bố gió theo mùa có những đặc trưng riêng: mùa xuân chủ yếu là gió Tây, Tây Nam và Tây Bắc nóng; mùa hè nổi bật với gió Tây Nam nóng và khô; mùa thu chuyển dần sang khí hậu lạnh với sự xuất hiện của gió Bắc và Đông Bắc; trong khi mùa đông đặc trưng bởi gió mùa phía Bắc lạnh. Đặc biệt, trong 3 năm gần đây, Lai Châu không ghi nhận những ngày có gió mạnh, cho thấy tính ổn định tương đối của điều kiện gió trong khu vực. Những đặc điểm khí tượng này có ảnh hưởng quan trọng đến sự lan truyền và phân tán của các chất ô nhiễm trong không khí, đặc biệt là bụi từ các hoạt động công nghiệp như nhà máy xi măng.

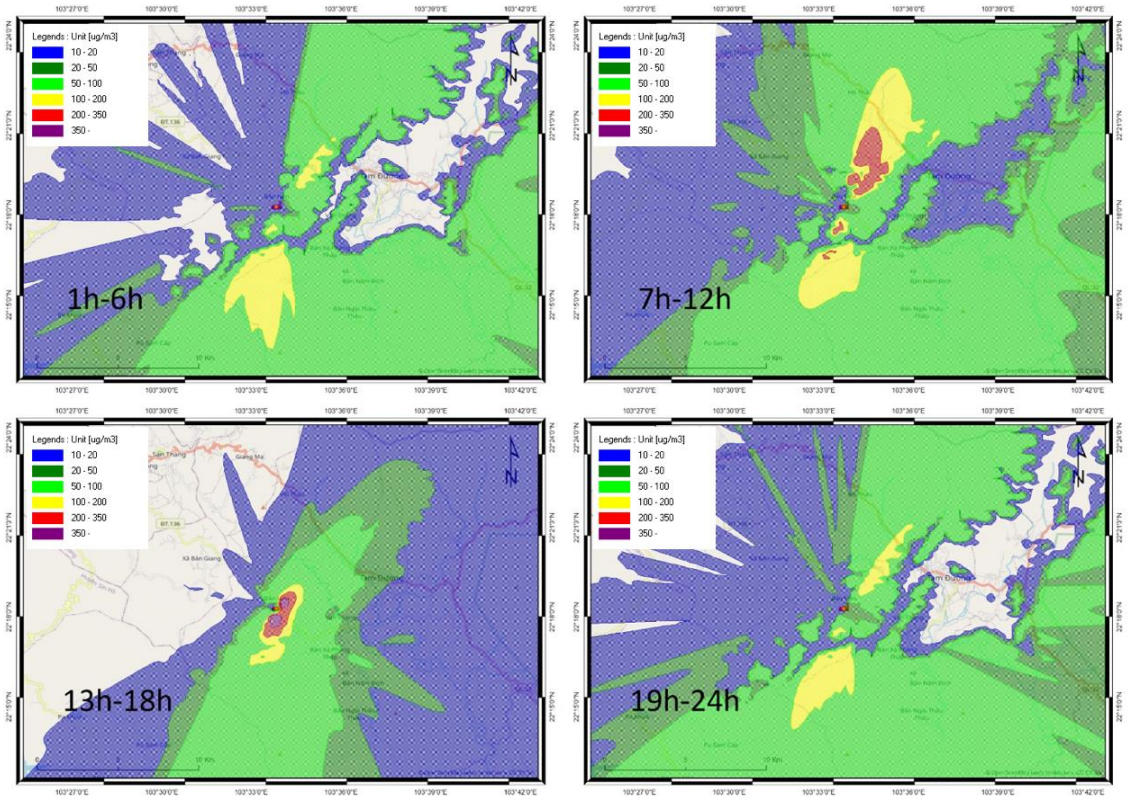
3.2. Đặc điểm phân bố bụi trong kịch bản hệ thống xử lý bụi gặp sự cố

Trong trường hợp hệ thống xử lý khí thải gặp sự cố hoặc hoạt động không hiệu quả, các mô hình dự báo đã được thực hiện để đánh giá tác động của bụi phát thải. Kết quả mô phỏng kịch bản mô phỏng ngắn hạn cho thấy, khi gió thổi đa hướng, vùng ô nhiễm lớn nhất có nồng độ bụi lắng đọng dao động từ 400 $\mu g/m^3$ ở độ ổn định khí quyển loại B và 250 $\mu g/m^3$ ở độ ổn định khí quyển loại E, cao hơn so với ngưỡng quy định 100 $\mu g/m^3$ (Hình 4). Vùng nồng độ bụi cao nhất tập trung trong phạm vi hẹp sau ống khói, cách chân ống 200÷500 m theo hướng gió và kéo dài 200÷300 m. Trong bán kính 5 km, nồng độ bụi phổ biến ở mức 50÷100 $\mu g/m^3$. Khi gió thổi tập trung một hướng, nồng độ bụi tối đa có thể trên 350 $\mu g/m^3$ và có thể gây ra ô nhiễm môi trường khi so sánh với mức giới hạn cho phép theo QCVN 05/2023 BTNMT. Cấp ổn định khí quyển ảnh hưởng đáng kể đến sự lan truyền của bụi. Ở cấp khí quyển kém ổn định, bụi phân tán trong phạm vi hẹp với nồng độ cao hơn, trong khi ở cấp ổn định, vùng lan truyền rộng hơn nhưng nồng độ bị pha loãng. Địa hình đồi núi cũng tác động lớn, với nồng độ bụi tích tụ cao hơn ở chân đồi do hiệu ứng cản gió. So sánh giữa mùa đông và hè không cho thấy sự khác biệt lớn về mức độ tác động, chủ yếu do địa hình tương đồng.

Kết quả mô phỏng dài hạn cho thấy mức độ phân bố của bụi tương đối cao, hoàn toàn có thể gây ảnh hưởng tiêu cực tới chất lượng môi trường không khí xung quanh (Hình 5). Khác với kịch bản ngắn hạn, mô hình dài hạn tính toán cộng dồn các điểm chịu tác động, dẫn đến nồng độ bụi trung bình giảm đáng kể. Mùa hè có mức độ tác động cao hơn do điều kiện khí quyển thuận lợi cho sự lắng đọng bụi. Trong ngày, nồng độ bụi cao nhất vào buổi chiều (13÷18h), sau đó là buổi sáng (7÷12h), và giảm xuống vào ban đêm khi bụi lan tỏa rộng hơn. Khi khí thải không được xử lý, khu vực xung quanh ống khói trong phạm vi 500 m hoàn toàn có thể có nồng độ bụi trên 350 µg/m^3, cao hơn nhiều so với mức quy định trung bình năm 100 µg/m^3. Trung bình năm, nồng độ bụi cao nhất ở mức trên 100 µg/m^3 tập trung chủ yếu ở các khu vực dân cư sau hướng gió chủ đạo Đông Bắc và Tây Nam. Nhìn chung, khi hệ thống xử lý khí thải gặp sự cố, lượng bụi phát thải từ ống khói sẽ gây tác động môi trường khi gió thổi tập trung và khí quyển bền vững, gió thổi nhẹ. Tuy nhiên ở các thời điểm gió thổi mạnh và hỗn hợp không tập trung thì khí thải có xu hướng lan truyền rộng và pha loãng mạnh làm giảm mức độ tác động tới môi trường. Mức độ ô nhiễm môi trường không khí do bụi được đánh giá là lớn và quy mô rộng.



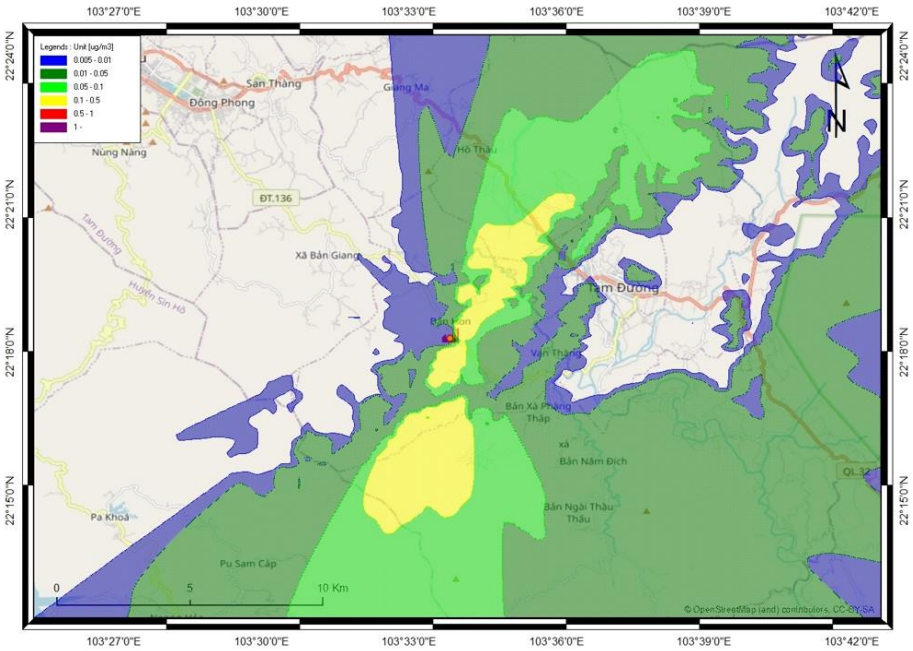
Hình 4. Bản đồ phân bố nồng độ bụi trung bình trong kịch bản gió mùa Tây Nam cho kịch bản gió thổi hỗn theo (a) độ ổn định khí quyển loại B và (b) độ ổn định khí quyển loại E.



Hình 5. Bản đồ phân bố nồng độ trung bình cho bốn khung giờ chính trong kịch bản sự cố.

3.3. Đặc điểm phân bố bụi trong kịch bản hệ thống hoạt động ổn định

Kết quả mô phỏng phát thải bụi ngắn hạn và dài hạn cho thấy, khi hệ thống xử lý khí thải hoạt động ổn định, nồng độ bụi và các khí độc hại đều an toàn theo QCVN05/2023/BTNMT. Trong các kịch bản ngắn hạn, nồng độ bụi giảm đáng kể khi gió thổi hỗn tạp, chỉ đạt 0,5÷1 µg/m³, thấp hơn ngưỡng nguy hại 100÷200 lần. Khi gió tập trung theo một hướng, nồng độ cao nhất là 3÷5 µg/m³, trong giới hạn an toàn. Kết quả mô phỏng 3 năm cho thấy nồng độ bụi cao nhất từ 7 giờ sáng đến 19 giờ tối, nhưng vẫn chỉ dao động từ 0,5 đến 1 µg/m³, thấp hơn nhiều lần so với quy chuẩn. Vào buổi tối, gió đối lưu mạnh hơn làm luồng khí sau cột khói lan xa hơn, nhưng nồng độ bụi cũng bị pha loãng. Phân bố bụi theo mùa cho thấy nồng độ bụi cao hơn vào mùa hè và mùa xuân do hướng gió và tần suất gió lớn hơn. Tuy nhiên, nồng độ bụi trung bình năm vẫn dưới 0,5 µg/m³, không gây tác động tiêu cực tới môi trường (Hình 6). Nhìn chung, với hệ thống xử lý khí thải ổn định, nồng độ bụi từ nhà máy luôn an toàn, không ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng không khí.



Hình 6. Phát thải bụi trung bình năm với kịch bản hệ thống xử lý khí thải hoạt động tốt.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đánh giá sự lan truyền bụi từ ống khói trạm nghiền xi măng Norcem Yên Bình tại Lai Châu và tác động của nó đến chất lượng không khí xung quanh. Sử dụng mô hình lan truyền METI-LIS phiên bản 2.03, nghiên cứu đã mô phỏng các kịch bản phát thải bụi trong điều kiện hệ thống xử lý khí thải hoạt động bình thường và khi gặp sự cố. Dữ liệu đầu vào bao gồm thông số kỹ thuật của ống khói, số liệu khí tượng thủy văn từ trạm quan trắc địa phương và dữ liệu ERA5, cùng với mô hình số độ cao từ JAXA ALOS PALSA. Kết quả cho thấy khi hệ thống xử lý khí thải hoạt động ổn định, nồng độ bụi phát thải luôn nằm trong giới hạn an toàn theo QCVN05:2023/BTNMT, với nồng độ cao nhất chỉ đạt 3÷5 µg/m³ trong điều kiện gió tập trung và trung bình năm dưới 0,5 µg/m³. Tuy nhiên, trong trường hợp hệ thống xử lý gặp sự cố, mô hình dự báo nồng độ bụi có thể vượt ngưỡng cho phép đáng kể, với mức cao nhất lên đến 400 µg/m³ trong phạm vi 200÷500 m từ ống khói, và trung bình năm trên 100 µg/m³ trong khu vực lân cận. Nghiên cứu cũng chỉ ra ảnh hưởng quan trọng của điều kiện khí tượng và địa hình đến sự lan truyền bụi, với nồng độ bụi cao hơn vào mùa hè và tại các khu vực chân đồi do hiệu ứng cản gió. Những phát hiện này cung cấp cơ sở khoa học quan trọng cho việc quản lý môi trường và xây dựng các biện pháp giảm thiểu tác động, đồng thời nhấn mạnh tầm quan trọng của việc duy trì hệ thống xử lý khí thải hoạt động ổn định để bảo vệ chất lượng không khí và sức khỏe cộng đồng trong khu vực.

Tài liệu tham khảo

Barnes, H., Goh, N., Leong, T. L., & Hoy, R. (2019). Silica-associated lung disease: an old-world exposure in modern industries. Respirology, 24(12), 1165-1175. https://doi.org/10.1111/resp.13695.

El Shafy W.S., Manawil, M., & Gh, E. (2018). Serum level of interleukin-1beta (il-1β) and spirometric parameters among cement production workers. Egyptian Journal of Occupational Medicine, 42(1), 93-104. https://doi.org/10.21608/ejom.2018.4941.

Mamuya, S. and Sabuni, E. C. (2022). Respiratory symptoms and dust exposure among cement processing factory workers,tanzania. MOJ Public Health, 11(1), 43-48. https://doi.org/10.15406/mojph.2022.11.00373.

Nkhama, E., Ndhlovu, M., Dvonch, J. T., Lynam, M. M., Mentz, G., Siziya, S., … & Voyi, K. (2017). Effects of airborne particulate matter on respiratory health in a community near a cement factory in chilanga, zambia: results from a panel study. International Journal of Environmental Research and Public Health, 14(11), 1351. https://doi.org/10.3390/ijerph14111351.

Rahmani, A. H., Almatroudi, A., Babiker, A. Y., Khan, A. A., & Alsahly, M. A. (2018). Effect of exposure to cement dust among the workers: an evaluation of health related complications. Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences, 6(6), 1159-1162. https://doi.org/10.3889/oamjms.2018.233.

Rathebe, P. C. (2023). Occupational exposure to silicon dioxide and prevalence of chronic respiratory symptoms in the cement manufacturing industries: a review. Journal of Public Health Research, 12(4). https://doi.org/10.1177/22799036231204316.

Thai, T., Bernatík, A., & Kučera, P. (2021). Air pollution associated with total suspended particulate and particulate matter in cement grinding plant in vietnam. Atmosphere, 12(12), 1707. https://doi.org/10.3390/atmos12121707.

ABSTRACT

Assessment of Dust Dispersion from the Norcem Yên Bình Cement Grinding Station in Lai Châu Using the METI-LIS Model

Tran Anh Quan[1], Pham Duc Binh[2] ,

[1]*Faculty of Environment, Hanoi University of Mining and Geology*

[2]*University of Science and Technology of Hanoi, Vietnam Academy of Science and Technology*

This study evaluates how dust spreads from the smokestack of the Norcem Yên Bình cement grinding station in Lai Châu Province, Vietnam, to understand its potential impact on local air quality and public health. Using the METI-LIS model (version 2.03), we simulated dust emissions under both normal operations and when the exhaust system malfunctions. The input data included smokestack details, weather data from local monitoring stations, ERA5 data (2020÷2023), and elevation data from JAXA ALOS PALSA. The results showed a clear difference between the two scenarios. Under normal conditions, dust levels stayed within safe limits, with the highest concentrations between 3÷5 µg/m³ and an annual average of less than 0.5 µg/m³. However, if the exhaust system fails, dust concentrations could rise significantly, reaching up to 400 µg/m³ in nearby areas and over 100 µg/m³ annually in surrounding regions. The study also found that weather and terrain play a big role in how dust spreads, with higher levels during summer and in hilly areas. Wind analysis showed two main wind directions (Northwest and Southwest), with light winds making up 60% of the time, which strongly affects how dust travels. These findings provide important information for managing the environment and highlight the need to keep exhaust systems working properly to protect air quality and public health in the region.

Keywords: environment pollution, dust; cement; environment modeling; METI-LIS model.

Tối ưu hóa quá trình hòa tách bộ phận nam châm trong ổ cứng đã qua sử dụng để thu hồi kim loại đất hiếm

Phạm Khánh Huy*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Trong lĩnh vực môi trường, việc tái chế, thu hồi kim loại có trong chất thải điện tử được thực hiện bằng nhiều phương pháp khác nhau. Trong số đó, phương pháp thủy luyện hiện đang được sử dụng phổ biến và nhiều hơn do quá trình thu hồi tạo ra lượng chất thải ít hơn, sản phẩm thu hồi có mức tinh khiết tốt hơn và ít tốn năng lượng hơn như so với phương pháp hỏa luyện. Để đưa ra được một bộ thông số công nghệ cho quá trình hòa tách, thông thường ta sẽ phải tiến hành một số lượng thực nghiệm rất lớn với chi phí cao và mất nhiều thời gian. Mục tiêu của nghiên cứu là giảm chi phí cho thực nghiệm nhưng đạt kết quả đáng tin cậy, đánh giá hiệu suất hòa tách nam châm đất hiếm NdFEB trong các ổ cứng máy tính thải bỏ để thu hồi kim loại đất hiếm. Nghiên cứu được dựa trên phương pháp mô hình hóa thực nghiệm bậc hai tâm xoay của Box – Hunter và được mô phỏng bằng phần mềm mô hình MODDE 5.0. Kết quả mô phỏng cho thấy các giá trị tối ưu cho quá trình hòa tách bột nam châm đất hiếm NdFEB đạt được khi nồng độ axit sunphuric là 1,2 M, thời gian hòa tách là 14,9 phút, đường kính bột nam châm là 0,2 mm ở điều kiện cố định tốc độ khuấy 200 vòng/phút, tỉ lệ rắn/lỏng là 2 g/100 ml. Hiệu suất hòa tách thu hồi lý tưởng theo mô hình Modde 5.0 có thể đạt tới 99,9% và được xác định lại bằng kiểm nghiệm thực tế đạt từ 97,8 đến 99,3%, kết quả này có thể là cơ sở cho việc triển khai các mô hình pilot và sản xuất thực tế sau này để thu hồi kim loại đất hiếm.
Từ khóa: Chất thải điện tử; NdFeB - Nam châm đất hiếm; Thu hồi; MODDE 5.0.

1. Đặt vấn đề

Đi cùng với sự phát triển của xã hội sẽ là một lượng lớn chất thải từ quá trình sinh hoạt, sản xuất kinh doanh, một trong số đó là nhóm chất thải điện tử. Trong chất thải điện tử có chứa nhiều thành phần khác nhau như nhựa, gỗ, thủy tinh, hợp chất hữu cơ khó phân hủy, đồng, nhôm, các loại kim loại nặng như chì, thủy ngân, cadimi và các kim loại quý như vàng bạc,… Khi các thiết bị này bị vứt bỏ, không được quản lý đúng cách sẽ là điều kiện cho các hợp chất hữu cơ khó phân hủy, kim loại nặng nguy hại có thể phát tán, xâm nhập vào môi trường gây ra sự ô nhiễm hay các chứng bệnh nguy hiểm tới con người và động vật. Bên cạnh đó các loại vật liệu không tái tạo có ích do không được thu hồi sẽ dẫn đến sự suy giảm và cạn kiệt nguồn tài nguyên không tái tạo trong tương lai. Nhóm kim loại đất hiếm là một trong những loại vật liệu có đặc tính đặc biệt được ứng dụng trong hầu hết lĩnh vực công nghệ cao như công nghệ điện tử, bán dẫn, nam châm, xúc tác,… Hiện nay giá của loại vật liệu này trên thị trường ngày càng trở nên đắt đỏ do bởi nhiều yếu tố như nguồn cung bị giới hạn, các vấn đề chính trị thế giới. Do vậy, việc tìm nguồn cung bằng giải pháp thu hồi, tái chế, tái sử dụng từ chất thải là một trong những định hướng chính trong những năm gần đây.

Phương pháp thủy luyện là một trong những phương pháp được dùng để xử lý và thu hồi các thành phần có giá trị, đã và đang được áp dụng phổ biến hơn do lượng chất thải phát sinh ít hơn, tiêu hao ít năng lượng hơn và vật liệu thu hồi có độ tinh khiết tốt hơn so với phương pháp hỏa luyện. Trong phương pháp này, hỗn hợp các kim loại sẽ được hòa tách bằng các loại axit, với các thông số công nghệ khác nhau. Tuy nhiên để có được bộ thông số công nghệ phù hợp sẽ cần phải thực hiện một lượng thực nghiệm rất lớn, điều này là rất tốn kém và mất nhiều thời gian.

Trong nghiên cứu này, bộ phận nam châm đất hiếm trong ổ cứng máy tính thải bỏ tại Việt Nam là đối tượng được hướng đến. Hiện tại, thế giới có hai hệ nam châm đất hiếm, thứ nhất là hệ nam châm đất hiếm SmCo với hai nhóm là $SmCo_5$ và $Sm_2(Co,Fe)_{17}$ có thành phần chính chủ yếu là Sm chiếm đến 36,09%, còn lại là Co và các kim loại khác. Thứ hai là hệ nam châm đất hiếm $R_2Fe_{14}B$ hoặc $R_2Co_{14}B$ với các nguyên tố đất hiếm chính là Nd, Pr, Dy... trong đó Nd chiếm tới 31,62% (N. Sato và nnk, 1998). Trong nghiên cứu

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamkhanhhuy@humg.edu.vn

của tác giả thực hiện ở giai đoạn trước cho thấy tổng khối lượng kim loại đất hiếm chiếm 26%, nhiều nhất là Nd 20,87%; tiếp đến Pr là 3,56%; Dy là 1,25% và Tb là 0,14% còn lại là sắt và một số kim loại khác (Phạm Khánh Huy và nnk, 2017). Một số nghiên cứu trên thê giới, để hòa tách thu hồi kim loại này được tiến hành bằng việc sử dụng riêng rẽ các loại axit như là clohidric (HCl), sunfuric (H_2SO_4), nitric (HNO_3), hoặc bằng hỗn hợp axít ở nồng độ rất cao (N. Sato và nnk, 1998; Cui và Zhang, 2008; Önal và nnk, 2015) và cũng đã phần nào đánh giá đơn lẻ những yếu tố có ảnh hưởng trong quá trình hóa tách.

Với mục tiêu để giảm khối lượng thực nghiệm, nhưng vẫn thu được các các bộ thông số công nghệ đảm bảo độ tin cậy, các nhà nghiên cứu trong lĩnh vực công nghệ, hóa học, sinh học đã áp dụng phương pháp mô hình hóa quy hoạch thực nghiệm để có thể đánh giá được sự ảnh hưởng cùng lúc của nhiều yếu tố khác nhau trong quá trình hòa tách hay tổng hợp các hợp chất (Hà Vĩnh Hưng và Huỳnh Trung Hải, 2014; Hoàng Thị Yến và nnk, 2015; Nguyễn Mạnh Huy và nnk, 2017; Trần Thế Định và nnk, 2019), bên cạch đó thu được khoảng giá trị tối ưu cho các thông số này để đạt được hiệu suất cao nhất và có thể áp dụng chúng vào trong sản xuất thực tế. Trong nghiên cứu này, sau khi tiến hành các thực nghiệm được xây dựng theo phương pháp mô hình hóa thực nghiệm bậc hai tâm xoay của Box - Hunter, các kết quả sẽ được thiết lập trên phần mềm MODDE 5.0 để mô phỏng, đánh giá tác động qua lại giữa các yếu tố được lựa chọn là nồng độ axít, kích thước bột nam châm và thời gian hòa tách tới hiệu suất hòa tách thu hồi tổng kim loại đất hiếm và qua đó xác định được khoảng thông số tối ưu cho quá trình này một cách nhanh và chính xác.

2. Hóa chất và phương pháp nghiên cứu

2.1. Hóa chất và điều kiện thực nghiệm

Bộ phận nam châm đất hiếm được tháo gỡ từ các ổ đĩa cứng đã qua sử dụng của nhiều hãng khác nhau bị thải bỏ tại Việt Nam. Sau khi được khử từ, sẽ được đem đi nghiền và sàng qua rây có các cấp mắt lưới là 0,2; 0,4 và 06 mm. Loại axít được sử dụng là axít sunfuric (H_2SO_4) của hãng Sigma-Aldrich được chuẩn bị ở nồng độ thấp là 0,5; 1,0 và 1,5 mol/l. Thời gian hòa tách thu hồi ở các khoảng thời gian là 5; 10 và 15 phút. Quá trình thực nghiệm hòa tách được tiến hành trong thiết bị phản ứng hai vỏ, có thiết bị ổn định nhiệt độ bằng tuần hoàn nước ở 25°C, thiết bị đảo trộn có cánh khuấy teflon với tốc độ 200 vòng/phút, tỉ lệ rắn lỏng là 2 g/100 ml. Nồng độ kim loại đất hiếm được phân tích bằng phương pháp phổ khối plasma trên thiết bị ICP-MS ELAN 9000 thuộc Viện công nghệ xạ hiếm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Dựa trên các kết quả khảo sát từ giai đoạn trước cho thấy, có rất nhiều yếu tố có thể ảnh hưởng tới hiệu suất thu hồi trong quá trình hòa tách, tuy nhiên trong phạm vi của nghiên cứu này tác giả chỉ tập trung thiết lập mô hình tính toán, đánh giá cho 3 yếu tố là nồng độ axit, thời gian hòa tách và kích thước hạt, một số yếu tố khác cố định và không thay đổi. Đây là các yếu tố có thể có ảnh hưởng mạnh nhất đến hàm mục tiêu Y - hiệu suất hòa tách thu hồi tổng kim loại đất hiếm. Các bước trong nghiên cứu gồm có: (1) Xây dựng kế hoạch thực nghiệm; (2) Tiến hành thực nghiệm hòa tách thu hồi theo kế hoạch; (3) Nhập dữ liệu vào mô hình MODDE 5.0 để tính toán và đánh giá. Tiếp đến sử dụng tiêu chuẩn Student và Fisher để kiểm tra mức độ tương thích của phương trình hồi quy cho hiệu suất hòa tách thu hồi kim loại đất hiếm.

Số lượng thực nghiệm được xác định theo phương pháp mô hình quy hoạch hóa thực nghiệm với kế hoạch hỗn hợp bậc hai tâm xoay của Box – Hunter. Dưới đây là Bảng 1. Ma trận kế hoạch thực nghiệm hòa tách thu hồi kim loại đất hiếm (Nguyễn Minh Tuyển, 2005).

Bảng 1. Ma trận kế hoạch thực nghiệm hòa tách thu hồi kim loại đất hiếm.

Thông số	Ký hiệu	Giá trị thực tế			Giá trị mã hóa		
		Mức dưới	Mức Cơ sở	Mức trên	Mức dưới	Mức Cơ sở	Mức trên
Nồng độ axit (mol/L)	Z1	0,5	1,0	1,5	-1	0	1
Thời gian hòa tách (phút)	Z2	5	10	15	-1	0	1
Kích thước hạt (mm)	Z3	0,2	0,4	0,6	-1	0	1

Với phương pháp bậc 2 tâm xoay, phương trình hồi quy được lựa chọn có dạng như sau (Nguyễn Minh Tuyển, 2005):

$$y = b_o + \sum_{j=1}^{k} b_j x_j + \sum_{\substack{j,u=1 \\ j\neq u}}^{k} b_{ju} x_j x_u + \cdots + \sum_{1}^{k} b_{jj} x_j^2$$

$$y = b_o + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 \quad (1)$$

Trong đó:

y - hiệu suất hòa tách tổng kim loại đất hiếm (%);

b_o, b_j, b_{ju} (j, u =1 - 3), (u≠j) - hệ số hồi quy của mô hình thống kê;

x_j, x_u (j, u = 1 - 3) các giá trị được mã hóa (từ -1 đến 1) của nồng độ axit (X_1), thời gian hòa tách (X_2), và kích thước hạt của bột nam châm (X_3).

Số lượng thực nghiệm cần thiết và ma trận kế hoạch thực nghiệm theo kế hoạch hỗn hợp bậc hai tâm xoay Box - Hunter (Nguyễn Minh Tuyển, 2005) được trình bày trong Bảng 2 và Bảng 3.

Bảng 2. Giá trị α và số thực nghiệm điểm tâm tính trước cho loại mô hình.

Số nhân tố khảo sát (n)	2^n	Số thực nghiệm ở gốc ($N_{gốc}$)	Số thực nghiệm ở điểm sao (N*)	Số thực nghiệm ở tâm (No)	Khoảng cách từ tâm đến điểm sao (α)
2	2^2	4	4	5	1,414
3	2^3	8	6	6	1,682
4	2^4	16	8	7	2,000

Do nghiên cứu có số yếu tố độc lập k = 3; nên giá trị khoảng cách từ tâm đến điểm sao $\alpha = 2^{k/4} = 1,682$; số thực nghiệm ở nhân kế hoạch = 8; số thực nghiệm ở tâm kế hoạch No = 6; số thực nghiệm ở điểm sao N*= 6. Tổng số thực nghiệm cần thiết cho công tác tối ưu hóa các thông số cho quá trình hòa tách thu hồi kim loại đất hiếm là 20 thí nghiệm.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả hòa tách thu hồi tổng kim loại đất hiếm

Kiểu, cơ cấu thông số thực nghiệm thiết kế cho qui trình hòa tách thu hồi tổng kim loại đất hiếm và giá trị hiệu suất thu hồi tương ứng với mỗi thực nghiệm được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3. Ma trận kế hoạch thực nghiệm và hiệu suất hòa tách thu hồi theo kế hoạch thực nghiệm.

	Giá trị biến thực			Ma trận kế hoạch thực nghiệm mã hóa									
	(Z1) H_2SO_4	(Z2) Thời gian	(Z3) Cấp hạt	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	X_1^2	X_2^2	X_3^2	Y%
Nhân kế hoạch	0,5	5	0,2	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	72,4
	1,5	5	0,2	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	78,8
	0,5	15	0,2	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	94,3
	1,5	15	0,2	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	99,4
	0,5	5	0,6	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	26,8
	1,5	5	0,6	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	39,4
	0,5	15	0,6	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	73,4
	1,5	15	0,6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	78,2
Các điểm sao	0,159	10	0,4	-1,682	0	0	0	0	0	2,8291	0	0	60,2
	1,841	10	0,4	1,682	0	0	0	0	0	2,8291	0	0	86,8
	1,0	3,295	0,4	0	-1,682	0	0	0	0	0	2,8291	0	41,3
	1,0	11,705	0,4	0	1,682	0	0	0	0	0	2,8291	0	90,3
	1,0	10	0,0636	0	0	-1,682	0	0	0	0	0	2,8291	99,3
	1,0	10	0,7364	0	0	1,682	0	0	0	0	0	2,8291	52,3
Tâm Kế hoạch	1,0	10	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79,6
	1,0	10	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81,2
	1,0	10	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80,1
	1,0	10	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80,6
	1,0	10	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82,3
	1,0	7,5	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81,6

Kết quả thực nghiệm cho thấy, hiệu suất thu hồi tổng kim loại đất hiếm đạt từ 26,8 đến 99,4%, ta có thể nhận định rằng các thông số có sự ảnh hưởng và tác động lẫn nhau trong quá trình hòa tách thu hồi tổng kim loại đất hiếm có trong bộ phận nam châm thải bỏ.

3.2. Kết quả xác định phương trình tối ưu hòa tách thu hồi kim loại đất hiếm

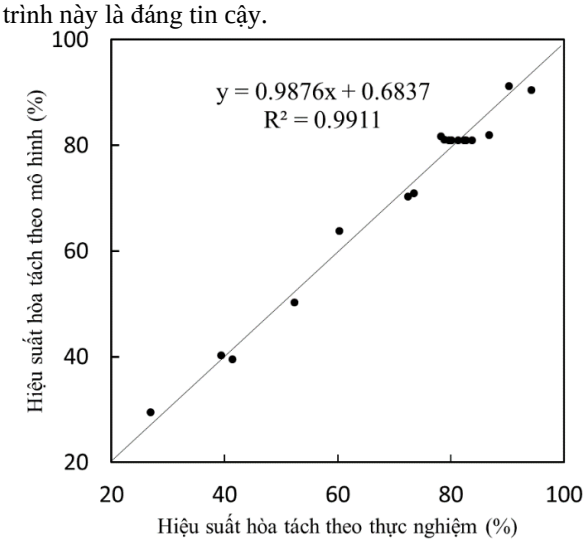
Kiểu, cơ cấu thông số thực nghiệm và giá trị hiệu suất thu hồi trên Bảng 3 ma trận kế hoạch thực nghiệm và hiệu suất hòa tách thu hồi theo kế hoạch thực nghiệm sẽ được thiết lập vào phần mềm MODDE 5.0 để mô phỏng, đánh giá sự ảnh hưởng và mối tương quan lẫn nhau của thông số nồng độ axít, kích thước hạt và thời gian hòa tách trong quá trình hòa tách thu hồi tổng đất hiếm. Tiếp đó chuẩn số Fisher và Student sẽ được sử dụng để kiểm định mức độ phù hợp cho phương trình hồi quy của quá trình hòa tách ở mức có nghĩa P = 0,05, bậc tự do phương sai dư f1 = N- L = 13, số bậc tự do f2 = no -1 = 5, giá trị Fb trong bảng tra là 4,61 và giá trị F tính toán theo công thức 2 là 2,49.

$$F = \frac{S_1/f_1}{S_2/f_2} \quad (2)$$

Phương trình hồi quy cho hiệu suất hòa tách thu hồi tổng kim loại đất hiếm trong bộ phận nam châm của ổ cứng máy tính thải bỏ có được sau tính toán như sau:

$$y = 80{,}97 + 5{,}39x_1 + 15{,}39x_2 - 15{,}08x_3 + 5{,}36x_2x_3 - 2{,}80x_1^2 - 5{,}52x_2^2 \quad (3)$$

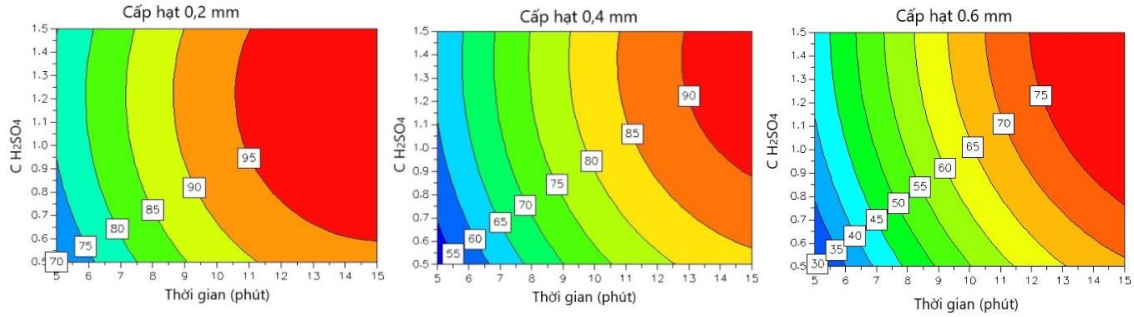
Giá trị F = 2,49 < Fb cho thấy phương trình hồi quy thu được là tương thích với thực nghiệm. Hệ số tương quan tuyến tính giữa hiệu suất hòa tách kim loại đất hiếm theo ma trận kế hoạch thực nghiệm đạt tới 99,1%, cho thấy phương trình này là đáng tin cậy.



Hình 1. Đồ thị biểu diễn hiệu suất hòa tách theo mô hình và thực nghiệm.

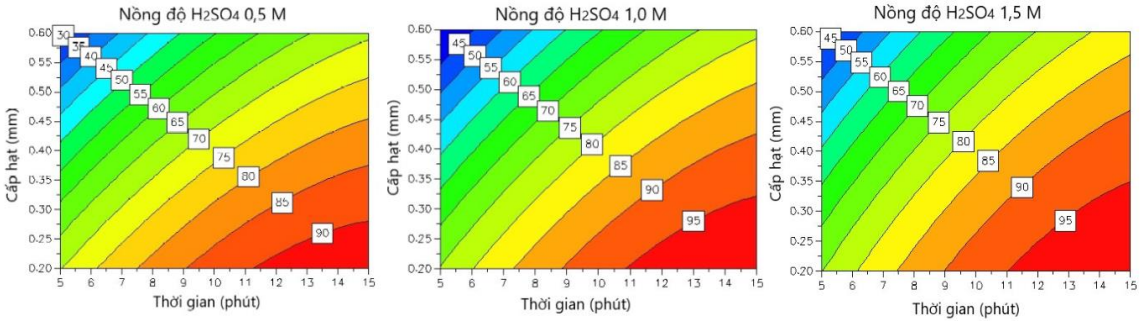
3.3. Kết quả đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố thực nghiệm với nhau tới hiệu suất thu hồi

Trong nghiên cứu này, phần mềm MODDE 5.0 đã được sử dụng để mô phỏng và xác định ảnh hưởng của các yếu tố đến các hàm mục tiêu hiệu suất hòa tách thu hồi tổng kim loại đất hiếm. Kết quả được thể hiện thông qua mô hình 2D trong các Hình 2, 3 và 4 như sau:



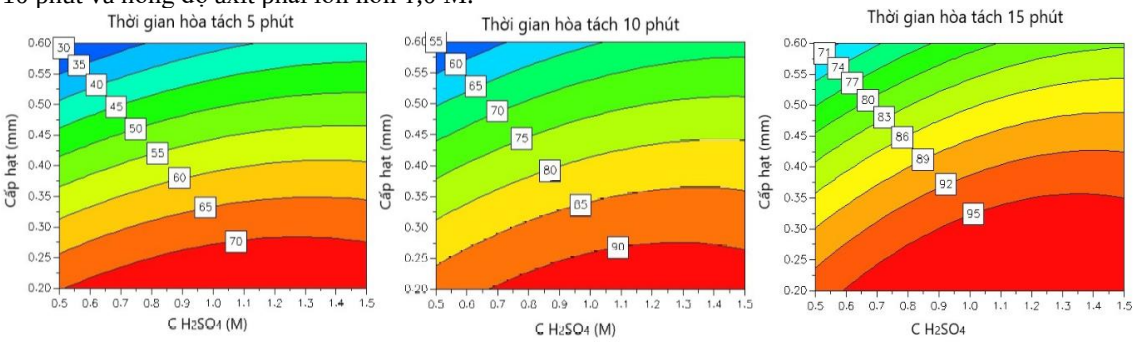
Hình 2. Phân bố hiệu suất hòa tách theo thời gian hòa tách và nồng độ axit ở các cấp hạt.

Hình 2 biểu diễn mối tương quan giữa thời gian hòa tách và nồng độ axit ở từng cấp kích thước bột nam châm cho thấy vùng hiệu suất cao nằm phía trên góc bên phải của đồ thị. Kết quả mô phỏng cho thấy để đạt được hiệu suất cao hơn 90 % thì thời gian hòa tách phải lớn hơn 10 phút và kích thước bột nam châm phải nhỏ hơn 0,4 mm.



Hình 3. Phân bố hiệu suất hòa tách theo thời gian hòa tách và cấp hạt ở các nồng độ axit.

Tương tự, Hình 3 biểu diễn mối quan hệ giữa kích thước bột nam châm và thời gian hòa tách ở từng khoảng thời gian hòa tách cho thấy vùng hiệu suất cao nằm phía dưới góc bên phải của đồ thị. Kết quả mô phỏng của phần mềm cho thấy có thể đạt được hiệu suất cao hơn 90 % khi thời gian hòa tách phải lớn hơn 10 phút và nồng độ axit phải lớn hơn 1,0 M.



Hình 4. Phân bố hiệu suất hòa tách theo cấp kích thước hạt và nồng độ axit ở các khoảng thời gian.

Tiếp theo mối tương quan giữa kích thước hạt và nồng độ axit ở các khoảng thời gian hòa tách được thể hiện trong Hình 4, cho thấy vùng hiệu suất cao nằm phía dưới góc bên phải của đồ thị. Mô phỏng cho thấy để đạt được hiệu suất cao hơn 90% thì cấp hạt phải nhỏ hơn 0,2 mm, nồng độ axít phải lớn hơn 0,7 M và thời gian hòa tách phải lớn hơn 10 phút

Kết quả mô phỏng đã đưa ra được điều kiện tối ưu lý tưởng cho việc hòa tách thu hồi tổng kim loại đất hiếm trong bộ phận nam châm thải có thể lên tới 99,9% với các thông số công nghệ như như sau: nồng độ axít H_2SO_4 là 1,2 M, thời gian hòa tách thu hồi là 14,9 phút, kích thước bột nam châm là 0,2 mm cùng với các điều kiện cố định khác là tốc độ khuấy 200 vòng / phút, tỉ lệ rắn lỏng 2 g/100 ml. Để đánh giá mức độ tin cậy từ kết quả mô phỏng, tác giả đã tiến hành kiểm nghiệm thực tế lại với 3 mẫu thí nghiệm, kết quả hiệu suất thực tế với mẫu TN01 là 97,8%, TN02 là 99,3% và TN03 là 98,2%. Giá trị hiệu suất thu hồi thực tế đạt được là rất cao, lớn hơn 97,8%, có phạm vi sai khác nhỏ hơn 5% so với điều kiện lý thuyết lý tưởng của mô hình đưa ra, chỉ với số lượng khảo sát thực nghiệm là 20 lần với các kiểu, cơ cấu thông số đầu vào được định sẵn. Đây có thể là tiền đề cho việc triển khai các mô hình pilot hay sản xuất thử dựa trên bộ số công nghệ này.

4. Kết luận

Bằng việc xây dựng kế hoạch thực nghiệm theo phương pháp bậc hai tâm xoay của Box - Hunter với lượng thực nghiệm tối đa là 20 lần và được mô phỏng tính toán trên phần mềm MODDE 5.0, đã đánh giá được ảnh hưởng qua lại của các thông số đầu vào và đưa ra khoảng giá trị tối ưu cho các thông số công nghệ cho quá trình hòa tách là nồng độ axit sunphuric là 1,2 M; thời gian hòa tách là 14,9 phút; đường kính hạt đối với bột nam châm là 0,2 mm; với điệu kiện cố định khác là tốc độ khuấy 200 vòng / phút và tỉ lệ rắn lỏng 2 g/100 ml. Hiệu suất thu hồi kiểm nghiệm thực tế đạt hơn 97,8%.

Đã tìm được phương trình hồi quy biểu diễn hiệu xuất hòa tách thu hồi kim loại đất hiếm trong bộ phận nam châm thải $y = 80{,}97 + 5{,}39x_1 + 15{,}39x_2 - 15{,}08x_3 + 5{,}36x_2x_3 - 2{,}80x_1^2 - 5{,}52x_2^2$.

Lời cảm ơn

Trong quá trình nghiên cứu, tác giả đã nhận được nhiều sự giúp đỡ, tạo điều kiện thuận và hỗ trợ một phần kinh phí từ trường Đại học Mỏ - Địa chất, cho phép sử dụng trang thiết bị thí nghiệm từ Đại học Bách khoa Hà Nội. Tôi xin bày tỏ lòng cảm ơn chân thành đến sự hỗ trợ và hợp tác trên.

Tài liệu tham khảo

Trần Thế Định, Thân Văn Liên, Phạm Văn Thiêm, 2019. Nghiên cứu xây dựng mô hình thống kê để tối ưu quá trình agglomerat hóa ứng dụng trong hòa tách đống quặng urani. *Tạp chí Khoa học và công nghệ Việt Nam Kỹ thuật và Công nghệ, Tập 61, số 3, trang 48-52.*

Nguyễn Mạnh Huy, Nguyễn Thanh Đàm, Dương Hồng Anh, Phạm Hùng Việt, 2017. Sử dụng phương pháp mặt mục tiêu nhằm tối ưu hóa quy trình phân tích taurin trong một số loại thực phẩm chức năng bổ sung taurin bằng phương pháp điện di mao quản. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Tập 33, Số 4, trang 43-54.*

Phạm Khánh Huy, Nguyễn Thị Huyền, Trần Thị Thanh Thủy, Huỳnh Trung Hải, Mai Thanh Tùng, 2017. Recovery rare earth oxide from ndfeb magnet of waste hdds by leaching and selective precipitation methods. *Vietnam Journal of Science and Technology*, 55: 257-264.

Hà Vĩnh Hưng, Huỳnh Trung Hải, 2014. Mô hình hóa quy trình hòa tách thu hồi thiếc, chì từ bản mạch in thiết bị điện tử gia dụng thải bằng phương pháp quy hoạch thực nghiệm. *Tạp chí phân tích Hóa, Lý và Sinh học*, số 19, trang 16-21.

Nguyễn Minh Tuyển, 2005. Quy hoạch thực nghiệm. *Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội*.

Hoàng Thị Yến, Trịnh Thị Thùy Linh, Mai Chí Thành, Nguyễn Thị Thu Huyền, Lại Thị Ngọc Hà, Bùi Văn Ngọc, 2015. Tối ưu hóa điều kiện tách chiết các hợp chất polyphenol có tính chống oxi hóa cao từ cây sim thu thập ở vùng đồi núi Chí Linh, Hải Dương. *Tạp chí Sinh Học*, số 37, trang 509-519.

J. Cui, L. Zhang, 2008. Metallurgical recovery of metals from electronic waste: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 158: 228-256.

M. A. R. Önal, C. R. Borra, M. Guo, B. Blanpain, T. V. Gerven, 2015. Recycling of NdFeB Magnets Using Sulfation, Selective Roasting, and Water Leaching. *Journal of Sustainable Metallurgy*, 1: 199-215.

N. Sato, Y. Wei, M. Nanjo, M. Tokuda, 1998. Recovery of samarium and neodymium from rare earth magnet scraps by fractional crystallization method. *Metallurgical Review of MMIJ (Mining and Metallurgical Institute of Japan)*, 15: 1-13.

ABSTRACT

Optimize the leaching process of magnet parts in HDD waste to recover rare earth metal

Pham Khanh Huy
Hanoi University of Mining and Geology

In the environmental field, metals in electronic waste were recycled and recoveried by many different methods. Among them, the hydrometallurgical method is becoming more and more popular because it generates less waste, uses less energy and the recovered product has better purity than the pyrometallurgical method. Normally, we would have to conduct a very large number of experiments to come up with a set of technological parameters for the separation process, and the cost of this work is very expensive and takes a lot of time. The goal of the study is to reduce the cost of experiments but can achieve reliable results, and evaluate the separation efficiency of NdFEB rare earth magnets in discarded computer hard drives to recover rare earth metals. The study is based on the Box-Hunter experimental planning modeling method and is simulated by MODDE 5.0 modeling software. The simulation results showed that the optimum values for the separation process of NdFEB rare earth magnet powder are achieved when the concentration of acid is 1.2M; dissolution time is 14.9 minutes; magnet powder size is 0.2 mm; stirring speed and solid to liquid ratio (m/v) were kept constant at 200rpm and 2g/100mL respectively. The efficiency calculated according to the model can reach 99.9% and determined by actual experiments reaching from 97.8 to 99.3%, this result can be the basis for the implementation of pilot models and actual production in the future to recover rare earth metals.

Keywords: Electronic waste; Rare earth magnet; NdFeB; Recover; MODDE 5.0

Nghiên cứu hiệu quả dự báo chất lượng nước mặt bằng các mô hình học máy: ứng dụng tại sông Ba Chẽ, tỉnh Quảng Ninh

Nguyễn Thị Hồng*, Nguyễn Thị Thu Huyền, Đào Trung Thành
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Việc sử dụng các mô hình học máy trong dự báo chất lượng nước mặt có thể mang lại nhiều lợi ích trong việc quản lý hiệu quả tài nguyên nước và đảm bảo an ninh nguồn nước. Mô hình học máy có khả năng phân tích dữ liệu từ các thông số môi trường như WQI, DO, BOD, pH và các chất ô nhiễm khác để dự báo chất lượng nước mặt trong tương lai. Ngoài ra, mô hình học máy có thể được kết nối với các thiết bị cảm biến để thu thập dữ liệu về chất lượng nước mặt trong thời gian thực. Khi dữ liệu được cập nhật liên tục, mô hình có thể phân tích và dự báo chất lượng nước mặt ngay lập tức, giúp nhà quản lý có thể phát hiện sớm các vấn đề về ô nhiễm nguồn nước và đưa ra biện pháp khắc phục kịp thời. Báo cáo nghiên cứu ứng dụng tại sông Ba Chẽ của huyện Ba Chẽ, đây là huyện miền núi của tỉnh Quảng Ninh với số lượng lớn đồng bào dân tộc thiểu số sinh sống tại nhiều khu vực có địa hình phức tạp. Nhiều năm qua, người dân vẫn sử dụng nguồn nước tự chảy từ các bể chứa, từ khe, suối, nên chất lượng nước khó đảm bảo. Cần thiết phải có biện pháp quản lý hiệu quả tài nguyên nước trên địa bàn để người dân yên tâm sinh hoạt, sản xuất, ổn định đời sống, vươn lên thoát nghèo.

Từ khóa: Học máy, Dự báo chất lượng nước, WQI, Sông Ba Chẽ.

1. Mở đầu

Sông Ba Chẽ bắt nguồn từ đỉnh Thiên Sơn cao hơn 1.200m (phía Nam xã Đồn Đạc, huyện Ba Chẽ) chảy theo hướng Tây Bắc - Đông Nam qua huyện Ba Chẽ và đổ ra Vịnh Bái Tử Long. Đây là một trong bốn con sông lớn của tỉnh Quảng Ninh, không chỉ cung cấp nguồn nước quan trọng cho sinh hoạt, nông nghiệp và công nghiệp, mà còn là một tuyến giao thông thủy quan trọng và có tầm ảnh hưởng lớn đến phát triển kinh tế và văn hóa của khu vực. Dòng sông đã tạo ra một môi trường sống đa dạng và phong phú, góp phần vào sự hình thành và phát triển của các cộng đồng dân cư xung quanh. Tuy nhiên, bên cạnh việc phát triển kinh tế và đô thị háo một cách ồ ạt của địa phương cũng làm ảnh hưởng đến chất lượng nước sông. Kết quả quan trắc giám sát chất lượng nước cho thấy sông Ba Chẽ đang bị ô nhiễm hữu cơ, giá trị COD, BOD5 tại hầu hết các điểm quan trắc đều vượt giới hạn cho phép từ 2 đến 2,3 lần. Phương pháp đánh giá hiện tại thường dựa trên kết quả đo nhanh tại chỗ, lấy mẫu và phân tích trong phòng thí nghiệm với các thông số vật lý, hóa học và sinh học trong nước. Phương pháp này tuy có độ chính xác cao nhưng khá tốn thời gian, kinh phí, trang thiết bị và nhân lực kỹ thuật cao.

Hiện nay, việc áp dụng học máy (Machine Learning) vào nhiều lĩnh vực khoa học khác nhau đang trở thành xu thế nhằm tăng độ chính xác của các phép toán dự báo và phân loại. Học máy học các mối quan hệ thống kê bậc cao, do đó thường vượt trội so với các phương pháp mô hình hóa và dự báo truyền thống. Trong dự báo chất lượng nước, các thuật toán học máy có thể ước lượng và phân tích các thông số, dựa trên mối quan hệ tuyến tính và phi tuyến tính. Các kỹ thuật học máy cũng đóng một vai trò quan trọng trong việc dự báo chất lượng nước sông nhờ mạng nơ ron nhân tạo (ANN), vectơ hỗ trợ (SVM), rừng ngẫu nhiên (RF), cây quyết định (DT) và học sâu (DL) (Sanja Cojbasic và nkk, 2023). Học máy làm tăng hiệu quả đánh giá chất lượng nước mặt bằng Chỉ số chất lượng nước (WQI) thông qua các thuật toán có giám sát như dự báo đa lớp đối với thuật toán AdaBoost (AB), thuật toán K-nearest neighbors (KNN), quy trình Gaussian (GP) và hồi quy tăng cường độ dốc cực đại (XGBR) (Masood và nkk, 2023; Anita và nkk, 2023). Ngoài ra, các phương pháp tiếp cận dựa trên máy học như rừng ngẫu nhiên đã thành công trong việc phân loại chất lượng nước sông thành các loại ô nhiễm hoặc ô nhiễm nhẹ với độ chính xác cao, nhấn mạnh tầm quan trọng của thông số DO trong dự đoán chất lượng nước (Nasaruddin và nnk, 2023). Hơn nữa, việc tích hợp các thuật toán học sâu như mạng tích chập đồ thị (Graph Convolutional Network - GCN) và mạng thần

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthihong@humg.edu.vn

kinh bộ nhớ ngắn hạn dài (Long Short-Term Memory - LSTM) đã cải thiện đáng kể độ chính xác của các mô hình dự báo chất lượng nước, hỗ trợ quản lý môi trường nước hiệu quả (Juan Huan và nnk, 2023).

Ở Việt Nam, nhiều nghiên cứu thường dùng chỉ số chất lượng nước (WQI) để đánh giá chất lượng nước mặt và khả năng sử dụng của nguồn nước đối với từng mục đích khác nhau. Tuy nhiên, việc tính toán WQI từ các thông số quan trắc chất lượng nước còn gặp nhiều hạn chế do cần nhiều thông số quan trắc và tính toán còn tương đối phức tạp. Trong những năm gần đây, nhiều nghiên cứu tại Việt Nam áp dụng thuật toán học máy để dự báo chỉ số chất lượng nước mặt, nâng cao độ chính xác và giảm chi phí giám sát. Các thuật toán học máy, đặc biệt là tăng cường độ dốc (GBoost), được ứng dụng hiệu quả trong ước tính chỉ số chất lượng nước mặt ở đồng bằng sông Hồng, Việt Nam, nâng cao độ chính xác dự báo và hiệu quả chi phí (Nguyen Quoc Son và nnk, 2023). Kể cả với môi trường nước biển, các thuật toán cây quyết định (DT), rừng ngẫu nhiên (RF), hồi quy tăng cường độ dốc (GBR) và hồi quy tăng cường độ dốc Ada (ABR) sử dụng ảnh viễn thám Sentinel-2 đối với khu vực ven biển tỉnh Bình Định. Nghiên cứu cho thấy thuật toán rừng ngẫu nhiên (RF) dự báo các thông số chất lượng nước biển chính xác nhất so với dữ liệu đo tại hiện trường (R^2 = 0,59÷0,74) (Quang Nguyen Hong và nnk, 2023). Việc tìm ra thuật toán để dự báo hiệu quả WQI là rất quan trọng và cần thiết nhằm phục vụ tốt hơn cho công tác đánh giá chất lượng nước mặt cho vùng nghiên cứu. Nghiên cứu tại bán đảo Cà Mau đã áp dụng phương pháp Bayes (BMA) để lựa chọn các thông số chất lượng nước tối ưu (pH, BOD5, PO4 và Coliform) để tính toán WQI. Kết quả cho thấy sử dụng các thuật toán tăng cường độ dốc (GBoost) có kết quả dự báo chính xác nhất (R^2 = 0,973), tăng cường độ dốc cực đại (XGBoost) có R^2=0,966, cây quyết định có R^2 = 0,944 và tăng cường độ dốc nhẹ (LGBoost) có R^2 = 0,928 (Nguyễn Đức Phong và Hà Hải Dương, 2023).

Như vậy, các nghiên cứu trước đây về ứng dụng học máy trong dự báo chất lượng nước chủ yếu tập trung vào dự báo các thông số chất lượng nước và tính toán chỉ số chất lượng nước (WQI). Một số nghiên cứu còn kết hợp thuật toán học máy với mạng giám sát thời gian thực và cho kết quả rất khả quan. Tuy nhiên, các nghiên cứu này chủ yếu trên thế giới, còn tại Việt Nam, có rất ít nghiên cứu đánh giá tiềm năng của thuật toán học máy trong dự báo chỉ số chất lượng nước mặt (WQI) dựa trên dữ liệu đầu vào nhằm giảm chi phí giám sát chất lượng nước mặt. Vì vậy, việc nghiên cứu ứng dụng các mô hình học máy để dự báo chỉ số chất lượng nước mặt tại sông Ba Chẽ là cần thiết và góp phần đưa ra các phương pháp tính toán chỉ số chất lượng nước mặt hiệu quả và tiết kiệm hơn.

2. Thu thập mẫu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu và lấy mẫu

Vị trí quan trắc lấy mẫu được thống kê trong Bảng 1và thể hiện trên Hình 1 trong 2 đợt khảo sát mùa khô và mùa mưa giai đoạn 2017÷2022. Mẫu được lấy theo TCVN 6663-6-2018 (ISO 5667-6-2014) trong lấy mẫu nước sông và TCVN 6663-3-2016 (ISO 5667-3-2012) trong bảo quản và xử lý mẫu nước.



Hình 1. Các điểm lấy mẫu nước trên sông Ba Chẽ.

Bảng 1. Tọa độ điểm khảo sát thu thập mẫu nước mặt trên sông Ba Chẽ.

SHM	Vị trí	Tọa độ VN2000 (107°45', múi chiếu 3°)	
		X	Y
NM01	Chân cầu ngầm xã Thanh Sơn	2356132	441516
NM02	Phía sau điểm hợp lưu với sông Làng Cống tại xã Đồn Đạc	2353555	448881
NM03	Điểm lấy nước về nhà máy nước Ba Chẽ	2353478	450465
NM04	Đập tràn thị trấn Ba Chẽ	2353426	451224
NM05	Chân cầu Ba Chẽ 2	2353207	452971

2.2. Phương pháp thu thập dữ liệu

Dữ liệu cho bài báo này chủ yếu tập trung vào việc thu thập thông số chất lượng nước như pH, TSS, NTU, BOD_5, COD, DO, NO_3^-, NH_4^+, NO_2^-, PO_4^{3-}, Zn, Fe, Cu, Pb, Hg, và Coliform.

2.3. Xử lý số liệu

- Đánh giá mẫu nước theo QCVN 08:2023/BTNMT, mức A - Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước mặt phục vụ mục đích cấp nước sinh hoạt.
- Quy trình tính toán chỉ số WQI theo hướng dẫn trong Quyết định số 1460/QĐ-TCMT (Tổng cục môi trường, 2019) và so sánh đánh giá chất lượng nước như trong Bảng 2, đối với thủy vực cần chú ý ô nhiễm chất hữu cơ thì tính theo công thức như sau:

$$WQI = \frac{WQI_I}{100} \times \frac{(\prod_{i=1}^{m} WQI_{III})^{1/m}}{100} \times \left[\left(\frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} WQI_{IV}\right)^2 \times \frac{1}{l}\sum_{i=1}^{l} WQI_V\right]^{1/3} \quad (1)$$

Trong đó:

WQI_I: Kết quả tính toán đối với thông số nhóm I (Thông số pH);

WQI_{III}: Kết quả tính toán đối với thông số nhóm III (Các thông số As, Cd, Pb, Cr^{6+}, Cu, Zn, Hg);

WQI_{IV}: Kết quả tính toán đối với thông số nhóm IV (Các thông số DO, BOD_5, COD, TOC, $N\text{-}NH_4^+$, $N\text{-}NO_3^-$, $N\text{-}NO_2^-$, $P\text{-}PO_4^{3-}$);

WQI_V: Kết quả tính toán đối với thông số nhóm V (Các thông số E.coli, Coliform).

Bảng 2. Bảng đánh giá chất lượng nước theo WQI.

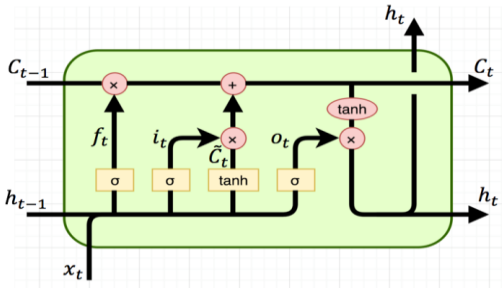
Giá trị WQI	**Mức đánh giá chất lượng nước**	**Màu**
91÷100	Sử dụng tốt cho mục đích cấp nước sinh hoạt	Xanh nước biển
76÷90	Sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt nhưng cần các biện pháp xử lý phù hợp	Xanh lá cây
51÷75	Sử dụng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích tương đương khác	Vàng
26÷50	Sử dụng cho giao thông thủy và các mục đích tương đương khác	Da cam
10÷25	Nước ô nhiễm nặng, cần các biện pháp xử lý trong tương lai	Đỏ
<10	Nước nhiễm độc, cần có biện pháp khắc phục, xử lý	Nâu

2.4. Phương pháp học máy

- Mạng nơ ron hồi quy (RNN) là một loại thuật toán học máy phù hợp với dữ liệu liên tục, đa biến có thể xử lý dữ liệu tuần tự và đã được chứng minh hiệu quả trong dự báo chất lượng nước (Abba và nnk, 2020).
- Mạng nơ ron bộ nhớ ngắn-dài (LSTM) kế thừa thuật toán của RNN để xử lý các chuỗi dữ liệu theo thời gian (sequence/ time-series), phù hợp trong việc dự báo chất lượng nước thời gian thực. LSTM vừa học được các thông tin từ state gần nó (short term memory) giống RNN và các thông tin từ state ở trước nó rất xa (long term memory) điều mà RNN không làm được (Hochreiter, 1997; Ye và nnk, 2019). Ở state thứ t của mô hình LSTM:

+ Output: c_t, h_t, trong đó c là cell state, h là hidden state.

+ Input: c_{t-1}, h_{t-1}, x_t, trong đó x_t là input ở state thứ t của mô hình, c_{t-1}, h_{t-1} là output của layer trước.



Hình 2. Cấu trúc của mô hình LSTM.

$$\text{Forget gate: } f_t = \sigma\left(W_f \times [h_{t-1}, x_t] + b_f\right),\ \tilde{c_t} = tanh(W_c \times [h_{t-1}, x_t] + b_c). \quad (2)$$

$$\text{Input gate: } i_t = \sigma(W_i \times [h_{t-1}, x_t] + b_i). \quad (3)$$

$$\text{Output gate: } o_t = \sigma(W_o \times [h_{t-1}, x_t] + b_o). \quad (4)$$

$$\text{Long memory: } c_t = f_t \times c_{t-1} + i_t \times \tilde{c_t}. \quad (5)$$

$$\text{Short memory: } h_t = o_t \times \tanh(c_t). \quad (6)$$

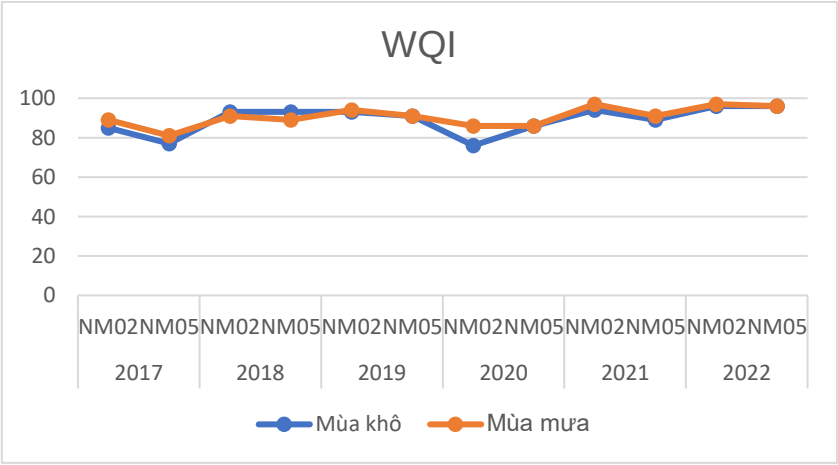
Ghi chú: σ, tanh là bước dùng sigma, tanh activation function; ×, + là phép nhân, phép cộng ma trận. f_t, i_t, và o_t tương ứng với forget gate, input gate và output gate.

- Việc đánh giá độ chính xác của mô hình trong dự báo chỉ số chất lượng nước tại khu vực nghiên cứu bằng các chỉ số như: Sai số tuyệt đối trung bình (MAE), Sai số bình phương trung bình (MSE), Căn bậc hai của giá trị trung bình của sai số bình phương (RMSE), R-square (R^2).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả đánh giá chất lượng nước mặt sông Ba Chẽ bằng chỉ số WQI

Kết quả tính toán giá trị WQI của các mẫu phục vụ huấn luyện mô hình được thể hiện trong Hình 3 cho thấy diễn biến chất lượng nước sông Ba Chẽ có sự biến động theo mùa, chất lượng nước mùa khô thấp hơn mùa mưa. Trong giai đoạn giám sát chất lượng nước khá ổn định ở mức tốt đến rất tốt với giá trị WQI dao động trong khoảng 76 đến 97, đáp ứng tiêu chuẩn cấp nước sinh hoạt. Trong đó, tại các điểm quan trắc NM-02 là điểm trước khu vực lấy nước về nhà máy nước sạch Ba Chẽ có chất lượng tốt hơn ở các điểm phía hạ nguồn khi chưa chịu ảnh hưởng nhiều của việc xả nước thải sinh hoạt, dịch vụ và công nghiệp trên địa bàn.



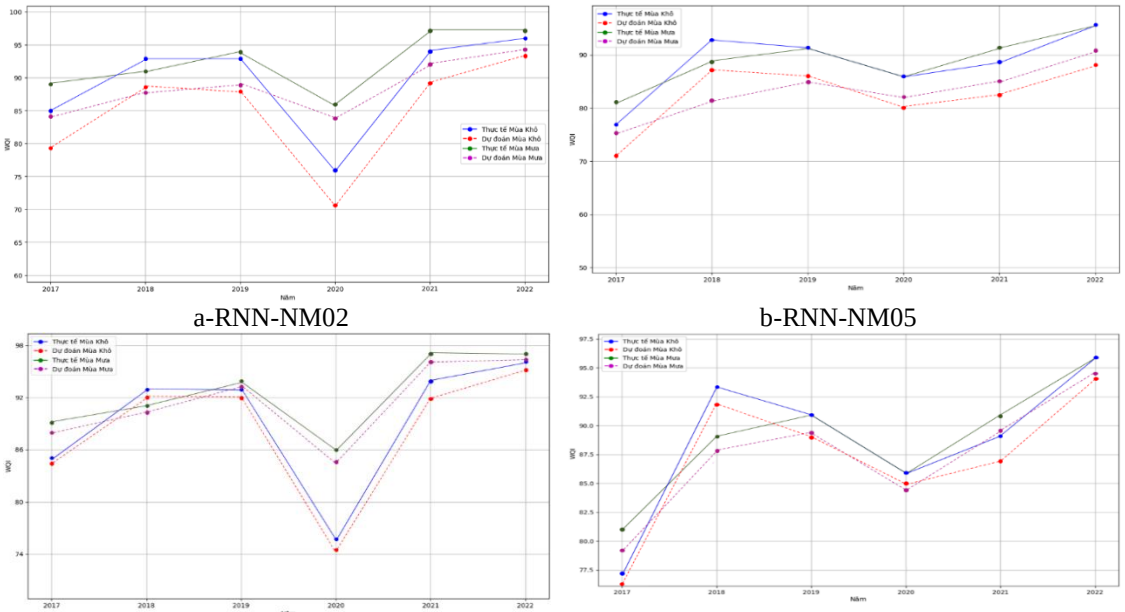
Hình 3. Chỉ số chất lượng nước (WQI) của sông Ba Chẽ giai đoạn 2017-2022.

3.2. Nghiên cứu dự báo chỉ số chất lượng nước mặt bằng học máy

3.2.1 Kết quả tính toán chỉ số chất lượng nước mặt

Dựa trên kết quả thu được, lựa chọn các thông số để xây dựng mô hình học máy. Nghiên cứu đã xây dựng mô hình từ các thông số (BOD_5, NH_4^+, PO_4^{3-}, TSS, NTU và Coliform) gồm dữ liệu đào tạo (24 mẫu) và thử nghiệm (36 mẫu) để dự báo chất lượng nước mặt (WQI) theo các mô hình là Mạng nơ ron hồi quy (RNN) và Mạng nơ ron bộ nhớ ngắn-dài (LSTM).

Kết quả báo cáo WQI và biểu đồ so sánh giữa giá trị WQI dự đoán và đo được đối với tập dữ liệu thực nghiệm theo các mô hình học máy được trình bày trên Hình 4.



a-RNN-NM02 b-RNN-NM05

c-LSTM-NM02 d-LSTM-NM05

Hình 4. So sánh giữa WQI dự báo và thực tế đối với dữ liệu thử nghiệm theo các mô hình học máy.

3.2.2. Kết quả đánh giá mô hình

Kết quả đánh giá mô hình học máy dự vào 4 tiêu chí (MAE, MSE và RMSE và R^2) để dự đoán chỉ số chất lượng nước mặt tại khu vực nghiên cứu được thể hiện tại Bảng 3.

Bảng 3. Đánh giá các mô hình dự báo chỉ số chất lượng nước mặt khu vực nghiên cứu.

Học máy	**Thông số đầu vào**	**Đầu ra**	**Đánh giá**			
			MAE	MSE	RMSE	R^2
RNN	BOD_5, NH_4^+, PO_4^{3-}, TSS, NTU, Coliform	WQI	5,7	78,6	8,85	0,82
LSTM	BOD_5, NH_4^+, PO_4^{3-}, TSS, NTU, Coliform	WQI	5,5	73,0	8,52	0,86

Theo kết quả tính toán, mô hình học máy LSTM có độ chính xác cao hơn mô hình RNN. Trong đó, mô hình mô hình RNN có R^2 là 0,82; giá trị lỗi là 5,70; 78,6; 8,85 và mô hình LSTM có R^2 là 0,86; giá trị lỗi là 5,50; 73,0; và 8,52. Có thể thấy, các mô hình học máy áp dụng trong bài báo đều có thể dự đoán tốt WQI cho khu vực nghiên cứu (R^2 đều lớn hơn 80%). Do đó, việc ứng dụng các mô hình học máy trong tính toán WQI cho sông Ba Chẽ là phù hợp và tiết kiệm chi phí. Từ đó, giúp tăng hiệu quả trong công tác giám sát chất lượng nước sông phục vụ cấp nước sinh hoạt, ổn định đời sống và phát triển kinh tế-xã hội trên địa bàn huyện. Đồng thời, nâng cao công tác quản lý tài nguyên nước, đặc biệt là tại các vùng có điều kiện khó khăn như huyện miền núi Ba Chẽ.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã đưa ra cơ sở khoa học cho việc tính toán chỉ số chất lượng nước mặt bằng học máy và đã phát huy hiệu quả trong dự báo chỉ số chất lượng nước (WQI) tại khu vực nghiên cứu. Báo cáo đã xây dựng mô hình học máy dự báo WQI với 5 tham số được chọn, bao gồm: BOD_5, NH_4^+, PO_4^{3-}, TSS, NTU và Coliform. Theo kết quả tính toán dự báo WQI của các mô hình học máy cho thấy mô hình LSTM có độ chính xác hơn mô hình RNN và cả hai mô hình đều có độ chính xác cao, dao động từ 82÷86%.

Tuy nhiên, bộ dữ liệu sử dụng trong bài báo còn hạn chế chưa đạt được độ chính xác cao như mong muốn. Vì vậy, cần tiếp tục bổ sung thêm bộ dữ liệu về nguồn xả thải, thủy động lực học dòng chảy và đặc biệt là những yếu tố nhân tạo gây ảnh hưởng đến chất lượng nước sông. Từ đó, giúp nâng cao độ chính xác hơn nữa của mô hình học máy trong công tác dự báo và nâng cao hiệu quả quản lý môi trường sông để đảm bảo chất lượng nước phục vụ mục đích cấp nước sinh hoạt bền vững trên địa bàn huyện Ba Chẽ.

Lời cảm ơn

Kết quả bài báo được hoàn thành dưới sự hỗ trợ kinh phí và số liệu của đề tài "Ứng dụng mô hình LSTM trong dự báo chất lượng nước sông Ba Chẽ phục vụ cấp nước sinh hoạt cho huyện Ba Chẽ, tỉnh Quảng Ninh" - Mã số T24-24. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

Tài liệu tham khảo

Sanja Cojbasic, Sonja Dmitrasinovic, Marija Kostic, Maja Turk Sekulic, Jelena Radonic, Ana Dodig, Milan Stojkovic, (2023). Application of machine learning in river water quality management: a review. Water Science & Technology, 88 (9): 2297–2308. doi: 10.2166/wst.2023.331

Masood, A.; Niazkar, M.; Zakwan, M.; Piraei, R. (2023). A Machine Learning-Based Framework for Water Quality Index Estimation in the Southern Bug River. Water, 15(20), 3543. doi: 10.3390/w15203543

Anita M., M. G. Dinesh, C. Lakshmipriya, V. Sharmila, A. Muthuram, Siva Subramanian R, (2023). Water Quality Prediction using Machine Learning: A Comparative Study. Second International Conference on Augmented Intelligence and Sustainable Systems (ICAISS), 348-353. doi: 10.1109/ICAISS58487.2023.10250743.

Nasaruddin, N.; Ahmad, A.; Zakaria, S. F.; Ul-Saufie, A. Z.; & Osman, M. S. (2023). Predicting Kereh River's Water Quality: A comparative study of machine learning models. Environment-Behaviour Proceedings Journal, 8(SI15), 213–219. https://doi.org/10.21834/e-bpj.v8iSI15.5097

Juan Huan, Wenjie Liao, Yongchun Zheng, Xiangen Xu, Hao Zhang, Bing Shi, (2023). A deep learning model with spatio-temporal graph convolutional networks for river water quality prediction. Water Science & Technology: Water Supply, 23(7), 2940-2957. doi: 10.2166/ws.2023.164

Nguyen Quoc Son, Nguyen Cam Linh, Le Thi Phuong Quynh, and Le Phuong Thu, (2023). Application of Machine Learning Algorithms in Studying Water Quality in the Red River System. VNU Journal Of Science: Earth And Environmental Sciences, 39(2), 52-63.

Quang Nguyen Hong, Nguyen Tran Dinh, Nguyen Tran Dien, and Le Thanh Son, (2023). Calibration of Sentinel-2 Surface Reflectance for Water Quality Modelling in Binh Dinh's Coastal Zone of Vietnam. Sustainability, 15(2), 1410.

Nguyễn Đức Phong, Hà Hải Dương (2023). Nghiên cứu ứng dụng các mô hình học máy để dự báo chỉ số chất lượng nước mặt vùng bán đảo Cà Mau. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi 76*.

Tổng cục môi trường, 2019. *Quyết định số 1460/QĐ-TCMT ngày 12 tháng 11 năm 2019 của Tổng cục môi trường ban hành Hướng dẫn Kỹ thuật tính toán và Công bố chỉ số chất lượng nước Việt Nam (VN_WQI)*.

Abba, Sani Isah; Pham, Quoc Bao; Saini, Gaurav; Linh, Nguyen Thi Thuy; Ahmed, Ali Najah; Mohajane, Meriame; Khaledian, Mohammadreza; Abdulkadir, Rabiu Aliyu; Bach, Quang-Vu (2020). Implementation of data intelligence models coupled with ensemble machine learning for prediction of water quality index. Environmental Science and Pollution Research 27, 41524 - 41539.

S. Hochreiter, J. Schmidhuber (1997). Long short-term memory. *Neural Comput 9*, 1735-1780.

Ye, Qiangqiang; Yang, Xueqin; Chen, Chaobo; Wang, Jingcheng (2019). *River Water Quality Parameters Prediction Method Based on LSTM-RNN Model*. Chinese Control And Decision Conference (CCDC), 3024–3028.

ABSTRACT

Research on surface water quality prediction using machine learning: application at the Ba Che River, Quang Ninh province

Dao Trung Thanh, Nguyen Thi Hong, Nguyen Thi Thu Huyen
Hanoi University of Mining and Geology

Applications of machine learning models in predicting surface water quality have brought efficiency to water resource management. Machine learning models can predict surface water quality through data analysis from physical, chemical, and biological parameters (WQI, DO, BOD, pH, and other pollutants). In addition, it can be connected to sensor devices to collect data on surface water quality in real-time. These models can immediately analyze and predict surface water quality, so managers can detect water pollution problems early and take timely corrective measures. The models used in the article are RNN and LSTM, which have been used by many scientists and have proven their effectiveness. The scope of the article's research is the Ba Che river area of the Ba Che mountainous district with a large number of ethnic minorities living in many areas with complex terrain. The scope of the article's research is the Ba Che river area of the Ba Che mountainous district with complex terrain, sparse population, and difficult life. In recent years, people have used water from reservoirs, streams and streams, so water quality is difficult to ensure. It is necessary to have measures to effectively manage water resources so that people can feel secure in living, producing, stabilizing their lives, and escaping poverty.

Keywords: Machine learning; Water quality forecasting; WQI; Ba Che River.

Nghiên cứu vai trò của chủng nấm Curvularia lunata trong kích thích sinh trưởng và xử lý ô nhiễm môi trường

Vũ Thị Lan Anh[1,*], Nguyễn Thị Hồng[1], Trần Thị Ngọc[1], Nguyễn Phương Đông[1], Nguyễn Thị Nhạn[2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Bệnh viện Nam học và Hiếm muộn Hà Nội*

TÓM TẮT

Việc tạo ra các chế phẩm sinh học tự nhiên trong kích thích sinh trưởng của thực vật hiện nay có ý nghĩa quan trọng đối với nền nông nghiệp cũng như môi trường. Các chế phẩm này không chỉ thân thiện với môi trường, an toàn cho người sử dụng mà còn phát huy hiệu quả lâu dài. Bên cạnh đó, một số chủng vi sinh còn có khả năng xử lý ô nhiễm môi trường trong đó có xử lý ô nhiễm màu trong nước. Nhóm nghiên cứu tiến hành đánh giá khả năng sinh các enzyme kích thích sinh trưởng, enzyme laccase để thử hoạt tính của các chủng vi sinh vật phân lập trong phòng thí nghiệm. Kết quả nghiên cứu lựa chọn được chủng Curvularia lunata có hoạt tính sinh học tốt. Trong quy mô phòng thí nghiệm, nhóm nghiên cứu nhận thấy chủng Curvularia lunata làm mất màu thuốc nhuộm ở các nồng độ khác nhau và theo thời gian khác nhau. Tiến hành nuôi lắc chủng và bổ sung thuốc nhuộm hàm lượng tím kết và xanh methylene. Theo thời gian nuôi lắc, chủng nấm phát triển và làm mất màu các thuốc nhuộm trên. Như vậy, chủng Curvularia lunata có thể ứng dụng trong xử lý ô nhiễm môi trường và tạo các chế phẩm sinh học kích thích sinh trưởng.

Từ khóa: Curvularia lunata; tím kết tinh; IAA; xanh methylene; laccase.

1. Đặt vấn đề

Nguyễn Khởi Nghĩa (2017) đã tiến hành nghiên cứu và tuyển chọn một số dòng nấm từ gỗ mục có khả năng phân loại màu thuốc nhuộm ở Đồng bằng sông Cửu Long. Tiến hành khử trên 2 màu: xanh và đen, cho thấy tổng cộng 54 dòng nấm từ gỗ mục được phân lập, trong đó 12 và 15 trong số 54 dòng nấm phân lập lần lượt thể hiện khả năng loại bỏ màu thuốc nhuộm xanh và đen. El Bouraie (2016) đã khử màu thành công thuốc nhuộm Reactive Black được lấy từ ngành công nghiệp dệt địa phương bằng Aeromonas hydrophila. Alicia Paz và nnk. (2018) đã nghiên cứu thành công chủng Bacillus aryabhattai trong việc khử màu thuốc nhuộm tổng hợp, vừa hiệu quả vừa giảm màu vừa giảm COD. Antonella Anastasi và nnk. (2012) đã nghiên cứu khả năng xử lý nước thải dệt nhuộm bằng phương pháp sinh học cải tiến từ việc sử dụng nấm, đặc biệt là nấm mốc. Nấm Phanerochaete chrysosporum CCT 1999, Lentinula edodes CCT 4519 và Curvularia lunata UFPEDA 885 đã làm giảm 100% màu của nước thải trong quá trình phát triển dưới sự khuấy động trong khi nấm Aspergillus sp. F 75 làm giảm 98% màu của nước thải trong cùng điều kiện. Đặc biệt, động học của sự đổi màu cho thấy nấm P. chrysosporum CCT 1999 và C. lunata UFPEDA 885 nổi bật về sự đổi màu trong số các loại nấm được nghiên cứu (Miranda và nnk, 2012).

Vì vậy, trong nghiên cứu này, sau khi phân lập được chủng C. lunata F5 từ rễ cỏ, tập thể tác giả đã lựa chọn để đánh giá khả năng kích thích sinh trưởng thực vật (IAA) và khả năng sinh enzyme laccase. Kết quả cho thấy chủng F5 sinh IAA và sinh enzyme laccase cao. Vì vậy, thử khả năng làm mất màu thuốc nhuộm ở các nồng độ khác nhau. Đây là tiến đề để tác giả lựa chọn chủng vi sinh vật trong xử lý ô nhiễm môi trường nước thải dệt nhuộm.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Chủng nấm nội sinh phân lập từ rễ của cỏ Vetiver.

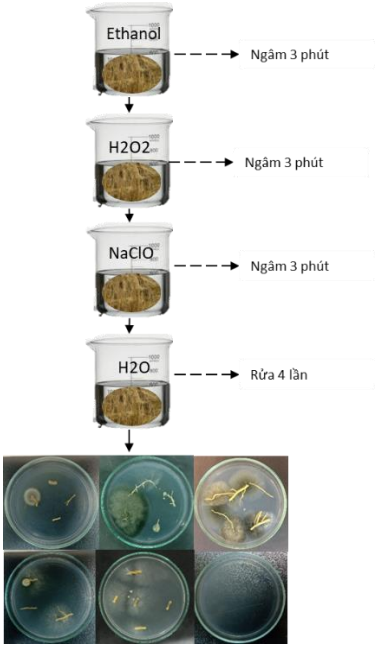
2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp phân lập

Mẫu rễ sau khi được thu về, để tiến hành phân lập vi sinh vật nội sinh được xử lý bề mặt và phân lập như quy trình sau (Hình 1): rửa mẫu dưới vòi nước chảy 3 phút để loại bỏ chất bẩn bám ngoài bề mặt; cắt

* *Tác giả liên hệ*
Email: vuthilananh@humg.edu.vn

mẫu thành các đoạn dài khoảng 3 cm rồi đem rửa với cồn 96º trong 3 phút, H_2O_2 3% trong 3 phút và NaClO 1% trong 3 phút. Cuối cùng, rửa lại với nước cất khử trùng 4 lần (Wang và nnk, 2015).



Hình 1. Quy trình xử lý bề mặt mẫu.

Chủng vi nấm sau phân lập được thuần chủng, tách DNA gửi giải trình tự và kiểm tra đặc điểm hình thái.

2.2.2. Phương pháp thử khả năng sinh IAA

Nuôi lắc vi nấm trong môi trường King's B ở 30°C trong 72 giờ. Hút 0,4 ml dịch bào tử nấm vào 40 ml môi trường trong bình tam giác môi trường King's B. Nuôi lắc 200 v/p ở 30°C, tối hoàn toàn trong 72 giờ. Lặp lại mỗi mẫu 2 lần. Làm 1 mẫu đối chứng (không bổ sung vi nấm). Hút 1,5 ml dịch nuôi lắc vào ống eppendorf, ly tâm dịch đã nuôi lắc 6.000 vòng/phút trong 10 phút. Lấy 100µl dịch nổi cho vào ống eppendorf. Thêm 400 µl thuốc thử Salkowski (dung dịch $FeCl_3$ 0,5 M trong dung dịch H_2SO_4 35% tỷ lệ 1:50), trộn đều, giữ yên 20÷25 phút. Sau đó, đem đo ở bước sóng 530 nm.

Kết quả tính theo công thức:

$$M = A - A0 \text{ (ug/ml)} \quad (1)$$

Trong đó: A là hàm lượng trong mẫu thử; A0 hàm lượng trong mẫu đối chứng.

Lập đường chuẩn: cân 10 mg axit 3-indol-axetic (IAA) có độ tinh khiết ≥ 99% vào bình chứa 10 ml nước cất, trộn đều. Dung dịch chuẩn gốc có nồng độ 1000 µg/ml. Pha loãng dung dịch chuẩn gốc thành các dung dịch có nồng độ thấp hơn. Hút 2 ml các dịch đã pha loãng vào ống nghiệm chứa 8 ml thuốc thử Salkowski ủ tối trong 25 phút rồi đo quang phổ ở bước sóng 530 nm. Dựa vào kết quả đo được lập đường chuẩn có dạng y = ax + b (với $R^2 > 0,95$) biểu diễn tương quan giữa số đo trên máy và nồng độ dung dịch chuẩn IAA.

2.2.3. Phương pháp định tính laccase và nghiên cứu ứng dụng laccse xử lí màu thuốc nhuộm

Xác định hoạt tính laccase bằng cách nuôi lắc vi nấm trong môi trường PDB ở 30ºC. Sau 72 giờ, hút 0,4 ml dịch bào tử nấm vào 40 ml môi trường trong bình tam giác môi trường PDB, nuôi lắc 200 vòng/phút, ở 30ºC. Lặp lại mỗi mẫu 2 lần. Làm 1 mẫu đối chứng (không bổ sung vi nấm). Nuôi lắc sau 72 giờ; hút 1,5 ml dịch nuôi lắc vào ống eppendoft, ly tâm 6000 vòng/phút trong 10 phút. Hoạt tính laccase được xác định dựa trên sự oxi hóa ABTS (2,2'- azino - bis 3 - ethylbenzothiazoline - 6 - sulfonic acid) tạo thành màu xanh lục, hợp chất hấp thụ ánh sáng tại bước sóng 420 nm. Hỗn hợp phản ứng gồm 800 µl đệm acetate 0,5 M; pH = 5,0; 100 µl ABTS 5 mM trong đệm McIlvaine (còn được gọi là đệm Citrate phosphate, pH = 4,6); 100 µl dịch enzyme. Phản ứng được ủ trong 10 phút ở 40°C (Thai va Tran, 2018).

Giá trị hoạt tính laccase được tính như sau:

$$U/ml = [\Delta A * (10^6/e420 * d) * V/v * F]/t \quad (2)$$

Trong đó: + ΔA: sự chênh lệch giá trị hấp thụ ánh sáng ở 420 nm

+ 10^6/e420*d: sự chuyển đổi sáng µmol cơ chất/ml sử dụng hệ số phân tử dập tắt (εABTS, 420 nm = 3600 $M^{-1}.mm^1$);

+ d: chiều dài đường đi qua dung dịch tính theo mm (10 mm);
+ V: tổng thể tích (1.000 µl);
+ v: thể tích mẫu (100 µl);
+ F: độ pha loãng của mẫu ban đầu;
+ t: thời gian phản ứng (10 phút).

Phương pháp nghiên cứu khả năng ứng dụng laccase từ vi nấm: lựa chọn chủng sinh enzyme laccacse với hoạt tính cao để tiến hành thử nghiệm xử lí màu thuốc nhuộm xanh methylen và tím kết tinh.

3. Kết quả nghiên cứu

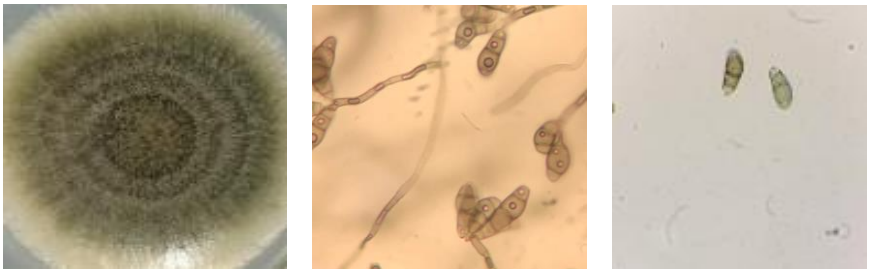
3.1. Kết quả phân lập

Chủng F5 phân lập được thuần khiết và được tách chiết DNA tổng số để phục vụ cho việc khuếch đại trình tự vùng ITS bằng PCR. Sản phẩm PCR được phân tích trên gel agarose 1%. Sản phẩm PCR được tinh sạch và giải trình tự bởi công ty 1st BASE (Singapore). So sánh với cơ sở dữ liệu Genbank sử dụng công cụ trực tuyến BLAST tại http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST cho kết quả định danh theo Bảng 1.

Bảng 1. Bảng so sánh mức độ tương đồng về trình tự ITS.

Tên chủng	Tên loài tương đồng	Tương đồng về trình tự ITS	Mã số của trình tự tương đồng trên Genbank
F5	*Curvularia lunata*	100%	MN213745.1

Đặc điểm hình thái nuôi trên đĩa thạch và đặc điểm bào tử soi dưới kính hiển vi 100x được mô tả ở Hình 2.



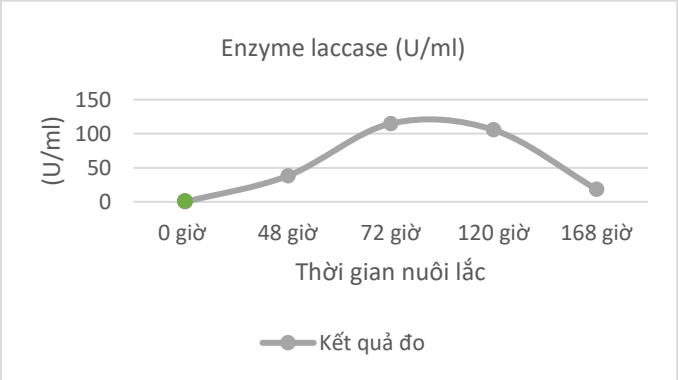
Hình 2. Hình thái khuẩn lạc, bào tử và cuống sinh bào tử chủng F5.

3.2. Thử khả năng sinh laccase

Nhiều nghiên cứu đã chứng minh rằng nấm là đối tượng sinh tổng hợp lượng lớn enzyme laccase và enzyme này có nhiều ứng dụng trong công nghệ xử lý môi trường, đặc biệt môi trường bị ô nhiễm thuốc nhuộm. Chủng vi nấm nội sinh được nuôi lắc trong môi trường PDB ở 30°C trong 3 ngày và tiến hành đánh giá khả năng sinh enzyme laccase. Kết quả đo theo thời gian như trong Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả tính toán enzyme laccase.

Thời gian nuôi lắc (giờ)	48	72	120	168
Lượng enzyme laccase(U/ml)	38,22	114,8	105,564	18,52

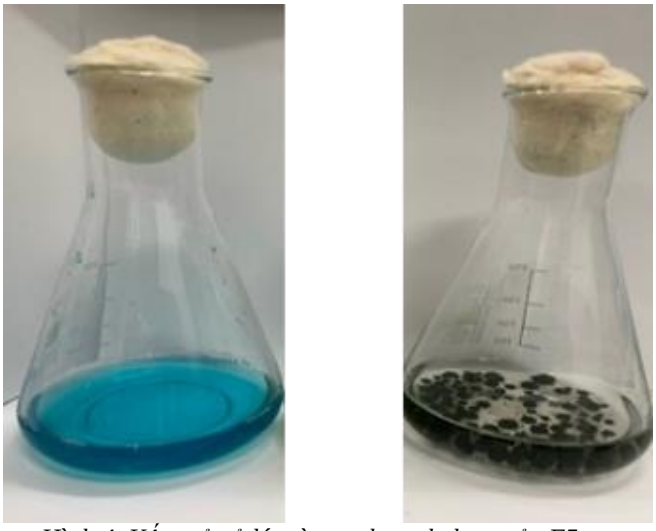


Hình 3. Kết quả tính toán lượng enzyme laccase của F5.

Như biểu đồ trên nhận thấy tại thời điểm 72 giờ nuôi lấy, lượng laccase sinh ra là lớn nhất.

3.3. Thử khả năng làm mất màu thuốc nhuộm

Theo kết quả thử hoạt tính laccase tốt nhất sinh ra vào thời điểm 72 giờ. Vì vậy, nhóm nghiên cứu nuôi lắc chủng F5 trong môi trường chứa xanh methylene nồng độ là 20 mg/l. Kết quả, các bình có bổ sung vi nấm hoàn toàn màu xanh sau 72 giờ. Ngược lại, màu sắc không có sự thay đổi ở các bình đối chứng (Hình 4).



Hình 4. Kết quả xử lý màu xanh methylene của F5.

Với tím kết tinh, nhóm nghiên cứu nuôi lắc chủng F5 trong môi trường chứa tím kết tinh (3 mg/l). Kết quả, các bình có bổ sung vi nấm hoàn toàn màu xanh sau 72 giờ. Ngược lại, màu sắc không có sự thay đổi ở các bình đối chứng.

3.4. Thử khả năng sinh IAA

Chủng vi nấm sau khi nuôi lắc 3 ngày, dịch nuôi được ly tâm, hút phần dịch nổi và cho phản ứng với thuốc thử Salkowski tỉ lệ (1:4). Thí nghiệm được ủ trong tối khoảng 25 phút rồi đo bằng máy đo UV-VIS ở bước sóng 530 nm. Sau đó, dựa vào phương trình đường chuẩn đã lập để tính giá trị IAA (µg/ml). Kết quả giá trị hàm lượng IAA sinh ra của chủng F5 là 124,6±1,3 (µg/ml).

Để đánh giá khả năng kích thích sinh trưởng thực vật của chủng nấm tiềm năng nhất, mô hình cây cà chua đã được lựa chọn. Mô hình cây cà chua trong phòng thí nghiệm cho phép dễ dàng trồng, lây nhiễm và quan sát sự ảnh hưởng của vi nấm lên sự phát triển của thân, rễ và lá cây. Dịch bào tử của F5 (*C. lunata*) được sử dụng để lây nhiễm cây cà chua qua rễ. Các cây cà chua lây nhiễm nấm được quan sát theo các mốc thời gian khác nhau và sau mỗi 7 ngày thì tiến hành đo sinh trưởng của cây để đánh giá sự thay đổi. Các kết quả được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3. Số liệu đo chiều cao cây cà chua 28 ngày.

Ký hiệu mẫu	Chiều cao của cây (cm)				
	Ban đầu	Sau 7 ngày	Sau 14 ngày	Sau 21 ngày	Sau 28 ngày
ĐC	4,3	5,3	8	10,8	14,5
F5	4,3	5,5	10,2	13,4	18,3

Kết quả cho thấy các cây cà chua được lây nhiễm nấm có khả năng phát triển tốt hơn cây đối chứng (không nhiễm nấm) từ 13,13÷18,25%, với sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$). Trong hai tuần đầu sau khi lây nhiễm, gần như không có sự khác biệt giữa các cây được nhiễm nấm và cây đối chứng. Bắt đầu từ tuần thí nghiệm thứ 3 (21 ngày) có sự khác biệt giữa lô cà chua được nhiễm 2 chủng nấm so với các cây đối chứng. Điều này cũng phù hợp với các kết quả về khả năng sinh chất kích thích sinh trưởng IAA ở thí nghiệm trước.

4. Kết luận

Quá trình phân lập đã định danh, xác định đặc điểm hình thái của chủng *C. lunata* F5. Đã xác định được khả năng sinh IAA của *C. lunata*. Chủng F5 có khả năng sinh chất kích thích sinh trưởng IAA cao với giá trị là 124,6±1,3 µg/ml. Thử nghiệm trên cây cà chua cho hiệu quả cây cà chua được lây nhiễm cao hơn so với cây đối chứng, đây là tiềm năng để tạo chế phẩm sinh học thân thiện, bảo vệ môi trường. Bên cạnh đó, chủng F5 sinh enzyme laccase với hoạt tính cao, có khả năng làm mất màu thuốc nhuộm xanh methylen và tím kết tinh, có ý nghĩa trong xử lý ô nhiễm màu trong nước thải.

Tài liệu tham khảo

Wang Y., B. L. Gao, X. X. Li, Z. B. Zhang, R. M. Yan, H. L. Yang and D. Zhu (2015), "Phylogenetic diversity of culturable endophytic fungi in Dongxiang wild rice (Oryza rufipogon Griff), detection of polyketide synthase gene and their antagonistic activity analysis", *Fungal biology.* 119(11), pp. 1032-1045.

Anastasi A., V. Tigini, Varese and G. Cristina (2012), "*The bioremediation potential of different ecophysiological groups of fungi"*, *Fungi as bioremediators*: pp. 29-49.

El Bouraie M. and W. S. El Din (2016), "Biodegradation of Reactive Black 5 by Aeromonas hydrophila strain isolated from dye-contaminated textile wastewater", *Sustainable Environment Research.* 26(5), pp. 209-216.

Miranda R., E. Gomes, E. R. Gouveia, K. M. G. Machado and N. B. J. a. J. O. B. De Gusmao (2012), "Decolorization of laundry effluent by filamentous fungi", 11(18), pp. 4216-4224.

Nguyễn Khởi Nghĩa (2017), "Phân lập và tuyển chọn một số dòng nấm từ gỗ mục có khả năng loại màu thuốc nhuộm ở Đồng bằng sông Cửu Long", *Tạp chí Khoa học Đại học cần Thơ.*(53), pp. 79-87.

Paz A., D. Outeiriño, R. P. De Souza Oliveira and J. M. Domínguez (2018), "Fed-batch production of vanillin by Bacillus aryabhattai BA03", *New biotechnology.* 40, pp. 186-191.

Thai H. D. and V.-T. Tran (2018), "Construction of a binary vector for the expression of the Aspergillus niger McoD laccase gene in the industrial filamentous fungus Aspergillus oryzae", *Vietnam Journal of Science, Technology and Engineering.* 60(3), pp. 59-66.

ABSTRACT

Research on the role of Curvularia lunata strain in stimulating growth and treating environmental pollution

Vu Thi Lan Anh[1], Nguyen Thi Hong[1], Tran Thi Ngoc[1], Nguyen Phuong Dong[1], Nguyen Thi Nhan[2]

[1]Hanoi University of Mining and Geology

[2]Andrology and Fertility Hospital of Hanoi

Creating natural biological products to stimulate plant growth today has important for agriculture as well as the environment. These preparations are not only environmentally friendly and safe for users but also promote long-term effectiveness. In addition, some strains of microorganisms also have the ability to treat environmental pollution, including color pollution in water. The research team evaluated the ability to produce growth-promoting enzymes and laccase enzymes to test the activity of microbial strains isolated in the laboratory. Research results selected Curvularia lunata strain with good biological activity. On a laboratory scale, the research team found that the Curvularia lunata strain discolored the dye at different concentrations and over different times. Conduct shake culture and add dye with crystal violet and methylene blue. Over time, the fungus grows and discolors the above dyes. Thus, Curvularia lunata strain can be applied in treating environmental pollution and creating growth-stimulating biological products.

Keywords: Curvularia lunata; crystal violet; IAA; methylene blue; laccase.

Ảnh hưởng của bộ rễ thực vật đến việc loại bỏ hợp chất 4-Nitrophenon trong nước

Nguyễn Hoàng Nam[1,*], Nguyễn Hoàng Nam Anh[1], Nguyễn Mạnh Hà[1], Phạm Việt Đức[2]
[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Viện Hoá học môi trường Quân sự*

TÓM TẮT

Bài báo đưa ra kết quả của quá trình nghiên cứu ảnh hưởng của bộ rễ thực vật đến hiệu quả loại bỏ hợp chất 4- Nitrophenon trong nước được thử nghiệm trên quy mô phòng thí nghiệm. Sử dụng ba loài thực vật khác nhau *(Carex gracilis, Juncus effusus* và *Phalaris arundinacea*). 4-nitrophenol đã được sử dụng ở các nồng độ khác nhau làm chất gây ô nhiễm. Kết quả nghiên cứu cho thấy ảnh hưởng mạnh mẽ của bộ rễ đến việc loại bỏ NP, nơi mà vi sinh vật phát triển. Việc loại bỏ NP được diễn ra chủ yếu thông qua quá trình sinh học của vùng rễ của cả 3 loài thực vật mà không ảnh hưởng gây hại đến thực vật khi nồng độ NP nhỏ hơn 20 mg/L và loại bỏ gần như hoàn toàn chất ô nhiễm đối với 2 hệ thống được trồng loài thực vật *Juncus effusus* và *Phalaris arundinacea*. Sự phân hủy NP nhanh cho thấy rằng vùng rễ đóng vai trò quan trọng, nó là nơi cư ngụ của các loài vi sinh vật có lợi trong việc phân hủy chất ô nhiễm.

Từ khóa: 4-Nitrophenon; CW; vi sinh vật; bộ rễ.

1. Đặt vấn đề

4-Nitrophenol (4-NP) là hợp chất hữu cơ vòng thơm, khó phân hủy, nó có khả năng tích lũy sinh học, có độc tính cao. 4-Nitrophenol (4-NP) được phát thải chủ yếu từ các ngành công nghiệp hoá chất, khai thác than, lọc hóa dầu và sản xuất thép (Zhu và nnk, 2009), trong sản xuất dược phẩm, chất màu, thuốc nhuộm, nhựa, thuốc trừ sâu, chất diệt nấm, chất nổ và dung môi công nghiệp (Li và nnk, 2023). Các hợp chất nitrophenon nếu không được xử lý nó sẽ gây thảm hoạ môi trường. Hiện nay cũng đã có rất nhiều phương pháp xử lý nitrophenon như: vật lý (tách màng), hoá học như kết tủa, phản ứng oxi hóa khử, hoá lý như hấp phụ và các phương pháp sinh học, công nghệ wetland (Gao và nnk, 2022). Trong số đó, công nghệ wetland được sử dụng vì thân thiện với môi trường, an toàn, hiệu quả và vận hành đơn giản.

Sử dụng công nghệ wetland để loại bỏ các chất ô nhiễm vô cơ cũng như hữu cơ thông qua các quá trình vật lý, hoá học, sinh học của vùng rễ như sự tiết ra oxy, tiết ra các hợp chất hữu cơ, sự tiếp nhận các chất ô nhiễm của thực vật, sự hập phụ, bay hơi,… Sự phân hủy các chất ô nhiễm đặc biệt là các hợp chất hữu cơ như nitrophenon ở vùng rễ của thực vật chịu ảnh hưởng rất lớn của vi sinh vật. Quá trình sinh học của vi sinh vật ở vùng rễ bị ảnh hưởng bởi sự tiết ra các hợp chất hữu cơ hoặc oxy của thực vật, nó phụ thuộc vào quần thể, mật độ vi sinh vật, tính đa dạng của vi sinh vật và tiềm năng sinh hóa cao tương ứng (Nguyễn Hoàng Nam, 2023).

Các cơ chế quan trọng loại bỏ các hợp chất hữu cơ vòng thơm khó phân huỷ trong hệ thống CWs là oxi hóa, trao đổi ion, tiếp nhận của thực vật, hấp phụ, lọc, bay hơi (Cooper và nnk, 1996; Matagi và nnk, 1998; Kalin, 2004, Kosolapov và nnk, 2004; Mayes và nnk, 2009).

Trong điều kiện ngập nước, các quá trình trong vùng rễ bị ảnh hưởng bởi sự giải phóng oxy bên cạnh sự tiết ra của các hợp chất hữu cơ. Ảnh hưởng của loài thực vật đến sự phát triển của các loài vi sinh vật phát triển ở vùng rễ và tầm quan trọng của việc chuyển đổi chất ô nhiễm trong vùng rễ. ảnh hưởng cảu chất ô nhiễm đến quá trình sinh học của vi sinh vật.

Khi xử lý nước thải bằng thực vật, việc đánh giá tiềm năng phân hủy của vi sinh vật trong vùng rễ là quan trọng nhất. Để thể hiện sự khác biệt cụ thể của từng loài thực vật đưa ra nhận định về những thay đổi liên quan đến chất ô nhiễm trong vùng rễ và do đó nâng cao mức độ hiểu biết về sự tương tác trong các hệ thống. Bài báo này là nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của bộ rễ ba loài thực vật khác nhau (*Carex gracilis, Juncus effusus* và *Phalaris arundinacea*) được sử dụng để đánh giá hiệu quả loại bỏ 4-nitrophenon ở các nồng độ khác nhau.

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenhoangnam@humg.edu.vn

2. Thực nghiệm

2.1. Hoá chất

Hóa chất được sử dụng trong nghiên cứu bao gồm: 4-Nitrophenon, $HgCl_2$, KI, NaOH, $KNaC_4H_4O_6.4H_2O$, H_2SO_4, NH_4Cl, KNO_3, $NaNO_2$, CH_3COOH, NaOH, Phenol, axit sunfanilic, α−naphtylamin, EDTA các loại hoá chất có độ tinh khiết Pa do hãng Merck của Đức sản xuất. Thuốc thử COD của hãng Hach Mỹ. Nước cất 1 lần và nước siêu sạch.

Dung dịch dinh dưỡng dùng trong nuôi dưỡng cây được pha chế theo Hoagland (Epstein, 1972) như sau:

Bảng 1. Thành phần và hàm lượng của dung dịch gốc.

Thành phần	Nồng độ (g/L)
KNO3	0,606
$MgSO_4 . 7 H_2O$	0,241
$Ca(NO_3)_2 \times 4 H_2O$	0,945
$NH_4H_2PO_4$	0,115

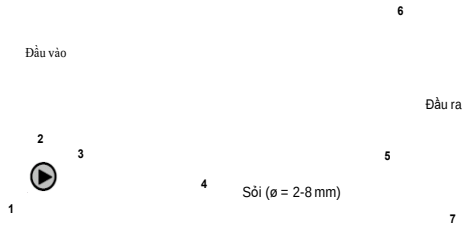
Bảng 2. Thành phần và hàm lượng của dung dịch vi lượng.

Thành phần	Nồng độ (g/L)
EDTA-Na	0,1
$FeSO_4 \cdot 7 H_2O$	0,1
$MnCl_2 \cdot 4 H_2O$	0,1
$CoCl_2 \cdot 6 H_2O$	0,17
$CaCl_2 \cdot 6 H_2O$	0,1
$ZnCl_2$	0,1
$CuCl_2 \cdot 5 H_2O$	0,02
$NiCl_2 \cdot 6 H_2O$	0,03
H_3BO_3	0,01
$Na_2MoO_4 \cdot 2 H_2O$	0,01
Na-Selenit	0,001

Dung dịch dinh dưỡng đươc pha tử dung dịch gốc và dung dịch vi lượng bằng cách lấy 990 ml dung dịch gốc, thêm 10 ml dung dịch dinh dưỡng sau đó pha loãng gấp 5 lần.

2.2. Lắp đặt hệ thống CWs và điều kiện tiến hành thí nghiệm

Hệ thống CWs được làm bằng vật liệu polymer với kích thước 100 cm × 15 cm × 35 cm. Hệ thống được cho vào 66 kg cát kích cỡ (0,40÷0,63 mm) đến độ cao 35 cm. Mực nước trong bể là 3 cm thấp hơn bề mặt của sỏi trong hệ thống. Thể tích nước rỗng chứa trong cả hệ thống là 18,5 lít. Trong hệ thống, Juncus effusus được trồng với mật độ là 1500÷2000 cây/m^2. Carex gracilis 1100÷1200 cây/m^2, và Phalaris arundinacea 900÷1100 cây/m^2.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống CW. 1- bình chứa nước đầu vào; 2- bơm; 3,5-khoảng không gian phân bố; 4-sỏi; 6-cây; 7-bình chứa nước đầu ra).



Hình 2. Hệ thống CW được trồng Ph. australis sử dụng cho xử lý nước nhiễm NP

Nước thải nhân tạo được bơm vào hệ thống một cách liên tục thông qua 1 chiếc bơm định lượng với lưu lượng 10,71 l/d tương ứng với thời gian lưu thuỷ lực là 3 ngày.

2.3. Lấy mẫu và phân tích mẫu

Các mẫu được lấy 3 lần trong tuần tại vị trí đầu vào, đầu ra của hệ thống. Mẫu được đựng và bảo quản trong chai đựng mẫu bằng PE. Trước khi cho mẫu vào, chai đựng mẫu được loại bỏ hết không khí bằng khí N_2. Mẫu chưa phân tích ngay được bảo quản trong tủ lạnh ở điều kiện nhiệt độ - 20°C.

Trước khi phân tích NP, mẫu được lọc bằng màng lọc kích cỡ 0,45 µm thực hiện theo DIN 38404-6, 1984.

Việc xác định nhanh chóng, thường xuyên nồng độ NP được thực hiện bằng phương pháp trắc quang bằng máy quang phổ UV-VIS Optizen 2120UV, Anh. Các mẫu được ly tâm trong 5 phút ở tốc độ 9000vòng

/phút, mẫu được đo ở bước sóng 398 nm.

Giá trị pH của mẫu được đo bằng điện cực pH trên máy đo (WTW: Multi 340i and pH-Electrode SenTix 41, detection accuracy ± 0.01 pH-value).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của NP đến sự tăng trưởng của các loài thực vật khác nhau

Để đánh giá tác động của NP lên sự phát triển của các loài *Carex gracilis, Juncus effusus* và *Phalaris arundinacea* được sử dụng trong các hệ thống CW, các nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ đến những thay đổi về hình thức, số lượng thực vật, lượng nước bốc hơi và sự phát triển của thực vật khi tiếp xúc với NP đã được tiến hành. Quá trình nghiên cứu được thực hiện theo 3 giai đoạn, gia đoạn 1 thực hiện với nồng độ đầu vào của NP khoảng 2 mg/L, thời gian vận hành 15 ngày, HRT là 3 ngày; giai đoạn 2: Nồng độ NP khoảng 20 mg/L, HRT 3 ngày, thời gian vận hành kéo dài 15 ngày và giai đoạn 3 vận hành với các thông số: Nồng độ NP khoảng 50 mg/L, HRT là 3 ngày và thời gian vận hành kéo dài 15 ngày.

3.1.1. Ảnh hưởng của nồng độ NP đến diện mạo của các loài thực vật

Kết quả khảo sát sự thay đổi nồng độ của 4-nitrophenol từ 2.08, 20.32, 50.18 mg/l tác động đến diện mạo của 3 loài thực vật cho thấy: Đối với loài *Carex gracilis* và *Juncus effusus*, chúng có thể chịu đựng được khi nồng độ NP lên tới 20 mg/l mà không thấy bị hư hại. Tuy nhiên, khi tiếp xúc với nồng độ 50 mg/l, cả hai loài thực vật này đều bị hư hại. Đối với loài *Carex gracilis*, lá bị đổi màu vàng, trong khi loài *Juncus effusus*, xuất hiện sự hoại tử ở đầu lá. Đối với loài thực vật *Phalaris arundinacea* không có thay đổi nào về hình dáng bên ngoài ngay cả khi nồng độ lên tới 50 mg/L. Kết qua nghiên cứu thu được cho thấy, cả 3 loài thực vật thuỷ sinh này đều có thể chịu đựng được NP và chúng đều có thể được sử dụng để loại bỏ NP trong hệ thống CW.

3.1.2. Tỉ lệ bốc hơi nước trong các hệ thống được trồng các loài thực vật khác nhau

Các nghiên cứu đã được thực hiện về khả năng bốc hơi nước ở các hàm lượng chất ô nhiễm khác nhau (NP: 2.08, 20.32, 50.18 mg/l) trong hệ thống xử lý đối với loài *Carex gracilis, Juncus effusus* và *Phalaris arundinacea*. Kết quả nghiên cứu thu được cho thấy có sự khác biệt rõ ràng về lượng nước bốc hơi của từng hệ thống. Kết quả nghiên cứu được chỉ ra trong bảng 3 dưới đây:

Bảng 3. Lượng nước bốc hơi trong 3 hệ thống phụ thuộc vào nồng độ của NP và điều kiện thời tiết.

Thời gian	***Carex gracilis***			***Juncus effusus***			***Phalaris arundinacea***		
	2,08 mgL	20,32 mgL	50,18 mg/L	2,08 mgL	20,32 mgL	50,18 mg/L	2,08 mgL	20,32 mgL	50,18 mg/L
12/3/24	51,39			47,82			48,81		
15/3/24	58,02			51,98			62,60		
18/3/24	54,02			49,49			52,45		
20/3/24	60,24			52,32			61,51		
22/3/24	61,43			53,54			64,67		
25/3/24	60,34			55,30			62,43		
27/3/24	61,39			47,82			58,81		
29/3/24		69,29			48,77			60,80	
1/4/24		75,00			59,72			79,78	
3/4/24		49,69			47,07			45,99	
5/4/24		63,89			60,34			66,98	
8/4/24		64,30			62,59			71,48	
10/4/24		66,36			62,96			73,23	
12/4/24		66,36			62,96			73,23	
15/4/24			64,04			60,80			73,36
17/4/24			68,21			79,78			71,65
19/4/24			47,07			45,99			48,30
22/4/24			60,34			66,98			75,09
24/4/24			65,59			81,82			80,40
26/4/24			62,96			73,23			83,80
29/4/24			62,96			73,23			86,88

Kết quả nghiên cứu thu được cho thấy, trong cùng điều kiện, thời gian thời tiết, nồng độ NP tốc độ bốc hơi nước trong hệ thống được trồng các loài thực vật khác nhau đều khác nhau, ở hệ thống được trồng loài *Phalaris arundinacea* tốc độ bốc hơi nước là cao nhất, thấp nhất là đối với hệ thống được trồng *Juncus effusus.* Theo dõi sự bốc hơi nước theo nồng độ NP cho thấy khi nồng độ càng cao thì tốc độ bốc hơi nước càng cao. Sự bốc hơi nước phụ thuộc vào các yếu tố như loài thực vật, nhiệt độ môi trường, tốc độ gió, độ ẩm của môi trường, mật độ của cây, kích thước của cây, kích thước của bộ rễ, hàm lượng của chất ô nhiễm… (Nguyễn Hoàng Nam, 2023). Trong số 3 hệ thống, tốc độ bốc hơi nước cao nhất là hệ thống được trồng *Phalaris arundinacea*, điều này có thể lý giải là do loài thực vật này có thân hành lớn hơn rất nhiều so với 2 loài thực vật còn lại nên khả năng thoát hơi nước bởi thạc vật lớn hơn.

3.1.3. Ảnh hưởng của 4-nitrophenol sự đến sinh trưởng của thực vật

Những thay đổi về mức tăng trưởng của thực vật đã được theo dõi đối với cả 3 loài thực vật *Carex gracilis, Juncus effusus* và *Phalaris arundinacea* sau khi tiếp xúc với NP ở nồng độ 20 mg/L. Mức tăng trưởng của thực vật được quan sát trong khoảng thời gian 30 ngày, ở nồng độ này thực vật phát triển bình thường, không có thiệt hại nào về thực vật trong các thử nghiệm, bên cạnh đó, bộ rễ của thực vật trở nên dày đặc hơn nhiều đã được quan sát thấy (Hình 3).



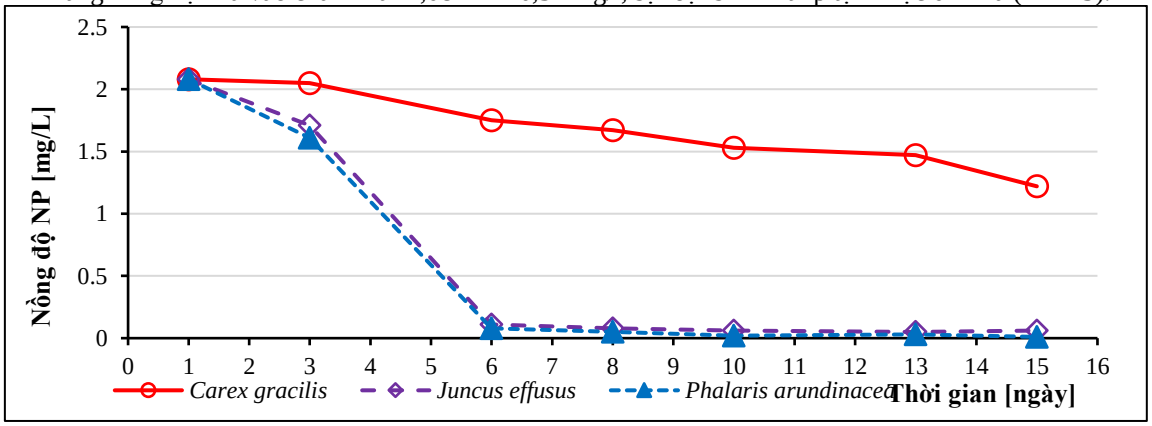
Hình 3. Bộ rễ của Carex gracilis sau 10 tuần tiếp xúc với NP (phải), Bộ rễ trước khi tiếp xúc với NP (trái).

Bộ rễ dày đặc của các loài thực vật cho phép chúng thâm nhập rộng rãi vào vật liệu nền như cát, đồng thời dẫn đến sự xâm nhập tương đối đồng nhất của dịch tiết ra từ bộ rễ. Đồng thời, nó tác động lớn đến sự phát triển của vi sinh vật trong vùng rễ trong các hệ thống này. Bên cạnh đó, trong vùng rễ, có sự tương tác qua lại của các axit cacboxylic phenolic khác nhau, chúng kích thích sự hình thành phát triển bộ rễ bằng cách tác động đến hoạt động của axit indoleacetic oxydase. Điều này đặc biệtt quan trọng cho quá trình xử lý các chất ô nhiễm của hệ thống CW.

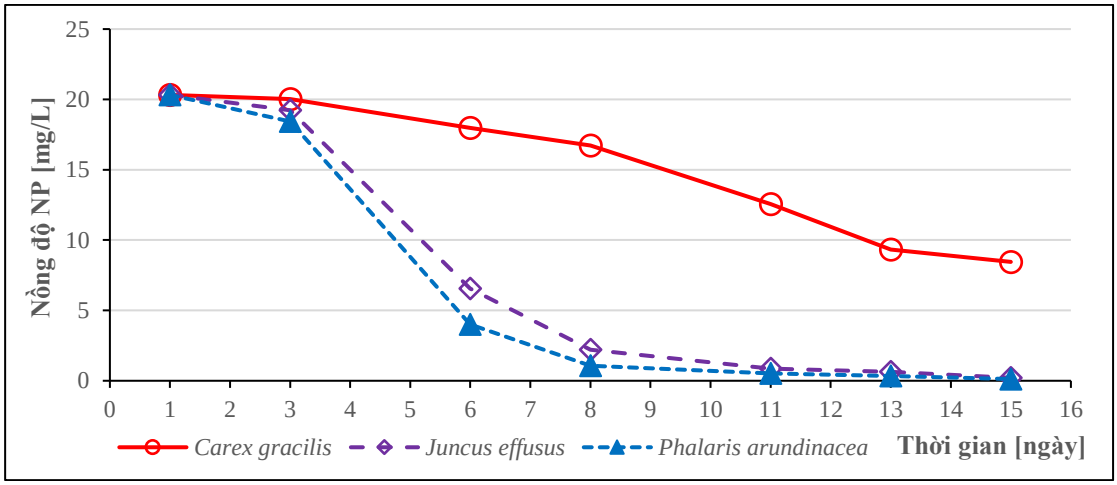
3.2. Sự thay đổi hàm lượng của NP trong các hệ thống CW

Để nghiên cứu về ảnh hưởng của bộ rễ đến sự phân hủy chất ô nhiễm, các nghiên cứu đã được thực hiện với 4-nitrophenol trong hệ thống CW trong điều kiện vận hành liên tục. Để so sánh, tốc độ phân hủy (giảm nồng độ của hợp chất ban đầu) trong các hệ thống được trồng các loài thực vật *Carex gracilis, Juncus effusus* và *Phalaris arundinacea*. Nồng độ của dung dịch NP là 2,08 mg/l và 20,32 mg/l được tiến hành.

Kết quả nghiên cứu thu được cho thấy, trong quá trình vận hành liên tục ở giai đoạn 1 (Hình 4) ở nồng độ nitrophenol đầu vào là 2,08mg/L, sau 3 ngày vận hành đã quan sát thấy sự giảm nồng độ của NP, nồng độ NP ở đầu ra còn lại là 2,05, 1,71 và 1,61 tương ứng với 3 hệ thống trồng *Carex gracilis, Juncus effusus* và *Phalaris arundinacea*. Sau 6 ngày vận hành hàm lượng NP ở đầu ra giảm mạnh giá trị của nó chỉ còn lại là 1,75, 0,11 và 0,08 mg/L tương ứng với các hệ thống trồng trồng *Carex gracilis, Juncus effusus* và *Phalaris arundinacea*. Tiếp tục kéo dài thời gian vận hành, hàm lượng NP ở đầu ra tiếp tục giảm, giá trị tương ứng với các hệ thống đạt 1,22, 0,06 và 0,03 mg/L. Kết quả nghiên cứu thu dược cho thấy, ở khoảng nồng độ NP nghiên cứu, sau 6 ngày, ở hệ thống trồng *Juncus effusus* và *Phalaris arundinacea*, NP được loại bỏ gần như hoàn toàn, trong khi đó hệ thống trồng *Carex gracilis* chỉ loại bỏ được khoảng 15,86%. Khi nâng nồng độ đầu vào của NP từ 2,08 đến 20,32 mg/l, sự loại bỏ NP tiếp tục được diễn ra (Hình 5).



Hình 4. Hiệu quả loại bỏ NP ở nồng độ đầu vào 2.1 mg/L trong các hệ thống trồng Carex gracilis, Juncus effusus, Phalaris arundinacea.



Hình 4. Hiệu quả loại bỏ NP ở nồng độ đầu vào 20.32 mg/L trong các hệ thống trồng Carex gracilis, Juncus effusus, Phalaris arundinacea.

Kết quả thu được cho thấy, sau 3 ngày vận hành, có sự giảm nồng độ của NP, tuy nhiên hiệu quả loại bỏ khá thấp. Sau 3 ngày vận hành đến ngày thứ 6 hiệu quả loại bỏ Np trong 2 hệ thống trồng *Juncus effusus* và *Phalaris arundinacea* tăng lên rõ rệt, trong khi đó ở hệ thống trồng *Carex gracilis*, hiệu quả loại bỏ của NP không cao cũng giống như ở nồng độ thấp, hiệu quả loại bỏ ở các hệ thống đạt 11,56; 67,72 và 80,26% tương ứng với các hệ thống trồng loài *Carex gracilis, Juncus effusus* và *Phalaris arundinacea*. Đến ngày vận hành thứ 8, hiệu quả loại bỏ của chúng tiếp tục tăng, tuy nhiên trong hệ thống được trồng *Carex gracilis*, hiệu quả loại bỏ tăng không đáng kể, trong khi đó ở 2 hệ thống trồng *Juncus effusus* và *Phalaris arundinacea* hiệu quả tăng rõ rệt, giá trị của nó đạt 17,71; 89,12 và 94,78% tương ứng. Tiếp tục kéo dài thời gian vận hành, hiệu quả loại bo NP nhìn chung trong cả 3 hệ thống đều tăng, tuy nhiên đến ngày thứ 15 hiệu quả loại bỏ trong hệ thống *Carex gracilis* chỉ đạt 58,41% trong khi đó ở 2 hệ thống còn lại, hàm lượng NP ở đầu ra còn lại không đáng kể, hiệu quả loại bỏ của chúng đật 98,97% và 99,41% tương ứng với hệ thống trồng *Juncus effusus* và *Phalaris arundinacea*.

Từ kết quả nghiên cứu thu được cho thấy, đối với loài *Carex gracilis* hiệu quả loại bỏ NP không cao, trong khi đó hiệu quả loại bỏ NP cao nhất là loài *Phalaris arundinacea*, còn đối với loài *Juncus effusus* cũng đạt được gần bằng loài *Phalaris arundinacea*. Điều này có thể được giải thích là do bộ rễ của loài *Phalaris arundinacea* phát triển tố nhất, sau đó là đến *Juncus effusus*. Bộ rễ của thực vật đóng vai trò quyết định trong việc loại bỏ các chất ô nhiễm, bộ rễ phát triển càng mạnh, nó tác động tích cực đến hiệu quả loại bỏ các chất ô nhiễm càng cao (Yuan, 1 et al. 2020).

Cơ chế loại bỏ của NP trong hệ thống CW có thể thông qua quá trình hấp phụ, tiếp nhận của thực vật, đặc biệt là quá trình oxy hoá bởi oxy được bộ rễ tiết ra (Stefanakis, 2020).

$$C_6H_4(OH)NO_2 + O_2 \rightarrow CO_2 + NO^-_3 + H_2O$$

Bên cạnh đó, ở loài thực vật có bộ rễ khỏe mạnh, xum xuê, đó là nơi thích hợp cho các vi sinh vật hoạt động. Ngoài ra, loài thực vật có bộ rễ khoẻ còn có thể cung cấp lượng oxy vào hệ thống lớn hơn so với các loài thực vật khác, bởi vậy hiệu quả xử lý của chúng đối với NP càng cao, ngoài ra, khí hậu nhiệt đới ở Việt Nam cũng tạo điều kiện thuận lợi cho vi sinh vật có lợi cho quá trình xử lý phát triển.

Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng, hệ thống sử dụng loại thực vật *Ph. australis* để xử lý NP đạt hiệu quả tốt nhất trong số các 3 loài thực vật nghiên cứu.

4. Kết luận

Đã nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của NP ở các nồng độ khác nhau đến sự phát triển của 3 loài thực vật khác nhau *Carex gracilis, Juncus effusus và Ph. australis* và hiệu quả loại bỏ của các CW được trồng các loài thực vật khác nhau đến NP. Khi hàm longj NP cao khoảng 50 mg/L sẽ ảnh hưởng tiêu cực đến sẹ phát triển của thực vật. Ở nồng độ nghiên cứu nhỏ hơn 20 mg/L, hệ thống CW được trồng loài thực vật *Juncus effusus và Ph. australis* có thể loại bỏ gần như hoàn toàn NP, với thời gian lưu 3 ngày, trong khi đó trong cùng điều kiện hệ thống được trồng *Carex gracilis* hiệu quả loại bỏ NP không đáng kể, qua đó có thể mở ra một hướng đi mới sử dụng hệ thống CW và thực vật *Juncus effusus và Ph. australis* thay thế các công nghệ xử lý khác để xử lý hợp chất vòng thươm khó phân huỷ.

Sử dụng hệ thống này vừa thân thiện với môi trường, vừa tạo cảnh quan đẹp và có chi phí vận hành, bảo trì và xử lý thấp, hiệu quả kinh tế cao. Công nghệ này có thể triển khai ứng dụng để xử lý các hợp chất hữu cơ khó phân huỷ khác có trong nước thải một cách hiệu quả.

Lời cảm ơn

Tác giả xin chân thành cảm ơn Trung tâm xử lý môi trường - Viện Khoa học Kỹ thuật Quân sự; Bộ Môn Hoá – Khoa Khoa học cơ bản – Trường đại học Mỏ - Địa chất, Trường Đại học Khoa học tự nhiên – Đại học Quốc Gia Hà Nội, Viện Công nghệ môi trường Đại học Bách Khoa Hà Nội đã tạo điều kiện, giúp đỡ trong quá trình nghiên cứu.

Tài liệu tham khảo

Cooper, P. F., G. D. Job, M. B. Green and R. B. E. Shutes (1996). "Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment." Swindon, WRc publications.

Gao, F., X. Xua and J. Yang (2022). "Removal of p-nitrophenol from simulated sewage using MgCo-3D hydrotalcite nanospheres: capability and mechanism." RSC Advances 12(41): 27044–27054.

Kalin, M. (2004). "Passive Mine Water treatment: The Correct Approach?" Ecological Engineering 2: 299—304.

Kosolapov, D. B., P. Kuschk, M. B. Vainshtein, A. V. Vatsourina, A. Wießner, M. Kästner and R. A. Müller (2004). "Microbial processes of heavy metal removal from carbon-deficient effluents in constructed wetlands." Eng. Life Sci. 4 (5): 403-411.

Li, D., L. Lin, M. Lu, L. Li and J. Li (2023). "Magnetic graphene noble metal aerogels: preparation and application for catalytic degradation of 4-NP." New J. Chem. 47: 10751–10758.

Matagi, S. V., D. Swai and R. Mugabe (1998). "A review of heavy metal removal mechanisms in wetlands." Afr. J. Trop. Hydrobiol. Fish. 8: 23-35.

Mayes, W. M., L. C. Batty, P. L. Younger, A. P. Jarvis, M. Koiv, C. Vohla and U. Mander (2009). "Wetland treatment at extremes of pH: A review." Science of the Total Environment 407(13): 3944-3957.

Nguyễn Hoàng Nam (2023). Công nghệ xử lý nước bằng thực vật. NXB Giáo dục Việt Nam.

Stefanakis, A. I. (2020). "Constructed Wetlands for Sustainable Wastewater Treatment in Hot and Arid Climates: Opportunities, Challenges and Case Studies in the Middle East." Water 12: 1665.

Yuan, C., T. H. 1, X. Zhao and Y. Zhao (2020). "Numerical Models of Subsurface Flow Constructed Wetlands: Review and Future Development." Sustainability 12: 3498 -3514.

Zhu, S., W. Niu, H. Li, S. Han and G. Xu (2009). "Single-walled carbon nanohorn as new solid-phase extraction adsorbent for determination of 4-nitrophenol in water sample." Talanta 79(5): 1441-1445.

ABSTRACT

Influence of plant roots on the removal of 4-Nitrophenone compound in water

Nguyen Hoang Nam , Nguyen Hoang Nam Anh, Nguyen Manh Ha, Pham Viet Duc

[1]Hanoi University of Mining and Geology

[2]Military Institute of Environmental Chemistry

The article presents the results of the research process on the influence of plant roots on the effectiveness of removing 4-Nitrophenon compound in water on a laboratory scale. Use three different plant species (*Carex gracilis, Juncus effusus* and *Phalaris arundinacea*). 4-nitrophenol was used at different concentrations as a contaminant. Research results show a strong influence of the root system on NP removal, where microorganisms grow. NP removal mainly occurs through biological processes in the root zone of all three plant species without harmful effects on plants when NP concentration is less than 20 mg/L and almost completely removed. pollutants for two systems planted with the plant species *Juncus effusus* and *Phalaris arundinacea*. The rapid NP decomposition shows that the root zone plays an important role, as it is the home of beneficial microorganisms in decomposing pollutants.

Keywords: CW, 4-Nitrophenon, root, microorganism

Nghiên cứu đánh giá vai trò của chủng vi nấm *Trichoderma harzianum*

Vũ Thị Lan Anh[1,*], Nguyễn Văn Dũng[1], Nguyễn Thị Nhạn[2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên*

TÓM TẮT

Hiện nay, để xử lý ô nhiễm môi trường có thể áp dụng nhiều phương pháp nhau như vật lý, hóa học và sinh học. Các biện pháp hóa học, vật lý thường mang lại hiệu quả nhanh, rõ ràng. Tuy nhiên, các giải pháp này thường có giá thành cao, đòi hỏi công nghệ phức tạp, tiêu thụ nhiều năng lượng hoặc tạo ra chất thải khó xử lý, ảnh hưởng tới hệ sinh thái. Trong khi đó, các biện pháp xử lý ô nhiễm môi trường bằng phương pháp sinh học được cho là các giải pháp hiệu quả, thân thiện với môi trường. Đặc biệt, các biện pháp sử dụng vi sinh vật ngày càng được quan tâm. Vì vậy, nghiên cứu lựa chọn các chủng vi sinh vật để xử lý ô nhiễm môi trường được xem là phương pháp thay thế phù hợp. Quá trình nghiên cứu, tập thể tác giả đã sử dụng phương pháp phân lập, định danh, xác định hoạt tính của các chủng vi sinh vật để lựa chọn chủng vi sinh có khả năng xử lý ô nhiễm môi trường, trong đó trọng tâm nghiên cứu về khả năng xử lý ô nhiễm màu của thuốc nhuộm. Kết quả nghiên cứu lựa chọn được chủng *Trichoderma harzianum F3* có khả năng kháng nấm bệnh, có khả năng làm mất màu tím kết tinh và xanh methylene ở các nồng độ chất ô nhiễm khác nhau theo thời gian. Sau 7 ngày nuôi lắc, chủng *Trichoderma harzianum F3* làm mất màu tím kết tinh (hàm lượng 3 mg/l) và xanh methylene (hàm lượng 30 mg/l). Đây là cơ sở để tạo chế phẩm xử lý ô nhiễm màu trong môi trường nước thải dệt nhuộm trong thời gian tới.

Từ khóa: xử lý ô nhiễm; vi nấm; *Trichoderma harzianum;* xanh methylene; tím kết tinh.

1. Đặt vấn đề

Xử lý ô nhiễm môi trường đã và đang là vấn đề được quan tâm bằng các công nghệ khác nhau. Tuy nhiên, cần phải cân nhắc và lựa chọn phương pháp xử lý hiệu quả bởi mỗi công nghệ đều có những ưu điểm, hạn chế riêng đối với việc xử lý các chất ô nhiễm cụ thể. Phục hồi sinh học và phục hồi thực vật kết hợp với vi sinh vật là những công nghệ tiên tiến có tiềm năng làm giảm nhiều vấn đề ô nhiễm môi trường. Trong những nghiên cứu đã công bố, chi *Trichoderma* rất đa dạng về mặt di truyền với một số khả năng giữa các chủng khác nhau có ý nghĩa về nông nghiệp và công nghiệp. Chi này cũng chịu được nhiều chất ô nhiễm khó phân hủy trong môi trường gồm kim loại nặng, thuốc trừ sâu và hydrocarbon thơm đa vòng. Vì vậy, ngày càng có nhiều nghiên cứu, ứng dụng chi *Tricoderma* trong nông nghiệp, công nghiệp… Trong quá trình đánh giá mức độ đa dạng và vai trò của các chủng vi sinh vật nội sinh trong rễ cỏ Vetiver, nhóm nghiên cứu đã phân lập và tuyển chọn chủng nấm *Tricoderma hazianium* có những khả năng nổi bật như khả năng kháng nấm bệnh, sinh enzyme laccase. Nhóm nghiên cứu lựa chọn chủng *Tricoderma* hazianium đánh giá khả năng xử lý ô nhiễm màu trong nước. Lựa chọn tím kết tinh và xanh methylene là hai thuốc nhộm được nghiên cứ trong xử lý ô nhiễm màu. Với các hàm lượng và thời gian khác nhau, thử khả năng làm mất màu của *Tricoderma hazianium,* từ đó nghiên cứu để đưa vào mô hình xử lý màu trong nước thải dệt nhuộm.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Chủng nấm *Trichoderma* được phân lập nội sinh từ mẫu rễ cỏ Vetiver nuôi cấy trên môi trường PDA (dịch khoai tây, agar, glucozo) ở nhiệt độ 30^{o}C trong điều kiện phòng thí nghiệm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp phân lập và định danh

* *Tác giả liên hệ*
Email: vuthilananh@humg.edu.vn

a. Khử trùng bề mặt mẫu

Các mẫu rễ cỏ lựa chọn phân lập nội sinh được rửa dưới vòi nước chảy 3 phút để loại bỏ chất bẩn bám ngoài bề mặt. Cắt mẫu thành các đoạn dài vừa đủ rồi đem rửa với cồn 96^o trong 3 phút. Rửa tiếp với H_2O_2 3% trong 3 phút. Khử trùng mẫu với NaClO 1% trong 3 phút. Cuối cùng, rửa lại với nước cất khử trùng 4 lần (Wang và nnk, 2008).

b. Kiểm tra hiệu quả khử trùng bề mặt

Nước rửa lần cuối được đem cấy trải trên đĩa petri có sẵn môi trường PDA ở 30ºC trong 72 giờ. Nếu không có vi khuẩn và vi nấm phát triển thì khử trùng bề mặt đạt hiệu quả.

c. Tiến hành phân lập và tinh sạch vi nấm

Mẫu được cắt nhỏ đặt lên bề mặt môi trường PDA và cất ở 30ºC trong 3÷4 ngày. Sau 3÷4 ngày, kiểm tra và tiến hành tinh sạch. Làm thuần và giữ trong ống nghiệm để sử dụng cho các thí nghiệm tiếp theo. Các mẫu nấm sau khi thuần khiết được nuôi cấy trực tiếp trên tiêu bản hiển vi vô trùng có chứa môi trường PDA. Tiêu bản giữ trong đĩa peptri vô trùng có bổ sung giấy thấm nước vô trùng để duy trì độ ẩm. Mẫu được ủ ở 30°C trong 3÷4 ngày và hình thái của hệ sợi nấm và cuống sinh bào tử được quan sát dưới kính hiển vi (Vũ Xuân Tạo và nnk, 2020).

2.2.2. Định danh vi nấm bằng giải trình tự vùng ITS

a. Thu bào tử nấm

Các chủng nấm được nuôi cấy trên môi trường PDA sau 5 ngày ở 25ºC÷30ºC. Đĩa nuôi nấm được bổ sung nước cất vô trùng lên bề mặt đĩa nuôi, sau đó dùng que gạt vô trùng gạt tách bào tử ra khỏi hệ sợi nấm. Lọc dịch trên đĩa bằng màng lọc Miracloth (Calbiochem, Đức) và thu vào ống falcon 50 ml. Ly tâm dịch sau lọc ở tốc độ 4000 vòng/phút trong thời gian 10 phút, đổ bỏ phần dịch. Phần cặn chứa bào tử nấm được bổ sung thêm nước cất vô trùng và được xác định nồng độ bằng buồng đếm Thoma. Sau đó dịch bào tử được pha loãng đến nồng độ thích hợp (10^6 hoặc 10^7 bào tử/ml) để sử dụng cho các thí nghiệm tiếp theo. Dịch bào tử có thể được bảo quản ở 4ºC để sử dụng trong 3÷4 tuần hoặc giữ lâu dài trong glycerol 20% ở nhiệt độ -30ºC.

Nuôi cấy thu hệ sợi nấm bằng cách bổ sung 200 µl dịch bào tử nấm nồng độ 10^6 bào tử/ml vào 50 ml môi trường PDB, nuôi lắc ở điều kiện 25ºC÷28ºC, tốc độ lắc 200 vòng/phút. Sau 3 ngày, thu hệ sợi bằng giấy lọc vô trùng. Phần hệ sợi nấm được giữ lại bên trên màng lọc được thấm hết nước bằng giấy thấm sạch và chứa vào ống eppendorf 2 ml. Phần hệ sợi nấm thu được dùng để tách chiết DNA.

b. Tách ADN

Thu 0,2 g sợi nấm vào ống eppendorf vô trùng 2 ml và giã nát bằng que thủy tinh đã khử trùng. Bổ sung 600 µl đệm chiết GX và 3 µl proteinase K vào ống chứa mẫu, vortex 10÷15 giây và ủ mẫu ở 60ºC trong thời gian 30 phút. Sau đó, bổ sung thêm 300 µl natri acetate 3M pH 5,2 vào ống chứa mẫu và tiến hành ly tâm lạnh ở 4ºC, 12000 vòng/phút trong 20 phút. Chuyển phần dịch nổi sang ống eppendorf 1,5 ml mới, bổ sung thêm isopropanol lạnh với thể tích tương đương để kết tủa ADN và tiếp tục ly tâm 12000 vòng/phút trong 10 phút ở 4ºC. Giữ lại phần tủa trong ống eppendorf, thêm 700 µl ethanol 70% vào ống và ly tâm lạnh ở 4ºC, 12000 vòng/phút trong 5 phút để rửa phần tủa. Đổ bỏ dịch nổi rồi để khô mẫu. Bổ sung 50 µl đệm TE 1x để hòa tan và bảo quản ADN. Loại bỏ ARN có trong mẫu bằng cách ủ mẫu ở 60ºC trong 30 phút sau khi bổ sung 3 µl RNase (10 mg/ml).

c. Giải trình tự

Để phân loại chính xác chủng nấm gây bệnh này, ADN tổng số được tiến hành tách chiết từ hệ sợi nấm dùng cho phản ứng PCR khuếch đại vùng ITS của rADN bằng cặp mồi đa năng ITS1/ITS4. Sản phẩm PCR được điện di trên gel 1% và tinh sạch bằng kit tinh sạch của hãng Promega. Mẫu ADN tinh sạch được giải trình tự bởi công ty 1st BASE (Singapore). Trình tự ITS được kiểm tra bằng phần mềm BioEdit 7.2 và phân tích so sánh với dữ liệu của GenBank sử dụng công cụ BLAST.

Thành phần phản ứng PCR:

Taq PCR Mix : 12,5 µl
ITS1 : 1 µl
ITS4 : 1 µl
Khuôn ADN: 1,5 µl
Nước khử ion vô trùng: 9 µl
Tổng thể tích : 25 µl

Chu trình nhiệt như sau: 94ºC (6 phút); 35 chu kỳ của 94ºC (30 giây), 58ºC (30 giây), 72ºC(40 giây); 72ºC (10 phút). Sản phẩm PCR được điện di kiểm tra trên gel agarose 1%.

2.2.2. Phương pháp khảo sát hoạt tính của chủng nấm Tricoderma

Đánh giá khả năng kháng nấm gây bệnh thực vật là *Pelicillum digitatum* và chủng nấm *Colletotrichum gloeosporioides* bằng phương pháp khuếch tán trên đĩa thạch. Chủng vi nấm được nuôi lắc trong môi trường PDB (lắc 200 vòng/phút) ở các điều kiện 30°C trong 72 giờ. Dịch nuôi vi nấm được ly tâm 12000 vòng/phút trong 30 phút ở 4°C để loại bỏ bào tử và hệ sợi nấm. Bổ sung 50 µl dịch thu được vào mỗi giếng trên đĩa thạch PDA đã được cấy trải 50 µl dịch bào tử các chủng nấm gây bệnh (10^6 bào tử/ml). Các đĩa petri sau khi bổ sung dịch vi nấm được ủ ở 4°C trong 4 giờ để dịch nuôi khuếch tán vào môi trường, Sau đó đĩa được giữ ở 30°C. Đường kính vòng kháng nấm được xác định sau thời gian 5÷7 ngày. Dịch nuôi mỗi mẫu vi nấm được thử khả năng kháng 2 loại nấm *P. digitatum* và *C. gloeosporioides* trên 3 đĩa peptri và thí nghiệm được lặp lại 3 lần độc lập.

2.2.3. Phương pháp khảo sát khả năng sinh laccase

Nuôi lắc vi nấm trong môi trường PDB ở 30°C trong 72 giờ. Hút 0,4 ml dịch bào tử nấm vào 40ml môi trường trong bình tam giác môi trường PDB. Nuôi lắc 200v/p, ở 30°C, trong 72 giờ. Lặp lại mỗi mẫu 2 lần. Làm 1 mẫu đối chứng (không bổ sung vi nấm). Hút 15ml dịch nuôi lắc vào ống eppendoft, ly tâm 6000 v/phút trong 10 phút. Hoạt tính laccase được xác định dựa trên sự oxi hóa ABTS (2,2'- azino - bis 3 - ethylbenzothiazoline - 6 - sulfonic acid) thành hợp chất hấp thụ ánh sáng mạnh tại bước sóng 420 nm. Hỗn hợp phản ứng gồm 800 µl đệm acetate 0,5 M, pH 5,0; 100µl ABTS 5 mM trong đệm McIlvaine (còn được gọi là đệm citrate phosphate, pH 4,6) ; 100 µl dịch enzyme. Phản ứng được ủ trong 10 phút ở 40°C. Hoạt tính laccase được xác định bằng sự oxi hoá ABTS tạo thành màu xanh lục.

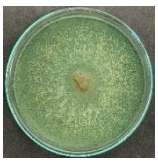
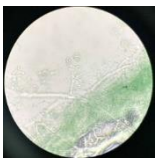
2.2.4. Phương pháp khảo sát khả năng xử lý màu thuốc nhuộm

Tiến hành thử nghiệm xử lí màu thuốc nhuộm xanh methylen và tím kết tinh bằng cách nhỏ dịch bào tử nấm lên đĩa PDA có chứa xanh methylen và tím kết tinh với hàm lượng khác nhau.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả phân lập và định danh

Quá trình phân lập chủng nội sinh thu được 12 chủng. Dựa vào đặc điểm hình thái lựa chọn chủng F3 là chủng có hình thái khuẩn lạc, hệ sợi, cuống sinh bào tử, hình thái bào tử thuộc chi *Tricoderma*. Nuôi cấy chủng F3, tách DNA gửi giải trình tự thu được chủng đã phân lập được là *Trichoderma harzianum* với các đặc điểm của chủng như hình sau:

Ký hiệu	Tên chủng	Hình thái khuẩn lạc	Hệ sợi nấm	Cuống sinh bào tử	Bào tử
F3	*Trichoderma harzianum*				

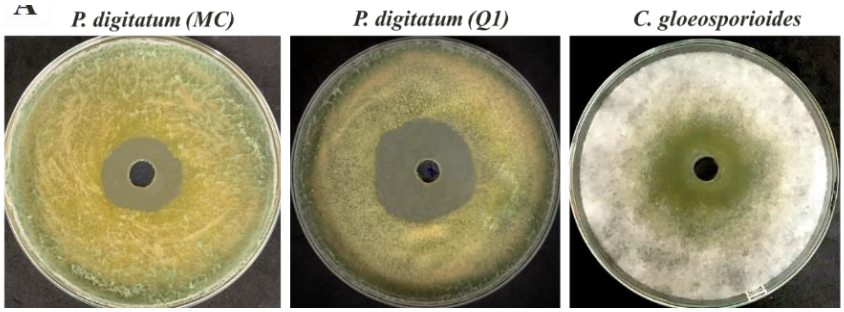
Hình 1. Đặc điểm của chủng F3.

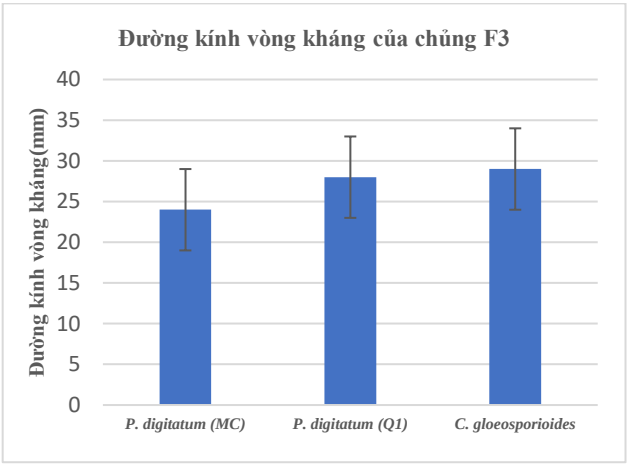
3.2. Kết quả khảo sát khả năng kháng các nấm gây bệnh của Tricoderma

Dịch nuôi nấm của F3 được đánh giá khả năng kháng nấm gây bệnh thực vật sử dụng phương pháp khuếch tán trên thạch. Kết quả cho thấy hai chủng thể hiện hoạt tính đối kháng kháng mạnh. Trên thế giới, rất nhiều công trình khoa học đã đề cập tới khả năng kháng nấm của các chủng vi nấm nội sinh (Vũ Xuân Tạo và nnk, 2020). Hai chủng nấm *T. harzianum* F3 phân lập được trong nghiên cứu này thể hiện hoạt tính kháng mạnh đối với nấm *P. digitatum* (MC), *P. digitatum* (Q1) và *C. gloeosporioides*. Đường kính vòng kháng nấm *P. digitatum* (MC), *P. digitatum* (Q1) và *C. gloeosporioides* của dịch nuôi chủng F3 lần lượt là: 24 ± 0,58 mm; 28,03 ± 0,15 mm; 29,03 ± 0,12 mm. Trong báo cáo của Vũ Xuân Tạo và nnk (2020) cũng chỉ ra rằng chủng dịch nuôi *Trichoderma asperellum* thể hiện hiệu quả ức chế 95÷100% đối với nấm *P. digitatum.*

Ngoài cơ chế ký sinh và cạnh tranh giúp cho nấm *Trichoderma* có khả năng kháng lại một số nấm gây bệnh trên cây trồng thì loài nấm *Trichoderma hazianum* cũng có khả năng tiết các chất kháng sinh, enzyme chống nấm gây bệnh cũng được nghiên cứu. Như vậy, dịch nuôi nấm của chủng nấm

Trichoderma hazianum có chứa các chất kháng nấm tiềm năng cho việc kiểm soát vi nấm *P. digitatum* (MC), *P. digitatum* (Q1) và *C. gloeosporioides* gây bệnh thực vật. Do đó, hai chủng nấm này có tiềm năng phục vụ nghiên cứu sản xuất chế phẩm sinh học phòng trừ bệnh thối rụng quả.





Hình 2. Khả năng kháng nấm gây bệnh của chủng T. harzianum F3.

3.3. Kết quả khảo sát khả năng sinh enzyme laccase

Ngoài cơ chế ký sinh và cạnh tranh giúp cho vi nấm kháng lại một số nấm gây bệnh trên cây trồng thì việc một số chủng nấm có khả năng tiết các chất kháng sinh, enzyme cũng được quan tâm [4]. Trong nghiên cứu này, tiến hành đánh giá khả năng sinh enzyme laccase của F3. Bên cạnh đó, trước khi tiến hành xử lý ô nhiễm màu ngoài thực tế, nhóm nghiên cứu tiến hành trong điều kiện phòng thí nghiệm thử khả năng xử lý màu thuốc nhuộm.

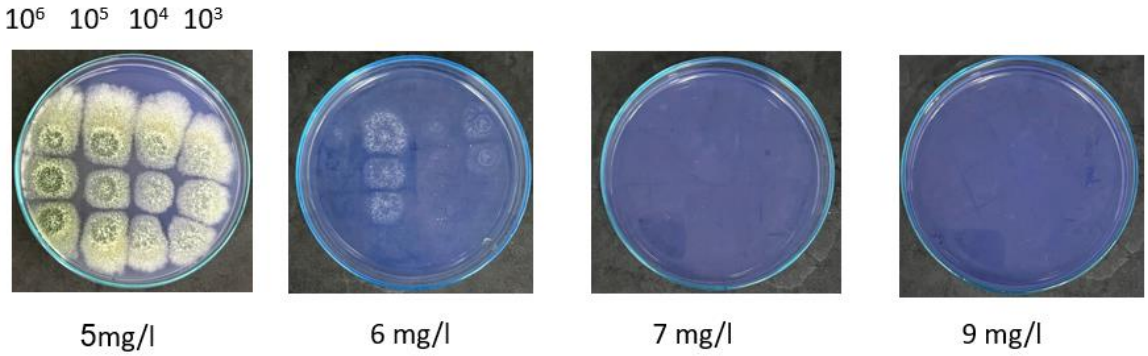
Kết quả chủng F3 thể hiện khả năng sinh laccase cao với giá trị tương ứng lần lượt là 98,2±2,2 U/ml.

3.4. Đánh giá khả năng làm mất màu thuốc nhuộm

3.4.1. Khả năng làm mất màu tím kết tinh

Tiến hành nuôi lắc bào tử chủng F3 trên đĩa PDA với các nồng độ khác nhau. Quan sát khả năng phát triển, ngưỡng chịu độc và khả năng làm mất màu xanh methylene trên các đĩa thach. Với số lượng bào tử nuôi cấy từ 10^3 đến 10^6 và lượng xanh methylene là 5 mg/l đến 9 mg/l.

Sau 72 giờ nuôi cấy, theo dõi sự phát triển của chủng F3 cho kết quả như sau:



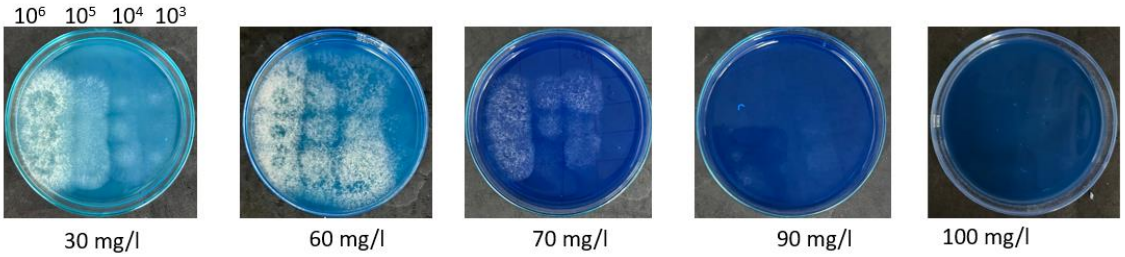
Hình 3. Khả năng sinh trưởng trên môi trường PDA bổ sung tím kết tinh của T. harzianum F3.

Như vậy có thể thấy, chủng F3 phát triển tốt trong điều kiện 30ºC, hàm lượng tím kết tinh dưới 6mg/l. Với hàm lượng tím kết tinh từ 7 mg/l hầu như không phát triển được. Đây chính là ngưỡng chịu độc của F3 với tím kết tinh.

3.4.2. Đánh giá khả năng làm mất màu xanh methylene

Tiến hành nuôi lắc bào tử chủng F3 trên đĩa PDA với các nồng độ khác nhau. Quan sát khả năng phát triển, ngưỡng chịu độc và khả năng làm mất màu xanh methylene trên các đĩa thach. Với số lượng bào tử nuôi cấy từ 10^3 đến 10^6 và lượng xanh methylene là 30 mg/l đến 100 mg/l.

Sau 3 ngày nuôi cấy, theo dõi sự phát triển của chủng F3 cho kết quả như sau :



Hình 4. Khả năng sinh trưởng trên môi trường PDA bổ sung xanh methylene của T. harzianum F3.

Như vậy có thể thấy, chủng F3 phát triển tốt trong điều kiện 30ºC, hàm lượng xanh methylene dưới 70mg/l. Với hàm lượng xanh methylene từ 90 mg/l hầu như không phát triển được. Đây chính là ngưỡng chịu độc của F3.

Tương tự tiến hành thí nghiệm với tím kết tinh, sau thời gian 3 ngày kiểm tra kết quả nuôi lắc của chủng F3 nhận thấy: với mẫu được nuôi lắc từ 0 đến 2 ngày, sau đó bổ sung tím kết tinh (3 mg/l) thì hiệu quả xử lý rất thấp hoặc gần như không xử lý được. Với mẫu đã nuôi lắc từ 3 ngày trở lên, kết quả gần như tương đương nhau về hiệu quả xử lý màu thuốc nhuộm và làm mất màu thuốc nhuộm. Như vậy, với khả năng sinh enzyme laccase, các chủng vi nấm đã làm mất màu thuốc nhuộm, phân giải hợp chất vòng thơm.

Tiến hành nuôi lắc bào tử chủng F3 theo thời gian từ 0 đến 7 ngày và bổ sung thuốc nhuộm xanh methylene (hàm lượng 30mg/l), tím kết tinh (hàm lượng 3mg/l) vào từng thời điểm nuôi lắc trên để thử khả năng mất màu thuốc nhuộm theo thời gian.

Với mẫu đã nuôi lắc từ 3 ngày trở lên, kết quả gần như tương đương nhau về hiệu quả xử lý màu thuốc nhuộm và làm mất màu thuốc nhuộm. Như vậy, với khả năng sinh enzyme laccase, các chủng vi nấm đã làm mất màu thuốc nhuộm, phân giải hợp chất vòng thơm.

4. Kết luận

Bằng phương pháp nuôi cấy trong phòng thí nghiệm đã phân lập, định danh, xác định hoạt tính của chủng vi nấm *Trichoderma harzianum* F3. Chủng *Trichoderma harzianum* F3 sinh enzyme laccase cao, làm mất màu thuốc nhuộm xanh methylene (30 mg/l), tím kết tinh (3 mg/l). Nấm đã được chỉ ra có khả năng xử lý sinh học các hợp chất hữu cơ độc hại, là một trong những phương pháp bền vững và thân thiện với môi trường được sử dụng để làm sạch các khu vực bị ô nhiễm. Các nhóm nấm khác nhau đã được sử dụng trong xử lý sinh học, trong đó nấm thối trắng có khả năng phân hủy lignin, nấm biển, nấm ưa cực trị (nấm từ môi trường khắc nghiệt), nấm sợi phổ biến như *Aspergillus* sp., *Trichoderma* sp. và các loại nấm cộng sinh như nấm rễ cộng sinh *Arbuscular* duy trì mối quan hệ cộng sinh với thực vật ược khai thác chủ yếu nhờ khả năng xử lý sinh học. Như vậy, có thể nghiên cứu chế tạo chế phẩm sinh học chứa chủng F3 để áp dụng vào xử lý ô nhiễm màu trong nước thải.

Lời cảm ơn

Tập thể tác giả cảm ơn đề tài cơ sở mã số T24-26.

Tài liệu tham khảo

Vũ Xuân Tạo, Trần Bảo Trâm, Nguyễn Thị Hiền, Nguyễn Xuân Cảnh, Thái Hạnh Dung, Hoàng Phương Thảo, Nguyễn Nhật Tân, Nguyễn Trần Hà Anh và Trần Văn Tuấn, 2020. "Khả năng kháng nấm Penicilium digitatum gây thối cam của dịch nuôi nấm *Tricoderma*", Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam. 19, pp. 355-362.

Duong Minh Lam. and Truong Thi Chien, 2013. "Characteristics of laccase producing *Trametes maxima* CPB30 and its application in decolorization of dye polluted water", *Academia Journal of Biology*. 35(4), pp. 477-483.

Thai Hanh Dung and Tran Van Tuan, 2018. "Construction of a binary vector for the expression of the Aspergillus niger McoD laccase gene in the industrial filamentous fungus Aspergillus oryzae", *Vietnam Journal of Science, Technology and Engineering.* 60(3), pp. 59-66.

Verma M., S. K. Brar, R. Tyagi, R. N. Surampalli and J. Valero (2007), "Antagonistic fungi, Trichoderma spp.: panoply of biological control", *Biochemical Engineering Journal.* 37(1), pp. 1-20.

Wang X., Z. Gong, P. Li, L. Zhang and X. Hu, 2008. "Degradation of pyrene and benzo (a) pyrene in contaminated soil by immobilized fungi", *Environmental Engineering Science.* 25(5), pp. 677-684.

ABSTRACT

Research to evaluate the role of fungal strains trichoderma harzianum

Vu Thi Lan Anh[1]*, Nguyen Van Dung[1], Nguyen Thi Nhan[2]
[1] *Hanoi University of Mining and Geology*
[2] *VNU University of Science*

Currently, to treat environmental pollution, many different methods can be applied such as physics, chemistry and biology. Chemical and physical measures often bring quick and clear results. However, these solutions often have high costs, require complex technology, consume a lot of energy or create waste that is difficult to treat, affecting the ecosystem. Meanwhile, measures to treat environmental pollution using biological methods are considered effective and environmentally friendly solutions. In particular, measures using microorganisms are increasingly receiving attention. Therefore, researching the selection of microbial strains to treat textile wastewater is considered a suitable alternative method. During the research process, the authors used the method of isolating, identifying, and determining the activity of microbial strains to select microbial strains capable of treating environmental pollution, with a focus on Research on the ability of dyes to treat color pollution. Research results selected *Trichoderma harzianum* F3 strain that is resistant to fungal diseases, capable of discoloring crystal violet and methylene blue at different pollutant concentrations over time. After 7 days of shaking culture, *Trichoderma harzianum* F3 strain lost its crystal Violet color (3mg/l) and Methylene Blue (30 mg/l). This is the basis for creating products to treat color pollution in the textile wastewater environment in the near future.

Keywords: pollution treatment; fungi; *Trichoderma harzianum;* ethylene blue; crystal violet.

Hiệu quả xử lý Benzen, Methyl-*tert*- butylether trong nước ngầm của hệ thống constructed wetland dòng chảy ngang dưới bề mặt

Nguyễn Hoàng Nam[1,*], Nguyễn Hoàng Nam Anh[1], Nguyễn Viết Hùng[1], Phạm Việt Đức[2]

[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Viện Hoá học môi trường Quân sự*

TÓM TẮT

Bài báo đưa ra kết quả của quá trình nghiên cứu xử lý nước ngầm bị ô nhiễm benzen, metyl tert-butyl ete (MTBE) được thử nghiệm trên quy mô phòng thí nghiêm, sử dụng hệ thống constructed wetland dòng chảy ngang CW-SSF. Hệ thống sử dụng vật liệu nền là sỏi, được trồng loài thực vật *Phragmites australis*, thời gian lưu 2,5 ngày. Hiệu quả loại bỏ đạt rất cao đối với các chất ô nhiễm benzen và MTBE, giá trị trung bình đạt được lần lượt là 83,07% (624,39 mg/ m^2.d) và 73,46% (106,73 mg/m^2.d. Nó mở ra hướng đi mới cho việc xử lý nước ngầm bị ô nhiễm các chất hữu cơ khó phân huỷ.

Từ khóa: Benzen; MTBE; CW, xử lý; nước ngầm.

1. Đặt vấn đề

Ngành công nghiệp phát triển đặc biệt là công nghiệp hóa chất nó mang lại kinh tế cho đất nước, tuy nhiên, nó có thể gây ô nhiễm đất, nước và không khí, đặc biệt là nước ngầm ở quy mô lớn nơi sản xuất hoá chất. Nước ngầm là nguồn nước chính cung cấp cho sản xuất nước sinh hoạt, khi nước ngầm bị ô nhiễm, nó là một vấn đề nan giải vì thường không thể xác định được nguồn gây ô nhiễm và khó xử lý hoàn toàn các chất ô nhiễm, nó gây thảm hoạ cho môi trường và đe dọa sức khỏe con người.

Tại khu công nghiệp sản xuất hoá chất ở Việt Nam, mặc dù cũng đã có các giải pháp xử lý các chất ô nhiễm. Tuy nhiên, việc xử nước ngầm bị ô nhiễm bằng các phương pháp thông thường thường phức tạp, tốn kém và thực tế không thể xử lý triệt để một số chất ô nhiễm khó phân huỷ như Benzen hay MTBE (metyl tert-butyl ete). Các hydrocacbon thơm như benzen và các hợp chất ete như MTBE nó được sử dụng rất phổ biến trong công nghiệp làm dung môi hữu cơ, làm chất chống kích nổ trong xăng,… khi nước ngầm bị ô nhiễm chúng gây nguy hiểm cho chất lượng nước ngầm.

Hiện nay, việc sử dụng các phương pháp nâng cao như oxy hoá, quang xúc tác, màng thẩm thấu ngược,… đang được nghiên cứu chuyên sâu. Các phương pháp xử lý tại chỗ đặc biệt hấp dẫn vì chúng thường có thể được thực hiện với ít năng lượng, chi phí và không có sự can thiệp lớn vào các điều kiện tự nhiên. Một trong những lựa chọn được sử dụng để xử lý nước ngầm bị ô nhiễm Benzen hay MTBE là hệ thống Constructed wetland (CW). Phương pháp này ngày càng được sử dụng nhiều hơn trong những năm gần đây để xử lý các chất hữu cơ ô nhiễm trong nước. Tuy nhiên, các quá trình diễn ra trong hệ thống CW cho đến nay vẫn chưa được hiểu rõ đầy đủ.

Sử dụng công nghệ wetland để loại bỏ các chất ô nhiễm Benzen hay MTBE thông qua các quá trình vật lý, hoá học, sinh học của vùng rễ như sự tiết ra oxy, tiết ra các hợp chất hữu cơ, sự tiếp nhận các chất ô nhiễm của thực vật, sự hập phụ, bay hơi,… Sự phân hủy các chất ô nhiễm đặc biệt là các hợp chất hữu cơ như Benzen hay MTBE ở vùng rễ của thực vật chịu ảnh hưởng rất lớn của vi sinh vật. Quá trình sinh học của vi sinh vật ở vùng rễ bị ảnh hưởng bởi sự tiết ra các hợp chất hữu cơ hoặc oxy của thực vật, nó phụ thuộc vào quần thể, mật độ vi sinh vật, tính đa dạng của vi sinh vật và tiềm năng sinh hóa cao tương ứng (Nguyễn Hoàng Nam, 2023). Các cơ chế quan trọng loại bỏ các hợp chất hữu cơ như Benzen hay MTBE trong hệ thống CWs là oxi hóa, trao đổi ion, tiếp nhận của thực vật, hấp phụ, lọc, bay hơi (Cooper và nnk, 1996; Matagi và nnk, 1998; Kalin, 2004; Kosolapov và nnk, 2004; Mayes và nnk, 2009).

Mức độ ảnh hưởng thực tế của loại hệ thống CW của loài thực vật đến hiệu quả loại bỏ chất ô nhiễm Benzen hay MTBE rất khó định lượng. Sự đóng góp của các quá trình vi sinh vật khác nhau vào sự phân hủy các chất gây ô nhiễm và sự phụ thuộc của chúng vào loại hệ thống CW, điều kiện môi trường cũng chỉ

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenhoangnam@humg.edu.vn

được biết một phần. Để hiểu biết rõ hiệu quả loại bỏ của hệ thống CW và đưa ra nhận định về những thay đổi liên quan đến chất ô nhiễm trong vùng rễ và do đó nâng cao mức độ hiểu biết về sự tương tác trong các hệ thống. Bài báo này là nghiên cứu đánh giá hiệu quả loại bỏ của hệ thống CW dòng chảy ngầm dưới bề mặt (SSF-CW), được trồng loài thực vật *Phalaris arundinacea* (Hệ thống và loài thực vật phù hợp với điều kiện ở VIệt Nam) được sử dụng để đánh giá hiệu quả loại bỏ hợp chất vòng thơm đại diện là benzen và hợp chất ete đại diện là MTBE.

2. Thực nghiệm

2.1. Hệ thống CWs và điều kiện tiến hành thí nghiệm

Hệ thống CWs được làm bằng vật liệu polymer với kích thước 100 cm × 15 cm × 35 cm. Hệ thống được cho vào 66 kg sỏi kích cỡ (5÷25 mm) đến độ cao 35 cm. Mực nước trong bể là 3 cm thấp hơn bề mặt của sỏi trong hệ thống. Thể tích nước rỗng chứa trong cả hệ thống là 18,5 lít. Trong hệ thống Phalaris arundinacea 800÷900 cây/m^2.



Hình 1. Hệ thống CW được trồng Ph. australis sử dụng cho xử lý nước ngầm nhiễm Benzen và MTBE.

Nước ngầm nhân tạo được bơm vào hệ thống một cách liên tục thông qua bơm định lượng với lưu lượng 7,5 l/d tương ứng với thời gian lưu thuỷ lực là 2,5 ngày.

2.2. Lấy mẫu và phân tích mẫu

Các mẫu được lấy 3 lần trong tuần tại vị trí đầu vào, đầu ra của hệ thống. Mẫu được đựng và bảo quản trong chai đựng mẫu bằng thuỷ tinh. Trước khi cho mẫu vào, chai đựng mẫu được loại bỏ hết không khí bằng khí N_2. Mẫu chưa phân tích ngay được bảo quản trong tủ lạnh ở điều kiện nhiệt độ -20°C.

Trước khi phân tích Benzen và MTBE, mẫu được lọc bằng màng lọc kích cỡ 0,45 µm thực hiện theo DIN 38404-6, 1984.

Việc xác định nhanh chóng, thường xuyên nồng độ Benzen và MTBE được phân tích bằng máy sắc ký khí (GC) của hãng Hewlett Packard (HP), Series6890 GC, sử dụng cột sắc ký Agilent 124-0034 DB-MTBE dài 30 m và đường kính trong 0,45 mm, độ dày màng hấp phụ bên trong cột là 2,55 µm. Detector ion hóa ngọn lửa (FID) được sử dụng, N_2 được sử dụng làm khí mang.

Giá trị pH của mẫu được đo bằng điện cực pH trên máy đo (WTW: Multi 340i and pH-Electrode SenTix 41, detection accuracy ± 0,01 pH-value).

Thế oxy hoá khử được đo bằng điện cực oxi hóa khử (hệ điện cực Pt-Ag /AgCl/Cl) của hãng Metrom thuỵ sỹ.

$$Eh(tt) = Eh(đo) + Eh(ss)$$

Trong đó:

- Eh(tt) thế oxy hoá khử thực;
- Eh(đo): thế oxy hoá khử đo được;
- Eh(ss): thế ỗy hoá khử của điện cực so sánh (điện cực Ag /AgCl/Cl dung dịch KCl 3M).

2.3. Nước ngầm nhân tạo

Nước ngầm nhân tạo sử dụng trong nghiên cứu được pha chế bằng cách lấy Benzen và MTBE pha trong nước ngầm với hàm lượng của Benzen là.

3. Kết quả và thảo luận

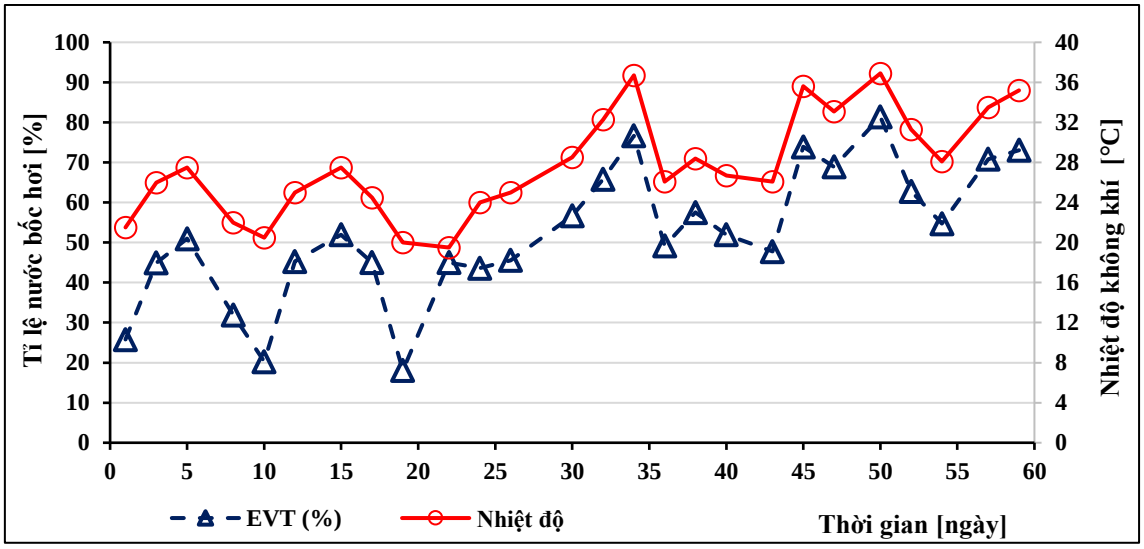
3.1. Tỉ lệ bốc hơi nước trong hệ thống CW

Hình 2 biểu diễn tỉ lệ bốc hơi nước trong thời gian nghiên cứu của hệ thống CW cũng như nhiệt độ không khí trung bình ngày trong khoảng thời gian từ 03/4/2023 đến tháng 31/5/2023.

Nhiệt độ được đo vào thời điểm lấy mẫu thấp nhất là là 19,5°C vào ngày 24 tháng 4 và nhiệt độ cao nhất

là 36,9°C vào ngày 22 tháng 5. Trong khoảng thời gian nghiên cứu, nhiệt độ thay đổi không tuân theo quy luật, tuy nhiên, khi nhiệt độ cao, gió mạnh dẫn đến sự bốc hơi nước của CW tăng lên. Nhìn chung, tỉ lệ bốc hơi nước từ đầu tháng 5 trở đi tương đối cao. Trong hệ thống có vật liệu nền, có dòng chảy ngầm, sự thoát hơi nước bị cản trở bởi vật liệu nền, sự bốc hơi nước chủ yếu là do nước thoát ra qua lá của thực vật chứ không phải do sự bay hơi nước từ bề mặt.

Khi lượng nước bốc hơi càng mạnh, nó ảnh hưởng không nhỏ đến hàm lượng chất ô nhiễm ở đầu ra mặc dù hiệu quả xử lý không thay đổi. Tỉ lệ bốc hơi nước cao, làm cho nồng độ chất ô nhiễm ở đầu ra có thể cao hơn so với đầu vào do bị cô đặc.

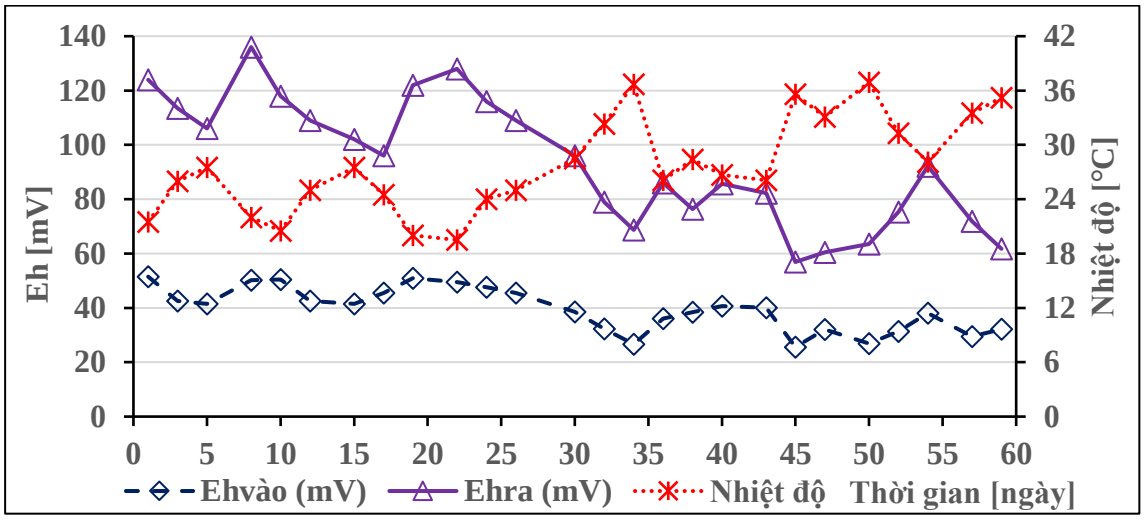


Hình 2. Tỉ lệ bốc hơi nước trong hệ thống CW theo nhiệt độ.

Tuy nhiên, khi nhiệt độ môi trường cao, nó có tác động tích cực đến hoạt động của vi sinh vật trong quá trình xử lý chất ô nhiễm (Nguyễn Hoàng Nam, 2023).

3.2. Sự thay đổi của thế oxy hoá khử

Kết quả khảo sát thế oxy hoá khử ở đầu vào và đầu ra của hệ thống CW trong 2 tháng vận hành được chỉ ra trong Hình 3.



Hình 3. Thế oxy hoá khử ở đầu vào và đầu ra của hệ thống CW.

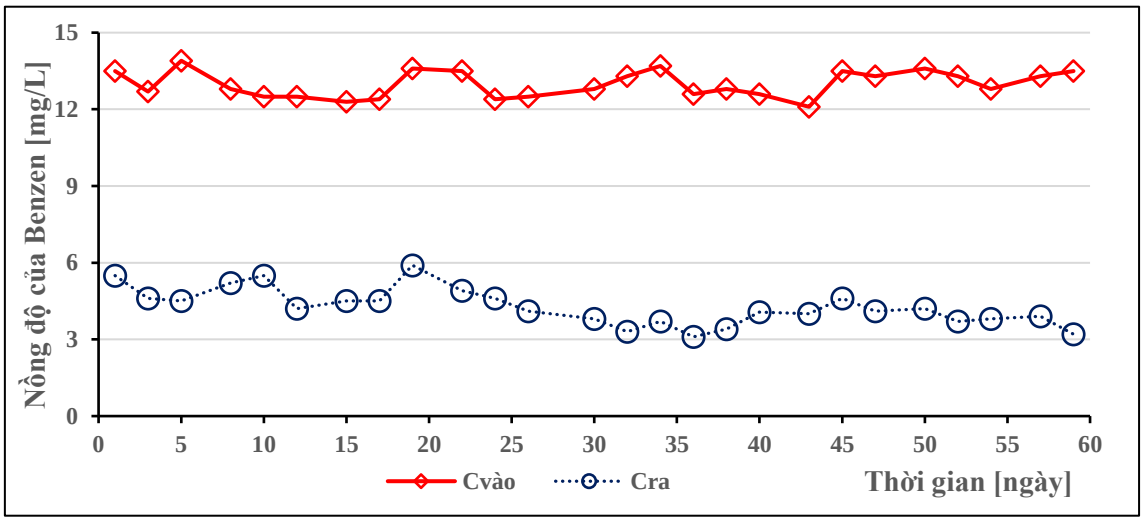
Kết quả thu được cho thấy: Eh ở đầu vào thay đổi theo nhiệt độ, giá trị của nó từ 25,6 đến 51,5 mV trong khi đó thế oxy hoá khử ở đầu ra cao hơn. Thế oxy hoá khử trong dung dịch phụ thuộc vào dang oxy hoá khử, phụ thuộc vào nồng độ của các cặp oxy hoá khử liên hợp, phụ thuộc vào lượng oxy hoá tan trong dung dịch. Ở đầu ra của hệ thống, thế oxy hoá khử cao hơn, điều này cho thấy ở đầu ra hàm lượng của các chất oxy hoá cao hơn ví dụ như O_2 hoà tan, hàm lượng chất hữu cơ, hoặc chất khử giảm. Điều này cho thấy có sự liên quan đến độ giảm của các chất hữu cơ như Benzen và MTBE.

Trong hệ thống CW đặc biệt là hệ thống dòng chảy ngầm, sự thâm nhập O_2 từ không khí gần như không đáng kể, chủ yếu được cung cấp bởi bộ rễ. O_2 hoà tan trong hệ thống đóng vai trò làm chất oxy hoá, nó oxy hoá các chất khử đưa chúng lên mức oxy hoá cao hơn như các hợp chất hữu cơ (C_6H_6, MTBE) thành CO_2 và H_2O, mặt khác, các hợp chất hữu cơ đóng vai trò làm nguồn chất khử, nó có thể khử các hợp chất đa hoá trị về mức oxy hoá thấp hơn như Fe^{3+} thành Fe^{2+}…(Omondi và Navalia, 2020; Stefanakis, 2020). Như vậy khi thế oxy hoá khử ở đầu ra cao hơn so với đầu vào chứng tỏ ở đầu ra có lượng O_2 hoà tan, đồng nghiã với độ giảm đáng kể hàm lượng C_6H_6, MTBE.

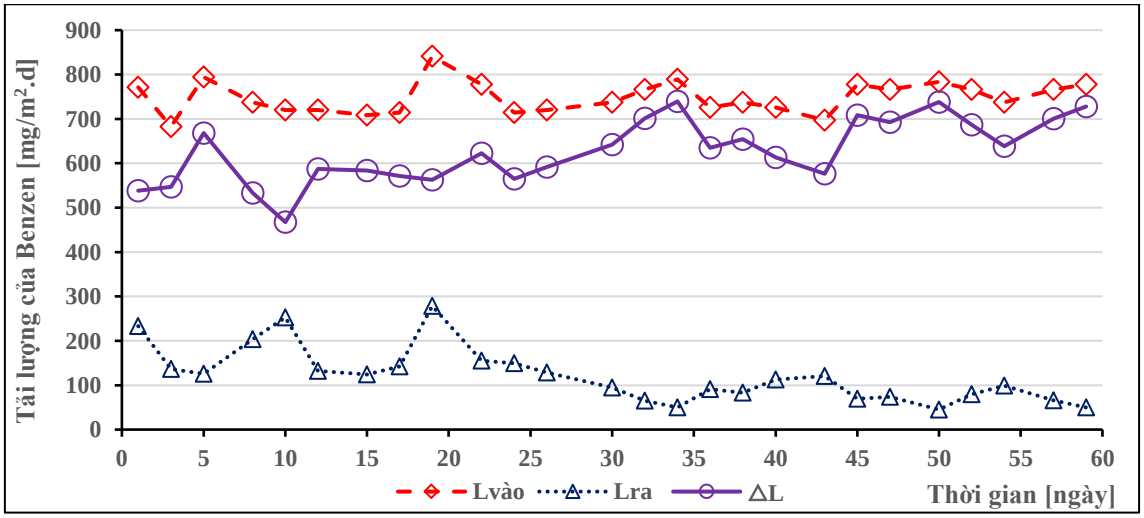
3.3. Hiệu quả loại bỏ của C_6H_6, MTBE trong hệ thống CW

3.3.1. Hiệu quả loại bỏ C_6H_6

Hiệu quả loại bỏ C_6H_6 trong hệ thống CW dòng chảy ngầm với vật liệu nền là sỏi, được trồng loài thực vật *Phalaris arundinacea*, thời gian lưu 2,5 ngày, được chỉ ra trong Hình 4 và 5. Kết quả nghiên cứu thu được chỉ ra rằng trong suốt 2 tháng vận hành, hàm lượng của đầu vào của C_6H_6 dao động trong khoảng 12.1 đến 13,9 mg/L (giá trị trung bình khoảng 13 mg/L), sau khi đi qua hệ thống CW, hàm lượng C_6H_6 ở đầu ra chỉ còn dao động trong khoảng 3,1 đến 5,9 mg/L (giá trị trung bình khoảng 4,26 mg/L) (Hình 4) đo giảm nồng độ trung bình đạt 67,13%.



Hình 4. Sự giảm nồng độ của C_6H_6 sau khi đi qua hệ thống CW được trồng Phalaris arundinacea với thời gian lưu 2,5 ngày trong thời gian vận hành từ 3/4/2024 đến 31/5/22024.



Hình 5. Tải lượng đầu vào đầu ra của C_6H_6 của hệ thống CW được trồng Phalaris arundinacea với thời gian lưu 2,5 ngày trong thời gian vận hành từ 3/4/2024 đến 31/5/22024.

Trong khi đó, tải lượng đầu vào của C_6H_6 đối với hệ thống khá cao, giá trị của nó nằm trong khoảng 680 đến 793 mg/m^2.d (giá trị trung bình 745,97 mg/m^2.d), sau khi đi qua hệ thôsng, tải lượng đầu ra của nó chỉ còn 45 đến 278 mg/m^2.d (giá trị trung bình 121,57 mg/m^2.d) tương ứng với tải lượng loại bỏ trung bình đạt

624,39 mg/m^2.d tương ứng với hiệu quả loại bỏ đạt 83,7%. Kết quả thu được cho thấy, việc sử dụng hệ thống CW được trồng *Phalaris arundinacea* khá hiệu quả trong việc loại bỏ C_6H_6. Hiệu quả loại bỏ Benzen cao nguyên nhân có thế thông quá quá trình sinh học hiếu khí trong vùng rễ, C_6H_6 dưới tác động của vi sinh vật trong vùng rễ tiếp nhận O_2 hoà tan do bộ rễ thực vật tiết ra chuyển hoá C_6H_6 thành các hợp chất hữu cơ mạch thẳng, qua đó nó tiếp tục được chuyển hoá thành các hợp chất hữu cơ mạch ngắn hơn hoặc thành CO_2 và H_2O (Rahman và nnk, 2020; Stefanakis, 2020; Nguyễn Hoàng Nam, 2023).

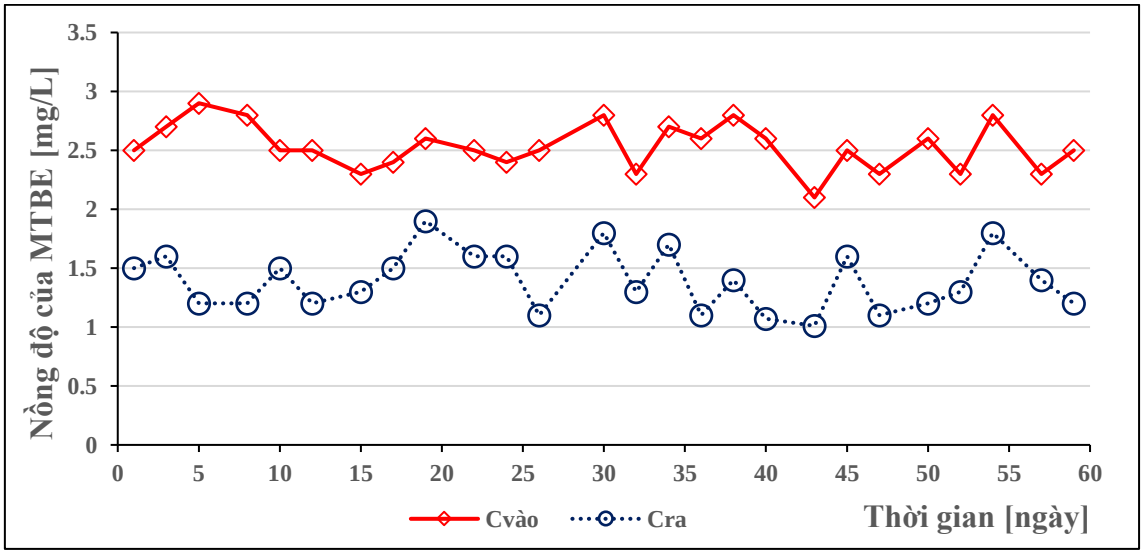
$$C_6H_6 + O_2 \rightarrow HOOC((CH)_4COOH$$

$$HOOC((CH_2)_4COOH + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$$

Sản phẩm thu được ít hoặc không độc hại với môi trường.Ngoài con đường sinh học, Ben zen còn có thể được bộ rễ tiếp nhận và nó có thể di chuyển lên thân rồi đến lá, phát tán vào môi trường, ngoài ra, việc loại bỏ Benzen trong hệ thống còn có thể bị hấp phụ bởi vật liệu nền của hệ thống. Mặc dù Benzen là hợp chất dễ bay hơi, nhưng vì là hệ thống CW dòng chảy ngầm dưới bề mặt nên nó ngăn cản quá trình bay hơi vật lý thông qua bề mặt nước, bởi vậy quá trình loại bỏ Benzen trong hệ thống này chủ yếu thông qua quá trình sinh học và hấp phụ (Nguyễn Hoàng Nam, 2019, 2023).

3.3.2. Hiệu quả loại bỏ MTBE

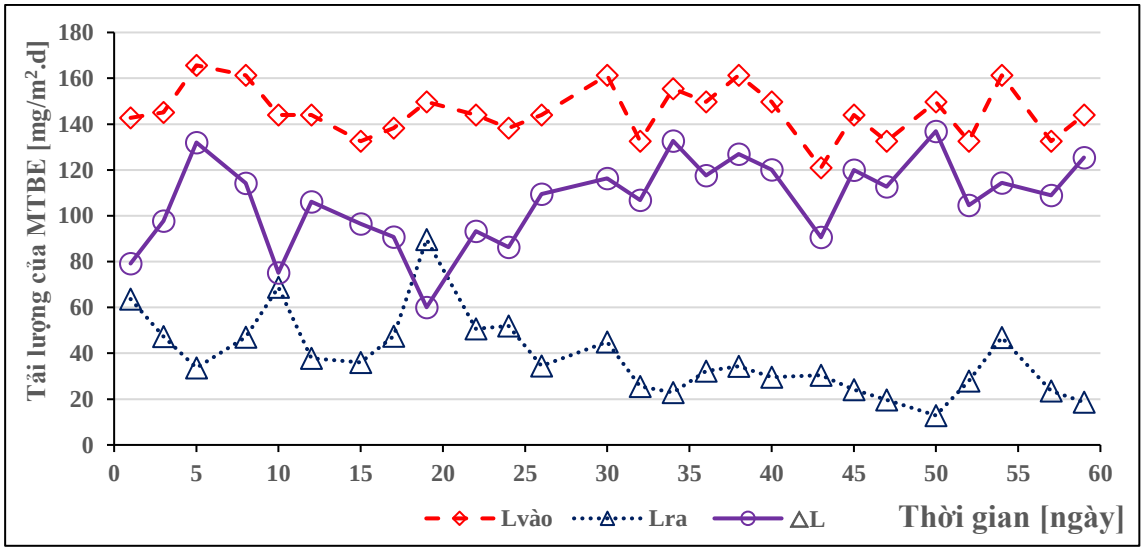
MTBE là hợp chất ete dễ bay hơi nên tồn tại trong nước ngầm với hàm lượng khá thấp so với Benzen, trong nước ngầm nghiên cứu, hàm lượng của MTBE thấp nhất là 2,1 mg/L và cao nhất là 2,9 mg/L, giá trị trung bình là 2,53 mg/L. Khi đi qua hệ thống CW, trong khoảng thời gian vận hành 2 tháng, hàm lượng MTBE giảm xuống, giá trị trung bình đạt 1,39 mg/L (giá trị nhỏ nhất đạt 1,01 mg/L và cao nhất khoảng 1,9 mg/L) (Hình 6). Ở đầu ra, mặc dù nồng độ của MTBE có giảm tuy nhiên do quá trình bố hơi nước trong hệ thống, nó làm cho hàm lượng của MTBE bị cô đặc, qua đó thấy rằng hiệu quả loại không cao, giá trị của nó chỉ đạt khoảng 45%. Trong khi đó khi tính toán theo tải lượng, hiệu quả loại bỏ MTBE cao hơn nhiều, giá trị của nó đạt 73,47% (Hình 7). Tải lượng đầu vào của MTBE trung bình đạt 142,27 mg/m^2.d, ở đầu ra tải lượng trung bình khoảng 38,54 mg/m^2.d và độ giảm tải lượng trung bình đạt khoảng 106,73 mg/m^2.d.



Hình 6. Sự giảm nồng độ của MTBE sau khi đi qua hệ thống CW được trồng Phalaris arundinacea với thời gian lưu 2,5 ngày trong thời gian vận hành từ 3/4/2024 đến 31/5/22024.

So sánh với các công nghệ xử lý sinh học khác, thường khi hàm lượng chất ô nhiễm thấp, hiệu quả loại bỏ các chất ô nhiễm ở các hệ thống sinh học thông thường là không đáng kể (Nguyễn Hoàng Nam, 2019), trong khi đó, ở hệ thống CW SSF được tròng *Phalaris arundinacea* có thể loại bỏ được > 73% MTBE. Điều đó cho thấy tính vượt trội của hệ thống CW so với các hệ thống sinh học khác. Hiệu quả loại bỏ MTBE cao trong hệ thống CW có thể giải thích là do các quá trình sinh học vật lý, sự tiếp nhận của thực vật,… với thời gian lưu lớn hon so với các hệ thống sinh học thông thường khác (2,5 ngày) các chất ô nhiễm hữu cơ như MTBE có đủ thời gian tiếp xúc với vi sinh vật thông qua quá trình khuếch tán, dưới tác động của vi sinh vật MTBE cũng như Benzen, tham gia phản ứng với O_2 do bộ rễ cung cấp để chuyển hoá thành các hợp chất hữu cơ mạch ngắn hoặc thành CO_2 và H_2O, qua đó loại bỏ được MTBE trong nước. Bên cạnh đó, quá trình loại bỏ MTBE cũng có thể được thông qua quá trình hấp phụ, quá trình lọc của vật liệu nền hoặc cá hợp chất hữu cơ có trong hệ thống, noi mà dòng nước thải đi qua. Nó có tác động lớn, loại bỏ được các chất ô nhiễm ngay cả ở nồng độ thấp. Ngoài ra, ở điều kiện khí hậu nhiệt đới, nhiệt độ không khí cao vào

mùa hè cũng tác động tích cực đến quá trình chuyển hoá các chất ô nhiễm đặc biệt là các hợp chất hữu cơ trong hệ thống CW.



Hình 7. Tải lượng đầu vào đầu ra của C_6H_6 của hệ thống CW được trồng Phalaris arundinacea với thời gian lưu 2.5 ngày trong thời gian vận hành từ 3/4/2024 đến 31/5/22024.

Từ kết quả nghiên cứu thu được cho thấy, đối với loài *Phalaris arundinacea*, có bộ rễ phát triển khoẻ mạnh, cây phát triển mạnh trong quá trình xử lý, nó tác động tích cực đến hiệu quả loại bỏ các chất ô nhiễm hữu cơ khó phân huỷ như Benzen, MTBE (Yuan và nnk, 2020). Hệ thống CW sử dụng loại thực vật *Ph. australis* rất phù hợp để xử lý Benzen, MTBE có trong nước nói chung và nước ngầm nói riêng.

4. Kết luận

Đã nghiên cứu đánh giá hiệu quả xử lý Benzen, MTBE có trong nước ngầm trên hệ thống CW SSF với vật liệu nền là sỏi được trồng *Ph. australis*. Với thời gian lưu 2,5 ngày, hàm lượng đầu vào của Benzen khoảng 13 mg/L, tải lượng loại bỏ của hệ thống có thể đạt 624,39 mg/m^2.d. Trong khi đó, với hợp chất MTBE có nồng độ đầu vào thấp hơn khoảng 2,5 mg/L, tải lượng loại bỏ của hệ thống có thể đạt 106,73 mg/m^2.d. Nó cho thấy có thể mở ra một hướng đi mới sử dụng hệ thống CW SSF được trồng thực vật *Ph. australis* thay thế các công nghệ xử lý khác để xử lý hợp chất vòng thơm khó phân huỷ ngay cả ở nồng độ thấp.

Sử dụng hệ thống này vừa thân thiện với môi trường, vừa tạo cảnh quan đẹp và có chi phí vận hành, bảo trì và xử lý thấp, hiệu quả kinh tế cao phù hợp với điều kiện kinh tế của Việt Nam. Công nghệ này có thể triển khai ứng dụng để xử lý các hợp chất hữu cơ khó phân huỷ khác có trong nước một cách hiệu quả mà các công nghệ khác không thực hiên được.

Lời cảm ơn

Tác giả xin chân thành cảm ơn Trung tâm xử lý môi trường - Viện Khoa học Kỹ thuật Quân sự; Bộ Môn Hoá – Khoa Khoa học cơ bản – Trường đại học Mỏ - Địa chất, Trường Đại học Khoa học tự nhiên – Đại học Quốc Gia Hà Nội, Viện Công nghệ môi trường Đại học Bách Khoa Hà Nội đã tạo điều kiện, giúp đỡ trong quá trình nghiên cứu.

Tài liệu tham khảo

Cooper, P. F., G. D. Job, M. B. Green and R. B. E. Shutes (1996). "Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment." Swindon, WRc publications.

Kalin, M. (2004). "Passive Mine Water treatment: The Correct Approach?" Ecological Engineering 2: 299—304.

Kosolapov, D. B., P. Kuschk, M. B. Vainshtein, A. V. Vatsourina, A. Wießner, M. Kästner and R. A. Müller (2004). "Microbial processes of heavy metal removal from carbon-deficient effluents in constructed wetlands." Eng. Life Sci. 4 (5): 403-411.

Matagi, S. V., D. Swai and R. Mugabe (1998). "A review of heavy metal removal mechanisms in wetlands." Afr. J. Trop. Hydrobiol. Fish. 8: 23-35.

Mayes, W. M., L. C. Batty, P. L. Younger, A. P. Jarvis, M. Koiv, C. Vohla and U. Mander (2009).

"Wetland treatment at extremes of pH: A review." Science of the Total Environment 407(13): 3944-3957.

Nguyễn Hoàng Nam (2019). Thiết kế wetland cho xử lý nước thải. Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật.

Nguyễn Hoàng Nam (2023). Công nghệ xử lý nước bằng thực vật. NXB Giáo dục Việt Nam.

Omondi, D. O. and A. C. Navalia (2020). Constructed Wetlands in Wastewater Treatment and Challenges of Emerging Resistant Genes Filtration and Reloading. Inland Waters - Dynamics and Ecology

Rahman, M. E., M. I. E. B. Halmi, M. Y. B. A. Samad, M. K. Uddin, K. Mahmud, M. Y. A. Shukor, S. R. S. Abdullah and S. M. Shamsuzzaman (2020). "Review: Design, Operation and Optimization of Constructed Wetland for Removal of Pollutant." International Journal of Environmental Research and Public Health 17: 8339 -8379.

Stefanakis, A. I. (2020). "Constructed Wetlands for Sustainable Wastewater Treatment in Hot and Arid Climates: Opportunities, Challenges and Case Studies in the Middle East." Water 12: 1665.

Yuan, C., T. H. 1, X. Zhao and Y. Zhao (2020). "Numerical Models of Subsurface Flow Constructed Wetlands: Review and Future Development." Sustainability 12: 3498 -3514.

ABSTRACT

Effective removal of Benzene, Methyl-tert-butylether in groundwater of horizontal subsurface flow constructed wetland

Nguyen Hoang Nam[1], Nguyen Hoang Nam Anh[1], Nguyen Viet Hung[1], Pham Viet Duc[2]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

[2]*Military Institute of Environmental Chemistry*

The article presents the results of the research process on treating groundwater contaminated with benzene, methyl tert-butyl ether (MTBE) tested on a laboratory scale, using a horizontal flow constructed wetland (CW-SSF). The system uses gravel as a boden material, planted with the plant *Phragmites australis* species, with a hydraulic retention time of 2.5 days. The removal efficiency is very high for benzene and MTBE pollutants, the average values achieved are 83.07% (624.39 mg/ m2.d) and 73.46% (106.73 mg/m^2.d), respectively. It opens new method for treating groundwater contaminated with persistent organic substances.

Keywords: CW; Benzen; MTBE; CW; Treatment; groundwater.

Chuyển đổi số với ngành công nghiệp môi trường ứng dụng với các doanh nghiệp khai khoáng ở Việt Nam

Nguyễn Ngọc Bảo[1], Nông Việt Hùng[1,*], Dương Phi Hùng[1], Nguyễn Thị Thu Hương[1], Nông Việt Trung[1], Nguyễn Hồng Thái[2], Ngô Thái Vinh[3], Dương Mai Yến[3]
[1] Viện Công nghiệp Môi trường
[2] Viện kinh tế công nghệ Việt Nam
[3] Trường đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Bài báo tổng quan tình hình áp dụng chuyển đổi số, công nghệ số trong doanh nghiệp nói chung và phát triển công nghiệp môi trường nói riêng đang chịu tác động mạnh mẽ của cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư. Trước thực tế đó, cần nhận diện xu hướng toàn cầu, thực tiễn Việt Nam để nắm bắt cơ hội, chỉ ra những thách thức, từ đó đưa ra giải pháp phù hợp nhằm phát triển công nghiệp môi trường chuyển đổi số ở Việt Nam phù hợp với cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư. Báo cáo khái quát xu hướng chuyển đổi số, hiện trạng áp dụng công nghệ số, các khó khăn, hạn chế, từ đó đưa ra đề xuất, một số kiến nghị về mục tiêu, định hướng thực hiện công tác chuyển đổi số ngành công nghiệp môi trường trong khai thác khoáng sản ở Việt Nam.

Từ khóa: Chuyển đổi số; công nghệ số; công nghiệp môi trường; khai khoáng.

1. Đặt vấn đề

Chuyển đổi số là sự tích hợp các công nghệ số vào hoạt động của doanh nghiệp, tổ chức để thay đổi căn bản cách thức vận hành, mô hình kinh doanh và cung cấp các giá trị mới cho khách hàng. Như vậy, chuyển đổi số đòi hỏi nền tảng quản lý tiên tiến, chuyển đổi quản trị song song với chuyển đổi số. Phát triển công nghiệp nói chung và công nghiệp môi trường nói riêng đang chịu tác động mạnh mẽ của cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư. Chuyển đổi số là sự tích hợp các công nghệ số vào hoạt động của doanh nghiệp mỏ, từ công nghệ, quản lý, tổ chức để thay đổi căn bản cách thức vận hành, mô hình kinh doanh và cung cấp các giá trị mới cho khách hàng. Trước thực tế đó, cần nhận diện xu hướng toàn cầu, thực tiễn Việt Nam để nắm bắt cơ hội, chỉ ra những thách thức, từ đó đưa ra giải pháp phù hợp nhằm phát triển công nghiệp môi trường trong doanh nghiệp mỏ ở Việt Nam phù hợp với cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư.

Nhận diện công nghiệp môi trường trong điều kiện tác động của cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư, với Công nghiệp môi trường là một phân ngành thuộc ngành công nghiệp trong nhóm các ngành kinh tế cung cấp các công nghệ, thiết bị, sản phẩm và dịch vụ phục vụ nhu cầu xử lý chất thải, bảo đảm tiêu chuẩn cho công tác bảo vệ môi trường. Công nghiệp môi trường có chức năng sản xuất, cung cấp các thiết bị, công nghệ xử lý nước thải; sản xuất thiết bị, phương tiện thu gom, vận chuyển, phân loại, xử lý chất thải rắn; cung cấp công nghệ, sản xuất các thiết bị, máy móc xử lý khí thải; sản xuất thiết bị phân tích, quan trắc và kiểm soát các thông số môi trường; sản xuất vật liệu, chế phẩm xử lý ô nhiễm môi trường; sản xuất máy móc, thiết bị xử lý nước cấp, năng lượng tái tạo, năng lượng sạch và tiết kiệm điện năng. Những lĩnh vực sản xuất, cung cấp các sản phẩm của công nghiệp môi trường xét trong điều kiện ứng dụng những thành quả của Cách mạng công nghiệp lần thứ tư (CMCN 4.0) dựa trên nền tảng tích hợp của hệ thống kết nối số hóa - vật lý - sinh học cùng với sự đột phá của internet kết nối vạn vật và trí tuệ nhân tạo sẽ mang lại hiệu quả cao, sự đổi mới rõ rệt về công nghệ trong lĩnh vực môi trường so với trước đây. CMCN 4.0 với đặc điểm là tận dụng một cách triệt để sức mạnh lan tỏa của số hóa và công nghệ thông tin sẽ tạo ra động lực mạnh mẽ đến sự phát triển của công nghiệp môi trường.

Xét trong điều kiện lan tỏa của CMCN 4.0 chuyển đổi số đối với phát triển lĩnh vực công nghiệp môi trường nói chung và công nghiệp khai khoáng nói riêng, có thể đưa ra một số nhìn nhận bối cảnh thế giới và trong nước.

* *Tác giả liên hệ*
Email: nongviethung.cnmt@gmail.com

Thứ nhất, đối với các nước phát triển thuộc nhóm bảy nước công nghiệp phát triển hàng đầu thế giới nhóm G7 và các nước, như Trung Quốc, Hàn Quốc, Singapore,... tùy theo mức độ khác nhau, việc sản xuất các sản phẩm công nghiệp môi trường đã đổi mới trong cách thức sản xuất dựa trên những thành tựu của công nghệ số, lĩnh vực trí tuệ nhân tạo và internet kết nối vạn vật, công nghệ nano, phát triển các phần mềm để tạo ra các sản phẩm đo lường tự động, số hóa và không gian mạng phục vụ nhu cầu điều khiển, quản lý, vận hành, thậm chí giám sát từ xa từ khâu thu gom, vận chuyển và xử lý chất thải rắn, nước thải, khí thải, cấp nước,... Các sản phẩm công nghiệp thế hệ mới có ưu thế giúp giảm số lượng nhân công, hạn chế sự tham gia trực tiếp của con người, hiệu quả sản xuất cao.

Thứ hai, đối với Việt Nam, ngành công nghiệp môi trường có tốc độ tăng trưởng trung bình hằng năm ở mức trên 15% do nhu cầu xử lý ô nhiễm và các thiết bị môi trường luôn cao trong điều kiện kinh tế tăng trưởng liên tục. Tổng số lao động làm việc trong lĩnh vực cung cấp nước, hoạt động quản lý và xử lý rác thải, nước thải là 107.616 người. Trong "Đề án phát triển ngành công nghiệp môi trường Việt Nam đến năm 2025" tại Quyết định số 192/QĐ-TTg, ngày 13-2-2017, của Thủ tướng Chính phủ, xác định mục tiêu của ngành công nghiệp môi trường Việt Nam không chỉ nỗ lực sản xuất các sản phẩm công nghiệp môi trường đáp ứng nhu cầu trong nước mà còn hướng đến xuất khẩu. Trong Đề án, những chỉ tiêu cơ bản, bao gồm đối với sản xuất thiết bị xử lý nước cấp và nước thải đáp ứng khoảng từ 70% đến 80%; sản xuất thiết bị xử lý và tái chế chất thải rắn khoảng từ 60% đến 70%; sản xuất thiết bị xử lý khí thải khoảng từ 70% đến 80%; sản xuất thiết bị thu gom, vận chuyển và phân loại chất thải khoảng từ 50% đến 60%... Như vậy, trong 5 năm tới nếu đạt được các mục tiêu đề ra, công nghiệp môi trường Việt Nam sẽ khẳng định được vị thế của mình trong hệ thống các ngành công nghiệp và đáp ứng nhu cầu thiết yếu cho thị trường đối với công tác bảo vệ môi trường. Tuy nhiên, để đạt được các mục tiêu này xét trong điều kiện thực tiễn thực sự không dễ, bởi lẽ mức độ sẵn sàng để các doanh nghiệp tham gia CMCN 4.0 còn thấp, chỉ đạt 0,14/5 mục tiêu đề ra. Bên cạnh đó, nguồn nhân lực và cơ cấu nguồn nhân lực để thực hiện yêu cầu khoa học - công nghệ và đổi mới sáng tạo chưa cao, chưa tạo động lực cho thực hiện đổi mới và chuyển sang kinh tế số. Thực tế, bức tranh của công nghiệp môi trường sẵn sàng cho thực hiện CMCN 4.0 ở Việt Nam còn nhiều hạn chế.

2. Cơ hội và thách thức phát triển công nghiệp môi trường trong điều kiện Cách mạng công nghiệp lần thứ tư ở Việt Nam

Từ thực tiễn phát triển công nghiệp môi trường trong bối cảnh của CMCN 4.0 có thể chỉ ra những cơ hội và thách thức cho Việt Nam trong thời gian tới với chuyển đổi số trong doanh nghiệp được định nghĩa là việc tích hợp, áp dụng công nghệ số để nâng cao hiệu quả áp dụng công nghệ mới trong từng ngành, từng doanh nghiệp, ngành kinh doanh, hiệu quả quản lý, nâng cao năng lực, sức cạnh tranh của doanh nghiệp và tạo ra các giá trị mới với nội dung:

• Về cơ hội tuân thủ

Một là, chủ trương của Đảng và triển khai của Chính phủ thực hiện phát triển công nghiệp môi trường tạo cơ hội thuận lợi cho các doanh nghiệp công nghiệp môi trường đầu tư phát triển gắn với cuộc CMCN 4.0, nhất là việc ban hành Nghị quyết số 52/NQ-TW, ngày 27-9-2019, của Bộ Chính trị, "Về một số chủ trương, chính sách chủ động tham gia cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư", tạo môi trường thuận lợi không chỉ cho doanh nghiệp khởi nghiệp nói chung mà còn cả đối với doanh nghiệp công nghiệp môi trường nói riêng trong việc chủ động đầu tư, đổi mới công nghệ để tạo ra những sản phẩm công nghiệp môi trường có chất lượng cao, hiệu suất lớn có tính cạnh tranh với những sản phẩm cùng loại với các quốc gia khác.

Hai là, dư địa cho phát triển công nghiệp môi trường ở Việt Nam còn lớn, nhu cầu về thiết bị công nghiệp cho thu gom, vận chuyển, xử lý chất thải rắn, xử lý nước thải, xử lý khí thải, cấp nước... đạt trình độ công nghệ cao và hiệu quả lớn là cơ hội cho công nghiệp môi trường phát triển.

Ba là, sự phát triển công nghiệp môi trường gắn với cuộc CMCN 4.0 trên thế giới, nhất là ở những nước có trình độ công nghiệp hóa cao tạo cơ hội để chúng ta học hỏi kinh nghiệm, chuyển giao công nghệ vào phát triển công nghiệp môi trường ở Việt Nam.

Bốn là, Việt Nam đang trong quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước và hội nhập quốc tế sâu rộng, việc tham gia các hiệp định thương mại thế hệ mới, như Hiệp định thương mại tự do Việt Nam - EU (EVFTA), Hiệp định đối tác toàn diện và tiến bộ xuyên Thái Bình Dương (CTPPP),... sẽ tạo cơ hội cho phát triển ngành công nghiệp môi trường dựa trên trình độ kỹ thuật công nghệ cao trong điều kiện thực hiện cuộc CMCN 4.0, thậm chí CMCN 5.0 như Nhật Bản đang tiến hành.

Năm là, công nghiệp môi trường là ngành mới, gần như chưa phát triển ở Việt Nam, do vậy ít chịu ảnh hưởng của công nghệ cũ, việc phát triển công nghiệp môi trường gắn với cuộc CMCN 4.0 sẽ là cơ hội để ngay từ những giai đoạn đầu chúng ta đưa ra các thiết bị, sản phẩm hiện đại có tính cạnh tranh cao trong nước và trên thế giới.

• Về thách thức

Bên cạnh việc nắm bắt cơ hội, chúng ta cũng phải nhìn nhận thách thức mà Việt Nam phải vượt qua đối với phát triển công nghiệp môi trường trong điều kiện lan tỏa của cuộc CMCN 4.0, đó là:

Thứ nhất, về nhận thức đối với phát triển công nghiệp môi trường trong điều kiện thực hiện cuộc CMCN 4.0 đối với doanh nghiệp, nhà quản lý và cả hệ thống chính trị cần phải được đổi mới để tạo ra sự đồng thuận trong xã hội.

Thứ hai, tạo động lực cho các doanh nghiệp công nghiệp môi trường tham gia và chuyển đổi sang sản xuất các sản phẩm đạt chất lượng công nghệ cao là thách thức không nhỏ, đòi hỏi phải có cơ chế, chính sách đột phá, trong khi đó các văn bản pháp luật đã ban hành trước đây chưa đề cập tới phát triển, công nghiệp môi trường.

Thứ ba, nguồn nhân lực đủ năng lực tham gia vào ngành công nghiệp môi trường và có kiến thức về công nghệ đáp ứng yêu cầu của cuộc CMCN 4.0 còn rất hạn chế, trong khi ở nhiều nơi, vẫn thực hiện theo cách thức, phương pháp quản lý cũ.

Thứ tư, hạ tầng đáp ứng cho phát triển công nghiệp môi trường trong điều kiện thực hiện cuộc CMCN 4.0, nhất là hạ tầng công nghệ thông tin, bảo đảm an ninh mạng và tốc độ xử lý thông tin là thách thức lớn, đòi hỏi phải đầu tư để có một hạ tầng đầy đủ.

Thứ năm, Việt Nam là nước có thời gian phát triển công nghệ còn ngắn, do vậy, để có những sản phẩm công nghiệp môi trường cạnh tranh trên thị trường, đòi hỏi phải nỗ lực hơn nhiều, sản phẩm tạo ra phải cạnh tranh về chất lượng, giá cả, tuổi thọ..., nhất là trong điều kiện chúng ta mở cửa và đã ký kết nhiều hiệp định thương mại thế hệ mới.

• Về ứng dụng công nghệ số vào thực tiễn sản xuất doanh nghiệp mỏ kiểm soát môi trường nước thải...

Tập đoàn Công nghiệp than – Khoáng sản Việt Nam đã xây dựng và ứng dụng nhiều giải pháp công nghệ thông tin vào khâu quản lý, quản trị, điều hành doanh nghiệp. TKV đã phối kết hợp với Tập đoàn Công ty Cổ phần kỹ thuật môi trường Việt An áp dụng nhiều hệ thống quan trắc nước thải tập trung (Công ty than Mạo Khê-TKV; Công ty CP than Mông Dương – Vinacomin...), trạm quan trắc khí thải tập chung (Công ty nhiệt điện Cao Ngạn – Vinacomin; Công ty TNHH nhôm Lâm Đồng – TKV,…) trong toàn TKV với tổng số là 37 trạm quan trắc nước thải quản lý: Hệ thống giám sát nước thải tập chung cung cấp các thông tin về khối lượng và chất lượng nước thải tại các đơn vị một cách đầy đủ, trực quan; hệ thống quản lý và khai thác dữ liệu nước thải TKV - cho phép xây dựng, tích hợp các dữ liệu nước thải doanh nghiệp mỏ thuộc TKV vào một ngân hàng dữ liệu; nâng cấp hệ thống quản lý văn bản và điều hành tác nghiệp để chuẩn hoá lại quy trình nghiệp vụ quản lý văn bản điều hành, tích hợp chữ ký số và tiến tới liên thông văn bản toàn Tập đoàn gồm các công ty con, đơn vị trực thuộc, cùng nhiều hệ thống công nghệ thông tin khác.

3. Giải pháp phát triển công nghiệp môi trường trong điều kiện thực hiện cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư

Để thực hiện thành công phát triển công nghiệp môi trường trong điều kiện CMCN 4.0 cần thực hiện một số giải pháp sau đây:

Một là, căn cứ vào Nghị quyết số 52/NQ-TW, ngày 27-9-2019, của Bộ Chính trị, trước hết cần rà soát lại Chỉ thị số 16/CT-TTg, ngày 4-5-2017, của Thủ tướng Chính phủ, "Về việc tăng cường năng lực tiếp cận cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư" và Quyết định số 192/QĐ-TTg, ngày 13-2-2017, của Thủ tướng Chính phủ, về phê duyệt "Đề án phát triển ngành công nghiệp môi trường Việt Nam đến năm 2025", nhằm đổi mới cách thức quản lý, đầu tư phát triển các sản phẩm của ngành công nghiệp môi trường dựa trên những ứng dụng nền tảng của CMCN 4.0. Cùng với đó, rà soát lại các chính sách, nhất là những quy định pháp luật liên quan đến phát triển công nghiệp môi trường để sửa đổi, bổ sung và hoàn thiện về mặt pháp lý thúc đẩy, khuyến khích doanh nghiệp phát triển các sản phẩm công nghiệp môi trường trong các doanh nghiệp khai thác mỏ.

Hai là, về nguồn nhân lực, đây là nhân tố cơ bản để thực hiện phát triển ngành công nghiệp môi trường trong điều kiện của cuộc CMCN 4.0, cần đào tạo và đào tạo lại, bổ sung kiến thức, đổi mới nhận thức và phương thức quản lý trong điều kiện lan tỏa mạnh mẽ của CMCN 4.0, những phân khúc chuỗi giá trị sản phẩm ở công đoạn nào có thể thay đổi và đổi mới được ngay cần ưu tiên làm trước, chẳng hạn trong quản lý, thay vì hội họp, trao đổi công văn giấy tờ, điều hành trong hoạt động thường phải trực tiếp, nay chuyển sang làm việc trên hệ thống trực tuyến và sử dụng kỹ thuật số để ban hành văn bản, điều hành công việc tiết kiệm thời gian và chi phí trong các doanh nghiệp khai thác mỏ.

Ba là, để phát triển công nghiệp môi trường trong điều kiện của cuộc CMCN 4.0 đòi hỏi phải đầu tư hạ tầng kỹ thuật, nhất là hệ thống internet tốc độ cao, chuyển từ 3G, 4G lên 5G và cao hơn nữa, tùy thuộc vào từng giai đoạn phát triển để kết nối vạn vật với tốc độ nhanh trong quá trình thực hiện sản xuất và quản lý đối với ngành công nghiệp môi trường, cùng với đó cần bảo đảm an ninh, an toàn mạng.

Bốn là, việc hợp tác quốc tế trong phát triển công nghiệp môi trường gắn với phát triển của CMCN 4.0

là cần thiết để chuyển giao công nghệ, học hỏi kinh nghiệm và đưa vào ứng dụng phù hợp với điều kiện thực tiễn trong các doanh nghiệp khai thác mỏ của Việt Nam.

Năm là, sự tham gia của doanh nghiệp khởi nghiệp sáng tạo. Hiện nay, với chủ trương phát triển kinh tế tư nhân và khởi nghiệp sáng tạo, ngành công nghiệp môi trường cũng cần cụ thể các chủ trương, hơn nữa đây là ngành ra đời sau nên có nhiều điều kiện để thực hiện khởi nghiệp, muốn vậy phải có hình thức quảng cáo, cơ chế khuyến khích, ưu đãi cho đặc trưng của ngành để tạo động lực phát triển.

Sáu là, để phát triển ngành công nghiệp môi trường trong điều kiện cuộc CMCN 4.0 xét trong bối cảnh hoàn thiện thể chế kinh tế thị trường định hướng xã hội chủ nghĩa, cần phải tạo lập thị trường sản phẩm hàng hóa cho ngành này phát triển, bởi lẽ thị trường sẽ tạo ra động lực phát triển ngành. Mặc dù đã có một số thị trường, như sản xuất sản phẩm xử lý chất thải rắn trong các doanh nghiệp khai thác mỏ, nước thải, cấp nước, năng lượng tái tạo... nhưng các thị trường này chưa thực sự phát triển như kỳ vọng, nhất là thị trường của những sản phẩm hàng hóa sản phẩm công nghiệp môi trường chất lượng cao, sử dụng công nghệ mới tiên tiến và hiện đại phù hợp với điều kiện chuyển đổi số trong Doanh nghiệp mỏ Việt Nam.

4. Kết luận

Việc chuyển đổi số trong các doanh nghiệp (Digital Transformation in Businesses) nói chung và doanh nghiệp mỏ nói riêng là thay đổi mô hình và phương thức kinh doanh của doanh nghiệp bằng cách ứng dụng công nghệ thông minh phù hợp; đồng thời, đặt nền tảng cho sự phát triển bền vững của doanh nghiệp, gồm: Thay đổi và tối ưu mô hình kinh doanh, Thay đổi hoặc tối ưu quy trình, kiện toàn cách thức hoạt động, Tối ưu và gia tăng trải nghiệm khách hàng. Như vậy, có thể hiểu, chuyển đổi số hay ứng dụng công nghệ số trong doanh nghiệp là quá trình tích hợp các công nghệ kỹ thuật số vào tất cả các lĩnh vực của một doanh nghiệp. Các doanh nghiệp cần nhận thức rõ chuyển đổi số là sự thay đổi quy mô lớn, đòi hỏi phải điều chỉnh cấu trúc, quy trình và văn hóa doanh nghiệp dựa trên nền tảng công nghệ hiện đại, nhằm mang đến những tác động tích cực đến sự phát triển lâu dài và bền vững cho doanh nghiệp. Đây cũng là một trong những bước chuyển đổi số doanh nghiệp trong lĩnh vực tài nguyên, môi trường khai thác than khoáng sản và dầu khí cần được quan tâm. Từ đó nhân rộng mô hình để theo kịp sự phát triển khoa học công nghệ trong lĩnh vực khai khoáng doanh nghiệp mỏ tại Việt Nam./.

Tài liệu tham khảo

Thông tư số 10/2021/TT-BTNMT ban hành ngày 30 tháng 06 năm 2021 của Bộ Tài nguyên và Môi trường: Quy định kỹ thuật quan trắc môi trường và quản lý thông tin, dữ liệu quan trắc chất lượng môi trường.

Nghị định số 08/2022/NĐ-CP của Chính phủ quy định chi tiết một số điều của Luật Bảo vệ môi trường.

Quyết định số 192/QĐ-TTg ngày 13/02/2017 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt "Đề án phát triển ngành công nghiệp môi trường Việt Nam đến năm 2025".

Luật Bảo vệ môi trường số 72/2020/QH14 ban hành ngày 17 tháng 11 năm 2020 và có hiệu lực ngày 01 tháng 01 năm 2022 của Quốc hội.

ABSTRACT

Digital transformation in the environmental industry applied to mining enterprises in Vietnam

Nguyen Ngoc Bao[1], Nong Viet Hung[1], Duong Phi Hung[1], Nguyen Thi Thu Huong[1], Nong Viet Trung[1], Nguyen Hong Thai[2], Ngo Thai Vinh[3], Dương Mai Yen[3]

[1]Environmental Industry Institute

[2]Vietnam Institute of Technology and Economic

[3]Hanoi University of Mining and Geology

In the context of the 4.0 industrial revolution, the environmental industry is gradually implementing digital transformation and digital technology. To catch up with global trends, environmental industry enterprises in Vietnam need to seize opportunities, identify problems, evaluate advantages and disadvantages, and propose appropriate solutions to promote digital transformation technology suitable for their scale. This article aims to analyze digital transformation trends and evaluate the current status of digital technology applications in the environmental industry. From there, propose some recommendations on the goals and directions for implementing digital transformation for the environmental industry in mineral exploitation in Vietnam.

Keywords: Digital transformation; digital technology; environmental industry; mining.

Nghiên cứu công nghệ phân tách, thu hồi bụi than, sắt và khoáng silica từ tro bay nhà máy nhiệt điện hướng đến sản xuất nguyên liệu công nghiệp theo mô hình kinh tế tuần hoàn

Nông Việt Hùng[1,*], Nguyễn Ngọc Bảo[1], Dương Phi Hùng[1], Nguyễn Thị Thu Hương[1], Nông Việt Trung[1], Vũ Mạnh Anh[1], Nguyễn Ngọc Trực[2], Ngô Thái Vinh[3], Dương Mai Yến[3]
[1]*Viện Công nghiệp Môi trường*
[2]*Trường đại học Quốc gia Hà Nội*
[3]*Trường đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Báo cáo trình bày trong bối cảnh nền kinh tế đất nước tăng trưởng nhanh, nhu cầu năng lượng tăng cao, việc phát triển năng lượng nhiệt điện là điều bắt buộc. Tuy nhiên, cùng với đó là nguồn phát thải bụi tro bay, tro xỉ thải rất lớn đã gây nhiều hệ lụy về môi trường và xã hội. Hoạt động của các nhà máy nhiệt điện thải ra một lượng tro bay, xỉ đáy rất lớn, thường chiếm khoảng 30÷35% lượng than đưa vào đốt. Đây chính là nguồn phế thải công nghiệp khổng lồ mà hệ thống các nhà máy nhiệt điện của nước ta đang phải đối mặt có các tác động tiêu cực đến môi trường. Trong phạm vi bài báo, nhóm tác giả nghiên cứu và đề xuất các giải pháp công nghệ hợp lý thu hồi các nguyên liệu từ tro bay để sản xuất các nguyên liệu công nghiệp và bảo vệ môi trường, phát triển theo mô hình kinh tế tuần hoàn.

Từ khóa: Tro bay; hợp chất sắt; khoáng silica; bụi than.

1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh nền kinh tế đất nước tăng trưởng nhanh, nhu cầu năng lượng tăng cao, việc phát triển năng lượng nhiệt điện là điều bắt buộc. Tuy nhiên, cùng với đó là nguồn phát thải tro xỉ rất lớn đã gây nhiều hệ lụy về môi trường và xã hội. Hoạt động của các nhà máy nhiệt điện thải ra một lượng tro bay, xỉ đáy rất lớn, thường chiếm khoảng 30÷35% lượng than đưa vào đốt. Đây chính là nguồn phế thải công nghiệp khổng lồ mà hệ thống các nhà máy nhiệt điện của nước ta đang phải đối mặt.

Theo số liệu tổng hợp từ Tập đoàn Điện lực Việt Nam (EVN), Tập đoàn Dầu khí Việt Nam (PVN), Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV), cả nước hiện có 31 nhà máy nhiệt điện đốt than đang hoạt động. Năm 2023, tổng lượng tro, xỉ từ các nhà máy nhiệt điện trên cả nước là hơn 18,07 triệu tấn. Lượng tro xỉ trong bãi chứa của các nhà máy nhiệt điện vẫn tăng lên từng ngày, tạo sức ép lớn về không gian và môi trường. Giải pháp xử lý tro bay chủ yếu tại Việt Nam vẫn là chôn lấp. Do đó, việc tìm ra giải pháp xử lý, tái sử dụng nguồn tro bay để đem lại giá trị kinh tế và góp phần giải quyết các vấn đề môi trường là mục tiêu chính của dự án. Toàn bộ tro bay của nhà máy nhiệt điện sau khi xử lý được tận thu, thu hồi hoàn toàn 100%, trở thành nguyên liệu đầu vào cho các ngành sản xuất công nghiệp. Cụ thể, bụi than được bán trở lại cho nhà máy nhiệt điện, hợp chất sắt được bán cho các nhà máy gang thép, nguyên liệu silica sử dụng làm phụ gia sản xuất xi măng, sản xuất gạch không nung, hoặc làm xương cho gạch men,… Như vậy, với tính cấp thiết đã được chỉ ra, việc nghiên cứu giải pháp khoa học và công nghệ (KH&CN) để xử lý, tận dụng, tái sử dụng phế thải công nghiệp tro bay sẽ giải quyết được bài toán đa mục tiêu, trong đó, ý nghĩa to lớn nhất là về mặt môi trường, sức khỏe, kinh tế và xã hội.

Ngày nay, những tác động tiêu cực của các dự án sử dụng nhiên liệu hóa thạch đã và đang được các nhà hoạch định chính sách năng lượng phải quan tâm đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu đã mang tính toàn cầu, lũ lụt và hạn hán đã xảy ra ngày càng gia tăng ở nhiều quốc gia, đặc biệt ở nước ta thì việc bảo vệ môi trường và sức khỏe cộng đồng đang đặt ra những đòi hỏi vô cùng bức thiết.

2. Mục tiêu nhiệm vụ nghiên cứu

* *Tác giả liên hệ*
Email: nongviethung.cnmt@gmail.com

Việc nghiên cứu công nghệ thu hồi được các nguyên liệu chính than, hỗn hợp sắt và khoáng silica có trong tro bay nhằm tái sử dụng từ tro bay ở các nhà máy nhiệt điện đốt than. Đánh giá được các tác động của bụi thải từ tro bay của nhà máy nhiệt điện than đối với con người và môi trường xung quanh.

Xây dựng được quy trình thu hồi các nguyên liệu than, hỗn hợp sắt và khoáng silica có trong tro bay nhằm tái sử dụng chúng cho các mục đích công nghiệp khác nhau (làm nhiên liệu đốt, luyện kim, vật liệu sản xuất bê tông, vữa xây, keo dán gạch, gạch không nung, geopolymer, vật liệu hấp phụ xử lý ô nhiễm, tổng hợp zeolit, vật liệu gốm sứ).

Tách chiết, thu hồi thành công nguyên liệu than, sắt và khoáng silica từ tro bay trên quy mô phòng thí nghiệm.

Hoàn thiện công nghệ và xây dựng được bộ hướng dẫn triển khai xử lý tách chiết, thu hồi các thành phần hữu ích từ tro bay quy mô phòng thí nghiệm. Đề xuất mô hình sản xuất qui mô công nghiệp.

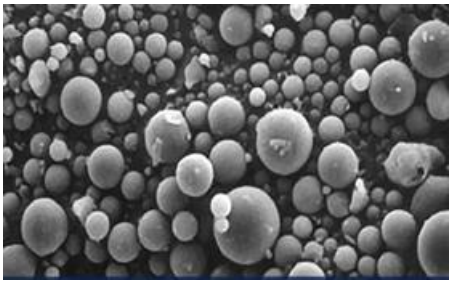
Trước thực trạng đó, việc nghiên cứu ứng dụng, xử lý tro bay, tách chiết và thu hồi các thành phần hữu ích, biến chất thải công nghiệp thành nguồn tài nguyên thứ cấp đáp ứng nhu cầu thực tiễn và hướng đến thị trường hàng hóa là yêu cầu rất cấp thiết. Đó cũng chính là mục tiêu và tính cấp thiết của đề tài cả khía cạnh kinh tế, xã hội, môi trường. Một số hình ảnh tro xỉ và tro bay được mô tả ở Hình 1.



(a)



(b)



(c)

Hình 1. a, b) Bãi thải tro xỉ bay nhà máy nhiệt điện Phả Lại; c) Hình ảnh của tro bay dưới kính hiển vi điện tử.

3. Nội dung nghiên cứu

Nhiệm vụ thực hiện nghiên cứu ứng dụng khoa học liên ngành theo mô hình kinh tế tuần hoàn, dựa trên nền tảng công nghệ vật liệu, công nghệ tuyển khoáng và hóa học silicat. Đề tài hướng đến xử lý tro bay của các nhà máy nhiệt điện khu vực phía Bắc gồm Đông Triều, Cẩm Phả, Na Dương, Cao Ngạn, Sơn Động nhằm thu hồi được than tồn dư (tới 15%), sắt (tới 10%) và khoáng Silica (đến trên 70%) cung cấp trở lại cho các ngành sản xuất công nghiệp. Định hướng thị trường trong việc khuyến khích sử dụng các sản phẩm tái sử dụng phế thải công nghiệp tro bay sẽ giải quyết được bài toán đa mục tiêu theo mô hình kinh tế tuần hoàn. Từ quá trình xử lý tro bay các nhà máy nhiệt điện đốt than, sản phẩm thu được là nguyên liệu than, sắt và khoáng silica với độ tinh khiết cao. Chúng có khả năng ứng dụng rộng rãi, là nguyên liệu đầu vào cho rất nhiều ngành công nghiệp khác nhau như luyện kim, nhiệt điện than, đốt lò sấy, phụ gia sản xuất xi măng, vữa xây, keo dán gạch, gạch không nung, geopolymer, vật liệu hấp phụ xử lý ô nhiễm, tổng hợp zeolit hoặc làm xương cho gạch men (Vũ Đình Hiếu và Bùi Hoàng Bắc, 2019).

Mang lại hiệu quả kinh tế và nguồn thu tài chính cho các nhà máy nhiệt điện đốt than thuộc TKV và các nhà máy sử dụng nguyên liệu đầu vào từ sản phẩm thu hồi thành phần có giá trị như khoáng silica, alumi, sắt, than từ tro bay.

Trước thực trạng đó, việc nghiên cứu ứng dụng, xử lý tro bay, phân tách và thu hồi các thành phần hữu ích, biến chất thải công nghiệp thành nguồn tài nguyên thứ cấp đáp ứng nhu cầu thực tiễn và hướng đến thị trường hàng hóa là yêu cầu rất cấp thiết. Đó cũng chính là mục tiêu và tính cấp thiết của đề tài cả về khía cạnh kinh tế, xã hội và môi trường.

Ở các nước đang phát triển, lượng tro bay thải ra đã được tái sử dụng khoảng 50÷60% và lượng còn lại được đưa vào các bãi chôn lấp. Tái sử dụng tro bay có thể thu hồi các thành phần còn tồn dư như than bột mịn chưa cháy hết, khoáng vật chứa sắt và silica để làm nguyên liệu đầu vào cho các ngành công nghiệp khác như vật liệu sản xuất bê tông, geopolymer, vật liệu hấp phụ xử lý ô nhiễm, tổng hợp zeolit, vật liệu gốm sứ, phân bón (Yadav và Pandita, 2019). Trong lượng tro bay còn lại chưa được tái sử dụng chủ yếu than, sắt và khoáng silica có nguy cơ rò rỉ chất ô nhiễm như kim loại nặng ra môi trường đất, nước ngầm bên dưới gây ô nhiễm môi trường. Điều này gây áp lực lớn cho các nhà máy nhiệt điện cũng như các cơ quan quản lý nhà nước về môi trường, sức khỏe. Những năm gần đây, vấn đề thu hồi một số thành phần có giá trị như khoáng silica, alumi, sắt, than từ tro bay đã và đang được nghiên cứu và ứng dụng. Tuỳ thuộc vào loại than sử dụng, nguồn gốc địa lý, điều kiện sản xuất, công nghệ đốt than của nhà máy nhiệt điện than mà tro bay có thể chứa hàm lượng sắt dao động từ 5÷15%, than tồn dư dao động từ 5÷40%, 40÷60% silica, 20÷40% alumi, 0,5÷15% canxi (Yadav và Choudhary, 2019).

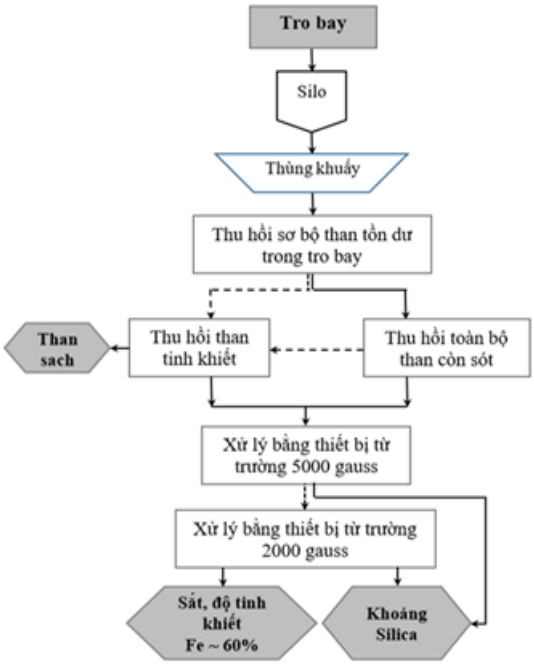
Do tro bay là những hạt hình cầu, kích thước hạt rất nhỏ từ 0,5 µm đến 300 µm, nên thuận lợi trong việc tách chiết, thu hồi các thành phần hữu ích trong đó. Phần than tồn dư có thể được thu hồi theo các phương pháp như sàng (Soong và nnk, 2002), tách trọng lực (Maroto-Valer và nnk, 1999), tách tĩnh điện (Cangialosi và nnk, 2008), tuyển nổi (Zhang và nnk, 2013), kết tụ dầu (Gray và nnk, 2001). Với phương pháp kết tụ dầu, đã thu hồi được khoảng 55÷57% than chưa đốt với độ tinh khiết 66÷71%; tuyển nổi có thể thu hồi gần như triệt để than tồn dư.

Thu hồi sắt thường áp dụng theo phương pháp phân tách từ ướt (wet magnetic separation method) hoặc phương pháp phân tách từ khô (dry magnetic separation method) sử dụng nam châm neodymium cường độ từ 5.000 Gauss. Thu hồi sắt từ tro bay đã được chỉ ra trong một số nghiên cứu và ứng dụng ở một số nước dựa trên phân tích các hình ảnh TEM, SEM-EDX, ESEM, Raman và phân tích XRD, FTIR (Fulekar và Yadav, 2017). Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, khoảng 80% hạt sắt có kích thước 0,02÷0,4 mm. Xue và Lu (2008) [6] đã nghiên cứu cấu trúc của hạt sắt trong tro bay qua các phân tích các hình ảnh SEM-EDS, ESEM từ đó đưa ra phương pháp tuyển từ để phân tách chúng. Các hạt sắt được phân tách có chứa Al, Si, S, Ca và có hình thái phẳng, đa giác, đuôi gai, dạng hạt.

Silica trong tro bay được thu hồi bằng phương pháp hoá học sử dụng dung dịch kiềm mạnh như KOH, NaOH. Phương pháp hoá học bao gồm phương pháp hoà tan kiềm (alkali-dissolution) và tổng hợp kiềm (alkali-fusion method). Phương pháp hoà tan kiềm được thực hiện ở nhiệt độ 90÷100^{o}C trong khoảng thời gian 90÷150 phút khuấy cùng dung dịch NaOH. Trong phương pháp tổng hợp kiềm, tro bay được trộn cùng dung dịch kiềm NaOH/KOH và nung ở nhiệt độ cao đạt được sản phẩm silicat tổng hợp mới. Một số nghiên cứu đã thực hiện thu hồi silica trong các điều kiện trên sử dụng KOH, NaOH 4÷16 M, nước cất, nước biển tổng hợp thu được dung dịch hỗn hợp silica hoặc hạt nano silica phân cụm (Fulekar và Yadav, 2017). Nghiên cứu đã thu hồi thành công sắt và silica từ tro bay ở nhà máy nhiệt điện ở Ấn Độ sử dụng phương pháp hoà tan kiềm theo quy trình trên. Kết quả phân tích thu hồi chỉ ra rằng kích thước silica trong khoảng 40÷80 nm, hình cầu, nằm trong khoảng phổ 400÷1200 cm^{-1} và 15÷30^{o} theta với độ tinh khiết 80÷95% có một số tạp chất Na, Al và C. Phân tách silica từ tro bay từ các nhà máy nhiệt điện than ở Việt Nam đã được đề cập trong nghiên cứu nhiều năm nay.

Ở nước ta hiện nay hầu như vẫn chưa làm chủ được công nghệ lõi về xử lý tro bay, thu hồi than, sắt và nguyên liệu silica. Nhóm nghiên cứu đề tài đã phát triển được công nghệ xử lý tro bay và thu hồi các thành phần hữu ích dựa vào các kỹ thuật vật liệu, tuyển khoáng và hóa học thông qua một quy trình chọn lọc phân đoạn độc đáo. Đặc điểm của công nghệ là không sử dụng hóa chất gây hại môi trường, tiêu hao ít năng lượng, quy trình tuần hoàn khép kín không phát thải khí thải, nước thải hoặc chất thải rắn ra môi trường. Toàn bộ tro bay của nhà máy nhiệt điện sau khi xử lý được tận thu, thu hồi hoàn toàn 100%, trở thành nguyên liệu đầu vào cho các ngành sản xuất công nghiệp. Cụ thể, than được bán trở lại cho nhà máy nhiệt điện, hợp chất sắt được bán cho các nhà máy gang thép, nguyên liệu silica sử dụng làm phụ gia sản xuất xi măng, vữa xây, keo dán gạch, gạch không nung, geopolymer, vật liệu hấp phụ xử lý ô nhiễm, tổng hợp zeolit hoặc làm xương cho gạch men. Sơ đồ công nghệ thể hiện Hình 2.

Việc nghiên cứu ứng dụng xử lý tro bay, tách chiết và thu hồi các thành phần hữu ích, biến chất thải công nghiệp thành nguồn tài nguyên thứ cấp, đáp ứng nhu cầu thực tiễn và hướng đến thị trường hàng hóa là hướng ứng dụng kinh tế tuần hoàn và là yêu cầu rất cấp thiết hiện nay. Đó cũng chính là mục tiêu và tính cấp thiết của đề tài cả khía cạnh kinh tế, xã hội, môi trường. Viện Công nghiệp Môi trường – Hiệp hội công nghiệp môi trường Việt Nam đề xuất đề tài "Nghiên cứu kỹ thuật tách chiết thu hồi nguyên liệu than, sắt và silica từ tro bay các nhà máy nhiệt điện đốt than thuộc TKV theo mô hình kinh tế tuần hoàn" nhằm tái sử dụng tro bay làm nguyên vật liệu đầu vào cho các lĩnh vực công nghiệp khác nhau. Đề tài sẽ giải quyết được bài toán đa mục tiêu mà các nhà máy nhiệt điện đốt than thuộc TKV nói chung đang cần.



Hình 2. Sơ đồ công nghệ xử lý tro bay và thu hồi các thành phần hữu ích trong phòng thí nghiệm.

Tầm quan trọng, tác động và ảnh hưởng: Đề tài thực hiện nghiên cứu ứng dụng khoa học liên ngành theo mô hình kinh tế tuần hoàn, dựa trên nền tảng công nghệ vật liệu, công nghệ tuyển khoáng và hóa học silicat. Đề tài hướng đến xử lý tro bay của các nhà máy nhiệt điện thuộc TKV khu vực phía Bắc gồm Đông Triều, Cẩm Phả, Na Dương, Cao Ngạn, Sơn Động nhằm thu hồi được than tồn dư (tới 15%), sắt (tới 10%) và khoáng Silica (đến 70%) cung cấp trở lại cho các ngành sản xuất công nghiệp.

4. Kết luận

Hướng nghiên cứu của đề tài là mới, đặc biệt trong điều kiện Việt Nam. Đối tượng nghiên cứu là nguồn phế thải công nghiệp chưa được khai thác, tận dụng tối đa, đang gây nhiều hệ lụy về xã hội, môi trường và sức khỏe. Kết quả nghiên cứu của đề tài sẽ tác động và ảnh hưởng tích cực không chỉ đến đời sống, kinh tế - xã hội, tài nguyên, môi trường địa phương nơi có nhà máy nhiệt điện than mà còn cả các lĩnh vực, ngành nghề đa dạng, rộng lớn khác. Kết quả nghiên cứu của đề tài hướng đến chuyển giao cho các doanh nghiệp để sản xuất và thương mại hóa, góp phần tạo ra nhóm ngành nghề mới, tạo sinh kế mới và giải quyết việc làm cho lao động địa phương. Sản phẩm cuối cùng dự kiến sẽ cung cấp được nguồn than, sắt và nguyên liệu khoáng silica có khả năng cạnh tranh về giá thành với các sản phẩm cùng loại trên thị trường.

Từ quá trình xử lý tro bay các nhà máy nhiệt điện đốt than thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than Khoáng sản Việt Nam - TKV, sản phẩm thu được là nguyên liệu than, sắt và khoáng silica với độ tinh khiết cao. Chúng có khả năng ứng dụng rộng rãi, là nguyên liệu đầu vào cho rất nhiều ngành/lĩnh vực công nghiệp khác nhau như luyện kim, nhiệt điện than, đốt lò nung/sấy, phụ gia sản xuất xi măng, vữa xây, keo dán gạch, gạch không nung, geopolymer, vật liệu hấp phụ xử lý ô nhiễm, tổng hợp zeolit hoặc làm xương cho gạch men. Địa chỉ áp dụng là các nhà máy nhiệt điện đốt than thuộc Tập đoàn Công nghiệp than Khoáng sản Việt Nam TKV, các nhà máy gang thép, các nhà máy xi măng, các nhà máy sản xuất vật liệu xây dựng, sản xuất bê tông, vữa xây,…

Dự kiến hiệu quả mang lại: Kết quả nghiên cứu, tính toán sơ bộ bước đầu chỉ ra rằng, với 1 tấn tro bay lấy từ nhà máy nhiệt điện có thể thu hồi được 90 kg hợp chất dạng quặng sắt hàm lượng 60%; 120 kg Cacbon và khoảng 700 kg khoáng silica. Chỉ tính riêng phần hợp chất sắt (1.650 đ/kg) và Cacbon tồn dư (1.100 đ/kg), mỗi tấn tro bay sẽ thu được 280.500 đồng. Với phần nguyên liệu khoáng silica, có thể tiếp tục chế biến sâu để phục vụ cho nhiều lĩnh vực công nghiệp khác nhau, giá dự tính sơ bộ khoảng 250 đồng/kg, mỗi tấn tro bay sẽ thu được 175.000 đồng.

Như vậy, hiệu quả mang lại mỗi tấn tro bay về mặt kinh tế sau khi tách chiết thu hồi theo công nghệ mới này thì sẽ tạo ra giá trị gia tăng 455.500 đồng, hiệu quả của quá trình phân tách này thu được là rất lớn./.

Tài liệu tham khảo

Maroto-Valer M. M., Taulbee D.N., Hower J.C., (1999). Novel separation of the differing forms of unburned carbon present in fly ash using density gradient centrifugation. Energy& Fuels, 13, 947-953.

Federico Cangialosi, Michele Notarnicola, Lorenzo Liberti, John M. Stencel, (2008). The effects of particle concentration and charge exchange on fly ash beneficiation with pneumatic triboelectrostatic separation. Separation and Purification Technology, 62(1), 240-248.

Zhang M. & Guiraud P., (2013). Elimination of TiO 2 nanoparticles with the assist of humic acid: influence of agglomeration in the dissolved air flotation process. Journal of Hazardous Materials, 260, 122-130.

Yadav V. K. & Pandita P. R. (2019). Fly Ash Properties and Their Applications as a Soil Ameliorant. Amelioration Technology for Soil Sustainability, edited by Ashok K. Rathoure, IGI Global, 59-89.

Yadav V. K. & Choudhary N., (2019). An Introduction to Fly Ash: Natural Nanostructured Materials; Educreation: New Delhi, India, 1, 162.

Soong Y., Schoffstall M. R., Gray M. L., Knoer J. P., Champagne K. J., Jones R. J., Fauth D. J., (2002). Dry beneficiation of high loss-on-ignition fly ash. Separation and Purification Technology, 26, 177-184.

Gray M. L., Champagne K. J., Soong Y., & Finseth D. H., (2001). Parametric study of the column oil agglomeration of fly ash. Fuel, 80(6), 867–871.

Fulekar, M.H.; Yadav, V.K., (2017). Method for Separation of Ferrous, Alumina and Silica from Fly Ash. 201721035720.

Vũ Đình Hiếu và Bùi Hoàng Bắc, (2019). Tách chiết silica từ tro bay từ các nhà máy nhiệt điện than ở Việt Nam, 2009. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất, 60(1), 26-33.

ABSTRACT

Research on separation and recovery technology for coal, iron, and silica from fly ash of coal-fired power plants circular production orientation

Nong Viet Hung[1], Nguyen Ngoc Bao[1], Duong Phi Hung[1], Nguyen Thi Thu Huong[1], Nong Viet Trung[1], Vu Manh Anh[1], Nguyen Ngoc Truc[2], Ngo Thai Vinh[3], Duong Mai Yen[3]

[1]*Environmental Industry Institute*

[2]*Vietnam National University, Hanoi*

[3]*Hanoi University of Mining and Geology*

In the context of Vietnam rapid economic growth requires high energy demand, so the development of coal-fired power is very necessary. However, along with that is a large source of fly ash and slag emissions that have negative impacts on the environment and society. This amount of waste accounts for about 30% to 35% of fuel coal. According to statistics from the Ministry of Construction, in 2021, coal-fired power plants discharged about 16 million tons of ash and slag into the environment, plus the amount of ash and slag in stock was up to 48 million tons. In this article, the authors research and propose suitable technological solutions to recover and reuse materials from fly ash to minimize environmental impacts and move towards developing a circular economic model.

Keywords: Fly ash; iron compounds; silica minerals; coal-dust.

Đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải và sức chịu tải của sông Ngũ Huyện Khê thuộc địa bàn tỉnh Bắc Ninh

Nguyễn Thị Hoà*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Nguồn nước mặt có vai trò quan trọng trong đời sống, sản xuất và phát triển kinh tế tỉnh Bắc Ninh. Hiện nay, chất lượng nước mặt trên nhiều con sông thuộc địa bàn tỉnh Bắc Ninh đang có dấu hiệu ô nhiễm nghiêm trọng không đáp ứng được các mục đích khai thác, sử dụng nhất là trong việc lấy nước phục vụ sinh hoạt. Bài báo này tập trung đánh giá khả năng tiếp nhận và sức chịu tải của Sông Ngũ Huyện Khê thuộc địa bản tỉnh Bắc Ninh nhằm đưa ra các biện pháp quản lý chất lượng môi trường nước mặt trên địa bàn cho các nhà quản lý. Kết quả nghiên cứu cho thấy dọc sông Ngũ Huyện Khê từ khi vào tỉnh Bắc Ninh đến trước khi đổ vào sông Cầu tại trạm bơm tiêu Vạn An, huyện Yên Phong chất lượng nước suy giảm nghiêm trọng. Tải lượng hiện có trong sông tính toán từ kết quả quan trắc định kỳ của tỉnh và kết quả phân tích chất lượng nước mặt sông Ngũ Huyện Khê của đề án lớn hơn tải lượng tối đa cho phép trong QCVN 08 (Cột B1), ngoài ra còn chưa xem xét đến tải lượng các nguồn thải đổ vào sông. Các chỉ tiêu chất lượng nước tại Sông Ngũ Huyện Khê hoàn toàn không còn khả năng tiếp nhận nguồn nước thải đổ vào. Do đó cần có biện pháp xử lý cải thiện nguồn nước mặt tại Sông Ngũ Huyện Khê và tạm thời ngừng cấp phép xả thải vào nguồn để tránh gây ô nhiễm môi trường nước mặt tại đây.

Từ khóa: Sức chịu tải; Ngũ Huyện Khê; Bắc Ninh.

1. Đặt vấn đề

Tỉnh Bắc Ninh có mật độ sông tương đối dày, có nhiều sông lớn, sông liên tỉnh chảy qua như: Sông Đuống, sông Cầu, sông Thái Bình và các sông thuộc các lưu vực sông lớn nằm trong tỉnh. Ngoài ra còn có các sông nội tỉnh; nhiều hồ, ao tự nhiên và nhân tạo. Bắc Ninh là một trong 8 tỉnh thuộc vùng kinh tế trọng điểm Bắc Bộ, khu vực có mức tăng trưởng kinh tế cao, giao lưu kinh tế mạnh của cả nước, có nhiều lợi thế về phát triển kinh tế - thương mại và chuyển dịch cơ cấu kinh tế, có vị trí quan trọng về an ninh quốc phòng (Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Bắc Ninh, 2016b).

Nguồn nước mặt có vai trò quan trọng trong đời sống, sản xuất và phát triển kinh tế tỉnh Bắc Ninh. Hiện nay, chất lượng nước mặt trên địa bàn tỉnh Bắc Ninh đang có dấu hiệu ô nhiễm nghiêm trọng không đáp ứng được các mục đích khai thác, sử dụng nhất là trong việc lấy nước phục vụ sinh hoạt, đặc biệt là các sông: sông Ngũ Huyện Khê, Ngòi Tào Khê, sông Dâu,... Hiện nay các sông vẫn đang phải tiếp nhận nhiều loại nguồn thải khác nhau, bao gồm cả nguồn thải hiện trạng và các nguồn thải sẽ phát sinh theo quy hoạch các dự án, trong khi mục tiêu chất lượng vẫn phải đáp ứng cho nhiều mục đích (sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp…) (Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Bắc Ninh, 2017, 2016a).

Sông Ngũ Huyện Khê bắt nguồn từ đầm Vân Trì thuộc huyện Đông Anh - Hà Nội dài 48,4 km, chảy qua 4 huyện, thị, thành của Bắc Ninh từ P. Châu Khê – TX. Từ Sơn đến xã Hòa Long – TP. Bắc Ninh dài 24 km. Đây là con sông nhỏ nhưng lại tiếp nhận nước thải từ các làng nghề, khu dân cư đông đúc và cũng là trục lấy nước tưới, tiêu quan trọng của hệ thống thủy nông Bắc Đuống.

Trong những năm gần đây tỉnh Bắc Ninh đã đầu tư xây dựng nhiều chương trình hoạt động nhằm khắc phục tình trạng trên để bảo vệ nguồn nước như: Thiết lập trạm quan trắc môi trường, Dự án báo cáo hiện trạng môi trường tỉnh, đánh giá hiện trạng chất lượng nước và trầm tích các thủy vực,... Tuy nhiên chưa có một dự án nào được triển khai để xác định sức chịu tải môi trường của các thủy vực này khi quá trình công nghiệp hóa và đô thị hóa tại Bắc Ninh diễn ra rất nhanh trong thời gian qua và cả trong thời gian tới. Để bảo vệ nguồn nước hiệu quả, tránh lãng phí, chồng chéo việc điều tra, đánh giá hiện trạng xả nước thải vào nguồn nước là cần thiết, kết quả sẽ được sử dụng cho việc xây dựng cơ sở dữ liệu phục vụ công tác quản lý

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthihoa@gmail.com

các nguồn gây ô nhiễm góp phần bảo vệ tổng hợp tài nguyên nước của tỉnh đồng thời việc đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải và sức chịu tải của sông Ngũ Huyện Khê thuộc địa bàn tỉnh Bắc Ninh là cơ sở giúp các nhà quản lý và đánh giá khả năng chịu tải của Sông Ngũ Huyện Khê đang ở mức độ nào để có phương án cấp phép và quản lý việc xả thải vào nguồn tại khu vực nghiên cứu (Sở Xây dựng tỉnh Bắc Ninh, 2016).

2. Phương pháp nghiên cứu

Bài báo được thực hiện với những phương pháp nghiên cứu sau.

* *Phương pháp thu thập số liệu*: Thu thập số liệu nghiên cứu là một bước rất quan trọng trong nghiên cứu khoa học. Để có được số liệu chính xác, đầy đủ và đáp ứng yêu cầu của mục tiêu nghiên cứu, người nghiên cứu phải lựa chọn phương pháp, kỹ thuật và công cụ thu thập số liêu sao cho phù hợp với câu hỏi nghiên cứu, đối tượng nghiên cứu, thiết kế nghiên cứu và các nguồn lực có được để thực hiện nghiên cứu.

* *Phương pháp tổng hợp và xử lý tài liệu*: Đánh giá mức độ tin cậy của các thông tin tài liệu; Tổng hợp các thông tin, số liệu, tài liệu về nguồn tiếp nhận, nguồn thải, gồm: vị trí, chất lượng nước, lưu lượng, yếu tố ảnh hưởng đến nguồn tiếp nhận và nguồn thải; Phân tích, xử lý các thông tin, số liệu, tài liệu về nguồn tiếp nhận, nguồn thải, yếu tố ảnh hưởng đến nguồn tiếp nhận và nguồn thải.

* *Phương pháp đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải của nguồn nước sông bằng phương pháp đánh giá gián tiếp*: đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải của sông được thực hiện trên cơ sở giới hạn tối đa của từng thông số đánh giá theo quy chuẩn kỹ thuật về chất lượng nước mặt, lưu lượng, kết quả phân tích chất lượng nguồn nước sông, lưu lượng và kết quả phân tích của các nguồn nước thải xả vào đoạn sông.

* *Phương pháp tính toán chỉ số chất lượng nước (WQI)*

Chỉ số chất lượng nước để đánh giá chất lượng nước mặt khu vực được tính toán theo giá trị VN_WQI theo Quyết định số 1460/QĐ-TCMT ngày 12/11/2019 do Tổng cục Môi trường ban hành [4].

Trong đó các giá trị chất lượng nước được đánh giá trong thang điểm 100 và thể hiện chất lượng nước từ ô nhiễm rất nặng đến mức chất lượng nước rất tốt, cụ thể các thang bậc đánh giá chất lượng nước theo chỉ số WQI được thể hiện tại Bảng 1.

Bảng 1. Bảng chỉ số đánh giá chất lượng nước WQI.

Giá trị WQI	Chất lượng nước	Màu sắc	Mã màu RBG
91÷100	Rất tốt	Xanh nước biển	51;52;255
76÷90	Tốt	Xanh lá cây	0;228;0
51÷75	Trung bình	Vàng	255;255;0
26÷50	Xấu	Da cam	255;126;0
10÷25	Kém	Đỏ	255;0;0
<10	Ô nhiễm rất nặng	Nâu	126;0;35

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hiện trạng xả nước thải vào nguồn nước lưu vực sông Ngũ Huyện Khê

Theo kết quả điều tra khảo sát dọc sông Ngũ Huyện Khê có 137 điểm với tổng lưu lượng 52.346,1 m^3/ngày đêm (Bảng 2).

Bảng 2. Tổng hợp hiện trạng xả nước thải vào nguồn nước trên LVS sông Ngũ Huyện Khê.

TT	Lưu vực sông	Sinh hoạt		KCN, CCN		Công ty, cơ sở sản xuất		Y tế		Chăn nuôi		Làng nghề		Ao, hồ tiếp nhận nước thải		Tổng số điểm	Tổng lưu lượng (m^3/ngày đêm)
		Số lượng	Lưu lượng	Số lượng	Lưu lượng	Số lượng	Lưu lượng	Số lượng	Lưu lượng	Số lượng	Lưu lượng	Số lượng	Lưu lượng	Số lượng	Lưu lượng		
1	Ngũ Huyện Khê	80	34.688,1	10	10.610	13	1.368	2	11	10	55	17	5.531	5	83	137	52.346,1

3.2. Kết quả tính chỉ số WQI đánh giá chất lượng nước mặt tại LVS sông Ngũ Huyện Khê

Thông số chất lượng nước WQI được tính toán theo theo Quyết định số 1460/QĐ-TCMT ngày 12/11/2019 của Tổng cục Môi trường về việc ban hành Hướng dẫn kỹ thuật tính toán và công bố thông số chất lượng nước Việt Nam (VN_WQI). Trong đó, WQI được tính toán từ các thông số quan trắc chất lượng nước, dùng để mô tả định lượng về chất lượng nước và khả năng sử dụng nguồn nước đó và biểu diễn thông qua một thang điểm.

Bảng 3. Giá trị WQI tương ứng với mức đánh giá chất lượng nước.

TT	Số hiệu mẫu	Tọa độ (Hệ VN2000 KTT 105030' múi chiếu 30)		Vị trí lấy mẫu	Chỉ số WQI	So sánh WQI và quy định sử dụng nguồn nước
		X	Y			
	Sông Ngũ Huyện Khê					
1	M115-CNLN	2337389	545092	xã Phù Khê, Tx. Từ Sơn	23	Không đạt
2	M114-CNLN	2338433	545459	xã Phù Khê, Tx. Từ Sơn	33	Không đạt
3	M4-CNLN	2338502	545558	xã Phù Khê, Tx. Từ Sơn	44	Không đạt
4	M5-CNLN	2341391	547816	xã Tam Sơn, Tx. Từ Sơn	45	Không đạt
5	M6-CNLN	2342538	549898	xã Trung Nghĩa, huyện Yên Phong	35	Không đạt
6	M7-CNLN	2343110	552552	xã Phú Lâm, huyện Tiên Du	41	Không đạt
7	M8-CNLN	2342270	553831	xã Phú Lâm, huyện Tiên Du	28	Không đạt
8	M109-CNLN	2342014	554542	phường Phong Khê, TP. Bắc Ninh	34	Không đạt
9	M9-CNLN	2342298	555453	phường Phong Khê,TP. Bắc Ninh	21	Không đạt
10	M10-CNLN	2343038	555078	phường Phong Khê,TP. Bắc Ninh	22	Không đạt
11	M111-CNLN	2343273	555435	phường Phong Khê, TP. Bắc Ninh	11	Không đạt
12	M11-SH	2343586	556748	phường Khúc Xuyên, TP. Bắc Ninh	24	Không đạt
13	M12-SH	2344644	556401	phường Vạn An, TP. Bắc Ninh	22	Không đạt

3.3. Kết quả tính khả năng chịu tải trên lưu vực sông Ngũ Huyện Khê

Kết quả phân đoạn sông đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải của nguồn nước trên lưu vực sông Ngũ Huyện Khê như sau: sông Ngũ Huyện Khê là sông liên tỉnh, trong địa phận tỉnh Bắc Ninh được phân chia thành các đoạn gồm:

- Đoạn 1 (NHK-1): Điểm bắt đầu vào tỉnh Bắc Ninh thuộc P. Châu Khê, Tx. Từ Sơn (khu vực trạm bơm Đa Hội) đến khu vực trạm bơm tiêu Phù Khê đổ vào sông Ngũ Huyện Khê, xã Phù Khê, Tx. Từ Sơn.
- Đoạn 2 (NHK-2): Từ sau vị trí trạm bơm tiêu Phù Khê, xã Phù Khê, thị xã Từ Sơn, tỉnh Bắc Ninh đến khu vực thôn Mai Động, Hương Mạc, Tx. Từ Sơn (sau TB. Hương Mạc).
- Đoạn 3 (NHK-3): Đoạn sau TB. Hương Mạc thuộc xã Hương Mạc, Tx. Từ Sơn đến khu vực trạm bơm tiêu Đông Thọ 2, thôn Phù Đức, xã Đông Thọ, huyện Yên Phong.
- Đoạn 4 (NHK-4): Khu vực trạm bơm tiêu Đông Thọ 2, thôn Phù Đức, xã Đông Thọ, huyện Yên Phong đến khu vực thôn Đại Chu, xã Long Châu, huyện Yên Phong.
- Đoạn 5 (NHK-5): Từ khu vực thôn Đại Chu, xã Long Châu, huyện Yên Phong.đến trước khi trạm bơm tiêu Phú Lâm II đổ vào sông Ngũ Huyện Khê, khu vực thôn Ân Phú xã Phú Lâm, huyện Tiên Du.
- Đoạn 6 (NHK-6): Từ sau khi trạm bơm tiêu Phú Lâm II đổ vào sông Ngũ Huyện Khê đến khu vực thôn Trâm Khê, phường Phong Khê, Tp. Bắc Ninh.
- Đoạn 7 (NHK-7): Từ khu vực thôn Trâm Khê, phường Phong Khê, Tp. Bắc Ninh đến khu vực sông Ngũ Huyện Khê đổ ra sông Cầu, thôn Xuân Viên, xã Hòa Long, Tp. Bắc Ninh.

Kết quả phân tích chất lượng nước trên sông Ngũ Huyện Khê.

- Hàm lượng NH_4^+: hàm lượng NH_4^+ được đánh giá theo các đoạn sông đặc trưng. Hàm lượng NH_4^+ tại tất cả các vị trí quan trắc dao động trong khoảng từ 0,65÷31,25 mg/l vượt từ 2,2÷104,2 lần so với quy chuẩn cho phép QCVN 08 (cột A2).
- Hàm lượng BOD_5: Trên sông Ngũ Huyện Khê hàm lượng BOD_5 được đánh giá theo các đoạn sông đặc trưng. Hàm lượng BOD_5 tại tất cả các vị trí quan trắc dao động trong khoảng 19,14÷114,82 mg/l vượt từ 3,2÷19,1 lần so với QCVN 08 (cột A2).
- Hàm lượng COD: Trên sông Ngũ Huyện Khê hàm lượng COD được đánh giá theo các đoạn sông đặc trưng. Hàm lượng COD tại hầu hết các vị trí quan trắc dao động trong khoảng 32,0÷192,0 mg/l vượt từ 2,1÷12,8 lần so với quy chuẩn QCVN 08 (cột A2). Đoạn 04 chất lượng nước tốt hơn; các vị trí quan trắc có giá trị COD nằm trong giới hạn cho phép cột A2, riêng vị trí M10-CNLN vượt giới hạn cho phép cột A2.
- Hàm lượng NO_3^-: Hàm lượng NO_3^- tại hầu hết các vị trí quan trắc dao động trong khoảng 0,738÷4,798 mg/l nằm trong giới hạn cho phép so với quy chuẩn QCVN 08 (cột A2). Một số vị trí quan trắc hàm lượng vượt giới hạn cho phép như M14-CNLN, M15-CNLN có giá trị NO_3^- dao động trong khoảng 10,354÷24,967 mg/l vượt từ 2,1÷5,0 lần so với quy chuẩn QCVN 08 (cột A2).
- Hàm lượng PO_4^{3-}: Tại tất cả các vị trí quan trắc hàm lượng PO_4^{3-} dao động trong khoảng 0,639÷2,202 mg/l vượt từ 3,2÷10,1 lần so với giới hạn cho phép QCVN 08 (cột A2).

- Hàm lượng Coliform: Tại hầu hết các vị trí quan trắc hàm lượng Coliform dao động trong khoảng 1.650÷4.650 MPN/100ml đều nằm trong giới hạn cho phép so với quy chuẩn QCVN 08 (cột A2). Một số điểm quan trắc bị ô nhiễm Coliform là M14-CNLN, M15-CNLN, M10-CNLN giá trị Coliform dao động trong khoảng 5.120÷12.000 MPN/100ml vượt từ 1,02÷2,4 lần so với quy chuẩn cho phép cột A2.

- Hàm lượng E.coli: Tại hầu hết các vị trí quan trắc hàm lượng E.Coli dao động trong khoảng 58÷530 MPN/100ml vượt từ 1,2÷10,6 lần so với quy chuẩn QCVN 08 (cột A2).

- Hàm lượng các kim loại nặng như Pb, Cd, As, Fe, Cu, Mn:

Tại hầu hết các mẫu đều đạt quy chuẩn QCVN 08 (cột A2). Chỉ có hàm lượng Fe tại 2/3 mẫu có giá trị dao động trong khoảng 1,71÷2,32 mg/l vượt từ 1,7÷2,3 lần so với quy chuẩn QCVN 08 (cột A2). Hàm lượng Mn tại 2/3 mẫu có giá trị dao động trong khoảng 0,383÷3,88 mg/l vượt từ 1,9÷19,4 lần so với QCVN 08 (cột A2).Tại tất cả các điểm quan trắc chất lượng nước đều không đảm bảo mục đích tưới tiêu thủy lợi, ô nhiễm chất lượng nước nghiêm trọng tại: P. Phong Khê, P. Khúc Xuyên, P. Vạn An (TP. Bắc Ninh); xã Phù Khê (TX. Từ Sơn); do chịu ảnh hưởng bởi các nguồn thải từ hoạt động sinh hoạt, sản xuất, làng nghề...

Bảng 4. Sức chịu tải của sông Ngũ Huyện Khê. Đơn vị: (kg/ngày).

TT	Đoạn sông	BOD_5	COD	NH_4^+	Pb	Cd	Cu	Fe	Mn
1	Đoạn 1	-1.434,9	-2.971,0	-410,5	-10,0	-4,1	-142,8	-1,7	-388,9
2	Đoạn 2	-250,0	-343,8	-50,7	-6,3	-5,4	-62,2	14,1	-30,7
3	Đoạn 3	-2.285,1	-3.738,7	-262,3	-6,6	-6,9	-32,5	-84,9	-1.326,4
4	Đoạn 4	-7.757,2	-12.889,9	-795,7	-6,4	-7,3	-796,1	-338,2	-58,5
5	Đoạn 5	-8.424,9	-15.884,1	-58,1	-1,5	-5,2	-287,4	-716,8	-7.085,7
6	Đoạn 6	-7.022,6	-11.640,6	-288,0	-85,2	-6,3	-195,6	-535,8	-265,5
7	Đoạn 7	-51.602,2	-86.214,1	-783,4	-10,2	-5,3	-535,7	-3.074,0	-6.057,5

Ghi chú:

- Giá trị trước có dấu (-) có ý nghĩa nguồn nước ở đoạn sông này không còn khả năng tiếp nhận chất ô nhiễm, dòng chảy hiện đang tải một tải lượng chất ô nhiễm vượt quá khả năng tiếp nhận với giá trị bằng giá trị trong dấu ngoặc đơn.

- Giá trị không có dấu (+) có ý nghĩa nguồn nước ở các đoạn sông này còn khả năng tiếp nhận thêm chất ô nhiễm một giá trị bằng với giá trị trình bày trong bảng.

Đối với sông Ngũ Huyện Khê: vốn là dòng sông cung cấp nước tưới tiêu cho hàng nghìn hộ dân thuộc TP Bắc Ninh, thị xã Từ Sơn, huyện Yên Phong,… của tỉnh Bắc Ninh. Những năm gần đây, sông Ngũ Huyện Khê phải tiếp nhận thêm nguồn nước thải công nghiệp, cơ sở sản xuất làng nghề trong tỉnh như: khu công nghiệp Phong Khê với 200 doanh nghiệp hoạt động thu hút gần 5.000 lao động; làng nghề tái chế giấy,… Nước thải công nghiệp có thể chứa chất tan, các chất vô cơ, các chất hữu cơ, có thể mang tính kiềm hoặc axit, không màu hoặc có màu và có thể chứa dầu mỡ cũng như các chất độc hại. Các thông số đặc trưng cho nước thải bao gồm nhiệt độ, mùi vị, màu sắc, độ đục, các chất hữu cơ đặc trưng bởi các thông số BOD_5 và COD; Các độc tố: nước thải chứa các kim loại nặng như thủy ngân, đồng, chì, kẽm, cadimi,… Căn cứ vào loại hình xả nước thải trên thủy vực Ngũ Huyện Khê được phân tích ở trên, báo cáo lựa chọn các thông số đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải của nguồn nước sông Ngũ Huyện Khê gồm: COD, BOD_5, NH_4^+, Cd, Fe, Cu, Pb, Mn.

Chất lượng nước sông Ngũ Huyện Khê đoạn 7 này ô nhiễm rất nghiêm trọng, tải lượng hiện có trong sông theo số liệu quan trắc kết hợp kết quả lấy mẫu phân tích chất lượng nước mặt trên đoạn 7 sông Ngũ Huyện Khê vẫn còn lớn hơn tải lượng tối đa cho phép tuy nhiên không nhiều, ngoài ra còn chưa kể đến tải lượng ô nhiễm của các nguồn thải được đưa vào sông.

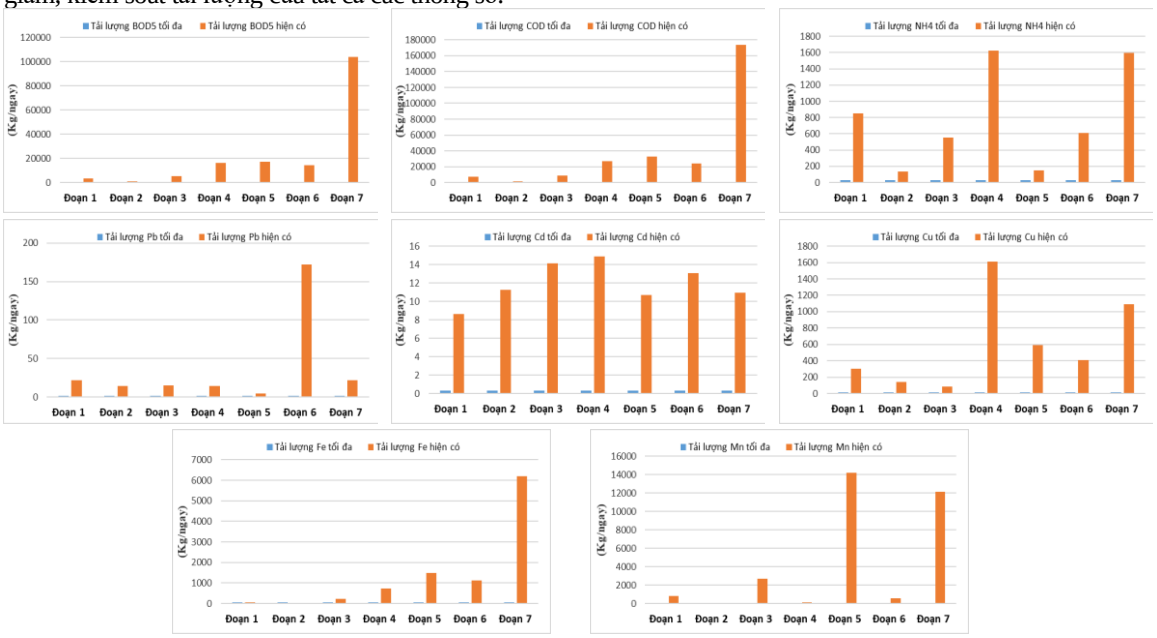
Các chỉ tiêu hữu cơ như BOD_5; COD, NH_4^+, các chỉ tiêu kim loại nặng như: Pb, Cd, Cu, Fe, Mn hoàn toàn không còn khả năng tiếp nhận nước thải.

Như vậy, dọc sông Ngũ Huyện Khê từ khi vào tỉnh Bắc Ninh đến trước khi đổ vào sông Cầu tại trạm bơm tiêu Vạn An, huyện Yên Phong chất lượng nước suy giảm nghiêm trọng. Tải lượng hiện có trong sông tính toán từ kết quả quan trắc định kỳ của tỉnh và kết quả phân tích chất lượng nước mặt sông Ngũ Huyện Khê của đề án lớn hơn tải lượng tối đa cho phép trong QCVN 08 (Cột B1), ngoài ra còn chưa xem xét đến tải lượng các nguồn thải đổ vào sông. Các chỉ tiêu chất lượng nước hoàn toàn không còn khả năng tiếp nhận thêm tải lượng chất ô nhiễm. Sức chịu tải của sông Ngũ Huyện Khê được thể hiện trong Hình 1.

Từ kết quả tính toán ở trên để thực hiện kiểm soát nguồn ô nhiễm các nguồn nước tại Sông Ngũ Huyện Khê: đang tiếp nhận 137 điểm với tổng lưu lượng 52.346,1 m^3/ngày đêm, cụ thể:

Đoạn 1: Điểm bắt đầu vào tỉnh Bắc Ninh thuộc P. Châu Khê, TX. Từ Sơn (khu vực trạm bơm Đa Hội) đến khu vực trạm bơm tiêu Phù Khê đổ vào sông Ngũ Huyện Khê, xã Phù Khê, TX. Từ Sơn. Trên đoạn sông này có 11 nguồn thải điểm tập trung chủ yếu nguồn thải phát sinh từ cụm, khu công nghiệp, sản xuất kinh doanh

dịch vụ, làng nghề với tổng lưu lượng xả thải tại thời điểm điều tra là 943,5 m^3/ng đêm và 14 nguồn thải phân tán dạng diện với loại hình chăn nuôi quy mô nhỏ hai bên bờ sông với tổng lưu lượng xả thải là 33.169 m^3/ng đêm. Đoạn này ô nhiễm nghiêm trọng, các thông số không còn khả năng tiếp nhận thêm tải lượng. Cần cắt giảm, kiểm soát tải lượng của tất cả các thông số.



Hình 1. Sức chịu tải của sông Ngũ Huyện Khê.

Đoạn 2: Từ sau vị trí trạm bơm tiêu Phù Khê, xã Phù Khê, thị xã Từ Sơn, tỉnh Bắc Ninh đến khu vực thôn Mai Động, Hương Mạc, Tx. Từ Sơn (sau TB. Hương Mạc). Trên đoạn sông này có 15 nguồn thải điểm tập trung chủ yếu nguồn thải phát sinh từ cụm, khu công nghiệp, sản xuất kinh doanh dịch vụ, làng nghề và nước thải y tế với tổng lưu lượng xả thải tại thời điểm điều tra là 537,6 m^3/ng đêm và 16 nguồn thải phân tán dạng diện với loại hình phát sinh từ nước thải sinh hoạt hai bên bờ sông với tổng lưu lượng xả thải là 430,9 m^3/ng đêm. Giống với đoạn 1, đoạn này ô nhiễm nghiêm trọng, các thông số không còn khả năng tiếp nhận thêm tải lượng. Cần cắt giảm, kiểm soát tải lượng của tất cả các thông số.

Đoạn 3: Đoạn sau TB. Hương Mạc thuộc xã Hương Mạc, Tx. Từ Sơn đến khu vực trạm bơm tiêu Đông Thọ 2, thôn Phù Đức, xã Đông Thọ, huyện Yên Phong. Trên đoạn sông này có 08 nguồn thải điểm tập trung chủ yếu nguồn thải phát sinh từ cụm, khu công nghiệp, sản xuất kinh doanh dịch vụ, làng nghề với tổng lưu lượng xả thải tại thời điểm điều tra là 541,3 m^3/ng đêm và 13 nguồn thải phân tán dạng diện với hai loại hình phát thải từ nước thải sinh hoạt và chăn nuôi hai bên bờ sông với tổng lưu lượng xả thải là 140,9 m^3/ng đêm. Đoạn này cũng ô nhiễm nghiêm trọng, các thông số không còn khả năng tiếp nhận thêm tải lượng. Cần cắt giảm, kiểm soát tải lượng của tất cả các thông số.

Đoạn 4: Khu vực trạm bơm tiêu Đông Thọ 2, thôn Phù Đức, xã Đông Thọ, huyện Yên Phong đến khu vực thôn Đại Chu, xã Long Châu, huyện Yên Phong. Trên đoạn sông này có tổng cộng 03 nguồn thải điểm tập trung chủ yếu nguồn thải phát sinh từ sản xuất kinh doanh dịch vụ, làng nghề, nông nghiệp với tổng lưu lượng xả thải tại thời điểm điều tra là 22,4 m^3/ng đêm và 18 nguồn thải phân tán dạng diện với hai loại hình phát thải từ nước thải sinh hoạt và chăn nuôi với tổng lưu lượng xả thải là 186,4 m^3/ng đêm. Chất lượng nước sông Ngũ Huyện Khê đoạn 4 này vẫn ô nhiễm nghiêm trọng, các chỉ tiêu hữu cơ như BOD_5; COD, NH_4^+, các chỉ tiêu kim loại nặng như: Pb, Cd, Cu, Mn hoàn toàn không còn khả năng tiếp nhận nước thải. Cần cắt giảm, kiểm soát tải lượng của tất cả các thông số.

Đoạn 5: Từ khu vực thôn Đại Chu, xã Long Châu, huyện Yên Phong đến trước khi trạm bơm tiêu Phú Lâm II đổ vào sông Ngũ Huyện Khê, khu vực thôn Ân Phú xã Phú Lâm, huyện Tiên Du. Trên đoạn sông này có 06 nguồn thải điểm phát sinh từ cụm, khu công nghiệp, sản xuất kinh doanh dịch vụ, làng nghề, nông nghiệp với tổng lưu lượng là 5.550,3 m^3/ng đêm. Nguồn thải phân tán dạng diện của 10 loại hình phát thải chính là sinh hoạt dân cư và loại hình chăn nuôi phân tán với tổng lưu lượng xả thải là 93,8 m^3/ng đêm. Chất lượng nước sông Ngũ Huyện Khê đoạn 5 này vẫn ô nhiễm nghiêm trọng, các chỉ tiêu hữu cơ như BOD_5; COD, NH_4^+, các chỉ tiêu kim loại nặng như: Pb, Cd, Cu, Mn hoàn toàn không còn khả năng tiếp nhận nước thải. Cần cắt giảm, kiểm soát tải lượng của tất cả các thông số.

Đoạn 6: Từ sau khi trạm bơm tiêu Phú Lâm II đổ vào sông Ngũ Huyện Khê đến khu vực thôn Trâm Khê, phường Phong Khê, Tp. Bắc Ninh. Trên đoạn sông này có tổng số 07 nguồn thải điểm chủ yếu nguồn thải phát

sinh từ cụm, khu công nghiệp, sản xuất kinh doanh dịch vụ, làng nghề, nông nghiệp với lưu lượng xả thải tổng cộng là 9152,2 m^3/ng đêm và 09 nguồn thải phân tán dạng diện của loại hình phát thải sinh hoạt khu dân cư với lưu lượng 276,8 m^3/ng đêm. Chất lượng nước sông Ngũ Huyện Khê đoạn 6 này vẫn ô nhiễm nghiêm trọng, các chỉ tiêu hữu cơ như BOD_5; COD, NH_4^+, các chỉ tiêu kim loại nặng như: Pb, Cd, Cu, Mn hoàn toàn không còn khả năng tiếp nhận nước thải. Cần cắt giảm, kiểm soát tải lượng của tất cả các thông số.

Đoạn 7: Từ khu vực thôn Trâm Khê, phường Phong Khê, Tp. Bắc Ninh đến khu vực sông Ngũ Huyện Khê đổ ra sông Cầu, khu vực thôn Xuân Viên, xã Hòa Long, Tp. Bắc Ninh. Trên đoạn sông này chỉ có 6 nguồn thải điểm phát sinh từ sản xuất kinh doanh dịch vụ, làng nghề, nông nghiệp với tổng lưu lượng xả thải là 36 m^3/ng đêm và 10 nguồn thải phân tán dạng diện tồn tại 2 loại hình phát thải chính là sinh hoạt dân cư và loại hình chăn nuôi với tổng cộng lưu lượng xả thải là 398,8 m^3/ng đêm. Chất lượng nước sông Ngũ Huyện Khê đoạn 7 này vẫn ô nhiễm nghiêm trọng, các chỉ tiêu hữu cơ như BOD_5; COD, NH_4^+, các chỉ tiêu kim loại nặng như: Pb, Cd, Cu, Mn hoàn toàn không còn khả năng tiếp nhận nước thải. Cần cắt giảm, kiểm soát tải lượng của tất cả các thông số.

4. Kết luận

Bài báo đánh giá được hiện trạng các nguồn xả thải trực tiếp cũng như gián tiếp vào Sông Ngũ Huyện Khê. Theo kết quả điều tra và đánh giá thì dọc sông Ngũ Huyện Khê từ khi vào tỉnh Bắc Ninh đến trước khi đổ vào sông Cầu tại trạm bơm tiêu Vạn An, huyện Yên Phong chất lượng nước suy giảm nghiêm trọng. Tải lượng hiện có trong sông tính toán từ kết quả quan trắc định kỳ của tỉnh và kết quả phân tích chất lượng nước mặt sông Ngũ Huyện Khê của đề án lớn hơn tải lượng tối đa cho phép trong QCVN 08 (Cột B1), ngoài ra còn chưa xem xét đến tải lượng các nguồn thải đổ vào sông. Các chỉ tiêu chất lượng nước hoàn toàn không còn khả năng tiếp nhận nguồn nước thải đổ vào. Do đó, cần có biện pháp xử lý cải thiện nguồn nước mặt tại Sông Ngũ Huyện Khê và tạm thời ngừng cấp phép xả thải vào nguồn để tránh gây ô nhiễm môi trường nước mặt tại đây.

Tài liệu tham khảo

Báo cáo "Điều tra, đánh giá hiện trạng và giải pháp quản lý sử dụng ao, hồ, đầm trên địa bàn tỉnh Bắc Ninh". Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Bắc Ninh, 2017.

Báo cáo "Lập danh mục nguồn nước phải lập hành lang bảo vệ tỉnh Bắc Ninh". Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Bắc Ninh, 2016.

Quy hoạch sử dụng đất đến năm 2020, kế hoạch sử dụng đất 5 năm 2011÷2015 tỉnh Bắc Ninh, Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Bắc Ninh, 2016.

Quyết định 1460/QĐ-TCMT 2019 hướng dẫn kỹ thuật tính toán và công bố chất lượng nước, 2019.

Quyết định phê duyệt "Quy hoạch Cấp nước vùng tỉnh Bắc Ninh đến năm 2030, tầm nhìn 2050". Sở Xây dựng, 2016.

ABSTRACT

Assess the wastewater receiving capacity and carrying capacity of Ngu Huyen Khe River in the area Bac Ninh province

Nguyen Thi Hoa

Hanoi University of Mining and Geology

Surface water resource plays an important role in social life, production and economic development in Bac Ninh province. Currently, the quality of surface water on many rivers in Bac Ninh province is showing signs of serious pollution leading to the failure to meet the purposes of exploitation and use, especially in getting water for daily use. This article focuses on evaluating the receiving capacity and carrying capacity of Ngu Huyen Khe River in Bac Ninh province in order to provide managers with measures to manage the quality of surface water in the area. Research results showed that along the Ngu Huyen Khe River, from entering Bac Ninh province to the point before flowing into Cau River at Van An drainage pumping station, Yen Phong district, water quality seriously deteriorates. The current load of existing subtances in the river calculated from the results of periodic monitoring of the province and the results of analysis of surface water quality of Ngu Huyen Khe River is larger than the maximum allowable load in QCVN 08 (Column B1), meanwhile the load of waste sources discharged into the river has not been considered. Water quality indicators in Ngu Huyen Khe River show that this river is completely no longer able to receive incoming wastewater. Therefore, it is necessary to have treatment measures to improve the surface water source in Ngu Huyen Khe River and temporarily stop licensing discharge into the water source to avoid polluting the surface water environment here.

Keywords: Load bearing capacity; Ngu Huyen Khe; Bac Ninh.

TIỂU BAN
PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ VÀ MÔI TRƯỜNG

MỤC LỤC

Xác định lượng gió cần cho mỏ than hầm lò trong những ngày nghỉ và chế độ làm việc hợp lý của các quạt gió chính
Đào Văn Chi, Trần Xuân Hà, Vũ Thái Tiến Dũng……...820

Đánh giá năng lực làm việc thực tế các quạt gió chính và đề xuất giải pháp cải tạo mạng gió ở mỏ than Nam Mẫu
Đào Văn Chi, Nguyễn Hồng Cường, Lê Quang Phục……..829

Các giả thuyết áp lực mỏ hầm lò và phạm vi ứng dụng
Lê Tiến Dũng, Vũ Trung Tiến, Lê Quang Phục, Đinh Thị Thanh Nhàn…….835

Nghiên cứu phương pháp xác định kích thước vùng biến dạng khu vực đá vách tại các lò chợ dài
Phạm Đức Hưng, Nguyễn Sơn Tùng, Huobingjie (霍丙杰) ……..841

Nghiên cứu đề xuất các giải pháp kỹ thuật cách li vùng thoát khí CO, ngăn ngừa sự cố cháy tại khu vực lò chợ vỉa 14.5 Công ty than Khe Chàm - TKV
Phạm Đức Hưng, Đào Văn Chi, Lê Quang Phục, Đỗ Anh Sơn……847

Đánh giá thực tế khi áp dụng công nghệ lò chợ bán cơ giới hoá tại vỉa 6 mỏ than Bắc Quảng Lợi, Công ty 790, Tổng công ty Đông Bắc
Nguyễn Cao Khải, Vũ Thái Tiến Dũng, Đinh Thị Thanh Nhàn, Vũ Đức Nghĩa…….853

Một số yêu cầu an toàn khi thi công lò thượng mức -240/-320 khu IV vỉa 10 Công ty CP than Núi Béo-Vinacomin
Vũ Đức Nghĩa, Nguyễn Cao Khải, Vũ Thái Tiến Dũng……860

Thực trạng và hướng hoàn thiện công tác thông gió, làm mát khí mỏ tại Công ty than Nam Mẫu - TKV
Lê Quang Phục, Nguyễn Hồng Cường, Đào Văn Chi……867

Mô phỏng số trạng thái ứng suất dưới trụ than ở vỉa than dốc thoải tại mỏ than Thống Nhất
Lê Quang Phục, Nguyễn Hồng Cường, Vũ Trung Tiến, Lê Tiến Dũng, Phạm Văn Quân, Phạm Tiến Dương……873

Dự báo nhiệt độ không khí trong các lò chợ cơ giới hoá cho điều kiện mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh
Phạm Văn Quân, Phạm Đức Hưng, Nguyễn Sơn Tùng……...879

Nghiên cứu đề xuất giải pháp giảm ứng suất khối đá bao quanh đường lò dọc vỉa than ở các mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh
Phạm Văn Quân, Thân Văn Duy, Trương Tiến Quân, Phạm Đức Hưng, Đào Văn Chi, Nguyễn Cao Khải, Phạm Văn Khải……885

Nghiên cứu khả năng sập đổ than nóc trong lò chợ cơ giới hóa hạ trần trong điều kiện vỉa cấu tạo phức tạp bằng mô hình số
Bùi Mạnh Tùng, Trần Văn Đà……..892

Xác định lượng gió cần cho mỏ than hầm lò trong những ngày nghỉ và chế độ làm việc hợp lý của các quạt gió chính

Đào Văn Chi[1,2*], Trần Xuân Hà[3], Vũ Thái Tiến Dũng[1,2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Nhóm nghiên cứu phát triển bền vững khoa học công nghệ mỏ và môi trường (SDM)*
[3]*Hội Khoa học Công nghệ mỏ Việt Nam*

TÓM TẮT

Hiện nay theo quy định hiện hành tổng số ngày làm việc của ngành mỏ chỉ là 300 ngày, còn 65 ngày là các ngày nghỉ, lễ tết, chủ nhật. Tuy nhiên trong thực tế do nhu cầu sản xuất ở các mỏ than hầm lò có thể nghỉ làm việc trong mỏ cả ngày thứ 7. Như vậy, thực tế các ngày trong mỏ hầm lò không làm việc thường nhiều hơn 65 ngày (khoảng 117 ngày nếu tính cả nghỉ thứ 7). Từ thực tế trên cho thấy, nếu xác định được lượng gió cần thiết cung cấp cho mỏ trong những ngày làm việc và chế độ làm việc hợp lý của các quạt gió chính sẽ góp phần vào việc giảm chi phí điện năng do công tác thông gió. Do vậy, bài báo trình bày nhu cầu cấp thiết phải điều chỉnh chế độ làm việc của quạt gió chính sử dụng trong thông gió chung của các mỏ than hầm lò, trong những ngày mỏ không làm việc cho hợp lý nhằm giảm chi phí điện năng phục vụ công tác thông gió và kéo dài tuổi thọ của quạt gió chính. Đề xuất này dựa trên kết quả nghiên cứu trong những năm gần đây của các tác giả là: lượng gió chung cần cho các mỏ than hầm lò, trong các ngày nghỉ làm việc, ở đa số các trường hợp chỉ bằng 50% lượng gió cần cho ngày mỏ làm việc.

Từ khóa: Quạt gió chính; chế độ làm việc; hộ tiêu thụ gió; tổng lưu lượng gió

1. Đặt vấn đề

Hiện nay trong khai thác mỏ than hầm lò Việt Nam, công tác thông gió mỏ được thực hiện theo Quy chuẩn quốc gia về an toàn trong các mỏ than hầm lò của Bộ Công thương (QCVN 01:2011/BCT). Theo quy chuẩn này, công tác thông gió mỏ hầm lò phải được thực hiện bằng các trạm quạt thông gió chính hoạt động liên tục đặt trên mặt đất và quạt cục bộ đặt trong mỏ hầm lò. Điều này đòi hỏi các quạt gió chính và các quạt cục bộ phải làm việc liên tục 24/24 giờ với chế độ đã được xác định. Như vậy, trong một năm, các quạt gió này phải làm việc đủ 365 ngày.

Theo quy định của điều 42 của QCVN 01:2011 thì lượng gió thực tế cần đưa vào mỏ phải phù hợp với tính toán: theo số người làm việc đồng thời đông nhất; theo độ thoát khí mê tan; theo yếu tổ nổ mìn; theo yếu tố bụi sinh ra trong quá trình khấu than và đào lò; theo điều kiện làm việc của đầu tàu diezen ở các khu vực khai thác...

Lượng gió chung cần đưa vào mỏ trong những ngày mỏ làm việc bình thường theo "Tài liệu bồi dưỡng nghiệp vụ thông gió và quan lý khí mỏ" do Tập đoàn Công nghiệp than – Khoáng sản Việt Nam ban hành và các tài liệu chuyên ngành (Trần Xuân Hà và nnk, 2014; Trương Quốc Quyên, 1999; Trần Xuân Hà và nnk, 2019; VBS, 2017) là tổng lưu lượng gió cần thông gió cho các hộ tiêu thụ gió trong mỏ, kể cả các khu vực dự phòng và rò gió trong mỏ.

Các hộ tiêu thụ bao gồm:

1) Các lò chợ hoạt động, các lò chợ dự phòng;
2) Các lò chuẩn bị;
3) Các hầm bơm, trạm điện;
4) Các hầm chứa thuốc nổ;
5) Các hầm nạp ắc quy;
6) Lượng gió rò trong mỏ.

Trong những ngày mỏ không làm việc, nhu cầu cung cấp gió sạch cho nhiều hộ tiêu thụ gió như các lò chợ, các lò chuẩn bị sẽ không cần lượng gió sạch như ngày làm việc. Mặt khác, khi lượng gió rò trong mỏ cũng ít hơn.

Thực tế trên dẫn đến chế độ làm việc của các quạt gió chính cũng cần phải thay đổi cho phù hợp. Cụ thể là các quạt gió chính sẽ làm việc với chế độ hợp lý khi công suất tiêu thụ điện của động cơ quạt sẽ nhỏ hơn. Các số liệu thống kê cho thấy tiêu thụ điện năng phục vụ công tác thông gió mỏ chiếm trên 30% tổng chi

* *Tác giả liên hệ*
Email: daovanchi@humg.edu.vn

phí tiêu thụ điện của mỗi mỏ.

Theo quy định hiện hành thì tổng số ngày làm việc của ngành mỏ chỉ là 300 ngày, còn 65 ngày là các ngày nghỉ, lễ tết, chủ nhật. Song thực tế do nhu cầu sản xuất, ngành mỏ nói chung và các mỏ than hầm lò nói riêng có thể nghỉ làm việc trong mỏ cả ngày thứ 7. Như vậy, thực tế các ngày trong mỏ hầm lò không làm việc thường nhiều hơn 65 ngày (khoảng 117 ngày nếu tính cả nghỉ thứ 7). Có nghĩa là hằng năm mỏ than hầm lò có thể chỉ làm việc trong hầm lò 248 ngày (gần 68% tổng thời gian hằng năm). Từ thực tế trên cho thấy, nếu xác định được lượng gió cần thiết cung cấp cho mỏ trong những ngày làm việc và chế độ làm việc hợp lý của các quạt gió chính sẽ góp phần vào việc giảm chi phí điện năng do công tác thông gió. Nhờ đó giá thành một tấn than nguyên khai sẽ giảm đi đáng kể.

Việc xác định lượng gió cần cho mỏ và chế độ làm việc hợp lý của các quạt gió chính ở các mỏ than hầm lò, trong những ngày mỏ không làm việc, chắc chắn sẽ góp phần vào việc giảm chi phí đáng kể điện năng trong công tác thông gió mỏ than hầm lò.

2. Cơ sở khoa học xác định lưu lượng gió cần cho mỏ trong ngày không làm việc

2.1. Lưu lượng gió lớn nhất cần cho mỏ trong ngày làm việc

Trong ngày mỏ làm việc, mọi hoạt động được tiến hành một cách bình thương và mọi hộ tiêu thụ gió cần được cung cấp gió sạch, theo tính toán cụ thể như sau:

2.1.1. Lượng gió cần cho lò chợ hoạt động ($Q_{lchđ}$)

Lượng gió này được xác định theo các yếu tố sau:

- Theo số người làm việc lớn nhất;
- Theo độ thoát khí mê tan;
- Theo lượng thuốc nổ đồng thời lớn nhất
- Theo tốc độ gió tối ưu theo yếu tố bụi. Theo các tài liệu chuyên ngành (Trần Xuân Hà và nnk, 2014; Trần Xuân Hà và nnk, 2019; VBS, 2017):

+ Đối với lò chợ dài, tốc độ gió nhỏ nhất V_{min} = 0,9 m/s, tốc độ gió tối ưu $V_{tư}$ = 1,2 m/s ÷ 1,9 m/s.

+ Đối với lò chợ ngang nghiêng, dọc vỉa phân tầng, buồng thượng, tốc độ gió tối thiểu đối với các mỏ loại I, II, III theo khí mê tan thì V_{min} = 0,5 m/s.

+ Tốc độ gió tối ưu Vtư = 1,0 m/s.

2.1.2. Lượng gió cần cho lò chợ dự phòng (Q_{lcdp})

Trong trường hợp này lượng gió thường lấy bằng 50% lượng gió cần cho lò chợ hoạt động.

2.1.3. Lượng gió cần cho lò chuẩn bị (Q_{cb})

Lượng gió này cũng được xác định theo các yếu tố như ở lò chợ và chọn lượng gió lớn nhất theo theo yếu tố nào đó làm lượng gió cần phải cung cấp.

Kết quả tính lượng gió cần cho lò chuẩn bị thường lấy theo tốc độ gió tối thiểu cho phép như sau:

- Đối với mỏ loại I, II, theo khí mê tan, V_{min} = 0,25 m/s;
- Đối với mỏ loại III và siêu hạng theo khí mê tan, V_{min} = 0,5 m/s.
- Theo yếu tố bụi (Trần Xuân Hà và nnk, 2014; Trần Xuân Hà và nnk, 2019): tốc độ gió tối ưu $V_{tư}$ = 0,5 ÷ 0,7 m/s.

2.1.4. Lượng gió cần cho hầm trạm, trạm điện, trạm bơm dịch (Q_{ht})

Lượng gió này được xác định trên cơ sở công suất động cơ điện. Mục đích lượng gió sạch cần cung cấp cho các hộ tiêu thụ gió này nhằm làm mát các tủ điện và động cơ điện.

2.1.5. Lượng gió cần cho hầm nạp ắc quy

Mục đích cần cung cấp hộ tiêu thụ gió sạch cho hộ tiêu thụ này là để làm mát hòa loãng các khí độc, khí có hại phát sinh trong phòng náp ắc quy.

2.1.6. Lượng gió cần cho hầm chứa thuốc nổ (Q_{tn})

Các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh ngày càng xuống sâu, vì vậy cần phải bố trí một số hầm chứa thuốc nổ để phục vụ cho nhu cầu của mỏ.

Lượng gió sạch cần cho hộ tiêu thụ gió này là nhằm làm mát không khí trong phòng chứa thuốc nổ và hòa loãng các khí độc hại có thể phát sinh.

2.1.7. Lượng gió rò trong mỏ (Q_r)

Lượng gió rò này cần được xác định để tính lượng gió chung cho mỏ. Lượng gió rò này xảy ra chủ yếu ở các công trình thông gió, các khoảng đã khai thác,...

2.1.8. Tổng lượng gió cần đưa vào mỏ trong ngày làm việc

Lượng gió này được xác định theo công thức tổng quát sau:

$$Q_m = 1{,}1(K_p.\sum Q_{lchđ} + \sum Q_{lcdp} + \sum Q_{cb} + \sum Q_{ht} + \sum Q_{rg}),\ m^3/s.$$

trong đó:

1,1- hệ số kể đến sự phân phối gió không đồng đều của mạng gió;

K_p - hệ số kể đến sự tăng sản lượng của lò chợ, $K_p = 1,05 \div 1,2$;

$\Sigma Q_{lchđ}$ - tổng lưu lượng gió cần thiết cho lò chợ, m^3/s;

ΣQ_{lcdp} - tổng lượng gió cần cho lò chợ dự phòng, m^3/s;

ΣQ_{cb} - tổng lưu lượng gió cần thiết cho gương lò chuẩn bị, m^3/s;

ΣQ_{ht} - tổng lưu lượng gió của các hầm trạm, m^3/s;

ΣQ_{rg} - tổng lưu lượng gió rò trong mỏ bao gồm rò qua cửa gió, thành chắn và khoảng đã khai thác, m^3/s.

2.2. Xác định lượng gió lớn nhất cần vào mỏ trong ngày mỏ không làm việc

Trong ngày mỏ không làm việc, mọi hoạt động của con người và đa số các máy móc thiết bị cũng dừng làm việc, trừ các máy bơm nước, các quạt cục bộ, các đèn chiếu sáng và các hầm nạp ắc quy, các hầm chứa thuốc nổ vẫn cần cung cấp gió sạch.

Lượng gió cần đưa vào mỏ trong ngày mỏ không làm việc được xác định cụ thể cho từng hộ tiêu thụ gió như sau:

2.2.1. Lượng gió cần cho lò chợ hoạt động khi mỏ không làm việc:

Các lò chợ hoạt động trong ngày mỏ không làm việc trở thành lò chợ dự phòng. Lượng gió cần đưa vào lò chợ chỉ nhằm hòa loãng các khí cháy nổ phát sinh ra trong lò chợ.

Lượng gió này theo các tài liệu chuyên ngành có thể lấy bằng 50÷60 % lượng gió cần cho lò chợ trong ngày mỏ làm việc (Trần Xuân Hà và nnk, 2014; Trương Quốc Quyền, 1999; Trần Xuân Hà và nnk, 2019) hoặc theo tài liệu (VBS, 2017) hướng dẫn tính toán lượng gió cho lò chợ hoạt động của Tập đoàn Công nghiệp than – Khoáng sản Việt Nam. Cụ thể tốc độ gió tối ưu khi lò chợ làm việc là 1,2 ÷ 1,9m/s, còn tốc độ nhỏ nhất là 0,9m/s.

Như vậy, trong ngày mỏ không làm việc, lượng gió cần cung cấp cho lò chợ ở trạng thái này bằng 50% lượng gió cần cho lò chợ trong ngày mỏ làm việc.

2.2.2. Lượng gió cần cho lò chợ dự phòng khi mỏ không làm việc

Lượng gió này như đã trình bày ở phần trên bằng 50% lượng gió cần cho lò chợ hoạt động.

2.2.3. Lượng gió cần cho lò chuẩn bị

Lượng gió cần cho lò chuẩn bị theo các tài liệu chuyên ngành (Trần Xuân Hà và nnk, 2014; Trương Quốc Quyền, 1999; Trần Xuân Hà và nnk, 2019) được tính theo yếu tố bụi với tốc độ gió tối ưu chọn trong khoảng 0,5 ÷ 0,7 m/s khi gương lò hoạt động.

Trong ngày mỏ không làm việc, có nghĩa là gương lò chuẩn bị cũng dừng làm việc, lượng gió cần thông gió cho gương lò có thể tính với tốc độ gió nhỏ nhất cho phép là 0,25m/s.

Như vậy, trong ngày mỏ không làm việc, lượng gió cần cung cấp cho gương lò có thể tính bằng 50% lượng gió cần cho gương lò khi làm việc.

2.2.4. Lượng gió cần cho hầm bơm, trạm điện, trạm bơm dịch, hầm nạp ắc quy, hầm chứa thuốc nổ khi mỏ không làm việc

Khi mỏ hoạt động hay không hoạt động, hầm bơm luôn sẵn sàng làm việc, vì vậy lượng gió cần cung cấp sẽ không thay đổi. Còn trạm bơm dịch không làm việc, các thiết bị vận tải có động cơ điện (băng tải, máng cào,…) sẽ dừng hoạt động.

Trạm điện thường trực cấp điện cho trạm bơm, chiếu sáng, quạt cục bộ. Song không cần cung cấp cho các hộ tiêu thụ khác. Lượng điện cần cung cấp trong trường hợp này sẽ giảm khoảng 30% so với ngày mỏ làm việc. Như vậy, lượng gió cần cung cấp cho hộ tiêu thụ gió này cũng sẽ giảm đi 30%.

2.2.5. Lượng gió cần cho hầm nạp ắc quy và hầm chứa thuốc nổ trong ngày mỏ không làm việc

Lượng gió cần cho các hộ thiêu thụ gió này, trong ngày mỏ không làm việc vẫn phải cung cấp như ngày mỏ làm việc.

2.2.6. Lượng gió rò trong mỏ trong ngày mỏ không làm việc

Lượng gió rò tập trung ở công trình thông gió, qua khoảng đã khai thác. Còn khu vực chất tải ở các mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh, chỉ xảy ra một vài mỏ có trục tải giếng đứng như Hà Lầm, Núi Béo.

Trong ngày mỏ không làm việc, lượng gió cần cho mỏ nhìn chung sẽ nhỏ hơn so với ngày mỏ làm việc. Vì vậy hạ áp chung của mỏ cũng nhỏ hơn so với ngày mỏ làm việc. Thực tế này dẫn đến mức độ rò gió sẽ giảm đi.

Vì lượng gió cần cho lò chợ giảm đi đến 50%. Cho nên lượng gió rò qua khu vực khai thác cũng giảm khoảng 50%.

Đánh giá chung, trong ngày mỏ không làm việc, lượng gió rò trong mỏ giảm khoảng 15 ÷ 20% so với lượng gió rò trong mỏ ngày mỏ làm việc.

2.3. Kết quả xác định lượng gió lớn nhất cần cho các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh thuộc TKV trong ngày mỏ làm việc và không làm việc.

Trên cơ sở khoa học xác định lượng gió cần cho các mỏ than hầm lò đã trình bày và luận giải ở phần 2.1 và 2.2, kết quả của công trình nghiên cứu của chúng tôi (TTM, 2019; TTM, 2021) trong thời gian qua được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Lượng gió cần cho mỏ và các hộ tiêu thụ

TT	Mỏ và khu mỏ	Các hộ thiêu thụ gió	Khi mỏ làm việc, m³/s	Lượng gió giảm, %	Khi mỏ không làm việc, m³/s
1	Khu mỏ Đồng Vông, Tân Dân, Hạ My	- Lò chợ	19,8	50	9,9
		- Lò chuẩn bị	42,2	50	21,1
		- Hầm trạm	8,31	30	5,82
		- Lượng gió rò	6,47	10	5,82
		- Tổng lượng gió	76,8	55,51	42,64
2	Khu mỏ Hà Ráng, Công ty than Hòn Gai	- Lò chợ	35,79	50	17,89
		- Lò chuẩn bị	35,25	50	17,63
		- Hầm trạm	28,08	30	14,06
		- Lượng gió rò	6,0	10	5,40
		- Tổng lượng gió	110,77	50,37	54,98
3	Khu mỏ Bắc Cọc Sáu, Công ty than Hạ Long	- Lò chợ	30,4	50	15,7
		- Lò chuẩn bị	38,08	50	19,04
		- Hầm trạm	6,49	30	4,54
		- Lượng gió rò	4,54	10	4,08
		- Tổng lượng gió	90,64	53,15	43,37
4	Khu mỏ Khe Chàm I, Công ty than Hạ Long	- Lò chợ	74,9	50	37,49
		- Lò chuẩn bị	17,8	50	8,90
		- Hầm trạm	13,24	30	9,27
		- Lượng gió rò	21,69	10	19,52
		- Tổng lượng gió	148,63	49,12	75,18
5	Mạo Khê	- Lò chợ	189	50	94,5
		- Lò chuẩn bị	60,8	50	30,4
		- Hầm trạm	36,1	30	25,27
		- Lượng gió rò	44	10	39,6
		- Tổng lượng gió	383,86	50,56	189,77
6	Nam Mẫu	- Lò chợ	92,08	50	46,04
		- Lò chuẩn bị	90,44	50	45,22
		- Hầm trạm	11,04	30	7,73
		- Lượng gió rò	17,21	10	15,49
		- Tổng lượng gió	244,61	53,21	114,45
7	Khu giếng Vàng Danh, Công ty thanh Vàng Danh	- Lò chợ	67,7	50	38,85
		- Lò chuẩn bị	122,3	50	61,15
		- Hầm trạm	8,0	30	5,60
		- Lượng gió rò	29,8	10	26,82
		- Tổng lượng gió	258	48,67	132,42
8	Hà Lầm	- Lò chợ	72,0	50	36,0
		- Lò chuẩn bị	126,0	50	63,0
		- Hầm trạm	39,5	30	27,65
		- Lượng gió rò	9,20	10	8,28
		- Tổng lượng gió	277,5	51,38	134,93
9	Dương Huy	- Lò chợ	95,57	50	47,49
		- Lò chuẩn bị	122,83	50	56,42
		- Hầm trạm	18,88	30	13,22
		- Lượng gió rò	45,45	10	40,91
		- Tổng lượng gió	310	48,93	158,32
10	Quang Hanh	- Lò chợ	128,46	50	64,23
		- Lò chuẩn bị	153,95	50	75,25
		- Hầm trạm	25,28	30	17,68
		- Lượng gió rò	14,12	10	12,71
		- Tổng lượng gió	322,09	47,263	169,86

TT	Mỏ và khu mỏ	Các hộ thiêu thụ gió	Khi mỏ làm việc, m^3/s	Lượng gió giảm, %	Khi mỏ không làm việc, m^3/s
11	Thống Nhất	- Lò chợ	95,3	50	47,65
		- Lò chuẩn bị	28	50	14,0
		- Hầm trạm	11,41	30	7,99
		- Lượng gió rò	9,53	10	8,58
		- Tổng lượng gió	161,47	51,56	78,21
12	Mông Dương	- Lò chợ	65	50	32,5
		- Lò chuẩn bị	68,77	50	34,39
		- Hầm trạm	9,67	30	6,77
		- Lượng gió rò	14,59	10	13,13
		- Tổng lượng gió	185,5	53,22	86,79
13	Khe Chàm	- Lò chợ	136,4	50	68,2
		- Lò chuẩn bị	61,2	50	30,6
		- Hầm trạm	20	30	14,0
		- Lượng gió rò	6,82	10	6,14
		- Tổng lượng gió	224,42	47,0	118,94

Kết quả tính toán lượng gió lớn nhất cần cho mỏ và khu mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh thuộc TKV quản lý cho thấy: Lượng gió cần cho toàn mỏ trong ngày mỏ không làm việc nhỏ hơn từ 47,0% đến 53,51%. Trong đó, chỉ có 05 mỏ hoặc khu mỏ lượng gió cần trong ngày không làm việc cần giảm dưới 50% (cụ thể từ 47,0% đến 49,42%) còn lại 08 mỏ hoặc khu mỏ lượng gió này giảm trên 50% (từ 50,367% đến 55,51%).

Các số liệu này cho thấy trong ngày mỏ không làm việc lượng gió cần cho đa số các mỏ hoặc khu mỏ đều <50% lượng gió cần cho mỏ trong ngày làm việc. Hay nói cách khác, trong ngày mỏ không làm việc, lượng gió cần cho mỏ nhìn chung chỉ bằng 50% lượng gió cần cho mỏ trong ngày mỏ làm việc.

Việc điều chỉnh lượng gió hợp lý cần cho mỏ trong ngày mỏ không làm việc có ý nghĩa đáng kể về mặt kinh tế do tiết kiệm điện năng phục vụ thông gió chung của mỏ, đồng thời giúp các quạt gió chính được làm việc với công suất nhỏ hơn. Nhờ đó, các quạt gió chính sẽ kéo dài thời gian cần duy tu bảo dưỡng. Có nghĩa là tuổi thọ của nó sẽ lớn hơn so với hiện nay.

3. Các phương án xác định chế độ hợp lý của quạt gió chính trong ngày mỏ không làm việc

3.1. Các phương án điều chỉnh chế độ làm việc của quạt gió chính trong ngày mỏ không làm việc

Như đã trình bày ở phần trên, trong ngày mỏ không làm việc, lượng gió của các quạt gió chính cần làm việc để đưa lượng gió thực tế vào mỏ chỉ bằng 50% lượng gió cần trong ngày mỏ làm việc. Để thực hiện điều này, có thể thực hiện theo 1 trong 3 phương án sau:

- Phương án 1: Giảm góc lắp cánh của quạt gió chính tới góc lắp cánh mà quạt có thể tạo ra lượng gió cần thiết. Nói cách khác là giảm hạ áp quạt cần tạo ra.
- Phương án 2: Tăng sức cản chung của mạng gió nhờ đặt cửa gió điều chỉnh ở rãnh quạt hoặc đường lò gió chính dẫn đến rãnh quạt.
- Phương án 3: Kết hợp cả 2 phương án trên

Trong thực tế mỏ, phương án 2 và 3 ít khi được thực hiện, vì một mặt rất ít khi cần giảm lượng gió rất lớn, mặt khác nếu sử dụng chúng thì không góp phần giảm chi phí điện năng và thuổi thọ của quạt. Vì thế cho nên tối ưu nhất khi cần giảm lượng gió chung đưa vào mỏ, đặc biệt trong những ngày mỏ không làm việc nên sử dụng phương pháp 1 đã nêu ở trên.

3.2. Kết quả xác định chế độ làm việc hợp lý của các quạt gió chính trong ngày mỏ làm việc và không làm việc

3.2.1. Đặc điểm chế độ thông gió chung của mỏ than Hà Ráng

Vào năm 2016 mỏ than Hà Ráng đang tiến hành khai thác từ mức -100 lên +160, với sản lượng 360.900 tấn/năm. Phương pháp thông gió chung của mỏ thông gió hút nhờ 02 trạm quạt gió chính. Cụ thể là (KHX, 2016):

- Trạm quạt số 1 là FBCDZ-6-N019 (2x220 kw)
- Trạm quạt số 2 là: FBCDZ-6-N016 (2x110 kw)

Các quạt gió này đều là những quạt do Trung Quốc sản xuất, có 2 bánh công tác với 2 động cơ riêng biệt. Các động cơ quạt được gắn liền với bánh công tác và đều được đặt trong vỏ quạt.

Theo kết quả nghiên cứu tính toán của chúng tôi (KHX, 2016) lượng gió chung lớn nhất cần đưa vào mỏ trong ngày làm việc là 110,77 m^3/s và hạ áp chung của mỏ là 166,51 mmH_2O.

Lượng gió cần đưa vào mỏ do quạt FBCDZ-6-N019 (2x220 kw) là 75,57 m^3/s, còn quạt FBCDZ-6-N016 (2x110 kw) là 35,2 m^3/s.

Để minh họa cho việc xác định chế độ làm việc hợp lý của quạt gió trong ngày mỏ làm việc và không làm việc, cũng như nhu cầu cung cấp điện và giải pháp thực hiện, dưới đây sẽ trình bày chế độ làm việc cụ thể của quạt gió FBCDZ-6-N019 (2x220 kw), còn chế độ của quạt FBCDZ-6-N016 (2x110) kw cũng được xác định tương tự.

3.2.2. Xác định chế độ làm việc của quạt gió FBCDZ-6-N019 (2x220 kw) trong ngày mỏ làm việc

- Lưu lượng quạt cần tạo ra:

$$Q_{q1} = k_r.Q_{m1} = 1,1 \text{ x } 75,57 = 83,127 \text{ m}^3/\text{s}.$$

trong đó:

k_r - hệ số rò gió ở trạm quạt, chọn $k_r = 1,1$;

Q_{m1} - lượng gió cần đưa vào mỏ do quạt phụ trách, $Q_{m1} = 75,57$ m^3/s.

- Hạ áp quạt cần tạo ra:

$$h_{q1} = (K_g.R_{m1} + R_{tbq}).\ Q_{q1}^2$$

trong đó:

K_g - hệ số giảm sức cản do rò gió ở trạm quạt, $K_g = \frac{1}{K_r^2} = (\frac{1}{1,1})^2 = 0,83$

K_r - hệ số rò gió ở trạm quạt, $K_r = 1,1$;

R_{m1} - sức cản chung của mỏ:

$$R_{m1} = h_{m1}/Q_{m1}^2 = 166,51/75,572 = 0,0292 \text{ kμ}$$

Rtbq - sức cản của thiết bị quạt:

$$R_{tbq} = (a.\pi)/D^4 = (0,05 \text{ x } 3,14)/1,9^4 = 0,012 \text{ kμ}$$

D - đường kính trong của quạt: D = 1,9 m

Vậy hạ áp quạt cần tạo ra:

$$h_{q1} = (K_g.R_{m1} + R_{tbq}).Q_{q1}^2 = (0,83 \text{ x } 0,0292 + 0,012) \text{ x } 83,127^2 = 250,47 \text{ mmH}_2\text{O}.$$

Đường đặc tính của mỏ khi quạt số 1 làm việc sẽ có dạng $h_{m1} = 0,0362.Q^2$

Để vẽ đường đặc tính này, ta lập bảng số 2 theo phương trình $h_{m1} = 0,0362.Q^2$

Bảng 2. Các thông số của đường đặc tính mỏ do quạt 1 phụ trách

Q, m^3/s	40	50	60	70	80	90	100	110
Q^2, m^6/s^2	1600	2500	3600	4900	6400	8100	10.000	12.100
H, mmH$_2$O	57,9	90,5	130,32	177,38	231,68	293,22	362	438,02

Vẽ đường đặc tính của khu mỏ cho quạt số 1 phụ trách trong hệ trục tọa độ h-q cùng với miền sử dụng công nghiệp của quạt FBCDZ-6-N019 (2x220 kw), tốc độ vòng quay của trục quạt n = 980 v/ph, ta có chế độ làm việc của quạt trong ngày mỏ làm việc như sau (hình 1, điểm A1).

- Lưu lượng quạt: $Q_{q1} = 83,1$ m^3/s;
- Hạ áp của quạt: $h_{q1} = 255$ mmH$_2$O;
- Góc lắp cánh: $\theta = 52^0/44^0$ hay $+2,5^0$;
- Hiệu suất: $\eta = 0,78$;
- Công suất động cơ điện cần N = 380 Kw.

Với chế độ thông gió như trên quạt hoàn toàn đáp ứng nhu cầu thông gió trong ngày mỏ làm việc.

3.2.3. Chế độ làm việc của quạt FBCDZ-6-N019 (2x220 kw) trong ngày mỏ không làm việc

Như trong phần trước, lượng gió lớn nhất cần cho mỏ trong ngày mỏ không làm việc đối với đa số mỏ là bằng 50% lượng gió nhu cầu cho mỏ trong ngày làm việc. Tuy nhiên với khu mỏ Hà Ráng, lượng gió cần trong ngày mỏ không làm việc chỉ cần 49,633% lượng gió cần trong ngày mỏ làm việc hoặc làm tròn là 50%. Đây là thông số quan trọng giúp xác định chế độ làm việc hợp lý của quạt gió, khi đó lượng gió cần đưa vào mỏ và hạ áp quạt được xác định như sau:

- Lưu lượng gió cần đưa vào mỏ trong ngày mỏ không làm việc.

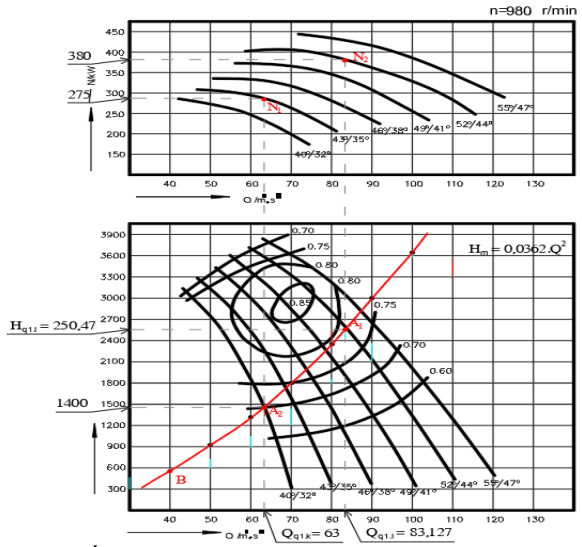
+ $Q_{m1k} = 75,57 \text{ x } 50\% = 37,78$ m^3/s.

+ Sức cản của hệ thống đường lò khu vực mỏ do quạt 1 phụ trách không thay đổi khi mỏ làm việc hay không làm việc, $R_{m1} = 0,0292$ kμ. Vì vậy quạt gió phải làm việc với các yêu cầu sau:

- Lưu lượng quạt ($Q_{q1.k}$): $Q_{q1.k} = 1,1 \text{ x } Q_{m1.k} = 1,1 \text{ x } 37,78 = 41,558$ m^3/s;
- Hạ áp quạt ($h_{q1.k}$): $h_{q1.k} = (K_g.R_{m1} + R_{tbq}).Q_{q1.k}^2 = 0,0292 \text{ x } 41,558^2 = 50,42$ mmH$_2$O.

Ở chế độ làm việc này điểm công tác của quạt nằm ngoài vùng làm việc công nghiệp (điểm B). Vì vậy chế độ làm việc thực tế là điểm A2 với các thông số sau (hình 1):

- Lưu lượng quạt: $Q_{q1.k} = 63$ m^3/s;
- Hạ áp của quạt: $h_{q1.k} = 140$ mmH^{2}O;
- Góc lắp cánh: $\theta = 40^0/32^0$ hay -7^0;
- Hiệu suất: $\eta = 0,78$;
- Công suất động cơ điện cần N = 275 Kw.



Hình 1. Chế độ làm việc của quạt FBCDZ-6-$N_0$19 (2x220 Kw)

A_1 – Trong ngày mỏ làm việc; A_2 – Trong ngày mỏ không làm việc

Phân tích các thông số về chế độ làm việc của quạt số 1 trong ngày mỏ không làm việc ta nhận thấy:

- Quạt chỉ cần làm việc với góc lắp cánh nhỏ nhất ($\theta = 40^0/38^0$ hay -7^0);
- Công suất yêu cầu của động cơ rất thấp (chỉ cần 72% công suất tiêu thụ điện của động cơ trong ngày mỏ làm việc).

3.2.4. Các giải pháp điều khiển chế độ làm việc của quạt gió trong ngày mỏ không làm việc

Để điều khiển quạt thực hiện chế độ làm việc trong ngày mỏ không làm việc có thể thực hiện một trong các giải pháp sau:

+ Điều chỉnh bằng thủ công góc lắp cánh của quạt từ $52^0/44^0$ xuống góc lắp cánh $40^0/32^0$. Phương pháp này tiến hành vô cùng khó khăn, thực tế không khả thi.

+ Sử dụng biến tần để điều khiển tốc độ vòng quay của quạt tới tốc độ yêu cầu. Phương pháp này chỉ có thể thực hiện khi trạm quạt được trang bị biến tần.

+ Vì lượng gió cần phải đưa vào mỏ trong ngày mỏ không làm việc chỉ bằng 50% lượng gió cần trong ngày mỏ làm việc, cho nên có thể chỉ để một động cơ quạt làm việc, còn động cơ thứ 2 sẽ dừng làm việc. Điều này có thể thực hiện được, vì quạt FBCDZ là loại quạt có 2 động cơ độc lập. Vì thế đây được coi như một bộ quạt với 2 quạt cùng năng lực làm việc nối tiếp.

Theo nguyên lý cơ bản của quạt làm việc nối tiếp thì $Q_{bp} = Q_{q1} = Q_{q2}$ và $h_{bq} = h_{q1} + h_{q2}$

Vì hạ áp mỗi quạt thành phần trong bộ quạt (h_{q1} và h_{q2}) luôn luôn bằng nhau cho nên ta có hạ áp của bộ quạt (h_{bq}) sẽ là: $h_{bq} = h_{q1} + h_{q2} = 2.h_{q1}$

Khi một động cơ quạt làm việc thì hạ áp của quạt tạo ra sẽ là: $h_{q1} = h_{bq}/2$

Điều này cho thấy khi một động cơ quạt FBCDZ làm việc thì hạ áp quạt tạo ra đạt giá trị bằng 50% hạ áp của bộ quạt khi cả 2 động cơ cùng làm việc.

Vì lượng gió cần đưa vào mỏ trong ngày mỏ không làm việc chỉ bằng 50% lượng gió cần đưa vào mỏ trong ngày làm việc, cho nên hạ áp quạt cần tạo ra của quạt được xác định từ biểu thức:

$h_q = (K_g.R_m + R_{tbq}).Q_q^2$ sẽ được xác định bằng $h_{qn} = (K_g.R_m + R_{tbq}).(Q_{q/2})^2$

Hay nói cách khác trong ngày mỏ không làm việc, hạ áp bộ quạt cần tạo ra chỉ bằng 1/4 hạ áp quạt cần tạo ra vào ngày mỏ làm việc. Từ thực tế trên cho ta thấy khi mỏ không làm việc hạ áp yêu cầu của quạt chỉ cần một bánh công tác và động cơ (hay một quạt) làm việc là hoàn toàn đủ yêu cầu thông gió cho mỏ.

Đối với khu mỏ Hà Ráng, Công ty than Hòn Gai, trạm quạt số 2 là FBCDZ-6-N016 (2x110 kw) cũng chỉ cần 01 động cơ làm việc, còn động cơ thứ 2 của quạt hoàn toàn được nghỉ làm việc trong ngày mỏ không làm việc, tương tự quạt số 1.

Phương pháp điều chỉnh chế độ làm việc của quạt trong ngày mỏ không làm việc như trên được tiến hành rất đơn giản và thuận lợi.

Phương pháp này sẽ góp phần tiết kiệm điện năng và giảm sức ép làm việc cho các quạt thành phần, vì chỉ cần 01 quạt trong bộ quạt thay phiên nhau làm việc.

4. Kết luận

1) Theo quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trong các mỏ than hầm lò (QCVN 01:2011/BCT) thì các quạt gió chính và quạt gió cục bộ phải làm việc liên tục suốt ngày đêm không ngừng nghỉ để đảm bảo đưa

một lượng gió nhất định vào mỏ, mặc dù trong một năm mỏ sẽ không làm việc tối thiểu 65 ngày, do nghỉ lễ tết. Thực tế hiện nay số ngày mỏ không làm việc có thể đạt tới 117 ngày (chiếm 32%) do nghỉ cả thứ 7 và chủ nhật.

2) Theo các số liệu thống kê chi phí điện năng phục vụ công tác thông gió, thoát nước của một mỏ than hầm lò có thể đạt tới trên 30% tổng lượng điện tiêu thụ của mỏ. Điều này cho thấy việc tiết kiệm điện trong công tác này có ý nghĩa rất lớn vào việc hạ giá thành một tấn than khai thác.

3) Kết quả nghiên cứu của chúng tôi trong những năm qua đã chứng minh rằng lượng gió cần đưa vào mỏ trong ngày mỏ không làm việc chỉ bằng 50% lượng gió cần trong ngày mỏ làm việc.

Thực tế này cho thấy, trong một năm nếu điều chỉnh chế độ làm việc của quạt gió chính cho phù hợp sẽ góp phần giảm đáng kể chi phí điện năng và kéo dài tuổi thọ của các quạt gió chính, do làm việc với công suất nhỏ hơn.

4) Kết quả nghiên cứu của chúng tôi đã chứng minh, hạ áp quạt cần làm việc trong ngày mỏ không làm việc bằng 1/4 (25%) hạ áp của quạt gió chính cần tạo ra trong ngày mỏ làm việc bình thường.

Chế độ làm việc này của quạt có thể đạt được khi sử dụng biến tần để giảm tốc độ vòng quay của quạt hoặc chỉ cho 1 động cơ quạt làm việc, còn động cơ thứ 2 sẽ dừng, đối với các quạt gió chính loại FBCDZ sản xuất tại Trung Quốc.

5) Chế độ làm việc của các quạt gió chính ở mỏ than hầm lò trong những ngày mỏ không làm việc, cần trực được tiếp tục nghiên cứu và đưa ra kiến nghị chính thức về sửa đổi để phù hợp với thực tế sản xuất, góp phần tiết kiệm điện năng là kéo dài tuổi thọ của các quạt gió chính.

Tài liệu tham khảo

Bộ Công thương, 2011. *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia trong khai thác than hầm lò*. Nhà xuất bản Lao động, Hà Nội.

Công ty Cổ phần phát triển khoa học xanh (KHX), 2016. *Báo cáo tổng kết công trình "Nghiên cứu kiểm toán mạng gió khu vực Hà Ráng – Công ty than Hạ Long – TKV và tính toán thông gió cho mỏ năm 2016"*. Hà Nội.

Trần Xuân Hà, Đặng Vũ Chí, Nguyễn Cao Khải, Nguyễn Văn Thịnh, 2014. *Giáo trình thông gió mỏ*. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.

Trần Xuân Hà, Lê Văn Thao, Đào Văn Chi, Nguyễn Hồng Cường, Lê Thanh Phương, Phan Quang Văn, Vũ Thái Tiến Dũng, Lê Tiến Dũng, Bùi Việt Hưng, Phùng Quốc Huy, 2019. *Cẩm nang thông gió mỏ hầm lò các đường hầm giao thông và quạt gió*. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.

Trung tâm Khoa học Công nghệ mỏ và Môi trường (TTM), 2019. *Báo cáo tổng kết đề tài "Khảo sát đánh giá hiện trạng thông gió và đề xuất các giải pháp thông gió hợp lý của Công ty than Quang Hanh"*. Hà Nội.

Trung tâm Khoa học Công nghệ mỏ và Môi trường (TTM), 2019. *Báo cáo tổng kết đề tài "Kiểm toán, điều chỉnh, phân phối mạng gió khu Lộ trí, Công ty than Thống Nhất-TKV, khi vận hành trạm quạt gió chính AVM-22"*. Hà Nội.

Trung tâm Khoa học Công nghệ mỏ và Môi trường (TTM), 2021. *Báo cáo tổng kết đề tài "Nghiên cứu xây dựng phương pháp xác định đường đặc tính hạ áp thực tế và đề xuất quy trình xác định chế độ làm việc hợp lý của quạt gió chính ở các mỏ than hầm lò thuộc TKV"*. Hà Nội.

Trường quản trị kinh doanh – Vinacomin (VBS), 2017. *Tài liệu bồi dưỡng nghiệp vụ công tác thông gió và quản lý khí mỏ*. Hà Nội.

Trương Quốc Quyền, 1999. *Thông gió và An toàn (tiếng Trung)*. NXB Đại học Mỏ và Công nghệ Trung Quốc.

ABSTRACT

Determining the required airflow during non-working days and the optimal operating mode of the main fan for underground coal mine

Dao Van Chi[1*,2], Tran Xuan Ha[3], Vu Thai Tien Dung[1,2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Research Group Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment (SDM)*
[3]*Vietnam Mining Science and Technology Association*

Currently, according to the prevailing regulations, the total number of working days in the mining industry is only 300 days, while the remaining 65 days are non-working. However, in reality, due to production demands at underground coal mines, mining operations may cease on Saturdays as well. This means that, in reality, the non-working days in underground mines often exceed 65 days (about 117 days if Saturdays are included). From the above reality, determining the required airflow during non-working days and the optimal operating mode of the main fan would contribute to reducing electricity costs associated with ventilation. Therefore, this paper presents the urgent need to adjust the working mode of the main ventilation fans in underground coal mines on non-working days to minimize electricity costs and prolong the lifespan of the main ventilation fans. This proposal is based on recent research results from the authors, which suggest that the general amount of air needed for underground coal mines on non-working days is, in most cases, only 50% of the air required on working days

Keywords: main fan; working mode; air consumption; total airflow

Đánh giá năng lực làm việc thực tế các quạt gió chính và đề xuất giải pháp cải tạo mạng gió ở mỏ than Nam Mẫu

Đào Văn Chi[1,2,*], Nguyễn Hồng Cường[1,2], Lê Quang Phục[1,2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững khoa học công nghệ mỏ và môi trường (SDM)*

TÓM TẮT

Hiện nay mỏ than Nam Mẫu đang sử dụng phương pháp thông gió hút với 02 trạm quạt gió chính đặt tại mức +279 (quạt FBDCZ-10-N^{0}3.5) và mức +210 (quạt 2K56-N^{0}18). Trong bối cảnh đáp ứng yêu cầu sản xuất của mỏ trong thời gian tới (mỏ phải đảm bảo sản lượng 2,1 triệu tấn/năm, đào mới khoảng 27.100 mét lò trong năm 2024 và trong tương lai gần), mỏ phải huy động tới 19 lò chợ vào sản xuất đồng thời, và chuẩn bị các diện khai thác bằng 43 đường lò với tổng chiều dài 4.225 mét. Trong khi đó mạng thông gió của mỏ hiện nay tương đối phức tạp, công tác xây dựng kế hoạch chuẩn bị diện khai thác còn nhiều bất cập với năng lực thông gió hiện tại; chất lượng thông gió cho một số lò chợ chưa thật đảm bảo do thiếu gió sạch bởi nguyên nhân thực hiện thông gió nối tiếp giữa các lò chợ. Ngoài ra, vấn đề rò gió chưa được khắc phục nên một lượng không nhỏ gió sạch không đến được nơi cần sử dụng. Do đó, một yêu cầu cấp bách hiện nay đối với mỏ than Nam Mẫu là đánh giá toàn diện về năng lực thiết bị thông gió cũng như sơ đồ hệ thống mạng gió mỏ để có phương hướng khắc phục kịp thời, đáp ứng yêu cầu về thông gió mỏ theo quy định.

Từ khóa: Quạt gió mỏ; sơ đồ thông gió; thông gió nối tiếp; kiểm định trạm quạt

1. Đặt vấn đề

Hiện nay mỏ than Nam Mẫu đang sử dụng phương pháp thông gió hút với 02 trạm quạt gió chính đặt tại mức +279 (quạt FBDCZ-10-N^{0}3.5) và mức +210 (quạt 2K56-N^{0}18). Theo kế hoạch sản xuất năm 2023 mỏ phải đảm bảo sản lượng 2,1 triệu tấn, đào mới khoảng 27.100 mét lò; để đảm bảo được sản lượng trên, cần phải khai thác 19 lò chợ, đào 43 đường lò với tổng chiều dài là 4.225 mét (Kế hoạch thông năm 2023, 2024). Nhìn chung mạng thông gió của mỏ hiện nay tương đối phức tạp; chất lượng thông gió cho một số lò chợ chưa thật đảm bảo do thiếu gió sạch hoặc hượng gió đi trong một số lò chợ không tuân thủ theo qui định đối với mỏ có khí nổ, do gió bẩn đi ngược từ trên xuống dưới hoặc còn tồn tại một số lò chợ phải thực hiện thông gió nối tiếp. Chất lượng thông gió của gương lò chuẩn bị chỉ đảm bảo tối thiểu về lượng gió sạch, song chất lượng các ống gió chưa tốt, để rò gió nhiều do bị thủng. Chất lượng các công trình thông gió cũng chưa đáp ứng nhu cầu vì rò gió còn khá lớn do khâu quản lý chưa thật tốt. Do vậy nội dung bài báo tiến hành "Đánh giá năng lực làm việc thực tế các quạt gió chính và đề xuất giải pháp cải tạo mạng gió ở mỏ than Nam Mẫu".

2. Đánh giá năng lực làm việc thực tế của các quạt gió chính ở mỏ than Nam Mẫu

2.1. Hiện trạng thông gió tại mỏ than Nam Mẫu

Hiện nay mỏ than Nam Mẫu đang khai thác 02 khu vực, với hiện trạng thông gió như sau:

2.1.1. Khu I:

Gió sạch đi vào từ cặp giếng nghiêng mức +125/-50, giếng gió +234 qua các lò dọc vỉa vận tải và các thượng thông gió vào thông gió cho các gương lò chợ, các gương đào lò và khu vực khấu than. Gió thải theo các lò dọc vỉa thông gió, xuyên vỉa, qua thượng thông gió V4 +125/+200 qua dọc vỉa 4 mức +200, qua khu vực rãnh gió mức +210 thoát ra ngoài nhờ trạm quạt hút đặt tại rãnh gió. mức +210 (quạt 2K56 - N^{o}18).

2.2.2. Khu II:

Gió sạch đi vào từ cặp giếng nghiêng mức +125/-50, giếng gió +234 qua các lò dọc vỉa vận tải và các thượng thông gió vào thông gió cho các lò chợ, gương lò đào các vỉa 5, 6, 6a, 7, 8, 9. Gió thải qua dọc vỉa thông gió, qua thượng thông gió mức -50/+125, qua xuyên vỉa 125-IIA, giếng gió +125/+279 thoát ra ngoài

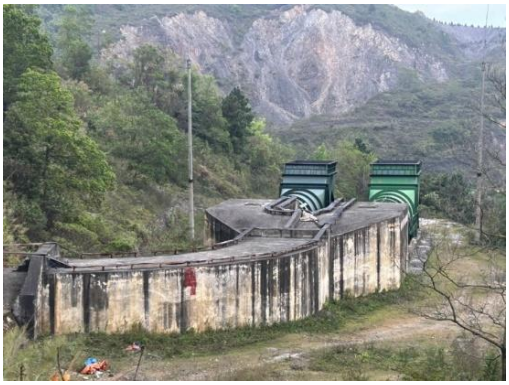
* *Tác giả liên hệ*
Email: daovanchi@humg.edu.vn

nhờ trạm quạt hút chính độc lập đặt tại Giếng gió +279 (quạt FBDCZ-10-N^{0}35).

Về mặt cấu tạo, bộ quạt được bố trí 02 quạt làm việc nối tiếp cạnh nhau. Quạt FBDCZ-10-N^{0}35 được lắp đặt và vận hành cách đây khoảng gần 10 năm. Các tủ điện và máy biến tần phục vụ cho mỗi quạt gió được bố trí riêng trong căn nhà cấp 4. Còn bản thân 2 quạt được bố trí ở ngoài trời như ở hình 1.

Đánh giá chung, các quạt gió và các tủ điện, tủ điều khiển của quạt hiện đang hoạt động bình thường, đáp ứng đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật.

Có thể khẳng định rằng hai trạm quạt gió chính hiện nay vẫn đảm bảo đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật để phục vụ công tác thông gió chung cho mỏ.



Hình 1. Hình dáng bên ngoài trạm quạt FBDCZ - 10 - N^{o}3.5



Hình 2. Hình dáng bên trong nhà che trạm quạt 2K56 - N^{o}18

2.2. Kết quả đánh giá năng lực làm việc thực tế các trạm quạt

2.2.1 Kết quả tính toán chế độ làm việc của các quạt gió chính theo phương pháp giải tích

Kết quả tính toán lượng gió cần cho mỏ cũng như chế độ làm việc cần có của các quạt gió chính theo phương pháp giải tích như sau:

Theo kết quả tính toán, phân phối lưu lượng gió yêu cầu bằng phần mềm cho các hộ tiêu thụ theo kế hoạch thông gió trong giai đoạn từ năm 2021-:- 2025; Tổng lưu lượng gió yêu cầu Q_M = 351 – 372 m^3/s; (khu Gốc Vạng có Q_M = 47,6 – 82,3 m^3/s); Hạ áp mỏ H_M = 313 – 344 mmH_2O; (khu Gốc Vạng có H_M = 313 – 330 mmH_2O).

Trong đó, giai đoạn năm 2022 là năm thông gió khó khăn nhất với Q_M = 372 m^3/s, H_M = 325 mmH_2O, được phân phối điều chỉnh mạng gió bằng phần mềm Vensim bởi 02 trạm quạt gió chính:

- Trạm quạt gió chính FBDCZ-N^{0}35 mức +279,5 là Q_q = 313/Q_M = 290 m^3/s; H_q = 342/H_M = 325 mmH_2O, quạt hoạt động ở góc lắp cánh +2,5^0. Trạm quạt mức +279,5 hiện có đủ cung cấp gió cho các hộ tiêu thụ ở khu I, II theo kế hoạch năm 2022;

- Trạm quạt gió chính 2K56-N^{0}18 mức +210 là Q_q = 45/Q_M = 82 m^3/s; H_q = 265/H_M = 265 mmH_2O. Trạm quạt mức +210 hiện không cung cấp đủ lưu lượng gió yêu cầu cho các hộ tiêu thụ ở khu Gốc Vạng theo kế hoạch năm 2022 (Trung tâm KHCN Mỏ và Môi trường, 2023)

Như vậy cho thấy trạm quạt mức +210 không thể đáp ứng công tác thông gió cho việc khai thác khu Gốc Vạng từ tầng -50/+125 cần có phương án khác cho phù hợp.

2.2.2 Kết quả tính toán chế độ làm việc của các quạt gió chính theo phương pháp đồ thị.

Trên đồ thị miền sử dụng công nghiệp của các quạt gió chính ta có chế độ làm việc hút của các quạt gió được ghi trong bảng 1.

Bảng 1. Chế độ làm việc của các quạt gió chính

Quạt gió / Chế độ làm việc	**2K56-N^{0}18**		**FBDCZ-10-N^{0}35**	
Lưu lượng gió, m^3/s	Min	39	Min	325,8
	Max	41	Max	330
Hạ áp quạt, mmH_2O	Min	245	Min	350,5
	Max	263	Max	365
Tốc độ vòng quay, vòng/ph	1000		580	
Góc lắp cánh	35^0		+2,5^0	

2.2.3 Kết quả kiểm toán chế độ làm việc của các quạt gió chính

Bảng 2. Kết quả kiểm toán chế độ làm việc của quạt

Quạt gió / Chế độ làm việc	2K56-N$_0$18	FBDCZ-10-N$_0$35
Lưu lượng gió, m^3/s	36	309
Hạ áp quạt, mmH_2O	173,33	253,33
Tốc độ vòng quay, vòng/ph	1000	580
Góc lắp cánh	35^0	$+2,5^0$

Phân tích các số liệu trình bày ở trên có thể rút ra những nhận xét sau:

- Đối với quạt 2K56-N^{0}18 lượng gió tạo ra chỉ là 36 m^3/s, so với giá trị tính toán bằng phương pháp đồ thị thì ít hơn 3 ÷ 5 m^3/s (Trung tâm KHCN Mỏ và Môi trường, 2023)..

Còn nhu cầu cung cấp gió của quạt khi tính theo phương pháp giải tích cũng nhỏ hơn 9 m^3/s.

Lượng gió cần thông gió của khu vực mỏ mà quạt phụ trách là 82 m^3/s. Như vậy, có thể khẳng định quạt không đủ năng lực đáp ứng nhu cầu thông gió cho khu mỏ do quạt phụ trách. Thực tế quạt chỉ đáp ứng khoảng 44% lượng gió cần cho khu vực.

- Đối với quạt FBDCZ-10-N^{0}35, lượng gió hiện tạo ra là 309 m^3/s. Lượng gió này so với nhu cầu khi tính toán theo phương pháp giải tích cũng chỉ đạt 98,72% (309 m^3/s chia cho 313 m^3/s). Còn so với nhu cầu khi tính theo phương pháp đồ thị thì đạt 94,84% (309 m^3/s chia cho 325,8 m^3/s) đối với lượng gió nhỏ nhất và đạt 93,92 (309 m^3/s chia cho 330 m^3/s).

Như vậy, lượng gió hiện quạt FBDCZ-10-N^{0}35 tạo ra chỉ đạt 94,84% ÷ 98,72% so với nhu cầu cần cung cấp cho khu mỏ.

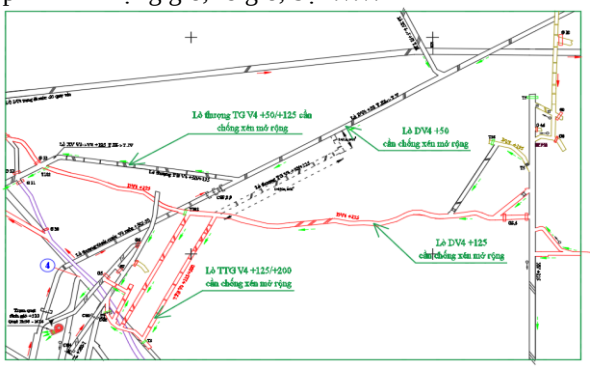
Phân tích thực tế trên ta nhận thấy quạt 2K56-N^{0}18 quá yếu, không còn đủ khả năng đáp ứng nhu cầu cung cấp gió cho khu mỏ mà quạt phụ trách. Còn quạt FBDCZ-10-N^{0}35 có thể đáp ứng nhu cầu thông gió cho khu mỏ, đặc biệt khi một số đường lò được cải tạo để giảm sức cản của một số đoạn đường lò.

3. Đề xuất *giải pháp cải tạo mạng gió ở mỏ than Nam Mẫu*

3.1. Đánh giá mức độ khó khăn thông gió các khu vực khai thác mỏ than Nam Mẫu

Theo kế hoạch khai thác trong 5 năm tới, diện khai thác ngày càng mở rộng ra biên giới ruộng mỏ sang cánh Bắc, Cánh Đông thuộc Khu I (được giới hạn từ đứt gãy F.LD đến ranh giới phía Đông của mỏ, (gọi là khu Gốc Vạng). Năm 2023 sản lượng khu Gốc Vạng dự kiến là 0,15÷0,16 triệu tấn (với 1÷2 lò chợ khai thác đồng thời); trong giai đoạn từ năm 2022÷2025 tăng lên 0,15÷0,37 triệu tấn (với 1÷2 lò chợ dây diều, 2÷3 gương khấu buồng, 2÷3 lò chợ ngang nghiêng khai thác đồng thời); hệ thống thông gió ngày càng phức tạp, sức cản của mỏ lớn, nguyên nhân là do các đường lò chính mức thông gió nằm gần khu vực đã khai thác, điều kiện địa chất không ổn định có nhiều đứt gãy, phay phá nên thường xuyên bị nén lún không đủ tiết diện phục vụ công tác thông gió, vận tải, đi lại. Do vậy Công ty thường xuyên phải xén mở rộng tiết diện đường lò, khối lượng mét lò xén hàng năm lớn; đặc biệt có những đường lò trong năm phải xén lại tới 3 lần.

Do hệ thống đường lò nén lún nhiều, tiết diện lò hẹp, tiến độ xén mở rộng tiết diện đường lò không kịp (mỗi đường lò chỉ bố trí được tối đa 02 khớp xén đồng thời); đặc biệt là các đường lò bị nén lún phải xén nhiều lần trong năm (gồm lò DV4 đá +50 có chiều dài 420m, lò DV4+125 có chiều dài 120 mét, lò DV5 mức +50 có chiều dài 350 mét, lò thượng thông gió V4 mức +50/ +125 dài L=200m, lò thượng thông gió V4 mức +125/+200 dài 150m. Tuy nhiên các đường lò trên thường xuyên bị nén hẹp tiết diện và phải xén sửa thường xuyên, tiết diện hiện tại duy trì nhiều đoạn từ 3,5÷5,0m^2. Bên cạnh đó trong quá trình khai thông một số tệp vỉa không có đường lò thông gió, vận tải riêng biệt cho các lò chợ, sơ đồ thông gió phức tạp ảnh hưởng đến việc phân phối lưu lượng gió, rò gió, bụi .v.v.



Hình 3. Vị trí các đường lò thông gió gặp khó khăn cần cải tạo mở rộng diện tích do bị nén bẹp

Để cung cấp đủ gió cho các hộ tiêu thụ, Công ty đã điều chỉnh phân phối lại mạng gió để điều tiết gió từ các hộ tiêu thụ tại cánh Bắc, khu Gốc Vạng từ trạm quạt +210 sang trạm quạt +279,5 nhưng không thể thực hiện được dẫn đến phải lập biện pháp lắp đặt 07 trạm quạt phụ ở trong lò để cung cấp đủ lưu lượng gió yêu cầu cho các hộ tiêu thụ ở lò chợ theo kế hoạch năm 2023.

Việc cải tạo lại mạng thông gió phục vụ khai thác than khu Gốc Vạng thuộc dự án khai thác hầm lò phần lò giếng mỏ than Nam Mẫu nhằm cung cấp đủ lưu lượng gió yêu cầu cho các hộ tiêu thụ năm 2023 và các năm tiếp theo đảm bảo an toàn, cải thiện điều kiện vi khí hậu, giảm chi phí điện năng là vấn đề cấp thiết.

Để nâng cao hiệu quả thông gió đảm bảo an toàn mỏ cần quan tâm giải quyết hai vấn đề cơ bản sau:

- Cải tạo lại hướng gió ra trạm quạt 2K56 N^{0}18/2x140 mức +200, bởi vì gió thải khu vực mức +50, khu vực trung tâm và cánh Đông của mỏ hiện tại một phần đi lên mức +125 lên trạm quạt +200, một phần đang kéo sang phía trạm quạt +279. Việc liên thông mạng gió có ảnh hưởng đến hiệu suất của các trạm quạt, giằng gió, công tác thông gió không hiệu quả. Bên cạnh đó do các đường lò dẫn gió từ mức +50/+125 và +125/+200 lên trạm quạt +200 đã nén hẹp tiết diện.

- Cải tạo lại việc thải gió cho các lò chợ do quá trình khai thông một số tệp vỉa không có đường lò thông gió, vận tải riêng biệt cho các lò chợ, sơ đồ thông gió phức tạp ảnh hưởng đến việc phân phối lưu lượng gió, rò gió, bụi nên phải đào thêm các đường lò khai thông hoặc bố trí hướng gió thải đi ra thành các đường riệng biệt nhập vào luồng gió thải chung của cánh mỏ hoặc toàn mỏ nhằm hạn chế tối đa các trạm quạt phụ trong các lò chợ.

3.2. Đề xuất các phương pháp cải tạo mạng gió mỏ than Nam Mẫu

Để đảm bảo thông gió cho mỏ, nội dung bài báo đề xuất các phương án như sau:

3.2.1. Phương án 1:

a) Cải tạo đường lò hướng gió ra trạm quạt:

- Mục đích: cải tạo các đường lò đưa luồng gió thải khu vực mức +50 (khu vực trung tâm và cánh đông của mỏ) lên trạm quạt gió chính mức +200 liên hợp với luồng gió sang phía trạm quạt +279.

- Hướng gió đi ra trạm quạt: Để bảo đảm hiệu quả thông gió cho các lò chợ tránh lắp đặt các trạm quạt phụ ở luồng gió thải lò hút ra khỏi lò chợ, lò cụt, hầm trạm đảm bảo an toàn. Các vị trí đường lò được cải tạo như sau: Cải tạo bằng cách chống xén, mở rộng tiết diện đường lò bao gồm lò DV4 đá +50 có chiều dài 420m, lò DV4+125 có chiều dài 120 mét, lò DV5 mức +50 có chiều dài 350 mét, lò thượng thông gió V4 mức +50/+125 dài L=200m, lò thượng thông gió V4+125/+200 dài 150m DV4 +125 nối từ xuyên vỉa +125 đến thượng thông gió V4 +125/+200 để hút gió lên trạm quạt +210 (2K56 N^{o}18).

b) Cải tạo sơ đồ thông gió hiện tại của các lò chợ

- Mục đích: Tách riêng các luồng gió thải đi ra từ các lò chợ đưa các luồng gió này nhập vào các luờng gió của các cánh mỏ hoặc của mỏ nhằm hạn chế tối đa và không còn các trạm quạt phụ lắp đặt trong các lò dọc vỉa thông gió các lò chợ .

- Để đạt mục tiêu này phải khai thông ngay các đường lò có thể cho luồng gió thải đi ra từ các lò chợ .

- Thi công lò thượng thông gió vận tải V8 đá -50/+15 – chiều dài L= 130m để gió sạch cấp cho 02 lò chợ V9 +10/+125 và 02 lò chợ V8 +15/+125 được dẫn từ mức -50 bằng lò thượng nghiêng V9-50/+125, tiết diện một số vị trí đã bị nén hẹp S= 8 -:-10m^2. Đường lò này đang là thượng rót than chính của 4 lò chợ. Công tác thông gió, phân phối gió cho khu vực lò chợ gặp nhiều khó khăn, đang sử dụng 02 trạm quạt phụ. Ưu tiên dẫn gió sạch từ mức -50 lên cấp gió cho các lò chợ khu vực V8 +15/+125 (lò chợ I-8-1, I-8-2, I-8-2B), loại bỏ 01 trạm quạt phụ.

- Thi công lò thượng nối thông gió vận tải của lò chợ III-9-3 – chiều dài L= 100m: Tách dẫn luồng gió sạch từ mức -50 lên lò V8 lên lò nối vào cấp gió cho lò chợ III-9-3 GĐ3. Gió thải lò chợ đi qua các đường lò dẫn gió vỉa 9 ra ngoài. Tách biệt đường thông gió sạch và gió thải khu vực lò chợ, đảm bảo gió thải không nhập vào gió sạch để thông gió tiếp cho các khu vực khác.

3.2.2. Phương án 2:

a) Cải tạo đường lò hướng gió ra trạm quạt

- Mục đích: cải tạo các đường lò đưa luồng gió thải khu vực mức +50 (khu vực trung tâm và Cánh Đông của mỏ) lên trạm quạt gió chính mức +200 liên hợp với luồng gió sang phía trạm quạt +279.

- Hướng gió đi ra trạm quạt: Để bảo đảm hiệu quả thông gió cho các lò chợ tránh lắp đặt các trạm quạt phụ ở luồng gió thải lò hút ra khỏi lò chợ, lò cụt, hầm trạm đảm bảo an toàn. Các vị trí đường lò được cải tạo như sau: Cải tạo bằng cách đào mới lò thượng thông gió V4 trong đá +50/+125 chiều dài L=160m; xén lò DV4 +50 chiều dài L=300m thay cho cải tạo các đường lò theo phương án 1.

b) Cải tạo sơ đồ thông gió hiện tại của các lò chợ

Việc cải tạo các đường lò nhằm đáp ứng yêu cầu thông gió các lò chợ được thực hiện như phương án 1.

3.2.3. Lựa chọn phương án thông gió

Căn cứ vào hai phương án nêu trên ta thấy chúng chỉ khác nhau là phương án 1 chống xén lại các đường lò

đã nêu trên và phương án 2 đào lò thượng đá +50/+125 chiều dài L=160m. Công tác chống xén của phương án 1 với chiều dài các đường lò đã bị nén bẹp có thể được cải tạo duy trì cho đến khi dự án khai thác tầng -50 ÷ -200 thuộc dự án khai thác hầm lò phần lò giếng mỏ than Nam Mẫu được đưa vào sản xuất mà không phải đào lò như phương án 1. Dự án khai thác tầng -50 ÷ -200 sẽ thực hiện xong trong nửa đầu năm 2024 và khi đó trạm quạt 2K56-$N^0$18 mức +210 sẽ dừng hoạt động nên việc đào lò thượng đá +50/+125 chiều dài L=160m không còn cần thiết. Do đó đề tài chọn phương án 2 để tính toán.

4. Kết luận

1- Mỏ than Nam Mẫu hiện đang được thông gió nhờ 2 trạm quạt gió hút đặt tại mức +210 và 279. Năng lực quạt 2K56-$N_0$18 tại mức +210 không đủ năng lực đáp ứng nhu cầu. Mạng gió hiện tại khá phức tạp, chất lượng thông gió chung cho mỏ chưa đáp ứng nhu cầu. Vì vậy, mạng gió cần được cải tạo để đáp ứng nhu cầu thông gió.

2- Kết quả kiểm định năng lực các trạm quạt gió chính cho thấy chỉ có trạm quạt FBDCZ-10-$N^0$35 đáp ứng được nhu cầu thông gió cho mỏ, còn quạt 2K56-$N^0$18 quá yếu cần được thay thế bằng quạt có năng lực lớn hơn (sớm lắp đặt trạm quạt quạt mới FBCDZ-8-$N_0$24).

3- Để đưa hệ thống thông gió hoạt động ổn định, hiệu quả:

a) Trong giai đoạn từ năm 2023 đến năm 2024 phải chống xén và đào các đường lò mới nhằm từng bước loại bỏ các trạm quạt cục bộ lắp đặt tại 07 lò chợ đang khai thác gồm:

+ Chống xén, mở rộng tiết diện đường lòlò DV4 đá +50 có chiều dài 420m, lò DV4+125 có chiều dài 120 mét, lò DV5+50 có chiều dài 350 mét, lò thượng TGV4 mức +50/+125 dài L=200m, lò thượng TGV4+125/+200 dài 150m DV4 +125 nối từ xuyên vỉa +125 đến thượng thông gió V4 +125/+200 để hút gió lên trạm quạt +210 (2K56 N^o18).

+ Đào lò thượng thông gió vận tải V8 đá -50/+15, chiều dài L= 130m để gió sạch cấp cho 02 lò chợ V9 +10/+125 và 02 lò chợ V8 +15/+125 được dẫn từ mức -50 bằng lò thượng nghiêng V9-50/+12.

+ Đào lò thượng nối thông gió vận tải LC III-9-3 – chiều dài L= 100m: Tách dẫn luồng gió sạch từ mức -50 lên lò V8 lên lò nối vào cấp gió cho lò chợ III-9-3 GĐ3.

b) trong những năm tới để đảm bảo công suất theo thiết kế nên đào thêm đường lò tiến trước cho khu vực khai thác lò chợ LC I – 6- 1, nối từ dọc vỉa thông gió mức -85 xuống mức -100.

Các đường lò thông gió và vận tải cho các lò chợ phải tăng tiết diện ít nhất 8m^2 (thiết kế 6m^2 trừ lò thông gió và vận tải cho lò chợ cơ giới hóa LC–I-6-8 trên 8m^2) vì các đường lò này được đặt băng tải, goòng chuyên chở vật liệu cùng với với áp lực theo thời gian làm giảm tiết diện sử dụng.

4- Thông gió khi đào các đường lò dài sử dụng ống gió dài 20m tránh rò gió làm tăng hạ áp và lưu lượng quạt cũng như tăng công suất động cơ gây lãng phí điện năng và đầu tư quạt công suất lớn.

Tài liệu tham khảo

Bộ công thương- "*Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trong khai thác than hầm lò (QCVN 01:2011/BCT)".* Nhà Xuất bản Lao động, Hà Nội-2011.

Công ty cổ phần Tư vấn Đầu tư Mỏ và Công nghiệp – Vinacomin. *"Quy hoạch phát triển ngành than Việt Nam đến năm 2020 có xét triển vọng đến 2030"*. Tập I – Thuyết minh, Hà Nội – 2012".

Công ty cổ phần tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp – Vinacomin – *"Dự án khai thác hầm lò phần lò giếng mỏ than Nam Mẫu"* Hà Nội - 2023.

Công ty than Nam Mẫu – TKV. "*Đánh giá hiện trạng hệ thống thông gió mỏ trong quí IV – 2022".*

Trung tâm KHCN Mỏ và Môi trường. "*Kiểm định mạng gió, đánh giá hiệu quả thông gió, đề xuất các giải pháp cải tạo mạng gió năm 2023 ÷ 2025 và nghiên cứu đề xuất các phương án phun sương dập bụi trong khai thác, vận tải ở mỏ than Nam Mẫu*", Hà Nội năm 2023.

Trần Xuân Hà và nnk. Giáo trình "*Thông gió mỏ*" – Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật. Hà Nội -2014.

Trần Xuân Hà (Chủ biên) và nnk. "An toàn vệ sinh lao động trong khai thác mỏ hầm lò". Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội, 11/2012.

Trần Xuân Hà và nnk. Báo cáo tổng kết công trình *"Kiểm định các trạm quạt gió chính, đảo chiều gió, xác định chế độ làm việc hợp lý của các trạm quạt Công ty than Nam Mẫu – TKV*". Hà Nội – 2016.

Trần Xuân Hà và nnk. "*Giáo trình thông gió mỏ*". Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật Hà Nội – 2015.

Kế hoạch thông gió Quý I, II, III năm 2023, và năm 2024 Công ty than Nam Mẫu - TKV.

K.Z. Usakov và nnk- *Thông gió mỏ (Bản tiếng Nga),* Nhà xuất bản Nedra- 1989.

ABSTRACT

Evaluation of actual working capacity of main fans and proposed solutions to improve the wind network in Nam Mau coal mine

Dao Van Chi[1*,2], Nguyen Hong Cuong[1,2], Le Quang Phuc[1,2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2] *Research Group Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment (SDM),*

Currently, Nam Mau coal mine is using the suction ventilation method with 02 main fan stations located at level +279 (fan FBDCZ-10-N03.5) and level +210 (fan 2K56-N018). In the current production context and future ventilation requirements of Nam Mau coal mine (output of 2.1 million tons/year, about 27,100 meters of roadways built in 2024 and shortly), 19 longwall faces must be implemented simultaneously, and 4,225 meters of roadways must be newly built for the next mining area. Meanwhile, the complexity of the mine ventilation network has not been resolved following the annual production plan; the longwall faces lack fresh air because they are implemented according to the principle of serial ventilation. In addition, the second cause is the loss of fresh air in the tunnel system that has not been treated. Therefore, a comprehensive assessment of the capacity of ventilation equipment and mine ventilation network system must be carried out at the Nam Mau coal mine. The research results will be the basis for developing timely solutions to meet mine ventilation requirements according to regulations.

Keywords: Mine ventilation fan; ventilation network; serial ventilation; fan station inspection

Các giả thuyết áp lực mỏ hầm lò và phạm vi ứng dụng

Lê Tiến Dũng[1,2*], Vũ Trung Tiến[1,2], Lê Quang Phục[1,2], Đinh Thị Thanh Nhàn[1,2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)*

TÓM TẮT

Các giả thuyết áp lực mỏ đóng vai trò quan trọng trong việc giải thích sự tái phân bố áp lực mỏ-nguyên nhân cố lõi của các hiện tượng mất ổn định cơ học trong hoạt động khai thác khoáng sản hầm lò. Các giả thuyết có lịch sử phát triển lâu đời dựa trên nền tảng cơ học kết cấu và không ngừng được cập nhật, bổ sung tri thức mới. Nội dung bài báo trình bày một đánh giá tổng quan có hệ thống các giả thuyết áp lực mỏ kinh điển và việc ứng dụng chúng vào tính toán trong thực tế sản xuất. Các kết quả đánh giá làm rõ được bản chất, đặc điểm cũng như phạm vi ứng dụng của các giả thuyết áp lực mỏ. Các kết quả đạt được làm nền tảng giúp kĩ sư mỏ/đơn vị tư vấn lựa chọn lý thuyết tính toán phù hợp với thực tiễn, từ đó đề xuất các giải pháp kĩ thuật điều khiển áp lực mỏ an toàn, hiệu quả.

Từ khóa: Áp lực mỏ; Dầm công xôn; Dầm gối; Dầm vòm; Vòm cân bằng tự nhiên; Lăng trụ trượt

1. Đặt vấn đề

Theo Qian, Shi, Zou, and Xu (2003), do kỹ thuật mỏ liên quan đến trường ứng suất của đá gốc trong quá trình hình thành đá và tính chất phức tạp của khối đá, con người có nhiều cách khác nhau để giải thích hiện tượng áp lực mỏ trong lò chợ. Các cách giải thích này (thường là suy đoán hoặc khái quát hóa khoa học cho thấy mối liên hệ bên trong của hiện tượng áp lực mỏ) được gọi là các giả thuyết áp lực mỏ. Giả thuyết áp lực mỏ có ý nghĩa định hướng cho việc điều khiển đất đá xung quanh khu vực khai thác.

Theo Đỗ and Vũ (2008), áp lực mỏ là các lực trong đá mỏ xung quanh hầm lò tác động lên vì chống, khối đá nguyên, trụ than, khối đá chèn… và được gây ra bởi trọng lực của đá mỏ. Việc hiểu đúng bản chất hình thành áp lực mỏ là điều kiện tiên quyết để lựa chọn các giải pháp điều khiển áp lực mỏ phù hợp, đảm bảo an toàn sản xuất trong mỏ hầm lò. Khác với các vật liệu nhân tạo, đất đá trong tự nhiên có các đặc tính không đồng nhất, không liên tục, bất đẳng hướng và không đàn hồi. Việc giải thích đặc điểm và lượng hóa áp lực mỏ, do đó, cũng phức tạp và phải vận dụng nhiều giả thuyết áp lực mỏ khác nhau. Về cơ bản các giả thuyết áp lực mỏ được xây dựng dựa trên các nguyên lý cơ học kết cấu (structural engineering principles). Mặc dù cùng dựa trên lý thuyết dầm cổ điển (Euler-Bernoulli) cho phép tính toán tải trọng và chuyển vị, các nguyên lý cơ học kết cấu khác nhau đã được vận dụng để giải thích đặc điểm áp lực mỏ hình thành trong các điều kiện địa chất mỏ đa dạng. Ở Việt Nam, các giả thuyết áp lực mỏ kinh điển từ Liên Xô cũ đã sớm được vận dụng vào công tác điều khiển áp lực mỏ. Tuy nhiên, trong bối cảnh điều kiện khai thác ngày càng khó khăn như hiện nay, việc áp dụng các lý thuyết trên cần hết sức cẩn thận do các giả định đơn giản hóa của giả thuyết có thể không còn phù hợp. Việc việc hiểu đúng đắn và có hệ thống về các giả thuyết này là hết sức cần thiết để kĩ sư mỏ có thể vận dụng phù hợp với thực tế. Nội dung bài báo trình bày một đánh giá có hệ thống về đặc điểm và phạm vi áp dụng của các giả thuyết áp lực mỏ kinh điển. Các lý thuyết áp lực mỏ gần đây từ khoa học mỏ phương Tây cũng được đánh giá để làm rõ mối liên hệ với các giả thuyết kinh điển vốn xuất phát từ các nước xã hội chủ nghĩa. Các kết quả của bài báo làm nền tảng giúp kĩ sư mỏ/đơn vị tư vấn lựa chọn lý thuyết tính toán phù hợp với thực tiễn, từ đó đề xuất các giải pháp kĩ thuật điều khiển áp lực mỏ an toàn, hiệu quả.

2. Cơ sở lý thuyết áp lực mỏ

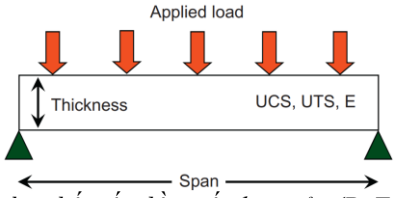
Cơ sở lý thuyết của áp lực mỏ là các nguyên lý kỹ thuật kết cấu như được trình bày dưới đây.

2.1. Dầm gối (dầm đỡ) đơn giản (simply supported beam)

Dầm (beam) là kết cấu chịu lực (chịu tải) ngang theo chiều dài (Galvin, 2016). Dầm gối đơn giản là kết cấu chịu lực chỉ có thể có chuyển động xoay mà không thể chuyển động tịch tiến tại điểm đặt lực. Một

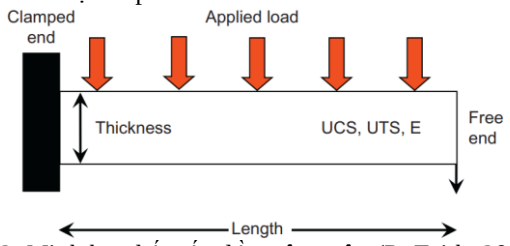
* *Tác giả liên hệ*
Email: t.d.le@humg.edu.vn

minh họa kết cấu dầm gối đơn giản thể hiện trong Hình 1. Khả năng chịu tải của dầm được xác định bởi chiều dài (span), chiều dày (thickness), và tính chất cơ học vật liệu dầm (UCS, UTS, E). Lý thuyết dầm gối đơn giản giúp giải thích vai trò quan trọng của dạng hình học dầm (ví dụ các lớp đá nằm ngang bên trên khoảng trống khai thác) tới sự ổn định chính nó. Chú ý rằng trong mỏ hầm lò các dầm đá không chỉ chịu mỗi lực tác động thẳng đứng mà còn chịu lực tác động ngang, cũng như có nhiều cách thức đặt lực (end constraint) khác nhau: ngàm (clamped), khớp/bản lề (hinged), hay trục lăn/ngàm trượt (roller). Một ứng dụng của lý thuyết dầm trong nghiên cứu vị trí và bước tải trọng động được trình bày trong Gray and Gibbons (2023).



Hình 1. Minh họa kết cấu dầm gối đơn giản (R. Frith, 2017)

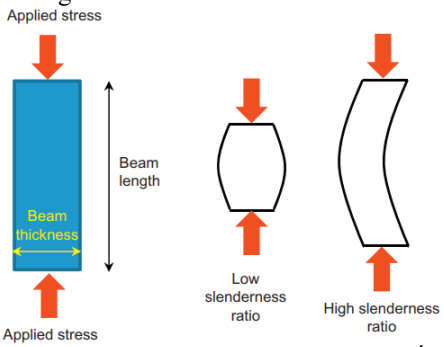
Một dạng đặc biệt của dầm gối đơn giản là dầm công xôn (Hình 2). Một đầu của dầm được ngàm còn đầu kia là tự do. Chiều dài ngàm lớn nhất được xác định trên độ bền kéo của vật liệu dầm, chiều dày dầm, và lực tác dụng trên một mét dài dầm. Dầm công xôn được ứng dụng rộng rãi trong khai thác mỏ để tính toán chiều dày và bước sập đổ vách trực tiếp.



Hình 2. Minh họa kết cấu dầm công xôn (R. Frith, 2017)

2.2. Cột chịu tải (nén) đúng tâm (axially loaded column)

Cột chịu nén đúng tâm, như tên gọi, là kết cấu dầm mà lực nén (tải) đi qua trọng tâm của kết cấu (Galvin, 2016). Tùy thuộc vào cách thức đặt lực và độ mảnh cột mà cột có thể biến dạng khác nhau. Về cơ bản, độ mảnh cột (tỉ số chiều dài cột trên bán kính hồi chuyển/bán kính quán tính (gyration)) thấp gây ra biến dạng đều (nở hông), còn độ mảnh cao gây ra biến dạng oằn (Euler buckling) (Hình 3). Bản chất của biến dạng oằn là sự mất ổn định đàn hồi (elastic instability). Lý thuyết cột chịu nén đúng tâm đã được ứng dụng vào giải thích sự mất ổn định lớp gương than thẳng đứng (R. C. Frith, 2015). Chú ý rằng với các cách thức đặt lực khác nhau thì độ biến dạng oằn cũng khác nhau.



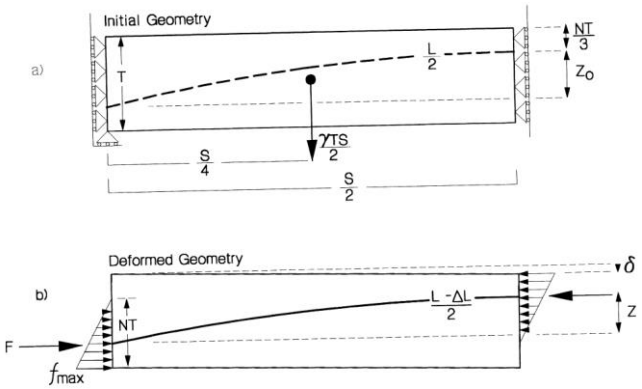
Hình 3. Minh họa cột chịu nén đúng tâm và biến dạng

2.3. Dầm vòm (voussoir beam hoặc linear arch)

Lý thuyết dầm vòm ra đời để giải thích sự ổn định các kết cấu mà nếu đánh giá theo lý thuyết dầm cổ điển thì cho kết quả thấp hơn thực tế (Galvin, 2016). Cụ thể, một cấu trúc dầm chứa các nứt nẻ thẳng đứng sẽ hình thành sự ép ngang tại các biên giới khi dầm võng xuống. Sự ép này hình thành vòm áp lực ổn định bên trong giúp dầm chịu được tải trọng (trọng lượng chính nó và khối đá bên trên, nếu có) lớn hơn so với tính toán bằng lý thuyết dầm đơn giản. Một minh họa kết cấu dầm vòm được thể hiện trong Hình 4. Lý thuyết dầm vòm sớm được ứng dụng vào giải thích sự ổn định các tầng đá phân lớp chứa nứt nẻ bên trên

vùng đã khai thác (Sofianos, 1996). Brady and Brown (2004) đã tổng hợp các đặc điểm quan trọng của dầm vòm trong môi trường đá nứt nẻ như sau:

- Tầng đá không thể mô tả như dầm liên tục đàn hồi bởi biểu hiện của tầng bị chi phối bởi các khối (voussoirs) hình thành từ các nứt nẻ tự nhiên hoặc khe nứt ngang thứ sinh.
- Biểu hiện tầng đá được xác định bởi sự ép ngang sinh ra bởi sự lệch dầm dưới trọng lượng khối đá.
- Dầm vòm biểu hiện một cách đàn hồi trong giới hạn cho phép.
- Dầm có tỉ số chiều dài trên chiều dày lớn thì có thể biến dạng oằn.
- Dầm có tỉ số chiều dài trên chiều dày trung bình hoặc độ bền vật liệu đá thấp có thể phá hủy ở dạng vỡ vụn (crushing) hoặc lở (spalling) tại tâm hoặc biên giới dầm.



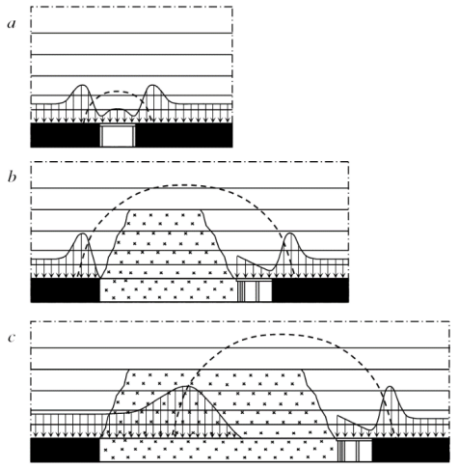
Hình 4. Minh họa nửa dầm vòm (Diederichs & Kaiser, 1999)

3. Các giả thuyết áp lực mỏ

3.1. Vòm cân bằng tự nhiên

Quan sát thực tế khi đào lò cho thấy sự tồn tại của một vòm áp lực cân bằng tự nhiên mà bên trên nó, áp lực từ các tầng đá vách được mặt vòm tiếp nhận rồi truyền xuống chân vòm, gây ra áp lực tựa ở phía trước và phía sau đường lò. Bên dưới mặt vòm, áp lực từ khối đất đá được vì chống tiếp nhận và truyền xuống nền lò. Theo Qian et al. (2003), giả thuyết vòm cân bằng tự nhiên được đề xuất bởi người Đức là W. Hack và G. Gillitzer vào năm 1928. Ở Việt Nam giả thuyết vòm cân bằng tự nhiên thường được áp dụng cho thiết kế đào lò theo mô hình của các nhà khoa học Liên Xô cũ là Protodiakonov hoặc Tsimbarevich (Đỗ and Vũ, 2008). Lưu ý rằng theo lý thuyết này, các khối đá bên trong vòm dù không chịu áp lực thẳng đứng từ các tầng đá bên trên nhưng vẫn tiếp nhận các áp lực ngang hình thành bởi cơ chế ứng suất mỏ.

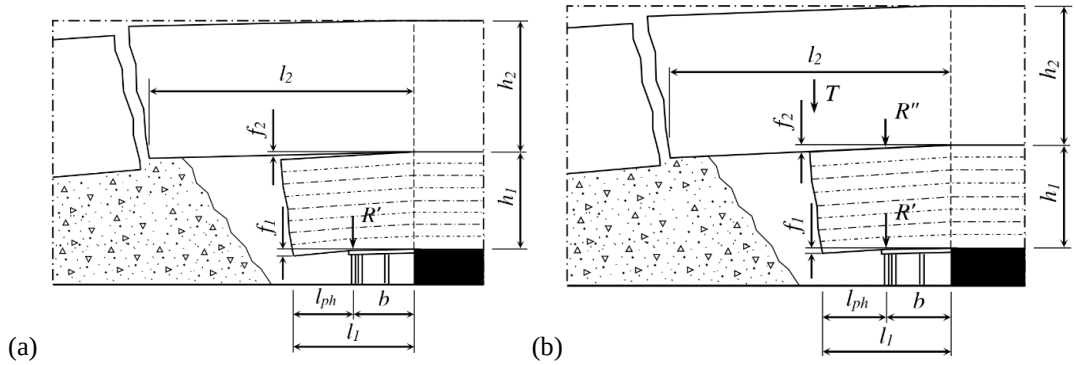
Hình 5 minh họa vòm cân bằng tự nhiên cho quá trình hình thành lò chợ từ lò cắt tới khai thác thường kỳ. Cần chú ý rằng lý thuyết này khi áp dụng cho lò chợ sẽ không còn đúng nếu sự sập đổ và dịch động đất đá lan truyền tới mặt đất. Có thể thấy giả thuyết vòm cân bằng tự nhiên có bản chất giống với lý thuyết dầm vòm (voussoir beam) của các nhà khoa học phương Tây nêu ở trên. Gần đây, các tác giả Le, Oh, Hebblewhite, Zhang, and Mitra (2018) vận dụng lý thuyết dầm vòm để giải thích sự ổn định và sập đổ ban đầu của vách cơ bản trong lò chợ cơ giới hóa hạ trần.



Hình 5. Vòm cân bằng tự nhiên khi
(a) tạo lò cắt, (b) phá hỏa ban đầu và (c) khai thác thường kỳ (Đỗ & Vũ, 2008)

3.2 Dầm công xôn

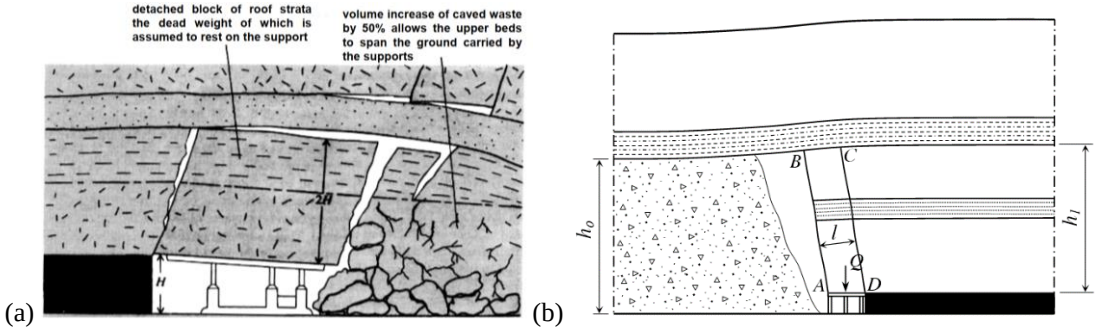
Giả thuyết dầm công xôn được K. Stoke của Đức đề xuất vào năm 1916 và sau đó được I. Friend của Vương quốc Anh, Gelman của Liên Xô cũ và những người khác ủng hộ (Qian et al., 2003). Còn theo Đỗ and Vũ (2008), giả thuyết dầm công xôn được đề xuất bởi các giáo sư Slesarev và Cuznhesov của Liên Xô cũ. Giả thuyết dầm công xôn cho rằng khi tầng đá vách lò chợ đủ dài thì nó sẽ biểu hiện như những tấm dầm công xôn. Tấm dầm có một đầu được ngàm chặt trong khối nguyên trước gương lò chợ, và đầu còn lại thì treo tự do bên trên khoảng trống khai thác, hoặc tựa lên vì chống lò. Tùy thuộc các tính chất lớp đá vách trực tiếp và vách cơ bản, có hai trường hợp xảy ra. Thứ nhất, độ võng dầm vách trực tiếp lớn hơn độ võng dầm vách cơ bản theo tuyến gãy của vách trực tiếp (Hình 6a). Áp lực tác dụng lên vì chống lò chợ chủ yếu gây ra bởi vách trực tiếp. Thứ hai, khi độ võng dầm vách trực tiếp nhỏ hơn độ võng dầm vách cơ bản, áp lực tác dụng lên vì chống lò chợ gây ra bởi cả vách trực tiếp và vách cơ bản.



Hình 6. Sơ đồ tính áp lực mỏ theo giả thuyết dầm công xôn

3.3. Lăng trụ trượt (detached block)

Giả thuyết lăng trụ trượt được xây dựng để thiết kế vì chống lò chợ, được đề xuất bởi Kuznetsov của Liên Xô cũ từ năm 1950 đến 1954 (Qian et al., 2003). Theo đó, trong trường hợp (i) lò chợ không ở quá sâu và vòm cân bằng tự nhiên không xuất hiện và/hoặc (ii) vách cơ bản lò chợ là vách nặng trong khi vách trực tiếp dày ít nứt nẻ, vì chống lò chợ sẽ chỉ chịu tải trọng từ khối lăng trụ trượt (tách) ngay bên trên vì. Trong điều kiện mỏ ở Vương quốc Anh, chiều cao khối lăng trụ bằng hai lần (Hình 7a (Whittaker, 1974)), hoặc 4–6 lần chiều cao khai thác (Wilson, 1975). Ở Việt Nam giả thuyết lăng trụ trượt thường được biết đến thông qua mô hình của Tsimbarevich (Hình 7b (Đỗ & Vũ, 2008)).

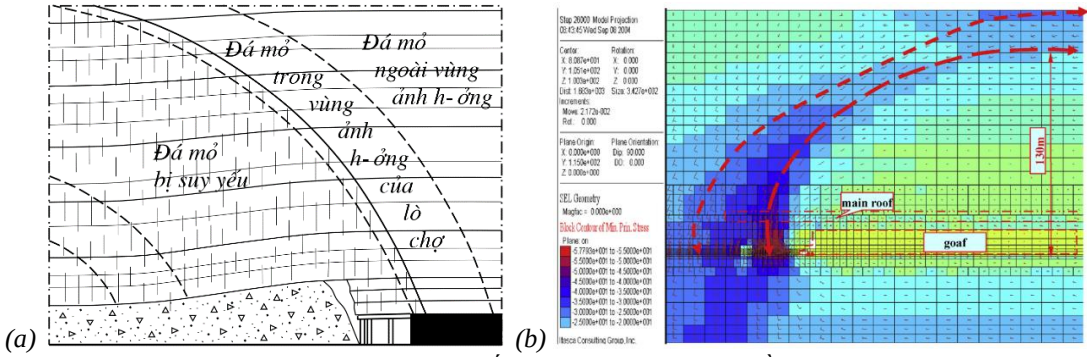


Hình 7. Giả thuyết lăng trụ trượt
(a) của Whittaker (1974) và (b) của Tsimbarevich (Đỗ & Vũ, 2008)

3.4. Giả thuyết áp lực mỏ nứt nẻ ban đầu của Labass

Theo Qian et al. (2003), giả thuyết áp lực mỏ nứt nẻ ban đầu (hay còn gọi là giả thuyết vết nứt định hình trước) được đề xuất bởi học giả người Bỉ A. Labass vào năm 1950. Giả thuyết này cho rằng theo mức độ dịch chuyển của lò chợ xuất hiện sự hạ võng các lớp đá vách, gây ra sự nứt nẻ sơ bộ phía trước gương lò chợ. Giả thuyết chia áp lực xung quanh lò chợ thành ba vùng: (i) vùng ứng suất thấp, tương ứng với vùng đất đá chịu phá hủy mạnh, (ii) vùng ứng suất cao, tương ứng với vùng đất đá bị tách lớp, và (iii) vùng lan truyền áp lực tựa, đạt giá trị lớn nhất ở mặt uốn vùng thứ hai và suy giảm dần về trạng thái ứng suất ban đầu của địa tầng ở biên vùng ảnh hưởng (Hình 8a). Có thể thấy về bản chất, giả thuyết của Labass cho rằng dưới tác động của việc khai thác mỏ, tính toàn vẹn của các thành tạo đá nằm trên vùng khai thác lò chợ bị

phá hủy và trở nên không liên tục. Gần đây, tính đúng đắn của giả thuyết được khẳng định thêm trong các nghiên cứu sử dụng mô hình số khi nghiên cứu phân bố áp lực xung quanh lò chợ hạ trần (Hình 8b).



Hình 8. Giả thuyết áp lực mỏ nứt nẻ ban đầu
(a) của Labass (Đỗ & Vũ, 2008) và trong (Xie, Chang, & Yang, 2009)

4. Kết luận

Các giả thuyết áp lực mỏ có đặc điểm chung là cố gắng cụ thể hóa hình dạng của các vùng thay đổi ứng suất và kéo theo đó là các vùng biến dạng, phá hủy. Từ đó, xây dựng được các công thức tính toán tải trọng tác dụng lên vì chống mỏ hầm lò thông qua thể trọng của đá trong vùng phá hủy (Phạm, 2022). Các giả thuyết áp lực mỏ là nền tảng cơ bản giúp hiểu rõ bản chất cơ học của các biểu hiện đất đá và nhận diện các yếu tố ảnh hưởng quan trọng tới các biểu hiện, từ đó giúp đưa ra các hành động ứng phó tại hiện trường và phục vụ nghiên cứu sâu hơn. Tuy nhiên, cần chú ý rằng các giả thuyết được đưa ra trong điều kiện địa chất mỏ lý tưởng, do đó, việc áp dụng vào thực tế cần hết sức cẩn thận khi mà các điều kiện địa chất mỏ và hoạt động khai thác thường xuyên biến đổi dẫn tới điều kiện chất tải thay đổi. Thêm vào đó, các lý thuyết dầm cổ điển dường như tập trung vào biểu hiện của cấu trúc chịu nén, trong khi đối tượng chịu lực trong mỏ hầm lò là đất đá thường có độ bền kéo yếu hơn nhiều so với độ bền nén.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo trong đề tài mã số B2023-MDA-05.

Tài liệu tham khảo

Brady, B. H. G., & Brown, E. T, 2004. *Rock mechanics for underground mining* (3rd ed.). London: Kluwer Academic Publishers.

Diederichs, M. S., & Kaiser, P. K, 1999. Stability of large excavations in laminated hard rock masses: the voussoir analogue revisited. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 36*(1), 97-117. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0148-9062(98)00180-6

Đỗ, M. P., & Vũ, Đ. T, 2008. *Áp lực mỏ hầm lò*. Hà Nội: Nhà xuất bản Giao thông vận tải.

Frith, R, 2017. Structural engineering principles in coal mine ground control-the common link between empirical models, numerical models, and practical solutions. In S. S. Peng (Ed.), *Advances in Coal Mine Ground Control* (pp. 67-92): Woodhead Publishing.

Frith, R. C, 2015. A holistic examination of the load rating design of longwall shields after more than half a century of mechanised longwall mining. *International Journal of Mining Science and Technology, 25*(5), 687-706. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2015.07.001

Galvin, J. M, 2016. *Ground engineering - Principles and practices for underground coal mining*. Cham: Springer International Publishing.

Gray, I., & Gibbons, T, 2023. *A structural engineering approach to longwall rock mechanics in massive strata.* Paper presented at the The 2023 Resource Operators Conference, University of Wollongong.

Le, T. D., Oh, J., Hebblewhite, B., Zhang, C., & Mitra, R, 2018. A discontinuum modelling approach for investigation of Longwall Top Coal Caving mechanisms. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 106*, 84-95. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2018.04.025

Phạm, Đ. T, 2022. *Báo cáo tổng kết đề tài "Nghiên cứu lựa chọn giải pháp công nghệ điều khiển áp lực mỏ trong các trường hợp đá vách bền vững khó sập đổ và đá vách mềm yếu kém bền vững" mã số 073.2021.ĐT.BO/HĐKHCN*. Retrieved from Hà Nội:

Qian, M. G., Shi, P. W., Zou, X. Z., & Xu, Z. L, 2003. 矿山压力与岩层控制. 中国: 中国矿业大学出版社: *China University of Mining Science and Technology*.

Sofianos, A. I. 1996. Analysis and design of an underground hard rock voussoir beam roof. *International*

Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 33(2), 153-166. doi:https://doi.org/10.1016/0148-9062(95)00052-6

Whittaker, B. N, 1974. An Appraisal of Strata Control Practice. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 11*(11), A225. doi:http://dx.doi.org/10.1016/0148-9062(74)90544-0

Wilson, A. H, 1975. Support load requirements on longwall faces. *The Mining Engineer, 134*(6), 479–491. doi:https://doi.org/10.1016/0148-9062(75)91152-3

Xie, G. X., Chang, J. C., & Yang, K, 2009. Investigations into stress shell characteristics of surrounding rock in fully mechanized top-coal caving face. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 46*(1), 172-181. doi:10.1016/j.ijrmms.2008.09.006

ABSTRACT

Theories of ground pressure and their application

Le Tien Dung[1,2*], Vu Trung Tien[1,2], Le Quang Phuc[1,2], Dinh Thi Thanh Nhan[1,2]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

[2] *Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment (SDM).*

Theories of ground pressure play an important role in explaining the redistribution of mining-induced stress-a core reason for instability incidents in mineral underground exploitation operation. The theories have a long history of development and establishment that are mostly based on structural engineering principles. This paper presents a systematic review of classical ground pressure theories and their application in mining practice. The paper's results help reader to understand the essence, characteristics, and scope for use of the theories. The results serve as fundamentals for mining engineer/consultancy unit to properly design technical solutions for safe and effective ground control.

Keywords: Ground pressure; Cantilever beam; Supported beam; Voussoir beam; Detached block

Nghiên cứu phương pháp xác định kích thước vùng biến dạng khu vực đá vách tại các lò chợ dài

Phạm Đức Hưng[1*, 2], Nguyễn Sơn Tùng[3,4], Huobingjie (霍丙杰)[4]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)*
[3]*Công ty Cổ phần than Hà Lầm-TKV,* [4]*Đại học công trình kỹ thuật Liêu Ninh*

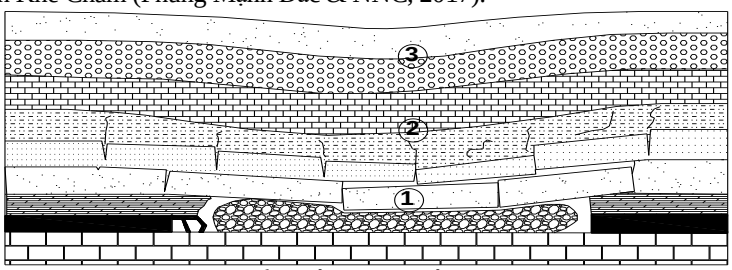
TÓM TẮT :

Quá trình khai thác hầm lò gây ra sự biến dạng của đá vách. Sự biến dạng có thể biểu hiện ở dạng dịch chuyển của đất đá mà không bị phá hủy, cũng có thể ở dạng nứt nẻ và đứt gẫy. Với kích thước lớn của khoảng trống đã khai thác, quá trình dịch chuyển phát triển tới mặt đất. Ban đầu, các lớp đá nằm ngay trên vỉa than bị phá hủy, sau đó xảy ra sự đứt gãy. Theo hướng từ khoảng trống đã khai thác lên phía trên, trong địa tầng có thể phân biệt ba đới, đặc trưng các mức độ phá hủy của đá mỏ khác nhau: Đới sập đổ; đới uốn võng cùng với sự rạn nứt và đới uốn dẻo mà không bị phá hủy (đới sụt lún). Trong đới sập đổ, sự dịch chuyển của các tảng và khối đá rời rạc xảy ra theo từng chu kỳ, cùng với tiến độ của gương lò chợ. Với diện bóc lộ lớn, chiều cao của vùng này đạt từ 2-4 lần chiều dày của vỉa. Từng điều kiện khai thác ở lò chợ khác nhau như: Chiều dày vỉa, chiều cao khấu, tốc độ khấu, điều kiện cơ lý của đá vách sẽ có kết quả không giống nhau của trạng thái đá vách. Đó là sự khác nhau về chiều cao sập đổ, chiều cao nứt nẻ, hệ thống khe nứt thứ sinh tại khu vực vách lò chợ. Việc xác định được tổng chiều đới sập đổ và đới nứt nẻ tại khu vực đá vách vô cùng quan trọng trong việc đảm bảo an toàn cho lò chợ nhất là khi khai thác hầm lò dưới các công trình cần bảo vệ. Trong phạm vi bài báo tác giả đề cập đến phương pháp xác định kích thước vùng biến dạng khu vực đá vách của lò chợ dài khi điều khiển áp lực mỏ bằng phá hỏa toàn phần cho lò chợ dài của vỉa L7 mỏ than Mông Dương và vỉa 11 mỏ than Núi Béo.

Từ khóa: Công nghệ khai thác; điều khiển áp lực mỏ; an toàn mỏ; dịch động đất đá

1. Đặt vấn đề

Do nhu cầu sử dụng nguồn nhiên liệu phục vụ phát triển nền kinh tế, trong thời gian tới việc mở rộng khai thác xuống sâu và nâng cao công suất tại các mỏ hầm lò là vô cùng cần thiết. Quá trình khai thác hầm lò xuống sâu luôn tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn cho người lao động và các thiết bị trong lò chợ. Khi tiến hành khai thác hầm lò xuống sâu sẽ gặp nhiều khó khăn cho các công tác điều khiển áp lực mỏ, thông gió, thoát nước, vận tải vv... Công tác khấu than ở lò chợ tạo nên các khoảng trống, làm mất thế cân bằng tự nhiên của ứng suất trong lòng đất, gây nên các hiện tượng dịch chuyển biến dạng đất đá và phá hủy công trình, môi trường. Tại Việt Nam hiện tượng biến dạng do khai thác hầm lò xảy ra khá phổ biến. Ở mỏ Mạo Khê trạm quạt ở mức +142 bị hỏng, tại mỏ Thống Nhất năm 1998 bị bục nước vào lò mức -60 từ moong lộ thiên cách 20m, tại mỏ Mông Dương khu trung tâm vỉa G9 bị bục nước từ lò khai thác cũ. Nhiều khu vực khác cũng có những hiện tượng tương tự như: Nứt nẻ mặt đất gần chùa Yên Tử, khu vực đồi +30 giữa Cao Sơn và Khe Chàm, sụt lún mặt bằng xây dựng Nhà máy sàng tuyển than Khe Chàm (Phùng Mạnh Đắc & NNC, 2017).



Hình 1: Các vùng dịch chuyển biến dạng khối đá phía trên khu vực khai thác điều khiển đá vách bằng phá hỏa toàn phần:
1 – Đới sập đổ; 2 – Đới nứt nẻ; 3 – Đới sụt lún

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamduchung@humg.edu.vn

Khi sử dụng phương pháp điều khiển áp lực mỏ bằng phá hỏa toàn phần thì hậu quả của hoạt động khai thác hầm lò sẽ gây ra sự biến dạng của đá vách, sự biến dạng có thể biểu hiện ở dạng dịch chuyển của đất đá mà không bị phá hủy, cũng có thể ở dạng nứt nẻ và đứt gẫy. Tùy theo tốc độ khai thác và kích thước của khoảng trống đã khai thác trong lò chợ mà quá trình dịch chuyển của đất đá có thể phát triển tới mặt đất. Theo đó, trong địa tầng có thể phân biệt ba đới, đặc trưng các mức độ phá hủy của đá mỏ khác nhau: Đới sập đổ; đới uốn võng cùng với sự rạn nứt và đới uốn dẻo mà không bị phá hủy (đới sụt lún).

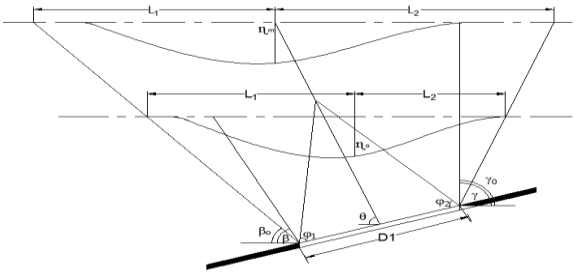
Như vậy, việc xác định các kích thước của từng đới trong khu vực dịch chuyển biến dạng khối đá phía trên lò chợ mang ý nghĩa rất lớn trong việc chủ động xác định những sự cố tiềm ẩn trong hầm lò cũng như mức độ an toàn của các công trình trên mặt khu vực khai thác.

2. Các phương pháp nghiên cứu dịch chuyển biến dạng khu vực đất đá vách lò chợ dài

2.1. Phương pháp lý thuyết

Phương pháp nghiên cứu lý thuyết xuất phát từ bản chất cơ học của quá trình dịch chuyển đất đá để tìm ra các mối quan hệ giải tích giữa các giá trị bằng số của dịch chuyển đất đá với các thông số về địa chất mỏ. Thông qua tính toán lý thuyết đàn hồi, tính dẻo, môi trường rời rạc hoặc đồng nhất của đất đá để xác định kết quả của quá trình dịch chuyển và biến dạng của nó. Tuy vậy phương pháp này thường khó cho kết quả mong muốn bởi tính chất phức tạp của quá trình dịch chuyển của đất đá trong khai thác hầm lò. Tại mỗi thời điểm trên bề mặt hoặc trong lòng đất bị tác động dịch chuyển trong những điều kiện địa chất và khai thác khác nhau và ở các giai đoạn khác nhau của quá trình dịch chuyển này sẽ bị chi phối theo những quy luật dịch chuyển và biến dạng không giống nhau. Hơn nữa, sự hiểu biết về cấu tạo và tính chất của đất đá còn hạn chế, khả năng thăm dò địa chất chi tiết khối đá nguyên liên quan đến quá trình dịch chuyển còn sơ sài. Đây chính là trở ngại lớn của quá trình dịch chuyển đất đá theo phương pháp lý thuyết.

Theo phương pháp này Aversin đề xuất hai phương pháp tính các thành phần dịch chuyển bao gồm dựa trên lý thuyết cổ điển về chất dẻo và dựa vào công thức thực nghiệm được thành lập từ việc phân tích một số lớn số liệu thực tế. Ngoài ra, Kolbencov và kazacovski cũng có những nghiên cứu liên quan đến về vấn đề này để xác định độ lún cực đại trong khu vực dịch chuyển của đất đá khi khai thác hầm lò. Theo đó, kích thước bồn dịch chuyển được xác định như trên hình 2 (Nguyễn Đình Bé, 2000).



Hình 2: Các thông số để tính dịch chuyển biến dạng theo phương pháp lý thuyết

Trong đó β_0 γ_0 – Góc dịch chuyển biên; θ - Góc lún cực đại; φ_1, φ_2 – Góc khai thác hoàn toàn;

η_m, η_0 – Độ lún cực đại trên bề mặt và trong khu vực dịch chuyển của địa tầng đất đá;

D_1 - Chiều dài theo hướng dốc của lò chợ; L_1, L_2- Nửa chiều rộng bồn dịch chuyển trên bề mặt của đất đá

2.2. Phương pháp thực nghiệm

Khi khai thác hầm lò điều khiển đá vách bằng phá hỏa toàn phần thì khối đất đá vách sẽ dịch chuyển - biến dạng - nứt vỡ - sập đổ. Theo nghiên cứu của các nhà khoa học Liên bang Nga và Trung Quốc, khối đá trên vách lò chợ sau khi phá hoả có thể phân ra 3 vùng từ dưới lên. Theo mức độ ảnh hưởng biến dạng công trình, trong phạm vi bồn dịch chuyển sẽ phân biệt các vùng: ảnh hưởng không nguy hiểm, ảnh hưởng nguy hiểm và vùng nguy hiểm với các kẽ nứt lan truyền đến mặt đất. Như vậy, với khu vực khai thác lò phía dưới sẽ gây sụt lún bề mặt, làm cho nước từ bề mặt thấm xuống qua các khe nứt, vùng sập đổ, phá hỏa, nước sẽ chảy vào vùng khai thác cũ.

Nhiều tác giả cho rằng vùng 1- sập đổ hỗn loạn và vùng 2- dịch chuyển nứt vỡ có khả năng chứa dẫn nước ngầm rất tốt, gộp hai đới này lại với nhau và gọi là vùng khe nứt dẫn nước. Khi đó, việc dự kiến chiều cao vùng khe nứt dẫn nước trên từng lò chợ có ý nghĩa thực tế trong việc đánh giá nguy cơ bục nước từ các đối tượng chứa nước phía trên xuống lò chợ thông qua vùng khe nứt dẫn nước.

Các nhà khoa học mỏ Trung Quốc đưa ra công thức thực nghiệm dự tính chiều cao đới sập đổ hỗn loạn phân bổ như trên hình 1 như sau (Huang, F., . 2002) :

+ Vùng 1: vùng sập đổ hỗn loạn phân bố ngay sát nóc lò chợ

Trong vùng này tập đá sẽ bị nứt nẻ và sập lở ngay sau khi gương lò chợ đi qua và dẫn đến phá huỷ hoàn toàn.

$$H_1 = \frac{100\Sigma M}{2.1\Sigma M+16} \pm 2.5 \quad (1)$$

+ Vùng 2: Vùng nứt nẻ, dịch chuyển

$$H_2 = \frac{100\Sigma M}{1.2\Sigma M+2.0} \pm 8.9 \quad (2)$$

Trong vùng này tập đá sẽ bị nứt nẻ và phát triển theo chu kỳ, là sự dịch chuyển dưới dạng kéo theo của quá trình phát triển vùng 1.

+ Vùng 3: Vùng biến dạng uốn, lún võng

Trong vùng này sự dịch chuyển, lún theo dạng uốn võng không liên tục, có giới hạn và phát triển đến bề mặt địa hình.

Chiều cao phát triển vùng 1 cộng vùng 2, thu được chiều cao vùng khe nứt dẫn nước:

$$H = H_1 + H_2$$

Trong đó: H_1- Chiều cao vùng sập đổ hỗn loạn, m; H_2 - Chiều cao vùng phát triển khe nứt, m;

H - Chiều cao vùng khe nứt dẫn nước; M - chiều dày vỉa than bị khấu, m;

2.3. Phương pháp mô hình số

Thời gian gần đây với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ tin học, cũng như các máy tính với tốc độ xử lý nhanh, các phương pháp tính toán ổn định, thiết kế công trình ngầm đó được tin học hóa thành các phần mền ứng dụng trong ngành Mỏ và Xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ. Nhiều chương trình tính đã và đang áp dụng rộng rói trên thế giới mang lại những hiệu quả chính xác về tính khoa học kỹ thuật, hiệu quả kinh tế cao, đặc biệt khi gặp các điều kiện môi trường địa chất phức tạp. Phương pháp số cho phép có thể lập chương trình khảo sát, phân tích các quá trình địa cơ học xảy ra trong khối đá. Từ đó cho phép có thể xác định được các thông số công nghệ hợp lý cho các công trình cần thiết kế, có thể hạn chế được tai biến địa chất. Mặc dù nhiều lĩnh vực còn mới là khởi đầu, nhưng ngày nay các phương pháp số đã và đang đóng vai trò chủ chốt trong việc giải quyết các bài toán khoa học, kỹ thuật. Phát huy các khả năng khác nhau của từng phương pháp riêng biệt. Các phần mềm sử dụng trong lĩnh vực khai thác mỏ bao gồm (Hancock GR, 2004):

+ Phần mềm PHASE2, UDEC, FLAC, NASTAN, ABAQUS, ADINA, ALGOR, ANSYS, 3-DEC.

+ Phân tích ổn định khối đá xung quanh công trình ngầm theo đặc điểm cấu trúc bằng chương trình Unwedge.

+ Phân tích, thiết kế kết cấu chống công trình ngầm theo phương pháp "đường đặc tính khối đá" bằng chương trình RocSupport.

+ Phân tích ổn định khối đá xung quanh công trình ngầm và thiết kế kết cấu chống bằng chương trình Phase2 trên cơ sở phương pháp phần tử hữu hạn.

Như vậy, phương pháp số được chọn phải có khả năng mô phỏng hiệu quả sự dịch động các lớp đá vách và quá trình hình thành khe nứt thứ sinh ở đây một cách tường minh. Phương pháp số cũng cần mô phỏng được mật độ nứt nẻ cao thường quan sát được trong các địa tầng trầm tích than. Sự hình thành các khe nứt mới và phá hủy các khe nứt thứ sinh nơi mà sẽ chứa nước ngầm cần phải được mô hình hóa trong chương trình số lựa chọn.

Phần mềm UDEC (Universal Disctinct Elenment Code), là phương tiện chính, phù hợp với việc xử lý trong môi trường không liên tục của đất đá, được thể hiện trong không gian hai chiều dưới tác động của tải trọng tĩnh hoặc động, thông qua hình thức các khối nhỏ. Các mặt không liên tục thể hiện ở các không gian giữa các khối nhỏ, cho phép các khối này sụt lún và chuyển động mạnh. Các phương pháp phần tử rời rạc (Disctinct Element Methods-DEM) phân chia đối tượng nghiên cứu thành các khối riêng rẽ, có liên kết nhất định và tác động tương hỗ với nhau. Các khối có thể là vật liệu cứng hoặc vật liệu dẻo chịu điều khiển bởi các quy luật ứng suất-biến dạng. Các cấu trúc không liên tục (nứt nẻ, phay phá) chính là ranh giới giữa các khối. Các khối có thể dịch chuyển, xoay, tách rời hoàn toàn khỏi môi trường ban đầu và như vậy phù hợp cho mô phỏng dịch động đất đá do khai thác lò chợ gây ra.

Đối với lĩnh vực khai thác mỏ, đặc biết là khi khai thác xuống sâu thì UDEC là một phương tiện hữu hiệu trong việc dự báo quá trình sập đổ đá vách lò chợ trong khi khai thác. Quá trình này là nguyên nhân chính dẫn đến sự hình thành của hệ thống khe nứt thứ sinh trong khu vực đá vách.

3. Ứng dụng phương pháp mô hình số xác định kích thước vùng biến dạng khu vực đá vách tại một số lò chợ vùng Quảng Ninh

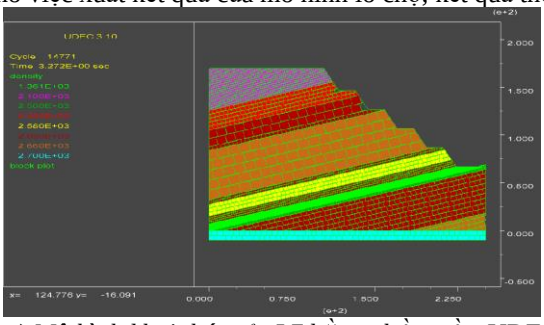
Khu vực vỉa L7 mỏ than Mông Dương mức -50 ÷ -100 có chiều dày trung bình 7m, góc dốc 15^0 cạnh rìa moong lộ thiên 790 tiến hành khai thác bằng khoan nổ mìn chống giữ bằng giá khung GK điều khiển áp lực mỏ bằng phá hỏa toàn phần. Căn cứ theo dự kiến khai thác của vỉa L7 cạnh rìa moong 790 cho thấy khu vực có nguy cơ tiềm ẩn về bục nước của lò chợ có chiều dài theo phương khoảng 200m dọc theo phương của đường lò dọc vỉa mức -100 (Báo cáo, 2014).

Để tiến hành khai thác lò chợ khu vực vỉa L7 được đảm bảo an toàn cũng như giảm thiểu tổn thất tài

nguyên thì cần xác định rõ các vấn đề: Xác định kích thước của đới sập đổ và đới nứt nẻ ở khu vực đá vách lò chợ vỉa L7; xác định được kích thước trụ bảo vệ L_{tr} vừa đảm bảo an toàn đồng thời đảm bảo tổn thất tài nguyên là nhỏ nhất khi khai thác lò chợ mức -50 ÷ -100 vỉa L7.

Tất cả các nội dung trên được giải quyết thông qua việc xác định mô hình khai thác cho lò chợ này bằng phần mềm UDEC 3.1 với phương án khai thác kích thước trụ bảo vệ L_{tr} là 50m; 70m; 90m, tỷ lệ thu hồi than nóc phương án 1 (PA.1) 30%; phương án 2 (PA.2) 50%; phương án 3 (PA.3)70%.

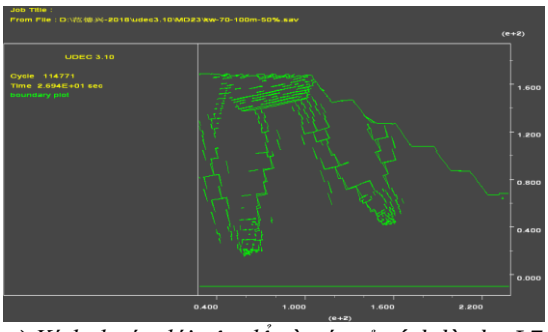
Thông qua việc triển khai mô hình lò chợ với các phương án khai thác này bằng phần mềm UDEC 3.1 xác định được kích thước của tổng chiều cao đới sập đổ và đới nứt nẻ (kích thước khu vực biến dạng) của đất đá vách của lò chợ vỉa L7 tại phương án kích thước trụ than bảo vệ L_{tr} là 50m là phương án đại diện cho việc xuất kết quả của mô hình lò chợ, kết quả thể hiện như trên hình 3 dưới đây:



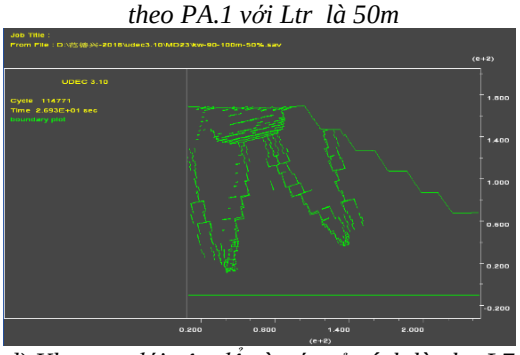
a) Mô hình khai thác vỉa L7 bằng phần mềm UDE



b) Khu vực đới sập đổ và nứt nẻ vách lò chợ L7 theo PA.1 với Ltr là 50m



c) Kích thước đới sập đổ và nứt nẻ vách lò chợ L7 theo PA.2 với Ltr là 50m



d) Khu vực đới sập đổ và nứt nẻ vách lò chợ L7 theo PA.3 với Ltr là 50m

Hình 3. Kích thước của đới sập đổ và đới nứt nẻ theo các phương án khai thác của khu vực đá vách lò chợ vỉa L7 cạnh rìa moong 790 mỏ than Mông Dương

Theo đó tổng chiều cao đới sập đổ và đới nứt nẻ của khu vực đá vách lần lượt được xác định khoảng là 46m; 61m; 67m. Theo điều kiện thăm dò địa chất tại khu vực này của lò chợ L7 cạnh rìa moong 790 có hệ thống các lỗ khoan thăm dò, dựa theo các thông số trên các lỗ khoan thăm dò tại khu vực này, kết hợp với công thức thực nghiệm (1) và (2) tính toán so sánh kết quả với phương pháp mô hình số về tổng chiều cao sập đổ và nứt nẻ của khu vực đá vách lò chợ. Kết quả được thể hiện như trong bảng 1 dưới đây:

Bảng 1: Bảng tổng hợp chiều cao sập đổ và chiều cao nứt nẻ khu vực đá vách lò chợ L7 tính theo công thức thực nghiệm

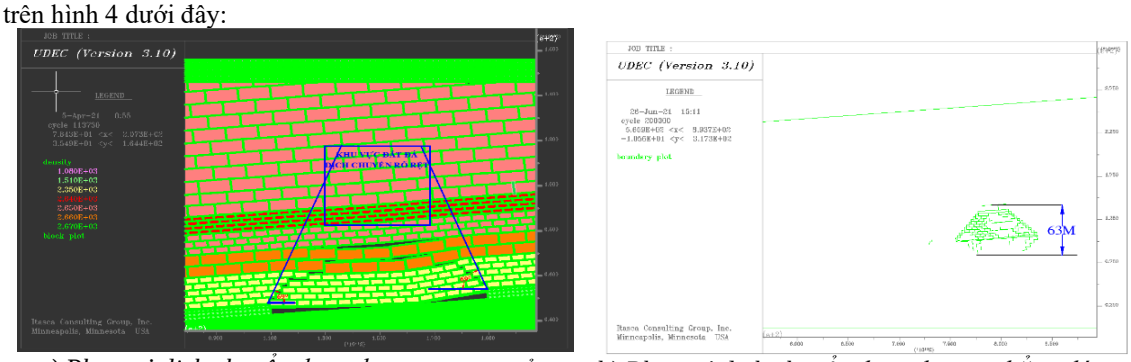
TT	Tên lỗ khoan	Mv	M			H1			H2			H1 + H2		
			PA1	PA2	PA3	PA1	PA2	PA3	PA1	PA2	PA3	PA1	PA2	PA3
1	MD171	6,34	3,4	4,3	5,1	12,0	13,1	14,1	43,8	46,9	49,4	55,8	60,1	63,4
2	MD267	6,06	3,4	4,1	5,0	11,9	13,0	13,9	43,4	46,5	48,8	55,3	59,4	62,7
3	MD269	7	3,6	4,6	5,7	12,3	13,5	14,5	44,6	48,0	50,5	56,9	61,5	65,0
4	MD371	8,45	4,1	5,3	6,6	12,9	14,3	15,4	46,3	50,0	52,6	59,2	64,2	68,0
5	MD374	9,7	4,5	6,0	7,5	13,4	14,9	16,0	47,5	51,4	54,0	60,9	66,2	70,
6	MD397	7,98	4,0	5,1	6,2	12,7	14,1	15,1	45,8	49,4	52,0	58,5	63,4	67,1

Từ kết quả tính toán bằng công thức thực nghiệm (1) và (2) cho thấy tổng chiều cao sập đổ và chiều cao nứt nẻ tại các phương án khai thác lần lượt là: 57,8m; 62,5m; 66,01m. Như vậy kết quả này không sai lệch nhiều so với kết quả tính toán từ mô hình khi sử dụng phần mềm UDEC mô phỏng quá trình khai thác ở lò chợ L7 cạnh rìa moong 790.

Vỉa 11 mỏ than Núi Béo có hai lò chợ, trong đó một lò chợ đã kết thúc khai thác tháng 6 năm 2020 (lò chợ 21103) và lò chợ 31104. Hai lò chợ này nằm gần khu dân cư tổ 8 khu 4, phường Hà Tu, thành phố Hạ Long.

Tiến hành khai thác hầm lò ở hai lò chợ sẽ gây ra dịch động đất đá ảnh hưởng đến các công trình dân dụng tại khu dân cư ở đây. Lò chợ 31104 có chiều dày trung bình khai thác 4,5m; chiều dài trung bình lò chợ 80m; góc dốc trung bình 5^0, chiều dài theo phương là 220m, khai thác bằng công nghệ khoan nổ mìn, chống giữ bằng giá thủy lực ZH/1800/16/24ZL, điều khiển đá vách bằng phá hỏa toàn phần (Báo cáo, 2017).

Tương tự như trên, sử dụng các tham số cơ lý hóa của đất đá ở khu vực khai thác, sử dụng phần mềm UDEC 3.1 lập mô hình số quan trắc trạng thái của đá vách khi tiến hành khấu than bằng khoan nổ mìn, hạ trần thu hồi than nóc ở lò chợ với tỷ lệ thu hồi 85%, đồng thời kết hợp với phương pháp tính toán lý thuyết nhằm xác định chiều cao của đới sập đổ, chiều cao của đới nứt nẻ của đá vách lò chợ 31104 vỉa 11. Tiến hành so sánh chiều cao này với khoảng cách từ mặt đất đến vị trí khai thác ở lò chợ nhằm đánh giá mức độ sụt lún khi khai thác lò chợ này. Xuất kết quả của mô hình khai thác lò chợ 31104 vỉa 11 được thể hiện như trên hình 4 dưới đây:



a) Phạm vi dịch chuyển theo phương ngang của đá vách lò chợ vỉa 11

b) Phạm vi dịch chuyển theo phương thẳng đứng của đá vách lò chợ vỉa 11

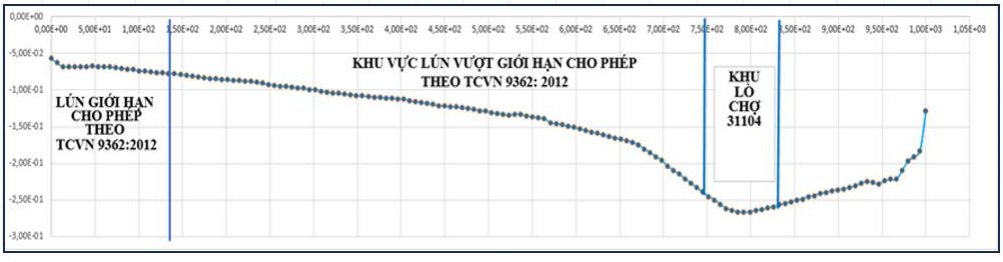
Hình 4. Phạm vi dịch chuyển của đất đá vách lò chợ 31104 vỉa 11 mỏ than Núi Béo

Bảng 2: Bảng tổng hợp chiều cao sập đổ và chiều cao nứt nẻ khu vực đá vách lò chợ 31104 vỉa 11 tính theo công thức thực nghiệm

TT	Tên lỗ khoan	Mv	M	H1	H2	H1 + H2
1	NB 135	3.11	2.9735	11.22	41.58	52.80
2	SX 1704	3.76	3.526	12.11	44.15	56.27
3	NBHL 07	7.55	6.7475	15.51	52.87	68.38
4	NBHL 44	5.1	4.665	13.60	48.16	61.76
5	NB 138	6.03	5.4555	14.42	50.25	64.67

Theo đó giá trị chiều cao sập đổ trung bình của đới nứt nẻ và đới sập đổ do hoạt động khai thác ở lò chợ 31104 gây ra là khoảng 61m. Kết quả này có giá trị tương đồng với kết quả xác định tổng chiều cao sập đổ và nứt nẻ của đá vách lò chợ 31104 ứng với phương án khai thác lập trên mô hình 5.

Theo kết quả phân tích tính toán từ công thức thực nghiệm, tổng chiều cao ảnh hưởng trung bình (sập đổ và nứt nẻ) theo phương thẳng đứng 61m, điều này có nghĩa là giới hạn lớn nhất của vùng nứt nẻ có thể phát triển lớn nhất còn cách bề mặt tương ứng là khoảng 90m. Qua khảo sát cho thấy, trên mặt bằng phía trên của lò chợ cũng không tồn tại công trình nào cần bảo vệ, mà chỉ là khu vực đất đá thải. Tổng chiều cao ảnh hưởng theo kết quả từ mô hình là khoảng 63m nghĩa là giới hạn lớn nhất của vùng nứt nẻ có thể phát triển lớn nhất còn cách bề mặt là khoảng 88m, phạm vi dịch chuyển đất đá vách theo góc gẫy khoản 69^o



Hình 5. Đồ thị lún bề mặt do hoạt động khai thác ở lò chợ 31104 vỉa 11 mỏ than Núi Béo

5. Kết luận

Dịch chuyển đất đá là một quá trình phức tạp mà tính chất xuất hiện của nó phụ thuộc phần lớn vào các yếu tố địa chất – khai thác. Đây là một trong những vấn đề quan trọng trong lĩnh vực khai thác mỏ. Tại một điều kiện khai thác nhất định các lớp đất đá và mặt đất dịch chuyển biến dạng có thể làm hư hại công trình

trên mặt hoặc ngay các đường lò trong khu vực khai thác cũng chịu tác động của quá trình khai thác. Mức độ dịch chuyển của đất đá do hậu quả của quá trình khai thác hầm lò diễn ra hoàn toàn phụ thuộc vào các yếu tố như: tính chất cơ lý đất đá, chiều dày và thứ tự các lớp đất đá; Điều kiện địa chất thủy văn và cấu tạo địa hình; Chiều dày lớp đất đá phủ; Độ sâu khai thác; Điều kiện dạng nằm, cấu tạo, tính chất của các vỉa than và công nghệ khai thác ở lò chợ.

Hiện nay có 3 hướng nghiên cứu dịch chuyển của đất đá khi hoạt động khai thác hầm lò diễn ra bao gồm: Phương pháp lý thuyết; phương pháp thực nghiệm; phương pháp mô hình số. Mỗi phương pháp nghiên cứu đều có ưu nhược điểm khác nhau, tuy nhiên với sự phát triển vượt trội của khoa học máy tính thì phương pháp mô hình số hiện đang được áp dụng rộng rãi bởi tính ưu việt của nó. Với thông số tính chất cơ lý của khối đất đá làm thông số đầu vào cùng với việc lập chương trình code bằng cách sử dụng thuật toán xây dựng bởi các hàm FISH mô phỏng quá trình khai thác để quan trắc trạng thái của đá vách lò chợ sẽ cho một kết quả tường minh về vấn đề này. Theo đó việc tính toán xác định kích thước vùng biến dạng khu vực đá vách lò chợ bằng phương pháp mô hình số sẽ góp phần chủ động trong việc lựa chọn các phương án khai thác an toàn cũng như giảm thiểu tổn thất tài nguyên đặc biệt khi hoạt động khai thác hầm lò diễn ra dưới các công trình cần bảo vệ.

Tài liệu tham khảo

Báo cáo địa chất khu vực khai thác vỉa L7 mỏ than Mông Dương, 2014

Báo cáo địa chất khu vực khai thác vỉa 11 mỏ than Núi Béo, 2017

Nguyễn Đình Bé, Vương Trọng Kha, 2000, *Dịch chuyển và biến dạng đất đá trong khai thác mỏ*, Nhà xuất bản Giao thông vận tải.

Tiền Minh Cao; Trịnh Hỷ Chính, 2003. *Điều khiển áp lực mỏ (Tiếng Trung)*. NXB Trường ĐH Mỏ và Công nghệ Từ Châu, Trung Quốc.

Phùng Mạnh Đắc & NNC, 2017. *Hướng dẫn tính toán trụ bảo vệ các công trình và đối tượng thiên nhiên do ảnh hưởng của khai thác than hầm lò*. Tập đoàn than khoáng sản Việt Nam – TKV.

Hancock GR, 2004. *The use of landscape evolution models in mining rehabilitation design*. Environ Geol 46:561–573.

Huang, F., . 2002. *Mining technology and synchronization of face equipment for mechanized 287 longwall top-coal caving*. China University of Mining Science and Technology

ABSTRACT

Study on method for determining deformation zone size in roof strata at longwalls

Pham Duc Hung[1*,2] , Nguyen Son Tung[3,4], Huobingjie (霍丙杰) [4]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

[2]*Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment (SDM)*

[3]*Vinacomin - HaLam Coal Joint Stock Company,* [4] *Liaoning Technical University*

Underground exploitation causes roof deformation. The deformation can manifest itself as displacement without failure, with fracturing, or rupture. Due to the large size of mined-out void, the rock displacement can extend up to surface. Initially, the rock immediately above coal seam fails and then the rupture occurs. From the goaf area upwards, the strata can be divided into three zones, representing different levels of rock failure at mine: caving zone, sagging zone with fracturing, and deformation zone without failure (subsidence zone). In caving zone, the movement of strata and discrete rocks occur cyclically in accordance with face advance. The height of caving zone may reach 2–4 times seam thickness. Different mining conditions such as seam thickness, cutting height, cutting rate, rock properties…can cause different results of caving height, fracturing height, and induced fractures in longwall roof. Accurate determination of caving height and fracturing height is of great importance for maintaining safety in longwall, especially when mining under surface buildings need to be protected. In this paper, the authors study method for determining the deformation zone size in roof strata at longwalls when its ground pressure is controlled via fully caving.

Keyword: Mining technology; ground control; mine safety; rock displacement

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Nghiên cứu đề xuất các giải pháp kỹ thuật cách li vùng thoát khí CO, ngăn ngừa sự cố cháy tại khu vực lò chợ vỉa 14.5 Công ty than Khe Chàm - TKV

Phạm Đức Hưng[1*,2], Đào Văn Chi[1], Lê Quang Phục[1], Đỗ Anh Sơn[1,2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)*

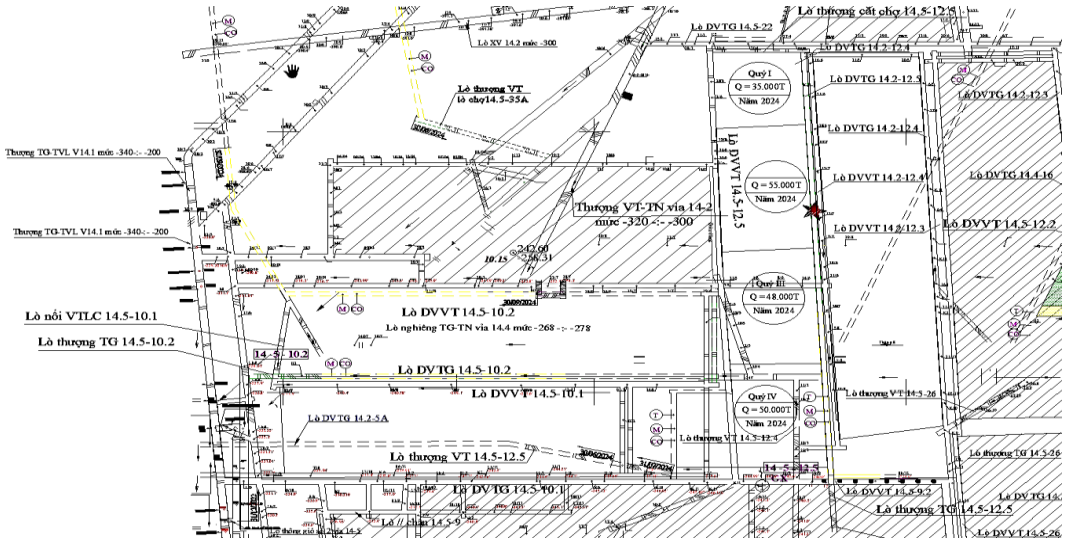
TÓM TẮT

Mỏ than Khe Chàm - TKV, trong quá trình khai thác tại lò chợ vỉa 13.5 đã xuất hiện hiện tượng tăng nhiệt độ của than cao quá mức bình thường (khoảng 42°C) và phát sinh khí CO ở khu vực phía sau lò chợ gây khó khăn cho công tác khai thác và tiềm ẩn các nguy cơ rủi ro về an toàn. Nguyên nhân là do khối lượng than tại khu vực này đã bị vò nhàu làm tăng lượng oxy thẩm thấu vào than do rò gió dẫn đến hiện tượng gia tăng oxy hóa than, làm tăng nhiệt độ quá giới hạn cho phép. Tăng nhiệt độ trong khối than cao sẽ gây nguy cơ phát sinh khí độc CO ảnh hưởng đến sức khỏe người lao động trong mỏ. Nếu nhiệt độ tăng đến mức tới hạn sẽ gây cháy than dẫn đến thiệt hại về tài sản, tiêu tốn nhiều chi phí để xử lý khắc phục, làm ảnh hưởng nặng nề đến hoạt động sản xuất kinh doanh của mỏ. Hiện tượng tăng nhiệt và thoát khí CO cũng đang xuất hiện ở các lò chợ vỉa 14.5 và 14.4. Khu vực xảy ra hiện tượng trên tập trung ở phía sau lò chợ, gây ảnh hưởng đến quá trình khai thác, dẫn đến đình trệ hoạt động của lò chợ và gây ô nhiễm môi trường về không khí, nhiệt độ, ách tắc sản xuất, làm thiệt hại đến kinh tế của mỏ. Trong phạm vi bài báo nhóm tác giả đề xuất các giải pháp kỹ thuật cách ly vùng thoát khí CO, ngăn ngừa cháy cho khu vực lò chợ nhằm đảm bảo an toàn lao động cho công nhân khai thác tại vỉa 14.5 Công ty than Khe Chàm - TKV.

Từ khóa: Thoát khí CO; Cháy mỏ; An toàn mỏ; Vi khí hậu mỏ; Giải pháp khai thác

1. Hiện trạng khai thác

Mỏ Khe Chàm III hiện được mở vỉa bằng cặp giếng nghiêng từ mặt bằng +35 hiện giếng đào tới mức -300 nhưng đang tiến hành khoanh vùng khai thác ở mức -150, -270. Hiện nay, tại Công ty than Khe Chàm đang áp dụng hai công nghệ khai thác chính bao gồm:



Hình 1. Hiện trạng đào lò chuẩn bị một số lò chợ vỉa 14.4 và 14.5 mỏ than Khe Chàm III

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamduchung@humg.edu.vn

Công nghệ khai thác cơ giới hóa đồng bộ tại lò chợ 14.2-2; 14.2-3;14.2-9; 14.2-10 từ mức -170 ÷ -250 và CNKT KNM chống giữ bằng giá giá xích tại lò chợ 14.4-12; 14.4-16; 14.5-12.3; 14.5-24; 14.5-26; 14.5-28.1; 14.5-10.1; 14.5-33 từ mức -140 ÷ -245 với sản lượng 1,8 triệu tấn/năm cũng như kế hoạch đào mới 13.000 mét lò (Phòng Thông gió thoát nước, 2023, 2024).

2. Hiện trạng gia tăng khí CO tại các lò chợ vỉa 14-5 và vỉa 14-4 mỏ than Khe Chàm

Kết quả lấy và phân tích mẫu khí định lượng ở công trình khoan cho thấy các vỉa than và trầm tích chứa than khu Khe Chàm có hàm lượng và độ chứa khí thấp. Trong đó hàm lượng khí cháy nổ ($CH_4 + H_2$) trung bình là: 23,50%; độ chứa khí tự nhiên khí cháy nổ, trung bình là: 2,089 cm^3/gkc tương đương với độ thoát khí mê tan tương đối của là 2,668 m^3/tấn ngày đêm. Căn cứ vào qui định phân loại mỏ theo cấp khí, kết quả xác định và sự biến đổi độ chứa khí tự nhiên theo độ sâu của các vỉa than thì mỏ Khe Chàm III được dự báo xếp nhóm mỏ như sau: Phần khai thác lò bằng (LV đến +40) xếp vào nhóm mỏ loại I theo cấp khí; Phần khai thác lò giếng tầng 1 (từ +40 đến -150m) xếp nhóm mỏ loại II theo cấp khí; Phần khai thác lò giếng tầng 2 (từ -150 đến -350m) xếp vào nhóm mỏ loại III hoặc cao hơn. Theo quy chuẩn QCVN 01/BCT-2011 đã có quy định xác định độ thoát khí và độ chứa khí mê tan để xếp loại mỏ hàng năm, hiện nay theo quy định mỏ than Khe Chàm III được xếp loại II (Bộ công thương, 2011).

Để đảm bảo cung cấp gió sạch cho các hộ tiêu thụ, mỏ than Khe Chàm III tổ chức thông gió mỏ nhờ 02 trạm quạt gió chính ghép liên hợp. Trong đó trạm quạt số 1 đặt tại mặt bằng sân công nghiệp mức +35 và trạm quạt số 2 đặt tại mặt bằng sân công nghiệp mức +112 bằng quạt hút 2K56 - $N^0$30 tại góc lắp cánh 35^O; Tốc độ vòng quay 750 vòng/phút; Hạ áp làm việc 420 mmH_2O; Lưu lượng làm việc 156 m^3/s.

Qua khảo sát cho thấy thành phần không khí mỏ được cấp qua lưu lượng gió đi vào lò chợ vỉa 14.4 và 14.5 hiện đang khai thác đạt yêu cầu theo quy định của QCVN01-2011/BCT. Tuy nhiên, mỏ than Khe Chàm III sử dụng phương pháp thông gió hút dẫn đến rò gió vào khu vực khoảng trống đã khai thác, khí oxy trong rò gió được cấp cho lượng than tổn thất ở đây sẽ gây ra phản ứng cháy và tỏa nhiệt.

Do không gian giới hạn không mang nhiệt ra ngoài kịp thời, gây ủ nhiệt làm cháy nội sinh. Khi cháy nội sinh sẽ xuất khí CO theo luồng gió rò đi ra lò thông gió vượt quá giới hạn cho phép gây nguy hiểm cho người lao động làm việc trong khu vực lò chợ. Nguyên nhân dẫn đến vỉa 14-5, vỉa 14-4 khả năng ủ nhiệt các vỉa than là do than có khả năng tự cháy và do áp dụng công nghệ khai thác còn để lại nhiều than trong không gian đã khai thác, các cúp nối không được chèn lấp kỹ, than tiếp xúc với oxy do gió cấp vào mỏ hoặc trực tiếp gió được hút vào từ bề mặt địa hình qua nứt nẻ gây hiện tượng hấp phụ khí oxy toả nhiệt không được lưu thông nên bị ủ nhiệt. Càng ủ nhiệt càng kích thích phản ứng oxy hóa than cao và cứ thế tăng dần gây ra lượng khí CO lớn theo đường lò nối thông khoảng không khai thác ra ngoài theo lò thông gió và vận tải. Khi lượng xuất khí CO này quá cao phải xây tường chắn là lập biện pháp ngăn ngừa. Như vậy thành phần không khí mỏ trong tường chắn là sản phẩm của mức độ oxy hóa than bên trong. Một khi cháy than thì lượng khí oxy giảm, khí CO_2 và khí CO tăng. Hàm lượng khí CO trong tường chắn tăng đồng nghĩa với việc cháy trong luồng phá hoả tại các lò chợ vỉa 14-5, vỉa 14-4 tăng. Theo kết quả đo đạc từ 01/2022 đến 06/2023 của mỏ tại khu vực các lò chợ này cho thấy hàm lượng trung bình các loại khí như: CO khoảng 14.2 ppm; CH_4 khoảng 0,3%; khí CO_2 khoảng 0,9%. Như vậy gió rò hút ra từ lò chợ có hàm lượng khí khí CO vượt quá giới hạn cho phép (nhỏ hơn 0,0017%) (Phòng Thông gió thoát nước, 2024).

Qua khảo sát các công trình ngăn ngừa nguy cơ ủ nhiệt xuất khí CO tại các vị trí lò DVVT, DVTG khu vực các lò chợ:14.5-12.2; lò nối DVTG của lò chợ 14.5-7; 14.5-23; lò chợ 14.5-12.4; 14.5-12.4; lò chợ 14.5-25 có chất lượng tương đối tốt phù hợp thực tế. Từ năm 2021 đến năm 2023, trên cơ sở đo đạc, phân tích các mẫu khí phía sau các thành chắn ở các DVTG, DVVT, tại khu vực phá hỏa phía sau lò chợ 14.5-12.2, mức -229/-234; lò chợ 14.5-12.5, mức -250 được thực hiện bởi Trung tâm An toàn Mỏ, Ban KCM, Trung tâm Cấp cứu mỏ, đã cho thấy hàm lượng khí CO vượt giới hạn cho phép, thậm chí nhiều trường hợp vượt hàng chục lần.

3. Giải pháp giải pháp kỹ thuật cách li vùng thoát khí CO, ngăn ngừa sự cố cháy tại khu vực lò chợ vỉa 14.5 Công ty than Khe Chàm - TKV

3.1. Các giải pháp về thông gió

Các giải pháp về công tác thông gió cần triển khai như sau:

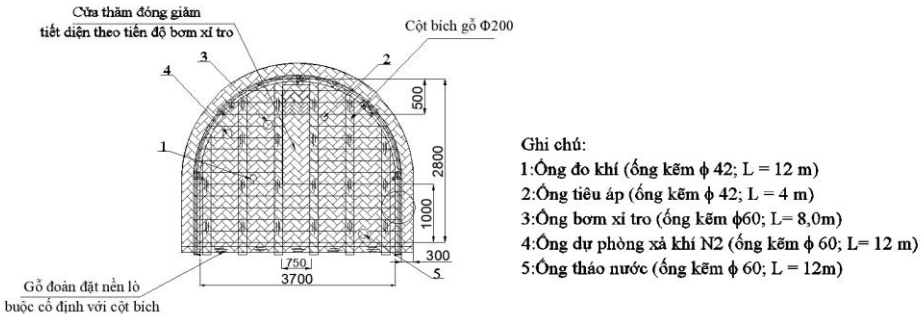
- Thông gió cho các lò chợ thực hiện bằng hạ áp chung của mỏ do các trạm quạt gió chính tạo ra; các lò chợ đưa vào khai thác phải thiết kế theo sơ đồ thông gió có hướng chuyển động luồng gió từ dưới lên để ngăn gió sạch không thẩm thấu vào vùng đã khai thác. Như vậy, để đáp ứng thông gió cho các hộ tiêu thụ thì trạm quạt đặt ở mức +112 cần hoạt động đáp ứng lưu lượng 213m^3/s tại góc lắp cánh 40^0; trạm quạt đặt ở mức +35 cần hoạt động đáp ứng lưu lượng 194m^3/s tại góc lắp cánh 40^0.

- Thông gió cho các gương lò đào thực hiện theo phương pháp thông gió đẩy sử dụng quạt gió cục bộ kết hợp với ống gió vải mềm.

3.2. Các giải pháp ngăn ngừa oxy xâm nhập vào vỉa than và vùng khai thác

3.2.1 Làm các tường chắn cách ly đặc biệt

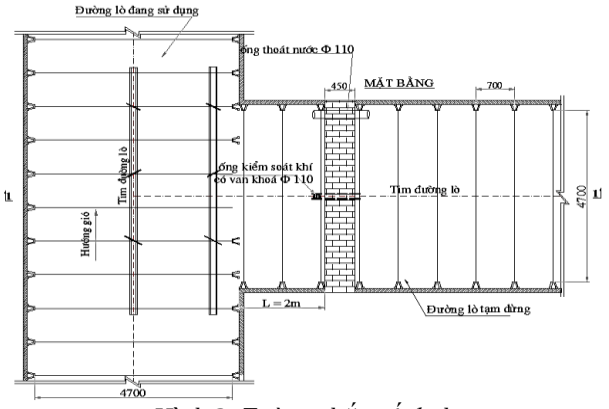
Làm các tường chắn cách ly đặc biệt bằng xỉ tro tại các đường lò cấp gió vào của các lò chợ sau khi kết thúc khai thác lò chợ để ngăn khí oxy thẩm thấu vào vùng đã khai thác. Định kỳ hàng ca phải kiểm tra phải sử dụng ống tạo khói để kiểm tra độ kín các tường chắn, từ đó để tiếp tục bơm bổ sung xỉ tro làm kín lại. Quá trình ngăn ngừa khí oxy xâm nhập được thể hiện như trên hình 2 dưới đây:



Hình 2. Xây tường chắn bằng xỉ tro

3.2.2. Làm tường cách ly cố định

Làm các tường chắn cách ly cố định (tường xây gạch) tại các lò thượng, lò nối, lò DVVT, lò DVTG khi kết thúc khai thác lò chợ, để ngăn khí oxy thẩm thấu vào vùng đã khai thác. Hàng ca tiến sử dụng ống tạo khói để kiểm tra độ kín các tường chắc, nếu phát hiện hở cần tiến hành phun trám làm kín lại các tường chắn. Tường cách ly cố định được xây để cách ly các đường lò; các khu đã khai thác xong; các đường lò tạm dừng hoạt động hoặc chưa sử dụng đến với thời gian T > 6 tháng.



Hình 3. Tường chắn cố định

Đối với các cửa lò bằng, lò nghiêng tường chắn được xây bằng đá hoặc gạch đặc, chiều dày tường lớn hơn bằng 0,55 mét; mỗi cửa lò xây 02 tường. Trong đó tường chắn thứ nhất xây phía trong cách cửa lò lớn hơn hoặc bằng 10 lần chiều cao đường lò; Tường chắn thứ hai xây cách cửa lò với khoảng cách 10 mét. Đoạn lò giữa hai tường chắn và đoạn còn lại đến cửa lò phải được lấp đầy bằng vật liệu không cháy như: Đá, cát, đất, xỉ tro...

Đối với các đường lò khác sử dụng gạch đặc xây tường chắn, chiều dày tường là 0,45 mét. Vị trí xây tường cách luồng gió sạch với khoảng cách nhỏ hơn bằng 4 mét; khi xây trên tường phải đặt 02 đường ống để tháo nước và kiểm tra các loại khí phía trong tường chắn. Đối với đường lò được chèn bằng gỗ hoặc tấm chèn bê tông, trước khi xây phải tháo dỡ khoang chèn, căn tẩy đất đá lở rời dọc hông, nóc lò. Tường xây phải thẳng, phẳng và kín. Kết cấu của tường chắn cố định được thể hiện như trên hình 3.

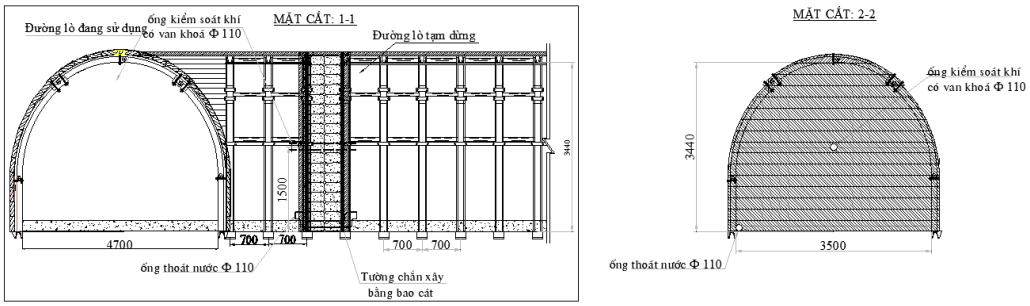
3.2.3. Làm tường tạm

Trên đường lò DVVT, lò DVTG theo hướng khấu của lò chợ làm các tường tạm bằng bao cát với khoảng cách 10 mét/tường và 5 mét/tường để ngăn khí ô xy thẩm thấu vào vùng đã khai thác, kết cấu của tường chắn tạm được thể hiện trên hình 4 dưới đây.

3.2.3 Phun trám thành đường lò

Phun trám, làm kín thành lò thuộc các đường lò dọc vỉa, lò xuyên vỉa tại vị trí gặp than, xung quanh tường chắn cố định, vị trí từ tường chắn ra ngoài ngã ba để ngăn khí ô xy thẩm thấu vào vùng đã khai thác

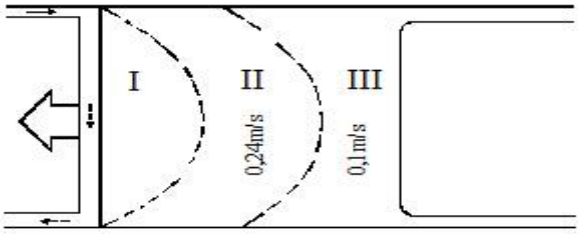
(trong đó đặc biệt ưu tiên phun trám trước tại các vị trí ngã ba lò trong than, vị trí có tiết diện thay đổi đột thu, đột mở, vị trí tiếp giáp với đứt gãy, phay); định kỳ hàng ca phải kiểm tra kiểm tra độ kín và tổ chức phun trám làm kín lại thành lò.



Hình 4. Tường chắn tạm

3.2.4. Đề xuất phương pháp xác định các khu vực phát sinh cháy mỏ phía sau lò chợ

Hiện tượng tự cháy này của than diễn ra thường theo một quy luật nhất định việc xác định và dự báo quy luật này là cơ sở khá tốt trong công tác phòng chống cháy nội sinh. Khoảng đã khai thác được chia thành 3 khu vực bao gồm các khu I, II, III (Vương Đức Minh, 2008). Trong đó khu vực không thể xảy ra cháy (khu vực I) là khu vực có nồng độ khí O_2 (nồng độ >18%) được cung cấp đầy đủ, tốc độ rò gió cao (lưu lượng gió rò Q_r > 0,24m/s), không có khả năng tích nhiệt, vì nếu có nhiệt lượng sinh ra thì cũng bị quá trình rò gió làm cho biến mất. Độ rộng của đới không thể xảy ra cháy này từ lò chợ đến khu vực phá hỏa thông thường nằm trong phạm vi 1 ~ 25m. Tại khu vực II đất đá dần dần lấp đầy và nén chặt, quá trình rò gió thấp tức là có khả năng cung cấp ô xy (nồng độ 8% ~ 18%, với lưu lượng gió rò $0,1 \leq Q_r \leq 0,24$ m/s) và đó cũng là điều kiện thuận lợi tốt cho sự tích nhiệt, từ đó dẫn đến khả năng tự cháy xảy ra rất cao. Tại khu vực III đất đá không ngừng bị nén xuống, do vậy khả năng rò gió yếu, nồng độ khí O_2 xuống thấp (< 8%, với lưu lượng gió rò Q_r < 0,1m/s), khí ô xy đến khu vực này đã bị giảm từ khu tự cháy do vậy có khả năng dập tắt đám cháy.



Hình 5. Căn cứ xác định phạm vi tốc độ rò gió của "ba khu vực" ở khoảng đã khai thác
I. Khu vực không cháy; II. Khu vực tự cháy; III. Khu vực dập tắt

Trong thực tế nhiệt độ có thể coi là chỉ tiêu phụ trợ để xác định "ba khu vực". Bởi vì không phải nhiệt độ bất kỳ của khu vực phá hỏa nào đều tăng theo một giá trị nhất định. Trong một điều kiện nhất định than còn sót lại trong khu vực tự cháy đều có thể gây ra hiện tượng tự cháy. Tuy nhiên nó không thể thể hiện sự tăng nhiệt độ một cách thật nhanh để dẫn đến tự cháy. Vì vậy việc xác định nồng độ khí ô xy để xác định "ba khu vực" trong khoảng đã khai thác hiện nay đã được ứng dụng tương đối rộng rãi. Dùng hệ thống đường ống có thể tiến hành quan trắc, đo đạc một cách liên tục có hiệu quả để xác định nồng độ ô xy trong khu vực phá hỏa. Việc xác định "ba khu vực" này hiện nay là một trong những phương pháp đơn giản mà hiệu quả. Vấn đề mấu chốt của phương pháp này là việc bố trí lắp đặt hệ thống quan trắc trong khu vực phá hỏa. Khi đó có thể bố trí các điểm quan trắc nằm dọc theo khu vực phá hỏa, tức là men theo các đường lò vận tải và đường lò thông gió hoặc nằm nghiêng men theo khu vực phá hỏa.

3.3. Các giải pháp kiểm soát khí CO và sự ủ nhiệt của vỉa than

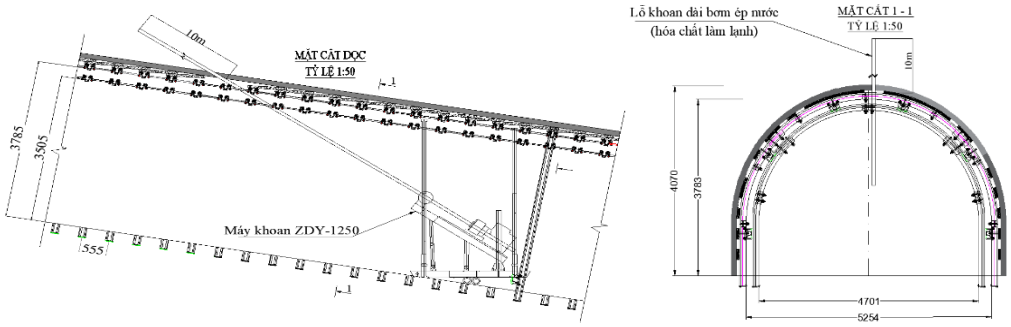
3.3.1. Giải pháp về kiểm soát khí CO

Tiến hành lắp đặt đủ các đầu đo khí CO ở các gương lò đào và đầu các lò chợ vỉa 14.5 đồng thời duy trì sự hoạt động ổn định của hệ thống giám sát khí mỏ tập trung tự động 24h/24h. Trang bị đủ máy đo khí đa năng cho các đối tượng đo khí, giám sát. Thường xuyên theo dõi cập nhật hàm lượng khí CO, CH_4, O_2, CO_2, H_2S và nhiệt độ các khu vực lò chợ, lò đào… bằng dụng cụ, thiết bị chuyên dụng *(Trương Kiến Dân, 2008)*.

3.3.2. Kiểm soát nhiệt độ vỉa than

Để ngăn ngừa và kiểm soát sự gia tăng nhiệt độ vỉa than tại tất cả các đường lò đào trong than tiến hành

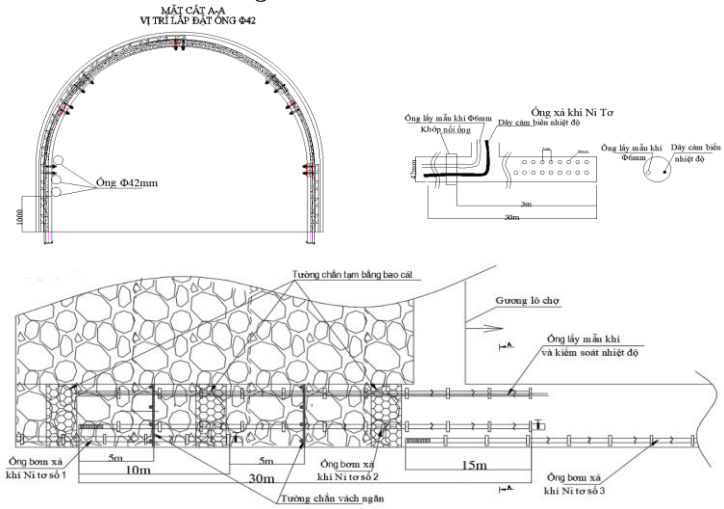
khoan lên nóc lò với khoảng cách 10 m/lỗ; chiều sâu lỗ khoan từ 2,5 mét ÷ 3,0 mét/lỗ; lắp đặt dây cảm biến nhiệt độ hoặc nhiệt kế vào đáy lỗ khoan sau đó nút miệng đóng kín lỗ khoan và kiểm tra nhiệt kế trong các ca sản xuất. Khi phát hiện các điểm có nhiệt độ biến thiên tăng dần đến trên 60^{o}C phải thực hiện ngay biện pháp khoan trực tiếp các lỗ khoan vào khu vực có nhiệt độ cao để ép nước làm mát nhằm giảm nhiệt độ của khối than bằng cách sử dụng thiết bị máy khoan WD-02EA để khoan các lỗ khoan dài phục vụ công tác ép nước. Tiến hành khoan các lỗ khoan dài với khoảng cách các lỗ khoan từ 50 ÷ 80 m/lỗ, chiều dài lỗ khoan lớn hơn bằng 10m/lỗ *(Trương Kiến Dân, 2008)*. Để đảm bảo hiệu quả bơm ép nước vào các lỗ khoan này sử dụng máy bơm của Trung Quốc có áp suất bơm từ 2,0 đến 3,5 Mpa. Vì theo kinh nghiệm từ các mỏ hầm lò của Trung Quốc đã sử dụng phương pháp này nếu công suất của máy bơm lớn hơn 4Mpa sẽ gây ra hiện tượng phình lở gương than, còn máy bơm ép có công suất nhỏ hơn 2 Mpa thì thời gian bơm ép nước lâu. Công tác khoan các lỗ khoan dài bơm ép nước tại các đường lò dọc vỉa than được thể hiện như trên hình 6 dưới đây:



Hình 6. Khoan lỗ khoan dài bơm ép nước tại lò dọc vỉa than

3.4. Áp dụng phương pháp bơm sinh khí ni tơ vào khu vực phá hỏa phía sau lò chợ

Giải pháp bơm xả khí ni tơ vào vùng đã khai thác: Tiến hành lắp đặt so le 02 đoạn tuyến ống sắt Φ42 trên dọc đường lò dọc vỉa theo hướng khấu lò chợ để bơm xả khí ni tơ; chiều dài mỗi đoạn tuyến ống dài từ 25 ÷ 30 mét (loại 6m/ống); đầu ngoài tuyến ống có van khóa; đầu ống phía trong đục lỗ 4 mét theo hàng với khoảng cách 0,3 mét/hàng. Khi đo phát hiện có hàm lượng khí CO trong mẫu khí ở trong vùng đã khai thác thì tiến hành bơm xả khí ni tơ tích cực vào vùng phá hỏa qua tuyến đường ống; tăng tần suất đo kiểm tra mẫu khí lên 2h/lần; việc dừng bơm xả khí ni tơ được thực hiện khi không còn phát hiện hàm lượng khí CO trong các mẫu khí. Định kỳ hàng ca, tiến hành bơm xả khí ni tơ vào vùng phá hỏa phía sau lò chợ qua tuyến đường ống. Khối tích khí ni tơ bơm vào không nhỏ hơn 5 lần khối lượng tấn than khai thác để giảm hàm lượng khí oxy trong vùng phá hỏa xuống dưới 13%. Khi đo phát hiện hàm lượng khí CO trong mẫu khí tại vùng đã khai thác phải tăng lưu lượng bơm xả khí ni tơ vào vùng phá hỏa qua tuyến đường ống. Sơ đồ lắp đặt đường ống bơm khí nitơ trên đường lò dọc vỉa được thể hiện như hình 7 dưới đây:



Hình 7. Sơ đồ lắp đường ống bơm khí ni tơ trên đường lò dọc vỉa

4. Kết luận

Trong quá trình khai thác mỏ Khe Chàm III đã tiến hành khảo sát hiện trạng các lò chợ vỉa 14.5 thấy

rằng khu vực này có nhiệt độ gia tăng đến 42^0C vượt quá quy định cho phép (30^0C) của QCVN 01/2011/BCT. Điều này sẽ tiềm ẩn nguy cơ cháy nổ trong khu vực các lò chợ ở đây, làm mất an toàn cho người lao động, gây thiệt hại cho mỏ.

Theo kết quả phân tích mối quan hệ giữa khả năng hấp phụ oxy và nhiệt độ trong mẫu than của mỏ Khe Chàm III, cho thấy than có khả năng tự cháy thấp. Tuy nhiên xuất hiện hiện tượng gia tăng nhiệt độ ở các lò chợ này, qua nghiên cứu cho thấy một trong các nguyên nhân ở đây là do quá trình tỏa nhiệt từ đất đá xung quanh khu vực đã kết thúc khai thác vào các lò chợ của vỉa 14.5... Ngoài ra còn do lưu lượng gió ở đây không đủ để mang luồng không khí nóng thoát ra khỏi khu vực các lò chợ vỉa 14.5.

Trong quá trình khai thác tại các lò chợ ở đây, tùy theo tình trạng cụ thể để có thể áp dụng một hay nhiều các giải pháp đồng thời mà nhóm tác giả đã phân tích ở trên. Giải pháp dài hạn là tiếp tục hoàn thiện hệ thống thông gió chung của mỏ theo từng quý, từng năm khai thác của mỏ. Giải pháp ngắn hạn áp dụng cho từng lò chợ cụ thể của vỉa 14.5 bao gồm: Khoan, bơm ép nước vào khối than trong khu vực lò chợ đang khai thác; xây dựng các tường chắn cách ly khu vực đã khai thác; Bơm khí nitơ vào khu vực phá hỏa...

Mỏ than Khe Chàm III cần tích cực theo dõi tình trạng gia tăng nhiệt độ và áp dụng các giải pháp kỹ thuật đã nêu ở trên để cách li vùng thoát khí CO, ngăn ngừa sự cố cháy mỏ nhằm tránh rủi ro đối với sức khỏe và tính mạng con người tại khu vực khai thác các lò chợ vỉa 14.5.

Tài liệu tham khảo

Bộ công thương, *Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về An toàn trong khai thác than hầm lò*, Nhà xuất bản Lao động Hà Nội, 2011.

Trương Kiến Dân. *Nghiên cứu phòng chống cháy mỏ Trung Quốc – Bắc Kinh* (Bản tiếng Trung), Nhà xuất bản Công nghiệp than, 2008.

Vương Đức Minh. *Cháy mỏ* (Bản tiếng Trung), NXB Đại học Mỏ và Công nghệ Trung Quốc, 8/2008.

Phòng Thông gió thoát nước, Công ty than Khe Chàm - TKV. *Kế hoạch thông gió quý III/2023, IV/2023 và năm 2024.*

Lê Văn Thao: "*Nghiên cứu nguyên nhân cháy than tại các vỉa than và các biện pháp phòng ngừa trong quá trình khai thác*" Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, 2008.

Kiến nghị một số những biện pháp phòng chống cháy mỏ (Bản tiếng Trung). *Tạp chí Địa chất Mỏ Trung Quốc*, 6/2002, trang 39-42.

ABSTRACT

Research and proposal of technical solutions to isolate CO gas leakage areas and prevent mine fires in the longwall face of coal seam 14.5 of Khe Cham Coal Company - TKV

Pham Duc Hung[1,2*], Dao Van Chi[1,2], Le Quang Phuc[1,2], Do Anh Son[1,2]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

[2]*Research Group Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment (SDM)*

In the underground coal mining process at Khe Cham coal mine, in the longwall face of seam 14.5, there was a phenomenon of temperature increase exceeding the allowable limit (up to 42 degrees Celsius) and CO gas generation in the goaf, causing difficulties for mine production and potential risks to labor safety. The assessment results showed that the spontaneous combustion of coal was the cause of this phenomenon. The fragmentation of the lost coal in the gob increased the ability to contact and permeate oxygen. The oxidation of coal and the accompanying heat release led to the temperature in the air stream exceeding the allowable limit. When coal is oxidized, it will cause the risk of generating toxic CO gas and affecting the workers' health in the mine. On the other hand, when coal's oxidation and heat release reaches a critical level, it will lead to a mine fire, causing property damage, costing a lot of money to deal with the consequences, and severely affecting the mine's production activities. Therefore, the goal of finding solutions to ensure safety and production efficiency when mining coal seam 14.5 has been posing challenges for scientists and the Khe Cham coal mine. One of the effective solutions today is to isolate the CO gas escape area and prevent coal fire incidents. In this article, based on the current status of the longwall face 14.5 of the Khe Cham coal mine, the authors have researched technical solutions and developed a plan for implementation in the field.

Keywords: CO Release; Mine Fire; Mine Safety; Mine Microclimate; Mining Solutions

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Đánh giá thực tế khi áp dụng công nghệ lò chợ bán cơ giới hoá tại vỉa 6 mỏ than Bắc Quảng Lợi, Công ty 790, Tổng công ty Đông Bắc

Nguyễn Cao Khải[1,2*], Vũ Thái Tiến Dũng[1,2], Đinh Thị Thanh Nhàn[1,2], Vũ Đức Nghĩa[3]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)*
[3]*Công ty than Mạo Khê (NCS Trường Đại học Mỏ-Địa chất)*

TÓM TẮT

Trong bối cảnh hiện nay thì việc đầu tư công nghệ tiên tiến vào khai thác mỏ nói chung và khai thác mỏ hầm lò nói riêng là hết sức cấp bách, nó là cơ sở chính quan trọng cho việc tăng sản lượng khai thác, giảm sức lao động của con người và tăng năng suất lao động và đặc biệt hơn nữa là góp phần rất lớn vào việc đảm bảo an toàn môi trường làm việc. Tổng công ty Đông Bắc cũng là một đơn vị sản xuất than lớn thứ hai của Việt Nam, trong những năm qua Tổng công ty cũng đã nghiên cứu và đầu tư cho việc áp dụng công nghệ tiên tiến vào trong khai thác mỏ hầm lò, trong đó có việc áp dụng loại hình công nghệ bán cơ giới hoá từ năm 2019. Công nghệ bán cơ giới hoá ở đây là bao gồm Máy khấu than kết hợp cột thuỷ lực đơn cho điều kiện lò chợ 10.2T-vỉa 10 mỏ than Khe Tam và đến năm 2022 Tổng công ty Đông Bắc đã triển khai loại hình công nghệ bán cơ giới hoá cho lò chợ I-6-2 được thiết kế sử dụng máy khấu kết hợp giá thuỷ lực di động cho điều kiện vỉa 6 mỏ than Bắc Quảng Lợi, Công ty 790 và loại hình công nghệ này đã mang lại những cải thiện đáng kể so với lò chợ cột thuỷ lực đơn. Tuy nhiên, đã phát sinh những vấn đề trong trong thực tế sản xuất khiến cho lò chợ hoạt động không như kỳ vọng. Ở đây, trên cơ sở nghiên cứu này, phương hướng và trọng tâm báo cáo là việc đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả khai thác lò chợ bán cơ giới hoá lò chợ I-6-2 ở mỏ than Bắc Quảng Lợi, để làm cơ sở khi tiếp tục áp dụng loại hình công nghệ này ở những nói có điều kiện tương tự của Công ty 790, Tổng công ty Đông Bắc hoặc ở những mỏ khai thác than hầm lò khác ở nước ta.

Từ khóa: Công nghệ bán cơ giới hoá; Lò chợ bán cơ giới hoá I-6-2; Mỏ than Bắc Quảng Lợi

1. Đặc điểm khai thác mỏ than Bắc Quảng Lợi, Công ty 790

Mỏ Bắc Quảng Lợi do Công ty 790 – Tổng công ty Đông Bắc quản lý và khai thác, mỏ hiện được khai thông mở vỉa bằng cặp giếng nghiêng từ mặt bằng +26m tới mức -100m đối với giếng phụ và tới mức -118m đối với giếng chính, sản lượng khai thác của mỏ năm 2023 là 350.000 tấn và phải huy động 9 lò chợ khai thác đồng thời. Công nghệ khai thác chính bao gồm: Công nghệ khoan nổ mìn chống giữ bằng cột TLĐ xà hộp hoặc xà khớp; công nghệ khoan nổ mìn chống giữ bằng giá thủy lực XDY; công nghệ khoan nổ mìn chống giữ bằng giàn mềm cơ khí; công nghệ bán cơ giới hóa (Tổng công ty Đông Bắc 2023).

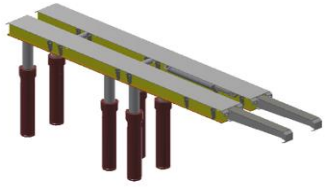
2. Thực trạng lò chợ áp dụng công nghệ bán cơ giới hóa I-6-2 mỏ than Bắc Quảng Lợi

2.1. Thiết kế lò chợ bán cơ giới hóa I-6-2 mỏ than Bắc Quảng Lợi

Hệ thống khai thác được áp dụng là hệ thống khai thác cột dài theo phương. Lò chợ bán cơ giới hóa I-6-2 là được thiết kế lò chợ bám trụ, hạ trần thu hồi than nóc. Lò chợ được chống giữ bằng giá thủy lực di động GTL1600/16/24MK, khấu gương bằng máy khấu 1 tang MG125/150-WD, vận tải than bằng máng cào SGZ630/2x90, điều khiển đá vách bằng phương pháp phá hoả toàn phần. Công suất thiết kế cho lò chợ là 150.000 T/năm. Các thiết bị sử dụng trong lò chợ bán cơ giới hóa I-6-2 như trên Hình 1.


a) Máy khấu MG125/150-WD

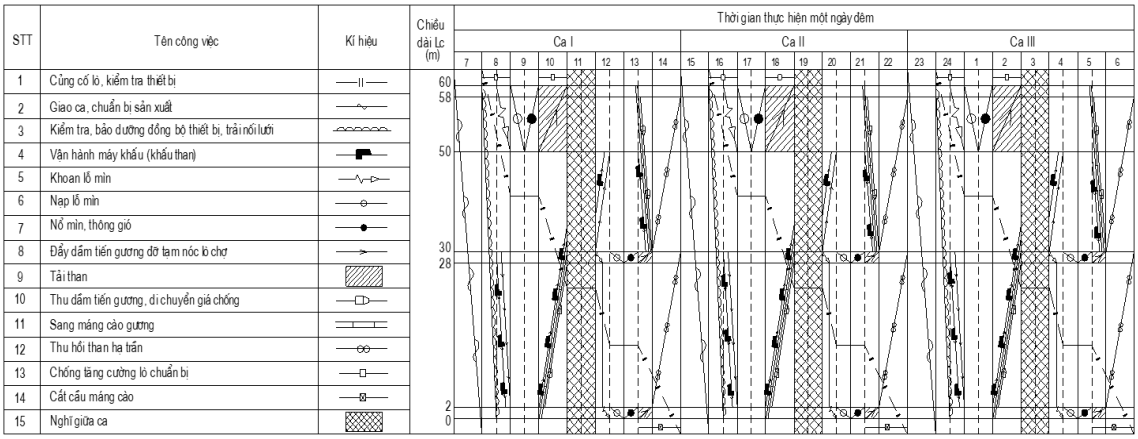

b) Máng cào SGZ630/2×90


c) Giá thủy lực di động GTL1600/16/24MK

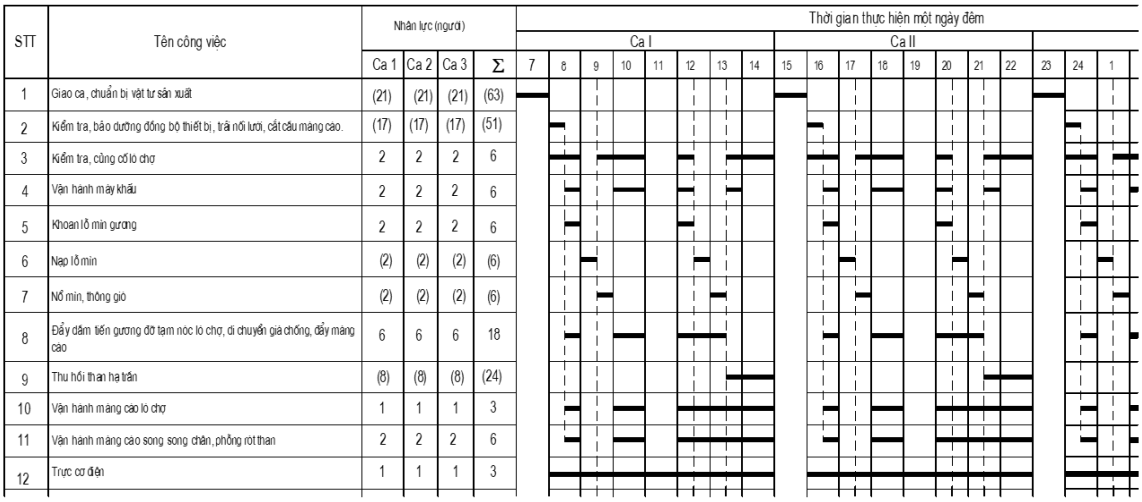
Hình 1. Các thiết bị sử dụng trong lò chợ I-6-2

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyencaokhai@humg.edu.vn

Công tác tổ chức sản xuất trong lò chợ bán CGH (LC I-6-2) được thực hiện theo chế độ làm việc hiện hành của Công ty 790: một ngày làm việc 3 ca trong đó, mỗi ca hoàn thành một chu kỳ khai thác. Căn cứ vào khối lượng công việc, công tác tổ chức sản suất, thiết kế xây dựng biểu đồ tổ chức chu kỳ sản xuất và bố trí nhân lực như trong Hình 2 và Hình 3 (Tổng công ty Đông Bắc 2022).



Hình 2. Biểu đồ tổ chức sản xuất lò chợ I-6-2



Hình 3. Biểu đồ bố trí nhân lực lò chợ I-6-2

Các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật chung của lò chợ I-6-2 theo thiết kế như trong Bảng 1.

Bảng 1. Bảng so sánh chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của lò chợ I-6-2 theo thiết kế, thực tế sản xuất và sau khi áp dụng giải pháp nâng cao hiệu quả sản xuất

TT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Thiết kế	Thực tế đưa vào SX	Khi áp dụng giải pháp hoàn thiện
1	Chiều dày vỉa trung bình	m	3,6	3	3,0
2	Góc dốc vỉa trung bình	độ	16	16	16
3	Chiều cao khấu gương	m	2,0	2,2	2,0
4	Chiều dày lớp than hạ trần	m	1,6	0	1,0
5	Chiều dài lò chợ	m	60	65	65
6	Tổng chiều dài khám đầu và chân lò chợ	m	4	6	-
7	Trọng lượng thể tích của than nguyên khai	tấn/m³	1,5	1,66	-
8	Tiến độ khấu gương	m	0,8	0,8	0,8
9	Tiến độ hạ trần	m	0,8	0,8	0,8
10	Số luồng khấu gương một chu kỳ	luồng	1	1	1
11	Số luồng hạ trần một chu kỳ	luồng	1	-	1
12	Số ca khai thác một chu kỳ	ca	1	0,7	1

TT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Thiết kế	Thực tế đưa vào SX	Khi áp dụng giải pháp hoàn thiện
13	Số chu kỳ khai thác trong 1 ngày đêm	chu kỳ	3	2	-
14	Hệ số khai thác than gương	-	0,95	0,95	0,95
15	Hệ số thu hồi than hạ trần	-	0,75	0	0,85
16	Sản lượng khai thác than một chu kỳ	tấn	215	180	215
17	Sản lượng than khai thác 1 ngày đêm	tấn	580	361	547
18	Sản lượng than khai thác 1 tháng	tấn	14.500	9.381	13.675
19	Hệ số chuyển diện lò chợ	-	0,88	0,88	-
20	Công suất lò chợ	tấn/năm	150.000	112.575	131.000
21	Số công nhân lao động một ngày đêm	người	63	48	55
22	Năng suất lao động trực tiếp	tấn/công	9,2	7,5	7,6
23	Chi phí dầu nhũ hóa cho 1000T than	kg	201	230	211
24	Chi phí lưới thép cho 1000T than	kg	411	372	372
25	Chi phí gỗ cho 1000T than	m^3	8,85	3,8	3,8
26	Chi phí nước sạch cho 1000T than	m^3	71,2	76	74
27	Chi phí thuốc nổ cho 1000 T than	kg	32,6	-	-
28	Chi phí kíp nổ cho 1000 T than	cái	130,4	-	-
29	Chi phí răng khấu cho 1000T than	cái	5	-	-
30	Chi phí mét lò chuẩn bị cho 1000T than	m	5,1	-	-
31	Tổn thất than theo công nghệ	%	13,3	-	14

2.2. Thực trạng lò chợ bán cơ giới hóa I-6-2

Lò chợ bán cơ giới hóa I-6-2 đang hoạt động tại vỉa 6, mỏ than Bắc Quảng Lợi. Lò chợ thực tế có một số sự khác biệt so với thiết kế ban đầu:

- Chiều dày vỉa khu vực lò chợ khai thác 3,0m, trong đó chiều cao khấu 2,2m và không thu hồi than (lò chợ thiết kế có thu hồi than);
- Chiều dài lò chợ hiện tại đạt 65m, tăng hơn so với chiều dài thiết kế ban đầu (lò chợ thiết kế dài 60m). Từ đó, số lượng giá thủy lực di động chống giữ trong lò chợ cũng tăng theo;
- Thời gian hoàn thành chu kỳ kéo dài, trong 01 ngày đêm chỉ hoàn thành được 02 chu kỳ sản xuất (so với 03 chu kỳ/ngày đêm theo thiết kế);
- Sản lượng khai thác trong một đơn vị thời gian giảm, công suất lò chợ tính toán theo thực tế đạt khoảng 112.000 tấn/năm (thiết kế 150.000 tấn/năm).

Các chỉ tiêu tổng hợp về mặt kinh tế - kỹ thuật của lò chợ theo thực tế được thể hiện trên Bảng 1 (Tổng công ty Đông Bắc 2024).

2.3. Một số vấn đề gặp phải ảnh hưởng đến quá trình khai thác

Trong quá trình khai thác, lò chợ bán cơ giới hóa I-6-2 đã gặp phải một số vấn đề, gây khó khăn cho việc thực hiện các công đoạn sản xuất. Những vấn đề điển hình bao gồm:

(1) Công tác tổ chức sản xuất có sự khác biệt nhiều so với thiết kế, việc bố trí và thực hiện các công tác chưa mang lại hiệu quả cao. Vì thế, thời gian hoàn thành chu kỳ sản xuất của lò chợ kéo dài, làm giảm năng suất lao động cũng như sản lượng của lò chợ.

(2) Đất đá vách phân lớp mỏng, lò chợ xảy ra hiện tượng lở gương, tụt nóc tại một số vị trí trong một vài thời điểm. Điều này gây ảnh hưởng trực tiếp đến không gian lò chợ và sự ổn định của gương khai thác.

(3) Tại một số vị trí trong lò chợ, đá trụ mềm yếu khiến cho nền lò kém ổn định, các vì chống dễ bị lún nén, làm giảm tiến độ của lò chợ.

(4) Trong quá trình hoạt động, giá thủy lực di động xuất hiện những trạng thái tiêu cực làm ảnh hưởng đến khả năng chống giữ. Sự tác động của giá thủy lực di động đến gương lò và lớp than, đá phía nóc lò chưa đạt hiệu quả cao.

Trong thực tế sản xuất, những sự khác biệt của lò chợ so với thiết kế ban đầu là điều không thể tránh khỏi. Tuy nhiên, những vấn đề mang lại hiệu quả tiêu cực cần phải được phân tích, đánh giá và tìm cách

khắc phục hợp lý. Trên thực tế, các thông số cơ bản về chiều dài, góc dốc của lò chợ I-6-2 có ít sự thay đổi so với thiết kế ban đầu. Tuy nhiên, quá trình sản xuất gặp một số khó khăn như: công tác tổ chức sản xuất phức tạp; một số vị trí lò chợ gặp hiện tượng lở gương, tụt nóc, lún nền; các giá thủy lực di động hoạt động ở trạng thái không ổn định… dẫn đến lò chợ không đạt hiệu quả như thiết kế ban đầu. Công suất lò chợ tính toán theo sản lượng thực tế chỉ đạt khoảng 112.000 tấn/năm (Tổng công ty Đông Bắc 2024).

3. Đánh giá thực trạng và đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả khai thác lò chợ I-6-2

3.1. Các nguyên nhân

- Vấn đề về công tác tổ chức sản xuất

Việc thu hồi than nóc gặp khó khăn do chiều dày lớp thu hồi nhỏ (thường từ 0,8 ÷ 1,0m), khi chiều dày lớp thu hồi < 1,0m thì việc thu hồi sẽ cho hiệu quả thấp. Đối với công tác di chuyển giá thủy lực di động: Do kinh nghiệm của công nhân còn hạn chế, các yếu tố điều kiện kỹ thuật địa chất mỏ không thuận lợi ảnh hưởng lên vì chống nên việc di chuyển giá thủy lực không theo đúng tiến độ thời gian như thiết kế (thiết kế thời gian để di chuyển khoảng 1,5 ÷ 2 phút/giá, nhưng thực tế hoàn chỉnh 01 giá thủy lực di động theo tiến độ khấu gương của lò chợ I-6-2 có khi mất khoảng 20 phút/giá. Trong những trường hợp bất lợi, thời gian di chuyển có thể lên đến 35 ÷ 40 phút/giá). Áp lực mỏ lớn gây sự cố lún nền, giá bị xô lệch, lở gương và tụt nóc.

- Sự cố lở gương, tụt nóc

Do tính chất cơ lý của than và đá vách gây hiện tượng lở gương, tụt nóc không xảy ra một cách thường xuyên trên diện rộng của lò chợ mà chỉ xảy ra cục bộ tại một số vị trí trong một số thời điểm, nguyên nhân do từ sự mềm yếu, dễ bở rời của than và đá vách. Giá thủy lực di động không cung cấp khả năng che chắn hoàn toàn khu vực nóc lò chợ, một số vì chống chưa có tải trọng hợp lý, một số trường hợp tấm dầm đỡ gương không kích sát nóc và gương lò. Ngoài ra còn có yếu tố tốc độ tiến gương chậm sẽ dễ xảy ra hiện tượng lở gương tụt nóc.

- Sự cố lún nền

Nguyên nhân chính của hiện tượng lún nền là tính chất cơ lý của đá trụ. Đá trụ có tính chất mềm yếu, dễ bị xâm nhập. Nói cách khác, đá trụ có cường độ kháng lún thấp. Kết hợp với đó, khi áp lực đá vách tác động lên vì chống lớn, áp lực này cũng sẽ truyền theo kết cấu vì chống để xuống nền lò chợ. Khi đó, nền lò chợ chịu sự phân bố áp lực tăng đột ngột tại một vài vị trí sẽ khiến cho hiện tượng lún nền xảy ra (A. Özder & G. Özbayoğlu 2001).

- Vấn đề về trạng thái hoạt động của giá



Hình 4. Trạng thái hoạt động thực tế của giá thủy lực di động tại lò chợ I-6-2



Hình 5. Vì chống không chống sát mặt gương tại lò chợ I-6-2

Xảy ra hiện tượng giá chống không vuông ke, bị xiêu vẹo, tấm dầm tiến gương không hoạt động hết hành trình và không vuông góc với gương lò như hình 4. Nguyên nhân do áp lực mỏ biến thiên không ổn định, quá trình thao tác di chuyển chống giữ không đúng kỹ thuật, tấm chắn gương không hoạt động hết hành trình như hình 5.

3.2. Giải pháp nâng cao hiệu quả cho lò chợ bán cơ giới hóa I-6-2

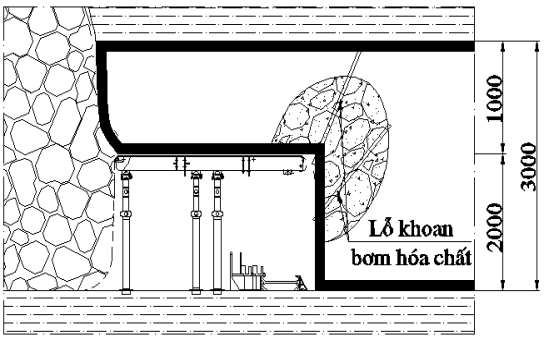
3.2.1. Giải pháp xử lý hiện tượng lở gương, tụt nóc

Trong trường hợp lò chợ xuất hiện hiện tượng lở gương, tụt nóc, việc chống giữ tăng cường cần thiết phải sử dụng để tránh cho hiện tượng lan rộng. Ngoài ra, những giải pháp chính được đề xuất để xử lý vấn đề trên bao gồm:

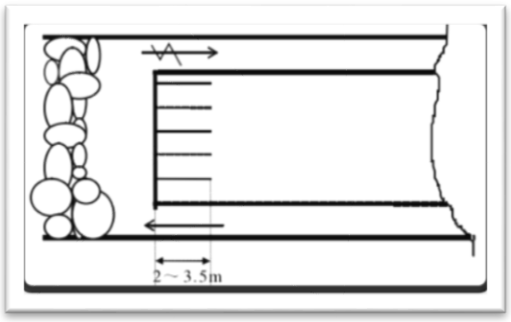
* Gia tăng độ ổn định của gương lò bằng phương pháp bơm hóa chất hoặc bơm ép nước:

Hóa chất dạng lỏng, sau khi được bơm vào gương than, sẽ di chuyển lấp đầy các khe nứt và nhanh chóng đông cứng lại để liên kết than thành một khối vững chắc. Việc sử dụng hóa chất để gia cố khối than mang lại hiệu quả cao về mặt kỹ thuật, tuy nhiên chi phí tương đối cao là trở ngại để áp dụng rộng rãi. Hóa chất được bơm trực tiếp vào các lỗ khoan được khoan từ mặt gương lò chợ (Hình 6). Trong phạm vi lở gương, tụt nóc không lớn, biện pháp bơm ép nước có thể được xem xét sử dụng thay cho hóa chất do chi phí thấp hơn hẳn. Nước khi được bơm với lượng phù hợp vào khối than sẽ làm tăng tính bám dính, tính dẻo của than

để tạo sự liên kết giữa các phần tử than trong khối. Tuy nhiên, khi sử dụng phương pháp này, độ liên kết, vững chắc của khối than kém hơn so với việc dùng hóa chất. Các lỗ khoan được sử dụng để bơm ép nước có chiều dài khác nhau để phù hợp với điều kiện thực tế của lò chợ và khu vực khai thác. Đối với điều kiện ở lò chợ I-6-2, do hiện tượng lở gương, tụt nóc diễn ra không thường xuyên ở phạm vi không lớn, phương pháp sử dụng các lỗ khoan ngắn khoan từ gương lò chợ được đề xuất áp dụng (Hình 7). Khi phạm vi lở gương, tụt nóc diễn ra trên diện rộng, có thể sử dụng các lỗ khoan có chiều dài trung bình để mang lại hiệu quả tốt hơn. Các lỗ khoan trung bình có chiều dài 5 ÷ 25m. Sử dụng hóa chất hay nước, trong khả năng phù hợp, đều làm gia tăng sự liên kết nói chung của gương lò. Giúp cho gương lò hạn chế được khả năng sụt lở, vỡ vụn tự nhiên dưới tác dụng của áp lực mỏ. Qua đó, duy trì và nâng cao sự ổn định của lò chợ.



Hình 6. Gia cố gương lò bằng hóa chất



Hình 7. Các lỗ khoan ngắn có chiều dài 2 ÷ 3,5m được sử dụng để bơm ép nước

* Kiểm soát quá trình chống giữ đảm bảo đúng kỹ thuật

Một số giải pháp cụ thể yêu cầu cần thực hiện đối với quá trình chống giữ bằng giá thủy lực di động như sau:

- Giá thủy lực di động cần phải được chống giữ vuông ke, vuông góc với gương lò, đầu xà cần kích sát nóc và gương lò;
- Công tác trải lưới, cài chèn cần phải được thực hiện đúng kỹ thuật nhằm hạn chế sự xuất hiện của các vị trí không được chống giữ đầy đủ;
- Giá thủy lực di động cần làm việc ở trạng thái tải trọng hoạt động phù hợp, không để xảy ra hiện tượng non tải làm ảnh hưởng đến khả năng chống giữ của giá cũng như tác động tương hỗ giữa giá và phần than, đá vách.

* Tăng tốc độ dịch chuyển của lò chợ

Gia tăng tốc độ dịch chuyển của lò chợ bản chất chính là không để lò chợ tồn tại ở một vị trí không gian trong một khoảng thời gian dài. Lò chợ di chuyển với tốc độ phù hợp sẽ giảm thiểu các vị trí chịu áp lực tập trung cục bộ có trị số cao. Tức là, giảm thiểu khả năng xảy ra hiện tượng lở gương, tụt nóc tại các vị trí này. Bên cạnh đó, trong trường hợp xảy ra hiện tượng lở gương, tụt nóc ở phạm vi không lớn, tăng tốc độ lò chợ sẽ giúp cho lò chợ nhanh chóng vượt qua các vị trí không ổn định này. Nhìn chung, gia tăng tốc độ dịch chuyển của lò chợ mang lại nhiều hiệu quả tích cực và là mục tiêu hướng tới của bất kỳ lò chợ hoạt động nào. Tuy nhiên, tốc độ lò chợ là một thông số tổng hợp, phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau nên để tăng tốc độ lò chợ cần phải có sự phối hợp nhịp nhàng từ các công việc thành phần cấu thành trong quy trình sản xuất của lò chợ

3.2.2. Giải pháp xử lý hiện tượng lún nền

Giải pháp để xử lý hiện tượng lún nền bao gồm:

- Xử lý trạng thái chống giữ của giá thủy lực di động, đưa giá về với trạng thái chống giữ với vị trí và chiều cao phù hợp;
- Sử dụng các biện pháp bổ sung để gia tăng diện tích tiếp xúc giữa vì chống và nền lò nhằm giảm tải trọng phân bố. Biện pháp phổ biến nhất được sử dụng là bổ sung các tấm dầm nền có kích thước lớn đỡ các cột chống, tấm dầm nền có thể bằng gỗ hoặc bằng kim loại.

3.2.3. Giải pháp nâng cao trạng thái hoạt động của giá thủy lực di động

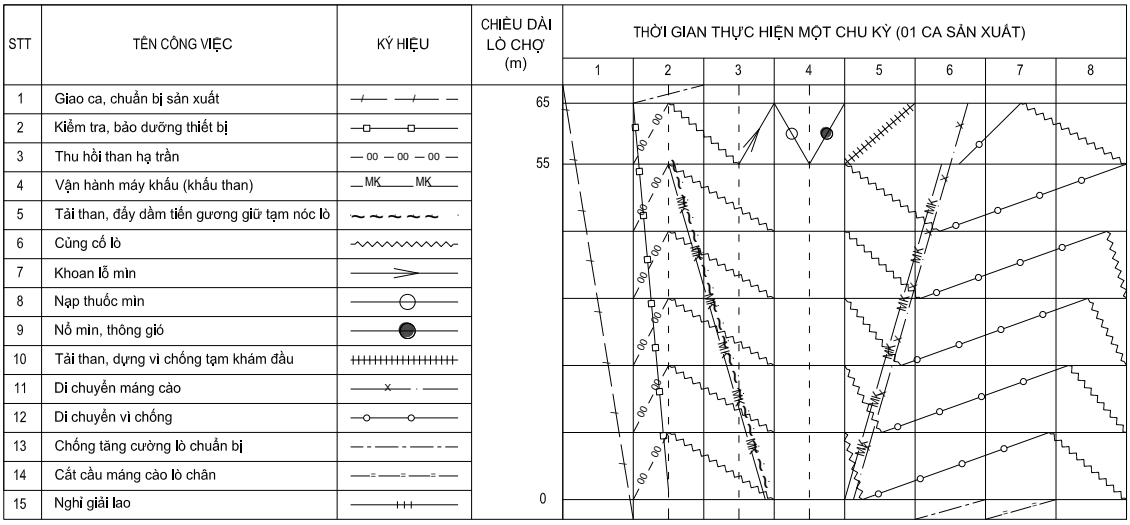
Giải pháp nhằm nâng cao trạng thái hoạt động của giá thủy lực di động có thể được tóm lược như sau:

- Nâng cao tính ổn định, độ liên kết của than nóc và đá vách phía trên;
- Nâng cao trình độ kỹ thuật thao tác vì chống, đảm bảo vì chống luôn vuông ke, vuông góc;
- Đảm bảo sự tiếp xúc giữa vì chống với phần nóc và phần nền lò chợ, giữ cho vì chống hoạt động ở tải trọng phù hợp;
- Hạn chế sự thay đổi, giữ ổn định chiều cao khấu gương nhằm duy trì chiều cao chống giữ ổn định cho vì chống. Khi chiều cao chống giữ không ổn định dễ làm cho vì chống vị xô lệch;
- Kiểm soát và đảm bảo chất lượng đường cung cấp dịch cho giá chống;

- Thực hiện tốt công tác kiểm tra và bảo dưỡng thiết bị chống giữ. Thường xuyên kiểm tra áp lực các cột chống, đặc biệt đối với các vị trí xung yếu, để có những điều chỉnh kịp thời cần thiết cho phù hợp.

3.2.4. Giải pháp về công tác tổ chức sản xuất

Với thực tế khi đưa lò chợ bán cơ giới hóa I-6-2 vào sản xuất cho thấy công tác sản xuất bị ảnh hưởng do các điều kiện kỹ thuật địa chất mỏ cũng như trình độ và kinh nghiệm tay nghề của công nhân dẫn đến cần thiết phải điều chỉnh lại khâu tổ chức sản xuất cho phù hợp. Dựa vào khối lượng, trình tự và thời gian thực hiện các công việc chính, biểu đồ tổ chức sản xuất được xây dựng thể hiện như trên hình 8.



Hình 8. Biểu đồ tổ chức sản xuất lò chợ I-6-2 đề xuất

Một chu kỳ sản xuất được tiến hành trong 01 ca. Sau 01 chu kỳ, lò chợ tiến gương 0,8m (tương ứng với 01 luồng khấu). Về cơ bản, lò chợ được chia thành 06 đoạn gồm khám đầu dài 10m và 05 đoạn lò chợ có chiều dài 11m/đoạn. Công tác tổ chức sản xuất được thực hiện độc lập từng đoạn ở các khâu thu hồi than, di chuyển vì chống, củng cố lò. Công tác di chuyển giá chiếm nhiều thời gian và nhân lực nhất, có thời điểm việc di chuyển giá được thực hiện ở cả 06 khớp của lò chợ đồng thời. Khi tiến hành nạp nổ mìn, thông gió, các lao động không trực tiếp tham gia công tác này sẽ được nghỉ giải lao (01 giờ). Lao động trực tiếp tham gia nạp nổ mìn, thông gió sẽ được nghỉ giải lao sau khi thực hiện xong công tác tải than, dựng vì chống tạm tại khu vực khám đầu lò chợ.

3.3. Đánh giá hiệu quả áp dụng giải pháp nâng cao hiệu quả khai thác lò chợ bán cơ giới hóa I-6-2

Việc áp dụng loại hình công nghệ bán cơ giới này cho điều kiện lò chợ I-6-2 là thực sự chưa phù hợp, nguyên nhân chủ yếu do điều kiện kỹ thuật địa chất. Với việc các giải pháp đề xuất đã đưa ra khi áp dụng cho lò chợ bán cơ giới hóa I-6-2 đã đem lại những hiệu quả nhất định. Các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật cơ bản của lò chợ đã được tính toán có khả thi. Chi tiết một số chỉ tiêu chính như trong Bảng 1.

Công suất lò chợ ở phương án đề xuất áp dụng theo tính toán đạt 131.000 tấn/năm. Công suất này không bằng công suất thiết kế ban đầu 150.000 tấn/năm do chiều dày vỉa có sự thay đổi cũng như sự khác biệt lớn từ các dữ liệu tính toán đầu vào, đặc biệt là thời gian thực hiện công tác di chuyển giá thủy lực di động. Mặc dù vậy, so với công suất được tính toán dựa trên sản lượng chu kỳ lớn nhất đã đạt được của lò chợ là 112.000 tấn/năm, phương án đề xuất cũng đã cho kết quả vượt khoảng 17%.

Trên thực tế, hiệu quả của công tác tổ chức sản xuất được dựa trên yếu tố cốt lõi là trình độ kỹ thuật, tay nghề của công nhân lao động. Vì vậy, ngoài việc điều chỉnh công tác tổ chức sản xuất cho phù hợp, cần phải không ngừng đào tạo, nâng cao trình độ của các công nhân lao động thi công các công đoạn sản xuất khác nhau trong lò chợ. Trong cùng một điều kiện làm việc, các lao động có trình độ tay nghề cao luôn đem lại những hiệu quả cao hơn. Nhờ đó, lò chợ cũng sẽ cải thiện được các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật đạt được.

4. Kết luận

Lò chợ I-6-2 tại vỉa 6 mỏ Bắc Quảng Lợi – Công ty 790 – Chi nhánh Tổng Công ty Đông Bắc là lò chợ bán cơ giới hóa sử dụng máy khấu than kết hợp với giá thủy lực di động. Đây là công nghệ tiên tiến được áp dụng tại các mỏ than hầm lò thuộc Tổng Công ty Đông Bắc. Trong quá trình hoạt động, lò chợ gặp phải nhiều vấn đề khác nhau dẫn đến hiệu quả sản xuất không như thiết kế, sản lượng thấp, năng suất lao động chưa cao. Nguyên nhân chính là trong quá trình sản xuất do có sự thay đổi theo chiều hướng tiêu cực của điều kiện địa chất so với thiết kế. Ngoài ra, trình độ lao động chưa cao và sự bất cập trong công tác tổ chức sản xuất cũng ảnh hưởng đến các công đoạn trong quy trình sản xuất.

Các giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động của lò chợ I-6-2 được xây dựng dựa trên kết quả nghiên cứu, phân tích hiện trạng thực tế khi áp dụng và kết hợp với cơ sở lý luận trong và ngoài nước. Các giải pháp đã được đề xuất để xử lý các hiện tượng, sự cố khác nhau như lở gương, tụt nóc, lún nền… đều mang tính khả thi cao. Trong đó, việc tính toán, xây dựng biểu đồ tổ chức sản xuất và bố trí nhân lực mới phù hợp với điều kiện thực tế hứa hẹn mang lại những hiệu quả rõ rệt khi áp dụng. Đây không những là kinh nghiệm quý báu cho hoạt động sản xuất của lò chợ I-6-2 của Công ty 790. Đặc biệt, sau khi nghiên cứu chúng tôi khuyến nghị trong trường hợp Công ty chuyển diện khai thác hoặc áp dụng loại hình công nghệ này cần phải đặc biệt nghiên cứu đánh giá chuẩn xác điều kiện kỹ thuật địa chất mỏ. Đây cũng là cơ sở để các đơn vị khai thác hầm lò xem xét khi đầu tư áp dụng các công nghệ cơ giới hóa.

Tài liệu tham khảo

Tổng công ty Đông Bắc, 2022, *Kế hoạch khai thác thác Công ty 790 năm 2023*.

Tổng công ty Đông Bắc, 2023, *Kế hoạch khai thác thác Công ty 790 năm 2023*.

Tổng công ty Đông Bắc, 2024, *Báo cáo đánh giá hiệu quả khai thác lò chợ bán cơ giới hóa I-6-2 Công ty 790*.

A. Özder & G. Özbayoğlu, 2001. Influence of Coal Face Mechanization on the Properties of Çayirhan Lignite. *17th International Mining Congress and Exhibition of Turkey - IMCET 2001*, pp 769 – 773 (ISBN 975-395-417-4).

ABSTRACT

Assessment of the current situation when applyed semi-mechanized longwall mining of seam 6 of Bac Quang Loi coal mine, Company 790, Dong Bac Corporation

Nguyen Cao Khai[1,2*], Vũ Thai Tien Dung[1,2], Dinh Thi Thanh Nhan[1,2], Vu Duc Nghia[3]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

[2]*Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment (SDM)*

[3]*Mao Khe Coal Company – TKV (Graduate student Hanoi University of Mining and Geology)*

In the current context, investing in advanced technology in mining in general and underground mining in particular is extremely urgent. It is the main important basis for increasing mining output, reducing human labor and increasing labor productivity, and more specifically contributing greatly to ensuring a safe working environment. Dong Bac Corporation is also the second largest coal producer in Vietnam. In recent years, the Corporation has also researched and invested in applying advanced technology to underground mining, including the application of semi-mechanized technology since 2019. Semi-mechanized technology here includes a coal stripper combined with single hydraulic column for the 10.2T-seam 10 longwall conditions of Khe Tam coal mine, and by 2022 Dong Bac Corporation has deployed semi-mechanized technology for the I-6-2 longwall designed to use stripper combined with a mobile hydraulic rack of seam 6 for conditions of Bac Quang Loi coal mine, Company 790 and this type of technology has brought significant improvements compared to the single hydraulic column longwall. However, problems have arisen in actual production, causing the longwall to not operate as expected. Here, on the basis of this research, the direction and focus of the report is to propose solutions to improve the efficiency of semi-mechanized longwall mining of longwall I-6-2 at Bac Quang Loi coal mine, Company 790, Dong Bac Corporation.

Keywords: Semi-mechanized Technology; Semi-mechanized longwall I-6-2; Bac Quang Loi coal mine

Một số yêu cầu an toàn khi thi công lò thượng mức -240/-320 khu IV vỉa 10 Công ty CP than Núi Béo-Vinacomin

Vũ Đức Nghĩa[1], Nguyễn Cao Khải[2,3,*], Vũ Thái Tiến Dũng[2,3]
[1]*Công ty than Mạo Khê (NCS Trường Đại học Mỏ - Địa chất)*
[2]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[3]*Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)*

TÓM TẮT

Trong khai thác mỏ hầm lò công tác chuẩn bị diện khai thác đóng vai trò rất quan trọng, đặc biệt trong bối cảnh phải mở rộng diện khai thác ở các mỏ than hầm lò thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam hiện nay. Việc thi công các đường lò chuẩn bị thường bị ảnh hưởng do nhiều yếu tố như: công nghệ thiết bị đào lò, công nghệ xúc bốc vận tải, công nghệ chống giữ, thông gió an toàn môi trường, điều kiện địa chất mỏ,… dẫn đến tốc độ thi công ảnh hưởng, trong đó yếu tố quan trọng nhất là công nghệ thiết bị phù hợp. Ngoài ra sau quá trình sử dụng đường lò sẽ bị ảnh hưởng như nén bẹp làm thay đổi hình dạng và kích thước ảnh hưởng lớn đến hiệu quả sử dụng đường lò. Chính vì vậy, ngoài công nghệ đào lò quyết định chính đến năng suất và tốc độ đào lò, thì công nghệ chống giữ hợp lý sẽ là rất quan trọng trong việc đảm bảo độ ổn định và mức độ an toàn tăng tuổi thọ của đường lò chuẩn bị. Công ty Cổ phần than Núi Béo-Vinacomin là một đơn vị khai thác than hầm lò lớn của Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam và trong tương lai cần phải đẩy mạnh công tác chuẩn bị diện khai thác để đáp ứng tăng sản lượng khai thác, trong đó phải kể đến công tác đào các đường lò thượng. Nghiên cứu này đưa ra một số yêu cầu an toàn khi thi công đường lò thượng mức -240/-320 khu IV vỉa 10 của Công ty Cổ phần than Núi Béo, dự báo một số nguy cơ mất an toàn có thể xảy ra và đề xuất giải pháp kỹ thuật an toàn góp phần nâng cao hiệu quả thi công đào lò Công ty Cổ phần than Núi Béo-Vinacomin.

Từ khóa: Công ty Cổ phần than Núi Béo; An toàn đào lò thượng; Công nghệ khoan nổ mìn đào lò thượng

1. Đặc điểm mỏ than Núi Béo

Mỏ than Núi Béo là một mỏ than được khai thác bằng phương pháp hầm lò có sản lượng và quy mô lớn của Tập đoàn công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam. Mỏ được đầu tư tương đối bài bản, được khai thông mở vỉa bằng cặp giếng đứng từ mặt bằng +35m tới mức -351,6m đối với giếng đứng và tới mức -381,8 m đối với giếng phụ, tại các mức -140m và -350 được thiết kế sân ga hầm trạm và hệ thống đường lò xuyên vỉa để phục vụ công tác mở mỏ. Công suất thiết kế mỏ là 2,0 triệu T/năm (Viện khoa học công nghệ mỏ-Vinacomin, 2012; Công ty Cổ phần than Núi Béo-Viancomin, 2020). Công nghệ khai thác chính bao gồm: Công nghệ khoan nổ mìn chống giữ bằng giá thủy lực XDY hoặc ZH; công nghệ bán bán cơ giới hóa áp dụng cho các vỉa có góc dốc ≥ 45°, chiều dày ≥ 6 m; công nghệ cơ giới hóa đồng bộ. Công nghệ đào lò chủ yếu bằng khoan nổ mìn, xúc bốc bằng máy cào vơ hoặc thủ công (Phòng KCM, 2022).

2. Thi công đào lò thượng thông gió thoát nước mức -240/-320 khu IV vỉa 10

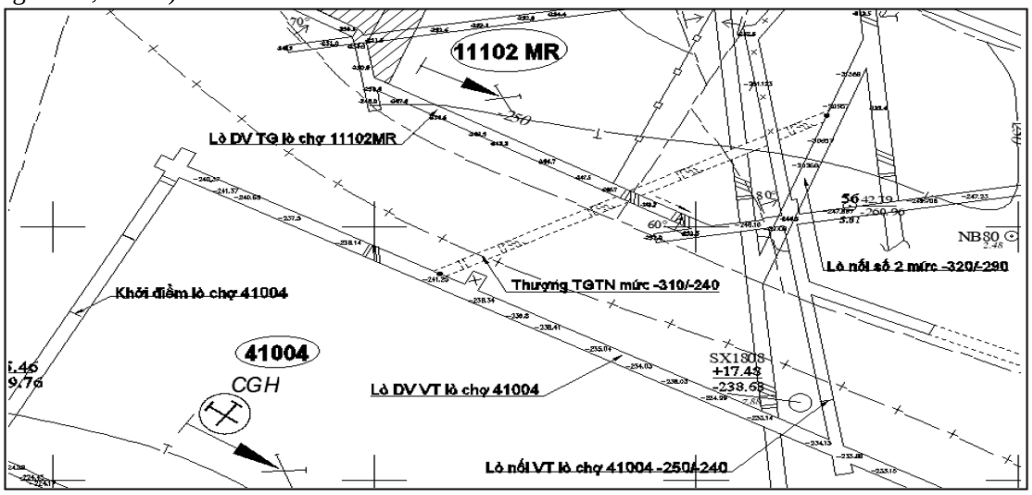
Theo kế hoạch thông gió thoát nước chung của mỏ than Núi Béo, gió sạch để thông gió cho các hộ tiêu thụ gió từ mức -140 trở xuống sẽ lấy từ mức -350 lên. Cùng với đó, toàn bộ lượng nước chảy ra từ các đường lò trong toàn bộ các hoạt động của mỏ ở các mức trên sẽ được tập trung xuống mức -350 để bơm lên mặt bằng. Việc thi công đào lò thượng thông gió thoát nước mức -240/-320 tại vị trí như trên Hình 1. Đường lò thượng được thiết kế để nối lò DVVT lò chợ cơ giới hóa sô 41004 xuống lò nối số 2 mức -320/-290 nên được lựa chọn điểm mở lò hợp lý để sau khi hoàn công đường lò có thể đảm nhiệm được hoàn toàn chức năng thông gió thoát nước của mình, sơ đồ như trên Hình 2 (Phòng KCM, 2022, 2022a).

Với tính toán thì đường lò thượng có hình dạng là hình vòm, tiết diện đường lò sử dụng 9,3m^2. Công nghệ đào lò được áp dụng là khoan nổ mìn, chống giữ kết hợp vì sắt với vì neo.

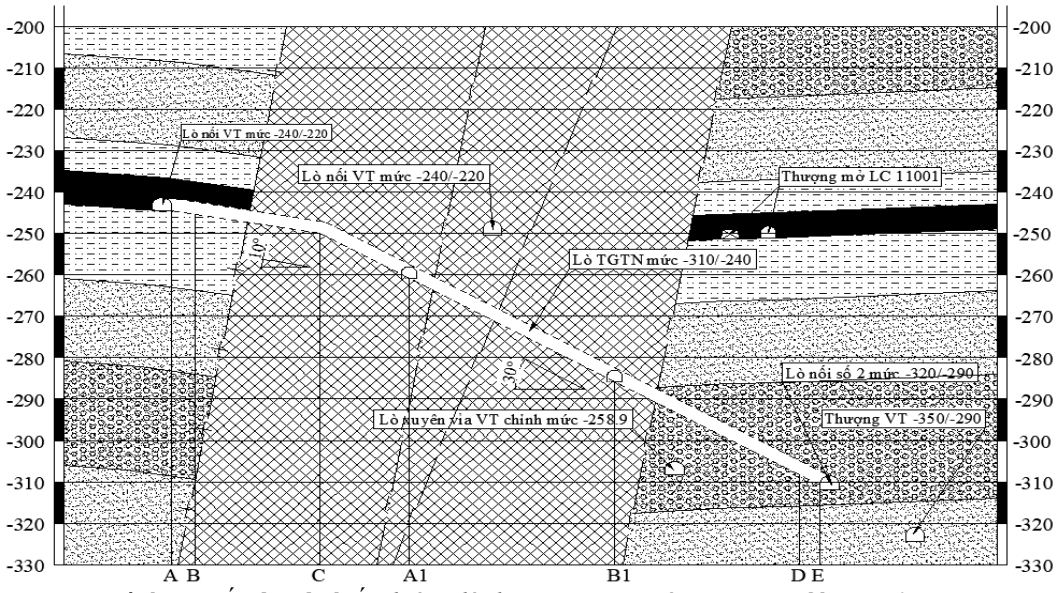
* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyencaokhai@humg.edu.vn

2.1. Công tác khoan nổ mìn

Hộ chiếu khoan nổ mìn được tính toán theo các công thức theo quy định (PGS.TS.Trần Văn Thanh và nnk, 2019) đã được kiểm chứng cho gương lò hình vòm có diện tích 9,3 m^2 cho nhiều trường hợp khác nhau tương ứng với các tham số về độ cứng gương và bước tiến gương. Đường lò dự kiến sử dụng bước chống 0,7 m/vì tại các vị trí tiếp giáp ngã ba và 0,8 m/vì cho các vị trí còn lại. Do đó, chiều sâu lỗ khoan được tính toán sao cho phần gương lò tách phá sau khi nổ mìn đảm bảo bằng số nguyên lần bước chống để tạo điều kiện thuận lợi cho công tác chống giữ sau này. Hộ chiếu khoan nổ mìn như trên Hình 3 và Hình 4 (Phòng KCM, 2022a).



Hình 1. Sơ đồ vị trí thi công đường lò thượng thông gió thoát nước mức -240/-320 khu IV vỉa 10



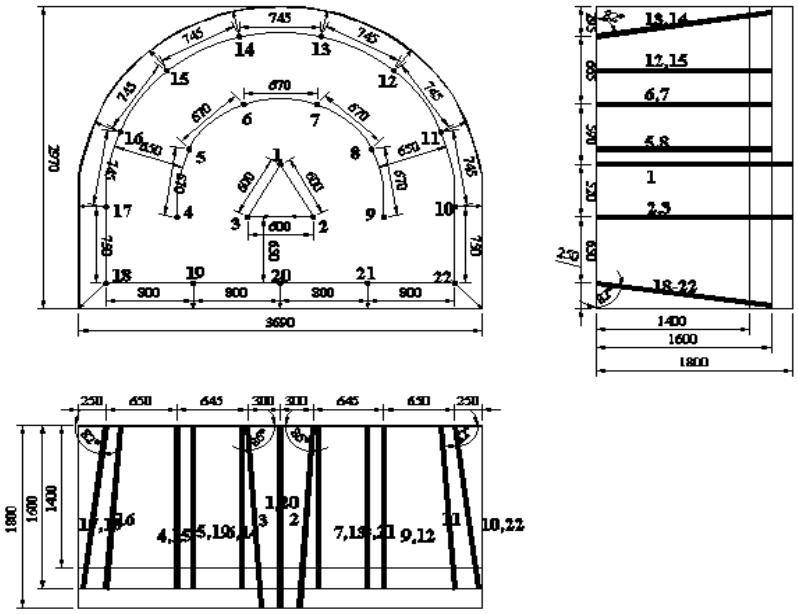
Hình 2. Trắc dọc dự kiến đường lò thượng TGTN mức -240/-320 khu IV vỉa 10

2.2. Công tác chống giữ

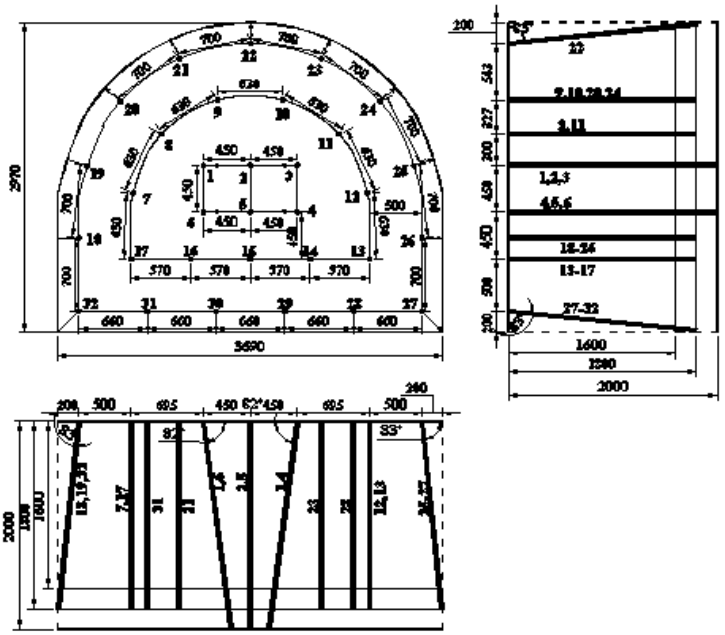
Công tác chống giữ trên đường lò thượng TGTN mức -240/-320 khu IV vỉa 10 được chia thành nhiều đoạn lò khác nhau tương ứng với từng vị trí cụ thể. Sau khi tính toán, luận văn đề xuất phương án chống giữ đường lò thượng như trên Hình 5 (Phòng KCM, 2022). Chi tiết như sau:

+ Đoạn lò AB: Là đoạn lò đào trong than, có chiều dài 5m. Lò đào chống vì sắt SVP-27, chèn bê tông cốt thép, văng thép, bước chống 0,7m/vì. Đoạn lò này đóng vai trò là đoạn lò mở ngã 3 để thi công lò theo hướng từ lò DVVT lò chợ 41004 xuống;

+ Đoạn lò BC: Là đoạn lò đào tiếp theo đoạn AB, có chiều dài dự kiến 27m. Lò đào từ than và sau đấy đi vào đới đứt gãy với gương lò chuyển từ gương than → gương lò không đồng nhất → gương đá. Lò đào chống vì neo chất dẻo cốt thép kết hợp neo cáp, bước chống neo thép 0,8m/vì và bước chống neo cáp 2.4m/vòng;



Hình 3. Sơ đồ bố trí lỗ mìn trên gương lò than tiến độ 1,4m



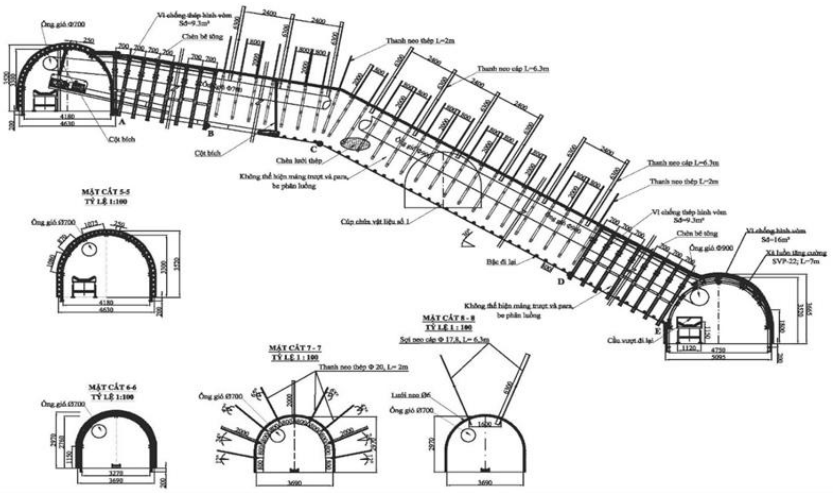
Hình 4. Sơ đồ bố trí lỗ mìn trên gương lò đá f = 4 ÷ 6 tiến độ 1,6m

+ Đoạn lò ED: Là đoạn lò đào trong đá có chiều dài 5m mở ngã 3 để thi công lò theo hướng từ lò nối số 2 mức -320/-290 lên phía trên. Tương tự như đoạn lò AB, đoạn lò này chống vì sắt SVP-27, chèn bê tông cốt thép, văng thép, bước chống 0,7m/vì;

+ Đoạn lò DC: Là đoạn lò đào trong đá, có chiều dài dự kiến 117m, được thi công nối tiếp sau khi đào xong đoạn ED. Công tác chống giữ tương tự như đoạn lò BC với vì neo chất dẻo cốt thép kết hợp neo cáp, bước chống neo thép 0,8m/vì và bước chống neo cáp 2.4m/vòng.

+ Đoạn lò ED: Là đoạn lò đào trong đá có chiều dài 5m mở ngã 3 để thi công lò theo hướng từ lò nối số 2 mức -320/-290 lên phía trên. Tương tự như đoạn lò AB, đoạn lò này chống vì sắt SVP-27, chèn bê tông cốt thép, văng thép, bước chống 0,7m/vì;

+ Đoạn lò DC: Là đoạn lò đào trong đá, có chiều dài dự kiến 117m, được thi công nối tiếp sau khi đào xong đoạn ED. Công tác chống giữ tương tự như đoạn lò BC với vì neo chất dẻo cốt thép kết hợp neo cáp, bước chống neo thép 0,8m/vì và bước chống neo cáp 2.4m/vòng.



Hình 5. Hộ chiếu chống giữ lò thượng TGTN mức -240/-320 khu IV vỉa 10

TT	TÊN CÔNG VIỆC	Đơn Vị	Khối Lượng	Số người làm việc (người)	Thời gian thực hiện (Phút)	THỜI GIAN LÀM VIỆC TRONG CA
						Giờ thứ 1 / Giờ thứ 2 / Giờ thứ 3 / Giờ thứ 4 / Giờ thứ 5 / Giờ thứ 6 / Giờ thứ 7 / Giờ thứ 8
1	Di chuyển đến nơi làm việc			7	30	7
2	Củng cố lò			7	20	7
3	Khoan thăm dò + lỗ mìn tiến gương	m	78.8	5	110	5
4	Chuẩn bị bua + Vật liêu	m	1.4	2	70	2
5	Nạp nổ mìn + Thông gió	gương	1	7	80	7
6	Củng cố đóng chèn nhói sau khi nổ mìn	m	2.8	7	40	7
7	Xúc tải đất đá	m^3		4	60	4
8	Chuẩn bị vật liệu	m	2.8	2	60	2
9	Chống vì chống hoàn chỉnh	Vì	2	3	85	3
10	Xúc bốc lần 2	m^3		3	50	3
11	Vận tải, nối dài máng trượt	m^3	—	1	110	1
12	Nghỉ giữa ca	phút	—	7	30	7
13	Vệ sinh công nghiệp + di chuyển ra ngoài	phút	—	7	30	7

Hình 6. Biểu đồ tổ chức chu kỳ đào đoạn đường lò thượng trong than

TT	TÊN CÔNG VIỆC	ĐƠN VỊ	KHỐI LƯỢNG	NHÂN CÔNG	THỜI GIAN (PHÚT)	CA 1
						Giờ thứ 1 / Giờ thứ 2 / Giờ thứ 3 / Giờ thứ 4 / Giờ thứ 5 / Giờ thứ 6 / Giờ thứ 7 / Giờ thứ 8
1	Di chuyển đến nơi làm việc	-	-	7	30	
2	Khoan lỗ mìn gương	m	1,6	4	120	
3	Vận chuyển vật liệu	vì	2	2	120	
4	Nạp nổ + thông gió + đo khí	lỗ	-	(7)	60	
5	Củng cố, giữ tạm nóc lò	-	-	7	30	
6	Xúc tải đá	-	-	5	30	
7	Khoan lỗ neo thép, neo cáp	vì	2	6	120	
8	Xúc bốc lần 2	-	-	7	60	
9	Nối máng trượt, VSCN, khoan các lỗ mìn còn lại	-	-	7	60	
10	Củng cố lò	-	-	-	-	
11	Di chuyển ra ngoài	-	-	7	30	

Hình 7. Biểu đồ tổ chức chu kỳ đào đoạn đường lò thượng trong đá

2.3. Các công tác phụ trợ khác

- Công tác xúc bốc, vận tải: Đường lò thượng được thi công từ 2 hướng đối xứng: hướng thi công từ trên xuống thì đất đá và than được xúc thủ công lên máng cào và vận chuyển lên đường lò dọc vỉa băng tải; hướng thi công từ dưới lên thì đất đá và than được xúc bốc lên máng trượt chuyển xuống đường lò nối mức -320/-290 rồi đổ lên goòng tàu điện ra sân ga -350 để đưa ra ngoài.
- Công tác thông gió, cấp thoát nước: Thông gió được thực hiện bằng quạt cục bộ với phương pháp thông gió đẩy. Cấp khí nén và nước sạch được cấp theo hệ thống chung lấy từ ngầm thông gió vận tải mức +20 xuống ngầm mức -50/-110 rồi đưa vào khu vực thi công.

3. Một số yêu cầu an toàn khi thi công

3.1. Biện pháp kỹ thuật an toàn

** Biện pháp an toàn chung*

- Tuyệt đối tuân thủ đầy đủ các biện pháp KTAT quy định trong "Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trong khai thác than hầm lò" – QCVN 01:2011/BCT ban hành ngày 15/02/2011, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trong sản xuất, thử nghiệm, nghiệm thu, bảo quản, vận chuyển, sử dụng, tiêu hủy vật liệu nổ công nghiệp và bảo quản tiền chất thuốc nổ QCVN 01: 2019/BCT.

- Tuân thủ theo quy trình đào chống lò bằng vì neo trong than trong đá, quy định nghiệm thu lò đào chống bằng vì neo trong than, trong đá.

- Tuân thủ đầy đủ các quy định, quy trình kỹ thuật an toàn trong hầm lò Công ty đã ban hành.

- Cán bộ, công nhân tham gia thi công đều phải được hướng dẫn, kiểm tra huấn luyện biện pháp thi công này trước khi thực hiện.

** Biện pháp an toàn khác*

- Phải làm sàn thao tác tại các vị trí thi công có chiều cao trên 2 mét.

- Thực hiện đúng kỹ thuật cơ bản về đào lò trong đá: chống vì neo chất dẻo cốt thép kết hợp neo cáp, chống vì sắt.

- Máng cào phải có bích chống lật đầu và đuôi máy.

- Sau khi nổ mìn, cán bộ chỉ huy nổ mìn phải kiểm tra yêu cầu cạy om triệt để bằng choòng dài 3,5m đã được Công ty trang cấp. Trong khi cạy om, người thực hiện phải đứng ở vị trí an toàn, hướng rút lui phải thông thoáng. Nghiêm cấm bố trí người, để VLNCN dưới vị trí cạy om.

- Phải xử lý đá quá cỡ trước khi đưa lên thiết bị vận tải.

- Nghiêm cấm việc thả trôi vật tư thiết bị trên các đoạn lò dốc.

- Tuân thủ công tác rút thử tải neo và theo dõi dịch động theo quy định. Các số liệu đo đạc theo dõi phải được cập nhật đầy đủ vào sổ.

- Đầu ca phải thử tải neo cáp, neo thép.

- Khoảng cách hàng neo cáp gần gương nhất đến gương lò không được vượt quá 1 chu kì (2,4m đối với lò đá và 1,6m đối với lò than).

- Vật tư, thiết bị thi công phải xếp gọn gàng, cô buộc chắc chắn, không gây ách tắc cho việc đi lại, rút sự cố.

- Tuân thủ theo đúng hướng và dốc độ do Trắc địa khống chế.

- Khi căn sửa hông lò phải phải sử dụng choòng chọc L=3,5m hoặc dựng sàn thao tác để thi công.

- Nghiêm cấm lao, phóng vật tư tự do trên đường lò.

- Tuyệt đối tuân thủ gác mìn theo đúng vị trí và khoảng cách quy định trong hộ chiếu.

- Khi tiến hành nạp nổ mìn phải di chuyển máy và thiết bị chịu ảnh hưởng bởi nổ mìn ra vị trí an toàn, phải tổ chức che chắn các tuyến đường dây cáp điện, các thiết bị không thể di chuyển đảm bảo an toàn mới được phép thi công, sau khi thi công hoàn chỉnh phải căn chỉnh lại hệ thống cáp điện như ban đầu.

- Tuân thủ phương án ứng cứu sự cố tìm kiếm cứu nạn quý IV năm 2020 do công ty ban hành.

- Thực hiện chế độ đo kiểm tra hàm lượng các khí theo quy định. Nếu thấy nồng độ các khí lớn hơn giới hạn cho phép thì phải rút người ra vị trí an toàn, thông gió liên tục để đưa nồng độ các khí trong giới hạn cho phép, mới được cho công nhân vào làm việc tại gương lò đào.

- Khi quạt cục bộ ngừng hoạt động phải rút toàn bộ người trong gương lò thi công ra khu vực có gió sạch đi qua, treo biển cấm và bố trí người gác tại vị trí đó. Khi quạt có thể hoạt động trở lại phải đo kiểm tra nồng độ khí tại vị trí đặt quạt, nếu đảm bảo an toàn thì cho phép vận hành quạt để thông gió cho gương lò, sau khi thông gió tối thiểu 30 phút cán bộ trực ca tiến hành kiểm tra hàm lượng khí từ điểm đặt quạt vào gương, cứ 15m lại đo khí 01 lần cho đến khi tiếp cận gương lò, nếu hàm lượng khí đảm bảo mới cho phép công nhân vào gương tiếp tục thi công.

- Hàng ca kiểm tra an toàn tuyến đường lò. Đặc biệt chú ý công tác cậy om đất đá ở nóc và hông lò sau mỗi đợt nổ mìn, phải giữ tạm nóc bằng lưới neo và thép góc bích giữ lưới đúng theo hộ chiếu, nghiêm cấm làm việc khi chưa giữ tạm nóc lò. Khi thi công nếu hông, nóc lò bị rỗng phải tiến hành xếp cũi lợn kích sát hông và nóc lò Nếu có nguy cơ sự cố không an toàn cho quy trình sản xuất phải xử lý ngay và đảm bảo an toàn tuyệt đối với công nhân làm việc trực tiếp.

- Trong quá trình thi công nếu lưu lượng nước chảy vào lò tăng đột biến phải rút người ra vị trí an toàn và báo phòng ĐK, KTSX, AT để có biện pháp xử lý kịp thời.

- Các cán bộ trực ca, chỉ huy sản xuất, phải luôn có mặt tại hiện trường để giám sát chỉ đạo kỹ thuật, kiểm tra thi công và an toàn khi công nhân làm việc.

- Khi thi công có sự thay đổi về điều kiện địa chất sai khác so với thiết kế Công trường thi công phải báo cho phòng TĐ, KTSX biết để xử lý kịp thời.

- Căn cứ vào thực tế sản xuất và các công việc hàng ngày Quản đốc đơn vị thi công đề ra biện pháp kỹ thuật an toàn bổ sung phù hợp với điều kiện của đơn vị.

- Trước khi thi công, củng cố lò phải chuẩn bị đầy đủ dụng cụ và vật tư dự phòng (Vì chống, thanh neo, văng, chèn nhói, bình tự cứu...) cho 1 ca sản xuất, thực hiện nạp đúng số lượng chất dẻo trước khi tiến hành lắp đặt các thanh neo.

3.2. Một số nguy cơ gây mất an toàn khi thi công đào lò và các biện pháp phòng tránh

Trong quá trình thi công đào lò luôn có thể tiềm ẩn những nguy cơ gây mất an toàn, ảnh hưởng trực tiếp đến người và thiết bị đang hoạt động tại khu vực gương lò. Trong Bảng 1 là kết quả tổng hợp các nguy cơ mất an toàn có thể xảy ra, có nêu tóm tắt nguyên nhân và biện pháp phòng tránh tương ứng.

Bảng 1. Bảng tổng hợp nguy cơ gây mất an toàn khi thi công và biện pháp phòng tránh

TT	Nguy cơ	Nguyên nhân	Biện pháp phòng tránh
1	Bục nước, phụt khí	Thi công không đúng với hộ chiếu đã được ban hành đối với các gương lò có nguy cơ về nước và khí.	Tuân thủ nghiêm túc khoan thăm dò trước gương theo đúng hộ chiếu thiết kế.
2	Dây cáp máy cào đá văng vào người gây tai nạn.	Công tác kiểm tra các chi tiết của máy cào đá chưa đảm bảo trước khi thực hiện các công việc.	Đóng cọc ghim chắc chắn vị trí treo puly dẫn hướng. Tránh xa cách vị trí máy cào về phía sau của máy 3 mét khi máy đang hoạt động.
3	Đổ lò.	Do bắn mìn.	Củng cố đóng cọc ghim chắc chắn trước khi nổ mìn, khoan nạp nổ theo đúng hộ chiếu.
		Do rống nóc treo tranh cao.	Chuẩn bị đầy đủ gỗ chèn đóng dự phòng .Xếp cũi lợn, chèn kích nóc ngay khi nóc rỗng.
4	Đổ cột, rơi xà khi dựng vì chống.	Sai quy trình khi thực hiện công việc.	Tuân thủ nghiêm quy trình dầm tiến gương, thống nhất thao tác khi dựng vì chống.
5	Tai nạn do đá rơi.	Công tác kiểm tra, củng cố trước khi làm việc tại gương lò chưa đảm bảo.	Kiểm tra cậy om triệt để nóc, hông, gương lò trước khi làm việc. Luôn đeo quai mũ trong khi làm việc.
6	Ngạt khí.	Do đi vào lò cụt không được thông gió, do không rào lưới và treo biển cấm vào.	Rào lưới treo biển cấm vào, xếp cũi lợn chặn các đường lò không được thông gió.
7	Rơi ngã khi chèn kích, bắt gông trên cao.	Thiếu sàn thao tác và thiếu dây đai an toàn đối với trường hợp chiều cao lò > 2 mét.	Phải có sàn thao tác chắc chắn khi làm việc trên cao. Trường hợp chiều cao lò >2 mét phải có dây đai an toàn.
8	Vật liệu dụng cụ rơi, phóng vào người.	Thiếu quan sát, thống nhất tín hiệu khi làm việc và đi qua lại phía dưới sàn thao tác.	Cấm người đi lại, đứng phía dưới khu vực sàn thao tác.
9	Tụt nóc.	Công tác củng cố trước khi nổ mìn khổng đảm bảo.	Chuẩn bị đầy đủ gỗ chèn đóng, củng cố chắc chắn trước và sau khi bắn mìn.
10	Cột xà rơi đè vào người khi khiêng chuyển.	Công tác vận chuyển vật tư vật liệu nặng không được thống nhất, không đồng vai…	Vật liệu nặng phải được khiêng chuyển từ 2 người trở lên, phải thống nhất tín hiệu khi nâng hạ.
11	Giật điện.	Do cáp điện máy xúc hở.	Kiểm tra máy xúc, rơ le dò trước khi vận hành, công nhân kéo cáp phải đeo găng tay cách điện.
12	Trượt ngã khi đi lại lò dốc.	Không có dầm nền, tay vịn đối với đường lò dốc.	Đánh bích, đặt dầm, treo dây vịn đối với lò dốc theo đúng quy định.
13	Kẹp chân vào chang, xích máy cào.	Do trượt chân vào máng cào đang hoạt động và đi lại trên máng cào.	Đi lại, làm việc tại đường lò có máng cào cần cần thận tránh để trượt chân vào máng cào, cấm đi trên máy cào.
14	Búa chém chặt vào chân khi chặt gỗ	Tư thế thao tác chặt gỗ không đúng.	Kê và giữ gỗ chắc chắn, ngồi đúng tư thế khi chặt
15	Đá lăn vào người trên đường lò thượng dốc.	Không có be phân luồng giữa luồng đi lại vào luồng vận tải than đá.	Cược chặt gương khi kết thúc công việc đào chống, làm be phân luồng máng và lối đi lại, bên máng trượt phải có cược chắn.

3.3. Đánh giá công nghệ đào lò thượng

Trong quá trình thi công đào lò thượng thông gió thoát nước mức -240/-320 khu IV vỉa 10. Đây là đường lò đảm nhiệm chức năng hoàn thiện hệ thống thông gió, thoát nước cho khu IV vỉa 10 mà trực tiếp là lò chợ cơ giới hóa 41004. Việc thi công đường lò này là yêu cầu bắt buộc. Lò thượng TGTN mức -240/-310 khu IV vỉa 10 được thi công để tạo mối liên kết giữa lò DVVT lò chợ 41004 và lò nối số 2 mức -320/-290. Đường lò được đào trong than và đá với phần lớn chiều dài thi công bị ảnh hưởng bởi do đới đứt gãy với góc dốc bình quân 25^0 (Công ty Cổ phần than Núi Béo-Vinacomin, 2020).

- Việc sử dụng phương pháp đào lò bằng khoan nổ mìn trong điều kiện đặc thù này là phù hợp và cho hiệu quả cao.

- Công nghệ thi công được tính toán, lựa chọn dựa trên chức năng và tính chất khác nhau của từng đoạn lò thành phần. Do đó, thiết kế chi tiết cho từng đoạn lò cũng có sự khác biệt nhất định. Công tác tính toán sử dụng các công thức phổ biến đang được sử dụng để mang đến kết quả có độ tin cậy cao.

4. Kết luận

Với điều kiện địa chất kỹ thuật của đường lò thượng thông gió thát nước mức -240/-320 khu IV vỉa 10 Công ty Cổ phần than Núi Béo - Vinacomin, cho thấy đường lò thi công nằm trong khu vực có điều kiện địa chất phức tạp, đường lò đào trong cả than và đá lại qua khu vực phay đứt gãy phức tạp. Chính vì vậy, công tác phòng tránh các nguy cơ mất an toàn trong quá trình thi công là rất quan trọng. Với kết quả của nghiên cứu từ việc tổng hợp đánh giá các nguy cơ mất an toàn trên cơ sở các yêu cầu an toàn trong thi công đào lò thượng, chúng tôi đã đề xuất được các biện pháp phòng tránh phù hợp và đã loại trừ được những nguy cơ xảy ra tai nạn lao động, góp phần nâng cao mức độ an toàn thi công đối với điều kiện đặc thù của đường lò thượng mức -240/320 khu IV vỉa 10. Đặc biệt do đường lò thi công qua đới đứt dãy có kích thước lớn, trong quá trình triển khai thực tế cần phải có những biện pháp giám sát chặt chẽ để kịp thời bổ sung các biện pháp xử lý trong trường hợp phát sinh các vấn đề không thuận lợi làm ảnh hưởng tiêu cực đến hiệu quả của công tác thi công đào lò. Kết quả nghiên cứu này đã giúp Công ty có được giải pháp phòng ngừa sự cố tai nạn lao động, tạo môi trường lao động sản xuất an toàn, nâng cao được năng suất, đáp ứng tốt tiến độ thi công đào lò như thiết kế, góp phần đảm bảo kế hoạch sản xuất chung của Công ty.

Tài liệu tham khảo

Công ty Cổ phần than Núi Béo-Vinacomin, 2020, *Kế hoạch khai thác giai đoạn 2020-2025*

Phòng KCM, Công ty CP than Núi Béo-Vinacom, 2022, *Kế hoạch khai thác thác Công ty 790 năm 2023*.

Phòng KCM, Công ty CP than Núi Béo-Vinacom, 2022a, *Thiết kỹ thi công đường lò thượng thông gió thoát nước mức -240/-320 khu IV vỉa 10*.

PGS. TS. Trần Văn Thanh, TS Nguyễn Cao Khải, TS. Nguyễn Văn Thịnh và TS. Bùi Mạnh Tùng, 2019, *Chống giữ mỏ*, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội.

Viện Khoa học Công nghệ Mỏ-Vinacomin, 2012. *Dự án đầu tư xây dựng công trình khai thác hầm lò mỏ than Núi Béo*.

ABSTRACT

Some safety requirements when constructing the tunderground tunnel level -240/-320 zone IV of seam 10 of Nui Beo Coal Joint Stock Company - Vinacomin

Vu Duc Nghia[1], Nguyen Cao Khai[2,3*], Vũ Thai Tien Dung[2,3]

[1]Mao Khe Coal Company - TKV (Graduate student Hanoi University of Mining and Geology)

[2]Hanoi University of Mining and Geology

[3]Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment (SDM)

In underground mining, the preparation of the mining area plays a very important role, especially in the context of having to increase mining output by expanding the mining area in underground coal mines belonging to the Vietnam National Coal and Mineral Industries Group at present. The construction of preparation tunnels is often affected by many factors such as: tunnel excavation equipment technology, loading and transport technology, support technology, environmental safety ventilation, mine geological conditions, ... Nui Beo-Vinacomin Coal Joint Stock Company is a large underground coal mining unit of the Vietnam National Coal and Mineral Industries Group. Currently and in the future, it is necessary to step up the preparation of the mining area to meet the increased mining output, including the excavation of steep tunnels. Based on this study, we propose some safety requirements when constructing the steep tunnel at level -240/-320, zone IV of seam 10 of Nui Beo Coal Joint Stock Company, predict some possible safety risks and propose technical safety solutions to contribute to improving the efficiency of tunnel excavation of Nui Beo-Vinacomin Coal Joint Stock Company.

Keywords: Nui Beo Coal Joint Stock Company; Safety of steep tunnel excavation; Drilling and blasting technology for steep tunnel excavation

Thực trạng và hướng hoàn thiện công tác thông gió, làm mát khí mỏ tại Công ty than Nam Mẫu - TKV

Lê Quang Phục[1,2], Nguyễn Hồng Cường[1,2,*], Đào Văn Chi[1,2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)*

TÓM TẮT

Theo định hướng của Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, mỏ than hầm lò Nam Mẫu hiện nay đang thực hiện những bước thay đổi mạnh mẽ về mức sâu khai thác, phương pháp và trang thiết bị sử dụng. Những thay đổi này có tác động đáng kể đến việc thiết kế hệ thống thông gió của mỏ. Mặc dù những giải pháp kỹ thuật đã được triển khai ở một mức độ nào đó, ở một số khu vực của mỏ, yêu cầu thông gió vẫn cần được cải thiện hơn nữa để mang lại môi trường làm việc tốt với chi phí hợp lý. Hiện tại, với sự phức tạp của sơ đồ đường lò, việc tận dụng các đường lò cũ cho quy hoạch khai thác xuống sâu, cũng như sự chồng chéo về kế hoạch huy động các vỉa vào khai thác đã gây lên những trở ngại cho công tác thông gió và làm mát khí mỏ. Một số lò chợ phải thực hiện thông gió nối tiếp (nối tiếp hai lò chợ) dẫn đến tình trạng lưu lượng gió cung cấp không đủ để làm mát môi trường làm việc của công nhân. Tại nhiều khu vực, nhiệt độ đo được vượt quá 30^0C, đây là điều kiện làm việc không tốt cho công nhân, làm giảm hiệu quả lao động. Do đó, bài viết này trình bày thực trạng sơ đồ thông gió và giải pháp làm mát khí mỏ tại mỏ than Nam Mẫu. Với thực trạng sản xuất của mỏ, giải pháp xén mở rộng các đường lò cũ để tăng cường khả năng thoát gió thải, đồng thời tăng khả năng lưu thông gió qua các lò chợ là giải pháp tin cậy hiện nay. Ngoài ra, sơ đồ thông gió nối tiếp giữa các lò chợ cần được điều chỉnh theo hướng đào bổ sung các đường lò mới để tách riêng luồng gió sạch vào các lò chợ, điển hình như lò chợ LC I-81, LC I-8-2, LC I-9-24b và LC III-9-III (đào mới lò song song chân LC I-8-1, lò thượng TGVT V8 trong đá mức -50/+15, lò thượng nối TGVT LC III-9-3). Kết quả nghiên cứu này sẽ là tài liệu tham khảo tin cậy để xây dựng chiến lược thông gió và phương pháp làm mát khí mỏ trong bối cảnh tăng sản lượng mỏ và phát triển xuống sâu hơn của mỏ than Nam Mẫu và các mỏ than hầm lò hiện nay.

Từ khóa: Khai thác hầm lò; Thông gió mỏ; Làm mát khí mỏ

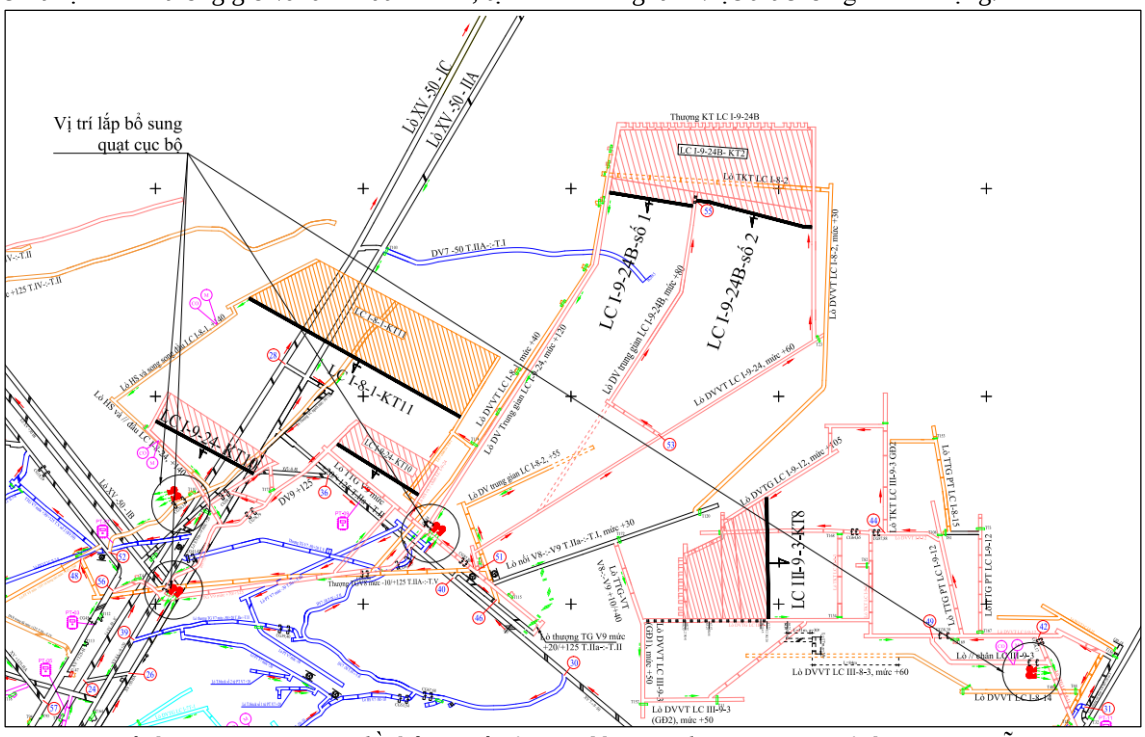
1. Đặt vấn đề

Thông gió cho các mỏ hầm lò nói chung và mỏ than nói riêng là nhiệm vụ không thể thiếu trong chuỗi công việc cần thực hiện của hoạt động sản xuất ở các doanh nghiệp khai thác mỏ. Nhiệm vụ tiên quyết của công việc này là cung cấp khí sạch tới tất cả các vị trí của các công trình trong mỏ hầm lò nhằm cung cấp oxygen, pha loãng khí độc hại và loại bỏ bụi nổ, cũng như để giảm nhiệt độ và tạo môi trường thông thoáng cho người lao động. Vì vậy, công tác thông gió cho mỏ hầm lò là yêu cầu bắt buộc phải thực hiện để đảm bảo sản xuất an toàn, hiệu quả và bảo vệ sức khỏe người lao động tại mỗi doanh nghiệp khai thác mỏ.

Hiện tại mỏ than Nam Mẫu đang thực hiện thông gió cho mỏ hầm lò bằng phương pháp thông gió hút. Hai trạm quạt gió chính tại mức +210m và +279m đang được sử dụng đồng thời và liên hợp trong toàn bộ hệ thống thông gió của mỏ. Theo đánh giá, các quạt gió loại 2K56 - Nº18 và FBDCZ - 10 - Nº3.5 đang được sử dụng vẫn đảm bảo đáp ứng yêu cầu thông gió chung cho toàn mỏ trong giai đoạn hiện tại. Tuy nhiên, mỏ đang khai thác tới mức -50m, và theo kế hoạch sản lượng giao khai thác hiện nay của công ty là 2,1 triệu tấn than/năm sẽ tạo ra một áp lực không nhỏ cho hệ thống thông gió hiện tại. Với thực tế công nghệ khai thác hiện nay, phương pháp khoan nổ mìn vẫn là giải pháp duy nhất được công ty áp dụng để khấu than trong lò chợ. Giá khung, giá xích là các vì chống chủ đạo được công ty sử dụng để chống giữ trong các lò chợ. Với công nghệ hiện tại, việc tăng sản lượng cho các lò chợ là không khả thi. Trong bối cảnh đó, tăng sản lượng của mỏ đồng nghĩa với việc phải mở bổ sung các diện khai thác mới. Theo nghiên cứu của Trung tâm Khoa học Công nghệ Mỏ & Môi trường thuộc Trường Đại học Mỏ-Địa chất (Trung tâm Khoa học Công nghệ Mỏ & Môi trường, 2023), khi giải pháp này được thực hiện, khối lượng đường lò đào

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenhongcuong@humg.edu.vn

mới sẽ tăng cao (khoảng 7.450m lò/năm) và một lượng đáng kể đường lò cũ cần chống xén mở rộng tiết diện (khoảng 4.225m lò/năm) để đảm bảo yêu cầu thông gió. Bên cạnh đó, các tình huống "xung đột" về luồng gió sạch và luồng gió thải có thể xảy ra khi tăng thêm số lượng lò chợ mới. Kết quả khảo sát cho thấy công ty đã phải sử dụng đến quạt thông gió cục bộ để hỗ trợ thông gió cho một số lò chợ. Điển hình như tại các lò chợ: LCI-8-1, LCNM-1-6a-1, LC III-9-3, LC II-6A-17, LC I – 9 – 24, LC I-7-5A. Ngoài ra, ở một số khu vực phải bố trí các lò chợ thông gió nối tiếp. Cụ thể như gió sạch qua lò chợ LC I-9-24 được lấy từ luồng gió thải của lò chợ LC I-9-24B hay luồng gió thải đi ra từ lò chợ LC I-7-10 lại dẫn đến lò chợ LC I-7-5A (hình 1). Đặc điểm của sơ đồ thông gió kể trên đã dẫn đến một hệ quả là tốc độ gió yếu (thiếu gió, tốc độ gió dao động trong khoảng 0,9 – 1,5 m/s), nhiệt độ trong luồng gió tăng cao (có nơi lên đến trên 30^0C) và là môi trường sinh bụi. Trong môi trường làm việc như vậy, trạng thái căng thẳng và mệt mỏi của người lao động trở lên trầm trọng. Do đó, yêu cầu cấp thiết đặt ra là tìm kiếm một giải pháp hữu hiệu để cải thiện sơ đồ thông gió và làm mát khí mỏ, tạo môi trường làm việc tốt cho người lao động.

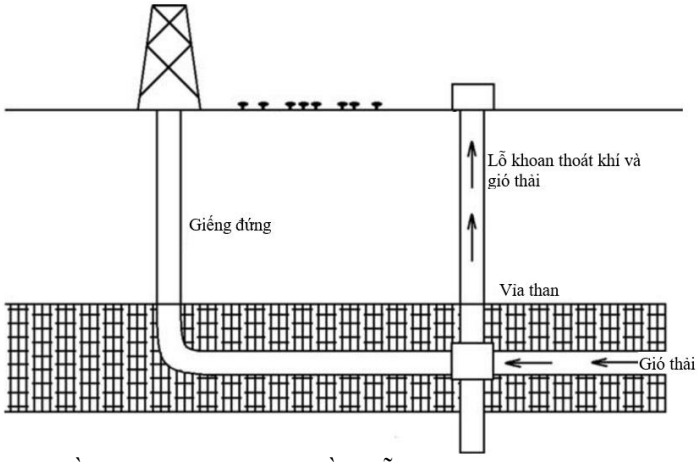


Hình 1. Hiện trạng sơ đồ thông gió của một khu vực đặc trưng tại mỏ than Nam Mẫu (Trung tâm Khoa học Công nghệ Mỏ & Môi trường, 2023)

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

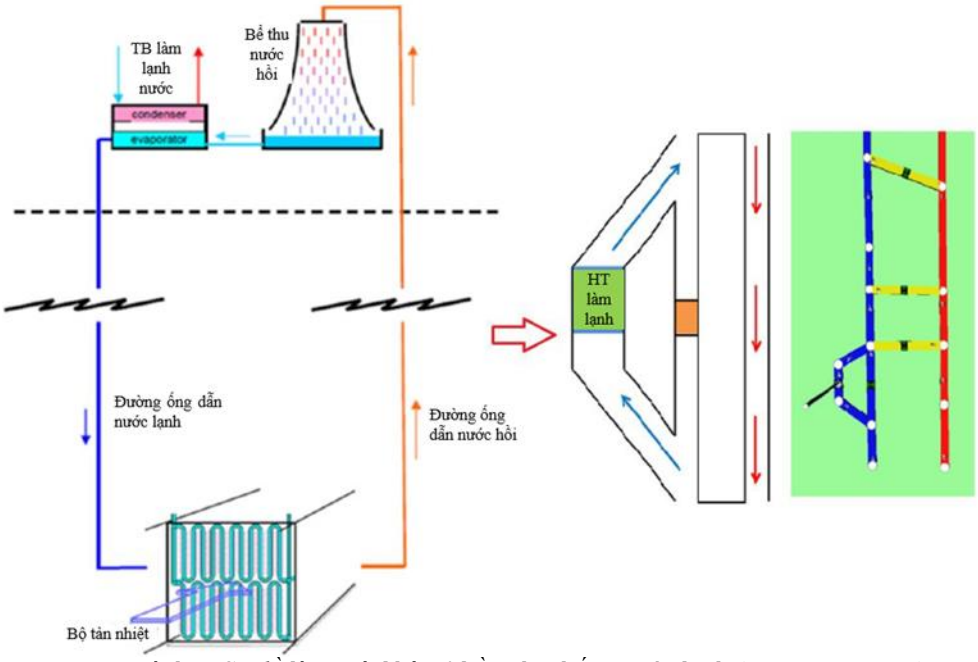
Trên thế giới, việc cải thiện sơ đồ thông gió và làm mát khí mỏ đã được nghiên cứu. Một trong những giải pháp chính được thực hiện bao gồm: (1) – đào bổ sung đường lò mới để dẫn bổ sung gió sạch vào lò chợ hay đào đường lò thoát gió bẩn từ lò chợ ra luồng gió chung; (2) – thực hiện các giếng khoan thoát gió bẩn từ khu vực lò chợ lên trên bề mặt; (3) – lắp đặt thiết bị làm mát khí mỏ. Mỗi giải pháp đều có những ưu và nhược điểm riêng, do đó cần có những lập luận chi tiết để có thể áp dụng phù hợp cho mỗi điều kiện cụ thể. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng phương pháp phân tích lý thuyết có tính đến sự kế thừa kinh nghiệm của các công trình trước đó để định hướng áp dụng giải pháp thông gió và làm mát khí mỏ cho điều kiện mỏ than Nam Mẫu.

Nếu như giải pháp đào bổ sung đường lò là giải pháp căn bản mà hầu như tất cả các mỏ thường thực hiện thì việc khoan các lỗ khoan thoát gió ít được sử dụng hơn. Vấn đề cốt lõi là liên quan đến chi phí thực hiện. Trong phương pháp sử dụng lỗ khoan thoát khí, công tác khoan được thực hiện từ trên bề mặt và tạo lỗ khoan nối thông với vỉa than. Trong quá trình khai thác, khí thải và khí độc hại sẽ dễ dàng thoát theo các lỗ khoan lên trên bề mặt mà không đi qua các vị trí khác trong mỏ nên giảm nguy cơ tích tụ khí, cháy mỏ và sinh nhiệt (hình 2). Tuy nhiên, việc thực hiện các lỗ khoan đòi hỏi chi phí đầu tư lớn nên giải pháp này chỉ được thực hiện tại các mỏ có chứa khí.



Hình 2. Sơ đồ thoát gió và khí thải bằng lỗ khoan (Thakur, Pramod, 2018)

Đối với thiết bị làm mát khí mỏ, giải pháp này đã được nhiều nơi áp dụng theo các phương thức khác nhau. Điển hình như công nghệ làm mát khí mỏ bằng khí nén được làm lạnh ở trên mặt bằng và dẫn trong đường ống xuống độ sâu 2400m tại mỏ Morro Velho ở Brazil (McPherson, 2012), hay sử dụng nước làm mát dẫn theo đường ống xuống bộ tản nhiệt ở dưới đường lò sâu 542m tại bể than Bowen, Australia (Belle và Biffi, 2010) (hình 3). Để rút ngắn khoảng cách di chuyển của nước lạnh (hay khí lạnh), một hệ thống thiết bị làm lạnh đặt dưới đường lò cũng đã được nghiên cứu (Ramsden, 2007). Tuy nhiên, một nhược điểm của các hệ thống này là sự tiêu thụ năng lượng lớn để vận hành hệ thống. Do đó, ý tưởng làm mát cục bộ là sử dụng ống xoáy hay máy làm lạnh cỡ nhỏ cho một khu vực đường lò (Ameen, 2006; Jinggang, 2009).



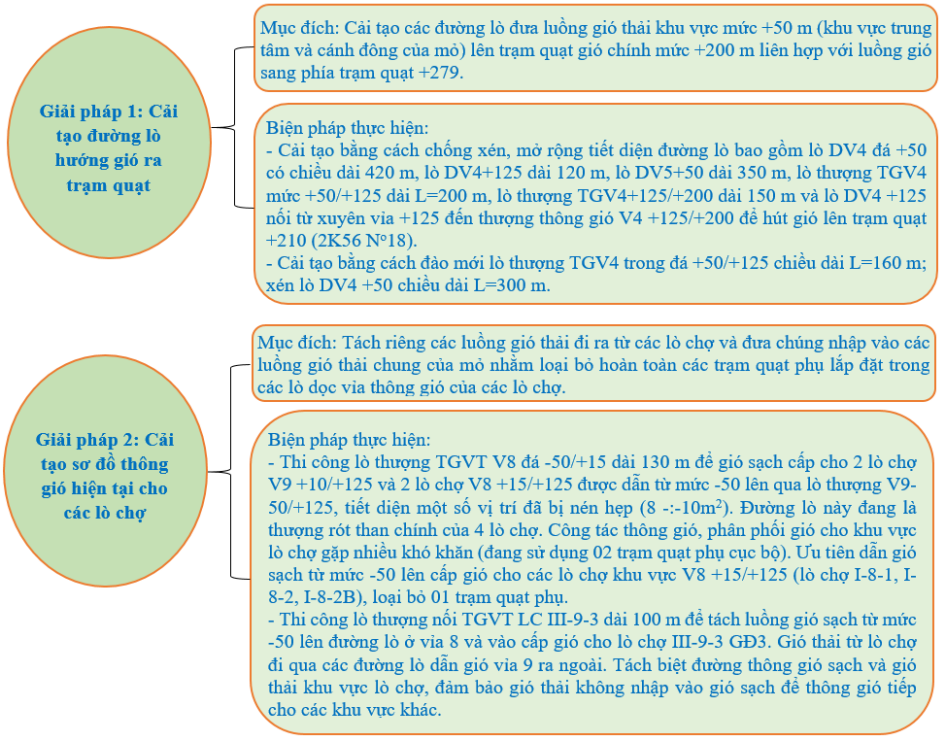
Hình 3. Sơ đồ làm mát khí mỏ bằng hệ thống nước lạnh (O'Connor, 2013)

Tại Việt Nam, giải pháp sử dụng thiết bị làm lạnh cho các khu vực đường lò cục bộ cũng đã được nghiên cứu. Điển hình như nghiên cứu áp dụng thiết bị MK để làm mát không khí cho lò chợ cơ giới hóa 11-1.15 tại mỏ than Hà Lầm (Đào Văn Chi, 2017), hay tác giả Quan Truong Tien đã phân tích sự thay đổi nhiệt độ không khí trong lò chợ và đã đề xuất giải pháp sử dụng thiết bị điều hòa không khí mỏ để giảm nhiệt cho lò chợ CGH 11.1.14 mỏ than Hà Lầm (Quan Truong Tien, 2019). Tuy nhiên, thực tế với môi trường không khí trong hầm lò có độ ẩm cao đã ảnh hưởng đến chất lượng và tuổi thọ của các thiết bị. Do đó, cho đến nay các thiết bị này vẫn chưa được áp dụng phổ biến tại các mỏ.

3. Kết quả và thảo luận

Căn cứ vào tình hình khai thác hiện tại và xem xét đến các hạn chế trong sơ đồ thông gió, làm mát khí mỏ của công ty than Nam Mẫu. Căn cứ vào các giải pháp đã được phân tích ở trên có thể thấy rằng tại thời

điểm hiện tại rất khó để tìm kiếm giải pháp tối ưu. Tuy nhiên, một số giải pháp có thể khả thi với các diện khai thác được huy động trong giai đoạn tăng sản lượng khai thác hiện nay tại mỏ than Nam Mẫu được trình bày trong hình 4.



Hình 4. Giải pháp đề xuất hoàn thiện công tác thông gió, làm mát khí mỏ tại thời điểm hiện tại cho mỏ than Nam Mẫu

Hai giải pháp nêu trên đều nhằm mục đích tạo ra các luồng dẫn gió thải thông thoáng, tăng tốc độ gió đi qua các vị trí làm việc của người lao động. Tuy nhiên, với giải pháp 1, công ty sẽ phải thực hiện chống xén một khối lượng đường lò rất lớn, khoảng 1.240m. Thực tế, việc chống xén đường lò hiện nay gặp rất nhiều rủi ro vì khối đá xung quanh chúng đã bị dịch chuyển, vò nhàu, và nguy cơ xảy ra sự cố tụt lở đá ảnh hưởng đến an toàn lao động. Ngoài ra, chi phí mét lò chống xén được đánh giá ở mức trên 50% của mét lò đào mới (tùy theo loại đường lò). Do đó, giải pháp 1 có khả thi để thực hiện nhưng cần xem xét sâu hơn về mặt kinh tế và hiệu quả sử dụng của các đường lò trong thời gian trước mắt và lâu dài.

Đối với giải pháp 2, vấn đề ưu tiên là bổ sung đường lò mới để dẫn gió thải nhằm loại bỏ việc thông gió nối tiếp giữa các lò chợ. Với sơ đồ đường lò và thông gió tại mỏ, giải pháp đưa ra là đào mới lò thượng TGVT V8 -50/+15 dài 130m, lò thượng nối TGVT LC III-9-3 dài 100 m, và các lò nối để làm lối dẫn gió thải từ các lò chợ LC I-9-24B, LC I-7-10 ra luồng gió thải chung (ngăn không cho gió thải đi qua các lò chợ tiếp theo). Theo phương án này, khối lượng đường lò đào mới khoảng 230m nên xem xét về mặt chi phí là có lợi hơn so với giải pháp 1. Ngoài ra, phương án này hạn chế được khối lượng đường lò phải chống xén, loại bỏ được các quạt thông gió phụ trên các đường lò. Do đó, giải pháp này về cơ bản là tối ưu và có khả thi hơn trong việc định hướng hoàn thiện công tác thông gió, làm mát khí mỏ tại thời điểm hiện tại cho mỏ than Nam Mẫu. Cần lưu ý rằng, đây là giải pháp cấp thiết nhằm phục vụ giải quyết công tác thông gió và làm mát khí mỏ trong giai đoạn hiện nay của mỏ.

Với giải pháp được lựa chọn, thời gian qua công ty than Nam Mẫu đã thực hiện đào mới đường lò song song chân LC I-8-1 để phục vụ dẫn gió sạch độc lập từ lò thượng thông gió V8 mức -10/+125 T.IIA-T.V vào lò chợ LC I-8-1 (trước đây gió cho lò chợ LC I-8-1 được lấy từ lò chợ LC I-8-2 qua lò dọc vỉa vận tải LC I-8-2). Sau khi đường lò này được đào, gió cấp cho lò chợ LC I-8-1 tăng từ 7 m^3/giờ lên 8,7 m^3/giờ, tốc độ gió tăng từ 1,2 m/s lên 1,9 m/s (diện tích mặt cắt ngang lò chợ trung bình 4,5m^2). Đặc biệt, gió cấp cho lò chợ LC I-8-1 là lấy từ luồng gió sạch (khác với trước đây là gió được lấy từ luồng gió đi ra từ lò chợ LC I-8-2).

Ngoài ra, công ty đã thực hiện đào mới đường lò thượng TGVT V8 trong đá mức -50/+15 để nối thông giữa lò nối V8-V9 T.II-T.I xuống lò xuyên vỉa mức -50m nhằm mục đích mở bổ sung đường dẫn gió sạch mới vào lò chợ LC I-8-2. Khi đường lò được đào xong, gió sạch vào lò chợ LC I-8-2 tăng từ 7,0 m^3/giờ lên 9,1 m^3/giờ (phân tầng dưới), và từ 7,0 m^3/giờ lên 13,3 m^3/giờ (phân tầng trên). Đồng thời, khi giải pháp này được thực hiện, gió sạch vào lò chợ LC I-8-2 và LC I-9-24b được thực hiện theo các luồng riêng biệt (trước

đây hai lò chợ này đi chung một luồng gió). Lưu lượng gió qua lò chợ LC I-9-24b tăng từ 6,9 m^3/giờ lên 13,9 m^3/giờ, tốc độ gió tăng từ 1,2 m/s lên 2,4 m/s. Đồng thời, lò thượng nối TGVT LC III-9-3 cũng đã được thực hiện để tách gió sạch từ lò xuyên vỉa mức -50m lên đường lò vỉa V8 và lò chợ LC III-9-3. Sau khi đường lò được đào, gió bẩn từ các đường lò vỉa V8 không còn lẫn vào luồng gió sạch cấp cho lò chợ LC III-9-3.

Như vậy, có thể nói rằng giải pháp cải tạo mạng gió thực hiện đã mang lại hiệu quả trong giai đoạn ngắn hạn hiện nay (khai thác đến mức sâu -50m). Trong tương lai, khi dự án xuống sâu đến mức -125m và sâu hơn nữa của mỏ được hoàn thiện, công tác thông gió và làm mát khí mỏ sẽ gặp nhiều khó khăn hơn do chiều dài đường lò lớn hơn, sức cản của mạng gió tăng và sự tăng nhiệt độ của khối đá mỏ. Do đó, công tác thông gió cần thiết phải được xem xét đến toàn bộ hệ thống, chiều dài và tình trạng của đường lò trong mỗi luồng gió. Bên cạnh đó, kế hoạch tăng sản lượng mỏ sẽ là yếu tố tiên quyết trong chiến lược phát triển mỏ nói chung và xây dựng kế hoạch thông gió, làm mát khí mỏ nói riêng của công ty.

4. Kết luận

Trên cơ sở thực trạng sản xuất tại mỏ than Nam Mẫu hiện nay, xem xét về khía cạnh thông gió và làm mát khí mỏ có thể rút ra một số kết luận như sau:

- Về cơ bản, các trạm quạt gió chính hiện nay vẫn đảm bảo đáp ứng yêu cầu thông gió chung cho toàn bộ khu mỏ. Tuy nhiên, trong điều kiện đáp ứng sản lượng được giao, một số diện khai thác mới phải được bổ sung dẫn đến tình trạng thông gió nối tiếp tại một số khu vực lò chợ. Giải pháp lắp đặt quạt gió phụ (quạt cục bộ) trong các đường lò thông gió nhằm tăng tốc độ gió đi qua lò chợ chưa giải quyết triệt để được vấn đề làm mát khí mỏ. Nhiệt độ tại các nơi làm việc tăng đến 30^0C, kết quả đo tại nhiều khu vực đã cho thấy nhiệt độ vượt quá ngưỡng đảm bảo môi trường làm việc thông thoáng, ảnh hưởng đến năng suất làm việc và sức khỏe của người lao động.

- Giải pháp cơ bản cho giai đoạn hiện nay là phải tách riêng các luồng gió thải đi ra từ các lò chợ và đưa chúng nhập vào các luồng gió thải chung của mỏ nhằm loại bỏ các trạm quạt phụ lắp đặt trong các lò dọc vỉa thông gió của các lò chợ. Trong giải pháp này, một số đương lò đã được công ty Nam Mẫu đào mới như đường lò song song chân LC I-8-1, lò thượng TGVT V8 trong đá mức -50/+15, lò thượng nối TGVT LC III-9-3. Các đường lò này đã góp phần tách luồng gió sạch riêng biệt cho các lò chợ LC I-81, LC I-8-2, LC I-9-24b và LC III-9-III. Kết quả đo đạc cho thấy lưu lượng gió qua các lò chợ đã tăng lên từ 1,7-6,3 m^3/giờ, tốc độ gió tăng 1,2-2,4 m/s, và đặc biệt là gió vào các lò chợ đều được dẫn từ luồng gió sạch nên đã góp phần cải thiện điều kiện của người lao động, nhiệt độ trong lò giảm từ 1-3^0C.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Mỏ-Địa chất (đề tài mã số T24-20).

Tài liệu tham khảo

Trung tâm Khoa học Công nghệ Mỏ & Môi trường, 2023. Báo cáo "*Kiểm định mạng gió, đánh giá hiệu quả thông gió, đề xuất các giải pháp cải tạo mạng gió năm 2023 ÷ 2025 và nghiên cứu đề xuất các phương án phun sương dập bụi trong khai thác, vận tải ở mỏ than Nam Mẫu*".

Ameen, A, 2006. Refrigeration and air conditioning. *PHI Learning Pvt. Ltd.: New Delhi*.

Belle, B and Biffi, M, 2010. Cooling pathways for deep Australian longwall coal mines of the future. *Proceedings Mine Ventilation Conference 2010*, pp 94-104 (The Australian Institute of Mining and Metallurgy: Adelaide).

Đào Văn Chi, Lê Quang Phục, Nguyễn Sơn Tùng, 2017. Điều hòa khí hậu trong lò chợ cơ giới hóa 11-1.15 bằng thiết bị MK 300 mỏ than Hà Lầm. *Tạp chí khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, kỳ 5, trang 89-94.

Jinggang, W, Xiaoxia, G and Shanlin, J, 2009. The application of vortex tube in deep mine cooling. *Proceedings International Conference on Energy and Environment Technology (ICEET) 2009*, pp 395-398.

Mcpherson, M J, 2012. Subsurface ventilation and environmental engineering. *Springer Science & Business Media: New Delhi*.

O'connor, T, Kizil, M and Belle, B, 2013. Required cooling system capacities for extended longwall panels at a Bowen Basin mine. *Proceedings The Australian Mine Ventilation Conference 2013*, pp 249-256.

Quan, Truong Tien, Łuczak, Rafał, Życzkowski, Piotr, 2019. Climatic hazard assessment in selected underground hard coal mines in Vietnam. *Inżynieria Mineralna*, 21.2/2, p 156-164.

Ramsden, R, Branch, A and Wilson, R, 2007. Factors influencing the choice of cooling and refrigeration systems for mines. *Journal of the Mine Ventilation Society of South Africa*. V60, p 92-98.

Thakur, Pramod, 2018. Advanced mine ventilation: respirable coal dust, combustible gas and mine fire control. Woodhead Publishing, 530p.

ABSTRACT

Current status and direction for improving mine ventilation and air cooling at Nam Mau Coal Company - TKV

Le Quang Phuc[1,2], Nguyen Hong Cuong[1,2,*], Dao Van Chi[1,2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment (SDM)*

According to VINACOMIN's orientation, the Nam Mau coal mine is undergoing drastic changes in mining depth, methods, and equipment. These changes significantly impact the design of the mine's ventilation system. Although technical solutions have been implemented to some extent, in some areas of the mine, ventilation requirements still need to be further improved to provide a good working environment at a reasonable cost. Currently, with the complexity of the excavation diagram, the use of old excavations for deeper mining planning, as well as the overlapping of plans to mobilize seams for exploitation have caused obstacles to ventilation and air cooling of the mine. Some longwall faces must be ventilated in series (two longwall faces in series), leading to a situation where the airflow supply is not enough to cool the working environment of the workers. In many areas, the measured temperature exceeds 30 degrees Celsius, which is an unhealthy working condition for workers, reducing labor efficiency. Therefore, this article presents the current status of the ventilation diagram and air cooling solutions at the Nam Mau coal mine. With the current production status of the mine, the solution of cutting and expanding old excavations to increase the ability to discharge exhaust air, while increasing the ability to circulate air through the longwalls is a reliable solution today. In addition, the ventilation diagram connecting the longwall faces needs to be adjusted in the direction of digging additional independent ventilation slope excavations. The results of this study will be a reliable reference for building ventilation strategies and air cooling methods in the context of increasing production and developing deeper into the Nam Mau coal mine and different underground coal mines.

Keywords: Underground mining; Mine ventilation; Mine air cooling

Mô phỏng số trạng thái ứng suất dưới trụ than ở vỉa than dốc thoải tại mỏ than Thống Nhất

Lê Quang Phục[1,2,*], Nguyễn Hồng Cường[1,2], Vũ Trung Tiến[1,2],
Lê Tiến Dũng[1,2], Phạm Văn Quân[3,4], Phạm Tiến Dương[3]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)*
[3]*Viện Khoa học công nghệ mỏ - Vinacomin,* [4]*Nghiên cứu sinh Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Trụ than có vai trò quan trọng đối với việc bảo vệ và duy trì ổn định của lò dọc vỉa tại các mỏ than hầm lò Việt Nam. Tuy nhiên, trong trường hợp khai thác các vỉa than gần nhau, sự tồn tại của trụ than nằm phía trên có ảnh hưởng tiêu cực đến sự ổn định của đường lò khi khai thác vỉa dưới. Từ nguyên lý hình thành vòm sập đổ cho thấy, sau khi kết thúc khai thác vỉa than, phần lớn tải trọng từ các tầng đá vách sẽ chất tải lên trụ than. Khi đó, trụ than đóng vai trò như một cầu nối để truyền tải trọng xuống phía dưới và hình thành vùng ứng suất nguy hiểm ở dưới trụ. Do đó, nếu không được nghiên cứu và xác định phạm vi phân bố của vùng ứng suất này, các nguy hiểm về tụt nóc và sập đổ lò có thể xảy ra khi thực hiện đào lò và khai thác ở vỉa than liền kề phía dưới. Trong nghiên cứu này, chúng tôi lấy điều kiện khai thác vỉa than 6d của mỏ than Thống Nhất làm nền tảng nghiên cứu. Chương trình FLAC3D được ứng dụng để mô phỏng quá trình khai thác mỏ. Các đặc điểm phân bố ứng suất dưới trụ than được mô phỏng có tính đến sự thay đổi của chiều dày vỉa là 2m, 4m và 6m tương ứng với chiều rộng của trụ than 10m, 20m, 30m và 40m. Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị ứng suất và phạm vi phân bố của vùng ứng suất nguy hiểm phía dưới trụ có tỷ lệ thuận với chiều rộng trụ than và tỷ lệ nghịch với chiều dày vỉa. Do đó kết quả nghiên cứu sẽ là cơ sở để xác định mối tương quan giữa vị trí của đường lò với vùng ứng suất cao phía dưới trụ than trong mỗi trường hợp. Kết quả nghiên cứu sẽ là tài liệu tham khảo tin cậy trong việc kiểm soát sự ổn định của đường lò trong vỉa than dưới khi khai thác các vỉa than gần nhau tạ mỏ than Thống Nhất và các mỏ khác vùng Quảng Ninh.

Từ khóa: Trụ than; Vỉa than gần nhau; Ứng suất; Áp lực tựa; Lò dọc vỉa

1. Đặt vấn đề

Trong khai thác than hầm lò, do sự tương tác của quá trình khai thác than tại các vỉa gần nhau, hiện tượng tụt nóc, đẩy hông và bùng nền ở các đường lò dọc vỉa ở vỉa than phía dưới diễn ra rất phổ biến. Tỷ lệ mét lò phải thực hiện chống xén đang gia tăng tại các mỏ than của TKV (Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam, 2020-2022). Trong thực tế, các vỉa than trên được khai thác trước và bị loại bỏ trước khi khai thác các vỉa than dưới. Việc khai thác sớm các vỉa than phía trên sẽ phá vỡ mối liên kết của các tầng lớp đá vách và làm tăng sự chuyển vị của chúng khi khai thác vỉa than phía dưới. Hơn nữa, sự tập trung ứng suất quá mức do sự tồn tại của các cột than nằm phía trên gây ra có thể truyền qua các lớp đá xuống các đường lò phía dưới đã gây ra những khó khăn cho việc chống giữ và duy trì ổn định của các đường lò. Thực tế thì rất khó để xác định được đặc tính truyền tải và tập trung ứng suất trong những điều kiện khai thác phức tạp như vậy. Do đó, phần lớn các nghiên cứu trước đây đều tập trung vào việc xác định chiều rộng của trụ than còn sót lại trong không gian khai thác theo yếu tố chúng bị phá hủy hoàn toàn và không còn khả năng truyền áp lực xuống phía dưới. Điển hình như trong nghiên cứu của Du và cộng sự (B. Du, C. Liu, J. Yang, and F. Wu, 2020) đã phân tích mô hình phân bố ứng suất trong quá trình khai thác nhiều vỉa than tại mỏ than Longde ở phía Tây Trung Quốc. Với sự hỗ trợ của mô phỏng số, vùng phá hủy rộng 4m và 7m ở hai bên của trụ than đã được hình thành khi khai thác lò chợ thứ nhất và thứ hai. Cuối cùng, một trụ than rộng 12,5m đã được lựa chọn để đảm bảo chúng bị phá hủy hoàn toàn trong không gian khai thác. Jiang và cộng sự (S.Jiang, G.Fan, Q.Li, S.Zhang, and L.Chen, 2021) đã nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số khai thác đến biến dạng và độ ổn định của trụ than trong quá trình khai thác lò chợ ngắn ở các vỉa than siêu dày và dưới sâu 1,0km ở miền đông Trung Quốc. Với mô phỏng số họ đã xác định được

* *Tác giả liên hệ*
Email: lequangphuc@humg.edu.vn

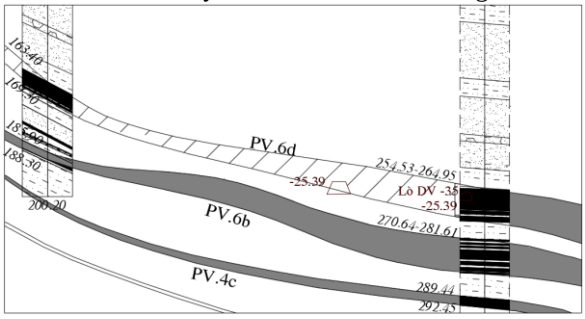
chiều rộng vùng dẻo và tỷ lệ lõi đàn hồi trong trụ than sẽ tăng dần theo chiều rộng khai thác. Trong khi đó, ứng suất thẳng đứng của trụ than giảm theo chiều rộng khai thác. Jun và công sự (Z. Jun and L. Guangbo, 2016) đã nghiên cứu sự thay đổi ứng suất do khai thác gây ra khi lò chợ đi qua phía dưới của trụ than ở khoảng cách gần. Họ đã phát hiện ra rằng áp lực tựa tăng nhanh khi lò chợ tiến sát tới trụ than (đạt cực đại ở khoảng cách 20m) và sau đó giảm dần khi ở dưới trụ than. Lưu và cộng sự (S. Liu, J. Bai, X. Wang et al., 2021) đã nghiên cứu độ ổn định của trụ than dưới sự xáo trộn của việc khai thác lặp đi lặp lại bằng mô số trên chương trình UDEC trên cơ sở điều kiện địa chất của Mỏ than Gaohe, nằm ở thành phố Changzhi, tỉnh Sơn Tây, Trung Quốc. Mu và cộng sự (H. Mu, A. Wang, D. Song, D. Su, and D. Li, 2021) đã sử dụng điều kiện vỉa than ở mỏ Xinzhouyao, Trung Quốc để nghiên cứu cơ chế phá hủy của đường lò trong quá trình khai thác nhiều vỉa dưới trụ than phía trên dựa trên phân tích lý thuyết và mô phỏng số. Tại mỏ than Daliuta, tỉnh Thiểm Tây của Trung Quốc, Piao và cộng sự (C. Piao, S. Lei, J. Yang, and L. Sang, 2018) đã nghiên cứu đặc tính chuyển động của việc khai thác vỉa phía dưới trụ than còn sót lại trong không gian khai thác dựa trên phương pháp giám sát sợi quang học. Họ đã phát hiện ra rằng trạng thái ứng suất-biến dạng của trụ than thay đổi theo 3 giai đoạn khác nhau: (1) - khu vực ngã ba của lò chợ khai thác đầu tiên; (2) – khu vực đá vách sập đổ trong không gian khai thác ở sau lò chợ khai thác đầu tiên; (3) – khu vực đá vách sập đổ sau không gian khai thác của lò chợ thứ hai. Shan và cộng sự (R. Shan, Z. Li, C. Wang et al., 2021) đã mô phỏng việc khai thác các vỉa than có khoảng cách gần nhau và phân tích các đặc điểm phân bố của độ lệch ứng suất trong đá xung quanh vỉa than phía dưới.

Như vậy có thể thấy rằng nhu cầu nghiên cứu về sự phân bố ứng suất dưới trụ than, trạng thái dịch chuyển và biến dạng của khối đá, sự ổn định của đường lò trong khai thác tập vỉa than gần nhau đã được một số nhà khoa học trên thế giới đặt nền móng nghiên cứu. Tuy nhiên, còn thiếu vắng các công trình nghiên cứu cho những điều kiện đặc trưng của mỏ than hầm lò Việt Nam. Do đó, bài báo này sẽ mang đến một nền tảng cơ sở về sự phân bố ứng suất dưới trụ than cho trường hợp nghiên cứu đặc trưng tại mỏ than Thống Nhất, nơi mà các vỉa than được phân bố theo dạng chùm vỉa rất phức tạp. Những kết quả này là cơ sở để dự báo và thiết kế bố trí đường lò trong kế hoạch khai thác của mỏ than Thống Nhất và những nơi khác có điều kiện tương tự.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Điều kiện khai thác và địa chất của khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu được thực hiện ở khu mỏ Lộ Trí của Công ty than Thống Nhất nằm ở thành phố Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh. Trong khu mỏ bao gồm 21 phân vỉa phân bố rất gần nhau (theo hướng từ trên xuống dưới, các phân vỉa than xắp xếp từ 6d đến 1a). Tuy nhiên, các phân vỉa than cũng có sự biến động mạnh và thường không có đủ ở mỗi vị trí. Các phân vỉa than được thực hiện khai thác đồng thời, tuy nhiên tại mỗi vị trí đều được thực hiện khai thác lần lượt từ trên xuống dưới. Tại khu vực phía Đông Nam của ruộng mỏ, Công ty đang thực hiện khai thác phân vỉa than 6b nằm phía dưới phân vỉa 6d đã được khai thác. Lớp đá xen giữa của hai vỉa này là 5-15m. Các công trình được bố dưới sâu từ 300-350m. Các vỉa than có góc dốc trung bình 7^0, chiều dày trên 2m. Đá xung quanh lần lượt là các lớp sét kết, bột kết và cát kết. Cột địa tầng khu vực nghiên cứu xem hình 1. Tính chất cơ lý của than và đá khu vực nghiên cứu xem bảng 1.



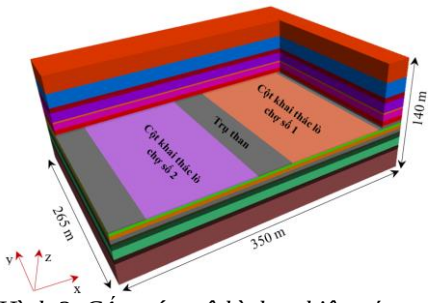
Hình 1. Mặt cắt địa chất khu vực nghiên cứu (Le, Phuc Quang; Le, Ha Thu Thi; Nguyen, Long Quoc, 2024)

Bảng 1. Tính chất cơ lý của các lớp đá và than trong khu vực nghiên cứu (Le, Phuc Quang; Le, Ha Thu Thi; Nguyen, Long Quoc, 2024)

Loại đá	Ứng suất kéo (MPa)	Modul khối (GPa)	Modul cắt (GPa)	Hệ số poisson	Lực dính kết (MPa)	Góc nội ma sát (độ)	Trọng lượng thể tích (kg/m^3)
Sạn kết	1,75	8.120	3.642	0,3	3,15	38	2840
Cát kết	1,63	7.451	3.240	0,31	3,21	34	2775
Bột kết	0,98	2.342	0.950	0,32	2,16	30	2556
Sét kết	1,25	1.826	0.609	0,34	1,83	26	2250
Than	0,5	0.755	0.486	0,26	1,45	19	1460

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu mô hình số thông qua chương trình Flac3D được sử dụng trong nghiên cứu này. Đây là một mô hình phần tử hữu hạn với các vật liệu xây dựng là than và đá được coi là vật liệu đàn hồi đáp ứng tiêu chí độ bền Mohr-Coulomb. Kích thước mô hình lần lượt là dài 350m theo phương X, rộng 265m theo phương Y và cao 140m theo phương Z. Các ranh giới bên của mô hình được cố định chuyển vị theo phương ngang, và ranh giới phía dưới được cố định chuyển vị theo hướng ngang và đứng. Ranh giới trên cùng của mô hình không bị hạn chế chuyển vị. Tải trọng tự nhiên được áp dụng cho ranh giới trên của mô hình với ứng suất thẳng đứng là 6,5 MPa. Trọng lượng riêng của địa tầng đá được lấy trung bình là 0,025 MN/m^3 và trọng lực cũng được áp dụng. Các các thông số địa tầng và cơ lý đá của mô hình được lấy tương tự như điều kiện khu vực nghiên cứu của mỏ than Thống Nhất (bảng 1). Sơ đồ cấu trúc mô hình được trình bày trong hình 2.

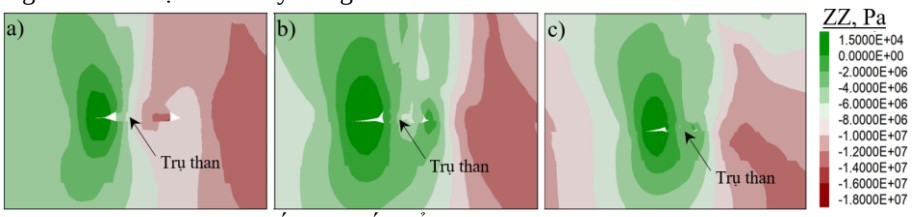


Hình 2. Cấu trúc mô hình nghiên cứu

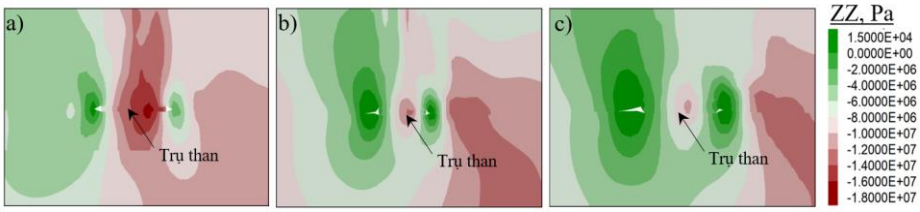
Trong nghiên cứu này, chúng tôi mô phỏng quá trình khai thác của vỉa than 6d với chiều dày thay đổi lần lượt là 2m, 4m và 6m. Trên vỉa than 6d, lò chợ số 1 được khai thác trước và lò chợ số 2 được khai thác sau. Giữa hai cột khai thác của các lò chợ này, trụ than rộng tương ứng 10m, 20m, 30m và 40m được để lại trong không gian khai thác để theo dõi diễn biến phân bố ứng suất hình thành ở dưới nó. Khoảng cách giữa các vỉa than và chiều sâu phân bố của chúng được lấy tương tự hình 1 (lấy trung bình 5m).

3. Kết quả và thảo luận

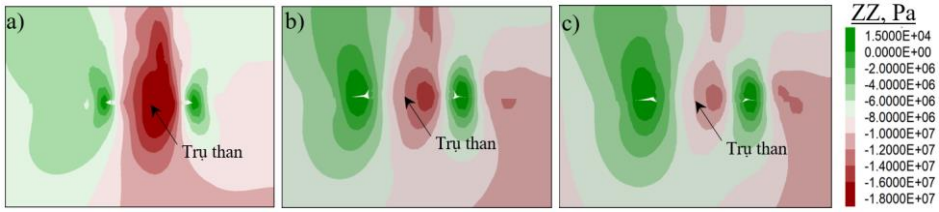
Kết quả nghiên cứu được trình bày trong các hình 3-6 như sau :



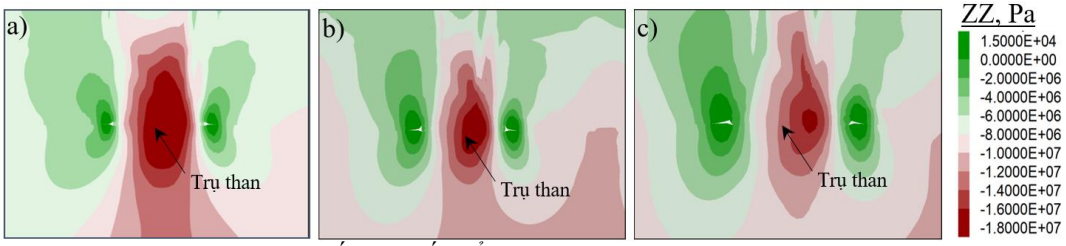
Hình 3. Phân bố ứng suất thẳng đứng ở dưới trụ than rộng 10m: a – vỉa dày 2m ; b – vỉa dày 4m; c – vỉa dày 6m



Hình 4. Phân bố ứng suất thẳng đứng ở dưới trụ than rộng 20m: a – vỉa dày 2m ; b – vỉa dày 4m; c – vỉa dày 6m



Hình 5. Phân bố ứng suất thẳng đứng ở dưới trụ than rộng 30 m: a – vỉa dày 2 m ; b – vỉa dày 4 m; c – vỉa dày 6 m



Hình 6. Phân bố ứng suất thẳng đứng ở dưới trụ than rộng 40 m: a – vỉa dày 2 m ; b – vỉa dày 4 m; c – vỉa dày 6 m

Từ các hình 3, 4, 5 và 6 cho thấy, khi chiều dày vỉa càng lớn thì sự tập trung ứng suất trong trụ than và ở dưới nó càng giảm. Ví dụ như trên hình 6, ứng suất ở khoảng cách dưới trụ 5 m đối với vỉa dày 2 m là 20,15 Mpa nhưng giá trị này là 14,38 Mpa ở dưới vỉa dày 6 m. Ở khoảng cách 15 m dưới trụ than rộng 30 m (hình 5), giá trị ứng suất là 15,46 Mpa đối với vỉa dày 2 m và giá trị này là 9,72 Mpa đối với vỉa dày 6 m. Điều này có thể được giải thích là do khi vỉa than càng dày thì đồng nghĩa với chiều cao trụ càng lớn. Dưới tác dụng của áp lực của khối đá phía trên, sự phát triển khe nứt ở hai bên của trụ than diễn ra càng mãnh liệt khi tăng chiều cao của trụ. Đồng nghĩa với quá trình này là sự phá vỡ liên kết của than ở hai bên trụ và làm cho chúng dễ dàng bị phá hủy. Khi trụ than bị phá hủy, lúc này chúng không còn là đối tượng chịu tải chính của khối đá vách mà tải trọng đã truyền vào khối đá sập đổ trong không gian đã khai thác. Do đó, ứng suất phân bố dưới trụ than là rất nhỏ. Ngược lại, khi vỉa than mỏng hơn hay chiều cao trụ than nhỏ hơn (hình 3a), mặt tiết diện của tường than nhỏ nên khả năng chúng bị phá vỡ là rất khó. Chính vì vậy mà chúng có khả năng duy trì ổn định tốt hơn so với trụ than có chiều cao lớn. Tuy nhiên, trụ than càng ổn định thì sự tập trung ứng suất ở dưới trụ than càng cao. Như vậy, có thể khẳng định rằng sự tập trung ứng suất ở phía dưới trụ than tỷ lệ nghịch với chiều cao của trụ (hay chiều dày của vỉa than).

Xuyên suốt từ trên xuống dưới trụ than, ứng suất phân bố theo hình dạng của một elip dẹt. Tâm của elip nằm trên trụ than và có phần lệch về phía lò chợ khai thác đầu tiên (bên phải). Vỉa than càng dày thì tâm của elip tập trung ứng suất càng phát triển lệch về phía lò chợ khai thác đầu tiên. Trên hình 5, tâm của elip cách cạnh trụ than phía lò chợ thứ nhất là 10 m, trong khi đó cách cạnh trụ than phía lò chợ thứ 2 là 20 m. Giá trị này trên hình 6 lần lượt là 13 m và 27 m. Điều này có thể là do trong giai đoạn chịu ảnh hưởng của áp lực tựa từ quá trình khai thác lò chợ đầu tiên, phía cạnh trụ than bên phải đã được nén lại cùng với quá trình hạ vách trong không gian khai thác. Đỉnh ứng suất khi đó không hoàn toàn tập trung trên trụ than và lan truyền cả vào trong vỉa than phía lò chợ thứ hai chưa được khai thác. Trong giai đoạn khai thác của lò chợ thứ hai, trụ than sẽ chịu tải độc lập và bị ảnh hưởng lần thứ hai bởi áp lực tựa từ quá trình khai thác lò chợ. Phần trụ than phía lò chợ thứ nhất (đã được nén chặt) sẽ chịu tải tốt hơn so với phía lò chợ thứ hai. Do đó, tâm của vùng tập trung ứng suất sẽ lệch về phía trụ có kết cấu ổn định hơn.

Khi trụ than càng rộng và mỏng thì vùng elip tập trung ứng suất càng lớn và phát triển sâu xuống phía dưới. Khi trụ than hẹp (hình 3) thì gần như không tồn tại vùng tập trung ứng suất phía dưới trụ. Điều đó chứng tỏ trụ than đã bị phá hủy hoàn toàn. Khi trụ than rộng hơn, vùng tập trung ứng suất bắt đầu được hình thành từ tâm của trụ than và phát triển rộng ra xung quanh. Đặc biệt là ở vỉa than có chiều dày nhỏ (2 m), vùng tập trung ứng suất có kích thước lớn và phát triển sâu xuống phía dưới trụ.

Đối với khai thác các vỉa than ở gần nhau như tại mỏ than Thống Nhất, do khoảng cách giữa các vỉa than nhỏ nên ứng suất tập trung phía dưới trụ than tác động không nhỏ đến quá trình duy trì ổn định đường lò dọc vỉa và khai thác vỉa than phía dưới. Bởi vì, trong môi trường ứng suất cao, các sự cố nổ đá, biến dạng và sập đổ lò rất dễ xảy ra. Do đó, bức tranh về sự phân bố ứng suất phía dưới trụ than đã được mô phỏng thông qua điều kiện khai thác của mỏ than Thống Nhất. Kết quả này sẽ là nền tảng cơ bản để thực hiện xây dựng kế hoạch đào lò và khai thác các vỉa than ở dưới trụ than phía trên một cách hiệu quả và an toàn.

4. Kết luận

Trên cơ sở phương pháp mô phỏng số, nghiên cứu này đã mô tả sự phân bố ứng suất phía dưới trụ than trong các điều kiện chiều dày và chiều rộng khác nhau của trụ than. Một số kết quả chính thu được như sau:

- Sự tồn tại của trụ than đóng vai trò như một cầu nối để truyền tải trọng từ các tầng đá vách xuống phía dưới. Vùng tập trung ứng suất xuyên xuốt qua trụ than có dạng hình elip dẹt và phát triển mở rộng xuống phía dưới khi chiều rộng của trụ than tăng lên. Ở một trụ than hẹp, sự tập trung ứng suất gần như không tồn tại do chúng không đủ khả năng chịu lực và dễ dàng bị phá hủy bởi tải trọng từ các tầng đá vách. Do đó sẽ không có ảnh hưởng đến sự ổn định của đường lò và quá trình khai thác của vỉa than phía dưới một trụ than hẹp.

- Tâm của elip tập trung ứng suất không nằm ở trung tâm của trụ than mà tập trung về phía của lò chợ khai thác đầu tiên. Đồng thời, chiều dày của vỉa than càng giảm thì vùng tập trung ứng suất càng lớn và giá

trị ứng suất đạt ở mức cao. Điều này có ảnh hưởng nghiêm trọng khi đào lò, duy trì ổn định đường lò và khai thác ở vỉa than phía dưới. Do đó, Những phát hiện này có thể rất quan trọng vì chúng có thể cung cấp thông tin cho việc bố trí vị trí đường lò trong phạm vi an toàn khi khai thác vỉa than phía dưới. Vùng an toàn cho đường lò ở vỉa than phía dưới cần phải tránh ảnh hưởng của các trụ than phía trên, đặc biệt đối với vùng tập trung ứng suất cao phía dưới trụ. Đối với các vỉa than phía trên ưu tiên sử dụng trụ nhỏ hoặc không có trụ. Nếu sử dụng các trụ than lớn thì cần phải xem xét mối quan hệ không gian của các trụ than và đường lò dọc vỉa phía dưới.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo (đề tài mã số B2024-MDA-03).

Tài liệu tham khảo

B. Du, C. Liu, J. Yang, and F. Wu, 2020. Abutment pressure distribution pattern and size optimization of coal pillar under repeated mining: a case study. *Arabian Journal of Geosciences*, vol.13, no.23, p.23.

C. Piao, S. Lei, J. Yang, and L. Sang, 2018. Experimental study on the movement and evolution of overburden strata under reamer-pillar coal mining based on distributed optical fiber monitoring. *Energies*, vol.12, no.1, p.77.

H. Mu, A. Wang, D. Song, D. Su, and D. Li, 2021. Failure mechanism of gob-side roadway under overlying coal pillar multiseam mining. *Shock and Vibration*, vol. 2021, 13 pages.

Le, Phuc Quang; Le, Ha Thu Thi; Nguyen, Long Quoc, 2024. Stress distribution under coal pillars in the case of multi-seam mining: A case study at Thong Nhat Coal Mine, Vietnam. *Journal Hydro-Meteorol*. Vol 20, 15-23.

R. Shan, Z. Li, C. Wang et al., 2021. Study on the distribution characteristics of stress deviator in the surrounding rock when mining closely spaced coal seams. *Environmental Earth Sciences*, vol. 80, no. 17, 2021.

S. Jiang, G. Fan, Q. Li, S. Zhang, and L. Chen, 2021. Effect of mining parameters on surface deformation and coal pillar stability under customized shortwall mining of deep extra-thick coal seams. *Energy Reports*, vol. 7, pp. 2138–2154, 2021.

S. Liu, J. Bai, X. Wang et al., 2021. Study on the stability of coal pillars under the disturbance of repeated mining in a doubleroadway layout system. *Earth Science*, vol. 9, 754747.

Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam. Báo cáo tổng hợp khối lượng thực hiện mỏ than năm 2020.

Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam. Báo cáo tổng hợp khối lượng thực hiện mỏ than năm 2021.

Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam. Báo cáo tổng hợp khối lượng thực hiện mỏ than năm 2022.

Z. Jun and L. Guangbo, 2016. Pressure-relief mining of the working face under the coal pillar in the close distance coal seams. *Geotechnical and Geological Engineering*, vol. 34, no. 4, pp. 1067–1077.

ABSTRACT

Numerical simulation of stress state under coal pillar of flat-lying coal seams at Thong Nhat Coal Mine

Le Quang Phuc[1,2,*], Nguyen Hong Cuong[1,2], Vu Trung Tien[1,2],
Le Tien Dung[1,2], Pham Van Quan[3,4], Pham Tien Duong[3]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment (SDM)*
[3]*Institute of Mining Science and Technology;* [4]*Graduate student Hanoi University of Mining and Geology*

Coal pillars play an important role in protecting and maintaining the stability of the roadway in underground coal mines in Vietnam. However, when mining multi-coal seams, the existence of coal pillars above hurts the stability of the roadway when mining the lower seam. From the principle of collapse arch formation, it can be seen that after coal seam mining, most of the load from the roof rock layers will be loaded onto the coal pillar. At that time, the coal pillar acts as a bridge to transmit the load downwards, forming a dangerous stress zone below the pillar. Therefore, if the distribution range of this stress zone is not studied and determined, the dangers of roof collapse and roadway collapse may occur when excavating or mining the adjacent coal seam below. In this study, we take the mining conditions of the 6d coal seam of the Thong Nhat coal mine as the research foundation. The FLAC3D program is applied to simulate the mining process. The stress distribution characteristics under the coal pillar are simulated when changes in seam thickness of 2 m, 4 m, and 6 m correspond to the width of the coal pillar of 10 m, 20 m, 30 m, and 40 m. The research results show that the stress value and distribution range of the dangerous stress zone under the coal pillar is proportional to the width of the coal pillar and inversely proportional to the thickness of the seam. Therefore, the research results will be the basis for determining the correlation between the location of the roadway and the high-stress zone under the coal pillar in each case. The research results will be a reliable reference in controlling the stability of the roadway in the lower coal seam when exploiting multi-coal seams at the Thong Nhat coal mine and other mines in the Quang Ninh area.

Keywords: Coal pillar; Multi-coal seam; Stress; abutment pressure; roadway

Dự báo nhiệt độ không khí trong các lò chợ cơ giới hoá cho điều kiện mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh

Phạm Văn Quân[1,2*], Phạm Đức Hưng[3,4], Nguyễn Sơn Tùng[5,6]
[1] Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin, [2]Nghiên cứu sinh Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[3]Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[4]Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)
[5]Công ty Cổ phần than Hà Lầm-TKV, [6]Học viên cao học Đại học công trình kỹ thuật Liêu Ninh

TÓM TẮT

Trong khai thác than hầm lò, bên cạnh các vấn đề liên quan đến công nghệ khai thác, áp lực mỏ, vấn đề nhiệt độ không khí trong môi trường làm việc cũng ảnh hưởng đáng kể đến sản lượng khai thác và hiệu quả lao động. Cải thiện nhiệt độ không khí trong mỏ hầm lò là cần thiết nhằm đảm bảo môi trường làm việc đáp ứng được nhu cầu về tinh thần và thể chất của thợ mỏ. Hiện nay, các giải pháp làm giảm nhiệt độ phổ biến gồm thông gió và sử dụng hệ thống thiết bị làm mát không khí. Một phương pháp dự báo chính xác nhiệt độ không khí trong mỏ hầm lò sẽ giúp dự báo hiệu quả của hệ thống thông gió và thiết bị làm mát. Bài báo trình bày các mô hình nhằm dự báo nhiệt độ không khí trong các lò chợ cơ giới hoá cho điều kiện các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh trên cơ sở các yếu tố như tốc độ gió, độ ẩm, công suất động cơ của thiết bị hoạt động, chiều dài, độ sâu đường lò.... Kết quả dự báo nhiệt độ dự báo từ các mô hình được so sánh phù hợp với kết quả đo thực tế với sai số trung bình nhỏ hơn 2,5%. Các mô hình dự báo này có thể được áp dụng như là một công cụ dự báo nhiệt độ không khí trong lò chợ cơ giới hoá, dự báo hiệu quả của các giải pháp ngăn ngừa ảnh hưởng xấu của điều kiện vi khí hậu trong khai thác mỏ hầm lò từ giai đoạn lập kế hoạch sản xuất, dự án đầu tư, từ đó có những hiệu chỉnh phù hợp.

Từ khóa: điều kiện vi khí hậu, dự báo nhiệt độ, lò chợ cơ giới hóa, thông gió mỏ

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, sản lượng khai thác than hầm lò của Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) tăng từ 21,1 triệu tấn (2015) lên 27,3 triệu tấn (2023). Sản lượng khai thác bằng công nghệ cơ giới hoá chiếm từ 3,9% (2015) lên 15,8% (2023) tổng sản lượng than hầm lò của TKV. Đạt được kết quả như vậy, một phần TKV đã áp dụng những tiến bộ của khoa học kỹ thuật trong các khâu sản xuất, đặc biệt là cơ giới hoá đồng bộ trong khai thác, vận tải than. Hiện nay, các diện sản xuất ngày càng xuống sâu và được mở rộng, theo đó các vấn đề liên quan đến công nghệ khai thác, áp lực mỏ, cháy nổ khí, nhiệt độ tăng, thông gió mỏ,...ngày một khó khăn hơn, trong đó nhiệt độ không khí tại nơi làm việc là một trong những yếu tố có tác động đáng kể đến sức khỏe và hiệu quả công việc của người lao động. Làm việc trong môi trường nóng ẩm có thể làm tăng sự trao đổi nhiệt với môi trường của thợ mỏ và gây ra các bệnh liên quan đến nhiệt (Meade và nnk, 2016). Vấn đề này cần được đề cập đến khi xây dựng kế hoạch khai thác hàng năm hoặc ở giai đoạn lập dự án đầu tư. Điều 41 của QCVN 01:2011 của Bộ Công thương quy định: *"Nhiệt độ không khí trong gương khấu, cũng như trong các gương lò khác có người đang làm việc tối đa là 30^{o}C*. Để đảm bảo nhiệt độ không khí tại nơi làm việc theo quy chuẩn, các giải pháp phổ biến hiện nay trên thế giới gồm có thông gió và sử dụng hệ thống điều hoà không khí (Trương Tiến Quân và nnk, 2019). Nghiên cứu của Andrzej Frycz chỉ ra các yếu tố ảnh hưởng đến nhiệt độ không khí trong mỏ hầm lò như: nhiệt độ và độ ẩm của không khí đầu vào; độ sâu và nhiệt độ ban đầu của khối đá xung quanh đường lò; độ ẩm trong lò và của đá xung quanh, lưu lượng gió và thời gian thông gió; công nghệ khai thác; công suất và thời gian hoạt động của máy móc, thiết bị (Andrzej Frycz, 1981). Dự báo nhiệt độ không khí một cách chính xác sẽ làm cơ sở để thiết kế, cải thiện hệ thống thông gió và hệ thống làm mát phù hợp hơn trong mỏ hầm lò, từ đó góp phần đảm bảo điều kiện môi trường làm việc tốt nhất cho thợ mỏ, đồng thời làm tăng hiệu quả kinh tế của các dự án khai thác mỏ.

Hiện nay, nhiều phương pháp, mô hình hóa đã được phát triển để dự báo nhiệt độ không khí trong mỏ

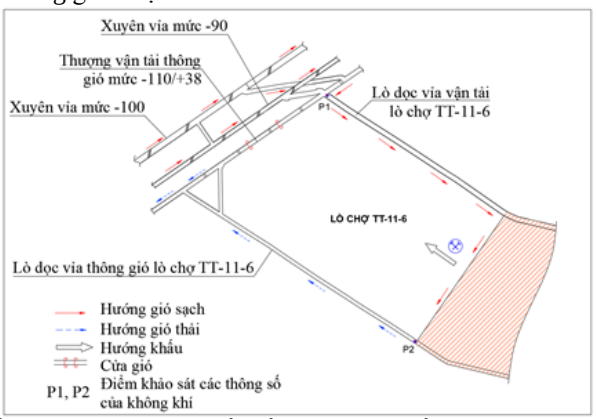
* *Tác giả liên hệ*
Email: pvquan.imsat@gmail.com

hầm lò như: mô hình toán học dự báo nhiệt độ trong giếng đứng thông gió khi khai thác xuống sâu (Zhu Shuai et al., 2015); Xây dựng mô hình mô phỏng các thông số môi trường và khí hậu trong quá trình khai thác mỏ bằng C++ (Lowndes và nnk, 2004); Mô hình phân tích hồi quy đa biến được sử dụng để dự đoán nhiệt độ trong hệ thống thông gió chính của mỏ hầm lò được phát triển bởi M. Bascompta (Bascompta và nnk, 2020); Sử dụng mạng Nơ-ron nhân tạo để dự báo nhiệt độ và đánh giá chất lượng không khí trong giếng đứng trên cơ sở mô hình NARX (Nonlinear autoregressive exogenous model) (Pedram Roghanchi và Karoly C Kocsis, 2019). Các mô hình dự báo nhiệt độ trên sử dụng các nguyên tắc bảo toàn năng lượng và có tính đến các nguồn nhiệt cục bộ như: nhiệt do sự tự nén không khí khi di chuyển xuống sâu (quá trình đoạn nhiệt), nhiệt toả ra từ máy móc và thiết bị khai thác, nhiệt từ khối đá truyền vào không khí trong lò, v.v. hoặc được xác định từ các phép đo nhiệt độ. So với kết quả đo thực tế, các mô hình này đạt được độ chính xác đủ để áp dụng dự báo nhiệt độ không khí trong hầm mỏ. Tuy nhiên, để cải thiện độ chính xác của mô hình dự báo nhiệt độ không khí, cần xem xét nhiều nguồn nhiệt cục bộ hơn trong hoạt động khai thác mỏ.

Bài báo trình bày một cách tiếp cận mới để dự báo nhiệt độ không khí cho lò chợ cơ giới hoá tại các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh bằng các mô hình thống kê. Mục tiêu chính là xây dựng được các phương trình tuyến tính và phi tuyến chính xác giữa biến phụ thuộc và biến độc lập. Trong các phương trình này, biến phụ thuộc là nhiệt độ không khí ở đầu ra lò chợ (t), các biến độc lập bao gồm nhiệt độ không khí ở đầu vào của lò chợ (t_o), độ ẩm không khí tương đối (φ), lưu lượng gió (V), công suất của thiết bị điện hoạt động trong khu vực lò chợ (Q), độ sâu khai thác trung bình của lò chợ (z), sản lượng khai thác ngày đêm của lò chợ (W) và tổng chiều dài đường lò từ đầu vào đến đầu ra của lò chợ (L).

2. Kết quả khảo sát tại một số lò chợ cơ giới hoá vùng Quảng Ninh

Dựa trên nghiên cứu tài liệu, phân tích các điều kiện địa chất, kỹ thuật công nghệ, điều kiện khí hậu trong các mỏ hầm lò (Andrzej Frycz, 1981; Marek Borowski và nnk, 2020) sáu yếu tố ảnh hưởng chính đến nhiệt độ không khí trong lò chợ cơ giới hoá vùng Quảng Ninh được sử dụng để khảo sát, bao gồm: Nhiệt độ không khí ở đầu vào của lò chợ (t_o), độ ẩm không khí tương đối (φ), lưu lượng gió (V), công suất của thiết bị điện hoạt động trong khu vực lò chợ (Q), độ sâu khai thác trung bình của lò chợ (z), sản lượng khai thác ngày đêm của lò chợ (W), tổng chiều dài đường lò từ đầu vào đến đầu ra của lò chợ (L). Trên hình 1 mô tả các điểm khảo sát các yếu tố của luồng không khí lưu thông trong khu vực lò chợ TT-11-6 mỏ than Khe Tam, Công ty Than Dương Huy - TKV, trong đó điểm P1 và P2 là những nơi đo các thông số của dòng không khí. Để xây dựng mô hình dự báo nhiệt độ không khí ở lò chợ cơ giới hoá, dữ liệu từ các điểm đo P1 và P2 của các lò chợ ở các mỏ Vàng Danh, Hà Lầm, Dương Huy và Hạ Long đã được sử dụng. Nghiên cứu sẽ xác định các giá trị của V, t_o, φ (tại điểm P1) và t_p (tại điểm P2). Nghiên cứu cũng tiến hành thu thập các dữ liệu của W, Q và L. Kết quả khảo sát ở lò chợ cơ giới hoá ở các mỏ Vàng Danh, Hà Lầm, Dương Huy, Hạ Long, cho thấy lưu lượng gió lưu thông trong khu vực lò chợ từ 916 ÷ 1.612 m^3/ph, tổng công suất điện của các máy móc thiết bị đặt trong khu vực lò chợ dao động từ 674 đến 1.689 kW. Độ sâu khai thác trung bình của các lò chợ được nghiên cứu (tính từ bề mặt địa hình) thay đổi từ 174 đến 305 m. Sản lượng khai thác ngày đêm của lò chợ trong khoảng 652 ÷ 1.954 tấn/ngày đêm. Tổng chiều dài đường lò từ đầu vào đến đầu ra của lò chợ trong giai đoạn khảo sát 326 ÷ 442m.



Hình 1. Sơ đồ vị trí khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến nhiệt độ không khí ở lò chợ TT-11-6 vỉa 11 khu Trung tâm mỏ Khe Tam, Công ty than Dương Huy-TKV

3. Phân tích các thông số thông kê cơ bản của bộ dữ liệu nghiên cứu

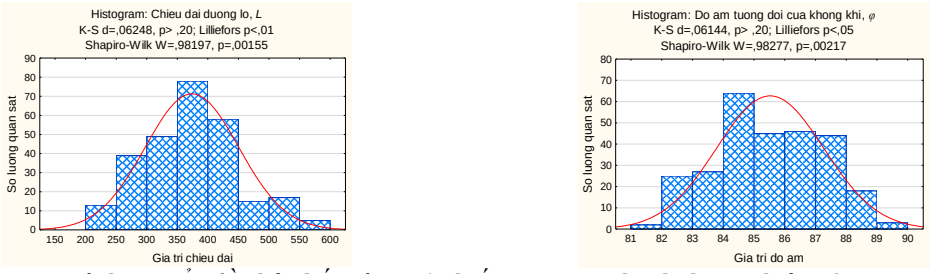
Bài báo đã phân tích, đánh giá ảnh hưởng của các biến độc lập (các yếu tố ảnh hưởng) và biến phụ thuộc (nhiệt độ không khí ở đầu ra của lò chợ t_p). Tất cả các biến độc lập và biến phụ thuộc đã được kiểm chứng

sự phù hợp để thống kê trên cơ sở hình dạng phân phối của tập dữ liệu và so sánh với phân phối chuẩn thông qua giá trị của thống kê mô tả. Kết quả phân tích thống kê mô tả của các biến trong tập dữ liệu nghiên cứu được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Thống kê mô tả các yếu tố dự báo và biến phụ thuộc trong bộ dữ liệu nghiên cứu

Các thông số	Nhiệt độ không khí ở đầu vào của lò chợ, t_o	Độ ẩm tương đối của không khí, φ	Lưu lượng gió, V	Công suất điện, Q	Độ sâu khai thác trung bình, z	Sản lượng khai thác ngày đêm, W	Tổng chiều dài đường lò, L	Nhiệt độ không khí ở đầu ra của lò chợ, t_p
Trung bình cộng	28,143	85,567	1259,621	1007,894	231,228	1264,838	377,769	29,946
Trung bình nhân	28,138	85,549	1251,037	980,348	226,556	1128,518	370,415	29,931
Trung vị	28,1	85,5	1245,5	1047,0	222,4	1068,0	377,5	29,9
Yếu vị	27,7	84,6	1158,0	1047,0	302,1	Đa phương thức	Đa phương thức	29,5
Số lượng yếu vị	30,0	13,0	4,0	70,0	16,0	3,0	2,0	16,0
Min	26,8	82,0	917,0	674,0	174,4	333,0	215,1	28,1
Max	29,2	89,4	1609,0	1257,5	304,6	2347,0	590,1	32,5
Độ lệch chuẩn	0,5255	1,7521	146,2660	221,8707	47,6679	582,8986	75,0404	0,9539
Hệ số biến thiên	1,8671	2,0476	11,6119	22,0133	20,6151	46,0849	19,8641	3,1853
Độ lệch	-0,0017	-0,0195	-0,0064	-0,6409	0,5023	0,3877	0,4445	0,1690
Độ nhọn	-0,5334	-0,8198	-0,4176	-1,20153	-1,2840	-1,1698	0,2412	-0,7822

Từ bảng 1 thấy rằng, đối với mỗi biến số không có sự khác biệt nhiều giữa giá trị của trung bình nhân và trung bình cộng. Trong các biến được phân tích, biến W (sản lượng khai thác ngày đêm) có sự chênh lệch lớn giữa giá trị trung bình cộng với giá trị trung vị là 196,84 tấn/ngày đêm. Biến W cũng có độ lệch chuẩn lớn nhất với giá trị 582,89 tấn/ngày đêm (46,08% so với trung bình cộng). Trong thống kê mô tả, các giá trị độ lệch và độ nhọn cho phép kết luận rằng trong mọi trường hợp khi |độ lệch|<1,5, |Độ nhọn|<3 thì hình dạng mô tả tập dữ liệu có dạng phân phối chuẩn hoặc gần với phân phối chuẩn (Andrzej Sanisz, 2007). Trong bảng 1, trị tuyệt đối của độ nhọn và độ lệch đều nhỏ hơn 1,5 cho thấy phân phối của tất cả các biến quan sát gần với phân phối chuẩn. Ngoài ra, hình dạng phân phối này cũng được thể hiện qua biểu đồ Histograms hoặc các phép kiểm định Kolmogorov-Smirnov (K-S) và Shapiro-Wilk với mức ý nghĩa 0,05 (hình 2).



Hình 2. Biểu đồ phân bố giá trị của biến L, φ trong bộ dữ liệu nghiên cứu

4. Xác định phương trình dự báo nhiệt độ không khí

Dựa trên kết quả khảo sát các yếu tố t_o, t_p, φ, V, Q, z, W, L và kết quả phân tích các thông số thông kê cơ bản của bộ dữ liệu khảo sát, bài báo tiến hành phân tích hồi quy tuyến tính và phi tuyến tính bằng Statistica V13, IBM SPSS Statistic V25 và EViews V8 để xây dựng các phương trình dự báo nhiệt độ không khí. Đối với hồi quy tuyến tính, phương trình tổng quát dự báo nhiệt độ không khí đầu ra lò chợ t_L theo phương pháp bình phương tối thiểu của mô hình hồi quy tuyến tính bội có dạng như sau:

$$t_L = \beta_1 \cdot t_o + \beta_2 \cdot \varphi + \beta_3 \cdot V + \beta_4 \cdot Q + \beta_5 \cdot z + \beta_6 \cdot W + \beta_7 \cdot L + \beta_o \quad (1)$$

Trong đó: - β_1-β_7 là các hệ số hồi quy của các biến độc lập t_o, φ, V, Q, z, W, L;
- β_o – Hệ số chặn

Kết quả của mô hình được xây dựng bằng hồi quy tuyến tính chính xác khi đáp ứng các giả định: phần dư của mô hình phải có phân phối chuẩn, phương sai không đổi, không có hiện tượng đa cộng tuyến giữa các biến độc lập và không có hiện tượng tự tương quan của phần dư mô hình (Hoàng Trọng và Chu Nguyễn Mộng Ngọc, 2008; Sanford Weisberg, 2005). Phương trình hồi quy tuyến tính thu được có dạng:

$$t_L = 0{,}9620 \cdot t_o - 0{,}1948 \cdot \varphi - 0{,}0031 \cdot V + 0{,}0019 \cdot Q + 0{,}0058 \cdot z + 0{,}0003 \cdot W + 0{,}0013 \cdot L + 19{,}2960 \quad (2)$$

Giá trị của hệ số xác định $R^2 = 0{,}823$ của mô hình cho thấy mối tương quan chặt chẽ giữa biến t_L và các biến độc lập. Kết quả kiểm định các giả định của hồi quy tuyến tính đều được đáp ứng. Để đơn giản hóa mô hình thu được và thuận tiện hơn trong quá trình áp dụng, giá trị của các hệ số hồi quy trong phương trình (2) đã được hiệu chỉnh. Theo đó, phương trình (2) sau khi sửa đổi giá trị của các hệ số hồi quy có dạng:

$$t_{L-z} = 0{,}96 \cdot t_o - 0{,}2 \cdot \varphi - 0{,}003 \cdot V + 0{,}002 \cdot Q + 0{,}006 \cdot z + 0{,}0003 \cdot W + 0{,}001 \cdot L + 19{,}66 \quad (3)$$

Với $t_{L\text{-}z}$ là nhiệt độ không khí đầu ra của lò chợ sau khi được hiệu chỉnh các hệ số hồi quy.

Bên cạnh mô hình hồi quy tuyến tính, bài báo cũng trình bày phương trình hồi quy phi tuyến trên cơ sở phân tích tương quan giữa biến phụ thuộc và từng biến độc lập cho các mô hình như tuyến tính, logarit, bậc hai, luỹ thừa và hàm số mũ. Kết quả chỉ ra rằng, mối quan hệ bậc hai giữa biến độc lập t_p và các biến phụ thuộc là mạnh nhất, nên mối quan hệ này được lựa chọn để thực hiện hồi quy phi tuyến. Mô hình phi tuyến về mối quan hệ giữa nhiệt độ không khí ở đầu ra của lò chợ t_K với các biến độc lập được xác định:

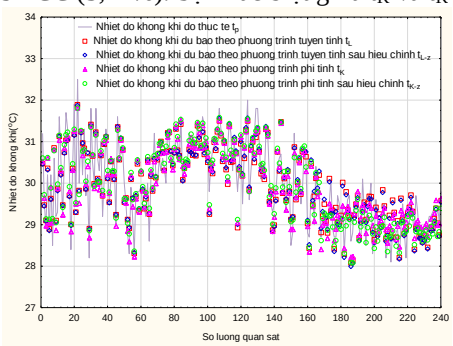
$$\begin{aligned} t_K = {} & -0{,}0020 \cdot t_o^2 - 0{,}0140 \cdot \varphi^2 - 6{,}11 \cdot 10^{-6} \cdot V^2 - 9{,}53 \cdot 10^{-6} \cdot Q^2 - 5{,}148 \cdot 10^{-7} \cdot z^2 \\ & - 5{,}35 \cdot 10^{-8} \cdot W^2 + 4{,}286 \cdot 10^{-6} \cdot L^2 + 0{,}9679 \cdot t_o + 2{,}1828 \cdot \varphi + 0{,}0125 \cdot V + 0{,}0208 \cdot Q \\ & - 0{,}0014 \cdot z + 0{,}00021 \cdot W - 0{,}00235 \cdot L - 96{,}3808 \end{aligned} \quad (4)$$

Giá trị của hệ số xác định là $R^2 = 0{,}858$ cho thấy mối tương quan rất chặt chẽ giữa biến t_K với các biến độc lập được sử dụng. Tương tự như trường hợp hồi quy tuyến tính, giá trị của các hệ số hồi quy trong phương trình (4) được hiệu chỉnh đơn giản và thể hiện trong phương trình (5):

$$\begin{aligned} t_{K-z} = {} & -0{,}002 \cdot t_o^2 - 0{,}014 \cdot \varphi^2 - 6{,}1 \cdot 10^{-6} \cdot V^2 - 9{,}5 \cdot 10^{-6} \cdot Q^2 - 514{,}8 \cdot 10^{-9} \cdot z^2 \\ & - 53{,}5 \cdot 10^{-9} \cdot W^2 + 4{,}3 \cdot 10^{-6} \cdot L^2 + t_o + 2{,}2 \cdot \varphi + 0{,}01 \cdot V + 0{,}021 \cdot Q - 0{,}001 \cdot z \\ & + 0{,}0002 \cdot W - 0{,}0023 \cdot L - 99{,}59 \end{aligned} \quad (5)$$

Trong đó $t_{K\text{-}z}$ là nhiệt độ không khí ở đầu ra của lò chợ sau khi hiệu chỉnh các hệ số hồi quy.

Giá trị nhiệt độ không khí khảo sát và dự báo ở đầu ra lò chợ trên cơ sở phương trình (2-5) trình bày trong hình 3. Phân tích kết quả thu được, thấy rằng sai số lớn nhất giữa nhiệt độ không khí dự báo phương trình (2) và khảo sát ở đầu ra của lò chợ là 0,87°C (2,91%). Sai số này đối với phương trình (3) là 0,91°C (3,06%). So sánh giá trị t_L và $t_{L\text{-}z}$ của cả hai mô hình cho thấy sự khác biệt là rất nhỏ với giá trị chênh lệch lớn nhất là 0,13°C (0,42%). Đối với phương trình phi tuyến (4), độ lệch tối đa là 0,86 (3,04%) và sau khi sửa đổi các hệ số, giá trị này là 0,94 CC (3,14%). Sự khác biệt giữa t_K và $t_{K\text{-}z}$ là 0,33°C (1,14%).

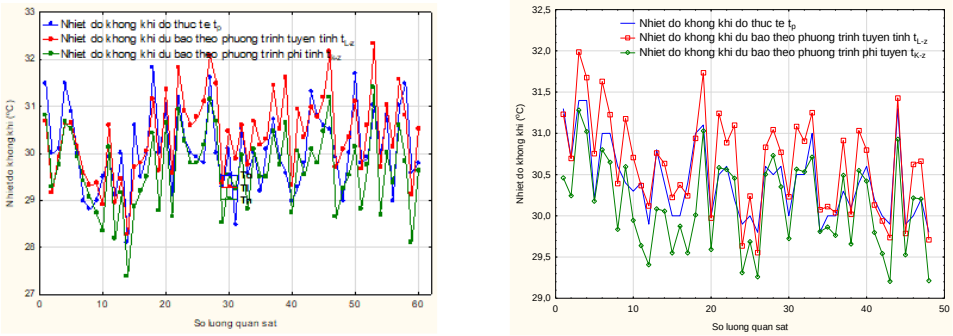


Hình 3. Mối tương quan giữa các giá trị nhiệt độ không khí khảo sát và dự báo ở đầu ra lò chợ trên cơ sở phương trình hồi quy tuyến tính, phi tuyến trước và sau khi hiệu chỉnh các hệ số hồi quy

5. Dự báo nhiệt độ không khí cho một số lò chợ cơ giới hoá lò chợ tại Quảng Ninh

Bài báo tiến hành dự báo nhiệt độ không khí tại lò chợ CGH 10.4 khu III vỉa 10 mỏ than Hà Lầm và CGH 14-5-5 vỉa 14-5 mỏ than Khe Chàm III. Các lò chợ này đều được khai thác bằng công nghệ cơ giới hoá đồng bộ hạ trần thu hồi than nóc. Các lò chợ này đều sử dụng máy khấu loại MG150/375-W và hai băng tải trước và sau giàn chống, lò dọc vỉa vận tải lắp đặt băng tải co giãn, máy nghiền và một số thiết bị khác. Tổng công suất các thiết bị điện phục vụ lò chợ CGH 10.4 là 1.173 kW, lò chợ CGH 14-5-5 là 1.233 kW (TKV). Lò chợ CGH 14-5-5 được khai thác ở độ sâu trung bình 297m, lưu lượng gió phân phối cho lò

chợ rất đa dạng và dao động từ 1.073 đến 1.475 m^3/phút. Trong khi đó, lò chợ CGH 10.4 khai thác ở độ sâu trung bình 352m, lưu lượng gió thay biến động từ 1.054 đến 1.570 m^3/phút. Theo thống kê trong giai đoạn nghiên cứu, sản lượng khai thác ngày đêm lò chợ CGH 14-5-5 dao động từ 593 đến 2.609 tấn/ngày, lò chợ CGH 10.4 từ 1.386 đến 2.477 tấn/ngày.



a) b)

Hình 4. Dự báo nhiệt độ không khí ở đầu ra của lò chợ CGH 10.4 khu III vỉa 10 mỏ Hà Lầm bằng phương trình tuyến tính và phi tuyến (a) và Dự báo nhiệt độ không khí ở đầu ra của lò chợ CGH 14-5-5 vỉa 14-5 mỏ Khe Chàm III bằng phương trình tuyến tính và phi tuyến (b)

Để dự báo nhiệt độ cho lò chợ 14-5-5, bài báo đã sử dụng các phương trình (3), (5). Kết quả nhiệt độ không khí dự báo t_{L-z} và t_{K-z} và nhiệt độ không khí khảo sát thực tế được thể hiện trong hình 4. So sánh giữa nhiệt độ không khí dự báo và đo thực thế đối với lò chợ CGH 10.4 khu III vỉa 10 mỏ Hà Lầm và CGH 14-5-5 mỏ Khe Chàm III thấy rằng, sai lệch trung bình giữa giá trị đo thực tế và dự báo theo phương trình tuyến tính (3) lần lượt là 0,61°C (2,04%), lớn nhất là 2,03°C (6,84%) và 0,30°C (0,99%), lớn nhất là 0,90°C (2,97%). Trong khi đó, theo phương trình phi tuyến (5), sai lệch trung bình đối với lò chợ CGH 10.4 là 0,62°C (2,05%), lò chợ CGH 14-5-5 là 0,34°C (1,12%) và cao nhất lần lượt là 1,74°C (5,7%); 0,99°C (3,19%). Dựa trên việc phân tích kết quả thu được, có thể kết luận rằng nhiệt độ dự báo từ các phương trình (3), (5) đã phản ánh được kết quả đo thực tế.

6. Kết luận

Dự báo chính xác nhiệt độ không khí trong các lò chợ có thể cung cấp thông tin có giá trị khi xây dựng các giải pháp nhằm ngăn ngừa, giảm bớt các vấn đề liên quan đến nhiệt và cải thiện sức khỏe thể chất, tinh thần cho người lao động. Bài báo giới thiệu phương pháp dự báo nhiệt độ không khí cho các lò chợ cơ giới hoá vùng Quảng Ninh. Phương pháp này dựa trên việc sử dụng hồi quy bội và ước lượng phi tuyến để xác định sự phụ thuộc của nhiệt độ không khí ở đầu ra của lò chợ với các yếu tố: nhiệt độ không khí ở đầu vào của lò chợ, độ ẩm không khí tương đối, lưu lượng gió, công suất của thiết bị điện hoạt động trong khu vực lò chợ, độ sâu khai thác trung bình của lò chợ, sản lượng khai thác ngày đêm của lò chợ và tổng chiều dài đường lò từ đầu vào đến đầu ra của lò chợ. Bài báo đã phân tích thống kê mô tả cho bộ dữ liệu nghiên cứu, các giá trị đủ tin cậy được đưa vào xây dựng mô hình. Các phương trình thu được từ các mô hình hồi quy tuyến tính, phi tuyến với hệ số xác định R^2=0,823 và R^2=0,858 đã chỉ ra mối quan hệ chặt chẽ giữa nhiệt độ đầu ra của lò chợ cơ giới hoá với các yếu tố ảnh hưởng. Bằng cách sửa đổi các giá trị của các hệ số hồi quy thành dạng đơn giản hơn thu được các phương trình mới ít phức tạp hơn và thuận tiện hơn cho việc sử dụng thực tế. Sử dụng các phương trình (3), (5) thu được để dự báo nhiệt độ không khí cho lò chợ CGH 10.4 khu III vỉa 10 mỏ Hà Lầm và CGH 14-5-5 mỏ Khe Chàm III đã phản ánh đúng với kết quả đo thực tế với sai số trung bình nhỏ hơn 2,5%. Mô hình dự báo nhiệt độ không khí thu được có thể sử dụng khi thiết kế các công trình khai thác mỏ liên quan đến lò chợ cơ giới hoá ở vùng Quảng Ninh. Các mô hình được trình bày có thể đóng vai trò như một công cụ để đánh giá hiệu quả của các giải pháp ngăn ngừa ảnh hưởng xấu của điều kiện vi khí hậu trong khai thác mỏ hầm lò từ giai đoạn lập kế hoạch sản xuất, dự án từ đó có những hiệu chỉnh phù hợp, cũng như tham khảo cho các nghiên cứu trong tương lai.

Tài liệu tham khảo

Bộ Công thương, 2011. *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trong khai thác than hầm lò QCVN 01:2011/BCT* (Ban hành kèm theo thông tư số 03/2011/TT-BCT ngày 15 tháng 02 năm 2011 của Bộ trưởng Bộ Công thương).

Hoàng Trọng, Chu Nguyễn Mộng Ngọc, 2008. *Phân tích dữ liệu nghiên cứu với SPSS*. Đại học Kinh tế Thành phố Hồ Chí Minh.

Trương Tiến Quân, Łuczak, R., Życzkowski, P., 2019. *Climatic hazard assessment in selected underground*

hard coal mines in Vietnam. Inżynieria Mineralna 155–163. https://doi.org/10.29227/IM-2019-02-67

TKV, *Tổng hợp khối lượng mỏ hàng năm của TKV* (tài liệu nội bộ).

TKV, *Thuyết minh và báo cáo khai thác lò chợ CGH 10.4 vỉa 10 Công ty than Hà Lầm, lò chợ CGH 14-5-5 vỉa 14-5 Công ty than Khe Chàm* (Tài liệu nội bộ).

Andrzej Frycz, 1981. *Klimatyzacja kopalń, 2nd ed. Wydawnictwo, Śląsk*.

Andrzej Sanisz, 2007. *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładdach z medycyny. Statsoft* (www.StatSoft.pl).

Lan S.Lowndes, Crossley, A.J., Yang, Z.-Y., 2004. *The ventilation and climate modelling of rapid development tunnel drivages*. Tunnelling and Underground Space Technology 19, 139–150. https://doi.org/10.1016/j.tust.2003.09.003

Marc Bascompta, Rossell, J.M., Sanmiquel, L., Anticoi, H., 2020. *Temperature Prediction Model in the Main Ventilation System of an Underground Mine*. Applied Sciences 10, 7238. https://doi.org/10.3390/app10207238

Marek Borowski, Truong Tien, Q., Łuczak, R., Życzkowski, P., 2020. *Selection and calculation of air cooling solutions in underground coal mines in Vietnam*. Inżynieria Mineralna no. 2, 2, 237–244. https://doi.org/10.29227/IM-2020-02-68

Meade, R.D., Poirier, M.P., Flouris, A.D., Hardcastle, S.G., Kenny, G.P., 2016. *Do the Threshold Limit Values for Work in Hot Conditions Adequately Protect Workers?* Med Sci Sports Exerc 48, 1187–1196. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000886

Pedram Roghanchi, Karoly C Kocsis, 2019. *Quantifying the thermal damping effect in underground vertical shafts using the nonlinear autoregressive with external input (NARX) algorithm*. International Journal of Mining Science and Technology 29, 255–262. https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2018.06.002

Sanford Weisberg, 2005. *Applied linear regression, 3rd ed. ed, Wiley series in probability and statistics. Wiley-Interscience*, Hoboken, N.J.

Teresa Łozowicka Stupnicka, Monika Talarczyk, 2005. *Zastosowanie modeli sieci neuronowych wocenie i prognozowaniu jakości powietrza.* Inżynieria środowiska 10.

Zhu Shuai, Wu, S., Cheng, J., Li, S., Li, M., 2015. *An Underground Air-Route Temperature Prediction Model for Ultra-Deep Coal Mines*. Minerals 5, 527–545. https://doi.org/10.3390/min5030508

ABSTRACT

Forecast of air temperature in the mechanized longwalls in conditions of the underground coal mines in Quang Ninh

Pham Van Quan[1,2*], Pham Duc Hung[3,4], Nguyen Son Tung[5,6]

[1]*Institute of Mining Science and Technology*,[2]*Graduate student Hanoi University of Mining and Geology*

[3]*Hanoi University of Mining and Geology*

[4]*Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment (SDM)*

[5]*Vinacomin - HaLam Coal Joint Stock Company*, [6]*Graduate student Liaoning Technical University*

In underground coal mining, apart from issues related to the mining technology and the mine pressure, the air temperature in the working environment also significantly affects the extraction output and labor efficiency. Improvement of the air temperature in underground mines is necessary to ensure the working environment, which meets the mental and physical needs of miners. Currently, common solutions to reduce the temperature include ventilation and usage of air-cooling systems. An accurate method in prediction of the air temperature in underground mines will make the effective forecast of the ventilation and cooling systems. This paper presents models to forecast air temperature in mechanized longwalls in conditions of the underground coal mines in the Quang Ninh region, based on factors such as wind speed, humidity, motor power of operating equipment, length, and depth of roadway, etc... The forecasted temperature results from the models are compared with actual measured results with a mean error of less than 2,5%. These forecasting models can be applied as a tool for forecasting air temperature in mechanized longwall, effective forecast of solutions in prevention of the adverse effects of microclimate conditions in underground mining from the production planning stage, thereby appropriate adjustments will be made for the project.

Keywords: microclimate conditions; temperature forecasting; mechanized longwall; mine ventilation

"Nghiên cứu đề xuất giải pháp giảm ứng suất khối đá bao quanh đường lò dọc vỉa than ở các mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh"

Phạm Văn Quân[1,2*], Thân Văn Duy[1], Trương Tiến Quân[1], Phạm Đức Hưng[3,4],
Đào Văn Chi[3,4], Nguyễn Cao Khải[3,4], Phạm Văn Khải[5]
[1] *Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin* , [2]*Nghiên cứu sinh Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[3]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[4]*Nhóm nghiên cứu Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment (SDM)*
[5]*Công ty TNHH Đầu tư Hoàng Sơn*

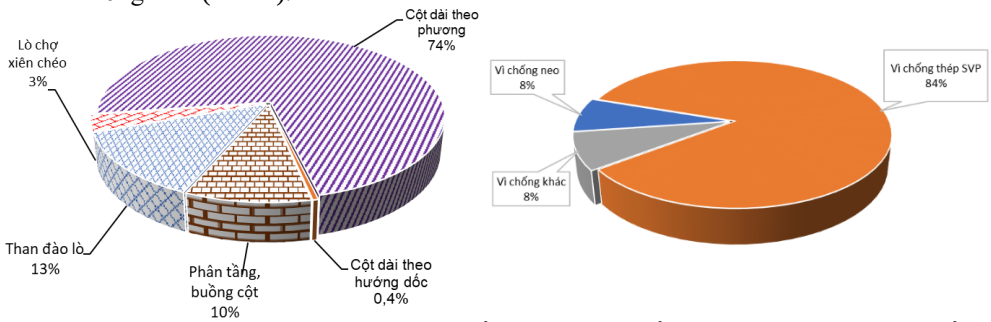
TÓM TẮT

Hiện nay, các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh ngày càng khai thác xuống sâu, diện sản xuất mở rộng xa trung tâm dẫn đến khối lượng mét lò đào lớn, áp lực gia tăng theo chiều sâu bố trí đường lò. Theo thống kê, khối lượng mét lò chống xén hàng năm của các đơn vị sản xuất than hầm lò từ 6 ÷ 8 nghìn mét (bằng khoảng 25 ÷ 30% tổng mét lò đào mới), làm tăng chi phí và gia tăng nguy cơ mất an toàn trong quá trình khai thác. Điều này ảnh hưởng không nhỏ đến an toàn lao động và hiệu quả khai thác của các đơn vị sản xuất than hầm lò. Trong phạm vi bài báo này, nhóm tác giả nghiên cứu phân tích tổng hợp các giải pháp nâng cao độ ổn định của đường lò dọc vỉa than; các phương pháp giảm áp lực khối đá bao quanh đường lò, cũng như cơ chế giảm áp, các yếu tố ảnh hưởng và điều kiện áp dụng của chúng ở một số nước trên thế giới. Trên cơ sở đó, đề xuất áp dụng phương pháp tính toán áp lực theo thuyết chuyển vị của Viện VNIMI và giải pháp khoan giảm áp khối đá bằng lỗ khoan có đường kính mở rộng phân đoạn nhằm nâng cao độ ổn định của đường lò, giảm khối lượng chống xén trong quá trình sản xuất.

Từ khóa: Giảm ứng suất khối đá; Chống xén; Giảm áp bằng thuỷ lực; Giải pháp khai thác

1. Đặt vấn đề

Theo báo cáo khối lượng mỏ của Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam (TKV) giai đoạn 2018-2023, hàng năm TKV sản xuất từ 36 đến 41,5 triệu tấn than nguyên khai, chiếm khoảng 85% tổng sản lượng than khai thác ở Việt Nam. Trong đó, sản lượng than khai thác bằng phương pháp hầm lò của TKV chiếm từ 60 đến 74% và chủ yếu áp dụng hệ thống khai thác (HTKT) cột dài theo phương (chiếm 74% tổng sản lượng than hầm lò), đường lò chuẩn bị chống bằng các vì thép linh hoạt SVP, dạng vòm chiếm 84% tổng mét lò đào mới hàng năm (hình 1).

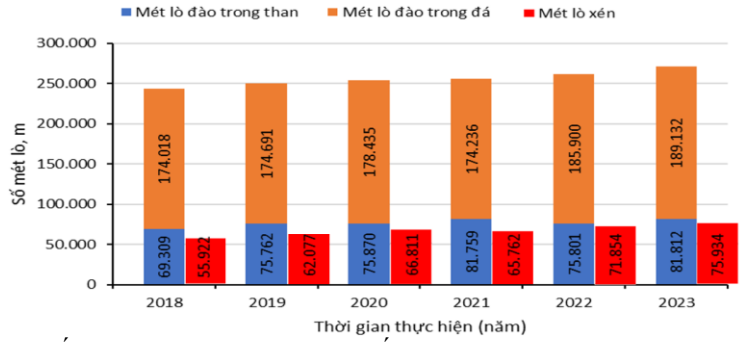


Hình 1. Tỷ lệ sản lượng than khai thác hầm lò theo hệ thống khai thác và vật liệu chống giữ đường lò của TKV giai đoạn từ 2018-2023

Hiện nay, độ sâu khai thác tại các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh ngày càng tăng, đồng thời địa chất biến động phức tạp, áp lực mỏ gia tăng theo chiều sâu bố trí công trình đã ảnh hưởng không nhỏ đến các quá trình sản xuất, đặt biệt công tác sửa chữa chống xén lò. Theo kết quả thống kê, hàng năm khối lượng mét lò chống xén rất lớn và tăng dần từ 56 nghìn mét (năm 2018) đến 76 nghìn mét (năm 2023) bằng 25 ÷ 30% tổng mét lò đào mới của TKV (hình 2) làm tăng chi phí, gây ách tắc sản xuất và gia tăng nguy cơ mất an toàn trong quá trình khai thác than. Điều này ảnh hưởng không nhỏ đến an toàn lao động và hiệu quả khai thác của các đơn vị sản xuất than hầm lò.

Để giải quyết vấn đề trên, hầu hết các công trình nghiên cứu ứng dụng thực tế trong nước đã đề xuất các giải pháp chống giữ bằng vì chống thép, bê tông, bê tông cốt thép; gia cường khối đá bằng neo (chất dẻo cốt

thép, neo cáp); khoan bơm ép hỗn hợp vữa bê tông hoặc hóa chất; tính toán trụ bảo vệ đường lò, bố trí đường lò nằm ngoài vùng ứng suất của lò chợ và gần đây áp dụng công nghệ cắt vách bằng lỗ khoan dài … đã mang lại những hiệu quả nhất định (Trần Tuấn Ngạn và nnk., 2023). Tuy nhiên, thực tế các đường lò dọc vỉa than vẫn bị biến dạng, sập lở, bóp méo hoặc bị phá hủy làm ảnh hưởng không nhỏ đến sản xuất mỏ. Do vậy, cần xem xét tổng thể về phương pháp tính toán, lựa chọn kết cấu chống và giảm áp khối đá nhằm nâng cao độ ổn định của đường lò.



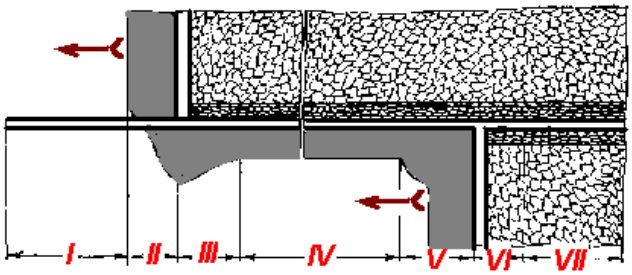
Hình 2. Khối lượng mét lò đào mới và chống xén của TKV giai đoạn 2018-2023

2. Nghiên cứu phân tích tổng hợp các giải pháp nâng cao độ ổn định của đường lò

Dựa trên nền tảng kỹ thuật của cách bố trí nhiều đường lò trong khu vực khai thác mỏ, các nghiên cứu (Wang Jiong và nnk, 2014; Fulian He và nnk, 2016) đã phân tích các đặc điểm biến dạng và phân bố ứng suất của đá xung quanh đường lò và xác định nguyên nhân chính dẫn đến mất ổn định, biến dạng của đường lò là do hoạt động khai thác làm thay đổi về hướng, độ lớn ứng suất biến dạng của khối than/đá.

Quá trình đào lò và khai thác phá vỡ trạng thái cân bằng tự nhiên trong khối than/đá. Khi đó, trạng thái ứng suất nguyên sinh bị thay đổi, trong khối than/đá sẽ hình thành trạng thái ứng suất mới thỏa mãn các điều kiện cân bằng mới. Trạng thái ứng suất hình thành trong khối than/đá xung quanh đường lò, ảnh hưởng bởi lò chợ khai thác đạt đến cường độ của khối đá xung quanh đường lò và vượt khả năng chịu tải kết cấu chống giữ đường lò sẽ dẫn đến dịch chuyển, biến dạng khối đá xung quanh đường lò và phá hủy kết cấu chống. Zhang Hua-lei và cộng sự đã chỉ ra rằng, ứng suất thứ sinh hình thành trong quá trình lò chợ khai thác rất phức tạp, độ lớn và vị trí phân bố phụ thuộc và nhiều yếu tố như đặc điểm điều kiện địa chất công trình – thủy văn (tính chất cơ lý và cấu tạo của than/đá, chiều dày vỉa than, nước ngầm chiều sâu bố trí công trình …) và các yếu tố về kỹ thuật công nghệ (HTKT, công nghệ khai thác, điều khiển đá vách và hình dạng kích thước đường lò …). Vị trí tập trung ứng suất lớn nhất thường cách gương lò chợ khai thác khoảng 8-15m, phạm vi ảnh hưởng thường 15-30m và hệ số tập trung ứng suất thường bằng 2-3 (Đào Viết Đoàn, 2016).

Có thể thấy, sự biến dạng và phá hủy của khối đá xung quanh đường lò là kết quả của sự tương tác giữa cường độ, độ cứng của đá và ứng suất thứ sinh hình thành trong quá trình lò chợ khai thác. Việc cải thiện cường độ và độ cứng của khối đá hoặc giảm ứng suất khối đá kết hợp với vì chống có thể kiểm soát được sự biến dạng và phá hủy của khối đá xung quanh đường lò.



Hình 3. Sơ đồ phân bổ vùng áp lực tựa của lò chợ đến đường lò chuẩn bị

Vùng I: ngoài vùng ảnh hưởng khai thác; vùng II: trong vùng ảnh hưởng tạm thời của áp lực tựa phía trước gương lò chợ; vùng III: trong vùng ảnh hưởng tạm thời của áp lực tựa phía sau gương lò chợ; vùng IV: trong vùng áp lực tựa được hình thành phía sau lò chợ; vùng V: trong vùng áp lực tựa lặp lại tạm thời phía trước gương lò chợ; vùng VI: trong vùng áp lực tựa tạm thời lặp lại phía sau gương lò chợ;

2.1. Phân tích lựa chọn lý thuyết tính toán lựa chọn kết cấu chống đường lò dọc vỉa than

Hiện nay hầu hết các tính toán tải trọng khối đá tác động lên đường lò dọc vỉa than ở các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh đã và đang sử dụng giả thuyết tính toán của giáo sư M.M. Protodiakonov và P.M. Ximbarevich, lý thuyết này được xác định theo lý thuyết vòm cân bằng tự nhiên trên cơ sở đặc điểm cơ lý

của khối đá xung quanh đường lò như hệ số kiên cố, góc ma sát trong, hệ số ma sát, lực dính kết. Tuy nhiên, chưa đề cập đến áp lực động sinh ra trong quá trình lò chợ khai thác và ảnh hưởng của các công trình lân cận, cũng như ảnh hưởng của các loại kết cấu chống giữ được sử dụng (kết cấu chống linh hoạt, kết cấu chống cứng)… Vì vậy, trong thực tế các đường lò thường ổn định khi thi công, nhưng khi lò chợ vào khai thác, các đường lò bị mất ổn định rất nhanh, mức độ biến dạng cao, nén lún, bóp méo kết cấu chống dẫn đến phải chống xén, cá biệt một số đường lò phải xén lại nhiều lần để đảm bảo kích thước thông gió và thiết bị vận tải thông qua.

Trên thế giới đã có nhiều công trình nghiên cứu, các quy chuẩn hướng dẫn áp dụng cho việc tính toán xây dựng hộ chiếu chống giữ các đường lò dọc vỉa than dựa trên mức độ dịch chuyển, ứng suất - biến dạng của khối đá xung quanh đường lò (СНиП II-94-80). Lý thuyết này được đề xuất bởi Viện VNIMI (Nga) vào những năm 80 của thế kỷ trước đã đề cập đến rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến đường lò như đặc tính cơ lý khối đá, đặc điểm cấu trúc khối đá, chiều sâu đặt đường lò, ảnh hưởng của khai thác lò chợ và các đường lò xung quanh, thời gian tồn tại đường lò... nên kết quả tính toán tải trọng thường lớn hơn so với lý thuyết vòm cân bằng tự nhiên và phản ánh đúng giá trị áp lực mỏ thực tế tại các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh.

Để so sánh sự phù hợp của hai lý thuyết nêu trên, bài báo thực hiện tính toán kiểm tra xác định tải trọng tác động lên đường Lò XVVT mức +0 khu I – GVD và lò XVTG mức -10 khu II - G175 mất ổn định mạnh, tiết diện đường lò bị thu hẹp còn 40 ÷ 50% và đã phải xén nhiều lần tại Công ty cổ phần than Vàng Danh có các đặc điểm điều kiện địa chất - kỹ thuật như sau: tiết diện đào 13,4 m^2; đường lò XVVT mức +0 khu I – GVD ở độ sâu 420 m, đá bao quanh lò có độ bền nén đơn trục trung bình 20,8 MPa và lò XVTG mức -10 khu II - G175 ở độ sâu 350 m, đá bao quanh lò có độ bền nén đơn trục trung bình 25,2 MPa; chống giữ bằng vì thép SVP hình vòm linh hoạt, bước chống 0,5 m/vì khi sử dụng thép SVP-33 và 0,7m/vì khi sử dụng thép SVP-27. Các kết quả tính toán được thể hiện tại bảng 1.

Bảng 1. Kết quả tính toán, so sánh theo lý thuyết vòm cân bằng tự nhiên và chuyển vị của viện VNIMI

STT	Các thông số	Đơn vị	Tính theo phương pháp chuyển vị của viện VNIMI		Tính theo phương pháp Protodiakonov và T.Ximbarevich	
			Lò XVVT mức +0 khu I - GVD	*Xén lò XVTG mức -10 khu II - G175*	*Lò XVVT mức +0 khu I - GVD*	*Xén lò XVTG mức -10 khu II - G175*
1	Tải trọng tác động nóc lò, P_1	kN/m	*128*	*116,2*	*76,8*	*57,6*
2	Tải trọng tác động nền lò, P_2	kN/m	*133,6*	*123,2*	-	
3	Tải trọng tác động hông lò, P_3	kN/m	*121,1*	*112,9*	*39,7*	*33,5*
4	Thép làm vì chống	-	SVP-33	SVP-27	SVP-33	SVP-27
5	Lực mô men lớn nhất M_{max}	T.m	6,68	6,12	4,75	3,2
6	Lực dọc tại mặt cắt mô men lớn nhất N	T	28,16	25,56	10,9	8,93
7	Độ bền chịu uốn cho phép của thép	kG/cm^2	2800	2800	2800	2800
8	Giá trị kiểm tra bền của vì chống σ	kG/cm^2	6585,5	6853,8	4425,3	3801,8
9	Bước chống tính toán	m/vì	0,43	0,41	0,63	0,74
10	Bước chống thực tế	m/vì	0,5	0,7	0,5	0,7

Từ bảng 1 cho thấy, bước chống thực tế nhỏ hơn so với bước chống yêu cầu theo phương pháp tính toán Protodiakonov, nhưng các đường lò vẫn bị nén lún và chống xén lại nhiều lần, điều đó đã cho thấy sự thiếu phù hợp của lý thuyết sử dụng. Kết quả kiểm chứng bằng lý thuyết chuyển vị cho thấy, tải trọng theo tính toán lớn hơn nhiều so với lý thuyết của Protodiakonov, nên bước chống lớn nhất cho phép là 0,43 và 0,41 m/vì, nhỏ hơn rất nhiều so với bước chống thực tế đang áp dụng là 0,5 và 0,7 m/vì.

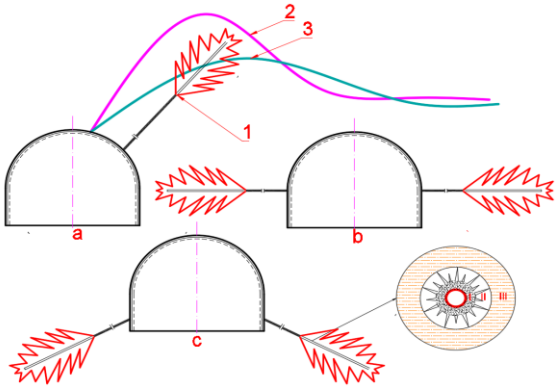
Trên cơ sở các phân tích trên, có thể nhận định áp lực động sinh ra trong quá trình lò chợ khai thác, cụ thể là áp lực tựa phía trước gương lò chợ là nguyên nhân cơ bản dẫn đến sự biến dạng lớn của khối đá xung quanh đường lò và làm mất ổn định của đường lò dọc vỉa than. Các kết quả tính toán và phân tích nêu trên đã cho thấy sự phù hợp của lý thuyết tính toán theo chuyển vị đất đá, phản ánh đúng so với diễn biến áp lực thực tế tác động lên đường lò. Bên cạnh đó, lý thuyết này được nghiên cứu tại các khoáng sàng than vùng Donbass (có điều kiện địa chất tương đồng với khoáng sàng than vùng Quảng Ninh), đã được kiểm chứng trong thực tế và được Nhà nước Liên bang Nga ban hành quy chuẩn áp dụng chung cho các mỏ khai thác hầm lò, do vậy lý thuyết này hoàn toàn có thể áp dụng để tính toán kết cấu chống giữ cho các đường lò thuộc các mỏ than hầm lò Việt Nam.

Tuy nhiên, việc giảm bước chống lò dọc vỉa sẽ làm chậm tiến độ thi công, tăng chi phí sản xuất do vậy cần xem xét nghiên cứu chống giữ độ ổn định của đường lò bằng kết cấu chống tổng hợp kết hợp với giải pháp giảm ứng suất của khối đá xung quanh đường lò.

2.2. Nghiên cứu lựa chọn giải pháp giảm áp lực tác động lên đường lò dọc vỉa than

Trong những năm gần đây, các nhà khoa học trên thế giới đã có nhiều công trình nghiên cứu ảnh hưởng của lò chợ khai thác đến trạng thái ổn định đường lò dọc vỉa than và đề xuất các biện pháp giảm ứng suất khối đá nhằm nâng cao độ ổn định của đường lò bằng phân tích lý thuyết, nghiên cứu thực nghiệm và mô phỏng số bao gồm các giải pháp như khoan nổ mìn, giảm áp bằng lỗ khoan đường kính lớn hoặc bẻ gãy thủy lực. Bản chất của các giải pháp trên là chủ động khoan các lỗ khoan (đường kính lớn, khoan nổ mìn om hoặc khoan lỗ khoan ép nước áp lực cao) lên phía nóc, phía hông hoặc nền lò để tạo ra vùng rỗng, giập vỡ, khe nứt trong khối đá nhằm giải phóng một phần ứng suất tập trung của khối đá lên đường lò, khuếch tán xuống thấp và di chuyển sâu vào bên trong (hình 4).

Khoan nổ mìn giảm ứng suất khối đá lần đầu tiên được áp dụng cho các mỏ các vàng ở Nam Phi vào những năm 1950 để ngăn ngừa sự xuất hiện của các vụ nổ đá hoặc giảm thiểu áp lực tác động lên đường lò, biện pháp này được coi là một cách hiệu quả để giảm thiểu sự tập trung ứng suất, biến dạng trong khối đá (Roux AJA và nnk, 1958), sau đó giải pháp này được áp dụng liên tiếp để kiểm soát các vụ nổ đá trong các mỏ than ở Canada, Ba Lan, Cộng hòa Séc, Trung Quốc và các nước khai thác khác (Dou Linming và nnk, 2020; Gu Shitan và nnk, 2012; Konicek, P. và nnk, 2017). Giải pháp khoan nổ mìn bằng giảm áp lực tác động lên đường lò bằng lỗ khoan dài ở các vị trí nền lò, hông lò hoặc nóc lò đã được nhiều nhà khoa học nghiên cứu thực nghiệm (Kang Hongpu và nnk, 2022; Qi Fuzhou và nnk, 2021), các kết quả quan trắc tại đường lò dọc vỉa lò chợ 8107 vỉa 8 mỏ Lục An, An Huy, Trung Quốc cho thấy, ứng suất của khối đá xung quanh đường lò trước/sau nổ mìn là 18,3/15,6-9,3 MPa, đường lò không còn biến dạng lớn trong quá trình lò chợ khai thác (Qi Fuzhou và nnk, 2021), tốc độ sụt lún của đường lò dọc vỉa chợ 212 mỏ Tu Thành, Quý Châu giảm đến 74,5% và đường lò ổn định, không phải chống xén (Wu Shaokang và nnk, 2014). Theo phân tích lý thuyết về quá trình nổ mìn, khi thuốc nổ phát nổ trong đá ứng suất giới hạn, đá xung quanh thành lỗ bị sóng xung kích nổ nghiền nát, tạo thành vùng nghiền nát, sau đó sóng xung kích nổ nhanh chóng phân rã thành sóng ứng suất, các vết nứt đá được tạo ra và mở rộng dưới tác động kết hợp của sóng ứng suất và khí nhiệt độ cao, tạo thành vùng nứt. Lúc này, năng lượng biến dạng đàn hồi tích tụ trong đá được giải phóng dọc theo bề mặt vết nứt trước khu vực lò chợ sang vùng dẻo. Kết quả (hình 4) là vùng tập trung ứng suất của đường ứng suất được giải phóng, khuếch tán xuống thấp và di chuyển sâu vào bên trong (Gu Shitan và nnk, 2012; Wu Shaokang và nnk, 2014). Tuy nhiên, các nghiên cứu cũng đã chỉ ra rằng, rung động nổ mìn có thể gây hư hại cho đường lò nếu không tường minh rõ điều kiện địa chất, các vùng biến dạng xung quanh đường lò và các tham số khoan nổ mìn, cũng như vị trí khoan được tính toán phù hợp (Konicek P. và nnk, 2017). Vì vậy, giải pháp nổ mìn giảm áp chủ yếu được sử dụng để ngăn ngừa các sự cố nổ đá/than (Dou Linming và nnk, 2020; Gu Shitan và nnk, 2012).

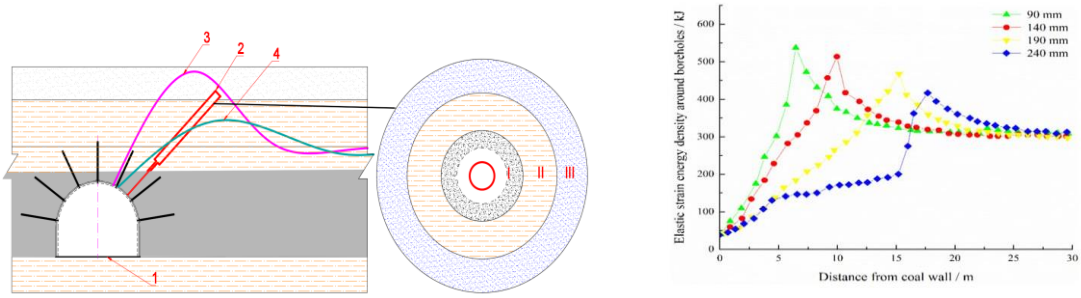


Hình 4: Sơ đồ nguyên lý giảm áp bằng khoan nổ mìn
a: khoan nổ mìn khu vực phía trên nóc lò; b: khoan nổ mìn về 2 phía hông lò; c: khoan nổ mìn phía nền lò
1: lỗ mìn; 2: đường tập trung ứng suất trước khi nổ mìn giảm áp; 3: đường tập trung ứng suất sau khi nổ mìn giảm áp; vùng I: dập vỡ; II: nứt nẻ; III: vùng chấn động đàn hồi

Giảm áp lực lỗ khoan có đường kính lớn là một phương pháp hiệu quả để giảm sự tập trung ứng suất cho các khu vực có ứng suất cao. Hiện nay, phương pháp này đã được sử dụng rộng rãi trong các mỏ than hầm lò và đã trở thành một trong những phương pháp chính để nâng cao độ ổn định của đường lò dọc vỉa than và giảm thiểu nổ than/đá. Nó có quy trình xây dựng tương đối đơn giản, chi phí thấp, vận hành dễ dàng và ít ảnh hưởng đến sản xuất. Nhiều nhà khoa học đã tiến hành rất nhiều các nghiên cứu về công nghệ giảm áp bằng lỗ khoan. Chuan Yang và cộng sự đã nghiên cứu cơ chế giảm áp lực của lỗ khoan đường kính lớn bằng cách sử dụng các thử nghiệm trong phòng thí nghiệm và mô phỏng số. Zhang và cộng sự đã nghiên cứu sự thay đổi của cường độ nén đơn trục và chỉ số tiêu tán năng lượng của đá sau khi khoan và phân tích

các đặc điểm phát triển vết nứt trong than/đá. Nghiên cứu trên có ý nghĩa to lớn trong việc hiểu cơ chế đằng sau việc giảm áp lực lỗ khoan đường kính lớn. Liu Zhigang và cộng sự đã mô phỏng, phân tích các đặc điểm phân bố ứng suất của khối than/đá dưới các thông số lỗ khoan giảm áp khác nhau, họ đã chỉ ra rằng lỗ khoan có đường kính thay đổi và mở rộng ở vùng có ứng suất cực đại càng lớn sẽ nâng cao hiệu quả giảm áp, nhưng khi đường lỗ khoan quá lớn sẽ làm suy yếu vì neo hoặc quá nhỏ sẽ làm tăng biến dạng của đường lò. Kết quả áp dụng thực tế tại đường lò dọc mức -100 và lò dọc vỉa chợ 6307 mỏ than Đường Khẩu, Sơn Đông, Trung Quốc cho thấy (hình 5), mức độ biến dạng biên đường lò sau khi áp dụng giải pháp khoan giảm áp bằng các lỗ khoan có đường kính mở rộng giảm từ 80% xuống 16% (Gu Shitan và nnk, 2012; Liu Zhigang, et al., 2022).

Công nghệ khoan cắt vách kết hợp nổ mìn định hướng lần đầu tiên được áp dụng tại lò chợ I-10-9 vỉa 10 khu Khe Chàm I, Quảng Ninh đã duy trì, ổn định hơn 500 mét lò dọc vỉa phía sau gương lò chợ khai thác đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật – an toàn khi tái sử dụng, tiết kiệm được trên 8,6 tỷ đồng (Trần Tuấn Ngạn và nnk, 2023). Các kết quả thử nghiệm đạt được mở ra triển vọng lớn giải quyết vấn đề tiết kiệm tài nguyên và giảm chi phí đào lò khi khai thác các vỉa than có chiều dày trung bình, dốc thoải đến nghiêng.



A b

Hình 5: Giảm áp bằng lỗ khoan có đường kính mở rộng [9]

a: Sơ đồ nguyên lý khoan lỗ mìn giảm áp; c: Đường tập trung ứng suất xung quanh lỗ khoan có các đường kính khác nhau; 1: đường lò; 2: lỗ khoan giảm áp; 3: đường tập trung ứng suất trước khi khoan giảm áp; 4: đường tập trung ứng suất sau khi khoan giảm áp; vùng I: dập vỡ; I: vùng dẻo; III: vùng đàn hồi

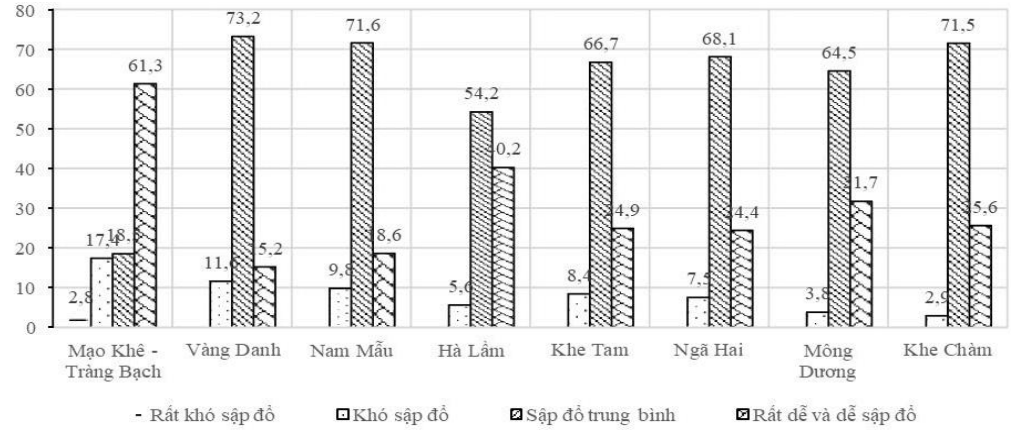
Giải pháp giảm áp bằng phương pháp phá vỡ thủy lực khối than/đá. Bản chất của giải pháp là bơm một chất lỏng dưới áp suất cao, thâm nhập vào khối than/đá thông qua các vết nứt và lỗ rỗng, lan rộng một khoảng cách đáng kể từ giếng theo hướng xuyên tâm. Đầu tiên, nước xâm nhập vào các khoảng trống và vết nứt lớn dưới dạng thấm thấu, sau đó vào các lỗ rỗng và vết nứt nhỏ dưới dạng mao mạch, cuối cùng thông qua sự khuếch tán trong các hệ thống vết nứt và khoảng trống nhỏ. Khi nước thâm nhập lấp đầy không gian lỗ rỗng và thay thế pha khí bằng chất lỏng sẽ làm thay đổi tính chất cơ lý của khối than/đá và làm giảm độ dòn và cường độ của khối đá, từ đó giảm áp lực của đá tác động lên đường lò (МакНИИ, ВостНИГРИ, 1966).

Lần đầu tiên giải pháp phá vỡ thủy lực được sử dụng trong các mỏ hầm lò vào năm 1890 để ngăn chặn vụ nổ bụi. Sau đó, phương pháp này đã được thay thế bằng khí trơ và chỉ đến giữa những năm 1930, nó mới bắt đầu được sử dụng trở lại ở Ruhr-Pháp và các khu vực khác trên thế giới. Ở Nga, các thí nghiệm đầu tiên về làm ẩm than/đá được thực hiện vào năm 1935 tại Viện Makeyevka và chủ yếu ở trung tâm khoa học VostNII. Các nhà khoa học như Ksenofontova A.I., Burchakov A.S., Panov G.E., Chernov O.I., Trubitsyn A.V., Kudryashov V.V., Zhuravlev V.P. và những người khác đã đóng góp rất lớn cho lý thuyết làm ẩm sơ bộ của khối đá [19]. Trong những năm gần đây, công nghệ bẻ gãy thủy lực đã được sử dụng rộng rãi và trở thành biện pháp hữu hiệu để làm suy yếu đá vách khó sập đổ, khai thác các vỉa than có hiện tượng động lực học, ngăn chặn nổ bụi, nổ than/đá và xuất khí đột ngột và giảm áp lực của đá xung quanh trong đường lò [13, 20]. Các thông số chính của việc bơm nước vào khối than bao gồm chiều dài giếng và chiều dài bịt kín, khoảng cách giữa các giếng, áp suất bơm, thời gian và tốc độ ép nước (Елкин И.С và nnk, 2013).

Lý thuyết biến dạng trục để nghiên cứu tính ổn định của khối đá xung quanh đường lò đã được nghiên cứu và đã chỉ ra rằng sự phá hủy đá xung quanh đường lò không phải là tức thời mà là một quá trình cơ học dần dần theo không gian và thời gian. Trong đó, sự thay đổi tỷ lệ trục của đường ứng suất bằng các giải pháp kết hợp «gia cường-giảm áp sâu » và «chống giữ-giảm áp sâu» đóng vai trò quyết định trong việc kiểm soát sự phá hủy của khối đá xung quanh đường lò (Hao Jian và nnk, 2022). Các kết quả nghiên cứu, áp dụng cho thấy, trạng thái phân bố ứng suất của đá xung quanh giảm đến 30-50%, tỷ lệ chống xén, sửa chữa đường lò giảm gần 90% ở đường lò dọc vỉa -1000, mỏ Tứ Đông, Hoài Nam, Trung Quốc và chi phí lao động giảm từ 30-40% so với khi chưa áp dụng khoan giảm áp khối đá (Kang Hongpu và nnk, 2022).

Trên cơ sở tổng hợp đánh giá, phân loại đá vách của 08 mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh theo tính sập

đổ (hình 6) và tổng hợp, phân tích các nghiên cứu, kết quả áp dụng các giải pháp nâng cao độ ổn định của đường lò trên thế giới cho thấy, (i) các khu vực có đá vách thuộc loại sập đổ trung bình chiếm tỉ lệ lớn nhất từ 54,2-73,2%, dễ sập đổ chiếm từ 15,2-61,3%; (ii) các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, giải pháp khoan nổ mìn và bẻ gãy thủy lực giảm áp có quy trình – kỹ thuật thi công khá phức tạp và chủ yếu được sử dụng để ngăn ngừa nổ than/đá (than đá cứng), bụi và xuất khí đột ngột và có quy trình thi công. Do vậy, giải pháp khoan giảm áp bằng lỗ khoan đường kính mở rộng phân đoạn để nâng cao độ ổn định của đường lò dọc vỉa than đề xuất phù hợp với điều kiện địa chất – kỹ thuật mỏ than hầm lò Vùng Quảng Ninh. Giải pháp này đã được áp dụng rộng rãi và đạt kết quả đường lò ổn định tốt tại mỏ than hầm lò ở Trung Quốc. Nó có quy trình xây dựng tương đối đơn giản, chi phí thấp, vận hành dễ dàng và ít ảnh hưởng đến sản xuất.



Hình 6 Phân loại đá vách theo tính sập đổ đá vách

3. Kết luận

Các vấn đề liên quan đến ứng suất biến dạng của khối đá và việc duy trì ổn định lò chuẩn bị trong quá trình khai thác than hầm lò luôn là những thách thức trọng yếu, đặc biệt trong bối cảnh độ sâu khai thác tại các mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh ngày càng gia tăng. Điều kiện địa chất phức tạp và áp lực mỏ tăng theo chiều sâu bố trí công trình, dẫn đến khối lượng chống xén hàng năm của các mỏ chiếm từ 25-30% tổng khối lượng mét lò đào mới, làm tăng chi phí sản xuất và tiềm ẩn nhiều nguy cơ mất an toàn.

Trên cơ sở lý thuyết vòm cân bằng tự nhiên của M.M. Protodiakonov và P.M. Ximbarevich, cùng với lý thuyết chuyển vị đất đá của Viện VNIMI, đã thực hiện các phương pháp tính toán tải trọng cho đường lò. Kết quả cho thấy lý thuyết chuyển vị đất đá phản ánh đúng hơn về áp lực mỏ so với lý thuyết vòm cân bằng, đưa ra tải trọng lớn hơn và phản ánh đúng giá trị áp lực mỏ thực tế tại các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh.

Từ các phân tích tổng hợp các giải pháp giảm áp khối đá, đặc điểm điều kiện địa chất – kỹ thuật của các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh, giải pháp khoan giảm áp khối đá bằng lỗ khoan đường kính mở rộng phân đoạn và tính toán áp lực mỏ theo lý thuyết chuyển vị của Viện VNIMI đã được đề xuất nhằm nâng cao độ ổn định của đường lò dọc vỉa than.

Tài liệu tham khảo

Báo cáo khối lượng mỏ TKV giai đoạn 2018-2023

Đào Viết Đoàn, 2016. *Phân bố ứng suất xung quanh lò chợ và và xác định kích thước trụ bảo vệ khi đào đường lò gần khu vực đã khai thác*. Công nghiệp mỏ, số 3, 76-79.

Trần Tuấn Ngạn, et al., 2023. *Kết quả áp dụng thử nghiệm công nghệ khai thác không để lại trụ bảo vệ tại khu Khe Chàm I - Công ty Than Hạ Long*. Công nghiệp mỏ, số 2, 12-21

Chuan Yang, et al., 2017. *Laboratory and numerical experiments on pressure relief mechanism of large-diameter boreholes*. Chin. J. Geotech. Eng, 39, 1115–1122.

Dou Linming, et al., 2020. *Study on prevention technology of rock burst by break-tip blasting and its effect estimation*. Coal Sci Technol. 48:24–32.

Fulian He, et al., 2016. *Deformation and failure mechanism and control technology of large section coal roadway subjected to severe mining dynamic load. Journal of Mining and Safety Engineering*, vol. 33, no. 3, pp. 423–440.

Gu Shitan, et al., 2012. *Study on the pressure relief mechanism and engineering application of segmented enlarged-diameter boreholes*. Sustainability, 14(9), 5234.

Hao Jian, et al., 2022. *Analysis of surrounding rock control technology and its application on a dynamic pressure roadway in a thick coal seam*. Energies, 15(23), 9040.

Kang Hongpu, et al., 2022. *Destressing technology for rock around coal mine roadways and its*

applications. Coal Science and Technology, 50(6), 1-15.

Konicek, P., et al., 2017. *Rockburst prevention via destress blasting of competent roof rocks in hard coal longwall mining*. In ISRM AfriRock-Rock Mechanics for Africa. ISRM-2017-035.

Liu Zhigang, et al., 2022. *Study on rationality of large diameter pressure relief drilling parameters under different coal seam conditions*. Geotechnical and Geological Engineering, 40(11), 5425-5436.

Qi Fuzhou, et al., 2021. *Stability Control Mechanism of High-Stress Roadway Surrounding Rock by Roof Fracturing and Rock Mass Filling*. Advances in Civil Engineering, 2021(1), 6658317.

Roux AJA, et al, 1958. *De-stressing: a means of ameliorating rockburst conditions: Part I: The concept of de-stressing and the results obtained from its application*. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy (JSAIMM) 59(1): 66–68.

Wang Jiong, et al., 2014. *Failure mechanism of the subinclined shaft in floor under mining influence and its control*. Journal of China Coal Society, vol. 39, no. 8, pp. 1463–1472.

Wu Shaokang, et al., 2014. *Study on the stress evolution law of surrounding rock and co- operative control technology in coal seam group mining [J]*. Coal Science and Technology 52（3）, 24−37.

Zhang Hua-lei, et al., 2013. *Study on failure evolution laws and control technology of roadway surrounding rock under mining circumstances*. Journal of Mining and Safety Engineering, vol. 30, no. 5, pp. 653–664.

Zhang Shichuan, et al., 2019. *Effective evaluation of pressure relief drilling for reducing rock bursts and its application in underground coal mines. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 2019*, 114, 7–16

Елкии И. С., и др., 2013. *Расчет эффективного радиуса увлажнения при использовании поверхностно-активных веществ. Вестник Кузбасского государственного технического университета*, (4 (98)), 10-13.5.5.

Ммакнии, ВостНИГРИ, 1966. *Скачать Инструкция по борьбе с пылью методом предварительного увлажнения угольных пластов. Издательство Недра* (1966 г.)

Скопинцева О. В. и др., 2006. *Научные основы влагохимреагентной тепловой обеспыливающей обработки угольного массива и горной массы. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) 3*: 210-218.

СНиП П-94-80. *Подземные горные выработки*

ABSTRACT

Research and propose solutions to reduce stress within the rock mass surrounding coal seam roadways in the underground mines of the QuangNinh region

Pham Van Quan[1,2*], Than Van Duy[1], Truong Tien Quan[1], Pham Duc Hung[3,4], Dao Van Chi[3,4], Nguyen Cao Khai[3,4] , Pham Van Khai[5]

[1]*Institute of Mining Science and Technology*, [2]*Graduate students Hanoi University of Mining and Geology*

[3]*Hanoi University of Mining and Geology*

[4]*Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment (SDM)*

[5]*Hoang Son Investment Limited company*

Currently, underground coal mines in the QuangNinh region are increasingly being developed deeper and extending production areas further from the center, leading to a larger volume of tunnel excavation and increased pressure. According to statistics, the annual volume of roadways supported and cut in underground coal mining units ranges from 56,000 to 76,000 meters (approximately 25 to 30% of the total new tunnel excavation), which increases costs and raises safety risks during the mining process. This has a significant impact on labor safety and the efficiency of underground coal mining units. In this paper, the authors conducted research and synthesized analyses of solutions to enhance the stability of coal seam roadways. The solutions include calculation methods, the selection of support structures and rock pressure reduction techniques, as well as the mechanisms for pressure reduction and their application conditions in various countries around the world. Based on this, the paper proposes solutions to reduce stress in the rock mass surrounding the roadways tailored to the geological and technical conditions of underground coal mines in the QuangNinh region with the aim of improving roadway stability and reducing the volume of support and cut required during production.

Keywords: rock mass stress reduction; stability; support and cut; blasting holes; large diameter drill holes

Nghiên cứu khả năng sập đổ than nóc trong lò chợ cơ giới hóa hạ trần trong điều kiện vỉa cấu tạo phức tạp bằng mô hình số

Bùi Mạnh Tùng[1,2,*], Trần Văn Đà[3]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)*
[3]*Công ty Kim loại màu Thái Nguyên-Vimico*

TÓM TẮT

Cơ giới hóa hạ trần than nóc là một trong các công nghệ đang được áp dụng phổ biến vào khai thác vỉa than dày ở trên thế giới cũng như ở nước ta. Thực tiễn cho thấy, áp dụng công nghệ này không những nâng cao được sản lượng cũng như năng suất mà còn đảm bảo tính an toàn trong khai thác than lò chợ. Tuy nhiên, nhược điểm của công nghệ này là tổn thất than trong quá trình hạ trần than nóc vẫn còn rất lớn. Đặc biệt, trong trường hợp vỉa có cấu tạo địa chất phức tạp như vỉa tồn tại lớp đá kẹp cứng chắc, phay phá, từ đó sẽ làm hạn chế khả năng sập đổ và tháo hạ của lớp than vách. Bài báo căn cứ vào đặc điểm điều kiện địa chất điển hình tại vùng than Quảng Ninh, sử dụng phần mềm ứng dụng UDEC 3.0, mô phỏng quá trình khai thác lò chợ cơ giới hóa hạ trần than nóc khi lớp than vách có tồn tại lớp đá kẹp cứng chắc. Thông qua phân tích quy luật phân vùng biến dạng dẻo của lớp than vách cho thấy, khi lớp đá kẹp tồn tại ở vị trí giữa lớp than vách, lớp than nóc phía dưới lớp đá kẹp theo sự dịch chuyển của vì chống mà được tháo hạ nhanh chóng và thuận lợi. Do lớp đá kẹp sập đổ không hoàn toàn, các khối vỡ có kích thước lớn nên tốc độ hạ xuống của khối đá kẹp chậm hơn so với lớp than vách ở phía trên từ đó gây cản trở cho quá trình tháo hạ than vách phía trên lớp đá kẹp. Khi lớp đá kẹp nằm ở phía trên và phía dưới của lớp than vách, nó ảnh hưởng không đáng kể đến khả năng sập đổ và tháo hạ than vách. Khi lớp đá kẹp thuộc loại kiên cố thì vùng phá hủy chủ yếu phát triển lên phía trên vì chống lò chợ, còn khi đá kẹp thuộc loại kiên cố trung bình thì vùng phá hủy phát triển cả phía trên vì chống và phía trước gương lò chợ.

Từ khóa: Lò chợ hạ trần; đá kẹp; ứng suất; biến dạng dẻo; sập đổ; thu hồi

1. Đặt vấn đề

Ngày nay với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, để phân tích quy luật phân bố ứng suất, đặc trưng dịch động của đất đá xung quanh các công trình ngầm người ta có thể sử dụng các phần mềm chuyên dụng, phần mềm số hóa (Itasca Consulting Group; 2020). Hiện nay có rất nhiều các phần mềm số được sử dụng để phân tích ứng suất, dịch động, tính ổn định, quá trình sập đổ của khối đất đá xung quanh các khoảng trống khi khai thác. Các phần mềm phân tích số hiện nay thường được lập trình trên cơ sở các phương pháp như: phương pháp phần tử hữu hạn; phương pháp sai phân hữu hạn; phương pháp độ hội tụ giới hạn; phương pháp phần tử biên; phương pháp toán rời rạc.

Cơ giới hóa hạ trần than nóc là một trong các công nghệ đang được áp dụng phổ biến vào khai thác vỉa than dày ở trên thế giới cũng như ở nước ta. Thực tiễn cho thấy, áp dụng công nghệ này không những nâng cao được sản lượng cũng như năng suất của lò chợ mà còn đảm bảo tính an toàn trong khai thác than lò chợ (Bui; 2021, Bui; 2022, Trương; 2023). Tuy nhiên, nhược điểm của công nghệ này là tổn thất than trong quá trình hạ trần than nóc vẫn còn rất lớn. Đặc biệt, trong trường hợp vỉa có cấu tạo địa chất phức tạp như vỉa tồn tại lớp đá kẹp cứng chắc, phay phá.

Hiện nay, công nghệ khai thác các vỉa dày ở vùng than Quảng Ninh đều sử dụng công nghệ cơ giới hóa hạ trần than nóc là chủ yếu. Theo tài liệu báo cáo thăm dò địa chất của các mỏ thì đa phần các vỉa đều có tồn tại một đến nhiều lớp đá kẹp trong vỉa than, chiều dày và độ cứng của các lớp đá kẹp trong vỉa than có sự thay đổi khác nhau ở các mỏ (Dự án đầu tư mỏ mỏ Núi Béo; 2011, Khe Chàm II-IV; 2012, Hà Lầm; 2013) từ đó đã hạn chế khả năng sập đổ và tháo hạ của lớp than vách. Do đó, cần có những nghiên cứu chi tiết về các điều kiện địa chất phức tạp để tìm ra nguyên nhân dẫn đến tổn thất trong quá trình hạ trần than nóc.

* *Tác giả liên hệ*
Email: buimanhtung@humg.edu.vn

Bài báo căn cứ vào đặc điểm điều kiện địa chất điển hình tại vùng than Quảng Ninh, sử dụng phần mềm ứng dụng UDEC 3.0, mô phỏng quá trình khai thác lò chợ cơ giới hóa hạ trần than nóc khi lớp than vách có tồn tại lớp đá kẹp cứng chắc. Thông qua phân tích đặc trưng phân bố vùng biến dạng và vùng phá hủy của than nóc trong điều kiện độ sâu khai thác, chiều dày và cường độ và vị trí phân bố của lớp đá kẹp trên lớp than nóc thay đổi. Từ đó tìm ra quy luật sập đổ của than nóc, cung cấp căn cứ khoa học để đề xuất các giải pháp kỹ thuật nhằm nâng cao tỷ lệ thu hồi than nóc, giảm tổn thất tài nguyên khoáng sản.

2. Đặc điểm điều kiện địa chất khu vực lò chợ cơ giới hóa hạ trần

Các vỉa than sử dụng công nghệ hạ trần than nóc ở vùng than Quảng Ninh hiện nay đang áp dụng để khai thác các vỉa dày và dốc thoải. Về điều kiện địa chất bao gồm: vỉa than và các loại đá phổ biến trong địa tầng vùng Quảng Ninh (sét kết, bột kết, cát kết, cuội kết, sạn kết… (Bùi; 2023). Lò chợ sử dụng hệ thống khai thác cột dài theo phương, điều khiển áp lực mỏ bằng phương pháp phá hỏa toàn phần. Chỉ tiêu cơ lý chủ yếu của đất đá được lấy theo thực tế của vùng than Quảng Ninh, thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Chỉ tiêu cơ lý của các loại đá trong địa tầng vùng than Quảng Ninh

Loại vật liệu	Tỷ trọng, T/m^3	Mô đun đàn hồi, MPa	Hệ số Poisson	Cường độ kháng kéo, MPa	Góc nội ma sát, độ	Lực kết dính, MPa
Than	1,64	2000	0,25	0,1	28	1,0
Sét kết	2,65	3000	0,29	0,2	29	1,4
Bột kết	2,66	4270	0,23	0,42	31,47	2,6
Cát kết	2,71	4000	0,21	0,1	33,28	5,0
Cuội, sạn kết	2,66	4000	0,20	0,1	33,5	4,8
Than, đất đá sau phá hỏa	1,70	30	0,07	0	30	0

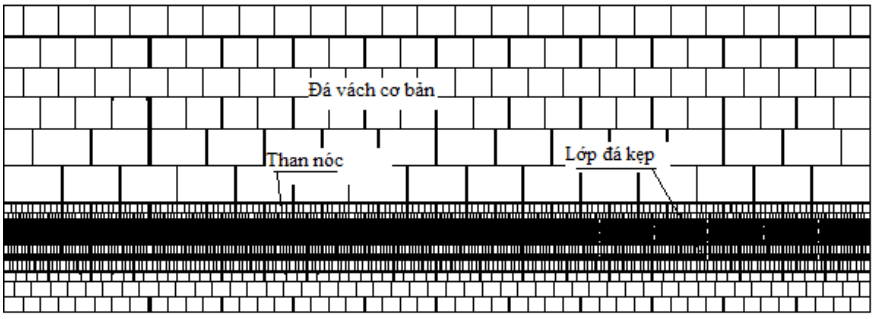
3. Xây dựng mô hình số hóa mô phỏng

Để nghiên cứu sự sập đổ, mất ổn định của than nóc khi có sự phân bố lớp đá kẹp trong lớp than nóc, căn cứ trên điều kiện địa chất điển hình của vùng than Quảng Ninh, bài báo sử dụng phương pháp mô hình số hóa cho vật liệu rời rạc UDEC2D tiến hành mô phỏng và phân tích.

Mô hình được thiết kế theo ứng suất nằm ngang, điều kiện địa chất mỏ được lựa chọn Kích thước mô hình là 220mx49.8m, chiều dày vách trực tiếp là 1.6m, kích thước khối đá vách là 1.6mx0.8m; chiều dày vách cơ bản là 12m, bước sập đổ là 16m; Trụ trực tiếp là 1.5m; đá trụ cơ bản là 3m, kích thước khối đá trụ là 2.5mx5m. Trong hình 1-1, mô phỏng khai thác vỉa dày 8.7m, trong đó chiều cao khấu là 2.3m, chiều cao lớp hạ trần là 6.4m. Do đối tượng phân tích là vách than có kết cấu phức tạp, nên mô hình thiết kế giả định có một lớp đá kẹp phân bố tương ứng với mỗi mô hình mô phỏng ở vị trí phía trên, giữa và dưới lớp than nóc. Trong đó lớp đá kẹp là lớp sét than tương đối cứng chắc và mang tính chất liên tục. Lò chợ được thiết kế chống giữ bằng vì chống cơ khí hóa, chiều rộng lò chợ là 4m.

3.1. Thiết lập mô phỏng lớp đá kẹp cứng chắc ở lớp than nóc

Than nóc thuộc loại mềm yếu, khi chiều dày lớp đá kẹp là 1.5m, kích thước khối đá kẹp là 1.5x0.9m, kích thước khối than nóc là 0.83x042m. Khi chiều dày lớp đá kẹp là 0.5m, kích thước khối đá kẹp là 0.5x0.3m, kích thước khối than nóc là 0.98x0.49m. Ngoài ra mô hình mô phỏng khi chiều sâu khai thác thay đổi (H=320m, H=520m, H=720m).



Hình 1. Mô hình mô phỏng lớp đá kẹp trong lớp than nóc

3.2. Lựa chọn tính chất cơ – lý của đất đá

Mô hình vật liệu dựa trên lý thuyết Mo – Collumm. Tham số của vỉa than và đá xung quanh được thể hiện trên bảng 2 và bảng 3.

Bảng 2. Tham số của đất đá trong mô hình

Tên lớp	*Mật độ d/N·m-3*	*Trọng lượng thể tích K/GPa*	*Mô đun kháng cắt G/Gpa*	*Góc nội ma sát f/°*	*Lực dính kết C/Mpa*	*Cường độ kháng kéo t/Mpa*
Lớp đá kẹp (là than)	1600	12	10	34	4	2
Lớp đá kẹp (là đá)	2600	18	14	36	19	12
Than nóc	1300	5	2.2	21	1	0.8
Lớp đá gốc phía trên	2700	20	17	42	20	11
Vách cơ bản	2700	20	17	42	20	11
Vách trực tiếp	2500	13	10	38	10	4
Vách giả	2100	13	7	36	8	3
Trụ trực tiếp	1800	10	10	32	5	3
Trụ cơ bản	2200	19	16	40	7	4

Bảng 3. Tham số của mặt tiếp xúc trong mô hình

Tên đá	*Độ cứng pháp tuyến jkn/GPa*	*Độ cứng tiếp tuyếnjks/GPa*	*Lực dính kết jfrif/°*	*Góc nội ma sát C/Mpa*	*Cường độ kháng kéo t/Mpa*
Lớp kẹp (là than)	4	3.5	27	0.04	0
Lớp kẹp (là đá)	14	5	29	0.05	0
Than nóc	4	3	14	0.02	0
Đá phía trên	16	6	31	0.07	0
Vách cơ bản	16	6	31	0.07	0
Vách trực tiếp	7	5	0	0	0
Vách giả	6	4.5	0	0	0
Trụ trực tiếp	5	6	28	0.06	0
Trụ cơ bản	5	6	32	0.1	0

3.3. Xác định điều kiện biên của mô hình

Căn cứ vào thực tế của khu vực mô hình hóa, các điều kiện biên được xác định như sau:

Điều kiện biên phía trên: Phía trên mô hình là tải trọng của các lớp đá vách (∑γh), tải trọng bên trên được giản hóa phân bố đồng đều. Ứng suất đá vách phía trên được xác định như sau:

$$q = \sum \gamma h = 13MPa$$

Điều kiện biên phía dưới: Phía dưới mô hình là đá trụ, được giản hóa là điều kiện dịch vị biên, theo hướng trục y có thể chuyển động, hướng trục y được cố định dạng khớp bản lề, tức v=0.

Điều kiện biên hai bên sườn: Hai bên biên sườn mô hình là khối than và đá, được giản hóa là điều kiện dịch vị biên, theo hướng trục y có thể chuyển động, theo hướng trục x được cố định dạng khớp bản lề, tức u=0.

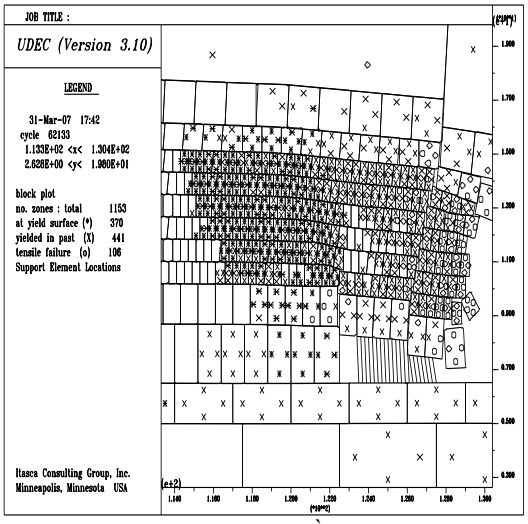
3.4. Nội dung nghiên cứu

Căn cứ vào mục tiêu nghiên cứu, nội dung chủ yếu phân tích quá trình sập đổ, mất ổn định của than nóc khi khi lớp đá kẹp dày 1.5m, phân biệt 02 trường hợp là đá kẹp có cường độ trung bình và cứng chắc. Lớp đá kẹp phân bố ở 03 vị trí là trên, giữa và dưới của lớp than nóc và khi chiều sâu khai thác thay đổi là H=320m, 520m và 720m.

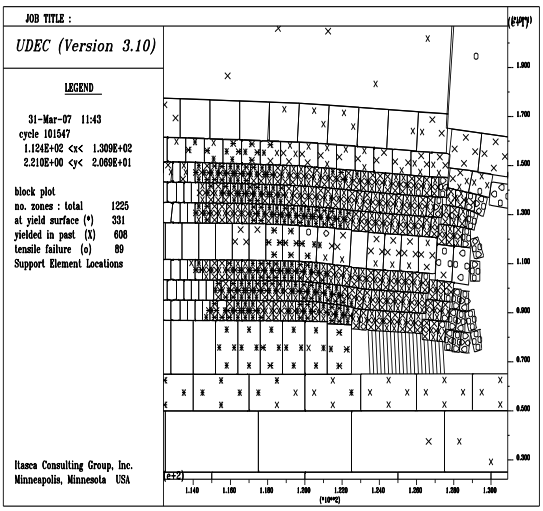
4. Phân tích quy luật vùng phá hủy của than nóc

Để phân tích quy luật phá hủy của than nóc khi có lớp đá kẹp, tiến hành phân tích đặt trưng phân bố vùng biến dạng dẻo của than và đá xung quanh lò chợ. Hình 1-2 dưới thể hiện sự phân bố vùng phá hủy khi chiều dày lớp đá kẹp là 1.5m, đá kẹp có cường độ trung bình và vị trí phân bố trong lớp đá kẹp khác nhau. Từ hình 1-2 cho thấy, than nóc phía trước gương lò chợ đều nằm trong vùng trạng thái bị phá hủy, dưới tác dụng áp lực chống giữ của vì chống, than nóc phía tiếp giáp vùng phá hỏa bắt đầu phát sinh phá hủy kéo. Trong phạm vi 1m trước gương lò chợ, lớp đá kẹp do chịu tác động bởi sự hạ võng của đá vách phía trên mà phát sinh phá hủy kéo. Khi đá vách cơ bản tiếp tục hạ võng, phá hủy do nén và cắt không ngừng phát

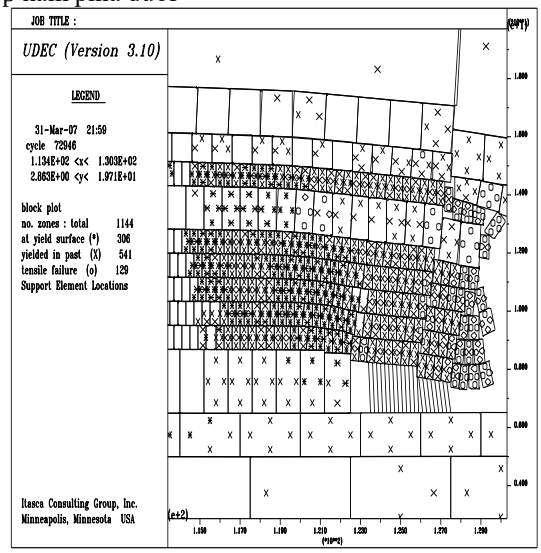
triển vào trong khối than nguyên, có thể thấy rõ một dải phân bố hình nêm do nén và kéo ở phía trước gương than và phía than nóc trên vì chống.



a) Lớp đá kẹp nằm phía dưới



b) Lớp đá kẹp nằm ở giữa

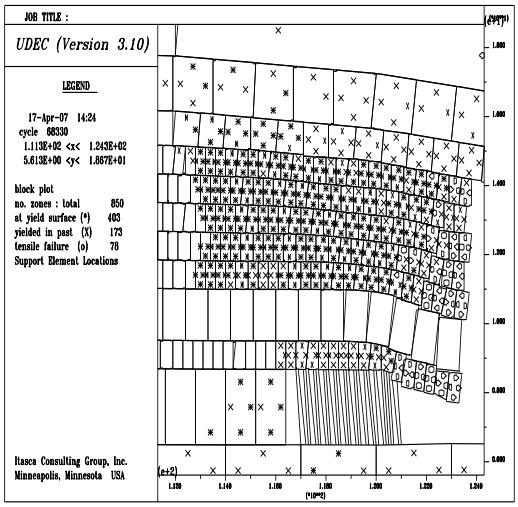


c) Lớp đá kẹp nằm ở phía trên

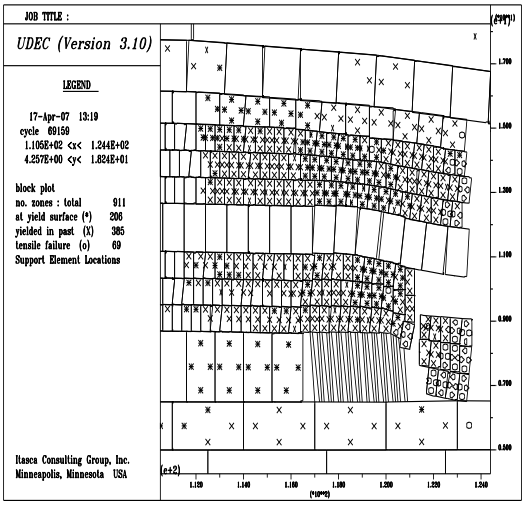
Hình 2. Phân bố vùng phá hủy khi chiều dày lớp đá kẹp là 1.5m, đá có cường độ trung bình và vị trí phân bố trong lớp đá kẹp khác nhau

Than nóc thuộc vùng ứng suất gia tăng phía trước gương lò chợ tiến vào trạng thái biến dạng dẻo, độ dịch chuyển của than nóc trong vùng biến dạng dẻo không ngừng tăng lên, trong khi khả năng chịu tải của nó lại liên tục giảm xuống. Qua so sánh phân tích 3 trường hợp trong hình 2, khi lớp đá kẹp phân bố ở giữa, độ cứng của than vách tăng lên, phạm vi phân bố vùng biến dạng dẻo nhỏ, lớp than nóc mềm phía dưới có tác dụng như lớp đệm cho lớp đá kẹp, làm cho độ phá hủy của lớp đá kẹp thấp, đồng nghĩa là sự phá hủy của lớp than nóc sẽ kém. Từ đó cho thấy, khi lớp đá kẹp phân bố từ giữa lớp than vách lên trên thì mức độ sập đổ của than vách thấp, khả năng tháo hạ than nóc kém. Khi lớp than kẹp nằm ngay trên vì chống, dưới tác dụng phản lực của vì chống làm cho lớp đá kẹp vỡ hoàn toàn, theo tiến độ tiến gương lò chợ nó sẽ sập đổ tức thì nên nó không ảnh hưởng đến khả năng tháo hạ than nóc.

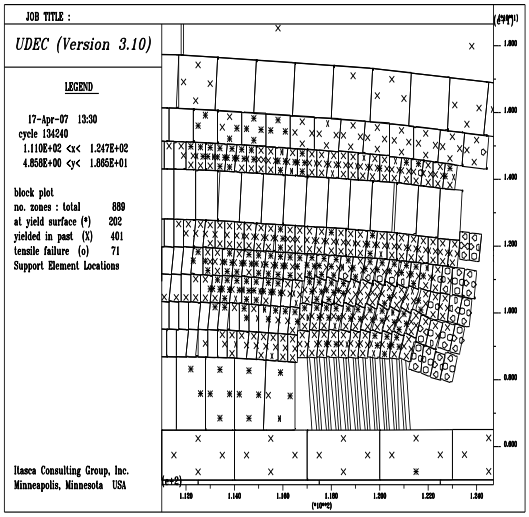
Hình 3 dưới thể hiện sự phân bố vùng phá hủy khi chiều dày lớp đá kẹp là 1.5m, đá kẹp có độ kiên cố cao và vị trí phân bố trong lớp đá kẹp khác nhau. So sánh hình 2 và 3 cho thấy, vùng biến dạng dẻo trước gương lò chợ khi đá kẹp cứng chắc nhỏ hơn so với lớp đá cứng trung bình. Vùng phân bố biến dạng dẻo khi đá kẹp cứng chắc chủ yếu ở phía trên nóc lò chợ, vì lớp đá kẹp có độ cứng cao sẽ làm tăng độ cứng tổng thể của vách than, điều đó cho thấy đây là đặc trưng phân bố vùng biến dạng dẻo khi lớp than nóc thuộc loại cứng chắc.



a) Lớp đá kẹp nằm phía dưới

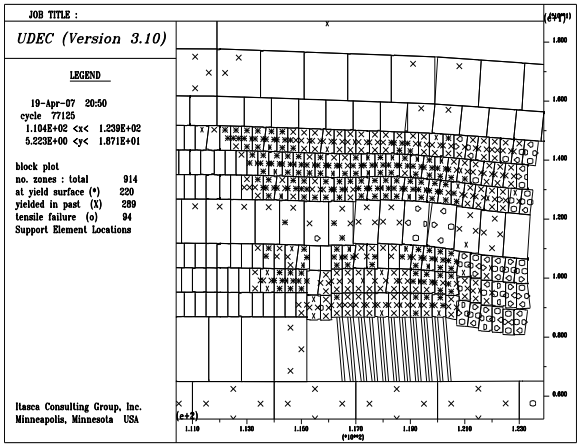


b) Lớp đá kẹp nằm ở giữa

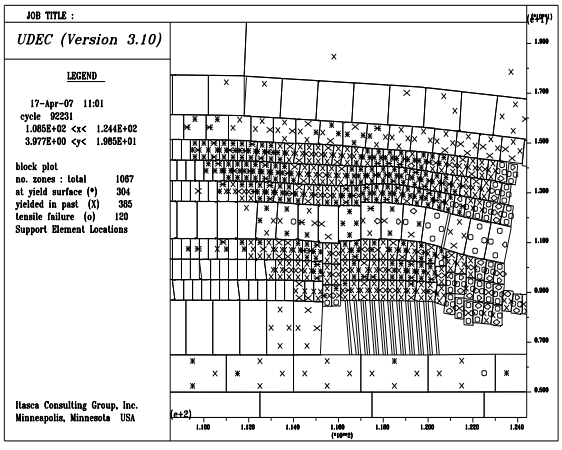


c) Lớp đá kẹp nằm phía trên

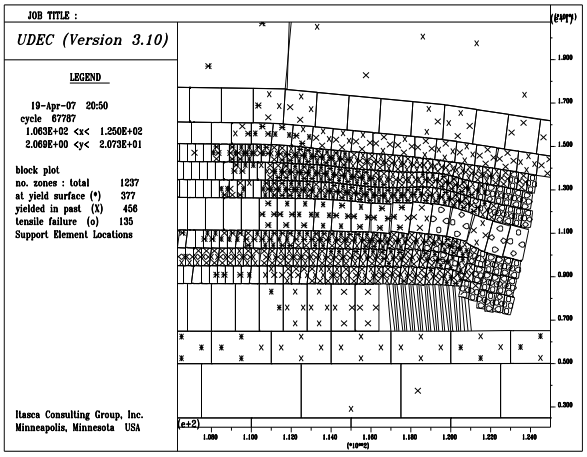
Hình 3. Phân bố vùng phá hủy khi chiều dày lớp đá kẹp là 1.5m, vị trí phân bố trong lớp đá kẹp khác nhau, lớp đá kẹp có độ kiên cố cứng chắc.



a) Chiều sâu khai thác 320m



b) Chiều sâu khai thác 520m



c) Chiều sâu khai thác 720m

Hình 4. Phân bố vùng phá hủy khi chiều sâu khai thác khi chiều sâu khai thác thay đổi

Hình 4 thể hiện vùng phá hủy của than nóc khi lớp đá kẹp dày 1.5m, trong điều kiện chiều sâu khai thác khác nhau. Lớp than nóc và vách trực tiếp bị phá hủy là do tác động quay trượt của khối đá vách cơ bản đã bị đứt gãy và áp lực nén của toàn bộ vách cơ bản chưa bị phá vỡ trước gương lò chợ. Khi độ sâu khai thác tăng lên, than nóc có cùng độ cứng thì vùng biến dạng dẻo của than nóc tăng, mức độ phá hủy của than nóc tăng, vùng áp lực tựa phía trước gương lò chợ tăng, than nóc bị phá hủy hoàn toàn. Vùng phá hủy của than nóc do ứng suất kéo của lớp đá kẹp mở rộng sâu vào khối than nguyên trước gương lò chợ, hiệu quả phá vỡ than nóc tốt. Khi độ sâu khai thác H=320m, lớp đá kẹp không bị phá hủy dưới tác dụng của áp lực tựa phía trước gương lò chợ cho nên khả năng sập đổ và tháo hạ kém hơn.

Kết quả phân tích cho thấy, khi chiều sâu khai thác H=320m, giá trị cực đại của ứng suất chính lớn nhất của than nóc phía trên nằm ở vị trí cách gương lò chợ 8m. Khi chiều sâu khai thác H=520m, giá trị cực đại của ứng suất chính lớn nhất của than nóc phía trên nằm ở vị trí cách cách gương lò chợ 6m. Khi chiều sâu khai thác H=720m, giá trị cực đại của ứng suất chính lớn nhất của than nóc phía trên nằm ở vị trí cách cách gương lò chợ 11m. Với sự gia tăng độ sâu khai thác tăng lên thì ứng suất chính cực đại cũng tăng lên làm cho lớp than nóc cũng dễ dàng sập đổ

5. Kết luận

Sử dụng phần mềm mô phỏng UDEC3.1, phân tích đặc trưng vùng biến dạng dẻo và vùng phá hủy của than nóc trong điều kiện độ sâu khai thác, cường độ của lớp đá kẹp và khi vị trí phân bố của lớp đá kẹp trên lớp than nóc có sự thay đổi. Từ đó rút ra được một số kết luận như sau:

(1) Khi lớp đá kẹp tồn tại ở vị trí giữa lớp than nóc, lớp than nóc phía dưới lớp đá kẹp theo sự dịch chuyển của vì chống mà quá trình tháo hạ nhanh chóng và thuận lợi. Lớp đá kẹp do sập đổ không hoàn toàn, các khối vỡ có kích thước lớn, tốc độ hạ xuống của khối đá kẹp chậm hơn so với lớp than nóc phía trên từ đó gây cản trở cho quá trình tháo hạ than nóc phía trên lớp đá kẹp. Khi lớp đá kẹp nằm ở phía trên và phía dưới của lớp than nóc, nó ảnh hưởng không đáng kể đến khả năng sập đổ và tháo hạ than nóc.

(2) Cường độ của lớp đá kẹp tăng lên, vùng phá hủy do bị kéo phía sau lò chợ sẽ giản đi, lớp đá kẹp hình thành kết cấu dầm treo, từ đó gây cản trở đến khả năng sập đổ và tháo hạ than nóc. Cường độ của lớp đá kẹp tăng lên thì vùng biến dạng dẻo phía trước gương lò chợ giảm xuống, vùng biến dạng dẻo chủ yếu phân bố phía bên trên vì chống, điều đó cho thấy đây là đặc trưng phân bố vùng biến dạng dẻo khi lớp than nóc thuộc loại cứng chắc.

(3) Chiều sâu khai thác tăng lên, mức độ dịch động của đá vách tăng lên, độ biến dạng than nóc tăng mạnh, làm tăng mức độ phá hủy của khối than nóc, khả năng sụp đổ của than nóc tốt hơn. Mức độ biến dạng của than nóc theo phương thẳng đứng phía trên nóc lò chợ lớn hơn độ biến dạng của than nóc phía trước gương lò chợ.

(4) Khi vỉa than có cùng độ cứng, chiều sâu khai thác tăng lên thì phạm vị vùng biến dạng dẻo tăng lên, khả năng sập đổ của than nóc cũng tăng lên, điều này thuận lợi cho quá trình tháo hạ thu hồi than nóc.

Tài liệu tham khảo

Dự án Đầu tư xây dựng công trình khai thác hầm lò mỏ than Núi Béo, Phê duyệt tại Quyết định số 1619/QĐ - HĐQT ngày 01/5/2011 của TKV, Hà Nội.

Dự án Đầu tư khai thác mỏ là Khe Chàm II-IV - Công ty than Hạ Long - TKV, Phê duyệt tại Quyết định

số 689/QĐ-HĐTV ngày 05/4/2012 của TKV, Hà Nội.

Dự án Đầu tư khai thác phần dưới mức -50 mỏ than Hà Lầm - Công ty than Hà Lầm (điều chỉnh), Phê duyệt tại Quyết định số 67/QĐ-HĐQT ngày 21/10/2013 của TKV, Hà Nội.

Trương Đưc Dư và nnk, 2020, Nghiên cứu hoàn thiện công nghệ khai thác các vỉa than dốc thoải và nghiêng trong sơ đồ công nghệ khai thác CDTP khấu đồng thời toàn bộ chiều dày vỉa ở các mỏ than hầm lò thuộc TKV, *Báo cáo tổng kết đề tài cấp TKV, Hội KHCN Mỏ Việt Nam*, Hà Nội.

Bùi Mạnh Tùng, 2022. Nghiên cứu kết cấu sập đổ và độ ổn định của đá vách mềm yếu trong khai thác lò chợ vỉa 14 mỏ than Dương Huy. *Hội nghị toàn quốc khoa học trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD-2022)*.

Bui Manh Tung, Le Tien Dung, Vo Trong Hung, 2021. Stress Distribution Around Mechanized Longwall Face at Deep Mining in Quang Ninh Underground Coal Mine. *Journal of the Polish Mineral Engineering Society*, No.2, Vol.1, 2021 https://doi.org/10.29227/IM-2021-02-14.

Bui Mạnh Tung ect, 2020. Front Stress Distribution Under the Impact of Cutting Height to Caving Height Ratio in Extra-thick Longwall Top Coal Caving Technology. *Journal of the Polish Mineral Engineering Society*. http://doi.org/10.29227/IM-2020-02-16.

Bui manh Tung, Dinh Van Cuong, 2023. Optimizing the Width and Compressive Strength of Artificial Protective Pillar in the Mining of Medium-Thick Coal Seams in Quang Ninh Using the Numerical Model. *Journal of the Polish Mineral Engineering Society*. https://doi.org/10.29227/IM-2023-02-23.

Itasca Consulting Group. "Universal Distinct Element Code (UDEC, FLAC, PFC) Verification Problems and Example Applications" *Minneapolis, Minnesota, USA, 2000*.

Miao Xiexing, Chen ronghoa, Puhai, Qian minggao, 2016. Analysis of breakage and collapse of thick key strata around coalface. Strata control and sustainable coal mining. *China University of mining and technology Press*, P558-566.

ABSTRACT

Study of the possibility of roof coal collapse in mechanized longwall mining under complex seam conditions using numerical modeling

Bui Manh Tung[1,2*], Tran Van Đa[3]

[1]*Hanoi univesity of mining and geology*

[2]*Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment (SDM)*

[3]*ThaiNguyen non-ferrous metal joint stock company*

Mechanized longwall mining is one of the technologies widely applied in thick coal seam in our country. Practice shows that applying this technology not only increases output and productivity but also ensures safety in coal face mining. However, the downside of this technology is that coal loss during the roof coal lowering process is still significant. Particularly, in cases where the seam has a complex geological structure such as seams with hard rock interlayers, faults, it limits the collapse and lowering capability of the coal seam. This paper, based on the typical geological conditions of the Quang Ninh coal region, uses UDEC 3.0 application software to simulate the mechanized coal face mining process with roof coal lowering when there is a hard rock interlayer within the coal seam. Through the analysis of the plastic deformation zoning law of the coal seam, it shows that when the hard rock interlayer exists in the middle of the coal seam, the roof coal below the hard rock interlayer is quickly and conveniently lowered following the support movement. Due to the incomplete collapse of the hard rock interlayer, the large fragmented blocks cause the lowering speed of the hard rock interlayer to be slower than that of the upper coal seam, hindering the lowering process of the coal seam above the hard rock interlayer. When the hard rock interlayer is located above and below the coal seam, it does not significantly affect the collapse and lowering capability of the coal seam. When the hard rock interlayer is solid, the main destruction zone develops above the support, but when the hard rock interlayer is of medium solidity, the destruction zone develops both above the support and in front of the coal face.

Keywords: Mechanized longwall; Deep mining; Stress distribution; collapse; recovery

TIỂU BAN

PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG CÔNG NGHIỆP KHAI THÁC VÀ QUẢN LÝ AN TOÀN

MỤC LỤC

Một số giải pháp nâng cao công tác quản lý an toàn, vệ sinh lao động trong hoạt động sử dụng vật liệu nổ công nghiệp cho các mỏ đá tại Ninh Bình
Nguyễn Đình An, Đỗ Ngọc Hoàn, Lê Thị Thu Hoa, Trần Đình Bão, Nguyễn Tuấn Thành…901

Application of chatGPT-Matlab framework to the control of consumption of blasting explosives
Hui Chen, Fei Gao, Vu Trung Tien, Do Anh Son…….908

Ứng dụng công nghệ UAV trong đánh giá chỉ tiêu thuốc nổ thực tế và hệ số nở rời của đống đá nổ mìn
Phạm Văn Hòa, Dương Thành Trung, Phạm Văn Việt, Trần Quang Hiếu……914

Tổng quan về các kỹ thuật đánh giá mức độ đập vỡ đất đá bằng nổ mìn
Phạm Văn Hòa, Nguyễn Đình An, Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Việt, Trần Đình Bão…...919

Tình hình thực hiện chính sách, pháp luật về an toàn vệ sinh lao động trong hoạt động khai thác than ở Việt Nam
Đỗ Ngọc Hoàn, Lê Thị Thu Hoa, Nguyễn Tuấn Thành……925

Nghiên cứu mối quan hệ giữa sóng âm và sóng va đập không khí khi tiến hành các vụ nổ mìn
Trần Quang Hiếu, Nguyễn Đình An, Đỗ Ngọc Hoàn, Lê Quí Thảo……931

Nghiên cứu ứng dụng phần mềm mô phỏng điều kiện vi khí hậu và thông gió cho mỏ than Cọc Sáu
Đoàn Văn Thanh, Đỗ Văn Triều, Trần Đình Bão, Hoàng Mạnh Thắng, Hoàng Đình Nam..937

Nghiên cứu sự lan truyền của sóng nổ từ môi trường đất đá sang môi trường nước
Đàm Trọng Thắng, Ngô Thế Đức……..944

Một số giải pháp kỹ thuật nâng cao hiệu quả nổ mìn tại các khu vực đất đá ngậm nước cho mỏ than Đèo Nai – TKV
Hoàng Mạnh Thắng, Trần Quang Hiếu……...950

Công nghệ khai thác chọn lọc phù hợp với điều kiện phân bố quặng bauxite mỏ Tây Tân Rai, Lâm Đồng
Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Việt, Trần Trung Anh, Nguyễn Văn Tịnh, Nguyễn Đăng Hòa, Phạm Minh Tú, Noelie Escutenaire……..957

Giải pháp số trong đánh giá, gia cố bờ mỏ tăng ổn định tại bờ trụ khu IV mỏ than Nam Tràng Bạch
Phạm Văn Việt, Nguyễn Anh Tuấn, Bùi Huy Bách, Lê Thị Thu Hoa, Trần Đình Bão, Phạm Văn Hòa, Nguyễn Tuấn Thành……965

Một số giải pháp nâng cao công tác quản lý an toàn, vệ sinh lao động trong hoạt động sử dụng vật liệu nổ công nghiệp cho các mỏ đá tại Ninh Bình

Nguyễn Đình An[1,2*], Đỗ Ngọc Hoàn[1,2], Lê Thị Thu Hoa[1,2], Trần Đình Bão[1,2], Nguyễn Tuấn Thành[1]
[1]Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[2]Nhóm nghiên cứu mạnh Những tiến bộ trong Khai thác mỏ bền vững và có trách nhiệm (ISRM)

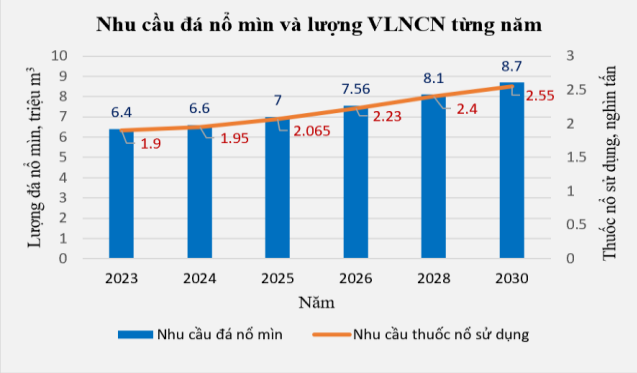
TÓM TẮT

Nổ mìn để làm tơi đất đá là công đoạn đầu tiên có ảnh hưởng rất lớn tới các công đoạn tiếp theo (xúc bốc, vận chuyển, nghiền sàng) trong dây chuyền khai thác đá vật liệu xây dựng. Trong khâu nổ mìn luôn tồn tại các yếu tố nguy hiểm, có hại như: không tuân thủ quy trình, ngã cao, đá rơi, đổ sập, nguy cơ gây nổ do các tia lửa, phóng điện, va đập và các bệnh nghề nghiệp do tiếp xúc với vật liệu nổ công nghiệp (VLNCN), bụi. Để đánh giá được các nguy cơ có thể xảy ra tới tính mạng và sức khỏe người lao động, nhóm tác giả đã nghiên cứu, đề xuất các biện pháp nâng cao hiệu quả quản lý an toàn về quản lý, kỹ thuật và tổ chức nhằm đảm bảo an toàn cho người lao động trong quá trình sử dụng VLNCN trên địa bàn tỉnh Ninh Bình.

Từ khóa: An toàn; vệ sinh lao động; vật liệu nổ; mỏ đá; Ninh Bình

1. Đặt vấn đề

Ninh Bình là một tỉnh có tiềm năng lớn trong khai thác khoáng sản, đặc biệt là đá làm xi măng và đá vôi VLXD thông thường với trữ lượng lần lượt khoảng 1.549.555 nghìn tấn đá làm xi măng và khoảng 400 triệu m^3 đá làm VLXD thông thường (Quyết định 1834/QĐ-TTg, 2015). Để khai thác các khoáng sàng đá vôi này thì công nghệ khoan nổ mìn để chuẩn bị đất đá là rất quan trọng. Với khối lượng sản xuất thuốc nổ đạt trên 12.000 tấn/năm (Micco, 2022). Công ty CN Hóa chất mỏ Bắc Trung Bộ đặt tại tỉnh Ninh Bình có khối lượng sản xuất thuốc nổ đạt trên 12.000 tấn/năm đảm bảo cho nhu cầu sử dụng thuốc nổ trên địa bàn có xu hướng gia tăng (Hình 1). Trong quá trình sử dụng VLNCN luôn tiềm ẩn các nguy cơ mất an toàn lao động như: thao tác không đúng với quy trình, nguy cơ ngã cao, nguy cơ đá vơi, đổ sập, nguy cơ gây nổ do các tia lửa, phóng điện, va đập và các nguy cơ gây bệnh nghề nghiệp do tiếp xúc với tiền chất của Nitoratamon, bụi (Nguyễn Đình Ấu và Nhữ Văn Bách, 1996; Đỗ Ngọc Hoàn, 2022).



Hình 1. Nhu cầu đá nổ mìn và lượng VLNCN cần sử dụng hàng năm tỉnh Ninh Bình

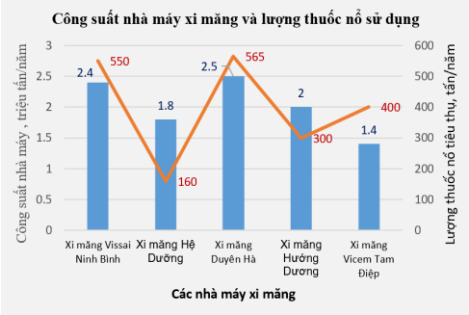
2. Hiện trạng sử dụng VLNCN tại các mỏ đá vôi tỉnh Ninh Bình

2.1. Hiện trạng công tác khai thác đá vôi trên địa bàn tỉnh Ninh Bình

Hiện nay khu vực Ninh Bình có 6 nhà máy xi măng đang hoạt động có công suất nhà máy từ 1,4 đến 2,4 triệu tấn/ năm. Các mỏ đá vôi khai thác làm nguyên liệu cho nhà máy xi măng hàng năm tiêu thụ 300 đến

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyendinhan@humg.edu.vn

565 tấn thuốc nổ (hình 2). Các mỏ chủ yếu sử dụng hệ thống khai thác (HTKT) theo lớp xiên xúc chuyển hoặc gạt chuyển xuống chân tuyến. Đá từ chân tuyến được vận chuyển tới khu vực nghiền sàng phân loại và đưa vào kho chứa trước khi cung cấp cho nhà máy xi măng. Có 1 mỏ khai thác theo lớp bằng vận tải trực tiếp. Với 40 mỏ đá khai thác VLXD thông thường được cấp phép, tổng trữ lượng tương ứng là 215,3 triệu m^3 (còn lại 182,2 triệu m^3 chưa cấp phép khai thác). Công suất khai thác hàng năm khoảng 4,7 triệu m^3(Micco, 2022). Các mỏ khai thác đá làm VLXD thông thường có quy mô công suất trung bình và nhỏ với tuổi thọ trên dưới 25 năm. Trong đó, 9 mỏ đá VLXD thông thường áp dụng HTKT theo lớp xiên còn lại chủ yếu (31 mỏ) áp dụng HTKT khấu tự do, nên điều kiện về thi công, điều kiện về an toàn còn gặp nhiều khó khăn và chưa phù hợp cho công tác khoan nổ mìn. Theo xu thế phát triển chung thì những mỏ đá áp dụng HTKT Lớp đứng ngày càng bộc lộ những hạn chế, bất cập về công tác an toàn, công tác quản lý kỹ thuật, môi trường nên những mỏ này đang chịu sức ép về việc phải thay đổi công nghệ khai thác cũng như chuyển đổi HTKT sang lớp xiên hoặc lớp bằng (Đỗ Ngọc Hoàn, 2022).



Hình 2. Công suất nhà máy xi măng và nhu cầu sử dụng thuốc nổ công nghiệp

Đồng bộ thiết bị của các mỏ khai thác đá vôi trên địa bàn được chia làm 2 nhóm:

- Các mỏ có quy mô công suất lớn sử dụng HTKT theo lớp bằng là lớp xiên xúc chuyển hoặc gạt chuyển sử dụng máy khoan thủy lực là chủ yếu, máy khoan BMK5 ít sử dụng mà chủ yếu trong giai đoạn XDCB mỏ. Đường kính lỗ khoan: d = 76mm đến 130mm (Furukawa; Atlatcopco, Tamrock). Máy xúc thủy lực gàu ngược dung tích gàu từ 1,5 ÷ 3,0m3, xử lý đá quá cỡ bằng búa đập thủy lực. Ô tô vận tải là loại tự đổ với tải trọng từ 25 ÷ 25 tấn của các hãng Caterpillar, HOWO, VOLVO,…xúc, gạt chuyển trên tầng sử dụng máy gạt công suất 200 ÷ 400 CV hoặc máy xúc thủy lực gàu ngược.
- Các mỏ có quy mô công suất nhỏ thường sử dụng đồng bộ thiết bị với máy khoan: BMK4, BMK5, đường kính lỗ khoan d = 105 mm; Xử lý đá quá cỡ bằng máy khoan cầm tay, đường kính lỗ khoan 32 ÷ 42 mm. Máy xúc thủy lực gầu ngược, dung tích gầu xúc E = 1,5 ÷ 2,5 m^3 làm việc dưới chân tuyến chất tải lên thiết bị vận tải là ô tô tự đổ tải trọng 10 – 25 tấn của các hãng HOWO, DONGFENG, HYUNDAI...

2.2. Hiện trạng công tác nổ mìn

** Đối với nhóm các mỏ có quy mô lớn:*

- Nhìn chung công tác quản lý kỹ thuật của các mỏ này đã tương đối tốt, các chỉ tiêu kỹ thuật hợp lý (a, b, W, L, H..) đảm bảo phù hợp với từng điều kiện của mỏ.
- Sử dụng thuốc nổ: Anfo + AD1 + nhũ tương, TNP1; Anfo + AD1 + nhũ tương, tuy nhiên tỷ lệ sử dụng thuốc nổ chịu nước (Nhũ tương) cao chiếm khoảng 35 – 40 % tổng lượng thuốc nổ sử dụng.
- Phương pháp nổ mìn: Các mỏ này đã áp dụng các phương pháp nổ mìn vi sai phi điện, vi sai điện.
- Chỉ tiêu thuốc nổ: do yêu cầu về kích cỡ hạt sau nổ mìn và độ phẳng mặt tầng nên chỉ tiêu thuốc nổ sử dụng của các mỏ này tương đối cao trung bình q = 0,45kg/m^3.

** Đối với nhóm các mỏ có quy mô nhỏ:*

- Các mỏ này do áp dụng HTKT lớp đứng hoặc khấu tự do nên các chỉ tiêu kỹ thuật không đảm bảo, khi khoan và nổ mìn chủ yếu tận dụng các mặt trượt và mặt tự do để tăng khối lượng đá nổ mìn tuy nhiên điều kiện thi công và điều kiện an toàn không đảm bảo.
- Chỉ tiêu thuốc nổ sử dụng của các mỏ này tương đối nhỏ, thông thường chỉ tiêu chỉ từ 0,18 ÷ 0,28 kg/m^3.
- Do chỉ tiêu thấp nên tỷ lệ đá quá cỡ cao => chi phí xử lý đá quá cỡ cao.
- Sản lượng thấp nên muốn tăng sản lượng là rất khó khăn.
- Phương pháp điều khiển nổ: kíp điện tức thời.

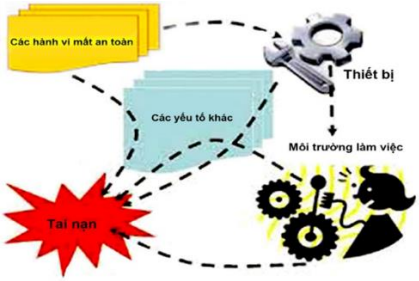
3. Đánh giá rủi ro và các biện pháp đảm bảo an toàn trong sử dụng VLNCN tại các mỏ đá vôi trên địa bàn tỉnh Ninh Bình

3.1. Đánh giá rủi ro

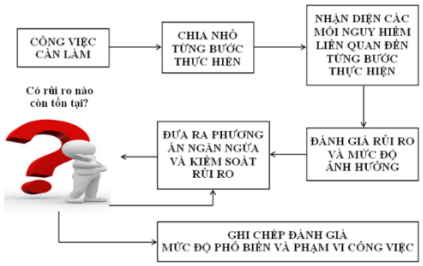
Theo thống kê, các TNLĐ chủ yếu đều bắt nguồn từ các hành vi mất an toàn trực tiếp (dễ nhận biết)

hoặc mất an toàn gián tiếp (khó nhận biết). Các nguyên nhân gây mất an toàn gồm các yếu tố cá nhân, nhận thức về rủi ro, máy móc, dụng cụ không đạt tiêu chuẩn tạo ra môi trường làm việc mất an toàn. Môi trường này rất nguy hiểm nếu bị tác động bởi yếu tố khác như không được đào tạo, thời tiết, thiếu kinh nghiệm, làm tắt và vận hành sai quy trình,... Quy trình hình thành TNLĐ cơ bản được thể hiện ở hình 3.

Để ngăn ngừa các yếu tố nguy hiểm và có hại, việc đánh giá rủi ro là cần thiết để nhận diện đầy đủ các mối nguy liên quan đến việc sử dụng VLNCN tại các mỏ khai thác đá trên địa bàn tỉnh Ninh Bình. Quá trình này giúp xác định các rủi ro tiềm ẩn và xây dựng biện pháp quản lý, kỹ thuật an toàn nhằm bảo vệ người lao động, môi trường và tài sản. Như vậy, đánh giá rủi ro là một quá trình nhận diện, phân tích và đối phó với rủi ro, công tác đánh giá rủi ro được tiến hành theo các bước thể hiện trên hình 4. Đánh giá rủi ro bao gồm nhận diện, phân tích và đối phó với rủi ro, dựa trên hai tiêu chí: tần suất rủi ro (chia thành 5 mức độ) và mức độ nguy hiểm (chia thành 5 mức độ). Hai tiêu chí này được tích hợp trên ma trận đánh giá rủi ro sẽ cho các giá trị mức độ rủi ro tương ứng từ 1 đến 25 (Aspirtakis T. and nnk, 2018; Đỗ Ngọc Hoàn, 2022). Đánh giá rủi ro trong công tác sử dụng VLNCN được đánh giá theo bảng 1.



Hình 3. Quy trình hình thành TNLĐ



Hình 4. Các bước đánh giá rủi ro

3.2. Xây dựng hệ thống quản lý ATVSLĐ trong quá trình sử dụng VLNCN

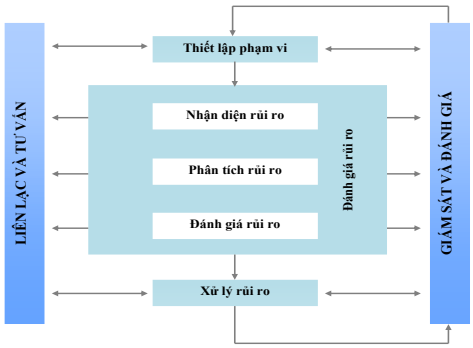
Việc áp dụng hệ thống quản lý ATVSLĐ nhằm đảm bảo ATVSLĐ trong hoạt động sử dụng VLNCN tại các mỏ khai thác đá. Các nỗ lực của chính phủ hiện nay là xây dựng được các hệ thống quản lý ATVSLĐ có thể áp dụng cho từng lĩnh vực ngành nghề và công việc riêng biệt. Ngoài ra, văn hóa an toàn và thực hiện kiểm toán an toàn sẽ góp phần nâng cao ý thức người lao động, chủ doanh nghiệp góp phần giảm tai nạn lao động (TNLĐ) và bệnh nghề nghiệp (BNN). Hệ thống quản lý ATVSLĐ (OHS) trong ngành mỏ nói chung và công tác nổ mìn nói riêng liên quan đến các hệ thống quản lý OHS và Chuỗi đánh giá an toàn và sức khỏe nghề nghiệp (OHSAS) 18001 trong ngành mỏ, việc tích hợp OHSAS 18001 vào hệ thống quản lý chất lượng ISO là cần thiết để hợp lý hóa quy trình (Đỗ Ngọc Hoàn, 2022). Do tính tương thích và giống nhau của OHSAS 18001 và ISO 9001, có thể phát triển một khuôn khổ quản lý tích hợp để tránh trùng lặp nỗ lực và giảm bớt đầu vào nguồn lực. Những lợi ích này bao gồm (i) môi trường hoạt động an toàn hơn, (ii) giảm rủi ro cho người lao động, (iii) kết hợp quản lý an toàn vào quản lý dự án và (iv) cải thiện quản lý dự án. Một quy trình quản lý rủi ro được đề xuất cho hoạt động sử dụng VLNCN tại các mỏ đá được thể hiện trên hình 5.

Bảng 1. Đánh giá rủi ro ATVSLĐ trong công tác nổ mìn

TT	Nhận diện các mối nguy trong quá trình sử dụng VLNCN	Đánh giá rủi ro			
		Tần suất	Mức độ nguy hiểm	Khả năng xảy ra	Mức độ rủi ro
1	***Va chạm với các động cơ chuyển động:*** máy móc, thiết bị (ô tô, máy khoan, máy xúc,...) hoạt động trên khai trường mỏ (bao gồm cả máy bơm nước lỗ khoan, ô tô chở VLNCN.	(4)	Cao (B)	Ít khi xảy ra	8
2	***Nguy hiểm do trơn trượt, vấp ngã:*** - Các phương tiện, vật tư, thiết bị xắp xếp không đúng vị trí an toàn - Khi di chuyển trên bãi mìn không quan sát, bị vấp ngã, thụt chân xuống lỗ khoan...	(3)	Nhẹ (D)	Có thể xảy ra	12

TT	Nhận diện các mối nguy trong quá trình sử dụng VLNCN	Đánh giá rủi ro			
		Tần suất	Mức độ nguy hiểm	Khả năng xảy ra	Mức độ rủi ro
3	***Ngã từ trên cao:*** - Đứng ở những nơi mất an toàn, di chuyển ở những đoạn đường không được phép (sườn tầng, ta luy bãi thải, đường dốc, trơn trượt).	(4)	Cao (B)	Ít khi xảy ra	8
4	***Điện giật:***	(4)	Cao (B)	Ít khi xảy ra	8
5	***Nguy hiểm do cháy, nổ:*** - Do VLNCN tiếp xúc với nguồn nhiệt: ngọn lửa trần, tàn lửa, tia lửa điện… - Phương tiện không được bảo dưỡng có thể gây chập điện, cháy do ma sát,... - Quăng quật, kéo lê, chà sát VLNCN. - Do thời tiết xấu (sấm sét). - Thi công không đúng quy trình an toàn.	(5)	Thảm khốc (A)	Hiếm khi xảy ra	5
6	***Nguy hiểm do vật rơi, đổ:*** - Thực hiện việc bốc dỡ VLNCN không đúng quy trình. - Khi đang thi công nạp mìn bị đất đá tảng trên tụt lở. - Xe vận chuyển đất đá của mỏ rơi vãi văng bắn vào khi đi lại trên đường vận tải mỏ. - Sào tre, sào sắt va chạm vào cơ thể, do người sử dụng thiếu quan sát.	(3)	Nhẹ(D)	Có thể xảy ra	12
7	***Đá văng khi nổ mìn:***	(4)	Cao (B)	Ít khi xảy ra	8
8	***Vi khí hậu:*** - Điều kiện thời tiết ảnh hưởng tới sức khỏe người lao động. - Do độ ẩm môi trường không ổn định (độ ẩm quá cao, quá thấp) ảnh hưởng tới sức khỏe người lao động - Gió lốc, mưa bão, sấm sét khi đang thi công nạp mìn trên khai trường mỏ	(2)	Không đáng kể (E)	Có khả năng xảy ra	10
9	***Ánh sáng: gây say nắng, say nóng.*** - Ánh sáng mặt trời có cường độ bức xạ cao ảnh hưởng đến thị giác, sức khỏe người lao động khi làm việc ngoài trời.	(3)	Nhẹ (D)	Có thể xảy ra	12
10	***Nguy cơ mắc một số bệnh:*** Bụi phổi, bệnh hô hấp, bệnh ngoài da, bệnh đường tiêu hoá, chấn thương mắt, mờ mắt…	(3)	Thấp (E)	Có thể xảy ra	15
11	***Tiếng ồn:***	(2)	Không đáng kể (E)	Có khả năng xảy ra	10
12	***Các chất hóa học:*** - Hít phải các loại khí độc hại như CO, NO, NO2… sinh ra do quá trình nổ mìn. -Tiếp xúc với VLNCN, tiền chất thuốc nổ như Nitrat Amon, dầu Diezel, các chất a xít…	(4)	Cao (B)	Ít khi xảy ra	8

Theo hệ thống quản lý như trên thì phạm vi được thiết lập là khu vực tiến hành sử dụng VLNCN, nơi tiềm ẩn các nguy cơ có thể xảy ra TNLĐ và BNN cho các thợ mìn. Trong quá trình nổ mìn lượng bụi sinh ra lớn nhưng thời gian tác động thì không kéo dài, thợ khoan - nổ mìn thường chịu tác động bởi bụi do quá trình khoan là nhiều hơn, nên nguy cơ mắc BNN bụi phổi không được đề cập tới ở đây. Quá trình đánh giá, nhận diện rủi ro sẽ hỗ trợ cho việc ra quyết định và bao gồm so sánh các kết quả phân tích rủi ro với các tiêu chí đã thiết lập để triển khai hành động bổ sung. Xử lý rủi ro bao gồm một quá trình lặp lại về: Xây dựng và lựa chọn các biện pháp xử lý rủi ro; Hoạch định và thực hiện xử lý rủi ro; Đánh giá hiệu lực của xử lý đó; Quyết định liệu có duy trì rủi ro ở mức chấp nhận được hay không; Nếu không thể chấp nhận được, thực hiện các xử lý thêm nữa. Theo quy trình cải tiến liên tục thì việc thực hiện quy trình này được thực hiện theo 4 bước nối tiếp nhau tạo thành các vòng lặp để hoàn thiện và cải tiến liên tục bao gồm các bước thể hiện trong hình 6.



Hình 5. Sơ đồ hệ thống quản lý ATVSLĐ



Hình 6. Thực hiện cải tiến liên tục trong quá trình sử dụng VLNCN

3.3. Các giải pháp kỹ thuật nâng cao hiệu quả công tác an toàn trong quá trình sử dụng VLNCN.

3.2.1. Giải pháp an toàn trong quá trình thi công nổ mìn.

- Tất cả cán bộ công nhân viên tham gia quá trình nổ mìn phải có trình độ chuyên môn và được huấn luyện kỹ thuật an toàn về sử dụng VLNCN. Công nhân tiếp xúc với VLNCN phải kiểm tra định kỳ về sức khỏe, có giấy chứng nhận của cơ quan có thẩm quyền.
- Lập hộ chiếu nổ mìn cụ thể và xác định rõ: (i) Vị trí nổ nổ mìn, phương pháp nổ mìn, chủng loại vật liệu nổ công nghiệp; (ii) Các thông số nổ mìn cụ thể. Lưu ý lựa chọn Quy mô và lượng thuốc nổ tức thời phù hợp với các khoảng các an toàn theo quy định: Khoảng cách an toàn về chấn động, khoảng cách an toàn về sóng không khí, khoảng cách an toàn về đá văng; (iii) Sơ đồ đấu nối mạng nổ: Bố trí hướng đá văng và hướng truyền sóng chấn động lệch so với hướng có công trình cần bảo vệ; (iv) Xác định bán kính an toàn, vị trí cảnh giới, người cảnh giới, người chỉ huy nổ mìn, thời gian và hiệu lệnh nổ mìn. Phải đảm bảo an toàn tuyệt đối cho bãi mìn, cho khu vực cảnh giới và cho cả người đi làm nhiệm vụ cảnh giới (Nhữ Văn Bách, 2003).
- Nổ mìn theo đúng giấy phép đã được cấp, trong thời gian thi công nổ mìn tuyệt đối nghiêm cấm người không phận sự đi vào khu vực nổ mìn;
- Tuân thủ các quy định an toàn khi tiếp xúc VLNCN: Không để VLNCN bị va đập, xô đẩy hoặc chịu nhiệt độ cao quá mức quy định của nhà sản xuất. Không đẩy, ném, kéo lê hòm có chứa VLNCN. Không được kéo căng hoặc cắt ngắn dây dẫn của kíp điện, kíp phi điện. Cấm dùng bất cứ vật gì chọc vào kíp nổ và cấm sửa chữa kíp điện, kíp phi điện thành kíp nổ thường;
- Không được hút thuốc hoặc dùng ngọn lửa trần cách chỗ để VLNCN gần hơn 100 m. Khi tiếp xúc với VLN không được mang theo người các loại dụng cụ mà khi sử dụng có phát ra tia lửa (diêm, bật lửa) hoặc các loại thiết bị, phương tiện thu, phát sóng điện từ tần số radio (điện thoại di động, máy thu phát FM) (QCVN 01:2019/BCT, 2019).
- Khi dùng thuốc nổ nhạy nổ không được bẻ, cắt gây ma sát khi nạp thuốc nổ, đưa kíp nổ vào lỗ khoan, vào mìn mồi đúng theo quy định an toàn, dùng kìm chuyên dùng để bóp miệng kíp.

3.2.2. Giải pháp an toàn phòng chống cháy nổ trong mùa mưa bão

Vào những ngày mưa bão nguy cơ sạt lở, trượt ngã gia tăng, nguy cơ bị sét đánh khi thi công trên bãi nổ cũng gia tăng vì những khu vực khai thác đá ở đây thường ở các vị trí cao dễ bị sét đánh xuống. NLĐ có thể bị sét đánh trúng hoặc các phương tiện nổ mìn điện có thể bị sét đánh trúng gây nổ mất kiểm soát. Các giải pháp được đưa ra là:

- NLĐ phải được huấn luyện và kiểm tra đạt yêu cầu về nghiệp vụ PCCC hàng năm.
- Ngoài việc chấp hành và tuân thủ mọi nguyên tắc an toàn về phòng chống cháy nổ, cần phải trang bị đầy đủ các phương tiện phòng chống cháy nổ như: bể cát (bao cát), bình bọt chống cháy chuyên dùng.
- Kiểm tra hệ thống chống sét ở các khu vực khai thác, hệ thống cấp điện, thông tin liên lạc,...
- Khi gặp điều kiện thời tiết xấu, mưa dông, sấm chớp, sương mù phải dừng thi công và có biện pháp an toàn cụ thể để giải quyết công việc đang thi công.
- Sau khi có mưa dông, sấm chớp, trước khi thi công các phải kiểm tra điều kiện an toàn ở các bờ vách, taluy...
- Khi nổ mìn bằng kíp điện, hai đầu dây dẫn của kíp phải luôn đấu chập lại đến khi đấu nối vào mạng nổ. Dây dẫn chính của mạng điện nổ mìn phải được đấu chập mạch cho tới lúc đấu vào hai cực máy nổ mìn. Các điểm nối giữa kíp điện và đường dây dẫn phải sử dụng băng keo (băng dính) cách điện quấn chặt đảm bảo không dò điện, đoản mạch.
- Không thi công nổ mìn bằng kíp điện trong điều kiện thời tiết xấu có mưa giông, sấm chớp.

- Trong trường hợp đang thi công có xuất hiện mưa giông, sấm chớp, dừng hoàn toàn công tác thi công nạp mìn. Trong trường hợp mạng đã được đấu ghép trước lúc có sấm chớp thì phải cho khởi nổ ngay với điều kiện là đã thực hiện đầy đủ các quy định an toàn hoặc phải tháo các dây dẫn chính ra khỏi mạng và đấu chập với nhau (nổ mìn điện). Tất cả mọi người nhanh chóng rút về vị trí an toàn.

3.2.3. Giải pháp phòng chống nắng nóng khi thi công nổ mìn.

- Trong ngày nắng nóng, cần phối hợp chặt chẽ với các mỏ để tổ chức sản xuất hợp lý, bố trí thời gian thi công vào những thời điểm thích hợp, hạn chế tối đa làm việc ngoài trời vào khung giờ có nhiệt độ cao.
- Cung cấp đầy đủ nước uống giải nhiệt cho CBCNV thi công ngoài khai trường như nước gạo rang, nước chanh đường...
- Sau khi nạp mìn lấp bua hoàn chỉnh toàn bãi mìn, nếu chưa có lệnh của Chỉ huy nổ mìn thì không được đấu nối mạng nổ trên mặt ngay và những người tham gia thi công nạp nổ mìn phải ra khỏi khu vực bãi mìn, đồng thời cử người canh gác bãi mìn theo quy định:

+ Phụ kiện nổ trên mặt phải được bảo quản tại nơi thoáng mát, được che chắn đảm bảo tránh ánh nắng trực tiếp.

+ Việc rải phụ kiện nổ trên mặt và tiến hành đấu nối mạng nổ trên mặt phải được tính toán sao cho thời gian tiến hành đấu ghép mạng nổ phải gần thời gian khởi nổ để đảm bảo an toàn cho toàn bộ mạng nổ trên mặt (thời gian tính từ khi đấu nối xong mạng nổ trên mặt đến khi nổ ≤ 30 phút).

+ Việc đấu nối mạng nổ mìn chỉ được thực hiện sau khi có lệnh của người Chỉ huy nổ mìn.

4. Kết luận

Thông quan phân tích các điều kiện sử dụng VLNCN tại các mỏ khai thác đá tại tỉnh Ninh Bình, nghiên cứu đã tiến hành đánh giá rủi ro ATVSLĐ trong hoạt động sử dụng VLNCN tại các mỏ đá, xây dựng hệ thống quản lý ATVSLĐ trên cơ sở cải tiến liên tục các công tác lập kế hoạch, thực hiện các biện pháp, kiểm tra khắc phục và hành động tạo thành các vòng lặp có thể giúp nâng cao và kiểm soát rủi ro khi điều kiện lao động thay đổi. Nghiên cứu cũng đã đề xuất được các giải pháp về tổ chức, quản lý, kiểm tra kiểm soát và các biện pháp kỹ thuật trong công tác sử dụng VLNCN tại các mỏ đá này. Nhấn mạnh đây là nhóm công việc nặng nhọc, độc hại, người lao động phải tiếp xúc với vật tư yêu cầu nghiêm ngặt về ATVSLĐ. Việc giữ an toàn khi thi công bãi mìn trong các điều kiện thời tiết phức tạp cũng được nghiên cứu đề cập và đưa ra các giải pháp đảm bảo ATVSLĐ ở các tình huống bất ngờ xảy ra. Đối với một tỉnh có hoạt động khai thác khoáng sản, đặc biệt là khai thác đá lớn như Ninh Bình thì hàng năm lượng thuốc nổ được sử dụng là rất lớn. Nếu không có các biện pháp về quản lý và sử dụng một cách hợp lý có thể gây ra những hiểm họa khôn lường. Việc quản lý an toàn hiệu quả, đảm bảo điều kiện lao động an toàn, vệ sinh công nghiệp sẽ góp phần giảm thiểu TNLĐ và BNN đem lại cuộc sống ấm no hạnh phúc cho NLĐ, phát triển doanh nghiệp và sự phồn vinh của xã hội.

Lời cảm ơn

Bài báo được tài trợ bởi đề tài T24-21.

Tài liệu tham khảo

Nguyễn Đình Ấu, Nhữ Văn Bách, 1996. Phá vỡ đất đá bằng phương pháp khoan nổ mìn, Nhà xuất bản giáo dục Hà Nội.

Nhữ Văn Bách, 2003.Nâng cao hiệu quả phá vỡ đất đá bằng nổ mìn trong khai thác mỏ, Nhà xuất bản Giao thông Hà Nội.

Công ty CN Hoá chất mỏ Bắc Trung Bộ - Micco, 2022. Phương án phát triển dịch vụ khai thác mỏ, Ninh Bình.

Do Ngoc Hoan, Tran Quang Hieu, Pham Huu Nguyen, 2022. Identification and assessment of OSH risks in small-capacity quarrying activities of construction materials in Vietnam. International Journal of Scientific & Engineering Research, 13, 727-736.

Thủ tướng chính phủ, 2015. Quyết định 1834/QĐ-TTg ngày 28/10/2015 phê duyệt quy hoạch phát triển ngành vật liệu nổ công nghiệp Việt Nam định hướng đến năm 2030, Hà Nội.

Quy chuẩn QCVN 01:2019/BCT, 2019. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trong sản xuất, thử nghiệm, nghiệm thu, bảo quản, vận chuyển, sử dụng, tiêu hủy vật liệu nổ công nghiệp và bảo quản tiền chất thuốc nổ

Aspirtakis I. and Galetakis M., 2018. Health and safety management in quarries industry, Ergoprolipsis - Health and safety services, Greece.

ABSTRACT

Proposing solutions to enhance the effectiveness of occupational safety and health management in the use of industrial explosive materials at stone mines in Ninh Binh province

Nguyen Dinh An[1,2,*], Do Ngoc Hoan[1,2], Le Thi Thu Hoa[1,2], Tran Dinh Bao[1,2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Innovations for Sustainable and Responsible Mining (ISRM)*

The utilization of industrial explosive materials for rock fragmentation and loosening in stone mines is a routine activity that significantly impacts various technological processes within the extraction chain at stone mines in Ninh Binh Province. Throughout the management and operational phases of the blasting process, inherent occupational safety risks persist, including incorrect procedures, high-risk falls, rock collapse, ignition hazards from sparks, electrical discharge, collisions, and occupational health risks due to exposure to Nitroratamon precursors and dust. Recognizing the potential risks to workers' lives and health, this study undertakes the development of management, technical, and organizational measures aimed at minimizing safety risks and enhancing operational efficiency and industrial hygiene. Proposed solutions focus on improving occupational safety and health management during blasting operations, handling and transporting industrial explosive materials, preventing explosions during rainy seasons, mitigating heat exposure during blasting operations, lightning protection, and mitigating the impact of factors such as shockwaves, air blasts, and harmful emissions on the environment. These proposed solutions are analyzed based on technological characteristics, production processes, and management practices within blasting units in Ninh Binh province.

Keywords: Occupational safety and hygiene; explosive materials; quarries; Ninh Binh

Application of chatGPT-Matlab framework to the control of consumption of blasting explosives

Hui Chen[1] Fei Gao[1,*], Vu Trung Tien[2], Do Anh Son[2]
[1] *School of Geological and Mining Engineering, Xinjiang University*
[2] *Hanoi University of Mining and Geology*

ABSTRACT

This paper explores the application of the ChatGPT-MATLAB framework for blasting consumption control and analyses it in comparison with current software. The study generates MATLAB code using ChatGPT by defining a specific problem for blasting consumption control and iteratively checks the output. The results of the study show that the ChatGPT-MATLAB framework, although still not as functional as the current widely used software, has the potential to be applied in reducing the cost of the enterprise and improving the efficiency of blasting. In addition, this paper demonstrates the advantages of the ChatGPT-MATLAB framework in simplifying the learning process and reducing the complexity of operations, which offers the possibility of advancing the development of green blasting technology.

Keywords: ChatGPT-MATLAB framework; Blasting consumption control; Programming code generation; Green blasting; Software comparison

1. Introduction

As the concept of a shared future for humanity becomes more tangible, there is an increasing recognition of the need to protect the Earth on which we depend. However, human development is inextricably linked to resource extraction. Interestingly, as global demand for mineral resources continues to grow, there is also a heightened focus on mitigating the environmental impact of the mining industry (Mohammad Mirzehi and Ali Moradi Afrapoli. (2024). In this context, various countries and international organizations have proposed development goals for green mining. In the transition towards green mining, "digitalization" is paramount, followed by "mechanization and automation," "intelligence," "energy conservation and utilization," and "autonomous and driverless vehicles" in second, third, and fourth places respectively (Izhar Mithal Jiskani et al. (2023). Although many aspects of mining operations have implemented green mining concepts and digital intelligence, the digital and intelligent level of drilling and blasting operations remains low, far from achieving green blasting.

Moshood Onifade et al. (2024) posit that the key parameters for evaluating green mining are energy consumption, greenhouse gas emissions, and chemical usage, all of which are closely related to mine blasting. Green blasting primarily encompasses three concepts: (1) enhancing explosive energy utilization to reduce the use of explosives; (2) achieving acceptable rock fragmentation rates to lower subsequent grinding and crushing costs and pollution; and (3) controlling pollution and negative impacts from the blasting process. Recent research on green blasting has mainly focused on explosive energy propagation, blasting parameter optimization, and the dynamic failure patterns of rocks. Tianhui Ma et al. (2022) studied the propagation of explosion cracks under different non-coupling charging coefficients and examined the working capacity of explosives on rocks under various non-coupling coefficients. They provided a formula for the variation of non-coupling coefficients based on numerical calculations, offering theoretical guidance for determining non-coupling charge blasting parameters. Guodong Qiao et al. (2023) used theoretical analysis and numerical computation to investigate the impact of ground stress on rock explosion damage and provided quantitative evaluation standards, contributing a numerical model for assessing explosive energy transmission efficiency under different geological conditions. Chong Yu et al. (2023), through theoretical analysis, field blasting tests, and numerical simulations, considered the uncertainties in uniaxial compressive strength, shear modulus, cohesion, and internal friction angle, establishing an attenuation equation for blast vibration wave components. This provided insights into the transmission effects of explosive energy under different rock conditions. Xudong Li et al. (2023) examined rock fragmentation

* *Corresponding Author*
Email: 107552204735@stu.xju.edu.cn

under various coupling media conditions, determining rock-breaking efficiency and explosive energy transfer patterns under different coupling media. Meng Li et al. (2018) explored the influence of voids on the direction of explosion crack propagation and demonstrated through experiments that voids can control the transmission of explosive energy. While these studies have significantly contributed to the development of green blasting, their direct application to other blasting sites in engineering practice is challenging due to the diversity of on-site conditions. Consequently, these studies do not achieve the effect of "teaching one to fish" for other mine site blasting personnel.

Daehyun Kim et al. (2024) utilized ChatGPT's excellent programming capabilities to complete examples of 2D seepage simulation, slope stability analysis, and image recognition, discussing the feasibility and application methods of ChatGPT in the geotechnical engineering field. Palak Handa et al. (2023) demonstrated ChatGPT's powerful capabilities in medical image analysis by presenting a ChatGPT-based medical image recognition process through user-ChatGPT interactions. Lidong Wu (2024) explored the potential applications of ChatGPT's programming capabilities in the context of unmanned and intelligent fisheries, though the exploration was hypothetical and did not involve specific implementation processes. Kayla DePalma et al. (2024) had ChatGPT refactor 40 sets of Java code, finding that ChatGPT performs excellently on smaller codebases. However, ChatGPT's responses were unpredictable, often generating different code outputs for the same prompts. Despite this, ChatGPT still proves to be an excellent auxiliary programming tool. These studies have made it possible to apply ChatGPT in the field of geotechnical engineering.

A review of previous studies shows that the research on ChatGPT has not been fully developed in various fields, and the programming capability of ChatGPT has potential value in the field of blasting consumption control. Therefore, the aim of this study is to use the programming capability of ChatGPT to solve consumption control problems in blasting engineering, such as the determination of reasonable explosive dosage and the optimal design of blasting programmes. For each analysis process, a description of the given problem is defined and logical prompts are provided to ChatGPT to generate MATLAB programming code. The output was iteratively checked against the prompts until satisfactory results were obtained. These engineering analysis examples demonstrate the value of the application of ChatGPT in blasting consumption control. The concept of the application of the ChatGPT-MATLAB framework is shown in (Fig 1).

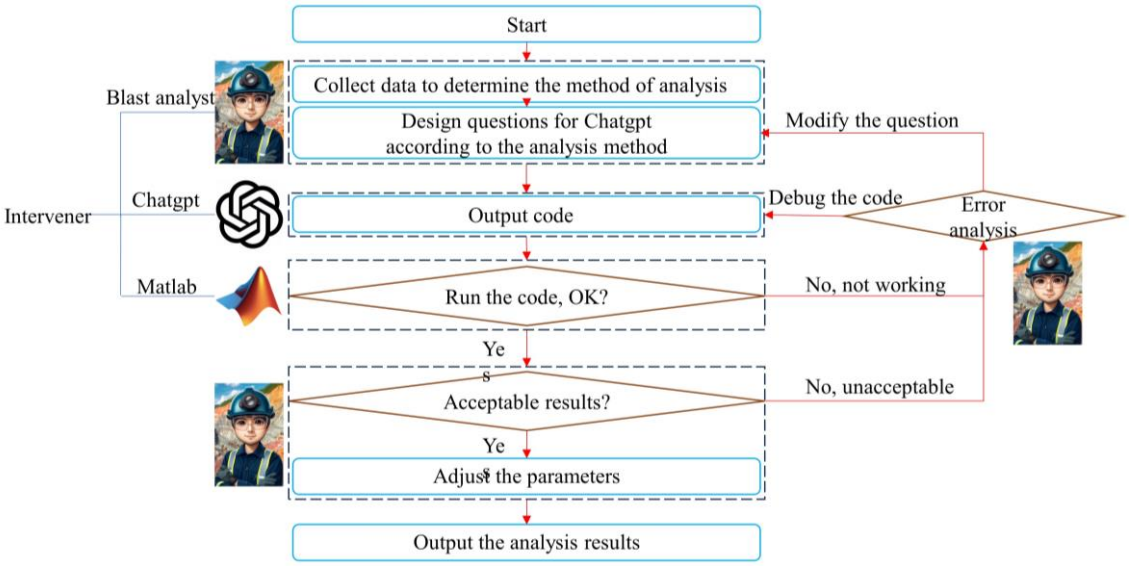


Fig.1. The application concept of the ChatGPT-MATLAB framework

2. Current Methods for Controlling the Consumption of Blasting Explosives

The method for controlling explosive consumption in engineering practice is shown in (Fig .2). First, before blasting, a three-dimensional model of the blasting area is created using Ansys/Ls-dyna, with parameters for the rock and explosives set accordingly. A blasting simulation is then conducted, and the resulting rock damage model is imported into ImageJ for RGB damage analysis. This analysis yields the areas of the pulverized zone, the fractured zone, and the undamaged zone (in the analysis part, from left to right, red, green, and blue regions are identified, with the gray area being the target zone). Through this

process, different parameter simulations are continuously attempted to find the blasting parameters that maximize the fractured and pulverized zones for practical engineering application.

On-site, the optimal parameters are implemented in the blasting area, and the standard on-site loading and blasting process is followed. After the test, rock fragment size data is collected, and based on this data, the explosive consumption is continuously fine-tuned.

In this process, ImageJ and Wipfrag are used to perform numerical simulation damage analysis and oversize blocks identification, respectively. This results in extremely high learning costs and software usage costs.

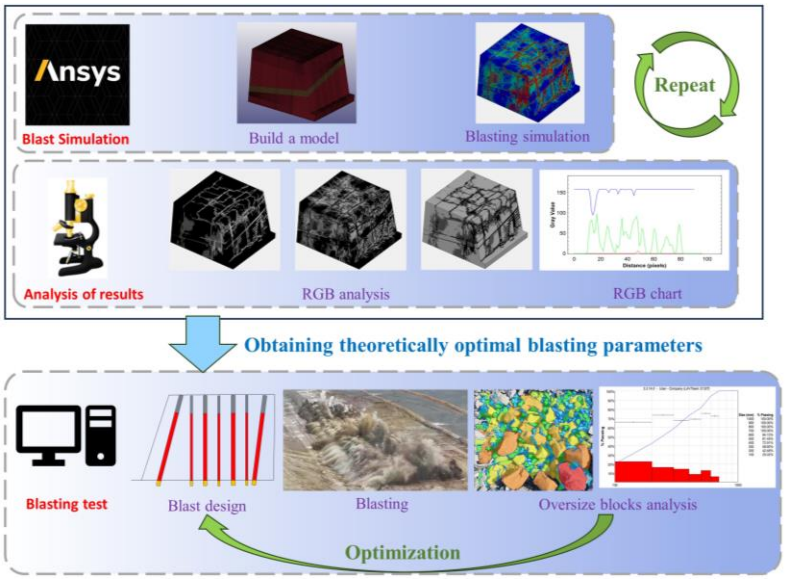


Fig .2. Explosive Consumption Optimization Process

3. Application of the ChatGPT-MATLAB Framework in Blasting Consumption Control

After the blasting simulation with Ansys/Ls-dyna, the original rock damage image is shown in (Fig .3). The rock damage analysis process involves using ChatGPT to write RGB analysis code, which is then imported into MATLAB for image processing, with continuous debugging and error correction throughout the process. Similar to ImageJ's rock damage analysis, both methods use the different grayscale values of red, green, and blue colors for identification. The ChatGPT-MATLAB framework can directly provide the number of pixels for each color, while ImageJ provides pixel grayscale value graphs for different colors. By integrating the lines representing different colors in the pixel grayscale value graph, the areas for each color can be calculated. After calculations, the areas for red, green, and blue are 11, 327, 4, 309, and 28, 339 pixels, respectively.

The original image, ImageJ results, and ChatGPT-MATLAB framework results are shown in (Fig .4). ImageJ's recognition algorithm is more effective in identifying blue and green areas, while the ChatGPT-MATLAB framework is more effective in identifying red areas. However, the results provided by the ChatGPT-MATLAB framework are similar to those provided by ImageJ, indicating that the ChatGPT-MATLAB framework has comparable efficacy to ImageJ in rock damage analysis.

ImageJ is a free and versatile image processing software with rich functionalities. However, the ChatGPT-MATLAB framework has a lower learning curve. With ChatGPT, users can write code and import images directly, avoiding complex processing steps.

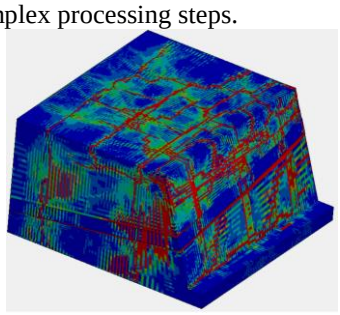


Fig.3. Original Rock Damage Analysis Image

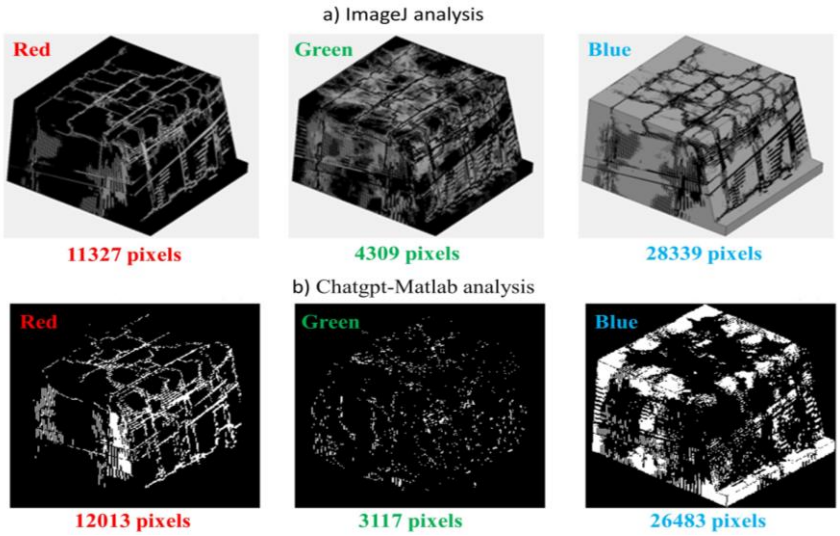


Fig.4. Comparison of Rock Damage Analysis between ImageJ and ChatGPT-MATLAB Framework a) ImageJ analysis b) ChatGPT-MATLAB analysis

In the domain of oversize rock analysis subsequent to blasting experiments, the ChatGPT-Matlab framework exhibits considerable potential for application. As depicted in (Fig 5), Figure a displays the analysis of the post-blast accumulation by Wipfrag, whereas Figure b delineates the analysis conducted by the ChatGPT-Matlab framework. Serving as a prevalent oversize rock analysis tool in blasting sites, Wipfrag has been refined through multiple iterations and code enhancements, thereby acquiring an exceptional proficiency in the identification of rock contours. The analytical findings reveal that all rocks have a diameter not exceeding 700 millimeters, with 94.12% of rocks falling within a 600-millimeter diameter, 81.45% within a 500-millimeter diameter, and 72.91% within a 400-millimeter diameter. In contrast, the ChatGPT-Matlab framework's analytical outcomes indicate that the diameter of all rocks is confined to less than 0.2 meters, with 11 rocks measuring between 0.1 meters and 0.2 meters in diameter, and 481 rocks measuring less than 0.1 meters in diameter. These outcomes present a notable divergence from the analyses provided by Wipfrag.

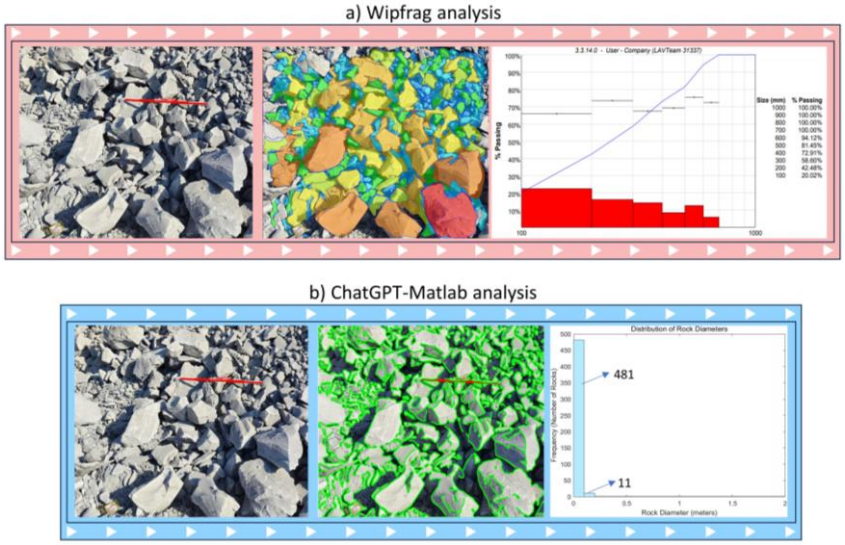


Fig.5. Comparative Analysis of Rock Contour Delineation between Wipfrag and the ChatGPT-Matlab Framework a) Wipfrag analysis b) ChatGPT-Matlab analysis

When the identification results of the two methods are juxtaposed for comparison, it is observed that the significant discrepancy may be attributed to the ChatGPT-Matlab framework's less effective recognition of areas with weaker light between rocks, and the protrusions on the rock surface that may also affect recognition. (Fig. 6) These two factors might necessitate specialized parameter adjustments to address. However, it is encouraging to note that while the protrusions on the rock surface interfere with the identification, they also indicate that the ChatGPT-Matlab framework is more sensitive to contour extraction, suggesting a broad application prospect.

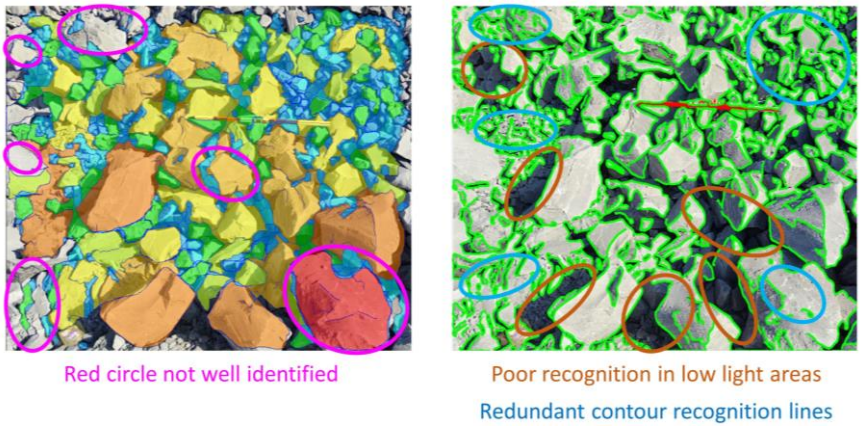


Fig.6. Comparative Output Results of Wipfrag and ChatGPT-Matlab Framework

Utilizing the ChatGPT-Matlab framework for rock damage analysis and post-blast oversize rock analysis can further reduce the learning costs for enterprise employees and decrease the data analysis expenses for companies. After further iterations of the code, it is possible to achieve effects similar to those of professional software, indicating a significant potential for application. Moreover, based on accurate rock damage and oversize rock analysis data, it becomes possible to adjust the consumption of explosives more precisely, reduce the use of explosives, enhance the efficiency of explosives, and promote the development of green blasting.

4. Conclusion

This study demonstrates the great potential of the ChatGPT-MATLAB framework in the field of blasting consumption control by applying the framework. Although the ChatGPT-MATLAB framework still falls short of current software in terms of functional completeness and handling of complex engineering scenarios, it shows a high degree of flexibility and operability in solving simple and moderately complex engineering problems. Especially in the process of programming and analysing the single-consumption control of blasting, ChatGPT's code generation capability provides a strong support for the MATLAB platform, which can effectively reduce the time and error probability of manual programming and improve the analysis efficiency.

In addition, the ChatGPT-MATLAB framework is particularly effective in reducing learning costs and operational complexity. Existing specialised software usually has a high learning threshold and maintenance costs, while ChatGPT enables engineers and technicians to quickly get started and apply it to real engineering problems by generating code in natural language. This not only helps to improve blasting efficiency, but also reduces enterprise expenditure on software training and maintenance.

In the future, by further improving and optimising the code generation capability of the ChatGPT-MATLAB framework, it is expected to make breakthroughs in more complex blasting scenarios, and gradually achieve results comparable to those of current professional software. Especially in the context of the development of green blasting technology, the promotion and application of the ChatGPT-MATLAB framework will provide important support for optimising the consumption of explosives, reducing the environmental impact and promoting the sustainable development of resources. Therefore, this study provides new ideas for the application of ChatGPT technology in blasting engineering and lays the foundation for the further development of green blasting technology in the future.

References

Mohammad, M, and Ali, M.A, 2024. A novel framework for integrating environmental costs and carbon pricing in open-pit mine plans: Towards sustainable and green mining, *Journal of Cleaner Production*, Volume 468.

Izhar M.J. and et al, 2023. Mining 4.0 and climate neutrality: A unified and reliable decision system for safe, intelligent, and green & climate-smart mining, *Journal of Cleaner Production*, Volume 410.

Moshood O and et al, 2024. Advancing toward sustainability: The emergence of green mining technologies and practices, *Green and Smart Mining Engineering*, Volume 1, Issue 2, Pages 157-174.

Ma T.H. and et al, 2022. Study on energy evolution and crack propagation of rock mass under single hole uncoupled charge blasting, *Applications in Engineering Science*, Volume 11, 100112.

Qiao G.D. and et al, 2023. Quantitative assessment of the effect of in-situ stresses on blast-induced damage to rock, *Computers & Structures*, Volume 287, 107116.

Yu C. and et al, 2023. A case study of blasting vibration attenuation based on wave component characteristics, *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, Volume 15, Issue 5, Pages 1298-1311.

Li X.D. and et al, 2024. Experimental and numerical investigation on rock fracturing in tunnel contour blasting under initial stress, *International Journal of Impact Engineering*, Volume 185, 104844.

Li M. and et al, 2018. Study of the effect of empty holes on propagating cracks under blasting loads, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Volume 103, 2018, Pages 186-194.

Kim D. and et al, 2024. A ChatGPT-MATLAB framework for numerical modeling in geotechnical engineering applications, *Computers and Geotechnics*, Volume 169, 106237.

Palak H. and et al, 2023. Exploring the role of ChatGPT in medical image analysis, *Biomedical Signal Processing and Control*, Volume86, Part C, 105292.

Wu L.D. 2024. ChatGPT boosts the development and prospect of fishery new quality productivity. *Journal of Dalian Ocean University*, 39(02):185-192.

Kayla D. and et al, 2024. Exploring ChatGPT's code refactoring capabilities: An empirical study, *Expert Systems with Applications*, Volume 249, Part B, 123602.

TÓM TẮT

Ứng dụng chatGPT-Matlab vào kiểm soát lượng thuốc tiêu hao trong tính toán nổ mìn

Hui Chen[1], Fei Gao[1,*] , Vu Trung Tien[2], Do Anh Son[2]
[1]School of Geological and Mining Engineering, Xinjiang University
[2]Hanoi University of Mining and Geology

Bài viết sử dụng ứng dụng ChatGPT- để tạo mã MATLAB kiểm soát mức tiêu hao thuốc nổ và phân tích ứng dụng này so với phần mềm hiện tại. Nghiên cứu này sử dụng ChatGPT để tạo mã MATLAB xác định vấn đề cụ thể để kiểm soát mức tiêu hao thuốc nổ và kiểm tra đầu ra theo từng lần lặp. Kết quả nghiên cứu cho thấy ứng dụng ChatGPT-MATLAB, mặc dù vẫn chưa có chức năng như phần mềm được sử dụng rộng rãi hiện nay, nhưng có tiềm năng được áp dụng để giảm chi phí cho doanh nghiệp và cải thiện hiệu quả tính toán mức tiêu hao thuốc nổ. Ngoài ra, bài viết này chứng minh những lợi thế của ứng dụng ChatGPT-MATLAB trong việc đơn giản hóa quá trình học và giảm độ phức tạp của các hoạt động nghiên cứu, mang lại khả năng thúc đẩy sự phát triển của công nghệ thuốc nổ xanh.

Từ khoá: ChatGPT-MATLAB; kiểm soát tiêu hao thuốc nổ; tạo mã lập trình; nổ mìn xanh; so sánh phần mềm

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Ứng dụng công nghệ UAV trong đánh giá chỉ tiêu thuốc nổ thực tế và hệ số nở rời của đống đá nổ mìn

Phạm Văn Hòa[1,2,3*], Dương Thành Trung[1], Phạm Văn Việt[1,3], Trần Quang Hiếu[1,3]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Trung tâm khoa học Công nghệ Mỏ và Môi trường*
[3]*Nhóm nghiên cứu mạnh Những tiến bộ trong Khai thác mỏ bền vững và có trách nhiệm (ISRM)*

TÓM TẮT

Nổ mìn trên các mỏ lộ thiên là một trong những khâu công nghệ đóng vai trò quan trọng trong việc làm tơi đất đá và quặng phục vụ cho các khâu công nghệ tiếp theo. Việc nâng cao chất lượng công tác nổ mìn có ý nghĩa quan trọng nhưng khó thực hiện nếu không đánh giá một số chỉ tiêu về kết quả nổ. Bài báo này trình bày phương pháp sử dụng công nghệ máy bay UAV thu thập các dữ liệu về hình dạng đống đá nổ mìn trước khi nổ, sau khi nổ, qua đó xây dựng mô hình 3D dùng cho đánh giá một số chỉ tiêu kết quả nổ. Kết quả của các mô hình cho phép xác định chỉ tiêu thuốc nổ thực tế, hệ số nở rời của đống đá để làm cơ sở điều chỉnh các thông số nổ mìn nâng cao hiệu quả nổ.

Từ khóa: chỉ tiêu thuốc nổ; công nghệ UAV; hệ số nở rời đống đá nổ mìn

1. Đặt vấn đề

Việc xác định hệ số nở rời của đống đá nổ mìn, xác định chỉ tiêu thuốc nổ thực tế so với chỉ tiêu thuốc nổ so với thiết kế là một công việc tốn kém thời gian và chi phí nếu không có sự hỗ trợ của các công nghệ tiên tiến. Đo xác định thể tích của bãi mìn trước và sau khi nổ, thể tích đống đá nổ mìn là các công việc quyết định đến việc xác định chỉ tiêu thuốc nổ thực tế và hệ số nở rời của đống đá nổ mìn. Hệ số nở rời đề cập đến sự tăng lên về thể tích của khối đá sau khi nổ mìn so với thể tích khối đá nguyên khối. Đây là hệ số sử dụng nhiều trong khai thác lộ thiên và hệ số này ảnh hưởng đến hiệu quả công tác xúc bóc đất đá nổ mìn. Dưới tác dụng của năng lượng nổ, khối đá bị phá vỡ sẽ nở rộng, tạo thành các khoảng trống giữa các cục đá. Hệ số nở rời đánh giá định lượng sự nở rộng này và sử dụng hệ số này trong việc lập kế hoạch xúc bóc, vận tải, lưu kho (hoặc thải) đất đá nổ mìn. Chỉ tiêu thuốc nổ thiết kế được xác định thông qua tính toán tỷ số giữa khối lượng thuốc nổ và thể tích khối đá phá ra theo tính toán. Chỉ tiêu thuốc nổ thực tế được xác định thông qua tỷ số giữa lượng thuốc nổ thực tế sử dụng và thể tích đá phá ra thực tế. Nếu hai gia trị này bằng nhau thì kết quả thiết kế và kết nổ đạt được theo mong muốn. Tuy nhiên, nếu chỉ tiêu thuốc nổ thực tế lớn hơn hoặc nhỏ hơn chỉ tiêu thuốc nổ thiết kế, thì cần có sự điều chỉnh thiết kế nổ nhằm tối ưu hóa các thông số nổ mìn. Đối với các phương pháp truyền thống, người thu thập dữ liêu đo phải tiến hành đo đạc trực tiếp tại hiện trường. Ở các khu vực hiện trường bãi nổ có địa hình phức tạp, khó tiếp cận thì phương pháp này có nguy cơ mất an toàn cao. Bên cạnh đó, do đo đạc thủ công, rất khó khảo sát toàn bộ đống đá do địa hình phức tạp, kết quả đo đạc khó đảm bảo độ chính xác cao. Với sự phát triển của công nghệ, các phương pháp đo đạc hiện đại và chính xác đã bắt đầu xuất hiện và ứng dụng phổ biến hơn trong ngành mỏ. Khoảng 15 năm trước, hệ thống quét laser mặt đất đã được sử dụng cho mục đích này. Hệ thống quét laser thu nhận thông tin 3D của địa hình bề mặt bằng cách gửi hàng nghìn tỷ photon ánh sáng về phía một đối tượng và chỉ nhận một tỷ lệ phần trăm nhỏ các photon ánh sáng này phản xạ lại qua quang học mà chúng sử dụng. Thiết bị quét laser mặt đất thu thập các thông tin khoảng cách về các bề mặt trong trường quan sát của nó ở dạng ảnh 3D một cách nhanh chóng và chính xác. Các ảnh 3D này sau đó sẽ được xử lý để cho ra các kết quả tính toán từ mô hình 3D thu được. Để đạt được độ chính xác, một hệ thống các mốc đo được thiết lập theo hệ tọa độ quốc gia để đảm bảo tính toán chính xác các kết quả trên cùng một hệ tọa độ (Pham Van Hoa và nnk, 2009). Nếu như trước đây, các thiết bị quét laser mặt đất khó có điều kiện ứng dụng rộng rãi cho các mỏ, mà chỉ áp dụng cho các nghiên cứu, khảo sát chuyên sâu, thì hiện nay với sự phát triển của khoa học công nghệ, giá thành thiết bị cũng đã tương đối phù hợp để nhiều đơn vị có thể đầu tư sử dụng. Tuy nhiên, một thiết bị khác cũng có khả năng rất mạnh và khả thi trong thực hiện các công việc nêu trên chính là việc ứng dụng các thiết bị UAV trong lĩnh vực này. Sử dụng UAV cũng giúp giảm thiểu chi phí

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamvanhoa@humg.edu.vn

và thời gian so với các phương pháp đo đạc truyền thống. UAV có thể thu thập dữ liệu nhanh chóng và hoàn thành công việc trong thời gian ngắn, tiết kiệm chi phí nhân công và thiết bị. UAV cũng có lợi thế về khả năng tích hợp với các công nghệ như GIS, LiDAR để cải thiện độ chính xác và hiệu quả ứng dụng cho các dự án khai thác mỏ. Báo cáo trình bày khả năng ứng dụng công nghệ UAV trong việc đánh chỉ tiêu thuốc nổ thực tế và hệ số nở rời của đống đá nổ mìn trong lĩnh vực khai thác mỏ.

2. Sự phát triển của UAV ứng dụng trong ngành mỏ

Trong những năm gần đây, cùng với sự phát triển nhanh chóng của khoa học kỹ thuật, nhiều công nghệ tiên tiến đã được áp dụng trong ngành mỏ nhằm đáp ứng xu hướng chuyển đổi số của ngành, trong đó không thể không kể đến công nghệ UAV. Tiềm năng ứng dụng UAV trong ngành công nghiệp mỏ, đặc biệt trong khai thác lộ thiên là rất lớn, chi phí thiết bị, thời gian thu thập dữ liệu, xử lý dữ liệu, độ chính xác cũng được cải thiện dẫn đến xu hướng ứng dụng các thiết bị này ngày càng trở nên phổ biến (Dang Tuyet Minh va Nguyen Ba Dung, 2023; T. Bamford và nnk 2016). UAV có tiềm năng to lớn để giảm đến mức thấp nhất các công việc thủ công liên quan đến thu thập dữ liệu, khảo sát, vẽ bản đồ, theo dõi an toàn, theo dõi máy móc, theo dõi cơ sở hạ tầng,..(I. Rathore và nnk, 2015). Những ưu điểm của UAV như: khả năng tiếp cận các khu vực nguy hiểm và khó tiếp cận cho người công nhân.

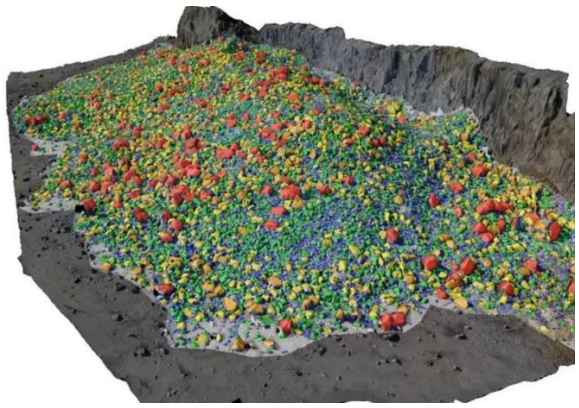


Hình 1. Mô hình địa hình mỏ xây dựng từ ảnh chụp UAV ở độ cao 80m (J. M.L. C. Neto, 2020)

Ứng dụng UAV trong công tác khảo sát cho mỏ được sử dụng phổ biến. Phổ biến nhất là sử dụng cho công tác lập kế hoạch khai thác mỏ, tính toán khối lượng khoáng sản, khối lượng đất đá khai thác, giám sát tiến độ và hiệu quả công việc, sử dụng UAV để đánh giá các khu vực nguy hiểm, giảm thiểu rủi ro cho người lao động, UAV cũng có thể được sử dụng để theo dõi và đánh giá tác động của nổ mìn đến môi trường xung quanh như: biến đổi địa hình, tác động đến hệ sinh thái và ô nhiễm không khí. Các mô hình 3D địa hình mỏ được thành lập trên cơ sở sử dụng UAV ngày càng trở nên quan trọng. Công nghệ UAV có thể thu nhận các ảnh chụp có độ phân giải cao, sau đó các ảnh này được chuyển đổi thành các mô hình địa hình bề mặt 3D ở dạng mô hình số độ cao (DEM, mô hình số bề mặt (DSM) mô hình số địa hình (DTM). Các mô hình này được sử dụng để tạo ra các bản đồ địa hình, để tính toán thể tích đào đắp, biểu diện địa hình dạng 3D của mỏ (Pham Van Hoa và nnk, 2009). Bên cạnh đó, các ứng dụng của UAV trong khảo địa hình mỏ cũng được sử dụng phổ biến. Khi so sánh với các phương pháp về chi phí và hiệu quả thì UAV có những lợi thế đáng kể trong việc xây dựng mô hình địa hình bề mặt và đánh giá độ chính xác, một số nghiên cứu đã giới thiệu các kết quả xây dựng mô hình DEM cho các mỏ lộ thiên sử dụng UAV (Dang Tuyet Minh va Nguyen Ba Dung, 2023; T. Bamford và nnk 2016). Để nâng cao độ chính xác trong đo đạc địa hình, các UAV hoạt động dựa trên một số nguyên lý cơ bản như: chụp ảnh bề mặt mỏ bằng các máy ảnh có độ phân giải cao và xử lý ảnh bằng các phần mềm đo ảnh để tạo ra các mô hình DEM và ảnh trực giao; sử dụng các điểm kiểm soát mặt đất (GCP) để hiệu chỉnh và nâng cao độ chính xác của mô hình 3D và DSM; tích hợp các hệ thống định vị (GPS) và cảm biến quán tính để đảm bảo độ ổn định và chính xác của quỹ đạo bay để thu thập dữ liệu chính xác; xử lý và phân tích dữ liệu 3D bằng các phần mềm chuyên dụng để tạo ra các mô hình 3D chi tiết phục vụ cho các mục đích đánh giá sự thay đổi của địa hình, độ ổn định của bờ dốc, đánh giá khối lượng đất đá nổ mìn; và đánh giá kiểm tra độ chính xác của các mô hình tạo ra từ UAV khi so sánh với các phương pháp truyền thống. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra UAV có thể cung cấp dữ liệu với độ chính xác cao và ít nhiễu hơn so với các phương pháp khác (I. Rathore và nnk, 2015). Việc sử dụng công nghệ UAV ứng dụng trong đo xác định khối lượng nhằm đánh giá chỉ tiêu thuốc nổ thực tế và hệ số nở rời của bãi nổ giúp khắc phục được hạn chế của các phương pháp truyền thống, cung cấp dữ liệu toàn diện, nhanh chóng và chính xác, góp phần cung cấp các thông tin nhanh chóng phục vụ cho việc tối ưu hóa các thiết kế nổ mang lại hiệu quả cho mỏ.

Cả hai thông số chỉ tiêu thuốc nổ thực tế và hệ số nở rời đều cần xác định thể tích khối đá trước khi nổ,

thể tích vùng đập vỡ sau khi nổ (đối với chỉ tiêu thuốc nổ thực tế), và xác định thể tích đống đá nổ mìn (đối với hệ số nở rời).

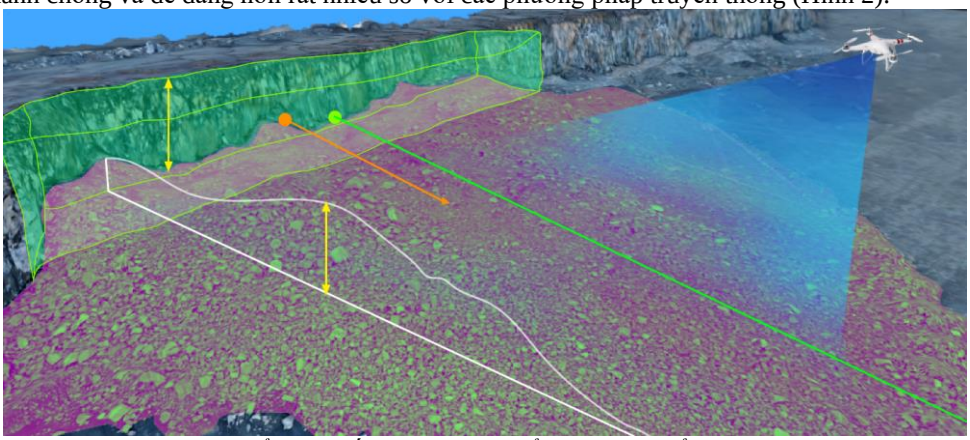


Hình 2. Ảnh 3D đống đá nổ mìn được xây dựng từ ảnh UAV độ phân giải cao (N. J. M.L. Correia, 2020)

3. Ứng dụng công nghệ UAV trong đánh giá chỉ tiêu thuốc nổ thực tế

Chỉ tiêu thuốc nổ được xác định thông qua tỷ số giữa khối lượng chất nổ yêu cầu để đập vỡ một đơn vị thể tích đất đá thành các cục có kích thước yêu cầu. Đây là thông số quan trọng được sử dụng trong thiết kế và tối ưu hóa công tác nổ mìn, và thông số này ảnh hưởng trực tiếp đến chi phí, hiệu suất, hiệu quả của công tác nổ mìn. Chỉ tiêu thuốc nổ cao thường xác định cho các vụ nổ mạnh, ngược lại, chỉ tiêu thuốc nổ thấp có thể dẫn đến năng lượng thuốc nổ không đủ để phá vỡ đất đá hiệu quả. Việc xác định chỉ tiêu thuốc nổ phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: tính chất cơ lý của đất đá, loại thuốc nổ sử dụng, kích thước cỡ hạt đá yêu cầu. Chỉ tiêu thuốc nổ thiết kế, được xác định khi thiết kế bãi nổ, là tỷ số giữa khối lượng thuốc nổ tính toán và thể tích đất đá phát vỡ theo thiết kế. Chỉ tiêu thuốc nổ thực tế là tỷ số giữa khối lượng thuốc nổ sử dụng thực tế và thể tích đá phá vỡ theo thực tế. Nếu chỉ tiêu thuốc nổ thiết kế và chỉ tiêu thuốc nổ thực tế bằng nhau, có nghĩa bãi nổ đã được thiết kế đạt mục đích. Nếu chỉ tiêu thuốc nổ thực tế cao hơn chỉ tiêu thuốc nổ thiết kế thì bãi nổ phá được thể tích đá ít hơn so với thiết kế. Khi chỉ tiêu thuốc nổ thực tế thấp hơn chỉ tiêu thuốc nổ thiết kế thì bãi nổ phá được thể tích đá lớn hơn so với thiết kế. Dựa trên kết quả đánh giá chỉ tiêu thuốc nổ thực tế, người kỹ sư nổ có thể điều chỉnh thiết kế và năng lượng nổ phù hợp để đạt được kết quả nổ mong muốn.

Để tiến hành xác định chỉ tiêu thuốc nổ thực tế, UAV được sử dụng để thu thập dữ liệu địa hình bãi nổ trước khi nổ. Sau khi nổ sẽ tiếp tục sử dụng UAV để thu thập dữ liệu địa hình đống đá nổ mìn để xác định thể tích đống đá nổ mìn. Để xác định chính xác thể tích đá nguyên khối phá vỡ, sau khi xúc bóc xong đống đá, tiếp tục sử dụng UAV tiến hành bay thu thập dữ liệu địa hình khu vực đống đá nổ mìn đã xúc bóc xong. Từ các dữ liệu địa hình thu thập được, sử dụng các phần mềm xử lý ảnh để tiến hành xác định thể tích đá nguyên khối phá vỡ thực tế để sử dụng xác định chỉ tiêu thuốc nổ thực tế. Khi xác định được thể tích đống đá nổ mìn, sẽ dễ dàng xác định được hệ số nở rời của đống đá nổ mìn khi tiến hành so sánh thể tích này với thể tích đá nguyên khối của bãi nổ. Như vậy, công việc quan trọng nhất của việc đánh giá chỉ tiêu thuốc nổ thực tế và hệ số nở rời là thu thập dữ liệu địa hình bãi nổ và đống đá nổ mìn đã được UAV đảm nhiệm một cách nhanh chóng và dễ dàng hơn rất nhiều so với các phương pháp truyền thống (Hình 2).



Hình 2. Sử dụng UAV đo thể tích khối đá trước khi nổ và sau khi nổ mìn (T.Camara và nnk, 2013)

4. Ứng dụng công nghệ UAV trong đánh giá hệ số nở rời

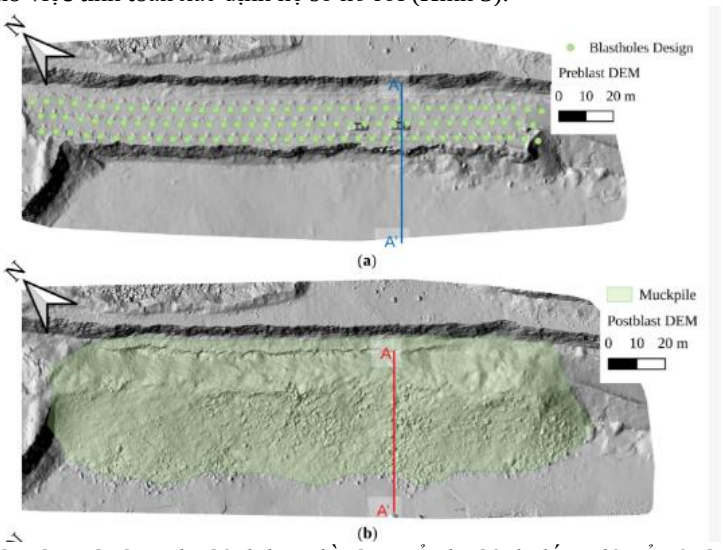
Hệ số nở rời (f_s) được xác định giữa tỷ số thể tích khối đá bị phá vỡ tăng lên so với thể tích ban đầu của nó. Khi đất đá bị phá vỡ, các cục đá vỡ có xu hướng chiếm một thể tích lớn hơn thể tích của khối đá đặc do sự tạo khoảng trống giữa các cục đá. Hệ số nở rời lớn có nghĩa là thể tích đá phá vỡ tăng lên lớn hơn và có thể ảnh hưởng đến công tác xúc bóc, vận tải. Thông số này giúp các kỹ sư tối ưu hóa việc sử dụng thuốc nổ, giảm các chi phí và đạt được mức độ đập vỡ đất đá mong muốn. Bên cạnh đó, hệ số nở rời cũng giúp các kỹ sư quản lý hình dạng, kích thước và sự dịch chuyển của đống đá nổ mìn, đảm bảo hiệu quả xúc bốc và vận tải của mỏ. Hệ số nở rời được xác định theo công thức (Sang Ho Cho và nnk, 2003):

$$f_s = \frac{V_f}{V_o} \quad (1)$$

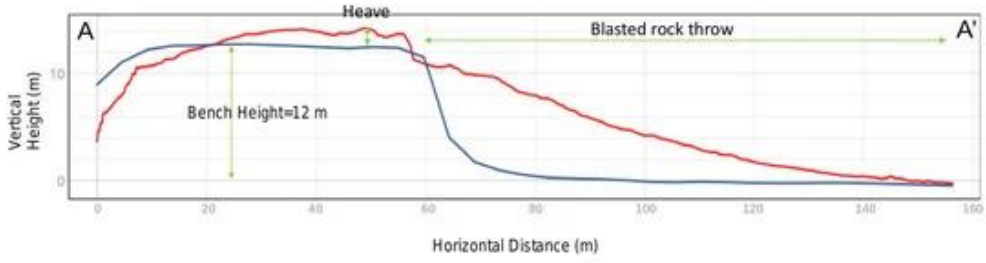
Trong đó: V_f thể tích bãi nổ sau khi nổ, m^3

V_o thể tích ban đầu của bãi nổ, m^3

Để đo đánh giá thể tích ban đầu của bãi nổ, UAV được sử dụng để bay chụp thu thập dữ liệu địa hình của bãi nổ đã được thiết kế. Để đảm bảo độ chính xác của phương pháp, đất đá đã nổ mìn từ các bãi nổ trước đó cần được xúc dọn sạch nhằm đảm bảo thu được dự liệu địa hình ban đầu của bãi nổ chính xác nhất. Thể tích bãi nổ sau khi nổ (thể tích khối đá nguyên khối bị phá vỡ thực tế) và thể tích đống đá nổ mìn cũng được UAV thu thập. Các dữ liệu thu thập sau đó được các phần mềm xử lý ảnh số chuyên dụng, xây dựng mô hình địa hình khu vực khảo sát, qua đó xác định được các thông số hình học của khối đá, đống đá nổ mìn làm cơ sở cho việc tính toán xác định hệ số nở rời (Hình 3).



Hình 2. Thu thập dữ liệu địa hình ban đầu bãi nổ, địa hình đống đá nổ mìn bằng UAV (T. Bamford và nnk, 2020)



Hình 3. Mặt cắt qua đống đá biểu diễn địa hình DEM trước khi nổ và sau khi nổ trong hình 2 (T. Bamford và nnk, 2020)

5. Kết luận

Việc xác định chỉ tiêu thuốc nổ thực tế và hệ số nở rời của đống đá nổ mìn là một trong những công việc khó khăn, tốn kém thời gian, chi phí đối với cả công tác nghiên cứu và công tác đánh giá chất lượng nổ thường xuyên ở mỏ. Các phương pháp truyền thống hoàn toàn có tính khả thi nhưng khó áp dụng, độ chính xác chưa cao. Với sự phát triển nhanh chóng của các công nghệ đo đạc mời trong những năm qua, đặc biệt sự xuất hiện nhanh chóng và hiệu quả ứng dụng UAV trong lĩnh vực mỏ, việc sử dụng UAV trong đo đánh giá xác định chỉ tiêu thuốc nổ thực tế và hệ số nở rời hoàn toàn có thể được thực hiện nhanh chóng, chính

xác, tin cậy với chi phí rẻ, có thể áp dụng phổ biến cho các mỏ, nhất là các mỏ lộ thiên.

Tương lai của việc ứng dụng UAV hứa hẹn nhiều triển vọng. Các xu hướng phát triển trong lĩnh vực này như: nâng cao độ chính xác và chi tiết, tích hợp xử lý và phân tích dữ liệu tự động, giám sát toàn diện và liên tục, cải thiện độ an toàn và tiết kiệm chi phí,… sẽ nhanh chóng tạo điều kiện cho công tác chuyển đổi số trong quản lý mỏ nhan chóng hơn.

Lời cảm ơn

Các tác giả xin cảm ơn đề tài mã số 011.2023 ĐT.CNKK.QG/HĐKHCN do Bộ Công thương quản lý đã hỗ trợ kinh phí giúp chúng tôi thực hiện nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

Pham Van Hoa, C. Drebenstedt, and J. Ortuta, 2009. "Advanced technologies in monitoring blast results in surface mines," *in Resource and Environmental Technologies Chances of German Vietnamese Cooperation*, pp. 70–76.

Dang Tuyet Minh and Nguyen Ba Dung, 2023. "Applications of UAVs in mine industry: A scoping review," *J. Sustain. Min*., vol. 22, no. 2.

Bamford. T., Esmaeili. K., and Shoellig. A. P., 2016. "A real-time analysis of rock fragmentation using UAV tehnology", *Engineering, Environmental Science*.

Rathore. I and Kumar NP, 2015. "Unlocking the potentiality of uavs in mining industry and its implications," *J Innov Res Sci Eng Technol*, vol. 4, no. 3, pp. 852–855.

N. J. M. L. Correia, M. J. L. Valença, S. J. César, and Rocha Suelen, 2020. "Elaboration of planimetric model of open pit with multiple benchs through the conventional methodology and the use of unmanned aerial vehicles (UAV)", *Tecnol. em Metal. Mater. e Mineração*, vol. 16, pp. 439–446.

Camara. T, L. RS, P. R, and Capponi L., 2013. "Controlling dilution and mine planning"

Sang Ho Cho, M. Nishi, M. Yamamoto, and Katshuhiko Kaneko, 2003. "Fragment size distribution in Blasting," *Mater. Trans*., vol. 44, no. 5, pp. 951–956.

Nguyen Viet Nghia, 2020."Building DEM for deep open-pit coal mines using DJI Inspire 2," *J Min Earth Sci*, vol. 61, no. 1, pp. 1–10.

EquipmentGuide.com Construction, 2024. "*BMX Fragmenter Delivers 3D Muckpile Fragmentation Analysis From Drone Imagery for Greater Accuracy*".

Strayos, 2024. "*After The Blast: Measuring Blast Performance with Drones and AI*". https://blog.strayos.com/webinar-summary-after-the-blast-measuring-blast-performance-with-drones-and-ai/.

W. A. Hustrulid, 1999. *Blasting Principles for Open Pit Mining: TheoreticalFoundation* Vol.2.

T. Bamford, F. Medinac, and K. Esmae, 2020. "Continuous Monitoring and Improvement of the Blasting Process in Open Pit Mines Using Unmanned Aerial Vehicle Techniques," *Remote Sesning*, vol. 12, no. 17.

ABSTRACT

Application of UAV in estimating practical powder factor and swelling fator of muckpile

Pham Van Hoa[1,2,3*], Duong Thanh Trung[1], Pham Van Viet[1,3], Tran Quang Hieu[1,3]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

[2]*Center for Science and Technology of Mining and Environment*

[3]*Innovations for Sustainable and Responsible Mining (ISRM)*

Blasting in surface mines is one of technological stage that plays an important role in breaking rocks and ore for the nextr downstream procedures. Improving the quality blasting is important but difficult to do without evaluating several blasting results criteria. This paper presents the methods of using UAV technology for collecting the information of geometry of muckpile before and after the blasts, then establishing 3D model used for estimating practical powder factor and swelling factor. These parameters then will be used for ajusting blasting parameters for increase the blasting efficiency.

Keywords: practical powder factor; swelling factor; UAV technology

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Tổng quan về các kỹ thuật đánh giá mức độ đập vỡ đất đá bằng nổ mìn

Phạm Văn Hòa[1,2,*], Nguyễn Đình An[1], Nguyễn Anh Tuấn[1], Phạm Văn Việt[1], Trần Đình Bão[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Trung tâm Khoa học Công nghệ Mỏ và Môi trường*

TÓM TẮT

Mức độ đập vỡ đất đá bằng nổ mìn là một thông số phản ánh chất lượng của đống đá nổ mìn theo thiết kế. Thông số này biểu diễn sự phân bố cỡ hạt đá của đống đá nổ mìn. Khâu nổ mìn đóng một vai trò quan trọng đến hiệu quả kinh tế của một mỏ lộ thiên. Kết quả nổ mìn ảnh hưởng đến tất cả các khâu công nghệ tiếp theo của mỏ như: xúc bóc, vận tải, nghiền đập, thải đá. Việc dự báo và đánh giá mức độ đập vỡ đất đá bằng nổ mìn có ý nghĩa quan trọng đối với những kỹ sư thiết kế nổ trong thực tế. Kết quả đánh giá sẽ được sử dụng làm cơ sở điều chỉnh, tối ưu hóa các thông số nổ mìn nhằm đem lại hiệu quả sản xuất và kinh doanh cho mỏ. Bài báo này trình bày tổng quan các kỹ thuật đánh giá mức độ đập vỡ đất đá bằng nổ mìn và xu hướng ứng dụng các công nghệ mới nhằm đánh giá ngày càng nhanh và chính xác, giúp cho việc tối ưu hóa công tác nổ trên cơ sở mối quan hệ với các khâu công nghệ khác trong mỏ.

Từ khóa: mức độ đập vỡ đất đá; sự phân bố cỡ hạt đá nổ mìn; kết quả nổ mìn

1. Đặt vấn đề

Phá vỡ đất đá bằng phương pháp khoan – nổ mìn đóng một vai trò quan trọng trong công nghiệp khai thác khoáng sản. Kết quả nổ mìn được thể hiện qua kích thước cỡ hạt đá phá ra và thường được nói đến bằng thuật ngữ mức đập vỡ đất đá, thể hiện tỷ lệ các cục đá có kích thước khác nhau ở đống đá nổ mìn. Mức độ đập vỡ đất đá bằng nổ mìn có ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả của các khâu công nghệ tiếp theo trên mỏ lộ thiên như : xúc bóc, vận tải, nghiền đập, thải đá, và dẫn đến ảnh hưởng đến chi phí khai thác chung của mỏ. Kích thước cục đá lớn có thể làm giảm năng xuất của các thiết bị xúc bóc, vận tải, dẫn đến tăng tần xuất phân loại các cục đá đá quá cỡ, và phải tiến hành nổ mìn lần hai, làm tăng các chi phí khai thác mỏ. Trường hợp đống đá nổ mìn có tỷ lệ cỡ hạt mịn, nhỏ vượt mức, ảnh hưởng đến chi phí thuốc nổ của mỏ. Do vậy, sự phân bố cỡ hạt đá nổ mìn đồng đều, giảm cỡ hạt mịn và cỡ hạt đá quá cỡ, là mong muốn của các mỏ nhằm tối ưu hóa chi phí khai thác chung của mỏ.

Đánh giá mức độ đập vỡ đất đá bằng nổ mìn có ý nghĩa quan trọng và là cơ sở để điều chỉnh các thiết kế nổ, trong đó các thông số nổ mìn có thể kiểm soát như : đường cản, khoảng cách giữa các lỗ mìn, khoảng cách giữa các hàng mìn, chiều cao cột thuốc nổ, chiều cao cột bua, chiều sâu khoan thêm… và những thông số này có thể được tối ưu nhằm giảm tới mức nhỏ nhất ảnh hưởng của các thông số không thể kiểm soát như : mức độ khó nổ của đất đá, cấu trúc địa chất của khối đá… đến kết quả nổ mìn. Việc tối ưu hóa kích thước cỡ hạt đá nổ mìn thường được thực hiện qua một số vụ nổ thử nghiệm, qua đó xác định được các thông số nổ mìn phù hợp. Đo đánh giá cỡ hạt đá nổ mìn sẽ giúp cho việc dự đoán những sự điều chỉnh cần thiết cho công tác thiết kế bãi nổ, qua đó đạt được mức đập vỡ đất đá mong muốn (Suryajyoti Nada and H.K. Naik, 2023; M. P. Roy, và nnk, 2016).

Bài báo này trình bày tổng quan các kỹ thuật đánh giá mức độ đập vỡ đất đá bằng nổ mìn và xu hướng ứng dụng các công nghệ mới nhằm đánh giá ngày càng nhanh và chính xác, giúp cho việc tối ưu hóa công tác nổ trên cơ sở mối quan hệ với các khâu công nghệ khác trong mỏ. Các kỹ thuật đo đánh giá mức độ đập vỡ đất đá có thể chia thành 2 nhóm, nhóm các kỹ thuật truyền thống như : sàng phân loại, đo đếm các cục đá quá cỡ, đo qua năng xuất của máy xúc, kỹ thuật đánh giá trực quan, kỹ thuật đánh giá qua ảnh 2D, và nhóm phương pháp hiện đại như : sử dụng máy quét laser, chụp cắt lớp x-quang, đo ảnh 3D (Bamford. T và nnk, 2016; Sang Ho Cho và nnk, 2003, Gang Ma và nnk, 2016; F. Mees và nnk, 2003).

2. Các kỹ thuật phân tích mức độ đập vỡ đất đá bằng nổ mìn truyền thống

Các kỹ thuật phân tích mức độ đập vỡ truyền thống tồn tại cả ưu điểm và nhược điểm. Một số phương pháp dễ áp dụng nhưng tốn thời gian và chi phí, một số phương pháp đơn giản, đánh giá nhanh nhưng độ chính xác chưa cao.

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamvanhoa@humg.edu.vn

Kỹ thuật sử dụng sàng đánh giá mức độ đập vỡ được thực hiện qua việc đưa các cục đá trong đống đá nổ mìn đi qua các sàng có kích cỡ mắt sàng khác nhau để phân loại cỡ hạt đá nổ mìn tỷ theo kích thước và tỷ lệ. Kỹ thuật này được thực hiện trực tiếp và có độ chính xác các, tuy nhiên đây là phương pháp tốn kém thời gian và chi phí, thường chỉ thực hiện trong một số nghiên cứu, khó thực hiện thường xuyên để đo mức độ đập vỡ cho các vụ nổ ở mỏ (Hình 1).

Các cục đá quá cỡ mà máy xúc không thể xúc được có thể được đếm một cách thủ công, đây là kỹ thuật hữu ích cho các vụ nổ nhỏ, tuy nhiên là phương pháp có tính thủ công, không đánh giá được toàn diện đống đá nổ mìn (Hình 2). Số cục đá quá cỡ trên một mét khối đất đá nổ (N_{qc}) và tỷ lệ đá quá cỡ (V_{qc}) có thể được xác định (Nguyễn Đình Ấu và Nhữ Văn Bách, 1996):

$$N_{qc} = \frac{n}{V} \quad (1)$$

$$V_{qc}=N_{qc}.V_{1qc}.100, \% \quad (2)$$

Trong đó: n - là số cục đá quá cỡ đếm được trong đống đá;

V - là thể tích của các khối nứt quá cỡ trong khối đá trước khi nổ, m^3;

V_{1qc} - là thể tích trung bình của 1 hòn đá quá cỡ, m^3/cục.



Hình 1. Phân loại cỡ hạt bằng sàng (HUB4, 2017)



Hình 2. Đá quá cỡ sau khi nổ mìn (H. Dehghani và nnk, 2019)

Phương pháp tuyến tính: Tiến hành đo hàng loạt tuyến trên đống đá nổ. Ở mỗi tuyến, dùng dây căng ngang từ đỉnh đến chân đống đá. Số lượng tuyến đo càng nhiều thì độ chính xác càng cao. Trên mỗi tuyến đo xác định được tổng chiều dài các cục đá quá cỡ mà dây cắt qua và chiều dài tuyến đó. Tỉ lệ phần trăm đá quá cỡ phát sinh xác định theo công thức (Nguyễn Đình Ấu và Nhữ Văn Bách, 1996):

$$V_{qc}= L_{qc}/L_t.100,\% \quad (3)$$

Trong đó:

L_{qc} - tổng chiều dài các cục đá quá cỡ trên các tuyến đo, m;

L_t - tổng chiều dài các tuyến đo, m.

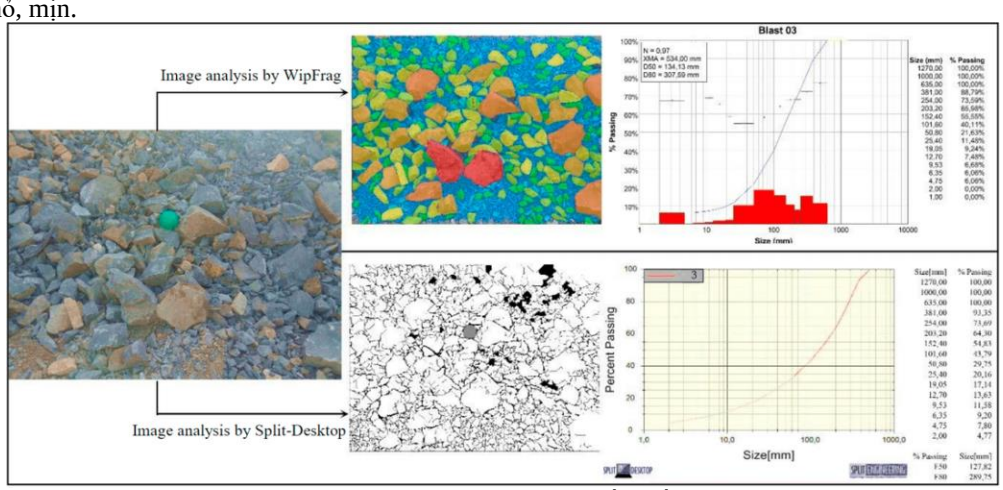
Phương pháp này có ưu điểm là đánh giá nhanh chóng, tiết kiệm chi phí. Tuy nhiên độ chính xác sẽ không cao nếu cách phân bố tuyến không hợp lý.

Một kỹ thuật truyền thống khác là đo năng suất của máy xúc khi xúc bóc các đống đá nổ mìn, trong đó giả thiết rằng các năng suất của máy xúc cao hơn có nghĩa là mức độ đập vỡ tốt hơn. Đây là một phương pháp so sánh khá chính xác mức độ đập vỡ giữa các thiết kế nổ có mức độ đập vỡ đất đá khác nhau, từ đó lựa chọn được thiết kế nổ mang lại mức độ đập vỡ phù hợp. Tuy nhiên đây là kỹ thuật không hiệu quả đối với các bãi nổ có tỷ lệ cỡ hạt đá nhỏ, mìn nhiều.

Kỹ thuật đơn giản nhất là sử dụng phương pháp quan sát để đánh giá mức độ đập vỡ ngay sau khi nổ mìn. Đây là kỹ thuật nhanh và đơn giản, tuy nhiên độ tin cậy không cao.

Kỹ thuật phân tích mức độ đập vỡ qua ảnh: tiến hành chụp ảnh bề mặt đống đá sau khi nổ mìn. Mức độ tin cậy của phương pháp tùy theo số lượng ảnh, mỗi ảnh có thể cần vật chuẩn để quy đổi tỷ lệ đo. Đây là kỹ thuật đo đánh giá mức độ đập vỡ có thể được tiến hành gián đoạn hoặc liên tục, không gây gián đoạn

sản xuất, giảm đáng kể các tác động của sai số lấy mẫu và nâng cao được độ chính xác, hiệu quả về mặt kinh tế (Hình 3) (A.T Elahi và Mehdi Hoseini, 2017; A Saadoun và nnk, 2022). Kỹ thuật phân tích qua ảnh cũng có một số nhược điểm như: thiếu các thông tin về chiều sâu cục đá, bị che lấp, chồng lên nhau, méo ảnh, hiệu ứng phối cảnh, độ nhạy với ảnh sáng và chất lượng của ảnh, khó khăn trong việc phân tích các cỡ hạt nhỏ, mịn.

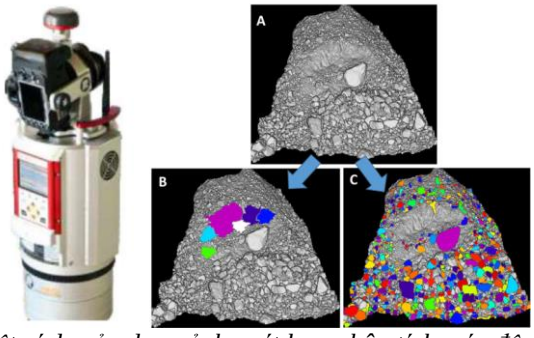


Hình 3. Phân tích mức độ đập vỡ qua ảnh sử dụng phần mềm WipFrag và Split-Desktop (A Saadoun và nnk, 2022)

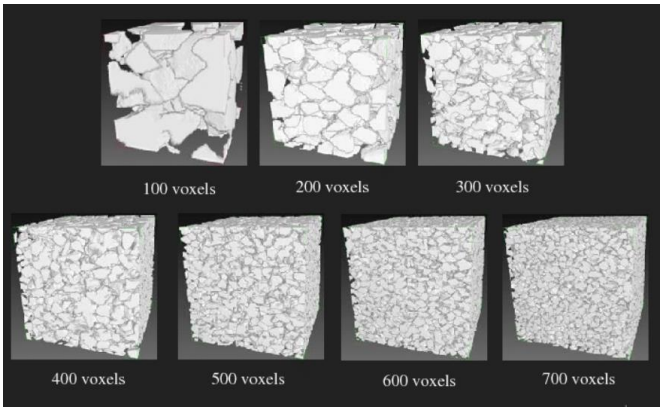
3. Các kỹ thuật phân tích mức độ đập vỡ đất đá bằng nổ mìn trên cơ sở ảnh 3D

Các kỹ thuật phân tích mức độ đập vỡ đất đá dựa trên cơ sở ảnh 3D gần đây có sự phát triển mạnh do sự xuất hiện của các máy bay UAV. Ở phương pháp này, việc tính toán thể tích đá phá vỡ được thực hiện thông qua đo kích thước ba chiều sử dụng ảnh 3D. Đây là một phương pháp chính xác và tin cậy. Các kỹ thuật đo đánh giá mức độ đập vỡ sử dụng ảnh 3D có thể kể đến như:

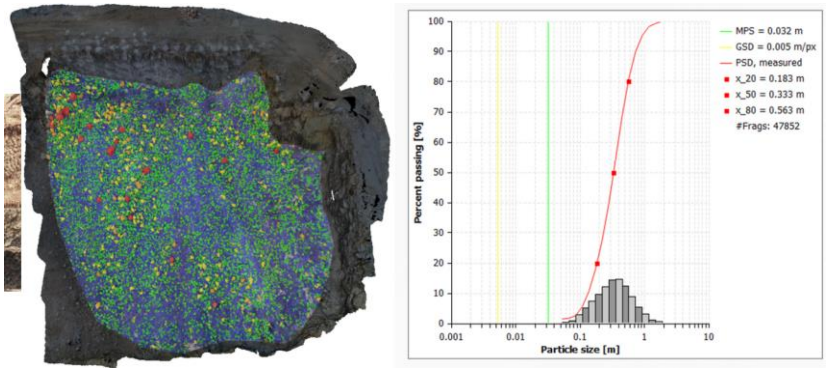
- Kỹ thuật quét laze: kỹ thuật này sử dụng các tia laze để tạo ra ảnh 3D chính xác các cục đá trong đống đá. Các thiết bị scan laze sẽ thu ảnh 3D bề mặt các cục đá. Các thiết bị này khá đa dạng được sử dụng trên mặt đất, trên không hoặc gắn trên UAV (tùy thuộc vào quy mô ứng dụng) (A. D. Campbell và nnk, 2017). Kỹ thuật này có thể sử dụng thu thập dữ liệu ảnh 3D ngay cả trong điều kiện trời tối. Đây là thiết bị đòi hỏi chi phí đầu tư thiết bị khá lớn. Tuy nhiên với sự phát triển nhanh chóng của khoa học, kỹ thuật việc tiếp cận các máy quét laze chuyên dùng cho lĩnh vực mỏ và dân dụng ngày càng dễ dàng và với chi phí hợp lý hơn (Hình 4).
- Kỹ thuật chụp cắt lớp tia X-quang: phương pháp này sử dụng tia X để quét, tạo ra một loạt các ảnh tia X dạng 2D và sau đó các ảnh này được sử dụng để xây dựng nên một mô hình 3D của mẫu đá, cho phép chúng ta phân tích một cách chi tiết cấu trúc bên trong và hình dạng bên ngoài của các cục đá riêng lẻ (Hình 5) (F. Mees, 2003).
- Kỹ thuật phân tích ảnh 3D thu thập từ UAV: kỹ thuật này sử dụng một loạt các ảnh 2D chụp ảnh đống đá nổ mìn từ các góc khác nhau để xây dựng ảnh 3D của các cục đá thông qua một quá trình xử lý ảnh kỹ thuật số và các thuật toán tái cấu trúc. Từ các ảnh chụp đống đá nổ mìn, phần mềm phân tích sẽ phân định ranh giới các cục đá riêng lẻ trên một mô hình 3D bằng cách kết hợp phân tích bề mặt 3D và phân tích ảnh 2D. Đề phân tích mức độ đập vỡ đất đá tốt nhất thì cần tiến hành nhiều chuyến bay bằng UAV để thu thập ảnh trong quá trình xúc đống đá nổ mìn (Hình 6).



Hình 4. Một ví dụ sửa dụng ảnh quét laze phân tích mức độ đập vỡ đất đá (A.D. Campbell và nnk, 2017)



Hình 5. Một ví dụ sử dụng ảnh quét tia X phân tích kích thước cục đá (Y. M. Toshifumi và nnk, 2016)



Hình 6. Một ví dụ phân tích mức độ đập vỡ sử dụng ảnh 3D xây dựng từ UAV (3GSH Gmbh, 2024)

Các nghiên cứu so sánh về độ chính xác của phương pháp đó đánh giá mức độ đập vỡ đất đá bằng nổ mìn 2D và 3D đã được nhiều nghiên cứu thực hiện. Nghiên cứu của Onederra &nnk (2015), Campel &nnk (2017) Hyongdo &nnk (2019)... đã tiến hành đánh giá mức độ đập vỡ đất đá nổ mìn sử dụng hệ thống ảnh 3D, kết quả cho thấy độ chính xác cao hơn đánh giá cỡ hạt bằng hệ thống ảnh 2D. Các tác giả đều đề xuất sử dụng phương pháp đo đánh giá cỡ hạt 3D như một phương pháp mới sử dụng trong đánh giá mức độ đập vỡ đất đá nổ mìn cho cả mỏ lộ thiên và mỏ hầm lò.

Những ưu điểm của phương pháp phân tích mức độ đập vỡ sử dụng ảnh 3D bao gồm: độ chính xác được cải thiện thông qua việc xây dựng mô hình 3D của cục đá trong đống đá nổ mìn; nhìn trực quan một cách rõ ràng kích cỡ, hình dạng và sự phân bố các cục đá để phân tích một cách chi tiết hơn; phân tích toàn diện các thông số mức độ đập vỡ như sự phân bố cỡ hạt, thể tích và diện tích bề mặt; khả năng tối ưu hóa do cung cấp dữ liệu định hướng cho việc điều chỉnh thiết kế nổ, lựa chọn thuốc nổ, quy trình đưa ra các cải tiến hiệu quả.

4. Những thách thức và hướng phát triển trong tương lai

Từ những kỹ thuật, phương pháp đã trình bày ở trên có thể thấy, các kỹ thuật đánh giá mức độ đập vỡ đất đá bằng nổ mìn truyền thống có những ưu điểm và nhược điểm, và nhìn chung mức độ áp dụng những phương tiện kỹ thuật còn hạn chế làm tăng chi phí và thời gian, hoặc đơn giản dẫn đến độ tin cậy chưa cao.

Các phương pháp xác định mức độ đập vỡ đất đá trên cơ sở ảnh 3D, được xây dựng trên cơ sở các thiết bị bay UAV, đang cho thấy những ưu điểm cả về độ chính xác và chi phí cho các mỏ lộ thiên. Tuy nhiên, vẫn còn một số thách thức và hướng phát triển trong tương lai của kỹ thuật đo đánh giá mức độ đập vỡ đất đá theo hướng này như:

Những thách thức trong việc xử lý dữ liệu, trong giảm chi phí đầu tư các thiết bị thu thập dữ liệu ảnh đo để có thể ứng dụng phổ biến hơn trong ngành mỏ.

Tiếp tục cần sự đầu tư, nghiên cứu, phát triển các thuật toán phân tích tự động, các hệ thống đo đánh giá cỡ hạt đá thời gian thực.

Trong tương lai, cần tiếp tục cải thiện độ phân giải ảnh chụp và tốc độ quét ảnh, tích hợp thiết bị và phương pháp đo với các thiết bị tại hiện trường, thu thập ảnh đa quy mô, đa phương thức, ứng dụng trí tuệ nhân tạo và máy học để tăng độ chính xác và tốc độ phân tích, kiểm soát và theo dõi thời gian thực, ứng dụng mô phỏng, xem xét đến các khía cạnh về môi trường và sự bền vững.

5. Kết luận

Đánh giá mức độ đập vỡ đất đá bằng nổ mìn có ý nghĩa quan trọng trong việc điều chỉnh, tối ưu hóa các thông số nổ mìn nhằm mang lại hiệu quả sản xuất, kinh doanh cho mỏ. Các kỹ thuật, phương pháp đánh giá truyền thống đã được áp dụng cho mục đích này khá đa dạng và được cải tiến theo sự phát triển của khoa học, công nghệ.

Các phương pháp đánh giá mức độ đập vỡ đất đá trên cơ sở ảnh 3D thu thập từ UAV đang cho thấy được những ưu điểm cả về độ chính xác, tiết kiệm thời gian và chi phí. Chính vì vậy, việc đẩy mạnh ứng dụng kỹ thuật này trong đánh giá mức độ đập vỡ đất đá nổ mìn trong lĩnh vực mỏ, sẽ giúp cho các kỹ sư thiết kế nổ có được thông tin để đưa ra được những quyết định điều chỉnh thiết kế nổ một cách nhanh chóng, mang lại hiệu quả khi xem xét mối quan hệ tổng thể với các khâu công nghệ khai thác khác trong mỏ.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin cảm ơn đề tài cấp Quốc Gia mã số 011.2023 ĐT.CNKK.QG/HĐKHCN do Bộ Công thương quản lý đã hỗ trợ kinh phí giúp chúng tôi thực hiện nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

Nguyễn Đình Ấu and Nhữ Văn Bách, 1996 *Phá vỡ đất đá bằng phương pháp khoan - nổ mìn*.

A. Campbell and M. Thurley, “Application of laser scanning to measure fragmentation in underground mines,” *Min. Technol.*, vol. 126, pp. 240–247, 2017.

A. D. Campbell and M. J. Thurley, 2017 “Application of laser scanning to measure fragmentation in underground mines,” *Min. Technol.*, vol. 126, no. 4.

A. Saadoun, F. Mohamed, B. Riadh, and Hadji Riheb, “Fragmentation analysis using digital image processing and empirical model (KuzRam): a comparative study,” *J. Min. Inst.*, vol. 257, pp. 822–832, 2022.

A. T. Elahi and Mehdi Hosseini, 2017 “Analysis of blasted rocks fragmentation using digital image processing (case study: limestone quarry of Abyek Cement Company),” *Int. J. Geo-Engineering*, vol. 8, no. 16.

Bamford. T., Esmaeili. K., and Shoelig. A. P.,2016 “A real-time analysis of rock fragmentation using UAV tehnology,”.

F. Mees, R. Swennen, M. Van Geet, and Jacobs, 2003 “Applications of X-ray computed tomography in the geosciences,” *Geol. Soc. London, Spec. Publ.*, vol. 215, pp. 1–6.

HUB4, 2017 “SBR 2 is effective in rough stone quarries in everyday life,”. https://hub-4.com/news/sbr-2-is-effective-in-rough-stone-quarries-in-everyday-life.

H. Dehghani, N. Babanouri, F. Alimohammadnia, and Mokhtar Kalhori, 2019 “Blast-Induced Rock Fragmentation in Wet Holes,” *Mining, Metall. Explor.*.

Hyondoo Jang et. al., “Development of 3D rock fragmentation measurement system using photogrammetry,” *Int. J. Mining, Reclam. Environ.*, 2019.

M. P. Roy, R. K. Paswan, M. Sarim, S. Kumar, R. R. Jha, and P. K. Singh, 2016 “Rock Fragmentation by Blasting - a review,” *J. Mines, Met. Fuels*, vol. 64, no. 6.

Sang Ho Cho, M. Nishi, M. Yamamoto, and Katshuhiko Kaneko, 2003 “Fragment size distribution in Blasting,” *Mater. Trans.*, vol. 44, no. 5, pp. 951–956.

Suryajyoti Nada and H.K. Naik, 2023 “A review of the blast fragmentation Analyis Techniques used in Surface Mines,” *J. Mines, Met. Fuels*, vol. 71, no. 12, pp. 2445–2454.Gang Ma, Wei Zhou, Richard. R. A., Q. Wang, and Xiaolin Chang, 2016 “Modeling the fragmentation of rock grains using computed tomography and combined FDEM,” *Powder Technol.,*.

Y. M. Toshifumi Mukunoki and E. S. Kazuaki Mikami, “X-ray CT analysis of pore structure in sand,” *Solid Earth Discuss*, 2016.

3GSM Gmbh, “Blast analysis.” https://3gsm.at/blast-analysis/.

O. I., M. J. Thurley, and A. Catalan, “Measuring blast fragmentation at Esperanza mine using high-resolution 3D laser scanning,” *Min. Technol.*, vol. 124, pp. 34–36, 2015.

ABSTRACT

Overview of rock fragmentation analysis techniques by blasting

Pham Van Hoa[1,2*], Nguyen Dinh An[1], Nguyen Anh Tuan[1], Pham Van Viet[1], Tran Dinh Bao[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Center for Science and Technology of Mining and Environment*

Rock fragmentation analysis by blasting is a parameter that reflects the quality of muckpile. This parameter presents the distribution of rock fragments in a muckpiles. Blasting plays an important role and directly influences on economic efficiency of an surface mine. Blasting result affects next technological steps of mine such as : loading, hauling, crushing and milling, dumping. The forecast and estimation of rock fragmentation by blasting has a important meaning to the mining engineering that design the blasts in practice. The estimation result is used as a base for asjusting, optimizing blasting parameters to bring the efficiency for production and business of mine. This paper presents overview techniques for estimating rock fragmentation analysis by blasting and the directions in applying new technologies for fast and presise results, and this will helps for the optimizing blasting work based on the relationship with other technological stages in mine.

Keywords: rock fragmentation analysis; rock fragment distribution; blasting results

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Tình hình thực hiện chính sách, pháp luật về an toàn vệ sinh lao động trong hoạt động khai thác than ở Việt Nam

Đỗ Ngọc Hoàn[1,2*], Lê Thị Thu Hoa[1,2], Nguyễn Tuấn Thành[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm nghiên cứu mạnh Những tiến bộ trong Khai thác mỏ bền vững và có trách nhiệm (ISRM)*

TÓM TẮT

Lao động trong ngành than được xếp vào lĩnh vực nghề nghiệp nặng nhọc độc hại, người lao động (NLĐ) luôn phải tiếp xúc với những nguy cơ rủi ro cao về an toàn vệ sinh lao động (ATVSLĐ). Trong các năm qua, ngành than đã thực hiện chỉ đạo của Đảng và Chính phủ nhằm nâng cao hiệu quả công tác ATVSLĐ. Để đánh giá tình trạng thực hiện chính sách, pháp luật ATVSLĐ trong hoạt động khai thác than ở Việt Nam, nghiên cứu tập trung đi vào phân tích việc thực hiện các nội dung về huấn luyện ATVSLĐ; Công tác thanh kiểm tra liên ngành và từng ngành; các vi phạm về ATVSLĐ; Quá trình tự kiểm tra về ATVSLĐ, rà soát, bổ sung các nội quy, quy phạm, quy trình làm việc; Quan trắc môi trường lao động (MTLĐ); Tổ chức khám tầm soát và điều trị bệnh nghề nghiệp (BNN) cho NLĐ trong 10 năm từ 2013 đến 2022. Thông qua phân tích đánh giá xem xét việc triển khai thực hiện các chính sách pháp luật về ATVSLĐ tại các doanh nghiệp này có đáp ứng yêu cầu thực tế không. Từ đó đưa ra các giải pháp nhằm hạn chế, khắc phục những tồn tại và nâng cao hiệu quả công tác ATVSLĐ tại các doanh nghiệp khai thác than tại Việt Nam.

Từ khóa: Chính sách; pháp luật; ngành than; an toàn; vệ sinh lao động

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, nhất là sau Chỉ thị 29-CT/TW của Ban Bí thư "Về đẩy mạnh công tác an toàn lao động, vệ sinh lao động trong thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa và hội nhập quốc tế" và Luật ATVSLĐ được ban hành, công tác huấn luyện ATVSLĐ của các đơn vị, doanh nghiệp ngành than được quan tâm đã được đẩy mạnh (Cục an toàn, vệ sinh lao động, 2021). Các biện pháp bảo vệ môi trường, phòng ngừa tai nạn lao động (TNLĐ), BNN đã được quan tâm nhiều hơn ở tất cả các cấp từ trung ương tới NLĐ (Mai Ngọc Thanh và nnk, 2024). Không thể phủ nhận rằng: điều kiện lao động được cải thiện rõ ràng, văn hóa an toàn trong sản xuất cũng được tăng cường, gắn ATVSLĐ với bảo vệ môi trường và hiệu quả sản xuất trong ngành than.

Tuy nhiên, trong 6 tháng đầu năm 2024, các doanh nghiệp khai thác than đã để xảy ra 17 vụ TNLĐ nghiêm trọng làm chết 22 người và làm bị thương nhiều người (Bộ Lao động – Thương binh và Xã hội, 2024). Nguyên nhân chủ yếu dẫn tới TNLĐ là do chủ quan, cắt bớt quy trình, không chấp hành nghiêm kỷ luật lao động. Câu hỏi đặt ra là tại sao ngành than đã thực hiện các biện pháp nâng cao công tác ATVSLĐ mà các TNLĐ nghiêm trọng vẫn diễn ra với chiều hướng không giảm.

Theo báo cáo của Tập đoàn Công Nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV), công tác tuyên giáo đối với ATVSLĐ đã được đổi mới với nhiều hình thức đa dạng đang được cải thiện rõ rệt về chất và lượng (Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam, 2023). Hầu hết các đơn vị này đều xây dựng được bộ phận phụ trách riêng về công tác ATVSLĐ, xây dựng được hệ thống an toàn vệ sinh viên đến cấp tổ đội. Tuy nhiên, lực lượng cán bộ có chuyên môn về quản lý ATVSLĐ vẫn còn thiếu cả về số lượng và chất lượng, chưa thực sự đáp ứng được yêu cầu phát triển của ngành. Số liệu thống kê về TNLĐ còn chưa đầy đủ, kịp thời chưa đáp ứng được yêu cầu trong việc phân tích, nhận diện mối nguy trong ATVSLĐ.

Như vậy, Công tác thực hiện chính sách, pháp luật về an toàn vệ sinh lao động trong hoạt động khai thác than ở Việt Nam tuy đã được quan tâm cải thiện rất nhiều. Nhưng đi cùng với đó là sự gia tăng sản lượng khai thác, chuyển đổi phương thức và phương tiện kỹ thuật khai thác, còn tồn tại một bộ phận nhỏ NLĐ chưa thực sự nắm vững văn hóa ATVSLĐ trong công việc, chạy đua theo sản lượng, dẫn tới sự thay đổi về công tác ATVSLĐ đã được cải thiện rất nhiều nhưng vẫn còn nhiều vướng mắc và chưa thực sự đáp ứng yêu cầu.

* *Tác giả liên hệ*
Email: *dongochoan@humg.edu.vn*

2. Phương pháp và dữ liệu nghiên cứu

Phương pháp xử lý số liệu và phân tích thống kê: Các đánh giá về tình hình thực hiện chính sách pháp luật về ATVSLĐ tại các doanh nghiệp ngành than được đưa ra từ viêc phân tích các số liệu thống kê của TKV trong giai đoạn từ 2013 đến 2023. Đây là phương pháp đơn giản nhưng cho kết quả trực quan và chính xác phù hợp với đánh giá của nghiên cứu.

Phương pháp nghiên cứu tài liệu: Các thông tin liên quan đến kết quả nghiên cứu của công bố được thu thập, phân tích dựa trên hệ thống văn bản pháp luật của Nhà nước, các chủ trương chính sách liên quan đến ATVSLĐ nói chung và ngành than nói riêng. Trên cơ sở đó kết hợp với phân tích các số liệu thống kê để đưa ra kết luật cho vấn đề nghiên cứu.

3. Chính sách, pháp luật về ATVSLĐ

3.1. Chủ trương, chính sách của Đảng và Nhà nước về ATVSLĐ

Bảo đảm ATVSLĐ, cải thiện môi trường làm việc, phòng ngừa TNLĐ, BNN, chăm sóc và bảo vệ sức khoẻ NLĐ, "là chính sách lớn của Đảng và Nhà nước ta, đây được coi là một nhiệm vụ quan trọng trong chiến lược phát triển kinh tế - xã hội của đất nước". Với phương châm "An toàn để sản xuất, sản xuất phải an toàn"; công tác ATVSLĐ luôn được quan tâm hàng đầu trong phát triển sản xuất và ổn định xã hội. Báo cáo Chính trị tại Đại hội lần thứ XI của Đảng chỉ rõ: "Chăm lo bảo hộ lao động; cải thiện điều kiện làm việc; hạn chế tai nạn lao động; tăng cường thanh tra, kiểm tra, xử lý nghiêm các vi phạm pháp luật lao động, đưa việc thi hành pháp luật lao động vào nền nếp; xây dựng quan hệ lao động ổn định, hài hoà, tiến bộ". Chỉ thị số 31-CT/TW vừa được Ban Bí thư ban hành ngày 19/3/2024 khẳng định: "tiếp tục tăng cường sự lãnh đạo của Đảng đối với công tác ATVSLĐ trong tình hình mới".

Nhiều sáng kiến cải thiện điều kiện lao động, phong trào thi đua đảm bảo ATVSLĐ thu hút khoảng 34 nghìn NLĐ tham gia với 16 nghìn sáng kiến được đưa ra (Cục an toàn, vệ sinh lao động, 2021). Công tác đào tạo chuyên gia ATVSLĐ đặc biệt với những người làm công tác huấn luyện, người quản lý công tác ATVSLĐ đã được tăng cường và kiểm tra, kiểm soát nghiêm ngặt hơn. Công tác thanh tra cũng được đẩy mạnh từ các đơn vị kinh doanh khai thác tới các đơn vị tổ chức hoạt động trong công tác dịch vụ huấn luyện và kiểm định về ATVSLĐ.

3.2. Quy định pháp luật về ATVSLĐ

Để quản lý ATVSLĐ trong hoạt động khai thác than dưới sự chỉ đạo, giám sát của các Bộ Lao động thương binh xã hội; Bộ Y tế; Bộ Công thương và Bộ Khoa học công nghệ. Luật ATVSLĐ năm 2015 quy định việc bảo đảm quy trình làm việc an toàn và VSCN; đảm bảo các chế độ đối với người bị TNLĐ, BNN. Luật này được cụ thể hóa trong các nghị định về: hướng dẫn thi hành Luật ATVSLĐ quy định trong Nghị định 39/2016/NĐ-CP; "quy định về thực hiện bảo hiểm TNLĐ, BNN bắt buộc" tại Nghị định 88/2020/NĐ-CP; Quy định về "kiểm định kỹ thuật, huấn luyện ATVSLĐ và quan trắc MTLĐ" theo Nghị định 44/2016/NĐ-CP. Ngoài ra, để thực hiện "các chế độ về đóng bảo hiểm bắt buộc" theo quy định của Nhà nước còn có Nghị định 143/2018/NĐ-CP và Nghị định 88/2020/NĐ-CP.

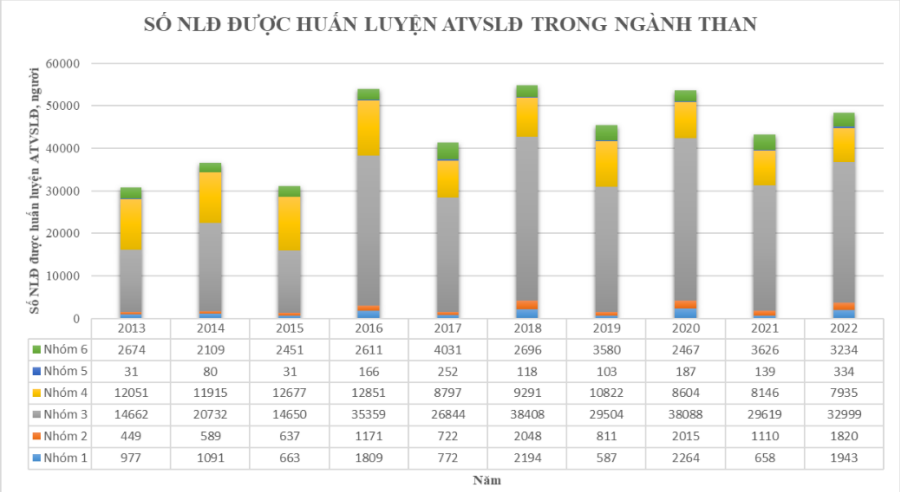
Dưới nghị định có các thông tư hướng dẫn về: quy định về nội dung tổ chức thực hiện ATVSLĐ đối với các đơn vị ngành than được cụ thể hóa trong Thông tư 07/2016/TT-BLĐTBXH; Tiến hành phân loại điều kiện lao động thực hiện theo Thông tư 29/2021/TT-BLĐTBXH; "Danh mục công việc có yêu cầu nghiêm ngặt về ATVSLĐ" theo Thông tư 06/2020/TT-BLĐTBXH; "Phân loại tính chất công việc trong Danh mục nghề, công việc nặng nhọc, độc hại, nguy hiểm và nghề, công việc đặc biệt nặng nhọc, độc hại, nguy hiểm" theo hướng dẫn Thông tư 11/2020/TT-BLĐTBXH; Khi TNLĐ xảy ra cần thực hiện các chế độ đối với NLĐ theo hướng dẫn của Thông tư 28/2021/TT-BLĐTBXH; Việc thống kê, báo cáo, phân tích, tổng hợp, công bố về TNLĐ, SKNN được thực hiện theo Thông tư 13/2020/TT-BLĐTBXH; Quản lý VSLĐ và SKNN được quy định trong Thông tư 19/2016/TT-BYT; Thực hiện "chế độ trang cấp phương tiện bảo vệ cá nhân trong lao động" trong thông tư 25/2022/TT-BLĐTBXH; Thực hiện "chế độ về Bảo hiểm xã hội bắt buộc, Bảo hiểm TNLĐ, BNN" theo hướng dẫn tại Thông tư 18/2022/TT-BYT sửa đổi và Thông tư 56/2017/TT-BYT; thực hiện "bồi dưỡng bằng hiện vật đối với NLĐ làm việc trong điều kiện có yếu tố nguy hiểm, yếu tố có hại" quy định tại Thông tư 24/2022/TT-BLĐTBXH.

3.3. Tình hình thực hiện chính sách pháp luật về ATVSLĐ của ngành than

Trong tổng số các vụ TNLĐ nghiêm trọng xảy ra trong ngành khai thác than thì 81% xảy ra tại các mỏ than Hầm lò do các nguyên nhân về sập lò, nổ khí, bục nước, ngạt khí, trượt ngã,... 19% còn tại là các vụ TNLĐ xảy ra trên các mỏ lộ thiên chủ yếu do nguyên nhân sạt lở bờ mỏ, lật xe,...(Mai Ngọc Thanh và nnk, 2024).

Theo báo cáo ATVSLĐ giai đoạn 2013 - 2023 cho thấy TNLĐ, BNN trong khai thác mỏ, nhất là trong

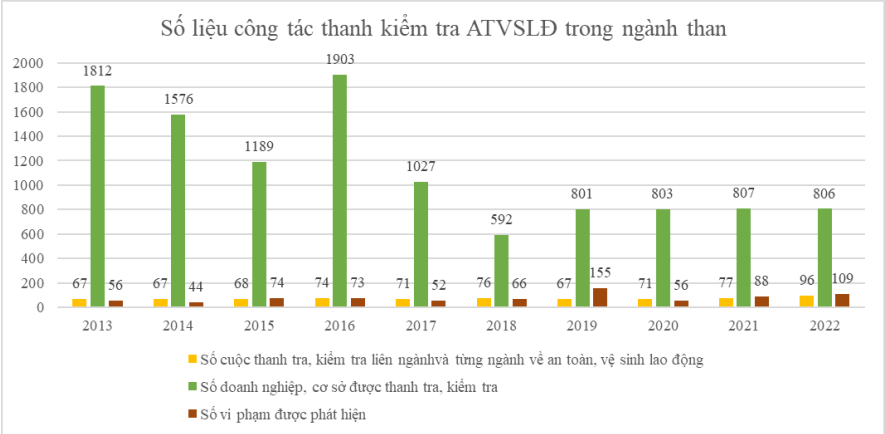
khai thác Than tuy đã được cải thiện rất nhiều nhưng vẫn đang tồn tại nhiều vấn đề nghiêm trọng (Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam, 2023). Trong giai đoạn 2013-2023 TKV đã mở từ 331 (2013) lớp tập huấn, huấn luyện về ATVSLĐ và tăng dần lên đến 1303 lớp (2022), do đó tổng số người lao động được huấn luyện hàng năm cũng tăng từ 30.844 người (2013) lên 48.265 người (2022) (Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam, 2023). Chúng ta thấy rằng do đặc thù công việc nặng nhọc vất vả, tiềm ẩn nhiều nguy cơ mất ATVSLĐ nên trong những năm qua các doanh nghiệp khai thác than cũng đã dần chuyển đổi cơ giới hóa, tự động hóa các khâu công nghệ, một phần do chuyển dịch cơ cấu lao động sang các lĩnh vực khác có điều kiện lao động tốt hơn nên số lượng lao động tại các đơn vị khai thác than có xu hướng giảm. Điều này cho thấy rằng mặc dù số NLĐ giảm nhưng số người lao động được huấn luyện ATVSLĐ có xu hướng giảm nhẹ theo là một điều tất nhiên. Mặt khác, trong năm 2021 xảy ra dịch COVID nên việc tập trung lao động và huấn luyện ATVSLĐ bị gián đoạn do vậy số NLĐ được huấn luyện cũng giảm theo (sơ đồ hình 1).



	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Nhóm 6	2674	2109	2451	2611	4031	2696	3580	2467	3626	3234
Nhóm 5	31	80	31	166	252	118	103	187	139	334
Nhóm 4	12051	11915	12677	12851	8797	9291	10822	8604	8146	7935
Nhóm 3	14662	20732	14650	35359	26844	38408	29504	38088	29619	32999
Nhóm 2	449	589	637	1171	722	2048	811	2015	1110	1820
Nhóm 1	977	1091	663	1809	772	2194	587	2264	658	1943

Hình 1. Số NLĐ được huấn luyện ATVSLĐ theo các nhóm [5]

Nhìn vào biểu đồ hình 1 ta nhận thấy số NLĐ thuộc nhóm 3: "Người lao động làm công việc có yêu cầu nghiêm ngặt về ATVSLĐ" có xu hướng tăng thay vì cơ cấu trong những năm trước chủ yếu là NLĐ thuộc nhóm 4 tham gia học ATVSLĐ. Điều này thể hiện công tác huấn luyện ATVSLĐ đã đi vào thực tế là đào tạo và nâng cao ý thức cho NLĐ trực tiếp.

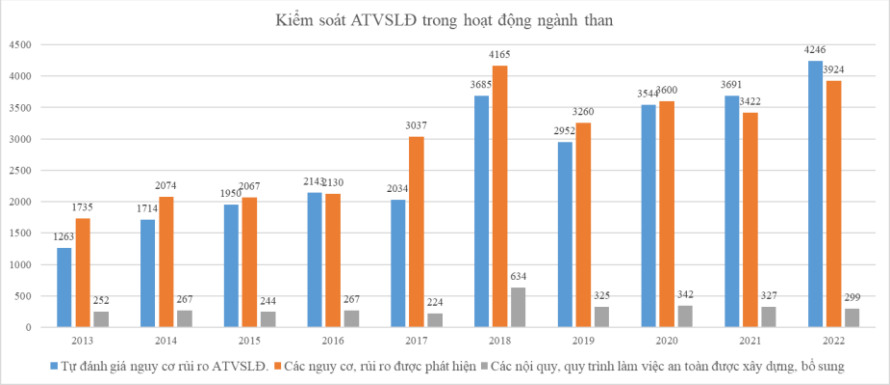


Hình 2. Số liệu về công tác thanh tra, kiểm tra liên ngành về ATVSLĐ trong ngành than

Biểu đồ hình 2 thể hiện số cuộc thanh tra, kiểm tra liên ngành và từng ngành về ATVSLĐ tại các doanh nghiệp khai thác than ngày càng gia tăng, điều này thể hiện sự quan tâm của bộ, ngành tới vấn đề này được chú trọng. Số doanh nghiệp khai thác chế biến than được thanh tra, kiểm tra có xu hướng giảm trong các năm từ 2017 đến 2022, điều này một phần là do quá trình tái cơ cấu doanh nghiệp trong ngành than dẫn tới sự sụt giảm về số lượng các cơ sở sản xuất kinh doanh. Hiện nay, các mỏ Hầm lò và Lộ thiên thực hiện khai thác xuống sâu hơn khiến điều kiện khai thác ngày càng trở lên khó khăn vấn đề ATVSLĐ cũng càng phát sinh những vấn đề khó giải quyết. Số vụ vi phạm về ATVSLĐ được phát hiện ngày càng nhiều 56 vụ (2013), 66 vụ (2018) và 109 vụ (2022) (Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam, 2023). Thực

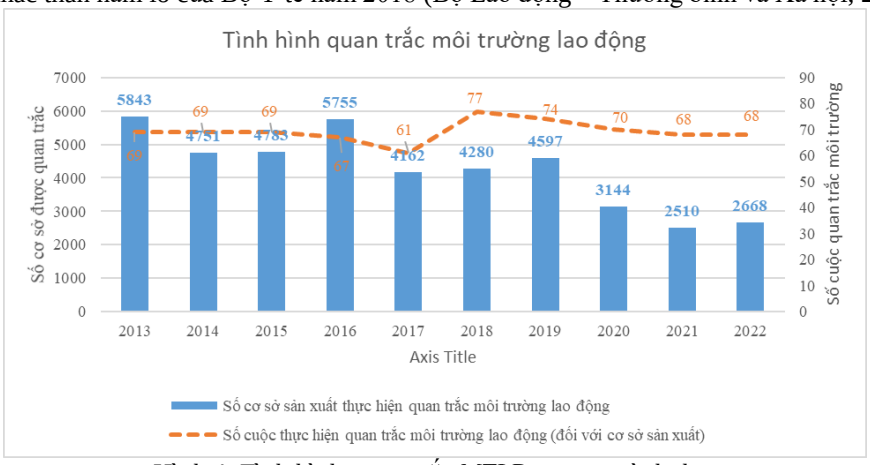
chất số vi phạm có xu hướng gia tăng một phần là do công tác thanh kiểm tra được tăng cường, một phần lớn vẫn do ý thức, trách nhiệm của các đơn vị khai thác mỏ và NLĐ về công tác ATVSLĐ còn chưa cao.

Số liệu về các cuộc tự kiểm tra ATVSLĐ, đánh giá rủi ro, bổ sung các nội quy, quy phạm nơi làm việc được đẩy mạnh (hình 3), các trang thiết bị và quy trình ATVSLĐ cũng dần được áp dụng nhiều hơn trong tất cả các khâu sản xuất. Điều này thể hiện rõ quyết tâm của ngành than nhằm nâng cao ý thức, văn hóa ATVSLĐ.

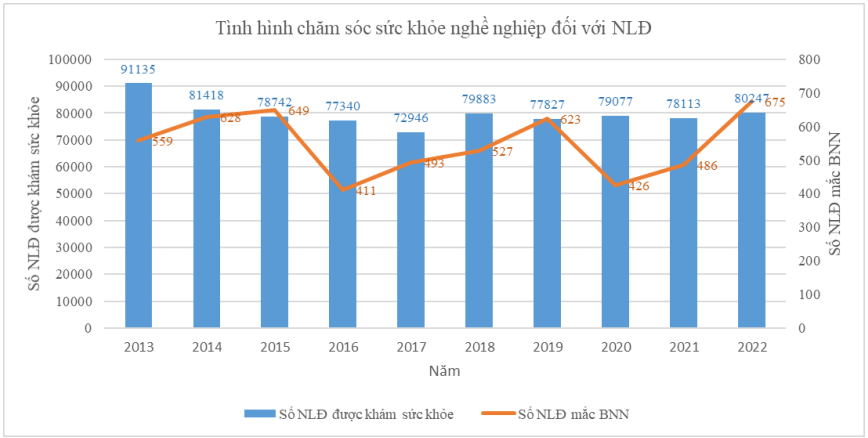


Hình 3. Vấn đề kiểm soát ATVSLĐ trong hoạt động khai thác và kinh doanh than

Theo sơ đồ hình 4, số cơ sở thực hiện quan trắc MTLĐ trong ngành than có xu hướng giảm, nguyên nhân là do số lượng doanh nghiệp sản xuất giảm do tái cơ cấu doanh nghiệp, nhiều công ty, xí nghiệp được sáp nhập. Kết quả đo nồng độ bụi tại các cơ sở nghiên cứu phù hợp với đặc điểm điều kiện lao động chung của ngành khai thác than hầm lò. Bụi là vấn đề quan trọng bậc nhất trong vệ sinh công nghiệp khai thác than. Bụi mịn phát sinh trong nhiều công đoạn sản xuất như khoan nổ mìn, xúc bốc, vận chuyển, đào xúc, gia cố, thông gió,… Dẫn tới ô nhiễm bụi nghiêm trọng, nhiều vị trí làm việc nồng độ bụi từ 30 - 100 mg/m^3, vượt TCCP từ 20-25 lần. Kết quả này tương đồng với tổng hợp một số nghiên cứu về bệnh nghề nghiệp ở ngành khai thác than hầm lò của Bộ Y tế năm 2018 (Bộ Lao động – Thương binh và Xã hội, 2024).



Hình 4. Tình hình quan trắc MTLĐ trong ngành than



Hình 5. Tình hình chăm sóc SKNN cho NLĐ trong ngành than

Với đặc thù của ngành Than - Khoáng sản công việc trên các khai trường, hầm mỏ có tỷ lệ mắc các bệnh lý về bụi phổi cao nên Bệnh viện Than - Khoáng sản luôn quan tâm thăm khám, sàng lọc để đưa người lao động đến điều trị kịp thời. Bệnh viện còn quản lý 2 trung tâm y tế Than khu vực Uông Bí và Khu vực Mạo Khê và hệ thống các phòng y tế tại các công ty tạo thành mạng lưới y tế đảm bảo chăm sóc sức khỏe NLĐ. Bệnh viện đã thực hiện súc rửa phổi cho tổng số gần 2.500 lượt người mắc bệnh về bụi phổi, đảm bảo an toàn tuyệt đối. Bình quân, mỗi năm, Bệnh viện tổ chức rửa phổi cho khoảng trên 300 người bệnh, trong đó có cả nhân dân.

4. Các giải pháp nâng cao hiệu quả thực hiện chính sách pháp luật về ATVSLĐ của ngành than

Để công tác ATVSLĐ có hiệu quả và đi vào thực chất thì việc thực hiện chính sách pháp luật cần thực hiện theo các nội dung chủ yếu sau:

- Tiếp tục thực hiện và quán triệt sâu sắc hơn nữa chủ trương của Đảng, Chính sách pháp luật của Nhà nước trong thực hiện công tác ATVSLĐ tại các doanh nghiệp ngành than. Có kế hoạch thực hiện cụ thể, phù hợp trong việc áp dụng đồng bộ Khoa học công nghệ để cải tiến kỹ thuật nâng cao năng suất lao động, đảm bảo ATVSLĐ và bảo vệ môi trường;
- Tổ chức tốt bộ máy làm công tác ATVSLĐ tại doanh nghiệp bao gồm: (i) Thành lập Hội đồng ATVSLĐ cơ sở theo quy định tại "Điều 75 Luật ATVSLĐ, điều 38 Nghị định 39/2016/NĐ-CP"; (ii) Thành lập bộ phận quản lý hoặc bố trí cán bộ chuyên trách làm công tác ATVSLĐ tại cơ sở theo quy định tại "Điều 72 Luật ATVSLĐ, Điều 36 Nghị định số 39/2016/NĐ-CP". (iii) Có bộ phận y tế chịu trách nhiệm chăm sóc và quản lý sức khỏe của NLĐ theo quy định tại "Điều 73 Luật ATVSLĐ, Điều 37 Nghị định số 39/2016/NĐ-CP và Thông tư số 19/2016/TT-BYT"; (iv) Thiết lập và xây dựng quy chế hoạt động của mạng lưới an toàn, vệ sinh viên theo Quy định tại "Điều 74 Luật ATVSLĐ"; (v) Phân định quyền hạn và trách nhiệm về công tác ATVSLĐ cho từng cấp, từng bộ phận quản lý quy định tại "Điều 7 Luật ATVSLĐ";
- Xây dựng nội quy, quy trình làm việc đảm bảo ATVSLĐ theo quy định tại "Điều 15 Luật ATVSLĐ";
- Thực hiện tốt việc nhận diện, đánh giá và kiểm soát rủi ro ATVSLĐ theo quy định tại "Khoản 1 điều 77 Luật ATVSLĐ, Thông tư số 07/2016/TT-BLĐTBXH";
- Xây dựng kế hoạch thực hiện kiểm soát rủi ro ATVSLĐ và cải thiện điều kiện lao động theo "Điều 76 Luật ATVSLĐ";
- Thực hiện tự kiểm tra, đánh giá ATVSLĐ nơi làm việc theo quy định tại "Điều 80 Luật ATVSLĐ, Điều 9 Thông tư số 07/2016/TT-BLĐTBXH";
- Tổ chức diễn tập và xây dựng các biện pháp xử lý sự cố rủi ro ATVSLĐ, các phương án ứng cứu khẩn cấp theo "Điều19 Luật ATVSLĐ, Điều 8 Nghị định 39/2016/NĐ-CP";
- Thực hiện việc quan trắc MTLĐ theo định kỳ tại nơi làm việc quy định tại "Điều 18 Luật ATVSLĐ và Nghị định 44/2016/NĐ-CP".
- Thực hiện các quy định về phân loại lao động làm nghề, công việc nặng nhọc, độc hại, nguy hiểm và đặc biệt nặng nhọc, độc hại, nguy hiểm theo "Thông tư số 19/2023/TT-BLĐTBXH".
- Trang bị phương tiện bảo vệ cá nhân theo quy định tại "Khoản 3 Điều 16 Luật ATVSLĐ, 25/2022/TT-BLĐTBXH".
- Thực hiện khai báo, điều tra, thống kê, báo cáo TNLĐ, BNN, sự cố kỹ thuật gây mất ATVSLĐ nghiêm trọng theo quy định tại các Điều từ 34 đến 37 Luật ATVSLĐ, Nghị định 39/2016/NĐ-CP và Thông tư 13/2020/TT-BLĐTBXH.
- Thực hiện kiểm định và khai báo đối với các thiết bị, vật tư yêu cầu nghiêm ngặt về ATLĐ được quy định tại "Điều 30 và 31 Luật ATVSLĐ; Điều 16 Nghị định 44/2016/NĐ-CP; Thông tư 36/2019/TT-BLĐTBXH".
- Trang bị các phương tiện kỹ thuật, y tế để bảo đảm sơ cứu, ứng cứu kịp thời khi xảy ra TNLĐ được quy định tại "Điều 19 Luật ATVSLĐ, Thông tư số 19/2016/TT-BYT".
- Tổ chức huấn luyện ATVSLĐ: đảm bảo nội dung, thời lượng huấn luyện, đảm bảo phân loại các nhóm đối tượng huấn luyện theo hướng dẫn tại "Nghị định 44/2016/NĐ-CP";
- "Tổ chức khám sức khỏe định kỳ, phát hiện và điều trị sớm BNN cho NLĐ; Xây dựng và quản lý hồ sơ ATVSLĐ và SKNN cho NLĐ" quy định tại "Điều 21, Điều 27 Luật ATVSLĐ, Thông tư số 19/2016/TT-BYT và Thông tư số 28/2016/TT-BYT".
- Thực hiện "bồi dưỡng bằng hiện vật cho NLĐ làm việc trong điều kiện có yếu tố nguy hiểm, độc hại theo quy định tại" Điều 24 Luật ATVSLĐ, Thông tư số 25/2013/TT-BLĐTBXH.
- Thực hiện chế độ bồi thường, trợ cấp TNLĐ, BNN đối với người lao động: Quy định tại "Điều 38 Luật ATVSLĐ, Thông tư số 28/2021/TT-BLĐTBXH".
- Đóng bảo hiểm TNLĐ, BNN cho người lao động theo quy định tại "Khoản 2 Điều 7 Luật ATVSLĐ".

5. Kết luận

Trong những năm vừa qua, công tác huấn luyện ATVSLĐ tại các doanh nghiệp ngành than được đẩy

mạnh và duy trì đảm bảo NLĐ được huấn luyện thường xuyên, nâng cao được nhận thức và ý thức về ATVSLĐ. Số cuộc thanh kiểm tra các cấp về ATVSLĐ được triển khai ngày càng nhiều, rộng khắp ở hầu hết các doanh nghiệp trong ngành than phát hiện ngày càng nhiều số vi phạm về ATVSLĐ. Kết quả phân tích trong nghiên cứu cho thấy số cuộc tự kiểm tra về ATVSLĐ, rà soát phát hiện các nguy cơ rủi ro, bổ sung các nội quy, quy phạm, quy trình làm việc an toàn ngày càng ra tăng, các nguy cơ rủi ro được phát hiện cũng ngày càng nhiều hơn, tuy nhiên do điều kiện khai thác ngày càng khó khăn (khai thác xuống sâu, thời tiết cực đoan) và nhu cầu gia tăng sản xuất gây nhiều ảnh hưởng dẫn tới số vụ TNLĐ có xu hướng giảm không đáng kể thậm chí đang có chiều hướng gia tăng và mức độ TNLĐ nghiêm trọng hơn. Sức ép gia tăng sản lượng khai thác không đồng bộ với việc nâng cao công nghệ khai thác dẫn tới hệ quả tại nhiều đơn vị khai thác than trong tập đoàn, công nhân thường có xu hướng cắt bớt công đoạn để hoàn thành chỉ tiêu sản lượng theo ca. Điều này đòi hỏi cần phải thay đổi những góc nhìn khác về ATVSLĐ không chỉ là đối phó với rủi ro mà cần ngăn chặn nó từ gốc rễ như xem xét lại quy trình công nghệ, thiết bị và quy trình làm việc của người lao động. Việc thực hiện chính sách phát luật về ATVSLĐ cần đi vào thực chất thay vì chạy theo số lượng và hô hào khẩu hiệu, cần có các biện pháp kiểm soát mạnh mẽ hơn đối với việc thực hiện chính sách ATVSLĐ tại các đơn vị trong ngành than.

6. Tài liệu tham khảo

Bộ Lao động - Thương binh và Xã hội, 2024. *Ngành than để xảy ra nhiều vụ tai nạn lao động nghiêm trọng. https://molisa.gov.vn/baiviet/16623?tintucID=16623*

Cục An toàn, vệ sinh lao động, 2021. *Báo cáo tổng kết chương trình Quốc gia về an toàn, vệ sinh lao động giai đoạn 2016-2020*. Hà Nội.

Mai Ngọc Thanh, Nguyễn Thị Hiền, Bùi Thị Ngọc Minh, Nguyễn Hương Trà My, 2024. *Thực trạng MTLĐ của người lao động khai thác than hầm lò tại một số mỏ than ở tỉnh Quảng Ninh, Thông tin KHCN môi trường, Trạm quan trắc MTLĐ*, Viện Khoa học An toàn và Vệ sinh lao động.

Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, 2023. *Báo cáo các sự cố, tai nạn xảy ra 8 tháng đầu năm 2023*.

Tập đoàn Công nghiệp Than Khoáng sản Việt Nam, 2023. *Tình hình thực hiện chính sách, pháp luật về an toàn, vệ sinh lao động giai đoạn 2013 - 2023*.

ABSTRACT

The implementation of policies and laws on occupational safety and hygiene in coal mining activities in Vietnam.

Do Ngoc Hoan[1,2], Le Thi Thu Hoa[1,2],

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

[2]*Innovations for Sustainable and Responsible Mining (ISRM)*

Working in the coal industry is classified as a heavy and hazardous occupation, workers are always exposed to high risks of occupational safety and health (OSH). In recent years, the coal industry has implemented the Party and Government's instructions to improve the effectiveness of OSH work. To evaluate the status of implementation of OSH policies and laws in coal mining activities in Vietnam, the study focuses on analyzing the implementation of OSH training contents; Inter-sectoral and individual-industry inspection work; OSH violations; The process of self-inspection of OSH, reviewing and supplementing internal rules, regulations, and working procedures; Process for identifying, assessing, and controlling OSH risks; Monitoring the working environment; Organize health examinations, detect and treat occupational diseases for workers for 10 years from 2013 to 2022. Through analysis and assessment of the implementation of legal policies on OSH at the Does this business meet actual requirements. From there, solutions are proposed to limit, overcome and improve the effectiveness of OSH at coal mining enterprises in Vietnam.

Keywords: Policy; law; coal industry; occupational safety and hygiene

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Nghiên cứu mối quan hệ giữa sóng âm và sóng va đập không khí khi tiến hành các vụ nổ mìn

Trần Quang Hiếu[1,2*], Nguyễn Đình An[1,2], Đỗ Ngọc Hoàn[1,2], Lê Quí Thảo[1,2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm nghiên cứu mạnh Những tiến bộ trong Khai thác mỏ bền vững và có trách nhiệm (ISRM)*

TÓM TẮT

Tiếng ồn âm thanh (sóng âm) sinh ra từ các vụ nổ mìn gây ảnh hưởng xấu đến sức khỏe, đời sống của những người thường xuyên tiếp xúc hoặc những hộ dân sống gần khu vực khai thác mỏ. Nổ mìn là khâu công nghệ quan trọng để làm tơi đất đá và khoáng sản. Hiệu quả công tác nổ mìn được đánh giá thông qua phần năng lượng hữu ích dùng để phá vỡ đất đá an toàn, hiệu quả. Ngoài ra, phần năng lượng vô ích sinh ra khi tiến hành các vụ nổ sẽ gây ra các tác động có hại ảnh hưởng đến sự an toàn của các công trình bảo vệ và sức khỏe người lao động, bao gồm: sóng chấn động, sóng đập không khí, sóng âm, bụi, đá văng, khí độc. Bài báo này tiến hành đo giám sát nổ mìn thực nghiệm nhiều vụ nổ ở nhiều mỏ khác nhau để nghiên cứu đặc điểm và mối quan hệ giữa sóng âm (tiếng ồn âm thanh) và sóng va đập không khí khi tiến hành các vụ nổ nhằm đưa ra các khuyến nghị nâng cao hiệu quả nổ mìn, đảm bảo an toàn khi tiến hành các vụ nổ mìn.

Từ khóa: Sóng âm; Tiếng ồn nổ mìn; sóng đập không khí; nổ mìn

1. Đặt vấn đề

1.1. Sóng đập không khí

Sóng đập không khí là một trong những tác nhân của vụ nổ mìn gây ra, đây là một trong những nguy hiểm tiềm tàng gây cho các công trình bảo vệ xung quanh và con người. Sự hình thành sóng đập không khí khi nổ mìn xảy ra trong kết quả tác dụng của các sản phẩm khí nổ (Hình 1). Các yếu tố về thời tiết, khí quyển như: nhiệt độ, độ ẩm, tốc độ gió, hướng gió.... có ảnh hưởng rất lớn đến sự thay đổi về cường độ sóng đập không khí tại thời điểm tiến hành các vụ nổ mìn (Đàm Trọng Thắng, Bùi Xuân Nam,Trần Quang Hiếu, 2015; Trần Quang Hiếu, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Anh Tuấn, Lê Quí Thảo, 2017).

Thời gian tác dụng của sóng đập không khí ở gần vùng nổ không lớn, sóng tác động lên cơ thể con người dưới dạng xung. Khi đó sự sống bị đe doạ bởi chu kỳ dao động riêng của cơ thể con người và động vật cao hơn thời gian tác dụng của sóng. Khi thời hạn tác dụng của sóng đập không khí bằng 20 ÷ 200 ms, chu kỳ dao động riêng của cơ thể con người được so sánh với thời gian tác dụng của sóng. Trong những trường hợp như vậy áp lực trên mặt sóng có thể gây chấn thương. Nếu áp lực lớn hơn 35 kPa thì màng nhĩ của con người bị thủng, nếu áp lực lớn hơn 100 kPa thì bắp cơ bị tê liệt. Áp lực an toàn đối với người là 10 kPa. Khi tác dụng đến con người và động vật trong thời gian 200 ÷ 250ms và hơn nữa, sóng đập không khí không chỉ nguy hiểm do áp lực mà còn do tốc độ chuyển động của dòng không khí sau mặt sóng. Khi áp lực bằng 10 MPa, tốc độ vượt quá 20 m/s, nếu thời hạn tác dụng của dòng vượt quá thời gian phản ứng của con người 200 ÷ 300 ms thì động vật và con người bị lật ngã (Đàm Trọng Thắng, Bùi Xuân Nam,Trần Quang Hiếu, 2015; Trần Quang Hiếu, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Anh Tuấn, Lê Quí Thảo, 2017). Theo QCVN 01:2019/BCT, giá trị tối đa áp suất dư và áp suất âm khi giới hạn tần số dưới của hệ thống đo dao động từ 0,1 Hz-6,0 HZ thì mức tối đa cho phép của sóng đập không khí dao động từ 129-134 dB(L) (QCVN 01:2019/BCT).

1.2. Sóng âm

Sóng âm là loại sóng cơ học lan truyền trong môi trường chất lỏng, chất rắn hoặc khí, mà sự truyền dẫn năng lượng được thực hiện thông qua sự biến đổi của áp suất và mật độ của chất đó. Khi một vật thể rung, nó tạo ra những áp suất và mật độ biến đổi xung quanh nó, tạo ra sóng âm. Các sóng âm di chuyển thông qua chất liệu bằng cách làm các phần tử của chất đó dao động dọc theo hướng truyền của sóng. Trong môi trường khí, các sóng âm thường được gọi là âm thanh. Đây là những sóng âm mà tai người có thể cảm nhận

* *Tác giả liên hệ*
Email: tranquanghieu@humg.edu.vn

được, với tần số từ khoảng 20 Hz đến 20 kHz (QCVN 26:2010/BTNMT; Đàm Trọng Thắng, Bùi Xuân Nam,Trần Quang Hiếu, 2015; Садовский М. А, 2004; H. S. Yang and N. S. Kim, 1999).

* Sóng âm được chia thành 3 loại: Sóng hạ âm: f < 16 Hz; Âm thanh: có f từ 16 Hz đến 20000 Hz và Sóng siêu âm: f > 20000 Hz = 20 KHz.

Khi sóng âm lan truyền đến tai người, nó sẽ làm cho màng nhĩ cũng dao động cùng với tần số của sóng đó. Và từ màng nhĩ những sóng âm này truyền qua hệ thần kinh của bộ não tạo ra cảm giác cảm thụ âm, gây khó chịu cho người nghe, tiếng ồn ảnh hưởng tới quá trình làm việc, nghỉ ngơi và tác động trực tiếp đến sức khỏe con người như: giảm thính lực, cao huyết áp, tim mạch, các bệnh đường tiêu hóa, rối loạn giấc ngủ, thay đổi chức năng miễn dịch. Theo "Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về tiếng ồn" đã quy định giới hạn tối đa các mức tiếng ồn hợp lý, không gây hại đến sức khỏe con người trong khoảng thời gian từ 6h00' - 21h00' hôm trước và từ 21h00' - 6h00' hôm sau với giá trị dao động từ 55 dB(A)-70 dB(A) (QCVN 26:2010/BTNMT).

1.3. Những điểm khác nhau cơ bản giữa sóng âm và sóng va đập không khí

Sóng âm và sóng đập không khí đều là loại sóng áp suất truyền qua môi trường như không khí, nước hoặc vật liệu rắn, nhưng có những điểm khác nhau cơ bản, như:

** Về Tốc độ lan truyền:*

- Sóng âm: lan truyền với vận tốc bằng vận tốc âm thanh trong môi trường mà chúng truyền qua. Trong không khí ở mực nước biển, tốc độ này là khoảng 343 mét/giây.
- Sóng đập không khí: Sóng xung kích truyền đi nhanh hơn tốc độ âm thanh. Chúng được đặc trưng bởi sự gia tăng mạnh về áp suất do sự xáo trộn đột ngột và mạnh mẽ, như sinh ra từ các vụ nổ mìn. Tốc độ của va đập không khí có thể nhanh hơn nhiều lần tốc độ âm thanh trong cùng một môi trường.

** Về cường độ sóng:*

- Sóng âm: thường là sóng cường độ thấp có thể được tạo ra bởi nhiều nguồn khác nhau, chẳng hạn như lời nói, âm nhạc hoặc máy móc.
- Sóng đập không khí: là sóng có cường độ cao với sự thay đổi áp suất nhanh và mạnh. Trong trường hợp xảy ra vụ nổ, sóng va đập không khí được tạo ra do sự giải phóng năng lượng đột ngột, dẫn đến áp suất và nhiệt độ tăng nhanh.

** Về hiệu ứng âm thanh:*

- Sóng âm: thường được tai người cảm nhận là âm thanh có thể nghe được. Chúng có thể di chuyển quãng đường dài và được sử dụng để liên lạc, điều hướng và nhiều mục đích khác.
- Sóng đập không khí: có thể gây ra thiệt hại và sức tàn phá đáng kể do áp suất và năng lượng cao. Trong bối cảnh xảy ra vụ nổ, sóng xung kích có thể làm vỡ cửa sổ, làm sập các công trình và gây thương tích hoặc tử vong cho những người ở gần đó.

** Về hình dạng biểu đồ áp suất trên mặt sóng:*

- Sóng âm có dạng dao động theo chu kỳ hình sin (nếu có hình vẽ thì tốt);
- Sóng đập không khí có dạng độc biên (hình 1)

2. Ảnh hưởng của sóng va đập không khí và sóng âm thanh khi tiến hành các vụ nổ mìn

2.1. Ảnh hưởng của sóng va đập không khí khi tiến hành các vụ nổ mìn

Sóng đập không khí là một trong những biểu hiện có hại sinh ra từ các nổ mìn.Thời gian tác dụng của sóng va đập không khí ở gần vùng nổ không lớn, sóng tác động lên cơ thể con người dưới dạng xung. Khi đó sự sống bị đe doạ bởi chu kỳ dao động riêng của cơ thể con người và động vật cao hơn thời gian tác dụng của sóng.

Садовский М. А (Садовский М. А, 2004) đã giới thiệu công thức tính áp lực trên mặt sóng khi nổ lượng thuốc trôtin theo biểu thức sau:

$$P = 7\frac{Q}{R^3} + 2{,}7\frac{Q^{2/3}}{R^2} + 0{,}84\frac{Q^{1/3}}{R},\ kG/cm^2 \quad (1)$$

trong đó:

Q - khối lượng thuốc nổ, kg;

R - khoảng cách tác dụng, m.

Khi nổ lượng thuốc dài phân bố trên mặt đất thì áp lực sóng xác định theo công thức:

$$P = 28\frac{Q}{LR^2} + 6{,}9\left(\frac{Q}{LR^2}\right)^{2/3} + 1{,}3\left(\frac{Q}{LR^2}\right)^{1/3},\ kG/cm^2 \quad (2)$$

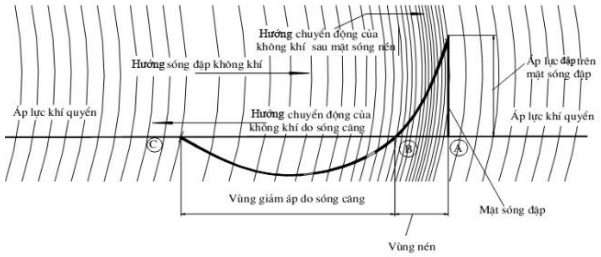
trong đó: L - chiều dài lượng thuốc, m.

Tuy nhiên, thực nghiệm (Садовский М. А, 2004) đã chỉ ra rằng, khi nổ lượng thuốc đắp ngoài thì 30 ÷

50% năng lượng nổ chuyển thành sóng đập. Đối với trường hợp này có thể sử dụng công thức sau để xác định áp lực (P_a) trên mặt sóng:

$$P_a = (5.3 \pm 2.4)k_m(\sqrt[3]{\frac{Q}{R}})^{1.5}.10^5, kG/cm^2 \quad (3)$$

trong đó: k_m - hệ số ảnh hưởng bởi yếu tố thời tiết.



Hình 1. Sự thay đổi áp lực không khí sau mặt sóng đập khi nổ mìn [3]

Khi nổ lượng thuốc dài trong lỗ khoan phân bố vuông góc với mặt tự do thì các thông số của sóng cao hơn 5 ÷ 8 lần so với lượng thuốc bố trí song song với bề mặt đó. Khi phân bố vuông góc 10 ÷ 54% năng lượng nổ tạo thành sóng đập không khí.

Khi nổ lượng thuốc nổ trong lỗ khoan, áp lực sóng đập không khí xác định theo công thức (Đàm Trọng Thắng, Bùi Xuân Nam,Trần Quang Hiếu, 2015; Садовский М. А, 2004):

$$P_a = (5{,}3 \pm 2{,}4)Km.Kg.\sqrt{n}.(23\frac{d_k}{r})^{2/3}.10^5, kG/cm^2 \quad (4)$$

trong đó:

d- đường kính lỗ khoan, cm;

n- số lượng lỗ khoan nổ đồng thời trong nhóm vi sai.

K_m- hệ số ảnh hưởng bởi yếu tố thời tiết (mùa đông $K_m = 3$, các mùa còn lại $K_m = 2$);

K_g- hệ số ảnh hưởng của bua mìn đến cường độ sóng đập không khí (khi nạp thuốc đến miệng lỗ khoan $K_g = 1$; Khi chiều dài bua $l_s = 20.d$ thì $K_g = 0{,}4$;

2.2. Ảnh hưởng của sóng âm thanh khi tiến hành các vụ nổ mìn

Khi nổ mìn, tiếng ồn sinh ra từ các vụ nổ khá lớn, đây là một yếu tố có hại cũng như yếu tố có hại của sóng va đập không khí đã nói ở trên. Mức áp suất âm thanh dB(A) được biểu thị bằng thang chỉ số và nó được xác định theo công thức (Trần Quang Hiếu, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Hoàng, Đỗ Ngọc Hoàn, Nguyễn Trung Tỉnh, 2022; IOERSNU, 2000; ONECRC, 2007):

$$SPL = 20\log\left(\frac{P}{P_0}\right) \quad (5)$$

trong đó:

SPL- mức áp suất âm thanh, dBA;

P- áp suất âm thanh tham chiếu (2×10^{-5}Pa), là áp suất âm thanh thấp nhất mà một người có thể nhận ra.

Mức độ suy giảm theo khoảng cách của tiếng ồn phụ thuộc vào loại và dạng của nguồn gây ra tiếng ồn. Nếu nguồn tiếng ồn được giả định là nguồn âm thanh điểm, thì mức độ suy giảm theo khoảng cách của tiếng ồn được xác định theo công thức (Chung-Won Lee, Jiseong Kim,Gi-Chun Kang, 2018) :

$$SPL = SPL_0 - 20\,log\left(\frac{r}{r_0}\right) \quad (6)$$

trong đó:

SPL- mức độ tiếng ồn, dB(A);

SPL_0- mức tiếng ồn tổng hợp, dB (A);

r- khoảng cách từ vị trí nổ mìn (nguồn sinh ra tiếng ồn đến điểm đo giám sát), m;

r_o- khoảng cách từ nguồn gây ra tiếng ồn đến điểm cơ bản, m.

Khi cường độ tần số thay đổi, cảm giác của mức áp suất âm thanh thay đổi theo cơ thể người, do đó giá trị được hiệu chỉnh dựa trên đường cong độ nhạy cảm giác dựa trên tần số trung tâm 1.000 Hz. Nhóm tác giả H. S. Yang and N. S. Kim [10] đã đưa ra phương trình dự đoán tiếng ồn nổ mìn:

$$dB(A) = 20\log\left(\frac{P}{P_0}\right) \;;\quad P = 82\left(\frac{D}{\sqrt[3]{W}}\right)^{-1,2} \quad (7)$$

trong đó:

P_o- áp suất âm thanh ($2x10^{-5}$ Pa);

W- khối lượng thuốc nổ lớn nhất trong một nhóm vi sai, kg;

D- khoảng cách từ vị trí nổ mìn đến điểm đo giám sát tiếng ồn, m.

Để dự báo tiếng ồn sinh ra từ các vụ nổ mìn, tác giả ONECRC (ONECRC, 2007) đã xây dựng một phương trình dự báo như sau:

$$dB(A) = -16{,}02\ log\left(\frac{D}{\sqrt[3]{W}}\right) + 97{,}46 \quad (8)$$

trong đó:

W- khối lượng thuốc nổ lớn nhất trong một nhóm vi sai, kg;

D- khoảng cách từ vị trí nổ mìn đến điểm đo giám sát tiếng ồn, m.

Tác giả IOERSNU (IOERSNU, 2000) đã đưa ra phương trình dự đoán tiếng ồn:

$$dB(A) = -14{,}05\ log\left(\frac{D}{\sqrt[3]{W}}\right) + 97{,}46 \quad (9)$$

trong đó:

W- khối lượng thuốc nổ lớn nhất trong một nhóm vi sai, kg;

D- khoảng cách t ừ vị trí nổ mìn đến điểm đo giám sát tiếng ồn, m.

Nhóm tác giả H.S.Yang và N.S. Kim (H. S. Yang and N. S. Kim, 1999) đã đề xuất phương trình dự báo tiếng ồn như sau:

$$dB(A) = -14{,}0\log\left(\frac{D}{\sqrt[3]{W}}\right) + 88{,}1 \quad (10)$$

Tác giả M.J. Crocker (M. J. Crocker, 2007) đã đưa ra phương trình dự báo để giảm tiếng ồn nổ mìn:

$$dB(A) = 120 - SPL \quad (11)$$

trong đó

$$SPL = 20\log r - 8;$$

r- khoảng cách từ vị trí nổ mìn đến vị trí giám sát ảnh hưởng, m.

3. Nghiên cứu thực nghiệm xác định mối quan hệ giữa sóng âm và sóng đập không khí trong các vụ nổ mìn

Trong công tác quản lý an toàn sử dụng vật liệu nổ công nghiệp, Bộ công thương đã ban hành QCVN 01:2019/BCT để quy định yêu cầu phải giám sát ảnh hưởng tác động sóng đập không khí, đảm bảo an toàn người và cho các công trình cần bảo vệ. Trong các nghiên cứu (QCVN 01:2019/BCT; QCVN 26:2010/BTNMT; Đàm Trọng Thắng, Bùi Xuân Nam,Trần Quang Hiếu, 2015) cũng cho thấy từ các kết quả, số liệu đo giám sát từ các thiết bị chuyên dụng cho phép dự báo, tính toán tối ưu hóa các vụ nổ mìn nhằm đảm bảo an toàn và hiệu quả trước khi tiến hành các vụ nổ mìn. Tuy nhiên chưa có nghiên cứu đề cập, đưa đánh giá ảnh hưởng của sóng âm (tiếng ồn nổ mìn) để các cơ quan chức năng có cơ sở kiểm tra, giám sát. Do vậy, bài báo này tiến hành nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm để xác định mối quan hệ giữa sóng âm (tiếng ồn âm thanh) và sóng đập không khí nhằm khi tiến hành các vụ nổ mìn. Nghiên cứu đã sử dụng thiết bị đo có gắn các đầu đo âm thanh và sóng đập không khí chuyên dụng Blastmate-III (Canada) (hình 2) để đo các kết quả về sóng đập không khí và tiếng ồn âm thanh cung thời điểm tiến hành các vụ nổ để so sánh, đối chiếu. Kết quả nghiên cứu cho phép xác định ban đầu mối quan hệ giữa sóng âm và sóng va đập không khí khi tiến hành các vụ nổ, từ đó cho phép ra các giải pháp kiểm soát, giảm thiểu sóng đập không khí, tiếng ồn nổ mìn, góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất cho doanh nghiệp, bảo vệ sức khỏe cho người công nhân và những người dân sống gần khu vực khai thác.

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành đo thực nghiệm, giám sát ảnh hưởng của sóng âm, sóng đập không khí tại một sô mỏ như sau: Mỏ đá vôi Áng Dâu-Xi măng Hoàng Thạch; Mỏ đá vôi Kỳ Phú, Ninh Bình (Trần Quang Hiếu, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Hoàng, Đỗ Ngọc Hoàn, Nguyễn Trung Tỉnh, 2022); Mỏ đồng Tả Phời, tỉnh Lào Cai và giám sát tại dự án nổ mìn thi công hầm dẫn nước của nhà máy thủy điện Hòa Bình mở rộng. Các vụ nổ được thực hiện nổ và đo đồng thời trong cùng các điều kiện. Các kết quả đo được trình bày trong bảng 1.



a. Microphone Blasmate III (Linear Mic) đo sóng đập không khí



b. Microphone Blasmate III (A Weight) đo sóng âm thanh

Hình 2. Microphone Blasmate III chuyên dụng đo ảnh hưởng của sóng đập không khí (a) và sóng âm (b)



a. Đo giám sát tại mỏ đồng Tả Phời



b. Đo giám sát tại dự án thủy điện Hòa Bình mở rộng

Hình 3. Hai thiết bị đo giám sát đặt gần nhau để cùng đo đồng thời ảnh hưởng của sóng âm và sóng va đập không khí khi tiến hành vụ nổ mìn

Bảng 1. Mộ số kết quả đo ảnh hưởng nổ mìn của sóng âm dB(A) và sóng va đập không khí dB(L) tại các khu vực thực hiện giám sát

TT	Khối lượng thuốc nổ Q_{max}, /Q_{vs}, kg	Khoảng cách đo giám sát R, m	Giá trị đo		Địa điểm đo
			Máy 1-dB(L)	Máy 2-dB(A)	
1	57,15/2,4	320	116,4	77,6	Dự án nhà máy thủy điện Hòa Bình mở rộng, Tỉnh Hòa Bình
2	57,15/2,4	246	110,0	75.7	
3	35,1/8,4	140	115,8	78,5	
4	35,1/8,4	220	100,0	76,2	
5	10.938/163	420	126,0	78,8	Mỏ đồng Tả Phời-Lào Cai
6	7.680/185	383	121,9	74,7	
7	1000/59	220	128,0	93,6	Mỏ đá vôi Kỳ Phú -Ninh Bình
8	1000/59	250	105,2	78,0	
9	2381/35	200	116,9	75,8	Mỏ đá vôi Áng Dâu, Hoàng Thạch

Từ các kết quả trong bảng 1 cho thấy:

- Sóng va đập không khí đo giám sát từ các vụ nổ thay đổi từ 100 dB(L)-128 dB(L) ở khoảng cách ảnh hưởng trung bình từ 140-420 m. Đối chiếu với bảng 1 cho thấy các giá trị này đều nằm ở mức an toàn cho phép theo QCVN 01:2019/BCT;

- Sóng âm (tiếng ồn âm thanh) đo giám sát từ các vụ nổ thay đổi từ 74,7 dB (A- 93,6 dB(A) ở khoảng cách ảnh hưởng trung bình từ 140-420 m. Đối chiếu với các quy định về quy định an toàn tiếng ồn (QCVN 26:2010/BTNMT; Trần Quang Hiếu, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Hoàng, Đỗ Ngọc Hoàn, Nguyễn Trung Tỉnh, 2022) cho thấy với giá trị này nếu con người tiếp xúc liên tục, trong thời gian dài sẽ gây tổn thương đến thính giác và hệ thần kinh của những thợ mìn và người dân sống gần các bãi nổ. Các vụ nổ mìn trên các mỏ lộ thiên thường diễn ra nhanh chóng và gây ra các yếu tố có hại trong thời gian ngắn, tức thời nên mức độ ảnh hưởng của nó đến sức khỏe con người tại thời điểm nổ ming không đáng kể, nhưng nếu các vụ nổ mìn diễn ra thường xuyên vào các ngày trong tuần thì nó sẽ ảnh hưởng đến sức khỏe con người. Khi đó phải cần có các giải pháp kiểm soát tiếng ồn này.

- Trong cùng điều kiện nổ mìn như nhau về điều kiện địa chất, các thông số nổ mìn, phương pháp nổ mìn, điều kiện khí hậu thời tiết v.v.. cho thấy: Giá trị sóng đập không khí lớn hơn giá trị sóng âm (tiếng ồn) trung bình từ 1,35-1,6 lần. Đây là cơ sở sở bộ để đánh giá mức độ ảnh hưởng của sóng âm (tiếng ồn) đến sức khỏe người lao động khi biết được giá trị sóng đập không khí đo được theo QCVN 01:2019/BCT.

Kết luận

- Sóng đập không khí và sóng âm sinh ra từ các vụ nổ mìn là các yếu tố có hại, ảnh hưởng đến wusc khỏe và đời sống nhân nằm trong vùng ảnh hưởng. Các quy định về an toàn sóng đập không khí đã được quy định trong QCVN 01:2019/BCT. Tuy nhiên quy định về ảnh hưởng tiếng ồn nổ mìn vẫn chưa được đưa vào QCVN 01:2019/BCT để làm cơ sở đánh giá và đưa ra các quy định cần thiết để tiến hành giám sát;

- Các giải pháp tổng thể về kỹ thuật công nghệ nổ mìn, cùng với sử dụng các thiết bị đo chuyên dụng để giám sát, kiểm soát, giảm thiểu sóng đập không khí, sóng âm là vấn đề mới, cần được quan tâm nhằm góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất, bảo vệ sức khỏe cho những người công nhân và những người dân sống gần khu vực khai thác mỏ.

- Để có cơ sở khoa học đầy đủ về việc xác định, tìm ra quy luật, mối quan hệ mật thiết giữa sóng âm và sóng đập không khí trong các vụ nổ mìn cần thiết phải có nhiều kết quả đo đạc, giám sát hơn nữa cho riêng từng đối tượng, điều kiện cụ thể để các giải pháp đề xuất giảm thiểu tiếng ồn nổ mìn được đầy đủ và có cơ sở khoa học thực tiễn hơn.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin trân thành cảm ơn các đơn vị, các cán bộ kỹ thuật tại mỏ đá vôi Áng Dâu-Xi măng

Hoàng Thạch; Cán bộ kỹ thuật mỏ đồng Tả Phời, Lào Cai; Cán bộ mỏ đá vôi Kỳ Phú, Ninh Bình và cán bộ kỹ thuật của Công ty CPXD 47; Nhóm nghiên cứu mạnh "Những tiến bộ trong Khai thác mỏ bền vững và có trách nhiệm (ISRM)", Trường Đại học Mỏ - Địa chất, đã phối hợp, hỗ trợ nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu cho bài báo này.

Tài liệu tham khảo

QCVN 01:2019/BCT. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trong sản xuất, thử nghiệm, nghiệm thu, bảo quản, vận chuyển, sử dụng, tiêu hủy vật liệu nổ công nghiệp và bảo quản tiền chất thuốc nổ.

QCVN 26:2010/BTNMT. Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về tiếng ồn được ban hành theo Thông tư số 39/2010/TT-BTNMT ngày 16/12/2010 của Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường.

Đàm Trọng Thắng, Bùi Xuân Nam,Trần Quang Hiếu, 2015. Nổ mìn trong ngành mỏ và công trình, *Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội*.

Trần Quang Hiếu, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Anh Tuấn, Lê Quí Thảo, 2017. Công tác Khoan-nổ mìn và Kỹ thuật an toàn sử dụng vật liệu nổ công nghiệp trong ngành Mỏ-Công trình. *Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội*.

Trần Quang Hiếu, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Hoàng, Đỗ Ngọc Hoàn, Nguyễn Trung Tỉnh, 2022. Kiểm soát tiếng ồn nổ mìn trong hoạt động khai thác tại mỏ đá vôi Kỳ Phú - Ninh Bình, Việt Nam. *Hội nghị KH toàn quốc Trái đất, Mỏ, Môi trường bền vững lần thứ V (CREATIVE EME 2022)*, tr. 35-45.

Trần Quang Hiếu, Nguyễn Đình An, Lê Thị Thu Hoa, Tạ Minh Đức, 2015. Nghiên cứu phương pháp xác định cường độ sóng va đập không khí theo điều kiện thời tiết khí hậu cho mỏ than Núi Béo. *Tạp chí Công nghiệp Mỏ*. 4, tr. 112-114.

Садовский М. А, 2004. Механическое действие воздушных ударных волн взрыва по данным экспериментальных исследований. *Избранные труды: Геофизика и физика взрыва - М.: Наука*.

M. J. Crocker, 2007. Handbook of noise and vibration control.

IOERSNU, 2000. Infuence evaluation of blasting-induced vibration and noise at rock excavation part of 9th construction area of Daegu-Pohang Expressway. *Institute of Engineering Research at Seoul National University*.

H. S. Yang and N. S. Kim, 1999. Blasting design considering noise and vibration regulatory law. *Proceedings of the in Inproceedings of KSRM annual conference at Korean Society for Rock Mechanics*, tr. 21–27.

Chung-Won Lee, Jiseong Kim,Gi-Chun Kang, 2018. Full-Scale Tests for Assessing Blasting - Induced Vibration and Noise, *Shock and Vibration*.

ONECRC, 2007. A study on improvement of noise and vibration estimation method for environmental conficts at a construction site. *Ofce of National Environmental Confict Resolution Commission*.

ABSTRACT

Research the relationship between sound waves and air blast waves in an explosion

Tran Quang Hieu[1,2*], Nguyen Dinh An[1,2], Do Ngoc Hoan[1,2], Le Qui Thao[1,2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Innovations for Sustainable and Responsible Mining (ISRM)*

Blast noise is one of the types of sound emitted from blasting operations, which adversely affects human health upon exposure. Blasting is a crucial technological process for loosening soil and minerals. The effectiveness of blasting operations is assessed by the useful energy utilized to break rocks safely and efficiently. Additionally, the useless energy produced during blasts causes harmful impacts on the safety of protective structures and the health of workers, including: blasting vibration, air blast waves, sound waves, dust, fly rocks. This paper studies the characteristics and relationship between sound waves and air blast waves to provide recommendations for improving blasting efficiency and ensuring safety during blasting operations.

Keywords: Sound waves; Blast noise; Air blast waves; Blast

Nghiên cứu ứng dụng phần mềm mô phỏng điều kiện vi khí hậu và thông gió cho mỏ than Cọc Sáu

Đoàn Văn Thanh[1] , Đỗ Văn Triều[1], Trần Đình Bão[2,3,*], Hoàng Mạnh Thắng[1], Hoàng Đình Nam[2]
[1]*Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin*
[2]*Trường Đại học Mỏ-Địa chất*
[3]*Nhóm nghiên cứu mạnh Những tiến bộ trong Khai thác mỏ bền vững và có trách nhiệm (ISRM)*

TÓM TẮT

Mỏ than Cọc Sáu là một trong những mỏ than lộ thiên có độ sâu lớn, với khối lượng đất đá bóc hàng năm rất cao. Kết quả khảo sát và đo đạc các điều kiện vi khí hậu tại các trạm cố định và di động lắp đặt trên mỏ cho thấy các nguồn ô nhiễm không được phân tán ra môi trường bên ngoài mà tích tụ trong không gian mỏ. Để đánh giá hình thái khí quyển và điều kiện vi khí hậu của mỏ nhằm đề xuất giải pháp thông gió thích hợp trong việc trung hòa không khí mỏ, nghiên cứu này ứng dụng phần mềm mô phỏng không khí chuyên dụng Ansys dựa trên các phân tích CFD 2D tiên tiến nhất hiện nay.

Từ khóa: Mô phỏng; Vi khí hậu; Cọc Sáu; Thông gió

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, mỏ than Cọc Sáu là một trong những mỏ than lộ thiên sâu và lớn nhất cả nước với với khối lượng đất bóc trung bình năm từ 19,5÷31,7 triệu m3/năm. Trong quá trình sản xuất đã phát sinh ra các chất ô nhiễm dạng hạt, đường kính nhỏ hơn 10 µm (PM_{10}) và khí (CO, CO_2, SO_2, NO_x). Chúng tạo ra từ công tác khoan – nổ, xúc bốc, vận tải và thải đá.

Ngoài ra, với đặc điểm địa hình địa mạo của mỏ có góc dốc bờ mỏ > 15o, gió tự nhiên không bao phủ hết không gian của mỏ. Đây là một những nguyên nhân ảnh hưởng xấu đến điều kiện khí quyển của mỏ cùng với yếu tố về nhiễu loạn của chênh lệch nhiệt độ khi thay đổi độ cao tạo ra các hiện tượng phân tán phức tạp, bao gồm phân tách lớp khí quyển trong mỏ và trên mặt mỏ; vùng tuần hoàn; vùng đối lưu và vùng lắng đọng (Grainger, C, Meroney, R.N, 1993; Markov, V.A, Potashnik, E.L, Rivkind, V.Y, 1978). Các nguyên nhân trên ngăn cản chuyển động theo phương thẳng đứng của các chất ô nhiễm dẫn đến tích tụ trong không gian mỏ.

Để đề xuất giải pháp phù hợp nhằm đảm bảo điều kiện vi khí hậu an toàn cho công nhân làm việc trong mỏ, cần tiến hành phân tích và mô phỏng trước các đặc trưng của vi khí hậu trước và sau khi áp dụng giải pháp thông gió, có tính đến yếu tố địa hình, nhiệt độ và khí tượng, dựa trên dữ liệu quan trắc thông qua các phân tích CFD 2D bằng phần mềm Ansys. Kết quả phân tích từ phần mềm mô phỏng có thể được sử dụng để cung cấp thông tin hữu ích trong việc đưa ra cảnh báo về ô nhiễm không khí và đề xuất giải pháp thông gió cho mỏ than Cọc Sáu.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nghiên cứu đặc trưng của các lớp khí quyển trong không gian mỏ lộ thiên

Dựa trên nghiên cứu của Grainger, Markov (Grainger, C, Meroney, R.N, 1993; Markov, V.A, Potashnik, E.L, Rivkind, V.Y, 1978). Mikkelson (Mikkelsen, T, Nielsen, M, 2003), Hanna và công sự (Hanna, S.R, Briggs, G.A, Hosker, R.F, 1982) cho thấy: Điều kiện khí quyển của các mỏ lộ thiên sâu được đặc trưng bởi ba yếu tố: Lớp khí quyển ổn định, lớp đối lưu và lớp nghịch đảo nhiệt độ. Những yếu tố trên tác động đến các khả năng phân tán nguồn ô nhiễm trong mỏ.

2.1.1. Lớp khí quyển ổn định

Tính ổn định của khí quyển được định nghĩa là khả năng một khối không khí có thể di chuyển lên hoặc xuống theo phương thẳng đứng (Woodward, J.L, 2010). Nếu khối không khí có xu hướng trở về vị trí ban đầu sau khi bị dịch chuyển, khí quyển được coi là ổn định. Ngược lại, nếu khối không khí tiếp tục di chuyển lên trên sau khi bị dịch chuyển, khí quyển ở trạng thái không ổn định.

* *Tác giả liên hệ*
Email: trandinhbao@humg.edu.vn

Do đó, lớp ổn định khí quyển phụ thuộc vào nhiễu loạn nhiệt, mức độ ổn định khí quyển và sự rối loạn của không khí. Ổn định khí quyển liên quan đến tốc độ trôi và sự nhiễu loạn khí quyển, phụ thuộc vào tốc độ gió tự nhiên và đặc điểm bề mặt địa hình.

Pasquill và Gifford (Jitesh, K.M, 2015) đã phát triển một phương pháp phân loại nhiễu loạn khí quyển. Mức độ ổn định của một vùng khí quyển được xác định dựa trên tốc độ gió, mức độ bức xạ mặt trời và độ che phủ của mây. Cuối cùng, Pasquill và Gifford đã phân loại nhiễu loạn khí quyển thành sáu lớp ổn định (Bảng 1) cùng với các điều kiện khí tượng tương ứng (Bảng 2). Trong số đó, lớp A được coi là không ổn định nhất hoặc có mức độ hỗn loạn cao nhất, trong khi lớp F được xem là ổn định nhất hoặc ít xáo trộn nhất.

Bảng 1. Các lớp ổn định Pasquill (Pasquill, F, 1961)

Lớp ổn định	Định nghĩa	Lớp ổn định	Định nghĩa
A	Rất không ổn định	D	Trung lập
B	Không ổn định	E	Hơi ổn định
C	Hơi không ổn định	F	Ổn định

Bảng 2. Các điều kiện khí tượng xác định lớp ổn định Pasquill (Pasquill, F, 1961)

Tốc độ gió bề mặt, m/s	Bức xạ của mặt trời vào ban ngày			Mây che phủ ban đêm	
	Mạnh	Vừa phải	Yếu	>50%	<50%
<2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Bên cạnh đó, Pasquill đưa ra quan điểm xác định lớp ổn định dựa trên thay đổi nhiệt độ khi thay đổi độ cao qua các gradient nhiệt độ như bảng 3.

Bảng 3. Phân loại lớp ổn định Pasquill theo gradient nhiệt độ

Lớp ổn định	Gradient nhiệt độ thẳng đứng Vertical temp gradient, ÷ΔT/ΔZ (DegC/100 m)	Định nghĩa
A	-1.9	Rất không ổn định
B	-1.9 ÷-1.7	Không ổn định
C	-1.7 ÷-1.5	ổn định
D	-1.5 ÷-0.5	Trung lập
E	-0.5 ÷-1.5	Ổn định vừa
F	1.5 ÷4.0	Ổn định cao
G	>4.0	Rất ổn định

Hơn nữa, sự phát tán nguồn ô nhiễm trong điều kiện khí quyển ổn định bị chi phối bởi lực nâng và quán tính, đặc trưng bởi số Froude. Số Froude là một tham số không có thứ nguyên được sử dụng để mô tả sự tương tác giữa động năng và thế năng khi luồng không khí đi qua hình thái học. Số Froude đảo ngược được tính khi có sự đảo ngược bằng cách áp dụng công thức của Vosper:

$$Fr_i = \frac{U_{nm}}{\sqrt{g' z_i}}, g' = g\,\frac{\Delta\theta}{\theta_m} \quad (1)$$

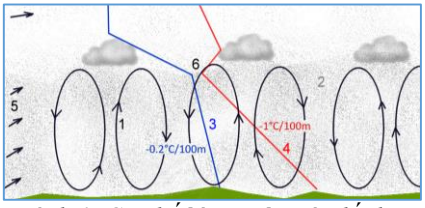
Trong đó, Z_i là độ cao lớp nghịch đảo, θ là tỉ lệ của nhiệt độ chênh lệch tiềm năng qua lớp nghịch đảo, θ_m là nhiệt độ tiềm năng trung bình dưới đáy nghịch đảo, và $\mathbf{U}_{nm}$ là tốc độ gió (lấy trung bình dưới $\mathbf{Z_i}$).

2.1.2. Lớp ranh giới đối lưu

Lớp ranh giới đối lưu (CBL) là lớp không khí tiếp xúc với mặt đất. Độ sâu của nó thay đổi từ vài mét đến vài km theo mùa, vị trí, gió, điều kiện khí tượng và bức xạ mặt trời. Hiện tượng đối lưu khí quyển chỉ diễn ra trong lớp này (hình 1).

Các đặc tính chính của CBL do tiếp xúc gần với bề mặt địa hình như sau:

- Chứa nhiều khí và bụi;



Hình 1. Cơ chế lớp ranh giới đối lưu

- Trạng thái hỗn loạn khi chuyển động không khí thẳng đứng tăng dần và giảm dần không ngừng. Do đó, lớp này hình thành sự hòa trộn không khí quan trọng;

- Các luồng gió thường đồng nhất (cùng hướng và giữ nguyên tốc độ);

- Sự khác biệt giữa tốc độ giảm nhiệt độ và tốc độ trôi dẫn đến độ ẩm cao của không khí ở trên cùng của CBL, do đó tạo ra vũ tích ở mức này;

- Bề mặt trên của CBL không bằng phẳng;

- Độ ẩm đồng nhất và lớn hơn so với khí quyển tự do ở trên, có giá trị: -0.2°C/100 m.

- Tốc độ giảm nhiệt độ đồng nhất có giá trị khoảng 1 °C/100 m. Giới hạn trên của nó thường được đánh dấu bằng sự nghịch đảo nhiệt độ không khí và độ ẩm giảm đột ngột.

c. Lớp nghịch đảo nhiệt độ

Trong điều kiện lý tưởng, luồng không khí tự nhiên từ bề mặt xuống đáy mỏ giúp khuếch tán các nguồn ô nhiễm tại đáy. Tuy nhiên, sự khuếch tán này có thể bị ảnh hưởng bởi một hiện tượng được các nhà khoa học gọi là "lớp đảo nhiệt". Hiện tượng này hình thành sau khi mặt trời lặn, khi bề mặt mỏ bắt đầu hạ nhiệt bằng cách phát ra bức xạ sóng dài, và lớp khí quyển gần bề mặt nguội đi thông qua quá trình dẫn nhiệt. Khi bề mặt trở nên lạnh vào ban đêm, lớp không khí trên bề mặt cũng lạnh đi, dẫn đến việc không khí nóng bị giữ lại ở giữa mỏ.

Do đó, việc xác định các đặc trưng của điều kiện khí quyển trong mỏ đóng vai trò quan trọng trong việc đề xuất các giải pháp trung hòa không khí, đảm bảo an toàn cho cán bộ công nhân và hướng tới mục tiêu xây dựng mỏ xanh, sạch.

2.2. Các nguồn phát thải ô nhiễm trên khai trường mỏ than Cọc Sáu

Mỏ Cọc Sáu hiện đang được khai thác tại 2 khu vực là Đông Thắng Lợi và Nam Quảng Lợi với sản lượng than nguyên khai từ 1,5÷2,64 triệu tấn/năm tương ứng với sản lượng đất bóc 19,5÷31,7 triệu m^3/năm.

Tính đến thời điểm 12/2023, đáy moong Đông Thắng Lợi đang ở mức -305 m (hình 2).



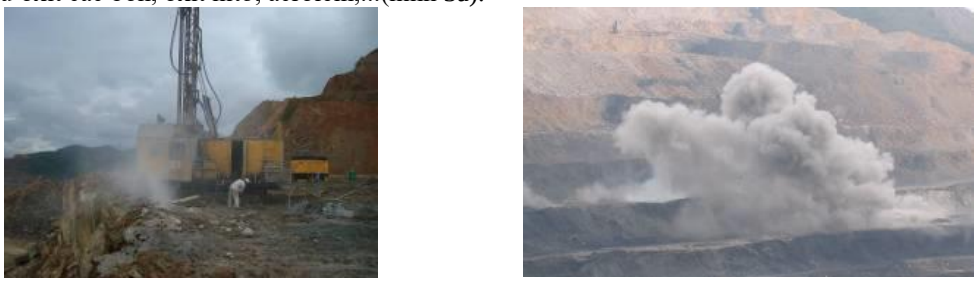
Hình 2. Hiện trạng khai trường mỏ than lộ thiên Cọc Sáu

Các nguồn phát thải ô nhiễm do hoạt động Khai thác như sau:

a. Khâu khoan nổ

- *Công tác khoan*

Các máy khoan thủy lực, xoay cầu đều sử dụng năng lượng khí nén để thổi phoi làm sạch lỗ khoan và bụi từ khâu khoan lỗ mìn. Đối với các máy khoan chạy dầu, sản phẩm khí thừa do động cơ khi hoạt động thải ra như oxit các bon, oxit nitơ, acrolein,...(hình 3a).



a, *b,*

Hình 3. Bụi và khí độc phát tán trong quá trình khoan, nổ mìn trên mỏ Cọc Sáu

- *Công tác nổ mìn*

Theo lý thuyết, các thuốc nổ công nghiệp sử dụng có cân bằng Oxi gần bằng 0 nhằm hạn chế tối đa các chất độc hại phát thải vào không khí trong quá trình nổ mìn. Tuy nhiên, thực tế các vụ nổ vẫn tạo ra các khí độc như carbon monoxide (CO) và nitơ oxit (NO_x) (hình 3b).

b. Khâu xúc bốc

Trong khâu xúc bốc, bụi, khí phát tán ra môi trường không khí chủ yếu tại thao tác dỡ tải đất đá, than đổ từ gầu xúc xuống thùng xe và hoạt động động cơ của máy xúc.

c. Khâu vận tải

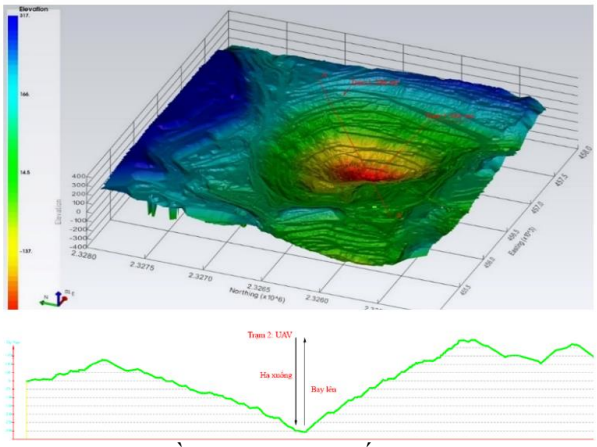
Nguồn gây ô nhiễm không khí trong công tác vận tải từ hoạt động vận chuyển đất đá thải và than bằng ô tô, quá trình vận chuyển bánh xe cuốn bụi từ mặt đường, đồng thời khi hoạt động thải ra oxit các bon, oxit nitơ, acrolein,..

2.3. Khảo sát, thu thập dữ liệu chất lượng không khí tại mỏ than Cọc Sáu

Để thu thập dữ liệu về điều kiện vi khí hậu tại mỏ than Cọc Sáu, hai trạm quan trắc cố định đã được lắp đặt tại mặt mỏ ở cao độ +105m và +195m, cùng với một trạm di động gắn trên thiết bị bay không người lái (UAV) để đo tốc độ gió, hướng gió và nhiệt độ. Mục tiêu là đánh giá độ ổn định của lớp khí quyển dựa trên số Froude, phân loại ổn định Pasquill và hiện tượng đảo nhiệt.

Một trạm quan trắc cố định thứ ba được lắp đặt tại đáy mỏ ở cao độ -300 để đo nồng độ bụi PM10 và khí CO, nhằm đánh giá sự phát tán của không khí ô nhiễm trong mỏ (Hình 4).

Cảm biến giám sát lắp đặt trên UAV là máy đo gió siêu âm Young 81000, hoàn toàn phù hợp để đo tốc độ gió với độ phân giải cao theo yêu cầu.



Hình 4. Sơ đồ trạm đo quan trắc trên mỏ Cọc Sáu

Kết quả đo tại 3 trạm cố định trong thời gian từ 16/4/2021 ÷ 20/4/2021 như sau:

- Nhiệt độ tăng vào 5:30 sáng, đạt đỉnh lúc 11:30 và giảm dần đến 17:30, chênh lệch giữa ban đêm và ban ngày tại hai trạm cố định trên mặt đất nằm trong khoảng 4,18 ÷ 11,94 °C, đạt 2,56 ÷ 4,22 °C tại trạm trên đáy mỏ. Chênh lệch nhiệt độ trung bình ngày giữa trạm mặt đất và trạm đáy mỏ là 3,82–5,11 °C;
- Vận tốc gió tự nhiên đo được tại trạm số 1 (+195m) dao động trong khoảng 1,06 ÷ 5,85 m/s, trung bình từ 1 ÷ 1,5 m/s, gió thổi từ Đông Bắc sang Tây Nam;
- Dựa trên phân tích về lớp khí quyển ổn định, lớp nghịch đảo, dữ liệu thu được từ 2 trạm trên mặt và dưới đát mỏ được sử dụng để tính số Froude (Fr) dựa trên công thức (1). Kết quả cho thấy giá trị Fr nằm trong khoảng 0,1 ÷ 0,7.




Hình 5. Thực hiện quan trắc bằng UAV và ghi số liệu tại trạm đo cố định

Trong một nghiên cứu về sự phân tán của các hạt trong một mỏ than lộ thiên sâu, Sumanth Chinthala [9] nhận thấy rằng nếu Fr > 1,6, thì lớp nghịch đảo không còn. Nếu 1,3 <Fr <1,6, không khí trong mỏ hòa trộn với không khí phía trên và nếu Fr <1,3, không khí trong mỏ được phân tách hoàn toàn với không khí phía trên.

Như vậy, bảng phân loại các lớp ổn định Pasquill (bảng 1) và các điều kiện khí tượng xác định lớp ổn định Pasquill (bảng 2) cho thấy lớp khí quyển ban ngày mỏ Cọc Sáu là lớp C, vào ban đêm là cấp E và F dẫn đến bụi và khí ô nhiễm trong mỏ Cọc Sáu không thể phát tán ra môi trường bên ngoài mà tập trung, lắng đọng trong không gian của mỏ.

Kết quả đo tại trạm di động đo bằng UAV cho thấy: Gradient nhiệt độ trong khoảng 0,64–1,53 ° C / 100 m. Phân loại lớp ổn định của khí quyển theo gradient nhiệt độ (bảng 3) là E và F. Kết quả này tương tự như

phân loại theo vận tốc và số Fr. Do các lớp ổn định là "hơi không ổn định" và "ổn định" dẫn đến các chất ô nhiễm sinh ra trong mỏ hầu như không được phân tán ra ngoài làm cho nồng độ khí CO và bụi PM_{10} cao trong mỏ.

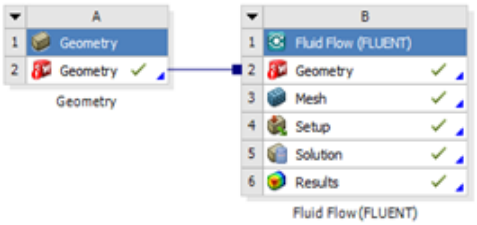
Từ kết quả đo lường hiện trường của 3 trạm quan trắc tại mỏ than Cọc Sáu cho thấy các khí ô nhiễm tập trung cao tại đáy mỏ với giá trị: khí CO đạt 1,3 ÷ 2,6 ppm; CO_2 đạt 478 ÷ 730,1 ppm và bụi PM_{10} đạt 0,92 ÷ 2,67 mg/m^3, và đã tiệm cận ngưỡng ô nhiễm theo QCVN 05:2013/BTNMT – Quy chuẩn kỹ thuật trong không khí xung quanh .

Do đó, cần có giải pháp thông gió phù hợp để chung hòa không khí về trạng thái an toàn. Để có cái nhìn tiến trước về hành vi sẽ xảy ra của luồng không khí trước và sau khi thông gió. Nghiên cứu sử dụng phần mềm ANSYS dưới phân tích CFD 2D để mô phỏng trạng thái của luồng không khí trước và sau khi thông gió trong mỏ.

3. Kết quả và thảo luận

Trình tự thực hiện phân tích CFD 2D như sau:

- Bước 1 ÷ 2 (Geometry): Xây dựng mô hình trên Autocad từ bản vẽ số hóa hiện trạng, phương án KTKT mỏ Cọc Sáu, sau đó đưa vào Workbench thực hiện mô phỏng;
- Bước 3 (Meshing): Chia lưới;
- Bước 4 (Setup): Chọn mô hình toán khai báo điều kiện biên trong Fluent;
- Bước 5 (Solution): Tính toán trong Fluent;
- Bước 6 (*Results*): Kết xuất kết quả trong CFD-Post.



Hình 6. Trình tự mô phỏng trạng thái không khí với CFD 2D

Thông số thiết lập mô phỏng được thể hiện tại bảng 4.

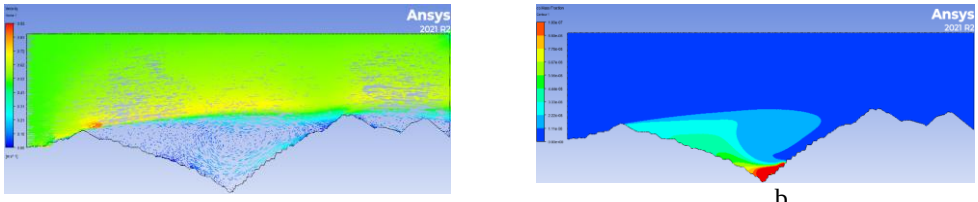
Bảng 4. Thông số thiết lập cho mô phỏng CFD

TT	Thông số	Mô hình mô phỏng CFD	Ghi chú
1	Biên giới đầu vào	Vận tốc gió	
2	Biên giới tường	Ma sát	
3	Sức cản gió (*k*)	0,014 kg/m^3	
4	Nhiệt độ biên	36^{o}C mùa mưa, 17^{o}C mùa khô	
5	Phương pháp chia lưới	Phần tử tứ diện	
6	Mô hình giải pháp	Mô hình nhiễu loạn (k-ε)	
7	Chức năng kích thước lưới	Khoảng gần và độ cong	
8	Số lượng phần tử lưới	250.000 ÷ 600.000	
9	Điều kiện mô phỏng	Thay đổi	
10	Thời gian mô phỏng	24 giờ	
11	Thời gian dòng không khí vào trạng thái ổn định	10 phút sau khi chạy mô phỏng	

Dựa trên thông số hình học thiết kế cuối cùng (đáy kết thúc -345m) của mỏ than Cọc Sáu, mô hình 2D được xây dựng theo trục A-A (hình 4), nghiên cứu tiến hành phân tích các trường hợp gió tự nhiên và thông gió cơ học. Các nguồn không khí được xác định dựa trên vị trí của máy xúc và xe tải tại địa điểm làm việc, nghiên cứu đưa ra các nguồn phát thải CO trong mỏ có giá trị 10 ppm dựa trên tài liệu tham khảo về phát thải khí thải động cơ diesel của Arif Susanto.

Trên thực tế, trong các mỏ lộ thiên còn có các khí độc khác, Tuy nhiên, hành vi phân tán khí trong lớp ổn định khí quyển là tương tự. Vì vậy, nghiên cứu sử dụng khí CO để đánh giá hành vi phát tán. Vận tốc độ gió tự nhiên để đưa vào phân tích CFD được xác định trong giá trị đo được tại trạm quan trắc trên mặt mức +195m với giá trị 0,5 m/s.

Kết quả mô phỏng vận tốc gió tự nhiên, nồng độ khí CO ghi nhận luôn tục trong 24 giờ tại đáy mỏ Cọc Sáu xem hình 7.



a, b,

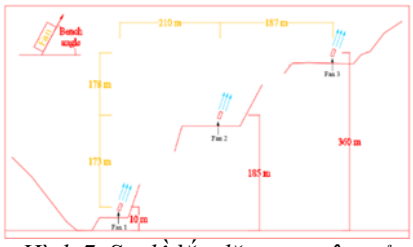
Hình 7. Mô phỏng vận tốc gió và nồng độ CO trong không khí tại mỏ Cọc Sáu

Dựa trên kết quả phân tích CFD cho 2 trường hợp địa hình hiện trạng và KTKT mỏ than Cọc Sáu với vận tốc gió tự nhiên v = 0,5 m/s cho thấy lớp ổn định khí quyển được hình thành từ dòng chảy ổn định của gió tự nhiên và nhiệt độ môi trường. Lớp khí quyển ổn định ngăn chặn chuyển động thẳng đứng của dòng ô nhiễm.

Để đảm bảo khả năng tiêu, thoát của các nguồn ô nhiễm. Nghiên cứu đưa ra giả thiết về trường hợp đặt quạt để mô phỏng sự phân tán nguồn ô nhiễm và dòng chảy không khí với KTKT. Thông số kỹ thuật và sơ đồ lắp quạt như bảng 4 và hình 8.

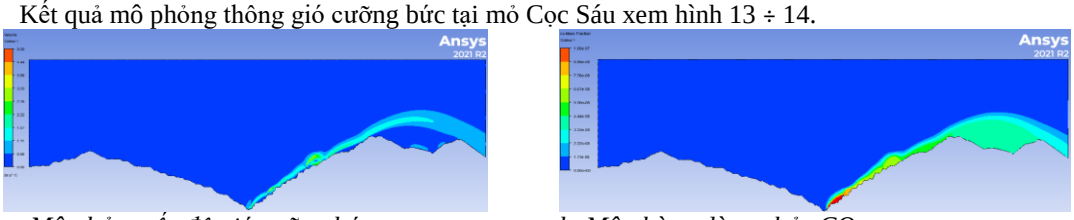
Bảng 4. Đặc tính lắp đặt và phát thải CO

Đặc tính	**Thông số cơ học**
Hướng gió tự nhiên	TN – ĐB
Vận tốc gió tự nhiên	0.3
Vận tốc quạt, m/s	20
Số quạt	3
Vị trí phát thải khí CO	Đáy moong, -285, -225
Nồng độ khí Co, ppm	10



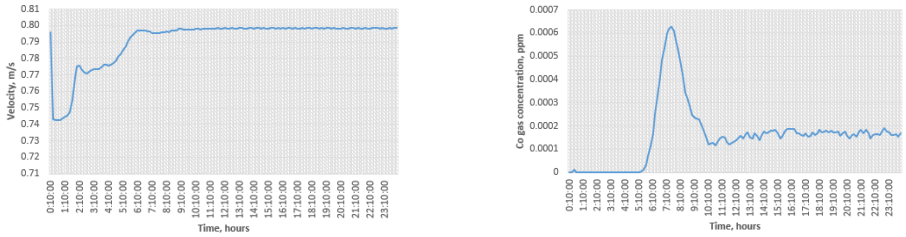
Hình 7. Sơ đồ lắp đặt quạt trên mỏ

Kết quả mô phỏng thông gió cưỡng bức tại mỏ Cọc Sáu xem hình 13 ÷ 14.



a, Mô phỏng tốc độ gió cưỡng bức trong moong *b, Mô phỏng dòng chảy CO trong moong*

Hình 8. Kết quả mô phỏng thông gió cưỡng bức tại mỏ than Cọc Sáu



a, *b,*

Hình 9. Dữ liệu đo vận tốc (bên trái) và nồng độ khí CO (bên phải) tại đáy mỏ

Từ kết quả phân tích trên, có thể rút ra các kết luận sau:

- Quan sát được việc loại bỏ khí CO liên tục ra khỏi mỏ.
- Kết quả đo vận tốc và nồng độ khí CO tại điểm 1 cho thấy vận tốc không khí tại đáy mỏ và nồng độ CO đạt các giá trị đảm bảo điều kiện an toàn lao động cho người công nhân.
- Dữ liệu đo được tại đáy mỏ và mặt mỏ cho thấy khí CO được phát tán liên tục ra môi trường bên ngoài, với nồng độ CO tại đáy mỏ rất thấp, đáp ứng các tiêu chuẩn an toàn theo QCVN 05:2013/BTNMT-Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng không khí xung quanh.

Như vậy, hệ thống thông gió cơ học tỏ ra hiệu quả trong việc giảm thiểu nguồn ô nhiễm trong mỏ. Tuy nhiên, để lựa chọn sơ đồ thông gió và vị trí đặt quạt phù hợp, cần tiến hành kiểm chứng với các trường hợp thông gió khác nhau trước khi đưa ra quyết định cuối cùng.

4. Kết luận

Qua kết quả phân tích, đo đạc và khảo sát hiện trạng về điều kiện vi khí hậu, cùng với việc mô phỏng trường hợp gió tự nhiên và thông gió cơ học bằng phần mềm Ansys dựa trên phân tích CFD 2D, chúng tôi rút ra các kết luận sau:

Lớp ổn định khí quyển thuộc loại C vào ban ngày và E hoặc F vào ban đêm. Điều này cho thấy lớp không khí trong mỏ ở trạng thái trung tính vào ban ngày và hơi ổn định hoặc ổn định vào ban đêm, dẫn đến việc các chất ô nhiễm như PM10 hoặc khí độc khó bị phân tán ra khỏi mỏ.

Chỉ số Froude (Fr) nằm trong khoảng 0,1–0,7, cho thấy không khí trong mỏ bị tách biệt khỏi bầu khí quyển phía trên. Do đó, các chất ô nhiễm dạng hạt và khí không thể phân tán ra ngoài, dẫn đến nồng độ khí CO và PM10 tăng cao.

Các phép đo gradient nhiệt độ theo phương thẳng đứng bằng UAV xác nhận sự tồn tại của lớp nghịch đảo nhiệt độ. Mức độ ổn định khí quyển được phân loại là E và F dựa trên các phép đo gradient nhiệt độ, tương đồng với phân loại dựa trên tốc độ gió và chỉ số Fr.

Mô phỏng dòng chảy không khí với vận tốc gió tự nhiên 0,5 m/s và nồng độ khí CO cao phân bố ở đáy mỏ thông qua phân tích CFD cho kết quả tương tự với dữ liệu đo đạc thực tế tại hiện trường.

Kết quả mô phỏng trong trường hợp đặt 3 quạt với vận tốc 8 m/s cho thấy khả năng phát tán khí CO ra môi trường bên ngoài, chứng tỏ hiệu quả tiềm năng của việc sử dụng thông gió cơ học cho các mỏ lộ thiên sâu tại Việt Nam.

Những kết quả này cho thấy việc áp dụng hệ thống thông gió cơ học có thể cải thiện đáng kể việc khuếch tán các chất ô nhiễm trong mỏ, góp phần đảm bảo an toàn lao động và bảo vệ môi trường.

Tài liệu tham khảo

Grainger, C, Meroney, R.N, 1993. Dispersion in an open-cut coal mine in stably stratified flow. *Bound.-Layer Meteorol*. 63, 117–140.

Markov, V.A, Potashnik, E.L, Rivkind, V.Y, 1978. Two-dimensional mathematical model of natural ventilation processes in opencast mines. *Atmos. Oceanphys*. 14, 5.

Mikkelsen, T, Nielsen, M, 2003. Modelling of pollutant transport in the atmosphere. *MANHAZ position paper, RisØ National Laboratory, Denmark*.

Hanna, S.R, Briggs, G.A, Hosker, R.F, 1982. Handbook on Atmospheric Diffusion Technical Information Center, U.S. *Department of Energy DOE/TIC* 11223.

Woodward, J.L, 2010. Estimating the Flammable Mass of a Vapor Cloud, vol. 21. *Wiley, Hoboken*.

Jitesh, K.M, 2015. Modelling the dispersion of dust generated from open pit mining (Unpublished bachelor dissertation). National institute of technology Rourkela, Odisha, India.

Pasquill, F, 1961. The estimation of the dispersion of windborne material. *Meteorological Magazine*. 90: 33–49.

ABSTRACT

Study on the Application of Simulation Software for Microclimate Conditions and Ventilation in Coc Sau Coal Mine

Doan Van Thanh[1], Do Van Trieu[1], Tran Dinh Bao[2,3], Hoang Manh Thang[1], Hoang Dinh Nam[2]

[1]Institute of Mining Science and Technology - Vinacomin

[2]Hanoi University of Mining and Geology

[3]Innovations for Sustainable and Responsible Mining (ISRM)

The Coc Sau coal mine is one of the open-pit coal mines with significant depth and a very high annual volume of overburden removal. Surveys and measurements of microclimatic conditions at fixed and mobile stations installed within the mine indicate that pollutants are not dispersed into the external environment but accumulate within the mine's space. To assess the atmospheric patterns and microclimatic conditions of the mine, aiming to propose appropriate ventilation solutions for air neutralization, this study applies specialized air simulation software, Ansys, based on the most advanced current 2D CFD analyses..

Keywords: Simulation; Microclimate; Coc Sau; Ventilation

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Nghiên cứu sự lan truyền của sóng nổ từ môi trường đất đá sang môi trường nước

Đàm Trọng Thắng[1,*], Ngô Thế Đức[1]
[1]*Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn*

TÓM TẮT

Công tác nổ mìn phá hủy đất đá hay khoáng sản rắn trong các điều kiện địa chất tồn tại cả môi trường nước là khá phổ biến, như khi thi công ở các vùng sông biển hay trong điều kiện đất đá có các khe nứt chứa nước… Trong các điều kiện như vậy, quá trình lan truyền sóng nổ từ đá sang môi trường nước sẽ làm xuất hiện các hiệu ứng phản xạ và khúc xạ sóng tại mặt phân cách giữa môi trường đá và nước. Các hiệu ứng này làm thay đổi qui luật phân bố sóng ứng suất trong môi trường đá và làm thay đổi đặc tính tác dụng phá hủy đất đá. Tuy nhiên cho đến nay việc nghiên cứu toàn diện về vấn đề này còn hạn chế. Đặc biệt chưa có nghiên cứu tổng hợp cả phương diện mô hình lý thuyết và thực nghiệm để đề xuất ra các giải pháp nâng cao hiệu quả phá hủy đá. Chính vì các lý do trên bài báo đã tiến hành xây dựng mô hình vật lý, kết hợp tiến hành mô phỏng, thí nghiệm số trên phần mềm ABAQUS để từ đó rút ra qui luật lan truyền sóng nổ từ môi trường đá sang môi trường nước. Thiết lập và phân tích các qui luật thực nghiệm nhận được cho phép chỉ ra rằng khi tỉ số độ cứng âm học của môi trường đá và nước càng lớn thì cường độ sóng phản xạ trên mặt phân cách môi trường đá và nước càng lớn, còn cường độ sóng khúc xạ truyền vào môi trường nước càng nhỏ và ngược lại. Khi cường độ sóng phản xạ vào môi trường đá càng lớn thì hiệu quả phá hủy đá càng có lợi. Kết quả độ sai lệch về hệ số khúc xạ giữa lý thuyết và mô hình thí nghiệm là 5,57%. Điều này cho thấy độ chính xác của mô hình số nghiên cứu chấp nhận được.

Từ khoá: sóng ứng suất; sóng phản xạ và khúc xạ; mô phỏng nổ

1. Đặt vấn đề

Khoan nổ mìn hiện vẫn là phương pháp thi công chủ yếu để phá vỡ các loại đất đá cứng, phục vụ khai thác khoáng sản, thi công công trình. Cho đến nay đa số các nhà khoa học đều cho rằng sóng ứng suất của là nguyên nhân chính gây ra phá hủy đá cứng. Khi nghiên cứu về nổ phá đá dưới nước, trên cơ sở kế thừa lý thuyết phá đá trên cạn bằng sóng phản xạ với việc đưa ra mô hình lượng nổ ảo kép để biện luận quá trình hình thành và xuất hiện các sóng ứng xuất lan truyền từ môi trường đá sang môi trường nước (Đ.T Thắng et al., 2015). Tuy nhiên, mô hình này chưa nghiên cứu sự hình thành và nhiễu xạ sóng xung kích trên bề mặt phân cách và sự suy giảm cường độ sóng khúc xạ lan truyền trong môi tường nước, mà được hình thành trên bề mặt phân cách môi trường đá - môi trường nước. Trong thực tiễn hiện nay trước nhu cầu khai thác tài nguyên biển, vì vậy việc nổ mìn phá đá dưới nước đã và đang đặt ra nhiệm vụ nghiên cứu lý thuyết cũng như kỹ thuật và công nghệ nổ mìn dưới nước đảm bảo hiệu quả và an toàn sinh thái. Chính vì vậy việc nghiên cứu sự lan truyền của sóng nổ từ môi trường đất đá sang môi trường nước không chỉ để làm cơ sở khoa học cho việc hoàn thiện kỹ thuật, công nghệ nâng cao hiệu quả phá đá, mà còn làm cơ sở để tính toán an toàn đối với sóng xung kích lan truyền trong môi trường nước tác dụng lên công trình và môi trường dưới nước.

2. Nghiên cứu phân tích cơ sở lý thuyết

Khi nổ trong đá, sóng ứng suất có cường độ giảm dần khi lan truyền ra xa tâm nổ, trị cường độ của sóng ứng suất trong sóng tới tại một toạ độ trong không gian phụ thuộc vào khoảng cách đến tâm nổ, hàm áp lực nổ trong buồng mìn và đặc trưng của đất đá có thể được xác định theo qui luật tổng quát đối với sóng nổ cầu (Đ.T Thang & B. X. Nam, 2012).

$$\sigma_t = p(t).\left(\frac{r_0}{R}\right)^{\beta} \quad (1)$$

* *Tác giả liên hệ*
Email: thangdt@lqdtu.edu.vn

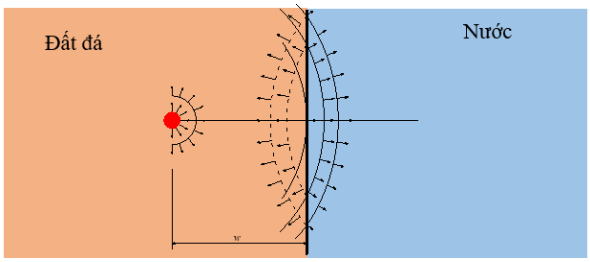
trong đó:

σ_t - trị số ứng suất trong sóng tới; *p(t)*- hàm áp lực nổ trong buồng mìn;

r - khoảng cách từ trục lượng nổ đến điểm nghiên cứu;

r_0 - bán kính lượng nổ;

ββ- chỉ số đặc trưng cho sư tắt dần của sóng ứng suất nén trong không gian, nó phụ thuộc vào loại đất đá, theo (Đ.T Thắng, 2020) (H.S Giao et al, 2010) (Đ.T Thắng, N.T Đức, 2023).



Hình 1: Sơ đồ mô hình lý thuyết nghiên cứu quá trình lan truyền sóng nổ từ môi trường đất đá bán vô hạn sang môi trường nước bán vô hạn

Khi sóng ứng suất tới lan truyền đến mặt phân cách giữa hai môi trường đất đá và nước sẽ hình thành sóng khúc xạ dạng nén vào môi trường nước (gọi là sóng xung kích) và sóng phản xạ dãn lan truyền ngược lại vào môi trường đá về phía tâm nổ, xem hình 1. Cường độ và tốc độ dịch chuyển của các hạt trong sóng phản xạ và sóng khúc xạ được xác định từ điều kiện liên tục đối với ứng suất đối với trường hợp phản xạ thẳng góc kết hợp với định luật bảo toàn động lượng cho phép nhận được mối quan hệ giữa ứng suất trong sóng khúc xạ (σ_{kx}) và sóng phản xạ (σ_{px}) có liên hệ với sóng tới (σ_t) tại các phần tử ở vị trí mặt phân cách giữa 2 môi trường dưới dạng (Zhang, 2016):

$$\sigma_{px} = K_{px}\sigma_t; \quad \sigma_{kx} = K_{kx}\sigma_t \tag{2}$$

trong đó:

K_{px} - hệ số phản xạ sóng ứng suất, $K_{px} = (\rho_2 c_2 - \rho_1 c_1)/(\rho_2 c_2 + \rho_1 c_1)$;

K_{kx} - hệ số khúc xạ sóng ứng suất, $K_{kx} = 1 - K_{px}$; ρ_1, c_1 và ρ_2, c_2 là mật độ khối lượng và vận tốc truyền sóng dọc tương ứng của môi trường đá và môi trường nước;

Vì hệ số khúc xạ là cố định đối với hai môi trường nghiên cứu xác định, nên sự biến thiên áp lực trên bề mặt sóng xung kích trong môi trường nước cũng có dạng tương tự như trong môi trường đất đá. Trị số áp suất trong sóng xung kích nước tại bề mặt phân cách giữa hai môi trường chính bằng trị số ứng suất trong sóng khúc xạ tại điểm đó. Qui luật thực nghiệm về sự suy giảm cường độ sóng xung kích trong môi trường nước của lượng nổ hình cầu có dạng (H.S Giao et al, 2010):

$$p_n = 14700\left(\frac{r_{0n}}{R}\right)^{1,13}.p_0 + p_0 \tag{3}$$

trong đó:

r_{0n} - bán kính lượng nổ trong môi trường nước, m;

R - khoảng cách từ điểm khảo sát đến tâm lượng nổ, m;

P_n, p_0 - áp suất dư trên mặt sóng nổ và áp suất môi trường.

Mô hình nghiên cứu tương ứng với các trị số ứng suất mô tả trên đồ thị hình 3 cần thỏa mãn các điều kiện biên như sau:

- Tại thành buồng mìn có trị số ứng suất nén lớn nhất trong sóng ứng suất bằng áp lực lớn nhất (p_m) trong buồng mìn:

$$\sigma_t(R/r_0) = \sigma_t(1) = p_m \tag{4}$$

- Tại điểm trong môi trường đá nằm trên bề mặt phân cách giữa hai môi trường đá và nước, tương ứng với tọa độ tương đối $R/r_0=w/r_0$ ta có trị số áp suất trong sóng phản xạ bằng:

$$\sigma_{px}(w/r_0) = (1 - K_{kx}).p_m.\left(\frac{r_0}{w}\right)^{\beta} = K_{px}.p_m.\left(\frac{r_0}{w}\right)^{\beta} \tag{5}$$

- Tại điểm trong môi trường nước nằm trên bề mặt phân cách giữa hai môi trường đá và nước, tương ứng với tọa độ tương đối $R/r_0=w/r_0$ ta có trị số áp suất trong sóng xung kích bằng:

$$p_n(w/r_0) = \sigma_{kx}(w/r_0) = K_{kx}.p_m.\left(\frac{r_0}{w}\right)^{\beta} \tag{6}$$

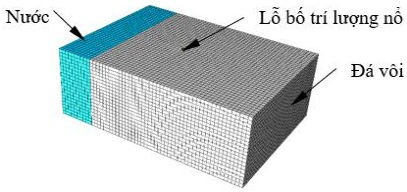
Mặc dù các qui luật suy giảm của cường độ sóng xung kích trong môi trường nước (3) đã biết, tuy nhiên vì các hàm p(t), trị số p_m và chỉ số mũ β trong công thức (1) đặc trưng đặc tính môi trường và điều kiện nổ chưa biết. Hiện tại các thành phần này đều phải xác định bằng thực nghiệm hoặc bán thực nghiệm. Mặt

khác các phương pháp tính hệ số khúc xạ và phản xạ ở trên chỉ đặc trưng cho sóng thẳng góc với bề mặt phân cách. Trong thực tế với với sóng nổ cầu điều này chỉ chính xác đối với vụ nổ ở khoảng cách xa, tức w rất lớn. Chính vì vậy cần phải làm rõ mức độ sai lệch này thông qua việc nghiên cứu khảo sát quá trình lan truyền của sóng nổ từ môi trường đất đá sang môi trường nước bằng phương pháp mô phỏng số.

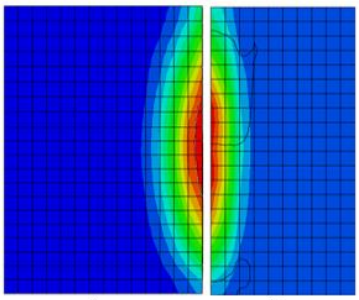
3. Nghiên cứu mô phỏng số

Sử dụng phần mềm ABAQUS/CAE để tiến hành mô phỏng quá trình lan truyền sóng ứng suất lan truyền từ đất đá sang môi trường nước khi nổ mìn trong đất đá.

Để tiến hành nghiên cứu quá trình lan truyền sóng ứng suất nổ từ đất đá sang nước, mô hình bài toán được thiết lập như hình 2. Trong đó môi trường đất đá là đá vôi được thiết lập là một khối hình hộp chữ nhật có kích thước dài 1,2m, rộng 1,2m, dày 0,5m, còn môi trường nước có kích thước tương tự được đặt tiếp xúc với môi trường đá. Lỗ khoan chứa thuốc nổ có đường kính 27mm được bố trí cách bề mặt tiếp xúc với nước 30cm.



Hình 2: Sơ đồ mô hình nghiên cứu

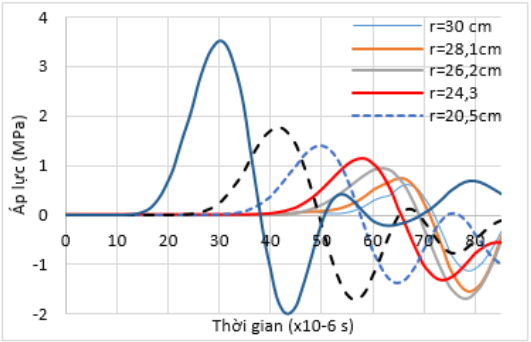


Hình 3: Hình dạng trường sóng ứng suất trong đất đá và sóng khúc xạ trong nước ở cùng khoảng cách a) trong đất đá; b) trong nước

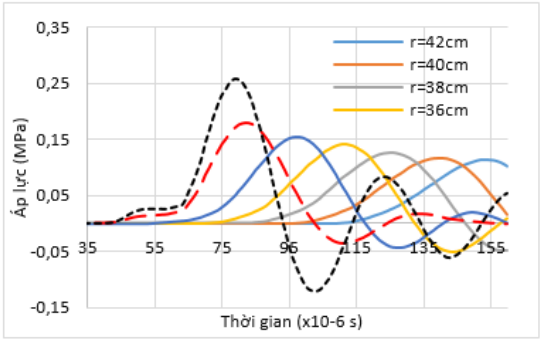
Mô hình vật liệu lựa chọn để nghiên cứu là đá vôi được mô hình hoá theo mô hình của Holmquist, Johnson & Cook (HJC) (1993) với các tham số của đá vôi theo mô hình HJC được kế thừa từ kết quả nghiên cứu của Wang và công sự (ρ=2300 kg/m^3, vận tốc sóng âm c=4666 m/s,...) (Đ.T Thắng, N.T Đức, 2023). Thuốc nổ sử dụng TNT có khối lượng 1g dạng hình trụ có đường kính 5mm chiều dài 3cm được bố trí ở đáy lỗ khoan. Tham số của thuốc nổ TNT theo phương trình trạng thái JWL được kế thừa theo nghiên cứu của Alia & Souli (2006). Môi trường nước được sử dụng phương trình trạng thái Gruniesen (Gruniesen EOS) đê mô hình hóa môi trường nước. Các thông số của nước được kế thừa theo nghiên cứu của Ronald L. Hinrichsen và cộng sự có mật độ khối lượng ρ=1000kg/m^3; vận tốc sóng âm c=1500m/s (Ronald L. Hinrich et al.,2004).

Vị trí các đầu đo ứng suất đặt trong mô hình có khoảng cách tính từ tâm nổ tương ứng bằng: 1,35; 10,9; 16,63; 20,45; 24,27; 26,18; 28,09; 30 (trong đá) và 30; 32; 34; 36; 38;40; 42 (trong nước). Kết quả mô phỏng số nhận được dạng trường sóng ứng suất trong đá chuyển hóa thành trường sóng xung kích trong nước ở hình 3 và biểu đồ cường độ sóng ứng suất tại các điểm trong môi trường đất đá ở hình 4 và áp lực trong môi trường nước tại bề mặt phân cách hai môi trường ở hình 5.

Tổng hợp các số liệu trị số ứng suất cực đại và áp suất cực đại tại các vị trí khảo sát thu được trên đồ thị hình 3 và hình 4 được phản ánh trong hình 6 với việc biểu diễn qua thông số khoảng cách tương đối.



Hình 4: Cường độ sóng ứng suất lan truyền trong môi trường đất đá



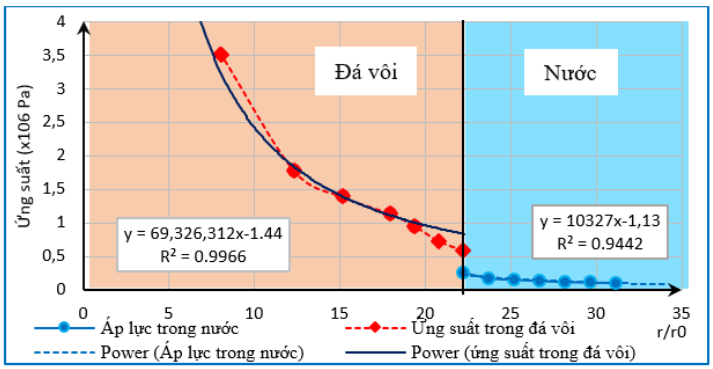
Hình 5. Cường độ sóng xung kích trong nước theo khoảng cách

4. Phân tích đánh giá kết quả

Để làm sáng tỏ qui luật suy giảm cường độ sóng nổ khi lan truyền từ môi trường đá sang môi trường nước, sử dụng lý thuyết đồng dạng tác dụng nổ và phương pháp bình phương tối thiểu thiết lập các hàm hồi qui thực nghiệm số về sự suy giảm của cường độ sóng nổ lan truyền trong môi trường đá và môi trường nước theo khoảng cách tương đối xa tâm nổ, được phản ánh trên hình 6 và phương trình 7, 8 dưới đây.

Qui luật thực nghiệm suy giảm cường độ sóng ứng suất nén trong môi trường đá vôi có dạng:

$$\sigma_n = 69326312\left(\frac{r_{0d}}{R}\right)^{1,44}, \text{ Pa với } R^2 = 0,9966 \quad (7)$$



Hình 6: Sự suy giảm thực tế và đường hồi qui của cường độ cực đại trong sóng nổ lan truyền từ môi trường đất đá sang môi trường nước

Để thiết lập được qui luật thực nghiệm về sự suy giảm cường độ sóng nổ khúc xạ (sóng xung kích) lan truyền trong môi trường nước, cần giả thiết gần đúng sóng khúc xạ được xem như lan truyền từ tâm nổ. Vì vậy cần phải tính toán bán kính lượng nổ tương đương trong môi trường nước theo công thức (3) với điều kiện biên đảm bảo trị số áp suất trong sóng xung kích tại bề mặt phân cách chính bằng trị số áp suất trong sóng xung kích đo được trong môi trường nước tại mặt phân cách. Tức là $p_n(30)= 257154$ N/m^2. Thay $p_n(30)$ vào công thức (3), khi đó nhận được bán kính lượng nổ tương đương trong môi trường nước r_{0n}=0,003683 m =3,683mm, tương ứng với khối lượng thuốc nổ C=0,345g. Sử dụng phương pháp xử lý số liệu tương tự như trong môi trường đá, cho phép thiết lập qui luật thực nghiệm về sự suy giảm cường độ sóng xung kích trong môi trường nước được hình thành từ sóng khúc xạ có dạng:

$$p_{kx}^{max} = p_n^{max} = 10327\left(\frac{r_{0n}}{r}\right)^{1,13}.p_0 + p_0, \text{ Pa với } R^2=0,9442 \quad (8)$$

Phương trình thực nghiệm (8) với chỉ số số bằng 1,13 phản ánh tính đồng dạng của sóng xung kích khúc xạ hình thành sóng ứng suất nén lan truyền từ môi trường đá sang môi trường nước với sóng xung kích của vụ nổ trong nước, tuy nhiên biên độ bằng 10327 gảm 1,423 lần so với trị số biên độ 14700 trong công thức (3). Điều này phản ánh sóng xung kích khúc xạ từ môi trường đá sang môi trường nước bị suy giảm cường độ. Nguyên nhân của hiện tượng suy giảm này là do một phần lớn năng lượng trong sóng tới chuyển thành sóng phản xạ và một phần còn lại do khi bị khúc xạ từ đá sang nước hình dạng của sóng ứng suất không còn là hình cầu mà trở thành dạng elip dẹt với bán kính trục ngắn nằm đường cản ngắn nhất, vì do tốc độ lan truyền sóng ứng suất trong đất đá lớn hơn khá nhiều so với lan truyền trong nước.

Kết quả độ sai lệch về hệ số khúc xạ giữa lý thuyết và mô hình thí nghiệm là 5,57% (tính bằng tỉ số so sánh giữa hiệu hệ số khúc xạ tính theo lý thuyết (công thức 2) và hệ số khúc xạ tính theo thực nghiệm, so với hệ số khúc xạ tính theo lý thuyết). Điều này cho thấy độ chính xác của mô hình số nghiên cứu chấp nhận được.

5. Kết luận và khuyến nghị

Trên cơ sở nghiên cứu mô phỏng quá trình hình thành và lan truyền sóng nổ từ môi trường đá vôi sang môi trường nước cho phép rút ra các nhận xét sau:

Sóng ứng suất nén dạng cầu được hình thành từ thành buồng nổ lan truyền ra xung quanh với cường độ giảm dần theo khoảng cách tương đối tính từ tâm nổ. Chỉ số mũ đặc trưng cho sự suy giảm sóng ứng suất nén trên tuyến thẳng góc với bề mặt phân cách môi trường đá và nước bằng 1,44. Khi sóng ứng suất nén lan truyền đến mặt phân cách sẽ xảy ra sự phản xạ và khúc xạ sóng;

Tại khu vực gần bề mặt phân cách xảy ra sự nhiễu xạ sóng. Sóng ứng suất nén ban đầu trong môi trường đá giảm đột ngột, còn khúc xạ vào môi trường nước cũng giảm đột;

Sóng khúc xạ sẽ lan truyền vào môi trường nước làm hình thành sóng xung kích nén lan truyền trong môi trường nước. Qui luật suy giảm cường độ sóng xung kích lan truyền trong môi trường nước đồng dạng với qui luật suy giảm sóng xung kích của vụ nổ trong nước với chỉ số mũ đặc trưng cho sự suy giảm bằng

1,13, nhưng cường độ giảm 1,423 lần so với vụ nổ cùng lượng nổ qui đổi đặt tại vị trí lượng nổ trong đá.

Khuyến cáo áp dụng kết quả nghiên cứu trong việc tính toán, điều khiển các vụ nổ trong môi trường đá tiếp xúc với môi trường nước nhằm điều khiển các hộ chiếu nổ hiệu quả và an toàn.

Tài liệu tham khảo

Hồ Sĩ Giao, Đàm Trọng Thắng, Lê Văn Quyền, Hoàng Tuấn Chung, 2010. *Nổ hoá học - Lý thuyết và thực tiễn.* Hà Nội: NXB Khoa học và Kĩ thuật.

Đ.T Thang , B. X. Nam, 2012. simulating the interference process of two explosion waves on the plane connecting two explosive contour drillholes side by side công trìn. *The 2nd International Conference on Advances in Mining and Tunneling* (S. 345-349). Ha Noi: Publishing House for Science and Technology.

Đ.T Thắng, 2020. *Nổ trong xây dựng công trình.* Hà Nội: HV KTQS.

Đ.T Thắng et al, 2015. *Nổ mìn trong ngành mỏ và công trình.* Ha Noi: NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.

Đ.T Thắng, N.T Đức, 2023. Nghiên cứu sự suy giảm sóng ứng suất nổ khi lan truyền trong môi trường đá vôi. *Tạp chí Xây dựng, 11*, 70-75.

Đàm Trọng thắng, 2020. *Kĩ thuật và công nghệ nổ phá đất đá.* Hà Nội: Học viện KTQS.

Tô Đức Thọ, 2015. *Luận án tiến sĩ: Nghiên cứu sự lan truyền của song nổ trong nước và tương tác của sóng nổ với chướng ngại công trình.* Hà Nôi: Học Viện kĩ thuật Quân sự.

Alia, A., & Souli, M, 2006. High explosive simulation using multi-material formulations. *Applied Thermal Engineering, 26*, 1032-1042, https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2005.10.018.

Gen-Mao Ren, Hao Wu, Qin Fang, Xiang-Zhen Kong, 2017. Parameters of Holmquist–Johnson–Cook model for highstrength concrete-like materials under projectile impact. *International Journal of Protective Structure*.

Holmquist, T. J., Johnson, G. R., & Cook, W. H.,1993. A computational constitutive model for concrete subjective tolarge strain, high strain rate and high pressure. *The 14th International Symposium on Ballistic*, 591-600, http://dx.doi.org/10.1063/1.46199.

Mader, C., 1979. *Numerical Modeling of Detonation.* California: U. of California.

Ronald L. Hinrich; Monty A. Moshier; Alex G. Kurtz., 2004. High Velocity Impacts of Man Portable Air Defense Systems (MANPADS) on Selected Targets. *45th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics & Materials Conference.* California.

S. Itoh, H. Hamashima, K. Murata, Y. Kato, 2002. Determination of JWL parameters from underwater explosion test. *12th International Detonation Symposium.* San Diego.

Tohid Asheghi, Ahmad Fahimifar, Farhad Asemi, 2019. The Effect of the Crack Initiation and Propagation on the P-Wave Velocity of Limestone. *Amirkabir University of Technology*.

Xiaohua Ding, Yuqing Yang, Wei Zhou, Wen An, Jinyu Li, Manda Ebelia, 2022, https://doi.org/10.1038/s41598-022-22109-zwww.nature.com/scientificreports). *The law of blast stress wave propagation and fracture development in soft and hard composite rock.* Natre Portfolio.

Zhang, Z.-X, 2016. *Rock Fracture and Blasting: Theory and Applications.* Butterworth-Heinemann.

Zhiliang Wang, Haochen Wang, Jianguo Wang, Nuocheng Tian, 2021. Finite element analyses of constitutive models performance in the simulation of blast-induced rock cracks. *Computers and Geotechnics, 135*.

Zhiliang Wang, Y. H, 2019. Three-Dimensional Numerical Analysis of Blast-Induced Damage Characteristics of the Intact and Jointed Rockmass. *Computers, Materials & Continua, 60*, 1189 - 1206, doi:10.32604/cmc.2019.04972.

ABSTRACT

Study on the propagation of blast waves from rock mass to water

Dam Trong Thang[1*], Ngo The Duc[1]
[1]*Le Quy Don Technical University*

The practice of blasting to fragmented of rock or solid mineral deposits within geological conditions that include an aquatic environment is widespread, notably in construction activities along coastal areas or within rock formations containing water-filled fissures. Under such circumstances, the propagation of blasting stress waves from rock to water engenders the emergence of reflection and refraction effects at the interface between the rock and water environments. These effects induce alterations in the distribution patterns of stress waves within the rock medium, thereby influencing the destructive properties of the rock substrate. However, comprehensive research into this phenomenon remains limited. Notably absent are studies synthesizing both theoretical modeling and experimental aspects to propose solutions aimed at enhancing rock breaking efficiency. For the above reasons, this paper has undertaken the development of a physical model, coupled with numerical simulations using ABAQUS software, and explosion experiments conducted on model setups within laboratory settings to elucidate the principles governing blast wave propagation from rock to water. Establishment and analysis of the derived experimental laws reveal that as the acoustic impedance ratio between the rock and water environments increases, the intensity of wave reflection at the rock-water interface likewise escalates, while the intensity of refracted waves transmitted into the water environment diminishes correspondingly, and vice versa. As the intensity of reflected stress wave in the rock environment increases, the efficacy of rock fragmentation becomes more advantageous. The deviation of refractive index between theoretical and numerical simulation results is 5.57%. This shows that the accuracy of the numerical model is acceptable.

Keywords: Blasting stress wave; reflected and refracted stress wave; explosion simulation

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Một số giải pháp kỹ thuật nâng cao hiệu quả nổ mìn tại các khu vực đất đá ngậm nước cho mỏ than Đèo Nai - TKV

Hoàng Mạnh Thắng[1*], Trần Quang Hiếu[2,3]
[1]*Viện Khoa học công nghệ Mỏ - Vinacomin*
[2]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[3]*Nhóm nghiên cứu mạnh Những tiến bộ trong Khai thác mỏ bền vững và có trách nhiệm (ISRM)*

TÓM TẮT

Mỏ than Đèo Nai là một trong những mỏ khai thác lộ thiên sâu, có sản lượng khai thác lớn thuộc tỉnh Quảng Ninh. Để đạt được sản lượng khai thác theo kế hoạch, mỏ tiếp tục mở rộng và khai thác xuống sâu, kéo theo lượng nước mặt và nước ngầm chảy vào mỏ lớn, làm gia tăng các khu vực ngậm nước. Khi khoan trong tầng đá ngậm nước, tỷ lệ tổn thất mét khoan và lỗ khoan tăng lên rất cao do những nguyên nhân như: nước ngầm, mưa bão, lắng phoi, gãy choòng, sập lở thành và miệng lỗ khoan, vì thế có những lỗ khoan phải khoan đi khoan lại nhiều lần. Nước ngầm trong lỗ khoan đòi hỏi phải sử dụng thuốc nổ chịu nước đắt tiền và gây khó khăn cho quá trình nạp thuốc hoặc làm cho công tác tính toán lượng thuốc nổ trong lỗ khoan không chính xác. Bài báo này tiến hành nghiên cứu đề xuất một số giải pháp kỹ thuật mới có thể áp dụng để nâng cao hiệu quả nổ mìn tại các khu vực đất đá ngậm nước cho mỏ than Đèo Nai.

Từ khóa: Mỏ than Đèo Nai; nước ngầm; đất đá ngậm nước; nổ mìn

1. Đặt vấn đề

Đèo Nai là một trong những mỏ khai thác lộ thiên sâu có sản lượng khai thác lớn nhất Việt Nam thuộc tỉnh Quảng Ninh. Năm 2023 mỏ đã khai thác hơn 1,6 triệu tấn than, bóc hơn 22 triệu m3 đất đá. Để đạt đảm bảo được sản lượng than khai thác, mỏ phải tiếp tục mở rộng và khai thác xuống sâu. Do sự vận động của nước ngầm và nước mặt, các tầng khai thác của mỏ thường xuyên chứa nước, gây khó khăn cho công tác khoan nổ mìn đồng thời làm gia tăng tỷ lệ thuốc nổ chịu nước. Theo số liệu thống kê tại mỏ trong những năm qua cho thấy: Tỷ lệ thuốc nổ chịu nước sử dụng chiếm 40 ÷ 65 % và có xu thế gia tăng trong những năm tới. Đa số các bãi mìn có tỷ lệ thuốc chịu nước trung bình 30 ÷ 50%. Những khu vực tầng khai thác gần đáy mỏ thường có điều kiện địa chất thủy văn phức tạp, tỷ lệ thuốc chịu nước có thể lên đến 70 ÷ 100 %, theo đó mỗi năm sẽ phát sinh chi phí để sử dụng thuốc nổ chịu nước, chưa kể một số chi phí khác phát sinh trong quá trình nạp mìn như: bơm thoát nước từ lỗ khoan, nạp mìn theo công đoạn (Công ty Công nghiệp Hóa chất mỏ Cẩm Phả, 2022).

Hiện nay trên thế giới đã có nhiều giả pháp phá vỡ đất đá khi nổ mìn trong khu vực ngậm nước nhằm tăng hiệu quả nổ mìn, giảm giá thành khai thác một cách hiệu quả. Việc nghiên cứu các giải pháp trên có thể áp dụng cho mỏ than Đèo Nai nhằm tăng hiệu quả nổ mìn, giảm chi phí cho mỏ có ý nghĩa rất thực tiễn.

2. Nghiên cứu cơ chế phá vỡ đất đá của thuốc trong môi trường đất đá ngậm nước

Cơ chế phá vỡ đất đá của năng lượng nổ đối với đất đá ngậm nước cũng có điểm tương tự so với đất đá khô. Tuy nhiên nước làm thay đổi tính chất cơ lý của đất đá, lấp đầy các khe nứt, lỗ rỗng và ảnh hưởng đến sản phẩm sau nổ của thuốc nổ. Do vậy, dù ở mức độ nào, sự có mặt của nước trong đất đá cũng có thể thay đổi hiệu quả công tác nổ mìn.

Một lý thuyết ban đầu về quá trình của vụ nổ trong điều kiện ngập nước được đề xuất bởi Покровский Г.И., Федоров И.С (Покровский Г.И и Федоров И.С, 1957) cho rằng các khí nổ của vụ nổ ban đầu có áp suất lớn gấp nhiều lần áp suất nước xung quanh. Sau quá trình nổ, khí nổ chiếm thể tích của nước theo mọi hướng từ nơi phát nổ và mở rộng với tốc độ cao. Vụ nổ giãn nở tương tự như các giai đoạn giãn nở ban đầu của khí nổ trong vụ nổ ở môi trường không khí (Tech, 2019; Wangzhenxin, 2017). Tuy nhiên, nước xung quanh khu vực xảy ra vụ nổ có một sức cản chống lại sản phẩm nổ lớn hơn so với không khí dẫn đến việc mất đi hiệu ứng tập trung của khí nổ và làm giảm tốc độ di chuyển của mảnh vỏ nếu vụ nổ xảy ra trong một vỏ chứa.

* *Tác giả liên hệ*
Email: hoangmanhthang96mdc@gmail.com

Theo Ефремов Э.И và Анисимов О.А (Ефремов Э.И, 2006; Анисимов О.А, 2015), khi đặt một lượng chất nổ vào môi trường rắn ngập trong nước, nghĩa là giữa khối nổ trong lỗ khoan và thành lỗ khoan có khe hở chứa một lớp nước bao quanh, sóng xung kích xảy ra trong quá trình kích nổ chất nổ đầu tiên ảnh hưởng đến lớp nước bao quanh thuốc nổ, trong đó năng lượng nổ mất một phần để làm nóng, bay hơi và đẩy nước ra xa khỏi vị trí nổ. Vận tốc của sóng dọc trong chất lấp đầy vết nứt là nước khoảng 1.500 m/s và gần như không phụ thuộc vào loại đất đá. Trải qua sự khúc xạ ở bề mặt nước và đất đá, sóng xung kích truyền từ nước vào môi trường rắn xung quanh. Do đó, áp suất lên thành lỗ khoan trong môi trường nước sẽ nhỏ hơn áp suất khi chất nổ tiếp xúc trong môi trường khô. Kết quả là kích thước của vùng bị nghiền nát và tỉ lệ của các phần hạt mịn khi nổ mìn trong môi trường đất đá khô cao hơn.

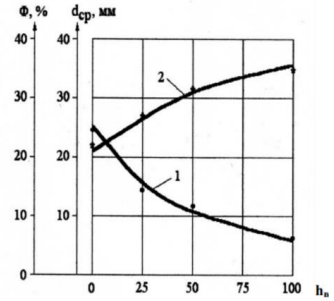
Комир В.М (Комир В.М и Кунаков Е.Ю, 2006) cũng đã tiến hành thí nghiệm nổ các mô hình xi măng ở các mức độ ngậm nước khác nhau. Sau các vụ nổ khác nhau, kích thước các hạt của mô hình bị phá hủy được xác định bằng phân tích sàng và tỉ lệ cỡ hạt được thống kê tại bảng 1.

Bảng 1. Thành phần hạt của vật liệu của các mô hình bị phá hủy.

Kích thước (mm)	**Mẫu khô**		**Mẫu ngậm nước một phần**		**Mẫu ngập nước**	
	Cân nặng (kg)	Tỉ lệ (%)	Cân nặng (kg)	Tỉ lệ (%)	Cân nặng (kg)	Tỉ lệ (%)
> 4	0,46	3,90	0,285	2,34	0,28	2,27
4	0,13	1,1	0,12	0,98	0,065	0,53
4 ÷ 8	0,12	1,02	0,105	0,86	0,05	0,41
8 ÷ 16	0,14	1,19	0,12	0,98	0,045	0,37
16 ÷ 20	0,115	0,97	0,115	0,94	0,05	0,41
20 ÷ 25	0,17	1,44	0,105	0,86	0,115	0,94
25 ÷ 30	0,165	1,4	0,13	1,07	0,06	0,49
30 ÷ 40	0,56	4,75	0,24	1,97	0,13	1,07
40 ÷ 50	0,29	2,46	0,67	5,49	0,26	2,13
50 ÷ 60	0,935	7,92	0,565	4,63	0,335	2,7
60 ÷ 70	2,165	18,35	0,55	4,51	0,155	1,27
≤ 70	6,6	55,93	9,2	75,38	10,8	87,4
Tổng	10,6	100	12,2	100	12,35	100

Kết quả cho thấy với sự gia tăng mức độ ngậm nước làm tăng tỉ lệ của các phần có kích thước thô (> 7mm) và tỉ lệ của thành phần hạt nhỏ (< 4 mm) giảm. Ông giải thích mô hình này bằng thực tế là khi các khối thuốc phát nổ trong trong điều kiện ngập nước, các hiệu ứng sóng và quá trình nhiệt động lực học được tách biệt trong thời gian trong phạm vi micro và mili giây. Mô hình ngậm nước giảm tổn thất của năng lượng nổ và tăng tốc độ sự lan rộng của sóng xung kích lan truyền ra xung quanh của khối thuốc nổ tuy nhiên sự xuất hiện của xung quanh khối thuốc nổ gây khó khăn cho việc sự xâm nhập của các sản phẩm khí nổ vào đất đá và làm giảm năng lượng của nó.

Đồng quan điểm (Комир В.М и Кунаков Е.Ю, 2006; Ефремов Э.И, 2006) đã trình bày luận điểm này dưới dạng biểu đồ (hình 1), cho thấy rõ ràng ảnh hưởng của độ ngậm nước nước theo hai thông số chính: tỉ lệ thành phần của các cỡ hạt nhỏ (< 5 mm) và các hạt có kích thước trung bình. Khi mức độ ngậm nước nước tăng, tỉ lệ cỡ hạt nhỏ giảm và tỉ lệ các hạt có kích thước trung bình tăng.



Hình 1. Ảnh hưởng của mức độ ngậm nước đến mức độ đập vỡ.
1- Tỉ lệ cỡ hạt nhỏ hơn 5 mm, 2- Tỉ lệ cỡ hạt có kích thước trung bình

Từ trên có thể kết luận quá trình nổ trong môi trường đất đá ngậm nước phức tạp hơn so với nổ mìn trong môi trường đất đá khô. Trong bất kỳ trường hợp nào cũng có thể khẳng định nhờ độ ngậm nước mà năng lượng nổ được truyền đến khoảng cách xa hơn, cũng như quá trình nghiền nát xảy ra " mềm hơn" với thành phần cỡ hạt đống đá nổ mìn đều hơn nhờ vào việc giảm được tỉ lệ thành phần các hạt mịn và tăng

kích thước các hạt trung bình, giảm tỉ lệ thành phần bị nghiền nát.

Vậy có thể thấy nước có ảnh hưởng đáng kể đến mức độ đập vỡ đất đá khi nổ mìn. Mức ảnh hưởng này tích cực hay tiêu cực còn tùy thuộc vào từng trường hợp cụ thể khác nhau như điều kiện địa chất của đất đá, chỉ tiêu thuốc nổ, mức độ ngậm nước,.... Ngoài ra ảnh hưởng tiêu cực của điều kiện địa chất thủy văn đến hiệu quả nổ mìn thể hiện ở việc nước làm thay đổi tính chất của thuốc nổ, giảm khả năng nổ của thuốc nổ, gây khó khăn cho quá trình thi công khoan nổ. Đối với thuốc nổ không chịu nước trong quá trình nạp bị ảnh hưởng bởi nước sẽ sinh ra khí độc như N_xO_y hoặc CO vừa làm giảm mức độ đập vỡ vừa gây ảnh hưởng đến môi trường.

3. Đánh giá hiện trạng công tác nổ mìn tại khu vực đất đá ngậm nước của mỏ than Đèo Nai

Theo các dữ liệu khảo sát, công tác nổ mìn tại khu vực đất đá ngậm nước của của mỏ than Đèo Nai như sau:

- Chỉ tiêu thuốc nổ: Với đất đá có f = 9 ÷ 10, q = 0,35 ÷ 0,41 kg/m^3; f = 11÷12, q = 0,42 ÷ 0,50 kg/m^3; f = 13 ÷ 14, q = 0,54 ÷ 0,57 kg/m^3.
- Mạng lưới lỗ khoan dạng tam giác đều, các thông số mạng (a x b): 8,5 x 7,5; 8,0 x 7,0; 7,5 x 6,5; 7,2 x 6,2; 6,5 x 5,5.
- Chiều sâu khoan thêm thay đổi trong khoảng từ 1 ÷ 3 m;
- Chiều dài bua thay đổi trong khoảng từ 3 ÷ 8 m tuỳ theo chiều cao tầng.
- Các giải pháp nổ mìn đang được áp dụng tại các khu vực đất đá ngậm nước bao gồm sử dụng thuốc nổ chịu nước và nạp phối hợp thuốc nổ chịu nước và thuốc nổ không chịu nước.



Hình 2. Công tác nổ mìn tại khu vực đất đá ngậm nước của mỏ than Đèo Nai

3.1. Sử dụng thuốc nổ chịu nước

Giải pháp này gồm 02 phương pháp nạp thuốc nổ: Nạp bằng thiết bị cơ giới hóa với nhũ tương rời và nạp thuốc nổ chịu nước dạng bao gói.

***** *Nạp thuốc nổ chịu nước bằng thiết bị cơ giới hóa với nhũ tương rời*

Nhũ tương rời được sử dụng là nhũ tương NTR 07 được sản xuất trên xe chuyên dụng tại khai trường mỏ, từ các nguyên liệu là tiền chất thuốc nổ được phối trộn và bơm trực tiếp xuống dưới lỗ khoan thông qua hệ thống ống dẫn. Đây là công nghệ an toàn và hiệu quả đối với công tác nổ mìn trong môi trường đất đá ngậm nước. Tuy nhiên thuốc nổ chịu nước có giá thành cao hơn đáng kể so với thuốc nổ không chịu nước nên chi phí thuốc nổ tăng cao.

Đối với các khu vực ngậm nước với mức độ nứt nẻ, mức nước trong lỗ khoan cao hoặc việc bơm tháo nước lỗ khoan không có hiệu quả do nước từ các khe nứt liên tục bổ xung vào lỗ khoan, loại hình nạp trên còn được kết hợp với túi bao dứa có đường kính 180 mm trong lỗ khoan d = 250 mm. Bua, đất đá được nạp vào trong túi bao dứa và buộc chặt tạo độ chìm sau đó thả xuống đáy lỗ khoan, phần trên của túi được buộc cố định vào sào trên gắn trên miệng lỗ. Thuốc nổ được nạp vào trong túi từ dưới lên trên qua vòi dẫn. Ưu điểm của phương pháp này giúp thuốc nổ không bị thất thoát vào các hang hốc, khe nứt trong lỗ khoan đồng thời giảm được mức độ tiếp xúc trực tiếp với nước của thuốc nổ. Tuy nhiên do sử dụng túi có đường kính lỗ khoan 180 mm làm mật độ nạp thuốc giảm đi đáng kể so với thiết kế, thay đổi thông số kĩ thuật so với tính toán khiến giảm hiệu quả nổ mìn.

***** *Nạp thuốc nổ chịu nước bao gói*

Với điều kiện mặt bãi khoan sình lầy, không gian làm việc không đáp ứng với thiết bị nạp cơ giới, giải pháp được sử dụng là nạp thuốc nổ chịu nước bao gói. Các loại thuốc nổ chịu nước bao gói được sử dụng chủ yếu là ANFO-15WR - D180, NTR 08 - D180; thuốc nổ LT1-31 - D180,… được công nhân nổ mìn nạp thủ công xuống lỗ khoan. Đây cũng là giải pháp an toàn khi nổ mìn trong mỗi trường ngậm nước tuy nhiên cũng như nhũ tương rời, thuốc nổ nhũ tương bao gói cũng có giá thành cao gây tăng chi phí nổ mìn. Tuy nhiên do phương pháp nạp mìn thủ công nên tốc độ nạp không cao như nạp cơ giới khiến thời gian thi công kéo dài. Nước trong lỗ khoan cũng khiến công tác nạp thuốc khó khăn hơn, có thể gây treo, tắc thuốc trong lỗ khoan khiến công tác xử lý tốn thời gian.

3.2. Nạp phối hợp thuốc nổ chịu nước và thuốc nổ không chịu nước

Phương pháp nạp thuốc này kết hợp giữa thuốc nổ chịu nước nạp phía dưới và thuốc nổ không chịu nước nạp phía trên. Chiều cao cột thuốc nổ chịu nước thường lấy cao hơn chiều cao cột nước trong lỗ khoan khoảng 0,5 ÷ 1m. Trước khi tiến hành nạp thuốc cần bơm hút nước trong lỗ khoan làm giảm mực nước trong lỗ. Loại thuốc nổ chịu nước sử dụng là ANFO-15WR - D180, NTR 08 - D180 và các loại thuốc nổ nhũ tương do Bộ quốc phòng sản xuất. Còn thuốc nổ không chịu nước là Anfo bao gói hoặc Anfo nạp bằng thiết bị cơ giới hóa. Ưu điểm của giải pháp này là đảm bảo mức độ đập vỡ đấp đá do phân bố năng lượng, đặc tính của thuốc nổ theo điều kiện địa chất thủy văn của lỗ khoan và giảm chi phí sử dụng thuốc nổ chịu nước sử dụng. Tuy nhiên do thành lỗ khoan ẩm, chiều cao nước dâng lên ngoài tính toán,... nên vẫn tiềm ẩn nguy cơ nước ảnh hưởng đến thuốc nổ không chịu nước phía trên gây ảnh hưởng tới hiệu quả công tác nổ mìn.

4. Tổng quan các giải pháp, kỹ thuật nổ mìn trong điều kiện đất đá ngậm nước có thể áp dụng vào mỏ than Đèo Nai

4.1. Nạp trong ống nhựa PVC

Xuất phát từ nguyên lý ngăn cách nước tiếp xúc trực tiếp với thuốc nổ, trước đây đã có các giải pháp thuốc nổ được chứa trong các thùng, ống hình trụ được thiết kế chuyên dụng để ngăn cách nước ảnh hưởng đến thuốc nổ. Hiện nay, để đơn giản hơn, các mỏ thường sử dụng ống PVC thay cho các thùng, ống hình trụ để nạp thuốc không chịu nước trong các lỗ khoan có nước.

Tại mỏ than lộ thiên Zhundong (Trung Quốc), để đảm bảo sản lượng khai thác, đáy mỏ đã xuống dưới mức -200 m, chiều cao tầng khai thác 15 m, sử dụng máy khoan có đường kính 250 mm để khoan lỗ mìn phục vụ sản xuất. Đối với khu vực khai thác tại đáy mỏ, chiều cao cột nước trung bình từ 1/3 ÷ 2/3 chiều cao lỗ khoan. Việc sử dụng bơm hạ thấp mực nước hay thuốc nổ chịu nước cho bãi nổ không mang lại hiệu quả tối đa và tăng chi phí cho bãi nổ. Do đó, để nâng cao hiệu quả công tác nổ mìn trong lỗ khoan có nước, 15 bãi nổ thử nghiệm với lượng thuốc nạp trong ống nhựa PVC với đường kính ống thay đổi từ 0,75 ÷ 0,9 so với đường kính lỗ khoan. Kết quả cho thấy ống PVC đường kính 200 mm thuận tiện cho công tác thi công, tổng chiều dài ống sử dụng là 18m cho lỗ khoan có chiều dài 16 m. Chất lượng bãi nổ tốt, cỡ hạt đất đá tương đối đồng đều, giảm đáng kể khí độc phát sinh từ bãi nổ, chi phí nổ mìn giảm do sử dụng thuốc nổ không chịu nước. Mỏ đá Thường Tân VI của Công ty CP Miền Đông thuộc tỉnh Bình Dương đang sử dụng ống PVC có đường kính 90 mm với đường kính của lỗ khoan 105 mm và chiều dài lỗ khoan 10 ÷ 12 m.

Từ kinh nghiệm nạp nổ trong ống PVC của các mỏ lộ thiên tại Việt Nam và trên thế giới cho thấy: Ống PVC là giải pháp cách nước hiệu quả cho lỗ khoan ngậm nước khi sử dụng thuốc nổ không chịu nước, đường kính ống phù hợp được lấy bằng 0,7 ÷ 0,9 đường kính của lỗ khoan, có thể áp dụng cho mọi lỗ khoan ngậm nước do khả năng cách nước khá tốt tuy nhiên thao tác nạp phức tạp và quá trình thi công có thể kéo dài. Trình tự thi công của phương pháp này như sau:

- Ống PVC có thể được lắp đặt ngay khi công tác khoan lỗ mìn hoàn tất để giảm ảnh hưởng của nước ngầm tới công tác lắp đặt;
- Kiểm tra nước trong ống trước khi nạp thuốc. Trong trường hợp có nước rò rỉ vào ống, cần bổ sung thuốc nổ chịu nước xuống đáy ống sau đó mới nạp thuốc không chịu nước vào ống;
- Cần lấp bua vào khe hở giữa thành lỗ khoan và ống PVC để tăng hiệu quả nổ mìn.

4.2. Nạp trong túi nilon

Để khắc phục khó khăn khi nạp trong ống PVC, công nghệ nạp thuốc nổ trong túi nilon có độ bền cơ học cao đã được chứng minh hiệu quả từ thực tế áp dụng trên các mỏ lộ thiên lớn trên thế giới tại các nước: Nga, Canada, Trung Quốc, Austraylia,... Tập đoàn Mti của Austraylia [2] đã phát triển sản phẩm túi nilon Blastshield™ theo tiêu chuẩn AS 2187.2: 2008 về Bảo quản và sử dụng vật liệu nổ của Austraylia và thiết bị đi kèm hỗ trợ công tác lắp đặt túi. Sản phẩm được ứng dụng vào hoạt động sản xuất trên khai trường của mỏ Mangoola, thung lũng Upper Hunter, Austraylia. Quy trình thi công với túi nilon Blastshield™ và thiết bị hỗ trợ được thể hiện như hình 3.

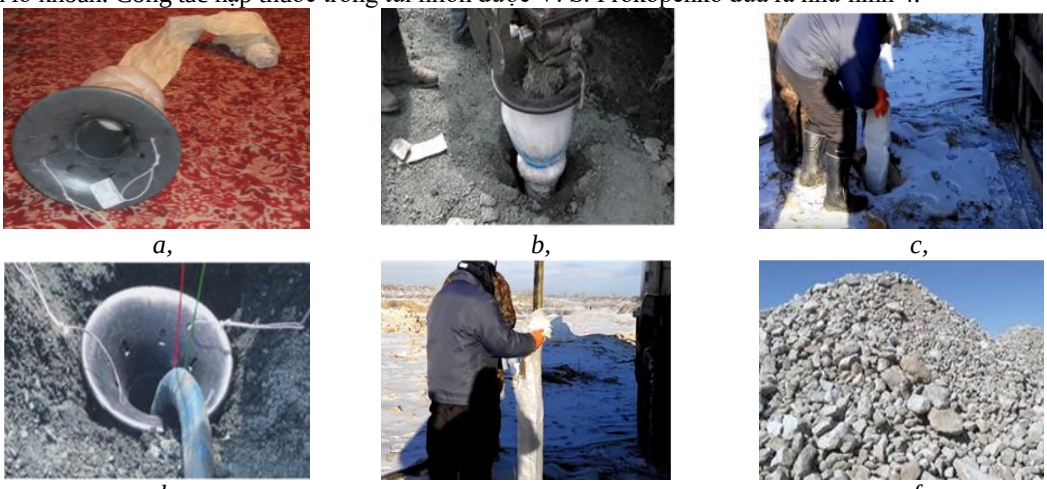


a, Chuẩn bị vật nặng thả túi *b, Thả túi xuống lỗ khoan* *c, Đặt phễu rót thuốc* *d, Thiết bị hỗ trợ*

Hình 3. Các bước thi công túi nilon Blastshield™

Tại Liên Bang Nga, Công ty UNICOR đã nghiên cứu và chế tạo các loại túi nilon có đường kính từ 65 ÷

260 mm, chiều dày túi từ 0,1 ÷ 0,5 mm, khối lượng từ 18 ÷ 186 g/m. Prokopenko đã nghiên cứu mối quan hệ giữa đường kính túi nilon với đường kính lỗ khoan và đề xuất đường kính túi nilon bằng 0,8 ÷ 0,85 lần đường kính lỗ khoan. Công tác nạp thuốc trong túi nilon được V. S. Prokopenko đưa ra như hình 4.



a, *b,* *c,*

d, *e,* *f,*

Hình 4. Cấu tạo, phương pháp nạp thuốc nổ và chất lượng đập vỡ đất đá khi áp dụng công nghệ nổ mìn bằng thuốc nổ không chịu nước nạp trong túi nilon
a - cấu tạo của túi nilon; b, c - phương pháp nạp thuốc từ trên xuống;
d, e - phương pháp nạp thuốc từ dưới lên; f - đống đá nổ mìn

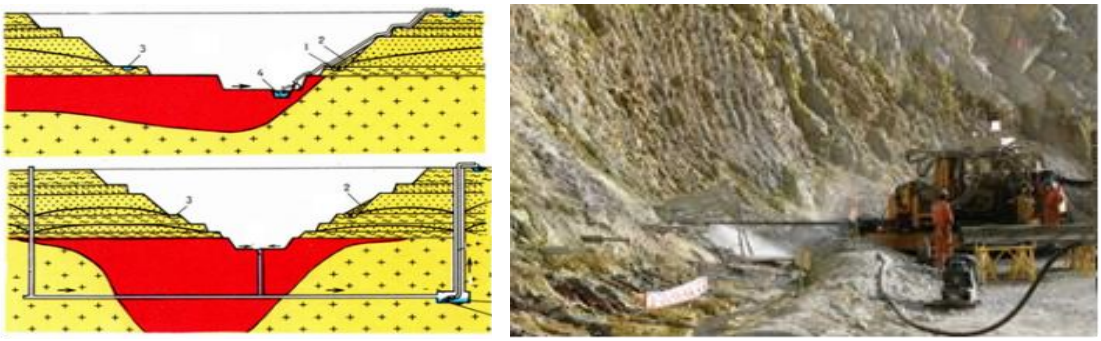
Quá trình thi công được thực hiện như sau:

- Sử dụng túi nilon gắn vào phễu nhựa bằng đai chuyên dùng, đai có thể được tháo lắp để sử dụng nhiều lần (hình 4a). Phễu dùng để rót thuốc nổ vào túi nilon, còn túi nilon có tác dụng ngăn ngừa nước chảy vào lượng thuốc nổ và chống thất thoát thuốc nổ chui vào các khe nứt của thành lỗ khoan;
- Thuốc nổ được đổ từ trên xuống dưới (hình 4b, 4c) hoặc từ dưới lên bằng cách sử dụng ống cao su chọc xuống đáy lỗ khoan (hình 4d, 4e). Khi lượng thuốc nổ đạt chiều cao thiết kế, thực hiện lấp bua.
- Kết thúc nạp thuốc, lấp bua, sẽ tháo phễu nhựa, đấu ghép mạng nổ trên mặt để sẵn sàng cho công tác nổ mìn.

Như vậy, với công nghệ nổ mìn nạp thuốc nổ không chịu nước trong túi nilon cho thấy hiệu quả nổ mìn trong khu vực đất đá ngậm nước như giảm giá thành khâu nổ mìn, ngăn cách thuốc nổ với môi trường nước trong lỗ khoan và hạn chế thất thoát lượng thuốc qua các hang, khe nứt. Tuy nhiên, với các lỗ khoan có chiều cao mức nước >5m, thì công tác thi công nạp trong túi vẫn gặp rất nhiều khó khăn do lực đẩy của nước, sự cọ xát của túi thành lỗ khoan, chỉ nên áp dụng cho các lỗ khoan có mực nước thấp.

4.3. Giải pháp kỹ thuật hạ thấp mực nước ngầm

Để giảm tỉ lệ ngậm nước của đất đá, các mỏ lộ thiên trên thế giới thực hiện các công tác thoát nước mỏ và bãi khoan bao gồm: Tháo khô mỏ bằng lệ thống bơm cưỡng bức; Tháo khô bằng hệ thống lỗ khoan xung quanh biên giới mỏ; Xây dựng, cải tạo hệ thống thoát nước trên các tầng nhằm mục đích ngăn chặn nước mặt chảy vào mỏ. Bên cạnh đó, tại các bãi khoan có nhiều nước ngầm có thể dụng máy khoan chuyên dụng, khoan ngang tại chân tầng để hạ thấp mực nước, nhằm giảm chiều cao cột nước trong các lỗ khoan, từ đó giảm tỉ lệ thuốc nổ chịu nước (hình 5).



Hình 5. Hệ thống thoát nước mỏ và thi công các lỗ khoan tháo nước
1- hệ thống bơm; 2- đường cong hạ thấp mực nước; 3- rãnh thu nước chân tầng; 4- hệ thống lỗ khoan thu nước

5. Đề xuất các giải pháp, kĩ thuật nổ mìn trong điều kiên đất đá ngậm nước áp dụng cho mỏ than Đèo Nai

** Nạp thuốc nổ không chịu nước trong ống PVC*

Phương pháp này có thể áp dụng cho các lỗ khoan có chiều cao mực nước lớn hoặc ngập nước hoàn toàn. Đối với đường kính lỗ khoan đang áp dụng tại mỏ là 250 mm có thể sử dụng ống PVC có đường kính từ 180 ÷ 230 mm để nạp các lỗ khoan có nước. Quy trình tiến hành như sau: Bịt một đầu ống và thả xuống lỗ khoan sau đó nạp một ít thuốc để tạo độ chìm, nạp thuốc nổ kết hợp với thả ống PVC trong lỗ khoan, khi hết khẩu độ ống tiếp tục nối các đoạn ống tiếp theo cho đến khi nạp hết chiều sâu lỗ khoan.

** Nạp thuốc nổ không chịu nước trong túi Nilon*

Áp dụng cho các lỗ khoan có mức nước thấp, thường không quá 50% chiều sâu lỗ khoan và có thể bơm tháo khô. Đối với lỗ khoan có đường kính 250 mm có thể sử dụng túi nilon có đường kính 200 ÷ 220 để đảm bảo được mật độ nạp thuốc mà không ảnh hưởng tới thao tác đưa túi xuống lỗ khoan. Trình tự thực hiện như sau:

- Kiểm tra mực nước trong lỗ, thực hiện bơm xử lý với những lỗ khoan ngậm nước lớn hơn 50% lỗ khoan.
- Nạp một lượng Anfo để tạo điểm nặng đáy túi sau đó buộc kín, không để nước thấm vào trong túi.
- Thả túi đã chuẩn bị xuống đáy lỗ khoan, gắn phễu rót và nạp lượng thuốc từ trên xuống dưới theo thiết kế.

** Nạp phối hợp thuốc nổ chịu nước và thuốc nổ không chịu nước.*

Áp dụng đối với các lỗ khoan có thể tháo khô bằng bơm hút Nạp thuốc nổ chịu nước phái dưới và phía trên có thể nạp thuốc nổ trong túi ni lon hoặc thuốc nổ không chịu nước dạng thỏi để tránh sự ảnh hưởng của nước trong lỗ khoan tới thuốc nổ không chịu nước.

** Tháo khô lỗ khoan, bãi nổ*

- Tiến hành khoan các lỗ khoan tháo khô, giảm áp, bên ngoài hoặc bên trong biên giới mỏ để hạn chế nước ngầm chảy vào moong.
- Đào, nạo vét mương, rãnh và bố trí các máy bơm tiến hành công tác thoát nước mỏ hợp lý làm giảm các khu vực ngậm nước của mỏ.
- Bơm tháo khô lỗ khoan trước khi nạp thuốc để giảm tỉ lệ sử dụng thuốc nổ chịu nước.

6. Kết luận

Trong điều kiện đất đá ngậm nước ngày càng tăng do mỏ khai thác xuống sâu hiện nay, việc áp dụng các giải pháp kĩ thuật nhằm giảm thiểu các ảnh hưởng của nước đến các công đoạn khoan, nổ mìn là rất cần thiết. Nhóm tác giả đã nghiên cứu, phân tích các giải pháp kĩ thuật nổ mìn trong môi trường đất đá ngậm nước tại các mỏ lộ thiên tại Việt Nam và trên thế giới sau đó đề xuất các giải pháp kĩ thuật có khả năng áp dụng tại các khu vực đất đá ngậm nước cho mỏ than Đèo Nai nhằm giảm chi phí khoan nổ mìn, nâng cao hiệu quả khai thác. Các giải pháp kĩ thuật được đề xuất bao gồm: Nạp thuốc nổ không chịu nước trong túi nilon hoặc ống PVC; nạp phối hợp thuốc nổ chịu nước với thuốc nổ không chịu nước; tháo khô lỗ khoan, bãi nổ.

Tài liệu tham khảo

Công ty Công nghiệp Hóa chất mỏ Cẩm Phả, 2022. Kết quả thực hiện Dịch vụ nổ mìn từ năm 2018 – 2022 tại các mỏ Đèo Nai, Cọc Sáu, Cao Sơn, Khe Chàm II và Hà Tu.

Mtigroup, 2018. The cost savings, productivity gains and safety bebefits delivered by the blastshield™ system provide a valuable reduction in drill and blast costs.

Tech, 2019. Innavation at work – new blasting prectices to protect water quality.

Покровский Г.И и Федоров И.С, 1957. Действие удара и взрыва в деформируемых средах//М., *Госстройиздат* – 276 с.

Комир В.М и Кунаков Е.Ю, 2006. Исследование влияния степени обводненности блочных моделей на интенсивность их дробления взрывом// *Вісник КДПУ*, вип. 2-С.69-71.

Ефремов Э.И, 2006. Влияние конструкции скважинных зарядов и обводненности горных пород на эффективность их взрывной отбойки // *Вестник КДПУ* - Вып.6 (41), Ч.1. – С.111-113.

Анисимов О.А, 2015. Технология строительства и разработки глубоких карьеров. *Днепропетровск.*

Wangzhenxin, 2017. PVC 管在露天矿含水岩层爆破的应用. 准东煤矿公司.

ABSTRACT

Technical solutions to improve blasting efficiency in water-bearing rock areas for Deo Nai coal mine – Vinacomin

Hoang Manh Thang[1], Tran Quang Hieu[2,3]
[1]*Vinacomin - Institute of Mining Science and Technology*
[2]*Hanoi University of Mining and Geology*
[3]*Innovations for Sustainable and Responsible Mining (ISRM)*

Deo Nai is one of the deep open-pit mines with large production capacity in Quang Ninh province. To achieve the planned production, the mine continues to expand and extract deeper, leading to a significant influx of surface water and groundwater into the mine, increasing the waterlogged areas. When drilling in the water-bearing rock layers, the rate of drill meter loss and borehole collapse increases significantly due to reasons such as groundwater, storms, chip settling, bit breakage, and borehole wall and mouth collapse. As a result, some boreholes need to be re-drilled multiple times. Groundwater in the boreholes requires the use of expensive waterproof explosives and complicates the loading process, making the calculation of the explosive quantity in the boreholes inaccurate. The article researches and proposes some technical solutions that can be applied to improve the blasting efficiency in water bearing rock areas for the Deo Nai coal mine.

Keywords: Deo Nai coal mine; groundwater; water-bearing rock; blasting

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Công nghệ khai thác chọn lọc phù hợp với điều kiện phân bố quặng bauxite mỏ Tây Tân Rai, Lâm Đồng

Nguyễn Anh Tuấn[1,2 *], Phạm Văn Việt[1,2], Trần Trung Anh[1, 2], Nguyễn Văn Tịnh[3],
Nguyễn Đăng Hòa[3], Phạm Minh Tú[3], Noelie Escutenaire[4]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Trung tâm Nghiên cứu Cơ Điện Mỏ*
[3]*Công ty TNHH MTV Nhôm Lâm Đồng - TKV*
[4]*L'Ecole Nationale Superérieure dé Mines d'Alès (IMT Mines Alès), CH Pháp*

TÓM TẮT

Công nghệ khai thác (CNKT) bauxit tại mỏ Tây Tân Rai (tỉnh Lâm Đồng) trên dạng địa hình đồi thấp đất đỏ bazan, khó khăn khi khai thác vào mùa mưa, thuận lợi khi bóc đất đá phủ và khai thác quặng bauxit trực tiếp mà không cần làm tơi sơ bộ. Phân bố quặng bauxit trên diện tích rộng lớn hàng ngàn ha, chất lượng quặng bauxit biến động lớn về hàm lượng nhôm, silic, sắt và đồng thời chiều dầy, thế nằm của thân quặng, thành phần cỡ hạt quặng trên từng khu vực phân bố rất khác nhau theo địa hình chân, sườn và đỉnh đồi. Do đó, nghiên cứu áp dụng các sơ đồ CNKT chọn lọc phù hợp với điều kiện phân bố quặng bauxit mỏ Tây Tân Rai nhằm đảm bảo chất lượng quặng nguyên khai trước khi đưa vào nhà máy tuyển đóng vai trò quan trọng. Các sơ đồ CNKT chọn lọc phù hợp cho phép xác định khối lượng tổn thất và làm nghèo chính xác, ổn định chất lượng và đảm bảo sản lượng quặng nguyên khai quanh năm đặc biệt bảo ổn định sản lượng, chất lượng quặng khai thác trong mùa mưa. Chất lượng quặng nguyên khai ổn định sẽ đảm bảo chế chế độ làm việc hiệu quả của khâu rửa tuyển, tích kiệm và giảm chi phí chỉ tiêu tiêu hao nước, sút.

Từ khóa: Bauxit; Tây Nguyên; Khai thác chọn lọc; Tổn thất; Làm nghèo.

1. Đặt vấn đề

Bauxit tại mỏ Tây Tân Rai (Lâm Đồng) có trữ lượng 975 triệu tấn (chiếm 18%) trong tổng trữ lượng dự báo quặng bauxit của cả nước là 5,4 tỷ tấn. Từ quặng bauxit có thể tách alumin (Al_2O_3), nguyên liệu chính để luyện nhôm trong các lò điện phân. Sự phân bố của quặng bauxit qua công tác khoan thăm dò cho thấy, chiều dầy vỉa quặng trung bình <10m và gần mặt đất và nằm dưới lớp phủ dầy hơn 2m. Thân quặng bauxit thường có tính phân đới từ trên xuống gồm: đới laterit có màu đỏ sẫm, nâu đỏ, thành phần gồm bauxit cứng, limonoit: 1÷2m, đôi khi đến 8m; đới chứa bauxit màu nâu đỏ, nâu nhạt: 2÷15m; đới litoma (sét sặc sỡ): tới 20m; đới bazan bán phong hoá (đới saprolit): 0÷6m; đá bazan.



Hình 1. Cấu trúc địa tầng đặc trưng quặng bauxit tại mỏ Tây Tân Rai, Lâm Đồng.

Trong một số khu vực đới chứa bauxit và litoma khó phân chia nên thường được gộp chung và gọi là đới bauxit. Thành phần khoáng vật quặng, khác với bauxit trầm tích, chủ yếu gồm gibsit, ít boemit và kaolimit: Al_2O_3: 35÷40%; SiO_2: 10÷15%; Fe_2O_3: 20÷25%; TiO_2: 2÷3%. Do đó yêu cầu chất lượng của quặng nguyên khai cấp liệu vào bun ke nhà máy tuyển: cỡ hạt ≤ 300 mm; chất lượng quặng nguyên khai của mỏ Tây Tân Rai: Al_2O_3 39,674÷1,01%; SiO_2 6,73÷7,95%; Fe_2O_3 22,9÷26,70%; TiO_2 3,7÷3,77%; MKN 21,69%. Tổn thất thực tế là 6,69% và theo thiết kế là 7,08%; hệ số làm nghèo thực tế là 4,23% và theo thiết kế là 4,24% (Tổng công ty Khoáng sản Việt Nam, 2016). Thành phần độ hạt theo thiết kế cơ sở: quặng bauxit nguyên khai, độ hạt tập trung chủ yếu kích thước > 1mm. Theo kết quả xác định tần xuất tích luỹ độ hạt cho thấy độ hạt +1mm là 75÷80%. Trong đó độ hạt 4÷5mm là 50%. Độ hạt 7÷10mm là 25%. Độ hạt lớn nhất thuộc đới bauxit laterit và trung bình 4÷6,5 mm. Tính chất cơ lý của quặng theo thiết kế cơ sở: thể

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenanhtuan@humg.edu.vn

trọng trung bình quặng bauxit nguyên khai khai thác là 1,71 t/m^3; độ ẩm tự nhiên của quặng nguyên khai dao động từ 13,09 đến 35,07%, trung bình là 21,14%. Chỉ tiêu tiêu tiêu hao nước cho 1 tấn quặng nguyên khai (độ ẩm 0%) là từ 7-7,8 m^3/tấn; đối với quặng tinh (độ ẩm 10%) là 12-13m^3/tấn. Công nghệ khai thác chế biến Alumina (Công nghệ Bayer) cho thấy rõ mức độ tiêu hao sút. Căn cứ thành phần hợp chất natri alumosilicat ngậm nước ($Na_2O.Al_2O_3.mSiO_2.nH_2O$) nhận thấy cứ 1 phân tử SiO_2 sẽ tiêu hao 2 phân tử NaOH và gây mất mát 1 phân tử Al_2O_3 . Tương ứng 1kg SiO_2 trong tinh quặng bauxit sẽ gây tiêu hao ~1,33kg xút NaOH và mất mát ~1,7kg Al_2O_3.

Trên thực tế chất lượng quặng nguyên khai tại mỏ bauxit mỏ Tây Tân Rai có biến động nên trong quá trình khai thác, nhà máy tuyển sẽ điều chỉnh công nghệ vận hành nhà máy cho hợp lý đảm bảo quặng nguyên khai khai thác đầu vào đáp ứng với chất lượng quặng nguyên khai. Do đó, công nghệ khai thác trung hòa chất lượng quặng nguyên khai đóng vai trò quan trọng sẽ quyết định tới chất lượng quặng tinh sau tuyển cũng như giá thành cấp nước, hóa chất khi tuyển và chế biến quặng bauxit.

2. Hiện trạng CNKT trung hòa chất lượng quặng bauxit nguyên khai mỏ Tây Tân Rai

Trung hòa quặng là công tác phối trộn quặng từ những khu vực, gương tầng có chất lượng xấu tới tốt để đảm bảo chất lượng quặng nguyên khai đạt yêu cầu của nhà máy. Trong quá trình khai thác, vỉa quặng thay đổi hoặc chất lượng quặng biến động lớn gây ảnh hưởng tới quá trình trung hòa quặng cần phải tiến hành đào hố lấy mẫu, kiểm tra phân tích để có định hướng cho việc khai thác và trung hòa quặng. Chất lượng quặng bauxit nguyên khai tại mỏ được trung hòa bằng các phương pháp: trung hòa chất lượng quặng nguyên khai tại gương khai thác và trung hòa tại kho, đống lưu trữ (Hồ Sĩ Giao và nnk, 2009; Nguyễn Đăng Hòa, 2023).

2.1. Trung hòa tại gương khai thác

Chất lượng quặng nguyên khai đạt yêu cầu chất lượng cần phải trung hòa ngay tại gương khai thác trước khi đưa trực tiếp vào nhà máy tuyển. Để làm được điều này, phải duy trì tối thiểu 02 gương xúc hoạt động đồng thời; số lượng gương khai thác phụ thuộc vào công suất khai thác từng thời điểm và chất lượng quặng của từng gương. Các gương này thường có chất lượng quặng chênh lệch nhau khá lớn, có chất lượng được tính toán tỷ lệ phối trộn dựa vào yêu cầu đầu vào của nhà máy tuyển.

2.2. Trung hòa tại kho và đống lưu trữ

Trường hợp chủ đích đổ kho lưu trữ nguồn nguyên liệu cho những tháng mùa mưa không thể cấp quặng trực tiếp từ khai trường, hoặc trường hợp quặng nguyên khai tại gương khai thác không đảm bảo yêu cầu về chất lượng cấp cho nhà máy tuyển thì được xúc lên ô tô chở về kho quặng nguyên khai (cạnh nhà máy tuyển) và đổ thành các đống riêng biệt (2-3 đống) theo chất lượng tương ứng của các gương khai thác, sau đó tiến hành pha trộn (bằng máy xúc lật bánh lốp hoặc thiết bị khác) đảm bảo chất lượng theo yêu cầu của nhà máy tuyển rồi mới cấp liệu vào bunke của nhà máy tuyển.

2.3. Tổn thất và làm nghèo hiện nay của mỏ

Các sơ đồ công nghệ khai thác chọn lọc hiện nay mỏ đang áp dụng và tính toán chung cho toàn mỏ với hệ số trung bình như sau: Tỷ lệ tổn thất khi thác (K_m) là 7,08% bao gồm tỷ lệ tổn thất khi dọn mặt tầng khai thác (K_{m1}) là 2,5%, tỷ lệ tổn thất vương vãi khi vận tải (K_{m2}) là 1,25% và tỷ lệ tổn thất khi xúc chọn lọc ở vách và trụ vỉa (K_{m3}) là 3,33% cụ thể với chiều dầy lớp tổn thất tương đương là 0,2m và chiều dày xúc chọn lọc là 0,1m; tỷ lệ làm nghèo khoáng sản trung bình là 4,24% với chiều dày làm bẩn tương đương là 0,15m. CNKT chọn lọc đảm bảo chất lượng quặng của mỏ cho block khu vực 1 thuộc khối trữ lượng 24-122, bảng 1.

Bảng 1. Khối lượng tổn thất và làm nghèo theo thiết kế cho Block khu vực 1 thuộc khối trữ lượng 24-122

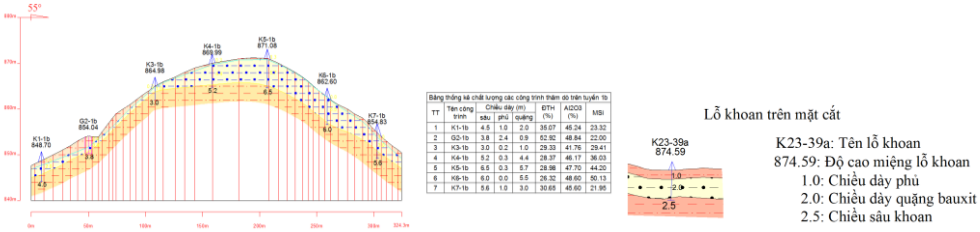
Khối trữ lượng	Diện tích	Bề dầy (m)		Thể tích (m^3)		Tổn thất (m^3)	Làm nghèo (m^3)	KL quặng khai thác
Khối	(m^2)	Phủ	Bauxit	Phủ	Bauxit			(m^3)
24-122	367,176	0,80	4,20	293,741	1.542.138	109,235	65,311	1.498.215

3. Nghiên cứu sơ đồ CNKT phù hợp trung hòa chất lượng quặng nguyên khai mỏ Tây Tân Rai

3.1. Đặc điểm phân bố và điều kiện khai thác

Phân bố quặng bauxit mỏ Tây Tân Rai trên một diện tích rất lớn lên tới hàng ngàn ha. Biên giới trên mặt của thân quặng I (khối cấp trữ lượng 122, 464,85 ha), thân quặng II (khối cấp trữ lượng 121; 122, 1.154,65 ha) với tổng diện tích trên mặt: 1.619,5 ha. Trữ lượng địa chất trong khai trường khai thác gồm: thân quặng I là 24.365.258m^3 ≈ 41.664.592tấn, thân quặng II là 46.989.344m^3 ≈ 80.351.779tấn, tổng trữ lượng địa chất là 122.016.371tấn. Theo chỉ tiêu khoanh nối thân quặng đối với quặng nguyên khai có hàm lượng Al_2O_3 ~

30% , Msi ~ 2, chiều dầy thân quặng m ~ 1m và chỉ tiêu tính trữ lượng cho quặng tinh có độ thu hồi ~ 20%, Al_2O_3 ~ 40%, Msi ~ 7, đất đá không đạt chỉ tiêu trên nằm ngoài thân quặng và khi khai thác lẫn một phần vào quặng nguyên khai làm nghèo hoá quặng (Tổng công ty Khoáng sản Việt Nam, 2016).



Hình 2. Mặt cắt địa chất Tuyến T1b và các thông số cơ bản của lỗ khoan, mỏ bauxit Tây Tân Rai

Các thông số của vỉa ảnh hưởng tới sơ đồ, thông số công nghệ xúc bốc và xúc bốc chọn lọc gồm chiều dày, góc dốc. Trong các yếu tố trên, chiều dày thân quặng là yếu tố quyết định đến việc lựa chọn sơ đồ CNKT. Với điều kiện như trên có thể xây dựng sơ đồ khai thác thải đất đá trực tiếp vào bãi thải trong, gắn liền khai thác với hoàn thổ môi trường.

3.2. Xác định tổn thất làm nghèo cho block khu vực khai thác

Tổn thất khoáng sản là phần trữ lượng khoáng sản trong cân đối bị mất đi trong quá trình khai thác. Còn làm nghèo khoáng sản là hiện tượng làm giảm chất lượng của nó trong quá trình khai thác do các nguyên nhân như xúc lẫn đất đá vào khoáng sản, hoặc xúc lẫn khoáng sản nghèo không đủ tiêu chuẩn công nghiệp. Khối lượng tổn thất và làm nghèo thay đổi tùy theo phương án khai thác chọn lọc chịu tổn thất và làm nghèo khác nhau. Nếu chịu tổn thất hoàn toàn thì trữ lượng sẽ suy giảm, chi phí tuyển sẽ giảm, tổng doanh thu sẽ giảm. Ngược lại, nếu chịu làm nghèo hoàn hoàn, chi phí khai thác sẽ giảm, chi phí tuyển sẽ có xu thế tăng, tổng trữ lượng quặng nguyên khai có xu thế tăng dẫn đến tổng doanh thu có xu thế tăng (Nguyễn Anh Tuấn, 2008; Hồ Sĩ Giao và nnk, 2009).

Hệ số tổn thất (K_m) và làm nghèo (r) khoáng sản được xác định như sau (Hồ Sĩ Giao và nnk, 2009):

$$K_m = \frac{Q_m}{Q_c}.100, \% \quad (1)$$

$$r = \frac{Q_d}{Q_c - Q_m + Q_d}.100\ , \%\quad \text{hay}\ \ r = \frac{\alpha - \alpha'}{\alpha - \alpha''} \quad (2)$$

trong đó:

Q_m - khối lượng khoáng sản trong cân đối bị mất trong quá trình khai thác, tấn;

Q_c - trữ lượng quặng trong cân đối, tấn;

$Q_đ$ - khối lượng đất đá bị lẫn vào khoáng sản khai thác, tấn;

Q_k - khối lượng khoáng sản nguyên khai, tấn: $Q_k = Q_c - Q_m + Q_d$, tấn;

α, α', α'' - hàm lượng TPCI trong khoáng sản nguyên khối, trong khoáng sản nguyên khai và trong đất đá bẩn quặng khi khai thác, %;

$$\alpha' = \frac{\alpha(1-K_m) + \alpha'' K_d}{K_{th}} \quad (3)$$

Hệ số pha tạp được tính $K_d = Q_đ/Q_c$.

Hệ số thu hồi khoáng sản nguyên khai là tỷ số giữa khối lượng khoáng sản khai thác được và khối lượng khoáng sản gốc tương ứng trong cân đối.

$$K_{th} = \frac{Q_k}{Q_c} \quad (4)$$

Chiều dầy nhỏ nhất của vỉa quặng bauxit có thể khai thác tận thu là chiều dày tối thiểu của vỉa quặng có thể khai thác được đảm bảo điều kiện kinh tế kỹ thuật của mỏ. Về mặt kỹ thuật, chiều dày của lớp khoáng sản phải đủ lớn để thiết bị xúc bóc có thể thu hồi, chất lượng quặng nguyên khai đảm bảo yêu cầu của khâu tuyển khoáng. Từ tỷ lệ làm nghèo khoáng sản có thể xác định giá trị chiều dày nhỏ nhất của vỉa khoáng sản theo điều kiện chất lượng khoáng sản tinh và công nghệ gia công chế biến khoáng sản khi chiều cao tầng khai thác nhỏ hơn hay chiều cao xúc chọn lọc của máy xúc (Hồ Sĩ Giao và nnk, 2009):

$$M_{min} = t\left[1 + \frac{\gamma_đ}{\gamma_q} r_0\right], m \quad \text{hay}\ M_{min} = \frac{Q}{h}\left[1 + \frac{\gamma_đ}{\gamma_q} r_0\right], m \quad (5)$$

trong đó:

t - chiều dầy lớp tổn thất, m;

Q-khối lượng khoáng sản cân đối ở tầng tính toán, tấn;

h- chiều cao tầng khai thác nhỏ hơn chiều cao xúc chọn lọc, m;

r_o - tỉ lệ khoáng sản làm nghèo cho phép:

$$r_o = \frac{\varepsilon_t \alpha - \gamma_t \beta}{\varepsilon_t (\alpha - \alpha")} \quad khi \quad \alpha" \neq 0 \qquad (6)$$

Về mặt chất lượng, điều kiện để khai thác chọn lọc các vỉa khoáng sản là chiều dày nhỏ nhất của nó phải đảm bảo sao cho khoáng sản khai thác ra có đủ hàm lượng yêu cầu là α', để sau khi sàng tuyển, khoáng sản tinh đạt được hàm lượng β yêu cầu. Với γ_t là hệ số thu hồi khoáng sản tinh từ khoáng sản nguyên khai thì mức thực thu kim loại từ khoáng sản nguyên khai vào khoáng sản tinh là (Hồ Sĩ Giao và nnk, 2009):

$$\varepsilon_t = \frac{\gamma_t \beta}{(1 - r_0)\alpha + r \quad \alpha"} \qquad (7)$$

3.3. Sơ đồ CNKT chọn lọc phù hợp với điều kiện sàng block khu vực 1 thuộc khối trữ lượng 24-122

Block khu vực 1 thuộc khối trữ lượng 24-122, thân quặng bauxit nằm dưới lớp đất phủ từ 0,5÷2 m, chiều dày thân quặng bauxit từ 2÷8 m và trung bình 4,0 m, bên dưới là lớp sét trụ litoma. Theo phân loại độ dốc của phân bố địa hình, lớp đồng đẳng vách và trụ vỉa quặng bauxit, nhóm nghiên cứu phân loại từng vùng diện tích có điều kiện phân bố thân quặng phù hợp với CNKT chọn lọc hiệu quả nhất như vị trí chân đồi, sườn đồi và đỉnh đồi đảm bảo trung hòa chất lượng quặng, sản lượng trong một khu vực block khai thác:

- Công nghệ khai thác nhóm 1 (CNKT 1): Vỉa cắm nghiêng $0 \div 10^0$ dạng nằm ngang và dốc thoải, chiều dầy vỉa ≥ 0,5m, công nghệ khai thác chọn lọc bằng máy ủi kết hợp với máy xúc: hiện tượng tổn thất và làm bẩn quặng xẩy ra chủ yếu do khâu dọn vách vỉa khi bóc tách lớp đất phủ ở vách của vỉa quặng.

- Công nghệ khai thác nhóm 2 (CNKT 2): Vỉa cắm nghiêng $10 \div 18^0$ và $18 \div 25^0$ dạng vỉa dốc thoải và cắm xiên, chiều dầy vỉa ≥ 0,5m, CNKT chọn lọc áp dụng cho cả 2 nhóm góc này bằng máy ủi kết hợp với máy xúc: hiện tượng tổn thất và làm bẩn quặng xẩy ra chủ yếu do khâu dọn vách vỉa khi bóc tách lớp đất phủ ở vách của vỉa quặng. Với vỉa dốc xiên ($18 \div 25^0$) máy xúc sẽ phải xúc thêm 1 phần đất trụ để đảm bảo chiều rộng mặt tầng xúc đủ để ô tô quay đảo chiều nhận tải từ máy xúc. Tổn thất làm nghèo khoáng sản khi khai thác vỉa dốc xiên xảy ra do tạo các mặt bằng nằm ngang cho các thiết bị xóc bóc và vận tải làm việc. Mặt bằng làm việc này có thể bố trí trong thân khoáng sản hoặc trên vách vỉa có các kích thước khác nhau. Các tam giác tổn thất và làm nghèo khoáng sản phụ thuộc độ dốc vỉa và chiều rộng khoảng xúc.

- Công nghệ khai thác nhóm 3 (CNKT 3): Vỉa có góc cắm $25 \div 45^o$ và trên 45^0 dạng vỉa cắm nghiêng và cắm đứng, chiều dầy trung bình và lớn, công nghệ khai thác chọn lọc bằng MXTLGN. Khi góc nghiêng của vỉa nghiêng $25 \div 35^o$ cần tiến hành đào hào vượt trước sát vách vỉa, nhằm giảm bớt khối lượng đá treo trên vách vỉa. Đất đá của hào vượt trước được đổ sang bên cạnh (trên nóc hào chuẩn bị) để cùng chất vào phương tiện vận tải khi tiến hành đào hào chuẩn bị.

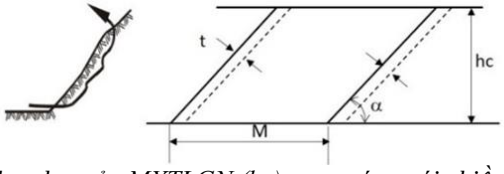
Đồng bộ thiết bị sử dụng trong các sơ đồ CNKT như sau: MXTLGN xúc đất phủ và quặng với dung tích gầu E=1,4÷3,3m^3. Ô tô vận tải đất đá thải và quặng nguyên khai có tải trọng $q_ô$ =13÷36 tấn. Máy gạt gom quặng và gạt đất phủ, phục vụ công tác hoàn thổ và gạt bãi thải đất đá có công suất 180÷240HP. Máy xúc lật bánh lốp dung tích gầu E= 4,5 m^3. Theo thực tế MXTLGN PC 50-6 sử dụng trên mỏ Tây Tân Rai thì chiều cao xúc chọn lọc xác định như sau (bán kính xúc lớn nhất tại mức máy đứng R_{xt} = 14,5m; E = 3,1m^3; trọng lượng làm việc G = 71570 kg; chiều rộng băng di chuyển của máy xúc D = 4,11m. Khoảng cách C tính theo công thức kinh nghiệm $C = 0{,}125\sqrt[3]{G} = 0{,}125\sqrt[3]{71{,}57} = 0{,}5$, chiều cao $h_1 = 0{,}68\sqrt[3]{G} = 0{,}68\sqrt[3]{71{,}67} = 2{,}8m$, giá trị b = Z +0,5.D - C = 2,5 + 2,05 - 0,5 = 4m. Thay các giá trị trên đây vào công thứcn tính chiều cao xúc chọn lọc hc như sau:

$$h_c = \frac{-(h_1 + b.ctg\gamma) + \sqrt{(h_1 + b.ctg\gamma)^2 - (1 + ctg^2\gamma)(h_1^2 + b^2 - R^2)}}{1 + ctg^2\gamma}. m \qquad (8)$$

Chiều cao xúc chọn lọc được xác định cho MXTLGN PC 750-6 phụ thuộc vào độ dốc của vỉa, bảng 2:

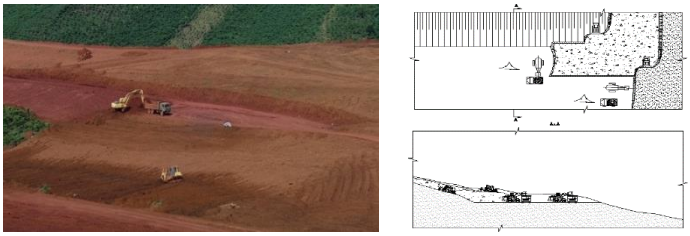
Bảng 2. Chiều cao xúc chọn lọc MXTLGN PC 750-6 tính theo góc cắm của vỉa

Góc cắm của vỉa (α, độ)	15	20	25	30	35	40	45
Chiều cao xúc chọn lọc (hc, m)	3	3,55	4,0	4,7	5,4	6,0	6,7

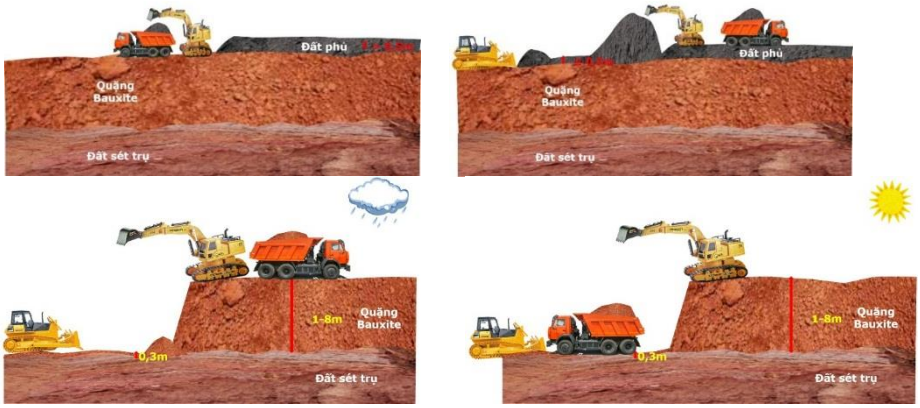


Hình 3. Chiều cao xúc chọn lọc của MXTLGN (hc) tương ứng với chiều dầy lớp tổn thất (t) và chiều dầy lớp làm nghèo (b) của vỉa quặng bauxit (α góc cắm của vỉa, độ; M chiều dầy của vỉa, m).

Sơ đồ công nghệ khai thác chọn lọc theo điều kiện phân bố khoáng sàng bauxit trên địa hình đồi thấp và có sự phân bố khác nhau về góc cắm thân quặng, chiều dầy thân quặng và hàm lượng các thành phần ở đỉnh đồi, sườn đồi và chân đồi.



Hình 4. Khai trường đang khai thác bauxit tại chân đồi theo sơ đồ CNKT1.

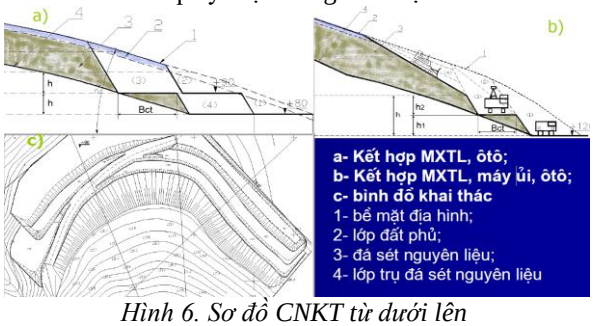


Hình 5. Sơ đồ CNKT bóc phủ và khai thác quặng bauxit trong điều kiện mùa khô và mùa mưa tương ứng với chiều dầy lớp đất phủ bóc tách riêng và lớp quặng tổn thất trên lớp sét trụ.

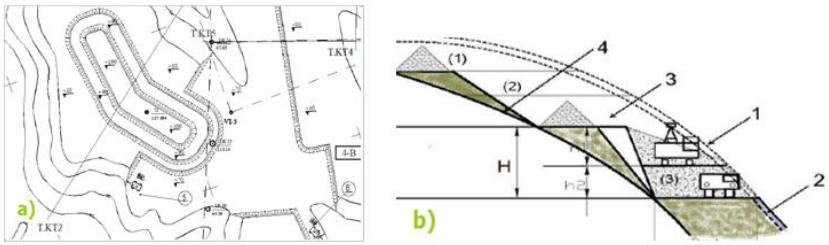
Bên cạnh đó cần tiến hành phân nhóm công nghệ, sơ đồ CNKT chọn lọc theo khu vực góc cắm, chiều dầy và chất lượng quặng phù hợp (Filip Orzechowski, 2015). Công nghệ khai thác phù hợp với điều kiện mùa mưa và mùa không tương ứng với điều kiện phân bố khoáng sàng bauxit vùng Tây Nguyên.

a. Sơ đồ CNKT khấu theo lớp xiên trình tự khai thác từ dưới lên trên (áp dụng cho mùa khô):

Hào mở vỉa là hào trong, được đào trên nền đá gốc và chỉ xây dựng đến vị trí tầng khai thác thấp nhất. Diện chuẩn bị ban đầu chỉ cần đủ để ô tô quay lượn vòng khi nhận tải.



Hình 6. Sơ đồ CNKT từ dưới lên
a) Kết hợp MXTLGN với ô tô; b) Kết hợp MXTLN, máy ui, ô tô; c) Bình đồ khai thác. 1- Lớp mặt địa hình; 2- Lớp phủ; 3- Lớp quặng bauxit; 4- Lớp sét trụ.



Hình 7. Sơ đồ CNKT khấu theo lớp xiên, trật tự từ trên xuống dưới: a) Mặt cắt trình tự khai thác; b) Bình đồ khai thác; 1- bề mặt địa hình; 2- lớp đất phủ; 3- lớp quặng bauxit; 4- lớp sét trụ.

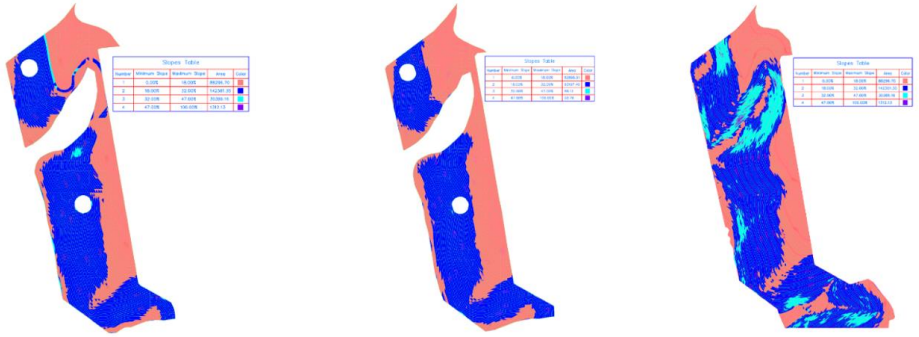
Tuyến hào mở vỉa chính là các hào sẽ được đào để chuẩn bị cho tầng trên khi sắp kết thúc tầng dưới. Từ tuyến hào chính sẽ mở các hào bằng vào các mặt tầng khai thác của từng tầng. Với sơ đồ công nghệ này thì đới công tác bao trùm tất cả các bờ mỏ theo chu vi của mỏ và việc khai thác đọc tiến hành bằng những dải

vành khuyên từ biên giới khai trường vào trung khu vực đổi khai thác (Nguyễn Anh Tuấn, 2008; Hồ Sĩ Giao và nnk, 2009).

b. Sơ đồ CNKT theo lớp xiên trình tự khai thác từ trên xuống dưới (áp dụng cho mùa mưa):

Hào mở vỉa là hào trong hoặc hào ngoài, bán hoàn chỉnh, được xây dựng từ mặt bằng tiếp nhận đến tầng khai thác đầu tiên. Tầng khai thác đầu tiên được xây dựng sau khi xây dựng tuyến đường phù hợp với điều kiện thiết bị xúc bốc, vận tải và đảm bảo công suất mỏ. Từ hào cơ bản đào các hào nối vào tầng khai thác. Tùy theo yêu cầu sản lượng để xác định số tầng làm việc đồng thời. Đới công tác bao trùm tất cả các bờ mỏ theo chu vi của mỏ và việc khai thác được tiến hành theo từng lớp xiên từ tầng trên xuống tầng dưới, hết lớp ngoài đến lớp trong bằng giải vành khuyên từ biên giới vào trung tâm mỏ (Nguyễn Anh Tuấn, 2008; Hồ Sĩ Giao và nnk, 2009).

Sơ đồ CNKT hợp lý trong điều kiện là xúc chuyển, gạt chuyển. Sơ đồ khấu theo lớp xiên, trật tự khai thác từ trên xuống dưới, sử dụng bãi thải trong và bãi thải tạm nhằm đáp ứng điều kiện an toàn và hoàn thổ môi trường trong quá trình khai thác (Filip Orzechowski, 2015). Trật tự khai thác: khoáng sàng bauxit được khấu lần lượt theo từng lớp, hết lớp ngoài vào trong từ cao xuống thấp.



Hình 8. Bình đồ đồng đẳng vách (a), trụ (b) và địa hình khu vực khai thác (c) của block khu vực 1 thuộc khối trữ lượng 24-122 tương ứng với các khu vực có góc đốc khác nhau.

Bảng 3. Áp dụng CNKT và xác định khối lượng tổn thất và làm nghèo quặng tại vách vỉa block 24-122

TT	Góc cắm của vỉa		Diện tích (m2)	Công nghệ khai thác chọn lọc	Chiều dầy lớp		Khối lượng PA khai thác chọn lọc	
	Góc dốc min (gmin)	Góc dốc max (gmax)			Tổn thất, m	Làm nghèo, m	Tổn thất	Làm nghèo
1	0	10	77048,99	Gạt - Gom - Xúc	0,1	0,15	7704,90	11557,35
2	10	18	99752,85	Gạt - Xúc	0,1	0,15	9975,29	14962,93
3	18	25	1749,25	Gạt - Xúc/Xúc chọn lọc	0,1	0,15	174,93	262,39
4	25	45	56,67	Xúc chọn lọc bằng MXTLGN	0,1	0,15	5,67	8,50
Tổng			**178.607,76**				**17.860,8**	**26.791,2**

Bảng 4. Áp dụng CNKT và xác định khối lượng tổn thất và làm nghèo quặng tại trụ vỉa block 24-122

TT	Góc cắm của vỉa		Diện tích (m^2)	Công nghệ khai thác chọn lọc	Chiều dầy lớp		Khối lượng PA khai thác chọn lọc	
	Góc dốc min (gmin)	Góc dốc max (gmax)			Tổn thất, m	Làm nghèo, m	Tổn thất	Làm nghèo
1	0	10	82896,91	Gạt - Gom - Xúc	0,1	0,15	8289,69	12434,54
2	10	18	93197,4	Gạt - Xúc	0,1	0,15	9319,74	13979,61
3	18	25	88,12	Gạt - Xúc/Xúc chọn lọc	0,1	0,15	8,81	13,22
4	25	45	50,78	Bằng MXTLGN	0,1	0,15	5,08	7,62
Tổng			**176233,21**				**17623,3**	**26435,0**

Phương án khai thác chọn lọc với các phương án: chịu tổn thất hoàn toàn; làm nghèo hoàn toàn; vừa tổn thất ở vách, làm nghèo ở trụ; làm nghèo ở vách, tổn thất ở trụ.

Bảng 5. Tổng hợp khối lượng tổn thất và tàm nghèo theo các phương án khai thác chọn lọc

TT	Góc cắm của vỉa		Công nghệ khai thác chọn lọc	Chiều dầy lớp		Khối lượng Phương án khai thác chọn lọc					
	Góc cắm min (γmin)	Góc cắm max (γmax)		Tổn thất, m	Làm nghèo, m	Tổn thất hoàn toàn	Làm nghèo hoàn toàn	Tổn thất ở vách, làm nghèo ở trụ		Làm nghèo ở vách, tổn thất ở trụ	
1	0	10	Gạt - Gom - Xúc	0,1	0,15	15994,59	23991,89	7704,90	12434,54	11557,35	8289,69
2	10	18	Gạt - Xúc	0,1	0,15	19295,03	28942,54	9975,29	13979,61	14962,93	9319,74
3	18	25	Gạt - Xúc/Xúc chọn lọc	0,1	0,15	183,74	275,61	174,93	13,22	262,39	8,81
4	25	45	Bằng MXTLGN	0,1	0,15	10,75	16,12	5,67	7,62	8,50	5,08
Tổng						**35484,1**	**53226,1**	**17860,8**	**26435,0**	**26791,2**	**17623,3**

Trong quá trình khai thác chọn lọc ở các tuyến công tác khác nhau (chân đồi, sườn đồi và đỉnh đồi) tương ứng các sơ đồ CNKT khác nhau cho phép tính chính xác khối lượng tổn thất và làm nghèo khi bóc lớp đất phủ ở vách và khai thác lớp quặng bauxit tiếp xúc với lớp sét trụ. Các kết quả tính toán được trình bầy trên

các bảng 3, 4 và 5. Kết quả tính toán tổn thất và làm nghèo khi khai thác khi khai thác từ vách vỉa (tiếp xúc giữa lớp phủ và vỉa quặng) được tính và thể thiện trên bảng 3. Kết quả tính toán tổn thất và làm nghèo khi khai thác khi khai thác ở trụ vỉa (tiếp xúc giữa trụ vỉa quặng với lớp sét trụ) được tính được thể hiện trên bảng 4. Kết quả tính tổn thất và làm nghèo theo phương án khai thác chọn lọc với các phương án: chịu tổn thất hoàn toàn; làm nghèo hoàn toàn; vừa tổn thất ở vách, làm nghèo ở trụ; làm nghèo ở vách, tổn thất ở trụ được tính và thể hiện trên bảng 5.

4. Kết luận

Trong phạm vi tính toán thử nghiệm cho Block khu vực 1 thuộc Khối trữ lượng 24-122, khối lượng tổn thất và làm ngheo trong khai thác chọn lọc tương ứng được xác định với các điều kiện góc cắm và chiều dầy của quặng bauxit khác nhau. Các sơ đồ CNKT 1, 2 và 3 chọn lọc đề xuất tương ứng với các điều kiện thế nằm, chất lượng quặng đáp ứng được yêu cầu chất lượng quặng nguyên khai đáp ứng mục tiêu hoàn thiện quy trình công nghệ xác định tổn thất và làm nghèo trong quá trình khai thác nhằm góp phần định hướng trung hòa đảm bảo chất lượng quặng bauxit, đặt biệt khi khai thác có những block chất lượng quặng kèm, nhiều biến động cần tiến hành nhiều biện pháp quỹ thuật và quản lý khai thác phù hợp với điều kiện phân bố khoáng sàng khu vực mỏ bauxit Tây Tân Rai, Lâm Đồng và các điều kiện phân bố khoáng sàng tương tự. Trong các nghiên cứu tiếp theo sẽ tiếp tục xem xét chất lượng quặng nguyên khai được khai thác và trung hòa ở các khu vực được đánh giá theo hàm lượng và thành phần cỡ hạt trên 1mm để đảm bảo chế độ làm việc của nhà máy tuyển được hiệu quả. Từ cơ sở đó đề xuất được phương án trung hòa chất lượng quặng trên cơ sở các điều kiện tổng thể như địa hình, góc cắm, chiều dầy và thành phần cỡ hạt bauxit ở các khu vực block khai thác khác nhau.

Lời cảm ơn

Tập thể tác giả xin trân trọng cám ơn Công ty TNHH Nhôm Lâm Đồng (các Kỹ sư Nguyễn Văn Tịnh, Nguyễn Đăng Hòa, Phạm Minh Tú và nnk) và Hợp đồng 150/HĐ-KHCN với mã số: KC.01. Đ05-22/21-25 "Nghiên cứu hoàn thiện công nghệ trung hoà quặng bauxit phù hợp với điều kiện phân bố khoáng sàng và tổ chức khai thác khu vực Tây Nguyên" (Nguyễn Anh Tuấn và nnk) đã tạo điều kiện về cơ sở vật chất và kinh phí để thu thập dữ liệu, xử lý, và kết quả của bài báo này. Đồng thời có sự đóng góp tích cực của học viên cao học Nguyễn Đăng Hòa và sinh viên thực tập của CH Pháp Noelie Escutenaire.

Tài liệu tham khảo

Tổng công ty Khoáng sản Việt Nam, 2016. *Báo cáo đánh giá tác động môi trường tổ hợp bauxit - nhôm Tân Rai, Bảo Lâm, Lâm Đồng*.

Nguyễn Đăng Hòa, 2023. *Nghiên cứu, đề xuất quy trình công nghệ khai thác hợp lý nhằm tận thu tối đa tài nguyên và bảo vệ môi trường trong khai thác khoáng sàng Bauxit tại mỏ Tây Tân Rai - Lâm Đồng*. Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

Nguyễn Anh Tuấn, 2008. Nghiên cứu công nghệ khai thác phù hợp cho các mỏ sét Việt Nam đảm bảo an toàn và bảo vệ môi trường, *Mining advance and Tuneling*, Hanoi, Vietnam.

Hồ Sĩ Giao, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Anh Tuấn, 2009. *Khai thác khoáng sản rắn bằng phương pháp lộ thiên*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.

Filip Orzechowski, 2015. Developing bauxite projects - balancing technical and logistical considerations, *33rd ICSOBA Conference and Exhibition, Dubai, United Arab Emirates*, November 2015, Travaux, No. 44, 2015, Paper BX 06, 113-120.

ABSTRACT

Research on suitable mining technology for selecting the quality of raw bauxite ore for the Tay Tan Rai bauxite mine in Lam Dong

Nguyễn Anh Tuấn[1,2*], Phạm Văn Việt[1,2], Trần Trung Anh[1, 2], Nguyễn Văn Tịnh[3], Nguyễn Đăng Hòa[3], Phạm Minh Tú[3], Noelie Escutenaire[4]

[1] *Hanoi University of Mining and Geology*

[2] *Research Centre for Mining and Electro-Mechanical Engineering*

[3] *Lam Dong Aluminium Co.,LTD - Vinacomin*

[4] *L'Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Alès (IMT Mines Alès), France*

The Bauxite mines in Lam Dong province are situated in low-hill regions. Variable thicknesses of topsoil cover the surface of these mines, including thin layers. Surface mining techniques can be used to select the quality of raw bauxite in bauxite mines, which can then be excavated directly using mining technology. The quality of bauxite ore in each block area depends on its aluminum and silicon content, thickness, grain size composition, and distribution position. Therefore, suitable mining technology for the terrain of the foothills, hillsides, and hilltops is important to ensure the stabilization of the quality of the raw ore before bringing it to the processing plant. The use of mining technology enables the accurate determination of loss volume and impoverishment. The distribution conditions of Tay Tan Rai bauxite ore are appropriate, ensuring a stable mining output during the rainy season.These modifying factors include mining dilution and recovery, processing recovery, cash costs and their effect on the economic values of mining block. The quality of the raw ore with stable quality will provide a stable washing regime, saving and reducing costs of water consumption and discharge.

Keywords: Bauxite quality; Bauxite mining; Dilution and losses; Tay Nguyen

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Giải pháp số trong đánh giá, gia cố bờ mỏ tăng ổn định tại bờ trụ khu IV mỏ than Nam Tràng Bạch

Phạm Văn Việt[1,2,*], Nguyễn Anh Tuấn[1,2], Bùi Huy Bách[3],
Lê Thị Thu Hoa[1,2], Trần Đình Bão[1,2], Phạm Văn Hòa[1,2], Nguyễn Tuấn Thành[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Nhóm nghiên cứu mạnh Những tiến bộ trong Khai thác mỏ bền vững và có trách nhiệm (ISRM)*
[3] *Tổng Công ty Đông Bắc, Bộ Quốc phòng*

TÓM TẮT

Hiện nay, các mỏ lộ thiên ở Việt Nam ngày càng phát triển xuống sâu, vấn đề ổn định bờ mỏ trở thành vấn đề rất cấp bách cho các mỏ nhằm đảm bảo an toàn trên mỏ, tăng hiệu quả kinh tế. Do đó, trong thực tế công tác an toàn trên mỏ đòi hỏi phải có giải pháp nhằm đánh giá, gia cố bờ mỏ đáp ứng yêu cầu thực tế khai thác cần phải được nghiên cứu nhằm tăng góc nghiêng bờ mỏ hoặc giữ vững ổn định bờ mỏ hiện có nhằm giảm khối lượng đất bóc trong mỏ. Đánh giá hay gia cố bờ mỏ là một vấn đề phức tạp đòi hỏi chi tiết các dữ liệu hình học, cơ học và các ảnh hưởng của hoạt động mỏ cho bờ mỏ. Như vậy, bài báo tiến hành đề xuất các giải pháp số cho việc đánh giá, gia cố bờ mỏ tăng ổn định bờ mỏ, được áp dụng tính toán cho bờ trụ khu IV, mỏ than Nam Tràng Bạch. Trong đó việc thu thập dữ liệu địa hình thực hiện bằng công nghệ UAV, thu thập tính phân lớp của lớp đất đá trong bờ trụ thực hiện bằng phương pháp đo sâu địa vật lý, dữ liệu chấn động nổ mìn được thực hiện bằng máy đo chấn động micromate nhằm cung cấp số liệu cho mô phỏng số trạng thái ổn định thực tế và trạng thái gia cố neo bằng giải pháp lập trình trên nền tàng phần mềm 3DEC của hãng Itasca nhằm đáp ứng độ ổn định cần thiết theo TCVN 5326-2008. Từ đó, giúp mỏ có giải pháp lựa chọn neo, mạng neo và giải pháp thi công neo phù hợp.

Từ khóa: giải pháp số; ổn định bờ mỏ; gia cố bờ mỏ; UAV; thi công neo; 3DEC

1.Giới thiệu

Mỏ than Nam Tràng Bạch thuộc Tổng công ty Đông Bắc tại phường Hoàng Quế và xã Hồng Thái Tây, thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh và được khai thác bởi Công ty Cổ phần 397 thuộc Tổng công ty Đông Bắc. Mỏ đã được thiết kế khai thác xuống -80m. Mỏ được chia theo 3 khu vực là khu I, khu IV và khu II. Mỏ được thiết kế với các thông số góc nghiêng bờ mỏ từ 35^0 đến 40^0, chiều cao tầng khai thác 10m. Mỏ tiến hành khai thác theo trình tự khu I, khu IV và khu II. Đặc biệt tại khu vực vỉa I (35) khu I, IV mỏ Nam Tràng Bạch có chiều dày vỉa lên tới 10m, góc nghiêng của vỉa than dao động khoảng từ 40^0 - 45^0, theo thiết kế vỉa I (35) khai thác đến mức sâu -80m. Trong quá trình phát triển khai thác xuống sâu do bờ trụ vỉa I (35) có điều kiện địa chất phức tạp, đất đá tại khu vực nứt nẻ kém rắn chắc, có nhiều phân lớp mỏng, có nguy cơ trượt lở khi khai thác xuống sâu, có nguy cơ làm ảnh hưởng đến công tác sản xuất của mỏ, đặc biệt là vào mùa mưa. Do đó, vấn đề đặt ra cần giải quyết là thu thập thông tin về điều kiện địa hình bờ mỏ, tính chất cơ lý đất đá, và giải pháp đánh giá ổn định bờ mỏ nhanh, chính xác phù hợp với xu hướng phát triển hiện nay trên thế giới. Đứng trước nhu cầu thực tế trên nhóm tác giả đã đề xuất các giải pháp số trong đánh giá và gia cố ổn định bờ mỏ cho bờ trụ khu IV là việc làm cần thiết và cấp bách hiện nay, trong điều kiện hoạt động sản xuất của mỏ vẫn tiếp tục. Nhóm nghiên cứu đã thực hiện ứng dụng công nghệ định vị vệ tinh hiện đại theo thời gian thực với độ chính xác cao GNSS RTK (Global Navigation Satelite System) (Cao Minh Thủy và Đỗ Văn Dương, 2020; Trần Ngọc Đông và nnk, 2020), công nghệ máy bay không người lái UAV (Unmanned Aerial Vehicle) trong việc đo đạc (Hà Thị Hằng và nnk, 2022; Nguyễn Tam Tính và Phạm Duy Thanh, 2022; Thủy và nnk, 2018; Trần Vũ Thăng và Nguyễn Duy Long, 2022) để thu thập nhanh thông số hình học bờ mỏ, phương pháp đo sâu địa vật lý thăm dò thêm về thông tin các lớp đất đá trong bờ mỏ, máy đo chấn động micromate thu thập thông tin về ảnh hưởng của hoạt động nổ mìn tới bờ mỏ. Mô phỏng số trong việc xác định ổn định bờ mỏ theo phương pháp phần tử rời rạc, sai phân, công nghệ giảm bền, cấu trúc độ bền của neo gia cố bờ mỏ trên phần mềm 3DEC của hãng Itasca thông qua hệ số ổn định bờ mỏ để so sánh hệ số ổn định bờ mỏ đã được quy định theo TCVN 5326-2008.

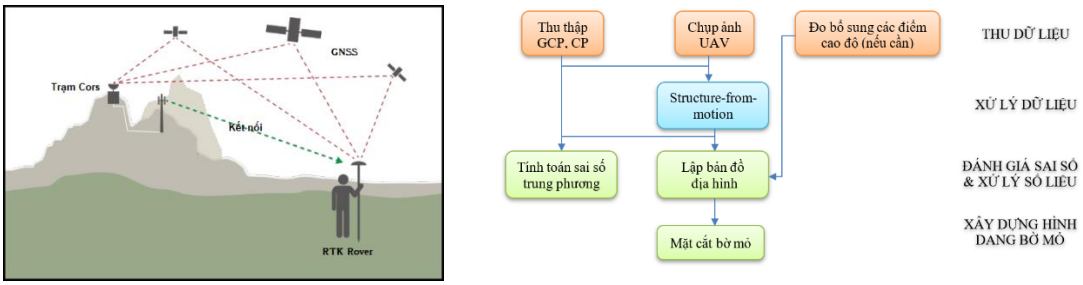
* *Tác giả liên hệ*
Email: phamvanviet@humg.edu.vn

2. Phương pháp

2.1. Thu thập dữ liệu

2.1.1.Thu nhập dữ liệu địa hình

Trong hoạt động trên mỏ, công nghệ GPS RTK được sử dụng trong việc cập nhật dữ liệu địa hình, kết hợp với công nghệ UAV để định vị xây dựng mô hình bề mặt, định vị vị trí bờ mỏ đưa ra ngoài thực địa, xác định một cách chính xác các khu vực cần xử lý ổn định (Cao Minh Thủy và Đỗ Văn Dương, 2020).



Hình 1. Công nghệ định vị vệ tinh GPS RTK kết hợp với UAV.

Quá trình biên tập bản đồ bằng công nghệ UAV bao gồm 4 bước chính (xem hình 1): bước chuẩn bị, bước chụp ảnh, bước xử lý ảnh UAV và giai đoạn thành lập bản đồ. Trong khâu chuẩn bị bao gồm tính toán phương pháp điều khiển bay chụp , thiết kế đường bay, cao độ chụp ảnh nhằm đáp ứng yêu cầu về độ chi tiết bản đồ (Nguyễn Tam Tính và Phạm Duy Thanh, 2022), (Le và nnk, 2020). Trong khi đó, khâu bay chụp theo định vị tuyến đã thiết kế sẵn, khâu xử lý ảnh UAV bao gồm thành lập đám mây điểm đo, nắn chỉnh hình học ảnh và gộp ảnh nhằm loại trừ sai số trong quá trình bay chụp gây ra. Ảnh từ khâu bay chụp sẽ được đưa vào phần mềm phiên bản dùng thử Pix4DMapper để phân tích dữ liệu. Phân tích sử dụng từ phương pháp Structure-from-Motion (SfM). Cách tính toán theo SfM hoạt động với cùng nguyên lý từ phép chiếu ảnh lập thể, đó là xây dựng mô hình số 3D chủ yếu dựa vào việc xếp chồng một loạt bức ảnh lại cùng với nhau. Với việc lặp nhiều lần, cùng một bộ dữ liệu gồm các tọa độ x, y, z và màu sắc sẽ được lấy ra tự động từ các hình ảnh chồng chéo lên nhau. Hoạt động xử lý ảnh diễn ra bốn bước chính từ nắn chỉnh ảnh và phân tích tạo đám mây điểm sơ bộ. Việc chỉnh ảnh tiến hành thực hiện bằng các định vị theo các hướng bên ngoài bằng các điểm GCP trong tia Cloud. Các điểm khống chế bề mặt GCP được tìm và đánh dấu trên ảnh trong phần mềm. Sau khi thực hiện xong đánh dấu các GCP, thực hiện việc tối ưu hóa để nắn chỉnh lại toàn bộ đo vẽ khu vực . Khâu tiếp theo là quá trình tạo đám mây điểm, sinh ra mô hình số độ cao DEM (Digital Elevation Model) và hình thành ảnh trực giao. Kết quả thu được là một đám mây điểm (point cloud), mô hình số độ cao DEM và tạo ảnh trực giao. Mô hình số độ cao DEM và ảnh trực giao được xử lý trên QGIS với công cụ Terrain profile để tạo ra mặt cắt ngang địa hình bờ mỏ. Mặt cắt có thể được định dạng ảnh và dạng autocad.

2.1.2. Thu nhập dữ liệu tính cơ lý đất đá

Các quan sát đo đạc địa vật lý từ trong lỗ khoan, đi đến phân tích, giải đoán tài liệu để phân tách đất đá trong không gian xung quanh hố khoan theo từng thành phần, từng tính chất, từng trạng thái, và xác định các tham số từ tính chất vật lý.

Các thiết bị địa vật lý hố khoan có 3 dụng cụ chính:

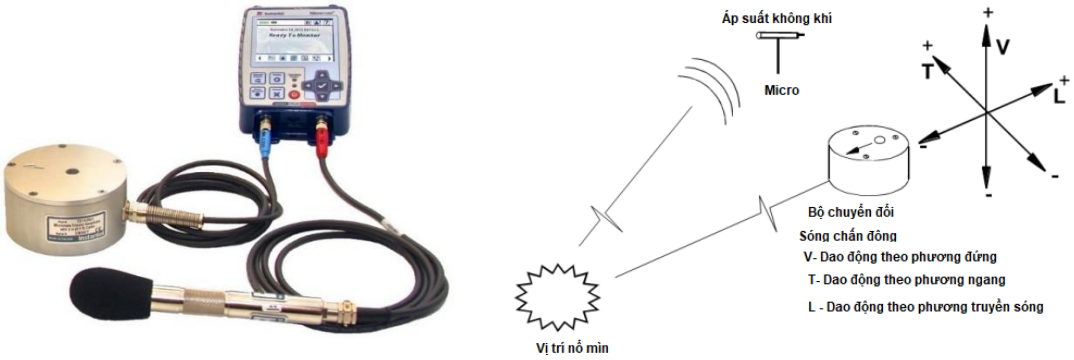
+ Gồm hệ tời và cáp bọc sợi thép hình thành nối đầu đo và cấp nguồn điện và truyền tín hiệu. Tời có chèn cảm biến độ sâu là loại đo hướng và xác định độ dài cáp kéo qua. Từ đó xác định độ sâu của đầu đo.

+ Gồm khối điều khiển với ghi tài liệu dùng để thực hiện điều khiển kéo cáp, đồng thời cấp nguồn điện cho thiết bị đầu đo, cùng với gửi các dòng lệnh tới đầu đo khi cần thiết, thu nhận tín hiệu từ đầu đo được gửi lên và ghi vào băng ghi hoặc cơ sở dữ liệu.

+ Gồm đầu đo (Probe) trong hố khoan, ở đó thực thi các đo đạc dựa trên lý thuyết của từng phương pháp nhưng được giảm kích thước trong ống đo để có thể hoạt động được ở những lỗ có đường kính nhỏ nhất cỡ 50 mm (2 inch) và có thể chịu áp suất cao.

2.1.3 Giám sát chấn động nổ mìn

Thiết bị chuyên dụng Blastmate III, Micromate của hãng INSTANTEL (Canada) để đo các thông số về sóng chấn động, sóng va đập không khí do nổ mìn gây ra (Hình 2).



Hình 2. Máy giám sát chấn động nổ mìn Micromate và sơ đồ thu tín hiệu.

Thiết bị giám sát chấn động, sóng đập không khí được đặt tại các công trình cần bảo vệ về hướng của bãi nổ mìn nhằm đánh giá ảnh hưởng chấn động và sóng đập không khí tới công trình. Do đó việc xác định vị trí chính xác của vị trí đo giám sát nổ mìn là rất quan trọng. Việc xác định vị trí giám sát nổ mìn chính xác, thiết bị định vị GPS RTK được đưa sử dụng để kiểm soát độ chính xác khoảng cách tới vụ nổ mìn.

2.2 Mô phỏng số

Mô phỏng số được tính toán dựa trên phương pháp phần tử rời rạc DEM (Distinct Element Method). Các yếu tố không liên tục được coi như các điều kiện biên giữa các khối, dịch chuyển dọc theo các yếu tố không liện tục và quay của các khối được đưa vào. Trong đó, các khối phân tách được coi như các khối vật liệu cứng hoặc vật liệu biến dạng. Chia nhỏ các khối biến dạng thành các phần tử sai phân và mỗi phần tử được thiết lập theo luật ứng suất-căng tuyến tính hoặc không tuyến tính. Chuyển động tương đối của các yếu tố không liên tục được quy định theo mối quan hệ dịch chuyển-lực tuyến tính hoặc không tuyến tính cho chuyển động theo hướng vuông góc và tiếp tuyến. Phần mềm được phát triển dựa trên cơ sở trên là phần mềm 3DEC của hãng Itasca. 3DEC dựa trên cơ sở tính toán lagrang phù hợp mô phỏng chuyển động và biến dạng của các hệ thống khối đá nứt nẻ.

Công nghệ xác định hệ số ổn định được sử dụng là công nghệ giảm bền SRT (Strength Reduction Technique), để mang trạng thái bờ mỏ tới cân bằng giới hạn (Zienkiewicz và nnk, 1977). Công nghệ này được áp dụng phổ biến theo tiêu chuẩn trượt Mohr-Coulumb. Trong trường hợp này, giá trị hệ số ổn định F được xác định theo công thức sau:

$$c^f = \frac{1}{Ff} c \quad (1)$$

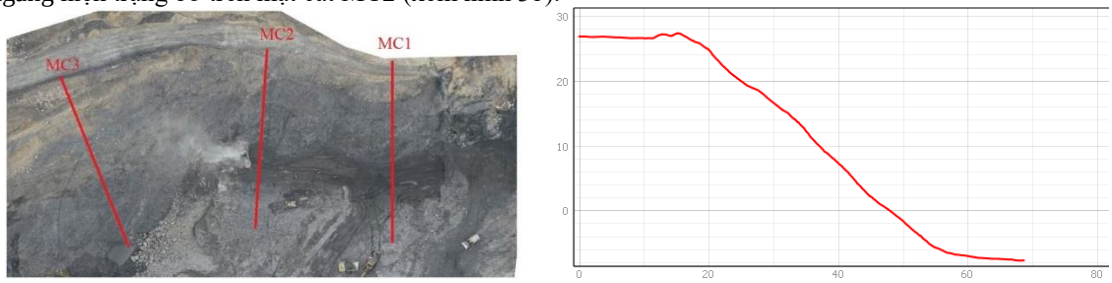
$$\varphi^f = \arctan\left(\frac{1}{Ff} tan\varphi\right) \quad (2)$$

Một chỗi các mô phỏng sử dụng giá trí F^f để giảm lực dính kết c và góc ma sát trong φ tới khi bờ mỏ xảy ra trượt lở. Công nghệ tìm giá trị độ bền mà tướng ứng trạng thái thái trượt xảy ra.

3. Nghiên cứu ứng dụng

3.1. Xác định thông số hình học bờ mỏ

Xây dựng thông số hình học bờ trụ mỏ Nam Tràng Bạch được thực hiện bằng công UAV DJI Phantom 4 pro v2. Dữ liệu được xử lý từ phần mềm QGIS để tạo ra ảnh trực giao bờ mỏ (xem hình 3a) và mặt cắt ngang hiện trạng bờ trên mặt cắt MC2 (xem hình 3b).



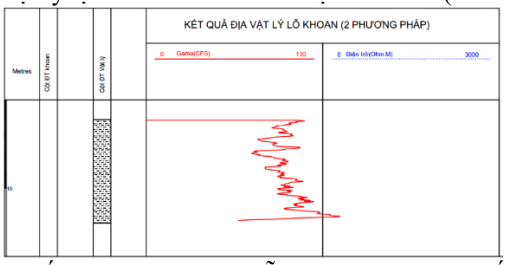
3a. 3b.

Hình 3. Ảnh trực giao khu vực bờ trụ khu IV và mặt cắt MC2 đặc trưng thông số hình học bờ mỏ

Từ khảo sát địa hình hiện trạng khu bờ trụ khu IV thấy rằng độ sâu khai thác hiện tại của bờ khoảng mức địa hình +30m xuống đến vị trí sâu nhất là -40m ở mặt cắt MC3, còn mặt cắt MC2 và MC3 thì cao độ khoảng -10m. Góc nghiêng của lộ trụ thay đổi từ 40^0 đến 45^0. Thông số hình học này là một thông số cần thiết cho xây dựng mô hình giúp tính toán ổn định.

3.2. Xác định thông số tính chất cơ học đá bờ mỏ

Tiến hành đo một số lỗ khảo sát đánh giá loại đất đá và tính phân lớp của các loại đất đá tồn tại trong bờ trụ khu IV mỏ than Nam Tràng Bạch bằng công nghệ đo sâu địa vật lý tại các khu vực tiến hành khoan nổ neo. Trên hình là vị trí đo địa vật lý tại lỗ khoan neo trên mặt cắt MC2 (xem hình 4).



Hình 4. Kết quả đo địa vật lý lỗ khoan neo tại mặt cắt MC2

Qua tiến hành thu thập từ khảo sát địa vật lý kết hợp với lấy mẫu thí nghiệm thì phần đất đá bờ trụ của mỏ chủ yếu là đá bột kết phân bố chiều dày từ 1-3m. Tính chất cơ lý được lấy mẫu phân tích (xem bảng 1).

Bảng 1. Tổng hợp các chỉ tiêu cơ lý đá bờ trụ khu IV mỏ than Nam Tràng Bạch

Tên đá	Cường độ kháng nén σ_n, kG/cm^2	Cường độ kháng kéo σ_k, kG/cm^2	Khối lượng thể tích γ, g/cm^3	Khối lượng riêng Δ, g/cm^3	Góc nội ma sát φ, độ-phút	Lực dính kết C, kG/cm^2
Bột kết	1.711÷102 271,84	156,09÷12,49 31,23	3,34÷1,80 2,70	3,35÷1,88 2,75	$39^0$28’÷$29^0$28’ $32^0$31’	520÷30,0 82

3.3. Xác định chấn động tới bờ mỏ

Vị trí đặt máy do giám sát chấn động là vị trí bờ mỏ nơi tiến hành muốn thu thập thông tin chấn động nổ mìn tác động đến bờ trụ khu IV và rung động công trình khi máy khoan hoặc ô tô làm việc (xe hình 5).

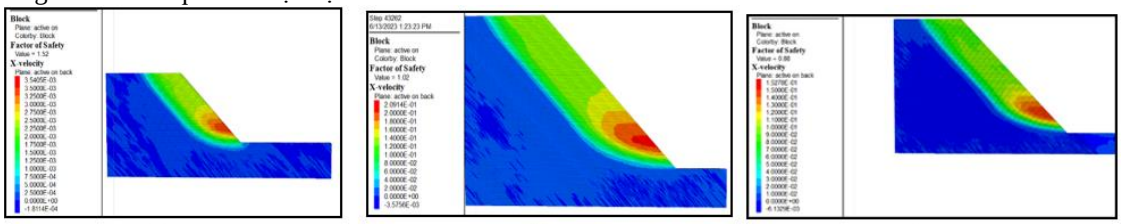


Hình 5.Vị trí nổ mìn và vị trí giám sát chấn động, rung thiết bị tới bờ trụ khu IV

Qua tiến hành thu thập sóng chấn động nổ mìn từ hoạt động nổ mìn và rung thiết bị khai thác thấy rằng chấn động tác động vào bờ mỏ với mức dao động nền đất tổng hợp là 4,5mm/s, còn rung động thiết bị làm việc là 0,56mm/s. Những giá trị đo trên sẽ được đưa vào đánh giá ổn định bờ mỏ.

3.4. Mô phỏng số đánh giá ổn định bờ mỏ khai thác xuống sâu

Tiến hành phân tích hiện trạng ổn định bờ mỏ trên các mức bờ mỏ với chiều cao bờ 40m, 80m và 110m (chiều cao kết thúc khai thác tại -80m), sử dụng phần mềm mô phỏng số dựa trên lý thuyết phần tử rời rạc, mô hình không liên tục kết hợp với công nghệ giảm độ bền trên phần mềm mô phỏng 3 chiều 3DEC của hãng Itasca. Kết quả thể hiện cụ thể hình 6:



a. b. c.

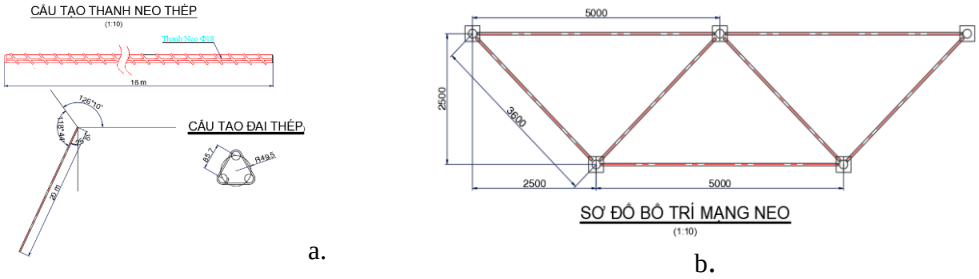
Hình 6. Mô phỏng trạng thái bờ trụ khu IV
a. Mức khai thác -10m với hệ số 1.52;
b. Mức khai thác -50m với hệ số 1.02;
c. Mức khai thác -80m với hệ số 0.88.

Qua tiến hành mô phỏng trạng thái ổn định bờ trụ khu IV mỏ than Nam Tràng Bạch nhận thấy rằng khi bờ mỏ khai thác đạt đến mức -10m (mức khai thác hiện tại) thì bờ mỏ vẫn ổn định với hệ số ổn định 1.52 nhưng khi khai thác đến mức -50m lúc này hệ số ổn định bờ mỏ đạt là 1.02 gần trạng thái cân bằng giới hạn. Khi tiến hành khai thác đến mức -80m (kết thúc khai thác) hệ số ổn định chỉ là 0.88 lúc này việc mất ổn định đã xảy ra. Như vậy để đảm bảo giữ vững bờ trụ không xảy ra trượt lở trong quá trình khai thác thì việc gia cố bờ trụ là việc làm cần thiết để giữ vững bờ trụ ổn định.

3.5. Mô phỏng số gia cố neo bờ mỏ khi khai thác xuống sâu

Qua phân tích trạng thái bờ mỏ khi mỏ tiến hành khai thác xuống sâu nhận thấy rằng bờ mỏ có độ ổn định giảm dần và khi đạt đến chiều sâu khai thác cuối cùng -80m, bờ mỏ không giữ vững vì hệ số ổn định là 0,88. Do đó, giải pháp gia cố bờ mỏ là giải pháp thiết thực cần thực hiện để nâng cao ổn định bờ mỏ. Một trong giải pháp gia cố đó là gia cố bằng neo sẽ giúp tăng độ ổn định và có chi phí thấp so với giải pháp bóc.

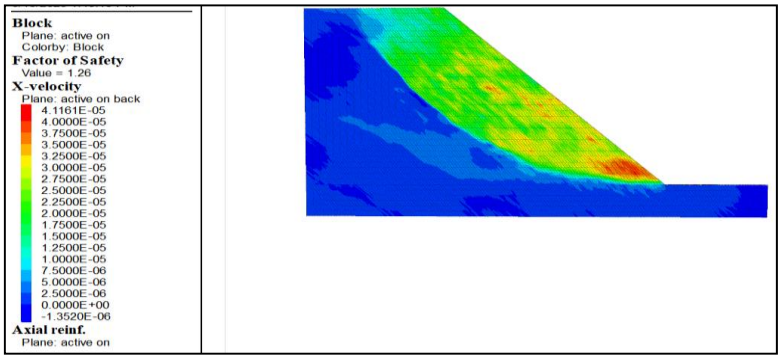
Do đó, tính toán áp dụng giải pháp neo bằng cách gia cố khoan các hàng neo vuông góc với góc nghiêng bờ mỏ vào sâu trong bờ khoảng 20m, khoảng 20m từ trên bờ mỏ xuống gia cố bằng neo, với chiều cao bờ là 110m thì bố trí 5 hàng khoan neo từ trên xuống dưới. Các thông số kết cấu neo thể hiện hình 7 sau:



a. b.

Hình 7. Các thông số thanh neo (a) và mạng neo (b) thi công nâng cao ổn định bờ mỏ khu IV.

Trên cơ sở cấu trúc mạng neo, tiến hành chạy mô phỏng bằng phương pháp phần tử rời rạc, kết hợp với cấu trúc gia cố bằng phần mềm 3DEC của hãng itasca bằng việc bố trí 5 hàng neo, mỗi hàng cách nhau 20m từ trên đỉnh bờ dốc xuống đến hết chiều sâu khai thác -80m để kiểm tra độ an toàn bờ trụ khu IV thể hiện hình 8.



Hình 8. Mô phỏng trạng thái ổn định bờ trụ khu IV tại mức -80m khi tiến hành gia cố bằng neo với hệ số ổn định 1.26.

Qua tiến hành phân tích kiểm tra độ ổn định bờ trụ khu IV tại mức -80m (kết thúc khai thác) thì bờ mỏ ổn định với hệ số ổn định 1.26 đáp ứng yêu cầu theo TCVN 5326:2008. Như vậy giải pháp sử dụng neo được bố trí như ở trên đảm bảo an toàn bờ mỏ khi tiến hành khai thác vẫn giữ ổn định bờ trụ. Ngoài ra để tăng an toàn bờ mỏ trong quá trình khai thác, mỏ cần thực hiện các giải pháp hạn chế nước mặt ngấm vào bờ mỏ và có giải pháp thoát nước ngầm, cùng với đó trong quá trình nổ mìn cũng phải giảm sóng chấn động. Trong quá trình khai thác mỏ luôn luôn thực hiện quá trình quan trắc dịch động bờ mỏ nhằm phát hiện các sự cố có thể xảy ra nhằm điều chỉnh các giải pháp gia cố cho phù hợp với điều kiện thực tế trên mỏ.

4. Kết luận

Ứng dụng các giải pháp số trong việc đánh giá, gia cố ổn định bờ mỏ nói chung và bờ trụ khu IV, mỏ than Nam Tràng Bạch nói riêng giúp kiểm soát an toàn bờ mỏ và đề xuất các giải pháp gia cố bờ mỏ đảm bảo khả thi cao. Trong đó việc thu thập dữ liệu địa hình thực hiện bằng công nghệ UAV, thu thập tính phân

lớp của lớp đất đá trong bờ trụ thực hiện bằng phương pháp đo sâu địa vật lý, dữ liệu chấn động nổ mìn được thực hiện bằng máy đo chấn động micromate nhằm cung cấp số liệu cho mô phỏng số trạng thái ổn định thực tế và trạng thái gia cố neo bằng giải pháp lập trình trên nền tảng phần mềm 3DEC của hãng Itasca nhằm đáp ứng độ ổn định cần thiết theo TCVN 5326-2008. Từ đó, giúp mỏ có giải pháp lựa chọn neo, mạng neo và giải pháp thi công neo phù hợp. Giải pháp đã áp dụng tại khu IV mỏ than Nam Trang Bạch giúp mỏ kiểm soát ổn định, khai thác xuống sâu -80m vẫn đảm bảo an toàn bờ mỏ khi lựa chọn được đặc tính thông số thi công neo phù hợp với điều kiện mỏ.

Tài liệu tham khảo

Cao Minh Thủy, Đỗ Văn Dương, 2020. Khảo sát độ chính xác công nghệ đo GNSS RTK, thực nghiệm tại khu vực Hà Nội. *Tạp Chí Tài Nguyên và Môi Trường*, *Kỳ 1+2*, 88–90.

Hà Thị Hằng, Vũ Đình Chiều, Lương Ngọc Dũng, Nguyễn Thu Huyền, Vũ Ngọc Quang, Dương Công Hiếu, 2022. Nghiên cứu ứng dụng máy bay không người lái trong xác định kích thước và thể tích bể chứa nổi. *Tạp Chí Khoa Học Công Nghệ Xây Dựng*, *16*, 7-20.

Le, C. Van, Cao, C. X., & Le, H. T. T, 2020. Research on optimal takeoff positions of UAV integrated GNSS - RTK in producing large scale topological maps for open - pit mines. *Journal of Mining and Earth Sciences*, *61*(5), 54–63. https://doi.org/10.46326/jmes.2020.61(5).06

Nguyễn Tam Tính, Phạm Duy Thanh, 2022. Ứng dụng máy bay khống người lái trong quan trắc. *Tạp Chí Công Nghiệp Mỏ*, *Số 1*, 85–91.

Nguyễn Văn Thủy và nnk, 2018. Nghiên cứu khả năng ứng dụng công nghệ UAV trong thành lập bản đồ hiện trạng nuôi trồng thủy sản: Thực nghiệm tại quần thể Hòn Yến, tỉnh Phú Yên. *Tạp Chí Khoa Học & Công Nghệ Đại Học Duy Tân*, *56*(3), 318-323. https://doi.org/10.15625/vjc.2018-0026

Trần Ngọc Đông, Diêm Công Trang, Trần Mạnh Tuần, Nguyễn Văn Nghĩa, Nguyễn Hà, Đào Xuân Vương, (2020). Quy trình đo đạc và đánh giá độ chính xác của thiết bị định vị GNSS động thời gian thực (GNSS-RTK). *Tạp Chí KHCN Xây Dựng*, *Số 2*, 42–52.

Trần Vũ Thăng, Nguyễn Duy Long, 2022. Ứng dụng công nghệ thiết bị bay không người lái Lidar Matrice 300 RTK kết hợp UAV Phantom 4 RTK xây dựng bản đồ 3D các bãi thải trọng yếu phục vụ công tác bảo vệ môi trường và phòng chống thiên tai của TKV. *Thông Tin Khoa Học Công Nghệ Mỏ*, *Số 3*, 41-48.

Zienkiewicz, O. C., Humpheson, C., & Lewis, R. W, 1977. Associated and non-associated visco-plasticity and plasticity in soil mechanics. *Geotechnique*, *27*(1), 101-102. https://doi.org/10.1680/geot.1977.27.1.101

ABSTRACT

Numerical solution in assessment and reinforcement for IV-region footwall stability of Nam Trang Bach coal mine

Pham Van Viet[1,2,*] , Nguyen Anh Tuan[1,2], Bui Huy Bach[3], Le Thi Thu Hoa[1,2],
Tran Đinh Bao[1,2], Pham Van Hoa[1,2], Nguyen Tuan Thanh[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Innovations for Sustainable and Responsible Mining (ISRM)*
[3]*Dong Bac Corporation, Defence Ministry*

Nowadays, Vietnam surface mines have been digged more and more deeply and slope stability has become a necessary issue for safety and commercial effectiveness. Therefore, there is a requirement which has a numerical solution to assess and reinforce the pit slope to increase pit-slope angle or remain current slope stability for decreasing the volume of waste rock. The assessment and reinforcement for pit slope is a complexed issue with detail requirement of slope geometry parameters, rock mechanics and affect of mining activities. As a result, the paper suggests a numerical solution in assessment and reinforcement of pit slope stability and the suggestion was applied to IV-region footwall of Nam Trang Bach coal mine. Particularly, the collection of terrain data was carried out by UAV technology, the collection of rock-layer thick was implemented by geophysics tool and ground vibration induced by blasting as well as equipment operation were collected by micromate device, providing the data to the numerical simulation of current slope stability status and the status of the reinforcement with rock nail through software flatform 3DEC of Itasca following a regulation factor of safety of Vietnamese technical standard TCVN: 5326-2008. From this, the mine could choose a suitable nail solution, a nail pattern and a proper nail installation.

Keyword: Numerical solution; pit slope stability; reinforcement; UAV; rock nail; 3DEC

TIỂU BAN
NHỮNG TIẾN BỘ TRONG CHẾ BIẾN KHOÁNG SẢN VÀ TÁI CHẾ

MỤC LỤC

Công nghệ thu hồi kim loại trong xỉ đồng trên thế giới và Việt Nam
Vũ Thị Chinh, Nhữ Thị Kim Dung, Phạm Thị Nhung……973

Sử dụng hỗn hợp thuốc tập hợp trong tuyển nổi quặng đồng sunfua
Nhữ Thị Kim Dung, Vũ Thị Chinh, Phạm Thị Nhung, Lê Việt Hà……982

Thực tế xử lý bùn đỏ tại các nhà máy alumin trên thế giới
Lê Việt Hà, Phạm Văn Luận, Nguyễn Anh Tuấn……990

Tổng quan về công nghệ chế biến và sử dụng than siêu sạch trên thế giới và triển vọng ứng dụng ở Việt Nam
Phạm Thanh Hải, Trần Trung Tới……999

Nghiên cứu sử dụng bể lắng lamella bán công nghiệp để lắng đọng bùn thải xưởng tuyển rửa của Công ty Nhôm Đắk Nông - TKV
Phạm Văn Luận, Lê Việt Hà, Nguyễn Đăng Tấn, Nguyễn Bá Phong, Nguyễn Vũ Hoàng…1010

Nghiên cứu công nghệ thu hồi than sạch từ tro bay của phân xưởng nhiệt điện tại Công ty Nhôm Đăk Nông
Phạm Thị Nhung, Trần Văn Được, Nhữ Thị Kim Dung, Vũ Thị Chinh, Phan Chí Khanh, Lưu Công Hậu…….1017

Nghiên cứu xác định chế độ thuốc tuyển hợp lý để tuyển quặng kẽm oxit mỏ Chợ Điền - Bắc Kạn
Đỗ Thị Như Quỳnh, Phạm Văn Luận, Lê Việt Hà……..1024

Tổng quan về các phương pháp thu hồi titan từ bùn đỏ của các nhà máy sản xuất alumin
Phùng Tiến Thuật, Trần Trung Tới, Phạm Thị Loan, Vũ Văn Thảo, Nguyễn Văn Luân, Trần Trung Dũng…….....1031

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Công nghệ thu hồi kim loại trong xỉ đồng trên thế giới và Việt Nam

Vũ Thị Chinh[1,2,*], Nhữ Thị Kim Dung[1,2], Phạm Thị Nhung[1,2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm nghiên cứu Công nghệ tiên tiến trong Chế biến khoáng sản và Tái chế (MinPro)*

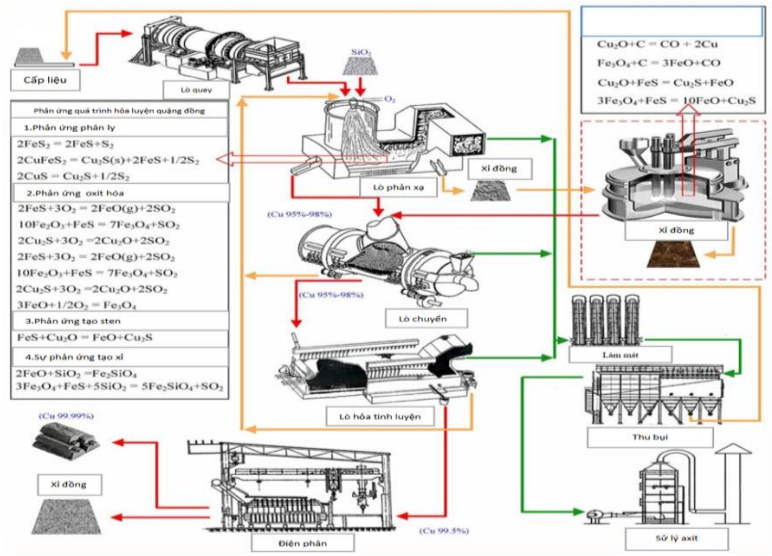
TÓM TẮT

Xỉ đồng là sản phẩm phụ của quá trình hoả luyện quặng đồng, để luyện được 1 tấn đồng kim loại phát sinh khoảng 2 đến 3 tấn xỉ đồng. Năm 2023, sản lượng đồng toàn cầu đạt gần 22 triệu tấn, như vậy sản lượng xỉ đồng lên tới gần 70 triệu tấn. Xỉ đồng chứa một lượng đáng kể Cu, Fe với hàm lượng thậm chí còn cao hơn trong các mỏ tự nhiên. Ngoài ra, còn chứa các kim loại khác như: Zn, Mg, Al, Ni, Co, Cr…. Do đó, xỉ đồng được coi là nguồn tài nguyên thứ cấp quan trọng, chứa một số lượng lớn các kim loại có giá trị với hàm lượng cao, cần được thu hồi. Bài báo này tóm tắt sự hình thành và đặc điểm của xỉ đồng, trên cơ sở đó cung cấp thông tin về các phương pháp được phát triển gần đây để thu hồi các kim loại trong xỉ đồng trên thế giới và ở Việt Nam.

Từ khóa: Xỉ đồng; hoả luyện; hoà tách; tuyển nổi

1. Đặt vấn đề

Hoả luyện là phương pháp chính để sản xuất đồng kim loại và được phân thành hai dạng chính là hoả luyện đồng thông thường (nấu chảy bằng lò cao, lò phản xạ, lò điện) và hoả luyện đồng hiện đại (hoả luyện nhanh và hoả luyện trong bể lỏng). Các giai đoạn của phương pháp hoả luyện đồng điển hình gồm các bước chính được minh họa trong Hình 1.



Hình 1. Quy trình luyện đồng điển hình từ quặng đồng

Quy trình hoả luyện quặng đồng có thể được chia thành ba giai đoạn chính: giai đoạn phân ly của sunfua, giai đoạn luyện sten và giai đoạn tách sten đồng ra khỏi xỉ. Hiệu quả của khâu luyện sten đồng và tách sten đồng - xỉ, cũng như mức độ thất thoát đồng trong xỉ chủ yếu bị ảnh hưởng bởi: thế oxy hóa/khử, hàm lượng sten đồng, nhiệt độ nấu chảy, thành phần xỉ và tính chất của xỉ. Đồng thường bị thất thoát vào xỉ ở hai dạng hóa lý và cơ học. Thất thoát đồng ở dạng hóa lý thường xảy ra đối với đồng hòa tan, trong khi dạng thất thoát cơ học bắt nguồn từ sự cuốn cơ học của đồng kim loại hoặc sten đồng vào trong xỉ. Theo thống kê, phần lớn thất thoát đồng vào xỉ là thất thoát cơ học. Tổn thất đồng trong xỉ thường dao động từ 0,7 đến 5% trọng lượng quá trình nấu chảy sten đồng. Đây là một vấn đề nghiêm trọng không thể tránh khỏi trong các quy trình luyện đồng.

* *Tác giả liên hệ*
Email: vuthichinh@humg.edu.vn

Xỉ đồng chứa một số lượng lớn các nguyên tố có giá trị và là nguồn tài nguyên thứ cấp quan trọng. Việc sử dụng chất thải bền vững, bao gồm tái chế, tận thu các kim loại có ích trong xỉ đồng là lựa chọn hàng đầu vì những lợi ích kinh tế và môi trường mà nó mang lại.

2. Thành phần vật chất xỉ đồng

2.1. Thành phần hoá học của xỉ đồng

Xỉ đồng chủ yếu được tạo ra trong các công đoạn nấu luyện sten, thành phần hóa học của các mẫu xỉ đồng thay đổi đáng kể (như trong Bảng 1) do bị ảnh hưởng bởi loại quy trình nấu chảy, quặng nấu chảy, chất trợ dung, và các chất phụ gia được thêm vào trong quá trình luyện kim (Lottermoser, 2005; Ettler và Johan, 2014). Các kim loại có nhiều trong xỉ đồng là Fe và SiO_2, các nguyên tố khác ít hơn bao gồm Cu, Zn, Ca, Mg, Al, Ni, Co, Cr, As, Pb. Thành phần hoá học của các mẫu xỉ đồng đều chứa một lượng đáng kể Cu (0,5% -2,7%) và Fe (37,9% - 59,2%), hàm lượng 2 kim loại này trong xỉ đồng thậm chí còn cao hơn hàm lượng của một số mỏ quặng Cu và Fe trong tự nhiên.

Bảng 1. Thành phần hoá học của 1 số mẫu xỉ đồng

Thành phần,%	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4	Mẫu 5
Cu	3,96	4,57	2,71	0,58	0,83
Fe	59,2	45,8	39,56	38,6	37,9
SiO_2 (Si)	24,74	23,1	(12,42)	(14,33)	16,33
Al_2O_3 (Al)	3,42	3,94	(1,96)	(1,83)	2,44
CaO (Ca)	1,81	1,5	(1,79)	(1,2)	1,43
Ni	-	-	0,48	-	-
Co	-	-	-	0,21	-
Zn	-	-	1,93	-	0,96
Pb	-	-	0.68	-	0,15
S	2,85	1,54	0,83	0,93	0,59
As	-	-	0,043	-	0,14

Mẫu 1: Xỉ của nhà máy luyện đồng 1 Lào Cai- Vimico; Mẫu 2: Xỉ của nhà máy luyện đồng 2- Vimico; Mẫu 3: Xỉ đồng của công ty TNHH Tập đoàn kim loại mầu Tonging, Trung Quốc (Guo, 2016); Mẫu 4: Xỉ của INCO, Ontario, Canada (Gbor,2000); Mẫu 5: Xỉ của nhà máy ở Nhật Bản (Fan, 2015).

2.2. Thành phần pha của xỉ đồng

Thành phần pha trong xỉ đồng khá khác nhau, tuỳ thuộc vào nhiều yếu tố liên quan đến quy trình luyện kim như: đặc điểm của loại quặng đưa vào luyện; loại lò luyện và đặc biệt là phương pháp làm nguội xỉ. Làm nguội xỉ có phương pháp làm nguội chậm và làm nguội nhanh. Làm nguội xỉ chậm có thể dẫn đến sự kết tinh đáng kể của các thành phần xỉ tạo thành các pha khoáng khác nhau, tốc độ làm nguội càng thấp kích thước các pha khoáng sẽ phát triển càng lớn. Làm nguội nhanh có thể tạo ra xỉ vô định hình, do đó phân bố kim loại trong xỉ làm nguội nhanh sẽ đồng nhất hơn. Khi xỉ đồng ở dạng tinh thể, fayalit (Fe_2SiO_4) là pha chính cùng với các pha silicat khác như: Mg_2SiO_4, $CaFeSiO_4$, $CaFe(SiO_3)_2$, các nguyên tố kim loại khác như Cu, Fe, Zn, Pb, As, Ni chủ yếu liên kết với sunfua để tao thành các pha sunfua như: Cu_2S, Cu_5FeS_4, $CuFeS_2$, (Zn,Fe)S, PbS, As_2S_3.

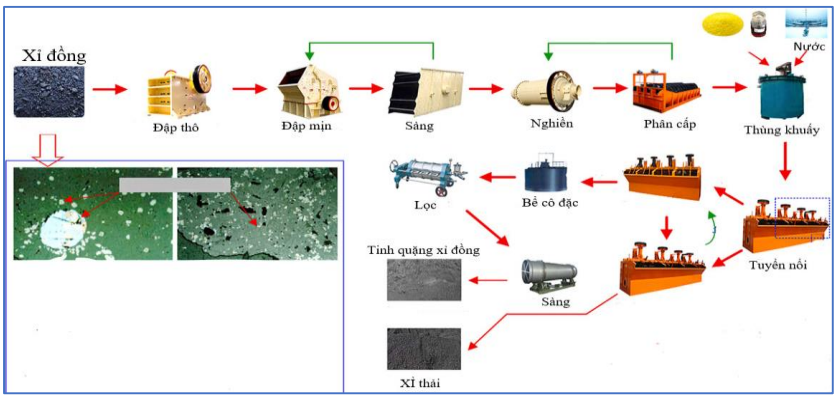
Bảng 2. Thành phần pha của một số mẫu xỉ đồng

Thành phần	Các pha được tạo thành trong xỉ	Tham khảo
Cu	Cu_2S, Cu_5FeS_4, $CuFeS_2$, CuO, $PbCu_3(AsO_4)_2(OH)_2$	Kierczak, 2013; Alvarez-Valero, 2009; Mateus, 2011; Jiang, 2019; Ettler, 2009; Jiang, 2019; Manasse and Mellini, 2002; Vitkova, 2010; Lottermoser, 2002; Piatak, 2015.
Fe	Fe_2SiO_4,Fe_3O_4,Fe_2O_3,$CaFeSiO_4$,CaFe(SiO3)2,Cu_5FeS_4	
Si	SiO_2, Mg_2SiO_4, $CaMg(SiO_3)_2$, $CaSiO_3$, $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$	
Ca	$CaFeSiO_4$, $CaMg(SiO_3)_2$, $CaFe(SiO_3)_2$, $Ca_3Al_2(SiO4)_3$,	
Mg	Mg_2SiO_4, $MgAl_2O_4$	
Al	$MgAl_2O_4$, $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$	
Zn	$ZnFe_2O_4$, (Zn,Fe)S, Zn_2SiO_4, $Zn_5(CO_3)_2(OH)_2$	
Pb	$PbFe_2O_4$, PbS, $PbCO_3$, $Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$,	
As	As_2S_3, $FeAsO_4•2H_2O$, $PbCu_3(AsO_4)_2(OH)_2$,	
Ni	$(Fe,Ni)_9S_8$	
Co	CoO, CoS	
Cr	$Mg(Al, Cr)O_4$	
S	Cu_2S, Cu_5FeS_4, $CuFeS_2$, FeS, (Zn, Fe)S, PbS, $(Fe, Ni)_9S_8$	

3. Công nghệ thu hồi kim loại trong xỉ đồng trên thế giới

3.1. Tuyển nổi

Tuyển nổi là một phương pháp hiệu quả để thu hồi đồng trong xỉ luyện vì có sử dụng thêm một hoặc nhiều loại thuốc tuyển nổi như: thuốc tập hợp, thuốc tạo bọt, thuốc đè chìm, thuốc điều chỉnh pH, thuốc kích động. Sơ đồ tuyển nổi xỉ đồng phổ biến bao gồm các khâu đập, nghiền, sàng, phân cấp, tuyển nổi và khử nước. Sơ đồ tuyển nổi điển hình được minh họa trong Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ tuyển nổi xỉ đồng điển hình

Các thông số công nghệ chủ yếu ảnh hưởng đến hiệu quả của quá trình tuyển nổi là: thời gian làm nguội của xỉ đồng nóng chảy, thành phần xỉ, độ mịn nghiền, độ pH, thời gian tuyển nổi, nồng độ bùn, loại thuốc tuyển nổi.

Dựa trên sự khác biệt trong quy trình làm nguội, xỉ đồng có thể được chia thành xỉ làm nguội chậm, làm nguội bằng không khí và làm nguội bằng nước (Guo và cộng sự, 2017a). Nói chung, xỉ đồng làm nguội chậm có lợi hơn cho việc thu hồi đồng bằng phương pháp tuyển nổi. Xỉ đồng nóng chảy được làm nguội chậm có ảnh hưởng tới sự khuếch tán của các hạt sten đồng hoặc đồng kim loại, làm tăng kích cỡ các hạt đó trong xỉ, do đó có thể giải phóng các hạt chứa đồng ở kích thước thô hơn, rất thuận lợi cho quá trình nghiền và thu hồi các hạt đó bằng phương pháp tuyển nổi. Trong khi đó, xỉ đồng được làm nguội nhanh tạo ra các hạt sten đồng, đồng kim loại mịn hơn (so với xỉ làm nguội chậm) hoặc các hạt vô định hình trong cấu trúc pha, ảnh hưởng xấu đến mức độ giải phóng và tách các hạt chứa đồng khỏi đất đá thải trong quá trình nghiền, cũng như tuyển nổi (Sarfo và cộng sự, 2017a; Guo và cộng sự, 2018c; Panda và cộng sự, 2015). Trong một nghiên cứu, khi tốc độ nguội của xỉ đồng nóng chảy được kiểm soát dưới 3 ◦C / phút, kích thước hạt sten đồng lớn hơn 10 µm đạt tới 97%, trong khi đó, ở điều kiện xử lý làm nguội xỉ đồng bằng nước chỉ có 6% cấp hạt lớn hơn 10 µm (Guo và cộng sự, 2018c; Rozendaal và Horn, 2013). Cần nhấn mạnh rằng khi nhiệt độ xỉ thấp hơn nhiệt độ kết tinh, lúc này tốc độ làm nguội xỉ đồng sẽ không ảnh hưởng đáng kể đến kết quả quá trình kết tinh của các hạt sten hoặc đồng kim loại. Do đó, đầu tiên làm nguội chậm với tốc độ 1–3 ◦C / phút của xỉ đồng nóng chảy trong gáo múc xuống gần 1000 ◦C, sau đó dùng nước làm nguội xỉ đồng nhanh chóng, quy trình như vậy không chỉ đạt được hiệu quả tuyển nổi thuận lợi, mà còn rút ngắn thời gian làm nguội xỉ.

Theo đặc tính của từng mẫu xỉ đồng có thể lựa chọn các loại thuốc tuyển nổi khác nhau. Thuốc tập hợp, là một trong những thuốc tuyển nổi quan trọng được sử dụng để hấp phụ chọn lọc trên hạt đồng sten (hoặc đồng kim loại) làm tăng tính kỵ nước trên bề mặt các hạt đó cải thiện tính nổi của chúng, thường bao gồm natri sec-butyl xanthate, kali amylxanthat, và alkyl hydroxamat. Quá trình tuyển nổi xỉ đồng công nghiệp tại xưởng tuyển Mount Isa Mines Limited, xỉ đồng có hàm lượng 3,7% Cu được nghiền tới khoảng 80% cấp -0,074mm và tuyển bằng thuốc tập hợp natri sec- butyl xanthate, thuốc tạo bọt MIBC, thuốc đè chìm hydroxy ethyl cellulose, thu được tinh quặng đồng có hàm lượng 42,54%Cu với tỷ lệ thu hồi đồng đạt 82% (Barnes và cộng sự, 1993). Gần đây có rất nhiều nghiên cứu công bố hiệu quả tuyển nổi đã được cải thiện bởi việc sử dụng hỗn hợp các thuốc tập hợp, ví dụ, khi sử dụng hỗn hợp thuốc tập hợp iso-propyl xanthate (SIPX) : di-ethyldithiophosphate (DTP) với tỷ lệ thích hợp, thực thu đồng (84,82%), cao hơn so với khi dùng thuốc tập hợp đơn tốt nhất (78,11%) (Roy và cộng sự, 2015; Shi và cộng sự, 2019; Kong và cộng sự. 2015).

Việc tuyển nổi xỉ đồng có thể thu hồi đồng một cách hiệu quả, tuy nhiên phương pháp này không đồng thời thu hồi được các kim loại có giá trị khác (Fe, Co, Ni) trong xỉ đồng và yêu cầu lượng nước cao hơn nhiều so với các phương pháp khác.

3.2. Thuỷ luyện

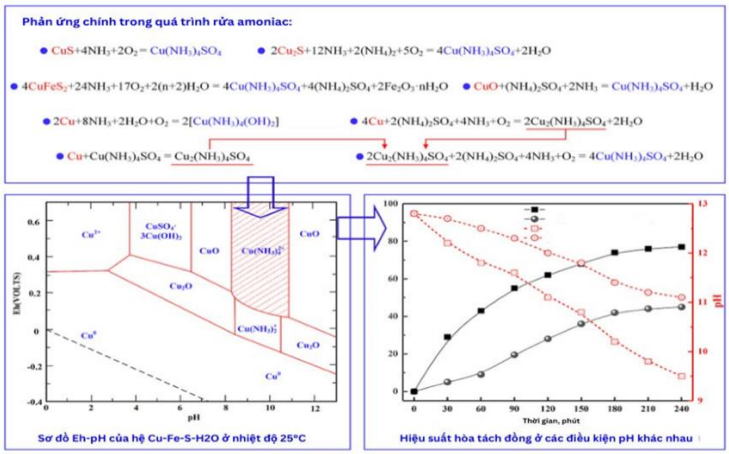
Thuỷ luyện là một trong những phương pháp quan trọng để thu hồi các kim loại có giá trị trong xỉ đồng thông qua các phản ứng giữa các nguyên tố kim loại và một số các dung môi hóa học hoặc sinh học. Các nguyên tố có giá trị trong xỉ được hoà tan vào dung môi sau đó có thể thu hồi được bằng một quá trình lọc rửa. Quá trình thuỷ luyện xỉ đồng, có thể được phân thành hai loại chính: hoà tách hóa học (sử dụng axit và kiềm để hoà tách) và sinh học (sử dụng vi sinh để hoà tách).

3.2.1. Hoà tách hoá học

Quá trình hoà tách hoá học chủ yếu được thực hiện trong dung môi axit (H_2SO_4, HNO_3, HCL) hoặc kiềm (amoniac). Hoà tách bằng axit là phương pháp truyền thống để thu hồi kim loại trong xỉ đồng vì quy trình đơn giản, vốn đầu tư và chi phí bảo trì thấp. Hầu hết các nghiên cứu đều tập trung vào mối liên hệ giữa hiệu suất hoà tan của các kim loại trong từng loại dung môi, nồng độ dung môi, tỷ lệ rắn/ lỏng, kích thước hạt chất rắn, điều kiện oxi hoá, thời gian, nhiệt độ, áp suất hoà tách. Các nghiên cứu cũng khẳng định sử dụng dung môi hoà tan H_2SO_4 là lựa chọn tốt nhất do giá thành thấp và hiệu suất hoà tan kim loại cũng tương tự như các axit khác (Baghalha và cộng sự.. 2007; Altundogan và cộng sự, 2004). Bên cạnh đấy, các nghiên cứu cũng quan tâm đến hiệu suất hoà tách các kim loại sau khi hoà tan trong dung môi H_2SO_4. Ở áp suất khí quyển, quá trình hoà tách các hợp chất chứa Fe (Mg, Ca) hoà tan gây mất mát nhiều axit cũng như thời gian lọc, ảnh hưởng nghiêm trọng đến hiệu quả kinh tế của quá trình này (Li và cộng sự, 2009; Li và cộng sự. 2003). Do đó, quá trình hoà tách axit ở áp suất cao, nhiệt độ cao (HPAL) đã được đề xuất để cải thiện các nhược điểm trên. Quá trình này có ưu điểm là tốc độ lọc cao và mức tiêu thụ axit (H_2SO_4) thấp hơn 20% trọng lượng so với quá trình lọc bằng axit ở áp suất khí quyển, có thể hoàn thành quá trình lọc các hợp chất chứa kim loại trong 25-45 phút ở nhiệt độ 200-300°C. (Banza và cộng sự, 2002) . HPAL đã được sử dụng thành công để hoà tách xỉ đồng làm nguội chậm chứa 4,0% Cu, 0,5% Co và 2,0% Ni ở Canada. Khả năng thu hồi Ni, Co và Cu có thể đạt trên 90% và 97% trong vòng 20 phút và 45 phút tương ứng ở nhiệt độ 250°C, 70 g/L H_2SO4, áp suất 90 psi, tuy nhiên khả năng thu hồi Fe ở mức rất thấp (Anand và cộng sự, 1983). Biện pháp hoà tách HPAL đã thiết lập quy trình hoà tách axit hiệu quả cao hơn, tuy nhiên cần xem xét về mặt kinh tế về chi phí vận hành.

Do quá trình hoà tách bằng axit được áp dụng để xử lý xỉ đồng ở một mức độ nào đó vẫn còn nhiều hạn chế nên việc hoà tách bằng amoniac, như một quá trình hoà tách kiềm, dần trở thành một trong những lựa chọn thay thế vì những ưu điểm như: dung dịch lọc (amoniac) có độ ăn mòn thấp đối với thiết bị, quá trình lọc các hợp chất kim loại thuận lợi hơn so với môi trường axit (Bidari và Aghazadeh, 2015). Trong quá trình hoà tách bằng amoniac, Cu, Co và Ni sẽ chuyển hóa thành phức amin hòa tan tương ứng di chuyển vào dung dịch lọc, trong khi Fe sẽ bị loại bỏ dưới dạng hợp chất oxy/hydroxyl không hòa tan và vẫn còn tồn tại trong cặn lọc. (Nadirov và cộng sự, 2013).

Nghiên cứu về hoà tách xỉ đồng bằng amoniac tập trung nghiên cứu các thông số như: nồng độ của amoniac, pH của hệ thống và kích thước của các hạt chất rắn, đây là những thông số chính ảnh hưởng đến khả năng hòa tan của các pha mang đồng tồn tại trong xỉ (Roy và cộng sự, 2016; Nadirov và cộng sự, 2013). Nghiên cứu từ hầu hết các thí nghiệm cho thấy rằng giá trị pH của bùn đóng một vai trò quan trọng trong quá trình hoà tan đồng, ở giá trị pH thích hợp trong khoảng 8,5 đến 10,8 các pha mang đồng phản ứng dễ dàng với amoniac trong nước và amoni sunfat (hoặc amoni cacbonat) để hình thành phức đồng bền, $Cu(NH_3)_4^{2+}$, lúc này hiệu quả hòa tách tăng lên đáng kể. Ảnh hưởng của pH đến hiệu quả lọc đồng được minh họa trong Hình 3. Nghiên cứu cho hiệu suất hoà tách kiềm tốt nhất đạt được trong đó hơn 75% Cu được thu hồi ở nồng độ amoniac là 1,0 mol/L, tỷ lệ R/L=1/10, tốc độ khuấy 500 vòng/phút và kích thước hạt xỉ hơn 42 um (Roy và cộng sự 2016). Tuy nhiên, quá trình hoà tách kim loại từ xỉ đồng bằng amoniac cũng có một số nhược điểm như: chi phí sản xuất cao do dung môi dễ bay hơi, gây ô nhiễm môi trường, không thu hồi được sắt.



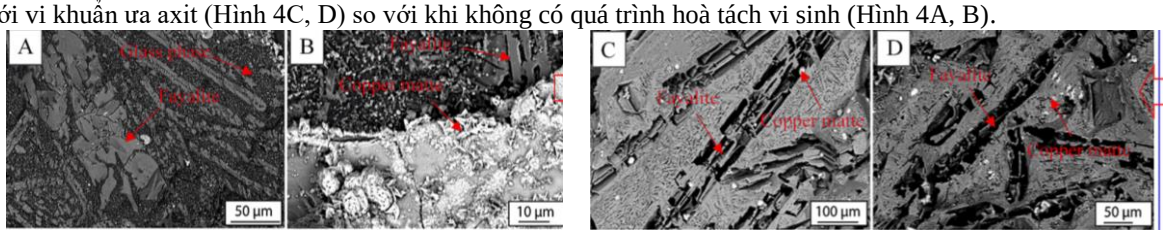
Hình 3. Ảnh hưởng của pH đến quá trình hoà tách kim loại trong xỉ đồng bằng amoniac (Roy và cộng sự,2016)

3.2.2. Hoà tách sinh học

Hoà tách sinh học đã dần trở thành một giải pháp thay thế khả thi cho việc hoà tách hóa chất thông thường để tái chế xỉ đồng. Phương pháp này áp dụng các giải pháp sinh học thay vì hóa chất để hòa tan kim loại trong xỉ đồng và có những ưu điểm như: mức độ ô nhiễm môi trường thấp, chi phí thấp, cũng như khả năng hoà tan kim loại cao). Vì lý do đó, nhiều nghiên cứu trong phòng thí nghiệm đã được thực hiện sử dụng công nghệ hoà tách sinh học trong khai thác các kim loại có giá trị từ xỉ đồng. Tương tác sinh hóa giữa môi trường tạo ra bởi các sinh

vật, vi sinh vật và xỉ đồng cũng đã được nghiên cứu, các thí nghiệm đã chứng minh rằng việc sử dụng vi sinh vật vào quá trình hoà tách có thể đạt được hiệu suất hoà tách Cu trên 90%. Ngoài ra, Co, Ni và Zn, nếu có trong xỉ đồng ban đầu, cũng có thể đồng thời được hoà tách. (Sukla và cộng sự, 1995). Vi khuẩn điển hình được sử dụng để hoà tách sinh học là vi khuẩn ưa axit chủ yếu là acidithiobacillus ferrooxidans và acidithiobacillus thiooxidans (Suzuki, 2001; Lee và Pandey, 2012). Ngoài ra, aspergillusniger, một loại nấm, cũng được áp dụng để hoà tách sinh học kim loại trong xỉ đồng một cách hiệu quả (Sukla, 1992). Các vi sinh vật ưa axit chịu được môi trường với độ pH thậm chí là 0,7, điều này làm cho chúng đặc biệt thích hợp cho quá trình hoà tách sinh học (Erüst và cộng sự, 2013; Watling, 2006).

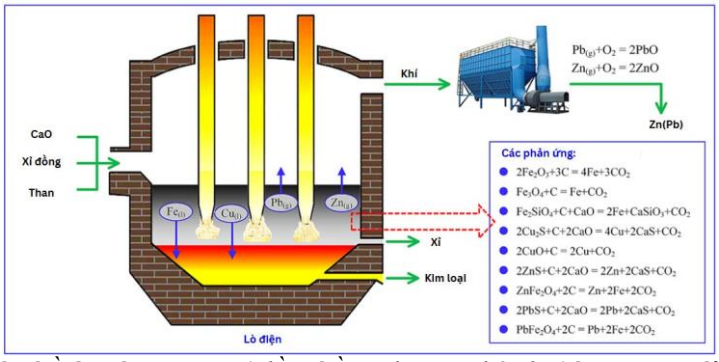
Theo quan sát của kính hiển vi điện tử, fayalit và các pha mang đồng thể hiện sự hòa tan hoàn toàn khi tiếp xúc với vi khuẩn ưa axit (Hình 4C, D) so với khi không có quá trình hoà tách vi sinh (Hình 4A, B).



Hình 4. Cấu trúc các pha của xỉ đồng trước và sau khi hoà tách vi sinh bằng vi khuẩn thiooxidans (Potysz và Kierczak, 2019)

3.3. Hoả luyện

Hoả luyện (nung vật liệu ở nhiệt độ cao sau đó tách nóng chảy) cũng là một phương pháp hiệu quả để tái chế xỉ đồng. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh quy trình này hiệu quả để xử lý xỉ đồng có hàm lượng silic và sắt cao, cũng như xỉ đồng có chứa đồng, kẽm và chì. Sơ đồ quy trình hoả luyện trong lò hồ quang điện được minh họa trong Hình 5. Nguyên liệu bao gồm xỉ đồng nghiền mịn, chất khử (than cốc, than), chất trợ dung (CaO, CaF) được nạp vào lò, tỷ lệ CaO/SiO_2 của hỗn hợp thường nhỏ hơn 0,6, nhiệt độ hoạt động của lò hồ quang điện là 1350-1550°C (Sarfo và cộng sự, 2017b; Heo và cộng sự, 2013). Trong quá trình nóng chảy, các oxit và sunfua kim loại (ví dụ: $FeSiO_4$, Fe_3O_4, Fe_2O_3, Cu_2S, CuO, ZnS, $ZnFe_2O_4$, PbS và $PbFe_2O_4$) trong xỉ đồng thường có thể được khử thành trạng thái kim loại tương ứng của chúng bằng cách thêm chất khử và chất trợ dung. Hiệu quả của quá trình hoả luyện thường bị ảnh hưởng bởi các thông số công nghệ như: thời gian khử, nhiệt độ khử, loại chất trợ dung và hàm lượng cacbon. Nhiều nghiên cứu đã khẳng định tính ưu việt của quy trình hoả luyện để thu hồi kim loại trong xỉ đồng với đặc điểm là quy trình xử lý nhỏ gọn, hiệu quả tái chế cao và ô nhiễm thấp, trong khi nhược điểm của tiêu thụ năng lượng cao và quy mô sản xuất nhỏ.



Hình 5. Sơ đồ thu hồi kim loại trong xỉ đồng bằng phương pháp hoả luyện trong lò hồ quang điện

3.4. Nung - Tuyển vật lý

Mục tiêu của quá trình nung này là chuyển đổi các pha kim loại có trong xỉ đồng thành các dạng mong muốn, dễ dàng tách khỏi xỉ bằng các phương pháp vật lý.

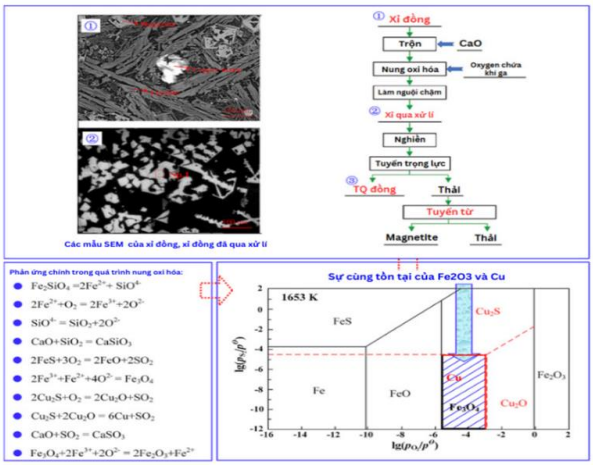
3.4.1. Nung ôxi hoá - tuyển trọng lực- Tuyển từ

Thu hồi sắt và đồng từ xỉ đồng chủ yếu phụ thuộc vào sự chuyển hóa các thành phần sắt không từ tính (fayalit) thành magnetit và pha hợp kim đồng thành đồng kim loại ở môi trường oxy hóa thích hợp. Sau đó, đồng kim loại và magnetit có thể thu được bằng cách nghiền mịn, kết hợp với tuyển trọng lực và tuyển từ như minh hoạ ở Hình 6 (Cao và cộng sự, 2012).

Hình 6 minh họa sơ đồ của quá trình nung oxy hóa tiếp theo là tuyển trọng lực và tuyển từ để xử lý xỉ đồng, tóm tắt các phản ứng hóa học chính của các oxit và sunfua của sắt (đồng) trong giai đoạn nung oxy hóa. Nhiều nghiên cứu đã được tiến hành để cải thiện hiệu suất nung oxy hóa thông qua tối ưu hóa các thông số công nghệ như: tốc độ, áp lực cấp khí oxi, nhiệt độ, thời gian oxy hóa, phụ gia và tốc độ làm nguội xỉ thứ cấp (Liu, 2019b; Lai, 2017; Cao, 2012; Guo, 2017b; Jiang, 2016). Khí oxy thổi vào lò ở tốc độ, áp lực thích hợp có tác dụng như

khuấy, làm giảm độ nhớt của xỉ (độ nhớt của xỉ tăng cao khí có phản ứng chuyển pha fayalit thành magnetit), do đó làm tăng xác suất va chạm của các hạt chứa đồng và magnetit mịn làm cho các hạt đó kết tinh ở kích thước lớn. Bên cạnh đó, việc bổ sung các chất phụ gia như CaO, CaF, Na_2CO_3 và tăng thời gian làm nguội xỉ cũng tạo ra hiệu ứng tương tự. Các chất phụ gia thêm vào quá trình nung cũng làm giảm năng lượng hoạt hóa của Fe_2SiO_4 bị oxy hóa thành Fe_3O_4, cải thiện hiệu suất quá trình nung oxi hóa.

Nung ôxi hoá xỉ đồng cùng 3% CaO và 1% CaF, ở nhiệt độ ở 1380ºC trong 60 phút, tốc độ cấp khí 7 L/phút, tốc độ làm nguội xỉ thứ cấp là 1ºC / phút đến 1200ºC, tạo ra các hạt magnetit và các hạt đồng trong xỉ sau xử lý có kích thước lớn hơn 60 µm, tiếp theo là nghiền và tuyển vật lý với tỷ lệ thu hồi 90,0% Cu và 62,32% Fe (Cao và cộng sự, 2012).



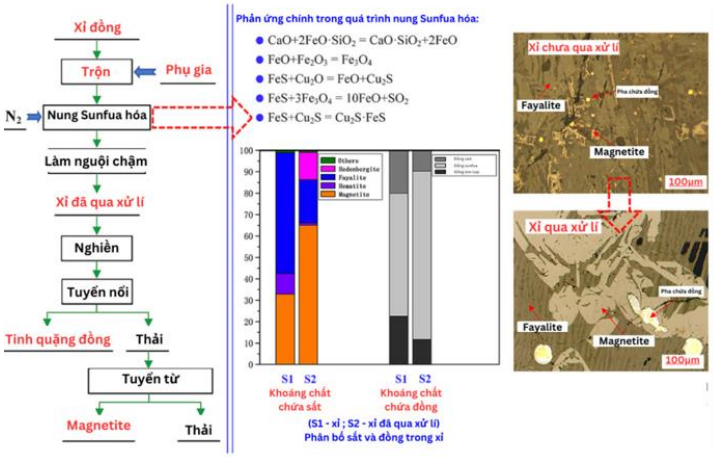
Hình 6. Sơ đồ quá trình nung oxi hoá - tuyển trọng lực- tuyển từ mẫu xỉ đồng

3.4.2. Nung sunfua hoá – Tuyển nổi- Tuyển từ

Quá trình nung sunfua hóa xỉ đồng cùng một số chất trợ dung và phụ gia thích hợp để chuyển Fe_2SiO_4 thành Fe_3O_4, CuO thành CuS, đồng thời làm tăng tính linh động của xỉ nóng chảy, đẩy nhanh quá trình di chuyển, tập hợp và phát triển của pha chứa kim loại trong xỉ, tạo điều kiện cho chúng kết tinh ở kích thước lớn hơn. Ngoài ra, đối với xỉ có chứa nhiều đồng oxit, khi thêm chất phụ gia có chứa sunfua như: FeS, FeS_2 và một chất làm giảm độ nhớt như MnO, sẽ giúp tạo đồng sunfua từ xỉ (Guo và cộng sự, 2018). Quy trình nung sulffua hóa nóng chảy được tóm tắt trong Hình 7.

Ở các điều kiện tối ưu hóa như: Phụ gia (hỗn hợp FeS, Fe_2O_3, MnO) được trộn vào xỉ với tỷ lệ 12%, nung ở nhiệt độ 1350ºC trong thời gian120 phút, tốc độ làm nguội xỉ là 1,5ºC/phút xuống 900ºC, kích thước hạt của magnetit và đồng kim loại trong xỉ biến tính chủ yếu trên 50 µm. Kết quả của các nghiên cứu cho thấy rằng xỉ biến tính mang đi tuyển nổi thu được 72% đồng vào sản phẩm tinh quặng đồng, và 63% Fe vào sản phẩm tinh quặng sắt (Guo và cộng sự, 2016; Guo và cộng sự, 2018).

Từ những điều trên chứng tỏ rằng nung tiếp theo sau là quá trình tuyển vật lý như một kỹ thuật mới cho tái chế Cu và Fe từ xỉ đồng. Tuy nhiên, quá trình này cũng có nhiều nhược điểm, chẳng hạn như quy trình phức tạp, yêu cầu nghiêm ngặt về điều kiện phản ứng, tỷ lệ phụ gia cao, cần được nghiên cứu thêm để giải quyết những nhược điểm nêu trên, tạo điều kiện thuận lợi cho việc áp dụng vào sản xuất công nghiệp quy mô lớn.

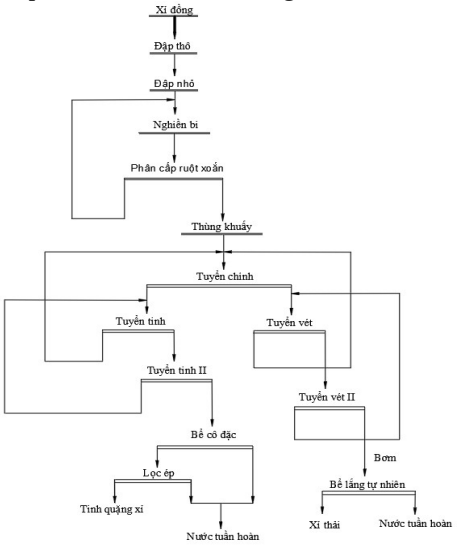


Hình 7. Sơ đồ quá trình nung sunfua hoá - tuyển nổi- tuyển từ mẫu xỉ đồng

4. Công nghệ thu hồi kim loại trong xỉ đồng ở Việt Nam

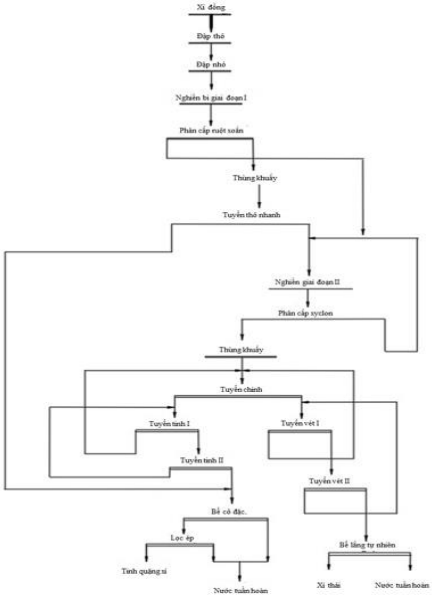
Tại Việt Nam, hai nhà máy Luyện đồng của Tổng công ty khoáng sản - TKV có tổng công suất 30000 tấn đồng kim loại thành phẩm/ năm, tạo ra gần 100000 tấn/năm xỉ đồng. Hai nhà máy trên đang tiến hành thu hồi đồng trong xỉ bằng phương pháp tuyển nổi.

Theo thiết kế, xỉ đồng tại nhà máy luyện đồng I- Lào Cai- Vimico được làm nguội nhanh bằng nước sau đó đưa đến phân xưởng tuyển nổi xỉ đồng có năng suất 33000 tấn xỉ /năm với hàm lượng đồng ban đầu trong xỉ khoảng 3,0%. Sản phẩm tinh quặng theo thiết kế đạt hàm lượng 20-25% Cu, thực thu đạt 88%, được đưa trở lại nấu luyện, sản phẩm đuôi có hàm lượng đồng nhỏ hơn 0,4% được đổ ra bãi thải. Nước thải trong quá trình tuyển được xử lý trước khi quay lại làm nước tuần hoàn. Sơ đồ tuyển nổi xỉ đồng tại nhà máy I được thể hiện trong Hình 8. Các loại thuốc tuyển nổi nhà máy I đang sử dụng bao gồm: thuốc điều chỉnh môi trường CaO; thuốc sunfua hoá Na_2S; thuốc tập hợp butyl xantat; thuốc tạo bọt dầu thông. Kết quả tuyển thực tế của nhà máy: sản phẩm tinh xỉ đồng có hàm lượng 18-20% Cu, sản phẩm đuôi có hàm lượng từ 0,4-0,5% Cu.



Hình 8. Sơ đồ công nghệ xưởng tuyển nổi xỉ đồng – Nhà máy luyện đồng Lào Cai I

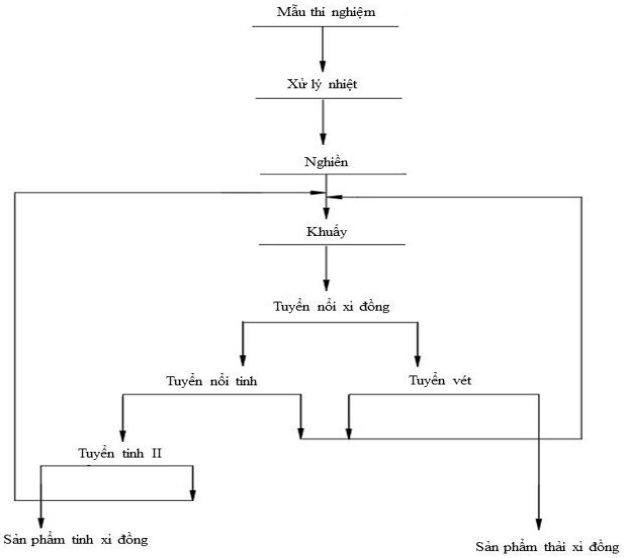
Theo thiết kế, phân xưởng tuyển nổi xỉ đồng tại nhà máy luyện đồng II- VIMICO có quy mô thiết kế là 60000 tấn xỉ/năm, xỉ được làm nguội chậm có hàm lượng đồng trong xỉ khoảng 3%, tinh quặng đồng sau khi tuyển đạt hàm lượng 20-25% Cu được đưa trở lại nấu luyện, thực thu đồng là 90%, đuôi thải có hàm lượng đồng >0,4% đổ ra bãi thải. Sơ đồ tuyển xỉ đồng tại nhà máy 2 được thể hiện trong Hình 9. Các loại thuốc tuyển nổi nhà máy 2 đang dùng cũng tương tự như nhà máy I: thuốc điều chỉnh môi trường CaO; thuốc sunfua hoá Na_2S; thuộc tập hợp butyl xantat; thuốc tạo bọt dầu thông. Kết quả tuyển thực tế của nhà máy: quặng tinh xỉ đồng có hàm lượng từ 18-20% Cu, quặng đuôi có hàm lượng 0,3-0,4% Cu.



Hình 9. Sơ đồ công nghệ xưởng tuyển nổi xỉ đồng – Nhà máy luyện đồng Lào Cai II

Tính đến thời điểm này, không có nhiều báo cáo nghiên cứu thu hồi đồng và các kim loại khác trong xỉ hoả luyện của hai nhà máy luyện đồng Lào Cai I và II do 2 nhà máy mới hoạt động lần lượt các năm 2008 và 2022.

Năm 2011, Viện khoa học và Công nghệ Mỏ - Luyện kim đã thực hiện đề tài "Nghiên cứu tận thu các nguyên tố có ích trong quá trình tuyển và luyện quặng đồng Sin Quyền" với sơ đồ công nghệ tuyển nổi như hình 4 đã thu được tinh quặng xỉ đồng có hàm lượng đạt 21,6%Cu, thực thu đạt trên 90%, các kim loại khác trong xỉ như Fe cũng chưa được nghiên cứu thu hồi trong đề tài này.



Hình 10. Sơ đồ công nghệ tuyển vòng kín mẫu xỉ đồng Lào Cai.

5. Kết luận

Xỉ đồng, một chất thải được tạo ra chủ yếu trong quá trình hoả luyện quặng đồng, là một nguồn tài nguyên thứ cấp quan trọng chứa một số lượng lớn các yếu tố có giá trị như Fe, Cu, Zn, Ni và Co. Các nghiên cứu đã xem xét cơ chế tạo ra, đặc điểm hoá học, vật lý của xỉ đồng và các phương pháp chính để thu hồi kim loại trong xỉ đồng. Các phương pháp được đề xuất để thu hồi kim loại từ xỉ đồng chủ yếu bao gồm: hoả luyện – các phương pháp tuyển (ví dụ: nung oxi hoá - tuyển trọng lực- tuyển từ, nung sufua hoá- tuyển nổi- tuyển từ), hoả luyện, thuỷ luyện (ví dụ: hoà tách hóa học và hoà tách sinh học) và phương pháp tuyển nổi. Phương pháp tuyển nổi tương đối hiệu quả để thu hồi đồng sunfua và đồng kim loại có trong xỉ, tuy nhiên không thu hồi được các kim loại khác còn lại trong xỉ như Fe, Ni, Co, Zn. Phương pháp hoà tách hoá học có thể thu hồi chọn lọc các kim loại, đồng thời có thể loại bỏ các nguyên tố có hại trong xỉ. Tuy nhiên, phương pháp này vẫn có nhược điểm như tiêu thụ nhiều dung môi cũng như gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng. Phương pháp hoà tách sinh học có thể được phát triển thành một giải pháp thay thế khả thi để thu hồi kim loại trong xỉ đồng xỉ đồng và đồng thời giải quyết những nhược điểm của phương pháp hoà tách hóa học truyền thống. Phương pháp hoả luyện kết hợp với các phương pháp tuyển cũng có hiệu quả thu hồi các kim loại trong xỉ đồng. Tuy nhiên, cần nghiên cứu các chất phụ gia để thúc đẩy pha chứa sắt và đồng trong giai đoạn nung tạo thành dạng magnetit và đồng kim loại để tăng cường hiệu quả của các quá trình tuyển vật lý tiếp theo, cải thiện việc thu hồi đồng và sắt.

Tại Việt Nam, xỉ đồng của hai nhà máy luyện đồng I, II- Vimico chứa chủ yếu Cu và Fe với hàm lượng 3-5% Cu; 40-50% Fe. Hiện nay, hai nhà máy này đang sử dụng phương pháp tuyển nổi để thu hồi Cu trong xỉ với thực thu khoảng 90% Cu vào quặng tinh, các kim loại khác (Fe) hiện vẫn chưa có phương án thu hồi.

Mặc dù có nhiều nghiên cứu và ngày càng có nhiều cải tiến trong việc thu hồi kim loại trong xỉ đồng, tuy nhiên lĩnh vực này đòi hỏi nâng cao hơn nữa hiệu quả thu hồi kim loại có ích, loại bỏ và cố định các yếu tố có hại, sử dụng hiệu quả xỉ thứ cấp đã được làm sạch, đây được coi là mục đích để phát triển bền vững các quy trình luyện đồng và xử lý xỉ đồng.

Tài liệu tham khảo

Nguyễn Bơi, 1998, *Giáo trình Tuyển nổi*. Nhà xuất bản Giao thông vận tải

Nguyễn Văn Định, 2011, Nghiên cứu tận thu các nguyên tố có ich trong quá trình tuyển và luyện quặng đồng Sin Quyền*", Viện Khoa học và công nghệ Mỏ - Luyện kim.*

Tổng công ty khoáng sản- VINACOMIN, *Thuyết minh thiết kế cơ sở: Dự án đầu tư xây dựng mở rộng nâng công suất nhà máy luyện đồng Lào Cai.*

Tổng công ty khoáng sản - TKV, 2021, *Quy trình công nghệ tuyển nổi xỉ đồng*.

Altundoga và các cộng sự, 2004. A study on sulphuric acid leaching of copper converter slag in the presence of dichromate. *Miner. Eng. 17, 465-467.*

Álvarez- Valero và cộng sự, 2009. Prediction of the environmental impact of modern slags: a petrological and chemical comparative study with Roman age slags. *Mineral. 94, 1417-1427.*

Baghalha và cộng sự, 2007. Factors affecting the leachability of Ni/Co/Cu slags at high temperature. *Hydrometallurgy. 85, 42-52.*

Bruckard, W.J., Somerville, M., Hao, F., 2004. The recovery of copper, by flotation, from calcium-ferrite-based slags made in continuous pilot plant smelting trials. *Min*er. *Eng*. 17, 495–504

Banda và cộng sự, 2002. The role of slag modifiers on the selective recovery of cobalt and copper from waste smelter slag. *Miner. Eng. 15, 899-907.*

Ettler và cộng sự, 2009. Mineralogy and environmental stability of slags from Tsumeb smelter. *Geochem. 24, 1-15.*

Fan và cộng sự, 2015. Crystallization behavior of copper smelter slag studied using time- temperature-transformation diagram. *Mater. Trans. 55, 958-963.*

Gbor và các cộng sự, 2000. Characterization of smelter slags. *J. Environ. Sci. Health. A35, 147-167.*

Guo và các cộng sự, 2017a. Copper slag treatment and comprehensive utilization. *Nonferrous Met. 38, 23- 26.*

Guo và các cộng sự, 2016. Improving beneficiation of copper and iron from copper slag by modifying the molten copper slag. *Metals 6, 86- 102*.

Guo và các cộng sự, 2018c. Industrial tests to modify molten copper slag for improvement of copper recovery. *JOM 70, 533-538.*

Kierczak và các cộng sự, 2013. Environmental impact of the historical Cu smelting in the Rudawy Janowickie Mountains. J. Geochem. *Explor. 124, 124- 127.*

Lai, X.S., Huang, H.J., 2017. Current status of the comprehensive utilization technology of copper slag. *Met. Min*. 497, 205–208 (in Chinese).

Roy, S., Datta, A., Rehani, S., 2015. Flotation of copper sulphide from copper smelter slag using multiple collectors and their mixtures. *Int. J. Miner. Process*. 143, 43–49.

Sarrafi, A., Rahmati, B., Hassani, H.R., Shirazi, H.H.A., 2004. Recovery of copper from reverberatory furnace slag by flotation. *Miner. Eng*. 17, 457–459.

Shi, Y., Li, B., Dai, G.P., Zhou, S.W., Wang, H., Wei, Y.G., 2019. Effect of calcium borate on sedimentation of copper inclusions in copper slag. *Chin. J. Process Eng*. 19, 553–559 (in Chinese).

Sun, W., Liu, J.Y., He, Z., Zhou, B.Z., 2019. "Study on flotation of copper slag". *Multipurp. Util. Miner. Resour*. 2, 112–114 (in Chinese)

Ted Nuorivaara, Anna Klementtinen, Rodrigo, 2022. Improving the flotation recovery of Cu from flash smelting slags by utilizing cellulose- base frother formulations. *Miner Eng*.

Zoran M. Stirbanovic and Zoran S. Markovic, 2011.The effect of Copper Bearing Particles Liberation. *Miner Eng*.

ABSTRACT

Technology of recovery of metals from copper slags in the world and Vietnam

Vu Thi Chinh[1,2], Nhu Thi Kim Dung[1,2], Pham Thi Nhung[1,2]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

[2]*Research Group Advanced Technologies in Mineral Processing and Recycling (MinPro)*

Slag copper is a by-product of the copper smelting process, with about 2 to 3 tons of slag copper generated for every 1 ton of refined copper. In 2023, global copper production reached nearly 22 million tons, leading to approximately 70 million tons of slag copper. This material contains significant amounts of Cu and Fe, with some concentrations even exceeding those found in natural ore deposits. Additionally, it contains other metals like Zn, Mg, Al, Ni, Co, and Cr. As such, slag copper is regarded as a valuable secondary resource, holding large quantities of high-concentration metals that should be recovered. This paper outlines the formation and characteristics of slag copper and presents recent advancements in methods for recovering metals from slag copper both globally and in Vietnam.

Keywords: copper slag; smelting; leaching; flotation

Sử dụng hỗn hợp thuốc tập hợp trong tuyển nổi quặng đồng sunfua

Nhữ Thị Kim Dung[1,2,*], Vũ Thị Chinh[1,2], Phạm Thị Nhung[1,2], Lê Việt Hà[1,2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm nghiên cứu Công nghệ tiên tiến trong Chế biến khoáng sản và Tái chế (MinPro)*

TÓM TẮT

Trong công nghệ các nhà máy tuyển đồng trên thế giới thường áp dụng chế độ sử dụng hỗn hợp thuốc tập hợp, thuốc đè chìm. Xantat thường là thuốc tập hợp chính và thuốc tập hợp phụ bao gồm nhiều chủng loại khác nhau như ditiophosphat, xantogen format, thionocarbamat, xanthic ester và mercaptobenzothiazole. Các polyme hữu cơ, cụ thể là dextrin, đã được sử dụng ở một số nhà máy như một loại thuốc đè chìm pyrite/pyrrhotite trong quá trình tuyển nổi đồng. Trong một số quặng đồng chứa đất đá ky nước (talc, chlorite), đè chìm talc trong quá trình tuyển nổi đồng đã đạt được một cách hiệu quả khi sử dụng carboxymethylcellulose (CMC). Thủy tinh lỏng cũng là thuốc đè chìm thạch anh hiệu quả khi tuyển nổi quặng đồng sunfua. Nội dung báo cáo trình bày các loại thuốc tập hợp, thuốc đè chìm và cách thức sử dụng phối hợp các loại thuốc tập hợp trong tuyển nổi quặng đồng sunfua nói chung. Báo cáo cũng trình bày một số kết quả nghiên cứu tuyển nổi mẫu quặng đồng Tả Phời - Lào Cai khi sử dụng hỗn hợp thuốc tập hợp xantat, ditiophosphat và AP2; sử dụng hỗn hợp thuốc đè chìm thủy tinh lỏng và dextrin. Kết quả nghiên cứu cho thấy, từ quặng đầu có hàm lượng 0,8% Cu thu được quặng tinh đạt hàm lượng trên 23% Cu, thực thu trên 91%.

Từ khóa: hỗn hợp thuốc tập hợp; thuốc đè chìm; tuyển nổi; quặng tinh

1. Đặt vấn đề

Thuốc tuyển nổi là hóa chất được sử dụng nhằm thay đổi có định hướng tính ưa, kị nước của bề mặt hạt khoáng cũng như các điều kiện khác nhằm đảm bảo cho quá trình tuyển nổi diễn ra với hiệu suất cao và với tính chọn riêng cao. Thuốc tuyển nổi có thành phần rất đa dạng: có thể bao gồm những hợp chất vô cơ và hữu cơ, có thể là các axit và kiềm, các loại muối, những chất có thể tan hoặc không tan trong nước. Theo mục đích sử dụng, có các loại thuốc tuyển nổi: thuốc tập hợp, thuốc kích động, thuốc đè chìm, thuốc điều chỉnh môi trường và thuốc tạo bọt (Nguyễn Bơi, 1998; Bulatovic, 2007).

Thuốc tập hợp là hợp chất hữu cơ tác dụng một cách chọn lọc lên bề mặt những hạt khoáng vật nhất định và làm cho bề mặt đó có tính kị nước. Thuốc tập hợp tác dụng tập trung trên bề mặt phân chia pha khoáng vật - nước, do đó làm kị nước bề mặt hạt khoáng vật và đảm bảo khả năng bám dính cần thiết của nó vào bóng khí để cùng nổi lên. Hỗn hợp các thuốc tập hợp đã được sử dụng rộng rãi nhiều năm trong tuyển nổi quặng sunfua và đạt hiệu quả tuyển cao. Sự kết hợp của các loại thuốc tập hợp rất đa dạng, cũng như các tỷ lệ khác nhau giữa chúng đã được sử dụng. Hiệu quả tuyển được cải thiện là do khả năng vận chuyển của giai đoạn tạo bọt tăng lên, động học nhanh hơn và khả năng thu hồi tốt hơn các hạt cỡ trung bình hoặc thô. Chính sự tương tác giữa các thành phần khác nhau của hệ thống hỗn hợp thuốc tập hợp, chứ không phải là các tác động chính riêng lẻ, sẽ ảnh hưởng đến hiệu quả tuyển. Kết quả của quy trình bao gồm tăng tỷ lệ thu hồi và hàm lượng trong khi chi phí thuốc tuyển thấp hơn. Nhiều cơ chế khác nhau đã được báo cáo và đang thảo luận. Những cơ chế này đã được chứng minh là ảnh hưởng đến thành phần/loại giải phóng và kích thước khác nhau của các hạt khoáng vật. Trong những năm gần đây, công nghệ phân tích bề mặt và định lượng khoáng vật tự động như ToF-SIMS đã cho phép giải thích rõ hơn khía cạnh nào của quá trình đã bị ảnh hưởng. Việc lựa chọn loại hỗn hợp thuốc tập hợp hiện dựa trên kinh nghiệm và kiến thức thực tế. Hiện nay, sự kết hợp tối ưu tốt nhất nên được xác định bằng thực nghiệm ở quy mô phòng thí nghiệm trước khi thử nghiệm thực tế. Thử nghiệm trong phòng thí nghiệm nên được thực hiện bằng cách có sử dụng các biện pháp kiểm soát chất lượng, chẳng hạn như có thể được thực hiện từ thử nghiệm tuyển nổi có độ tin cậy cao (D.J. Bradshaw et al, 1998; N.O. Lotter et al, 2010). Mục đích của bài báo này là tóm tắt và xem xét lý thuyết và thực tiễn hiện tại về việc sử dụng hỗn hợp thuốc tập hợp trong tuyển nổi quặng sunfua cả trong ứng dụng và nghiên cứu. Một nghiên cứu điển hình chứng minh phương pháp này là sử dụng hỗn hợp thuốc

* *Tác giả liên hệ*
Email: nhuthikimdung@humg.edu.vn

tập hợp, hỗn hợp thuốc đè chìm trong tuyển nổi quặng đồng sunfua thuộc Nhà máy tuyển đồng Tả Phời - Lào Cai.

2. Vai trò, chức năng của thuốc tập hợp (TTH) và thuốc đè chìm

Vai trò chức năng chủ yếu của các TTH là tạo ra tính kỵ nước bằng cách hấp phụ lên khoáng vật mong muốn nổi và do đó chúng tập trung ở bề mặt tiếp xúc khoáng vật-nước. TTH là các phân tử dị cực chứa chuỗi hydrocarbon không phân cực, làm cho hạt khoáng vật kỵ nước và một nhóm phân cực tương tác với bề mặt khoáng vật.

Các phân tử TTH có thể được chia thành ba loại, bao gồm: loại không ion, phần lớn không hòa tan và được sử dụng trong tuyển nổi than và than chì; loại cation thường là muối amin và được sử dụng để tuyển nổi silicat và sunfua trong điều kiện kiềm; và loại anion được sử dụng để làm nổi các khoáng vật cơ bản như oxit kim loại và sunfua. Axit béo được sử dụng để tuyển nổi các khoáng vật không chứa sunfua như apatit, canxit, fenspat và hematit. Sulphonat và sunfat được sử dụng cho apatit vì đặc tính tạo bọt của chúng hạn chế tác dụng của chúng đối với các hệ thống khác. Các TTH sulphydryl hoặc thiol được sử dụng để tuyển nổi các khoáng vật sunfua và trong số này xantat được phát hiện lần đầu tiên vào năm 1925, vẫn được sử dụng rộng rãi nhất (Nguyễn Bơi, 1998; Bulatovic, 2007).

Cơ chế liên kết khoáng vật-TTH phụ thuộc vào loại TTH cũng như tính chất và điện tích của bề mặt khoáng vật và có thể xảy ra thông qua quá trình hấp phụ vật lý hoặc liên kết hóa học. Có một số phương thức tương tác hóa học của TTH với bề mặt khoáng vật. Trong trường hợp hấp phụ vật lý, TTH không tương tác với bề mặt khoáng vật. Các liên kết là vô định hình và năng lượng hấp phụ tự do Gibbs tương đối thấp. Trong trường hợp hấp phụ hóa học, TTH tương tác với bề mặt khoáng vật mà không có sự di chuyển của các ion kim loại khỏi vị trí mạng tinh thể của chúng và thường bị hạn chế ở phạm vi bao phủ một lớp. Các phản ứng hóa học bề mặt đi kèm với sự chuyển động của các ion kim loại từ các vị trí mạng tinh thể của chúng và có thể hình thành nhiều lớp. Nếu phản ứng như vậy xảy ra trong dung dịch bùn thì bề mặt kỵ nước sẽ chỉ được hình thành nếu có lượng hấp phụ lớn trên bề mặt khoáng vật.

Khoáng vật sunfua là chất bán dẫn và có thể phản ứng điện hóa với TTH thiol theo mô hình thế năng hỗn hợp. Điều này liên quan đến quá trình khử oxy ở ca tốt và quá trình oxy hóa a nốt của các TTH. Thế năng điện hóa của hệ thống và nhiệt động lực học của các phản ứng tương ứng quyết định bản chất của các sản phẩm bề mặt. Tùy thuộc vào bản chất của các sản phẩm bề mặt được hình thành, TTH có thể được hấp phụ vật lý, chẳng hạn như trong trường hợp dithiolate trung tính, hoặc hấp phụ hóa học, chẳng hạn như trong trường hợp thiolate kim loại. Đương nhiên, khi sử dụng hỗn hợp các TTH, sự kết hợp của các cơ chế và sản phẩm này có thể xảy ra, dẫn đến hiệu suất tuyển nổi được nâng cao.

Vai trò của thuốc đè chìm là làm giảm sự tác dụng của TTH lên đất đá không mong muốn nổi, bao gồm các khoáng vật talc hoặc các khoáng vật oxit khác. Các ví dụ điển hình bao gồm muối vô cơ, như natri silicat, natri sunfit hoặc muối hữu cơ, như dextrin và các dẫn xuất tinh bột, carboxymethylcellulose. Quá trình đè chìm đạt được bằng cách tăng cường tính chất ưa nước của bề mặt đất đá, bằng cách ngăn cản sự hình thành lớp kỵ nước hoặc bằng cách phủ các slam không mong muốn lên bề mặt khoáng vật. Các cơ chế đè chìm cũng có thể bao gồm sự hình thành các hạt keo lớn và sự tạo phức của TTH trong dung dịch.

3. Sử dụng hỗn hợp thuốc tập hợp

3.1. Cơ chế hỗn hợp

Việc sử dụng hỗn hợp TTH đã được công nhận từ lâu trong thực tế nhà máy tuyển và đã được chứng minh là nâng cao hiệu quả tuyển nổi. Những kết quả này đã đạt được đối với nhiều loại hỗn hợp TTH (anion, cation và không ion) và bao gồm yêu cầu chi phí thấp hơn, độ chọn lọc được cải thiện, tốc độ và mức độ thu hồi cũng như tăng khả năng thu hồi các hạt thô. Trong nhiều trường hợp, tỷ lệ tối ưu của các TTH thành phần đã được chứng minh là tồn tại. Dithiophosphate là một loại TTH thiol được sử dụng rộng rãi trong các loại hỗn hợp (D.J. Bradshaw et al, 1998; N.O. Lotter et al, 2010; Longhua Xu et al, 2017).

Khi sử dụng hỗn hợp các TTH, cho thấy mức độ hấp phụ lớn hơn trên bề mặt khoáng vật. Điều này có thể tăng cường tính kỵ nước tổng thể của bề mặt khoáng vật hoặc tạo ra lớp bề mặt hấp phụ của các phân tử TTH phù hợp hơn cho các tương tác thuốc tạo bọt-TTH. Tính kỵ nước khoáng vật tăng lên có thể là kết quả của sự hình thành các dạng bề mặt phân bố đồng đều hơn. Ví dụ, sự thay đổi tính kỵ nước có thể được đo bằng những thay đổi về góc tiếp xúc, tỷ trọng bóng khí và cuối cùng là mức độ thu hồi trong các thử nghiệm tuyển nổi gián đoạn. Đối với một số hệ thống nhất định, khi hỗn hợp các TTH được tiếp xúc tuần tự với một bề mặt mà theo định nghĩa phải có sự phân bố không đồng nhất của các vị trí khác nhau về mặt năng lượng, thì TTH yếu hơn sẽ hấp phụ ưu tiên trên các vị trí dễ hấp phụ và TTH mạnh được thêm vào sau đó sẽ hấp phụ trên các vị trí khó hấp phụ hơn. Bằng cách này, càng nhiều vị trí được sử dụng để hấp phụ càng tốt, do đó tăng cường tính kỵ nước. Việc bổ sung một TTH đơn lẻ chỉ có thể dẫn đến sự hấp phụ trên các vị trí hấp phụ dễ, tạo thành vùng phủ không đồng đều và do đó khả năng hấp phụ kém tối ưu hơn.

Hiệu ứng như vậy có thể không được quan sát thấy nếu các TTH được trộn trước trước khi thêm vào, do đó tác dụng đồng vận có thể phụ thuộc vào trình tự thêm vào, cũng như phụ thuộc vào sự hiện diện của hỗn hợp (D.J. Bradshaw et al, 1998; N.O. Lotter et al, 2010; Longhua Xu et al, 2017).

Hàm lượng của quặng tinh phần lớn phụ thuộc vào chức năng của thuốc đè chìm được sử dụng và ảnh hưởng đến đặc tính của vùng tạo bọt. Sự hiện diện của chất rắn kỵ nước trong giai đoạn tạo bọt sẽ làm mất ổn định bọt và dẫn đến cải thiện khả năng thoát nước và do đó tăng tính chọn lọc và hàm lượng. Sự có mặt của các khoáng vật ưa nước hoặc chỉ kỵ nước nhẹ có thể ổn định vùng tạo bọt và do đó làm giảm hàm lượng quặng tinh đạt được. Việc sử dụng kết hợp các TTH tạo ra cả sản phẩm bề mặt được hấp phụ vật lý và hấp phụ hóa học cũng có thể ảnh hưởng đến cấu trúc bọt và ảnh hưởng đến hàm lượng quặng tinh cuối cùng đạt được. Các nghiên cứu cho thấy hiệu quả tuyển được tăng cường khi sử dụng TTH mạnh không có đặc tính tạo bọt với TTH yếu hơn có đặc tính tạo bọt. TTH trước làm tăng khả năng thu hồi hạt thô và TTH sau tăng khả năng thu hồi hạt mịn. Tuy nhiên, đây không phải là hiệu ứng đồng vận thực sự vì hiệu ứng kết hợp là tổng của các hiệu ứng riêng lẻ.

Từ việc xem xét các cơ chế ở trên, rõ ràng bất kỳ TTH đơn lẻ nào cũng sẽ không hấp phụ đầy đủ lên bề mặt các khoáng vật sunfua trong quặng đa kim sunfua. Có khả năng là các hỗn hợp TTH được thiết kế tốt có thể hấp phụ thành công hơn toàn bộ phạm vi bề mặt khoáng vật sunfua. Ngoài ra, nếu một số khoáng vật sunfua nhất định như pyrit hoặc pyrrhotite đặc biệt quan trọng đối với việc thu hồi kim loại do dung dịch rắn chứa các kim loại quý như vàng hoặc bạch kim, thì có thể dễ dàng xây dựng cơ chế xúc tác sản xuất dixanthogen bằng dithiocarbamate . Ngược lại, nếu pyrit hoặc pyrrhotite là những khoáng vật không mong muốn thu hồi trong quy trình tuyển thì hệ thống hỗn hợp TTH có thể được tạo thành phù hợp để loại bỏ các sunfua này.

Hỗn hợpTTH trong tuyển nổi bọt không phải là một khái niệm mới. Thử nghiệm được báo cáo bởi Glembotskii (Glembotskii, A.A., 1958) cho thấy rằng khi một TTH yếu hơn được thêm vào một TTH mạnh hơn, hỗn hợp mang lại mức tăng thu hồi 2 - 5% so với hệ thống TTH mạnh duy nhất. Glembotskii giải thích rằng hiệu suất ổn định tốt hơn của các hỗn hợp TTH là do hiệu ứng tổng hợp được tạo ra giữa hai TTH khác nhau. Tác giả cho rằng sự khác biệt về cấu trúc và thành phần càng lớn thì hiệu ứng tổng hợp càng lớn. Tác dụng này rõ rệt hơn ở chi phí thấp hơn.

Tác dụng của việc sử dụng hỗn hợp các TTH thay cho các TTH đơn lẻ trong các thử nghiệm tuyển nổi thể hiện ở các khía cạnh sau: cải thiện tốc độ tuyển nổi; cải thiện việc thu hồi cỡ hạt thô; giảm chi phí yêu cầu; kết quả tốt nhất thu được ở tỷ lệ thành phần tối ưu.

Các dạng hỗn hợp TTH:

a/ Các thuốc tập hợp có cùng một nhóm chức nhưng với chiều dài hydrocacbon khác nhau;

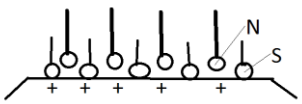
b/ Sử dụng thuốc tập hợp không cực với thuốc tập hợp dị cực;

c/ Kết hợp giữa thuốc tập hợp cation với thuốc tập hợp anion;

d/ Kết hợp giữa một thuốc mạnh với một thuốc yếu.

3.2. Một số ví dụ điển hình

Một số ví dụ điển hình được chỉ ra dưới đây cho thấy tác dụng của việc sử dụng hỗn hợp TTH (Nguyễn Bơi, 1998).

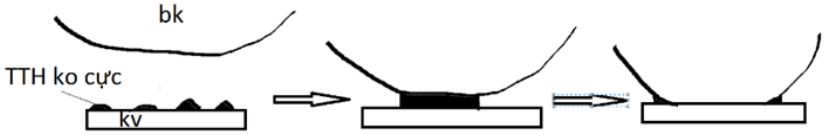


N - ion trimetylamonium bromit
S - ion xantogenat

Hình 1. Hỗn hợp TTH amin và xantogenat

Khi sử dụng đồng thời amin và xantogenat (Hình 1), axit cacbon và amin tạo sự hấp phụ bổ sung trong màng thuốc tập hợp, hình thành màng hấp phụ hỗn hợp đặc biệt ổn định được hình thành.

Các thuốc tập hợp không cực hỗn hợp với thuốc tập hợp dị cực (Hình 2) sử dụng tốt cho tuyển nổi quặng sunfua cũng như oxit, do sự tạo thành vành đai dầu của các chất hydrocacbon không cực. Các thuốc tập hợp không cực bám dính dưới dạng giọt nhỏ, dạng thấu kính trên bề mặt khoáng vật đã được làm kỵ nước bằng thuốc tập hợp dị cực. Khi khoáng vật tiến đến tiếp xúc, tương tác với bọt khí và dính vào nhau, các giọt dầu nhỏ chảy lan ra tạo thành một màng mỏng giữa bóng khí và khoáng vật (chiều dày <3μm), nghĩa là tạo thành một vành đai dầu dọc theo đường tiếp xúc 3 pha, trong dầu xuất hiện áp lực mao dẫn, có nghĩa là dầu bị đẩy khỏi pha nước, kết quả làm cho bề mặt ranh giới tiếp xúc với nước giảm.



Hình 2. Hỗn hợp TTH không cực và dị cực

bk: bóng khí; TTH ko cực: thuốc tập hợp không cực; kv: khoáng vật

Khi tuyển nổi bằng các hỗn hợp từ xà phòng axit béo và amin không có hiện tượng phá vỡ bọt, quá trình tuyển nổi đạt kết quả tốt. Tuyển nổi apatit bằng hỗn hợp amin và axit cacbon, lượng hấp phụ amin tăng. Khi cho thêm một ít chất hoạt tính bề mặt cation vào chất hoạt tính bề mặt anion làm tăng lượng hấp phụ của các anion trên graphit.

Hiệu suất tuyển nổi tăng cao đã được quan sát thấy ở các thử nghiệm tuyển nổi quặng pyrit hàm lượng thấp sử dụng TTH thiol ở pH = 4. TTH được thử nghiệm là kali n-butyl xantat (PNBX) và alkyl dithiocarbamate (DTC). Hiệu suất được phân tích bằng cách sử dụng dữ liệu thực thu - hàm lượng cũng tốt như thu hồi nước và rắn và tỷ lệ thu hồi lưu huỳnh. Bề mặt bọt được phân tích bằng hình ảnh kỹ thuật số. Trong tất cả các thí nghiệm, tổng nồng độ mol của TTH là không đổi.

Kết quả tuyển nổi cho thấy:

- Quặng tinh lưu huỳnh có mức độ thu hồi là 80%,
- Hàm lượng lưu huỳnh là 25%
- và việc thu hồi nước, tất cả đều phụ thuộc vào tỷ lệ mol của các thành phần.

Rõ ràng là hàm lượng và thực thu lớn hơn mong đợi do hiệu ứng cộng tuyến tính đơn thuần và cùng được tăng cường. Rõ ràng là TTH thuần túy có thể không thể hiện tính tuyến tính đối với chi phí nhưng trong trường hợp hiện tại, chi phí là tối thiểu. Tuy nhiên, sự thay đổi giá trị thu hồi nước tỷ lệ tuyến tính với số mol của các thành phần và rõ ràng tác động đồng vận chỉ ảnh hưởng đến hành vi của các hạt rắn. Phân tích hình ảnh kỹ thuật số của bọt cho thấy rằng khi sử dụng hỗn hợp TTH, bọt sẽ linh động hơn và kích thước bề mặt bóng khí lớn hơn. Điều này có thể là do sự tương tác giữa thuốc tạo bọt - TTH, làm giảm độ ổn định của bọt, tăng khả năng thoát nước của vật liệu bị cuốn theo và tăng hàm lượng quặng tinh thu được.

4. Thuốc tập hợp tuyển quặng đồng sunfua

Trong công nghệ các nhà máy tuyển đồng trên thế giới thường áp dụng chế độ sử dụng hỗn hợp thuốc tập hợp. Xantat thường là thuốc tập hợp chính và thuốc tập hợp phụ bao gồm nhiều chủng loại khác nhau như ditiophosphat, xantogen format, thionocarbamat, xanthic ester và mercaptobenzothiazole. Bảng 1 dưới đây trình bày một số chế độ thuốc tập hợp điển hình cho quặng đồng sunfua. Bảng 2 trình bày chế độ thuốc tuyển của một số nhà máy tuyển đồng trên thế giới.

Bảng 1. Chế độ thuốc tập hợp đối với quặng đồng sunfua tương ứng với thành phần khoáng vật (Bulatovic, 2007)

Hỗn hợp thuốc tập hợp	Các khoáng vật đồng và molipden	Thành phần khoáng vật đá
PAX, thionocarbamat, dầu DO	Chancopirit, molipdenit	Arkose, silicat, đá vôi
KEX, dithiophosphat	Chancopirit, bornit	Thạch anh, fenspat, manhetit
PAX, mercaptan	Chancopirit, bornit	Thạch anh, calcite, chlorite
KAX, SIPX, dầu DO	Chancopirit, molipdenit	Thạch anh, diorit, fenspat, biotit
PAX, xanthogen formate	Chancopirit, chankozin, bornit	Thạch anh, aluminosilicat phức hợp
Thionocarbamat, dithiophosphat	Chancopirit, chankozin, covelin	Fenspat, silicat
PIBX, dithiophosphat	Bornit, chankozin	Silicat
PAX, dầu DO, thionocarbamat	Chankozin, molipdenit, chancopirit	Andesit, diorit
Dithiophosphat, mercaptan, dầu DO	Chankozin, molipdenit	

Bảng 2. Chế độ thuốc tuyển một số nhà máy tuyển đồng trên thế giới (Bulatovic, 2007)

Nhà máy tuyển	Thuốc tập hợp	Thuốc tạo bọt	pH	
			Tuyển chính	Tuyển tinh
Canada				
Gibraltar	Dithiophosphat, PAX	MIBC	10,5	10,5
Lornex	PAX, dithiophosphat, dầu DO	Dầu thông	11,1	11,1
Gaspe	PAX, xanthogen formulat, dầu DO	Dầu thông	9,5	9,5
Island Copper	SIBX	Dow 1012	11,5	11,5

Nhà máy tuyển	Thuốc tập hợp	Thuốc tạo bọt	pH	
			Tuyển chính	Tuyển tinh
Brenda	SIBX, xanthic ester	MIBC	10,0	10,0
Granisle Copper	PAX, xanthic ester	Dow 250	10,5	10,5
Mỹ				
Utah Copper	Dithiophosphat, dầu DO	Dow 250/MIBC	8,5	8,5
Sierrita	SIPX, xanthic ester, dầu DO	MIBC	9,5	9,5
San Manuel	Xanthogen formulat,	MIBC	10,5	10,5
Morency	Thionocarbamat	Dow 250/MIBC	10,5	10,5
Butte	Thionocarbamat	Dầu thông/MIBC	10,5	11,0
Pima	SAX, dầu DO	MIBC/Dow 1012	11,5	11,5
Pinto Valle	NIBX, dithiophosphat	MIBC	11,5	11,5
Twin Butte	NIBX, dithiophosphat	X31/MIBC	11,0	11,5
Mineral P	Thionocarbamat, xanthic ester	MIBC	11,5	11,5
Bagdad	PAX, dầu DO	Dầu thông/MIBC	11,5	11,5
Peru và Chi lê				
South Copper (P)	SIPX, dithiophosphat	Dầu thông	11,5	11,5
El Salvador (C)	PAX, thionocarbamat	Teefloth/Dầu thông	10,8	10,8
Escondida (C)	SIPX, mercaptan, xanthic ester	MIBC/Dầu thông/Dow 1020	10,5	10,5
Disputada (C)	Dithiophosphat	Dow 250	10,0	10,0
El Cobre (C)	Dithiophosphat, mercaptan, PAX	MIBC/ Dow 250	10,0	10,0
El Teniente (C)				
Sewell	Xanthogen formulat, dầu DO	Dow 250	4,0	4,0
Colon	Xanthic ester, dầu DO	Dow 250	11,0	11,0
Andina (C)	Thionocarbamat, dầu DO	MIBC/ Dow 250	9,0	9,0
Chaluahuasi (C)	SIPX, thionocarbamat	Dầu thông/ Dow 250	10,5	10,5
Vành đai Thái Bình Dương và Australia				
Acadia Hills	PAX, dithiophosphat	MIBC	10,0	10,0
Mount Isa Copper	PAX, dithiophosphat	MIBC	10,0	10,0
Dos Altos	KEX, dithiophosphat	41G	9,0	9,0
Philex	PAX, dithiophosphat, thionocarbamat	MIBC	8,5	8,5
Lepanto	Dithiophosphat, xanthogen formulat	MIBC	5,6	5,6
Stonino	NIBX	MIBC	8,5	8,5
Mar Copper	NIBX, thionocarbamat	MIBC	9,0	9,0
Nga				
Balkashi	SIPX, dầu DO	Tương đương Dow 250 hoặc Dow 1012	11,5	11,5
Bozchshakul	SIPX, dầu DO	MIBC	11,5	11,5
Almalyk	Hỗn hợp KEX, PAX, dầu DO nhũ hóa	Dầu thông	9,5	9,5
Kadzharan	Hỗn hợp KEX/PAX, dầu DO	Dầu thông	10,0	10,0
Agarak	PAX	Tương đương Dow 250 hoặc Dow	9,0	9,0

Nhà máy tuyển	Thuốc tập hợp	Thuốc tạo bọt	pH	
			Tuyển chính	Tuyển tinh
		1012		
Koundorskoie	KEX, xanthogen formulat	Tương đương Dow 250 hoặc Dow 1012	12,0	12,0
Châu Âu				
Majdaupek, Nam Tư	PAX, dithiophosphat	MIBC	10,5	10,5
Krivelj Bor, Nam Tư	KEX, thionocarbamat, kresol	Dow 250	11,0	11,0
Medet, Bulgaria	Hỗn hợp KEX/SIPX, dầu DO	Dầu thông	10,0	10,0
Châu Phi				
Mufulira ZCCM	SSBX, mercaptan	Sencol 1200	10,8	10,8
Palabora, Nam Phi	SIBX, thionocarbamat	TEB	7,5	7,5
Kamoto, Congo	SNBX, dithiophosphat	TEB	7,5	7,5

5. Kết quả thử nghiệm với mẫu quặng đồng Tả Phời - Lào Cai

5.1. Mẫu công nghệ

Kết quả nghiên cứu thành phần vật chất mẫu quặng đồng Tả Phời - Lào Cai cho thấy, loại hình quặng thuộc quặng đồng sunfua, các khoáng vật chứa đồng chủ yếu là các khoáng vật sunfua. Trong mẫu quặng có một lượng nhỏ khoáng vật đồng oxit (malachit, azurit), ảnh hưởng đến kết quả tuyển nổi đồng, làm giảm tỷ lệ thu hồi đồng. Để xử lý các khoáng vật oxit đồng có thể dùng quá trình sunfua hóa. Độ xâm nhiễm các khoáng vật chứa đồng trong quặng từ 0,1 - 0,5 mm, tương tự như quặng đồng Sin Quyền, Vi Kẽm, nên phương pháp thu hồi chủ yếu là tuyển nổi (Nhữ Thị Kim Dung và nnk, 2022).

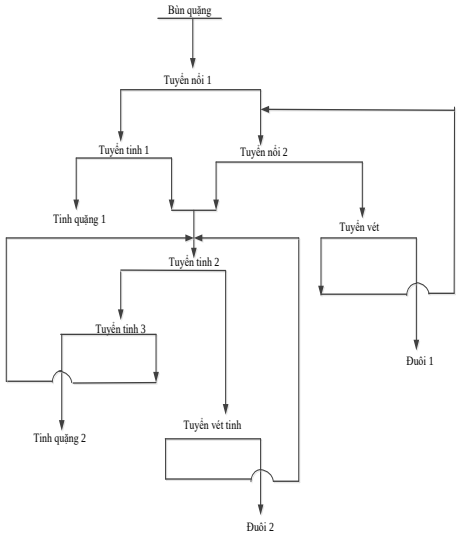
Hàm lượng Cu trong mẫu quặng đầu ~ 0,8%, sự phân bố Cu trong các cấp hạt mịn cao hơn cấp hạt thô nên trước khi tuyển nổi cần nghiền mịn để giải phóng các khoáng vật chứa đồng (Nhữ Thị Kim Dung và nnk, 2022).

5.2. Kết quả thử nghiệm

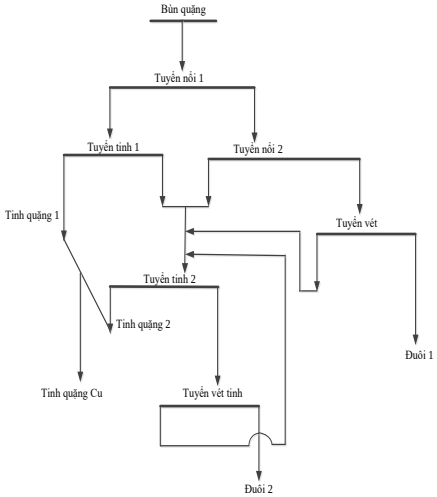
**Thiết bị và các loại thuốc tuyển sử dụng:*

- Máy nghiền bi thí nghiệm;
- Máy tuyển nổi phòng thí nghiệm dung tích 1 lít, 3 lít;
- Độ mịn nghiền: 62% -0,074mm; Nồng độ bùn: 30%;
- Thuốc điều chỉnh môi trường: Sử dụng vôi (CaO) để điều chỉnh pH của môi trường (pH = 9-10);
- Thuốc tập hợp gồm: Butylxantat (BX), amylxantat (PAX), AP2, dibutylditiophosphat ammoni (DBDPA);
- Thuốc đè chìm: Dextrin, thủy tinh lỏng
- Thuốc tạo bọt sử dụng là dầu thông (BK).

Thí nghiệm tuyển nổi theo 02 sơ đồ Hình 3 và Hình 4.



Hình 3. Sơ đồ tuyển nổi 1



Hình 4. Sơ đồ tuyển nổi 2

**Chế độ thuốc tuyển:*

+ Tuyển nổi 1: CaO/dextrin: 1000/200 (g/t); Butylxantat/dithiophosphat: 10/10g/t; Dầu thông: 10 g/t
+ Tuyển nổi 2: Butylxantat/dithiophosphat: 20/20 (g/t); Dầu thông: 10 g/t
+ Tuyển tinh 1: Dextrin/thủy tinh lỏng 50/50 (g/t)
+ Tuyển tinh 2: Dextrin/thủy tinh lỏng 50/50 (g/t)
+ Tuyển vét: Butylxantat/dithiophosphat: 20/20 (g/t); Dầu thông: 10 g/t

Kết quả thí nghiệm thể hiện ở Bảng 3 và 4.

Bảng 3. Kết quả tuyển sơ đồ 1

Sản phẩm	Thu hoạch (%)	Hàm lượng Cu (%)	Thực thu Cu (%)
Tinh quặng 1	2,14	26,51	68,81
Tinh quặng 2	1,11	17,09	23,01
Đuôi 1	94,76	0,05	5,75
Đuôi 2	1,99	1,01	2,44
Tổng tinh quặng Cu	*3,25*	*23,29*	*91,82*
Tổng đuôi thải	*96,75*	*0,07*	*8,18*
Quặng đầu	**100,00**	**0,80**	**100,00**

Bảng 4. Kết quả tuyển sơ đồ 2

Sản phẩm	Thu hoạch (%)	Hàm lượng Cu (%)	Thực thu Cu (%)
Tinh quặng 1	2,12	27,04	71,97
Tinh quặng 2	0,98	16,76	20,62
Đuôi 1	93,98	0,06	7,08
Đuôi 2	2,92	0,09	0,33
Tổng tinh quặng Cu	*3,10*	*23,79*	*92,59*
Tổng đuôi thải	*96,90*	*0,06*	*7,41*
Quặng đầu	**100,00**	**0,80**	**100,00**

Từ kết quả thể hiện trong Bảng 3 và 4 cho thấy: Kết quả tuyển ở cả hai sơ đồ đều cho ra tinh quặng đồng đạt hàm lượng >23%, thực thu tinh quặng >91,5%, trong đó kết quả tuyển theo sơ đồ 2 thu được tinh quặng hàm lượng và thực thu đều cao hơn, mất mát vào quặng đuôi ít hơn.

6. Kết luận

- Sử dụng hỗn hợp các thuốc tập hợp trong tuyển nổi quặng sunfua làm tăng tỷ lệ thu hồi, hàm lượng tinh quặng, đặc biệt là làm tăng khả năng thu hồi các hạt trung gian, giảm chi phí tuyển. Kết quả tuyển phụ thuộc vào cách thức hỗn hợp thuốc được sử dụng.

- Trong công nghệ các nhà máy tuyển đồng trên thế giới thường áp dụng chế độ sử dụng hỗn hợp thuốc tập hợp. Xantat thường là thuốc tập hợp chính và thuốc tập hợp phụ bao gồm nhiều chủng loại khác nhau như ditiophosphat, xantogen format, thionocarbamat, xanthic ester và mercaptobenzothiazole.

- Kết quả thử nghiệm tuyển nổi mẫu quặng đồng Tả Phời sử dụng phối hợp thuốc tập hợp và phối hợp thuốc đè chìm: butylxantat + dithiophosphat, CaO + dextrin và dextrin + thủy tinh lỏng thu được tinh quặng

đồng đạt chỉ tiêu hàm lượng >23% Cu, thực thu >91,5%. Mất mát đồng vào quặng đuôi 0,06 - 0,07%.

Tài liệu tham khảo

Nguyễn Bơi, 1998. *Tuyển nổi*. NXB Giao thông vận tải

Nhữ Thị Kim Dung và nnk, 2022. Một số kết quả nghiên cứu thành phần vật chất mẫu quặng đồng Tả Phời - Lào Cai. *Tạp chí Công nghiệp mỏ số 3 – 2022*

Nhữ Thị Kim Dung và nnk, 2022. Thử nghiệm các giải pháp công nghệ nhằm nâng cao chỉ tiêu thực thu và ổn định làm lượng tinh quặng đồng tại nhà máy tuyển đồng tả phời - Lào Cai. *Báo cáo HNKH ERSD*

Bulatovic, 2007. *Handbook of flotation reagents,* Vol 1, Elsevier

D.J. Bradshaw, P.J. Harris, and C.T. O'Connor, 1998. Synergistic interactions between reagents in sulphide flotation. *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*

Glembotskii, A.A., 1958. *The combined action of collectors during flotation*. Tsvetnye Metally, vol. 4 (S. Vynogradova, Trans.), pp. 6-14 (in Russian)

Longhua Xu, Jia Tian, Houqin Wu, Zhongyuan Lu, Wei Sun, Yuehua Hu, 2017. *The flotation and adsorption of mixed collectors on oxide and silicate minerals.* Advances in Colloid and Interface Science 250, 1-14

N.O. Lotter, D.J. Bradshaw, 2010. *The formulation and use of mixed collectors in sulphide flotation.* Minerals Engineering 23, 945-951

ABSTRACT

The using of mixed collectors in the flotation of sulphide copper ore

Nhu Thi Kim Dung[1,2*], Vu Thi Chinh[1,2], Pham Thi Nhung[1,2], Le Viet Ha[1,2]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

[2]*Research Group Advanced Technologies in Mineral Processing and Recycling (MinPro)*

In the copper beneficiation plants worldwide the mixture of collectors as well as of depressants are always used. Xanthate is usually the main collector and the secondary collectors are from dithiophosphates, xanthogen formates, xanthic esters and mercaptobenzothiazole. The organic polymers, in particularly dextrin, are used in several plants as the depressant of pyrite/pyrrhotite in the copper flotation. In some copper ore that contains the hydrophobic gangue as talc, chlorite… the carboxymethylcellulose (CMC) is used as effective depressant of these minerals. The waterglass is also the good quartz depressant in the flotation of sulphide copper ore. This paper presents the collectors, depressants and its combination use in the sulphide copper flotation in general. In the paper also are presented the research results of the flotation of Ta Phoi - Lao Cai copper ore sample in which the collector mixture of xanthate, dithiophosphate and AP2, the depressent mixture of waterglass and dextrin are used. The test results show that from the feed ore of 0,8% Cu is received the copper concentrate assayed above 23% Cu with the recovery more than 91%.

Keywords: collector mixture; depressant; flotation; concentrate

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Thực tế xử lý bùn đỏ tại các nhà máy alumin trên thế giới

Lê Việt Hà[1,2]; Phạm Văn Luận[1,2,*]; Nguyễn Anh Tuấn[1,2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm nghiên cứu Công nghệ tiên tiến trong Chế biến khoáng sản và Tái chế (MinPro)*

TÓM TẮT

Bùn đỏ là sản phẩm thải trong quá trình sản xuất alumin bằng quy trình Bayer với sản lượng hàng năm trên toàn cầu vào khoảng 170 triệu tấn. Bùn đỏ được đánh giá là chất thải nguy hại, do đó việc bảo quản và lưu trữ bùn đỏ rất nghiêm ngặt và đảm bảo các quy chuẩn an toàn, nên chi phí cho việc lưu trữ bùn đỏ tốn kém. Ngày nay, công nghệ thải ướt hầu như không được các nhà máy alumin trên thế giới áp dụng. Mà thay vào đó là công nghệ thải khô có mức độ an toàn cho môi trường và hồ đập cao hơn, đồng thời giảm diện tích sử dụng đất để lưu trữ bùn đỏ. Ngoài ra, trong bùn đỏ còn chứa nhiều nguyên tố và các hợp chất có giá trị như: Sc; đất hiếm; Fe; Ti; Al; SiO_2; dolomit … Vì vậy, bùn đỏ cũng là nguồn tài nguyên tiềm năng để thu hồi các nguyên tố có giá trị cho ngành luyện kim và các chất phụ gia cho ngành công nghiệp xi măng, gốm sứ, xây dựng … Báo cáo này trình bày các phương pháp xử lý và tái sử dụng bùn đỏ đang được sử dụng hiện nay trên thế giới. Từ đó, đề xuất phương pháp xử lý bùn đỏ phù hợp cho điều kiện Việt Nam, nhằm thay thế phương pháp thải ướt hiện nay và giúp ngành công nghiệp nhôm nước nhà phát triển bền vững.

Từ khóa: Bùn đỏ; thu hồi sắt; thải khô; thải ướt

1. Bùn đỏ

Chất thải trong quá trình sản xuất alumina được gọi là bùn đỏ, là phần không bị hoà tan trong quá trình sản xuất alumina, có đặc điểm kích thước hạt mịn và độ kiềm cao. Hiện nay, có khoảng 80 nhà máy sản xuất alumin theo quy trình Bayer đang hoạt động trên thế giới, trong đó có khoảng 30 nhà máy ở Trung Quốc, 08 nhà máy ở Châu Âu, 06 nhà máy ở Úc, 06 nhà máy ở Nam Mỹ, 07 nhà máy ở Ấn Độ, 03 nhà máy ở Jamaica, 02 nhà máy ở Bắc Mỹ, 04 nhà máy ở Nga cùng với các nhà máy khác ở Azerbaijan, Iran, Kazakhstan, Malaysia, Philippines, Ả Rập Xê Út, Hàn Quốc, Đài Loan, Thổ Nhĩ Kỳ, Ukraine, Các Tiểu vương quốc Ả Rập Thống nhất và Việt Nam. Dựa trên dữ liệu sản xuất năm 2020 (World Aluminium), ước tính có khoảng 170 triệu tấn bùn đỏ được tạo ra hàng năm và mức độ ngày càng tăng, do nhu cầu nhôm kim loại được dự đoán tiếp tục tăng trong thời gian tới. Ngoài các nhà máy đang hoạt động trên, còn có ít nhất 50 nhà máy khác đã đóng cửa, do đó tổng lượng bùn đỏ tại các địa điểm đang hoạt động và đóng cửa ước tính lên tới hơn 4 tỷ tấn (K. Evans; 2016). Trong đó, khoảng 85% bùn đỏ được lưu giữ trong các hồ chứa gần nhà máy alumina. (World Aluminium)

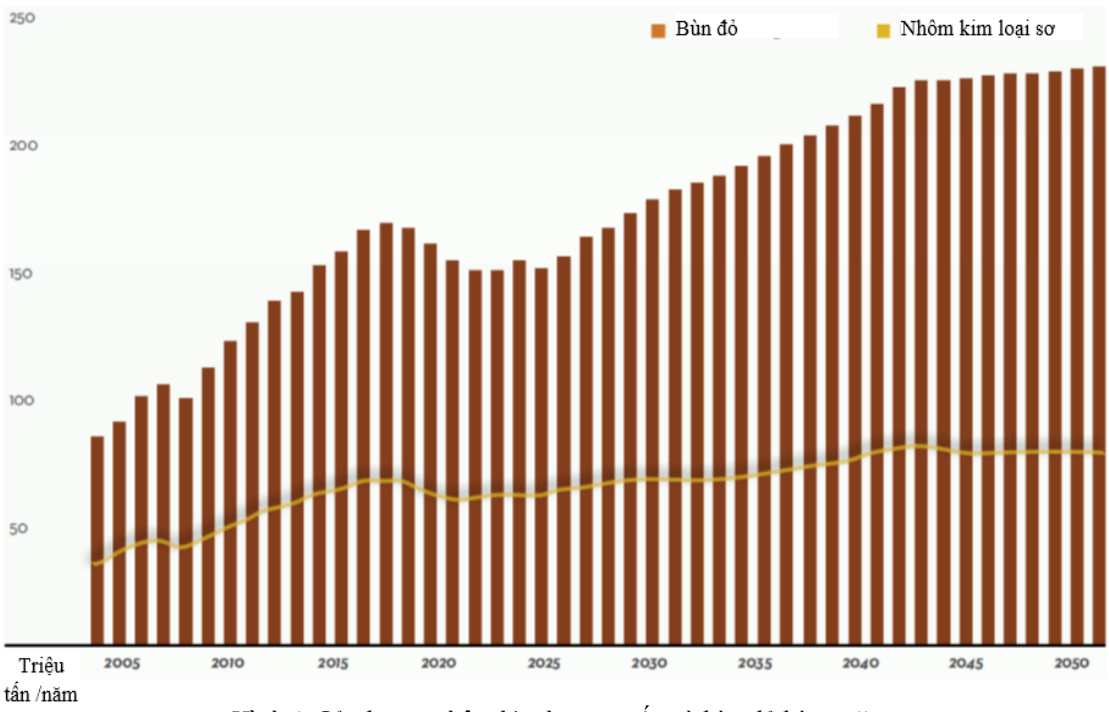
Thành phần chính của bùn đỏ là hematit (Fe_2O_3), canxit ($CaCO_3$), cancrinit ($Na_6CaAl_6Si_6(CO_3)O_{24}.2H_2O$), hydrogarnet ($Ca_3AlFe(SiO_4)(OH)_8$), tricanxi aluminat ($Ca_3Al_2(OH)_{12}$), và sodalite (($Na_6Al_6Si_6O_{24}$) (2NaX hoặc Na_2X)). Bùn đỏ có độ kiềm và độ mặn cao, chứa nhiều nguyên tố kim loại nặng như asen (As), chì (Pb), kẽm (Zn), đồng (Cu), niken (Ni), crom (Cr), vanadi (V). Độ mặn và độ kiềm của bùn đỏ có thể ảnh hưởng đến sự phát triển của thực vật và dẫn đến suy giảm chất lượng đất. Sự rò rỉ hoặc tràn bùn đỏ sẽ giải phóng các nguyên tố vi lượng có tính oxy hoá như Cr, molypden (Mo) và V. Các chất gây ô nhiễm này có khả năng hòa tan mạnh trong điều kiện pH cao (pH của bùn đỏ). Nói chung, hồ bùn đỏ là một bể chứa chất gây ô nhiễm. (Sripriya Rajendran; 2023)

Bùn đỏ chiếm nhiều diện tích đất để lưu trữ và tạo ra các rủi ro tiềm tàng đối với môi trường xung quanh. Các hồ chứa bùn đỏ không được lót hoặc lót không thích hợp có thể gây ra sự thẩm thấu hoặc tràn nước thải, dẫn đến ô nhiễm nước ngầm và đất. Ngoài ra, nếu vỡ đập còn làm hư hỏng cơ sở hạ tầng và gây ô nhiễm môi trường. Ví dụ, vụ vỡ đập thảm khốc tại hồ chứa bùn đỏ ở Ajkai Timfoldgyar Zrt, Hungary đã thải 0,7 -1 triệu m^3 bùn đỏ vào sông Torna, khiến nhiều người thiệt mạng và đất, nước bị ô nhiễm nghiêm trọng. (Sripriya Rajendran; 2023)

Khối lượng bùn đỏ sinh ra trong quá trình sản xuất alumin từ quặng tinh bauxit phụ thuộc vào công nghệ của nhà máy alumin, loại khoáng vật trong quặng tinh (gibbsit, boehmite hoặc diaspore) và hàm lượng Al_2O_3 trong quặng tinh. Hệ số bùn đỏ được biểu thị bằng khối lượng bùn đỏ khô so khối lượng alumin được

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamvanluan@humg.edu.vn

sản xuất, thông thường hệ này nằm trong phạm vi từ 0,7 – 2, với mức trung bình trong ngành vào khoảng 1,234 (thực tế tại 02 nhà máy alumin của TKV hệ số này nằm trong khoảng 0,7 – 0,9). Hình 1, biểu diễn sản lượng nhôm kim loại sơ cấp và bùn đỏ hàng năm trong quá khứ và dự kiến đến năm 2050. (International Aluminium Institute; 2021)



Hình 1. Sản lượng nhôm kim loại sơ cấp và bùn đỏ hàng năm

Những nguyên tố chính trong bùn đỏ là sắt, titan, silic, nhôm, natri và canxi. Để đơn giản các nguyên tố này được biểu diễn dưới dạng oxit. Ví dụ, hàm lượng nhôm của bất kỳ khoáng vật nào đều được biểu diễn ở dạng Al_2O_3. Tuy nhiên, trong thực tế nhôm tồn tại trong nhiều khoáng vật có trong bùn đỏ, một khoáng vật trong bùn đỏ cũng có thể chứa nhiều nguyên tố. Canxi chủ yếu có nguồn gốc từ việc bổ sung vôi vào quy trình Bayer và hiện diện dưới dạng nhiều hợp chất chứa canxi như canxit, tri-canxi aluminat (TCA) và trong một số trường hợp là canxi oxalat. Ngoài ra, trong bùn đỏ còn chứa một số nguyên tố khác như: scandium, thori, gali … thành phần này thay đổi tuỳ thuộc theo nguồn gốc quặng bauxit. Thành phần phần hóa học và khoáng vật điển hình của bùn đỏ được cho ở Bảng 1 và 2, thành phần bùn đỏ của Công ty Nhôm Đắk Nông và Lâm Đồng cho ở bảng 3.

Bảng 1. Thành phần hoá học điển hình trong bùn đỏ
(Sripriya Rajendran; 2023; Benny E. Raahauge; 2022)

TT	Hợp chất	Tỷ lệ, %
1	Fe_2O_3	5 - 60
2	Al_2O_3	5 - 30
3	SiO_2	3 - 50
4	TiO_2	0,3 - 15
5	Na_2O	1 - 10
6	CaO	2 - 14

Thành phần hóa học chính của bùn đỏ là SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO và Na_2O. Các thành phần này chiếm 69,5% đến 98,3% tổng khối lượng của bùn đỏ. Na chủ yếu có nguồn gốc từ natri hydroxit (NaOH), thêm vào để xử lý bauxite. Trong khi Al, Si, Fe, Ti và các nguyên tố khác có nguồn gốc từ quặng bauxite. Các thành phần thứ cấp là K_2O, MgO, P_2O_5, MnO, Cr_2O_3 và SO_3. Các pha khoáng chính bao gồm thạch anh (SiO_2), canxit ($CaCO_3$), dolomit ($CaMg(CO_3)_2$), hematit (Fe_2O_3), hydrogarnet ($Ca_3Al_2(SiO_4)_2(OH)_4$), sodalite ($Na_8(Al_6Si_6O_{24})C_{l2}$) , anhydrite ($CaSO_4$), cancrinite ($Na_6Ca_2[(CO_3)_2Al_6Si_6O_24]2H_2O$), và gibbsite ($Al(OH)_3$). Benny E. Raahauge; 2022)

Bảng 2. Thành phần khoáng vật điển hình trong bùn đỏ
(Sripriya Rajendran; 2023; Benny E. Raahauge; 2022)

TT	Khoáng vật	Tỷ lệ, %
1	Sodalite ($3Na_2O.3Al_2O_3.6SiO_2.Na_2SO_4$)	4 - 40
2	Goethite (FeOOH)	10 - 30
3	Hematite (Fe_2O_3)	10 – 30
4	Manhetite (Fe_3O_4)	0 – 8
5	Thạch anh (SiO_2) tinh thể và vô định hình	3 – 20
6	Calcium aluminate ($3CaO.Al_2O_3.6H_2O$)	2 – 20
7	Boehmite (AlOOH)	0 – 20
8	Titan oxit (TiO_2) anatase và rutile	0 – 15
9	Muscovite ($K_2O.3Al_2O_3.6SiO_2.2H_2O$)	0 – 15
10	Calcite ($CaCO_3$)	2 – 20
11	Cao lanh ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$)	0 – 5
12	Gibbsite ($Al(OH)_3$)	0 – 5
13	Perovskite ($CaTiO_3$)	0 – 12
14	Cancrinite ($Na_6[Al_6Si_6O_{24}].2CaCO_3$)	0 – 50
15	Diaspore (AlOOH)	0 - 5

Bảng 3. Thành phần hoá học trong bùn đỏ của Công ty Nhôm Lâm Đồng và Đắk Nông
(Công ty Nhôm Lâm Đồng và Đắk Nông)

TT	Hợp chất	Tỷ lệ (%)	
		Lâm Đồng	Đắk Nông
1	Fe_2O_3	46,41	46,32
2	Al_2O_3	16,91	17,56
3	SiO_2	6,62	6,72
4	TiO_2	5,48	7,20
5	Na_2O	5,06	5,43
6	CaO	4,48	5,20

Hàm lượng SiO_2 trong bùn đỏ dao động từ 3% đến 50%. SiO_2 thu được từ cao lanh ($Al_2Si_2O_3(OH)_4$) trong quặng bauxite trong quá trình tinh chế alumina và tồn tại ở dạng hydrophane (SiO_2nH_2O) và natri silicat (Na_2SiO_3). Fe tồn tại chủ yếu ở dạng $Fe(OH)_3$, đây là sản phẩm oxy hóa và hydrat hóa của FeS_2 trong quặng bauxite. $Fe(OH)_3$ không ổn định trong điều kiện kiềm mạnh và nhiệt độ cao, dễ chuyển thành goethite (FeOOH). Trong bùn đỏ tươi $Fe(OH)_3$ và FeOOH có thể cùng tồn tại, FeO có thể tồn tại ở dạng siderit ($FeCO_3$). Hàm lượng Al_2O_3 trong bùn đỏ dao động từ 5% đến 30,0%, Al_2O_3 thường tồn tại ở hai dạng là $NaAlO_2$ và $Al(OH)_3$ trong điều kiện kiềm mạnh. Hàm lượng CaO dao động từ 2% đến 14% và CaO thường tạo thành aragonit ($CaCO_3$) hoặc canxit ($CaCO_3$). $CaCO_3$ có thể lắng đọng và kết tinh sau khi đưa vôi sống (CaO) và carbon dioxide (CO_2) vào trong quá trình sản xuất alumina. Hàm lượng Na_2O trong bùn đỏ dao động từ 1% đến 10% và tồn tại trong dung dịch lỗ rỗng dưới dạng Na^+ tự do. Ngoài ra, một loạt cặn muối hoặc sản phẩm keo như Na_2CO_3, $NaHCO_3$, Na_2SiO_3 và $NaAlO_2$ được hình thành trong quá trình hút ẩm. Hàm lượng Ti_2O dao động từ 0,3% đến 15,0%. Ti_2O tồn tại dưới dạng rutile và anatase trong quặng bauxite.

Trong bùn đỏ cũng chứa nhiều các nguyên tố vi lượng khác như: asen, berili, cadmium, crom, đồng, gali, chì, mangan, thủy ngân, niken, kali, thori, uranium, vanadi, kẽm và nguyên tố đất hiếm. Trong đó, một số nguyên tố không bị hoà tan và biến đổi trong quá trình Bayer, còn một số nguyên tố bị hoà tan và tồn tại trong dung dịch hoặc kết tủa trong bùn đỏ.

Các nguyên tố phi kim loại cũng được tìm thấy trong bùn đỏ bao gồm phốt pho và lưu huỳnh. Nhiều loại vật liệu và hợp chất hữu cơ (carbon) cũng cũng có mặt trong bùn đỏ. Các hợp chất hữu cơ bao gồm carbohydrate, rượu, phenol và muối natri của axit polybasic và hydroxy. Ngoài ra, bùn đỏ cũng chứa dấu vết của các chất phụ gia hữu cơ trong quá trình lắng lọc như chất trợ lắng và chất chống tạo bọt.

Pha lỏng trong bùn đỏ chứa natri hydroxit (xút), natri aluminat và các hợp chất natri khác liên kết với chất rắn còn sót lại. Các nhà máy alumina luôn cố gắng thu hồi tối đa xút từ bùn đỏ để tái sử dụng trong nhà máy. Hiệu quả của quá trình thu hồi xút phụ thuộc vào: quá trình rửa và phân tách pha lỏng - rắn, đặc tính của quặng bauxite và chế độ công nghệ của nhà máy. Theo thời gian, natri hydroxit và aluminate (cùng với các muối hydroxy khác), bị trung hòa một phần bởi CO_2 từ không khí để tạo thành natri và các cacbonat khác, dẫn đến độ pH thấp hơn và giảm rủi ro cho con người và môi trường.

Quặng bauxite có hàm lượng "*vật liệu phóng xạ tự nhiên*" (NORMs) rất thấp, do quặng bauxite chứa

chủ yếu ^{238}U và ^{232}Th có mức phóng xạ rất thấp, bằng hoặc thấp hơn mức xuất hiện tự nhiên ở nhiều khu vực trên thế giới.

Tính chất vật lý của bùn đỏ phụ thuộc vào loại quặng bauxit, điều kiện nghiền và quy trình công nghệ cụ thể của từng nhà máy alumin. Tuy nhiên, bùn đỏ luôn có tính chất vật lý chung là cỡ hạt mịn có thể khô hoặc dính bết như đất sét. Trong bùn đỏ thường chứa đáng kể các hạt thô (kích thước lớn hơn 100 µm) được gọi là "cát" và những hạt mịn hơn được gọi là "bùn". Độ thấm của bùn đỏ tỷ lệ thuận với lượng "bùn" trong bùn đỏ. Bùn đỏ ở Tây Úc có hàm lượng "cát" đặc biệt cao, một số trường hợp trên 50%.

Bùn đỏ có đặc tính thixotropic, có nghĩa là không linh động tự chảy khi yên tĩnh, nhưng trở nên linh động hơn khi bị rung động hoặc khuấy trộn. Đây là tính chất quan trọng trong việc tách bùn đỏ ra khỏi dung dịch, cũng như việc vận chuyển, lắng đọng và nén chặt bùn đỏ.

Ngoài ra, một tính chất vật lý nữa ảnh hưởng đến việc xử lý bùn đỏ là nồng độ pha rắn của bùn đỏ, được biểu diễn bằng phần trăm khối lượng pha rắn trên khối lượng bùn đỏ (%) hoặc gam trên lít (g/L). Nồng độ pha rắn tăng độ nhớt của bùn đỏ tăng theo cấp số nhân. Khi nồng độ pha rắn trên 50% bùn đỏ khó bơm và khó vận chuyển.

Như vậy, bùn đỏ có 3 tính chất vật lý quan trọng là: cấp hạt mịn; thixotropic và nồng độ pha rắn. Mỗi loại bùn đỏ khác nhau đều có những tính chất trên khác nhau nên các quá trình xử lý các loại bùn đỏ khác nhau cũng cần khác nhau.

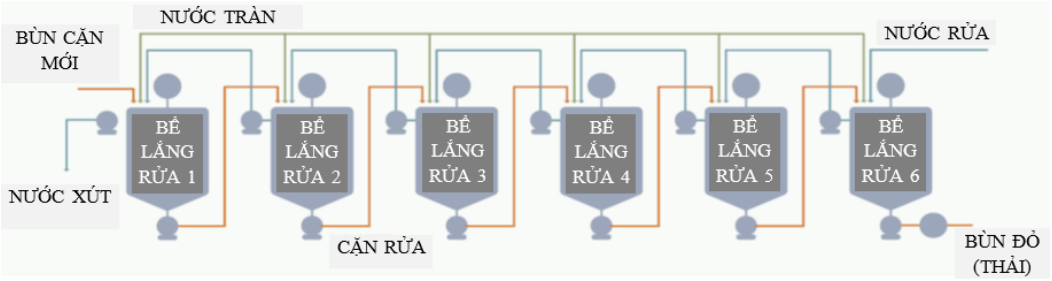
2. Thực tế xử lý bùn đỏ trên thế giới

2.1. Rửa và trung hoà

Công nghệ lắng rửa bùn đỏ trong nhà máy alumin

Việc rửa bùn đỏ để thu hồi xút và trung hoà bùn đỏ thường được kết hợp bằng cách rửa (bằng nước hoặc dung dịch có lượng xút thấp hơn) với quá trình tách pha rắn – lỏng. Ngày nay, công nghệ rửa kết hợp với cô đặc đã có nhiều cải tiến và thường sử dụng hệ thống máy lọc tốc độ cao để lắng đọng và rửa bùn đỏ như: bể siêu cô đặc, bể lắng sâu hình côn, máy lọc chân không dạng đĩa, máy lọc ép khung bản … Những tiến bộ này đã làm tăng hiệu quả thu hồi xút và hiệu quả kinh tế tăng từ 20 đến 75% so với hệ thống lắng lọc nhiều buồng như trước kia.

Hiện nay, công nghệ "rửa ngược dòng" là công nghệ chính để thu hồi xút và rửa bùn đỏ sinh ra trong các nhà máy sản xuất alumin bằng quá trình Bayer. Trong đó pha rắn chảy qua một loạt bể theo hướng ngược lại với dòng nước rửa (xem hình 2). Trong từng bể pha rắn được lắng đọng xuống dưới và thoát ra theo dòng bên dưới của bể, còn dung dịch đi lên và tháo theo dòng tràn trên mặt bể. Ở bể lắng cuối cùng trong chuỗi bể lắng, bùn cặn có mật độ cao (thường >40% chất rắn) và dung dịch có nồng độ xút thấp. Ngược lại, ở đầu kia dung dịch có nồng độ xút cao và nước tràn có hàm lượng rắn <1 g/L.



Hình 2. Sơ đồ công nghệ rửa bùn đỏ ngược dòng

Công nghệ lắng rửa ngược dòng có thể tạo ra bùn cặn trước khi thải ra hồ bùn đỏ có nồng độ pha rắn tối đa vào khoảng 50%. Tuy nhiên, nồng độ này thay đổi đối với từng loại bùn, công nghệ rửa và bơm …

Trung hoà kiềm tại hồ bùn đỏ

Kiềm tại hồ bùn đỏ phản ứng theo thời gian với khí CO_2 trong khí quyển hoặc hoà tan trong nước mưa, chuyển đổi NaOH thành Na_2CO_3 và làm giảm độ pH của bùn đỏ. Quá trình này diễn ra rất chậm do tính không thấm nước chung của bùn đỏ. Để đẩy nhanh phản ứng này có thể cho bùn đỏ tiếp xúc trực với khí CO_2 trong khí quyển. Ví dụ, nhà máy alumin Aughinish của UC RUSAL ở Ireland đã liên tục đảo cặn tại hồ để đẩy nhanh quá trình cacbonat hóa NaOH.

Một số nhà máy alumin sử dụng axit (H_2SO_4 hoặc HCl) hoặc khí CO_2 đậm đặc, khí SO_2 và nước biển để trung hoà xút và các chất kiềm trên bề mặt của hồ bùn đỏ.

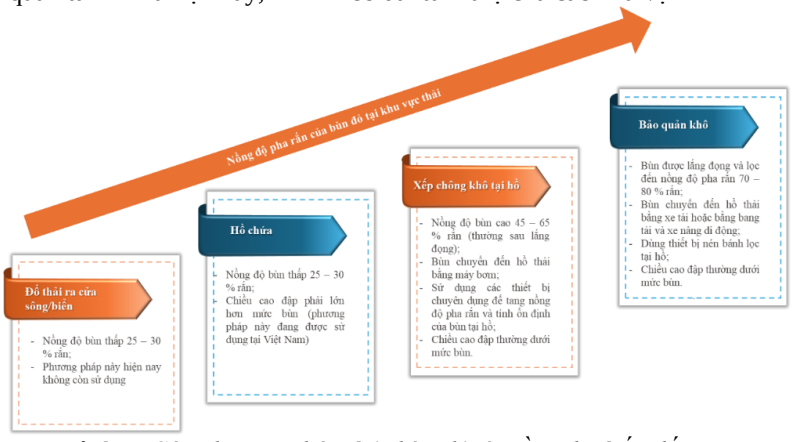
Việc trung hoà bùn đỏ giúp giảm rủi ro liên quan đến độ pH của bùn đỏ trong quá trình lưu trữ bùn tại hồ và tạo điều kiện phục hồi hồ bùn đỏ sau khi đóng cửa. Quá trình trung hoà phức tạp và tốn kém, tuỳ

thuộc vào vị trí của nhà máy alumin, mức độ gần biển, gần nguồn khí CO_2 (hoặc khí thải)… mà sử dụng phương pháp trung hoà bùn đỏ phù hợp.

2.2. Phương pháp lắng đọng và cố kết bùn đỏ

Chỉ một tỷ lệ nhỏ bùn đỏ được tái sử dụng, còn lại phần lớn được lưu trữ tại hồ chứa. Các quy trình được sử dụng để xử lý và lưu trữ bùn đỏ được xác định bởi các yếu tố như tuổi của nhà máy alumin, đất đai sẵn có, vị trí địa lý, địa hình địa phương, khí hậu, tính chất của bùn đỏ và các quy định của pháp luật. Sau vụ vỡ đập hồ chứa bùn đỏ tại nhà máy alumin Ajka, hầu hết các nhà máy alumin trên thế giới đã sử dụng phương pháp thải khô thay cho thải ướt. Sự phát triển của công nghệ thải bùn đỏ từ nồng độ pha rắn thấp đến nồng độ cao và hiện nay là bánh lọc có nồng độ rắn rất cao cho ở hình 3.

- **Thải bùn ra cửa sông/biển hoặc vào hồ thải**: Nồng độ bùn đỏ trong trường hợp này nằm trong khoảng 25-30 % và được bơm đến vị trí đổ thải. Những nhà máy alumin đầu tiên thường thải bùn ra của sông/biển, nhưng ngày nay hoạt động này hầu như đã bị loại bỏ. Thay vào đó, bùn đỏ được thải ra các "hồ chứa" để chứa khối lượng lớn bùn có mật độ thấp. Chiều cao của đập phải cao hơn mức bùn trong hồ (hình 4).
- **Xếp khô**: Bùn đỏ sau quá trình rửa được lắng đọng đến nồng độ 45-65%, sau đó bùn được bơm đến hồ thải. Tại hồ thải, sử dụng các máy chuyên dụng (Amphirol) để tiếp tục tách nước ra khỏi bùn đỏ, khi bùn đến nồng độ rắn trên 70% dùng các thiết bị lu nèn và san phẳng bùn để chuẩn bị đổ lớp tiếp theo (hình 5).
- **Lưu trữ khô**: Bùn được lắng và lọc đến nồng độ chất rắn cao hơn 70-80%, đây là công nghệ được các nhà máy alumin quan tâm nhất hiện nay, nhằm kéo dài tuổi thọ của các khu vực lưu trữ bùn đỏ (hình 6).



Hình 3. Các phương pháp thải bùn đỏ từ nồng độ thấp đến cao



Hình 4. Ảnh bùn đỏ và phương pháp thải ướt tại Bình Quốc, tỉnh Quảng Tây, Trung Quốc. (Sripriya Rajendran; 2023)



Hình 5. Ảnh đổ thải (trái) và dùng máy Amphirol (phải) để thải bùn đỏ theo phương pháp xếp khô tại nhà máy alumin ở Jamaica (International Aluminium Institute; 2021)



Hình 6. Bã lọc bùn đỏ (trái) và xe ủi (phải) trong phương pháp lưu trữ khô bùn đỏ tại Trung Quốc (International Aluminium Institute; 2021)

2.3. Tái sử dụng bùn đỏ

Tái sử dụng bùn đỏ là mục tiêu của ngành công nghiệp alumina trong hơn một thế kỷ nhưng bất chấp hàng ngàn thử nghiệm, việc xác định hàng chục công dụng khả thi về mặt kỹ thuật, nhưng chỉ có khoảng bốn triệu tấn mỗi năm trong số 170 triệu tấn bùn đỏ được tái sử dụng có hiệu quả. Thách thức vẫn là tìm ra những ứng dụng khả thi về mặt kinh tế cho sản phẩm tạo ra từ bùn đỏ. Những ứng dụng thành công nhất trên quy mô lớn bao gồm sản xuất xi măng, nguyên liệu thô để sản xuất sắt và thép, sản xuất vật liệu xây dựng, phủ bãi chôn lấp, xây dựng đường bộ và cải tạo đất. (Benny E. Raahauge; 2022)

Hiện nay, bùn đỏ được nhiều quốc gia khuyến khích và đầu tư cho các nghiên cứu tái sử dụng, đồng thời nhiều thiết bị, công nghệ đã được cải tiến như: các loại máy lọc cho ra bã lọc có độ ẩm thấp hơn nên có thu hồi xút cao hơn; các loại máy tuyển từ cường độ cao cho phép thu hồi sắt hiệu quả hơn từ bùn đỏ. Ngoài ra, nhu cầu về scandium và các nguyên tố đất hiếm ngày càng tăng. Đây chính là những cơ hội lớn cho việc nghiên cứu phát triển và triển khai các ứng dụng từ bùn đỏ. Tuy nhiên, bùn đỏ từ các loại quặng bauxit khác nhau rất khác nhau về thành phần, khoáng vật học và kích thước hạt nên có hành vi khá khác nhau. Do đó, chúng sẽ có các đặc điểm xử lý khác nhau rất nhiều, vì vậy khó có thể đưa ra quy trình tiêu chuẩn để xử lý bùn đỏ cho các nhà máy alumin.

Các ứng dụng tiềm năng cho cặn bauxit có thể được chia thành năm loại:

- Thu hồi các thành phần cụ thể có trong bùn đỏ như sắt, titan, nhôm, lanthanide, scandium, ytri và gali (K. Evans; 2016, E. Erca; 1999, C.R. Borra; 2016, R.K. Paramguru; 2005);
- Sử dụng làm thành phần chính trong sản xuất sản phẩm/vật liệu khác như xi măng (P.E. Tsakiridis ; 2004, Y. Pontikes, 2013);
- Sử dụng làm thành phần trong vật liệu xây dựng hoặc xây dựng như bê tông, gạch, vật liệu cách nhiệt, gạch (R.K. Paramguru; 2005);
- Sử dụng cho các đặc tính cụ thể như cải tạo đất hoặc phủ bãi chôn lấp rác thải (K. Evans; 2016, C. Klauber; 2011);
- Chuyển đổi bùn đỏ thành vật liệu hữu ích bằng cách biến đổi các hợp chất có trong đó, như quy trình Virotec (D. McConchie; 2000).

Ước tính hàng năm từ 3,4 – 5,3 triệu bùn đỏ được xử lý cho những ứng dụng sau (K. Evans; 2016):

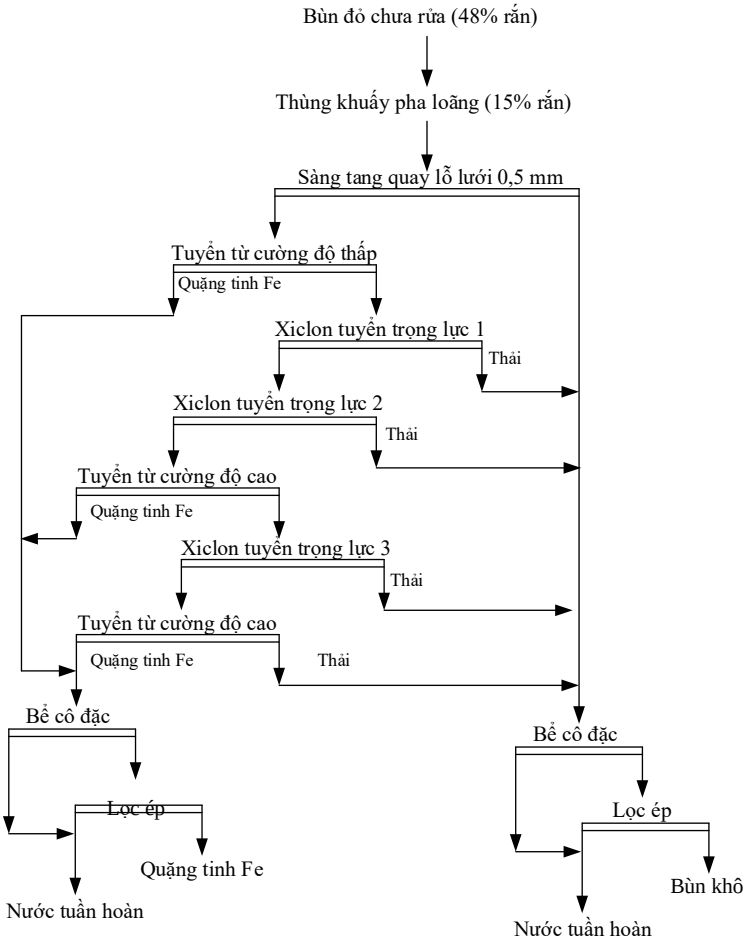
- Xi măng từ 2.200.000 đến 2.700.000 tấn;
- Nguyên liệu thô/phụ gia trong sản xuất sắt và thép từ 800.000 đến 1.500.000 tấn;
- Đường bộ/phủ bãi chôn lấp rác/cải tạo đất từ 250.000 đến 500.000 tấn;
- Vật liệu xây dựng (gạch, ngói, gốm sứ, v.v.) từ 1.000.000 đến 1.400.000 tấn;
- Gốm thủy tinh, sợi thủy tinh từ 100.000 đến 120.000 tấn
- Khác (vật liệu chịu lửa, vật liệu hấp phụ, chất xúc tác, v.v.) khoảng 300.000 tấn.

3. Phương pháp thu hồi quặng tinh sắt từ bùn đỏ

Quy trình công nghệ thu hồi quặng tinh sắt kết hợp với thải khô bùn đỏ được sử dụng phổ biến tại Trung Quốc, đặc biệt đối với bùn đỏ có hàm lượng oxit sắt cao (trên 35%) tương tự như hàm lượng oxit sắt trong bùn đỏ tại các nhà máy alumin tại khu vực Tây Nguyên. Ngoài ra, quy trình công nghệ này đơn giản và khả năng có chi phí thấp hơn so với các quy trình công nghệ khác. Do vậy, tập thể tác giả chọn công nghệ thu hồi quặng tinh sắt và thải khô bùn đỏ làm công nghệ điển hình để trình bày trong báo cáo này, nhằm cung cấp cho độc giả một trong những phương pháp khả thi nhất để xử lý bùn đỏ tại Việt Nam.

Bùn đỏ từ các nhà máy alumin Quảng Tây và Sơn Đông có hàm lượng oxit sắt cao (>35%), đã được sử

dụng công nghệ tuyển trọng lực và tuyển từ như hình 7 để thu hồi quặng tinh sắt có hàm lượng 52 – 54% Fe với thu hoạch vào khoảng 30%, còn 70 % bùn đỏ được thải ra hồ theo phương pháp xếp chồng. Hàng năm, Trung Quốc thu hồi từ 800.000 – 1.000.000 tấn quặng tinh sắt từ bùn đỏ. (Benny E. Raahauge; 2022)



Hình 7. Sơ đồ công nghệ tuyển thu hồi quặng tinh sắt từ bùn đỏ và thải khô bùn đỏ

Sơ đồ công nghệ tuyển như hình 7 bao gồm: 03 khâu tuyển trọng lực bằng xiclon đường kính 100 mm, 02 khâu tuyển từ bằng máy tuyển từ cường độ cao đến 1,5 Tesla (Slon – magnetic separator) và 01 khâu tuyển từ bằng máy tuyển từ cường độ thấp (tang trống). Sơ đồ hình 7, chỉ thu được quặng tinh sắt có hàm lượng 52 – 54 % Fe và chứa nhiều tạp chất Al_2O_3 và có độ kiềm cao nên sẽ khó tiêu thụ trên thị trường.

Công nghệ thu hồi 30% quặng tinh sắt có hàm lượng 52 – 54% Fe đã được áp dụng vào thực tế tại một số nhà máy alumin tại Trung Quốc. Do đó, có tính thực tế và khả thi về mặt kinh tế - kỹ thuật, đồng thời công nghệ đơn giản, dễ vận hành, chi phí đầu tư và vận hành thấp có thể thấp hơn so với những công nghệ khác (vật liệu xây dựng, gốm, sứ …). Tuy nhiên, công nghệ này không thu hồi triệt để được các sản phẩm có ích từ bùn đỏ và vẫn phải xây dựng hồ để chứa bùn sau tuyển. Để có thể áp dụng công nghệ này cho thực tế tại Việt Nam cần có thí nghiệm ở nhiều quy mô cho đối tượng bùn đỏ tại Việt Nam.

4. Thực tế và định hướng xử lý bùn đỏ tại Việt Nam

4.1. Thực tế xử lý bùn đỏ tại Việt Nam

Hiện nay, bùn đỏ được các Công ty Nhôm Đắk Nông và Lâm Đồng lưu trữ tại các hồ thải theo phương pháp thải ướt. Phương án chứa bùn thải tại các hồ thải có ưu điểm là công nghệ đơn giản và chí phí đầu tư thấp. Nhưng có nhiều nhược điểm: Nguy cơ gây mất an toàn và ô nhiễm môi trường; tốn diện tích sử dụng đất; lãng phí tài nguyên …

Theo thực tế sản xuất, lượng bùn đỏ các Công ty thải ra hàng năm vào khoảng 550.000 tấn (1 triệu m^3 bùn đỏ). Việc xây dựng các hồ thải chứa bùn đỏ tốn kém và thời gian sử dụng ngắn, thông thường để xây dựng một hồ chứa bùn đỏ cho Công ty sử dụng 3-4 năm mất khoảng 200 đến 300 tỷ đồng. Diện tích quy hoạch làm hồ thải bùn đỏ cho mỗi Công ty vào khoảng 80 ha, nhưng theo năng suất hiện nay dự kiến đến

năm 2035 – 2040 các hồ bùn đỏ sẽ đầy. Do vậy, Việt Nam cần nghiên cứu để sớm đưa ra phương án xử lý bùn đỏ phù hợp với điều kiện Việt Nam nhằm phát triển bền vững ngành công nghiệp Nhôm.

4.2. Định hướng xử lý bùn đỏ tại Việt Nam

Như đã phân tích ở trên, để phát triển bền vững ngành công nghiệp Nhôm của Việt Nam và đáp ứng nhu cầu tăng công suất của các nhà máy Alumin. Việt Nam nhất thiết phải thay thế công nghệ thải bùn đỏ theo phương pháp ướt hiện nay bằng các phương pháp tối ưu hơn như thải khô (xếp chồng) hoặc lưu trữ khô.

Theo bảng 3, hàm lượng sắt oxit trong bùn đỏ của Công ty Nhôm Đắk Nông và Lâm Đồng đều trên 45% Fe_2O_3, tương ứng với một số nhà máy alumin tại Trung Quốc đang sử dụng công nghệ thu hồi quặng tinh sắt và thải khô bùn đỏ. Nếu áp dụng thành công công nghệ này lượng bùn đỏ hàng năm sẽ giảm đi khoảng 30%, đồng thời áp dụng phương pháp thải khô sẽ làm giảm đáng kể diện tích hồ thải, tăng tuổi thọ cho hồ thải và giảm thiểu nguy cơ gây ô nhiễm môi trường. Tuy nhiên, do quặng tinh sắt có hàm lượng thấp, lẫn nhiều tạp chất có hại và cung đường vận chuyển quặng tinh sắt đến nơi tiêu thụ quá xa là những vấn đề bất lợi cho các Công ty. Do vậy, cần phải tính toán giữa 02 phương án xử lý bùn đỏ: (1) thu hồi quặng tinh sắt và thải khô bùn đỏ và (2) thải khô bùn đỏ.

5. Kết luận

Bùn đỏ được xếp vào loại chất thải nguy hại nên việc lưu trữ và bảo quản rất nghiêm ngặt và tốn kém. Phương pháp thải ướt như các nhà máy alumin tại Việt Nam hiện nay hầu như không được các nhà máy alumin trên thế giới áp dụng. Mà thay vào đó là phương pháp thải khô có tính an toàn cao hơn và chiếm ít diện tích hồ thải hơn.

Tuy có nhiều nghiên cứu về tái sử dụng bùn đỏ trên thế giới, nhưng hàng năm chỉ có khoảng 3,4 triệu tấn đến 5,3 triệu tấn bùn đỏ trên thế giới được tái sử dụng. Vấn đề lớn nhất của việc tái sử dụng bùn đỏ là tính khả thi về kinh tế, thông thường các cơ sử lưu trữ bùn đỏ nằm xa các hộ tiêu thụ như xi măng, gang thép … nên cũng là bất lợi khi tiêu thụ các sản phẩm từ bùn đỏ.

Hiện nay, nhiều nhà máy alumin tại Trung Quốc đã áp dụng công nghệ thu hồi quặng tinh sắt và thải khô bùn đỏ. Công nghệ này cho phép thu hồi được 30% quặng tinh sắt có hàm lượng 52 – 54% Fe từ bùn đỏ, còn lại 70% bùn đỏ được thải khô.

Bùn đỏ tại Việt Nam cũng có hàm lượng sắt oxit cao (tương tự như của Trung Quốc) nên hoàn toàn có thể áp dụng công nghệ thu hồi quặng tinh sắt và thải khô để xử lý bùn đỏ. Tuy nhiên, quặng tinh sắt thu được từ bùn đỏ có hàm lượng thấp, lẫn nhiều tạp chất có hại và cung đường vận chuyển đến nơi tiêu thụ quá xa là những vấn đề đáng quan tâm khi đầu tư xưởng tuyển bùn đỏ để thu hồi quặng tinh sắt. Do vậy, các Công ty Nhôm tại Việt Nam cần so sánh giữa 02 phương án xử lý bùn đỏ: (1) thu hồi quặng tinh sắt và thải khô bùn đỏ và (2) thải khô bùn đỏ.

Lời cảm ơn

Tập thể tác giả xin trân trọng cám ơn lãnh đạo và phòng kỹ thuật của Công ty TNHH Nhôm Lâm Đồng, Công ty Nhôm Đắk Nông và Đề tài "Nghiên cứu hoàn thiện công nghệ trung hoà quặng bauxit phù hợp với điều kiện phân bố khoáng sàng và tổ chức khai thác khu vực Tây Nguyên" (Đề tài mã số: KC.01. Đ05-22/21-25) đã tạo điều kiện về cơ sở vật chất và kinh phí để phối hợp với các nhóm hoàn thành nội dung và mục tiêu đặt ra của đề tài và cơ sở dữ liệu và phương pháp nghiên cứu trong bài báo này.

Tài liệu tham khảo

Công ty Nhôm Lâm Đồng, *Báo cáo sản xuất năm 2023*.

Công ty Nhôm Đắk Nông, *Báo cáo sản xuất năm 2023*.

International Aluminium Institute (IAI), 2021, sustainable bauxite residue management guidance, *www.international-aluminium.org*

Benny E. Raahauge, Fred S. Williams, 2022, *Smelter Grade Alumina from Bauxite History, Best Practices, and Future Challenges*, Springer

C. Klauber, M. Gräfe, G. Power, 2011, Bauxite residue issues: II options for residue utilization. *Hydrometallurgy* 108 (1), 11–32

C.R. Borra, B. Blanpain, Y. Pontikes, K. Binnemans, T. Van Gerven, 2016, Comparative analysis of processes for recovery of rare earth elements from bauxite residue. *JoM*. 68, 2958–2962

D. McConchie, M. Clark, C. Hanahan, F. Davies-McConchie, 2000, The use of seawater-neutralised bauxite refinery residues in the management of acid sulphate soils, sulphidic mine tailings and acid mine drainage, in *Proceedings of the 3rd Queensland Environment Conference, Environmental Engineering Society*, ed. by K. Gaul, pp. 201–208

Data published annually by World Aluminium, *www.world-aluminium.org*

E. Erca, R. Apak, 1999, Furnace smelting and extractive metallurgy of red mud: recovery of TiO2, Al2O3 and pig iron. *J. Chem. Technol. Biotechnol*. 70(3), 241–246

K. Evans, 2016, The history, challenges, and newdevelopments in themanagement and use of bauxite residue. *J. Sustain. Metall*, 1–16

P.E. Tsakiridis, S. Agatzini, L.P. Oustadakis, 2004, Red mud addition in the raw meal for the production of Portland cement clinker. *J. Hazard. Mater*. B116, 103–110

Sripriya Rajendran và nnk, 2023, *Mineral Processing Beneficiation Operations and Process Optimization through Modeling*, Elsevier

R.K. Paramguru, P.C. Rath, V.N. Misra, 2005, Trends in red mud utilization—a review. *Miner. Process. Extr. Metall*. Rev. 26(1), 1–29

Y. Pontikes,G.Angelopoulos, 2013, Bauxite residue in cement and cementitious applications: current status and a possible way forward. *Resour. Conserv. Recycl*. 73, 53–63

ABSTRACT

Actual treatment of Red Mud in Alumina Plants Worldwide

Le Viet Ha[1,2]; Pham Van Luan[1,2]; Nguyen Anh Tuan[1,2]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

[2]*Research Group Advanced Technologies in Mineral Processing and Recycling (MinPro)*

Red mud is a waste product generated during alumina production using the Bayer process, with an annual global output of approximately 170 million tons. The storage and preservation of red mud, which is considered hazardous waste, is strictly regulated to meet safety standards, making it costly to store. Nowadays, alumina plants worldwide rarely use wet disposal technology. Instead, dry disposal technology is preferred due to its higher environmental safety and dam security, reducing the land area required for red mud storage. In addition, red mud is a valuable resource for recovering valuable elements and compounds such as Sc, rare earth elements, Fe, Ti, Al, SiO2, dolomite, and more. Therefore, red mud is also a potential resource for recovering valuable elements for the metallurgical industry and additives for sectors like cement, ceramics, and construction. This report presents the current methods of red mud treatment and reuse worldwide. It presents suitable red mud treatment methods for Vietnam's conditions to replace the current wet disposal method and encourage the sustainable development of the domestic aluminum industry.

Keyword: Red Mud; Recovery Iron Concentration; Dry Disposal; Wet Disposal

Tổng quan về công nghệ chế biến và sử dụng than siêu sạch trên thế giới và triển vọng ứng dụng ở Việt Nam

Phạm Thanh Hải[1,2,*], Trần Trung Tới[1,2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm nghiên cứu Công nghệ tiên tiến trong Chế biến khoáng sản và Tái chế (MinPro)*

TÓM TẮT

Than là nguồn tài nguyên quan trọng cho sự phát triển kinh tế. Thành phần hóa học của than là cacbon, hydro, lưu huỳnh, oxy, nitơ, tro xỉ và độ ẩm. Việc chế biến và sử dụng than dẫn đến sự phát sinh các chất khí CO_2, N_2O, NO_x, SO_x và Hg, gây ra hiện tượng nóng lên toàn cầu, mưa axit... Để giảm thiểu các nguy cơ trên, một công nghệ chế biến sâu than hiện nay là sản xuất than siêu sạch. Đây là quá trình sản xuất than có độ tinh khiết cao, loại bỏ gần như triệt để các thành phần khoáng vật không có ích với độ tro tiêu chuẩn nhỏ hơn 0,25%, hàm lượng S ở mức rất thấp. Hiện nay có hai phương pháp chính để chế biến than siêu sạch: (1) Phương pháp vật lý và hóa lý bao gồm tuyển nổi, tuyển trọng lực, tuyển từ - điện; (2) Phương pháp hóa học bao gồm hòa tách axit – bazơ, tách chiết dung môi. Than siêu sạch có thể sử dụng làm nhiên liệu đốt với hiệu suất cao cho các động cơ đốt trong, tua bin khí, pin nhiên liệu, động cơ hàng hải công suất lớn hay dùng làm nguyên nhiên liệu để khí hóa than. Ở Việt Nam, than siêu sạch có thể được sản xuất từ nguồn than cám chất lượng thấp đang lưu tại kho chứa của các mỏ và xưởng tuyển. Sản phẩm sau chế biến có thể được ứng dụng trong sản xuất pin, sản xuất khí tổng hợp từ công nghệ hóa khí, sản xuất phân bón, sản phẩm hóa học, tinh chế kim loại, khử độc. Sản xuất than siêu sạch không chỉ có ý nghĩa về sử dụng hợp lý tài nguyên khoáng sản, giảm phát thải khí nhà kính, bảo vệ môi trường mà còn mở ra khả năng sử dụng than như một nguồn nguyên nhiên liệu mới quan trọng cho cuộc sống. Bài báo trình bày tổng quan các công nghệ chế biến và sử dụng than siêu sạch trên Thế giới và triển vọng ứng dụng đối với than cám ở Việt Nam.

Từ khóa: than siêu sạch; độ tro; tuyển than; hòa tách than; than cám

1. Giới thiệu

Ngày nay, than nhiên liệu đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới. Theo tổ chức World Nuclear Association, khoảng 26% nhu cầu năng lượng sơ cấp được đáp ứng bằng than, trong đó 37% là than điện. Việc đốt than sản sinh ra khoảng 15 tỷ tấn CO_2 mỗi năm. Các nỗ lực sử dụng than mà không phát thải hay giảm thiểu phát sinh khí cacbon dioxit đang là thách thức chính cho việc chế biến và sử dụng loại nhiên liệu này. Các công nghệ tiến bộ hiện nay là: thu giữ và lưu trữ cacbon (CCS); thu hồi, sử dụng và lưu trữ cacbon (CCUS); công nghệ đốt than hiệu suất cao – phát thải thấp (HELE) sử dụng công nghệ tới hạn và siêu tới hạn (USC); chu trình hỗn hợp khí hóa tích hợp (IGCC); đốt tầng sôi có áp suất (PFBC); khí hóa than (bao gồm khí hóa than hầm lò tại chỗ - UCG); than siêu sạch (UCC)… Ở mỗi công nghệ đều có các ưu điểm, nhược điểm và các rào cản công nghệ, tuy nhiên thách thức chung của chúng nằm ở việc thương mại hóa công nghệ.

Bên cạnh các mục đích nhiên liệu (sử dụng than một cách trực tiếp), các ứng dụng phi nhiên liệu của than (sử dụng hàm lượng C cao trong than) đang dần phổ biến trong các lĩnh vực công nghiệp và dân dụng. Than siêu sạch (UCC) là công nghệ xử lý mới giúp giảm độ tro xuống dưới 0,25% và hàm lượng lưu huỳnh ở mức rất thấp. Than siêu sạch có thể được sử dụng làm nguồn cacbon cho ngành công nghiệp luyện silicon; thay thế dầu để sản xuất hoá chất, nguyên liệu thơm (Jorjani và cộng sự, 2011a; Steel và cộng sự, 2001a); sản xuất nhiên liệu bùn than có thể thay thế quá trình đốt dầu trong động cơ diesel (Nydick và cộng sự, 1987); sản xuất than hoạt tính dùng trong các bộ lọc lọc nước, lọc không khí; sản xuất sợi cacbon (vật liệu gia cố cực bền dùng trong xây dựng); chế tạo cực dương cacbon thay thế than cốc dầu mỏ và dùng làm nhiên liệu cho các công nghệ sản xuất điện tiên tiến, chẳng hạn như đốt trực tiếp trong tuabin khí.

Có ít nhất hai công nghệ UCC đang được phát triển đó là phương pháp vật lý và phương pháp hóa học. Thách thức đối với quy trình chế biến than siêu sạch đó là khả năng thương mại hóa, giảm chi phí sản xuất, chi phí năng lượng và xử lý chất thải phát sinh trong quá trình sản xuất.

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamthanhhai@humg.edu.vn

2. Các ứng dụng của than siêu sạch

2.1. Nguồn cacbon cho ngành công nghiệp luyện silicon

Silicon là nguyên liệu thô quan trọng cho các lĩnh vực công nghiệp hóa chất, sản xuất hợp kim và điện tử. Silicon có độ tinh khiết trên 95% được coi là silicon loại luyện kim và được sản xuất bằng cách cho vật liệu giàu silic phản ứng với vật liệu giàu cacbon ở nhiệt độ cao. Quá trình xử lý tiếp theo thường được yêu cầu để sản xuất silicon với độ tinh khiết Si trên 99,9%, ứng dụng cho pin năng lượng mặt trời và các ứng dụng điện tử. Phương pháp khả thi để sản xuất silicon là khử nhiệt các vật liệu giàu silic (ví dụ, thạch anh) bằng vật liệu khử cacbon (ví dụ: than đá, dăm gỗ, than củi, ...) trong lò hồ quang chìm (Amini và cộng sự, 2016). Sự có mặt của các kim loại tạp chất trong sản phẩm silicon tinh chế dẫn đến giảm hiệu quả làm việc của các thiết bị và vật liệu được làm từ silicon ... Than là chất khử chính trong sản xuất silicon và chiếm 26% nguyên liệu thô được sử dụng trong quá trình nấu chảy silicon. Sự có mặt không thể tránh khỏi của manhetit trong sản phẩm than sạch cuối cùng (khi tuyển huyền phù) làm giảm đáng kể độ tinh khiết và khả năng ứng dụng của than. Theo đó, việc sản xuất silicon cho cấp luyện kim đòi hỏi phải sử dụng than siêu sạch. Hàm lượng vật chất và tạp chất thấp trong UCC là ưu điểm chính của lựa chọn này.

2.2. Thay thế dầu để sản xuất hoá chất, nguyên liệu thơm, sản xuất cốc, sản xuất than hoạt tính dùng trong các bộ lọc lọc nước, lọc không khí; sản xuất sợi cacbon, chế tạo cực dương cacbon

Than sử dụng với mục đích phi nhiên liệu chủ yếu là cốc luyện kim. Phương pháp chính là cacbon hóa ở nhiệt độ cao than bitum và bán bitum để sản xuất than cốc. Ngoài ra than còn có các đóng góp tích cực trong sản xuất vật liệu cacbon và các hóa chất đặc biệt. Do cacbon là thành phần chính và chủ yếu trong than nên việc lựa chọn các điều kiện xử lý phù hợp sẽ giúp chuyển đổi thành than hoạt tính, than chì hoặc các vật liệu cacbon khác. Đặc biệt, than chứa lượng cacbon có cấu trúc thơm, do đó, than có thể là nguyên liệu tốt hơn cho sản xuất hóa chất thơm thay thế chất béo.

Hóa lỏng than có thể trở thành một lựa chọn khả thi trong thế kỷ tới, để sản xuất nhiên liệu cũng như nguyên liệu hóa học. Chất lỏng sinh ra từ quá trình hóa lỏng than còn có thể được sử dụng làm nguyên liệu để sản xuất hóa chất hữu cơ và các vật liệu cacbon. Việc phát triển các sản phẩm hóa chất có giá trị gia tăng vừa có thể làm tăng hiệu quả kinh tế của quá trình hóa lỏng than, vừa làm cho than lỏng cạnh tranh hơn với dầu mỏ (than lỏng chứa nhiều hợp chất mà dầu mỏ không có). Theo đó, có hai cách tiếp cận chiến lược rộng rãi để chuyển đổi than thành hóa chất có giá trị gia tăng. Đầu tiên là cách tiếp cận gián tiếp, đây là cách chuyển than thành chất lỏng bằng các phương pháp như cacbon hóa, chiết xuất hoặc hóa lỏng. Sau khi thu được chất lỏng, chúng sẽ được tách hoặc chuyển đổi để tạo ra các sản phẩm hóa học đi kèm. Tuy nhiên, việc tách chất lỏng than thành các hợp chất riêng lẻ có thể tốn nhiều thời gian và chi phí. Chiến lược thay thế táo bạo hơn và có rủi ro cao hơn nhiều là cách tiếp cận trực tiếp. Theo phương pháp này, một chất phản ứng sẽ được đưa vào than để chỉ tách một tập hợp liên kết được xác định rõ ràng và phân tách cẩn thận các cấu trúc phân tử. Việc loại bỏ các cấu trúc có tính chọn lọc cao có thể tạo ra các monome hoặc tiền chất của các monome đối với một số vật liệu polyme hiệu suất cao.

Việc sử dụng than để khí hóa là sử dụng với mục đích phi nhiên liệu. Sản phẩm của quá trình được sử dụng làm nguyên liệu hóa học. Quá trình khí hóa hiện được sử dụng để sản xuất khí tổng hợp, sản xuất H_2 và xử lý hydro trong các ngành công nghiệp hóa dầu, lọc dầu. Ngoài ra, than phi nhiên liệu còn có các ứng dụng khác trong sản xuất hóa chất, xi măng, giấy, gốm sứ và các sản phẩm kim loại.

Một loạt nghiên cứu về sản xuất than hoạt tính từ than bitum bằng phương pháp hoạt hóa hóa học đã được giới thiệu. Các ứng dụng bao gồm: lọc nước, khử màu, chế biến thực phẩm và thu hồi vàng; lọc không khí, xử lý khí và thu hồi dung môi. Một ứng dụng khác của than giàu cacbon là cacbon sàng phân tử (MSC) để tách khí bằng hấp phụ sự thay đổi áp suất (PSA), hiện đã khả thi về mặt thương mại. Than antraxit cũng đã được sử dụng trong sản xuất điện cực cacbon vô định hình nhưng nó chưa được sử dụng trong sản xuất vật liệu grafit vì tính cấu trúc khó thay đổi. Một số than non ở California được sử dụng trong quá trình chiết xuất để tạo ra sáp montan, chất này có thể dùng trong xi đánh giày, dây thun và vật liệu cách điện.

Than siêu sạch (UCC) được nhận định là nguyên liệu tốt hơn than để sản xuất nhiên liệu, hóa chất và vật liệu dựa trên lượng cacbon cao trong thành phần như các ứng dụng đã liệt kê ở trên. Do hàm lượng cacbon trong than cao hơn nhiều và phần lớn tồn tại dưới dạng cấu trúc thơm. Song và Schobert (1996) đã gợi ý rằng than siêu sạch có thể là nguyên liệu tốt hơn dầu để sản xuất các hóa chất thơm và các sản phẩm như nhựa kỹ thuật, polyme chịu nhiệt ở nhiệt độ cao và sợi cacbon. Khi sử dụng UCC, những tác động bất lợi do chất khoáng có trong than đã được loại bỏ, do đó than siêu sạch phù hợp làm nguyên liệu để sản xuất các sản phẩm trên.

2.3. Nhiên liệu thay thế quá trình đốt dầu trong động cơ diesel

Kết quả thử nghiệm được thực hiện trên động cơ diesel một xi-lanh, tốc độ chậm, cho thấy hiệu suất

nhiệt gần như tương đương khi đốt bằng nhiên liệu bùn than/nước và dầu diesel trong khi lượng khí thải ô nhiễm, đặc biệt là NOx, thấp hơn. Tuy nhiên độ mài mòn của động cơ cao hơn đáng kể so với độ mòn xảy ra với nhiên liệu lỏng. Tuy nhiên, những tiến bộ công nghệ liên quan đến vật liệu vòng piston/ống lót xi lanh, thiết kế và kỹ thuật bôi trơn mới có thể khắc phục được vấn đề này. Các quan sát cụ thể liên quan đến bùn và chương trình thử nghiệm là: (1) Hiệu suất nhiệt khi vận hành bằng nhiên liệu bùn than/nước lớn hơn một chút so với hiệu suất đạt được với nhiên liệu diesel; (2) Hiệu suất nhiệt là một hàm số của kích thước hạt than trong phạm vi được thử nghiệm. Sự thay đổi về hiệu suất có thể liên quan đến tốc độ đốt cháy của hạt (chứ không phải do đốt cháy không hoàn toàn) hoặc ma sát bổ sung được tạo ra bởi các hạt than có đường kính lớn hơn ở bề mặt tiếp xúc của vòng piston/lòng xi lanh. Các nghiên cứu đã liệt kê khẳng định rằng hỗn hợp than – nước hoàn toàn có thể thay thế được dầu diesen khi vận hành các động cơ công suất lớn, tốc độ chậm. Điều này mở tra triển vọng ứng dụng than siêu sạch như một loại nhiên liệu thay thế trong bối cảnh dầu mỏ đang dần cạn kiệt. (Nydick và cộng sự, 1987)

2.4. Nhiên liệu cho các công nghệ sản xuất điện tiên tiến

CSIRO đã và đang phát triển một giải pháp thay thế cho nguồn điện phát thải thấp từ than đá và các nguồn cacbon khác thông qua dự án động cơ phun nhiên liệu cacbon trực tiếp (DICE). DICE phù hợp cho việc sản xuất điện quy mô lớn và các ứng dụng phi tập trung tại các địa điểm công nghiệp hoặc vùng sâu vùng xa. Lợi ích của công nghệ này bao gồm tăng hiệu quả sản xuất điện; giảm đáng kể lượng khí thải nhà kính, cung cấp điện trong khung thời gian ngắn hơn và ở quy mô nhỏ hơn so với công nghệ than thông thường. Nguồn nguyên liệu cho các nhà máy điện kiểu này rất đa dạng: than nâu, than bùn, sinh khối, than cốc dầu mỏ, UCC… Trong các loại nhiên liệu trên, UCC (với hàm lượng khoáng chất và tro được loại gần như triệt để) dễ dàng vận chuyển, lưu trữ và khi đốt sẽ thải ra ít các loại khí độc hại đối với môi trường và con người.

3. Công nghệ sản xuất than siêu sạch sử dụng phương pháp vật lý, hóa lý

Công nghệ sản xuất này dựa trên sự khác nhau về tỷ trọng, tính chất bề mặt và các tính chất vật lý của các khoáng vật đi kèm với cacbon. Các phương pháp tuyển nổi bọt, tuyển nổi ngăn máy Jameson, tuyển nổi cột, tuyển nổi pneumatic và kết hạt than - dầu được sử dụng dựa vào tính chất bề mặt của các thành phần trong khi sự khác biệt về tỷ trọng được ứng dụng trong máy lắng, bàn đãi, máng xoắn, xoáy lốc và tuyển huyền phù. Ngoài ra, sự khác nhau về độ từ cảm, độ dẫn điện/hằng số điện môi của các khoáng vật là cơ sở để ứng dụng tuyển từ và tuyển tĩnh điện trong khử các khoáng vật đi kèm.

3.1. Tuyển trọng lực

Các thiết bị tuyển đa trọng lực Mozley (MGS) đã được ứng dụng thành công trong việc xử lý than mịn. Máy tuyển huyền phù manhetit ứng dụng để làm sạch than với tỷ trọng được điều chỉnh nằm giữa tỷ trọng than và các khoáng vật đi kèm. Phân tuyển của xoáy lốc có đường kính nhỏ (15-20 cm) và/hoặc bằng áp suất cấp liệu cao (4690 kPa) đã chứng minh được hiệu quả. Quá trình tuyển trọng lực được đánh giá hiệu quả hơn nhiều so với tuyển nổi để xử lý các hạt than có độ hạt trung bình. Các thiết bị tuyển đa trọng lực Mosley, Falcon và Knelson được sử dụng để xử lý than mịn cỡ 0,25 mm. Kết quả cho thấy các quá trình này làm giảm độ tro của loại than khó tuyển từ 29% xuống còn khoảng 7%. Việc nâng cao chất lượng than non chứa 66% và 53% tro bằng thiết bị đa trọng lực (MGS) đã được nghiên cứu bởi Özgen và các cộng sự (2011). Than sạch chứa 23% tro với hiệu suất thu hồi là 49,3% và 60,01%. Máy tuyển đa trọng lực Falcon được sử dụng để phân tách các khoáng vật mịn và siêu mịn. Máy tuyển Falcon có thể tạo ra than sạch có độ tro là 36% từ than cấp liệu có độ tro khoảng 66% với hiệu suất thu hồi khoảng 35%. Tương tự, Honaker và các cộng sự (1996) đã loại bỏ 60% đến 70% tro từ việc xử lý một số mẫu than mịn sử dụng máy tuyển Falcon với khả năng thu hồi lớn hơn 85% phần cháy. Trong một nghiên cứu khác, than đầu có độ tro và tổng lưu huỳnh cao được phân tách từ máy Falcon gián đoạn với khả năng thu hồi hơn 90% lượng than.

3.2. Tuyển nổi

Tuyển nổi bọt là tách các đất đá tạp dựa vào sự phối hợp chính xác và hợp lý các loại thuốc tuyển nổi. Về cơ bản, tro và các khoáng chất chứa lưu huỳnh có trong than là ưa nước, do đó sẽ đi vào đuôi thải. Nói chung, tuyển nổi bọt là kỹ thuật được sử dụng để làm giàu các hạt than có kích thước dưới 0,5 mm. Tính chọn riêng của quá trình có thể được cải thiện bằng cách bổ sung thuốc tập hợp có nguồn gốc hydrocacbon để tăng tính kỵ nước của các hạt than. Tuy nhiên, hiệu quả của quá trình phụ thuộc vào tính kỵ nước của các hạt và mức độ giải phóng kết hạch trong than. Chi phí thuốc tuyển nổi và chi phí cho các khâu phụ trợ khiến phương pháp tuyển nổi đắt hơn các phương pháp vật lý khác. Tuy nhiên, để loại bỏ các vật liệu vô cơ như pyrit, phương pháp phù hợp nhất là tuyển nổi. Đối với các hệ thống microcel, bùn được tuần hoàn qua hệ thống phun để tạo ra các dòng xoáy để khuấy trộn và tạo bọt. Ở máy tuyển Jameson, các hạt và bóng

khí được gắn vào ống cấp liệu đi xuống. Các hệ thống khác như cột turbo thể hiện sự kết hợp giữa các ngăn máy thông thường với một số tính năng cải tiến. Nhìn chung (ở điều kiện tối ưu), than đầu có 16,3% tro và 2,0% tổng lưu huỳnh được nâng cao chất lượng thành than sạch (-38 μm) chứa 8,3% tro và 0,72% tổng lưu huỳnh với tỷ lệ thu hồi 81%.

Đặc điểm tuyển nổi của than bán bitum có độ tro cao từ mỏ than Talcher, Ấn Độ được nghiên cứu bởi Jena và cộng sự (2008). Ban đầu, than được tuyển nổi bằng thuốc tuyển thông thường trong máy tuyển nổi Denver D-12. Sau đó, than được xử lý bằng các hóa chất ethanol và butanol để khử các oxit bám trên bề mặt than. Than sạch có độ tro 31% và tỷ lệ thu hồi 80,4% được sản xuất từ than đầu chứa 41– 42% tro. Trong trường hợp sử dụng máy tuyển nổi cột, độ tro có thể giảm hơn nữa xuống 26,6% từ cùng một loại than với tỷ lệ thu hồi 66,5%. Ayhan và cộng sự (2005) đã nghiên cứu các điều kiện tuyển nổi tối ưu và nhận thấy: ở pH 9, dầu hỏa 250 g/t làm thuốc tập hợp và methyl isobutyl carbinol (MIBC) làm thuốc tạo bọt. Kết quả là độ tro than sạch đã giảm 50% cùng với việc loại bỏ phần lớn lưu huỳnh sunfat (>90%) và 67% lưu huỳnh pyrit. Các thông số quan trọng trong tuyển nổi là độ pH của bùn, loại và chi phí thuốc tuyển, nồng độ bùn, nhiệt độ và tốc độ khuấy trộn. Ảnh hưởng của thuốc tuyển và hỗn hợp thuốc tuyển đến quá trình tuyển nổi than bitum mịn (độ tro 23,95%) đã được nghiên cứu. Tỷ lệ thu hồi phần cháy (>90%) đạt được khi có mặt các thuốc tuyển thông thường như MIBC hoặc natri dodecyl sulfat (SDS). Reza và Farahnaz (2007) nghiên cứu việc giảm độ tro và lưu huỳnh từ than Tabas, Iran bằng phương pháp tuyển nổi. Việc sử dụng dầu hỏa và metanol làm thuốc tập hợp đã giảm hàm lượng tro và lưu huỳnh trong than lần lượt là 40 –50% và 30%, nhưng dầu hỏa ở mức tiêu thụ 125 g/tấn mang lại hiệu quả thu hồi than nhiều hơn (80%) so với metanol. Xiu-xiang và cộng sự (2009) đã thực nghiệm và chỉ ra rằng tuyển nổi không thể cải thiện hiệu quả chất lượng than mịn, trong khi các quy trình nghiền mịn – rửa và sấy than sạch và kết bông chọn lọc - tuyển nổi lại phù hợp với loại than này. So với quy trình tuyển nổi than ban đầu, các quy trình nghiền mịn – rửa/sấy đã tăng tỷ lệ thu hồi từ 50,8% lên 55,5%, đồng thời giảm hàm lượng tro sản phẩm từ 11,8% xuống 10,7%. Trong quá trình kết bông chọn lọc – tuyển nổi, độ tro thấp nhất trong than sạch là 10,7% với hiệu suất 58,7%, thu hồi cao hơn 7,8% và độ tro thấp hơn 1,1%. Các vòng tuyển nổi thông thường nhìn chung không hiệu quả trong việc thu hồi than mịn. Kết quả là đuôi thải của nhà máy tuyển nổi vẫn chứa một lượng than đáng kể có thể được thu hồi bằng cách sử dụng các thiết bị hiệu quả hơn như tuyển nổi cột. Các thí nghiệm đã được tiến hành bằng cách sử dụng tuyển nổi cột để thu hồi than cốc mịn từ đuôi thải của nhà máy tuyển nổi than đang hoạt động ở Ấn Độ (Reddy P.S.R. và cộng sự, 2000). Kết quả chỉ ra rằng từ đuôi thải có thể thu hồi 60% than với độ tro 15%. Liangshen và cộng sự (2022) kết hợp nghiền và tuyển nổi khí hóa thuốc tập hợp để thu được than siêu sạch. Kết quả chỉ ra rằng, so với phương pháp tuyển nổi truyền thống, phương pháp tuyển nổi khí hóa thuốc tập hợp có thể thu được than sạch có tỷ lệ thu hồi phần cháy cao hơn 4,1%, độ tro của than sạch thấp hơn 0,3% (ở chi phí thuốc tập hợp là 2,0 kg/t).

3.3. Kết hạt than - dầu

Trong số các phương pháp vật lý, quá trình kết hạt than - dầu đã thu hút được sự chú ý đặc biệt trong những năm gần đây. Quá trình kết tụ dựa trên nguyên tắc các hạt than có tính kỵ nước tự nhiên nên được kết tụ và tách ra khỏi các khoáng vật đi kèm bằng cách thêm cầu nối chất lỏng thích hợp làm dính ướt các thành phần chứa cacbon. Quá trình kết hạt dầu được dùng cho: (1) Làm giàu than, đặc biệt là than cực mịn mà các phương pháp thông thường không thể xử lý được; (2) Thu hồi và nâng cấp bùn than và nước thải có nguồn gốc từ các nhà máy tuyển than thông thường và (3) Điều chế than có hàm lượng tro và lưu huỳnh vô cơ đặc biệt thấp. Baruah và cộng sự (1982) đã xử lý than của mỏ Assam (Ấn Độ) bằng cách kết tụ với xylene và hexane. Tỷ lệ thu hồi các vật chất hữu cơ tối đa khi dùng xylene là 92% trong khi với hexane giá trị này là khoảng 55%. Độ tro của các sản phẩm sau kết hạt là 10%. Các quá trình phân tách dựa vào đặc tính bề mặt như tuyển nổi và kết tụ dầu theo truyền thống được công nhận là phương pháp thực tế để làm sạch than mịn. Các quá trình này có hiệu quả cao trong việc loại bỏ các khoáng vật đã được giải phóng, nhưng sẽ kém hiệu quả hơn nhiều nếu than có chứa các kết hạch hoặc các vật chất nằm trong than.

3.4. Tuyển từ - Tuyển điện – Vi sóng

Tuyển từ là một phương pháp vật lý quan trọng và đầy hứa hẹn để loại bỏ tro và lưu huỳnh khỏi than dựa trên sự khác biệt về tính chất từ. Than thường có thể được tách ra khỏi các vật chất thuận từ còn lại bằng các thiết bị tuyển từ. Máy tuyển từ thường là dạng máy tuyển từ đa hướng (High-Gradient Magnetic Separation - HGMS và Open-Gradient Magnetic Separation - OGMS). Tùy thuộc vào loại than được sử dụng và các điều kiện phân tách được sử dụng, các kết quả thử nghiệm đã chỉ ra rằng việc sử dụng HGMS một lần có hiệu quả trong việc giảm tổng lưu huỳnh xuống 40%, tro xuống 35% và lưu huỳnh pyrit xuống 80%. Tỷ lệ thu hồi than tối đa khoảng 95% (Liu Y.A. & Lin C.J., 1976). Phương pháp tuyển từ ướt và khô đã được sử dụng trong máy tuyển HGMS để khử lưu huỳnh trong than nghiền mịn. Trong điều kiện phân

tách tối ưu, kỹ thuật này có hiệu quả làm sạch tới 72% lưu huỳnh pyrit và 44% độ tro với tỷ lệ thu hồi nhiệt trị gần 95%.

Tuyển điện là một công nghệ làm sạch than mịn khô tiên tiến (quá trình tuyển tĩnh điện ma sát có thể xử lý hiệu quả than mịn có kích thước dưới 74 μm). Sự phân tách xảy ra dưới tác dụng của điện trường rất cao. Hai quá trình tuyển tĩnh điện phổ biến, một loại sử dụng sự khác biệt về điện trở suất trong khi loại kia sử dụng sự khác biệt trong cấu trúc bề mặt điện tử (Mazumder M.K. và cộng sự, 1994)

Việc xử lý than bằng chiếu xạ vi sóng (tần số 2,45 GHz/bước sóng 12,2 cm và năng lượng $1,22x10^5$ eV đối với hầu hết các ứng dụng công nghiệp) phụ thuộc vào đặc tính điện môi của nó. Sự khác biệt về đặc tính điện môi của các chất hữu cơ và vô cơ trong than dẫn đến sự gia nhiệt khác nhau khi sử dụng lò vi sóng. (Chatterjee và cộng sự 1991) đã xác định hằng số điện môi của than khô, pyrit và chất khoáng (không có pyrit) lần lượt là 3,7 và 4,6. Độ từ cảm của pyrit cũng cải thiện khi đun nóng do sự chuyển đổi FeS_2 thành FeS, một vật liệu có từ tính mạnh. Sự chuyển đổi pyrit thành pyrrhotite ($Fe_{1-x}S$) sau khi xử lý bằng vi sóng đã được xác nhận làm tăng độ từ cảm của than và làm cho việc khử lưu huỳnh dễ dàng hơn bằng tuyển từ.

3.5. Tuyển tầng sôi khô

Hiện nay, việc làm sạch than đá phần lớn được thực hiện bằng thiết bị tuyển huyền phù, tuyển lắng, tuyển nổi,... Trong các kỹ thuật này, nước được sử dụng làm môi trường phân tách. Việc giảm hàm lượng tro trong than bằng cách làm sạch than, nhưng lượng nước tiêu thụ lớn làm tăng chi phí sản xuất, đòi hỏi phải xử lý lượng nước đi kèm trước khi thải ra môi trường và tăng chi phí khử nước các sản phẩm. Quá trình tuyển tầng sôi khô tạo ra sự khác biệt về tỷ trọng môi trường nhờ chuyển động liên tục của các dòng không khí để tách vật liệu. Những hạt nhẹ hơn sẽ nổi lên trên hệ lớp đệm và những hạt nặng hơn sẽ chìm. Về cơ bản, máy phân tách tầng sôi có thể được phân thành ba loại chính sau: Máy phân tách Yancey và Frazer (kích thước cấp liệu từ 1–5 cm), máy tầng sôi dạng kênh nghiêng (tuyển vật liệu có kích thước từ 7,5 cm đến 0,6 mm), máy phân tách hình chữ nhật và máy phân tách máng tròn.

3.6. Nhận xét về phương pháp tuyển vật lý, hóa lý

Tro thường được xâm nhiễm vào cấu trúc than và do đó việc nâng cao chất lượng than bằng phương pháp vật lý là khó khăn, mặc dù nó có thể đơn giản. Một số hạn chế của việc làm sạch than bằng phương pháp tuyển vật lý và hóa lý là: (1) Cần phải nghiền rất mịn để giải phóng các tạp chất pyrit mịn. Nghiền mịn là hoạt động tốn nhiều năng lượng nhất và các hạt siêu mịn khó xử lý và khó tách nước; (2) Khử lưu huỳnh hiệu quả tốt khi than có độ hạt mịn nhưng sẽ khó áp dụng các phương pháp rẻ tiền (tuyển trọng lực) cũng như đưa đến các vấn đề liên quan đến khử nước; (3) Chỉ có thể loại bỏ lưu huỳnh pyrit bằng phương pháp vật lý, nhưng cũng có thể gây ra mất mát chất bốc; (4) Tuyển trọng lực than thường yêu cầu cỡ cấp liệu lớn hơn 0,5 mm; (5) Việc tách vật lý không phù hợp với các khoáng vật có liên kết hóa học trong than.

Vì vậy, phương pháp tuyển hóa học đối với than được coi là cần thiết để loại bỏ hiệu quả các khoáng vật được phân bố mịn và liên kết chặt chẽ với than. Có thể sản xuất than siêu sạch (UCC) bằng cách khử các khoáng vật tạo tro, lưu huỳnh pyrit và lưu huỳnh hữu cơ. Làm sạch than bằng hóa chất rất đơn giản khi nó hoạt động ở điều kiện ôn hòa. Mặc dù tuyển hóa học thường có thể loại bỏ tạp chất tốt hơn so với tuyển vật lý, hóa lý nhưng chi phí cao hơn sẽ hạn chế ứng dụng thương mại của nó.

4. Công nghệ sản xuất than siêu sạch sử dụng phương pháp hóa học

Nhìn chung, tuyển than bằng phương pháp vật lý, hóa lý không thể giảm hàm lượng khoáng vật tạp của than để tạo ra UCC, do đó, các quy trình khử khoáng bằng hóa học, riêng lẻ hoặc kết hợp, được sử dụng rộng rãi trong sản xuất UCC (Steel và cộng sự, 2001a). Các quá trình khử khoáng bằng hóa học được sử dụng bao gồm kết hợp NaOH - axit; KOH- axit ; HF - HNO_3; $Ca(OH)_2$ thay thế cho NaOH; HCl - HF - $H_2SO_4/Fe_2(SO_4)_3$; các chất oxy hóa như H_2O_2, $FeCl_3$; $K_2Cr_2O_7$; hòa tách tuần tự bằng NaOH–H_2SO_4 …

4.1. Hòa tách bằng axit

Axit flohydric (HF) có thể hòa tan hiệu quả thạch anh và kaolinit. Hai giai đoạn hòa tách có thể được ứng dụng: hòa tách bằng axit HF, sau đó là hòa tách bằng $HNO_3/Fe(NO_3)_3$ các loại than bitum khác nhau. Steel và Patrick (2001) đã nghiên cứu việc sản xuất UCC bằng cách khử khoáng hóa học một loại than dễ bay hơi của Anh chứa 7,9% tro và 2,6% lưu huỳnh bằng cách hòa tách bằng HF, sau đó là dung dịch HNO_3. Sau khi xử lý bằng HF, độ tro của than giảm xuống còn 2,6%. Than được xử lý tiếp bằng HNO_3 đã giảm độ tro xuống 0,63%. Trong một nghiên cứu khác, sử dụng phương pháp này đã giảm độ tro từ 5% xuống 0,2%. Một loại than bitum của Vương quốc Anh có kích thước hạt <62 μm và chứa 5,0% độ tro và 2,4% S được xử lý bằng trình tự hòa tách hai giai đoạn bằng dung dịch HF, sau đó là dung dịch HNO_3. Khi than chỉ xử lý bằng HF, độ tro giảm xuống 1,63%. Sau đó tăng nồng độ HNO_3 lên tới 1,37 M thì độ tro giảm

xuống còn 1,05%. Sản xuất than siêu sạch kết hợp tiền xử lý bằng vi sóng và quá trình hòa tách tuần tự với HF và HNO_3 đã được giới thiệu (Jorjani và cộng sự, 2011b). Khử khoáng than bitum của Anh bằng phương pháp hòa tách hai giai đoạn (axit hydrofluoric và nitrat sắt) (Wu & Steel, 2007) cho thấy hàm lượng tro giảm từ 5,3% xuống 990 ppm. Giai đoạn đầu tiên hòa tách bằng HF ở 65ºC làm giảm độ tro xuống còn 1,37%, chủ yếu là loại bỏ các khoáng chất có chứa Al và Si và sau đó hòa tách bằng các ion sắt làm giảm hàm lượng tro hơn nữa (990 ppm) bằng cách loại bỏ hầu hết pyrit và florua được hình thành trong quá trình hòa tách HF. Trình tự hòa tách hai giai đoạn của dung dịch nước HF và HNO_3 đã được đề xuất (Rubiera và cộng sự, 2003) để khử khoáng than. Việc xử lý hóa học than bitum, chất bốc cao với 25% HF trong 8 giờ ở 60ºC, sau đó là 25% HNO_3 trong 16 giờ ở 60ºC đã làm giảm độ tro lần lượt từ 6,2% xuống 2,2% và sau đó xuống 0,3%. Trong quy trình làm sạch bằng hóa chất (quy trình Meyers), than nghiền được hòa tách bằng dung dịch axit sunfuric/sắt sunfat ở 100–130ºC trong vài giờ (Meyers và cộng sự, 1972). Kết quả là gần như toàn bộ lưu huỳnh pyrit được loại bỏ. Rodriguez và cộng sự (1996) kết luận rằng việc hòa tách bằng axit nitric của than Tây Ban Nha ở áp suất khí quyển có hiệu quả trong việc khử lưu huỳnh, đặc biệt là loại bỏ lưu huỳnh vô cơ. Bằng cách hòa tách với axit nitric 30% ở 90ºC, hàm lượng lưu huỳnh tổng giảm xuống gần bằng 0, lưu huỳnh sunfat giảm 86%, lưu huỳnh pyrit 94%, lưu huỳnh hữu cơ giảm 28,9% sau 5 phút và 39,1% sau 2 giờ). Alvarez và cộng sự (2003) quan sát thấy rằng HNO_3 làm giảm nhanh lưu huỳnh pyrit và sunfat. Tuy nhiên, kết quả FT-IR của than được hòa tách ở nhiệt độ cao bằng axit nitric cho thấy khả năng oxy hóa của than tăng lên và O^{2-} của nhóm nitrat xuất hiện dưới dạng nhóm cacbonyl trong cấu trúc phân tử của than. Vì lý do này nên tránh quá trình hòa tách bằng axit nitric để bảo toàn các đặc tính và cấu trúc mong muốn của than.

Steel và cộng sự (2001b) đã nghiên cứu hành vi hòa tách của khoáng vật trong than bằng dung dịch HCl và HF. Người ta thấy rằng HCl có thể hòa tan các hợp chất đơn giản như phốt phát và cacbonat, nhưng nó không thể hòa tan hoàn toàn đất sét. HF phản ứng với hầu hết mọi khoáng vật ngoại trừ pyrit. Quá trình khử lưu huỳnh trong than Tabas Mezino được tiến hành với hai bước tuyển nổi bọt liên tiếp ở nhiệt độ môi trường, sau đó hòa tách bằng axit nitric (Alam và cộng sự, 2009). Sau các quá trình này, tổng lượng lưu huỳnh (1,76%) và tro (16,8%) đã giảm thêm lần lượt là 75,4% và 53,2% .

Hòa tách bằng axit để khử khoáng vật trong than có thể làm thay đổi hình thái bề mặt và gây hại cho cacbon, đồng thời làm giảm nhiệt trị và gây ra các vấn đề về môi trường do khả năng oxy hóa mạnh của chúng. Vì vậy, một số chất hòa tách nhẹ được xem xét khử tro than để tránh những nhược điểm trên. EDTA và axit citric được cho là có hiệu quả tương đương với các axit HCl, HNO_3 và HF. Việc sử dụng các axit rẻ tiền và yếu như axit pyroligneous và axit citric để tạo ra than siêu sạch đã được chứng minh là có hiệu quả (Wijaya và cộng sự, 2011). So với amoni axetat, các axit này thậm chí có thể hoạt động như tác nhân chelat để huy động các oxit/hydroxit không hòa tan axit nitric trong than, do đó có thể làm giảm đáng kể hàm lượng tro và thậm chí cả hàm lượng lưu huỳnh/clo. Hiệu quả của quá trình khử khoáng đối với than bitum Ấn Độ chứa 8,20% tro đã được nghiên cứu bằng cách hòa tách các axit hữu cơ khác nhau (acetic, oxalic, axit citric và gluconic, và EDTA) ở nhiệt độ phòng. Khi quá trình hòa tách được thực hiện bằng axit citric và EDTA, hàm lượng tro và lưu huỳnh giảm xuống lần lượt dưới 1,94% và 1,81%. Việc hòa tách EDTA, axit axetic và axit gluconic có thể loại bỏ hoàn toàn canxi đồng thời loại bỏ đáng kể nhôm và silic, trong khi việc rửa trôi bằng axit citric có thể loại bỏ hoàn toàn nhôm khỏi nền than. Nhiệt trị của than tăng 12% khi hòa tách bằng EDTA và axit gluconic. Quá trình hòa tách các kim loại khác nhau từ than vào dung môi chứa axit hoặc chất chelat đã được Ohki và cộng sự (2004) nghiên cứu. Xu hướng kim loại trong than bị hòa tách được chia thành ba loại, chẳng hạn như hòa tách phần lớn (Ca, Mg và Mn), hòa tách một phần (Cu, Fe, Pb và Zn), và hòa tách một ít (Al, Co, Cr và Ni). Sự khử khoáng được nhận thấy là tăng lên khi nồng độ HNO_3 hoặc EDTA tăng lên. Điều thú vị là ngay cả nồng độ EDTA thấp (0,1 mM) cũng có khả năng hòa tách kim loại đáng kể như Mn.

Tác dụng của riêng hydrogen peroxide và sự hiện diện của axit sulfuric loãng đối với quá trình khử lưu huỳnh và khử khoáng của than ở khu vực đông bắc, Ấn Độ đã được nghiên cứu bởi Mukherjee và cộng sự (2001). Riêng hydro peroxide (15%) đã loại bỏ hơn 76% lưu huỳnh pyrit, 70% lưu huỳnh sunfat, 5% lưu huỳnh hữu cơ và hơn 14% tro ở 25ºC. Quá trình đã cải thiện đến mức loại bỏ gần như hoàn toàn lưu huỳnh pyrit và sunfat, trên 26% lưu huỳnh hữu cơ và tro 43% khi có mặt H_2SO_4 0,1N.

Vasilakos và cộng sự (1984) đã nghiên cứu quá trình làm giàu hóa học của than bitum có hàm lượng chất bốc cao với H_2O_2/H_2SO_4 ở nhiệt độ môi trường. Kết quả là gần như hoàn toàn lưu huỳnh vô cơ được loại bỏ và giảm đáng kể lượng tro. Tuy nhiên, lưu huỳnh hữu cơ hầu như không bị ảnh hưởng. Ahnonkitpanit và Prasassarakich (1989) đã áp dụng phương pháp xử lý tương tự đối với than bán bitum chất bốc cao từ Thái Lan và quan sát thấy việc loại bỏ một lượng nhỏ lưu huỳnh hữu cơ (7,1%) cùng với việc loại bỏ gần như hoàn toàn tro và lưu huỳnh vô cơ. Karaca và Ceylan (1997) cũng nhận thấy H_2O_2 là tác nhân hiệu quả để loại bỏ tro và lưu huỳnh pyrit, nhưng kém hiệu quả hơn đối với lưu huỳnh hữu cơ. Dung dịch H_2O_2 15% thích hợp để giảm đáng kể tro (65% và 31%) và lưu huỳnh pyrit (97% và 92%) từ hai mẫu than non Thổ

Nhĩ Kỳ ở các mỏ Beypazari và Tuncbilek, tương ứng trong vòng 60 phút xử lý ở 30°C; các mẫu chứa lần lượt 21,4% và 16,71% tro và 0,98% và 0,73% lưu huỳnh pyrit.

4.2. Hòa tách bằng kiềm

Việc khử khoáng của than bằng dung dịch kiềm được một số nhà nghiên cứu báo cáo. Kara và Ceylan (1988) đã báo cáo các kết quả tương tự về quá trình khử khoáng (91%) than non Thổ Nhĩ Kỳ bằng NaOH. Friedman và Warzinski (1977) đã loại bỏ hoàn toàn lưu huỳnh pyrit và 40% lưu huỳnh hữu cơ khỏi than bằng dung dịch natri hydroxit ở 300ºC. Xử lý hóa học than bằng cách nghiền và hòa tách trong dung dịch xút được Balaz và cộng sự (2001) trình bày. Nghiền hai loại than khác nhau có 28,2% và 7% tro, 3,0% và 2% lưu huỳnh, sau đó hòa tách bằng NaOH 5% đã làm giảm hàm lượng lưu huỳnh xuống lần lượt là 1,5% và 0,9%.

Hòa tách kiềm nóng chảy (MCL) là một quá trình hiệu quả khác để giảm đáng kể lượng khoáng vật tạo tro, pyrit lưu huỳnh và lưu huỳnh hữu cơ từ than. Loại bỏ các thành phần vô cơ từ nhiên liệu bằng MCL ở 200-400ºC có thể được biểu thị bằng phương trình:

$$SiO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2O \text{ và } 4FeS_2 + 20NaOH \rightarrow 4NaFeO_2 + 8Na_2S + 10H_2O + O_2$$

Do đó, natri silicat và natri ferrat (natri oxit sắt) có thể được loại bỏ dễ dàng bằng cách khuấy với nước trong khi tái tạo chất kiềm đã qua sử dụng. Quá trình khử lưu huỳnh bằng kiềm có hiệu quả hơn trong việc loại bỏ lưu huỳnh pyrit so với lưu huỳnh hữu cơ. Lolja (1999) đã loại được 50% tổng lượng lưu huỳnh từ mẫu than có tổng lượng lưu huỳnh là 3,69% (sử dụng phương pháp MCL) kết hợp với 1M KOH ở nhiệt độ phòng trong 2 giờ.

Sử dụng $Ca(OH)_2$ thay thế NaOH đã cho hiệu quả tốt và tiết kiệm chi phí hơn. Các ưu điểm khác của việc sử dụng vôi thay vì natri hydroxit là: (1) việc chiết chất hữu cơ than vào dung dịch cái ít tốn kém hơn; (2) ít ăn mòn lò phản ứng và vật liệu thiết bị, và (3) tác động gây ô nhiễm của cặn ít hơn nếu than đã qua xử lý hóa học được sử dụng trong các ứng dụng đốt hoặc khí hóa. Wang và Tomita (1997) đã nghiên cứu tính chất hóa học của phản ứng thủy nhiệt $Ca(OH)_2$ với thạch anh nguyên chất và kaolinit nguyên chất. Wang và cộng sự (1996) đã báo cáo khoảng 76% lượng tro được loại bỏ khỏi than Newstan của Úc bằng cách hòa tách với 5% CaO ở 340ºC trong 120 phút, sau đó rửa bằng axit clohydric; hàm lượng tro giảm từ 9,2% xuống 2,2%.

Than Nigeria với việc khử tro bằng Na_2CO_3, một chất thay thế rẻ hơn cho natri hydroxit đã được nghiên cứu (Adeleke A.A. và cộng sự, 2011) với mức giảm độ tro trung bình là 38,66% từ lượng tro cấp vào là 32,55% xuống còn 19,90% tro. Việc loại bỏ hoàn toàn lưu huỳnh vô cơ và giảm 70% lưu huỳnh hữu cơ trong than đạt được bằng dung dịch Na_2CO_3 loãng ở nhiệt độ từ 120 đến 150ºC. Markuszewski và cộng sự. (1985) đã xử lý một số loại than bitum (7–15% tro và 3–5% S) bằng hỗn hợp nóng chảy của NaOH và KOH ở 350–370ºC và có thể loại bỏ 80–90% tro và 70–80% tổng lưu huỳnh. Trong quy trình TRW Gravimelt, hỗn hợp NaOH và KOH chứ không phải chỉ riêng NaOH đã khử lưu huỳnh hiệu quả (>90% tổng lưu huỳnh) ở nhiệt độ 350ºC .

4.3. Hòa tách than bằng sự kết hợp kiềm và axit

Một sản phẩm than vượt quá yêu cầu về độ tinh khiết (hàm lượng tro, sắt và silic) trong cực dương cacbon Hall Cell đã được xử lý bằng một trình tự hòa tách bao gồm xử lý xút, sau đó là xử lý bằng axit sulfuric và nitric. Hai bước hòa tách axit trong quy trình ba bước cũng có thể được kết hợp mà không ảnh hưởng xấu đến chất lượng than dùng cho mục đích làm cực dương. Trong quá trình này, phần lớn pyrit phản ứng với NaOH, tạo thành Fe_2O_3 và Na_2S. Hàm lượng silic và nhôm bị giảm đi do phản ứng với NaOH. Axit H_2SO_4 và axit citric được sử dụng sau đó để hòa tan các vật chất còn lại. Kết quả là than có độ tro 3-10% giảm xuống còn 0,03 - 0,11%.

Nghiên cứu của Mukherjee và Borthakur (2001) cho thấy việc xử lý than có 43–50% tro, tổng lưu huỳnh vô cơ và 10% lưu huỳnh hữu cơ từ hai loại than Assam (lần lượt là 8,4% và 10,4% tro, tổng lưu huỳnh 4,3%) bằng cách sử dụng dung dịch NaOH 16% sau đó là 10% HCl ở 90–95ºC. Nghiên cứu tiếp theo được báo cáo chỉ sử dụng KOH ở nhiệt độ 95ºC và 150ºC và kết hợp với xử lý bằng axit nhẹ. Ở 150ºC, than được xử lý với 18% KOH và 10% HCl, lượng lưu huỳnh được khử lên đến 52,7% cùng với việc loại bỏ toàn bộ lưu huỳnh vô cơ và 37% lưu huỳnh hữu cơ.

Bolat và cộng sự (1998) đã nghiên cứu quá trình khử khoáng vật đi kèm của than Thổ Nhĩ Kỳ bằng cách sử dụng các axit khác nhau (HF, HCl, HNO_3 và H_2SO_4) và kết hợp dung dịch NaOH 0,5 N và nhận thấy khả năng khử khoáng vật đi kèm tối đa là 46,78%. Trong một nghiên cứu khác, độ tro của than 3,3% thu được từ than non Tuncbilek khi được xử lý bằng 30% NaOH và 10% HCl .

5. Phương pháp chế biến vi sinh

Phương pháp tuyển vi sinh để chế biến than là một công nghệ mới đã được nghiên cứu với hai mục đích: (1) làm sạch than – loại bỏ lưu huỳnh, nitơ và kim loại bằng các quy trình vi sinh vật và (2) chuyển hóa

than – hóa lỏng vi sinh vật, khí hóa vi sinh vật, sản xuất mêtan... Chế biến vi sinh than có ưu điểm là yêu cầu về vốn và chi phí vận hành thấp hơn; cả lưu huỳnh pyrit và lưu huỳnh hữu cơ đều có thể được loại bỏ bằng xúc tác vi sinh vật mà không gây tổn thất năng lượng đáng kể hoặc mất mát than. Quá trình này hoạt động ở nhiệt độ thấp (25–75ºC) và áp suất khí quyển, do đó tiêu tốn ít năng lượng hơn so với các quá trình hóa học. Quá trình khử lưu huỳnh sinh học của than có thể đạt được bằng cách xử lý vi sinh trong điều kiện phòng thí nghiệm và có thể được áp dụng vào hoạt động thương mại.

Tác dụng của một số loại nấm sợi như Aspergillus niger và Penicillium sp. về quá trình khử khoáng của than chất lượng thấp (bán bitum) đã được nghiên cứu bởi Manoj và Elcey (1963). Kết quả cho thấy độ tro giảm khoảng 73% khi được hòa tách bằng môi trường nuôi cấy hỗn hợp Aspergillus niger và Penicillium sp. Than được xử lý như vậy cho thấy nhiệt trị tăng 26,5% và hàm lượng cacbon tăng khoảng 20%.

Một số vi sinh vật đã được phát hiện có tác dụng khử lưu huỳnh trong than. Zarubina và cộng sự (1959) đã khử lưu huỳnh bằng cách sử dụng vi khuẩn ưa axit, tự dưỡng (Acidithiobacillus ferrooxidans) và báo cáo quá trình oxy hóa vi khuẩn của lưu huỳnh pyrit trong than. Vi khuẩn này được sử dụng làm môi trường nuôi cấy thuần khiết và hỗn hợp trong đó các loài khác, chẳng hạn như A. thiooxidans, Leptospirillum ferrooxidans, Acidithiobacillus acidofilus, ..., hiện diện với tỷ lệ nhỏ hơn. Ưu điểm của việc sử dụng hỗn hợp nuôi cấy là tận dụng được đặc tính của từng vi sinh vật.

Mặc dù các phương pháp trên đã được chứng minh là thành công trong việc loại bỏ pyrit phân tán mịn khỏi than, điều mà khó đạt được bằng các phương pháp vật lý, nhưng quá trình khử pyrit được cho là quá chậm. Ngoài ra, việc này còn tốn kém vì cần phải khử nước và làm khô thêm trước khi loại than này có thể được sử dụng trong công nghiệp. Quá trình xử lý sinh học than bằng cách sử dụng vi khuẩn là một quá trình hấp dẫn nhưng tính phù hợp của nó phải được thiết lập ở quy mô lớn hoặc quy mô thí điểm. Vì quá trình khử lưu huỳnh sinh học mất nhiều thời gian hơn khoảng 1- 2 tuần nên cần nghiên cứu sâu hơn để giảm thời gian ủ và hòa tách.

6. Triển vọng ứng dụng đối với than cám ở Việt Nam

Việt Nam có trữ lượng than lớn trong đó khoảng hơn 90% phục vụ cho mục đích nhiên liệu, một số ít được phục vụ cho các mục đích phi nhiên liệu trong đó luyện cốc, mỹ phẩm, chế phẩm hóa học, công nghệ pin… Ngoài ra còn một lượng lớn các sản phẩm tro bay và tro xỉ của các nhà máy nhiệt điện vẫn còn chứa một lượng nhất định than chưa được xử lý và sử dụng hợp lý. Với các mục đích nhiên liệu, giá thành của than chưa cao do chỉ tận dụng được nhiệt mà chưa tận dụng giá trị về hàm lượng cacbon và các tính chất của các hydrocacbon thơm đi kèm. Việc nghiên cứu một công nghệ phù hợp để sản xuất ra than siêu sạch với độ tro thấp, hàm lượng cacbon cao mang lại giá trị kinh tế lớn hơn, đóng góp thiết thực hơn trong thực tế cuộc sống và các ngành công nghiệp chủ chốt. Chế biến sâu than mang lại giá trị gia tăng tốt hơn cho các sản phẩm từ nguồn nguyên-nhiên liệu hóa thạch này, tạo công ăn việc làm và đóng góp nhiều hơn cho an sinh xã hội. Thêm vào đó, trong bối cảnh kinh tế tuần hoàn, kinh tế xanh, việc tách triệt để các tạp chất ra khỏi than tạo điều kiện cho sử dụng tổng hợp các sản phẩm, giảm thiểu các chất thải, khí thải ra môi trường.

7. Kết luận

Để khử khoáng than hay sản xuất than siêu sạch, các quy trình vật lý là phương pháp kinh tế nhất và thường được ưu tiên khi có thể. Nhìn chung, các quá trình trọng lực khá hữu ích cho việc khử khoáng chất trong than có kích thước hạt lớn. Các quá tuyển nổi bọt cũng khá thành công đối với các hạt có kích thước dưới 0,5 mm, nhưng gặp vấn đề trong việc sử dụng lượng nước lớn.

Mặc dù các hạt khoáng vật có thể được loại bỏ bằng quá trình làm giàu vật lý, nhưng đối với các hạt xâm nhiễm mịn, liên kết với cấu trúc than hoặc các nguyên tố hữu cơ liên kết thì làm giàu bằng hóa học là một phương pháp hiệu quả. Tuy nhiên, những phương pháp này đắt tiền do yêu cầu về hóa chất và khử nước của bùn cỡ mịn. Hầu như tất cả các nghiên cứu về khử khoáng của than đều bỏ qua khả năng tái sử dụng nước thải hoặc xử lý nó vì hiện tại không có phương pháp nào trong số này được sử dụng trong công nghiệp.

Mặc dù quá trình khử lưu huỳnh vô cơ cũng như lưu huỳnh hữu cơ có thể đạt được, quá trình phát triển hoàn thiện phương pháp hòa tách sinh học vẫn cần được nghiên cứu thêm. Việc thiết lập quy trình khử lưu huỳnh sinh học ở quy mô thí điểm/quy mô lớn có thể đảm bảo việc khai thác quy trình này để chuẩn bị than.

Đối với các ứng dụng chung như sản xuất nhiệt điện, xi măng và các ngành luyện kim không quan trọng, các phương pháp làm giàu bằng hóa học có thể không cạnh tranh được với các công nghệ tuyển vật lý hiện đang áp dụng cho việc chuẩn bị than (do yêu cầu về chi phí thấp và phải thân thiện với môi trường). Tuy nhiên, việc sử dụng các phương pháp hóa học kết hợp với phương pháp vật lý như một bước tiền xử lý là

một giải pháp khả thi. Sự kết hợp này đã cho thấy khả năng khử cặn và khử khoáng của các loại than khác nhau. Bằng quá trình làm giàu vật lý-hóa học kết hợp, than sạch hơn và than siêu sạch có thể được sản xuất cho các mục đích sử dụng cụ thể như ứng dụng luyện kim và tua bin khí.

Về công nghệ chế biến than siêu sạch, sự phối hợp giữa các phương pháp tuyển vật lý và các phương pháp hóa học mang lại triển vọng cao về mặt kỹ thuật và có khả năng thương mại hóa. Tuy nhiên cũng cần tính đến các vấn đề sử dụng, xử lý các sản phẩm thải sau sản xuất. Công nghệ vi sinh có ưu điểm thân thiện với môi trường, tuy nhiên việc điều khiển hoàn thiện quá trình đòi hỏi phải có các nghiên cứu cụ thể hơn trong tương lai.

Than siêu sạch chỉ có thể sản xuất khi có đầu ra cho các sản phẩm loại này. Công nghệ này có thể phát triển được hay không phải đòi hỏi có hợp tác liên ngành giữa các đơn vị chế biến than, chế tạo thiết bị, các đơn vị sử dụng nguồn nguyên - nhiên liệu này. Ngoài ra, cũng cần có định hướng của chính sách trong việc phát triển mạnh mẽ hơn nữa các công nghệ chế biến sâu than tương tự như các loại khoáng sản khác.

Tài liệu tham khảo

Adeleke A.A., Ibitoye S.A., Afonja A.A. & Chagga M.M. 2011. Multistage caustic leaching de-ashing of Nigerian Lafia-Obi coal. *Pet Coal*, *53*(4), 259-265.

Ahnonkitpanit, E. & Prasassarakich, P. 1989. Coal desulphurization in aqueous hydrogen peroxide. *Fuel*, *68*(7), 819–824. https://doi.org/10.1016/0016-2361(89)90114-2

Alam, H. G., Moghaddam, A. Z. & Omidkhah, M. R. 2009. The influence of process parameters on desulfurization of Mezino coal by HNO3/HCl leaching. *Fuel Processing Technology*, *90*(1), 1-7. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2008.06.009

Alvarez, R., Clemente, C. & Gómez-Limón, D. 2003. The influence of nitric acid oxidation of low rank coal and its impact on coal structure☆. *Fuel*, *82*(15-17), 2007-2015. https://doi.org/10.1016/S0016-2361(03)00176-5

Amini, S. H., Honaker, R. & Noble, A. 2016. Assessing the feasibility of silica-based media for coal preparation operations: A novel method of cacbon feedstock production for the silicon market. *Powder Technology*, *288*, 176–183. https://doi.org/10.1016/j.powtec.2015.10.045

Ayhan, F. D., Abakay, H. & Saydut, A. 2005. Desulfurization and Deashing of Hazro Coal via a Flotation Method. *Energy & Fuels*, *19*(3), 1003-1007. https://doi.org/10.1021/ef049747r

Baláž, P., LaCount, R. B., Kern, D. G. & Turčániová, L, 2001. Chemical treatment of coal by grinding and aqueous caustic leaching. *Fuel*, *80*(5), 665-671. https://doi.org/10.1016/S0016-2361(00)00146-0

Bolat, E., Sağlam, S. & Pişkin, S. 1998. Chemical demineralization of a Turkish high ash bituminous coal. *Fuel Processing Technology*, *57*(2), 93-99. https://doi.org/10.1016/S0378-3820(98)00075-7

Chatterjee, I. & Misra, M.1991. Electromagnetic and thermal modeling of microwave drying of fine coal. *Mining, Metallurgy & Exploration*, *8*(2), 110–114. https://doi.org/10.1007/BF03402941

Friedman S.J. & Warzinski R.P. 1977. Chemical cleaning of coal.Transactions of the American Society of Mechanical Engineers. *J Eng Power*, *99A*, 361–364.

Honaker, R. Q., Wang, D. & Ho, K. 1996. Application of the Falcon Concentrator for fine coal cleaning. *Minerals Engineering*, *9*(11), 1143–1156. https://doi.org/10.1016/0892-6875(96)00108-2

Jena, M. S., Biswal, S. K. & Rudramuniyappa, M. V. 2008. Study on flotation characteristics of oxidised Indian high ash sub-bituminous coal. *International Journal of Mineral Processing*, *87*(1-2), 42-50. https://doi.org/10.1016/j.minpro.2008.01.004

Jorjani, E., Chapi, H. G. & Khorami, M. T.,2011a. Ultra clean coal production by microwave irradiation pretreatment and sequential leaching with HF followed by HNO3. *Fuel Processing Technology*, *92*(10), 1898–1904. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2011.05.008

Jorjani, E., Chapi, H. G. & Khorami, M. T. 2011b. Ultra clean coal production by microwave irradiation pretreatment and sequential leaching with HF followed by HNO3. *Fuel Processing Technology*, *92*(10), 1898–1904. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2011.05.008

Kara, H. & Ceylan, R. 1988. Removal of sulphur from four Central Anatolian lignites by NaOH. *Fuel*, *67*(2), 170–172. https://doi.org/10.1016/0016-2361(88)90258-X

Karaca, H. & Ceylan, K. 1997. Chemical cleaning of Turkish lignites by leaching with aqueous hydrogen peroxide. *Fuel Processing Technology*, *50*(1), 19–33. https://doi.org/10.1016/S0378-3820(96)01042-9

Liu Y.A. & Lin C.J, 1976. Assessment of sulfur and ash removal from coals by magnetic separation. *IEEE Trans Magn.*, *12*, 538–550.

Lolja, S. A. 1999. A model for alkaline removal of sulfur from a low-rank coal. *Fuel Processing Technology*, *60*(3), 185-194. https://doi.org/10.1016/S0378-3820(99)00045-4

Markuszewski R., Mroch D.R., Norton G.A. & Straszheim W.E. 1985. Desulfurization and demineralization of coal by molten NaOH/KOH mixtures. *Preprints Paper - American Chemical Society*,

Division of Fuel Chemistry.

Mazumder M.K., Tennal K.B. & Lindquist D., 1994. *Electrostatic beneficiation of coal*. 111-116.

Meyers, R. A., Hamersma, J. W., Land, J. S. & Kraft, M. L., 1972. Desulfurization of Coal. *Science*, *177*(4055), 1187–1188. https://doi.org/10.1126/science.177.4055.1187

Mukherjee, S & Borthakur, P. C. 2001. Chemical demineralization/desulphurization of high sulphur coal using sodium hydroxide and acid solutions. *Fuel*, *80*(14), 2037–2040. https://doi.org/10.1016/S0016-2361(01)00094-1

Mukherjee, Samit, Mahiuddin, S. & Borthakur, P. C, 2001. Demineralization and Desulfurization of Subbituminous Coal with Hydrogen Peroxide. *Energy & Fuels*, *15*(6), 1418–1424. https://doi.org/10.1021/ef010061y

Nydick, S. E., Porchet, F. & Steiger, H. A. 1987. Continued Development of a Coal/Water Slurry-Fired Slow-Speed Diesel Engine: A Review of Recent Test Results. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, *109*(4), 465-476. https://doi.org/10.1115/1.3240065

Ohki, A., Nakajima, T., Yamashita, H., Iwashita, A. & Takanashi, H, 2004. Leaching of various metals from coal into aqueous solutions containing an acid or a chelating agent. *Fuel Processing Technology*, *85*(8-10), 1089-1102. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2003.10.013

Özgen, S., Malkoç, Ö., Doğancik, C., Sabah, E. & Şapçi, F. O. 2011. Optimization of a Multi Gravity Separator to produce clean coal from Turkish lignite fine coal tailings. *Fuel*, *90*(4), 1549-1555. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2010.11.024

Reddy P.S.R., Biswal S.K., Prakash S., Bhaumik S.K. & Sastri S.R.S. 2000. Recovery of coal fines from rejects by column flotation. *In: Bhattacharyya P, Singh R, Goswami NG, Editors. Processing of Fines, 2*, 213-221.

Reza E.M. & Farahnaz E. 2007. Reduction of sulfur and ash from Tabas coal by froth flotation. *Iran J. Chem. Eng.*, *26*(2), 3-40.

Rodríguez, R. A., Jul, C. C. & Gómez-Limón, D. 1996. The influence of process parameters on coal desulfurization by nitric leaching. *Fuel*, *75*(5), 606-612. https://doi.org/10.1016/0016-2361(95)00283-9

Rubiera, F., Arenillas, A., Arias, B., Pis, J. J., Suárez-Ruiz, I., Steel, K. M. & Patrick, J. W. 2003. Combustion behaviour of ultra clean coal obtained by chemical demineralisation. *Fuel*, *82*(15-17), 2145-2151. https://doi.org/10.1016/S0016-2361(03)00181-9

Shen, L., Gong, J. & Liu, Y, 2022. Production of Ultra-Clean Coal by the Combined Method of Grinding and Collector Gasification Flotation. *Processes*, *10*(12). https://doi.org/10.3390/pr10122736

Silverman M.P., Rogoff M.H. & Wender I. 1963. Removal of pyritic sulfur from coal by bacterial action. *Fuel*, *42*, 113-124.

Song, C. & Schobert, H. H., 1996. Non-fuel uses of coals and synthesis of chemicals and materials. *Fuel*, *75*(6), 724-736. https://doi.org/10.1016/0016-2361(95)00295-2

Steel, K. M., Besida, J., O'Donnell, T. A. & Wood, D. G. 2001a. Production of Ultra Clean Coal. *Fuel Processing Technology*, *70*(3), 193-219. https://doi.org/10.1016/S0378-3820(01)00173-4

Steel, K. M., Besida, J., O'Donnell, T. A. & Wood, D. G. 2001b. Production of Ultra Clean Coal. *Fuel Processing Technology*, *70*(3), 171-192. https://doi.org/10.1016/S0378-3820(01)00171-0

Steel, K. M. & Patrick, J. W. 2001. The production of ultra clean coal by chemical demineralisation. *Fuel*, *80*(14), 2019-2023. https://doi.org/10.1016/S0016-2361(01)00092-8

Tsai S.C. 1982. *Coal Science and technology 2: Fundamentals of coal beneficiation and utilization*. Elsevier Scientific Publishers.

Vasilakos, N. P. & Clinton, C. S. 1984. Chemical beneficiation of coal with aqueous hydrogen peroxide/sulphuric acid solutions. *Fuel*, *63*(11), 1561-1563. https://doi.org/10.1016/0016-2361(84)90227-8

Wang, J. & Tomita, A. 1997. Hydrothermal Reaction of $Ca(OH)_2$ with Quartz in Connection with Coal Demineralization. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, *36*(5), 1464-1469. https://doi.org/10.1021/ie960516k

Wang, J., Zhang, Z.-G., Kobayashi, Y. & Tomita, A. 1996. Chemistry of $Ca(OH)_2$ Leaching on Mineral Matter Removal from Coal. *Energy & Fuels*, *10*(2), 386-391. https://doi.org/10.1021/ef9501307

Wijaya, N., Choo, T. K. & Zhang, L. 2011. Generation of ultra-clean coal from Victorian brown coal - Sequential and single leaching at room temperature to elucidate the elution of individual inorganic elements. *Fuel Processing Technology*, *92*(11), 2127-2137. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2011.05.022

Wu, Z. & Steel, K. M. 2007. Demineralization of a UK bituminous coal using HF and ferric ions. *Fuel*, *86*(14), 2194-2200. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2007.02.038

Xiu-Xiang T., Cao Y.J., Liu J., Shi K.Y., Liu J.Y. & Maoming F. 2009. Studies on characteristics and flotation of a hard-to-float high-ash fine coal . *Proced Earth Planet Sci 1*, 799-806.

Zarubina N.N., Lyalikova N.N. & Shmuk E.I. 1959. Investigation of microbiological oxidation of coal pyrite. *Invest Akad Nank SSr Otedl Tekh Mauk Me Toplivo*, *1*, 117–119.

ABSTRACT

Overview of ultra-clean coal production and utilization technology in the world - application prospects in Vietnam

Pham Thanh Hai[1,2*], Tran Trung Toi[1,2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Research Group Advanced Technologies in Mineral Processing and Recycling (MinPro)*

Coal is a critical resource for economic development. The chemical composition of coal is cacbon, hydrogen, sulfur, oxygen, nitrogen, ash and moisture. The processing and use of coal leads to the generation of CO_2, N_2O, NO_x, SO_x and Hg gases, causing global warming, and acid rain. To minimize the above risks, one of the technologies of coal processing is ultra-clean coal production. The process produces high-purity coal, almost removing useless mineral components with a standard ash level of less than 0.25 %, and low S content. Currently, there are two main methods to process ultra-clean coal. The physical and physicochemical methods are flotation, gravity separation, and electromagnetic filtration. Chemical methods include acid-base leaching and solvent extraction. In Vietnam, ultra-clean coal can be made from low-quality coal dust stored in mines and washing plants. The processed product has a utilization potential in battery production, synthesis gas production from gasification technology, fertilizer production, chemical products, metal refining, and detoxification. Furthermore, ultra-clean coal can be used as a high-efficiency fuel for internal combustion engines, gas turbines, fuel cells, and large-capacity marine engines. Producing ultra-clean coal is not only meaningful in terms of rational use of mineral resources, reducing greenhouse gas emissions, and protecting the environment, but also opens up the possibility of using coal as an important new fuel source for life. The article presents an overview of global ultra-clean coal processing and use technologies and application prospects for coal dust in Vietnam.

Keywords: Ultra clean coal; ash degree; coal washing, coal leaching; fine coal

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Nghiên cứu sử dụng bể lắng lamella bán công nghiệp để lắng đọng bùn thải xưởng tuyển rửa của Công ty Nhôm Đắk Nông - TKV

Phạm Văn Luận[1,4*]; Lê Việt Hà[1,4]; Nguyễn Đăng Tấn[3]; Nguyễn Bá Phong[2] ; Nguyễn Vũ Hoàng[2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Công ty Nhôm Đắk Nông – TKV*
[3]*Trường Đại học Thuỷ Lợi*
[4]*Nhóm nghiên cứu Công nghệ tiên tiến trong Chế biến khoáng sản và Tái chế (MinPro)*

TÓM TẮT

Hiện nay, bể lắng lamella được sử dụng nhiều trong các nhà máy chế biến khoáng sản để lắng đọng bùn mịn. Thực tế sử dụng đã chứng minh bể lắng lamella ưu việt hơn so với bể cô đặc truyền thống, đặc biệt là với cấp hạt siêu mịn (<0,02mm). Bùn thải xưởng tuyển rửa của Công ty Nhôm Đắk Nông chứa đến 70% cấp hạt -0,02mm và đang được lắng đọng bằng bể cô đặc truyền thống, nhưng hiệu quả lắng đọng thấp. Báo cáo này trình bày kết quả lắng đọng bùn thải của công ty bằng bể lắng lamella bán công nghiệp có diện tích bề mặt lắng 8m^2. Sau quá trình lắng đọng đã thu được nước trong có mật độ pha rắn dưới 50mg/*l* và nồng độ cặn lắng đạt trên 35%, đồng thời chi phí keo tụ thấp hơn so với thực tế sản xuất. Các kết quả sơ bộ trên đã mở ra khả năng áp dụng bể lắng lamella vào thực tế lắng đọng bùn thải xưởng tuyển rửa cho các Công ty Nhôm thuộc TKV.

Từ khóa: Bể lắng lamella; lắng đọng bùn; tuyển quặng bauxit; đuôi thải

1. Giới thiệu

Hiện nay, nhiều nhà máy chế biến khoáng sản trên thế giới sử dụng bể lắng lamella để tách pha rắn-lỏng. Đặc biệt là để cô đặc, khử nước quặng đuôi, khử slam và khử nước bùn than. Thiết bị này đã thể hiện được tính ưu việt trong thực tế và ngày càng được sử dụng rộng rãi trong các nhà máy tuyển khoáng và luyện kim.

Ngay từ những năm 70 của thế kỷ trước các nhà tuyển than khu vực Kentucky (Mỹ) đã sử dụng bể lắng lamella để cô đặc bùn than. Công ty Chapperal Coal, Kentucky sử dụng bể lamella có công suất 3600 m^3/giờ để lắng đọng bùn than có nồng độ pha rắn ban đầu từ 8-10%. Tháng 8 năm 1976, Công ty Mary Helen Coal, Kentucky đã lắp đặt bể lắng lamella có công suất 190 m^3/h để lắng đọng bùn than có nồng độ pha rắn 10%. Các bể lắng lamella sử dụng tại các nhà máy tuyển than trên đều cho hiệu quả lắng đọng cao với hàm lượng pha rắn trong nước tràn dưới 0,5 g/l và nồng độ pha rắn trong cặn lắng trên 30% (Russell L. Cook).

Công ty chuyên chế biến cát Kies und Beton AG, Thụy Sĩ có năng suất 200 t/h, nước sau quá trình chế biến chứa nhiều sét và phù sa. Trước đây nhà máy sử dụng bể cô đặc kết hợp với máy lọc ép để xử lý nước, nhưng do nhu cầu sử dụng nước ngày càng gia tăng nên sự kết hợp trên không còn hiệu quả, bể cô đặc thường xuyên bị quá tải. Vào năm 2009, nhà máy đã lắp đặt thiết bị lamella của hãng Leiblein GmbH, công suất 200 m^3/h để xử lý nước. Sau quá trình lắp đặt, hiệu quả khử nước của nhà máy đã tăng đáng kể, nước sạch của bể lamella có thể sử dụng tuần hoàn được ngay. Nếu so sánh với bể cô đặc truyền thống có cùng năng suất trên thì phải cần bể đường kính 16 m, nhưng bể lamella chỉ cần diện tích 4 x 4 m, đồng thời chi phí keo tụ thấp hơn khoảng 30% (Leiblein GmbH, Hardheim; 2009).

Công ty M + R GmbH chuyên tái chế kim loại từ rác thải điện tử và phế liệu chứa kim loại. Trong quá trình xử lý xỉ FeSi, nước thải được tạo ra chứa đầy các hạt bùn siêu mịn. Nước thải phải được làm sạch và loại bỏ các hạt mịn để có thể tái sử dụng tuần hoàn. Để xử lý nước thải, nhà máy đã sử dụng 02 bể lamella của hãng Leiblein có tổng diện tích lắp đặt 5 x 8 m với công suất xử lý 260 m^3/h. Nước sau quá trình xử lý được sử dụng làm nước tuần hoàn và chi phí keo tụ giảm 30% so với bể cô đặc khác (Leiblein GmbH, Hardheim; 2009).

Cho đến nay, có hơn 100 loại bể lamella khác nhau đã được sử dụng trong 40 nhà máy tuyển khoáng ở Trung Quốc để khử slam, cô đặc quặng tinh, cô đặc quặng đuôi … Như nhà máy tuyển quặng sắt Panzhihua, Trung Quốc đã sử dụng bể lắng lamella để cô đặc quặng đuôi của của nhà máy tuyển. Từ quặng đuôi có nồng độ pha rắn khoảng 30 %, sau khi cô đặc bằng bể lamella thu được cặn lắng có nồng độ pha rắn trên 70% và nước tràn có hàm lượng pha rắn dưới 0,3 g/l (Xinglong Zhou và các cộng sự; 2012; 2013).

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamvanluan@humg.edu.vn

Bể lắng lamella đầu tiên được sử dụng ở Việt Nam là tại Nhà máy chế biến quặng tinh sắt Minh Sơn (Công ty cổ phần đầu tư khoáng sản An Thông, Tập đoàn Hòa Phát) để lắng đọng bùn thải của nhà máy với công suất khoảng 400 m^3/h. Nhưng hiện nay, thiết bị này đã chuyển sang Nhà máy chế biến tinh quặng sắt Tùng Bá để cô đặc quặng đuôi với công suất khoảng 200 m^3/h với nồng độ pha rắn 15 - 20%, sau khi lắng thu được cặn có nồng độ pha rắn trên 50%. Trong quá trình tháo lắp và vận chuyển bể lắng lamella từ Minh Sơn sang Tùng Bá hầu hết các tấm nghiêng bị hỏng, nhưng nhà máy chưa thay thế, đồng thời do không dùng chất trợ lắng trong quá lắng đọng nên nước tràn của bể lắng lamella này chưa đủ điều kiện dùng làm nước tuần hoàn mà cần phải thêm một khâu xử lý nữa (Nhà máy chế biến tinh quặng sắt Tùng Bá).

Năm 2012, tác giả Nguyễn Hoàng Sơn và các cộng sự đã sử dụng bể lắng lamella phòng thí nghiệm có diện tích 0,05 m^2 để lắng đọng bùn than cỡ hạt dưới 0,1 mm vùng Quảng Ninh. Theo kết quả thí nghiệm từ các mẫu bùn than nồng độ rắn trong khoảng 60-120 g/l sau quá trình lắng đọng đã thu được sản phẩm nước tràn có nồng độ bùn <20 g/l khi không có thuốc keo tụ và xấp xỉ 0 g/t khi có thuốc keo tụ. Tùy theo từng mẫu bùn than mà năng suất cấp liệu vào máy nằm trong khoảng 0,64-1,44 m^3/h tương ứng với năng suất theo phần rắn nằm trong khoảng 0,04 – 0,09 t/h và năng suất riêng theo phần rắn nằm trong khoảng 0,8 – 3,73 t/m^2.h. Kết quả nghiên cứu cho thấy so với các thiết bị lắng thông thường thì thiết bị lắng lamella có năng suất riêng cao hơn hẳn (Nguyễn Hoàng Sơn; 2012).

2. Bể lắng lamella bán công nghiệp và kế hoạch thí nghiệm tại Công ty Nhôm Đắk Nông

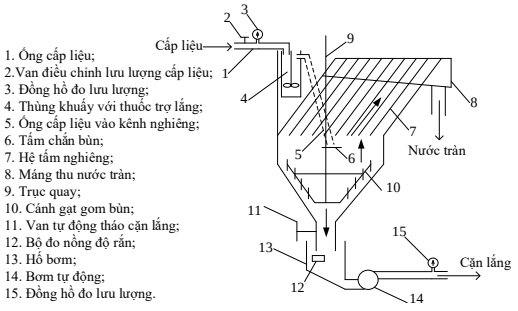
2.1. Bể lắng lamella bán công nghiệp

Bể lắng lamella bán công nghiệp có công suất 15 – 20 m^3/h, kích thước 4 x 2m. Bể lắng gồm 4 khối tấm nghiêng được thiết kế treo trên khung qua hệ thống lò so, trên khung treo gắn động cơ tạo rung giản đoan cho các tấm nghiêng. Mỗi khối nghiêng gồm 50 tấm nghiêng bằng inox dài 1,8 m, rộng 0,28 m, đặt nghiêng 55^o và cách nhau 0,025 m. Tổng diện tích của các tấm nghiêng theo phương ngang gần 60 m^2. Cấu tạo và ảnh của bể cho ở hình 1.



Hình 1. Cấu tạo và ảnh của bể lắng lamella bán công nghiệp

Nguyên lý làm việc của bể như hình 2: Bùn đầu được cấp vào đường ống (1), được điều chỉnh lưu lượng bằng van (2) và xác định lưu lượng bằng đồng (3). Bùn đầu được khuấy với thuốc trợ lắng tại thùng khuấy (4), sau đó tự tràn vào đường ống (5). Để giảm ảnh hưởng của dòng bùn cấp liệu vào ngăn nén bùn, bùn từ ống (5) được cấp vào tấm chắn (6). Dòng nước lên mang theo các hạt siêu mịn đi vào hệ các tấm nghiêng (7), trong quá trình này các hạt siêu mịn sẽ rơi vào tấm nghiêng và trượt xuống ngăn lắng, các tấm nghiêng được tạo rung để tự làm sạch. Nước trong tiếp tục đi theo kênh nghiêng lên phía trên và tự tràn vào máng thu gom nước tràn (8) rồi được tháo ra ngoài. Các hạt rắn rơi vào ngăn lắng và nén quặng được cánh gạt (10) lắp trên trục (9) thu gom vào tâm bể, tạo thành sản phẩm cặn lắng. Sản phẩm cặn lắng được tự động tháo tải và điều chỉnh bằng hệ thống tự động gồm: van tự động (11); bộ đo nồng độ pha rắn (12); hố bơm (13) và bơm tự động (14).



Hình 2. Sơ đồ nguyên tắc của bể lắng lamella bán công nghiệp

2.2. Kế hoạch và điều kiện thí nghiệm

Sau quá trình lắp đặt và chạy thử không tải bể lắng lamella tại phân xưởng tuyển khoáng của Công ty Nhôm Đắk Nông - TKV, tập thể tác giả đã tiến hành thí nghiệm bán công nghiệp trong hai giai đoạn: giai đoạn 1 thí nghiệm liên tục trong khoảng 2h – 2h30' và giai đoạn 2 thí nghiệm liên tục trong khoảng thời gian ít nhất từ 6 – 8 h.

Nồng độ pha rắn bùn đầu và cặn lắng được xác định theo công thức (1).

$$\rho = \frac{(Q_b - V_b)\delta_r}{Q_b(\delta_r - 1)} * 100 \quad (1)$$

Trong đó: ρ – nồng độ pha rắn; %

V_b – Thể tích bùn khi lấy mẫu, chọn V_b = 2 lít;

Q_b – Khối lượng bùn trong thể tích V_b (theo số liệu thực tế); kg

δ_r – Khối lượng riêng của pha rắn, kg/dm^3, δ_r =2,39 kg/dm^3 (Phạm Văn Luận và nnk, 2024).

Điều kiện thí nghiệm: Nồng độ pha rắn bùn đầu thay đổi theo thực tế của nhà máy, lưu lượng bùn cấp liệu thay đổi từ 15 – 22 m^3/h. Theo kết quả nghiên cứu lắng đọng bùn quặng đuôi của Công ty Nhôm trong phòng thí nghiệm đã xác định được chi phí keo tụ C (loại đang được sử dụng tại Công ty) và D (loại do Hansol – Trung Quốc cung cấp) nằm trong khoảng 30 – 40 g/t (Phạm Văn Luận và nnk, 2024), nên trong nghiên cứu này tập thể tác giả chỉ nghiên cứu chi phí ở hai mức 30 và 40 g/t.

Kết quả của các thí nghiệm được đánh giá thông qua hàm lượng pha rắn trong nước tràn (C, mg/l) và nồng độ pha rắn trong cặn lắng (ρ, %).

3. Kết quả thí nghiệm và bàn luận

3.1. Kết quả thí nghiệm giai đoạn 1

Giai đoạn này thực hiện từ ngày 30/07/2024 đến ngày 05/8/2024, các thí nghiệm được tiến hành gián đoạn với thời gian từ 2h – 2h30'cho 1 thí nghiệm điều kiện.

Trình tự thí nghiệm điều kiện:

- Bước 1: Bơm đầy nước trong vào bể (khoảng 27 m^3);
- Bước 2: Xác định nồng độ bùn đầu (theo công thức 1) và điều chỉnh van cấp liệu về vị trí lưu lượng cần thí nghiệm;
- Bước 3: Xác định chi phí keo tụ;
- Bước 4: Khởi động các động cơ của thùng khuấy tiếp xúc, cánh gạt bùn và tốc độ quay của các động cơ này. Đồng thời, cài đặt thời gian rung và tần số rung của động cơ tạo rung;
- Bước 5: Tiến hành cấp liệu;
- Bước 6: Sau khoảng thời gian 30-45 phút (tuỳ theo lưu lượng bùn cấp liệu), mở hệ thống van điện tháo cặn lắng và tự động lấy mẫu;
- Bước 7: Sau khoảng thời gian 60-90 phút (tuỳ thuộc vào lưu lượng tháo tải) khởi động máy bơm bùn thải cặn lắng ra hồ;
- Bước 8: Sau khoảng thời gian 120 - 150 ph cấp liệu để van tháo cặn ở mức cao nhất, bật động cơ rung, phun nước sạch vào các tấm nghiêng và thành bể để vệ sinh bể. Chuẩn bị cho thí nghiệm điều kiện tiếp theo.

Sau khi cấp liệu được trên 60 phút tiến hành lấy mẫu đồng thời cặn lắng và nước tràn để phân tích nồng độ rắn. Kết quả thí nghiệm trong giai đoạn 1 cho ở bảng 1.

Bảng 1. Kết quả thí nghiệm giai đoạn 1

Ngày	Lưu lượng cấp liệu, m^3/h	Nồng độ bùn đầu, g/l	Chi phí keo tụ ở 30g/t			Chi phí keo tụ ở 40g/t		
			Cặn lắng		C, mg/l	Cặn lắng		C, mg/l
			g/l	%		g/l	%	
I, Keo tụ C								
30/7/2024	15	53,62	463,37	36,5	48	455,33	36	37
31/7/2024	17	57,88	458,55	36,2	41	453,74	35,9	40
01/8/2024	20	56,82	455,33	36	45	447,37	35,5	44
II, Keo tụ D								
2/8/2024	15	65,4	484,52	37,8	45	473,08	37,1	35
3/8/2024	17	67,55	464,98	36,6	46	458,55	36,2	42
4/8/2024	20	78,42	447,37	35,5	49	455,33	36	46
5/8/2024	20	58,96	461,75	36,4	47	458,55	36,2	47
Ghi chú: C – hàm lượng pha rắn trong nước tràn, mg/l								

Từ kết quả thí nghiệm giai đoạn 1 nhận thấy:

- Với 14 loạt thí nghiệm tại nhà máy, nồng độ pha rắn của bùn quặng đầu vào ổn định trong dải từ 5,2 –

7,5% (53,62 g/l – 78,42 g/l). Sau khi lắng đọng bằng bể lắng lamella ở các chế độ công nghệ khác nhau đều thu được nước có nồng độ pha rắn ở mức dưới 50 mg/l và nồng độ pha rắn của các mẫu đều trên 35 % rắn (thoả mãn yêu cầu thiết kế);

- Các mẫu có nồng độ bùn cấp liệu thấp cho chất lượng nước trong tốt hơn so với các thí nghiệm với nồng độ bùn cấp liệu;
- Ở cùng lưu lượng cấp liệu, khi chi phí keo tụ ở mức 40 g/t luôn cho cặn lắng có nồng độ loãng hơn và chất lượng nước trong thấp hơn so với chi phí keo tụ 30 g/t. Có thể nhận thấy chi phí keo tụ tối ưu khoảng 30 - 40 g/t;
- Keo tụ D cho nồng độ cặn lắng cao hơn so với keo tụ C (loại đang dùng tại nhà máy), nhưng chất lượng nước tràn lại thấp hơn một chút.

3.2. Kết quả thí nghiệm giai đoạn 2

Giai đoạn này thực hiện từ ngày 6/08/2024 đến ngày 22/8/2024, các thí nghiệm được tiến hành liên tục với thời gian ít nhất từ 6h – 8h cho một thí nghiệm điều kiện về lưu lượng bùn cấp liệu. Để thuận tiện giai đoạn này các thí nghiệm sử dụng loại keo tụ C và mỗi loạt thí nghiệm sẽ tiến hành hai thay đổi về chi phí keo tụ ở mức 30 g/t và 40 g/t. Sau khi cấp liệu được trên 60 phút tiến hành lấy mẫu đồng thời cặn lắng và nước tràn để phân tích nồng độ rắn. Tần suất lấy mẫu 60 phút. Kết quả thí nghiệm cho ở bảng 2 đến 5.

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm ở lưu lượng bùn cấp liệu 15 m^3/h

Ngày	Nồng độ bùn đầu, g/l	Chi phí keo tụ 30 g/t			Chi phí keo tụ 40 g/t		
		Nồng độ cặn lắng		C, mg/l	Nồng độ cặn lắng		C, mg/l
		g/l	%		g/l	%	
6-08-24	46,21	463,37	36,5	37	456,94	36,1	35
7-08-24	56,82	473,08	37,1	45	464,98	36,6	42
8-08-24	51,5	474,71	37,2	44	463,37	36,5	40
9-08-24	46,21	460,14	36,3	38	455,33	36	36
10-08-24	66,47	477,97	37,4	47	473,08	37,1	45

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm ở lưu lượng bùn cấp liệu 17 m3/h

Ngày	Nồng độ bùn đầu, g/l	Chi phí keo tụ 30 g/t			Chi phí keo tụ 40 g/t		
		Nồng độ cặn lắng		C, mg/l	Nồng độ cặn lắng		C, mg/l
		g/l	%		g/l	%	
11-08-24	66,47	474,71	37,2	48	471,45	37	46
12-08-24	51,5	466,59	36,7	47	463,37	36,5	45
13-08-24	40,95	448,95	35,6	40	463,31	34,8	35
14-08-24	60,02	469,63	36,9	46	463,37	36,5	44
15-08-24	51,5	471,45	37	45	468,21	36,8	42

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm ở lưu lượng bùn cấp liệu 20 m^3/h

Ngày	Nồng độ bùn đầu, g/l	Chi phí keo tụ 30 g/t			Chi phí keo tụ 40 g/t		
		Nồng độ cặn lắng		C, mg/l	Nồng độ cặn lắng		C, mg/l
		g/l	%		g/l	%	
16-08-24	58,96	463,37	36,5	48	456,94	36,1	47
17-08-24	56,82	455,33	36	48	448,95	35,6	46
18-08-24	55,75	450,55	35,7	49	442,6	35,2	45
19-08-24	44,1	437,87	34,9	45	463,31	34,8	42
20-08-24	56,82	447,37	35,5	48	447,37	35,5	47

Bảng 5. Kết quả thí nghiệm ở lưu lượng bùn cấp liệu 22 m^3/h

Ngày	Nồng độ bùn đầu, g/l	Chi phí keo tụ 30 g/t			Chi phí keo tụ 40 g/t		
		Nồng độ cặn lắng		C, mg/l	Nồng độ cặn lắng		C, mg/l
		g/l	%		g/l	%	
21-08-24	60,02	445,7	34,7	50	442,6	34,2	49
21-08-24	60,02	445,7	35,2	52	442,6	35,0	51
22-08-24	58,96	450,55	34,9	48	442,6	34,4	46
22-08-24	58,96	444,2	35,2	51	439,46	35,1	47

Từ kết quả thí nghiệm thay đổi lưu lượng bùn và chi phí keo tụ ở giai đoạn 2, có một số nhận xét sau:

- Khi thay đổi lưu lượng bùn theo thiết kế từ 15 m^3/h – 20 m^3/h đều thu được sản phẩm cặn lắng có nồng độ trên 35 % và nước tràn có hàm lượng pha rắn dưới 50 mg/l, đảm bảo theo thiết kế;

- Tuy nhiên, ở nồng độ pha rắn bùn cấp liệu dưới 4% (nhỏ hơn so với thiết kế) nồng độ cặn lắng mới đạt gần 35 % (xem bảng 7 ngày 19/8), nhưng chất lượng nước tràn tốt hơn. Nguyên nhân là vì lấy mẫu cùng một thời điểm để so sánh và van tháo tải để cùng một mức nên cặn lắng chưa đạt nồng độ đã bị tháo;

- Với thí nghiệm ở lưu lượng 22 m^3/h, tập thể tác giả lấy 02 mẫu ở cùng một điều kiện để so sánh. Kết quả phân tích cho thấy mẫu ở thời điểm đầu cho cặn lắng và nước tràn có nồng độ pha rắn thấp hơn thời điểm sau. Mẫu ở thời điểm sau có xu thế cho chất lượng nước tràn thấp hơn (xem bảng 8). Đồng thời, các thí nghiệm ở lưu lượng cấp liệu này đều cho kết quả thí nghiệm thấp hơn so với các thí nghiệm ở lưu lượng dưới 20 m^3/h. Điều này có thể là do mấy nguyên nhân sau: (1) diện tích lắng của máy không đủ; (2) thời gian kết bông ngắn và (3) chưa đồng bộ giữa việc tháo sản phẩm và cấp liệu.

3.3. Đánh giá hiệu quả làm việc của bể lắng lamella 15 – 20 m3/h khi thử nghiệm thực tế tại Công ty Nhôm Đắk Nông

Kết quả thí nghiệm lắng đọng bùn thải xưởng tuyển rửa tại Công ty Nhôm Đắk Nông – TKV bằng bể lắng lamella công suất 15-20 m^3/h rất khả quan và đáp ứng theo thiết kế. Cặn lắng và nước tràn của bể lắng lamella đều tốt hơn so với số liệu của bể cô đặc đang làm việc thực tế tại Công ty.

Giả sử khi lắng đọng bùn đầu ở nồng độ 6% và lưu lượng 20 m^3/h bằng bể lắng lamella, sau khi lắng thu được cặn lắng có nồng độ 35% và hàm lượng pha rắn trong nước trong 50 mg/*l*. Tương tự cũng ở nồng độ và lưu lượng bùn đầu như trên nhưng lắng đọng bằng bể cô đặc của Công ty thu được cặn lắng có nồng độ pha rắn 17% và hàm lượng rắn trong nước tràn khoảng 100 mg/*l* (Báo cáo sản xuất, 2023). Khi đó sẽ xác định được bảng cân bằng bùn nước cho bể lắng lamella và bể cô đặc ở bảng 6 và 7.

Bảng 6. Bảng cân bằng bùn nước cho bể lắng lamella

Tên sản phẩm	Q, t/h	L/R	ρ,%	V_b, m^3/h	V_n, m^3/h
Cấp liệu	1,2434	15,6667	6	20	19,48
Cặn lắng	1,2426	1,8571	35	2,83	2,31
Nước tràn	0,0008	21462,5	0	17,17	17,17
Cộng	**1,2434**	**15,6667**	**6**	**20**	**19,48**

Bảng 7. Bảng cân bằng bùn nước cho bể cô đặc đang sử dụng

Tên sản phẩm	Q, t/h	L/R	ρ,%	V_b, m^3/h	V_n, m^3/h
Cấp liệu	1,2434	15,6667	6	20	19,48
Cặn lắng	1,2421	4,8824	17	6,58	6,06
Nước tràn	0,0013	10323,08	0,01	13,42	13,42
Cộng	**1,2434**	**15,6667**	**6**	**20**	**19,48**

Từ bảng 6 và 7 nhận thấy: Khi sử dụng bể lắng lamella sẽ tiết kiệm được một lượng nước trong là 17,17-13,42 = 3,75 m^3/h.

Thực tế hai bể cô đặc của nhà máy đang chạy với lưu lượng khoảng 4000 m^3/h, tức gấp 200 lần so với bể lắng lamella thí nghiệm. Nếu nhà máy chạy liên tục 300 ngày, mỗi ngày 3 ca 8 giờ và sử dụng bể lắng

lamella để lắng đọng bùn thì lượng nước tuần hoàn tiết kiệm được trong 1 năm sẽ là: 3,75*200*3*8*300 = 5.400.000 m^3.

Theo kết quả thí nghiệm bằng bể lắng lamella thì chi phí keo tụ giảm khoảng 10 g/t (Báo cáo sản xuất, 2023). Hiện nay, nhà máy sản xuất hàng năm khoảng 1.500.000 tấn quặng tinh, do đó lượng keo tụ giảm 1 năm là: 10 * 1.500.000 = 15.000.000 g = 15.000 kg.

Như vậy, nếu thay thể bể cô đặc truyền thống bằng bể lắng lamella Nhà máy sẽ tích kiệm được một lượng lớn nước sạch bổ sung, giảm chi phí keo tụ và diện tích hồ thải.

Tuy nhiên, trong quá trình lắng đọng bùn bằng bể lắng lamella 15 – 20 m^3/h, các van tháo cặn lắng trong hệ thống tháo và lấy mẫu tự động hay bị tắc. Điều này là do đường kính của van nhỏ (chủ yếu là van lấy mẫu tự động), vì vậy khi bùn đặc và chứa nhiều rễ cây nên dẫn đến tắc van. Vấn đề sẽ được khắc phục khi làm máy công nghiệp, do các van tháo cặn có đường kính lớn hơn. Để giảm ảnh hưởng của rễ cây nên làm thêm sàng tách rác trước khi cấp liệu vào bể lamella.

4. Kết luận

Hiện tại các Công ty Nhôm thuộc TKV thường xuyên bị thiếu diện khai thác nên không ổn định được chất lượng quặng nguyên khai, khi quặng nguyên khai đưa vào tuyển rửa xấu, chứa nhiều cấp hạt -1 mm và bùn sét thì bể cô đặc dễ bị quá tải ảnh hưởng đến chất lượng nước tuần hoàn, chất lượng quặng tinh và năng suất tuyển rửa. Số giờ dừng sản xuất để xử lý bùn tại xưởng tuyển rửa của Công ty Nhôm Đắk Nông hàng năm lên đến hơn 100 giờ. Ngoại trừ bể cô đặc, các thiết bị trong xưởng tuyển rửa của 02 Công ty đều có khả năng tăng công suất và đảm bảo nâng kế hoạch nâng công suất alumin lên 800.000 tấn /năm. Như vậy, để đảm bảo chất lượng và năng suất quặng tinh, cũng như nhu cầu tăng công suất hai Công ty Nhôm thuộc TKV cần sớm đưa ra giải pháp nâng cao hiệu quả lắng đọng bùn thải xưởng tuyển rửa.

Mẫu bùn thải tuyển rửa của Công ty Nhôm Đắk Nông và Lâm Đồng đều chứa trên 60 % cấp -0,02 mm, mẫu bùn thải của Đắk Nông chứa nhiều mùn sét và khối lượng riêng thấp hơn so với Lâm Đồng. Mẫu bùn Đắk Nông chứa khoảng 40 % khonág vật gipxit còn Lâm Đồng vào khoảng 50 %; Tạp chất SiO_2 trong mẫu bùn Lâm Đồng tồn tại chủ yếu trong thạch anh, còn Đắk Nông nằm trong kaolinit; hàm lượng sắt trong mẫu Lâm Đồng cao hơn Đắk Nông 4 – 6%.

Các thí nghiệm lắng đọng bùn thải xưởng tuyển rửa tại Công ty Nhôm Đắk Nông – TKV bằng bể lắng lamella công suất 15-20 m^3/h đều cho kết quả tốt, đạt yêu cầu so với thiết kế. Từ bùn đầu có nồng độ pha rắn khoảng 5-7%, sau khi lắng đọng đều thu được cặn lắng có nồng độ trên 35% và hàm lượng pha rắn trong nước tràn dưới 50 mg/l.

Nếu thay thế toàn bộ bể cô đặc bằng bể lắng lamella, hàng năm sẽ giúp Công ty Nhôm Đắk Nông tiết kiệm được khoảng: 5,5 triệu m^3 nước; 15 tấn keo tụ. Ngoài ra, cho phép Công ty ít phải dừng sản xuất để xử lý bùn, giảm thể tích và nâng cao tuổi thọ cho hồ thải, chất lượng nước tuần hoàn tốt hơn và đáp ứng nhu cầu tăng công suất của nhà máy …

Cần tiếp tục thử nghiệm bể lắng lamella công suất 15-20^3/h tại Công ty Nhôm Đắk Nông ở thời gian lâu hơn và kết nối vào hệ thống lắng đọng bùn của phân xưởng tuyển khoáng. Từ đó đưa ra phương án phù hợp để sử dụng bể lắng ở giai đoạn tiếp theo nhằm tăng hiệu quả lắng đọng bùn và nhu cầu tăng công suất của Công ty.

Lời cảm ơn

Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam đã tài trợ kinh phí cho nhóm nghiên cứu thông qua đề tài Tập đoàn mã số: KC.01D04-22/21-25. Ngoài ra, chúng tôi cũng xin cảm ơn Công ty Nhôm Đắk Nông và đã tích cực giúp đỡ chúng tôi trong việc thực nghiệm tại phân xưởng tuyển khoáng của Công ty.

Tài liệu tham khảo

Công ty Nhôm Đắk Nông và Lâm Đồng, 2023. *Báo cáo sản xuất năm 2023*

Nguyễn Hoàng Sơn, Phạm Văn Luận, 2012. Nghiên cứu lắng đọng một số mẫu bùn than mịn vùng Quảng Ninh trong thiết bị thí nghiệm lắng cô đặc dạng tấm nghiêng. *Tạp chí KHTK Mỏ - Địa chất*, Số 37, trang 44-48.

Phạm Văn Luận, Phạm Thanh Hải và nnk, 2024. Nghiên cứu hiệu quả lắng đọng bùn của các Công ty Nhôm ở Việt Nam bằng ống lắng thí nghiệm. *Tạp chí KHTK Mỏ - Địa chất*. Số 65, kỳ I, trang 74 – 87

Phạm Văn Luận, Phạm Thanh Hải và nnk, 2024. Nghiên cứu lắng đọng bùn thải xưởng tuyển rửa của các Công ty Nhôm thuộc TKV bằng bể lắng lamella phòng thí nghiệm. *Tạp chí KHTK Mỏ - Địa chất*. Số 65, kỳ 5.

Nhà máy chế biến tinh quặng sắt Tùng Bá, 2020. *báo cáo sản xuất năm 2020*

Nguyễn Hoàng Sơn, Phạm Văn Luận, 2012. Nghiên cứu lắng đọng một số mẫu bùn than mịn vùng

Quảng Ninh trong thiết bị thí nghiệm lắng cô đặc dạng tấm nghiêng. *Tạp chí KHTK Mỏ - Địa chất*, Số 37, trang 44-48.

Leiblein GmbH, Hardheim, 2009. Lamella separator for sedimentation, *AT Mineral processing*, Issue 10.

Leiblein GmbH, Hardheim, 2009. Washing water treatment at a recycling company. *AT Mineral processing*, Issue 12.

Xinglong Zhou và nnk, 2012. Study on the vibration lamella thickener and its application in mineral processing plant. *Applied Mechanics and Materials*, Vols 215-216, pp 333-341

Xinglong Zhou và nnk, 2013. Paste thickening of iron tailings with vibrating lamella thickener, *Advanced Materials Research*, Vol 690-693, pp 3570-3575

Russell L. Cook, *Performance of lamella thickeners in coal preparation plants*, 1977, https://www.911metallurgist.com/lamella-thickeners/

ABSTRACT

Study on sedimentation of tailings sludge of Dak Nong bauxite processing plant by pilot scale lamella thickener

Pham Van Luan[1,4]* Le Viet Ha[1,4] ; Nguyen Dang Tan[3] ; Nguyen Ba Phong[2] ; Nguyen Vu Hoang[2]

[1]*Hanoi university of mining and geology*

[2]*Vinacomin - Daknong Aluminium Company*

[3]*Thuyloi University*

[4]*Research Group Advanced Technologies in Mineral Processing and Recycling (MinPro)*

Currently, lamella thickener was widely used in mineral processing plants to settle fine sludge. In fact, lamella thickener have been proven to be superior to traditional concentration thickeners, especially with ultra-fine particle size (<0.02 mm). The sludge from the washing of Dak Nong bauxite processing plant contains up to 70% of particle size -0.02 mm and is being settled by traditional concentration thickeners, but the settling efficiency is low. This report presents the results of settling the company's sludge using a pilot scale lamella thickener with a settling surface area of 8 m^2. After the settling process, clear water was obtained with a solid phase density of less than 50 mg/l and a sedimentation concentration of over 35%, while the coagulation cost was lower than the actual production. The above preliminary results have opened up the possibility of applying lamella thickener to the actual settling of sludge from bauxite processing plant workshops for Aluminum Companies under TKV.

Key word: lamella thickener; settle sludge; bauxite processing

Nghiên cứu công nghệ thu hồi than sạch từ tro bay của phân xưởng nhiệt điện tại Công ty Nhôm Đăk Nông

Phạm Thị Nhung[1,3,*], Trần Văn Được[1,3], Nhữ Thị Kim Dung[1,3], Vũ Thị Chinh[1,3]
Phan Chí Khanh[2], Lưu Công Hậu[2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Công ty nhôm Đắk Nông - TKV*
[3]*Nhóm nghiên cứu Công nghệ tiên tiến trong Chế biến khoáng sản và Tái chế (MinPro)*

TÓM TẮT

Quá trình đốt than ở các nhà máy nhiệt điện luôn sinh một lượng lớn bụi mịn được gọi là tro bay. Tro bay của nhà máy nếu được lưu trữ tại kho bãi sẽ làm tốn diện tích nhà xưởng và gây ô nhiễm môi trường. Việc nghiên cứu tuyển tro bay để thu hồi than sạch đem tái sử dụng và phần còn lại đem làm vật liệu xây dựng sẽ góp phần giảm thiểu ô nhiễm mỗi trường, giảm chi phí sản xuất và tận thu nguồn tài nguyên khoáng sản. Báo cáo trình bày kết quả nghiên cứu thí nghiệm tuyển nổi tro bay của phân xưởng nhiệt điện tại Công ty Nhôm Đăk Nông. Kết quả nghiên cứu đã xác định được các chế độ công nghệ tuyển tối ưu và hiệu quả thu hồi than sạch. Khi tuyển nổi mẫu tro bay ban đầu có độ tro 70,92%, ở chế độ tối ưu đã thu được sản phẩm than sạch có độ tro dưới 35%, thực thu phần cháy đạt khoảng 92% và sản phẩm đá thải có độ tro trên 95%.

Từ khóa: Tro bay; tuyển nổi; than sạch

1. Đặt vấn đề

Tại Việt Nam, theo thống kê cho thấy cả nước có 31 nhà máy nhiệt điện đốt than đang hoạt động. Lượng tro bay phát thải có xu hướng tăng dần theo từng năm: Năm 2019 là 13,6 triệu tấn; năm 2020 là 14,8 triệu tấn; năm 2021 là 16,35 triệu tấn; năm 2022 là 15,78 triệu tấn và năm 2023 là hơn 18,07 triệu tấn. Tính đến cuối năm 2023, tổng lượng tro bay nhiệt điện cộng dồn qua các năm trên cả nước khoảng 83 triệu tấn, chiếm khoảng 66,2% tổng lượng phát thải từ trước tới nay. Dự báo đến năm 2030, khi tổng công suất nhiệt điện đốt than của cả nước tăng lên khoảng 77.000MW, kéo theo đó là lượng than tiêu thụ là 176 triệu tấn thì lượng tro bay phát sinh sẽ đạt 35 triệu tấn/năm (https://baoxaydung.com.vn). Do đó, Chính phủ đã có chỉ thị thúc đẩy việc sử dụng tro bay, xỉ than làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng và sử dụng trong các công trình xây dựng. Theo đó, xử lý, tái chế và sử dụng tro bay có thể góp phần giảm bớt phát thải gây ô nhiễm môi trường. Trên thực tế, việc sử dụng tro bay để để sản xuất vật liệu xây dựng đã được nhiều đơn vị áp dụng, đem lại hiệu quả cao về mặt kinh tế trong bối cảnh giá vật liệu tăng phi mã hiện nay. Trong đó, tro bay dùng làm phụ gia bê tông đang được sử dụng khá phổ biến, giúp tăng cường độ bê tông cũng như khả năng chống thấm, chống kiềm và tính bền sunfat, giảm độ co gãy của vật liệu này (https://cafeland.vn/tin-tuc/). Hiện nay, tro bay được nhiều nước coi là nguồn tài nguyên thứ sinh có giá trị, đặc biệt đối với ngành xây dựng.

Các nghiên cứu quy mô phòng thí nghiệm được thực hiện ở nhiều nước cho thấy có thể tuyển than từ tro bay bằng phương pháp tuyển nổi. Năm 2005, J.Drzymala, J. T. Gorke, and T. D. Wheelock đã thực hiện nghiên cứu tuyển tro bay với mẫu ban đầu có độ tro 25% thu được than sạch có độ tro dưới 6%, thực thu từ 87-95%, đá thải có độ tro từ 70-80% (J. Drzymala et al, 2005). Tại Mỹ, Walker và các cộng sự cũng đã nghiên cứu tuyển nổi tro bay trong phòng thí nghiệm, từ mẫu có độ tro ban đầu 25,9% thu được than sạch có độ tro từ 1-2%, thực thu lên đến 95%, đá thải có độ tro từ 60-75% (Amanda Walker et al, 2006). Quá trình tuyển nổi than từ tro bay còn được thực hiện ở quy mô công nghiệp ở nhiều quốc gia để sản xuất vật liệu xây dựng. Tại Quảng Đông, Trung Quốc, một nhà máy tuyển nổi thương mại có công suất xử lý 110 tấn tro bay than (khô) mỗi giờ đã được thiết kế để thu được sản phẩm than sạch có độ tro 3,08% và đá thải có độ tro 80,41% (Yang, L.et al, 2020). Tại Nhật Bản, công nghệ tuyển nổi với thiết bị tuyển nổi cột được áp dụng để xử lý tro bay làm vật liệu xây dựng, với tổng lượng tro than do các nhà máy nhiệt điện tạo ra vượt 10 triệu tấn và 97,4% tro bay đã được sử dụng và 96,3% trong tổng số được sử dụng trong ngành xi măng làm nguyên liệu thô (Hangwei Lin et al, 2021).

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamthinhung@humg.edu.vn

Ở Việt Nam, hiện có một số nhà máy thu hồi chế biến tro bay và sản xuất gạch không nung từ tro xỉ đã được xây dựng vận hành ở gần một số nhà máy nhiệt điện như tại Nhà máy Sản xuất tro bay Phả Lại (với 8 dây chuyền tuyển tro bay theo công nghệ tuyển nổi với công suất 40.000 tấn/tháng), Nhà máy Chế biến tro bay Cao Cường (công suất 80.000 tấn sản phẩm/năm sử dụng nguồn tro xỉ của Nhà máy Điện Phả Lại), xưởng tuyển tro bay của Ban Quản lý công trình Thủy điện Sơn La có công suất 10.000 tấn/tháng, sử dụng nguồn tro xỉ của Nhà máy Điện Phả Lại II), xưởng tuyển tro bay của Công ty CP Nhiệt điện Ninh Bình (công suất 50.000 tấn/năm, sử dụng nguồn tro xỉ của Nhà máy Điện Ninh Bình. Về công nghệ tuyển nổi của các nhà máy gần như là giống nhau. Hiện nay, về công tác quản lý cần chú ý các nhà máy nhiệt điện chạy than và cả các nhà máy sử dụng than như luyện kim, chế biến khoáng sản, sản xuất gốm sứ… cần phải có các dự án liên kết với các nhà máy xi-măng, bê-tông, gạch xây dựng… để tận dụng nguồn tro xỉ than làm nguyên liệu đầu vào cho sản xuất (https://moit.gov.vn/bao-ve-moi-truong/).

Nhà máy Alumin Nhân Cơ thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam đã đi vào hoạt động từ năm 2017 đến nay, với công suất thiết kế 650 nghìn tấn alumin/năm. Để đáp ứng được yêu cầu công nghệ sản xuất alumin, cung cấp nhiệt cho khâu hòa tách và các khâu khác, cũng như bổ sung một lượng điện cho quá trình vận hành nhà máy đã xây dựng 2 tổ máy phát điện có tổng công suất đạt 28 - 30MW. Theo thực tế sản xuất cho thấy, để vận hành cho một tổ máy phát điện có công suất 14-15 MW cần tiêu thụ khoảng 620 tấn than antraxit mỗi ngày. Trong quá trình đốt than để sản xuất điện, sinh ra khoảng 4000 - 5000 tấn tro bay/tháng. Tro bay của nhà máy thải ra được chất đống tại kho bãi sẽ làm tốn diện tích nhà xưởng và làm ô nhiễm môi trường. Bởi vậy để đảm bảo môi trường và giảm diện tích kho chứa, các Công ty Nhôm thuộc TKV đã thuê các đơn vị ngoài để xử lý tro bay của phân xưởng nhiệt điện, nên đã làm tăng chi phí sản xuất (https://cafeland.vn/tin-tuc/; https://nld.com.vn/thoi-su/).

Để thu hồi than sạch từ tro bay của phân xưởng nhiệt điện tại Công ty Nhôm Đắk Nông, nhóm nghiên cứu sử dụng phương pháp tuyển nổi. Trong quá trình tuyển nổi than từ tro bay cần phải sử dụng thuốc tuyển với thành phần chính là các hydrocacbon (dầu diezel, dầu hỏa, dầu mazut, dầu thải...) và một số chất phụ gia khác (Phạm Văn Luận, 2018; Nguyễn Hoàng Sơn, 2012). Báo cáo này trình bày kết quả nghiên cứu tìm ra thuốc tuyển phù hợp và đưa ra chế độ tuyển tối ưu để thu hồi than sạch đạt chất lượng đem tiêu thụ. Kết quả nghiên cứu nếu áp dụng vào thực tiễn sẽ mang lại hiệu quả kinh tế cho Công ty Nhôm Đắk Nông nói riêng và ngành than nói chung, đồng thời góp phần làm tăng trữ lượng than và sử dụng tổng hợp nguồn tài nguyên khoáng sản.

2. Mẫu và phương pháp thí nghiệm

2.1. Mẫu nghiên cứu

Mẫu nghiên cứu là tro bay lấy từ bãi chứa bụi của Công ty Nhôm Đắk Nông được vận chuyển về Phòng thí nghiệm của Bộ môn Tuyển khoáng với khối lượng mẫu 100kg. Mẫu sau đó được phơi khô, gia công trộn đều, giản lược lấy mẫu phân tích rây, phân tích độ tro và mẫu làm thí nghiệm. Tính chất mẫu nghiên cứu cho ở Bảng 1.

Bảng 1. Bảng kết quả thành phần độ hạt mẫu đầu

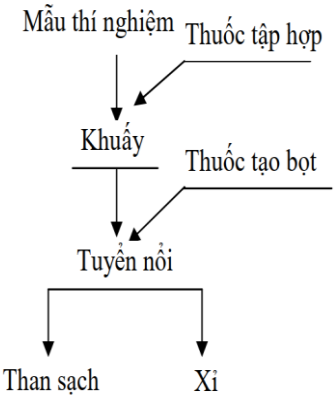
Cấp hạt, mm	Thu hoạch,%	Độ tro, %
0,5-1	0,25	76,76
0,2-0,5	0,43	76,97
0,1-0,2	8,31	71,25
0,074-0,1	7,74	63,37
0,04-0,074	21,53	54,11
0,02-0,04	9,57	52,12
-0,02	52,17	82,29
Mẫu đầu	**100**	**70,92**

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Các thí nghiệm xác định công nghệ tuyển nổi mẫu tro bay được tiến hành trên máy tuyển nổi dạng ngăn máy cơ giới có dung tích là 1*l* (Hình 1) và sơ đồ tuyển cho ở Hình 2.



Hình 1. Ảnh máy tuyển nổi cơ giới phòng thí nghiệm



Hình 2. Sơ đồ thí nghiệm tuyển điều kiện

Phương pháp thí nghiệm: Các thí nghiệm được tiến hành theo phương pháp truyền thống, nghĩa là tiến hành khảo sát lần lượt từng thông số. Trong mỗi loạt thí nghiệm các thông số điều kiện được giữ nguyên ngoài thông số được khảo sát. Giá trị thông số tốt nhất ở loạt thí nghiệm trước được giữ cố định cho các loạt thí nghiệm sau.

Điều kiện thí nghiệm: Các thí nghiệm được tiến hành trên máy tuyển nổi ngăn máy cơ giới có dung tích là 1*l*. Tiến hành lần lượt các thí nghiệm điều kiện. Thí nghiệm thay đổi hỗn hợp các loại thuốc tập hợp khác nhau là dầu diezen và dầu hỏa; dầu thải và dầu hỏa, dầu mazut và dầu hỏa. Thí nghiệm khảo sát chi phí thuốc tập hợp từ 1500g/t đến 2100g/t. Thí nghiệm khảo sát nồng độ bùn từ 80 đến 140g/l. Thí nghiệm khảo sát chi phí thuốc tạo bọt là dầu thông từ 50-150g/t. Thời gian khuấy tiếp xúc thuốc tuyển là 5 phút. Thời gian gạt bọt là 5 phút. Các sản phẩm sau tuyển sẽ được gạn nước, lọc, sấy, cân xác định khối lượng, lấy mẫu để phân tích độ tro.

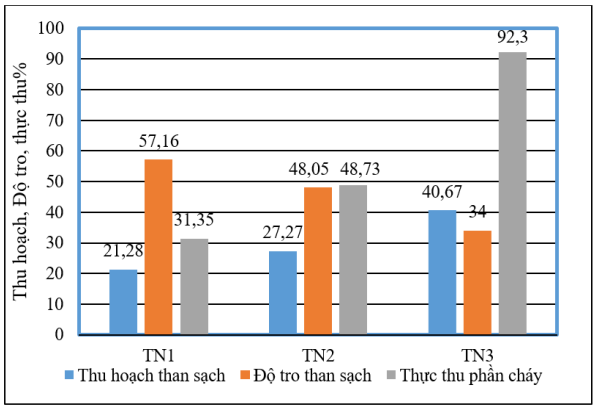
3. Kết quả thí nghiệm

3.1. Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của các loại thuốc tập hợp khác nhau

Tiến hành thí nghiệm tuyển nổi mẫu tro bay với chi phí thuốc tập hợp cố định 1700g/t và thay đổi các loại dầu không cực khác nhau, mỗi loại dầu đều được phối trộn với dầu hỏa theo tỷ lệ 1:1. Kết quả thí nghiệm cho ở Bảng 2. Biểu đồ biểu diễn ảnh hưởng của các loại thuốc tập hợp đến kết quả tuyển cho ở Hình 3.

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm tuyển nổi mẫu tro bay với các loại thuốc tập hợp khác nhau

Loại thuốc	Sản phẩm	Thu hoạch,%	Độ tro,%	Thực thu phần cháy,%
TN1: Dầu diezen +Dầu hỏa	Than sạch	21,28	57,16	31,35
	Đá thải	78,72	74,64	68,65
	Mẫu đầu	**100**	**70,92**	**100**
TN2: Dầu thải + dầu hỏa	Than sạch	27,27	48,05	48,73
	Đá thải	72,73	79,51	51,27
	Mẫu đầu	**100**	**70,93**	**100**
TN3: Dầu mazut + dầu hỏa	Than sạch	40,67	34	92,3
	Đá thải	59,33	96,23	7,70
	Mẫu đầu	**100**	**70,92**	**100**



Hình 3. Biểu đồ biểu diễn ảnh hưởng của các loại thuốc tập hợp đến kết quả tuyển nổi mẫu tro bay

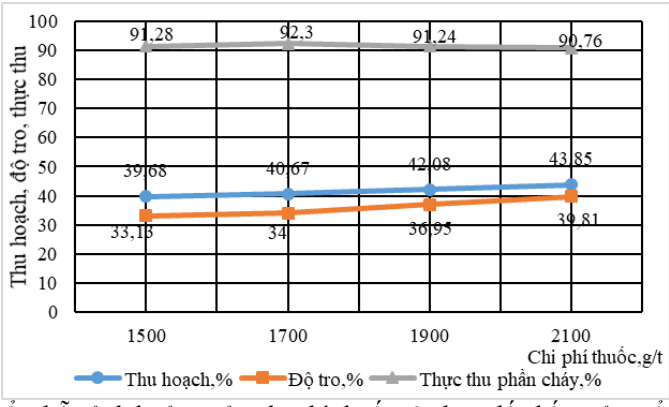
Từ kết quả thí nghiệm cho thấy với hỗn hợp thuốc tập hợp là dầu mazut + dầu hỏa cho kết quả tuyển tốt, sản phẩm than sạch thu được có thu hoạch 40,67%, độ tro 34%, thực thu phần cháy 92,3%. Sản phẩm đá thải có độ tro 96,23%.

3.2. Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của chi phí thuốc tập hợp

Tiến hành thí nghiệm tuyển nổi mẫu tro bay với chi phí thuốc tập hợp thay đổi từ 1500g/t đến 2100g/t. Kết quả thí nghiệm cho ở Bảng 3. Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của chi phí huốc tập hợp đến kết quả tuyển cho ở Hình 4.

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm tuyển nổi mẫu tro bay với chi phí thuốc tập hợp khác nhau

Chi phí thuốc,g/t	Sản phẩm	Thu hoạch,%	Độ tro,%	Thực thu phần cháy,%
1500	Than sạch	39,68	33,13	91,28
	Đá thải	60,32	95,79	8,72
	Mẫu đầu	**100**	**70,93**	**100**
1700	Than sạch	40,67	34	92,3
	Đá thải	59,33	96,23	7,7
	Mẫu đầu	**100**	**70,92**	**100**
1900	Than sạch	42,08	36,95	91,24
	Đá thải	57,92	95,62	8,76
	Mẫu đầu	**100**	**70,93**	**100**
2100	Than sạch	43,85	39,81	90,76
	Đá thải	56,15	95,21	9,24
	Mẫu đầu	**100**	**70,92**	**100**



Hình 4. Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của chi phí thuốc tập hợp đến kết quả tuyển nổi mẫu tro bay

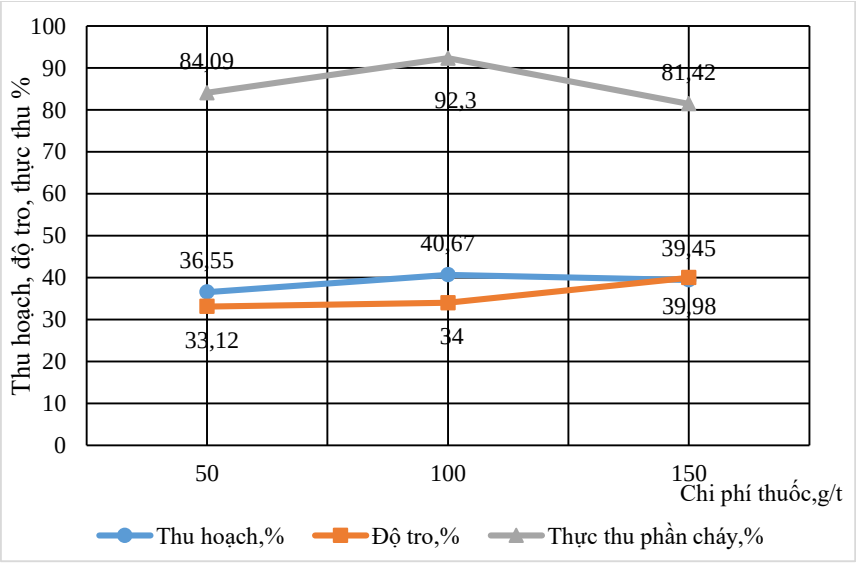
Từ kết quả thí nghiệm cho thấy với chi phí thuốc tập hợp tối ưu là 1700g/t cho kết quả tuyển tốt, sản phẩm than sạch thu được có thu hoạch 40,67%, độ tro 34%, thực thu phần cháy 92,3%. Sản phẩm đá thải có độ tro 96,23%.

3.3. Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của chi phí thuốc tạo bọt

Tiến hành thí nghiệm tuyển nổi mẫu tro bay với chi phí thuốc tạo bọt thay đổi từ 50g/t đến 150g/t. Kết quả thí nghiệm cho ở Bảng 4. Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của chi phí huốc tập hợp đến kết quả tuyển cho ở Hình 5.

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm tuyển nổi mẫu tro bay với chi phí thuốc tạo bọt khác nhau

Chi phí thuốc,g/t	Sản phẩm	Thu hoạch,%	Độ tro,%	Thực thu phần cháy,%
50	Than sạch	36,55	33,12	84,09
	Đá thải	63,45	92,69	15,91
	Tổng	**100**	**70,92**	**100**
100	Than sạch	40,67	34	92,3
	Đá thải	59,33	96,23	7,7
	Tổng	**100**	**70,92**	**100**
150	Than sạch	39,45	39,98	81,42
	Đá thải	60,55	91,07	18,58
	Tổng	**100**	**70,91**	**100**



Hình 5. Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của chi phí thuốc tạo bọt đến kết quả tuyển nổi mẫu tro bay

Từ kết quả thí nghiệm cho thấy với chi phí thuốc tạo bọt tối ưu là 100g/t cho kết quả tuyển tốt, sản phẩm than sạch thu được có thu hoạch 40,67%, độ tro 34%, thực thu phần cháy 92,3%. Sản phẩm đá thải có độ tro 96,23%.

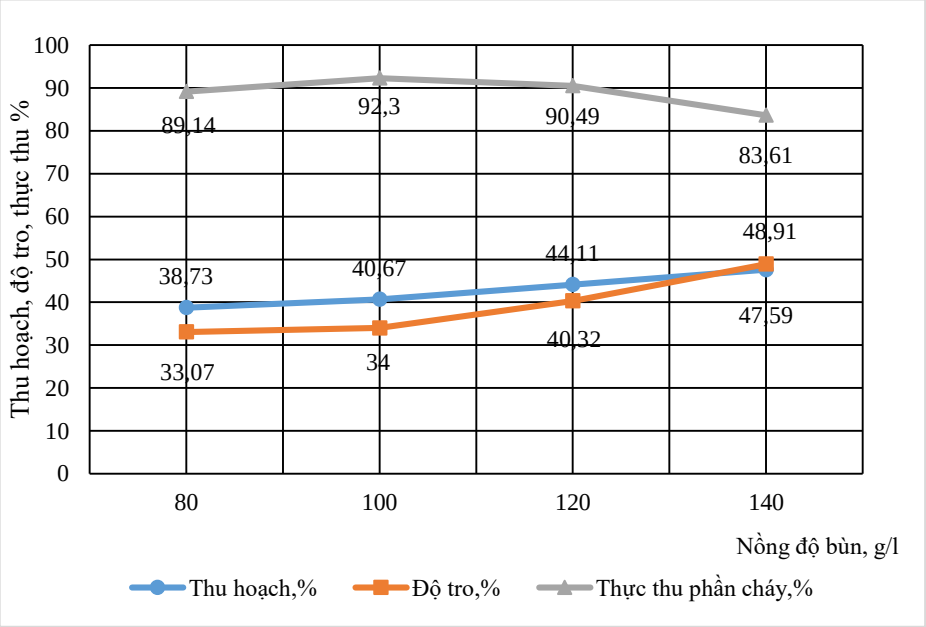
3.3. Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của nồng độ bùn

Tiến hành thí nghiệm tuyển nổi mẫu tro bay với chi phí thuốc tập hợp cố định là 1700g/t, chi phí thuốc tạo bọt 100g/t, thay đổi nồng

độ bùn từ 80 đến 140g/l. Kết quả thí nghiệm cho ở Bảng 5. Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của nồng độ bùn đến kết quả tuyển than cho ở Hình 6.

Bảng 5. Kết quả thí nghiệm tuyển nổi mẫu tro bay với nồng độ bùn khác nhau

Nồng độ bùn, g/l	Sản phẩm	Thu hoạch,%	Độ tro,%	Thực thu phần cháy,%
80	Than sạch	38,73	33,07	89,14
	Đá thải	61,27	94,84	10,86
	Tổng	**100**	**70,92**	**100**
100	Than sạch	40,67	34	92,3
	Đá thải	59,33	96,23	7,7
	Tổng	**100**	**70,92**	**100**
120	Than sạch	44,11	40,32	90,49
	Đá thải	55,89	95,06	9,51
	Tổng	**100**	**70,91**	**100**
140	Than sạch	47,59	48,91	83,61
	Đá thải	52,41	90,91	16,39
	Tổng	**100**	**70,92**	**100**



Hình 6. Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của nồng độ bùn đến kết quả tuyển nổi mẫu tro bay

Từ kết quả thí nghiệm cho thấy khi tăng nồng độ bùn từ 80g/l lên 100g/l thu hoạch than sạch tăng lên từ 38,73% lên 40,67%, độ tro than sạch tăng từ 33,07% lên 34%, độ tro đá thải tăng từ 94,84% lên 96,23%, thực thu phần cháy trong than sạch tăng từ 89,14% lên 92,3% cho kết quả tuyển tốt. Khi tăng tiếp nồng độ bùn từ 100g/l lên 120g/l và 140g/l thu hoạch và thực thu than sạch tăng không đáng kể, độ tro than sạch đều >40%. Chọn chi phí nồng độ bùn tối ưu là 100g/l.

4. Kết luận

- Mẫu tro bay của phân xưởng nhiệt điện tại Công ty Nhôm Đắk Nông có độ hạt rất mịn, chiếm khoảng 85% cấp -0,074mm thích hợp cho quá trình tuyển nổi. Để tuyển nổi nhằm thu hồi than sạch chất lượng cao cần lựa chọn sử dụng hỗn hợp thuốc tập hợp là dầu mazut với dầu diezen theo tỷ lệ 1:1.

- Khi tuyển nổi mẫu quặng tro bay bằng máy tuyển nổi ngăn máy cơ giới phòng thí nghiệm có dung tích là 1*l* đã xác định được loại thuốc tuyển và chế độ tuyển tối ưu với chi phí thuốc tập hợp (dầu mazut + dầu

diezen) 1700g/t, nồng độ bùn là 100g/l, chi phí thuốc tạo bọt (dầu thông) là 100g/t. Kết quả thu được sản phẩm than sạch có độ tro dưới 35%, thực thu phần cháy khoảng 92%, sản phẩm đá thải độ tro cao trên 96%.

- Cần tiếp tục nghiên cứu ở quy mô lớn hơn để đánh giá hiệu quả kinh tế - kỹ thuật và tác động môi trường của phương án lựa chọn để kiến nghị áp dụng vào sản xuất, góp phần giảm chi phí mua than do tận thu được nguồn than sạch tuần hoàn làm nhiên liệu, sử dụng đuôi thải sau tuyển làm vật liệu xây dựng, tận thu tài nguyên, giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

Tài liệu tham khảo

Phạm Văn Luận, 2018. *Nghiên cứu chế tạo thuốc tuyển từ dầu thải để tuyển nổi bùn than chất lượng xấu*. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học công nghệ cấp Bộ.

Nguyễn Hoàng Sơn, 2012. *Kỹ thuật mới trong tuyển nổi*. Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

Amanda Walker & Thomas D. Wheelock, 2006. *Separation of Carbon from Fly Ash Using Froth Flotation*. Coal Preparation, 26:4, 235-250.

J. Drzymala, J. T. Gorke, and T. D. Wheelock, 2005. *A Flotation Collector for the Separation of Unburned Carbon from Fly Ash*. Coal Preparation, Vol. 25, pp.67-80.

Hangwei Lin, Koji Takasu, Hidehiro Koyamada and Hiroki Suyama, 2021. *Development of Flotation Device for Removing Unburnt Carbon in Fly Ash for Use in Hardened Cementitious Materials*

Yang, L.; Li, D.; Zhang, L.; Yan, X.; Ran, J.; Wang, Y.; Zhang, H, 2020. *On the utilization of waste fried oil as flotation collector to remove carbon from coal fly ash*. Waste Manag, 113, 62–69

https://baoxaydung.com.vn/bai-2-nhu-cau-tro-xi-nha-may-nhiet-dien-de-su-dung-lam-vat-lieu-xay-dung-ngay-cang-tang-379436.html

https://cafeland.vn/tin-tuc/tro-bay-la-gi-ung-dung-cua-tro-bay-trong-san-xuat-be-tong-115818.html

https://nld.com.vn/thoi-su/hon-11000m3-tro-bay-xi-day-moi-thang-tu-alumin-nhan-co-ve-dau-20190821101716326.htm

https://moit.gov.vn/bao-ve-moi-truong/giai-phap-xu-ly-tro-xi-than-tu-nha-may-nhiet-dien-vinh-tan2.html

ABSTRACT

Research on clean coal recovery technology from fly ash of Thermal power plant at Dak Nong Aluminum Company

Pham Thi Nhung[1,3], Tran Van Duoc[1,3], Nhu Thi Kim Dung[1,3], Vu Thi Chinh[1,3]
Phan Chi Khanh[2], Luu Cong Hau[2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Dak Nong Aluminium Company – Vinacomin*
[3]*Research Group Advanced Technologies in Mineral Processing and Recycling (MinPro)*

During the process of burning coal in thermal power plants, a large amount of fine dust called fly ash is always generated. Fly ash discharged from the factory and piled up in warehouses will waste factory space and cause environmental pollution. Research into fly ash collection to recover clean coal for reuse and use the remainder as construction materials will contribute to minimizing pollution in each field, reducing production costs and taking advantage of mineral resources. The report presents the results of research on flotation experiments to recover clean coal from fly ash of the thermal power plant at Dak Nong Aluminum Company. The research results have identified the optimal processing technology regimes and the efficiency of clean coal recovery. When flotation of the initial fly ash sample with an ash level of 70.92%, in the optimal mode, a clean coal product with an ash level of less than 35% was obtained, the actual combustion fraction reached about 92% and tailing product with an ash level of over 95%.

Keywords: Fly ash; flotation; clean coal

Nghiên cứu xác định chế độ thuốc tuyển hợp lý để tuyển quặng kẽm oxit mỏ Chợ Điền - Bắc Kạn

Đỗ Thị Như Quỳnh[2,3]; Phạm Văn Luận[1,4*]; Lê Việt Hà[1,4];
[1]Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[2]Công ty Cổ phần Tư vấn Công nghệ và Thiết bị Mỏ - Luyện kim
[3]Nghiên cứu sinh Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[4]Nhóm nghiên cứu Công nghệ tiên tiến trong Chế biến khoáng sản và Tái chế (MinPro)

TÓM TẮT

Quặng kẽm oxit Chợ Điền có đặc điểm là phong hóa mạnh; hàm lượng kẽm từ 6 - 10%; kẽm tồn tại trong các khoáng hemimorphit (halamin), smithsonit và chalcophanite; đất đá chủ yếu là gơtit, sét và thạch anh. Nhưng đến nay chưa có nghiên cứu khả thi nào để đưa loại quặng này vào thực tế sản xuất. Báo cáo này, trình bày ảnh hưởng của các loại thuốc tuyển (thuốc tập hợp; đè chìm; phân tán…) đến quá trình tuyển quặng kẽm oxit. Từ đó, xây dựng chế độ thuốc tuyển phù hợp để tuyển nổi quặng kẽm oxit mỏ Chợ Điền. Sau khi tuyển ở chế độ thuốc tuyển đề xuất thu được quặng tinh kẽm có hàm lượng 20 - 25% với thực thu từ 55-60%. Các kết quả tuyển sơ bộ trên đã mở ra triển vọng phát triển công nghệ tuyển quặng oxit kẽm có tính khả thi về mặt kinh tế - kỹ thuật cho mỏ Chợ Điền.

Từ khóa: quặng kẽm oxit; tuyển nổi; thuốc tuyển nổi

1. Giới thiệu

Kẽm là một trong những kim loại có giá trị kinh tế cao được sử dụng phổ biến sau sắt, nhôm, đồng và được ứng dụng trong nhiều ngành công nghiệp. Kẽm kim loại chủ yếu sử dụng để sản xuất hợp kim, mạ kẽm, pin và là chất phụ gia quan trọng trong công nghiệp sản xuất cao su và sơn. Đặc biệt, nhu cầu kẽm kim loại cho các ngành công nghiệp năng lượng tái tạo và mặt trời sẽ tăng mạnh trong những năm tiếp theo (ILZSG, 2020). Cũng theo ILZSG, nhu cầu kẽm tinh chế toàn cầu dự báo sẽ giảm xuống còn 13,79 triệu tấn vào năm 2022, nhưng sẽ tăng lên 13,99 triệu tấn vào năm 2023. Đồng thời, lượng kim loại kẽm thiếu hụt trong năm 2022 và 2023 lần lượt là 297.000 tấn và 150.000 tấn. Tại Việt Nam, nhu cầu kẽm kim loại trong giai đoạn 2020 - 2025 vào khoảng 160.000 đến 200.000 tấn/năm. Tuy nhiên, các nhà máy luyện kẽm trong nước chỉ đáp ứng được khoảng 12.000 tấn/năm (vinacomin - minerals holding corporation, 2015). Sản lượng kẽm thỏi (99,95% Zn) của nhà máy điện phân kẽm Thái Nguyên trong những năm gần đây chỉ đạt dưới 12.000 tấn/năm, thấp hơn so với thiết kế 15.000 tấn/năm. Do nhà máy không đủ nguyên liệu để sản xuất, vì quặng sunfua nguyên khai ngày càng nghèo đi và việc khai thác đã đến giai đoạn cuối nên sản lượng quặng tinh kẽm sunfua cấp cho nhà máy điện phân ngày càng giảm. Đồng thời, quặng kẽm oxit nguyên khai giàu với hàm lượng trên 15 % Zn cũng đã được các nhà máy sử dụng gần hết. Nếu không có các biện pháp sử dụng quặng kẽm oxit nghèo thì nguồn nguyên liệu trong nước cung cấp cho nhà máy điện phân kẽm Thái Nguyên, Việt Nam sẽ thiếu hụt trầm trọng trong những năm tới. Trong khi đó trữ lượng kim loại kẽm trong quặng oxit tại Việt Nam vào khoảng 226.618 tấn (1997/QĐ-TTg, 2015). Loại quặng oxit hàm lượng 5 – 10% Zn tập trung chủ yếu tại Chợ Điền, Bắc Kạn với trữ lượng khoảng 873.220 tấn (Trần Thị Hiến, 2007). Nhưng đến nay vẫn chưa được tuyển để tận thu kẽm. Vì vậy, Việt Nam cần sớm đưa ra phương án công nghệ tuyển có tính khả thi về mặt kinh tế - kỹ thuật để thu hồi loại quặng này cung cấp cho các nhà máy chế biến bột oxit kẽm và điện phân.

Tuyển nổi là phương pháp phổ biến nhất để làm giàu quặng kẽm oxit. Việc lựa chọn chế độ thuốc tuyển và loại thuốc tuyển trong quá trình tuyển nổi quặng kẽm oxit phụ thuộc vào khoáng vật oxit kẽm chính cần thu hồi và các khoáng vật đất đá đi kèm. Hiện nay, nhiều nghiên cứu sử dụng những phương án sau để tuyển nổi quặng kẽm oxit.

- Sulfid hóa bằng Na_2S rồi tuyển nổi bằng thuốc tập hợp cation (như amin); (Majid Ejtemaei, et al, 2014; Behrouz Khaleghi et al, 2016; A. Mehdilo et al, 2012);
- Sulfid hóa bằng Na_2S và kích động bằng ion kim loại (như Cu^{++}) rồi tuyển nổi bằng thuốc tập hợp

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamvanluan@humg.edu.vn

xanthate; (Majid Ejtemaei, et al, 2014; S.R. Rao, J.A. Finch, 2003)

- Tuyển nổi bằng thuốc tập hợp axit béo; (Majid Ejtemaei, et al, 2014; S.H. Hosseini and E. Forssberg, 2006)
- Tuyển nổi bằng hỗn hợp thuốc tập hợp anion/cation (như xanthat với amin); (Majid Ejtemaei, et al, 2014; Sajjad Aghazadeh et al, 2016; Hosseini SH, Forssberg E, 2007)
- Tuyển nổi bằng thuốc tập hợp mercaptans hoặc chelat. (Majid Ejtemaei, et al, 2014; S. H. Hosseini, E. Forssberg, 2006; 2008; A.M. Marabini et al, 2007)

Báo cáo này trình bày phương án tuyển nổi quặng kẽm oxit mỏ Chợ Điền bằng thuốc tập hợp axit béo và dầu hoả; điều chỉnh môi trường bằng Na_2CO_3; thuốc phân tán Sep-X và Tan-XS, thuỷ tinh lỏng và dextrin làm thuốc đè chìm. Nhằm mục đích tách khoáng vật smithsonite và hemimorphite ra khỏi các khoáng vật tạp goethite; hematite; quartz và illite.

2. Mẫu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Tính chất mẫu nghiên cứu

2.1.1. Thành phần độ hạt

Do mẫu nghiên cứu là loại quặng phong hóa mạnh chứa nhiều mùn sét, nên đã sử dụng phương pháp phân tích rây ướt để xác định thành phần độ hạt của quặng nguyên khai. Mẫu phân tích rây có khối lượng 50 kg được phân tích rây ướt lần lượt qua các rây: 6; 3; 1; 0,2; 0,1; 0,04 và 0,02 mm. Kết quả phân tích rây và hóa cho ở Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả phân tích rây mẫu nghiên cứu

Cấp hạt, mm	Thu hoạch, %	Hàm lượng, Zn %	Thực thu, Zn %
+6	36,48	9,36	43,91
3 - 6	11,92	9,5	14,56
1 - 3	7,22	9,12	8,47
0,2 - 1	12,16	9,26	14,48
0,1 - 0,2	3,58	7,22	3,32
0,04 - 1	5,48	5,43	3,83
0,02 - 0,04	1,65	4,21	0,89
-0,02	21,51	3,81	10,54
Cộng	100	7,78	100

Từ kết quả phân tích rây nhận thấy: Kẽm tập trung chủ yếu ở cấp hạt + 0,2 mm với thu hoạch, hàm lượng và thực thu kẽm lần lượt là: 67,78%; 9,34 % Zn và 81,42%. Mẫu nghiên cứu chứa 21,51% cấp hạt -0,02mm với thực thu kẽm 10,54% và hàm lượng kẽm 3,81%, thấp nhất trong các cấp hạt.

2.1.2. Thành phần khoáng vật

Thành phần khoáng vật theo từng cấp hạt của mẫu nghiên cứu được cho ở Bảng 2.

Kết quả phân tích thành phần khoáng vật cho thấy: Khoáng vật chứa kẽm trong mẫu nghiên cứu bao gồm hemimorphit, chalcophanit và smithsonit. Các khoáng vật tạp chủ yếu là gơtit, manhetit, sét và thạch anh. Khoáng vật sét chủ yếu tập trung ở cấp hạt 0,02 – 0,1 và - 0,02mm. Oxit sắt ngậm nước phân bố khá đồng đều theo các cấp hạt.

Có thể nhận thấy quặng kẽm oxit của mỏ Chợ Điền thuộc loại khó tuyển nổi vì: thành phần phức tạp; chứa nhiều slam và không thể thu hồi đồng thời hemimorphit (calamin), smithsonit và chalcophanit vào quặng tinh ở cùng một chế độ tuyển.

Bảng 2. Thành phần khoáng vật của mẫu nghiên cứu

Cấp hạt, mm	Thành phần khoáng vật và khoảng hàm lượng (~%)								
	Hemi-morphit	Chalcop hanit	Smith -sonit	Macph ersonit	Thạch anh	Gơtit	Hema -tite	Illit	K.vật khác
+ 6	6 - 8	10-12	27-29	3 - 5	2 - 4	20-22	7 - 9	7 - 9	5%Ca;Do
3 - 6	10-12	12-14	21-23	3 - 5	4 - 6	20-22	10-12	7 - 9	-
1 - 3	13-15	9 - 11	11-13	3 - 5	6 - 8	23-25	14-16	8 - 10	-
0,2 - 1	16-18	5 - 7	14-16	3 - 5	11-13	20-22	7 - 9	11-13	Ca
0,1 – 0,2	11-13	5 - 7	6 - 8	4 - 6	18-20	17-19	6 - 8	16-18	4%Do
0,02 – 0,1	3 - 5	2 - 4	≤ 1	3 - 5	11-13	11-13	4 - 6	47-49	7%Clorit
- 0,02	≤ 1	-	≤ 1	6 - 8	8 - 10	19-21	9 - 11	30-32	8%Clorit; %Kin; 3%Fels
Ghi chú: - *Ca: Canxit; Do: Dolomit ; Kin: Kintoreit ; Fels: Felspat.*									

2.2. Thuốc và máy tuyển sử dụng trong nghiên cứu

2.2.1. Thuốc tuyển

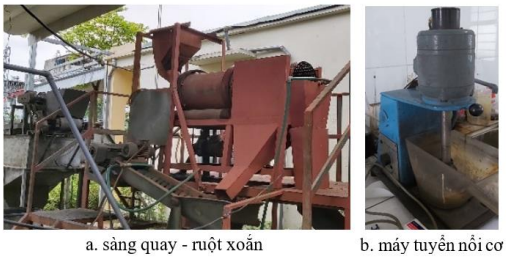
Các loại thuốc tuyển dùng trong nghiên cứu cho ở Bảng 3.

Bảng 3. Các loại thuốc dùng trong nghiên cứu

TT	Hoá chất	Công dụng	TT	Hoá chất	Công dụng
1	Armac C	Tập hợp	7	Na_2S	Sunfua hoá
2	Armac T	Tập hợp	8	Na_2SiO_3	Đè chìm
3	PAX	Tập hợp	9	Dextrin	Đè chìm
4	Axit oleic	Tập hợp	10	Sep-X	Phân tán
5	Axit hydroxamic	Tập hợp	11	Tan-XS	Đè chìm
6	Dầu hoả	Tập hợp	12	Na_2CO_3	Điều chỉnh MT

2.2.2. Thiết bị thí nghiệm

Do mẫu nghiên cứu chứa nhiều mùn sét, nên quặng trước khi tuyển được đưa qua hệ thống đánh tơi khử mùn sét, bao gồm: sàng tang quay kích thước 500 x 1000 mm và máy phân cấp ruột xoắn đơn kích thước 200 x 1000 mm (Hình 1a). Quặng sau khi đánh tơi và khử mùn sét được nghiền đến 100% cấp hạt -0,1 mm để cấp cho máy tuyển nổi cơ giới có dung tích 3*l*, 1*l* (Hình 1b).

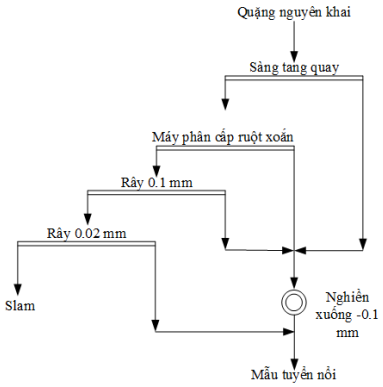


a. sàng quay - ruột xoắn b. máy tuyển nổi cơ

Hình 1. Ảnh các thiết bị nghiên cứu

2.2.3. Chuẩn bị mẫu cho thí nghiệm tuyển nổi

Sơ đồ chuẩn bị mẫu cho quá trình tuyển nổi cho ở Hình 2. Sau khi khử mùn sét thu được quặng cấp cho quá trình tuyển nổi với các chỉ tiêu như trong Bảng 3.



Hình 2. Sơ đồ chuẩn bị mẫu cho quá trình tuyển nổi

Bảng 3. Chỉ tiêu quặng cấp cho thí nghiệm tuyển nổi

Cấp hạt, mm	Thu hoạch, %	Hàm lượng, Zn %	Thực thu, Zn %
+ 0,02	80,58	8,86	91,88
Slam	19,42	3,25	8,12
Cộng	**100**	**7,77**	**100**

Như vậy, sau khi khử mùn sét quặng cấp cho quá trình tuyển nổi có thực thu kẽm là 91,88% với hàm lượng kẽm đạt 8,86 %.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Kết quả thí nghiệm điều kiện

Mục đích của các thí nghiệm điều kiện là xác định chế độ công nghệ tuyển tối ưu như: nồng độ pha rắn, loại thuốc tập hợp, chi phí các loại thuốc tuyển... để làm cơ sở cho thí nghiệm tuyển nổi vòng hở và vòng kín. Trong quá trình nghiên cứu đã sử dụng Armac C (Cocoamine axetat), Armac T (Tallowalkylamine

axetat), PAX (Potassium Amyl Xanthate) axit oleic, axit hydroxamic và dầu hoả để làm thuốc tập hợp. Tuy nhiên, quặng kẽm oxit mỏ Chợ Điền đều nổi không tốt với thuốc tập hợp amine, xanthate, axit béo, hỗn hợp amine với xanthate như nhiều nghiên cứu đã đề xuất ở trên. Quặng có kết quả tuyển nổi tốt khi sử dụng hỗn hợp của 80% axit oleic và 20% axit hydroxamic làm thuốc tập hợp chính và dầu hoả làm thuốc tập hợp thứ cấp. Do vậy, trong báo cáo này chúng tôi tập trung vào trình bày kết quả nghiên cứu tuyển quặng kẽm oxit bằng hỗn hợp thuốc tập hợp axit béo (80 % axit oleic và 20% axit hydroxamic) có bổ sung thêm dầu hoả trong quá trình tuyển. Các thí nghiệm điều kiện được tiến hành tuyển một lần trên máy tuyển nổi 3 *l* để xác định các chế độ công nghệ tuyển tối ưu. Chế độ công nghệ và kết quả tuyển ở chế độ tối ưu cho ở Bảng 4 và 5.

Bảng 4. Chế độ công nghệ tối ưu khi thí nghiệm điều kiện

Chế độ tuyển, đơn vị	Giá trị
Nồng độ pha rắn, g/l	250
pH (xô đa)	9 - 9,5
Thuỷ tinh lỏng, g/t	500
Sep-X, g/t	1000
Tan-XS, g/t	1000
Thuốc tập hợp, g/t	800
Dầu hoả, g/t	200

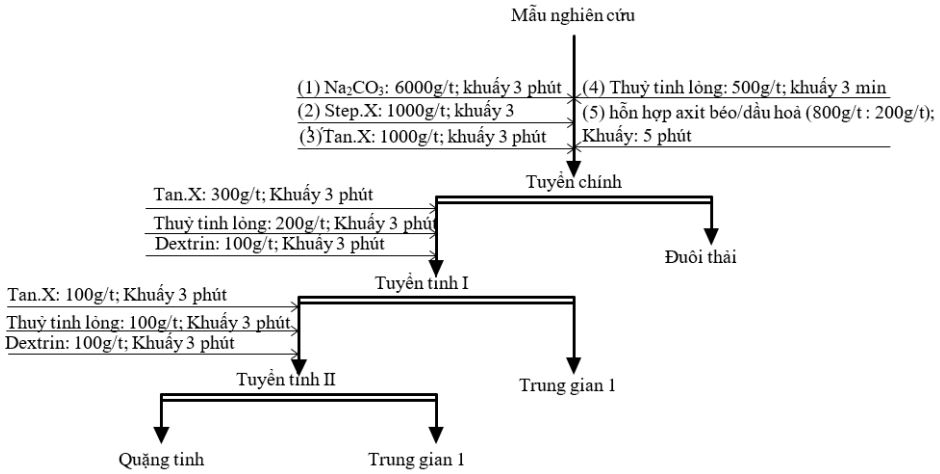
Trong quá trình tuyển nổi quặng kẽm oxit nhiều tác giả đã khuyến nghị dùng sodium hexametaphosphate để phân tán bùn quặng (Majid Ejtemaei, et al, 2014; A.H. Navidi Kashani and F. Rashchi, 2008; C.A. Pereira and A.E.C. Peres, 2005; A.E.C. Peres eta al; 1994). Tuy nhiên, đối với quặng kẽm oxit mỏ Chợ Điền khi dùng Sep-X để phân tán bùn quặng có hiệu quả tốt hơn (Sep-X là hỗn hợp polyme tự nhiên với 50 % tanin). Trong mẫu quặng nghiên cứu chứa nhiều oxit sắt, để đè chìm các oxit sắt thường dùng các loại hồ tinh bột. Nhưng trong nghiên cứu này, chúng tôi nhận thấy Tan-XS (bột Bisufite chiết xuất từ cây keo Úc) với thành phần chính là tanin cho hiệu quả đè chìm các oxyt sắt tốt hơn. Hai hoá chất Sep-X và TAN - XS được cung cấp bởi Công ty Bondtite.

Bảng 5. Kết quả thí nghiệm điều kiện ở chế độ tối ưu

Tên sản phẩm	Thu hoạch, %	Hàm lượng, Zn %	Thực thu, Zn %
Quặng tinh	46,58	16,44	86,43
Quặng đuôi	53,42	2,25	13,57
Cộng	**100**	**8,86**	**100**

3.2. Kết quả thí nghiệm tuyển nổi vòng hở

Mục đích của nghiên cứu tuyển nổi vòng hở là xác định số lượng khâu tuyển tinh và tuyển vét. Nhằm thu được quặng tinh cuối cùng có hàm lượng đạt yêu cầu và giảm mất mát khoáng vật có ích vào quặng đuôi. Trong quá trình nghiên cứu nhận thấy: đuôi thải của khâu tuyển chính có hàm lượng kẽm thấp hơn trong slam nên không cần thiết phải sử dụng khâu tuyển vét. Để đảm bảo thu được quặng tinh có hàm lượng kẽm trên 23%, cần thiết phải sử dụng 02 khâu tuyển tinh. Đồng thời, phải bổ sung thêm dextrin và các thuốc đè chìm khác vào các khâu tuyển tinh mới thu được quặng tinh đạt chất lượng yêu cầu. Sơ đồ và chế độ thuốc tuyển nổi vòng hở cho ở Hình 3 và kết quả tuyển nổi vòng hở cho ở Bảng 6. Từ kết quả ở Bảng 6 nhận thấy: sau 02 khâu tuyển tinh đã thu được quặng tinh có hàm lượng 26,31%Zn với mức thực thu kẽm trong khâu tuyển nổi đạt 63,01%.



Hình 3. Sơ đồ tuyển nổi vòng hở

Bảng 6. Kết quả tuyển nổi vòng hở

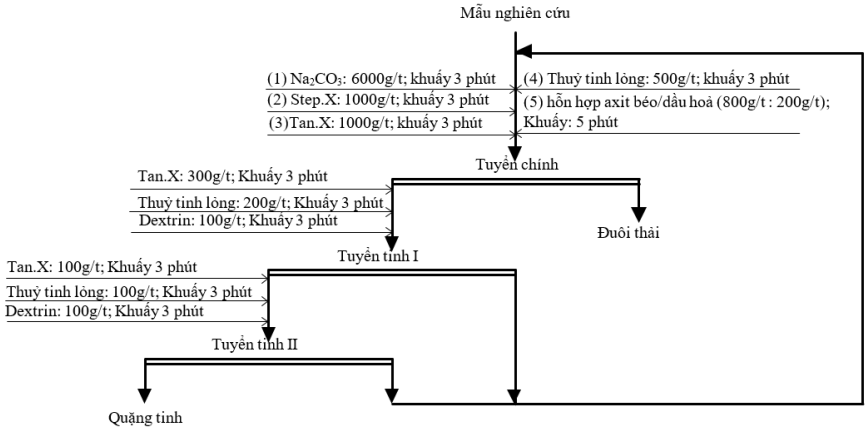
Tên sản phẩm	Thu hoạch, %	Hàm lượng Zn,%	Thực thu Zn, %
Quặng tinh	21,22	26,31	63,01
Trung gian 1	16,55	7,77	14,51
Trung gian 2	8,38	11,37	10,75
Quăng đuôi	53,85	1,93	11,73
Công	**100**	**8,86**	**100**

3.3. Kết quả thí nghiệm tuyển nổi vòng kín

Mục đích của thí nghiệm tuyển nổi vòng kín là xác định điểm quay vòng của sản phẩm trung gian. Trong quá trình thí nghiệm vòng hở nhận thấy các sản phẩm trung gian có hàm lượng kẽm xấp xỉ quặng vào khâu tuyển chính. Vì vậy, chọn phương án cho tất cả các sản phẩm trung gian của khâu tuyển tinh trở lại khâu tuyển chính. Sơ đồ và chế độ thuốc tuyển ở vòng kín thể hiện trên Hình 4. Kết quả tuyển nổi vòng kín, thành phần khoáng vật của quặng tinh và quặng đuôi cho ở Bảng 7 và 8.

Bảng 7. Kết quả tuyển nổi vòng kín

Tên sản phẩm	Hàm lượng, %	Theo quặng đưa tuyển nổi		Theo quặng nguyên khai	
		γ, %	ε, %	γ, %	ε, %
Quặng tinh	24,11	23,56	64,11	18,98	58,9
Đuôi thải	4,16	76,44	35,89	61,6	32,98
Cộng	**8,86**	**100**	**100**	**80,58**	**91,88**



Hình 4. Sơ đồ tuyển nổi vòng kín

Bảng 8. Kết quả phân tích Xrây quặng tinh và quặng đuôi

Khoáng vật	Khoảng hàm lượng, %	
	Quặng tinh	Quặng đuôi
Hemimorphit – $Zn_4[Si_2O_7](OH)_2.H_2O$	18 – 20	5 – 7
Smithsonit – $ZnCO_3$	38 – 40	12 - 16
Chalcophanit – $ZnMn_3O_7(H_2O)_3$	2 – 4	9 – 11
Macphersonit – $Pb_4(SO_4)(CO_3)_2(OH)_2$	3 – 5	3 - 5
Thạch anh – SiO_2	2 - 4	6 – 8
Gơtit – $Fe_2O_3.H_2O$	8 – 10	22 – 24
Hêmatit – Fe_3O_3	2 – 4	8 – 10
Canxit - $CaCO_3$	1	1
Dolomit - $CaMg(CO_3)_2$	1	1
Illit – $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$	5 - 7	11 – 13

Từ kết quả nghiên cứu tuyển nổi vòng kín nhận thấy:

- Sau 01 khâu tuyển chính và 02 khâu tuyển vét đã thu được quặng tinh kẽm có hàm lượng 24,11 %Zn với mức thực thu kẽm vào quặng tinh so với quặng nguyên khai là 58,9 %;

- Quặng đuôi có hàm lượng 4,16 %Zn với thực thu kẽm so với quặng nguyên khai là 32,98 %. Hàm lượng và thực thu kẽm trong đuôi thải còn khá cao. Tuy nhiên, khoáng vật chứa kẽm còn lại trong đuôi thải chủ yếu là chalcophanit, khoáng vật này hầu như không nổi ở chế độ tuyển nổi hemimorphite và smithsonite;

- Ở chế độ thuốc tuyển như trên đã thu hồi được chủ yếu hemimorphite và smithsonite vào quặng tinh, đồng thời loại bỏ được các khoáng vật tạp vào quặng đuôi, tuy nhiên, hàm lượng khoáng vật gơtit và thạch anh trong quặng tinh vẫn còn khá cao, cũng như chưa thu hồi triệt để được hemimorphite và smithsonite vào quặng tinh; vấn đề này có thể do các khoáng vật trên chưa được giải phóng hoàn toàn trong quá trình nghiền, chúng vẫn còn ở dạng liên tinh nên làm giảm hiệu quả tuyển nổi.

4. Kết luận

Mẫu quặng nghiên cứu thuộc loại khó tuyển nổi do có thành phần khoáng vật phức tạp, xâm nhiễm mịn và chứa nhiều mùn sét. Khoáng vật tạp chủ yếu là gơtit và illit là hai khoáng vật khó đè chìm và phân tán trong quá trình tuyển nổi. Kẽm tập trung chủ yếu ở 3 khoáng vật hemimorphit (calamin), smithsonit và chalcophanit. Nhưng rất khó để thu hồi cả ba khoáng vật này ở cùng một chế độ tuyển vào quặng tinh và đến nay trên thế giới vẫn chưa thấy có báo cáo nào trình bày về tuyển nổi khoáng vật chalcophanit.

Sử dụng hỗn hợp thuốc tập hợp (80% axit oleic và 20% axit hydroxamic) kết hợp với dầu hoả có thể thu hồi đồng thời cả hai khoáng vật hemimorphit, smithsonit vào quặng tinh. Tan - XS đã thể hiện được vai trò đè chìm trong quá trình tuyển, đặc biệt là với gơtit.

Chế độ thuốc tuyển nghiên cứu ở trên đã thể hiện được sự phân tách giữa các khoáng vật chứa kẽm (hemimorphit và smithsonit) với các khoáng vật tạp (gơtit; thạch anh và illit…). Tuy nhiên, không thu hồi được khoáng vật Chalcophanit vào quặng tinh và đè chìm triệt để được các khoáng vật tạp.

Ở chế độ thuốc tuyển trên vẫn chưa thu hồi triệt để khoáng vật chứa kẽm vào quặng tinh, trong quặng tinh vẫn lẫn nhiều khoáng vật tạp, nên hàm lượng và thực thu kẽm trong quặng tinh mới chỉ đạt lần lượt là: 24,11% Zn và 58,9%. Điều này có thể là do các khoáng vật có ích và tạp vẫn chưa được giải phóng hoàn toàn trong quá trình nghiền.

Kết quả nghiên cứu bước đầu tuy chưa thật sự hiệu quả các chỉ tiêu công nghệ tuyển còn thấp; chi phí thuốc tuyển cao và sử dụng nhiều loại thuốc tuyển. Nhưng đây là nghiên cứu mang tính định hướng, đánh giá khả năng tuyển nổi quặng kẽm oxit nghèo mỏ Chợ Điền. Nếu xét trên khía cạnh này thì nghiên cứu đã mở ra khả năng áp dụng phương pháp tuyển nổi vào thực tế tuyển quặng kẽm oxit mỏ Chợ Điền.

Để sớm có thể đưa quặng kẽm oxit mỏ Chợ Điền vào thực tế sản xuất cần có các nghiên cứu bổ sung như: giảm độ mịn nghiền; giảm chi phí và các loại thuốc tuyển và tuyển nổi bằng các máy tuyển có khả năng tuyển cấp hạt mịn và siêu mịn … nhằm tăng hiệu quả tuyển và giảm chi phí sản xuất.

Tài liệu tham khảo

Quyết định số 1997/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: *Phê duyệt Quy hoạch thăm dò, khai thác, chế biến và sử dụng quặng chì kẽm đến năm 2020, có xét đến năm 2030*; 2015

Trần Thị Hiến, 2007, *Nguyên cứu công nghệ tuyển quặng ôxit kẽm (dưới 10 phần trăm) mỏ Chợ Điền phục vụ yêu cầu sản xuất bột kẽm*, Đề tài Bộ Công thương

Vinacomin – *minerals holding corporation*, 2015

International Lead and Zinc study group, 2020, *the world zinc factbook 2020*

A.H. Navidi Kashani, F. Rashchi, *Separation of oxidized zinc minerals from tailings: Influence of flotation reagents*, Minerals Engineering Volume 21, Issues 12-14, November 2008, Pages 967-972 A.E.C. Peres, A.A.M. Borges, R. Galery, *The effect of the dispersion degree on the floatability of an oxidased zinc ore*, Minerals Engineering Volume 7, Issue 11, November 1994, Pages 1435-1439

A.M. Marabini , M. Ciriachi , P. Plescia , M. Barbaro, *Chelating reagents for flotation*. Minerals Engineering Volume 20, Issue 10, August 2007, Pages 1014-1025

A. Mehdilo, H. Zarei, M. Irannajad, H. Arjmandfar, *Flotation of zinc oxide ores by cationic and mixed collectors*, Minerals Engineering Volumes 36-38, October 2012, Pages 331-334

C.A. Pereira, A.E.C. Peres, *Reagents in calamine zinc ores flotation*, Minerals Engineering Volume 18, Issue 2, February 2005, Pages 275-277

Behrouz Khaleghi, Mohammad Noaparast, Seid Ziaedin Shafaei, Saeid Bayat, *Flotation Study of Oxide Zinc Ore using Cationic-Anionic Mixed Collectors*, Russian Journal of Non-Ferrous Metals, 2016, Vol. 57, No. 7, pp. 647-658.

Hosseini SH, Forssberg E; *Adsorption studies of smithsonite flotation using dodecylamine and oleic acid*. Minerals & Metallurgical processing, SME, Vol. 23. No. 2, 2006.

Hosseini SH, Forssberg E. *Physicochemical studies of smithsonite flotation using mixed anionic/cationic collector*. Minerals Engineering Volume 20, Issue 6, May 2007, Pages 621-624

Hosseini SH, Forssberg E . *Smithsonite flotation using potassium amyl xanthate and hexylmercaptan*, Mineral Processing and Extractive Metallurgy Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy: Section C. Volume 115, 2006 - Issue 2

Hosseini SH, Forssberg E. *Selective flotation of angooran oxidised zinc ore using mercaptans*.

11th International Mineral Processing Symposia (*IMPS-2008*).

Mahdi Gharabaghi, Mehdi Irannajad, *A review of zinc oxide mineral beneficiation using flotation method*, Advances in Colloid and Interface Science,Volume 206, April 2014, Pages 68-78;

S.R. Rao, J.A. Finch, *Base metal oxide flotation using long chain xanthates*, International Journal of Mineral Processing Volume 69, Issues 1-4, March 2003, Pages 251-258

ABSTRACT

Flotation reagent selection and suitable dosages for zinc oxide ores of the Cho Dien mine, Bac Kan province, Vietnam

Do Thi Nhu Quynh[2,3], Pham Van Luan[1,4*], Le Viet Ha[1,4],

[1]*Hanoi University of mining and geology*

[2]*GAVAQ Solutions, Hanoi, Vietnam*

[3]*PhD student of Hanoi University of mining and geology*

[4]*Research Group Advanced Technologies in Mineral Processing and Recycling (MinPro)*

Zinc ores of the Cho Dien mine consist of both sulfide and oxide ores. However, current mining of sulfide ores of the mine has reached the final stage, therefore, the research on selection of appropriate flotation reagents and suitable dosages for their processing is the foremost task of the mine. The Cho Dien zinc oxide ores are characterized by strong weathering: Their zinc contents vary of 6 - 10%; Zinc mainly exists in form of Hemimorphite (Calamine), Smithsonite and chalcophanite; Main gangue minerals are goethite, clays and and silicates. This article presents the study results on effects of major factors on Cho Dien zinc oxide ore flotation including: type of collectors (amines, xantates, fatty acids); Type of depressants and dispersants (polycarboxylic, sodium silicate tripolyphosphate, sodium hexametaphosphate, TAN – XS and SEP – X- %); and their dosages. The ore samples were washed to remove clays and by were ground to about 90% of -0.074mm passing size. Then the sanples were undergone flotation with different flotation reagents and dosages. The study results show that flotation of the Cho Dien zinc oxide ore has best criteria when it is floated by a fatty acid. Zinc contents of the obtained concentrates reached 20-25% Zn with actual recoveries of about 55 - 60%.

Keywords: Zinc oxidie ores; flotation; flotation reagents; Cho Dien Mine

Tổng quan về các phương pháp thu hồi titan từ bùn đỏ của các nhà máy sản xuất alumin

Phùng Tiến Thuật[1,3,*], Trần Trung Tới[1,3],
Phạm Thị Loan[2], Vũ Văn Thảo[2], Nguyễn Văn Luân[2], Trần Trung Dũng[2]
[1]Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[2]Công ty Nhôm Đắk Nông – TKV
[3]Nhóm nghiên cứu Công nghệ tiên tiến trong Chế biến khoáng sản và Tái chế (MinPro)

TÓM TẮT

Trong quá trình sản xuất alumin, tùy theo nguyên liệu đầu vào, ước tính để sản xuất 1 tấn alumin sẽ thải ra từ 1 đến 1,5 tấn bùn đỏ. Ở Việt Nam, hiện tại có hai nhà máy sản xuất alumin với tổng công suất khoảng 1,3 triệu tấn alumin/năm, lượng bùn đỏ của hai nhà máy thải ra khoảng 1,2 triệu tấn/năm, trong đó có chứa các kim loại như Fe, Al, Ti,…. Hàm lượng titan tính theo oxit khoảng 3% đến 7% TiO_2. Hàm lượng này cao hơn cả hàm lượng TiO_2 trong một số mỏ quặng titan. Do đó, đây có thể coi là một nguồn nguyên liệu rất có giá trị để thu hồi titan. Bài báo này sẽ trình bày một số đặc điểm của bùn đỏ và các phương pháp đang được nghiên cứu trên thế giới nhằm thu hồi titan từ bùn đỏ. Từ đó, định hướng cho các nghiên cứu xử lý một cách có hiệu quả đối với bùn đỏ của các nhà máy alumin tại Việt Nam, góp phần tận thu khoáng sản, bảo vệ tài nguyên và môi trường.

Từ khóa: Tận thu bùn đỏ; xử lý bùn đỏ; tận thu titan; bùn thải alumin

1. Đặt vấn đề

Titan là kim loại có giá trị sử dụng cao do có khả năng chống ăn mòn và tỷ lệ độ bền riêng theo trọng lượng cao. Hiện tại, titan đã được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vựac khác nhau, bao gồm công nghiệp hàng không vũ trụ, công nghiệp đóng tàu và công nghiệp hóa chất (https://vi.wikipedia.org/wiki/Titani). Nguồn nguyên liệu để chế biến thu hồi titan được khai thác chủ yếu từ các mỏ quặng titan sa khoáng và quặng titan gốc. Tuy nhiên, gần đây các nghiên cứu cho thấy, trong bùn đỏ của quá trình sản xuất alumin chứa một lượng titan đáng kể, và đây có thể coi là nguồn tài nguyên cho ngành công nghiệp chế biến titan (Li Wang và nnk, 2019; Matic và nnk, 2024; Nikhil Dhawan, 2021).

Bùn đỏ là chất thải rắn công nghiệp được sản xuất trong ngành công nghiệp alumina. Tùy theo nguyên liệu, ước tính khoảng 1,0–1,5 tấn bùn đỏ được tạo ra trong quá trình sản xuất 1 tấn alumin (Li Wang và nnk, 2019; Shrey Agrawal, Nikhil Dhawan, 2021). Thành phần của bùn đỏ khá phức tạp, chủ yếu bao gồm Fe_2O_3, Al_2O_3, SiO_2, CaO, Na_2O, TiO_2 và các oxit khác (Li Wang và nnk,2019; Matic và nnk, 2024; Nikhil Dhawan, 2021). Hàm lượng TiO_2 trong bùn đỏ nhìn chung nằm trong khoảng từ 4% đến 12%, hàm lượng này thậm chí còn cao hơn ở các mỏ quặng titan.

Theo thống kê năm 2015, trữ lượng bùn đỏ trên thế giới đạt khoảng 4 tỷ tấn và lượng bùn đỏ dự kiến tăng khoảng 150 triệu tấn/năm (Li Wang và nnk, 2019; Matic và nnk, 2024). Tại Việt Nam, ngành công nghiệp bauxite-alumin mới chỉ phát triển khoảng 10 năm gần đây với 2 nhà máy chế biến alumin, tổng sản lượng alumin theo thiết kế đạt khoảng 1,3 triệu tấn/năm, lượng bùn đỏ thải ra khoảng 1,2 triệu tấn/năm (https://www.statista.com/statistics; Nguyễn Bá Phong, Phạm Thanh Hải, 2023). Sản lượng bùn đỏ sẽ tăng khi các nhà máy alumin được xây dựng thêm hoặc mở rộng quy mô công suất. Điều này đang gây ra một áp lực lớn đối với việc lưu trữ và quản lý bùn đỏ.

Các phân tích ở trên cho thấy, vấn đề nghiên cứu thu hồi titan từ bùn đỏ không chỉ có ý nghĩa về mặt kinh tế đối với ngành công nghiệp titan mà còn góp phần tận thu khoáng sản từ bùn đỏ theo chủ chương thực hiện kinh tế tuần hoàn trong chế biến khoáng sản. Trong báo cáo này sẽ trình bày một số nghiên cứu trên thế giới hiện nay về bùn đỏ và phương án xử lý để thu hồi titan từ nguồn nguyên liệu này.

2. Đặc điểm thành phần của bùn đỏ

* *Tác giả liên hệ*
Email: phungtienthuat@humg.edu.vn

Bùn đỏ là vật liệu hạt cực mịn có kích thước hạt trung bình dưới 100 µm tùy thuộc vào kích thước hạt của nguyên liệu ban đầu (Zhaobo Liu và Hongxu Li, 2015). Thành phần và tính chất của bùn đỏ phụ thuộc vào nguồn quặng và quy trình sản xuất. Hàm lượng sắt trong bùn đỏ thay đổi trong khoảng 7–24%, SiO_2 trong khoảng 8–23%, Al_2O_3 khoảng 7–19%, khoảng dao động về thành phần của các nguyên tố vi lượng cũng lớn.

Trên thế giới hiện nay, có 3 quy trình để sản xuất alumin gồm quy trình bayer; quy trình thiêu kết và quy trình kết hợp bayer với thiêu kết. Mỗi quy trình phù hợp với một đối tượng quặng nhất định. Cũng bởi vậy mà bùn đỏ sản xuất theo các quy trình khác nhau sẽ có thành phần và đặc điểm khác nhau. Bùn đỏ theo quy trình Bayer có hàm lượng Fe_2O_3 và Al_2O_3 cao hơn nhiều so với hai quy trình còn lại. Các đặc tính của bùn đỏ được tạo ra bằng quy trình kết hợp tương tự như các đặc tính được tạo ra bằng quy trình thiêu kết, đồng thời hàm lượng CaO và SiO_2 trong bùn đỏ cao hơn nhiều so với quy trình của Bayer. Sự khác nhau về thành phần của bùn đỏ cũng tùy thuộc vào thành phần của quặng ban đầu ở các khu vực khác nhau (Li Wang và nnk, 2019). Bảng 1 và Bảng 2 thống kê về thành phần hóa học chính của bùn đỏ theo từng quy trình và ở các khu vực khác nhau.

Bảng 1: Thành phần hóa học của bùn đỏ trong các quy trình chế biến alumin khác nhau (Li Wang và nnk,2019)

Thành phần hóa học	**CaO**	**Al_2O_3**	**Fe_2O_3**	**SiO_2**	**TiO_2**	**Na_2O**
Quy trình thiêu kết	38,09	9,18	6,66	18,1	6,72	4
Quy trình kết hợp	40,78	7,68	10,97	22,67	3,26	2,93
Quy trình Bayer	20,88	17,67	28,3	8,34	7,34	2,29

Bảng 2: Thành phần hóa học của bùn đỏ ở một số khu vực trên thế giới (Li Wang và nnk,2019)

Khu vực	**Al_2O_3**	**Fe_2O_3**	**SiO_2**	**CaO**	**Na_2O**	**TiO_2**
Úc (Quy trình Bayer)	27,7	40,5	19,9	-	2	3,5
Ấn Độ (quy trình Bayer)	21,9	28,1	7,5	10,2	4,5	15,8
Sơn Đông, Trung Quốc (Quy trình thiêu kết)	8,32	5,7	32,5	41,62	2,33	-
Hà Nam, Trung Quốc (Quy trình thiêu kết)	25,48	11,77	20,58	13,97	6,55	4,14
Sơn Tây, Trung Quốc (Quy trình Bayer)	10,5	6,75	22,2	42,25	3	2,55

Các thống kê cho thấy, biên độ dao động về tỷ lệ các thành phần kim loại trong bùn đỏ là khá lớn, tùy thuộc vào nguồn nguyên liệu và quy trình sản xuất. Đây cũng là khó khăn để nghiên đưa ra một quy trình xử lý chung cho tất cả các loại bùn đỏ. Trong bùn đỏ, hàm lượng titan dao động trong khoảng 3,5% - 15%TiO_2. Với khối lượng lớn được thải ra hàng năm, bùn đỏ sẽ là nguồn nguyện liệu tiềm năng quan trọng để thu hồi titian (Li Wang và nnk, 2019; Gözde Alkan và nnk, 2017; Shoppert.A và Loginova. I. V, 2017).

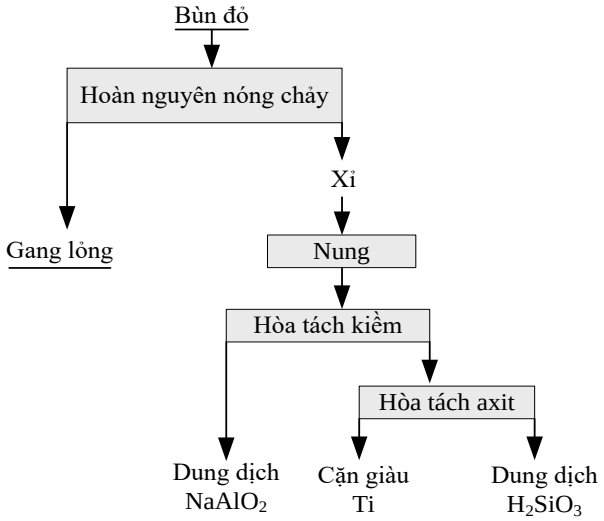
3. Các phương pháp thu hồi Ti từ bùn đỏ

3.1. Phương pháp hỏa luyện

Hiện nay, các nghiên cứu trên thế giới thường dùng phương pháp hỏa luyện, thủy luyện hoặc kết hợp để thu hồi titan.. Các quy trình hỏa luyện thường được sử dụng để thu hồi sắt từ bùn đỏ. Sản phẩm sắt thu được là gang lỏng và xỉ chứa titan, nhôm và silic. Sau khi thu hồi gang lỏng, xỉ được xử lý bằng quá trình hòa tách để thu hồi nhôm và titan (Chiara Bonomi và nnk, 2016; Siwei Li và nnk, 2023; Zhaobo Liu và Hongxu Li, 2015). Quy trình tổng quát về phương pháp này thể hiện như trong hình 1.

Phương pháp hỏa luyện đã được thử nghiệm từ lâu bởi Ercag và Apak từ năm 1997. Trong nghiên cứu này, các tác giả đã tiến hành trộn bùn đỏ với dolomit và than cốc, sau đó vê viên và thiêu kết hỗn hợp ở nhiệt độ 1100 ^{0}C. Viên thiêu kết được đưa vào nấu chảy ở 1550^{0}C, sản phẩm thu được là gang và xỉ chứa titan. Xỉ được tách ra và đem hòa tách bằng H_2SO_4 30% ở 90^{0}C, hiệu suất thu hồi titan theo trọng lượng xỉ là 84,7% (Ercag và Apak, 1997).

Phương pháp hỏa luyện tiêu hao năng lượng lớn, hơn nữa thành phần của bùn đỏ chưa thực sự phù hợp cho quá trình luyện gang (Chiara Bonomi và nnk, 2016), do đó không có nhiều nghiên cứu về phương pháp này được công bố. Các nghiên cứu thu hồi titan từ bùn đỏ chủ yếu tập trung vào các quy trình thủy luyện bằng việc hòa tách trực tiếp trong axit hoặc sử dụng phương pháp hỏa luyện như một quá trình tiền xử lý trước khi hòa tách.



Hình 1. Quy trình tổng quát xử lý bùn đỏ sử dụng kết hợp hỏa luyện và thủy luyện

3.2. Phương pháp thủy luyện

Các quá trình thủy luyện được nghiên cứu theo 2 hướng: hòa tan trực tiếp titan sau đó tiến hành kết tủa thu hồi hoặc làm giàu titan bằng việc kết hợp hòa tan và thu hồi các kim loại khác.

Năm 2008, Agatzini-Leonardou và nhóm nghiên cứu của mình đã tiến hành hòa tách titan từ bùn đỏ bằng dung dịch H_2SO_4 ở nhiệt độ thường và không sử dụng bất kỳ biện pháp xử lý sơ bộ nào. Mẫu nghiên cứu có thành phần như trong bảng 3. Các chế độ công nghệ được khảo sát gồm: nồng độ axit từ 3-6N, nhiệt độ từ 40 – 60 ^{0}C và nồng độ pha rắn từ 5-20%.

Bảng 3. Thành phần bùn đỏ trong nghiên cứu của S.Agatzini-Leonardou và nhóm nghiên cứu (Agatzini-Leonardou và nnk, 2008)

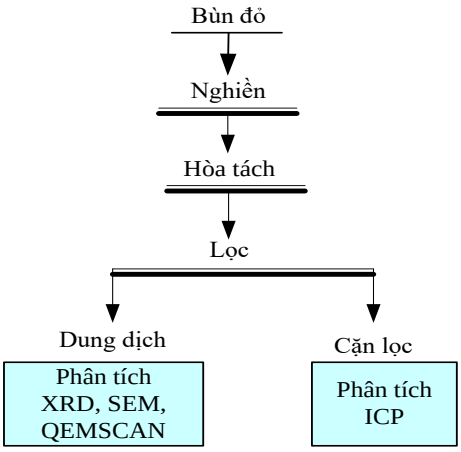
Thành phần	Fe_2O_3	Al_2O_3	TiO_2	SiO_2
hàm lượng (%)	41,3	21,2	7,1	5,35
Thành phần	CaO	MgO	Na_2O	Cr_2O_3
hàm lượng (%)	11,02	0,25	2,15	0,31

Theo kết quả nghiên cứu của S.Agatzini-Leonardou và cộng sự, hiệu suất thu hồi titan theo khối lượng bùn đỏ đạt 64,5% ở điều kiện tối ưu: nồng độ axit là 6N, nhiệt độ là 60^{o}C và nồng độ pha rắn là 5%. Ở điều kiện đó, sắt cũng hòa tan theo khá nhiều. Khả năng hòa tan sắt đạt 46%, trong khi với nhôm không vượt quá 37% (Agatzini-Leonardou và nnk, 2008).

Năm 2017, Gözde Alkan và các đồng nghiệp đã thực hiện các nghiên cứu với axit sulfuric, axit clohydric và sự kết hợp của hai axit với tỷ lệ HCl:H_2SO_4 là 1:3 trong cùng điều kiện thí nghiệm. Mục đích của các ngiên cứu nhằm đánh giá hiệu suất hòa tách của titan khi sử dụng các dung môi khác nhau. Điều kiện thí nghiệm với nồng độ axit là 4 mol/l, tỷ lệ lỏng/rắn là 50/1, hòa tách ở nhiệt độ 70^{o}C. Mẫu sau hòa tách được đưa đi phân tích để đánh giá hiệu suất hòa tách titan (Gözde Alkan và nnk, 2017). Sơ đồ thí nghiệm thể hiện như hình 2.

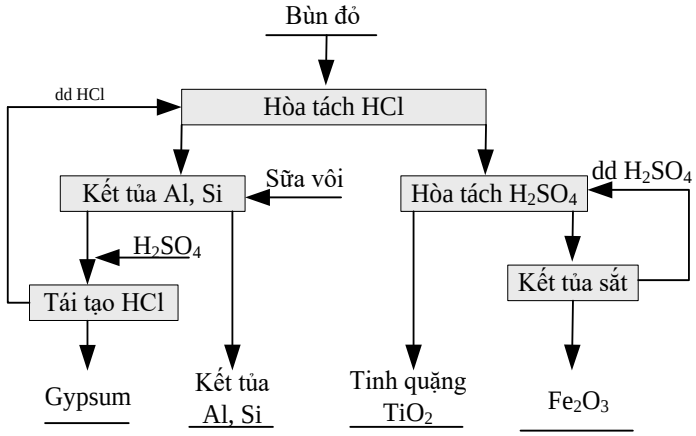
Kết quả thí nghiệm của Gözde Alkan và các đồng nghiệp đã xác định rằng: hiệu suất hòa tách titan cao nhất đạt 67% trong trường hợp hòa tách bằng axit sulfuric. Trong trường hợp sử dụng HCl, hiệu suất hòa tách titan không chỉ thấp hơn mà sắt cũng được hòa tan nhiều hơn, điều này có nghĩa là tính chọn lọc trong hòa tách titan giảm. Trong cả 3 trường hợp thì axit sulfuric là tốt nhất để xử lý bùn đỏ đối với titan. Gözde Alkan cũng lưu ý rằng, Fe có tác dụng cản trở quá trình hòa tan của Ti và cần có một lượng Fe hòa tan nhất định để quá trình hòa tan của Ti tốt hơn (Gözde Alkan và nnk, 2017).

Trong một nghiên cứu khác về quá trình hòa tách titan trong bùn đỏ bằng axir sunfuric, năm 2015, Xiao-bo ZHU và các đồng nghiệp đã bổ sung axit citric và trong axit sunfuric. Kết quả cho thấy việc bổ sung axit citric có thể làm tăng khả năng thu hồi titan và giảm tiêu thụ axit sulfuric. Khi sử dụng axit citric 5%, tỷ lệ thu hồi titan tăng từ 65% lên 82% và lượng tiêu thụ axit sulfuric giảm khoảng 30%. Tỷ lệ thu hồi titan tăng khi tăng tỷ lệ axit citric. Các khoáng perovskite, brookite và hematit trong bùn đỏ có thể dễ dàng hòa tan bằng axit citric (Xiao-bo ZHU và nnk, 2015).



Hình 2. Sơ đồ thí nghiệm theo nghiên cứu của Gözde Alkan và các đồng nghiệp năm 2017

Cũng nghiên cứu thu hồi titan từ bùn đỏ bằng quá trình hòa tách trong dung môi H_2SO_4, Shoppert và I.V.Loginova đã sử dụng thêm công đoạn tiền xử lý mẫu bằng dung dịch HCl (Shoppert.A và Loginova.I.V, 2017). Sơ đồ thí nghiệm như hình 3.



Hình 3. Sơ đồ thí nghiệm hòa tách titan từ bùn đỏ của Shoppert và các đồ ng nghiệ p năm 2015

Việc sử dụng dung dịch HCl loãng nhằm mục đích loại bỏ Ca, Na, Al, Si. Việc này cũng tránh sự thất thoát không mong muốn của axit sulfuric khi tạo thành thạch cao. Sau quá trình hòa tách bằng HCl, hàm lượng sắt và titan trong cặn tăng lên lần lượt là 57,7% và 6,4%. Giai đoạn thứ 2, hòa tách bằng H_2SO_4, điều kiện hòa tách ở nhiệt độ 50^{o}C và tỷ lệ L/R =20:1, thực hiện khuấy trộn trong 90 phút với nồng độ axitsulfuric là 80g/L. Hàm lượng oxit titan trong cặn thu được lên tới 46,7%. Lượng titan hòa tan trong dung dịch H_2SO_4 không quá 6% (Shoppert.A và Loginova.I.V, 2017).

Một nghiên cứu năm 2021 của Qingyuan Lei và các cộng sự đã thực hiện với bùn đỏ từ quy trình sản xuất alumin theo phương pháp Bayer của Công ty TNHH Tập đoàn Pinglu Quảng Tây, Trung Quốc. Trong quy trình này, bùn đỏ ban đầu được hòa tách trong HCl, sắt hòa tan trong dung dịch sẽ được tách ra bằng quá trình chiết ly. Dung dịch sau chiết ly dược sử dụng để thu hồi titan và Scandium. Hình 4 là mô tả cho quy trình nghiên cứu của Qingyuan Lei và các cộng sự.

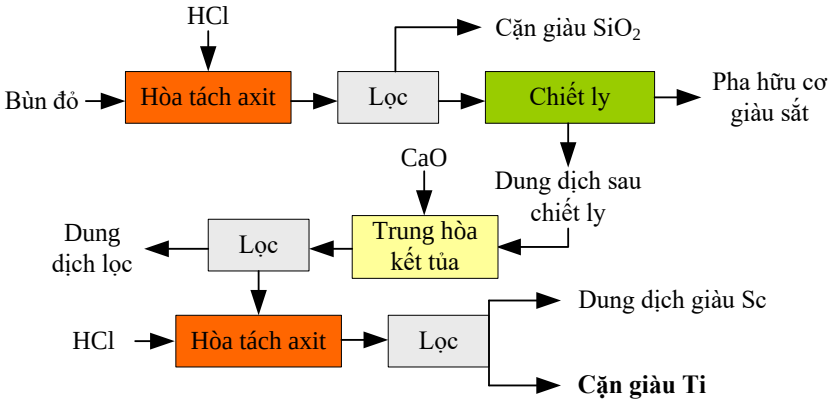
Dung dịch sau chiết ly có thành phần như trong bảng 4 sẽ được điều chỉnh pH bằng $Ca(OH)_2$ để kết tủa chọn lọc Ti và Sc. Tiếp tục hòa tách chọn lọc Sc từ kết tủa này trong HCl để thu được cặn giàu Ti.

Bảng 4. Thành phần dung dịch sau chiết ly (*Qingyuan Lei và cộng sự, 2021)*

Nguyên tố	Ti	Sc	Al	Na	Ca	Fe	Zr	S
C (mg/l)	5354	19,5	13829	9012	20932	579,7	425	454

Qingyuan Lei và cộng sự xác định, việc tách và thu hồi có chọn lọc Sc và Ti từ dung dịch sau chiết ly đã đạt được thông qua quá trình kết tủa trung hòa và sau đó là hòa tách bằng axit. Trong giai đoạn kết tủa trung hòa, hiệu suất kết tủa tối đa của Sc và Ti có thể lần lượt đạt tới 93,74% và 99,47%. Trong giai đoạn hòa tách axit, hiệu suất hòa tách của Sc và Ti lần lượt là 99,97% và 5,44%. Tổng tổn thất của Sc và Ti lần

lượt chỉ là 6,3% và 5,9% (Qingyuan Lei và nnk, 2021).

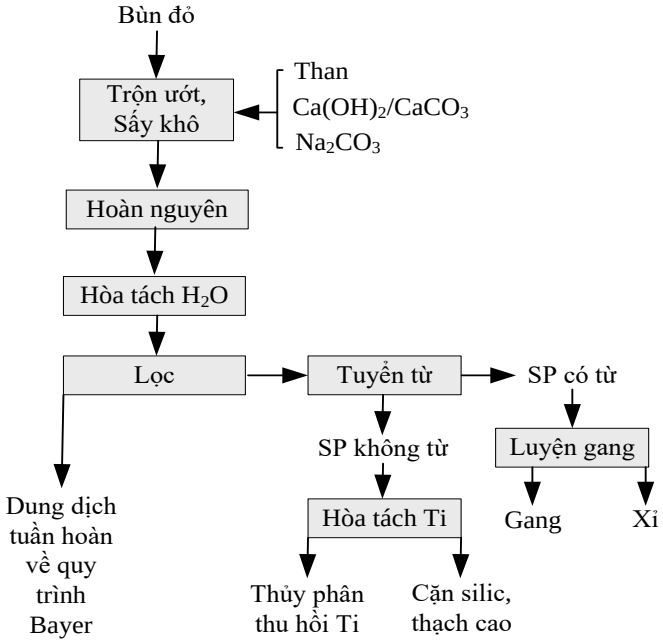


Hình 4. Quy trình trung hòa kết tủa để thu hồi Sc và Ti được nghiên cứu bởi Qingyuan Lei và cộng sự năm 2021

3.3. Phương pháp kết hợp quá trình hòa tách và tiền xử lý bằng nhiệt

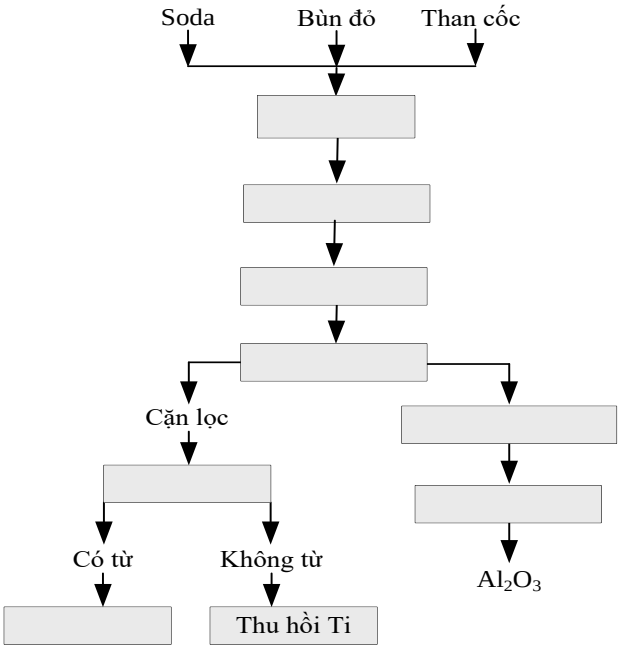
Trong bùn đỏ, titan chủ yếu ở dạng anatase và rutile, và hàm lượng TiO_2 khoảng 3,5–15,6%. Theo các báo cáo, anatase và rutile là các pha ổn định so với các khoáng chất khác có mặt trong bùn đỏ và cần nồng độ axit cao hơn để hòa tan (Nikhil Dhawan, 2021; Pepper và nnk, 2016). Do đó hiệu suất hòa tách trong các dung môi axit thường không cao.

Một sơ đồ kết hợp quá trình nhiệt để tiền xử lý bùn đỏ, sau đó sử dụng các quá trình hòa tách để thu hồi Al, Fe và Ti đã được nghiên cứu năm 1993 bởi Piga và các đồng nghiệp (Piga và nnk,1993). Quy trình xử lý được mô tả như hình 5.



Hình 5. Sơ đồ kết hợp thủy luyện và tiền xử lý nhiệt để thu hồi AL, Fe và Ti

Theo quy trình này, mẫu ban đầu gồm bùn đỏ, than, vôi và natri cacbonat được trộn đều sau đó nung trong lò ở nhiệt độ 800ºC - 1000ºC. Sản phẩm thiêu kết mịn thu được sẽ ngâm trong nước ở nhiệt độ 65°C trong 1 giờ. Kết quả xác định 89% nhôm được hòa tan vào dung dịch. Dung dịch này có thể tuần hoàn lại quy trình Bayer để sản xuất alumin. Cặn lọc tiếp đó được đem đi tuyển từ, sản phẩm có từ chứa Fe được đem đi nấu luyện thu hồi gang 73-79% Ti đi vào sản phẩm không từ sẽ được hòa tách trong axit để thu hồi Ti (Piga và nnk, 1993).



Hình 6. Sơ đồ sử dụng quá trình tiền xử lý nhiệt trước khi hòa tách của Kumar và Srivastava

Phương án này cũng được nhiều nhà khoa học nghiên cứu thử nghiệm, như nghiên cứu của Kumar và Srivastava năm 1998 (Hình 6). Nhưng quá trình tiền xử lý thực hiện ở nhiệt độ 750^{o}C, thấp hơn so với nghiên cứu của Piga và các đồng nghiệp năm 1993.

Trong một nghiên cứu khác bằng phương án kết hợp hòa tách với xử lý nhiệt của Kasliwal và Sai, năm 1999, sản phẩm titan thu được dưới dạng cặn được làm giàu TiO_2 qua 2 bước. Bước đầu tiên là hòa tách trong dung dịch HCl để loại bỏ một lượng oxit sắt, canxi, natri và nhôm. Cặn hòa tách sau đó được thiêu kết với Na_2CO_3 ở 1150^{o}C trong 115 phút, sau đó được lọc bằng nước để hòa tan natri aluminate (hình thành trong quá trình thiêu), cặn rắn sau cùng được làm giàu TiO_2 lên tới 76% (Kasliwal và Sai, 1999).

Mặc dù có nhiều nghiên cứu tận thu titan từ bùn đỏ của các nhà máy alumin, tuy nhiên chưa thấy có báo cáo nào về các kết quả triển khai thực tế sản xuất. Qua các công trình được công bố cho thấy, các quy trình hỏa luyện, thủy luyện đều được sử dụng trong các nghiên cứu để xem xét khả năng thu hồi titan từ bùn đỏ. Trong đó, quy trình thủy luyện được nhiều tác giả quan tâm hơn cả. Trong quy trình này, các loại axit được sử dụng để tách trực tiếp titan hoặc hòa tan tạp chất để lại cặn không tan giàu titan. Tuy nhiên, công đoạn hòa tách được thực hiện với nồng độ axit cao và nhiệt độ cao nên gặp nhiều khó khăn trong quá trình thực hiện.

Phương pháp hỏa luyện là quá trình nấu luyện bùn đỏ để thu hồi sắt dưới dạng gang lỏng, xỉ của quá trình nấu luyện sẽ được xử lý tiếp bằng các quá trình hòa tách để thu hồi nhôm và titan. Phương pháp này tuy đơn giản nhưng chi phí năng lượng cao, hơn nữa tính chất của bùn đỏ cũng chưa thực sự phù hợp để nấu luyện.

Để đạt hiệu quả cao trong quá trình hòa tách, việc sử dụng các quá trình xử lý trước nguyên liệu là cần thiết để tận thu tối đã các thành phần có ích trong bùn đỏ. Trong phương án này, các quá trình chiết ly và tuyển từ cũng được sử dụng kết hợp nhằm tách các thành phần kim loại thành các sản phẩm giá trị riêng biệt.

4. Hiện trạng xử lý bùn đỏ ở Việt Nam

Việt Nam hiện nay có 2 nhà máy sản xuất alumin bằng phương pháp Bayer. Lượng bùn đỏ thải ra hàng năm khoảng 1,2 triệu tấn (https://vinacomin.vn/; Nguyễn Bá Phong, Phạm Thanh Hải, 2023). Hiện tại, chưa có một phương án xử lý nào ngoài việc thải ướt và lưu trữ trong các hồ chứa. Các hồ chứa gây chiếm dụng một diện tích đất rất lớn, về lâu dài sẽ là một nguy vô cùng lớn với môi trường. Hơn nữa việc quản lý và vận hành các hồ chứa đang tiêu tốn một khoản chi phí không nhỏ cho các công ty.

Về thành phần hóa học, trong bùn đỏ chứa phần lớn là oxit sắt, ngoài ra Al cũng đi theo bùn đỏ khoảng 8-15% tùy thuộc vào hàm lượng silic ban đầu, hàm lượng Ti dao động trong khoảng từ 3-7%. Bùn đỏ có kích thước hạt mịn, trên 90% cấp hạt dưới 0,074mm, độ kiềm của bùn đỏ cao, pH trong khoảng 12-13. Bằng nghiên cứu của mình, nhóm tác giả tiến hành phân tích xác định thành phần độ hạt, thành phần hóa học của 01 mẫu bùn đỏ tại nhà máy alumin của công ty nhôm Đắk Nông-TKV, kết quả thể hiện ở Bảng 5.

Bảng 5. Thành phần độ hạt mẫu bùn đỏ của công ty nhôm Đắk Nông-TKV

Cấp hạt (μm)	**Tỷ lệ %**	**Thành phần hóa học**					
		Al_2O_3	**Fe_2O_3**	**SiO_2**	**TiO_2**	**CaO**	**Na_2O**
+125	3,06	9,82	66,71	4,71	2,06	1,84	0,94
74-125	2,06	10,7	66,14	3,93	-	1,41	1,42
35-74	1,38	11,23	65,26	3,82	0,28	1,52	1,42
-35	93,5	18,43	44,57	7,11	7,06	2,08	3,3
Cộng	**100**	**17,91**	**45,98**	**6,93**	**6,67**	**2,05**	**3,16**

Kết quả phân tích cho thấy trong mẫu chứa tới 6,67% TiO_2, hàm lượng này là khá cao so với các mỏ quặng sa khoáng ven biển của Việt Nam. Ngoài ra còn chứa Fe, Al, Na,... với hàm lượng đáng kể.

Trên thế giới có nhiều nghiên cứu về các phương pháp thu hồi titan từ bùn đỏ, tuy nhiên do sự khác biệt về thành phần quặng của các khu vực mỏ, các quy trình sản xuất alumin được áp dụng cũng khác nhau, dẫn đến sự không giống nhau về thành phần và tính chất của bùn đỏ. Do vậy không có một quy trình chung nào được áp dụng cho việc xử lý bùn đỏ. Phương pháp áp dụng cần dựa trên các nghiên cứu về đối tượng cụ thể.

Trong bùn đỏ ở Việt Nam, ngoài Ti, các kim loại Fe, Al, Na, Si,.. cũng tồn tại trong bùn đỏ với một lượng đáng kể. Do đó, cần nghiên cứu các quy trình công nghệ hướng tới không chỉ thu hồi Ti và cần tận thu đồng thời các kim loại này.

5. Kết luận

Trên thế giới, từ lâu, bùn đỏ đã được xem xét là nguồn nguyên liệu trong tương lai cần nghiên cứu để thu hồi các kim loại có giá trị, trong đó có titan. Với hàm lượng titan dao động trong khoảng 3-15%, cao hơn hàm lượng titan trong một số mỏ quặng titan, bùn đỏ được coi là một nguồn nguyên liệu quan trọng để sản xuất titan. Vấn đề này được nhiều nhà khoa học trên thế giới quan tâm, cũng đã có nhiều công trình nghiên cứu cho thấy việc thu hồi titan và các kim loại khác từ bùn đỏ là hoàn toàn có thể.

Tại Việt Nam, hàm lượng TiO_2 trong bùn đỏ dao động trong khoảng từ 3-7%. Với khối lượng hàng triệu tấn thải ra hàng năm, bùn đỏ sẽ là một nguồn tài nguyên giá trị để thu hồi titan. Trong bùn đỏ của Việt Nam cũng còn chứa một lượng lớn Fe, Al, Si, Na,... Để tránh lãng phí tài nguyên và tiết kiệm chi phí sản xuất, ngoài việc thu hồi titan, các quy trình công nghệ cần hướng tới việc tận thu đồng thời các kim loại này.

Hiện nay trên thế giới chưa có một quy trình chung nào được áp dụng để thu hồi titan từ bùn đỏ. Do đó cần thiết phải có những nghiên cứu thử nghiệm cụ thể trên đối tượng là bùn đỏ của Việt Nam. Cũng cần có những nghiên cứu kỹ lưỡng về các dạng tồn tại của các kim loại trong bùn đỏ, trên cơ sở đó định hướng cho các nghiên cứu nhằm đạt hiệu quả tối đa trong việc thu hồi titan và các kim loại khác với chi phí thấp nhất.

Tài liệu tham khảo

Nguyễn Bá Phong, Phạm Thanh Hải, 2023. Nghiên cứu thăm dò thu hồi phèn nhôm và sắt (III) oxit từ bùn đỏ của công ty nhôm Đắk Nông – TKV. *Tạp chí Công nghiệp Mỏ, số 6-2023*, 15-23;

Agatzini-Leonardou.S, Oustadakis.P, Tsakiridis.P.E, Markopoulos.Ch, 2008. Titanium leaching from red mud by diluted sulfuric acid at atmospheric pressure. *Journal of Hazardous Materials* 157 (2008) 579–586;

Chiara Bonomi, Chiara Cardenia, Pritii Tam waiyin, Dimitrios Panias, 2016. Review of Technologies in the Recovery of Iron, Aluminium, Titanium and Rare Earth Elements from Bauxite Residue (Red Mud). *3rd InternationalSymposium on Enhanced Landfill Mining*, Lisbon – Portugal, 8th – 10th February 2016, Pag 259;

Ercag E, Apak R, 1997. Furnace smelting and extractive metallurgy of red mud: recovery of TiO_2, Al_2O_3, and pig iron, J. Chem. *Technol Biotechnol*. 70 (3) (1997) 241–246;

Gözde Alkan, Lars Gronen, Claudia Vonderstein, Srećko Stopić, 2017. A Mineralogical Assessment on Residues after Acidic Leaching of Bauxite Residue (Red Mud) for Titanium Recovery. *Metals 2017*, 7, 458;

Huang, Y., Chai, W., Han, G., Wang, W., Yang, S., Liu, J., 2016. A perspective of stepwise utilisation of Bayer red mud: step two-extracting and recovering Ti from Tienriched tailing with acid leaching and precipitate flotation. *J. Hazard. Mater*. 307, 318–327;

Kasliwal, Pankaj, Sai, P.S.T., 1999. Enrichment of titanium dioxide in red mud: a kinetic study.

Hydrometallurgy 53 (1), 73–87;

Kumar R, Srivastava J. 1998. Utilization of iron values of red mud for metallurgical applications. Environ. *Enviromental and Waste Management*, pages 108-119;

Li Wang, Ning Sun, Honghu Tang * and Wei Sun, 2019. A Review on Comprehensive Utilization of Red Mud and Prospect Analysis. *Minerals 2019*, 9, 362;

Matic Jovičević-Klug, Isnaldi R. Souza Filho, Hauke Springer, Christian Adam & Dierk Raabe, 2024. Green steel from red mud through climate-neutral hydrogen plasma reduction. *Nature volume 625*, pages703-709, 2024;

Pepper, Rachel.A, Couperthwaite, Sara.J, Millar, Graeme.J, 2016. Comprehensive examination of acid leaching behaviour of mineral phases from red mud: Recovery of Fe, Al, Ti, and Si. *Miner. Eng. 99*, 8–18;

Piga.L, Pochetti.F, Stoppa.L, 1993. Recovering metals from red mud generated during alumina production. *JOM 45* (11), 54–59;

Qingyuan Lei, Dewen He, Kanggen Zhou, Xuekai Zhang, Changhong Peng, Wei Chen, 2021. Separation and recovery of scandium and titanium from red mud leaching liquor through a neutralization precipitation-acid leaching approach. Journal of Rare Earths, Volume 39, Issue 9, September 2021, Pages 1126-1132;

Shrey Agrawal, Nikhil Dhawan, 2021. Evaluation of red mud as a polymetallic source – A review. *Minerals Engineering* 171, 2021 107084;

Shoppert.A and Loginova. I. V, 2017. Red Mud as an Additional Source of Titanium Raw Materials. *International Conference with Elements of School for Young Scientists on Recycling and Utilization of Technogenic Formations*, KnE Materials Science, 150-157;

Siwei Li, Zhengqi Guo *, Jian Pan , Deqing Zhu, Tao Dong and Shenghu Lu, 2023. Extracting Al_2O_3 and TiO_2 from Red Mud Smelting Separation Slag by Alkali and Acid Leaching Methods. *Metals 2023*, 13, 552;

Xiao-bo ZHU, Wang LI, Xue-mao GUAN, 2015. Kinetics of titanium leaching with citric acid in sulfuric acid from red mud. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China 25*, 2015, 3139-3145;

Zhaobo Liu, Hongxu Li, 2015. Metallurgical process for valuable elements recovery from red mud-A review. *Hydrometallurgy 155*, 2015. 29-43;

https://vi.wikipedia.org/wiki/Titani

https://www.statista.com/statistics/1130149/vietnam-alumina-production/

https://vinacomin.vn/

ABSTRACT

An overview of titanium recovery methods from red mud

Phùng Tiến Thuật[1,3*], Trần Trung Tới[1,3],
Phạm Thị Loan[2], Vũ Văn Thảo[2], Nguyễn Văn Luân[2], Trần Trung Dũng[2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Vinacomin – Dak Nong alumin company*
[3]*Research Group Advanced Technologies in Mineral Processing and Recycling (MinPro)*

During the alumin production process, depending on the raw materials, it is estimated that to produce 1 ton of alumin, 1 to 1.5 tons of red mud will be discharged. In Vietnam, there are currently two alumina factories with a total alumina capacity of about 1.5 million tons/year, the amount of red mud discharged from the two factories is about 2 million tons/year, which contains metals such as Fe, Al, Ti,…. Titanium content in terms of oxide is about 3% to 7% TiO_2, higher than the TiO_2 content in some titanium ore mines. Therefore, this can be considered a very valuable raw material source for titanium recovery. This article will present some properties of red mud and methods being researched around the world to recover titanium from red mud. This information will guide future research to effectively treat red mud from alumina factories in Vietnam, contributing to mineral recovery and protecting resources and the environment.

Keywords: Bauxite residue; red mud; recovery titan

TIỂU BAN
XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

MỤC LỤC

Nghiên cứu thực nghiệm hiện trường gia cố nền đất yếu bằng cọc cát biển - xi măng - tro bay
Nguyễn Trọng Dũng, Tạ Đức Thịnh 1043

Nghiên cứu áp dụng kết cấu chống giữ tổ hợp bằng vì thép kết hợp neo cho đường lò dọc vỉa than Công ty than Mạo Khê – TKV
Đào Viết Đoàn 1049

Nghiên cứu tính toán lựa chọn bước chống vì thép cho đường lò một đường xe nằm dưới moong mỏ Núi Béo
Đào Viết Đoàn 1056

Nghiên cứu chế tạo và xác định một số tính chất cơ học của bê tông cốt sợi polypropyelene dưới tác động của nhiệt độ
Nguyễn Đình Hải, Lê Thu Trang 1063

Phân vùng quy hoạch ngoại thành các thành phố lớn để quản lý phát triển đô thị theo hướng bền vững
Lê Thị Thanh Hằng 1071

Thí nghiệm từ biến dầm đá cho mô hình đàn nhớt tuyến tính phân tích biến dạng xung quanh hầm tiết diện tròn theo thời gian
Nguyễn Huy Hiệp, Đinh Quang Trung 1077

Nghiên cứu đề xuất giải pháp phòng chữa cháy khi thi công công trình ngầm
Đào Huy Hoàng, Trần Anh Tuấn, Tống Anh Tuấn, Nguyễn Viết Thanh, Trần Tuấn Minh, Nguyễn Duyên Phong, Phạm Đức Thọ, Nguyễn Lê Đạt, Đặng Trung Thành 1083

Nghiên cứu tổng quan về phương pháp cọc đá dăm để nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền đất
Đặng Quang Huy, Vũ Minh Ngạn, Phạm Văn Hùng 1089

Nghiên cứu một số giải pháp giảm độ lún đường đầu cầu xây dựng trên nền đất yếu
Phạm Văn Hùng, Vũ Minh Ngạn, Đặng Quang Huy 1096

Nghiên cứu phương pháp tính toán sức chịu tải và độ lún nền đường đắp trên nền đất yếu gia cố bằng cọc đất xi măng
Phạm Văn Hùng 1103

Một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm về bê tông bọt-khí với cấu trúc rỗng thay đổi trong điều kiện phòng thí nghiệm
Tăng Văn Lâm, Võ Đình Trọng, Phạm Đức Lương, Vũ Kim Diến 1109

Nghiên cứu ảnh hưởng của tro xỉ nhà máy điện đốt rác đến tính chất cơ học của bê tông cường độ cao
Tăng Văn Lâm, Võ Đình Trọng, Hoàng Anh Cương 1117

Nghiên cứu ứng xử cơ học của kết cấu chống giữ giếng đứng của tổ hợp kho chứa khí ngầm đào trong đá cứng bằng phương pháp số
Ngô Hoàng Minh, Đặng Văn Kiên, Vũ Tiến Dũng, Đỗ Ngọc Anh, Trần Tuấn Điệp 1124

Thiết kế cọc khoan nhồi chôn trong nền đá theo tiêu chuẩn Châu Âu EC7 với một ví dụ thiết kế
Nguyễn Thành Luân, Nguyễn Quang Phích , Nguyễn Văn Mạnh, Bùi Văn Đức 1132

Cải tạo và khôi phục các công trình ngầm để phát triển bền vững
Trần Tuấn Minh, Nguyễn Duyên Phong 1139

Nghiên cứu ảnh hưởng của khe nứt đến độ ổn định của hai đường hầm giao thông xuyên núi
Trần Tuấn Minh, Nguyễn Duyên Phong 1145

Hoàn thiện công tác quản lý chất lượng thi công công trình thuộc Ban Quản lý dự án đầu tư xây dựng thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh
Phạm Thị Nhàn, Nguyễn Tiến Hiệp, Hoàng Đình Phúc 1151

Lý thuyết phương pháp siêu âm và ứng dụng đánh giá vết nứt trong bê tông
Phạm Thị Nhàn 1158

Xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán hàng xóm KNN để dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn trong quá trình thi công
Phạm Thị Nhàn, Nguyễn Chí Thành, Bùi Mạnh Tùng, Đỗ Hoàng Hiệp 1165

Một số vấn đề về quy hoạch hạ tầng khu vực nhà ga đường sắt đô thị tại tuyến metro số 1 thành phố Hồ Chí Minh theo mô hình phát triển đô thị TOD
Vũ Minh Ngạn, Nguyễn Chí Đạt, Vũ Thái Linh 1171

Thi công lắp xây lắp đường ống hạ tầng bằng công nghệ khoan guồng xoắn (HAB)
Vũ Minh Ngạn, Phạm Văn Hùng, Đặng Quang Huy ,Trần Hồng Hạnh 1177

Ảnh hưởng của hạt nano silica đến tính chất cơ học của vùng chuyển tiếp giữa cốt sợi thép và bê tông cường độ cao
Đặng Văn Phi, Tăng Văn Lâm, Lê Huy Việt, Lê Văn Đàn, Phạm Văn Tuấn, Kim Dong Joo 1182

Dự báo, hạn chế, phòng ngừa sự cố trong thi công công trình ngầm
Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Quang Minh, Bùi Văn Đức, Trần Tuấn Minh, Đỗ Ngọc Thái 1188

Phân tích số mức độ ổn định đường hầm đào qua phay, được gia cố bằng khoan phụt trước
Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Văn Mạnh, Nguyễn Quang Minh, Bùi Văn Đức, Nguyễn Thành Luân, Nguyễn Ngọc Huệ 1194

Quy luật biến đổi cơ học xung quanh đường hầm trong khối đá phân khối
Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Văn Mạnh, Trần Tuấn Minh, Nguyễn Duyên Phong 1200

Rủi ro trong dự án xây dựng - Thực trạng và giải pháp quản lý
Hoàng Đình Phúc, Phạm Đức Thọ, Vũ Minh Ngạn, Ngọ Thị Hương Trang 1206

Phân tích chuyển vị tường vây và đất nền xung quanh khi xây dựng ga tàu điện ngầm bằng phương pháp Topdown
Nguyễn Văn Quang, Võ Nhật Luân, Nguyễn Thị Ngọc Bích 1211

Nghiên cứu tính toán lựa chọn bước chống vì thépcho đường lò mức -100÷-150 nằm dưới bãi thải mỏ than Khe Tam
Nguyễn Hữu Sà, Đào Viết Đoàn 1217

Nghiên cứu sử dụng năng lượng địa nhiệt tại Việt Nam
Nguyễn Chí Thành, Nguyễn Xuân Mãn, Bùi Mạnh Tùng, Phạm Thị Nhàn 1225

Nghiên cứu khả năng sử dụng cát nhân tạo thay thế cho cát tự nhiên tại các công trình ở Việt Nam
Nguyễn Chí Thành, Nguyễn Viết Nghĩa, Phạm Thị Nhàn 1232

Nghiên cứu ảnh hưởng của sơ đồ bố trí hai đường hầm song song đến phân bố nội lực trong vỏ hầm
Đỗ Ngọc Thái 1237

Nâng cao hiệu quả sử dụng phương pháp bơm ép vữa xi măng khi thi công giếng đứng qua khối đá nứt nẻ
Đỗ Ngọc Thái, Nguyễn Văn Quang 1243

Áp dụng phương pháp tương quan hình ảnh (DIC) trong nghiên cứu ứng xử uốn của dầm bê tông
Phạm Đức Thọ 1249

Nghiên cứu biến dạng thể tích tự sinh của bê tông MgO
Chu Việt Thức, Nguyễn Văn Chính 1254

Ứng dụng công nghệ cọc đường kính nhỏ micropile D150 làm kết cấu móng dầm cầu trục đặt trên nền sét pha dẻo mềm
Chu Việt Thức, Bùi Văn Đức, Nguyễn Văn Mạnh, Vũ Nho Trường 1259

Bê tông cốt sợi tự nhiên: đặc trưng cơ học và khả năng ứng dụng trong xây dựng cơ sở hạ tầng nông thôn
Trần Mạnh Tiến, Đỗ Ngọc Tú, Nguyễn Nam Hòa, Nguyễn Viết Thắng, Nguyễn Thị Tuyết Mai 1266

Nghiên cứu lún bề mặt khi thi công đường hầm mặt cắt ngang hình bán chữ nhật bằng phương pháp đường đặc tính
Nguyễn Tài Tiến, Phạm Văn Vĩ, Vũ Ngọc Tuấn 1273

Nghiên cứu tổng quan về vật liệu đá thải-xi măng lấp đầy khoảng trống sau khai thác tại mỏ than hầm lò
Nguyễn Tài Tiến 1280

Nghiên cứu ảnh hưởng của độ cứng sàn đến chuyển vị đỉnh kết cấu nhà cao tầng bê tông cốt thép
Phạm Văn Tuấn, Đặng Văn Phi, Bùi Văn Đức, Bùi Ngọc Tú, Trương Văn Đoàn 1287

Ảnh hưởng hình dạng tiết diện ngang đường hầm đến nội lực trong kết cấu chống đường hầm khi chịu tải trọng động đất
Phạm Văn Vĩ, Đỗ Ngọc Anh, Nguyễn Tài Tiến, Đỗ Xuân Hội, Chu Việt Thức, Nguyễn Tiến Dũng 1293

Nghiên cứu thực nghiệm hiện trường gia cố nền đất yếu bằng cọc cát biển - xi măng - tro bay

Nguyễn Trọng Dũng[1,*], Tạ Đức Thịnh[2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Hội Địa chất công trình – Môi trường Việt Nam*

TÓM TẮT

Khu vực ven biển Việt Nam có cấu trúc nền đất yếu phức tạp gây nhiều khó khăn cho việc xây dựng công trình giao thông. Việc sử dụng công nghệ cọc vật liệu hỗn hợp cát biển - xi măng - tro bay để gia cố tăng sức chịu tải nền đất yếu sẽ giúp giải quyết khó khăn trên nhờ những cơ chế chính như tăng độ chặt và cố kết thoát nước của nền đất cũng như hình thành hệ cọc cứng chịu tải. Bài báo này đề cập đến công tác thi công thử nghiệm cọc cát biển – xi măng – tro bay ngoài hiện trường và thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của nền đất sau khi gia cố, từ đó đánh giá được tác dụng của cọc. Kết quả thử nghiệm gia cố nền bằng mẫu cọc có tỷ lệ chất kết dính (xi măng và tro bay) là 15% và tỷ lệ tro bay trong chất kết dính là 20% cho thấy các tính chất cơ lý chính của các lớp đất nền sau gia cố như độ ẩm, độ rỗng, độ sệt, hệ số nén lún đều giảm rõ rệt trong khi góc ma sát trong và lực dính kết gia tăng đáng kể. Như vậy có thể thấy cọc cát biển-xi măng-tro bay có tác dụng đẩy nhanh quá trình cố kết thoát nước của đất nền, làm tăng sức chịu tải và làm tăng độ chặt của đất nền sau khi gia cố.

Từ khóa: cọc vật liệu; cát biển; xi măng; tro bay; gia cố nền đất yếu

1. Đặt vấn đề

Công nghệ gia cố nền đất yếu dưới sâu bằng cọc đất - xi măng, đất - vôi được triển khai phổ biến trên thế giới để gia cố nền đất yếu, thành hố đào, ổn định khối đất, gia cố hố móng nông tại các công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp. Công nghệ cọc đất - xi măng trộn sâu là công nghệ được dùng lần đầu tiên ở các nước Bắc Âu và Nhật Bản trong những năm 1970 (Swedish Geotechnical Soc., 1997; Kitazume và Terashi, 2017), sau đó được dùng nhiều ở các nước khác để gia cố, xử lý nền đất yếu các tuyến đường giao thông (đường bộ, đường sắt) (Ahnberg và nnk, 1995).

Tại Việt Nam, các công trình giao thông, dân dụng và công nghiệp, thủy lợi... xây dựng trên nền đất yếu đa số ứng dụng các công nghệ cọc cát, bấc thấm, cọc đất - xi măng để gia cố nền (Nguyễn Ngọc Bích 2011; Nguyễn Uyên, 2013). Tuy nhiên, các công nghệ này tồn tại một số hạn chế, bất cập, ví dụ như cọc cát thường gây ra tiếng ồn lớn khi thi công, cọc có thể bị biến dạng ngang lớn khi thi công trong nền đất quá yếu, độ bão hòa lớn hoặc có mực nước ngầm dao động mạnh, trong khi nguồn cát sông khan hiếm, đắt đỏ. Bấc thấm bị giảm hiệu quả thoát nước do hiệu ứng xáo trộn đất xung quanh bấc thấm (hiệu ứng xáo trộn), bấc thấm có thể bị đứt hoặc bị các hạt đất lấp nhét vào lỗ rỗng của bấc làm giảm hoặc gián đoạn đường thấm nước, kéo dài thời gian thoát nước cố kết của nền. Cọc đất - xi măng không có tác dụng nén chặt vùng đất xung quanh cọc, khi gặp đất yếu dưới mũi cọc việc tính toán độ lún và sức chịu tải của cọc còn tạo ra ý kiến trái chiều (Nguyễn Châu Lân, 2009; Tạ Đức Thịnh, 2017).

Trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết công nghệ xử lý nền đất yếu bằng cọc cát - xi măng – vôi được đề xuất bởi (Tạ Đức Thịnh, 2002), nhóm tác giả đã phát triển công nghệ gia cố nền đất yếu bằng cọc vật liệu hỗn hợp cát biển – xi măng – tro bay thông qua việc cải tiến và tích hợp hai công nghệ đang được sử dụng phổ biến hiện nay: cọc cát và cọc đất - xi măng. Điểm mới của công nghệ này là vừa tăng độ chặt của nền đất (nhồi vật liệu làm cọc nhưng không lấy đất lên), vừa cố kết thoát nước cho nền đất (nhờ khả năng hút nước của cọc chứa xi măng, tro bay) và hình thành hệ cọc cứng chịu tải (cọc vật liệu hỗn hợp cát biển – xi măng – tro bay sau khi đóng rắn). Đồng thời, việc sử dụng nguồn cát dưới biển dạng hạt mịn và tro bay nhiệt điện nguyên khai tại chỗ làm vật liệu cọc sẽ giúp hạn chế sử dụng nguồn cát sông vốn đang ngày càng khan hiếm và giải quyết vấn đề tro xỉ thải ra môi trường. Do đó công nghệ này đặc biệt thích hợp

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyentrongdung@humg.edu.vn

trong xây dựng công trình hạ tầng giao thông tại khu vực đất liền ven biển, hải đảo cũng như những nơi có nền đất yếu và khan hiếm vật liệu cát sông.

Trong bài báo này, nhóm nghiên cứu tập trung giới thiệu về công tác thực nghiệm cọc cát biển - xi măng - tro bay và một số kết quả thu được sau khi gia cố nền đất yếu bằng công nghệ này. Nhóm nghiên cứu đã phối hợp với Công ty cổ phần Tư vấn khảo sát Xây dựng Đông Phương (Hải Dương) tiến hành thi công thử nghiệm cọc cát biển - xi măng - tro bay tại Khu Công nghiệp Đại Dương, thành phố Hải Dương, tỉnh Hải Dương. Công tác khoan khảo sát được tiến hành trước khi gia cố và sau khi gia cố để lấy mẫu đất nền và thí nghiệm xác định các chỉ tiêu cơ lý liên quan đến quá trình nén chặt đất theo các tiêu chuẩn hiện hành. Sau đó so sánh các giá trị chỉ tiêu cơ lý của đất nền trước và sau khi gia cố làm cơ sở để đánh giá tác dụng nén chặt đất nền cuả cọc cát biển - xi măng - tro bay.

2. Công tác thực nghiệm cọc cát biển - xi măng - tro bay

2.1. Khoan khảo sát và điều kiện địa chất khu vực thí nghiệm

Thiết bị khoan khảo sát được sử dụng là máy khoan XJ-100. Kết quả khoan khảo sát đã xác định được địa tầng tại vị trí nghiên cứu đến độ sâu 7,0m theo thứ tự từ trên xuống dưới gồm các lớp đất sau:

- Lớp 1: Cát lấp, đất ruộng lẫn tạp chất, dày 0,6m
- Lớp 2: Sét pha, màu xám vàng, xám ghi, trạng thái dẻo mềm, dày 0,7m
- Lớp 3: Sét pha, màu xám ghi, trạng thái dẻo chảy, dày 1,3m
- Lớp 4: Cát pha, màu xám đến, lẫn vỏ sò, kẹp cát mịn, trạng thái dẻo, dày 4,3m

Tính chất cơ lý của các lớp đất nền liên quan đến quá trình nén chặt đất được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Giá trị chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất nền trước khi gia cố

Số TT	Chỉ tiêu, đơn vị	Lớp 2	Lớp 3	Lớp 4
1	Độ ẩm (W)	31,1	33,5	32,3
2	Khối lượng thể tích tự nhiên (γ), g/cm^3	1,92	1,88	1,88
3	Khối lượng thể tích khô (γ_c), g/cm^3	1,46	1,41	1,42
4	Hệ số rỗng (ε)	0,836	0,901	0,880
5	Hệ số nén lún (a), cm^2/kG	0,032	0,035	0,035
6	Góc ma sát trong (φ), độ	12^{o}45’	10^{o}15’	10^{o}15’
7	Lực dính kết đơn vị (c), kG/cm^2	0,161	0,151	0,115

2.2. Vật liệu, thiết bị và trình tự thi công cọc cát biển – xi măng – tro bay

2.2.1. Vật liệu

Cát sử dụng làm thí nghiệm là cát biển Hải Phòng, được hút ở vùng ngập mặn hoàn toàn. Các đặc tính kỹ thuật của cát biển được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 7572:2006. Thành phần hạt của cát biển được kiểm tra theo bộ sàng của tiêu chuẩn TCVN 7570:2006 được thể hiện trong Bảng 2. Cát biển sử dụng trong nghiên cứu này là cát mịn có mô đun độ lớn rất thấp (0,3). Phần lớn kích thước hạt của cát biển đều dưới 0,315mm. Lượng hạt đường kính nhỏ hơn 0,014mm chiếm tới 74%. Hàm lượng hạt đường kính nhỏ hơn 0,075mm có trong cát biển được xác định theo phương pháp sàng ướt (TCVN 9205:2012). Kết quả thí nghiệm cho thấy hàm lượng hạt nhỏ này chiếm tới 21,6%.

Xi măng được sử dụng là xi măng PCB40 Bút Sơn, có các chỉ tiêu kỹ thuật thoả mãn tiêu chuẩn TCVN 6260-2009 (xem Bảng 3).

Tro bay sử dụng trong chế tạo mẫu là tro bay không qua tuyển chọn của nhà máy nhiệt điện Formosa, thỏa mãn các yêu cầu của TCVN 10302:2014, ASTM C618-03 và GOST P 56592-2015 với tỷ diện bề mặt riêng là 5820cm^2/g và khối lượng riêng là 2,35g/cm^3. Đây là loại tro bay có tổng hàm lượng SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 bằng 87,5% và lượng mất khi nung là 4,5%, thỏa mãn yêu cầu tro bay loại F. Thành phần hóa học và tính chất cơ lý của tro bay nhà máy nhiệt điện Formosa, Hà Tĩnh được giới thiệu trong Bảng 4 và Bảng 5.

Bảng 2. Thành phần hạt của cát biển Hải Phòng sử dụng trong thí nghiệm

Cỡ sàng	Lượng sót riêng biệt, %	Lượng sót tích lũy, %	TCVN 7570:2006
5	-	-	-
2,5	-	-	0÷20
1,25	-	-	15÷45
0,63	-	-	35÷70
0,315	5	5	65÷90
0,14	21	26	90÷100
Đáy	74	100	
Mô đun độ lớn	0,3	<2	<2

Bảng 3. Các chỉ tiêu kỹ thuật của xi măng Bút Sơn PCB40

Tên chỉ tiêu	Giá trị	Yêu cầu
Cường độ chịu nén, (MPa) 3 ngày ± 45 phút 28 ngày ± 8 giờ	 31,8 50,2	 ≥21 ≥40
Thời gian ninh kết, phút: Thời gian ninh kết Thời gian ninh kết	 110 200	 ≥45 ≤375
Độ nghiền mịn, xác định theo: Bề mặt riêng, phương pháp Blaine, cm^2/g, không nhỏ hơn	 3518	 ≥2800
Độ ổn định thể tích xác định theo phương pháp Le Chatelier, mm, không lớn hơn	0,5	≤10
Hàm lượng anhydric sunphuric (SO3), % không lớn hơn	1,86	≤3,5
Lượng nước tiêu chuẩn, %	28	

Bảng 4.Thành phần hóa học của tro bay Formosa sử dụng trong nghiên cứu

Vật liệu	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	SO_3	K_2O	Na_2O	MgO	CaO	P_2O_5	Mất khi nung
Tro bay	54,2	23,3	9,8	2,5	1,4	1,1	0,6	1,2	1,4	4,5
Xi măng	36,3	4,4	5,4	3,4	1,2	0,3	2,5	60,2	-	2,2

Bảng 5.Tính chất cơ lý của tro bay Formosa sử dụng trong nghiên cứu

Khối lượng riêng (g/cm^3)	*Lượng nước yêu cầu (%)*	*Tỷ diện bề mặt (cm^2/g)*	*Độ mịn trên sàng 45 µm (%)*	*SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 (%)*	*Chỉ số hoạt tính:* $M_a = \frac{Al_2O_3}{SiO_2}$	*Chỉ số kiềm:* $M_k = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3}$	*Tổng hàm lượng: (CaO+MgO)*
2,35	104,1	5820	22,8	87,3	0,43	0,0232	1,8

2.2.2. Thiết bị và trình tự thi công

Thiết bị thi công cọc là máy TP300 (Trung Quốc, chế tạo năm 2019) lực ép lớn nhất 300 Tấn. Trình tự thi công cọc bao gồm các bước như sau:

- Định vị trí vị trí thi công cọc theo bản vẽ thiết kế
- Đưa máy ép Robot đến vị trí thi công
- Lắp ống thép hoặc cọc bê tông cốt thép đường kính 300mm vào máy ép.
- Ép ống thép hoặc cọc đến chiều sâu thiết kế
- Rút ống thép hoặc cọc bê tông cốt thép lên mặt đất
- Nhồi vật liệu cát biển-xi măng-tro bay vào ống thếp hoặc lỗ khoan
- Di chuyển máy ép Robot đến vị trí khác và tiến hành thi công cọc khác.

Cọc thí nghiệm có đường kính 0,3m và chiều dài 7,0m. Khoảng cách giữa các tim cọc 0,9m (Hình 1). Số lượng cọc thi công là 06 cọc với tỷ lệ chất kết dính (xi măng + tro bay) là 15% khối lượng vật liệu cọc và tỷ lệ tro bay trong chất kết dính là 20%.



(a) Cọc ngay sau khi thi công *(b) Cọc sau 10 ngày thi công*

Hình 1. Hình ảnh cọc cát biển – xi măng – tro bay trong thí nghiệm hiện trường

3. Kết quả và thảo luận

Kết quả xác định và so sánh các chỉ tiêu cơ lý của đất nền trước gia cố và sau gia cố 10 ngày được trình bày trong Bảng 6. Có thể nhận thấy khối lượng thể tích của các lớp đất tăng từ 1,04% (sét pha dẻo chảy - lớp 2) đến 1,06% (cát pha dẻo – lớp 4) trong khi khối lượng thể tích khô (độ chặt) (γc) tăng từ 1,42% (lớp 2) đến 3,52% (lớp 4) cho thấy nền đã gia tăng được sức chịu tải sau khi gia cố. Đồng thời hệ số rỗng e của các lớp đất đều giảm đi do khối lượng vật liệu cát biển-xi măng-tro bay đưa vào nền đất yếu sẽ chiếm chỗ lỗ rỗng của đất ở trong nền, nước và khí trong lỗ rỗng sẽ thoát ra ngoài. Thể tích lỗ rỗng trong đất sẽ giảm đi, nền được nén chặt. Cần lưu ý rằng quá trình nén chặt đất nền sẽ xảy ra ngay sau khi bắt đầu xử lý nền, hiệu quả nén chặt đất phụ thuộc vào khối lượng vật liệu cát biển-xi măng-tro bay đưa vào nền. Kết quả thí nghiệm cũng cho thấy, tác dụng nén chặt nền trong đất cát pha dẻo (lớp 4) cao nhất, tiếp đến là đất sét pha dẻo mềm (lớp 2), cuối cùng là đất sét pha dẻo chảy (lớp 3).

Các chỉ tiêu cơ lý khác liên quan đến sức chịu tải của nền như sức kháng cắt (đặc trưng bởi lực dính kết đơn vị *c* và góc ma sát trong φ) của các lớp đất đều tăng: lực dính kết đơn vị tăng từ 2,36% (lớp 4) đến 8,47% (lớp 3); lực dính kết tăng từ 3,97% (lớp 3) đến 15,65% (lớp 4) trong khi hệ số nén lún của các lớp đất đều giảm xấp xỉ khoảng 3%. Điều này được thể giải thích do quá trình đông cứng của cọc cát biển-xi măng-tro bay dẫn đến các hiện tượng trao đổi ion và phản ứng puzolan xảy ra ở mặt tiếp xúc giữa cọc và đất yếu xung quanh cọc. Các ion canxi hóa trị hai sẽ thay thế các ion natri và hyđro hóa trị một ở trong lớp điện kép bao quanh mỗi hạt khoáng vật sét của đất. Vì cần ít hơn calxi hóa trị hai để trung hòa lưới điện âm trên mặt của khoáng vật sét nên giảm được kích thước của lớp điện kép và do đó làm tăng lực hút của các hạt sét, dẫn đến lực dính của đất tăng lên. Hơn nữa, silic và nhôm trong khoáng vật sét sẽ phản ứng với silicat calxi và hyđrat nhôm calxi trong phản ứng puzolan, tạo ra các hợp chất có độ bền cao và rất bền trong môi trường nước. Những quá trình này làm tăng sức kháng cắt của đất xung quanh cọc (được đặc trưng bởi lực ma sát và lực dính của đất), nhờ đó làm tăng sức chịu tải của đất yếu xung quanh.

Bảng 6. Kết quả xác định và so sánh chỉ tiêu cơ lý của đất nền trước và sau gia cố (liên quan đến gia tăng độ chặt và sức chịu tải của nền)

Thời điểm lấy mẫu	*Độ ẩm*	*Khối lượng thể tích*	*Khối lượng thể tích khô*	*Hệ số rỗng*	*Hệ số nén lún*	*Góc ma sát trong*	*Lực dính kết đơn vị*
	w	*γ*	γ_c	*e*	a_{1-2}	*φ*	*c*
	%	*g/cm³*	*g/cm³*	*-*	*cm²/kG*	*Độ*	*kG/cm²*
Lớp 2: Sét pha, xám nâu, dẻo mềm (độ sâu mẫu từ 0,8 đến 1,0m)							
Trước gia cố	31,1	1,92	1,46	0,836	0,032	12°45'	0.161
Sau gia cố	28,9	1,94	1,51	0,781	0,031	13°11'	0.169
Sự thay đổi	*-7,07%*	*1,04%*	*3,42%*	*-6,58%*	*-3,13%*	*5.30%*	*4.97%*
Lớp 3: Sét pha, xám ghi, dẻo chảy (độ sâu mẫu 1,8-2,0m)							
Trước gia cố	33,5	1,88	1,41	0,901	0,035	10°15'	0,151
Sau gia cố	32,7	1,90	1,43	0,881	0,034	11°01'	0,157
Sự thay đổi	*-2,39%*	*1,06%*	*1,42%*	*-2,22%*	*-2,86%*	*8,47%*	*3,97%*
Lớp 4: Cát pha lẫn vỏ, xám đen, trạng thái dẻo, đôi chỗ kẹp cát mịn (độ sâu mẫu 3,4-3,6m)							
Trước gia cố	32,3	1,88	1,42	0,880	0,035	10°15'	0,115
Sau gia cố	29,1	1,90	1,47	0,816	0,034	10°39'	0,133
Sự thay đổi	*-9,91%*	*1,06%*	*3,52%*	*-7,27%*	*-2,86%*	*2,36%*	*15,65%*

Ngoài tác dụng nén chặt cơ học, cọc cát biển-xi măng-tro bay còn có tác dụng cố kết thoát nước đất nền do hỗn hợp vật liệu cát biển-xi măng-tro bay khô hút nước trong đất tạo thành vữa cát biển-xi măng-tro bay và đông cứng thành cọc cát biển-xi măng-tro bay. Các chỉ tiêu cơ lý liên quan đến quá trình cố kết thoát nước của đất nền trước khi gia cố và sau khi gia cố 10 ngày được giới thiệu trong Bảng 7. Kết quả cho thấy độ ẩm của các lớp đất giảm từ 2,39% (lớp 3) đến 9,91% (lớp 4), hay độ sệt độ sệt giảm từ 3,48% (lớp 4) đến 16,4% (lớp 2) chứng tỏ một lượng nước nhất định của nền đã bị hút vào cọc, giúp đẩy nhanh

quá trình cố kết của nền đất. Cần lưu ý rằng ngay sau khi thi công tạo cọc, hỗn hợp vật liệu khô sẽ hút nước trong nền tạo thành vữa cát biển-xi măng-tro bay, sau đó đông cứng thành đá cát biển-xi măng-tro bay. Quá trình đông cứng vữa cát biển-xi măng-tro bay sẽ làm gia tăng cường độ của cọc cát biển-xi măng-tro bay và qua đó làm tăng cường độ chịu tải của đất nền cũng như làm chặt thêm đất nền. Tuy nhiên sau khi đông cứng, khả năng thấm nước theo chiều thẳng đứng của cọc là không đáng kể. Do đó, khi xử lý nền bằng cọc cát biển-xi măng-tro bay kiến nghị chỉ tính toán độ cố kết của đất nền theo phương ngang.

Bảng 7. Kết quả xác định và so sánh một số chỉ tiêu cơ lý của đất nền trước và sau gia cố (liên quan đến quá trình cố kết thoát nước)

Thời điểm lấy mẫu	*Độ ẩm*	*Độ lỗ rỗng*	*Độ sệt*	*Hệ số rỗng*	*Hệ số nén lún*	*Góc ma sát trong*	*Lực dính kết đơn vị*
	w	n	*B*	*e*	a_{1-2}	*φ*	*c*
	%	*%*	-	-	cm^2/kG	*Độ*	kG/cm^2
Lớp 2: Sét pha, xám nâu, dẻo mềm (độ sâu mẫu 0,8-1,0m)							
Trước gia cố	31,1	45,5	0,67	0,836	0,032	12°45'	0,161
Sau gia cố 10 ngày	28,9	43,9	0,56	0,781	0,031	13°11'	0,169
Sự thay đổi	*-7,07%*	*-3,48%*	*-16,4%*	*-6,58%*	*-3,13%*	*5,30%*	*4,97%*
Lớp 3: Sét pha, xám ghi, dẻo chảy (độ sâu mẫu 1,8-2,0m)							
Trước gia cố	33,5	47,4	0,78	0,901	0,035	10°15'	0,151
Sau gia cố 10 ngày	32,7	46,8	0,74	0,881	0,034	11°01'	0,157
Sự thay đổi	*-2,39%*	*-1,26%*	*-5,12%*	*-2,22%*	*-2,86%*	*8,47%*	*3,97%*
Lớp 4: Cát pha lẫn vỏ, xám đen, trạng thái dẻo, đôi chỗ kẹp cát mịn (độ sâu mẫu 3,4-3,6m)							
Trước gia cố	32,3	46,2	0,86	0,880	0,035	10°15'	0,115
Sau gia cố 10 ngày	29,1	44,9	0,83	0,816	0,034	10°39'	0,133
Sự thay đổi	*-9,91%*	*-2,81%*	*-3,48%*	*-7,27%*	*-2,86%*	*2,36%*	*15,65%*

4. Kết luận

Trong bài báo này, nhóm tác giả đã giới thiệu công tác thi công thực nghiệm cọc cát biển – xi măng – tro bay ngoài hiện trường và kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của nền đất trước và sau gia cố. Mẫu cọc được thiết kế với tỷ lệ chất kết dính (xi măng và tro bay) là 15% và tỷ lệ tro bay trong chất kết dính là 20%. Kết quả nghiên cứu thu được cho thấy tính chất cơ lý của các lớp đất nền như độ ẩm, độ rỗng, độ sệt, hệ số nén lún đều giảm rõ rệt trong khi góc ma sát trong và lực dính kết gia tăng đáng kể.

Khối lượng vật liệu cát biển-xi măng-tro bay đưa vào nền đất yếu đã chiếm chỗ lỗ rỗng của đất ở trong nền, đẩy nước và khí trong lỗ rỗng thoát ra ngoài. Thể tích lỗ rỗng trong đất giảm đi đáng kể (hệ số rỗng giảm từ 2,2 đến 7.27% tùy thuộc lớp đất) làm cho nền được nén chặt. Kết quả thí nghiệm cho thấy, tác dụng nén chặt nền trong đất cát pha dẻo (lớp 4) cao nhất, tiếp đến là đất sét pha dẻo mềm (lớp 2), cuối cùng là đất sét pha dẻo chảy (lớp 3).

Đồng thời độ ẩm và độ sệt của các lớp đất đều giảm chứng tỏ một lượng nước nhất định của nền đã bị hút vào cọc, giúp đẩy nhanh quá trình cố kết của nền đất. Quá trình đông cứng của cọc cát biển - xi măng-tro bay cũng làm gia tăng sức chịu tải của nền đất thông qua sự gia tăng rõ rệt của các chỉ số như khối lượng thể tích, lực dính kết đơn vị và góc ma sát trong ở tất cả các lớp đất.

Như vậy có thể thấy cọc cát biển-xi măng-tro bay có tác dụng đẩy nhanh quá trình cố kết thoát nước của đất nền, làm tăng sức chịu tải và làm tăng độ chặt của đất nền sau khi gia cố.

Tài liệu tham khảo

Ahnberg H., Ljungkrantz, C., Holmqvist, L, 1995. Deep stabilization of different types of soft soils. *Proceedings of XI ECSMFE*, 7(7), 167-172.

Nguyễn Ngọc Bích, 2011. *Các phương pháp cải tạo đất yếu trong xây dựng*. NXB Xây dựng, Hà Nội, 310 trang.

M. Kitazume và M. Terashi, 2017. *The Deep Mixing Method*. 1st Edition. ISBN-9780429211843. CRC Press.

Nguyễn Châu Lân, 2009. Cải tạo nền đường trên đất yếu bằng cọc xi măng đất. *Tạp chí Địa kỹ thuật*, tập 13, số 2, tr.40-57.

Swedish Geotechnical Soc., 1997. Lime and Lime Cement columns. *Guide for Project Planning Construction and Inspection*, Sweden.

Tạ Đức Thịnh, 2017. Bàn về phương pháp tính toán sức chịu tải và độ lún của nền đất yếu gia cố bằng cọc đất-xi măng, *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, số 58, kỳ 5, ISSN 1859-1469, tr.386-390.

Tạ Đức Thịnh, 2002. Nghiên cứu xử lý nền đất yếu bằng cọc cát-xi măng-vôi. *Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Bộ Giáo dục và Đào tạo*.

Nguyễn Uyên, 2013. *Xử lý nền đất yếu trong xây dựng*. NXB Xây dựng, Hà Nội, 202 trang.

ABSTRACT

Field experiment of soft soil improvement by using sea sand - cement - fly ash pile

Nguyen Trong Dung[1], Ta Duc Thinh[2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Vietnam Association of Engineering Geology and Environment*

The coastal areas of Vietnam have based on soft soil, causing many difficulties in the construction of infrastructure. The sea sand - cement - fly ash pile technology for ground improvement increases the bearing capacity of soft soil and help solve the above problems due to the main mechanisms that increasing the compaction and drainage consolidation of the ground as well as forming a rigid pile system. This article discusses the field experimental of sea sand - cement - fly ash piles and the testing of physic-mechanical properties of the ground after improvement. The results of the ground improvement test using pile samples with a binder ratio (cement and fly ash) of 15% and a fly ash ratio in the binder of 20% showed that the main physical and mechanical properties of the soil layers after reinforcement such as moisture, voids, viscosity, and compression coefficient were all significantly reduced while the internal friction angle and cohesion increased. Thus, it can be seen that sea sand-cement-fly ash piles have the effect of accelerating the consolidation and drainage process of the ground, increasing the load-bearing capacity and increasing the tightness of the ground after reinforcement.

Keywords: pile; sea sand; cement; fly ash; soft soil improvement

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Nghiên cứu áp dụng kết cấu chống giữ tổ hợp bằng vì thép kết hợp neo cho đường lò dọc vỉa than Công ty than Mạo Khê – TKV

Đào Viết Đoàn[1,*]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Đường lò chuẩn bị đào dọc vỉa than thường có diện tích nhỏ, thời gian tồn tại ngắn làm nhiệm vụ thông gió, vận chuyển phục vụ cho công tác khai thác. Loại đường lò này thường đào trong điều kiện khối than mềm yếu và chịu ảnh hưởng của áp lực khi khai thác lò chợ nên nếu chống giữ không chắc chắn thì thường xảy ra hiện tượng nén bẹp, bóp méo, nén lún, thu nhỏ diện tích từ đó dẫn đến không đủ diện tích sử dụng và phải đào xén lại gây mất thời gian gia tăng thêm chi phí và thậm chí còn gây mất an toàn. Chính vì vậy cần thiết phải tiến hành nghiên cứu áp dụng loại hình kết cấu chống phù hợp đảm bảo chống giữ đường lò ổn định trong quá trình đào cũng như thời gian sử dụng. Một trong những loại hình kết cấu chống giữ có thể đảm bảo yêu cầu của đường lò dọc vỉa than là loại kết cấu chống hỗn hợp vì thép kết hợp với neo. Bài viết dựa vào điều kiện địa kỹ thuật đường lò dọc vỉa than vỉa 10 Đông mức -80 Công ty than Mạo Khê – TKV có tiết diện đào bằng 7,1m^2 đã xây dựng mô hình số và tính toán lựa chọn kết cấu chống cho đường lò bằng kết cấu chống hỗn hợp với tham số gồm vì thép SVP-22 khoảng cách bước chống 1000mm/vì kết hợp với 6 thanh neo thường đường kính 20mm khoảng cách giữa các neo 1000x800mm và 2 thanh neo cáp có đường kính 17,8mm chiều dài 6300mm để chống giữ đường lò. Kết quả nghiên cứu được áp dụng thành công tại đường lò dọc vỉa than vỉa 10 Đông mức -80 Công ty than Mạo Khê – TKV.

Từ khóa: kết cấu chống hỗn hợp neo vì thép; đường lò dọc vỉa than; phương pháp số

1. Đặt vấn đề

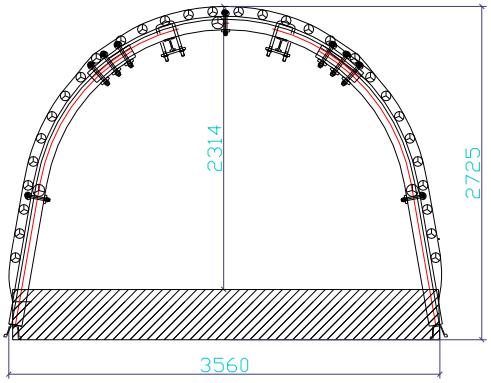
Loại hình kết cấu chống tổ hợp gồm nhiều loại, chúng được cấu tạo từ 2 hoặc nhiều loại kết cấu chống đơn lẻ với nhau, có thể bao gồm: kết cấu chống neo kết hợp bê tông phun; kết cấu chống neo kết hợp lưới thép bê tông phun; kết cấu chống neo kết hợp khung thép; kết cấu chống khung thép kết hợp với bê tông phun; kết cấu chống khung thép kết hợp với neo bê tông phun; kết cấu chống bê tông cốt thép lưu vì; kết cấu chống neo kết hợp khung thép và bê tông đổ liền khối .v..vv. Chúng phát huy được những ưu điểm của loại hình kết cấu đơn lẻ kết hợp với nhau cũng như hạn chế các nhược điểm khi sử dụng đơn lẻ các loại hình kết cấu để chống giữ đường lò. Kết cấu chống tổ hợp thường được áp dụng để chống giữ đường lò khi đào qua khối đá mềm yếu, chịu áp lực cao, trương nở thể tích, phay phá, đứt gãy, đường lò đào qua vỉa than, đương lò chịu áp lực của công tác khai thác lò chợ. Tuy nhiên trong mỗi trường hợp sử dụng để chống giữ cho điều kiện đường lò nào đó cần đánh giá điều kiện sử dụng, điều kiện chịu lực và các điều kiện ảnh hưởng khác để tính toán lựa chọn cho phù hợp. Bài viết dựa vào điều kiện địa kỹ thuật đường lò dọc vỉa than vỉa 10 Đông mức -80 Công ty than Mạo Khê – TKV có tiết diện đào bằng 7,1m^2 đã xây dựng mô hình số và tính toán lựa chọn kết cấu chống cho đường lò bằng kết cấu chống hỗn hợp với tham số gồm vì thép SVP-22 khoảng cách bước chống 1000mm/vì kết hợp với 6 thanh neo thường đường kính 20mm khoảng cách giữa các neo 1000x800mm và 2 thanh neo cáp có đường kính 17,8mm chiều dài 6300mm để chống giữ đường lò. Kết quả nghiên cứu được áp dụng thành công tại đường lò dọc vỉa than vỉa 10 Đông mức -80 Công ty than Mạo Khê – TKV.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Hình dạng tiết diện ngang của đường lò

Đường lò được đào dọc vỉa than 10 Đông mức -80 Công ty than Mạo Khê – TKV có hình dạng vòm cánh cung, kích thước tiết diện đào chiều rộng đường lò 3560mm chiều cao bằng 2725mm diện tích tiết diện đào bằng 7,2m^2 thể hiện trên hình 1 *(Công ty than Mạo Khê – TKV).*

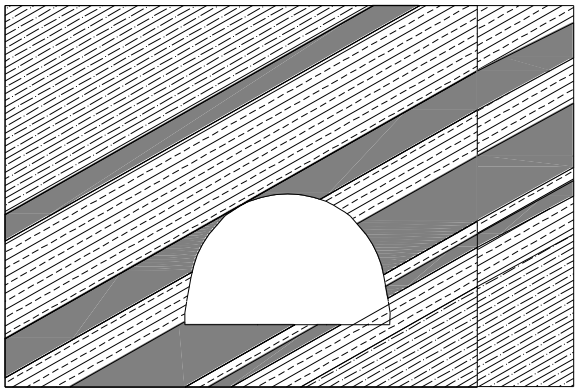
* *Tác giả liên hệ*
Email: daovietdoan@humg.edu.vn



Hình 1. Hình dạng kích thước của đường lò dọc vỉa than

2.2. Điều kiện địa chất đường lò đào qua

Do điều kiện cấu tạo trầm tích nhịp điển hình nên vách vỉa thường tồn tại một tập đá kẹp kém bền vững (vách giả), đây là lớp đá dễ bị tách chẻ, sập lở, trượt tiếp xúc trong quá trình thi công trình thành không gian của đường lò. Mặt cắt địa chất điển hình khu vực đường lò đi qua thể hiện trên hình 2 *(Công ty than Mạo Khê – TKV)*. Đường lò được đào qua vỉa than số 10 Đông mức -80 có chứa 2 lớp đá kẹp. Trong mặt cắt địa chất điển hình chiều dầy lớp đá kẹp 1 bằng 800mm và chiều dầy lớp đá kẹp 2 bằng 234mm, trên nóc đường lò có 1 lớp vách giả có chiều dầy bằng 1730mm, tiếp sau đó đến lớp than mỏng có chiều dầy bằng 462mm, bên trên lớp than là khối đá bột kết có chiều dầy lớn, các lớp đá kẹp có tích chất cơ học lớn hơn so với lớp than nhưng mối liên kết giữa lớp than với lớp đá kẹp thường không chắc chắn dễ gây ra hiện tượng tách lớp. Vị trí đặt đường lò cách mặt đất 280m *(Công ty than Mạo Khê – TKV)*.



Hình 2. Mặt cắt địa chất khu vực đường lò dọc vỉa đi qua

Điều kiện địa chất thủy văn khu vực đường lò đi qua: Trầm tích chứa than trong khu mỏ Mạo Khê có chiều dày địa tầng lên tới 2400m, chứa 39 vỉa than trong đó có 19 vỉa đạt giá trị công nghiệp khai thác. Đá chứa nước trong khu mỏ gồm cuội kết, sạn kết, cát kết. Đá ít khả năng chứa nước nhưng có khả năng cách nước là bột kết, sét kết. Do địa tầng là trầm tích nhịp nên có sự xen kẽ các lớp chứa nước và cách nước. Nước tồn tại trong kẽ nứt của đá, các lớp hạt mịn như bột kết, sét kết có hiện tượng tái sét hoá làm cho các kẽ nứt được lấp đầy bằng vật liệu sét vì thế khả năng chứa nước vẫn thấp và khả năng cách nước vẫn duy trì. Nước trong phức hệ vận động mang tính áp lực là chính, cục bộ có chỗ chuyển áp, có chỗ vận động không áp là do điều kiện tàng trữ xen kẽ chứa và cách nước theo chiều sâu địa tầng, miền tàng trữ tại chỗ. Nguồn cung cấp cho phức hệ chứa nước trong trầm tích chứa than là nước mưa. Khi mưa nước đổ xuống theo mặt địa hình và chảy thoát vào các suối, còn một phần thấm xuống cấp cho phức hệ. Khối than đá xung quanh Đường lò dọc vỉa than số 10 Đông mức -80 xung quanh vỉa than là lớp đá sét kết, các lớp kẹp sét có khả năng cách nước tốt do vậy đường lò khô ráo không ẩm ướt, không có nước *(Công ty Cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường – Vinacomin)*.

Điều kiện địa chất công trình khu vực đường lò đào qua: Khối đá trầm tích trong địa tầng khu vực đường lò đào qua gồm: Cuội - sạn kết, cát kết, bột kết, sét kết, sét than được mô tả như sau *(Công ty Cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường – Vinacomin)*

- Các lớp sét than trong khoáng sàng chiếm khoảng 2÷5%, lớp này nằm trực tiếp tại trụ và vách vỉa than,

có màu xám đen, mềm, bở rời khi gặp nước dễ trương nở.

- Lớp khối đá sét kết: Chiếm khoảng 11% thường gặp ở diện nhỏ hẹp gần vách, trụ và trong các vỉa than. Chúng có màu xám đen, cấu tạo lớp mỏng, chiều dày không ổn định, thường từ vài cm đến 2m. Sét kết thường là vách giả, dễ bị sập lở hoặc bị đào lò kéo theo cùng than. Giá trị $\gamma = 2,60g/cm^3$, $\Delta = 2,71g/cm^3$, $\delta_n = 270kG/cm^2$.

- Lớp khối đá bột kết: Chiếm khoảng 38% thường gặp khá phổ biến trong khu mỏ Mạo Khê, chiều dày lớp thay đổi, có chỗ tới 100m, chúng có màu xám tối, cấu tạo phân lớp rõ, có chỗ phân lớp mỏng, có khả năng bảo tồn hoá thạch, thường hay gặp ở địa tầng vách, trụ vỉa than. Giá trị $\gamma = 2,65g/cm^3$, $\Delta = 2,77g/cm^3$, $\delta_n = 850kG/cm^2$.

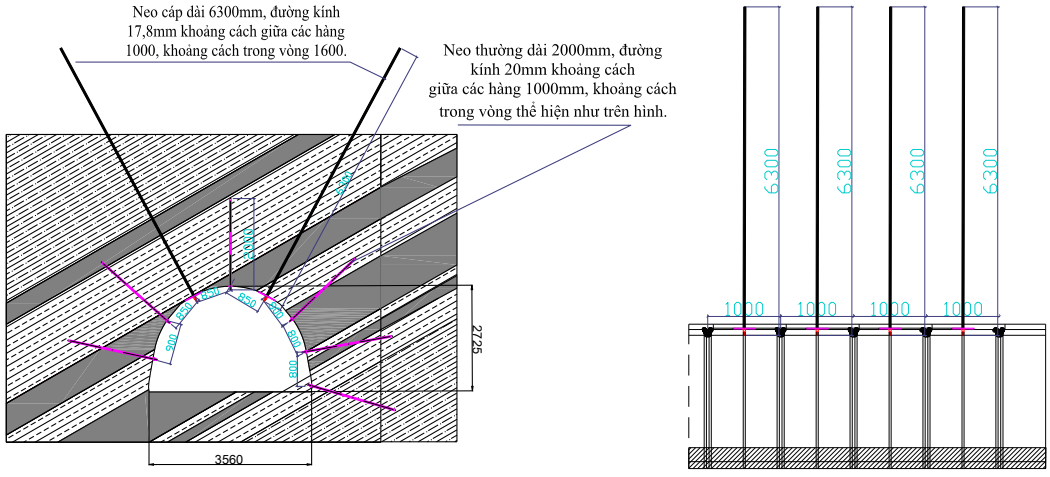
- Lớp khối đá cát kết: Chiếm khoảng 35% phân bố khá phổ biến trong khu mỏ, chiều dày lớp đá thay đổi trên dưới 100m, chúng có màu xám sẫm, xám sáng, thành phần khoáng vật là cát thạch anh, sét, biôtít muscôvit, cấu tạo phân lớp dày, độ hạt từ trung đến thô, ranh giới chuyển tiếp không rõ ràng. Giá trị $\gamma = 2,64g/cm^3$, $\Delta = 2,76g/cm^3$, $\delta_n = 1200kG/cm^2$.

- Lớp khối đá Cuội - Sạn kết: Chiếm tỷ lệ khoảng 7% chiều dày địa tầng mỏ, đá có màu xám sáng, thành phần khoáng vật là thạch anh màu trắng, xi măng cơ sở là sét, silic cấu tạo lớp không rõ, chuyển tiếp với đá khác rõ ràng, chúng được phân bố rải rác trong địa tầng và thường cách xa vỉa than, chiều dày lớp không ổn định đôi chỗ lên tới 70m. Giá trị $\gamma = 2,69g/cm^3$, $\Delta = 2,79g/cm^3$, $\delta_n = 1800kG/cm^2$.

2.3. Lựa chọn phương án chống giữ cho đường lò

Dựa vào điều kiện địa chất thể hiện trên hình 2 có thể nhận định rằng trong phạm vi xung quanh đường lò là khối than đá mềm yếu, kém ổn định, khối đá này sẽ bị biến dạng lớn vào trong khoảng trống sau khi khai đào đường lò, phạm vi áp lực khối đá tác dụng lên kết cấu chống sẽ chủ yếu do lớp than, đá kẹp sét kết xung quanh đường lò gây ra. Chính vì vậy lựa chọn kết cấu chống giữ cho đường lò dọc vỉa than 10 Đông mức -80 Công ty than Mạo Khê – TKV là loại kết cấu chống giữ hỗn hợp giữa vì thép kết hợp với neo thường và neo cáp. Loại hình kết cấu chống hỗn hợp này vừa khắc phục được những nhược điểm của kết cấu chống vì thép và neo vừa lợi dụng được ưu điểm của hai loại hình kết cấu chống này kết hợp với nhau.

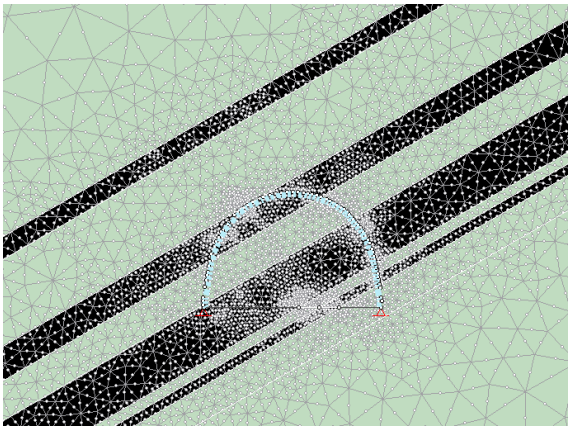
Thông số chống giữ hỗn hợp bằng vì thép kết hợp với neo thường và neo cáp được lựa chọn như sau. Do diện tích tiết diện nhỏ nên lựa chọn loại vì thép SPV-22 để chống giữ đường lò với khoảng cách bước chống 1000mm/vì. Thông số của neo thường gồm 6 thanh neo thường bố trí trên chu vi biên hông và nóc đường lò, đường kính neo thường bằng 20mm, chiều dài neo thường bằng 2000mm, khoảng cách giữa các hàng neo thường bằng 1000mm, neo cáp sử dụng loại có đường kính 17,8mm, khoảng cách giữa các hàng neo cáp bằng 1000mm, khoảng cách giữa neo cáp trong vòng bằng 1600mm. Hộ chiếu chống thép kết hợp neo thường và neo cáp thể hiện trên hình 3 *(Công ty than Mạo Khê – TKV)*.



Hình 3. Hộ chiếu chống thép kết hợp với neo thường và neo cáp

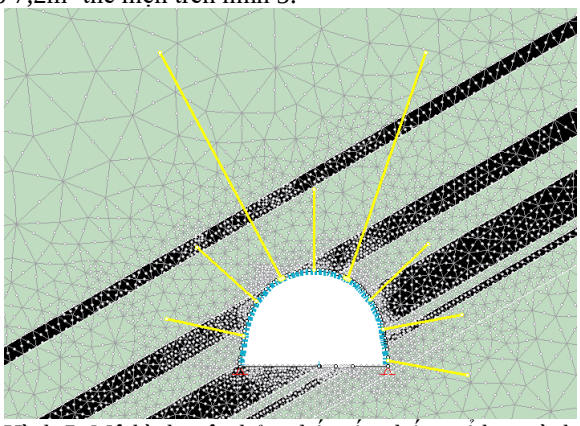
2.2 Xây dựng mô hình mô phỏng

Từ điều kiện địa kỹ thuật khu vực đường lò đi qua, điều kiện thế nằm vỉa than, chiều dầy vỉa, các lớp đá kẹp, diện tích tiết diện đường lò đào qua. Sử dụng phần mềm RS^2 lập mô hình tính toán, mô hình mô phỏng thể hiện các lớp than đá theo mặt cắt địa chất và vị trí tương quan của đường lò dọc vỉa thể hiện trên hình 4.



Hình 4. Thế nằm của vỉa than và vị trí đường lò trong mô hình mô phỏng

Phương án tính toán lựa chọn kết cấu chống tổ hợp cho đường lò chống giữ bằng kết cấu chống tổ hợp vì thép kết hợp với neo và neo cáp cho đường lò dọc vỉa than 10 Đông mức -80 Công ty than Mạo Khê – TKV có tiết diện đường lò 7,2m^2 thể hiện trên hình 5.



Hình 5. Mô hình mô phỏng kết cấu chống tổ hợp vì thép và neo

Các tham số kích thước mô hình, kích thước đường lò, tham số tính chất cơ lý của các loại khối đá, khối than và lớp kẹp sét mềm yếu và tham số của vì neo, neo cáp sử dụng trong các trường hợp mô phỏng thể hiện trên bảng 1.

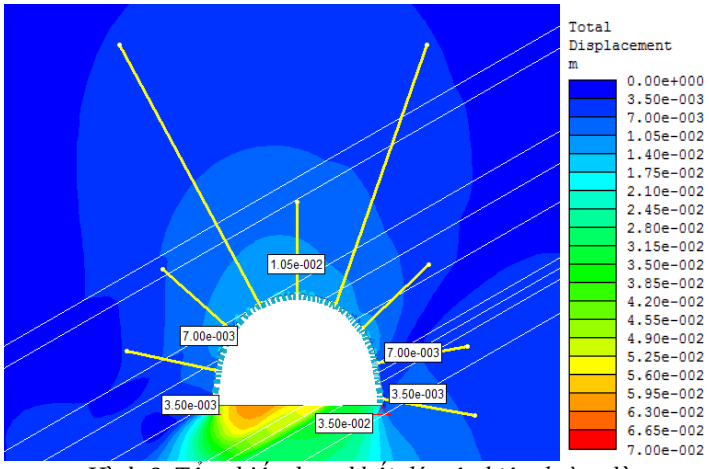
Bảng 1. Các tham số đầu vào của mô hình mô phỏng

Tham số	Đơn vị	Giá trị	Tham số	Đơn vị	Giá trị
Tham số kích thước mô hình			*Tham số kích thước đường lò*		
Chiều rộng	m	40	Chiều cao	m	2,725
Chiều cao	m	40	Chiều rộng	m	3,560
Chiều sâu đặt đường lò	m	150	Bán kính	m	-
Tham số khối đá cuội kết			*Tham số khối đá cát kết*		
Độ bền nén	MPa	120	Độ bền nén	MPa	120
Mô đun đàn hồi	MPa	7850	Mô đun đàn hồi	MPa	7450
Dung trọng	MN/m^3	0,028	Dung trọng	MN/m^3	0,0265
Hệ số Poát xông	-	0,2	Hệ số Poát xông	-	0,2
Tham số khối đá bộ kết			*Tham số khối đá sét kết*		
Độ bền nén	MPa	45	Độ bền nén	MPa	25
Mô đun đàn hồi	MPa	396	Mô đun đàn hồi	MPa	662
Dung trọng	MN/m^3	0,026	Dung trọng	MN/m^3	0,027
Hệ số Poát xông	-	0,2	Hệ số Poát xông	-	0,2
Tham số khối than			*Tham số lớp kẹp sét*		
Độ bền nén	MPa	20	Độ bền nén	MPa	15
Mô đun đàn hồi	MPa	429	Mô đun đàn hồi	MPa	177
Dung trọng	MN/m^3	0,014	Dung trọng	MN/m^3	0,017
Hệ số Poát xông	-	0,12	Hệ số Poát xông	-	0,12

Tham số	Đơn vị	Giá trị	Tham số	Đơn vị	Giá trị
Tham số neo thường			*Tham số neo cáp*		
Đường kính neo	mm	20	Đường kính neo cáp	mm	17,8
Chiều dài neo	m	2,0	Chiều dài neo cáp	m	6,3
Khoảng cách hàng neo	m	1,0	Khoảng cách hàng neo cáp	m	1,0
Khoảng cách neo trong vòng	m	0,85	Khoảng cách neo cáp trong vòng	m	1,6
Tham số vì thép SVP-22					
Chiều cao	mm	110	Mô men quán tính	cm^4	428.6
Diện tích tiết diện	cm^2	27.91	Mô đun Young	MPa	210000
Mô men chống uốn	cm^3	74.8	Hệ số Poisson	-	0.25
Độ bền chịu uốn cho phép của thép	Mpa	270	Độ bền nén	MPa	500

3. Kết quả và thảo luận

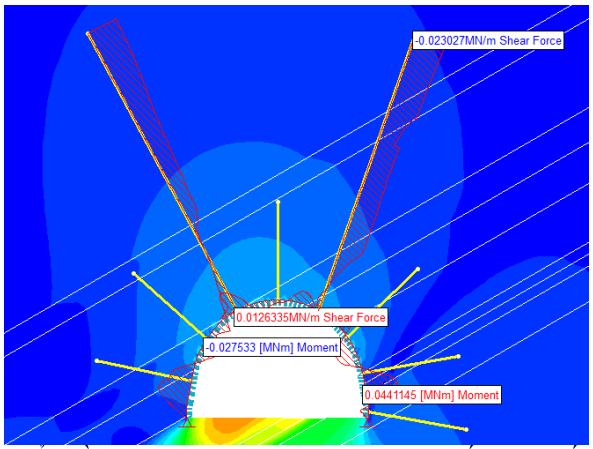
Kết quả mô phỏng, tổng biến dạng khi chống bằng kết cấu chống tổ hợp vì thép kết hợp với neo thường và neo cáp cho đường lò dọc vỉa than vỉa 10 Đông mức -80 thể hiện trên hình 6.



Hình 6. Tổng biến dạng khối đá trên biên đường lò

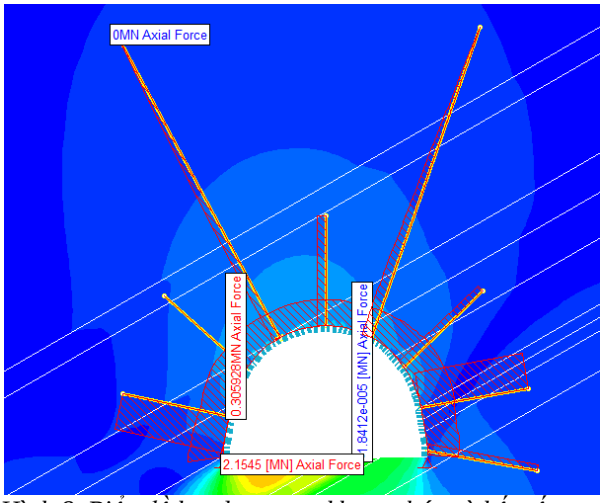
Từ kết quả mô phỏng ta có thể thấy rằng tổng biến dạng khối đá xung quanh đường lò khi chỉ chống bằng kết cấu chống tổ hợp vì thép với neo tại các vị trí khác nhau là khác nhau. Cụ thể tổng biến dạng trên nóc bằng 1,05cm, hai bên hông bằng 0,7cm, hai bên chân vòm bằng 0,35cm và nền đường lò bằng 3,5cm. Với giá trị biến dạng này đối với đường lò dọc vỉa đào qua than có thể nhận định đường lò chống giữ bằng kết cấu chống hỗn hợp vì thép kết hợp với neo thường và neo cáp có thể đảm bảo ổn định cho đường lò.

Kết quả nội lực trong kết cấu chống tổ hợp vì thép kết hợp với neo cho đường lò dọc vỉa than vỉa 10 Đông mức -80 thể hiện trên hình 7 và 8.



Hình 7. Biểu đồ moment trong khung thép và lực cắt trong kết cấu neo

Từ kết quả mô phỏng cho thấy nội lực trong kết cấu chống vì thép có mô men lớn nhất xuất hiện tại vị trí hai bên hông đường lò, nơi tiếp xúc giữa khối đá và vỉa than. Giá trị mô men lớn nhất trong vì thép bằng 0,044MNm, giá trị nhỏ nhất bằng 0,027MNm, lực cắt trong neo cáp bằng 0,023MN/m.



Hình 8. Biểu đồ lực dọc trong khung thép và kết cấu neo

Từ kết quả trên hình 8 cho thấy lực dọc lớn nhất trong khung thép bằng bằng 2,15MN nhỏ nhất bằng 1,8MN còn lực dọc trục trong neo lớn nhất bằng 0,3MN, nhỏ nhất bằng 0 tại đuôi neo cáp.

Với các kết quả biến dạng của khối đá, nội lực trong kết cấu chống có thể thấy rằng khi chống giữ đường lò dọc vỉa than vỉa 10 Đông mức -80 bằng kết cấu chống hỗn hợp vì thép kết hợp với neo thường và neo cáp có thể đảm bảo độ ổn định cho đường lò trong quá trình đào và sử dụng đường lò. Như vậy lựa chọn kết cấu chống cho đường lò bằng kết cấu chống tổ hợp vì thép kết hợp với neo với tham số chống giữ như sau: vì thép sử dụng loại vì thép SVP-22, bước chống 1000mm/vì, kết cấu chống neo được lắp vào giữa hai khung thép như vậy khoảng cách giữa các hàng neo cũng bằng 1000mm/hàng. Trong vòng neo sử dụng 2 thanh neo cáp có chiều dài 6300mm, đường kính 17,8mm, để chống giữ trên nóc đường lò cũng trong vòng neo còn sử dụng 06 thanh neo thường để chống giữ nóc và hai bên hông đường lò với khoảng cách giữa các neo trong vòng bằng 800mm, 850mm, sử dụng loại neo chất dẻo cốt thép có chiều dài 2000mm, đường kính 20mm. Kết quả này đã được áp dụng thành công tại đường lò dọc vỉa than 10 Đông mức -80 Công ty than Mạo Khê – TKV.

4. Kết luận

Từ các điều kiện địa chất, hình dạng kích thước của đường lò dọc vỉa than 10 Đông mức -80 Công ty than Mạo Khê – TKV lựa chọn loại hình kết cấu hỗn hợp vì thép kết hợp neo thường và neo cáp để chống giữ đường lò với thông số chống giữ: vì thép SPV-22 khoảng cách bước chống 1000mm/vì, 6 thanh neo thường đường bằng 20mm, chiều dài neo bằng 2000mm, khoảng cách giữa các hàng neo bằng 1000mm, neo cáp sử dụng loại có đường kính 17,8mm, khoảng cách giữa các hàng neo cáp bằng 1000mm, khoảng cách giữa neo cáp trong vòng bằng 1600mm. Sử dụng phần mềm RS^2 để mô phỏng kiểm tra biến dạng, nội lực trong kết cấu chống hỗn hợp với các tham số nêu trên kết quả tổng biến dạng nóc bằng 1,05cm, hai bên hông bằng 0,7cm, hai bên chân vòm bằng 0,35cm và nền đường lò bằng 3,5cm. Kết quả nghiên cứu đã được áp dụng thành công tại đường lò dọc vỉa than 10 Đông mức -80 Công ty than Mạo Khê – TKV.

Tài liệu tham khảo

Công ty Cổ phần Tin học, 2018. Công nghệ, Môi trường – Vinacomin. *Báo cáo thăm dò nâng cấp trữ lượng từ lộ vỉa đến mức -400m phục vụ các Dự án khai thác mỏ*.
Công ty than Mạo Khê – TKV, 2019. *Mặt cắt địa chất đường lò dọc vỉa than 10 Đông mức -80*.
Công ty than Mạo Khê – TKV, 2019. *Cột địa tầng vỉa 10 Đông mức -80*.
Công ty than Mạo Khê – TKV, 2019. *Hộ chiếu chống lò dọc vỉa than 10 Đông mức -80*.

ABSTRACT

Research on the Application Combination of Rock Bolt and Steel Support for the Coal Roadway in Mao Khe Coal Company - TKV

Dao Viet Doan[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

The coal roadway to be excavation along the coal seam usually has a small area and short duration, serving as ventilation and transportation to serve the mining work. This type of roadway is usually excavation in conditions where the soft coal mass and affected by pressure when mining work, so if the support is not secure, the phenomenon of compression, distortion, settlement, and area reduction often occurs. Therefore, it is necessary to research and apply appropriate types of supporting structures to ensure stability of the roadway during excavation as well as during use. One of the types of supporting structures that can meet the requirements of the roadway along the coal seam is combination of rock bolt and steel support supporting structure. The article is based on the geotechnical conditions of the roadway along the coal seam 10 East level -80 Mao Khe Coal Company - TKV with an excavation cross section of 7,1m^2 has built a numerical model and calculated and selected the supporting structure for roadway is a composite supporting structure with parameters including SVP-22 steel arch support with distance of 1000mm/frame combined with 6 anchors with a diameter of 20mm with distance between anchors of 1000*800mm and 2 cable anchor with diameter of 17, 8mm length 6300mm. The research results were successfully applied at the roadway along the coal seam 10 Dong level -80 Mao Khe Coal Company – TKV.

Keywords: combination of rock bolt and steel support; coal roadway; numerical simulation

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Nghiên cứu tính toán lựa chọn bước chống vì thép cho đường lò một đường xe nằm dưới moong mỏ Núi Béo

Đào Viết Đoàn[1,*]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Hiện nay nhiều mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh đã và đang khai thác các vỉa than nằm bên dưới moong đã khai thác lộ thiên và đổ thải xong. Bên trong moong lộ thiên là đất đá đổ thải nước và bùn hình thành áp lực nhân tạo tác dụng lên các đường lò nằm dưới, chính vì vậy khi tính toán lựa chọn bước chống vì thép cho đường lò nằm dưới moong cần kể đến loại áp lực này. Bài viết nêu hiện trạng moong khai thác lộ thiên Núi Béo bên dưới có các đường lò phục vụ cho công tác khai thác các vỉa than của mỏ than Hà Lầm. Sử dụng phầm mềm RS2 lập mô hình mô phỏng khu vực moong khai thác lộ thiên Núi Béo đã được đổ thải với kích thước mô hình 558x680m, đường lò dọc vỉa một đường xe có kích thước chiều cao x chiều rộng bằng 3,170x3,690m được đào cách đáy moong 170m. Các phương án nghiên cứu sử dụng thép SVP-22 và các khoảng cách bước chống bằng 0,3m, 0,5m và 0,7m. Từ kết quả nội lực trong vì chống lựa chọn bước chống của vì chống thép SVP-22 chống giữ đường lò dọc vỉa một đường xe đào dưới moong lộ thiên Núi Béo bằng 0,3m/vì.

Từ khóa: moong lộ thiên; lò một đường xe; bước chống vì thép; nội lực kết cấu chống thép

1. Đặt vấn đề

Hiện nay nhiều mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh đang khai thác các vỉa than nằm dưới moong khai thác lộ thiên đã đổ thải, đặc biệt phải kể đến như moong Núi Béo của mỏ than Hà Lầm, moong 790 mỏ than Mông Dương, moong Khu vực trung tâm và moong Khu Đông Bắc mỏ than Dương Huy. Có nhiều sự khác nhau về điều kiện hình thành moong khai thác lộ thiên bao gồm: Diện tích và độ sâu, sự phân bố các vỉa than khu vực moong lộ thiên (có những vỉa than nằm cách đáy moong từ vài trục mét đến hàng trăm mét, cũng có những vỉa than nằm cạnh rìa moong), đổ đất đá thải (có những moong quá trình đổ đất đá thải đã ở trạng thái ổn định, có những moong vẫn đang trong quá trình đổ thải). Các moong lộ thiên đều có mực nước ngầm khác nhau tùy thuộc vào địa hình của moong so với mặt bằng xung quanh. Như vậy có thể thấy rằng mỗi điều kiện hình thành moong lộ thiên sẽ có những điều kiện tự nhiên, điều kiện kỹ thuật khác nhau chính vì vậy áp lực tác dụng lên kết cấu chống lò nằm dưới moong cũng khác nhau. Các tài liệu trong và ngoài nước về tính toán lựa chọn loại hình kết cấu chống cũng như bước chống thép cho các đường lò đào dưới moong lộ thiên vẫn chưa được công bố nhiều. Chính vì vậy việc áp dụng phương pháp số tính toán lựa chọn bước chống thép SVP-22 cho đường lò đào dưới khu vực phía dưới moong lộ thiên mang ý nghĩa rất quan trọng đảm bảo lựa chọn được bước chống phù hợp, nâng cao được độ ổn đinh cho đường lò trong quá trình đào cũng như sử dụng.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Hiện trạng moong khai thác lộ thiên Núi Béo

Bãi thải moong Núi Béo (bãi thải trong vỉa 14 cánh Tây) do mỏ Hà Lầm và Núi Béo đổ thải, bãi thải này hiện phía Tây Nam đã đổ lên mức +160m, trong khi đó mức thiết kế là +70m. Khu vực bãi thải trong vỉa 14 cánh Tây bao gồm 03 moong đã kết thúc khai thác đổ thải cụ thể như sau *(Công ty CP than Hà Lầm-Vinacomin, 2027), Công ty TNHH Tư vấn, Triển khai Công nghệ và Xây dựng Mỏ - Địa chất, 2027).*

- Moong khai thác lộ thiên vỉa 14 cánh Tây mức -80 đã kết thúc khai thác và đổ thải lấp moong đến mức +30. Moong nằm trên lò chợ CGH11-1.16, khoảng cách các tầng đất đá, than từ lò chợ đến đáy moong trong khoảng 85÷100 m, địa tầng bao gồm lớp khối đá bột kết nằm bên trên trên vỉa than có chiều dày trong khoảng từ 5÷12 m, tiếp đó là lớp cát kết, sạn kết có chiều dày khoảng 15÷60 m, phía trên lớp cát kết, sạn kết là lớp khối đá bột kết có chiều dày khoảng 20÷60 m.

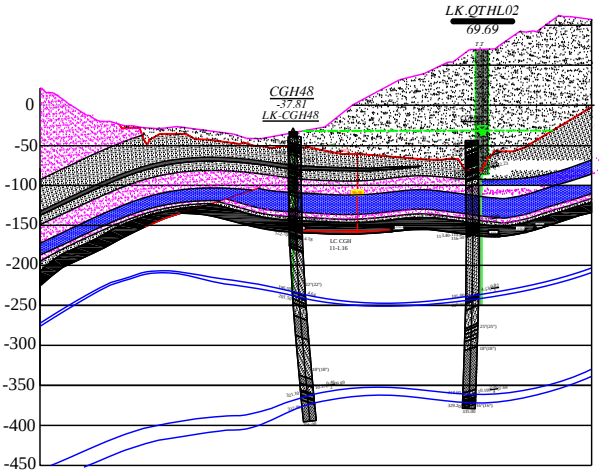
* *Tác giả liên hệ*
Email: daovietdoan@humg.edu.vn

- Moong khai thác lộ thiên vỉa 14 cánh Tây mức -60 đã kết thúc khai thác và đổ thải lấp moong đến mức +35. Moong nằm trên lò chợ CGH11-1.16, khoảng cách các tầng đất đá, than từ lò chợ đến đáy moong khoảng 120÷150m, địa tầng bao gồm lớp khối đá bột kết nằm trên vỉa than có chiều dày khoảng 8÷12m, tiếp đó là lớp cát kết có chiều dày khoảng 50÷70m, phía trên lớp khối đá cát kết là lớp bột kết có chiều dày trong khoảng từ 40 ÷ 50m, phía trên lớp bột kết là lớp cát kết có chiều dày khoảng 20÷50m.

- Moong khai thác lộ thiên vỉa 14 mức -53 đã kết thúc khai thác và đổ thải lấp moong đến mức +40. Moong nằm trên lò chợ 11-3T-13, khoảng cách địa tầng từ lò chợ đến đáy moong khoảng 140÷180m, địa tầng gồm lớp bột kết nằm trên vỉa than có chiều dày khoảng 5÷11m, tiếp đó là lớp cát kết có chiều dày khoảng 38÷40m, phía trên lớp cát kết là lớp bột kết có chiều dày khoảng 60÷100m.

- Moong khai thác lộ thiên vỉa 14 cánh Tây mức -54. Moong nằm trên lò chợ CGH11-1.16, khoảng cách các lớp khối đá, than từ lò chợ đến đáy moong lộ thiên trong khoảng từ 100÷120m, địa tầng bao gồm lớp khối đá bột kết nằm bên trên vỉa than và có chiều dày trong khoảng từ 5÷6m, tiếp giáp với lớp bột kết là lớp cát kết có chiều dày trong khoảng từ 5÷18m, bên trên lớp cát kết là lớp khối đá sạn kết có chiều dày khoảng 15÷35m, phía trên lớp khối đá sạn kết kết là lớp khối đá bột kết xen lẫn khối đá cát kết có chiều dày khoảng từ 12÷40m.

Trong nghiên cứu áp lực các lớp khối đá than và bãi thải tác dụng lên đường lò nằm dưới moong Núi Béo của mỏ than Hà Lầm lựa chọn mặt cắt địa chất tuyến 40 đi qua đáy moong lộ thiên. Mặt cắt địa chất thể hiện bãi thải mỏ và các vỉa than nằm dưới moong đã khai thác lộ thiên của tuyến 40 thể hiện trên hình 1 *(Công ty CP than Hà Lầm-Vinacomin, 2017).*

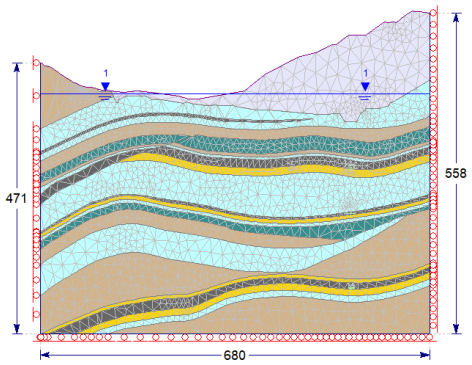


Hình 1. Mặt cắt địa chất qua tuyến 40 moong lộ thiên Núi Béo

Trên mặt cắt tuyến 40 từ mức -80 trở lên đến mặt đất là đất đá đổ thải của mỏ, thành phần trong bãi thải bao gồm các tảng, cục đá sét kết, bột kết, cát kết, sạn kết và cuội kết có kích thước không đồng đều nhau, do là đá thải trong quá trình đào lò và khai thác đổ ra nên các tảng, cục đá sắp xếp rất hỗn độn. Đây là sản phẩm của quá trình đổ thải của mỏ Núi Béo và Hà Lầm, ngoài ra moong còn chứa nước đặc biệt là vào mùa mưa, mực nước ngầm lớn nhất đo được tại mức -25.

2.2 Xây dựng mô hình tính áp lực tác dụng lên đường lò nằm dưới moong lộ thiên Núi Béo

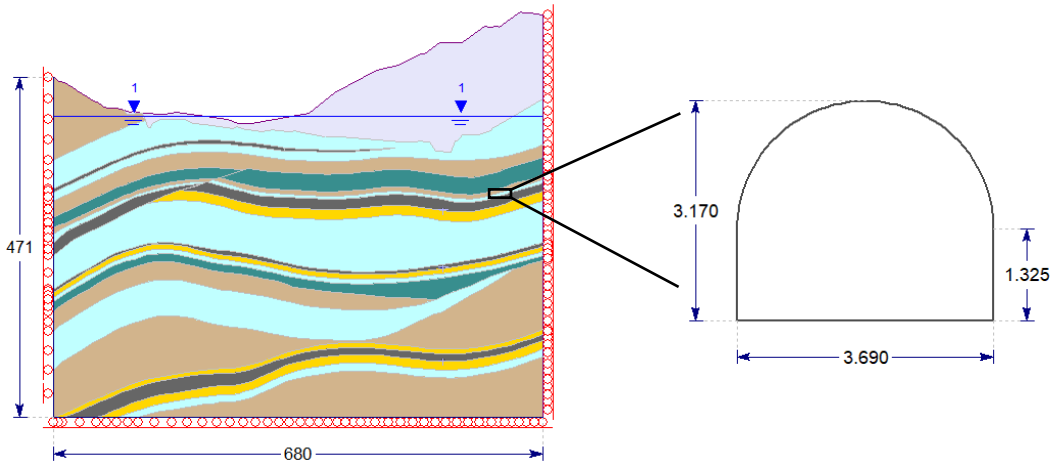
Từ điều kiện của bãi thải mỏ bao gồm chiều cao đổ thải, điều kiện địa hình, địa chất và điều kiện thế nằm các lớp khối đá, vỉa than, chiều dầy của các vỉa than, cấu tạo của các vỉa than, cấu tạo của các lớp đất đá của tuyến mặt cắt địa chất 40 qua đáy moong lộ thiên Núi Béo sử dụng phần mềm RS^2 lập mô hình mô phỏng với kích thước chiều rộng x cao của mô hình bằng 680x558m. Mô hình mô phỏng và vị trí kích thước đường lò cũng như các lớp khối đá thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Kích thước mô hình mô phỏng

2.3 Vị trí, kích thước của đường lò và thông số vì thép SVP-22

Vị trí đường lò khảo sát đặt tại vỉa than 11 bên dưới moong đã khai thác lộ thiên và đổ thải, kích thước đường lò dọc vỉa trong mô hình khảo sát được lựa chọn dựa trên các kích thước tiết diện mẫu điển hình của lò dọc vỉa một đường xe hiện đang áp dụng tại các đơn vị của Tập đoàn Công nghiệp Than và Khoáng sản Việt Nam, cụ thể chiều cao x chiều rộng đường lò bằng 3170x3690mm, diện tích tiết diện sử dụng bằng 9,6m^2, đường lò có dạng tường thẳng, vòm bán nguyệt với các thông số như thể hiện trên hình 3.



Hình 3. Vị trí đặt và kích thước đường lò

Hiện nay loại hình kết cấu chống sử dụng chủ yếu cho các đường lò dọc vỉa tại các mỏ hầm lò khu vực Quảng Ninh là vì thép lòng máng SVP-22. Tùy thuộc vào điều kiện của từng đường lò mà lựa chọn vì thép SVP-22 có khả năng mang tải khác nhau. Với đường lò một đường xe khi đào đường lò ở độ sâu nhỏ hơn 300m thường sử dụng thép SVP-22. Các thông số về đặc tính của vì thép SVP-22 sử dụng trong mô hình thể trong bảng 1 (中国人民共和国国家标准, 2008).

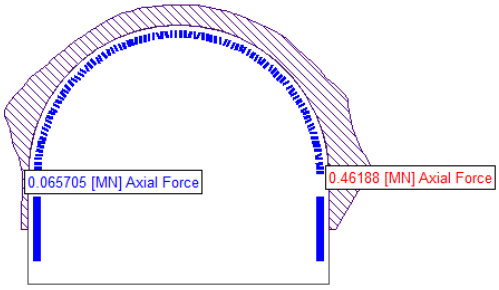
Bảng 1. Các thông số của vì chống thép SVP-22

Thông số	Kí hiệu	Đơn vị tính	SVP-22
Chiều cao	h	mm	110
Diện tích tiết diện	S	cm^2	27.91
Mô men chống uốn	Wx	cm^3	74.8
Mô men quán tính	Ix	cm^4	428.6
Mô đun Young	E	MPa	210000
Hệ số Poisson	ν	-	0.25
Độ bền nén	σ_c	MPa	500
Độ bền kéo	σ_t	MPa	500

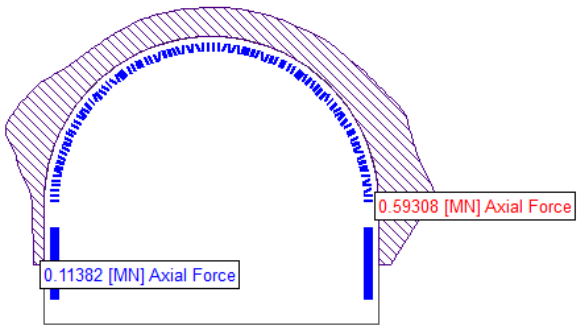
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả lực dọc trong kết cấu chống

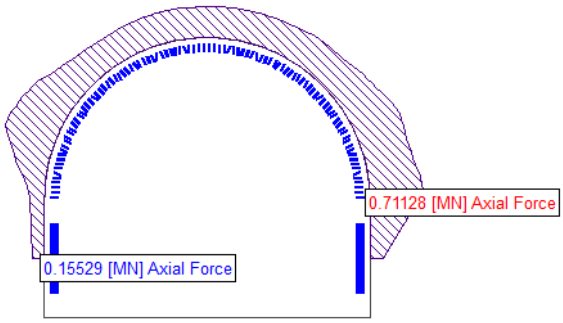
Kết quả tính toán lực dọc trong kết cấu chống cho đường lò một đường xe dưới moong lộ thiên Núi Béo sử dụng kết cấu chống thép SVP-22 với bước chống 0,3m/vì thể hiện trên hình 4, với bước chống 0,5m/vì thể hiện trên hình 5, với bước chống 0,7m/vì thể hiện trên hình 6.



Hình 4. Lực dọc trong vì thép SVP-22 với bước chống 0,3m



Hình 5. Lực dọc trong vì thép SVP-22 với bước chống 0,5m

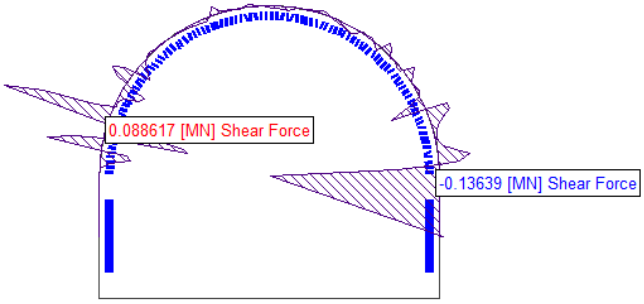


Hình 6. Lực dọc trong vì thép SVP-22 với bước chống 0,7m

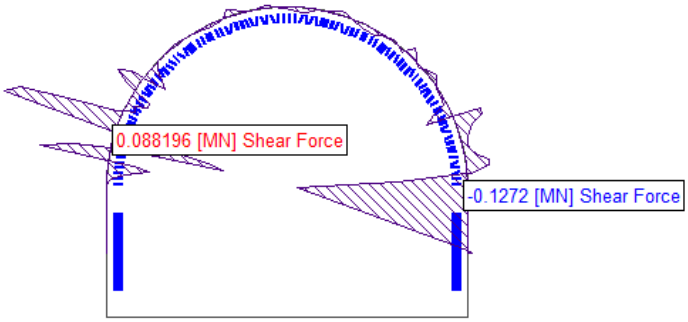
Từ kết quả biểu đồ phân bố lực dọc trên có thể thấy rằng lực dọc trong kết cấu chống có giá trị lớn nhất tại phần chân vòm. Cụ thể trong trường hợp bước chống bằng 0,3m lực dọc lớn nhất bằng 0,46MN, bước chống bằng 0,5m lực dọc lớn nhất bằng 0,59MN, bước chống bằng 0,7m lực dọc lớn nhất bằng 0,71MN.

3.2. Kết quả lực cắt trong kết cấu chống

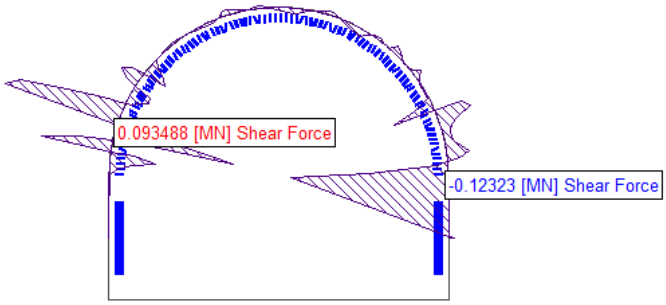
Kết quả tính toán lực cắt trong kết cấu chống cho đường lò một đường xe dưới moong lộ thiên Núi Béo sử dụng kết cấu chống thép SVP-22 với bước chống 0,3m/vì thể hiện trên hình 7, với bước chống 0,5m/vì thể hiện trên hình 8, với bước chống 0,7m/vì thể hiện trên hình 9.



Hình 7. Lực cắt trong vì thép SVP-22 với bước chống 0,3m



Hình 8. Lực cắt trong vì thép SVP-22 với bước chống 0,5m

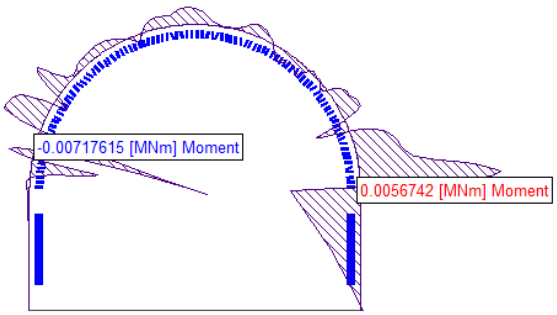


Hình 9. Lực cắt trong vì thép SVP-22 với bước chống 0,7m

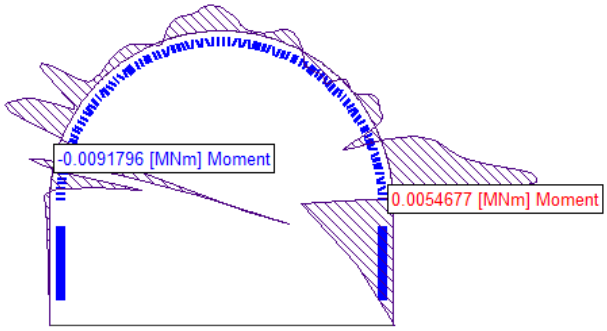
Từ kết quả biểu đồ phân bố lực cắt trên có thể thấy rằng lực cắt trong kết cấu chống có giá trị lớn nhất tại phần chân vòm. Trường hợp bước chống bằng 0,3m lực cắt lớn nhất bằng 0,13MN, trường hợp bước chống bằng 0,5m lực cắt lớn nhất bằng 0,12MN, trường hợp bước chống bằng 0,7m lực cắt lớn nhất bằng 0,12 MN.

3.3. Kết quả momen trong kết cấu chống

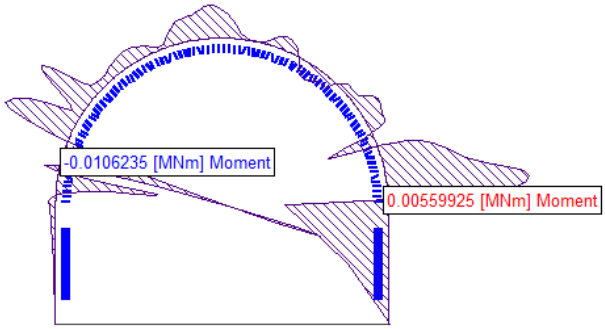
Kết quả tính toán momen trong kết cấu chống cho đường lò một đường xe dưới moong lộ thiên Núi Béo sử dụng kết cấu chống thép SVP-22 với bước chống 0,3m/vì thể hiện trên hình 10, với bước chống 0,5m/vì thể hiện trên hình 11, với bước chống 0,7m/vì thể hiện trên hình 12.



Hình 10. Momen trong vì thép SVP-22 với bước chống 0,3m



Hình 11. Momen trong vì thép SVP-22 với bước chống 0,5m



Hình 12. Momen trong vì thép SVP-22 với bước chống 0,7m

Từ kết quả biểu đồ phân bố momen trên có thể thấy rằng momen trong kết cấu chống có giá trị lớn nhất tại phần chân vòm. Trong trường hợp bước chống bằng 0,3m momen lớn nhất bằng 0,0071 MN, trường hợp bước chống bằng 0,5m momen lớn nhất bằng 0,0091 MN, trường hợp bước chống bằng 0,7m momen lớn nhất bằng 0,010 MN.

Nhìn chung, giá trị nội lực trong kết cấu chống (lực dọc, lực cắt và momen) tăng tỷ lệ thuận với khoảng cách tăng của bước chống của vì thép hay nói cách khác, khi tăng bước chống của vì SVP-22, áp lực khối đá tác dụng lên kết cấu chống tăng từ đó làm tăng nội lực trong kết cấu chống. Các vị trí xuất hiện nội lực lớn nhất thường nằm ở phía tường do kết cấu chống phải chịu áp lực lệch từ áp lực moong bãi thải và điều kiện thế nằm của vỉa.

Để tính toán kiểm tra bền cho kết cấu chống vì thép sử dụng điều kiện bền sau (编委会. 最新矿山井巷工程施工综合技术与规范实用手册, 2005).

$$|\sigma_{max}| = \left|\frac{N}{F} + \frac{M_{max}}{W_x}\right| \quad (1)$$

trong đó:

σ_{max} : Ứng suất trong kết cấu tại điểm có mô men lớn nhất;

N: Lực dọc trong kết cấu tại điểm mô men lớn nhất, MN;

M_{max}: Mô men lớn nhất trong kết cấu, MNm;

F: Diện tích mặt cắt ngang của kết cấu thép, m^2;

W_x: Mô men chống uốn của kết cấu, m^3;

Hệ số an toàn K: được tính theo công thức sau (编委会. 最新矿山井巷工程施工综合技术与规范实用手册, 2005).

$$K = [\sigma]/|\sigma_{max}| \quad (2)$$

trong đó:

[σ] - độ bền chịu uốn của thép, 270Mpa;

Bảng giá trị nội lực lớn nhất trong kết cấu thép SVP-22 khi thay đổi bước chống và kiểm tra bền thể hiện trên bảng 2.

Bảng 2. Bảng giá trị nội lực lớn nhất trong vì thép SVP-22

Lớp than đá đặt đường lò	Độ sâu đặt đường lò (m)	Bước chống (m)	Vì chống	Tiết diện (m^2)	Lực dọc trong kết cấu N (MN)	Mô men trong kết cấu Mmax (MNm)	Ứng suất trong kết cấu σmax (MPa)	Hệ số an toàn K
Trong than	170	0,3	SVP-22	9,6	0,46	0,0071	251,4	1,1
		0,5			0,59	0,0091	322,3	0,8
		0,7			0,71	0,016	456,4	0,6

Từ bảng 2, kết quả nội lực trong khung chống thép SVP-22 và tính toán kiểm tra bền cho vì chống theo công thức (1) và (2) có thể lựa chọn bước chống thép SVP-22 là 0,3m/vì cho đường lò dọc vỉa một đường xe.

4. Kết luận

Khi tính toán lựa chọn loại hình kết cấu chống cũng như các tham số của vì chống thép cho đường lò nằm dưới moong khai thác lộ thiên cần xem xét đến nhiều yếu tố ảnh hưởng như: chiều rộng, chiều sâu moong, chiều cao và thời gian đổ thải trong moong, điều kiện địa hình xung quanh, điều kiện lưu trữ nước trong moong, điều kiện các lớp than đá và khoảng cách từ đáy moong đến vị trí đặt đường lò, hình dạng kích thước tiết diện ngang của đường lò. Chính vì vậy việc tính toán bằng mô hình số sẽ đáp ứng được những yếu tố ảnh hưởng kể trên ...vv.

Từ điều kiện địa chất kỹ thuật của moong Núi Béo, điều kiện đổ thải trong moong, điều kiện nước ngầm và điều kiện vị trí kích thước của đường lò, qua mô phỏng tính toán cho thấy khi bước chống tăng thì nội lực trong kết cấu cũng tăng. Dựa vào kết quả tính toán có thể sơ bộ lựa chọn kết cấu chống thép SVP-22 với bước chống 0,3m/vì cho đường lò dọc vỉa một đường xe nằm dưới moong lộ thiên đã đổ thải của mỏ than Núi Béo.

Tài liệu tham khảo

Công ty CP than Hà Lầm – Vinacomin, 2017. *Bản vẽ mặt cắt địa chất tuyến 40*.

Công ty CP than Hà Lầm – Vinacomin, 2017. *Bản vẽ thuyết minh phương án khai thác lò chợ CGH11-1.16*.

Công ty TNHH Tư vấn, Triển khai Công nghệ và Xây dựng Mỏ - Địa chất, 2017. *Nghiên cứu lựa chọn phương án đảm bảo an toàn khai thác lò chợ 11-1.16 Công ty than Hà Lầm*.

编委会, 2005. 最新矿山井巷工程施工综合技术与规范实用手册. 吉林电子出版社.

中国人民共和国国家标准, 2008. *GB/T/706-2008. 热轧型钢 (hot rolled section steel)*.

ABSTRACT

Research on selection of steel arch support distance for onelane roadway under Nui Beo mine pit

Dao Viet Doan[1]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

Currently, in Quang Ninh coalfield, many underground coal mines are exploiting the coal seams located under openpit mine areas that have been dumped. In openpit mine is soil and rock that discharges water and mud, forming artificial pressure on the underground roadway. Therefore, when calculating the selection of the steel arch support distance because the steel for the roadway is located under the pit, this type of pressure should be taken into account. The article states the current status of Nui Beo open-pit mine below with raodway serving the mining of coal seams of Ha Lam coal mine. The studies used RS^2 to simulate the Nui Beo open-pit mine that has been dumped, model size of 558x680m. The coal roadway has height x width of 3,170x3,690m, construction excavation 170m from the bottom of the pit. The research options use SVP-22 steel arch support and the distance of steps is 0.3m, 0.5m and 0.7m. From the internal force results, the safety distance of the SVP-22 steel arch support for onelane coal roadway excavated under the Nui Beo open pit by 0.3m/frame.

Keywords: miming pit; onelane roadway; steel arch support distance; internal forces of steel arch support

Nghiên cứu chế tạo và xác định một số tính chất cơ học của bê tông cốt sợi polypropyelene dưới tác động của nhiệt độ

Nguyễn Đình Hải[1,*], Lê Thu Trang[1]
[1]*Trường Đại học Giao thông Vận tải*

TÓM TẮT

Bài báo này được thực hiện để xác định các đặc trưng cơ học của bê tông hạt mịn gia cường sợi PP dưới ảnh hưởng của các nền nhiệt độ. Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của việc thay thế bê tông hạt mịn bởi 0,2; 0,3 và 0,4% theo thể tích bê tông (khoảng 2, 3 và 4kg/m^3 hỗn hợp bê tông) sẽ được thực hiện. Đẻ xác định ảnh hưởng này nghiên cứu đã tiến hành đúc các mẫu lăng trụ kích thước 4x4x16mm để xác định Rku và Rn của bê tông FPRC. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng khi hàm lượng PP tăng lên thì độ chảy xoè của hỗn hợp có xu hướng giảm. Khi Chịu nhiệt độ cao từ 200^{o}C đến 300^{o}C thì Rn và Ku của tất cả các mẫu đều giảm so với đối chứng. Tuy nhiên khi hàm lượng PP thay thế càng lớn thì mức độ suy giảm RN và Rku là thấp hơn so với bê tông đối chứng khi chịu nhiệt độ cao. Các kết quả cho thấy bê tông gia cường cốt sợi PP có khả năng chịu nhiệt tốt hơn so với bê tông đối chứng.

Từ khóa: bê tông hạt mịn; bê tông gia cường cốt sợi PP; điều kiện nhiệt độ cao

1. Đặt vấn đề

Các công trình sử dụng bê tông cốt thép hiện nay như cao ốc, đường hầm, các công trình hầm chứa rác thải hạt nhân của các nhà máy điện nguyên tử có thể chịu đe dọa bởi yếu tố nhiệt độ cao và hỏa hoạn. Các ví dụ có thể kể tới như vụ cháy với nền nhiệt độ cao có thể đạt 800^{o}C như: Ở đường hầm qua biển Manche (vào năm 1996 và 2008), qua núi Mont Blanc (1999) và Fréjus (2005) tại Pháp, hầm Storebealt (1994) tại Đan Mạch, Hầm Tauern (1999) tại Áo và hầm Gothard (2001) tại Thụy Sĩ,…(K. Willam, Y. Xi , K. Lee, B. Kim, 2009; J. C. Mindeguia, 2009) các vụ cháy kể trên đã gây nên sự phá hoại nghiêm trọng của công trình. Nguyên nhân gây ra phá huỷ rất phức tạp với các quá trình biến đổi cơ lý hóa phức tạp trong bê tông như: sự trương nở của các hạt cốt liệu, co ngót và biến đổi hóa học của hồ xi măng, gia tăng gradient nhiệt độ, tính không tương thích về hệ số giãn nở nhiệt giữa cốt liệu hạt và hồ xi măng khi chịu nhiệt độ cao, tăng áp lực khí và ứng suất nén ở vùng gần mặt chịu nhiệt, tạo vết nứt,… (W. Mlin và nnk, 1996; B. Georgali, P.E. Tsakiridis, 2005; O. Arioz, 2007). Các quá trình này sẽ dẫn đến sự phá hủy hoàn toàn các lớp bê tông kết cấu (có thể đạt từ 10 đến 20 cm chiều dày), sự phá huỷ các lớp bê tông này sẽ gây suy giảm khả năng chịu lực và có thể dẫn tới triệt tiêu hoàn toàn khả năng chịu lực cũng như khả năng chống giữ của công trình. Chính vì thế việc nghiên cứu ứng xử cơ học của bê tông sau khi chịu nhiệt độ cao có ý nghĩa hết sức quan trọng trong việc đề xuất các biện pháp nhằm nâng cao khả năng bảo toàn giá trị sử dụng (các tính chất cơ học) của bê tông sau khi chịu tác động của nền nhiệt độ cao đảm bảo tính bền vững của công trình.

Trên cơ sở phân tích các cơ chế ứng xử của bê tông dưới nền nhiệt độ cao, để nâng cao khả năng chống suy giảm các chỉ tiêu cơ học của bê tông trong và sau khi chịu tác động của nền nhiệt độ cao các nghiên cứu trên thế giới đã đề xuất một số biện pháp như sử dụng loại cốt liệu có khả năng chịu nhiệt, gia cường các loại cốt sợi thép, sợi thuỷ tinh, sợi polypropylene,… (E. Rudnik, T. Drzymala, 2017; A. Amacio, 2018; Aslani, B. Samali, 2014) vào trong bê tông nền. Trong đó việc nghiên cứu bê tông gia cường cốt sợi polypropyelene (FPRC) chịu nhiệt độ cao hiện đang được nhiều nhà khoa học trên thế giới quan tâm.

Nghiên này được thực hiện nhằm góp phần vào việc nghiên cứu chế tạo FPRC cũng như đánh giá các ứng xử của loại bê tông này sau khi chịu tác động của nền nhiệt độ cao với mong muốn tiến tới chế tạo và ứng dụng FPRC có khả năng chịu được nhiệt độ cao trong điều kiện Việt Nam. Bài báo được cấu tạo thành 4 phần: Vật liệu chế tạo và phương pháp thiết kế thành phần FPRC sẽ được giới thiệu ở phần II, trong phần III các kết quả thí nghiệm xác định cường độ chịu nén và kéo khi uốn của FPRC sau khi chịu tác động của một số nền nhiệt khác nhau, các kết luận và kiến nghị của nghiên cứu sẽ được trình bày ở cuối báo cáo.

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyendinhhai.1986@utc.edu.vn

2. Vật liệu chế tạo và thiết kế thành phần

2.1. Xi măng

Xi măng được sử dụng trong đề tài là xi măng Bút Sơn PC40. Các chỉ tiêu kĩ thuật của loại xi măng này thỏa mãn TCVN 2682:2009 (Bộ Khoa học và Công nghệ. TCVN 2682, 2009).

2.2. Tro bay

Tro bay sử dụng trong đề tài nghiên cứu này là tro bay Phả Lại loại F có các yêu cầu kĩ thuật đạt theo TCVN 10302: 2014 và ASTM C618 (Bộ Khoa học và Công nghệ. TCVN 10302, 2014).

2.3. Cốt liệu

Cốt liệu sử dụng trong nghiên cứu là cát vàng sông Lô, có thành phần hạt thỏa mãn tiêu chuẩn ASTM C33 (ASTM C33-03. ASTM International, 2003).

2.4. Phụ gia

Sử dụng phụ gia Sikament NN là một dung dịch có hai tính năng vừa là chất siêu hoá dẻo được dùng để sản xuất bê tông chảy lỏng và là tác nhân giảm nước đáng kể để đạt cường độ ban đầu và cuối cùng cao. Sikament NN phù hợp tiêu chuẩn ASTM C494 Loại F.

2.5. Nước

Nước dùng trong nghiên cứu này là nước sạch tại phòng thí nghiệm trường Đại học Giao thông vận tải, phù hợp TCVN4506:2012 (Bộ Khoa học và Công nghệ. TCVN 4506, 2012).

2.6. Sợi polypropyelene

Các đặc tính kĩ thuật của sợi polypropyelene được trình bày ở bảng 1

Bảng 1. Các đặc tính kỹ thuật của sợi polypropyelene

Đường kính	0,03mm
Chiều dài	6-12 mm
Nhiệt độ nóng chảy	160-170^{o}C
Độ dãn dài đứt gãy	15 – 20 %
Độ bền dẻo	>500 MPa
Mức độ chịu axit và kiềm	Mức cao
Tiêu chuẩn	EN 14889-2; ASTM C1116
Khối lượng riêng	0,91 (g/cm^3)

2.7. Thiết kế thành phần FPRC

FPRC có cấu tạo dựa trên bê tông hạt mịn với cốt liệu là cát, vữa xi măng và thêm thành phần cốt liệu là sợi polypropyelene.

Nguyên tắc thiết kế thành phần FPRC là sự kết hợp giữa lí thuyết với thực nghiệm và dựa trên cơ sở lí thuyết "thể tích tuyệt đối" (Phạm Duy Hữu và nnk, 2018).

Thành phần vật liệu cho 1m^3 hỗn hợp bê tông FPRC với các hàm lượng cốt sợi pp khác nhau được trình bày ở các bảng 2 dưới đây:

Bảng 2. Thành phần vật liệu cho 1m^3 hỗn hợp bê tông cốt sợi PP

Vật liệu	Bê tông đối chứng	FPRC1	FPRC2	FPRC3
Xi măng PC40 (kg)	529	528.06	526.73	524.09
Cát(kg)	1367	1363.58	1360.17	1353.33
Tro bay(kg)	170	169.58	169.15	168.30
Nước(kg)	238	237.50	236.90	235.71
Phụ gia Sikament NN (kg)	10	9.98	9.95	9.90
Sợi PP (kg)	0	2	3	4

3. Kế hoạch thực nghiệm chế tạo mẫu

3.1 Chuẩn bị vật liệu

Tất cả các vật liệu đều được bảo quản trong phòng thí nghiệm. Độ ẩm của cốt liệu được làm khi hoàn toàn trước khi nhào trộn . Lượng nước nhào trộn được điều chỉnh dựa trên độ ẩm cốt liệu ngay trước khi nhào trộn hỗn hợp bê tông.

3.2. Nhào trộn hỗn hợp bê tông

Các bước trộn hỗn hợp bê tông (sau khi đã cân đo , đong đếm các nguyên vật liệu) :
Bước 1 : Trộn hỗn hợp Xi măng + Tro bay + Cát : khoảng 1 phút với tốc độ chậm.
Bước 2: Cho ½ lượng nước và tiếp tục trộn : khoảng 1 phút với tốc độ chậm,
Bước 3: Cho ½ lượng nước + phụ gia giảm nước đã được hòa sẵn và tiếp tục trộn trong khoảng 1 phút.
Bước 4 : Cho hỗn hợp nghỉ khoảng 30 giây.
Bước 5 : Kiểm tra độ chảy lan bằng côn, nếu độ chảy lan > 230 mm thì cho cốt sợi vào và trộn nhanh khoảng 1 phút 30 giây.

3.3. Đúc và bảo dưỡng mẫu thí nghiệm

Các mẫu bê tông được đúcvà bảo dưỡng theo TCVN 3121-2003 (Bộ Khoa học và Công nghệ. TCVN 3121, 2003). Khuôn được dùng để đúc là hình lăng trụ có kích thước 4x4x16cm.



Hình 1. Đúc khuôn hỗn hợp bê tông

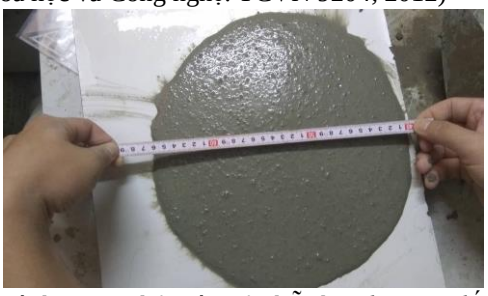


Hình 2. Bảo dưỡng mẫu trong nước

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Ảnh hưởng của hàm lượng PP đến độ chảy của hỗn hợp FPRC

Độ chảy của vữa được đánh giá bằng giá trị đường kính xòe của mẫu vữa qua nhớt kết Suttard (Bộ Khoa học và Công nghệ. TCVN 9204, 2012)

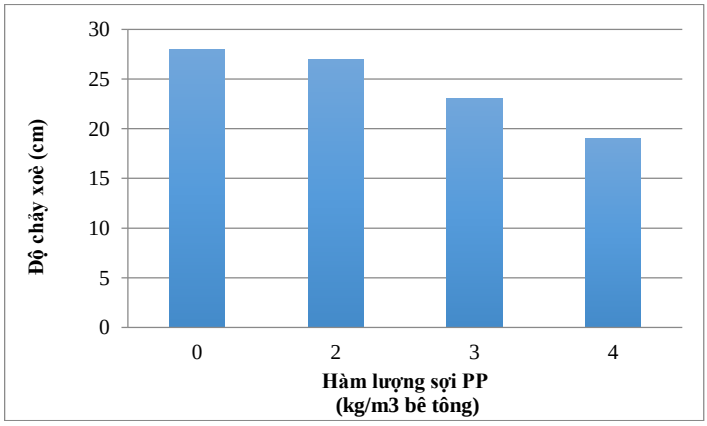


Hình 3. Độ chảy xòe của hỗn hợp bê tông đối chứng



Hình 4. Độ chảy xòe của hỗn hợp bê tông đối chứng

Các kết quả thí nghiệm về độ chảy xoè của bê tông cốt sợi polypropyelene với các hàm lượng cốt sợi polypropyelene khác nhau được trình bày ở hình 5

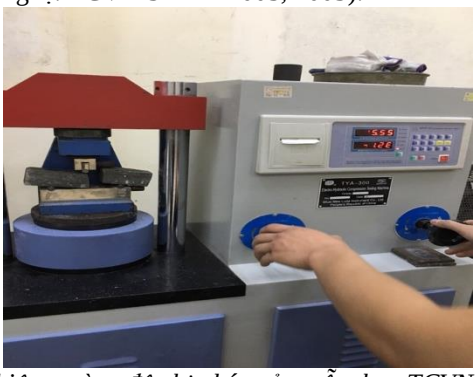


Hình 5. Độ chảy xoè của các hỗn hợp bê tông

Từ các kết quả thí nghiệm về độ chảy xoè của các hỗn hợp bê tông có thể thấy như sau: Hỗn hợp bê tông đối chứng (0% PP) có độ chảy xoè lớn nhất và đạt 28cm. Độ chảy xoè của các hỗn hợp bê tông giảm khi tăng hàm lượng sợi PP. Khi sử dụng hàm lượng sợi PP là 2kg/m^3 bê tông, độ chảy xoè của hhbt giảm so với BTĐC nhưng mức độ giảm là không đáng kể, độ chảy xoè của hhbt đạt 27cm. Như vậy sợi PP không làm ảnh hưởng nhiều đến tính công tác của hhbt khi sử dụng với hàm lượng sợi là 2kg/m^3. Khi tăng hàm lượng sợi PP lên 3kg/m^3, tính công tác của hhbt giảm rõ rệt so với BTĐC. Khi đó CP2 có độ chảy xoè là 23cm. Khi tiếp tục tăng hàm lượng sợi PP lên 4kg/m3 thì tính công tác của hhbt tiếp tục suy giảm. Khi đó CP3 có độ chảy xoè chỉ đạt 19cm. Như vậy, khi sử dụng sợi PP với hàm lượng 3-4kg/m^3 thì độ chảy xoè của hhbt đã giảm mạnh. Điều này có thể được giải thích như sau: Khi sợi được trộn vào hỗn hợp bê tông sẽ làm cản trở tính linh động của các hạt cốt liệu trong hỗn hợp. Khi hàm lượng sợi đạt đến một ngưỡng nhất định sẽ làm mất tính linh động của các hạt và dẫn đến làm suy giảm tính công tác của hỗn hợp bê tông. Do đó trong nghiên cứu về cường độ của FPRC nhóm tác giả sẽ không đúc mẫu FPRC3.

4.2. Cường độ chịu kéo của mẫu (R_{ku})

Cường độ chịu kéo khi uốn của các mẫu bê tông được xác định heo tiêu chuẩn Việt Nam 3121-11:2003 (Bộ Khoa học và Công nghệ. TCVN 3121 – 2003, 2003).



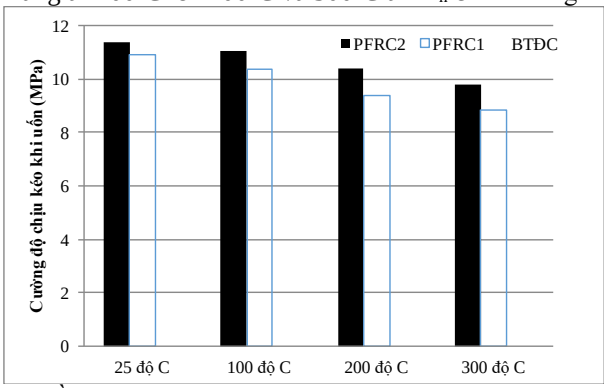
Hình 6. Thí nghiệm cường độ chịu kéo của mẫu theo TCVN 3121- 11:2003

Kết quả về cường độ chịu kéo khi uốn của 2 loại bê tông PFRC với hàm lượng sợi PP= 2kg và 4kg/m^3 bê tông (PFRC 1 và PFRC2) và bê tông đối chứng (BTĐC) trong điều kiện thường (25°C) và ở nền nhiệt độ cao (100°C và 300°C) được thể hiện ở các bảng dưới đây:

Bảng 3. Giá trị R_{ku} của các mẫu bê tông sau khi chịu nhiệt

	25^{o}C	100^{o}C	200^{o}C	300^{o}C
BTĐC	10,7	9,7	8,3	7,7
PFRC1	10,9	10,4	9,4	8,8
PFRC2	11,4	11,1	10,4	9,8

Các kết quả thí nghiệm cho thấy nhiệt độ nung ảnh hưởng rõ rệt đến R_{ku} của bê tông. Cả 3 cấp phối bê tông đều cho thấy cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sau khi nung đều giảm so với trước khi nung. Hơn nữa khi tăng nhiệt độ nung từ 100^{o}C lên 200^{o}C và 300^{o}C thì R_n của bê tông đều có xu hướng giảm.



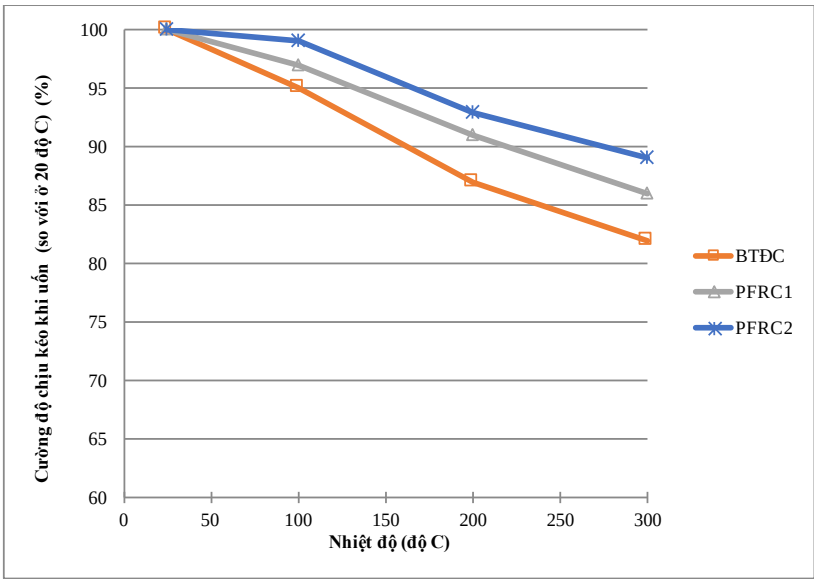
Hình 7. R_{ku} của bê tông ở điều kiện thường (25^{o}C) và sau khi nung (ở nhiệt độ 100^{o}C, 200^{o}C và 300^{o}C)

Ảnh hưởng của nhiệt độ đến cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông được thể hiện trên hình 8. Khi nung ở nhiệt độ 100^{oC} thì cường độ chịu kéo khi uốn của 3 loại bê tông chưa có thay đổi đáng kể so với ở 25^{o}C. Khi đó cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông bằng khoảng 91-97% so với ở trước khi nung (ở

25ºC). Khi tăng nhiệt độ nung lên 200ºC thì cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông giảm từ 9-22% so với trước khi nung. Cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông giảm rõ rệt khi sau khi nung ở 300ºC, khi đó cường độ chịu kéo khi uốn giảm từ 14-28% so với trước khi nung.

Các kết quả thí nghiệm cũng cho thấy 2 loại PFRC có mức độ suy giảm cường độ chịu kéo khi uốn thấp hơn so với BTĐC. Xu hướng này tương đối rõ rệt khi thí nghiệm nung ở nhiệt độ 200ºC và 300ºC. Sau khi nung ở 300ºC, cường độ chịu kéo khi uốn của BTĐC giảm 28%, trong khi đó cường độ chịu kéo khi uốn của PFRC1 và PFRC2 giảm lần lượt là 19% và 14%.

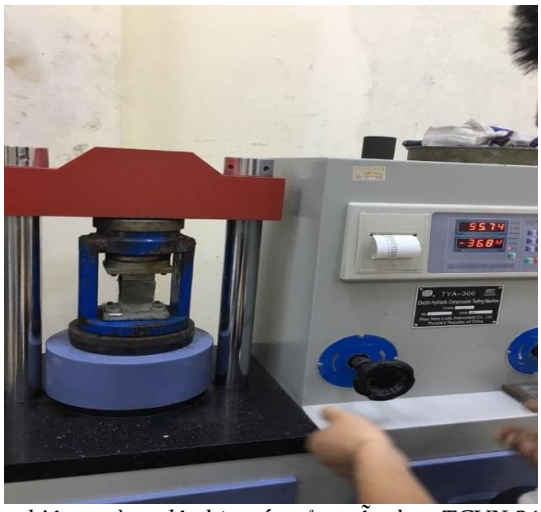
Mặc khác các kết quả thí nghiệm cho thấy PFRC2 có mức độ suy giảm cường độ chịu kéo khi uốn thấp hơn so với PFRC1, chênh khoảng 5% ở nền nhiệt độ 200ºC-300ºC. Như vậy việc tăng hàm lượng sợi PP từ 2kg lên 4kg/m^3 bê tông có ảnh hưởng nhất định đến cường độ chịu kéo khi uốn của PFRC dưới nền nhiệt từ 200ºC-300ºC.



Hình 8: Ảnh hưởng của nhiệt độ nung đến cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông Đối với BTĐC

4.3. Cường độ nén của mỗi mẫu thử (R_n)

Cường độ chịu nén của các mẫu bê tông được xác định theo TCVN 3121- 11:2003 (Bộ Khoa học và Công nghệ. TCVN 3121 – 2003, 2003).



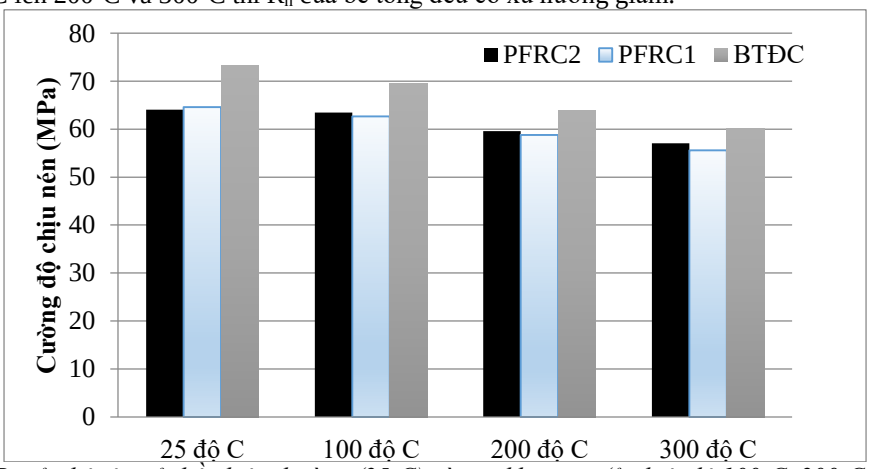
Hình 9. Thí nghiệm cường độ chịu nén của mẫu theo TCVN 3121- 11:2003

Kết quả về cường độ chịu nén của 2 loại bê tông PFRC với hàm lượng sợi PP= 2kg và 4kg/m^3 bê tông (PFRC1 và PFRC2) và bê tông đối chứng (BTĐC) trong điều kiện thường (25ºC) và ở nền nhiệt độ cao (100ºC và 300ºC) được thể hiện ở bảng 4.

Bảng 4. Giá trị R_n của các mẫu bê tông sau khi chịu nhiệt

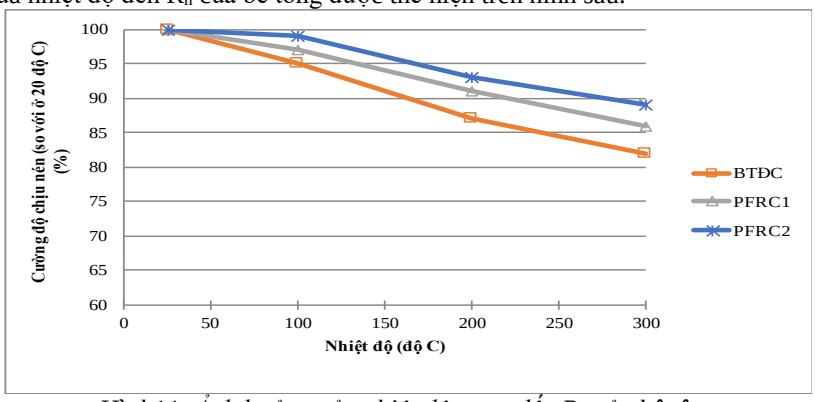
	25°C	100°C	200°C	300°C
BTĐC	73,3	69,6	63,8	60,1
PFRC1	64,6	62,7	58,8	55,6
PFRC2	64,1	63,5	59,6	57,0

Các kết quả thí nghiệm cho thấy nhiệt độ nung ảnh hưởng rõ rệt đến R_n của bê tông. Cả 3 cấp phối bê tông đều cho thấy R_n của bê tông sau khi nung đều giảm so với trước khi nung. Hơn nữa khi tăng nhiệt độ nung từ 100°C lên 200°C và 300°C thì R_n của bê tông đều có xu hướng giảm.



Hình 10. R_n của bê tông ở điều kiện thường (25°C) và sau khi nung (ở nhiệt độ 100°C, 200°C và 300°C)

Ảnh hưởng của nhiệt độ đến R_n của bê tông được thể hiện trên hình sau:



Hình11. Ảnh hưởng của nhiệt độ nung đến R_n của bê tông

Đối với BTĐC, Khi nung ở nhiệt độ 100°C thì R_n của 3 loại bê tông chưa có thay đổi đáng kể so với ở 25°C. Khi đó R_n của bê tông bằng khoảng 95-99% so với ở trước khi nung (ở 25°C). Khi tăng nhiệt độ nung lên 200°C thì R_n của bê tông giảm từ 7-13% so với trước khi nung. R_n của bê tông giảm rõ rệt khi sau khi nung ở 300°C, khi đó R_n giảm từ 11-19% so với trước khi nung.

Các kết quả thí nghiệm cũng cho thấy 2 loại PFRC có mức độ suy giảm R_n thấp hơn so với BTĐC. Xu hướng này tương đối rõ rệt khi thí nghiệm nung ở nhiệt độ 200°C và 300°C. Sau khi nung ở 300°C, R_n của BTĐC giảm 18%, trong khi đó Rn của PFRC1 và PFRC2 giảm lần lượt là 14% và 11%.

Mặc khác các kết quả thí nghiệm cho thấy 2 loại PFRC có mức độ suy giảm Rn gần tương đương nhau. Như vậy việc tăng hàm lượng sợi PP từ 2kg lên 4kg/m^3 bê tông không làm thay đổi Rn của PFRC dưới nền nhiệt từ 100°C -300°C.

5. Kết luận

- Như kết quả thí nghiệm ở trên cường độ chịu nén của bê tông và cường độ chịu kéo khi uốn ở trên đều cho thấy cường độ của bê tông sau khi nung đều giảm so với trước khi nung. Khi tăng nhiệt độ R_n và R_{ku} của bê tông giảm rất rõ rệt ở 200°C và ở 300°C.
- Mặt khác từ các kết quả thí nghiệm cũng cho thấy 2 loại PFRC có mức độ suy giảm cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo khi uốn thấp hơn so với BTĐC. Xu hướng này tương đối rõ rệt khi thí nghiệm

nung ở nhiệt độ 200^{oC} và 300$^{oC.}$

- Bê tông gia cường cốt sợi polypropyelen có khả năng chịu nhiệt độ cao hơn so với bê tông không gia cường cốt sợi.

- Để tiếp tục làm rõ hơn ảnh hưởng của cốt sợi tới khả năng chịu nhiệt của bê tông gia cường cốt sợi trong các nghiên cứu tiếp theo sẽ thực hiện

+ Thí nghiệm với các nền nhiệt độ cao hơn theo dõi diễn biến của bê tông và khả năng chịu nhiệt của bê tông gia cường cốt sợi polypropyelen và bê tông đối chứng.

+ Thử nghiệm theo phương pháp gia tải trước của bê tông trong điều kiện thường trước khi gia tăng nhiệt và tải được duy trì trong suốt thời gian tăng nhiệt sau khi mẫu thử đạt đến điều kiện nhiệt độ ổn định cho đến mẫu thử bị hỏng. Kết quả thử nghiệm của thử nghiệm này là phù hợp nhất theo điều kiện thực tế để thể hiện hiệu suất kháng cháy của bê tông.

+ Thực hiện thí nghiệm với mẫu có kích thước lớn hơn để đánh giá khả năng kháng bong tróc bề mặt dưới nền nhiệt độ cao của FPRC.

Tài liệu tham khảo

K. Willam, Y. Xi , K. Lee, B. Kim, 2009. *Thermal response of reinforced concrete structures in nuclear power plants.* Department of Civil, Environmental, and Architectural Engineering, University of Colorado at Boulder.

J. C. Mindeguia, *Contribution expérimentale à la compréhension des risque d'instabilité thermique des bétons*. PhD Thesis, L'Universites de Pau et des Pays de l'Adour, France, 2009.

W. MLin, T. D. Lin, L. J. Powers-Couche, 1996. Microstructures of Fire-Damaged Concrete. *ACI Materials Journal.*

B. Georgali, P.E. Tsakiridis, 2005. Microstructure of fire-damaged concrete, A case study. *Cement & Concrete Composites* 27, 255–259.

O. Arioz, 2007. Effects of elevated temperatures on properties of concrete. *Fire Safety Journal*, 42 516–522.

E. Rudnik, T. Drzymala, 2017. Thermal behavior of polypropylene fiber-reinforced concrete at elevated temperatures. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*.

F. A. Amacio, 2018. Behavior of concrete reinforced with polypropylene fiber exposed to high temperatures. *Procedia Structural Integrity.*

F. Aslani, B. Samali, 2014. High Strength Polypropylene Fibre Reinforcement Concrete at High Temperature. *Fire Technology*.

Bộ Khoa học và Công nghệ, 2009. *TCVN 2682 - Xi măng Poóc Lăng - Yêu cầu kỹ thuật.* Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam, NXB Xây dựng, Hà Nội.

Bộ Khoa học và Công nghệ, 2014. *TCVN 10302 - Phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông và vữa xây dựng.* Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam, NXB Xây dựng, Hà Nội.

ASTM C 33 - 03, 2003. *Standard Specification for Concrete Aggregates*, ASTM International.

Bộ Khoa học và Công nghệ, 2012. *TCVN 4506 - Nước trộn bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật*. Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam, NXB Xây dựng, Hà Nội.

Phạm Duy Hữu, Đào Văn Đông, Phạm Duy Anh, Nguyễn Tiến Dũng, Nguyễn Đình Hải, 2018. *Vật liệu mới trong xây dựng công trình giao thông*. Nhà xuất bản Giao thông vận tải.

Bộ Khoa học và Công nghệ, 2003. *TCVN 3121 - Vữa xây dựng - Phương pháp thử*. Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam, NXB Xây dựng, Hà Nội.

Bộ Khoa học và Công nghệ, 2012. *TCVN 9204 - Vữa xi măng khô trộn sẵn không co*. Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam, NXB Xây dựng, Hà Nội.

Bộ Khoa học và Công nghệ, 2003. *TCVN 3121 - 2003 - Xác định cường độ uốn và nén của vữa đã đóng rắn*. Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam, NXB Xây dựng, Hà Nội.

ABSTRACT

Research on the fabrication and determination of some mechanical properties of polypropylene fiber-reinforced concrete under the effect of temperature

Nguyen Dinh Hai[1], Le Thu Trang[1]
[1]*University of Transport and Communications*

This investiagting was conducted to determine the mechanical characteristics of fine concrete reinforced with PP fibers under the influence of various temperature conditions. In this study, the impact of substituting fine concrete with 0.2, 0.3, and 0.4% PP fibers by volume of concrete (2, 3 and 4 kg PP per m^3 of concrete misture) will be investigated. To assess this impact, prism specimens sized 4x4x16mm were cast to determine the compressive strength (R_n) and flexural strength (R_{ku}) of FPRC concrete. The research results indicate that as the percentage of PP increases, the workability of the mixture tends to decrease. When subjected to high temperatures ranging from 200^{oC} to 300 ^{oC}, both Rn and Rku of all specimens decrease compared to concrete under room temperature. However, as the percentage of PP substitution increases, the extent of decrease in Rn and Rku is lower compared to the control concrete when exposed to high temperatures. The results demonstrate that the presence of PP fiber improve the heat resistance of FPRC compared to the Fine Concrete without PP fibers.

Keywords: fine concrete; fiber polypropylene reinforced concrete; high temperature condition

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Phân vùng quy hoạch ngoại thành các thành phố lớn để quản lý phát triển đô thị theo hướng bền vững

Lê Thị Thanh Hằng[1,*]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Thế kỷ 21, thế giới và các đô thị, đặc biệt là ở châu Á và Việt Nam (VN) đối mặt nhiều thách thức về phát triển bền vững. Mô hình quản lý đô thị hiện tại của VN bị hạn chế trong kiểm soát môi trường và phát triển kinh tế. Nghiên cứu đề xuất phân chia khu vực ngoại thành thành các tiểu vùng QH, tạo một nền tảng cho việc quản lý và phát triển đô thị bền vững. Quá trình phân vùng bắt đầu bằng việc thu thập và phân tích một lượng lớn dữ liệu về địa hình, khí hậu, tài nguyên thiên nhiên, cơ sở hạ tầng, dân số, và các hoạt động kinh tế - xã hội. Dựa trên cơ sở dữ liệu này, tác giả sử dụng các công cụ phân tích thống kê và phần mềm chuyên dụng để xác định các tiêu chí phân vùng phù hợp nhất, như mật độ dân số, loại hình đất sử dụng, nguy cơ thiên tai, và khả năng tiếp cận các dịch vụ công. Kết quả của quá trình phân tích là một bản đồ phân vùng chi tiết, thể hiện rõ ràng các đặc điểm và tiềm năng phát triển của từng tiểu vùng. Việc phân vùng này không chỉ cung cấp một cơ sở khoa học cho lập kế hoạch sử dụng đất, đầu tư hạ tầng, bảo vệ môi trường mà còn giúp tối ưu hóa việc phân bổ các nguồn lực, đảm bảo sự phát triển cân bằng, bền vững giữa các khu vực. Việc phân vùng còn tạo điều kiện thuận lợi để cộng đồng tham gia của vào quá trình hoạch định và quyết định nhằm đảm bảo các giải pháp phát triển phù hợp với nhu cầu và nguyện vọng của người dân địa phương.

Từ khóa: quy hoạch xây dựng đô thị; phân vùng quy hoạch; quản lý phát triển đô thị; phát triển bền vững

1. Đặt vấn đề

Các quốc gia trên thế giới đang phải đối mặt với nhiều thách thức lớn như phát triển bền vững; toàn cầu hóa và biến đổi khí hậu. Đô thị phải phát triển kinh tế song song với bảo vệ môi trường. Đô thị hóa nhanh ở VN tạo áp lực lên hạ tầng; môi trường và xã hội; gây lo ngại về phát triển bền vững. Mặc dù định hướng phát triển theo chuỗi đô thị xanh; nghiên cứu cho thấy diện tích nông thôn ngoại thành không giảm mà đất nông nghiệp nội đô bị thu hẹp để xây dựng. Cần cân nhắc kỹ để đảm bảo đô thị phát triển hài hòa với ngoại thành; giữ được không gian xanh và bản sắc đô thị. Phát triển bền vững đô thị là vấn đề cấp thiết; cần kiểm soát kịp thời để cân bằng giữa các yếu tố tự nhiên; kinh tế - xã hội (KT-XH). Phát triển hài hòa nội ngoại thành là chìa khóa cho sự phát triển bền vững đô thị VN. Hiện nay; các vùng đô thị đang có chung chiến lược và mô hình phát triển; gây lãng phí và mâu thuẫn. Cần nghiên cứu phân vùng QH ngoại thành để quản lý phát triển đô thị hiệu quả hơn; chú trọng sự đa dạng của mỗi vùng đất và đưa ra giải pháp phù hợp cho từng phân vùng; hướng tới phát triển bền vững.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Các yếu tố cơ sở để phân vùng QH để quản lý phát triển đô thị

Định hướng phát triển đô thị VN

Định hướng tổng thể phát triển đô thị VN xác định: phát triển hợp lý các vùng đô thị hóa cơ bản giữa 6 vùng KT-XH quốc gia; giữa 3 miền; giữa phía Đông và Tây; gắn với phát triển các cực tăng trưởng chủ đạo và thứ cấp quốc gia; đồng thời phát triển theo mạng lưới; có liên kết tầng bậc theo cấp; loại đô thị. Các đô thị lớn phát triển theo mô hình chùm đô thị; đô thị đối trọng; đô thị vệ tinh có vành đai bảo vệ để hạn chế tập trung dân số; cơ sở kinh tế và phá vỡ cân bằng sinh thái. Giai đoạn 2016 - 2025 ưu tiên phát triển các vùng đô thị hóa cơ bản; giảm thiểu sự phát triển phân tán; cục bộ; đầu tư nâng cấp các đô thị có vai trò là trung tâm vùng; tiểu vùng. Giai đoạn 2026 - 2050 phát triển theo mạng lưới đô thị. QH chung đến năm 2030 của Hà Nội; TP.HCM; Hải Phòng đều xác định phát triển theo mô hình chùm đô thị gồm đô thị trọng tâm; đô thị vệ tinh; các thị trấn; phân cách bởi hành lang xanh; lõng xanh; nêm xanh. Các định hướng phát triển này có tác động nhiều tới ngoại thành các đô thị lớn (Định hướng quy hoạch tổng thể phát

* *Tác giả liên hệ*
Email: lethithanhhang@humg.edu.vn

triển hệ thống đô thị VN; QĐ 10/1998/QĐ-TTg ngày23/1/1998; Quyết định Điều chỉnh QĐ 445/1998/QĐ-TTg ngày 7/4/2009).

Hệ thống QH đô thị VN với công tác phân vùng QH ngoại thành để quản lý phát triển

QH KT-XH và các QH ngành: Về lý thuyết QH KT-XH là cơ sở để lập QH đô thị; do thiếu QH KT-XH nên QH đô thị thực hiện dự báo; xác định mục tiêu; định hướng phát triển để làm cơ sở cho định hướng không gian. Các nội dung QH KT-XH theo ranh giới hành chính nên việc quản lý phát triển KT-XH có lúc hình thức; thiếu khả thi. QH ngành không theo ranh giới hành chính và là định hướng chính sách; các chỉ tiêu phát triển theo ngành; lĩnh vực thể hiện trong QH KT-XH của đô thị và được thực hiện bằng QH đô thị (Luật Quy hoạch Đô thị; 2009). Phân vùng QH ngoại thành để quản lý phát triển sẽ hỗ trợ thực hiện QH KT-XH; QH ngành.

QH sử dụng đất theo Luật đất đai: Không phân biệt đất đô thị và đất ngoài đô thị. Phân vùng QH để quản lý phát triển có thể kết nối yêu cầu quản lý và sử dụng đất đai với quản lý QH XD (Luật Quy hoạch Đô thị; 2009).

QH XD đô thị: Theo Luật QH đô thị; "QH đô thị là tổ chức không gian; kiến trúc cảnh quan đô thị… tạo môi trường sống thích hợp cho người dân đô thị; thể hiện qua đồ án QH đô thị". QH đô thị gồm QH chung; QH phân khu; QH chi tiết; thiết kế đô thị. Luật QH quy định cụ thể nhiệm vụ nội dung từng loại QH (Luật Quy hoạch Đô thị; 2009).

QH chiến lược và CDS *(City Development Strategy):* Được Ngân hàng thế giới và Cao uỷ Liên hợp quốc đưa ra nhằm quản lý QH; phát triển đô thị trong tiến trình. Trên cơ sở phân vùng QH để quản lý phát triển; lập CDS cho vùng; đây là khả năng ứng dụng rất khả thi của QH phân vùng quản lý.

2.2. Quy hoạch phát triển đô thị bền vững

Các quan điểm phát triển bền vững các đô thị của Việt Nam

Các quốc gia tuỳ đặc điểm chính trị; văn hoá; KT-XH ở mỗi giai đoạn sẽ đưa ra định nghĩa; tiêu chí riêng. Phát triển bền vững đô thị phải tạo điều kiện phát triển kinh tế; sinh kế cho nhóm yếu thế; Đảm bảo đời sống vật chất tinh thần; bản sắc văn hoá; công bằng xã hội; Bảo vệ môi trường vật thể; phi vật thể. [3]

Các đô thị VN đưa ra mục tiêu XD thành phố "xanh; sạch; đẹp" dựa trên khái niệm thành phố sinh thái của Tổ chức Y tế Thế giới: (i) Quy mô phát triển dân số; phát triển KT-XH đô thị phù hợp chức năng; khả năng chịu tải của môi trường; tài nguyên thiên nhiên; (ii) Hoạt động của đô thị thải ra ít chất thải nhất và được xử lý đúng kĩ thuật; (iii) Bảo đảm đạt các tiêu chuẩn môi trường; sức khỏe cộng đồng; (iv) Kiến trúc công trình trong đô thị hài hòa với thiên nhiên; tiết kiệm nhiên liệu; năng lượng (Chiến lược phát triển bền vững VN giai đoạn 2011 – 2020 (Quyết định 432/QĐ-TTg ngày 4/6/2010).

Chương trình Thiên niên kỷ 21; đề xuất 10 nhóm tiêu chí bền vững trong quá trình đô thị hoá (Chiến lược phát triển bền vững VN giai đoạn 2011 – 2020 (Quyết định 432/QĐ-TTg ngày 4/6/2010): Phân bố; QH đô thị phù hợp với địa lý; sinh thái; bảo vệ môi trường; Nền kinh tế đô thị phát triển ổn định; bền vững; Trình độ dân trí đô thị và nguồn lực phát triển đủ mạnh; Trình độ quản lý phát triển đô thị đủ mạnh và bền vững; Dịch vụ đô thị đáp ứng yêu cầu cuộc sống đô thị ngày càng cao; Cơ sở hạ tầng xã hội đô thị đầy đủ; ổn định và phát triển bền vững; Cơ sở hạ tầng kỹ thuật đô thị đầy đủ; ổn định và phát triển bền vững; Lồng ghép QH môi trường trong QH đô thị; Có sự tham gia của cộng đồng trong QH; phát triển; quản lý đô thị; Hợp tác phối hợp điều hành hiệu quả; cùng có lợi; cùng phát triển.

Mối quan hệ tương hỗ giữa nội thành - ngoại thành

Mối quan hệ tương hỗ giữa nội - ngoại thành trong giải quyết vấn đề di cư: Đô thị VN có dân số và di cư nông thôn - đô thị chưa quá lớn; nhưng có nhiều vấn đề đe dọa sự phát triển bền vững. Mật độ dân số đô thị VN chênh lệch lớn giữa nội; ngoại thành. Do đó vấn đề là phân bổ dân cư. Thực tế phát triển các đô thị; di dân nông thôn - đô thị; mở rộng đô thị ra ngoại thành là yếu tố chính đẩy mạnh quá trình đô thị hóa.

Mối quan hệ tương hỗ giữa nội - ngoại thành trong các vấn đề về xã hội

Nội thành có cơ cấu cứng gây sức ép căng thẳng về tâm lý xã hội. Cái tĩnh của ngoại thành tạo cân bằng cho đời sống tinh thần. Ngoại thành mang tới lợi ích kinh tế; văn hóa và góp phần ổn định xã hội. Các làng nghề đầy bản sắc; khẳng định nét độc đáo góp phần làm đô thị VN khác các đô thị trên thế giới.

Mối quan hệ nội - ngoại thành đã gắn kết cư dân đô thị trong một cộng đồng xã hội hài hoà; làm dịu các mâu thuẫn nội bộ; làm chậm sự phân tầng xã hội; giảm sự đối lập giữa dân cư nội và ngoại thành.

Mối quan hệ về văn hoá; xã hội: Bao gồm các mối quan hệ về văn hoá truyền thống; nguồn lực lao động và tạo lập cảnh quan đô thị.

Mối quan hệ về kinh tế: Đảm bảo an ninh lương thực; thực phẩm; góp phần tăng trưởng kinh tế bền vững; đảm bảo cấu trúc kinh tế nông nghiệp đô thị.

Mối quan hệ về môi trường: Đảm bảo cân bằng sinh thái; đảm bảo bền vững tài nguyên cho đô thị; góp phần đảm bảo bền vững về môi trường và góp phần thích ứng với BĐKH

3. Kết quả: XD phương pháp luận phân vùng QH ngoại thành để quản lý phát triển đô thị

Phân vùng QH để quản lý phát triển khu vực ngoại thành TP là thực hiện phân chia lãnh thổ các huyện ngoại thành TP thành một số tiểu vùng tương đối đồng nhất theo các tiêu chí và mục tiêu nhất định nhằm mục đích nghiên cứu các giải pháp đối xử phù hợp và hỗ trợ công tác quản lý QH; thực hiện QH cho từng vùng theo cách có hiệu quả hơn theo đặc thù riêng của từng đơn vị trong vùng.

3.1. Các quan điểm trong phân vùng QH để quản lý phát triển

Việc phát triển đô thị cần (i) đảm bảo sự đồng bộ và liên kết giữa nội thành và ngoại thành; tạo nên một thể thống nhất và tránh sự manh mún; kém hài hòa. Điều này thúc đẩy sự phát triển cân bằng và tạo điều kiện thuận lợi cho việc chia sẻ hạ tầng và dịch vụ; tối ưu hóa nguồn lực chung; (ii) QH cần linh hoạt; khuyến khích sự sáng tạo và đổi mới; tạo điều kiện cho việc quản lý phát triển theo hướng dự án; thích ứng với những thay đổi liên tục của môi trường và nhu cầu xã hội; (iii) sự phát triển cũng cần hài hòa các lợi ích; đặc biệt quan tâm đến sinh kế của người dân; đảm bảo sự cân bằng giữa các yếu tố KT-XH và môi trường; hướng tới tương lai bền vững; (iv) Bảo tồn di sản và cộng đồng bản địa cũng là một yếu tố quan trọng; góp phần duy trì tính đa dạng và bản sắc của đô thị: (v) việc đơn giản hóa QH và quản lý QH sẽ nâng cao hiệu quả và tính khả thi; giảm thiểu chi phí và thời gian; đồng thời tạo điều kiện thuận lợi cho sự tham gia của cộng đồng vào quá trình phát triển đô thị.

Các quan điểm trên thể hiện cách tiếp cận khoa học và toàn diện đối với QH và quản lý phát triển đô thị. Chúng kết hợp các lý thuyết và nguyên tắc QH hiện đại với bối cảnh và nhu cầu phát triển cụ thể của đô thị; nhằm hướng tới mô hình phát triển đô thị bền vững; hài hòa và lấy con người làm trung tâm.

3.2. Mục tiêu của phân vùng QH ngoại thành để quản lý phát triển đô thị

Phân vùng QH ngoại thành không đơn thuần là phân chia không gian; mà là một quá trình khoa học phức tạp; đòi hỏi sự kết hợp chặt chẽ giữa các yếu tố tự nhiên; KT-XH và hoạt động nhân sinh. Mục tiêu của việc phân vùng: (i) Làm sáng tỏ đặc điểm tự nhiên; xác định tính quy luật trong phân hóa các yếu tố tự nhiên theo không gian lãnh thổ; dẫn đến hình thành các vùng có các chức năng mang tính tự nhiên; (ii) Phân chia lãnh thổ thành các vùng có điều kiện tự nhiên; KT-XH khác nhau phục vụ XD kế hoạch; QH phát triển KT-XH; QH bảo vệ môi trường nhằm bảo tồn; khai thác sử dụng hiệu quả tài nguyên; đảm bảo phát triển bền vững; (iii) Phân tích; đánh giá các hoạt động nhân sinh trong hoạt động sống và phát triển KT-XH; biến đổi những vùng có chức năng mag tính tự nhiên thành các vùng có chức năng mang tính nhân sinh; (iv)Lập bản đồ phân vùng QH; quản lý phát triển thể hiện kết quả phân vùng theo không gian lãnh thổ; làm tư liệu tổng hợp phục vụ QHXD; quản lý theo định hướng chung và phát triển bền vững.

Phân vùng QH ngoại thành không chỉ là một công cụ kỹ thuật mà còn là một chiến lược quan trọng để quản lý và định hướng phát triển đô thị một cách bền vững; hài hòa giữa phát triển KT-XH và bảo vệ môi trường;nhằm mang lại lợi ích tối đa cho cộng đồng và các thế hệ tương lai. Thông qua việc phân vùng; các nhà hoạch định có thể xác định các khu vực có tiềm năng và hạn chế khác nhau; từ đó đưa ra các quyết định phù hợp về sử dụng đất; đầu tư hạ tầng và bảo vệ môi trường

3.3. Các nguyên tắc phân vùng QH; quản lý phát triển

Các nguyên tắc phân vùng QH và quản lý phát triển xuất phát từ sự đa dạng của không gian; mục tiêu phát triển bền vững; tính tương tác giữa các vùng; yêu cầu quản lý hiệu quả và công bằng xã hội. Phân vùng QH để quản lý phát triển dựa trên 8 nguyên tắc cơ bản: (i) Đồng nhất tương đối; (ii) Coi trọng trạng thái cân bằng nội tại; (iii) Tạo kết nối giữa các phân vùng để cùng phát triển; (iv) Dựa trên lợi thế so sánh của các phân vùng; (v) Phù hợp chức năng môi trường; hệ sinh thái tự nhiên; triệt để khai thác điều kiện tự nhiên; (vi) Phù hợp với yêu cầu của công tác quản lý; (vii) Hướng tới sự hài hoà và công bằng; (viii) Đảm bảo tính khoa học trong phân vùng.

Các nguyên tắc phân vùng QH và quản lý phát triển hướng tới sự cân bằng giữa phát triển KT-XH và môi trường; đảm bảo sự công bằng và hài hòa giữa các vùng. Chúng không chỉ đơn thuần là các quy định kỹ thuật mà còn là kim chỉ nam cho sự phát triển bền vững; đặt con người và môi trường làm trung tâm. Sự cân bằng này đòi hỏi phải vượt qua tư duy phát triển kinh tế đơn chiều; hướng tới mô hình phát triển toàn diện; nơi mà tăng trưởng kinh tế đi đôi với tiến bộ xã hội và bảo vệ môi trường. Các nguyên tắc này khuyến khích việc sử dụng hiệu quả tiềm năng từng vùng; tôn trọng và phát huy lợi thế so sánh; đồng thời đảm bảo rằng sự phát triển của một vùng không gây ảnh hưởng tiêu cực đến các vùng khác.

Việc áp dụng linh hoạt và khoa học các nguyên tắc này; dựa trên nghiên cứu sâu về điều kiện tự nhiên; KT-XH; môi trường từng vùng; là chìa khóa để đạt mục tiêu phát triển bền vững; hài hòa và công bằng. Điều đó đòi hỏi sự hợp tác giữa chính quyền và người dân; nhằm tạo ra môi trường phát triển thuận lợi; nơi mọi người đều có cơ hội tiếp cận các nguồn lực và hưởng lợi từ sự phát triển

3.4. Xác định các tiêu chí phân vùng QH để quản lý phát triển

Phân vùng QH dựa trên một hệ thống tiêu chí; thông số làm căn cứ xác định sự tương đồng hay khác biệt theo QH giữa các khu vực; không gian lãnh thổ. Từ đó phân định; chia tách lãnh thổ ra các phân vùng nhằm định hướng chiến lược phát triển và đề xuất giải pháp QH cho mỗi phân vùng phù hợp với tiềm năng; lợi thế của chúng; hướng tới sự phát triển bền vững khu vực. Ba nhóm tiêu chí quan trọng hình thành các vùng chức năng: (i) Nhóm yếu tố tự nhiên: Địa hình; địa chất địa mạo; khí hậu; đất đai; thủy văn...; (ii) Nhóm nhân tố về tai biến môi trường: Nguy cơ trượt lở; ngập lụt; lũ; BĐKH...; (iii) Nhóm yếu tố nhân sinh: Định hướng phát triển không gian; QH ngành; hoạt động sản xuất; phát triển đô thị….

Các tiêu chí đánh giá môi trường tự nhiên và nhân sinh đóng vai trò quan trọng trong việc QH và phát triển không gian một cách bền vững. Việc xem xét toàn diện các yếu tố tự nhiên; tai biến môi trường và hoạt động nhân sinh giúp chúng ta hiểu rõ hơn về tiềm năng; hạn chế và thách thức của một khu vực; từ đó đưa ra định hướng phát triển phù hợp; đảm bảo sự hài hòa giữa con người và thiên nhiên.

Các yêu cầu cơ bản của các tiêu chí

Trong khoa học; việc thiết lập các tiêu chí đánh giá rõ ràng; khách quan là điều cốt yếu đảm bảo tính chính xác và tin cậy của nghiên cứu. Các tiêu chí cần đáp ứng các yêu cầu là có thể định lượng được; có độ ổn định; có thể so sánh được và dễ sử dụng. Tính định lượng của các tiêu chí để tránh việc phân vùng QH theo cảm tính và tạo điều kiện sử dụng các phân tích thống kê. Tính ổn định để kết quả nghiên cứu không bị ảnh hưởng bởi các yếu tố chủ quan; ngẫu nhiên. Khả năng so sánh của các tiêu chí cho phép đánh giá khách quan hiệu quả của phương pháp; từ đó lựa chọn giải pháp tối ưu. Tính dễ sử dụng của các tiêu chí giúp đơn giản hóa; tăng tính khách quan; khoa học; minh bạch của quá trình phân vùng QH. Việc thiết lập các tiêu chí khoa học là bước quan trọng để đảm bảo chất lượng của phương pháp phân vùng.

Phương pháp định ranh các phân vùng

Để xác định ranh giới các phân vùng; cần xác định đặc điểm mỗi vùng. Ranh giới không nhất thiết là ranh giới hành chính. Căn cứ xác định đặc điểm của mỗi phân vùng là các yếu tố kỹ thuật: (i) Điều kiện tự nhiên: địa hình; thuỷ văn; khí hậu; tai biến tự nhiên…; (ii) Hiện trạng kiến trúc; cảnh quan…; (iii) Các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật.

Ngoài ra; phân vùng còn căn cứ vào một số yếu tố phi kỹ thuật có tính định tính; khó chuẩn hoá. Tuy nhiên nếu các chỉ tiêu kinh tế; kỹ thuật rõ ràng; sẽ tạo điều kiện ra quyết định cho các yếu tố khác. Đó là: (iv) Các yếu tố chính trị xã hội như phong tục tập quán sinh hoạt…; (v) Kiến thức; kinh nghiệm của con người; (vi) Ý nguyện của người dân.

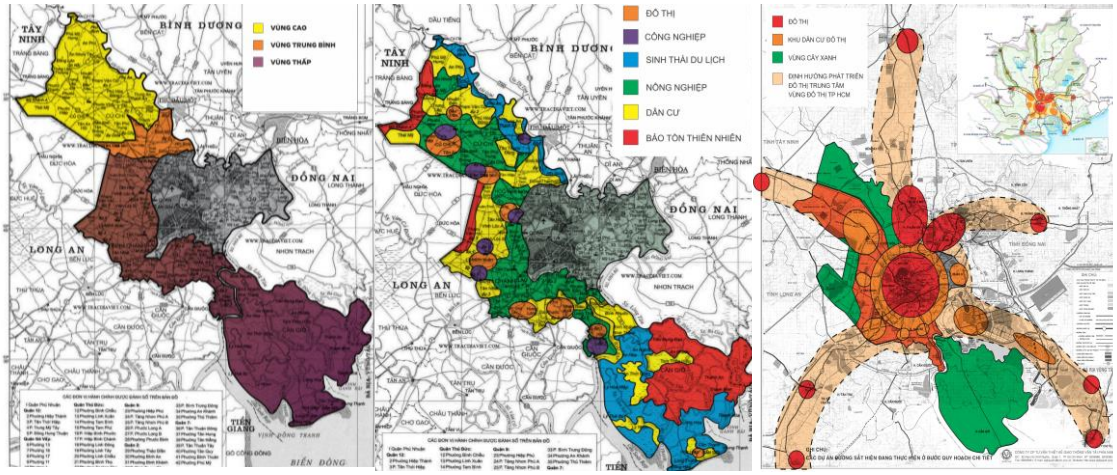
Việc xác định ranh giới phân vùng là một quá trình phức tạp; đòi hỏi sự kết hợp giữa các yếu tố kỹ thuật và phi kỹ thuật; giữa khoa học và thực tiễn; giữa chuyên gia và cộng đồng. Việc áp dụng các luận điểm khoa học và công nghệ hiện đại vào quá trình phân vùng sẽ giúp nâng cao tính chính xác; hiệu quả và bền vững của phân vùng; góp phần vào sự phát triển hài hòa và bền vững của các khu vực.

4. Kết luận

Xây dựng phát triển ra ngoại thành là xu hướng chung của đô thị VN trong quá trình đô thị hóa nhưng phải trên cơ sở tôn trọng quá khứ; dung hòa với hiện tại và bền vững cho tương lai; lấy hạnh phúc người dân; thiên nhiên làm nền tảng. Do vậy; nhất thiết phải có các giải pháp QH; cách tiếp cận mới; hình thành mối liên kết trong cấu trúc khu vực; đô thị và vùng đô thị để có thể kiểm soát tình trạng phát triển tự phát ra ngoại thành; giảm chênh lệch nội - ngoại thành; đảm bảo tính cạnh tranh; giữ bản sắc đô thị.

Nghiên cứu đề xuất phân vùng QH ngoại thành để quản lý phát triển đô thị nhằm đưa ra một hệ thống các đơn vị cấp nhỏ hơn của lãnh thổ với đặc trưng riêng phản ánh thực tế khách quan về vị trí; vai trò; mối quan hệ tương hỗ với tiểu vùng khác; về định hướng các chức năng; môi trường; sinh thái; cảnh quan; hiện trạng; tiềm năng sử dụng của vùng; từ đó đưa ra định hướng QH sử dụng; hỗ trợ công tác quản lý phát triển trong bảo vệ tài nguyên; môi trường phù hợp từng vùng… nhằm phát triển bền vững cả đô thị.

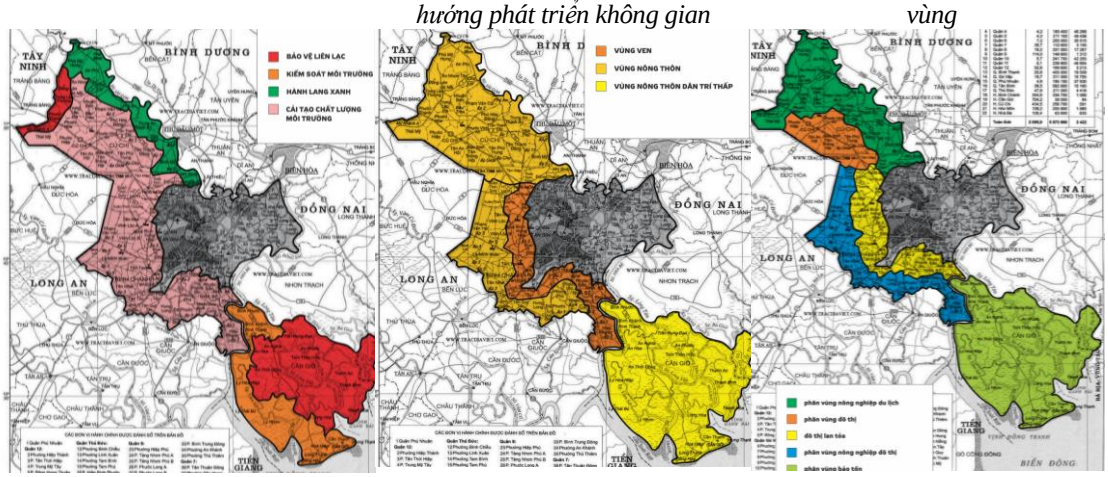
Phân vùng QH để quản lý phát triển đô thị cần thực hiện cùng với XD kế hoạch phát triển từng khu vực đô thị. Các phân vùng không nhất thiết theo ranh giới hành chính quận huyện mà dựa trên hiện trạng đất đai; địa hình; địa chất - thủy văn; dân số; các công trình kiến trúc và mạng lưới giao thông cũng như khả năng phát triển KT-XH của từng vùng cụ thể sẽ tạo nền tảng vững chắc cho phát triển bền vững đô thị.



Phân vùng QH trong quản lý phát triển theo tiêu chí Địa hình

Phân vùng QH trong quản lý phát triển theo tiêu chí Định hướng phát triển không gian

Phân vùng QH trong quản lý phát triển theo tiêu chí Liên kết vùng



Phân vùng QH trong quản lý phát triển theo tiêu chí Kiểm soát chức năng môi trường

Phân vùng QH trong quản lý phát triển theo tiêu chí Vị trí; trình độ phát triển văn hoá KT-XH.

Phân vùng QH trong quản lý phát triển theo các tiêu chí chính

Hình 1. Phân vùng QH trong quản lý phát triển khu vực ngoại thành TP.HCM theo các tiêu chí chính (nguồn: Tác giả thực hiện trên nền Bản đồ hành chính TP.HCM)

Tài liệu tham khảo

Bộ Xây dựng; Cục phát triển đô thị; 2010. *Đánh giá thực trạng và đề xuất một số giải pháp trong phát triển đô thị ở nước ta.*

Các phê duyệt Quy hoạch chung của Thành phố Hà Nội (QĐ 1259/QĐ-TTg ngày 26/7/2011); TP.HCM (24/QĐ-TTg ngày 6/1/2010).

Chiến lược phát triển bền vững VN giai đoạn 2011 - 2020 (Quyết định 432/QĐ-TTg ngày 4/6/2010).

Định hướng quy hoạch tổng thể phát triển hệ thống đô thị Việt Nam; QĐ 10/1998/QĐ-TTg ngày23/1/1998; Quyết định Điều chỉnh QĐ 445/1998/QĐ-TTg ngày 7/4/2009.

Luật Đất đai; 2003.

Luật Xây dựng; 2003.

Luật Quy hoạch Đô thị; 2009. Các nghị định phân loại đô thị (132; 72; 42/QĐ-TTg 7/3/2009)

ABSTRACT

Zoning regulations except for large components to sustainable urban development management

Le Thi Thanh Hang[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

In the 21st century; the world's cities; particularly in Asia and Vietnam; are facing numerous challenges in sustainable development. Vietnam's current urban management model has limitations in controlling the environment and promoting economic growth. This research proposes dividing the suburban area into smaller planning sub-regions; laying a foundation for sustainable urban management and development.

The zoning process begins with collecting and analyzing a large amount of data on topography; climate; natural resources;infrastructure; population; and socio-economic activities. Based on this dataset; the authors employ statistical analysis tools and specialized software to identify the most suitable zoning criteria; such as population density; land use type; natural disaster risk; and accessibility to public services.

The result of the analysis is a detailed zoning map that clearly illustrates the characteristics and development potential of each sub-region. This zoning not only provides a scientific basis for land use planning; infrastructure investment; and environmental protection but also helps optimize the allocation of resources; ensuring balanced and sustainable development among regions.

Moreover; zoning facilitates community participation in the planning and decision-making process; ensuring that development solutions align with the needs and aspirations of local people.

Keywords: urban management; urban management and development**;** sustainable development

Thí nghiệm từ biến dầm đá cho mô hình đàn nhớt tuyến tính phân tích biến dạng xung quanh hầm tiết diện tròn theo thời gian

Nguyễn Huy Hiệp[1,*], Đinh Quang Trung[1]
[1]*Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn*

TÓM TẮT

Phương pháp thí nghiệm xác định cho mô hình từ biến của đá tại Việt Nam gặp nhiều khó khăn do điều kiện kỹ thuật và chi phí đắt đỏ. Trong nhiều năm, tác giả đã nghiên cứu sâu về thí nghiệm tĩnh- động cho mô hình dầm đá nhằm đưa ra phương pháp xác định tính chất tĩnh và động của đá. Trong nội dung bài báo, trình bày phương pháp thí nghiệm áp dụng cho mô hình từ biến đàn nhớt tuyến tính : lò so nối tiếp hệ lò so song song với pit tông. Đồng thời ứng dụng phương pháp giải tích và phương pháp số tính toán biến dạng hầm tiết diện tròn không chống. Đây là cơ sở để phát triển, ứng dụng kỹ thuật từ biến- lưu biến của đất đá vào công trình ngầm.

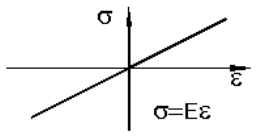
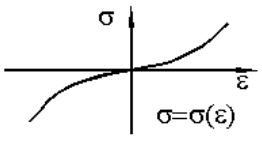
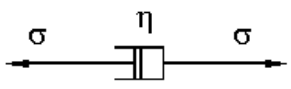
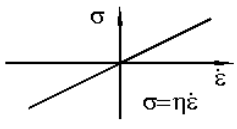
Từ khóa: lò xo; pittong; từ biến; dầm đá; Zenner

1. Đặt vấn đề

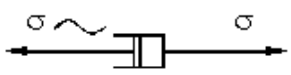
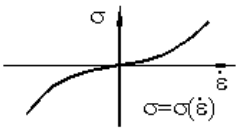
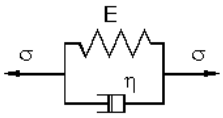
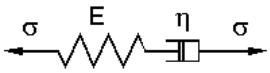
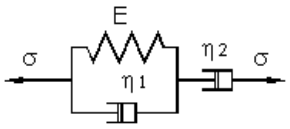
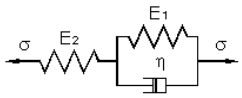
Trong ngành thủy lợi, thủy điện, công trình ngầm được sử dụng để làm các đường hầm dẫn nước và xả nước, giếng điều áp trong các nhà máy thủy điện. Trong thành phố hay các khu đô thị, có thể gặp công trình ngầm dưới dạng tầng hầm của nhà cao tầng, các hệ thông cống ngầm chứa các đường ống kỹ thuật, cấp thoát nước. dẫn khí, bể chứa ngầm,… Trong lĩnh vực quốc phòng, để phòng chống chiến tranh công nghệ cao, đối với các loại vũ khí tối tân, hiện đại, công trình ngầm với các chức năng đặc biệt, chúng được xây dựng làm sở chỉ huy, trung tâm thông tin, các công trình ẩn nấp – chiến đấu, hầm cất giấu các loại vũ khí, trang bị kỹ thuật chiến dấu (máy bay, xe tăng, pháo, tên lửa, thuốc nổ, đạn dược,…), các kho hậu cần, quân y viện…, thậm chí là cả những nhà máy quốc phòng ngầm trong lòng đất. Do đó việc nghiên cứu, hoàn thiện các phương pháp tính toán và thiết kế công trình ngầm là vấn đề có ý nghĩa thực tế rất quan trọng.

Trong bảng 1 trình bày một số mô hình cơ học của vật liệu đá thường sử dụng khi tính kết cấu tương tác với nền đàn hồi. Các mô hình này được trình bày thông qua các quan hệ ứng suất-biến dạng của vật liệu nền. Dưới đây chỉ trình bày các quan hệ này cho bài toán phẳng (hai chiều), đối với trường hợp tổng quát có thể tham khảo trong các tài liệu chuyên sâu khác.

Bảng 1. Một số mô hình cơ học của đá

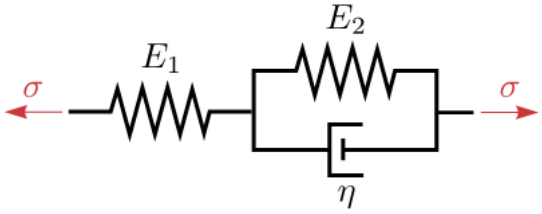
TT	Tên mô hình	Sơ đồ mô hình	Đặc trưng của mô hình
1	Đàn hồi tuyến tính		
2	Đàn hồi phi tuyến		
3	Nhớt tuyến tính (Newton)		

* *Tác giả liên hệ*
Email: huyhiepnguyen@lqdtu.edu.vn

TT	Tên mô hình	Sơ đồ mô hình	Đặc trưng của mô hình
4	Nhớt phi tuyến		
5	Đàn nhớt (mô hình Kelvin)		$\sigma = E\varepsilon + \eta\dot{\varepsilon}$
6	Đàn nhớt (mô hình MaxWell)		$\frac{\eta}{E}\dot{\sigma} + \sigma = \eta\dot{\varepsilon}$
7	Lethersich (giáo sư Đặng Hữu đề nghị áp dụng).		$\eta_2 = \eta_0(1+\alpha t)$, $\frac{\eta_1\eta_2}{E}\ddot{\varepsilon} + \eta_2\dot{\varepsilon} = \frac{\eta_1+\eta_2}{E}\dot{\sigma} + \sigma$
8	Đàn nhớt tuyến tính Zener		$\frac{\eta}{E_1+E_2}\dot{\sigma} + \sigma = \frac{\eta E_2}{E_1+E_2}\dot{\varepsilon} + \frac{E_1E_2}{E_1+E_2}\varepsilon$

2. Mô hình đàn nhớt tuyến tính xác định tham số từ biến của mẫu đá

Môi trường đất đá làm việc trong giai đoạn đàn đàn nhớt tuyến tính được mô tả bởi mô bình Zener (hình 1) gồm mô hình đàn hồi Hooke(H) nối tiếp với mô hình Kelvin(K) (Võ Trọng Hùng, Phùng Mạnh Đắc, 2005; Trần Tuấn Minh, 2016; Nghiêm Hữu Hạnh, 2004; Nguyễn Quang Phích, 2007; Nguyễn Huy Hiệp, 2021; Н.С.Булычев, 1989):



Hình 1. Mô hình đàn nhớt tuyến tính Zener

Trong trường hợp tổng quát, quan hệ ứng suất- biến dạng biểu diễn bằng phương trình:

$$\sigma_{ij} + \tau\sigma'_{ij} = \frac{2G}{1-2\mu}\left[(1-2\mu)\varepsilon_{ij} + \mu\varepsilon_{kk}\delta_{ij}\right] + \frac{2\eta}{1-2\mu}\left[(1-2\mu)\varepsilon'_{ij} + \mu\varepsilon'_{kk}\delta_{ij}\right] \quad (1)$$

trong đó: $\tau = \frac{\eta_k}{G_K + G_H}$; $G = \frac{G_K G_H}{G_K + G_H}$; $\eta = \eta_K$

μ- hệ số poisson của phần tử đàn hồi G

δ_{ij} - kí hiệu Kroneker: δ_{ij}=1 khi i=j; δ_{ij}=0 khi i≠ j;

Với các giả thiết và các cân bằng tĩnh học, ta được phương trình [2, 3, 4]:

$$\frac{d}{dr}\left[\sigma_r + \tau\frac{d\sigma_r}{dt}\right] = 4G\frac{A(t)}{r^3} + 4\eta.\frac{dA(t)}{r^3.dt} \quad (2)$$

Xét điều kiện biên trong hai trường hợp công trình ngầm không có kết cấu vỏ.

Điều kiện biên:

$$r=R \rightarrow \sigma_r=0\ ;\ r=\infty \rightarrow \sigma_r=P \quad (3)$$

Giải phương trình (2) với điều kiện (3) ta được:

$$u(r,t) = \frac{A(t)}{r} = \frac{PR^2}{2Gr} - \frac{C}{r}\exp(-\frac{G}{\eta}t) \quad (4)$$

Điều kiện đầu khi $t = 0 \to u = 0 \to C = pR^2/2G$, do đó:

$$A(t) = \frac{PR^2}{2G}\left[1 - \exp(-\frac{G}{\eta}t)\right] \quad (5)$$

$$u(r,t) = \frac{A(t)}{r} = \frac{PR^2}{2Gr}\left[1 - \exp(-\frac{G}{\eta}t)\right] \quad (6)$$

Từ (2) và (3), suy ra:

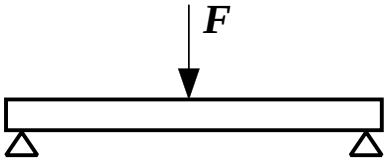
$$\sigma_r = \frac{PR^2}{2G}\exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + P(1 - \frac{R^2}{r^2}); \quad \sigma_\varphi = \frac{PR^2}{2G}\exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + P(1 + \frac{R^2}{r^2}) \quad (7)$$

3. Trình tự tính toán biến dạng công trình ngầm có xét đến từ biến

Trong phần nghiên cứu này nhóm tác giả đưa ra trình tự tính toán biến dạng xung quanh công trình ngầm có xét đến từ biến cho hầm tròn không chống:

- Bước 1: làm thí nghiệm nén từ biến mẫu đá dạng nén đơn trục hoặc dạng dầm.

Để xác định các tham số từ biến của mẫu đá có nhiều phương pháp khác nhau. Một trong những phương pháp xác định tính chất từ biến của mẫu đá là dùng thí nghiệm nén uốn. Mẫu đá được gia công dưới dạng dầm với kích thước khác nhau (Н.С.Булычев, 1989; Phong Duyen Nguyen và nnk, 2024; Nguyen Huy Hiep và nnk, 2022):



Hình 2. Sơ đồ nén uốn mẫu đá dạng dầm

Chuyển vị tại điểm nằm giữa dầm trên Hình 2 có dạng:

$$y = \frac{Fl^3}{48EJ} \quad (8)$$

trong đó:

J- mô men quán tính mặt cắt ngang tiết diện dầm

Ứng suất trên mặt cắt ngang dầm (Hình 1) được xác định theo công thức:

$$\sigma = \frac{Mh}{2J} \quad (9)$$

trong đó:

M- mô men tại điểm nằm giữa dầm;

h- chiều cao của dầm.

$$M = \frac{Fl}{4} \quad (10)$$

Thay (10), (9) vào (8), có:

$$y = \sigma\frac{l^2}{6Eh} \quad (11)$$

- Bước 2: xử lý số liệu lấy tham số theo mô hình Zenner dựa vào kết quả đo chuyển vị tại điểm giữa dầm bằng phương pháp bình phương cục tiểu hoặc hồi quy theo phương trình:

$$y(t) = \frac{\sigma}{E_\infty} \times \left[1 - \left(1 - \frac{E_\infty}{E_0}\right)\right] e^{\left(-\frac{E_\infty}{E_0 n}t\right)} \quad (12)$$

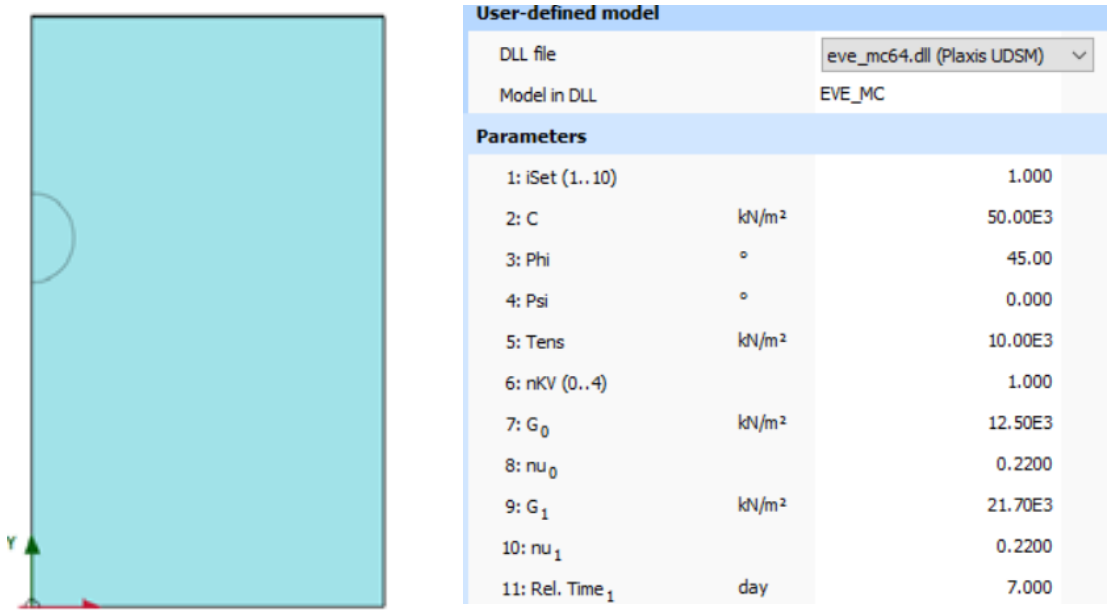
$$E_0 = E_1 \quad (13)$$

$$E_{\infty} = \frac{E_1 E_2}{E_1 + E_2} \quad (14)$$

$$n = \frac{\eta}{E_1 + E_2} \quad (15)$$

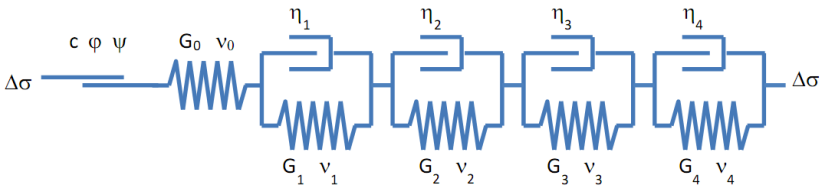
- Bước 3: sử dụng phương pháp giải tích công thức (6) tính toán: với các tham số chuyển đổi từ n thành τ; E_∞ thành G; E_0 và E_∞ thu được từ tham số biến dạng ban đầu và cuối cùng của mẫu dầm đá từ đó xác định được các tham số E_1 và E_2; ngoài ra cần kết hợp các tham số hệ số Poisson ν và các tham số khác từ thí nghiệm nén một trục không nở hông.
- Bước 4: sử dụng phương pháp số, phần mềm Plaxis tính toán.
- Bước 5: đối chiếu kết quả phương pháp giải tích và phương pháp số.

Quá trình thí nghiệm từ biến mẫu đá phức tạp, đòi hỏi nhiều công sức và thời gian, nhóm tác giả cũng đã bước đầu làm chủ công nghệ thí nghiệm và xử lý kết quả. Trong nội dung bài nghiên cứu này không trình bày sâu về công nghệ thí nghiệm, chủ yếu lấy các kết quả giả định nhằm xây dựng và kiểm soát mô hình tính toán bằng phương pháp số, phần mềm Plaxis 2D (Manuals Plaxis 2D V2021).



a) *b)*

Hình 3. Tham số đầu vào mô hình nhập vào phần mềm Plaxis 2D
a) Sơ đồ tính; b) tham số mô hình từ biến

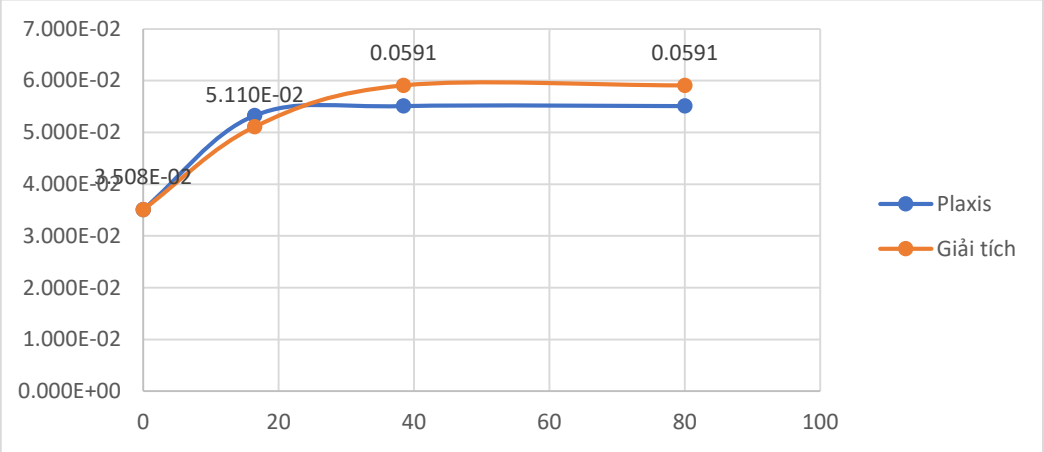


Hình 4. Mô hình từ biến trong Plaxis

Trong hình 3 (Manuals Plaxis 2D V2021): 1. Chọn iSet là 1; 2. Góc ma sát trong của đá, chọn giá trị lớn để loại biến dạng phi tuyến; 3. Góc ma sát trong củ đá; 4. Góc trương nở; 5. Độ bền kéo (làm việc trong trạng thái đàn hồi); 6. Số phần tử Kevil; 7. Giá trị G_0 của phần tử lò so biến dạng tức thời; 8. Hệ số Poison của phần tử biến dạng tức thời; 9. Giá trị mô đun cắt của phần tử Kevil đầu tiên G_1; 10. Tham số poisson của phần tử Kevil đầu tiên; 11. Tham số thời gian Rel. $Time_1$ tính η= Rel. $Time_1 \times E_1$, $E_1=2G_1/(1+\nu_1)$.

Số liệu đầu vào trong mô hình Plaxis và phương pháp giải tích ở phương trình (6) là như nhau. Các số liệu đầu vào đảm bảo khối đá là việc trong trạng thái đàn nhớt, bỏ qua ảnh hưởng của các tham số c, φ, ψ trong hình 4. Thử nghiệm số trong trường hợp ứng suất nguyên sinh thẳng đứng: p=1500 kN/m^2; $E_1=15{,}25\times10^3$ kN/m^2; $G_2=21{,}7\times10^3$ kN/m^2; λ=1,88. Tham số từ biến $\eta=151{,}9\times10^3$ kPa/s, r=12m (phạm vi ảnh hưởng của công trình ngầm, bán kính công trình ngầm R=3m.

Để đảm bảo mô hình làm việc trong trạng thái đàn hồi lấy giá trị góc ma sát trong của đá c lớn, không ảnh hưởng đến kết quả tính toán. Khảo sát trạng thái ứng suất-biến dạng của môi trường đá từ biến xung quanh khoang hầm trong các trường hợp không có vỏ hầm tính toán theo phương pháp giải tích và phương pháp số cho thấy kết quả phù hợp giữa hai phương pháp tính.



Hình 5. Kết quả tính toán chuyển vị trên đỉnh hầm theo phương pháp giải tích công thức (6) và phương pháp số

4. Kết luận và kiến nghị

Đã xây dựng các bước tính toán bằng phương pháp số trên phần mềm Plaxis 2D và phương pháp giải tích. Kết quả tính toán bằng phương pháp số và phương pháp giải tích cho thấy độ tin cậy của các bước tính toán, xử lý trên máy tính. Cần nghiên cứu mở rộng cho các trường hợp có kết cấu chống và mô hình 3D.

Với khối đá đồng nhất, không có nứt nẻ có thể lấy tham số từ biến của mẫu đá dùng cho khối đá. Trong trường hợp khối đá không đồng nhất có nhiều đứt gãy, nứt nẻ, cần tiến hành nghiên cứu thêm để quy đổi tham số từ biến của mẫu đá sang tham số dùng cho khối đá. Cần tiến hành phân tích thêm các số liệu thí nghiệm để đánh giá "độ bền lâu dài" (giới hạn bền dài lâu) của mẫu đá. Mặt khác, các công trình ngầm với nhiều mục đích khác nhau: cần có những ứng dụng công nghệ từ biến và lưu biến trong đánh giá ổn định công trình trong lúc thi công, vận hành và bảo trì công trình.

Trong nội dung đã trình bày ở trên, đã trình bày phương pháp thí nghiệm dầm đá và các phương trình cơ bản để lấy số liệu cho mô hình từ biến: lò so nối tiếp hệ lò so song song với pít tông. Để lấy được số liệu chính xác và đánh giá chuyên sâu cần kết hợp với các thí nghiệm khác, kết quả nghiên cứu cụ thể nhóm tác giả sẽ trình bày ở các công bố tiếp theo.

Tài liệu tham khảo

Võ Trọng Hùng, Phùng Mạnh Đắc, 2005. *Cơ học đá ứng dụng trong xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

Trần Tuấn Minh, 2016. *Giáo trình cơ học đá và khối đá*. Nhà xuất bản Xây Dựng, Hà Nội.

Nghiêm Hữu Hạnh, 2004. *Cơ học đá*. Nhà xuất bản Giáo dục.

Nguyễn Quang Phích, 2007. *Cơ học đá*. Nhà xuất bản Xây dựng.

Nguyễn Huy Hiệp, 2021. Xác định tham số từ biến và chùng ứng suất của mẫu đá bằng thí nghiệm nén uốn. Tuyển tập các công trình khoa học hội nghị khoa học toàn quốc. *Cơ học đá- những vấn đề đương đại, Vietrock 2021*, ISBN: 978-604-9988-55-4.

Н.С.Булычев, 1989. Механика подземных сооружений в примерах и задачах, Издательство «Недра», Москва.

Erzhanov, Zh.S, 1964. Creep theory of rock and its application [in Russian]. *Alma-Ata, Nauka*, p. 173.

Manuals Plaxis 2D V2021.

Phong Duyen Nguyen, Hiep Huy Nguyen, Hung Huu Dam, Manh Van Nguyen, Piotr Osinski and Eugeniusz Koda, 2021. A Study on the Results of Risk Analyses Applying the Concept of Rock Mass Stand-Up Time for Underground Mining Sites, *Journals Applied Sciences Volume 14 Issue 5 10.3390/app14051736*, 21 February 2024.

Nguyen Huy Hiep, Dam Huu Hung, Nguyen Quy Dat, 2022. Determination of Creep Properties of Rock Masses. *ISRM Regional Symposium - 12th Asian Rock Mechanics Symposium*, November 22–26, 2022, Hanoi, Vietnam.

ABSTRACT

Long-term deformation analysis of rocks around circular cross-section tunnels based on creep bending tests of rock beams using linear viscoelastic models

Nguyen Huy Hiep [1], Dinh Quang Trung[1]
[1]*Le Quy Don Technical University*

Experimental methods for determining rock creep properties in Vietnam face various difficulties due to high costs and the lack of technical equipment. For many years, authors have conducted in-depth research on rock beam response to static, and dynamic loads to reveal methods of determining the time-dependent properties of rock. The paper presents an experimental method for the linear viscoelastic creep model in which a linear Hookean spring is connected in series with the Kelvin-Voigt model comprising a parallel arrangement of a linear spring and a dashpot. Besides creep rock properties gained from the proposed experimental method are used to analysis long-term deformation of unsupported circular tunnels. The achieved results can be widely applied to calculate and design underground construction in rock.

Keywords: spring; dashpot; creep properties; rock beam; Zenner

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Nghiên cứu đề xuất giải pháp phòng chữa cháy khi thi công công trình ngầm

Đào Huy Hoàng[1], Trần Anh Tuấn[2], Tống Anh Tuấn[2], Nguyễn Viết Thanh[2], Trần Tuấn Minh[3], Nguyễn Duyên Phong[3], Phạm Đức Thọ[3], Nguyễn Lê Đạt[4], Đặng Trung Thành[3,*]

[1]*Trường Đại học Xây dựng Miền Tây, Vĩnh Long*
[2]*Trường Đại học Giao thông vận tải, Hà Nội*
[3]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[4]*Tập đoàn Công nghiệp - Viễn thông Quân đội*

TÓM TẮT

Ba thập kỷ qua, nhiều nghiên cứu về sự cố cháy trong công trình ngầm (CTN) đã được thực hiện. Trong khi thi công CTN, hệ thống phòng cháy chữa cháy (PCCC) thông thường chưa hoàn thiện, ở trạng thái không hoạt động hoặc hoạt động nhưng không hiệu quả, do đó công tác cứu hộ, cứu nạn thường được thực hiện độc lập. Trước khi hầm thông, đường hầm là đường "cụt" nên các hoạt động sơ tán, cứu hộ, cứu nạn gặp nhiều khó khăn. Thi công CTN là công việc phức tạp, đòi hỏi kỹ thuật, công nghệ và nhiều chuyên gia, tổ chức đến từ nhiều quốc gia cùng tham gia xây dựng. Khi xảy ra sự cố, hai điều kiện trên ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng báo động và tính chính xác của thông tin chuyển đến đội cứu hộ và người đang tham gia xây dựng. Chỉ huy hoạt động cứu hộ, cứu nạn phải chuẩn bị các phương án PCCC cho các tình huống phức tạp mà các phương án cứu hộ thông thường không thể thực hiện. Trong bài báo, nhóm tác giả đề xuất các phương án cứu hộ, cứu nạn trong các tình huống cụ thể để đội cứu hộ, cứu nạn có thể linh hoạt áp dụng cho hoạt động PCCC trong quá trình thi công CTN.

Từ khóa: công trình ngầm; phòng cháy chữa cháy; cứu hộ; cứu nạn

1. Đặt vấn đề

Đô thị hóa và dân số tăng nhanh tại các thành phố lớn trên thế giới nên việc xây dựng hệ thống tầu điện ngầm ở các thành phố này là điều phải thực hiện. Hơn 100 năm trước London là thành phố duy nhất có dân số lớn hơn 7 triệu, là nơi đầu tiên xây dựng và sử dụng hệ thống tàu điện ngầm. Đến nay thế giới đã có hơn 300 thành phố có dân số lớn hơn 1 triệu, trong đó có hơn 30 siêu thành phố có dân số lớn hơn 10 triệu và dẫn đầu là Tokyo có 37 triệu người. Hiện nay, trên toàn thế giới có 190 thành phố có hệ thống tàu điện ngầm đang đi vào hoạt động hoặc đang xây dựng, trong đó có 140 thành phố có dân số hơn 1 triệu. Có nghĩa là còn 160 thành phố trên thế giới có hơn 1 triệu dân vẫn chưa xây dựng hệ thống tàu điện ngầm và hầu hết tập trung ở Châu Á. Do vậy, tiềm năng phát triển công nghiệp xây dựng CTN ở Châu Á là rất lớn. Đây là cơ hội nghiên cứu, phát triển công nghệ thi công CTN nhưng thực tế chứng minh rằng trong quá trình thi công, để tuân thủ tiến độ đã xảy ra nhiều sự cố, trong đó có sự cố cháy. Do đó, việc đảm bảo an toàn cháy tại công trường cũng như đảm bảo hoạt động cứu hỏa và cứu hộ hiệu quả trong trường hợp xảy ra sự cố cháy là những nhiệm vụ quan trọng đối với nhà thầu xây dựng.

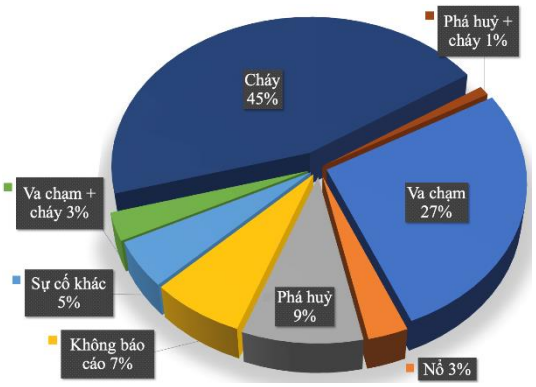
Khác với công trình trên bề mặt, hoả hoạn trong đường hầm có rất nhiều điểm bất lợi đặc biệt là trong hệ thống các đường hầm tàu điện ngầm. Trong giai đoạn thi công, lối thoát hiểm thường có chiều dài lớn và chỉ hoạt động theo một hướng do đường hầm chưa thông. Điều này có nghĩa là lối thoát hiểm, đường thoát khí, thoát khói khi xảy ra hỏa hoạn và đường ứng phó sử dụng cho phương án cứu hộ, cứu nạn là đường hầm một chiều và chưa hoàn thiện. Một số vụ hoả hoạn xảy ra trong khi thi công đường hầm trong hai thập kỷ gần đây cho thấy nhiều khó khăn khi thực hiện hoạt động cứu hỏa, cứu hộ (Kumm 2006). Trong bài báo, nhóm tác giả tập trung phân tích các khó khăn khi thực hiện cứu hộ, cứu nạn trong đường hầm và đề xuất giải pháp, khuyến nghị để công tác PCCC hiệu quả.

2. Nguyên nhân gây sự cố

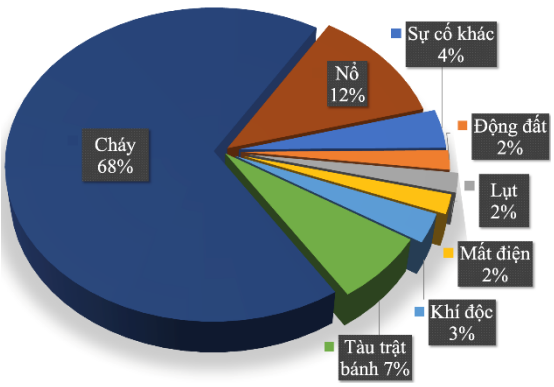
Sự cố trong hệ thống tàu điện ngầm là mối nguy hiểm lớn đối với tính mạng con người và gây thiệt hại lớn về tài sản cho cơ sở hạ tầng. Theo nghiên cứu của UNECE của Ủy ban Kinh tế Liên hợp quốc về Châu Âu *"Phân tích rủi ro tai nạn trong đường hầm"* đã phân tích 176 trường hợp sự cố trong đường hầm metro

* *Tác giả liên hệ*
Email: dangtrungthanh@humg.edu.vn

ở Châu Âu thì trong số này, 49% sự cố có liên quan đến hỏa hoạn và có 68% sự cố có liên quan đến hoả hoạn tại Trung Quốc (Hình 1).



Các nguyên nhân gây sự cố trong HTTĐN ở Châu Âu



Các nguyên nhân gây sự cố trong HTTĐN ở Trung Quốc

Hình 1. Tổng quan về các nguyên nhân gây sự cố (Konrad và Sandro 2004).

3. Một số giải pháp phòng chữa cháy khi thi công công trình ngầm

3.1. Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả hoạt động PCCC

Công tác cứu hộ và cứu nạn trong đường hầm là một công việc phức tạp, khó khăn gấp nhiều lần nếu so sánh với công tác PCCC ở công trình trên mặt. Thực tế chỉ ra có bốn yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả hoạt động PCCC khi xây dựng và vận hành CTN.

3.1.1 Công tác chuẩn bị

Trong đường hầm thông thường có nhiều người tham gia thi công, chiều dài đường hầm liên tục thay đổi và được thi công bởi nhiều nhà thầu đến từ nhiều quốc gia. Các nhà thầu thi công các hạng mục trong đường hầm nhiều khi không liên lạc với nhau cho đến khi đường hầm được thông. Sau khi thông hầm, các nhà thầu làm việc gần nhau, liên lạc dễ dàng hơn nhưng điều kiện PCCC, cứu hộ, cứu nạn hay khả năng sơ tán bị ảnh hưởng trực tiếp từ các đơn vị, nhà thầu đang thi công này. Công trường xây dựng đường hầm tồn tại nhiều trang thiết bị gây nguy hiểm cho công tác cứu hộ, cứu nạn như: bình gas, các kho chứa hoặc chính các phương tiện thi công. Chính vì lý do đó, phải lập kế hoạch, lên kịch bản cho các tình huống sự cố xảy ra do cháy và kèm theo bản đồ đánh dấu các rủi ro, tuyến đường cứu hộ, sơ tán và các buồng cứu hộ. Việc diễn tập cứu hộ thường xuyên có tầm quan trọng rất lớn trong công tác PCCC. Các cuộc diễn tập giúp các nhà thầu và các đơn vị cứu hộ, cứu nạn có cơ hội kiểm tra tình trạng hoạt động của các trang thiết bị và phản ứng của các nhà thầu, cá nhân tham gia thi công. Các nhà thầu có trình độ, kiến thức, văn hoá và ngôn ngữ khác nhau nhưng luôn phải đảm bảo trong trường hợp hỏa hoạn, tất cả các đơn vị cho đến từng cá nhân đều có thể liên lạc, cung cấp thông tin đúng, chính xác để hoạt động cứu hỏa, cứu hộ và cứu nạn đạt hiệu quả.

3.1.2. Nhân sự

Công tác cứu hộ, cứu nạn là công việc phức tạp, người chỉ huy thường phải đưa ra quyết định trong điều kiện thiếu thông tin, hiện trường vụ cháy thay đổi nhanh do các lý do ngoài tầm kiểm soát. Do đó người chỉ huy hoạt động cứu hộ, cứu nạn phải là người có kinh nghiệm, kiến thức và trình độ. Dựa trên thông tin từ các nhà thầu, người đứng đầu các khu vực đang thi công và công nhân tại hiện trường, người chỉ huy hoạt động PCCC phải có khả năng hiểu, phán đoán rủi ro có thể xảy ra để có thể đưa ra được phương án cứu hộ đảm bảo an toàn về người và tài sản (Bergqvist, 2006). Một dự án xây dựng đường hầm thường có nhiều nhà thầu quốc tế, ngôn ngữ giữa các nhà thầu có thể khác nhau. Do đó việc tìm một ngôn ngữ chung để tất cả người tham gia thi công có thể nói, giao tiếp, truyền thông tin trong trường hợp xảy ra sự cố là khó. Đây không chỉ là vấn đề đối với lực lượng cứu hộ, cứu nạn mà còn là vấn đề an toàn lao động cho người lao động tham gia thi công. Do đó tại công trường nên lựa chọn 01 ngôn ngữ làm việc chung mà càng nhiều người hiểu và giao tiếp được thì càng tốt.

3.1.3. Phương pháp cứu hộ

Một số trường hợp khi xảy ra cháy trong đường hầm lực lượng PCCC phải sử dụng các thiết bị chuyên dụng làm nguồn lực hỗ trợ để có thể thực hiện được hoạt động cứu hỏa và cứu hộ. Một nhiệm vụ quan trọng để hỗ trợ hoạt động cứu hỏa, cứu hộ là làm cho đường hầm càng ít khói càng tốt và giảm thiểu sự tiếp xúc

nhiệt của lực lượng PCCC. Tốc độ di chuyển đến hiện trường vụ cháy sẽ tăng và hoạt động cứu hỏa, cứu hộ có thể được thực hiện ở khoảng cách xa hiện trường vụ cháy khi đường hầm không phát sinh khói. Bên cạnh đó thời gian chữa cháy, cứu hộ sẽ dài hơn khi mức độ tiếp xúc nhiệt của lính cứu hỏa ít.

Trường hợp có thể chủ động điều tiết, sử dụng hệ thống thông gió cấp khí sạch tạo điều kiện thuận lợi cho hoạt động cứu hỏa và cứu hộ. Nếu hệ thống thông gió không tốt, khói chỉ tập trung xunh quanh nguồn nhiệt, chiều dầy lớp khói khuếch tán lớn và toả đều làm cản trở lực lượng cứu hộ tiếp cận chữa cháy bằng nước vì khoảng cách phun nước bị hạn chế bởi chiều cao đường hầm. Trong một số trường hợp, vận tốc thông gió cao làm tăng tốc độ giải phóng nhiệt (Carvel và nnk, 2004) làm cải thiện tầm nhìn và đây là một yếu tố quan trọng mà người chỉ huy hoạt động cứu hộ phải cân nhắc các phương án cứu hộ.

Quãng đường vận chuyển trang thiết bị trong đường hầm đến hiện trường vụ cháy có thể rất xa. Do đó, nên sử dụng bất kỳ phương tiện vận chuyển nào như toa xe, đoàn goòng được điều khiển bằng tay đơn giản hoặc các thiết bị có thể hoạt động cả trên ray và đường bộ. Phương tiện vận chuyển có thể chở máy thở, chất lỏng có bọt, trang thiết bị cứu hộ hoặc bất thiết bị nào phục vụ PCCC tại hiện trường. Nếu thiết bị vận chuyển đủ lớn có thể sử dụng vận chuyển những người bị thương đến vị trí an toàn.

Với các sự cố xảy ra và không có người bị mắc kẹt thì phương án để lửa tự tắt được đề xuất. Trường hợp cháy nghiêm trọng và không thể cứu hỏa thì nên sử dụng phương tiện vận chuyển đưa lực lượng cứu hộ đến hiện trường để cứu người mắc kẹt, sơ tán đến nơi an toàn.

3.1.4. Hiện trạng, hiện trường thực tế

Hệ thống trang thiết bị an toàn nói chung và an toàn PCCC chữa cháy nói riêng thông thường chưa hoàn thiện hoặc đã được lắp đặt nhưng hoạt động không hiệu quả trong khi thi công CTN. Tuy nhiên phải luôn đảm bảo đủ lượng nước để trong trường hợp khẩn cấp có giải pháp sử dụng nước để cứu hộ. Việc thiếu không gian trong quá trình thi công làm chậm tốc độ di chuyển của lực lượng cứu hộ (Bergqvist và nnk 2001). Khi xảy ra sự cố cháy thì đường hầm là tuyến cứu hộ nhưng đây cũng là nơi làm việc của các nhà thầu, đơn vị thi công với nhiều trang thiết bị, vật liệu là nguồn gây rủi ro cho lực lượng cứu hộ. Ngoài ra các điều kiện ngoài đường hầm như: thời tiết và hướng gió có thể hỗ trợ hoặc cản trở hoạt động cứu hộ.

Có hai điều kiện chính ảnh hưởng đến tiến độ của hoạt động cứu hộ:

- Có người bị kẹt, trong khu vực nhiều khói hoặc trong buồng cứu hộ, không có khả năng tự cứu;
- Khả năng phát triển của đám cháy và tốc độ giải phóng nhiệt là hai tham số độc lập hoặc kết hợp với nhau sẽ thay đổi cách tiếp cận, đưa ra kịch bản cho hoạt động cứu cứu hộ và cứu nạn.

3.2. Diễn tập PCCC

Theo kết quả nghiên cứu của Thụy Điển (Bergqvist và nnk, 2001), tốc độ di chuyển của lực lượng cứu hộ trong khoảng 5÷8 m/phút trong đường hầm đầy khói. Tuy nhiên theo cuộc diễn tập sơ tán và cứu hộ được thực hiện tại Đường hầm Halllandsås ở Thụy Điển thì tốc độ di chuyển lại chậm hơn. Hoạt động PCCC trong đường hầm là sự kết hợp làm việc của một số đội, làm việc luân phiên, các đội cứu hộ phía trước sẽ hoạt động chậm hơn do thiếu thông tin so với các đội cứu hộ phía sau. Ngoài ra, cuộc diễn tập ở đường hầm Hallandsås đã đưa ra kết luận về tầm quan trọng của việc liên lạc giữa các đội cứu hộ và các đơn vị tham gia thi công như sau:

- Quan trọng nhất là xác định được chính xác số người mắc kẹt trong hầm. Số liệu không chính xác dẫn đến việc đưa ra các phương án cứu hộ không phù hợp, mất thời gian.
- Cập nhật vị trí có thể xảy ra rủi ro trong đường hầm là thông tin có giá trị cho lực lượng cứu hộ. Xe máy, trang thiết bị, nguyên vật liệu nếu được thông tin đầy đủ về chủng loại, số lượng, loại nhiên liệu và các chất lỏng có thể gây cháy sẽ giúp ích rất nhiều trong việc ra quyết định về các giải pháp cứu hộ.

3.3. Kinh nghiệm từ các vụ cháy

Cháy đường hầm trong giai đoạn thi công không chỉ gây thiệt hại về người và kinh tế mà làm gián đoạn thi công, ảnh hưởng đến tiết độ dự án, làm giảm uy tín nhà thầu và ảnh hưởng đến môi trường. Một số vụ hỏa hoạn đã xảy ra ở các mức độ khác nhau gây thiệt hại về người, kết cấu, kế hoạch và tiến độ thi công CTN trong hơn hai mươi năm qua.

Tháng 3 năm 2002, đoàn tàu vận tải cháy trong đường hầm A86 ở Paris, công nhân cố gắng dập lửa nhưng không thành công. Ngọn lửa lan sang thùng nhiên liệu và băng tải vận chuyển đất đá thải của máy đào hầm (Tunnel Boring Machine) 19 công nhân bị mắc kẹt trong buồng cứu hộ, sau 7 tiếng lực lượng cứu hộ mới tiếp cận được và đưa ra khỏi đường hầm. Việc thực hiện một số cuộc diễn tập PCCC trong đường hầm trước đó đã chứng minh giá trị khi sự cố xảy ra, lực lượng cứu hộ đã rất chủ động trong công tác cứu hộ dù phải đi trong khói dày đặc. Đội cứu hộ Paris xác nhận: do tổ chức các cuộc diễn tập, có kế hoạch dự phòng và được đầu tư trang thiết bị chuyên dụng đã làm nên sự thành công của chiến dịch PCCC này.

Tháng 9 năm 2009, pin máy khoan hầm đã bốc cháy khi đang hoạt động trên tuyến City Line (Stockholm). Khi sự cố cháy xảy ra, khói tràn lan trong hệ thống 12 ga tàu điện ngầm Stockholm và các ga phải tạm đóng cửa. Nguyên nhân vụ cháy là do cáp sạc nối với pin không đủ bền, điện trở cao gây hiện tượng hồ quang điện làm cháy pin và vật liệu xung quanh. Vụ cháy không nghiêm trọng, rủi ro thấp, cháy chậm nên lực lượng cứu hộ có thể tiếp cận nguồn cháy để dập lửa nhưng gây khói dày đặc. Do dây sạc bên ngoài, pin đặt bên trong nên khi xảy ra hoả hoạn thì khó dập tắt và có thể bùng phát trở lại nhiều lần. Khi hỏa hoạn xảy ra, giám đốc quản lý sự cố tại hệ thống tàu điện ngầm Stockholm đã cung cấp đầy đủ thông tin, chính xác và chi tiết cho người chỉ huy lực lượng cứu hộ về cơ sở vật chất, các rủi ro..., giúp việc đưa ra phương án đóng cửa các ga tàu điện ngầm được dễ dàng.

3.4. Các kịch bản

Trong dự án*: "Quản lý rủi ro trong quá trình thi công CTN"* do MSB (cơ quan tình trạng khẩn cấp của Thụy Điển) tài trợ, nhiều kịch bản cứu hộ được mô hình hóa và nghiên cứu. Các kịch bản được trình bày trong bảng 1 (Ingason và nnk, 2010).

Bảng 1. Kịch bản cháy khi thi công hầm, hiện trường cách gương hầm 1.7km (Ingason và nnk 2010).

Kịch bản	Nguồn cháy	Vị trí	Điều kiện	Ghi chú
A	Máy khoan, xe xúc lật, phương tiện nổ mìn	Gương hầm	-	Trước khi thông hầm
B	Xe Bus (cho người tham quan)	Ở giữa hầm, ở giữa gương hầm và cửa hầm	Người tham quan, số lượng: 50 người	Trước khi thông hầm
C	Xe rơ móc hoặc xe xúc lật	Ở giữa hầm, ở giữa gương hầm và cửa hầm	Xe đầu kéo dễ gây cháy	Trước khi thông hầm
D	Xe Bus (cho người tham quan)	Ở giữa hầm	Người tham quan, số lượng: 50 người	Sau khi thông hầm
E	Cháy cáp hoặc cháy xe bán tải	Ở giữa hầm		Sau khi thông hầm
F	Số lượng người và trang thiết bị cách ly lớn, đám cháy dễ lan và phát triển nhanh trong hầm	¼ đường hầm (tính từ cửa hầm)	-	Sau khi thông hầm

3.5. Hoạt động cứu hộ cho các kịch bản

Nhìn chung, lực lượng cứu hộ thường có 02 chiến lược chính: chủ động (chữa cháy) hoặc bị động (không chữa cháy), và không kết hợp hai chiến lược này trong cùng một chiến dịch. Có 05 cách tiếp cận chiến thuật khác nhau, được sử dụng riêng lẻ hoặc kết hợp với nhau để xử lý tình huống cháy trong đường hầm. Những cách tiếp cận chiến thuật này có thể được kết hợp theo những cách khác nhau như sau:

- Số 1. Chữa cháy từ bên trong đường hầm với mục đích dập lửa và cứu người gặp nguy hiểm;
- Số 2. Hỗ trợ, cứu nạn người gặp nguy hiểm từ bên trong đường hầm và đưa họ đến môi trường an toàn;
- Số 3. Kiểm soát thông gió trong đường hầm với mục đích đưa khói ra xa người gặp nguy hiểm hoặc hỗ trợ hoạt động chữa cháy (Bergqvist 2006);
- Số 4. Chữa cháy từ vị trí an toàn để giảm hậu quả của vụ cháy;
- Số 5. Chăm sóc những người không cần sự trợ giúp đã tự sơ tán mình đến môi trường an toàn.

Trong điều kiện tối ưu có thể sử dụng tất cả các phương pháp tiếp cận chiến thuật cùng một lúc. Tuy nhiên đây không phải là tình huống bình thường trong các trường hợp khẩn cấp do nguồn lực phục vụ công tác cứu hộ, cứu nạn luôn hạn chế trong điều kiện thực tế.

Kịch bản A, chỉ có đường hầm và phương tiện xe máy bốc cháy bị đe dọa bởi hỏa hoạn do vị trí sát với gương hầm. Vì hiện trường vụ cháy cách khá xa cửa hầm, nơi có thể bắt đầu hoạt động cứu hộ. Do đó, việc cứu hộ trong trường hợp này rất phức tạp và sẽ khó đạt được hiệu quả do đường hầm trật, hẹp, nhiều khói. Trước khi có phương án tiếp cận hiệu quả, cần phải kiểm soát được không khí trong hầm. Tuy nhiên việc kiểm soát không khí và giảm khói trong đường hầm không dễ dàng nếu không có hệ thống thông gió được lắp đặt sẵn và đang hoạt động. Qua đó thấy rằng cách tiếp cận số 5 là tối ưu, kiểm soát tình hình từ bên ngoài đường hầm và hỗ trợ y tế những người tự sơ tán mình đến môi trường an toàn.

Bảng 2. Phương án cứu hộ trong đường hầm đang thi công (Bergqvist, 2006)

Kịch bản	Phương án cứu hộ
A	Số 5 Số 4 hoặc 2 trong trường hợp xe chuyên dụng luôn ở trạng thái sẵn sàng
B	Số 1 kết hợp với số 2 và 5
C	Số 1 trong trường hợp đám cháy phát triển chậm và/hoặc nếu có người bị mắc kẹt trong tình huống nguy hiểm, các trường hợp khác chọn số 5
D	Số 1 kết hợp với số 3, 2 và 5
E	Số 3 kết hợp với số 1
F	Số 3 kết hợp với số 4

Kịch bản B, rất khó xử lý do toàn bộ hành khách đang kẹt trên xe buýt. Trong tình huống này, việc không sử dụng chiến thuật chủ động (không triển khai cứu nạn cứu hộ) là không được chấp nhận. Tùy thuộc vào diễn biến, phát triển của lửa và khói có thể tạo ra sự khác biệt trong các tình huống cụ thể. Cách duy nhất để xử lý sự cố là chữa cháy, dập tắt đám cháy trên xe bus và có phương án giải cứu người trên xe buýt và hỗ trợ y tế bên ngoài đường hầm sẽ là chiến lược cho kịch bản B.

Kịch bản C, phương án tiếp cận phụ thuộc vào diễn biến của đám cháy và khả năng sinh khói. Đám cháy phát triển nhanh với lượng khói lớn sẽ rất phức tạp để xử lý và giống với kịch bản A. Vị trí đám cháy ở giữa đường hầm, có thể có người bị mắc kẹt dẫn đến việc lựa chọn phương án cứu hộ khó khăn. Nếu đám cháy phát triển chậm, tạo ít khói, có người bị mắc kẹt, thì cách tiếp cận là chủ động, sử dụng hoạt động cứu hộ cứu nạn. Trường hợp đám cháy phát triển nhanh, nhiều khói và không có người bị mắc kẹt, thì cách tiếp cận là hỗ trợ y tế trong môi trường an toàn bên ngoài đường hầm.

Kịch bản D, các phương án cứu hộ đa dạng hơn do hầm thông. Khi hầm thông, việc kiểm soát thông gió dễ dàng hơn và có ít nhất hai lối tiếp cận đám cháy. Do đó, đầu tiên lực lượng cứu hộ cần xác định hướng gió, kiểm soát hệ thống thông gió, đưa khí sạch vào đường hầm, thực hiện hoạt động cứu hộ, đưa người đến vị trí an toàn và hỗ trợ y tế bên ngoài đường hầm.

Kịch bản E là sự cố cháy có lửa nhỏ nhưng có khả năng tạo nhiều khói. Nếu không có người gặp nguy hiểm thì cần xử lý khói. Lực lượng cứu hộ kiểm soát thông gió, đưa khí sạch vào đường hầm, đội cứu hộ tiếp cận đám cháy và chữa cháy.

Kịch bản F, sự cố cháy có khả năng phát triển nhanh và tạo nhiều khói, do đó chiến lược phòng thủ được chọn. Khí sạch được đưa vào đường hầm bằng hệ thống thông gió và phương án phòng thủ được thực hiện để giảm tác động đến việc xây dựng đường hầm.

Hoạt động cứu hộ, cứu nạn khi xảy ra cháy trong đường hầm là một công việc rất phức tạp và khó khăn. Khi sự cố cháy xảy ra, lực lượng cứu hộ cùng với các nhà thầu, đơn vị tham gia thi công phải cùng nhau xử lý. Việc thực hiện diễn tập PCCC và lên kế hoạch dự phòng không thể giải quyết triệt để vấn đề mà phải tập trung vào giải quyết những khó khăn trong quá trình thi công, đây là vấn đề khó xử lý hơn nhiều trong tình huống sự cố hoả hoạn xảy ra.

4. Kết luận và thảo luận

Rủi ro cháy trong đường hầm trong khi thi công luôn rình rập và có thể xảy ra bất cứ lúc nào. Cháy có thể thiêu rụi mọi thứ xung quanh, gây tổn thất về người, trang thiết bị, kéo dài thời gian thi công, đẩy giá thành thi công lên cao. Hoạt động cứu hộ, cứu nạn trong đường hầm phụ thuộc nhiều yếu tố: môi trường, điều kiện thi công, trang thiết bị và đường hầm đã thông hay *"cụt"*. Qua phân tích có thể nhận ra rằng nếu xảy ra cháy lớn trong đường hầm thì giải pháp cứu hộ, cứu nạn trực tiếp sẽ không thể xử lý triệt để được sự cố, đặc biệt trong "cụt" . Lực lượng PCCC phải được đầu tư các trang thiết bị chuyên dụng, được diễn tập và có các phương án cứu hộ cụ thể trong trường hợp cháy lớn. Mặt khác, những tham gia thi công cũng cần được đào tạo và chuẩn bị cho các trường hợp hỏa hoạn. Trường hợp sự cố xảy ra cần tạo điều kiện, cơ hội để người mắc kẹt có thể sơ tán đến vị trí an toàn. Cháy trong đường hầm chỉ thực sự khó khăn khi vẫn có người bị mắc kẹt, ngay cả trong trường hợp họ đang an toàn "tạm thời" như trong buồng cứu hộ. Trường hợp tối ưu là sơ tán người kẹt trong hầm ngay trong thời gian đám cháy bùng phát. Điều này có thể thực hiện bằng cách hạn chế khói, làm giảm hoặc ngăn chặn khói lan tràn dọc đường hầm. Ngoài ra có thể thực hiện các giải pháp: dùng vòi phun nước trên các phương tiện vận tải, lựa chọn vật liệu xây dựng và tổ chức phòng chống cháy để giảm sự phát triển của đám cháy nếu sự cố cháy xảy ra.

Tài liệu tham khảo

Kumm M, *"Tunnel fire in Eurotunnel Link under construction 17th of August 2005"*, Mälardalen University, Working paper MdH ISt 2006.

Ingason H, Lönnermark A, Frantzich H, Kumm M, *Fire Incidents during Construction of Tunnels - part I*, Swedish Civil Contingencies Agency (MSB), draft report 2010.

Bergqvist, A, "What can the fire brigade do about tunnel fires?", *2nd International Symposium on Tunnel safety and Security - ISTSS*, pp 277-288, Madrid, Spain, 15th-17th of March, 2006.

Ingason, H, Bergqvist A., Lönnermark A., Frantzich H., and Hasselrot, K., *"Rescue Operation in Road Tunnels (Räddingsinsatser i vägtunnlar)" (in Swedish*), Räddningsverket, P21-459/05, 2005.

Carvel R O, Beard A N, Jowitt P.W, *"The Influence of Longitudinal Ventilation and Tunnel Size on HGV Fires in Tunnel"*, Interflam 2004, Edinburgh, Scotland, 5-7 July, 2004, pp 815-820.

Bergqvist A, Frantzich H, Hasselrot K and Ingason, H, *"Rescue Operations i Tunnel Fires" (In Swedish)*, The Swedish Rescue Services Agency, SRV report P21-391/01, 2001.

Konrad B, Sandro F, *"Causes and Frequency of Incidents in Tunnels"* trong Brennero (TL), ENEA, CERTH-HIT, STUVA, ARUP, ELTODO, 2004.

ABSTRACT

Research and propose solutions for fire prevention and fighting during underground construction

Dao Huy Hoang[1], Tran Anh Tuan[2], Tong Anh Tuan[2], Nguyen Viet Thanh[2], Tran Tuan Minh[3], Nguyen Duyen Phong[3], Pham Duc Tho[3], Nguyen Le Dat[4], Dang Trung Thanh[3]

[1]Mien Tay Construction University, Vinh Long Province

[2]University of Transport and Communications, Hanoi

[3]Hanoi University of Mining and Geology

[4]Viettel Group

The past three decades, numerous studies related to incidents and fire safety in underground construction is conducted. During constructions of tunnels, the fire-fighting system is often incomplete, non-operational, or operates inefficiently, leading to rescue, and emergency activities usually being carried out independently. Before the breakthrough, the tunnel is a "dead-end" causing difficulties in evacuation, rescue, and emergency response. Underground construction is a challenging and complex process, demanding technical expertise, technology, and the involvement of many experts and organizations from various countries in the tunnel construction. In case of an incident, these conditions directly affect the alertness and quality of information transmitted to rescue and emergency teams as well as individuals involved in construction. The incident commander must prepare fire-fighting plans for complex situations where conventional methods and normal tactical approaches can be difficult to use. Within the paper, the author group proposes rescue plans for specific situations to allow flexibility in applying fire-fighting activities during underground construction processes. Additionally, based on experiences from actual fire incidents the challenges and limitations in rescue and emergency operations will be analyzed. Besides that, self-rescue solutions and support for fire-fighting operations are also discussed.

Keywords: underground construction; fire prevention; rescue

Nghiên cứu tổng quan về phương pháp cọc đá dăm để nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền đất

Đặng Quang Huy[1,*], Vũ Minh Ngạn[1], Phạm Văn Hùng[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Hóa lỏng đất là một thảm họa tự nhiên gây ra thiệt hại vô cùng to lớn cho các công trình của con người. Các biện pháp cải tạo nền đất, nâng cao khả năng kháng hỏa lỏng do đó đã được các nhà khoa học chú trọng nghiên cứu trong thời gian gần đây để giảm thiểu thiệt hại do hóa lỏng đất gây ra. Trong số các phương pháp đó, cọc đá dăm là phương pháp đã được sử dụng từ lâu để cải tạo nền, ngoài ra, đây là phương pháp cũng rất hiệu quả trong việc giảm nguy cơ hóa lỏng của nền đất. Bài báo này giới thiệu tổng quan các nguyên lý nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của phương pháp cọc đá dăm cùng một số nghiên cứu điển hình của các tác giả trên thế giới cũng như những nét cơ bản nhất trong thi công, sử dụng cọc đá dăm. Thêm vào đó, bài báo cũng phân tích đánh giá ứng dụng của cọc đá dăm trong một số công trình cụ thể để nâng cao khả năng kháng hỏa lỏng của nền đất.

Từ khóa: cọc đá dăm; hóa lỏng; cải tạo nền

1. Đặt vấn đề

Hóa lỏng đất là hiện tượng thường xảy ra tại các khu vực nền đất rời xốp ở trạng thái bão hòa nước khi chịu tải trọng động đất hoặc các loại tải trọng động khác như nổ mìn, sóng biển hoặc tải trọng do phương tiện lưu thông trên đường. Hóa lỏng đất được biểu hiệu thông qua các hiện tượng như cát sôi, sụt lún không đều, chuyển dịch ngang của nền hoặc mất khả năng chịu lực của nền dưới công trình. Những sự cố này đã gây ra tổn thất đáng kể, làm hư hỏng công trình, ảnh hưởng tới cuộc sống và an toàn của con người. Chính vì thế, nghiên cứu các biện pháp nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền đất là một trọng những vấn đề được lưu tâm rất lớn trong lĩnh vực địa kỹ thuật. Các biện pháp giảm thiểu hóa lỏng đất có thể kể đến như thay thế đất, làm tăng độ chặt của đất, giảm độ bão hòa, phun vữa kết dính…Phương pháp cọc đá dăm dù đã được sử dụng từ lâu để gia cố nền đất, cải tạo nền đất yếu song với mục đích để nâng cao khả năng kháng hóa lỏng thì lại là một phương pháp khá mới và chỉ được nghiên cứu, ứng dụng trong vài thập niên gần đây.

Cọc đá dăm, hay còn gọi là cọc đá, là một giải pháp hiệu quả trong việc cải thiện nền đất, nâng cao khả năng chịu lực của đất, đặc biệt là trong các khu vực có nền đất yếu. Phương pháp này bao gồm việc tạo ra các cột đá từ đá dăm có kích thước khác nhau, được đầm nén chặt vào các lỗ khoan sẵn trong đất nền. Cọc đá dăm giúp tăng độ chặt và khả năng thoát nước của đất, làm giảm áp lực nước lỗ rỗng và duy trì sức chịu tải của đất khi có rung động hoặc động đất. Đồng thời, các cọc này hoạt động như các cột chịu lực, phân phối tải trọng từ các công trình xây dựng một cách hiệu quả, giúp giảm nguy cơ sụp lún và thiệt hại cấu trúc. Với quy trình thi công đơn giản, chi phí thấp và tính bền vững cao, cọc đá dăm là lựa chọn tối ưu cho các dự án xây dựng yêu cầu độ ổn định và an toàn cao (Barksdale và Bachus, 1983).

Cọc đá dăm cũng đóng vai trò quan trọng trong các dự án cải tạo đất ven biển, đặc biệt là các dự án xây dựng cảng biển, đê biển, và các công trình bảo vệ bờ biển. Tại các khu vực này, cọc đá dăm không chỉ cải thiện độ ổn định của nền đất mà còn giúp giảm thiểu tác động của sóng và thủy triều, bảo vệ các công trình khỏi sự xói mòn và hư hại. Hơn nữa, trong các dự án cải tạo đô thị, cọc đá dăm được sử dụng để gia cố nền móng của các công trình hiện có, giúp nâng cao khả năng chống chịu của các công trình trước các yếu tố ngoại cảnh và thời gian. Tại Việt Nam, cọc đá dăm được ứng dụng chưa lâu nhưng đã góp phần quan trọng trong việc cải tạo, gia cố nền đất tại các công trình như thi công cầu Vàm Cống thuộc Quốc lộ 1A, cải tạo nền khu đô thị Sala, cảng biển Tiên Sa Đà Nẵng hay khu lọc hóa dầu Dung Quất.

Có thể thấy, cọc đá dăm là một trong những biện pháp nền móng, gia cố nền được ứng dụng rất rộng

* *Tác giả liên hệ*
Email: dangquanghuy@humg.edu.vn

rãi và lâu đời trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Mặc dù vậy, ứng dụng của phương pháp này trong việc cải tạo khả năng chống hóa lỏng của nền đất vẫn còn hạn chế, đặc biệt là ở Việt Nam. Do vậy, trong bài báo này, nhóm tác giả đi sâu vào tổng hợp và phân tích các kết quả nghiên cứu điển hình để hệ thống hóa và làm sáng tỏ hơn về hiệu quả kháng hóa lỏng của nền đất yếu sử dụng phương pháp cọc đá dăm trong việc nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền đất.

2. Cơ sở lý thuyết về hóa lỏng đất và cọc đá dăm

2.1. Cơ chế hóa lỏng đất

Hóa lỏng đất là hiện tượng xảy ra khi đất mất đi độ cứng và biến đổi thành dạng lỏng dưới tác động của lực địa chấn như động đất. Cơ chế này thường xảy ra ở những vùng đất có cấu trúc hạt nhỏ và độ rỗng lớn, chứa nhiều nước. Khi có động đất hoặc rung động mạnh, áp lực nước lỗ rỗng giữa các hạt đất tăng lên nhanh chóng làm giảm lực ma sát và lực kết dính giữa các hạt đất, khiến chúng không còn liên kết chặt chẽ với nhau. Khi lực ma sát giữa các hạt đất bị giảm, đất mất đi độ cứng và trở nên giống như chất lỏng, không còn khả năng chịu tải trọng từ các công trình xây dựng trên nó.

Hiện tượng hóa lỏng đất dễ xảy ra ở những vùng đất có cấu trúc hạt mịn như đất cát và đất bùn, đặc biệt là khi mức nước ngầm cao. Khi đất chứa nhiều nước trong các khe hở giữa các hạt, áp lực nước dễ dàng tăng lên khi có động đất. Những trận động đất mạnh và kéo dài càng làm tăng khả năng xảy ra hiện tượng hóa lỏng đất, gây ra nhiều hậu quả nghiêm trọng cho các công trình xây dựng và an toàn của con người.

Nhìn chung, hóa lỏng đất thường xảy ra khi hội tụ đầy đủ bốn yếu tố sau: đất bão hòa nước, điều kiện thoát nước của đất kém, cấu trúc nền đất gồm chủ yếu các hạt rồi ở trạng thái xốp và chịu tải trọng rung động hoặc tải gia tải nhanh. Để nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền đất, người ta dựa phần lớp vào các yếu tố đó để đưa ra các biện pháp phù hợp.

2.2. Cơ sở lý thuyết, phương pháp thiết kế, thi công cọc đá dăm

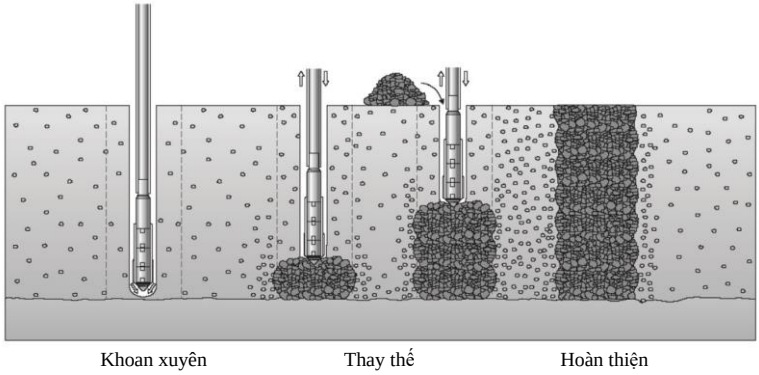
Cọc đá dăm đã được sử dụng từ lâu để nâng cao khả năng sức chịu tải, tăng nhanh tốc độ cố kết, tăng sự ổn định và nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền đất. Phương pháp này có nguồn gốc từ những năm 1830 tại Pháp khi người ta sử dụng đá dăm hoặc cuội sỏi để thay thế một phần đất tại hiện trường khu vực cần cải tạo (Hughes và Withers, 1974). Cho tới năm 1930 phương pháp này được sử dụng phổ biến ở Châu Âu và tới những năm 1970 thì phổ biến ở Mỹ và các nước khác trên thế giới. Cùng với đó, các nghiên cứu sâu hơn về tính toán, thiết kế và các phương pháp thi công được phát triển trong những năm sau đó bởi rất nhiều tác giả khác nhau trên thế giới. (Hughes và Withers, 1974; Engelhardt và Golding, 1975; Madhav và nnk., 1979; Datye và Nagaraju, 1981; Priebe và Keller, 1995).

Rất nhiều biện pháp thi công đã được phát triển với nhiều loại kích cỡ hạt, đường kính của cột đá dăm khác nhau phù hợp với từng loại đất từ đất cát xốp cho đến các loại nền đất yếu, khả năng áp dụng từng biện pháp phụ thuộc vào kỹ thuật từng đơn vị thi công, hiệu quả của từng khu vực nền và điều kiện vật liệu địa phương. Thông thường, đường kính của cọc đá thường từ 0,7m đến 1,2m, khoảng cách giữa các cọc từ 1,5m đến 3,0m, chiều sâu của cọc đá tùy thuộc vào thiết kế và đất nền hiện hữu, thiết bị hiện có tại Việt Nam hiện nay có thể thi công cọc đá đến chiều sâu 20m. Hiệu quả của phương pháp thi công, tạo lỗ hoặc không tạo lỗ trước, số lượng lần nâng lên của mũi khoan cũng như cường độ của lực đầm chặt trong mỗi lần nâng, khoảng cách giữa các cột đá dăm được nghiên cứu kĩ bởi Madhav and Thiruselvam (1988).

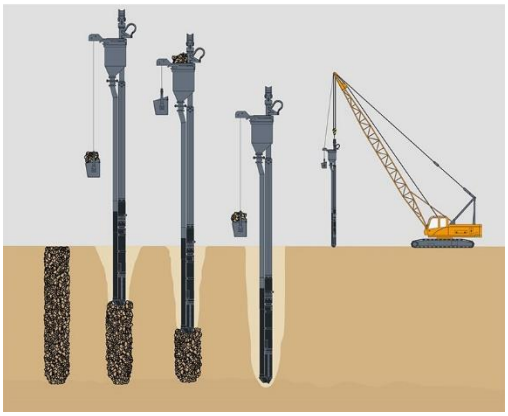
Cọc đá dăm thi công bởi phương pháp đầm rung làm chặt, đầm rung thay thế, rung động kết hợp hoặc phương pháp khoan có ống bao. Phương pháp đầm rung làm chặt và đầm rung thay thế sử dụng thiết bị đầm rung chấn động làm chặt các hạt vật liệu rời. Thiết bị này đâm sâu vào lòng đất do trọng lượng bản thân nó kết hợp với lực rung và áp lực xói nước xung quanh để giảm ma sát. Lực rung do thiết bị gây ra làm các hạt đất rời di chuyển, sắp xếp lại và trở nên chặt hơn do bị chiếm chỗ. Đối với phương pháp đầm rung thay thế, có hai biện pháp thi công chính là nhồi vật liệu từ bề mặt (nhồi ướt) và nhồi vật liệu từ dưới đáy hay còn gọi là nhồi khô. Hình 1 thể hiện các bước thi công chính của phương pháp đầm rung thay thế nhồi vật liệu tư bề mặt (Hayward Baker, 2004). Hình 2 thể hiện các bước thi công chính của phương pháp đầm rung thay thế nhồi vât liệu từ dưới đáy (Fecon-tài liệu nội bộ). Tại Mỹ và Châu Âu, phương pháp đầm rung thường được sử dụng để thi công cọc đá dăm, tại Ấn Độ người ta lại hay sử dụng phương pháp khoan có ống bao (Hình 3). Tại Việt Nam, phương pháp đầm rung sâu nhồi vật liệu từ đáy thường được sử dụng để thi công.

Phương pháp cọc đá dăm có thể được sử dụng để cải tạo nhiều loại đất khác nhau từ đất cát tơi xốp, đất phù sa, đất sét pha và các loại đất có lực cắt không thoát nước nhỏ. Tuy nhiên, với đất sét và bùn nhạy cảm lớn với rung động thì không nên sử dụng cọc đá dăm để gia cố. Phương pháp này thường áp dụng phù hợp cho các dạng công diện rộng như nền đường, bồn bể chứa, kho bãi nhằm tăng tính ổn định và kiểm soát độ lún.

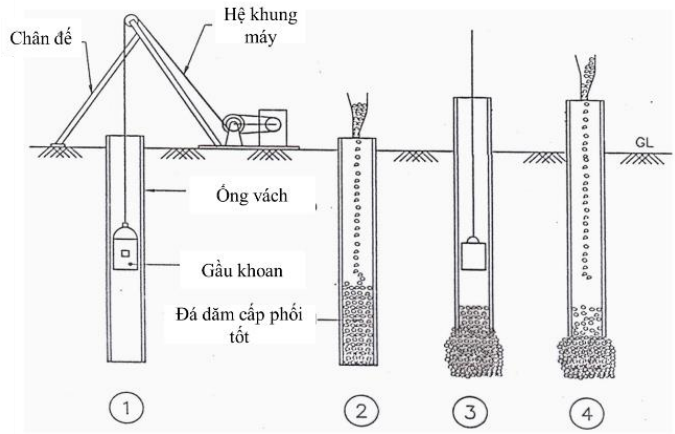
Thiết kế cọc đá dăm cần xem xét đến nhiều yếu tố khác nhau phụ thuộc vào mục đích của việc sử dụng cọc, trong đó các mục đích chủ yếu như làm chặt đất, gia cường đất hay thoát nước. Từ các mục đích đó, đường kính cọc, hình dạng cọc hay chiều dài của cọc và cấp phối của của thành phần đá dăm sẽ được tính toán trong quá trình thiết kế. Một số quan điểm thiết kế cọc đá dăm đã được đưa ra bởi Barksdale và Bachus (1983) hay Priebe và Keller (1995). Trên thế giới, các quan điểm này đã được đưa vào tiêu chuẩn như IS 15284 hay JGS (1998), tại Việt Nam, chúng ta sử dụng tiêu chuẩn Trụ đá đầm rung sâu – Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu TCCS 66:2015/IBST.



Hình 1. Phương pháp đầm rung thay thế nhồi vật liệu tư bề mặt (Hayward Baker, 2004).



Hình 2: Sơ họa quá trình thi công cọc đá bằng phương pháp đầm rung sâu nhồi dưới đáy (FECON)



Hình 3. Phương pháp khoan có ống bao (Datye và Nagaraju, 1981)

3. Nguyên lý cải thiện khả năng kháng hóa lỏng nền đất của phương pháp cọc đá dăm

Cọc đá dăm đã được ứng dụng để cải tạo và gia cố nền đất từ rất lâu, tuy vậy các ứng dụng của chúng trong việc nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền đất thì mới được bắt đầu nghiên cứu và ứng dụng

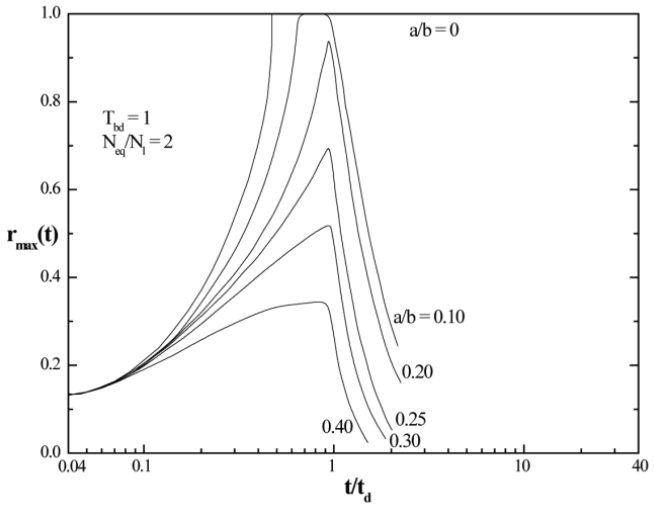
từ năm 1977 bởi Seed và Booker. Nhìn chung, tác dụng nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của cọc đá dăm thể hiện ở bốn điểm đó là:

- Cọc đá dăm đóng vai trò thoát nước nhanh và cho phép tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng một cách nhanh chóng, từ đó áp lực nước lỗ rỗng không thể tăng nhanh trong đất nền khiến áp lực nước hữu hiệu không bị giảm mạnh và đất vẫn có khả năng chịu tải.
- Cọc đá dăm làm chặt đất.
- Cọc đá dăm gia cố nền đất.
- Cọc đá dăm làm thay đổi việc truyền chấn động trong nền đất.

3.1. Cọc đá dăm đóng vai trò thoát nước và phát tán áp lực nước lỗ rỗng

Khi các cột đá dăm được thi công trong đất, do cấu trúc của đá dăm có khoảng rỗng giữa các hạt rất lớn do vậy nước có thể dễ dàng di chuyển trong phần không gian này, độ thấm của cọc đá dăm so với nền đất gốc là vô cùng lớn. Trong quá trình động đất hoặc rung động, nước không thoát được ra ngoài dẫn tới áp lực nước tăng lên nhanh chóng, khi có cọc đá dăm trong nền đất, khả năng thoát nước tăng lên đáng kể, do đó cho phép áp lực nước lỗ rỗng tiêu tan nhanh chóng và duy trì được áp lực hữu hiệu của đất, giúp nền đất không bị hóa lỏng. Trong trường hợp khi chưa có động đất hoặc tải trọng đáng kể có thể gây hóa lỏng, cọc đá dăm cũng đóng vai trò quan trọng trong việc làm tăng độ thấm của nền, giúp nước thoát nhanh ra ngoài và đẩy nhanh quá trình cố kết khiến đất đặc chắc hơn.

Seed và Booker (1977) đã áp dụng lý thuyết đơn chiều về sự biến thiên áp lực nước lỗ rỗng để tính toán khả năng thoát nước của cọc đá dăm trong nhiều điều kiện động đất khác nhau. Các tác giả giả thiết rằng khả năng thoát nước của cọc đá dăm là hoàn hảo. Kết quả của nghiên cứu đó được thể hiện trong Hình 4. Hình vẽ thể hiện sự thay đổi của tỉ số áp lực nước lỗ rỗng (với áp lực hữu hiệu ban đầu) khi đạt giá trị lớn nhất theo thời gian (trong lúc động đất xảy ra) với các tham số điều kiện động đất khác nhau. Khi tỉ số áp lực nước lỗ rỗng đạt bằng 1, áp lực nước lỗ rỗng chính bằng áp lực hữu hiệu ban đầu của đất và áp lực hữu hiệu tại thời điểm đó bị triệt tiêu hoàn toàn, đất bị hóa lỏng. Nếu tỉ số này nhỏ hơn 1, càng nhỏ thì khả năng hóa lỏng của đất càng giảm đi. Kết quả này cũng được kiểm chứng bởi rất nhiều các nghiên cứu sau đó như của Tokimatsu và Yoshimi (1980), Onoue (1988).



Hình 4. Ảnh hưởng của đường kính và khoảng cách các cọc đến tỉ số áp lực nước lỗ rỗng

Theo một số tác giả, ngoài tác dụng thoát nước, cọc đá dăm còn có tác dụng phụ là nơi trữ nước cho nền đất. Trong thực tế, mực nước ngầm thường nằm ở một độ sâu nào đó so với mặt đất, còn còn đá dăm khi thi công thường đỉnh cọc nằm tại cao độ mặt đất, do đó, trong thân cọc, khoảng cách từ mực nước ngầm đến đỉnh cọc có một khoảng không gian đáng kể, khi xảy ra rung động, khoảng không gian đó sẽ là nơi nước trong nền đất thoát ra, mực nước ngầm trong cọc lúc đó tăng lên so với mực nước ngầm nền đất xung quanh. Việc này giúp cho áp lực nước lỗ rỗng bị tiêu tán phần nào và làm cho sự hóa lỏng của nền đất xảy ra muộn hơn so với thông thường (Pestana và nnk, 1998)

3.2. Cọc đá dăm làm chặt đất

Một đặc điểm rất quan trọng của hóa lỏng đất đó là sự hóa lỏng của đất liên quan chặt chẽ đến độ đặc chắc hay hệ số rỗng của nền đất. Thông thường, đất càng chặt, hệ số rỗng càng nhỏ thì đất đó càng khó bị hóa lỏng và ngược lại. Cùng một loại cát, khi ở trạng thái lỏng xốp, độ rỗng lớn thì có thể bị hóa lỏng,

nhưng khi cát đó được đầm chặt đến một trạng thái nào đó thì khả năng hóa lỏng giảm đi đáng kể, thậm chí hoàn toàn không hóa lỏng.

Một trong những tác dụng chính của cọc đá dăm là làm cho nền đất trở nên chặt hơn, và do đó năng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền. Khi thi công cọc đá dăm, trong quá trình tạo lỗ và đầm rung nhồi đá, đất bị nén ra xung quanh để lấy không gian cho đá dăm lèn vào. Quá trình nén đó có tác dụng làm đất chặt hơn. Ngoài ra, tác động rung của thiết bị khiến đá dăm chặt hơn đồng thời cũng tác động đến cấu trúc hạt của nền đất gốc, làm cho các hạt đó sắp xếp lại và trở nên đặc chắc hơn. Hiệu quả làm chặt đất của cọc đá dăm do vậy cũng không đồng nhất theo không gian, thông thường, khu vực đất nền xung quanh, càng gần cọc đá dăm thì sẽ càng chặt, càng xa cọc thì hiệu quả giảm dần. Hiệu quả làm chặt đất này có thể được kiểm tra dễ dàng một cách gián tiếp thông qua các thí nghiệm hiện trường.

3.3. Cọc đá dăm gia cố nền đất

Cọc đá dăm gia cố được thi công bởi vật liệu hạt thô rời, là loại vật liệu không hóa lỏng do vậy khi thay thế đất, sự có mặt của cọc đá dăm làm cho khả năng của toàn bộ nền chứa đá dăm cũng tăng lên. Cọc đá dăm thường được thi công ở những khu vực nền đất yếu, nền đất cát xốp nhạy cảm với hóa lỏng, mô đun biến dạng và độ cứng rất lớn của cọc đá dăm khiến cho nền đất được gia cố hơn và làm khả năng bị hóa lỏng của nền đất giảm đi đáng kể.

3.4. Cọc đá dăm làm thay đổi việc truyền chấn động trong nền đất

Khi xảy ra động đất hoặc khi nền đất chịu các tải trọng động, cọc đá dăm chuyển tải trọng đó từ các công trình bên trên xuống các lớp đất sâu hơn, ổn định hơn. Cơ chế truyền tải trọng này làm giảm ứng suất lên các lớp đất dễ hóa lỏng, từ đó giảm thiểu nguy cơ lún và biến dạng cũng như khả năng hóa lỏng của nền.

4. Một số dự án thực tế

Một số dự án thực tế áp dụng cọc đá dăm để cải tạo nền đất, nâng cao khả năng kháng hóa lỏng được trình bày trong Bảng 1 (Hausler và Sitar, 2001).

Bảng 1. Danh sách một số dự án áp dụng cọc đá dăm để nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền

Năm	Địa điểm xảy ra động đất	Số khu vực	Cường độ động đất (M)
2018	Vịnh Palu, Indonesia	32	7.5
2011	Christchurch, New Zealand		6.2
2001	Nisqually (Ấn Độ)		6.8
1999	Ji-Ji, Đài Loan		7.6
1999	Kocaely, Thổ Nhĩ Kỳ	5	7.4
1997	Kagoshimake Hok, Nhật Bản	1	6.3
1995	Hyogoken Nanbu (Kobe), Nhật Bản	49	6.9
1994	Sanrik Haruka Oki, Nhật Bản	3	7.5
1994	Hokkaido Toho Oki, Nhật Bản	4	8.1
1994	Northridge, California, Hoa Kỳ	5	6.7
1993	Hokkaido Nansei Oki, Nhật Bản	4	7.8
1993	Kushiro Oki, Nhật Bản	5	7.8
1989	Loma Prieta, California	12	6.9

Michell và Wentz (1991) đã nghiên cứu ứng xử của cọc đá dăm trong trận động đất tại Loma Prieta năm 1989. Họ khảo sát ba công trình xây dựng trên nền san lấp bằng cát có độ chặt thấp tới trung bình cách tâm chấn khoảng 60km bao gồm một phòng khám nha khoa, một khu vực bến tàu tại Treasure Island, và một đại lộ tại Richmond. Cả ba công trình này đều được thiết kế để có thể chịu được gia tốc địa chấn 0.35g và thực tế đã phải chịu gia tốc địa chấn 0.11g-0.15g trong trận động đất năm 1989. Theo kết quả khảo sát, không xảy ra hóa lỏng đất tại các độ sâu được gia cố bởi cọc đá dăm, tuy vậy ở các độ sâu

lớn hơn và trong khu vực xung quanh công trình không được gia cố thì có quan sát thấy hiện tượng nền đất bị đứt gãy và cát sôi cho thấy các khu vực không gia cố đã bị hóa lỏng. Trận động đất tại Loma Prieta năm 1989 thực tế có cường độ chỉ ở mức trung bình nhưng đã xảy ra hóa lỏng tại các khu vực không gia cố, có thể thấy rõ rằng với các trận động đất có cường độ lớn hơn, hóa lỏng chắc chắn sẽ xảy ra và tác dụng của cọc đá dăm trong việc nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền đất là rất rõ ràng. Các kết quả tương tự về hiệu quả gia cố nền đất của cọc đá dăm trong việc làm giảm hóa lỏng cũng được quan sát tương tự ở các trận động đất đã liệt kê trong Bảng 1.

5. Kết luận

Hóa lỏng đất là một trong những thảm họa thiên nhiên gây ra thiệt hại lớn cho con người. Nghiên cứu các biện pháp để nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền là một nội dung được các nhà khoa học chú trọng từ nhiều năm nay với kết quả nhiều biện pháp được áp dụng trong thực tế. Trong số đó, cọc đá dăm là một phương pháp có nhiều ưu điểm, không chỉ trong việc cải tạo, gia cố nền đất yếu mà còn trong nội dung làm giảm nguy cơ hóa lỏng đất của nền. Tác dụng làm giảm khả năng bị hóa lỏng đất của cọc đá dăm thể hiện ở bốn điểm:

- Cọc đá dăm đóng vai trò thoát nước nhanh.
- Cọc đá dăm làm chặt đất.
- Cọc đá dăm gia cố nền đất.
- Cọc đá dăm làm thay đổi việc truyền chấn động trong nền đất.

Trong thực tế, đã có rất nhiều công trình áp dụng cọc đá dăm để nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền, kết quả quan sát qua một số trận động đất cho thấy hiệu quả của cọc đá dăm là rất rõ rệt, nền đất tại khu vực gia cố cọc đá dăm bị hóa lỏng ít hơn đáng kể so với các khu vực không gia cố.

Lời cảm ơn

Bài báo được hoàn thành với sự giúp đỡ của đề tài B2022-MDA-04.

Tài liệu tham khảo

Barksdale, R. D, & Bachus, R. C,1983. *Design and Construction of Stone Columns* (Tech. Rep. No. FHWA/RD-83/026). Washington, DC: U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.

Datye, K. R, & Nagaraju, S. S., 1981. Design approach and field control for stone columns. In *Proceedings of the 10th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Stockholm, Sweden (Vol. 3, pp. 637-640).

E.A. Hausler, and N. Sitar, "Performance of soil improvement techniques in earthquakes", 4th *International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, San Diego, USA, March 26-31, 2001.

Engelhardt, K, & Golding, H. C., 1975. Field Testing to Evaluate Stone column Performance in a Seismic Area. *Geotechnique*, *25*(1), 61–69. doi:10.1680/ geot.1975.25.1.61

Fecon, 2024. Tham khảo từ *https://fecon.com.vn/thi-cong-coc-da*

Hayward Baker, 2004. Vibro systems. Tham khảo từ ht*p://www.HaywardBaker.com*

Hughes, J. M. O., & Withers, N. J., 1974. Reinforcing of Soft Cohesive Soils with Stone Columns. *Ground Engineering*, 7(3), 42–49

JGS. (1998).*RemedialMeasuresagainstSoilLiquefaction*. Rotterdam, The Netherlands: A.A. Balkema.

J.K. Mitchell, and F.J. Wentz, "Performance of improved ground during the Loma Prieta Earthquake", University of California, Berkeley UCB/EERC, *Report* 91/12, 1991

Madhav, M. R., Iyengar, N. G. R., Vitkar, R. P., & Nandia, A., 1979. Increased Bearing Capacity and Reduced Settlements Due to Inclusions in Soil. In *Proceedings of the International Conference on Soil Reinforcement: Reinforced Earth and Other Techniques*, Paris, France (Vol. 2, pp. 329-333)

Madhav, M. R., & Thiruselvam, K., 1988. Effect of Installation Methods on Granular Pile Response. In *Proceedings of the International Symposium on TheoryandPracticeofEarthReinforcement*, Kyushu, Japan (pp. 221-226).

Onoue, A., 1988. Diagrams considering well resistance for designing spacing ratio of gravel drains. *Soil and Foundation*, 28(3), 160–168.

Pestana, J. M., Hunt, C. E., Goughnour, R. R., & Kammerer, A. M., 1998. Effect of storage capacity on vertical drain performance in liquefiable sand deposits. In*ProceedingsoftheSecondInternational Conference on Ground Improvement Techniques*, Singapore (pp. 373-380).

Priebe, H. J., & Keller, G., 1995. Design of vibro replacement. *Ground Engineering*, 28(10), 31–37.

Seed, H. B., & Booker, J. R., 1977. Stabilization of potentially liquefiable sand deposits using gravel drains. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, *103*(7), 757–768.

TCCS 66:2015/IBST. Trụ đá đầm rung sâu – Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu.

Tokimatsu, K., & Yoshimi, Y., 1980. Effects of vertical drains on the bearing capacity of saturated sand during earthquakes. In *Proceedings of the International Conference on Engineering for Protection from Natural Disasters*, Bangkok, Thailand (pp. 643- 655).

ABSTRACT

Study on the application of stone column to improve the liquefaction resistance of the ground

Dang Quang Huy[1], Vu Minh Ngan[1], Pham Van Hung[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

Soil liquefaction is a natural disaster that causes enormous damage to human structures. Research on liquefaction mitigation techniques has therefore been focused by scientists recently. Among those methods, crushed stone pile is a method that has long been used to improve the ground. In addition, this method is also very effective in reducing the risk of soil liquefaction. This article introduces some research on stone column to improve soil liquefaction as well as the most basic features in construction and use of crushed stone piles. In addition, the article also analyzes and evaluates the application of stone column in some specific projects to improve soil liquefaction resistance.

Keywords: liquefaction; liquefaction mitigation; stone column

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Nghiên cứu một số giải pháp giảm độ lún đường đầu cầu xây dựng trên nền đất yếu

Phạm Văn Hùng[1,*], Vũ Minh Ngạn[1], Đặng Quang Huy[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Hiện tượng lún tức thời và lún theo thời gian của nền đường sau mố cầu xảy ra khá phổ biến. Xét về mặt kết cấu, mố cầu bê tông cốt thép có độ cứng lớn, nền đường đất sau mố có độ cứng nhỏ, điều này dẫn đến nền đường sau mố bị lún nhiều hơn đáng kể so với biến dạng của mố, đặc biệt là khi nền đường xây dựng trên đất yếu. Dựa vào việc phân tích, đánh giá và tổng hợp các nghiên cứu trước đây, bài báo làm sáng tỏ những nguyên nhân, hiện tượng lún và yêu cầu về độ lún của đường đầu cầu xây dựng trên nền đất yếu. Kết quả phân tích đã chỉ ra rằng độ lún đường sau mố sinh ra do nền đất yếu bị lún, bản thân nền đường bị lún, nước trong nền đất và khối đắp thoát ra, chuyển vị ngang của đất đắp do áp lực không cân bằng, tải của phương tiện giao thông. Bài báo chỉ ra ba nhóm giải pháp nhằm hạn chế độ lún của nền đường gồm nhóm giải pháp thiết kế hình học cầu và đường; nhóm giải pháp gia cố và xử lý nền đất yếu; nhóm giải pháp về cấu tạo và gia cố nền đường.

Từ khóa: đường đầu cầu; giảm độ lún; xử lý; gia cố; giải pháp

1. Tổng quan hiện tượng lún nền đường đầu cầu

Đường đầu cầu là phần đường tiếp giáp với mố cầu. Trong quá trình thiết kế, phần đường đầu cầu thường là nền đắp với chiều cao tương đối lớn. Kết cấu đường đắp và mố cầu là hai bộ phận hoàn toàn khác nhau, có sự chênh lệch rất lớn về độ cứng (Nguyễn Trung Hồng và Trần Tiến Dũng, 2013). Dưới tác dụng của tải trọng, thì độ lún của phần đường sẽ lớn hơn độ lún của phần cầu, và dẫn đến xuất hiện các điểm lún cục bộ ngay sau mố cầu. Ngoài ra, độ lún của đường đầu cầu có thể kéo dài theo thời gian (lún cố kết) do quá trình thoát nước lỗ rỗng của nền đất phía dưới (Shen và nnk, 2007).

Đã có nhiều báo cáo khảo sát và nghiên cứu trên thế giới được tiến hành để xác định rõ các nguyên nhân gây ra hiện tượng lún đoạn đường dẫn đầu cầu, từ đó đề xuất ra các giải pháp nhằm giảm thiểu và khắc phục. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng có nhiều nguyên nhân dẫn đến lún tại điểm tiếp giáp giữa cầu và đường, và độ lún của đường đầu cầu như sự cấu tạo mố cầu, chất lượng mặt đường, chiều cao và vật liệu khối đắp, lún cố kết của nền, sự xói mòn trong khối đắp.

Theo quan điểm của người lái xe, các điểm đường bị lún "điểm lún" gây nên một số bất lợi chủ yếu như: làm cho người lái xe cảm thấy không thoải mái và đôi khi căng thẳng; phương tiện nhanh hư hỏng và giảm tuổi thọ. Ngoài ra, các điểm lún có thể làm cho người lái xe bị mất lái gây ra các tai nạn giao thông. Khi đánh giá mức độ ảnh hưởng của điểm lún, chiều sâu và phạm vi của các điểm lún có thể gây ra tác hại theo từng cấp nhất định. Ngoài ra, điểm lún làm ảnh hưởng đến dòng giao thông và làm gián đoạn khi cần tiến hành duy tu sửa chữa.

Lún sâu với diện rộng trên các đoạn đường đầu cầu bắt gặp khá phổ biến trong lĩnh vực giao thông đường bộ và đường sắt, đặc biệt là đường ô tô đắp trên đất yếu. Ở nước ta, nhiều đoạn đường đầu cầu đưa vào khai thác trong thời gian ngắn đã bộc lộ hiện tượng lún tức thời và lún theo thời gian. Đặc biệt phải kể đến các dự án đường Pháp Vân - Cầu Giẽ, Láng - Hòa Lạc, cầu Vĩnh Tuy (Thành phố Hà Nội), cầu Văn Thánh 2 (Thành phố Hồ Chí Minh), Quốc lộ 10, Dự án Quốc lộ 1A tránh Thành phố Thanh Hóa, nhiều đoạn đường đầu cầu trên các tuyến đường ở đồng bằng sông Cửu Long... Những giải pháp sửa chữa chỉ mang tính chất tình thế, như bù lún mặt đường bằng các lớp vật liệu mặt đường, đào bóc lu lèn và gia cố mái dốc, mà chưa xử lý dứt điểm tình trạng trên (Ngô Thanh Sơn, 2015).

Trong thực tế xây dựng, hầu hết các dự án xây dựng nền đường đầu cầu đều tiến hành trên các lớp đất yếu, là loại đất có sức chịu tải thấp, biến dạng nhiều. Đất yếu sẽ không có khả năng chịu được tải trọng đặt trên nó, và phát sinh độ lún rất lớn.

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamvanhung@humg.edu.vn

Căn cứ vào phân tích như trên cho thấy rằng nghiên cứu một số giải pháp nhằm hạn chế độ lún đường đầu cầu xây dựng trên nền đất yếu là cần thiết. Bài báo sẽ tập trung phân tích một số nhóm giải pháp liên quan đến cấu tạo hình học nền đường, vật liệu đắp nền đường, các giải pháp xử lý và gia cố nền đất phía dưới nền đường. Bên cạnh đó, hiệu quả của phương pháp sử dụng lưới địa kỹ thuật gia cố nền đường trên nền cọc cứng, bán cứng gia cố nền đất yếu được tập trung làm sáng tỏ.

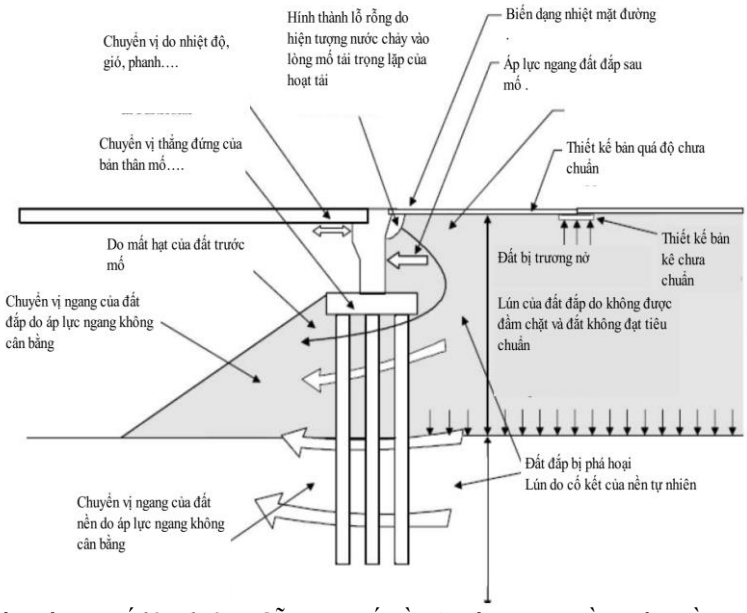
2. Nguyên nhân gây ra lún đường đầu cầu và yêu cầu

2.1. Nguyên nhân gây ra lún đường đầu cầu

Hiện tượng lún đường dẫn sau mố là sự cố có tính phổ biến và rất phức tạp. Bản chất của vấn đề là mối quan hệ tương tác giữa hệ hai kết cấu: kết cấu mố cầu có độ cứng lớn, biến dạng nhỏ và đường đầu cầu có độ cứng nhỏ và độ lún nhiều, đặc biệt khi đường đầu cầu trên nền đất yếu. Ngô Trung Hồng và Trần Tiến Dũng (2013) đã nghiên cứu các dạng phá hủy nền đường đầu cầu và chỉ ra một số nguyên nhân, bao gồm:

- Nền đất phía dưới nền đường đắp chưa được xử lý đúng cách;
- Nền đất và khối đắp đường đầu cầu lún cố kết theo thời gian;
- Tải trọng là tần suất tác dụng của tải trọng xe trên đường vượt quá số liệu thiết kế;
- Điều kiện thủy văn: chế độ dòng chảy, mực nước thường xuyên, và sự thay đổi của mực nước;
- Công tác đầm nén đất đắp đường đầu cầu không đạt yêu cầu;
- Hệ thống thoát nước đường đầu cầu cấu tạo chưa tốt dẫn đến hiện tượng xói mòn và hình thành lỗ rỗng;
- Gối cầu và khe co giãn bị hỏng làm kết cầu mố cầu, dầm cầu và mặt cầu bị chuyển vị.
- Do lựa chọn loại mố và móng mố không hợp lý, thiết kế kết cấu mố cầu và bản quá độ không đảm bảo.

Các nguyên nhân nêu trên được minh họa trong hình 1.



Hình 1. Nguyên nhân gây sự cố lún đường dẫn sau mố cầu (Ngô Trung Hồng và Trần Tiến Dũng, 2013),

Có thể thấy rằng các nguyên nhân có thể xuất phát từ quá trình thiết kế, thi công, khai thác sử dụng hoặc do quá trình tự nhiên. Các nguyên nhân phát sinh trong quá trình thiết kế và thi công cần phải được xem xét thật kỹ lưỡng để đưa ra các giải pháp thiết kế và thi công phù hợp.

2.2. Yêu cầu về độ lún của nền đường đắp trên đất yếu

Phần lún còn lại khi thi công xong kết cấu áo đường phải ở dưới mức cho phép (*yêu cầu về biến dạng*). Theo tiêu chuẩn thiết kế TCCS 41:2022/TCĐBVN "Tiêu chuẩn khảo sát, thiết kế nền đường ô tô đắp trên nền đất yếu" phần độ lún còn lại được quy định như trong bảng 1.

Bảng 1. Độ lún còn lại của nền đường theo TCCS 41:2022/TCĐBVN

Cấp hạng đường và loại tầng mặt kết cấu áo đường	Vị trí đoạn nền đắp trên đất yếu		
	Gần mố cầu	Chỗ có cống hoặc cống chui	Các đoạn nền đắp thông thường
Đường cao tốc và các đường có vận tốc thiết kế lớn hơn hoặc bằng 80 Km/h	≤ 10cm	≤ 20cm	≤ 30cm

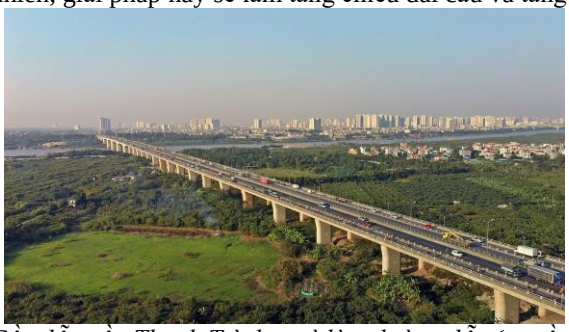
Cấp hạng đường và loại tầng mặt kết cấu áo đường	Vị trí đoạn nền đắp trên đất yếu		
	Gần mố cầu	Chỗ có cống hoặc cống chui	Các đoạn nền đắp thông thường
Đường cấp 60 trở xuống có tầng mặt cấp cao A1	≤ 20cm	≤ 30cm	≤ 40cm

Theo kết quả từ bảng 1, ta nhận thấy rằng, yêu cầu về độ lún của nền đường đầu cầu cao hơn so với các vị trí tiếp giáp khác hoặc đối với nền đường thông thường. Độ lún cho phép bằng 10 cm với đường ô tô có tốc độ thiết kế lớn hơn 60 km/h, và bằng 20 cm với đường cấp 60 trở xuống có tầng mặt cấp cao A1.

3. Các giải pháp nhằm giảm độ lún của nền đường đầu cầu đắp trên nền đất yếu

3.1. Các giải pháp thiết kế hình học cầu và đường

Trong hầu hết các dự án thiết kế cầu, cao độ thiết kế cầu thường cao và bị khống chế bởi một số yếu tố như đảm bảo chiều cao thông thuyền và các yếu tố tầm nhìn và thoát nước dọc cầu. Do vậy mà cao độ thiết kế nền đường đắp đầu cầu cũng thường là đắp cao, thông thường từ 6 m trở lên. Khi thiết kế cầu và đường, thay vì làm đường đầu cầu có chiều cao đắp lớn, có thể làm cầu dẫn kéo dài ra cho đến vị trí chiều cao đắp thấp mới tiến hành xây dựng mố cầu và đường đầu cầu (Hình 2). Theo Quyết định số 3095/QĐ-BGTVT, chiều cao đất đắp sau mố cầu, cạnh cống nên chọn nhỏ hơn 6m đối với vị trí không có đất yếu và nhỏ hơn 4m tại vị trí đất yếu. Tuy nhiên, giải pháp này sẽ làm tăng chiều dài cầu và tăng chi phí xây dựng.



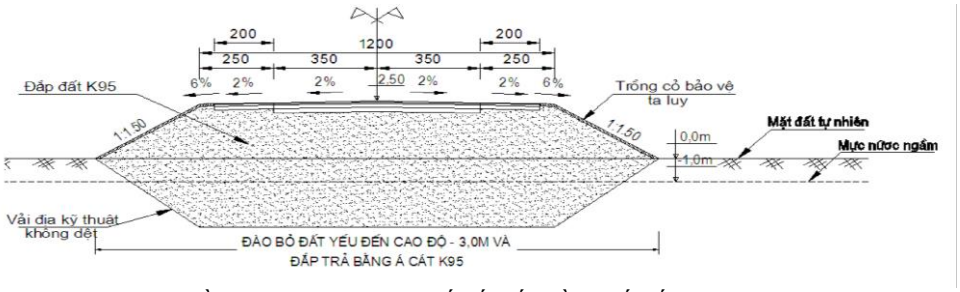
Hình 2. Cầu dẫn cầu Thanh Trì thay vì làm đường dẫn (nguồn internet)

3.2. Các giải pháp gia cố và xử lý đất yếu

Khi xây dựng nền đường trên nền đất yếu, gây ra tải trọng bản thân và tải trọng xe cộ tác dụng xuống dưới nền đất yếu. Bản thân của nền đất yếu có sức chịu tải thấp, tính nén lún cao và độ rỗng và độ bão hòa nước rất cao. Do đó, để công trình nền và mặt đường ổn định khi xây dựng trên nền đất yếu, thì công tác gia cố và xử lý nền đất yếu là hết sức cần thiết, hiện nay ở trên thế giới và tại Việt Nam sử dụng phổ biến một số phương pháp sau:

3.2.1. Phương pháp thay thế đất yếu bằng đất tốt

Phương pháp thay thế đất yếu bằng đất tốt thực chất là biện pháp thay hoàn toàn hoặc một phần lớp đất yếu trên cùng bằng lớp cát sỏi được đầm chặt (Hình 3). Theo phương pháp này, toàn bộ hay một phần lớp đất yếu được đào bỏ, vận chuyển đổ đi và sau đó tiến hành đắp đất tốt theo lớp và đầm nén đến cao độ mặt nền tự nhiên. Trong thực tế, để gia cường phần đất thay thế, người ta thường sử dụng kết hợp với các loại lưới địa kỹ thuật hoặc vải địa kỹ thuật. Do đó, sức chịu tải phần đất được thay thế nằm dưới đáy móng sẽ được tăng sức chịu tải, độ chặt cao và giảm được độ lún. Phương pháp thay đất yếu bằng đất tốt được xem là phương pháp thi công đơn giản, rẻ tiền và hiệu quả cao. Tuy nhiên, phương pháp thay thế đất yếu bằng đất tốt phù hợp khi gia cố và xử lý nền đất yếu có chiều dày không lớn (thường dưới 5 m), và tải trọng công trình phía bên trên là nhỏ và vừa.

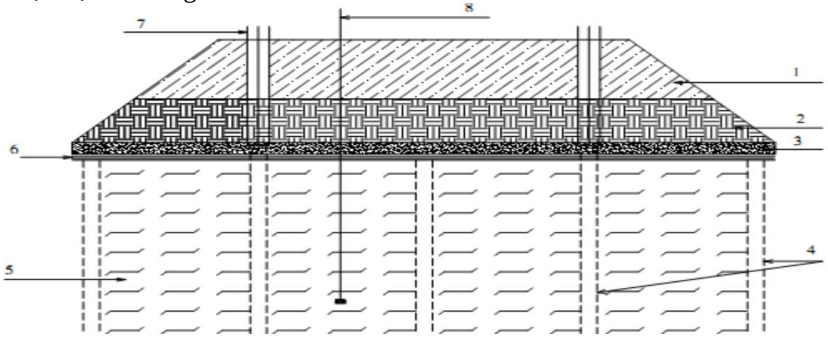


Hình 3. Sơ đồ phương pháp thay thế đất yếu bằng đất tốt (Vũ Duy Tân, 2017)

3.2.2. Phương pháp thoát nước thẳng đứng bằng bấc thấm (PVD) kết hợp với gia tải trước

Phương pháp bấc thấm kết hợp với gia tải trước sử dụng bấc thấm làm bộ phận thoát nước theo phương thẳng đứng và kết hợp với gia tải trước bằng khối đất đắp hoặc các khối bê tông bên trên (Hình 4). Trong quá trình xử lý nền đất yếu, nước trong đất được thoát ra nhờ bấc thấm, lực nén gia tải bên trên làm cho nước thoát nhanh hơn và đất được đặc chắc hơn, nhờ đó mà tăng độ lún cố kết và tăng áp lực tiền cố kết. Ngoài ra, khi chiều dày đường thấm lớn hoặc đất có độ thấm rất nhỏ, đường thấm thẳng đứng có thể được bố trí các đường thoát đứng với mật độ dày, hoặc kết hợp với các thiết bị cố kết thoát nước ngang.

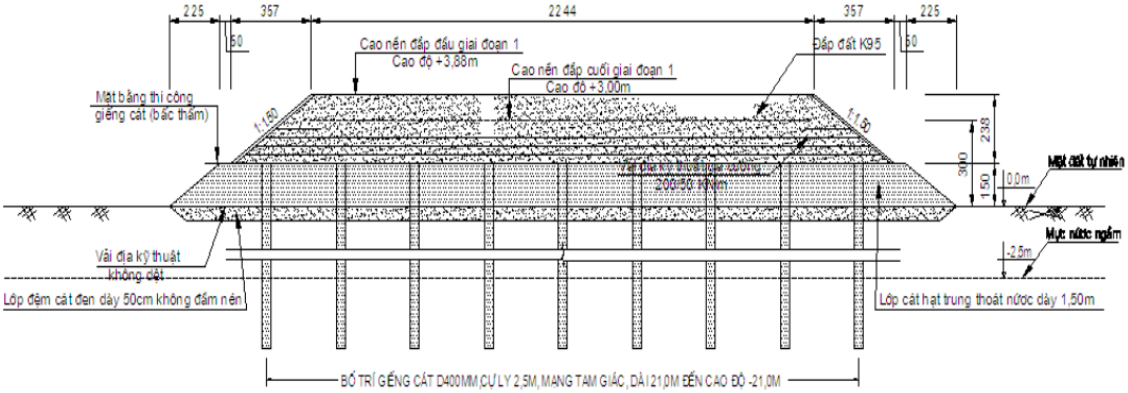
Nghiên cứu về sử dụng phương pháp bấc thấm gia cố nền đất yếu khu vực thành phố Hải Phòng, (Vũ Duy Tân, 2017) chỉ ra rằng phương pháp xử lý nền đất yếu bằng bấc thấm kết hợp với gia tải trước có công nghệ thi công đơn giản, chi phí rẻ và xử lý được lớp đất yếu dày và nằm sâu, nên đã được sử dụng rất phổ biến trong các dự án đường giao thông, đê thủy lợi, đê biển ở nước ta và các nước trên thế giới. Tuy nhiên, phương pháp thoát nước cố kết cần phải kết hợp với gia tải trước và cần thời gian nhất định để thoát nước cố kết, và đạt được độ lún mong muốn.



Hình 4. Xử lý nền đường bằng bấc thấm: (a) Bố trí bấc thấm trên mặt cắt ngang, trong đó 1) Phần đắp gia tải nén trước; 2) Nền đắp; 3) Đệm cát; 4) Bấc thấm; 5) Nền đất yếu; 6) Vải địa kỹ thuật; 7) Mốc đo lún; 8) Thiết bị đo áp lực nước lỗ rỗng (Vũ Duy Tân, 2017)

3.2.3. Phương pháp gia cố bằng cọc vật liệu rời

Phương pháp xử lý nền đất yếu bằng cọc vật liệu dạng hạt (cát, đá dăm) là một trong những phương pháp gia cố nền đất yếu bằng cơ học, thiết bị khoan rung đến chiều sâu thiết kế, sau tiến hành nhồi vật liệu vào lỗ khoan. Cọc vật liệu rời không phải là một bộ phận của kết cấu móng, không tiếp nhận và truyền tải trọng xuống nền đất như những loại cọc cứng khác, cọc cát chỉ tiếp nhận một phần tải trọng truyền xuống nền đất, nhiệm vụ chính của cọc vật liệu rời là lèn chặt và thoát nước cho nền đất, làm tăng sức chịu tải cho nền. Trong thực tế áp dụng, phương pháp cọc vật liệu rời thường kết hợp với việc gia cường nền đắp bằng vải địa kỹ thuật và lớp đệm cát mỏng dưới đáy nền đường (Hình 5) (Ngô Thị Thanh Hương, 2020).



Hình 5. Phương pháp gia cố nền bằng cọc cát (Vũ Duy Tân, 2017)

3.2.4. Phương pháp gia cố bằng cọc đất xi măng

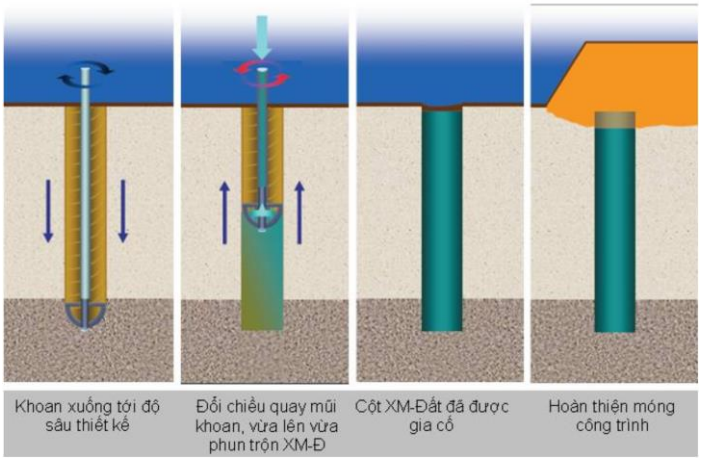
Cọc xi măng đất bản chất là hỗn hợp giữa đất nguyên trạng nơi gia cố và xi măng được phun xuống nền đất bởi thiết bị khoan phun. Mũi khoan được khoan xuống làm tơi đất cho đến khi đạt độ sâu lớp đất cần gia cố thì quay ngược lại và dịch chuyển lên. Trong quá trình dịch chuyển lên, xi măng được bơm phun vào nền đất (bằng áp lực khí nén đối với hỗn hợp khô hoặc bằng bơm vữa đối với hỗn hợp dạng vữa ướt)

(Hình 6). Ở Việt Nam hiện nay phổ biến hai công nghệ thi công cọc xi măng đất là công nghệ trộn khô (Dry Jet Mixing) và công nghệ trộn ướt (wet mixing hay jet-grouting). Mỗi công nghệ sẽ có thiết bị và dây chuyền thi công phù hợp khác nhau. Nhờ công nghệ thi công hiện đại, thời gian thi công được rút ngắn, tăng cường rất đáng kể được sức chịu tải của nền, giảm độ lún, phương pháp gia cố đất yếu bằng cọc đất xi măng mang lại hiệu quả kinh tế cao trong việc gia cố các công trình đường ô tô cao tốc, đường có xe tải nặng và chiều dày đất yếu lớn (Phạm Anh Tuấn và Đỗ Hữu Đạo, 2015).

3.3. Các giải pháp về nền đường

3.3.1. Phương pháp đắp bằng vật liệu nhẹ, có cường độ cao

Vật liệu nhẹ địa kỹ thuật từ nhựa tổng hợp Expended Poly Styrene (EPS) được sáng chế bởi Fritz Stastny năm 1949 và áp dụng chính thức trong dự án xây dựng trong năm 1952. Nhựa tổng hợp EPS là sự kết hợp từ styrene và chất tạo bọt pentan. Cả styrene và pentan là các hydrocacbon tinh khiết. EPS có trọng lượng thể tích nhỏ, từ vào khoảng 12÷50 kg/m^3, bằng khoảng 1/40÷1/165 trọng lượng thể tích đất đắp nền đường thông thường. Sử dụng vật liệu EPS để thay để vật liệu đắp sẽ làm giảm trọng lượng bản thân của khối đắp tác dụng xuống nền đất (Hình 7). Công nghệ vật liệu EPS đã được áp dụng tại một số nước Bắc Mỹ, Bắc Âu, Tây Âu, Đông Nam Á và Nhật Bản. Nghiên cứu của Nguyễn Đức Mạnh và nnk 2022 chỉ ra rằng sử dụng các tấm EPS để thay thế vật liệu đắp truyền thống có thể giảm độ lún, tăng ổn định tổng thể và ổn định cục bộ của khối đắp xây dựng trên đất yếu.



Hình 6. Công nghệ thi công cọc xi măng - đất



Hình 7. Sử dụng vật liệu nhẹ địa kỹ thuật EPS đắp nền đường thay đắp đất truyền thống (Nguyễn Đức Mạnh và nnk, 2022)

3.3.2. Phương pháp gia cố nền đường bằng lưới địa kỹ thuật

Vải địa kỹ thuật không dệt được cấu tạo từ những sợi ngắn, sợi dài liên tục không theo một hướng nhất định nào đó. Sản phẩm được liên kết với nhau bằng phương pháp dùng chất dính, hoặc nhiệt, cơ. Vải địa kỹ thuật được ứng dụng trong các công trình địa kỹ thuật có chức năng sức kháng chọc thủng cao, kết hợp tối ưu cường độ chịu kéo và độ giãn lớn. Việc sử dụng vải địa kỹ thuật để xử lý nền đất yếu. Nhằm giúp hạn chế tối đa nguy cơ tiềm ẩn gây nguy hiểm cho giao thông công cộng.



Hình 8. Nền đường đắp gia cố bằng vải ĐKT: a) gia cố 1 lớp vải; b) gia cố nhiều lớp vải

Sử dụng một hoặc nhiều lớp vải địa kỹ thuật gia cố đáy nền đường có làm tăng khả năng chịu kéo của đáy nền đường; làm tăng diện tích truyền tải trọng và do đó giảm được ứng suất tác dụng xuống dưới nền đất yếu; tăng cường ổn định của nền đường (Hình 8). Ngoài ra, sử dụng vải địa kỹ thuật giúp cho quá trình thoát nước trong nền nhanh hơn, tránh các hạt cát, hạt sét hay hạt bụi lẫn trong nước thoát ra ngoài.

4. Kết luận

Dựa vào nghiên cứu nguyên nhân và hiện tượng lún đường đầu cầu, một số nhóm giải pháp giảm độ lún đường đầu cầu đã được đề xuất:

Nhóm giải pháp thiết kế hình học cầu và đường như giảm chiều cao thiết kế của đường đầu bằng cách kéo dài phạm vi thiết kế cầu hoặc sử dụng các phương án cầu có chiều cao tại mố thấp. Phương án này phù hợp với các cầu quy mô nhỏ, và không yêu cầu chiều cao thông thuyền, và chi phí lớn.

Nhóm giải pháp gia cố và xử lý nền đất yếu là nhóm giải pháp xử dụng phổ biến, dễ làm và rẻ tiền. Tuy nhiên trong nhóm giải pháp này cũng có rất nhiều phương pháp, việc lựa chọn được phương pháp tối ưu cần phải căn cứ vào một số điều kiện về tải trọng công trình, cấu trúc nền đất yếu, máy móc thiết bị phục vụ thi công và điều kiện nguyên vật liệu địa phương.

Nhóm giải pháp cấu tạo và gia cố nền đường gồm sử dụng các loại vật liệu nhẹ để đắp nền đường, giải pháp gia cố nền đường bằng các lớp lưới vải hoặc lưới địa kỹ thuật. Tuy nhiên các giải pháp này cũng cần phải xem xét và kiểm tra độ lún cố kết theo thời gian.

Tài liệu tham khảo

Bộ Giao thông vận tải, 2013. *Quyết định 3095/QĐ-BGTVT: "Quy định tạm thời giải pháp kỹ thuật công nghệ đối với đoạn chuyển tiếp giữa đường và cầu (cống) trên đường ô tô"*.

Bộ Giao thông vận tải, 2022. *TCCS 41:2022: "Tiêu chuẩn khảo sát, thiết kế nền đường ô tô trên nền đất yếu"*.

Nguyễn Trung Hồng, Trần Tiến Dũng, 2013. Nguyên nhân lún lệch giữa cầu và đường yêu cầu thiết kế đoạn chuyển tiếp. *Thông tin tư vấn thiết kế Viện tư vấn thiết kế, Bộ Giao thông vận tải*, Quý 2, 2013, trang 38-43.

Ngô Thị Thanh Hương, 2020. Dự đoán lún của nền đường đầu cầu trên đất yếu gia cố bằng cọc cát đầm chặt. *Tạp chí Địa kỹ thuật*, số 3 năm 2020, trang 75-81.

Nguyễn Đức Mạnh, Lê Anh Đức, Nguyễn Đình Dũng, 2022. EPS - Giải pháp mới ứng phó với nền đường bị sụt trượt, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam* (online).

Shen, S.L., Hong, Z.S., and Xu Y.S., 2007. Reducing differential settlements of approach embankments, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Geotechnical Engineering*, 160(4), pp. 215-226.

Ngô Thanh Sơn, 2015. *Nghiên cứu giải pháp xử lý đường đầu cầu trên nền đất yếu*. Luận văn Thạc sỹ, Trường Đại học xây dựng, 88 trang.

Vũ Duy Tân, 2017. *Nghiên cứu bấc thấm thoát nước để gia cố nền đất yếu cho nền đường bộ tại thành phố Hải Phòng*. Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Trường Đại học dân lập Hải Phòng

Phạm Anh Tuấn, Đỗ Hữu Đạo, 2015. Nghiên cứu sơ đồ hợp lý cho hệ cọc đất xi măng có gia cường vải địa kỹ thuật dưới nền đường đắp cao. *Hội nghị Cơ học kỹ thuật toàn quốc*, ngày 3-5 tháng 8 năm 2015, trang 551-558.

ABSTRACT

Research on solutions to reduce settlement of approaching road on soft soil

Pham Van Hung[1,*], Vu Minh Ngan[1], Dang Quang Huy[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

The phenomenon of immediate and consolidation settlements of the approaching road embankment occurs rather commonly. In terms of structure, while the reinforced concrete bridge abutment has high stiffness, the approaching road has low stiffness and its embankment settlement is significantly greater than the abutment deformation, especially when the embankment is contructed on soft soil. Based on the analysis, evaluation and synthesis of previous studies, the paper clarifies the causes, phenomena and the required value of settlements as the approaching road built on soft soil. The analysis results have shown that the total settlement is caused by the themselves soft soil and embankment settlements, the drainage mechanism away from the soils and the embankment, the horizontal displacement of the embankment due to unbalanced pressure and the traffic loading. The article figures out the three solution groups to reduce the approaching road settlement including the geometric design soft soil improvement method and structure and reinforcement of embankment.

Keywords: approaching road; settlement reduction; improvement; reinforcement; solution

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Nghiên cứu phương pháp tính toán sức chịu tải và độ lún nền đường đắp trên nền đất yếu gia cố bằng cọc đất xi măng

Phạm Văn Hùng[1,*]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Việc lựa chọn phương pháp gia cố hay cải tạo nền phụ thuộc vào loại công trình xây dựng, cấu trúc nền và tính chất cơ lý của loại đất. Phương pháp cọc đất xi măng gia cố nền đất yếu là phương pháp thi công đơn giản, tận dụng vật liệu địa phương, làm tăng đáng kể sức chịu tải của nền. Phương pháp đã được áp dụng phổ biến trong các dự án xây dựng đường giao thông. Tuy nhiên, các nghiên cứu về phương pháp thiết kế và kiểm toán sức chịu vẫn còn khá hạn chế và chưa đầy đủ. Bài báo sử dụng phương pháp lý thuyết kết hợp với phương pháp giải tích nhằm làm sáng tỏ phương pháp kiểm toán sức chịu tải và độ lún của nền đường đắp trên nền đất yếu gia cố bằng cọc đất xi măng. Số liệu địa chất được điều tra tại dự án đường cao tốc Châu Đốc - Cần Thơ - Sóc Trăng. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, khi sử dụng cọc đất xi măng có đường kính bằng 0,6 m, bố trí lưới hình vuông cạnh bằng 2m, ứng suất tác dụng xuống nền đất yếu bằng 82,06 kN/m^2 nhỏ hơn sức chịu tải cho phép bằng 84,37kN/m^2, nền đảm bảo điều kiện chịu lực. Theo phương pháp nền hỗn hợp, độ lún của khối đất gia cố tính được bằng xấp xỉ 23cm.

Từ khóa: nền đường; cọc đất xi măng; sức chịu tải; đất yếu; độ lún

1. Đặt vấn đề

Trong khoảng hai thập kỷ gần đây, công nghệ đất trộn sâu (CDM) đã được áp dụng khá phổ biến tại các dự án ở nước ta. Dựa theo công nghệ cắt đất, phương pháp đưa chất kết dính vào đất và trộn hỗn hợp đất-xi măng, người ta chia làm phương pháp trộn cơ và phương pháp jet-grounting. Trong phương pháp trộn cơ, đất được cắt bằng cánh cắt gắn tại đầu cần khoan, chất kết dính được bơm ra tại đầu mũi khoan, đất trộn vữa xi măng bằng cánh trộn. Phương pháp jet-grouting, đất được cắt bằng các loại tia có áp lực cao. Tùy thuộc vào công nghệ cắt đất bằng tia vữa (1 pha), hay cả vữa và khí (2 pha) hoặc cả vữa, khí và nước (3 pha), các tia vữa, khí và nước áp lực cao có tác dụng cắt đất và đưa chất kết dính vào trong đất để tạo ra vật liệu ĐXM. Cọc đất xi măng (ĐXM) dần hình thành nhờ quá trình rút cần khoan lên (Phùng Vĩnh An, 2012).

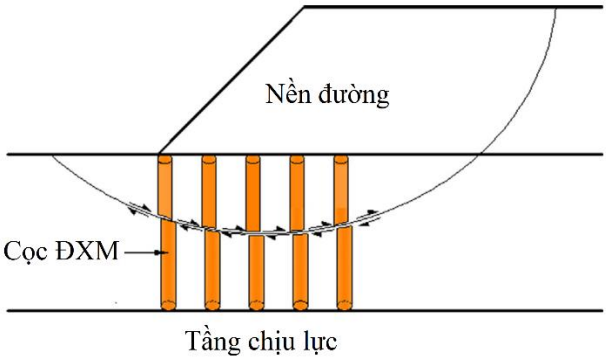
Hiện nay, nhờ có hướng dẫn thiết kế đầy đủ, công nghệ thi công đơn giản, thời gian thi công được rút ngắn, tận dụng được nguồn nguyên vật liệu tại chỗ, nâng cao được sức chịu tải của nền, giảm độ lún lệch và tổng độ lún, công nghệ cọc ĐXM đã được áp dụng hầu hết ở các nước trên thế giới. Bên cạnh đó, ở nước ta công nghệ cọc ĐXM đã được ứng dụng lần đầu tiên từ những năm 1990, và từ đó đến nay đã được sử dụng tương đối phổ biến trong các dự án xây dựng hạ tầng cơ sở, dân dụng và công nghiệp, phải kể đến các dự án về gia cố nền đất yếu đường ô tô cao tốc, ổn định mái dốc, gia cố nền bể chứa, gia cố nền đập, làm tường ngăn nước ngầm…

Các phương pháp thiết kế hiện tại cho nền đường trên nền đất yếu được gia cố bằng cọc ĐXM đã xem xét các điều kiện về đảm bảo sức chịu tải của nền đất, đảm bảo độ lún và đảm bảo điều kiện ổn định tổng thể (Hình 1) (Chai và nnk, 2017). Ở Việt Nam, tiêu chuẩn về thiết kế và thi công cọc ĐXM TCXDVN 385:2006 và TCVN 9403-2012 đã được ban hành. Tiêu chuẩn đã quy định về yêu cầu khảo sát - thí nghiệm, thiết kế, thi công và nghiệm thu cọc ĐXM. Tuy nhiên, các tiêu chuẩn thiết kế này vẫn còn tồn tại một số mặt hạn chế như chưa đưa ra phương pháp kiểm tra điều kiện về sức chịu tải của nền đất yếu và cọc ĐXM, phương pháp dự báo độ lún cố kết theo thời gian của khối đất gia cố, chưa kiến nghị nên sử dụng phương pháp tính toán theo quan điểm "nền hỗn hợp" hay quan điểm "cọc chịu lực". Để cải tiến phương án thiết kế trong TCXDVN 385:2006, nghiên cứu của Phùng Vĩnh An (2012) đã kiến nghị một số nội dung nhằm cải tiến phương pháp tính toán thiết kế cọc ĐXM như các thông số nền hỗn hợp nên được tách rời theo ba thành phần: mô đun đàn hồi, góc ma sát trong và lực dính đơn vị; mô đun biến dạng nền E_s nên lấy theo

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamvanhung@humg.edu.vn

các giá trị khảo sát; và bổ sung công thức tính toán mật độ gia cố cọc. Tuy nhiên, các nội dung về thiết kế về sức chịu tải và độ cún vẫn chưa được đề cập cụ thể.

Qua phân tích tổng quan về công nghệ và phương pháp tính toán cọc ĐXM, việc thực hiện nghiên cứu tính toán sức chịu tải và độ lún nền đường đắp trên nền đất yếu gia cố bằng cọc ĐXM là cần thiết, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn. Bài báo sẽ làm sáng tỏ các nội dung thiết kế kiểm tra về sức chịu tải cũng như độ lún của khối đất gia cố. Ngoài ra, nghiên cứu cũng sẽ trình bày phương pháp thiết kế cho một mặt cắt điển hình tại dự án đường cao tốc Châu Đốc - Cần Thơ - Sóc Trăng.



Hình 1. Hình thành mặt trượt hệ nền đường đắp trên đất yếu gia cố bằng cọc ĐXM (Chai và nnk, 2017)

2. Phương pháp tính toán và trình tự thiết kế cọc ĐXM

2.1. Phương pháp tính toán

Khi tính toán thiết kế nền đường đắp trên nền đất yếu, dưới tác dụng của tải trọng đứng và áp lực tác dụng theo phương ngang do sự hình thành các khối trượt, trong nền đất yếu gia cố bằng cọc ĐXM có những quan điểm khác nhau trong việc xem xét sự làm việc của hệ cọc nền. Hiện nay, các tiêu chuẩn tính toán dựa trên 3 quan điểm chủ yếu: quan điểm cọc ĐXM làm việc như cọc, quan điểm tính toán nền hỗn hợp và quan điểm tính toán kết hợp (Trịnh Ngọc Anh, 2017).

2.1.1. Quan điểm cọc ĐXM làm việc như cọc

Nền đất chứa nhiều cát và với trình độ thi công đảm bảo, lượng xi măng trộn vào nền với tỷ lượng lớn, cọc ĐXM có thể đạt cường độ cao hơn nhiều so với nền đất xung quanh nên có thể xem các cọc ĐXM như cọc cứng để tính toán. Sức chịu tải của nền gia cố được xác định bằng tổng sức chịu tải của cọc và sức chịu tải của phần nền xung quanh cọc. Độ lún của nền được xác định dựa vào độ lún của hệ cọc – nền và độ lún phần đất phía dưới chưa gia cố.

2.1.2. Quan điểm tính toán nền đất hỗn hợp

Quan điểm tính toán theo nền hỗn hợp cho rằng khi chịu tải trọng khối nền gia cố gồm cọc ĐXM và nền đất quanh cọc được xem như một nền đồng nhất với các chỉ tiêu cơ học tương đương, gồm $\varphi_{tđ}$, $c_{tđ}$, $E_{tđ}$, chúng được tính toán từ các thông số cơ học của nền đất xung quanh cọc (φ_s, c_s, E_s) và thông số cơ học của vật liệu cọc (φ_p, c_p, E_p). Công thức xác định các chỉ tiêu cơ học tương đương của khối nền hỗn hợp được xác định theo công thức (1), (2), (3) trong nghiên cứu của tác giả Phùng Vĩnh An (2012).

$$c_{tđ} = ac_p + (1-a)c_s \quad (1)$$

$$\varphi_{tđ} = a\varphi_p + (1-a)\varphi_s \quad (2)$$

$$E_{tđ} = aE_p + (1-a)E_s \quad (3)$$

Trong đó: a - tỷ lệ giữa diện tích cọc ĐXM (A_p) trên diện tích nền hỗn hợp được gia cố tương ứng (A), $a = A_p/A$.

Theo phương pháp tính này, bài toán gia cố đất cần kiểm tra hai tiêu chuẩn:

- Tiêu chuẩn về cường độ: $\varphi_{tđ}$, $c_{tđ}$ của nền hỗn hợp phải thỏa mãn sức chịu tải dưới tác dụng của tải trọng công trình.
- Tiêu chuẩn biến dạng: tổng độ lún của nền đất gồm nền hỗn hợp và nền không gia cố phải thỏa mãn điều kiện độ lún cho phép.

2.1.3. Quan điểm tính toán kết hợp

Quan điểm tính toán kết hợp kiến nghị rằng khi tính toán sức chịu tải thì tính toán như tính toán với cọc, khi tính toán biến dạng thì tính toán theo quan điểm nền hỗn hợp.

2.2. Trình tự thiết kế

2.2.1. Kiểm toán sức chịu tải của nền đất

Dựa vào các số liệu khảo sát khi thi công, các nghiên cứu đã chỉ ra rằng cường độ vật liệu của cọc thường không quá lớn (từ 100 đến 1000 kPa), nên quan điểm tính toán "cọc chịu lực" của cọc cứng là chưa được hợp lý, kết quả tính toán theo quan điểm "nền hỗn hợp" mang lại kết quả phù hợp hơn. Quan điểm tính toán "nền hỗn hợp" cũng đã được đề cập trong tiêu chuẩn TCVN 9403-2012.

Sau khi nền đất yếu được xử lý bằng cọc ĐXM, áp lực phân bố tác dụng lên đầu cọc (σ_p) và nền đất yếu xung quanh (σ_s) xác định theo công thức (6) và (7):

$$\sigma_p = \frac{p}{\left[a + \frac{E_s}{E_p}(1-a)\right]} \quad (6)$$

$$\sigma_s = \frac{\sigma_p E_s}{E_p} \quad (7)$$

Trong đó: p - tổng tải trọng phân bố tính đến cao độ đỉnh cọc; E_s - mô đun biến dạng của nền đất xung quanh cọc ĐXM; E_p - mô đun biến dạng của cọc ĐXM.

Sức chịu tải của nền đất xung quanh cọc ĐXM xác định trong AASHTO (1996) theo công thức (8).

$$q_a = \frac{1}{FS}\left(0{,}5B\gamma N_\gamma + cN_c + \gamma h N_q\right) \quad (8)$$

Trong đó: γ - trọng lượng thể tích tự nhiên của nền đất; B - chiều rộng móng quy ước; h - chiều sâu đáy móng quy ước; N_γ , N_q, N_c - các hệ số phụ thuộc góc ma sát trong của đất; c là lực dính đơn vị của đất; FS - hệ số an toàn, trong thiết kế FS lấy bằng 2,5.

Kết quả kiểm toán sức chịu tải nền đất sau khi xử lý, áp lực phân bố tác dụng lên đầu cọc và nền đất xung quanh phải nhỏ hơn cường độ kháng nén thiết kế của cọc và sức chịu tải của nền đất.

2.2.2. Kiểm toán lún của nền đất

Độ lún tổng (S) của nền đất được xác định bằng tổng độ lún của khối gia cố cọc xi măng (S_1) và độ lún của nền đất dưới khối gia cố (S_2) (hình 2) theo công thức (9):

$$S = S_1 + S_2 \quad (9)$$

Trong đó: S_1 - độ lún của khối gia cố cọc ĐXM; S_2 - độ lún của nền đất phía dưới.

- Độ lún S_1 của khối gia cố cọc ĐXM được tính theo công thức (10):

$$S_1 = \frac{pH}{E_{t\text{đ}}} = \frac{pH}{aE_p + (1-a)E_s} \quad (10)$$

Trong đó: p - tải trọng công trình truyền lên khối gia cố; H là chiều sâu khối gia cố; E_p - mô đun đàn hồi của vật liệu cọc, $E_p = (50 \div 100)C_p$ với C_p - sức kháng cắt của vật liệu cọc; E_s - mô đun biến dạng của đất nền giữa các cọc, $E_s = 250C_u$, với C_u - sức kháng cắt không thoát nước của đất nền.

- Độ lún theo thời gian của khối gia cố được tính theo công thức (11):

$$S_1(t) = S_1.U$$

$$U = 1 - \exp\left[\frac{-2Ch.t}{R^2.f(n)}\right] \quad (11)$$

$$f(n) = \frac{n^2}{n^2-1}\left[\ln(n) - 0.75 + \frac{1}{n^2}\left(1 - \frac{1}{4n^2}\right)\right] + \left[\frac{n^2-1}{n^2}.\frac{1}{r^2}.\frac{k_s}{k_c}.L_D^2\right]$$

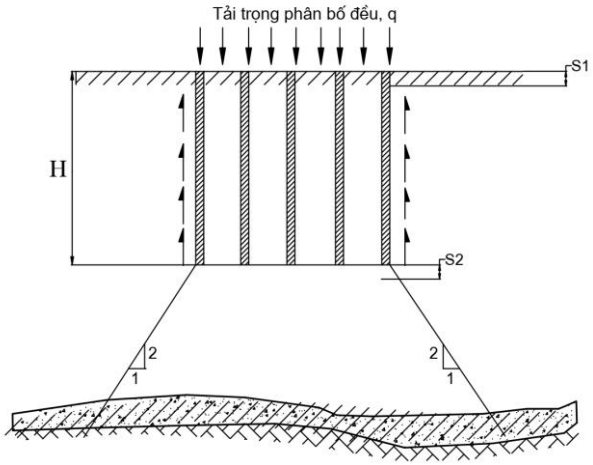
Trong đó:

U - độ cố kết theo thời gian; C_h - hệ số cố kết theo phương ngang của đất nền; T - thời gian lún cố kết; R là bán kính ảnh hưởng của cọc, R=0,56s; s - khoảng cách giữa tim các cọc; n = R/r (r - bán kính cọc ĐXM); L_D - chiều dài thoát nước bằng nửa chiều dày lớp xử lý nền nếu có lớp cát thoát nước phía dưới; k_s - hệ số thấm của đất nền; k_c - hệ số thấm của cọc ĐXM, $k_c = 200k_s$ đối với cọc ĐXM thi công bằng phương pháp trộn ướt.

- Độ lún S_2 của nền đất dưới khối gia cố được tính theo công thức (12).

$$S_2 = \sum \frac{pH}{E} \quad (12)$$

Với p - tải trọng công trình truyền lên nền dưới khối gia cố; H - chiều sâu các lớp đất; E - mô đun biến dạng của nền dưới khối gia cố.

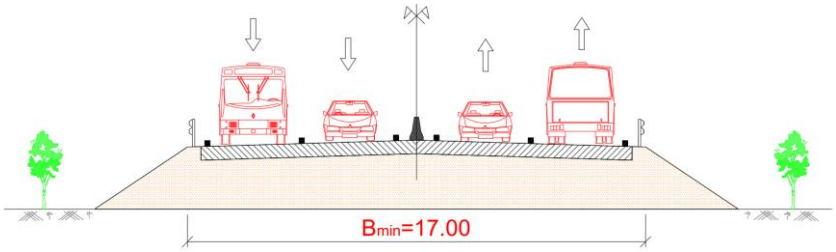


Hình 2. Cách thức truyền tải qua nền hỗn hợp (theo TCVN 9403-2012)

3. Áp dụng thiết kế cọc ĐXM cho dự án đường cao tốc Châu Đốc - Cần Thơ - Sóc Trăng

3.1. Số liệu dự án

Dự án cao tốc Châu Đốc - Cần Thơ - Sóc Trăng có chiều dài khoảng 188km, đi qua các tỉnh An Giang, Cần Thơ, Hậu Giang và Sóc Trăng. Trong đó, chiều dài đoạn tuyến đi qua An Giang dài 56,7km, qua Cần Thơ dài 37,8km, qua Hậu Giang dài 37km, và qua Sóc Trăng dài 56,7km. Theo quy hoạch, tuyến cao tốc có quy mô 6 làn xe, Tuy nhiên, theo căn cứ vào nhu cầu giao thông và nguồn kinh phí thực hiện, phần tuyến giai đoạn 1 đầu tư quy mô 4 làn xe với bề rộng B=17m (hình 3).

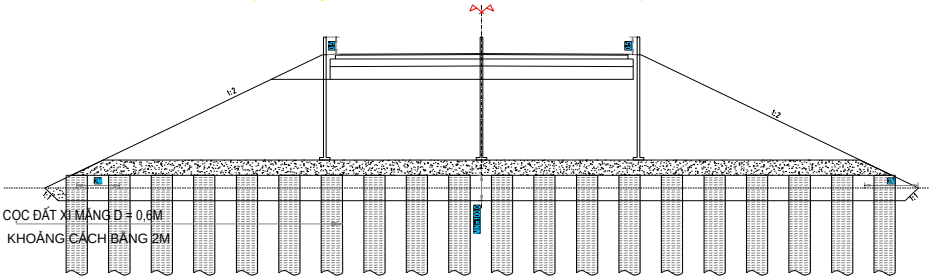


Hình 3. Quy mô mặt cắt ngang gồm 4 làn xe đầu tư giai đoạn 1

Theo hồ sơ báo cáo khảo sát địa chất phần tuyến đường (Ban QLDA đầu tư xây dựng công trình giao thông và Nông nghiệp tỉnh An Giang, 2022), địa chất của nền đất gồm các lớp như sau, lớp đất lấp hoặc đất hữu cơ có chiều dày 1,5m, lớp 1 là lớp đất bùn sét có chiều dày từ 0,5m đến 2,3m, lớp 2 là lớp dẻo chảy đến mềm có chiều dày từ 0,3m đến 17,1m, lớp 3 và 3a nằm dưới lớp 2 là lớp đất sét trạng thái dẻo mềm đến dẻo cứng. Các chỉ tiêu cơ lý thí nghiệm được cho thấy rằng lớp đất lấp, lớp 1, lớp 2 là các lớp đất yếu, có tổng chiều dày từ 5m đến 22m, lớp 3a, lớp 3 là các lớp đất tương đối tốt và có thể đặt mũi cọc.

3.2. Phương hướng thiết kế

Dựa trên việc phân tích hiệu quả một số phương pháp gia cố sâu, tác giả thấy rằng phương pháp gia cố nền bằng cọc ĐXM là phương pháp gia cố thi công bằng công nghệ hiện đại, có nhiều điểm ưu việt như: tận dụng được nguồn vật liệu tại chỗ; giá thành thi công hợp lý; phù hợp với các công trình có tải trọng vừa và nhỏ; và đặc biệt phù hợp với điều kiện địa chất khu vực đoạn tuyến qua thành phố Châu Đốc.



Hình 4. Sơ đồ thiết kế gia cố nền bằng cọc ĐXM

Do đó, tác giả đề xuất sử dụng phương pháp gia cố nền đất yếu bằng cọc ĐXM dưới nền đường đắp cho đoạn tuyến qua thành phố Châu Đốc, thuộc đường cao tốc Châu Đốc - Cần Thơ - Sóc Trăng.

Nền đắp bằng vật liệu đất á sét cao 4 m, các chỉ tiêu cơ lý được lấy theo TCVN 4054 - 2005, tải trọng giao thông bên trên được quy đổi bằng tải trọng phân bố đều trên đỉnh nền đường đắp lấy bằng 30 kN/m^2. Phương pháp gia cố bằng cọc ĐXM có đường kính bằng 0,6 m. Chiều dài cọc ĐXM được lấy bằng chiều dày lớp đất yếu, đường kính cọc bằng d_c = 0,6m, các cọc được bố trí theo lưới hình ô vuông với khoảng cách cọc bằng 2m, theo hình 4.

3.3. Tính toán thiết kế

Trình tự tính toán thiết kế và kiểm tra sức chịu tải của nền đất được thực hiện theo trình tự đã được trình bày trong mục 2.2.

3.3.1. Xác định và tính toán số liệu đầu vào:

Số liệu nền đắp

γ_e =	19	kN/m^3			
H =	4	m			
q =	30	kN/m^2			
Số liệu về cọc ĐXM					
d =	0,6	m	A_c =	0,283	m^2
s =	2	m	A =	4	m^2
E_p =	20	MPa			
Số liệu về nền đất					
E_s =	3,9	MPa			
c =	18,2	kN/m^2			
γ =	18,7	kN/m^3			

3.3.2. Kiểm tra sức chịu tải của đất nền

Tải trọng phân bố tại mặt phẳng đỉnh cọc:

p = γH + q =106 kN/m^2

Hệ số gia cố, a = A_p/A = 0,071

Xác định ứng suất tác dụng lên cọc, và nền đất xung quanh cọc theo công thức (6) và (7), ta được:

σ_s = 82,06 kN/m^2

σ_p = 420,80 kN/m^2

Cường độ chịu tải của nền đất xung quanh cọc ĐXM xác định theo công thức (8)

$$q_a = \frac{1}{FS}\left(0{,}5B\gamma N_\gamma + cN_c + \gamma h N_q\right)$$

Hệ số an toàn FS = 2,5

với $\varphi = 12{,}7^o$

Theo phụ lục AASHTO (1996), ta có:

N_γ =	1,886
N_c =	9,651
N_q =	3,173

Theo công thức (8), tính được q_a = 84,37kN/m^2

Kiểm tra điều kiện sức chịu tải của đất nền

$\sigma_s < q_a \rightarrow$ nền đất đủ sức chịu tải

3.3.3. Tính toán độ lún theo TCVN 9403-2012

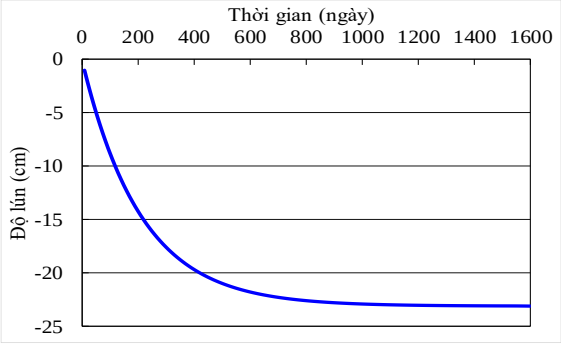
Độ lún của khối gia cố cọc ĐXM được tính theo công thức (10) bằng 23,14cm, độ lún này nhỏ hơn độ lún cho phép của nền đường bằng 30cm, theo TCCS 41:2022/TCĐBVN. Hình 5 biểu diễn quan hệ độ lún cố kết theo thời gian của khối đất gia cố bằng cọc ĐXM đường kính bằng 0,6m, khoảng cách giữa các cọc bằng 2,0m. Biểu đồ cho thấy rằng tốc độ lún cố kết tăng nhanh trong khoảng 220 ngày đầu tiên với độ cố kết xấp xỉ đạt 65%, sau 260 ngày sau độ cố kết tăng khoảng 25% (xấp xỉ 90%). Sau tổng thời gian thi công bằng 1000 ngày, độ lún của khối đất gia cố gần như đã đạt 99%.

4. Kết luận

Bài báo đã chỉ ra những hạn chế trong tiêu chuẩn thiết kế TCXDVN 385:2006 và TCVN 9403-2012. Đề xuất và trình bày trình tự tính toán thiết kế cọc ĐXM về sức chịu tải và độ lún.

Vận dụng phương pháp tính toán sức chịu tải và độ lún, kết quả kiểm tra về sức chịu tải và độ lún của nền gia cố đất - cọc xi măng cho mặt cắt điển hình có chiều cao nền đắp bằng 4 m trên 10 m đất yếu thuộc

đoạn tuyến qua thành phố Châu Đốc, tuyến cao tốc Châu Đốc - Cần Thơ - Sóc Trăng, gia cố bằng cọc ĐXM cho thấy đảm bảo yêu cầu kỹ thuật. Sức chịu tải của phần nền hỗn hợp đảm bảo yêu cầu với hệ số an toàn khi tính toán bằng 2,5. Độ lún của khối nền hỗn hợp tính được bằng 23cm đảm bảo độ lún còn lại cho phép theo quy định hiện hành.



Hình 5. Độ lún cố kết theo thời gian của khối gia cố $S_1(t)$

Tài liệu tham khảo

AASHTO, 1996. *Standard Specifications For Highway Bridge*.

Phùng Vĩnh An, 2012. Bàn về phương pháp tính toán gia cố nền bằng cọc xi măng – đất. *Tạp chí khoa học và công nghệ Thủy lợi*, số 11/2012, trang 17-20.

Trịnh Ngọc Anh, 2015. *Nghiên cứu ứng dụng cọc đất xi măng gia cố nền cho bể chứa xăng dầu xây dựng trên nền đất yếu*. Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Trường Đại học dân lập Hải Phòng.

Ban QLDA đầu tư xây dựng công trình giao thông và Nông nghiệp tỉnh An Giang, 2022. *Hồ sơ khảo sát phần tuyến, dự án thành phần 1 thuộc dự án đầu tư xây dựng đường bộ cao tốc Châu Đốc - Cần Thơ - Sóc Trăng giai đoạn 1, Bước lập báo cáo nghiên cứu khả thi*.

Bộ Khoa học và Công nghệ, 2005. *TCVN 4054 -2005:* "*Đường ôtô - yêu cầu thiết kế"*.

Bộ Xây dựng, 2006. *TCXDVN 385:2006: "Gia cố nền đất yếu bằng trụ đất xi măng"*.

Bộ Xây dựng, 2012. *TCVN 9403-2012: "Gia cố nền đất yếu - Phương pháp trụ đất xi măng"*.

Chai, J.C, Shrestha, S, Hino, T, Uchikoshi, T, 2017. Predicting bending failure of CDM columns under embankment loading. *Computers and Geotechnics*, Volume 91, November 2017, pages 169-178

Lương Phương Hợp, 2008. Cải tạo nền đất sét yếu theo phương pháp cọc cát đầm. *Thông tin KSTK Tedi*, Số 2 - 2008.

Tổng cục đường bộ Việt Nam, 2022. *TCCS 41:2022/TCĐBVN "Tiêu chuẩn khảo sát, thiết kế nền đường ô tô đắp trên nền đất yếu"*.

ABSTRACT

Research on method of calculating bearing capacity and settlement of embankment on cement deep mixing column reinforced soft soil

Pham Van Hung[1]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

The choice of reinforcement or improvement method depends on the type of construction, foundation structure and geotechnical properties of the soil. The cement deep mixing column is a simple method, utilizing local materials, significantly increasing the foundation bearing capacity. The method has been widely applied in highway construction projects. However, studies on design and bearing capacity calculation methods are still quite limited and incomplete. This article uses theoretical methods combined with analytical methods to clarify the design method of an embankment over soft soil reinforced with cement deep mixing columns. Geological data were investigated at the Chau Doc - Can Tho - Soc Trang expressway project. The analytical results indicate that when using cement deep mixing columns with a diameter of 0.6m, arranged in a distance of 2 m, the reinforced foundation is capable of bearing the load. According to the homogeneous method, the settlement of the reinforced soil mass is calculated to be approximately 23cm.

Keywords: embankment; cement deep mixing (CDM); settlement; bearing capacity; design method

Một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm về bê tông bọt-khí với cấu trúc rỗng thay đổi trong điều kiện phòng thí nghiệm

Tăng Văn Lâm[1,*], Võ Đình Trọng[1], Phạm Đức Lương[1], Vũ Kim Diến[2]
[1]*Trường Đại học Mỏ-Địa chất*
[2]*Trường Cao đẳng Công nghiệp và Xây dựng*

TÓM TẮT

Bê tông nhẹ dị hướng là sản phẩm bê tông có đặc điểm nổi bật là chứa độ rỗng thay đổi từ khu vực trung tâm đến khu vực ngoại vi của sản phẩm. Trong nghiên cứu này đã sử dụng đồng thời chất tạo bọt EABASSOC và chất tạo khí từ bột nhôm trong thành phần của bê tông. Hơn nữa, nghiên cứu đã sử dụng công nghệ chế tạo các khuôn gỗ hình lập phương kích thước 100x100x100mm với bốn thành khuôn được đục lỗ rỗng. Việc đục sẵn các lỗ rỗng có đường kính lỗ 1,5 mm và khoảng cách giữa các lỗ 10mm nhằm loại bỏ lượng thành phần pha khí và pha lỏng dư thừa ra khỏi hỗn hợp bê tông trong quá trình đông kết và rắn chắc. Với quá trình này đã hình thành cấu trúc dị hướng bên trong mẫu bê tông nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu trong điều kiện phòng thí nghiệm cho thấy hoàn toàn có thể chế tạo được sản phẩm bê tông bọt-khí với cấu trúc dị hướng có độ rỗng giảm dần từ phần trung tâm ra đến phần ngoại vi của mẫu sản phẩm. Tại các vị trí biên, khối lượng thể tích trung bình khoảng 1400kg/m^3. Nhưng tại vị trí trung tâm của mẫu bê tông dị hướng do có độ rỗng xốp lớn nên khối lượng thể tích khô trung bình khoảng 850kg/m^3. Ngoài ra, nghiên cứu này còn tiến hành so sánh các tính chất của bê tông bọt-khí dị hướng với bê tông bọt và bê tông khí thông thường có cùng khối lượng thể tích ẩm.

Từ khóa: bê tông bọt-khí, cấu trúc dị hướng, khuôn đục lỗ, bê tông bọt, bê tông khí

1. Đặt vấn đề

Chế tạo các sản phẩm bê tông nhẹ đã trở thành phổ biến ở Việt Nam và trên thế giới. Vai trò và tầm quan trọng của các loại bê tông nhẹ trong các công trình xây dựng ngày càng được khẳng định, không chỉ là các kết cấu bao che cho công trình (Tăng Văn Lâm nnk., 2023; Nguyễn Văn Phiêu nnk., 2005), mà còn hướng đến vật liệu bê tông nhẹ dùng trong kết cấu chịu lực (Nguyễn Công Thắng nnk., 2014; Nguyễn Trọng Lâm nnk., 2014; Nguyễn Duy Hiếu, 2016). Trong nhiều nghiên cứu đã cho thấy (Nguyễn Việt Tùng Dương nnk., 2023; Nguyễn Trung Hiếu nnk., 2023), nhược điểm lớn nhất của các loại bê tông xi măng thông thường là khối lượng thể tích lớn, nên ảnh hưởng đến kết cấu móng của công trình. Bên cạnh đó, khi sử dụng bê tông nhẹ có những ưu điểm là: Khối lượng thể tích nhỏ, nên giảm trọng lượng bản thân công trình, giảm chi phí làm móng cho nhà cao tầng; Khả năng cách âm, cách nhiệt rất tốt; Thi công nhanh, đơn giản,… (Nguyễn Văn Phiêu nnk., 2005; Nguyễn Duy Hiếu, 2016).

Thời gian gần đây, ở nhiều nước trên thế giới đã tập trung vào việc nghiên cứu chế tạo các sản phẩm bê tông nhẹ có cường độ cao (Ву Ким Зиен, 2022; Бруяко, М.Г, 2022). Đó là một hướng đi mới và tiềm năng để khắc phục các nhược điểm về khối lượng thể tích lớn và sử dụng quá nhiều xi măng Portland của bê tông truyền thống đang sử dụng hiện nay.

Ở Việt Nam các loại bê tông nhẹ tạo khí, bê tông bọt khá phổ biến, tuy nhiên các loại bê tông bọt-khí khí dị hướng hầu như chưa được nghiên cứu, chế tạo (Tăng Văn Lâm nnk., 2023; Королев А.С et al., 2004). Bê tông bọt-khí dị hướng là loại bê tông nhẹ có tỷ trọng thay đổi từ khu vực trung tâm ra khu vực ngoại vi của sản phẩm, thu được bằng cách nén chặt các vùng bề mặt, đẩy nước và khí thoát ra ngoài theo các hệ lỗ rỗng trên bền mặt. Điểm khác biệt của sản phẩm bê tông này so với bê tông bọt và bê tông khí thông thường là sử dụng kết hợp cả công nghệ tạo bọt, công nghệ tạo khí và công nghệ ván khuôn tạo hình sản phẩm. Với công nghệ này đã thu được sản phẩm bê tông dị hướng có các đặc tính như cường độ, khả năng cách nhiệt cũng tốt hơn so với bê tông bọt và bê tông khí cùng tỷ trọng (Королев А.С et al., 2004; Баженова С.И. et al., 2022).

Trong các công nghệ bê tông dị hướng hiện nay trên thế giới đều hướng đến việc loại bỏ lượng nước dư

* *Tác giả liên hệ*
Email: tangvanlam@humg.edu.vn

thừa khỏi hỗn hợp trong quá trình hình thành cấu trúc lỗ rỗng mao quản. Do đó, sự hình thành cấu trúc bọt-khí dị hướng nhằm thu được bê tông có hệ số phẩm chất của sản phẩm tốt hơn (Ву Ким Зиен, 2022; Бруяко, М.Г, 2022; Tăng Văn Lâm nnk., 2023).

Bài viết này trình bày một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm về tính chất của bê tông bọt-khí dị hướng sử dụng các thành phần gồm xi măng Portland hỗn hợp, tro bay nhiệt điện, silica fume SF-90VN, bột nhôm nguyên chất, dung dịch chất tạo bọt EABASSOC và phụ gia điều chỉnh. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy tiềm năng chế tạo được loại bê tông nhẹ có khối lượng thể tích khô trung bình nhỏ hơn 1400 kg/m^3; hệ số dẫn nhiệt khoảng 0,506 W/m.K; cường độ nén trung bình ở tuổi 28 ngày đạt khoảng 20,5 MPa. Bên cạnh đó, nghiên cứu này cũng đã so sánh tính chất của bê tông bọt-khí dị hướng với bê tông bọt và bê tông khí thông thường.

2. Vật liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu sử dụng

(a)- Chất kết dính (CKD) sử dụng là hỗn hợp gồm xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hoàng Thạch; tro bay nhiệt điện Phả Lại và silica fume SF-90VN. Xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hoàng Thạch (X) với khối lượng riêng là 3,15g/cm^3 và cường độ nén trung bình là 50,1 MPa ở tuổi 28 ngày. Tro bay (TB) của nhà máy nhiệt điện Phả Lại và silica fume SF-90VN (SF90) được cung cấp bởi Công ty TNHH Hoá phẩm xây dựng Buildmix Việt Nam với hàm lượng SiO_2 hoạt tính lần lượt là 55,12% và 90,5%. Việc sử dụng Silica fume SF-90VN trong thành phần của bê tông nhẹ dị hướng với mục đích tăng cường độ và điều chỉnh cấu trúc của sản phẩm.

(b)- Cốt liệu nhỏ sử dụng trong đề tài này là cát vàng sông Lô (C), được sàng loại bỏ các hạt thô, kích thước hạt cát sử dụng từ 0,14mm đến 1,25mm. Cát vàng có chất lượng tốt và thỏa mãn yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 7570:2006.

(c)- Phụ gia siêu dẻo (SD) loại SR 5000F của doanh nghiệp "SilkRoad" với khối lượng riêng 1,15g/cm^3 ở nhiệt độ 20 ± 5^{o}C, được sử dụng để giảm tỷ lệ nước/xi măng, nhưng vẫn giữ được tính công tác tốt của hỗn hợp bê tông và tăng cường độ của bê tông nghiên cứu.

(d)- Nước sạch (N) được sử dụng để làm nước nhào trộn hỗn hợp bê tông và bảo dưỡng mẫu thử, thỏa mãn của tiêu chuẩn TCVN 4506:2012.

e) Chất tạo bọt, chất tạo khí và chất điều chỉnh bọt khí

+ Trong đề tài nghiên cứu này đã sử dụng chất tạo bọt EABASSOC, được sản xuất theo công nghệ của Anh Quốc. Chất tạo bọt EABASSOC có đặc tính kỹ thuật đáp ứng các yêu cầu trong chế tạo BTN và vữa nhẹ, đặc biệt sản phẩm này có độ ổn định bọt rất cao. Hỗn hợp chất tạo bọt sau khi khuấy trộn trong máy tạo bọt sẽ tạo ra các bọt khí vững chắc, màu trắng và rất mịn. Khi trộn vào hỗn hợp bê tông, các bọt khí từ chất EABASSOC không bị vỡ. Chất tạo bọt EABASSOC có thành phần chính là hỗn hợp hóa chất tổng hợp, có chứa thêm thành phần chất protein hữu cơ.

+ Chất tạo khí trong nghiên cứu là sử dụng bột nhôm kim loại (Al) do công ty Jigco Việt Nam cung cấp, mỗi hộp 500 gam với hàm lượng kim loại nhôm tinh khiết đạt 86% và hệ số sản lượng khí tạo ra đạt 1050 lít khí Hidro/1kg bột nhôm. Độ mịn của bột nhôm đạt 4500cm^2/g.

+ Chất điều chỉnh bọt khí trong nghiên cứu này sử dụng là dung dịch NaOH 5M để điều chỉnh và định hướng pha lỏng, pha khí thoát ra khỏi mẫu bê tông thí nghiệm. Vai trò của dung dịch NaOH 5M là rất quan trọng, vừa góp phần bổ sung thành phần tạo khí vừa giảm sức căng bề mặt của hỗn hợp bê tông, giảm hiện tượng vỡ bọt khí.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Các tiêu chuẩn thí nghiệm

+ Các tính chất như: độ ẩm, khối lượng thể tích, độ hút nước và cường độ nén của mẫu bê tông bọt-khí dị hướng trong nghiên cứu này được xác định theo TCVN 9030:2017 - " Bê tông nhẹ - Phương pháp thử".

+ Tính dẫn nhiệt là tính chất vật lý quan trọng của bê tông nhẹ sử dụng trong xây dựng công trình kiến trúc. Tính dẫn nhiệt phụ thuộc nhiều vào trạng thái ẩm, khối lượng thể tích và nhiệt độ của sản phẩm bê tông. Khi khối lượng thể tích của vật liệu càng lớn thì vật liệu dẫn nhiệt càng tốt. Trong điều kiện độ ẩm của vật liệu bê tông trong khoảng là 5 ÷ 10% có thể dùng công thức của Necraxov để xác định hệ số dẫn nhiệt của bê tông theo công thức số (1) (Nguyễn Văn Phiêu nnk., 2005; Nguyễn Duy Hiếu, 2016).

$$\lambda = \sqrt{0,0196 + 0,22\rho_v^2} - 0,14; \quad (\text{W/(m.K)}) \qquad (1)$$

Trong đó: ρ_v - khối lượng thể tích khô của mẫu bê tông thí nghiệm, (g/cm^3).

Trong công thức (1) đã không xét đến độ lớn và sự phân bố của cấu trúc rỗng, đồng thời mức độ kín và thông nhau của hệ thống lỗ rỗng tổ ong cũng không được đề cấp đến nên kết quả thu được chỉ cho giá trị

gần đúng và phù hợp với loại bê tông nhẹ có sự đồng nhất về cấu trúc. Như vậy, cùng thành phần vật liệu, bê tông nhẹ có khối lượng thể tích khô lớn hơn thì dẫn nhiệt tốt hơn.

2.2.2. Phương pháp tính toán cấp phối của bê tông bọt-khí dị hướng

Hiện nay, nhiều nghiên cứu ở Việt Nam (Tăng Văn Lâm, 2023; Nguyễn Việt Tùng Dương nnk., 2023; Nguyễn Trung Hiếu nnk., 2023; Nguyễn Đình Trinh nnk., 2023) và nghiên cứu nước ngoài (By Ким Зиен, 2022; Бруяко, М.Г, 2022; Баженова С.И. et al., 2022) đều đưa ra những công thức tính toán thành phần cấp phối bê tông cơ bản dựa trên lý thuyết thể tích tuyệt đối của công nghệ bê tông. Đối với các chủng loại bê tông thường, giá trị cường độ nén ở tuổi 28 ngày là mục tiêu thiết kế. Tuy nhiên, với các loại bê tông nhẹ, giá trị khối lượng thể tích ẩm là giá trị mục tiêu để tính toán và thiết kế cấp phối bê tông nhẹ. Với nguyên lý đó, trong nghiên cứu này tính toán thành phần cấp phối theo phương pháp:

+ Tổng khối lượng của các loại vật liệu sử dụng bằng khối lượng thể tích ẩm của hỗn hợp bê tông nhẹ.

+ Thể tích bọt và khí trong hỗn hợp bê tông nhẹ được xác định bằng hiệu của 1000 lít (tương đương với $1m^3$) trừ đi tổng thể tích của các loại vật liệu sử dụng.

2.3. Các yêu cầu đối với hỗn hợp bê tông bọt - khí dị hướng

Trong nghiên cứu này, các đặc tính yêu cầu hỗn hợp bê tông bọt-khi dị hướng được lựa chọn như sau:

+ Khối lượng thể tích ở trạng thái ướt mục tiêu của bê tông bọt-khí dị hướng đặt ra trong nghiên cứu này là $\rho_{ướt}$ bằng1400kg/m^3;

+ Cường độ nén mục tiêu đạt được từ 15MPa đến 20MPa dựa trên lực nén phá hoại mẫu thí nghiệm hình lập phương 100x100x100mm ở tuổi 28 ngày;

+ Do thành phần hỗn hợp bê tông có sử dụng phụ gia siêu dẻo để điều chỉnh tính công tác, đồng thời giảm bớt lượng nước nhào trộn, nên tỷ lệ N/CKD= 0,4;

+ Chất tạo bọt EABASSOC được pha loãng với nước theo tỷ lệ 3,0% theo khối lượng và khuấy bằng máy khuấy có cánh khuấy ở tốc độ 10.000 vòng/phút trong 10 phút;

+ Hỗn hợp bê tông nhẹ không sử dụng cốt liệu lớn, thành phần cốt liệu là cát vàng chất lượng tốt, kích thước hạt dao động từ 0,14 đến 1,25mm. Hàm lượng cốt liệu nhỏ trong nghiên cứu này được sử dụng bằng tổng hàm lượng chất kết dính;

+ Bột nhôm có hệ số sản lượng khí tạo đạt 1050 lít khí Hydro/1kg bột nhôm, độ tinh khiết là 86%;

+ Dung dịch NaOH 5M được sử dụng với hàm lượng 10lít/m^3 bê tông nhẹ.

2.4. Lựa chọn các tỷ lệ nguyên vật liệu sử dụng

Từ những cơ sở nghiên cứu trên kết hợp với các kết quả thí nghiệm khảo sát sơ bộ, đề tài đã chọn được các gốc hệ số tỷ lệ vật liệu sử dụng và trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Tỷ lệ của các vật liệu sử dụng

Tỷ lệ vật liệu	$\frac{TB}{X}$	$\frac{SF90}{X}$	$\frac{C}{CKD}$	$\frac{SD}{CKD}$	$\frac{N}{CKD}$
Giá trị	0,30	0,15	1 : 1	0,015	0,40

Trong đó: CKD là tổng hàm lượng chất kết dính, CKD = X + TB + SF90 = X + 0,3X+0,15X = 1,45X.

2.5. Cấp phối bê tông bọt-khí dị hướng và cấp phối bê tông nhẹ đối chứng

Dựa trên các nguyên lý của phương pháp thể tích tuyệt đối kết hợp với các giá trị tỷ lệ vật liệu đã lựa chọn trong Bảng 1 và điều chỉnh cấp phối sao cho phù hợp với các tính chất của nguyên vật liệu sử dụng, đề tài đã khảo sát các cấp phối của hỗn hợp bê tông bọt-khí dị hướng (BT_DH) có tỷ lệ thành phần cấp phối như trong bảng 2.

Để có sự so sánh và đối chứng, nghiên cứu đã tiến hành xác định cấp phối bê tông bọt và bê tông khí truyền thống. Các mẫu bê tông bọt và bê tông khí cùng khối lượng thể tích ẩm là 1400 kg/m^3 nhưng chỉ sử dụng duy nhất một tác nhân tạo rỗng là chất tạo bọt (chất tạo bọt EABASSOC) hoặc chất tạo khí (bột nhôm). Kết quả tính toán kết hợp với hiệu chỉnh bằng thực nghiệm đã thu được các cấp phối của hỗn hợp bê tông khí (BT_K) và hỗp hợp bê tông bọt (BT_B) thông thường với thành phần như trong bảng 2.

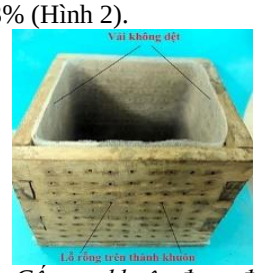
Để thu được sản phẩm bê tông bọt, bê tông khí và bê tông nhẹ dị hướng, trong nghiên cứu này đã chuẩn bị nhào trộn hỗn hợp bê tông, sau đó tiến hành đổ hỗn hợp bê tông vào trong khuôn mẫu với hệ số điền đầy khuôn K_0 có giá trị trong bảng 2.

Bảng 2. Cấp phối của hỗn hợp bê tông bọt-khí dị hướng và cấp phối bê tông nhẹ đối chứng

STT	Ký hiệu mẫu bê tông	Hệ số điền đầy khuôn K_0	Cấp phối cho 1 m^3 bê tông bọt-khí dị hướng (kg/m^3)								Thể tích bọt (lít)
			CKD	X	TB	SF90	C	SD	N	Bột nhôm	
1	BT_DH	0,9	580	400	120	60	580	8,69	232	0,50	403

2	BT_K	0,9	580	400	120	60	580	8,69	232	0,50	-
3	BT_B	1,0	580	400	120	60	580	8,69	232	-	403

Để tạo ra các sản phẩm bê tông bọt-khí dị hướng, nghiên cứu đã sử dụng mẫu thí nghiệm bằng gỗ, hình lập phương cạnh 100 mm, được đục lỗ trên cả bốn bản của thành khuôn (Hình 1). Các lỗ rỗng trên thành khuôn được khoan sẵn có đường kính 1,5 mm và khoảng cách là 10 mm. Chỉ số lỗ thủng trên mỗi tấm thành khuôn khoảng 1,43% (Hình 2).



Hình 1. Cấu tạo khuôn được đục lỗ để thoát pha khí và pha lỏng



Hình 2. Quá trình giải thoát pha khí và pha lỏng từ hỗn hợp bê tông

Thông qua các lỗ rỗng này, đặc biệt là các tấm vải không dệt, chỉ có thành phần pha khí và pha lỏng ở khu vực ngoại vi bị đẩy ra ngoài sản phẩm trong quá trình hình thành cấu trúc của mẫu bê tông. Hỗn hợp sau khi tạo hình được bảo dưỡng một ngày trong khuôn mẫu, sau một ngày mẫu được tháo khuôn, cắt đầu vữa thừa để thu được mẫu bê tông nhẹ tiêu chuẩn, sau đó mẫu được đưa đi ngâm vào trong môi trường nước của bể dưỡng hộ cho đến tuổi thí nghiệm.

3. Kết quả và thảo luận

Trong giới hạn của nghiên cứu này, tính chất cơ lý của mẫu bê tông bọt-khí dị hướng được khảo sát gồm có: *(i)*- Độ ẩm ở trạng thái tự nhiên; *(ii)*- Khối lượng thể tích khô ở tuổi 28 ngày; *(iii)*- Hệ số dẫn nhiệt trung bình; *(iv)*- Cường độ nén của mẫu bê tông bọt. Cường độ nén của mẫu được xác định ở tuổi 28 ngày trên hệ thống máy nén uốn ADVANTEST 9 với tốc độ gia tải sử dụng là 500N/s.

Kết quả thực nghiệm của các mẫu BT_DH; BT_K và BT_B được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Tính chất cơ lý của mẫu bê tông bọt-khí dị hướng sau khi rắn chắc

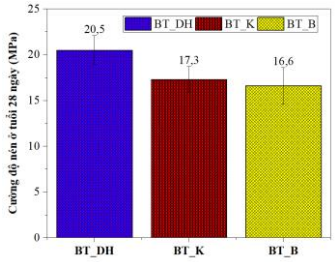
Ký hiệu mẫu	Hệ số điền đầy khuôn K_0	Độ ẩm tự nhiên, (%)		Khối lượng thể tích khô, (kg/m^3)		Hệ số dẫn nhiệt, (W/(m.K))		Cường độ nén ở tuổi 28 ngày, (MPa)	
		Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn
BT_DH	0,9	6,2	1,1	1305	4,3	0,506	0,5	20,5	1,6
BT_K	0,9	8,2	1,0	1350	4,6	0,520	0,6	17,3	1,4
BT_B	1,0	9,5	1,2	1375	4,5	0,536	0,5	16,6	2,0

Từ kết quả thí nghiệm trong bảng 3 rút ra một số nhận xét như sau:

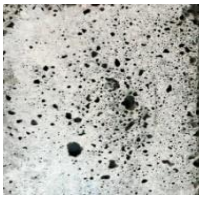
Giá trị khối lượng thể tích khô của các mẫu bê tông nhẹ thí nghiệm đều nhỏ hơn đáng kể so với khối lượng thể tích ẩm thiết kế ban đầu đề ra. Tuy nhiên, mẫu BT_DH có khối lượng thể tích khô nhỏ nhất, mẫu BT_B có khối lượng thể tích khô lớn nhất. Nguyên nhân được giải thích là do thành phần các pha khí, và lỏng dư thừa được loại bỏ qua lỗ thủng thành khuôn trong quá trình hình thành cấu trúc mẫu BT_DH, làm giảm khối lượng của mẫu (Королев А.С et al., 2004; Баженова С.И et al., 2022).

Giá trị cường độ nén ở tuổi 28 ngày của các mẫu bê tông bọt-khí dị hướng này khoảng 20,5 MPa. Các mẫu bê tông khí và bê tông bọt có giá trị cường độ nén lần lượt là 17,3 MPa và 16,6 MPa. Các giá trị này phù hợp với mục tiêu thiết kế ban đầu về cường độ nén.

Bên cạnh đó, tại tuổi 28 ngày, cường độ nén của mẫu BT_DH là 20,5 MPa cao hơn cường độ nén của mẫu BT_K và mẫu BT_B (Hình 3). Điều này được giải thích là do bê tông nhẹ dị hướng có tỷ trọng ở khu vực ngoại vi cao dẫn đến tính chất cơ học của sản phẩm được cải thiện và có cường độ nén trung bình tốt hơn bê tông nhẹ đối chứng. Kết quả của nghiên cứu này có nhiều tương đồng với một số kết quả nghiên cứu về bê tông nhẹ dị hướng đã công bố trên thế giới (Ву Ким Зиен, 2022; Бруяко, М.Г, 2022; Баженова С.И et al., 2022).



Hình 3. Cường độ nén của các mẫu bê tông nhẹ thí nghiệm



a) Bê tông nhẹ dị hướng



b) Bê tông bọt thông thường



c) Mẫu bê tông nhẹ dị hướng sau khi cắt

Hình 4. Cấu trúc rỗng bê tông bọt-khí dị hướng trong nghiên cứu

Với cùng giá trị khối lượng thể tích ẩm là 1400kg/m^3, nhưng hệ số dẫn nhiệt của bê tông bọt-khí dị hướng là 0,506W/m.K thấp hơn đáng kể so với giá trị 0,520 và 0,536W/m.K của bê tông khí và bê tông bọt đối chứng. Tính chất này của các mẫu bê tông nghiên cứu cũng được giải thích bởi khu vực trung tâm mẫu có độ rỗng xốp lớn hơn, khối lượng thể tích nhỏ hơn do đó thu được độ dẫn nhiệt nhỏ.

Ngoài ra, vì các mẫu bê tông nhẹ có chứa hàm lượng lỗ rỗng lớn do đó giá trị độ ẩm tự nhiên của mẫu thí nghiệm đã lớn hơn đáng kể so với các loại bê tông nặng sử dụng các loại xi măng Portland thông thường. Nhưng giá trị độ ẩm của mẫu BT_DH giảm đáng kể so với các mẫu BT_K và BT_B thông thường. Nguyên nhân này được giải thích là do cấu trục dị hướng có lớp ngoại vi (lớp vỏ) đặc chắc, ít lỗ rỗng thông nhau, đã giảm được lượng hơi nước thâm nhập vào bên trong cấu trúc bê tông dị hướng (Hình 4a và Hình 4b).

Với mục đích đánh giá được trực quan sự biến đổi lỗ rỗng tổ ong từ khu vực trung tâm đến khu vực ngoại vi của mẫu bê tông dị hướng, trong nghiên cứu này đã xác định sự thay đổi khối lượng thể tích từ vị trí trung tâm đến ngoại vi của sản phẩm bê tông nhẹ dị hướng.

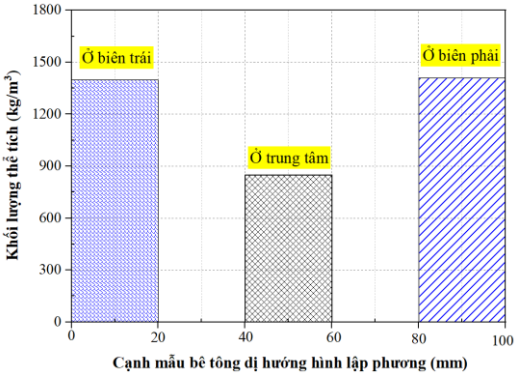
Từ mẫu bê tông nhẹ dị hướng hình lập phương kích thước 100x100x100mm, nhóm nghiên cứu đã cắt thành 03 mẫu bê tông với kích thước 100x100x20mm. Mỗi viên mẫu 100x100x100mm sau khi cắt sẽ thu được 03 viên mẫu nhỏ, trong đó gồm có: *(i)*- 02 viên mẫu ở các vị trí biên trái và biên phải của sản phẩm; *(ii)*- 01 viên mẫu tại khu vực trung tâm của sản phẩm (Hình 4c).

Các viên mẫu sau khi cắt được đưa đi cân xác định khối lượng và đo kích thước để xác định thể tích viên mẫu. Sau khi áp dụng công thức theo tiêu chuẩn để thu được giá trị khối lượng thể tích. Kết quả xác định giá trị khối lượng thể tích trung bình ở tuổi 28 ngày của các mẫu bê tông bọt-khí dị hướng được thể hiện trong bảng 4.

Bảng 4. Khối lượng thể tích khô ở tuổi 28 ngày của mẫu bê tông nhẹ dị hướng

TT	Ký hiệu mẫu bê tông	Khối lượng thể tích khô (kg/m^3)	
		Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn
1	Viên mẫu ở biên trái	1400	5,0
2	Viên mẫu ở giữa trung tâm	850	4,5
3	Viên mẫu ở biên phải	1410	4,2

Sự thay đổi khối lượng thể tích khô của các viên mẫu sau khi cắt từ mẫu bê tông nhẹ dị hướng 100x100x100smm được trình bày trên hình 5.



Hình 5. Sự thay đổi khối lượng thể tích trên mẫu bê tông nhẹ dị hướng

Từ hình 5 đã cho thấy, ở các khu vực ngoại vi bên ngoài do các pha lỏng và pha khí được đẩy và thoát ra khỏi mẫu thí nghiệm qua các lỗ trên thành khuôn, nên cấu trúc rỗng tổ ong đã giảm, đồng thời đã tăng được độ đặc chắc. Vì vậy, khối lượng thể tích ở các viên mẫu tại biên bên trái và biên bên phải lần lượt là đạt khoảng 1400kg/m^3 và 1410kg/m^3. Cách vào bên trong khu vực trung tâm của mẫu thí nghiệm, các thành phần pha khí và pha lỏng khó khăn trong việc di chuyển đến các lỗ rỗng trên thành khuôn, chính vì vậy các tác nhân này đã tạo ra hệ thống rỗng tổ ong tăng dần và lỗ rỗng đạt giá trị lớn nhất tại tâm của viên mẫu

sau khi tạo hình. Điều đó được chứng minh bằng giá trị khối lượng thể tích của viên mẫu đã giảm nhanh. Với viên mẫu tại trung tâm có giá trị khối lượng thể tích chỉ còn 850kg/m^3.

4. Kết luận

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu đã rút ra được một số kết luận như sau:

- Trên cơ sở nguồn vật liệu, phế thải hiện có trong nước như: xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hoàng Thạch; Silica fume SF-90VN; tro bay nhiệt điện Phả Lại; dung dịch tạo bọt EABASSOC và bột nhôm kim loại có thể chế tạo bê tông bọt-khí dị hướng có khối lượng thể tích ẩm khoảng 1400kg/m^3;
- Giá trị khối lượng thể tích khô của các mẫu bê tông nhẹ thí nghiệm đều nhỏ hơn đang kể so với khối lượng thể tích ẩm thiết kế ban đầu đề ra. Tuy nhiên, mẫu BT_DH có khối lượng thể tích khô nhỏ nhất, mẫu BT_B có khối lượng thể tích khô lớn nhất
- Cường độ nén ở tuổi 28 ngày của các mẫu bê tông bọt-khí dị hướng này khoảng 20,5MPa. Các mẫu bê tông khí và bê tông bọt có giá trị cường độ nén lần lượt là 17,3MPa và 16,6MPa. Các giá trị này phù hợp với mục tiêu thiết kế ban đầu về cường độ nén;
- Với cùng giá trị khối lượng thể tích ẩm là 1400kg/m^3, nhưng hệ số dẫn nhiệt của bê tông bọt-khí dị hướng là 0,506W/m.K thấp hơn đáng kể so với giá trị 0,520 và 0,536W/m.K của bê tông khí và bê tông bọt đối chứng. Bên cạnh đó, giá trị độ ẩm của mẫu bê tông nhẹ dị hướng cũng thấp hơn đáng kể so với mẫu bê tông nhẹ đối chứng. Các đặc tính này của các mẫu bê tông bọt-khí dị hướng được giải thích bởi khu vực trung tâm mẫu có độ rỗng xốp lớn hơn, khối lượng thể tích nhỏ hơn, lớp ngoại vi (lớp vỏ) đặc chắc, ít lỗ rỗng thông nhau, đã giảm được lượng hơi nước thâm nhập vào bên trong cấu trúc bê tông dị hướng.
- Trong tương lai, cần nghiên cứu thêm các giải pháp để sản xuất và ứng dụng các loại bê tông bọt-khí dị hướng để chế tạo các panel sàn, tấm tường chịu lực…, trong thực tế thi công các công trình ở Việt Nam.

Lời cảm ơn

Nội dung của bài viết là một phần kết quả nghiên cứu của đề tài Nghiên cứu khoa học sinh viên tiềm năng, mã số đề tài TN2024-02. Nhóm tác giả xin được gửi lời cảm ơn đến Phòng thí nghiệm Bộ môn Xây dựng công trình ngầm, Khoa Xây dựng cùng các sinh viên Võ Đình Trọng, Đặng Quang Minh, Ngô Đại Nam, Ngô Văn Biển và Phạm Đức Minh đã hỗ trợ và tham gia thực hiện các thí nghiệm trong đề tài này.

Tài liệu tham khảo

Nguyễn Việt Tùng Dương, Lê Ngọc Trường Sơn, Hoàng Trọng Toàn (2023), Nghiên cứu tổng quan về tính chất và khả năng ứng dụng bê tông bọt được chế tạo từ vật liệu trong nước. *Đề tài NCKH sinh viên*. Trường Đại học Mỏ-Địa chất năm 2023.

Nguyễn Duy Hiếu. Công nghệ bê tông nhẹ cốt liệu rỗng chất lượng cao. *Nhà xuất bản xây dựng- 2016.*

Nguyễn Trung Hiếu, Nguyễn Xuân Công, Võ Đình Trọng, Đặng Quang Minh, Trương Văn Cường (2023), Nghiên cứu khả năng chế tạo bê tông nhẹ sử dụng bột nhôm và chất kết dính Geopolymer từ hỗn hợp tro bay, xỉ lò cao và phế thải nhà máy gốm sứ TOTO dùng trong công trình dân dụng và công nghiệp. Đề tài NCKH sinh viên. Trường Đại học Mỏ-Địa chất năm 2023.

Tăng Văn Lâm, Võ Đình Trọng, Vũ Kim Diến, Nguyễn Bá Bình (2023), Nghiên cứu khả năng chế tạo bê tông nhẹ tạo khí từ bột nhôm, phụ gia khoáng và chất kết dính không xi măng, Hội Nghị khoa học quốc tế Kỷ niệm 60 năm thành lập Viện KHCN Xây dựng, tháng 11 năm 2023.

Nguyễn Trọng Lâm, Phạm Hữu Hanh. Nghiên cứu nâng cao chất lượng bê tông khí chưng áp sử dụng cho nhà siêu cao tầng ở VN. *Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng. Số 21 – tháng 10/2014. Pp 75-80.*

Tăng Văn Lâm, Nguyễn Đình Trinh, Vũ Kim Diến, Nguyễn Bá Bình (2023), Bê tông bọt-khí dị hướng, Hội Nghị khoa học thường niên năm 2023 – Trường Đại học Thủy lợi, Hà Nội, tháng 11 năm 2023.

Nguyễn Văn Phiêu, Nguyễn Văn Chánh - Công nghệ bê tông nhẹ, *Nhà xuất bản xây dựng- năm 2005*.

Nguyễn Công Thắng, Phạm Hữu Hanh. Nghiên cứu nâng cao chất lượng bê tông khí chưng áp sử dụng cho nhà siêu cao tầng ở Việt Nam. *Tạp chí KHCN Xây dựng số 21, 2014. Pp. 75-80.*

By Ким Зиен (2022), Ячеистые бетоны с использованием плазмомодифицированного доменного шлака. Шифр и наименование научной специальности: 2.1.5 Строительные материалы и изделия. Национальный Исследовательский Московский Государственный Строительный университет.

Бруяко, М.Г. Ячеистые бетонов с вариатропной структурой на стадии формования изделия / М.Г.Бруяко, С.И.Баженова, К.З.Ву // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. №7.

Tang Van Lam, Dien Vu Kim, Hung Ngo Xuan, Tho Vu Dinh, Boris Bulgakov, and Sophia Bazhenova. "Effect of aluminium powder on light-weight aerated concrete properties." In E3S Web of Conferences, vol. 97, p. 02005. EDP Sciences, 2019.

Королев А.С., Волошин Е.А., Трофимов Б.Я., Шаимов М.Х., Кузьменко С.А. Способ изготовления вариатропных ячеистобетонных изделий. Патент RU 2243190 C1. 27.12.2004. 5с.

Баженова С.И., Ву Ким Зиен, Во Фу Тоан. Способы производства вариатропных ячеистых бетонов // В сб. докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры НИУ МГСУ. М., 2022. С. 545-549.

ABSTRACT

Some results of experimental research on aerated-foam concrete with anisotropic structure in laboratory conditions

Tang Van Lam[1], Vo Dinh Trong[1], Pham Duc Luong[1], Vu Kim Dien[2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology, 18 Pho Vien, Duc Thang, Bac Tu Liem, Ha Noi, Vietnam*
[2]*College of Industry and Construction, Uong Bi town, Quang Ninh province*

This article has presented some experimental results on aerated-foam concrete with an anisotropic structure using EABASSOC foaming agent and air-forming agent from aluminum powder simultaneously. Anisotropic concrete products have the outstanding characteristic of containing varying porosity from the central area to the peripheral areas of the product. This study has proposed a technology for manufacturing cube-shaped wooden molds measuring 100x100x100mm with four hollow perforated mold walls. Pre-punching hollow holes with a hole diameter of 1.5mm and a distance between holes of 10mm is intended to remove excess gas and liquid phase components from the concrete mixture during the setting and solidification process. With this effect, an anisotropic structure was formed inside the studied concrete sample. Research results in laboratory conditions show that it is possible to manufacture aerated-foam concrete products with an anisotropic structure with gradually decreasing porosity from the center to the periphery of the product sample. At boundary locations, the average volume is about 1400kg/m^3. But, at the central position of the anisotropic concrete sample due to its large porosity, the average dry volume is about 850kg/m^3. In addition, this study also compared the properties of anisotropic foam-aerated concrete with foam concrete and conventional aerated concrete with the same wet volume.

Keywords: foam-aerated concrete; anisotropic structure; perforated mold; foam concrete; aerated concrete

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Nghiên cứu ảnh hưởng của tro xỉ nhà máy điện đốt rác đến tính chất cơ học của bê tông cường độ cao

Tăng Văn Lâm[1,*], Võ Đình Trọng[1], Hoàng Anh Cương[2]
[1]*Trường Đại học Mỏ-Địa chất*
[2]*Trường Đại học Giao thông Vận tải*

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm về ảnh hưởng nguồn tro xỉ của nhà máy điện đốt rác Ngôi Sao Xanh đến tính chất cơ học của bê tông cường độ cao trong điều kiện phòng thí nghiệm. Thành phần vật liệu sử dụng gồm có xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hoàng Thạch, cốt liệu mịn là cát vàng sông Lô, cốt liệu lớn là đá dăm từ đá vôi với kích thước 5÷10mm, tro bay và xỉ đáy lò của nhà máy điện rác Ngôi Sao Xanh kết hợp với phụ gia siêu dẻo giảm nước. Kết quả nghiên cứu đã cho thấy khả năng sử dụng (0÷20)% các loại tro bay và xỉ đáy lò nhà máy điện rác để chế tạo bê tông cường độ cao. Hỗn hợp bê tông thu được có tính công tác tốt với độ sụt từ 15cm÷20cm và cường độ nén ở tuổi 28 ngày dao động từ 50MPa÷60MPa. Với quá trình phát triển các nhà máy đốt rác phát điện như hiện nay, việc nghiên cứu sử dụng các nguồn phế thải tro xỉ của các nhà máy điện rác là cần thiết để góp phần giảm ô nhiễm môi trường và thúc đẩy nền kinh tế tuần hoàn bền vững.

Từ khóa: tro bay; xỉ đáy lò; bê tông cường độ cao; tính công tác; cường độ nén

1. Phần mở đầu

Hiện nay, Việt Nam với dân số khoảng gần 100 triệu người đang thải ra một lượng rác thải độc hại rất lớn. Theo như thống kê từ Vụ Năng lượng tái tạo (Tổng cục Năng lượng - Bộ Công Thương) trong năm 2022, cả nước đang thải ra trung bình 35.000 tấn chất thải rắn sinh hoạt đô thị và 34.000 tấn chất thải sinh hoạt nông thôn mỗi ngày (Bộ Công thương, 2017). Tuy nhiên, tỷ lệ thu gom và xử lý các nguồn chất thải hiện tại còn nhiều thách thức cả về môi trường và kinh tế đối với các nước đang phát triển như Việt Nam. Phương pháp phổ biến nhất mà Việt Nam sử dụng để xử lý rác thải hiện tại là chôn lấp và đốt thủ công, các phương pháp này bộc lộ nhiều nhược điểm và hiện đã bị cấm hoặc không được khuyến khích áp dụng (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2023; Quốc hội Việt Nam, 2023). Theo đó, phát triển các nhà máy điện rác sẽ là một giải pháp xử lý rác thải hiệu quả nhất, góp phần giảm thiểu lượng chôn lấp rác thải, giảm thiểu phát thải khí nhà kính, giảm ô nhiễm môi trường. Theo báo cáo của Bộ Khoa học và Công nghệ, phương pháp đốt rác thải để tạo ra năng lượng điện tái tạo đang được áp dụng rộng rãi ở nhiều nước trên thế giới do có nhiều ưu điểm nổi bật so với các công nghệ khác như giảm được khoảng 95% thể tích và khối lượng các loại chất thải; tận dụng nhiệt năng để phát điện hiệu quả; giảm mạnh việc phát thải khí độc, khói bụi… so với phương pháp chôn lấp truyền thống (Bộ Khoa học và Công nghệ, 2024; Lê Văn Tuấn nnk., 2021).

Tại Hà Nội đang triển khai công nghệ đốt hiện đại nhất để xử lý rác thải, đặc biệt nhà máy điện rác Sóc Sơn hiện đang vận hành và mỗi ngày đã xử lý được khoảng 3.000 tấn rác thải tại Khu liên hợp xử lý chất thải rắn Nam Sơn (Công ty cổ phần Năng lượng môi trường Thiên Ý, 2023). Dự kiến đến năm 2030, thành phố sẽ kêu gọi các nhà đầu tư triển khai nhiều nhà máy xử lý triệt để các nguồn chất thải độc hại của người dân và của các khu công nghiệp. Bên cạnh đó, cuối năm 2023 tỉnh Bắc Ninh đã đưa vào hoạt động nhà máy đốt rác phát điện Ngôi Sao Xanh để xử lý các nguồn chất thải rắn sinh hoạt, chất thải công nghiệp của địa phương. Đây là tổ hợp nhà máy đốt rác phát điện đầu tiên tại tỉnh Bắc Ninh đi vào hoạt động với công suất mỗi ngày đêm đạt 180 tấn rác các loại (Nhà máy điện rác Ngôi Sao Xanh, 2023).

Từ thực tế hoạt động, nhà máy điện rác hiện đang thải ra môi trường một lượng lớn các nguồn tro-xỉ, sản phẩm cuối cùng của quá trình đốt rác sinh hoạt. Theo Báo cáo Nhà máy điện rác Sóc Sơn thì khối lượng các nguồn thải tro-xỉ đã phát sinh tại nhà máy mỗi năm khoảng 260.000 tấn. Bên cạnh đó, quá trình hoạt động của nhà máy điện rác Ngôi Sao Xanh (Bắc Ninh) cũng thải ra môi trường khoảng 20-30 tấn tro-xỉ mỗi ngày (Nhà máy điện rác Ngôi Sao Xanh, 2024). Vì vậy, trong quá trình phát triển các nhà máy điện rác, nhiệm vụ tái sử dụng triệt để các nguồn chất thải rắn phát thải từ hoạt động đốt rác phát điện, giảm ảnh hưởng của tro-xỉ đốt rác đến môi trường thứ cấp là một vấn đề rất cần thiết và thời sự hiện nay.

* *Tác giả liên hệ*
Email: tangvanlam@humg.edu.vn

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm về ảnh hưởng của các nguồn phế thải của nhà máy điện đốt rác Ngôi Sao Xanh đến một số tính chất của bê tông cường độ cao trong điều kiện phòng thí nghiệm. Thành phần vật liệu sử dụng gồm có xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hoàng Thạch, cốt liệu mịn là cát vàng tự nhiên, cốt liệu lớn là đá dăm từ đá vôi với kích thước 5÷10 mm, tro - xỉ của nhà máy điện rác Ngôi Sao Xanh kết hợp với phụ gia siêu dẻo giảm nước. Kết quả nghiên cứu đã cho thấy khả năng sử dụng (0÷20)% các loại tro - xỉ nhà máy điện đốt rác để chế tạo bê tông cường độ cao. Hỗn hợp bê tông thu được có tính công tác tốt, độ sụt 15÷20 cm, cường độ nén ở tuổi 28 ngày dao động 50÷60 MPa.

2. Nguyên vật liệu sử dụng và tiêu chuẩn áp dụng

2.1. Nguyên vật liệu sử dụng

a) Chất kết dính sử dụng gồm: Xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hoàng Thạch; Silicafume SF-90VN; tro bay và xỉ đáy lò của nhà máy đốt rác phát điện Ngôi Sao Xanh.

i) Xi măng Portland hỗn hợp (X) PCB40 Hoàng Thạch thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 2682:2009 (Hình 1a).

ii) Silicafume SF-90VN (90VN) là sản phẩm của Công ty TNHH Hoá phẩm xây dựng Buildmix Việt Nam. Đây là phụ gia khoáng có chứa Silic đioxit (SiO_2) siêu mịn hoạt tính cao. Khi đưa vào bê tông, SF-90VN sẽ liên kết với $Ca(OH)_2$ tăng độ đặc chắc, tăng cường độ và cải thiện vi cấu trúc của bê tông (T.V.Lam, et al. 2018; Công ty TNHH Hoá phẩm xây dựng Buildmix Việt Nam, 2023). Sản phẩm này đáp ứng theo tiêu chuẩn ASTM C1240 - "Yêu cầu kỹ thuật về silicafume làm phụ gia khoáng cho bê tông và vữa".

iii) Tro bay và xỉ đáy lò của nhà máy điện đốt rác Ngôi Sao Xanh

Đây là sản phẩm cuối cùng của quá trình đốt các loại rác thải nguy hại trong thiết bị lò quay. Các loại rác thải sau khi đốt, nhiệt lượng được đưa đến thiết bị nồi hơi để quay tua bin phát điện. Theo thống kê của nhà máy, sau khi rác thải qua lò đốt, thì còn khoảng 20% lượng tro xỉ thải ra môi trường. Lượng phế thải này rất cần được xử lý, tái sử dụng để mục đích tạo ra nền kinh tế tuần hoàn bền vững.



(a)- Xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hoàng Thạch *(b)- Tro bay* *(c)- Xỉ đáy lò*

Hình 1. Nguyên vật liệu sử dụng trong nghiên cứu

+ Tro bay (TB) là sản phẩm sau cùng của nhà máy Ngôi Sao Xanh, được thu nhận trực tiếp tại cửa xả của ống khói nhà máy thông qua hệ thống lọc bụi tay áo. Đây là loại tro bay chưa qua xử lý, độ mịn tương đương như tro bay nhiệt điện (Tăng Văn Lâm nnk., 2020). Nhưng do nguyên liệu đốt tại các nhà máy xử lý rác có rất nhiều thành phần rất khác nhau và nhiệt độ đốt rác tại các lò quay khoảng 1150^0C. Vì vậy, tro bay nhà máy điện đốt rác còn nhiều thành phần chất hữu cơ chưa cháy và không có hoạt tính như các loại tro bay nhà máy nhiệt điện đốt than khác (Hình 1b). Độ mịn tương đương như tro bay nhiệt điện với 55% các hạt có kích thước khoảng 10 µm, các cỡ hạt có kích thước (40-30) µm chiếm khoảng 12%.

+ Xỉ đáy lò (Xi) của nhà máy điện đốt rác Ngôi Sao Xanh thu được từ băng tải của nhà máy. Do thành phần hỗn tạp của vật liệu đốt nên xỉ đáy lò còn lẫn nhiều thành phần không cháy, đặc biệt là các miếng kim loại nhỏ. Loại xỉ đáy lò này chưa qua khâu nghiền mịn nên xỉ thải có dạng hạt rỗng, xốp và kích thước hạt không đồng đều, dao động từ 0,15mm đến 4,0 mm (Hình 1c).

b). Cốt liệu sử dụng trong nghiên cứu gồm cát vàng và đá dăm:

i) Cốt liệu nhỏ là cát vàng sông Lô (C), cát tự nhiên chất lượng tốt, thỏa mãn yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 7570:2006 (Hình 2a).

ii) Cốt liệu lớn là đá dăm nghiền từ đá vôi (Đ) với kích thước hạt từ 5 mm đến 10 mm (Hình 1a). Đá dăm với D_{max}=10 mm, có chất lượng tốt, khối lượng riêng 2,65 g/cm^3, khối lượng thể tích trung bình ở trạng thái đầm chặt 1540 kg/m^3, thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 7570:2006 (Hình 2b).

c) Phụ gia siêu dẻo (SD) loại SR 5000F của nhà sản xuất "SilkRoad" với khối lượng riêng 1,1 g/cm^3 ở nhiệt độ 20 ± 5^{o}C, được sử dụng để giảm tỷ lệ nước/xi măng, nhưng vẫn giữ được tính công tác tốt của hỗn hợp bê tông và tăng cường độ của bê tông nghiên cứu. Sản phẩm SR 5000F thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của TCVN 8826:2011.

d) Nước sạch (N) được sử dụng để làm nước nhào trộn hỗn hợp bê tông và bảo dưỡng mẫu thí nghiệm sau khi tạo hình, thỏa mãn yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 4506:2012.




(a)- Cát vàng sông Lô *(b)- Đá dăm 5-10 mm*

Hình 2. Cốt liệu sử dụng trong nghiên cứu

2.2. Phương pháp thí nghiệm

- Thiết kế thành phần cấp phối của bê tông trong nghiên cứu này được thực hiện dựa trên "Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại" theo Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD ngày 05/09/1998 (Bộ xây dựng, 1998).

- Hỗn hợp bê tông thiết kế có độ sụt dao động từ 15cm đến 20cm được xác định trên bộ côn hình nón cụt tiêu chuẩn với kích thước 10x20x30cm (Hình 3 và Hình 4).



Hình 3. Bộ côn hình nón cụt tiêu chuẩn kích thước 10x20x30cm



Hình 4. Xác định độ sụt của hỗn hợp bê tông



Hình 5. Mẫu bê tông thí nghiệm hình lập phương kích thước 100x100x100mm

- Cường độ nén trung bình yêu cầu của mẫu bê tông sử dụng tro xỉ nhà máy điện đốt rác ở tuổi 28 ngày đạt từ 50MPa đến 60MPa được xác trên mẫu hình lập phương kích thước 100x100x100mm (Hình 5). Trong nghiên cứu này, hệ số an toàn K =1,15 được sử dụng khi xác định cường độ nén yêu cầu 28 ngày trong quá trình tính toán (Bộ Xây dựng, 1998). Giá trị cường độ nén của mẫu ở các tuổi khác nhau được xác định trên hệ thống máy nén uốn ADVANTEST 9 với tốc độ tăng tải là 2000N/s.

2.3. Thành phần cấp phối của hỗn hợp bê tông

Để đánh giá ảnh hưởng của hỗn hợp tro bay và xỉ đáy lò tại nhà máy đốt rác phát điện Ngôi Sao Xanh đến một số tính chất của bê tông cường độ cao, đề tài này đã khảo sát hàm lượng tro bay và xỉ đáy lò lần lượt 0%; 5%; 10%; 15% và 20% so với hàm lượng xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hoàng Thạch.

Mặt khác, để điều chỉnh tính công tác của hỗn hợp bê tông, nghiên cứu này đã sử dụng phụ gia siêu dẻo SR5000F với hàm lượng là 1,2% hàm lượng xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hoàng Thạch. Do nghiên cứu sử dụng phụ gia siêu dẻo nên tỷ lệ nước/chất kết dính (N/CKD) là 0,30.

Mặt khác, để điều chỉnh tính công tác của hỗn hợp bê tông, nghiên cứu này đã sử dụng phụ gia siêu dẻo SR5000F với hàm lượng là 1,5% hàm lượng xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hoàng Thạch.

Tính toán thành phần cấp phối của bê tông sử dụng hỗn hợp tro bay và xỉ đáy lò theo trình tự trong yêu cầu của Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD "Chỉ dẫn kỹ thuật lựa chọn thành phần cấp phối của bê tông các loại", đề tài đã thu được 05 cấp phối và trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Cấp phối vật liệu cho 1m^3 bê tông sử dụng tro xỉ nhà máy điện đốt rác Ngôi Sao Xanh

Ký hiệu	Các tỷ lệ vật liệu, (%)		Thành phần cấp phối vật liệu sử dụng cho 1 m^3 bê tông (kg)							
	Tro bay	Xỉ đáy lò	X	90VN	TB	Xi	C	Đ	N	SD
Concre-01	20	0	500	50	100	0	400	1020	195	60
Concre-02	15	5	500	50	75	25	400	1020	195	60
Concre-03	10	10	500	50	50	50	400	1020	195	60
Concre-04	5	15	500	50	25	75	400	1020	195	60
Concre-05	0	20	500	50	0	100	400	1020	195	60

3. Kết quả thí nghiệm và thảo luận

3.1. Kết quả thí nghiệm

Độ sụt và khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông được xác định ngay sau khi nhào trộn xong hỗn hợp vật liệu. Giá trị khối lượng thể tích khô và độ hút nước theo khối lượng được xác định tại tuổi mẫu 28 ngày. Cường độ nén của bê tông sử dụng tro xỉ nhà máy điện đốt rác Ngôi Sao Xanh được xác định cường độ chịu nén ở các tuổi 3, 7, 14 và 28 ngày, mỗi tuổi mẫu gồm 06 tổ mẫu, mỗi tổ mẫu gồm 03 viên mẫu hình lập phương cạnh 100x100x100mm (Bộ xây dựng, 2023). Các mẫu sau khi tạo hình, được bảo dưỡng 1 ngày trong khuôn, sau đó mẫu được tháo khuôn và được đưa đi ngâm trong bể nước để bảo dưỡng đến tuổi thí nghiệm. Các kết quả thực nghiệm trong nghiên cứu đã được trình bày chi tiết trên bảng 2 và bảng 3.

Bảng 2. Tính chất vật lý của mẫu bê tông sau khi rắn chắc

Ký hiệu mẫu bê tông thí nghiệm	Tính chất của hỗn hợp bê tông và mẫu bê tông							
	Độ sụt của hỗn hợp bê tông (cm)		Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông sau khi nhào trộn (kg/m^3)		Khối lượng thể tích khô của mẫu bê tông ở tuổi 28 ngày (kg/m^3)		Độ hút nước theo khối lượng ở tuổi 28 ngày (%)	
	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn
Concre-01	19,0	1,5	2240	3,1	2215	3,4	7,10	0,8
Concre-02	18,6	1,8	2278	3,0	2240	3,0	7,75	0,8
Concre-03	18,2	1,60	2289	3,3	2254	2,8	7,80	0,9
Concre-04	17,2	1,2	2307	3,0	2286	3,1	8,40	0,7
Concre-05	15,5	1,3	2325	3,2	2302	2,9	9,56	0,6

Bảng 3. Giá trị cường độ nén của mẫu bê tông sau khi rắn chắc

Tên mẫu bê tông thí nghiệm	Giá trị cường độ nén trung bình tại các tuổi khác nhau (MPa)									
	1 ngày		3 ngày		7 ngày		14 ngày		28 ngày	
	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn
Concre-01	6,2	1,1	21,2	1,5	37,3	1,3	49,5	1,8	54,2	2,1
Concre-02	6,5	1,1	22,0	1,4	39,1	1,4	52,0	1,7	57,0	2,2
Concre-03	6,7	0,9	22,7	1,5	40,0	1,6	52,4	1,8	57,8	2,1
Concre-04	6,0	0,9	20,5	1,2	35,7	1,5	47,7	1,7	52,5	2,0
Concre-05	5,7	1,1	19,4	1,2	34,3	1,5	45,6	1,8	50,1	1,8

3.2. Thảo luận

Hỗn hợp bê tông sau khi tạo hình có độ dẻo cao, tính công tác tốt, điều này được giải thích là do hỗn hợp bê tông đã sử dụng 1,2% phụ gia siêu dẻo SR 5000F.

Tính chất của hỗn hợp bê tông và mẫu bê tông thay đổi đáng kể khi thay đổi hàm lượng tro bay và xỉ đáy lò, điều này được giải thích nguyên nhân do xỉ đáy lò có độ xốp lớn và thành phần hạt không đều, đặc biệt là xỉ đáy lò còn lẫn nhiều thành phần kim loại sau khi đốt rác đã ảnh hưởng lớn đến tính chất cơ bản của hỗn hợp bê tông sau nhào trộn và sau khi rắn chắc.

Bên cạnh đó, giá trị tính công tác của hỗn hợp bê tông giảm mạnh khi hàm lượng xỉ đáy lò tăng lên, cụ thể là độ sụt đã giảm từ 19,0cm xuống còn 15,5cm. Nguyên nhân chính do xỉ đáy lò rỗng xốp, độ hút nước và cần nước lớn, chính vì thế lượng nước dư thừa để tạo ra độ sụt của hỗn hợp bê tông giảm.

Hơn nữa, giá trị khối lượng thể tích của sản phẩm sau khi tạo hình tăng lên, nguyên nhân dẫn đến hiện tượng này là do có thành phần kim loại, đặc biệt là thành phần tạp chất sắt có trong xỉ đáy lò. Giá trị khối lượng thể tích trung bình của bê tông dùng tro xỉ của nhà máy điện rác ở tuổi 28 ngày khoảng 2259kg/m^3. Giá trị này thấp hơn không đáng kể so với khối lượng thể tích của bê tông thông thường hiện nay. Tuy nhiên, theo chiều tăng của hàm lượng xỉ đáy lò, khối lượng thể tích của mẫu bê tông tăng từ 2215kg/m^3 lên 2302kg/m^3.

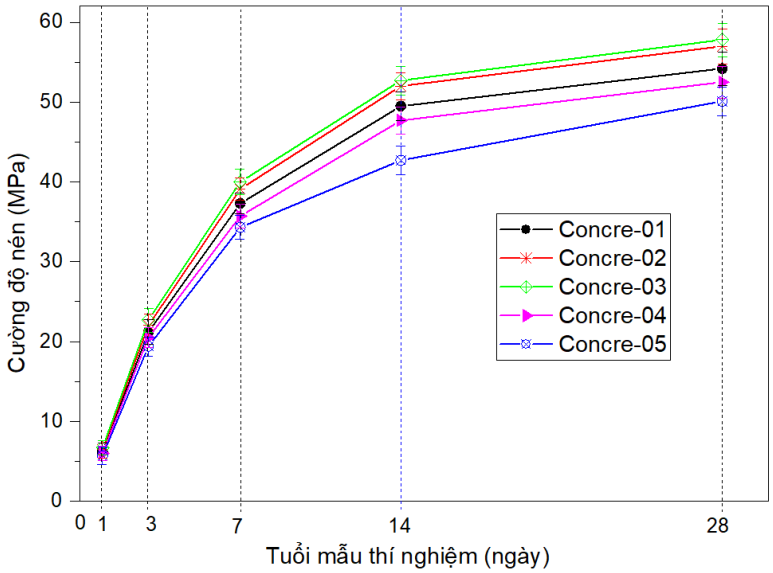
Về độ hút nước, các mẫu bê tông sử dụng tro xỉ của nhà máy điện rác có độ hút nước tăng dần từ 7,10% lên 9,56% theo mức độ sử dụng xỉ đáy lò. Hiện tượng này được giải thích do xỉ đáy lò có thành hạt không ổn định và độ rỗng xốp lớn, đó chính là nguyên nhân dẫn đến tăng độ rỗng trong bê tông và kết quả là tăng độ hút nước ở tuổi 28 ngày của sản phẩm.

Từ giá trị thực nghiệm cường độ chịu nén trong Bảng 3 cho thấy, giá trị cường độ nén trung bình ở tuổi 28 ngày của bê tông sử dụng tro xỉ của nhà máy điện rác đều đạt trên 50MPa, đạt cường độ mục tiêu yêu

cầu đề ra. Tuy nhiên, cường độ nén của mẫu bê tông có sự khác biệt khá lớn theo hàm lượng của tro bay và xỉ đáy lò. Cấp phối bê tông sử dụng 10% tro bay và 10% xỉ đáy lò có cường độ nén ở tuổi 28 ngày cao nhất với giá trị là 57,8MPa. Điều này có thể được giải thích thành phần hoạt tính SiO_2 và phản ứng thủy lực của xỉ đáy lò đóng một vai trò quan trọng để mẫu bê tông chứa 10% tro bay và 10% xỉ đáy lò thu được giá trị cường độ nén cao nhất. Mặt khác, thành phần phụ gia khoáng hoạt tính là silica fume SF-90VN kết hợp với 1,2% phụ gia siêu dẻo SR 5000F cũng là một trong các nguyên nhân tăng cường độ nén của mẫu Concre-03 ở tuổi 28 ngày. Kết quả này tương tự với nhiều nghiên cứu về bê tông cường độ cao đã công bố trước đây (Ngọ Văn Toản, 2012; Lâm N.T nnk., 2021).

Sau đó, khi hàm lượng xỉ đáy lò tăng lên đến 15% và 20% thì cường độ nén của mẫu thí nghiệm có xu hướng giảm. Điều này cho thấy rõ thành phần hạt không đồng đều, nhiều hạt dẹt, đặc tính độ rỗng xốp lớn xỉ đáy lò của nhà máy điện rác là nguyên nhân giảm cường độ của mẫu bê tông thí nghiệm từ 57,8 MPa xuống còn 50,1MPa.

Sự ảnh hưởng của hàm lượng tro - xỉ nhà máy điện rác đến giá trị cường độ nén của mẫu bê tông thí nghiệm ở các tuổi mẫu khác nhau được thể hiện trực quan trên hình 6.



Hình 6. Tốc độ phát triển cường độ nén của mẫu bê tông thí nghiệm theo thời gian bảo dưỡng

Mặc dù hàm lượng tro bay và xỉ đáy lò thay đổi khác nhau từ 0% đến 30% nhưng sự phát triển cường độ nén theo thời gian bảo dưỡng của các mẫu Concre-01; Concre-02; Concre-03, Concre-04 và Concre-05 thay đổi không đáng kể. Giá trị cường độ nén trung bình ở các tuổi 3 ngày, 7 ngày và 14 ngày đều đã đạt được trên 40%; 70% và 80% so với cường độ nén của mẫu ở tuổi 28 ngày. Tính chất này tương tự như các loại bê tông xi măng sử dụng phụ gia khoáng mịn thông thường (Nguyễn Như Quý & Mai Quế Anh, 2020). Nhưng với mẫu Concre-04 sử dụng 15% xỉ đáy lò và 1,2% phụ gia siêu dẻo đã có tốc độ rắn chắc nhanh nhất, giá trị cường độ nén trung bình ở tuổi 14 ngày đã đạt được khoảng 84% so với cường độ nén của mẫu ở tuổi 28 ngày. Điều này được biện giải là khi sử dụng 20% xỉ đáy lò với độ rỗng xốp lớn, đã hút nước nhào trộn, giảm tính công tác do đó mẫu nhanh khô và làm cấu trúc lớp vữa xi măng-cát đông kết và rắn chắc nhanh hơn, kết quả là tốc độ phát triển cường độ của mẫu bê tông được cải thiện so với các mẫu thí nghiệm còn lại.

Với những kết quả bước đầu thu được trong nghiên cứu này đã cho thấy, việc sử dụng các loại tro-xỉ nhà máy đốt rác phát điện thay thế một phần xi măng Portland trong thành phần của bê tông là một trong những giải pháp hiệu quả, góp phần chuyển đổi "xanh" và thúc đẩy nền kinh tế tuần hoàn ở Việt Nam hiện nay.

4. Kết luận

Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá khả năng sử dụng tro xỉ của nhà máy điện rác để chế tạo bê tông cường độ cao đã thu được một số kết luận như sau:

- Hỗn hợp bê tông sử dụng tro xỉ của nhà máy điện rác sau khi nhào trộn có tính công tác tốt, độ sụt từ 15,5cm đến 19cm. Mẫu bê tông sử dụng 20% tổng hàm lượng tro xỉ, sau khi rắn chắc ở tuổi 28 ngày đều có cường độ nén trung bình đạt trên 50 MPa, thỏa mãn mục tiêu thiết kế ban đầu.

- Khi hàm lượng xỉ đáy lò tăng lên thì tính công tác của hỗn hợp bê tông giảm mạnh, cụ thể là độ sụt của hỗn hợp bê tông đã giảm từ 19cm xuống còn 15,5cm. Nguyên nhân chính do xỉ đáy lò rỗng xốp, độ

hút nước và cần nước lớn, do đó lượng nước dư thừa để tạo ra độ sụt của hỗn hợp bê tông giảm.

- Thành phần kim loại, đặc biệt là thành phần tạp chất sắt trong xỉ đáy lò là nguyên nhân dẫn đến hiện tượng tăng giá trị khối lượng thể tích của bê tông từ 2215kg/m^3 lên đến 2302kg/m^3 trong nghiên cứu này.
- Do xỉ đáy lò có độ rỗng xốp lớp, thành phần hạt không đồng đều, nhiều hạt dẹt, đó là nguyên nhân dẫn đến tăng độ rỗng trong mẫu bê tông và kết quả là tăng độ hút nước của bê tông từ 7,10% lên 9,56% ở tuổi 28 ngày.
- Cấp phối bê tông sử dụng 10% tro bay kết hợp 10% xỉ đáy lò có cường độ nén ở tuổi 28 ngày cao nhất là 57,8 MPa. Điều này có thể được giải thích thành phần hoạt tính SiO_2 và phản ứng thủy lực của xỉ đáy lò, 10% silica fume SF-90VN kết hợp với 1,2% phụ gia siêu dẻo SR 5000F là nguyên nhân tăng cường độ nén của mẫu thí nghiệm trong trường hợp này.
- Khi hàm lượng xỉ đáy lò tăng lên đến 15% và 20% thì cường độ nén của mẫu thí nghiệm có xu hướng giảm. Điều này cho thấy rõ chất lượng của xỉ đáy lò của nhà máy điện rác không đạt yêu cầu, đó là nguyên nhân giảm cường độ của mẫu bê tông thí nghiệm từ 57,8MPa xuống còn 50,1MPa.
- Cần tiếp tục nghiên cứu toàn diện và làm rõ mức độ ảnh hưởng của tính chất tro bay, xỉ đáy lò, nhiệt độ của lò đốt, điều kiện chế tạo mẫu, chế độ bảo dưỡng đến các đặc tính cơ-lý của các chủng loại bê tông cường độ cao khi sử dụng các nguồn vật liệu phế thải của nhà máy điện đốt rác.

Tài liệu tham khảo

T.V. Lam, B. Bulgakov, Y. Bazhenov, O. Aleksandrova, P.N. Anh, 2018. Effect of rice husk ash on hydrotechnical concrete behavior, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 365 (2018), doi:10.1088/1757-899X/365/3/032007

Tăng Văn Lâm, Vũ Kim Diến, 2020. Khả năng sử dụng xỉ thải của công nghiệp luyện kim trong sản xuất vật liệu xây dựng. *Tạp chí Khoa học & Công nghệ*, Bộ công thương, số 43, tháng 10 năm 2020.

Nguyễn Như Quý, Mai Quế Anh, 2020. *Lý thuyết bê tông*, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2020, 210 Tr.

Lê Văn Tuấn, Nguyễn Quốc Toản, 2021. Giải pháp thúc đẩy sử dụng tro, xỉ nhà máy nhà máy điện đốt rác than làm vật liệu xây dựng trong xu thế nền kinh tế tuần hoàn tại Việt Nam. *Tạp chí Xây dựng*, 10/2021.

Ngọ Văn Toản, 2012. Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao sử dụng cốt liệu cấp phối gián đoạn với cát mịn. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, số 3/2012.

Lâm N.T., Kiên T.T., Đại B.D, 2021. Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao sử dụng hàm lượng lớn tro bay của nhà máy nhiệt điện Quảng Ninh. *Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng* (TCKHCNXD) - ĐHXDHN, 15(6V), 1-11.

Công ty cổ phần Năng lượng môi trường Thiên Ý, 2023. *Báo cáo tổng kết sản xuất của Công ty cổ phần Năng lượng môi trường Thiên Ý (Hà Nội), đơn vị vận hành Nhà máy điện rác Sóc Sơn năm 2023*.

Công ty TNHH Hoá phẩm xây dựng Buildmix Việt Nam, 2023. *Tính chất kỹ thuật của phụ gia khoáng mịn Silicafume SF-90VN*, tháng 10/2023.

Nhà máy điện rác Ngôi sao xanh, 2023. *Báo cáo sản xuất của Nhà máy điện rác Ngôi sao xanh-GCEP (Bắc Ninh), đơn vị vận hành Nhà máy điện rác Ngôi Sao Xanh (Greenstar) năm 2023*.

Nhà máy điện rác Ngôi sao xanh, 2024. *Thư ngỏ đề nghị nghiên cứu xử lý và tái sử dụng các phế thải của Nhà máy điện rác Ngôi sao xanh-GCEP (Bắc Ninh) ngày 26/01/2024*.

Bộ Xây dựng, 1998. *Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại" theo Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD ngày 05/09/1998*, 60 trang.

Bộ Công thương, 2017. *https://moit.gov.vn/tin-tuc/hoat-dong/viet-nam-con-nhieu-tiem-nang-bien-rac-thai-thanh-nguyen-lieu2.html*

Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2023. *https://monre.gov.vn/Pages/tinh-hinh-phat-sinh-chat-thai-ran-thong-thuong.aspx*

Bộ Khoa học và Công nghệ, 2024. *https://www.most.gov.vn/vn/tin-tuc/20559/cong-nghe-dot-chat-thai-phat-dien-tren-the-gioi-va-tai-viet-nam.aspx*

Quốc hội Việt Nam, 2023. *https://quochoi.vn/tintuc/Pages/tin-hoat-dong-cua-quoc-hoi.aspx?ItemID=82916*

ABSTRACT

Research on the effects of fly ash and slag from a waste incineration power plant on the mechanical properties of high-strength concrete

Tang Van Lam[1], Vo Dinh Trong[1], Hoang Anh Cuong[2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*University of Transport and Communications*

This paper presents the results of experimental research on the possibility of using waste resources from the Green Star waste incineration power plant to produce high-strength concrete in laboratory conditions. The materials used include Portland cement mixed with PCB40 Hoang Thach, fine aggregate is Lo River yellow sand, large aggregate is crushed stone of size 5÷10mm, fly ash and slag at the bottom of the furnace of the combustion power plant. Green Star waste combined with water-reducing superplasticizers. Research results have shown the ability to use (0÷20)% of fly ash and slag at the bottom of the furnace from a waste-burning power plant to make high-strength concrete. The resulting concrete mixture has good workability, slump ranges from 15cm to 20cm, compressive strength at 28 days ranges from 50MPa to 60MPa. With the current process of developing waste incineration plants to generate electricity, research on the use of ash and slag waste sources from waste incineration power plants is necessary to contribute to promoting a sustainable circular economy.

Keywords: fly ash; furnace bottom slag; high strength concrete; workability; compressive strength

Nghiên cứu ứng xử cơ học của kết cấu chống giữ giếng đứng của tổ hợp kho chứa khí ngầm đào trong đá cứng bằng phương pháp số

Ngô Hoàng Minh[1,2], Đặng Văn Kiên[3,*], Vũ Tiến Dũng[3], Đỗ Ngọc Anh[3], Trần Tuấn Điệp[4]
[1]NCS Bộ môn Xây dựng CTN và Mỏ, [2]Sở Xây dựng tỉnh Bình Thuận
[3]Trường Đại học Mỏ - Địa chất ; [4]Viện Cơ học và Tin học ứng dụng

TÓM TẮT

Hệ thống giếng đứng trong tổ hợp kho chứa khí ngầm đặt sâu trong đá cứng là công trình ngầm thẳng đứng đào qua nhiều loại đất đá khác nhau và được sử dụng trong suốt thời gian tồn tại của kho chứa khí ngầm. Độ ổn định của giếng đứng đóng vai trò rất quan trọng đảm bảo chức năng sử dụng trong suốt thời gian sử dụng kho chứa. Phương pháp giải tích đã và đang được sử dụng để tính toán dự báo áp lực cũng như nội lực trong vỏ chống của giếng đứng tuy nhiên chỉ phương pháp trên thường chỉ sử dụng cho tính toán các giếng đứng với mặt cắt ngang hình tròn, hình chữ nhật trong môi trường đồng nhất hoặc các lớp đất đá xung quanh thành giếng phân lớp rõ ràng,…Với các giếng có hình dạng phức tạp đặc biệt là ngã ba tiếp nối các hầm ngang rất khó thực hiện. Phương pháp số đã được đưa vào ứng dụng trong việc giải quyết các bài toán địa kỹ thuật có độ tin cậy cao khi dữ liệu đầu vào, mô hình vật liệu phù hợp với điều kiện thực tế bài toán. Ngoài ra, phương pháp số cho phép mô phỏng các bài toán với giếng đứng có hình dạng và nằm trong khu vực có điều kiện phức tạp. Bài báo thể hiện kết quả ứng xử cơ học của kết cấu chống giữ giếng đứng của tổ hợp kho chứa khí ngầm đào trong đá cứng bằng phương pháp số. Căn cứ vào hồ sơ thiết kế kỹ thuật do chủ đầu tư cung cấp, các điều kiện đầu vào khác, nhóm tác giả tiến hành xây dựng mô hình số thông qua phần mềm RocSciene-RS2-Phase2 (mô hình 2D). Nghiên cứu tiến hành khảo sát tham số mô hình và chỉ ra mức độ ổn định của vỏ chống giếng đứng trong điều kiện địa chất dự án kho chứa khí ngầm Cái Mép. Kết quả nghiên cứu là tài liệu tham khảo bổ ích cho các dự án tương lai trong điều kiện tương tự, cũng như cho các nhà nghiên cứu, NCS, học viên cao học nghiên cứu về công trình kho chứa khí ngầm trong đá cứng.

Từ khóa: kho chứa khí ngầm; ứng xử cơ học; vỏ giếng đứng; giếng đứng; phương pháp số; Cái Mép

1. Đặt vấn đề

Để chứa khí hóa lỏng (LPG) có 3 phương pháp gồm các kho chứa thép xây dựng bằng phương pháp lộ thiên, kho chứa khí ngầm trong đá cứng xây dựng bằng phương pháp thông thường hoặc ây dựng bằng phương pháp hóa lý (ví dụ như bằng phương pháp hòa tan các vỉa muối bằng nước ngọt). Ngoài ra, có thể tận dụng các đường hầm, hầm trạm trong các mỏ khai thác hầm lò chuẩn bị đóng cửa để làm kho chứa ngầm. Ngoài ra kho chứa ngầm có thể xây dựng hoàn toàn mới dưới dạng các công trình ngầm, hầm trạm bằng phương pháp ngầm. Bảng 1 giới thiệu các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật xây dựng các kho chứa lộ thiên và các kho chứa ngầm xây dựng bằng phương pháp ngầm thông thường và phương pháp hòa tan các vỉa muối. Số liệu trong Bảng 1 cho thấy: phương pháp xây dựng kho chứa ngầm bằng giải pháp hòa tan các vỉa muối có các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật cao nhất [Võ Trọng Hùng, 2013]. Trong dự án kho chứa khí ngầm, giếng đứng của dự án kết nối mặt đất đến điểm bắt đầu của hầm nằm ngang, kho chứa khí ngầm phía dưới như Hình 1. Các dạng kết cấu chống thể hiện trên Bảng 1. Các phương pháp nghiên cứu tính toán áp lực lên thành giếng được chia ra phương pháp lý thuyết, phương pháp thực nghiệm và mô hình số:

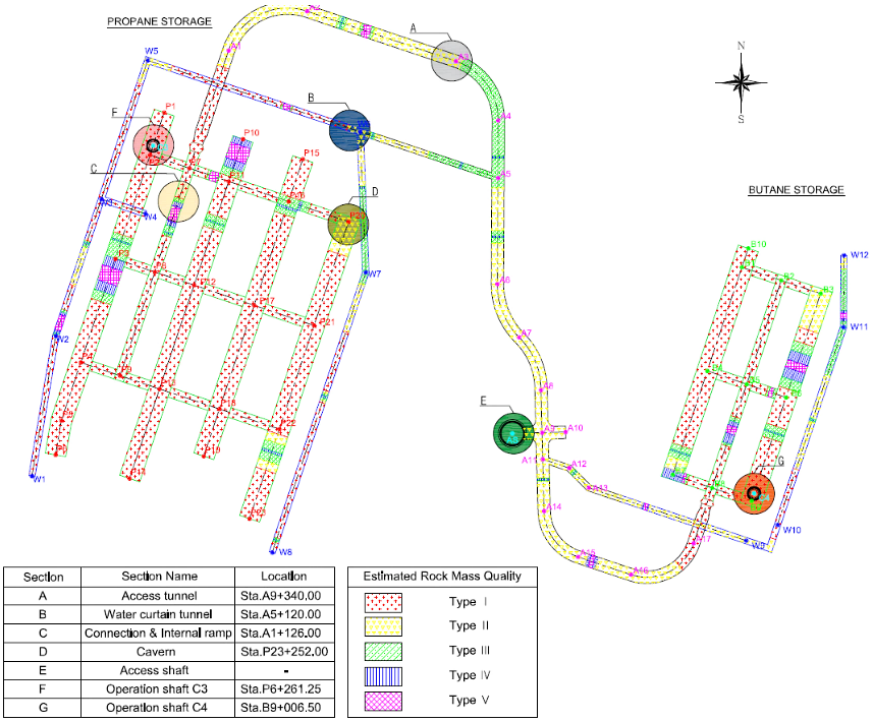
Phương pháp lý thuyết tính toán vỏ giếng như tường chắn đất trong môi trường đất rời rạc: với các giả thuyết điển hình như M.M.Protodiakonov – Tximbarevich,… Phần cổ giếng đào trong đất mềm yếu tính như với hệ thống tường barrette. Với phần thân giếng đứng tính theo phương pháp tính giả định vỏ chống giếng như xi lanh có thành dày, phương pháp cân bằng giới hạn và giả định mặt trượt, giải pháp bán-giải tích.

Phương pháp phân loại đá: để xác định áp lực đá (còn gọi là phương pháp dựa trên đánh giá số lượng các chỉ tiêu của đá) với các tác giả điển hình Deere, Lauffer, Bieniawski, Barton…, các hệ thống phân loại sử dụng như RQD, RMR, Q…Ưu điểm của nhóm phương pháp này là kết quả tương đối chính xác hơn; sử

* *Tác giả liên hệ*
Email: dangvankien@humg.edu.vn

dụng kỹ thuật đánh giá kết quả hiện đại. Bên cạnh đó vẫn tồn tại nhược điểm phải đo trực tiếp trên hiện trường do những kỹ sư địa chất hiện trường có kinh nghiệm. Với hệ các kho chứa ngầm thông thường sử dụng hệ thống phân loại khối đá Q của Barton, Lien và Lunde, RMR,…

Phương pháp số đã được sử dụng khá phổ biến trong việc mô phỏng ảnh sự ổn định thành giếng đứng trên thế giới do những ưu điểm vượt trội cho phép tính toán thành giếng đứng với độ sâu cũng như giếng có hình dạng, kích thước khác nhau. Tại Việt Nam, do kho chứa ngầm là công trình cấp đặc biệt và còn mới mẻ do chưa được sử dụng nhiều. Gần đây, các tác giả Đặng Văn Kiên, Đỗ Ngọc Anh, Đỗ Ngọc Thái, Võ Trọng Hùng đã có những nghiên cứu đầu tiên về công trình này dựa trên việc mô phỏng số đánh giá ổn định của Kho chứa khí ngầm và hệ thống giếng đứng tại dự án Kho ngầm chứa LPG của HSVC tại Cái Mép bằng phương pháp số thông qua việc dụng phần mềm RocSciene-RS2-Phase 2 (Đặng Văn Kiên, Võ Trọng Hùng, 2020; Dang Van Kien và nnk, 2022; Hung Trong Vo và nnk, 2022, Vũ Tiến Dũng và nnk, 2023). Tuy nhiên, các nghiên cứu đến nay mới chỉ dừng lại ở giai đoạn thi công kho chứa chưa kể đến ảnh hưởng của các yếu tố khác trong thời gian sử dụng kho chứa như áp lực khí bên trong, ảnh hưởng của hệ thống hầm. Các nghiên cứu sâu về giếng đứng trong hệ thống kho chứa khí ngầm chưa được đề cập nhiều.



Section	Section Name	Location
A	Access tunnel	Sta.A9+340.00
B	Water curtain tunnel	Sta.A5+120.00
C	Connection & Internal ramp	Sta.A1+126.00
D	Cavern	Sta.P23+252.00
E	Access shaft	-
F	Operation shaft C3	Sta.P6+261.25
G	Operation shaft C4	Sta.B9+006.50

Hình 1. Bình đồ hệ thống kho chứa khí ngầm dự án Cái Mép

Bảng 1. Kết cấu chống giữ giếng đứng

Phân loại	Kết cấu chống		I [> 40]	II [40~10]	III [10~4]	IV [4~1]	V [1~0.1]
Giếng đứng (Φ 18.0m)	Phun bê tông [cm]	Chiều dày	5,0 (S)	6,0 (Sfr)	9,0 (Sfr)	12,0 (Sfr)	15,0 (Sfr)
	Neo gia cố khối đá	Khoảng cách	Neo	1bt/4,0 m²	1bt/3,0 m²	1bt/2,0 m²	1bt/1,0 m²
		Chiều dài	4,35 m				
	RRS		Trường hợp giá trị Q nhỏ hơn 0,5				

2. Hình dạng và phương pháp tính toán giếng đứng trong hệ thống kho chứa khí ngầm

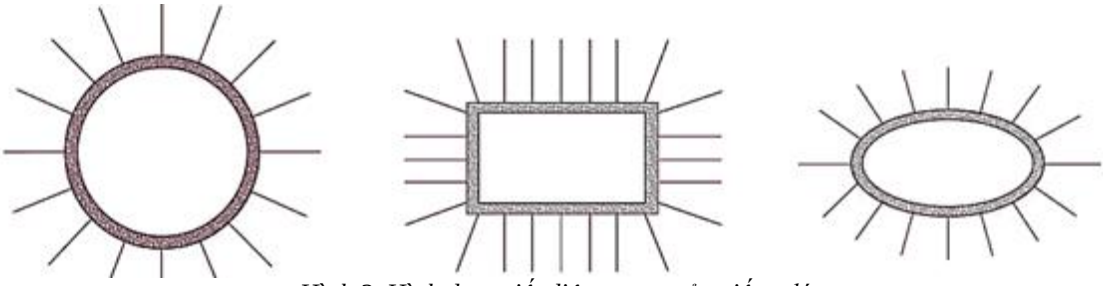
Giếng đứng trong dự án kho chứa khí ngầm thường đào với một số dạng tiết diện mặt cắt ngang chủ yếu như Hình 2 gồm: *Hình tròn*: được sử dụng phổ biến trong xây dựng dân dụng công nghiệp, ngành mỏ. Tiết diện ngang hình tròn được sử dụng phổ biến trong đá mềm và cả trong đá cứng khi thời gian sử dụng công trình lớn; *Hình chữ nhật*: chủ yếu được dùng trong thăm dò và khai thác khoáng sản; *Hình elip*: chỉ sử dụng cho một số điều kiện đặc biệt. Hình dạng tiết diện có ảnh hưởng lớn tới loại hình vỏ chống cũng như độ ổn định của giếng đứng. Do vậy, việc lựa chọn hình dạng, loại hình kết cấu chống phù hợp cho phép nâng cao

độ ổn định của thành giếng đứng.

Dự án Kho ngầm chứa LPG của HSVC tại Cái Mép, tỉnh Bà Rịa-Vũng Tàu, Việt Nam là dự án Kho chứa khí ngầm lớn nhất Đông Nam Á và là dự án Kho chứa khí ngầm đầu tiên tại Việt Nam thuộc Nhóm A, cấp công trình đặc biệt do Công ty TNHH Hóa chất Hyosung Vina làm chủ đầu tư, do Công ty Consultant for Technical Design Document: HDEC - HSHI JV KOREA của Hàn Quốc Thiết kế và Công ty cổ phần Thiết kế Công nghiệp Hóa chất là Đơn vị tư vấn thẩm tra.

- Kho chứa khí ngầm LPG Cái Mép, tỉnh Bà Rịa-Vũng Tàu gồm hai kho chứa khí ngầm đều có tiết diện ngang hình elip đứng. Trong đó, điểm sâu nhất của kho ngầm chứa khí propnane nằm ở độ sâu từ -150m tới -172m, đáy sâu nhất của kho là -192m so với mực nước biển. Kho này có sức chứa 170.000 tấn với 4 khoang chứa, chiều rộng mỗi khoang là 17m, chiều cao 22m.

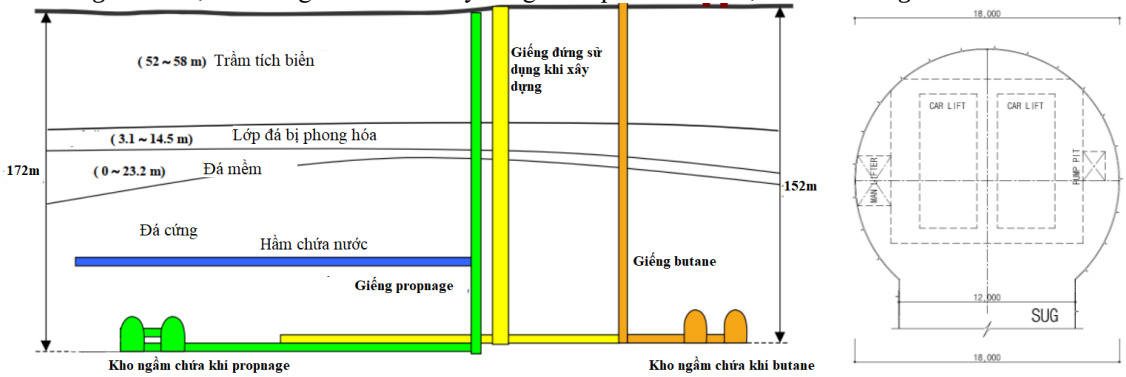
- Kho chứa khí ngầm butane nằm ở độ sâu từ -110m đến -152m, với điểm sâu nhất là -172m so với mực nước biển. Kho này có sức chứa 70.000 tấn với 2 khoang. Tổng chiều dài hầm của kho chứa gần 4,8km, với kích cỡ và sức chứa trên, kho chứa khí ngầm LPG tại Bà Rịa - Vũng Tàu được coi là lớn nhất Đông Nam Á.



Hình 2. Hình dạng tiết diện ngang của giếng đứng

- Ngoài ra, trên mặt đất Hyosung còn xây dựng 10 bồn chứa khí, mỗi bồn có sức chứa 4.000 tấn. Đây cũng là bồn chứa khí lớn nhất thế giới vì đến nay các bồn cùng loại chỉ chứa được khoảng 1.000-2.000 tấn.

- Để tạo ra các sản phẩm từ khí, chủ đầu tư đã nhập về Việt Nam và lắp đặt tại nhà máy một tháp tách khí cao gần 120m, có đường kính 10m. Đây cũng là tháp tách khí cao, lớn nhất thế giới.



a) *b)*

Hình 3. Mặt cắt Kho chứa khí ngầm LPG Cái Mép

Bảng 2. Mặt bằng vị trí của hệ thống giếng trong dự án kho chứa khí ngầm Cái Mép

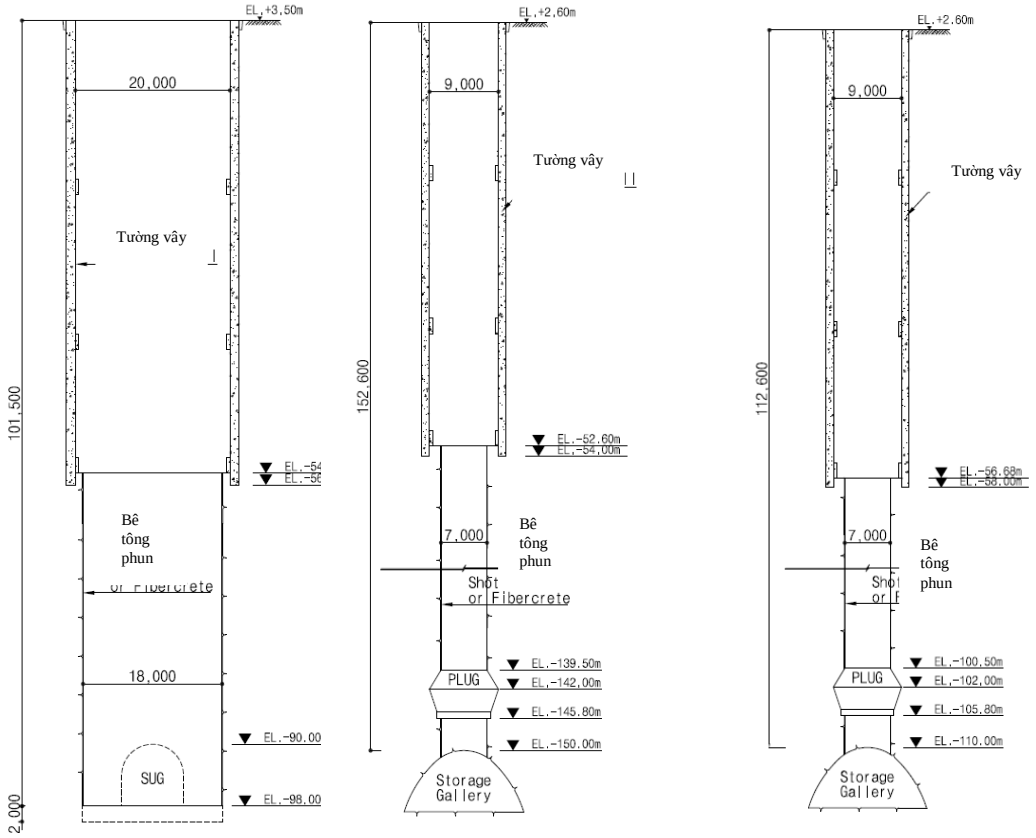
Loại công trình	X	Y	Z	Ghi chú
Giếng vào	422072.33	1165558.04	EL -98.000	-
Giếng vận hành (C3)	421782.50	1165789.57	EL -150.000	Cho propane
Giếng vận hành (C4)	422267.36	1165509.76	EL -110.000	Cho butane

Trong hệ thống kho chứa khí ngầm Cái Mép có 03 giếng đứng gồm (giếng vào - Acsess shaft), giếng vận hành (Operation shaft) C3 và giếng vận hành (Operation shaft) C4 với đặc điểm như Hình 3. Mặt cắt dọc điển hình của giếng đứng của dự án kho chứa khí ngầm thể hiện trên Hình 3.a. Kích thước mặt cắt ngang điển hình của giếng được quyết định có xét đến kích thước của thang nâng ô tô. Trong dự án này, 2 ô tô sẽ được đưa ra vào cùng lúc với nhiều công trình thi công trong kho ngầm. Giếng vào phải có khả năng chứa được hai thang máy ô tô để thoát ra thuận lợi (Hình 3.b). Ngoài ra, ống thoát nước, cáp điện, thang thoát hiểm cũng cần được bố trí trong không gian giếng. Trên cơ sở đó, giếng được thiết kế với đường kính là 18,0m, chiều.

Để đào kho ngầm chứa khí dưới lòng đất, trước tiên phải đào giếng đứng xuống làm lối vào để phục vụ thi công. Giếng đứng có sâu gần 100m và có đường kính 21m. Từ đáy giếng đứng tiếp tục đào tiếp ra

hai ngả và sâu xuống để tạo ra hai hầm chứa như đã nói ở trên.

Giếng vào: Phần trên giếng đào trong đất nên đào bằng máy. Phần thân giếng đào trong đá cứng đào bằng khoan nổ. Do phần thân giếng có đường kính lớn (với dự án Cái Mép là 18 m) thi công bằng phương pháp khoan nổ mìn nên công tác đảm bảo an toàn cho tường vậy và vỏ chống bê tông phun tại những vị trí gần gương giếng cần được đảm bảo như Hình 4. Các thông số cơ bản của đất đá xung quanh thành giếng đứng để đưa vào mô hình số được thể hiện trên Bảng 3. Phân loại khối đá theo Q cho dự án kho chứa khí ngầm Cái Mép qua nhiều loại đá khác nhau được thể hiện trên Bảng 4.



Giếng vào (Acsess shaft)
- Đường kính : 18.0m
- Độ sâu thực của D-Wall : EL.-53.2m ~ EL.-56.2m

Giếng vận hành (Operation shaft)- C3
- Đường kính : 7.0m
- Plug Location : EL.-142m

Giếng vận hành (Operation shaft)- C4
- Đường kính : 7.0m
- Plug Location : EL.-102m

Hình 4. Đặc điểm cấu tạo hệ thống giếng đứng thuộc dự án Kho chứa khí ngầm Cái Mép

3. Ứng dụng phương pháp số mô phỏng ứng xử kết cấu chống giếng đứng của dự án kho chứa khí ngầm LPG của HSVC tại Cái Mép

3.1.Đặc điểm của khối đá xung quanh giếng đứng

Theo kết quả khảo sát, khối đá xung quanh đường hầm được thể hiện trên Bảng 1. Theo đó phần phía trên đường hầm đào trong sét pha, cát, toàn bộ kho ngầm đặt trong lớp đá gốc với đặc tính như Bảng 3. Trên cơ sở đó kết cấu gia cố các kho ngầm được thể hiện trên Bảng 3 tương ứng. Khả năng mang tải của bê tông phun (thể hiện qua ứng suất nén và kéo cho phép) và khả năng chịu kéo của thanh neo theo kết quả thí nghiệm hiện trường thể hiện trong Bảng 4 (Công ty cổ phần Hóa chất Hyosung VINA Chemicals Co.,Ltd, 2019). Thân giếng đứng đặt hoàn toàn trong đá rắn cứng loại I theo phân loại khối đá Q của Barton như Bảng 4.

Do vậy các vấn đề thực tế đã được phân tích thành công ngoài những trường hợp đơn giản, lựa chọn được các thiết kế hợp lý. Chúng tôi sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn thông qua phần mềm RocSciene-RS2-Phase 2 để nghiên cứu trạng thái ứng suất biến dạng và đánh giá mức độ ổn định của giếng đứng tại dự án kho chứa ngầm LPG của HSVC tại Vũng Tàu nằm ở độ sâu 152m.

Bảng 3. Đặc tính đất và đá

Loại	Trọng lượng, kN/㎥	Lực dính kết, kPa	Góc ma sát trong, độ	Mô đun biến dạng, MPa	Hệ số Poisson
Loại I	26,6	9000	54,8	41000	0,25
Loại II	26,5	7100	52,6	31300	0,25
Loại III	26,4	5100	49,4	16100	0,25
Loại IV	26,1	3700	44,5	8300	0,25
Loại V	25,6	2500	40,6	4400	0,26

Bảng 4. Phương pháp phân loại khối đá theo chỉ số Q

Cấp đá	I	II	III	IV	V
Q	Q > 40	40 ≥ Q >10	10 ≥ Q >4	4≥ Q >1	1≥ Q >0,1
Chất lượng đá	Rất tốt	Tốt	Trung bình	Yếu	Rất yếu

3.2. Nghiên cứu độ ổn định của kho chứa ngầm bằng phương pháp số cho kho chứa ngầm đơn

3.2.1. Xây dựng mô hình số, lập điều kiện biên và điều kiện ban đầu cho mô hình

Kích thước mô hình giếng đứng được thể hiện trên Hình 5. Mô hình ở thời điểm hiện tại, vùng phân tích được chọn là 15.0 lần của đường kính hầm chứa theo phương ngang và hướng xuống, sao cho ảnh hưởng của điều kiện ràng buộc tạo ra tại đường biên đến kết quả phân tích trong giới hạn cho phép của thiết kế như Hình 6.

Điều kiện biên: Biên trái và phải của mô hình chọn loại cố định (chuyển vị ngang tại biên bằng không), trong khi biên đáy của mô hình cũng tương tự (chuyển vị đứng bằng 0). Biên phía bề mặt để tự do cho phép chuyển vị theo phương thẳng đứng và nằm ngang như Hình 6.b. Áp lực địa tầng của các lớp đất đá phía trên được lấy bằng trọng lượng của chúng và tác dụng lên bề mặt mô hình-bề mặt lớp đá gốc. Tải trọng tập trung gây ra bởi trọng lượng lớp tường vây:

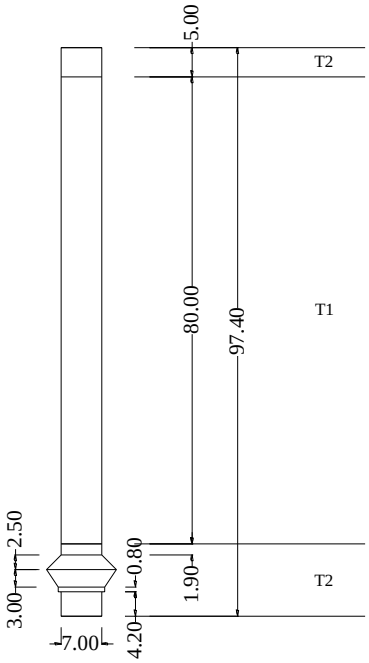
$$P_1 = d \times H_đ \times p_D = 1{,}2 \times (2{,}5 + 52{,}6) \times 24 = 1589{,}76kN/m = 1{,}58976MN/m,$$

trong đó d - chiều dày lớp Diaphragm; $p_đ = 18kN/m^2$- áp lực đất gây ra trên 1 m^2. $p_đ = 24kN/m^3$- trọng lượng thể tích lớp tường vây.

$$P = H_đ \times P_đ = 54{,}6 \times 18 = 982{,}8kN/m = 0{,}9828MN/m,$$

ở đây $H_đ$ – chiều dày lớp đất; $P_đ = 18KN/m^2$- áp lực đất đá trên 1 m^2. Tải trọng của tường vây: $P_1 = d \times H_đ \times p_D = 1{,}2 \times (2{,}5 + 52{,}6) \times 24 = 1589{,}76kN/m = 1{,}58976MN/m,$

ở đây d – chiều dày của tường vây; $p_đ = 18kN/m^2$- áp lực trên 1 m^2. $p_D = 24kN/m^3$- trọng lượng thể tích của tường vây.

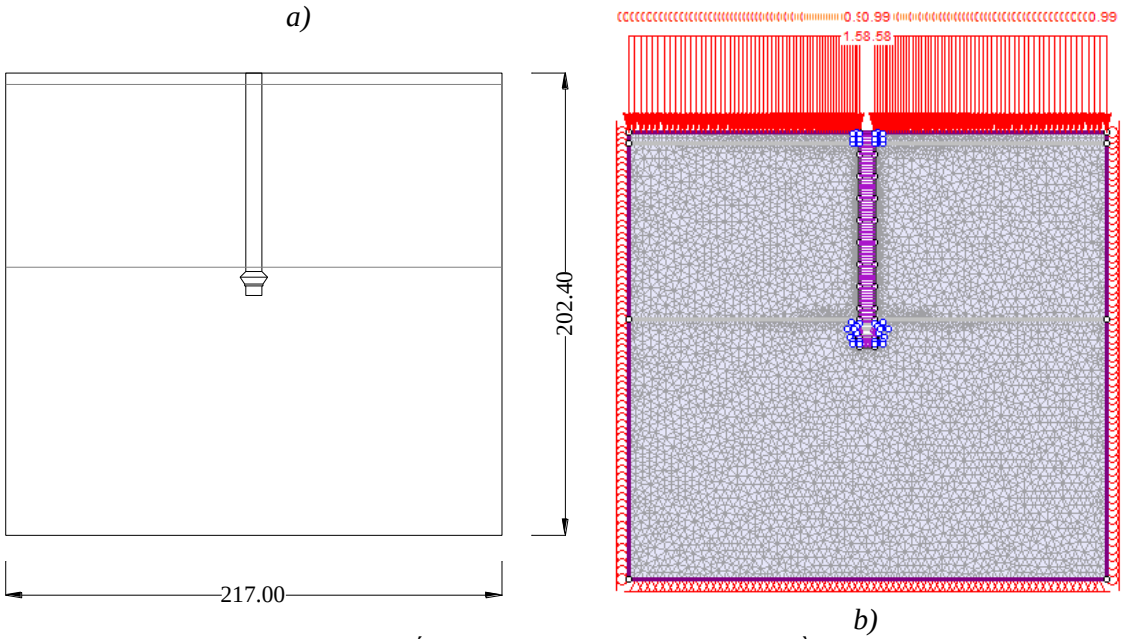


Hình 5. Kích thước mô hình giếng đứng

3.2.2. Quy trình phân tích

Bảng 5. Quy trình phân tích

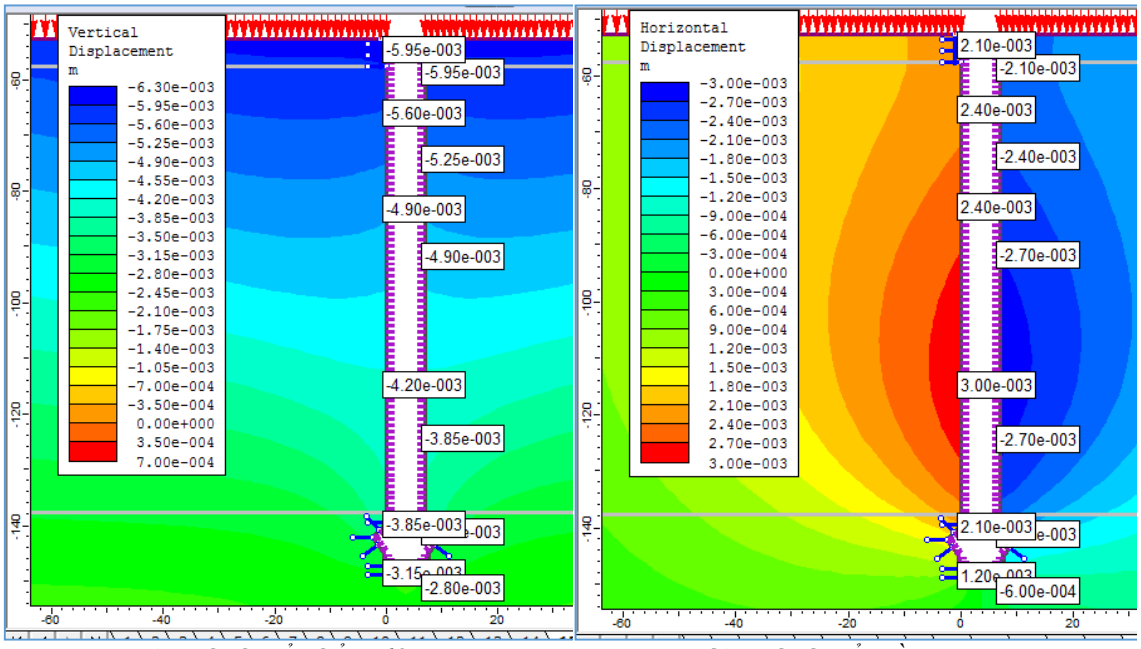
Giai đoạn xây dựng	Mô tả
Bước 0	Ứng suất ban đầu
Bước 1	Đào và thi công tường vây
Bước 2	Đào và chống giếng
Bước 3	Đào và chống cho các điểm bắt đầu của hầm và chống giữ



Hình 6. Mô hình số: a) Kích thước mô hình [m]; b) Điều kiện biên

3.2.3. Kết quả mô hình

Kết quả mô hình và Giá trị chuyển vị lớn nhất của đất đá xung quanh biên hầm được thể hiện trên Hình 7 và Bảng 6 dưới đây.



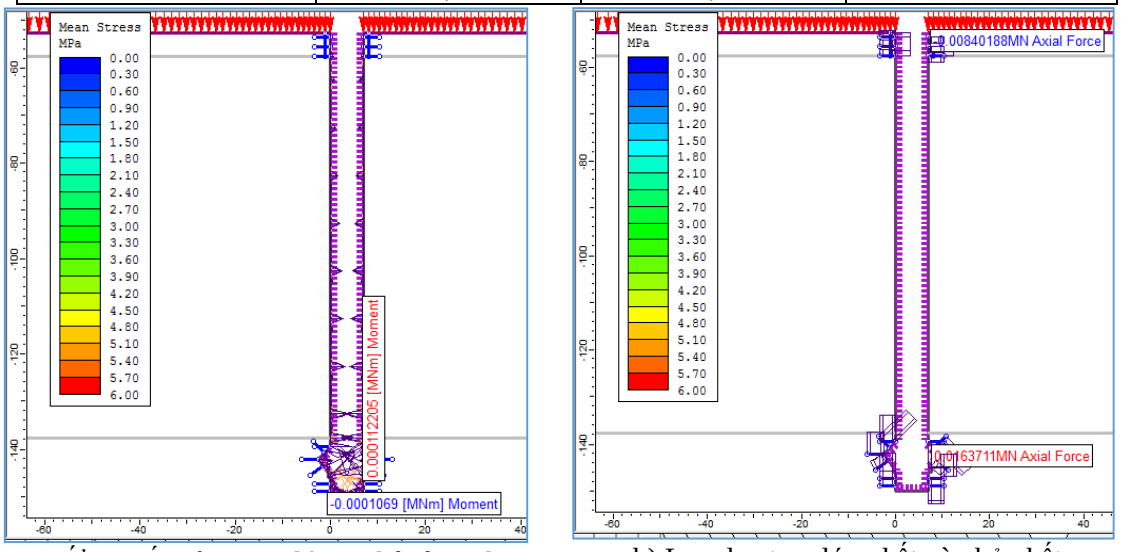
a) Dịch chuyển thẳng đứng *b) Dịch chuyển nằm ngang*

Hình 7. Giá trị dịch chuyển khối đá xung quanh biên hầm

3.2.4. Phân tích kết quả

Bảng 6. Giá trị chuyển vị lớn nhất của đất đá xung quanh biên hầm

Giếng vận hành C3	Dịch chuyển lớn nhất tại biên hầm (cm)		*Ghi chú*
	Chuyển vị ngang	Chuyển vị đứng	
T 1	2,1	5,6	*Đủ bền*
T 2	2,7	5,9	*Đủ bền*



a) Ứng suất nén trong lớp vỏ bê tông phun

b) Lực dọc trục lớn nhất và nhỏ nhất trong neo đá

Hình 8. Kết quả tính toán độ bền của bê tông phun và neo đá

Bảng 7. Ứng suất/lực trong neo

Giếng vận hành C3	Bê tông phun		Lực dọc lớn nhất của neo [kN]	*Ghi chú*
	Ứng suất nén lớn nhất [MPa]	Ứng suất kéo lớn nhất [MPa]		
	0,26 *[10,40]**	*0,24[4,50]**	16,3 *[166]**	Đủ bền

* *Giá trị cho phép*

4. Kết quả và thảo luận

Những kết quả nghiên cứu trên đây cho phép rút ra một số kết luận sau đây:

- Trong dự án kho chứa khí ngầm các giếng đứng đóng vai trò quan trọng trong giai đoạn thi công và vận hành suốt thời gian sử dụng. Giếng đứng là một công trình ngầm thẳng đứng đào từ bề mặt đi qua rất nhiều lớp đất đá khác nhau nên công tác thiết kế và thi công phức tạp hơn các đường hầm dẫn, kho chứa khí ngầm nằm ngang trong hệ thống. Mặc dù vậy số lượng các công trình nghiên cứu về giếng đứng trong các dự án kho chứa khí ngầm còn hết sức hạn chế. Do vậy, việc sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để phân tích ổn định của hệ thống kết cấu chống giữ thành giếng đứng trong dự án kho chứa khí ngầm trên cơ sở khảo sát các tham số điều kiện địa chất, mô hình vật liệu, nước ngầm và công nghệ thi công giếng đến ứng xử của kết cấu chống giữ thành giếng.

- Việc tính toán, thiết kế và thi công giếng đứng trong dự án kho chứa khí ngầm thường phức tạp do ảnh hưởng của nhiều yếu tố như điều kiện địa chất, thế nằm của các lớp đất đá... Ngoài ra, với các giếng đứng trong hệ thống kho chứa khí ngầm vị trí chuyển tiếp từ giếng sang hầm nằm ngang đều rất phức tạp do hình dạng thay đổi liên tục nên phương pháp giải tích không thể giải quyết. Phương pháp số là công cụ hữu hiệu hiện nay cho phép mô phỏng đầy đủ các bước đào cũng như ứng xử của khối đất đá xung quanh giếng đứng với hình dạng phức tạp đi qua nhiều loại đất đá khác nhau sẽ đáp ứng giải quyết các

- Bằng việc sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn thông qua phần mềm bản quyền RocSciene-RS2-Phase 2 cho phép mô phỏng đầy đủ quá trình thay đổi ứng suất, biến dạng trên biên giếng đứng khi khai đào dự án ngầm chứa khí tại Cái Mép, Vũng tàu của công ty hóa chất Hyosung VINA.

-Kết quả cho thấy giếng đứng của dự án kho chứa ngầm Cái Mép được bố trí trong phần đất phủ phần cổ giếng và lớp đá gốc phần thân giếng ở độ sâu 100 m, với hệ thống kết cấu chống tạm lấy theo phương

pháp phân loại khố đá của Barton et al. in 1974, hệ thống phân loại Q, các giá trị ứng suất và chuyển vị trên biên giếng đạt được bằng phương pháp mô hình số thông qua phần mềm RocSciene-RS2- đều nằm trong giới hạn cho phép do vậy giếng đứng ổn định.

- Cần có những nghiên cứu nhiều hơn nữa về loại hình công trình ngầm đặt biệt này làm cơ sở xây dưng các bộ tiêu chuẩn, quy phạm trong giai đoạn tới tại Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

Võ Trọng Hùng, 2013. *Thiết kế quy hoạch công trình ngầm*. Nhà xuất bản khoa học công nghệ. Hà Nội.

Công ty cổ phần Hóa chất Hyosung VINA Chemicals Co.,Ltd, 2019. *Báo cáo thiết kế kỹ thuật kho chứa ngầm Cái Mép-LPG-CV-GR-U-0002*. Vũng Tàu.

Đặng Văn Kiên, Võ Trọng Hùng, 2020. Nghiên cứu đánh giá độ ổn định của kết cấu chống các kho ngầm chứa khí tại Vũng Tàu bằng phương pháp số, *Tạp chí công nghiệp mỏ*, 6, 48-53.

Dang Van Kien, Do Ngoc Anh, Do Ngoc Thai, 2022. Numerical Simulation of the Stability of Rock Mass around Large Underground Cavern, *Civil Engineering Journal*, 8, 1, 81-91.

Hung Trong Vo, Kien Van Dang**,** Anh Ngoc Do và Thai Ngoc Do, 2022. Study on the stability of rock mass around large underground cavern based on numerical analysis: A case study in the Cai Mep project, *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, 3a, 63, 50-58, 2022.

Park, E.-S., Chung, S.-K., Lee, D.-H., & Kim, T.-G., 2012. Innovative Method of LNG Storage in Underground Lined Rock Caverns. *Natural Gas - Extraction to End Use*. doi:10.5772/45771.

Vũ Tiến Dũng , Đặng Văn Kiên, Joséphine DONNARD, 2023. Nghiên cứu ứng xử của kết cấu chống kho chứa khí ngầm LPG của HSVC tại Cái Mép, Vũng Tàu bằng phương pháp số. *Tuyển tập Hội thảo toàn quốc Vietgeo 2023*. Trang 341-349. ISBN: 978-604-67-2752-1.

và một số trang Web:

https://tuoitre.vn/xuong-kho-ngam-lon-nhat-dong-nam-a-dang-xay-dung-o-viet-nam-sau-200m-so-voi-muc-nuoc-bien-20210426211243906.htm

https://nangluongquocte.petrotimes.vn/kho-luu-tru-khi-dot-ngam-duoi-long-dat-la-gi-501701.html

http://pvos.vn/underground-lpg-cavern/#

ABSTRACT

Research on the mechanical behavior of the support structure of the access shafts in lpg cavern project in hard rock by numerical method

Ngo Minh Hoang[1,2], Dang Van Kien[3,*], Do Ngoc Anh[3], Tran Tuan Diep[4]

[1]*Ph.D student of Underground and Mining Construction Department, HUMG*

[2] *Department of Construction of Binh Thuan province*

[3] *Hanoi University of Mining and Geoolgy (HUMG)*

[4]*Institute of Applied Mechanics and Informatics*

The system of access shaft in the underground gas storage complex located deep in hard rock is a vertical underground structure through many different types of soil and rock and is used throughout the life of the underground gas storage. The stability of the access shaft plays a very important role in ensuring the function of use throughout the life of the underground gas storage. Analytical methods have been used to calculate and predict the pressure as well as the internal force in the casing of vertical access shafts, but are only applied to calculations for access shafts with circular or rectangular cross-sections in a homogeneous environment or layers of soil and rock around the well wall that are clearly layered,... With access shafts with complex shapes, especially the junctions connecting horizontal tunnels and access shaft, it is very difficult to perform. Numerical analysis methods have been applied in geotechnical problems with reliability when the input data and material models are suitable for the actual conditions of the problem. The paper presents the results of the mechanical behavior of the vertical well support structure of the underground gas storage complex excavated in hard rock using numerical methods. Based on the technical design documents provided by the investor and other input conditions, the authors built a digital model using RocSciene-RS2-Phase2 software (2D model). The study investigated the model parameters and showed the stability of the vertical shaft in the geological conditions of the Cai Mep underground gas storage project. The research results are useful references for future projects in similar conditions, as well as for researchers, PhD students, and graduate students studying underground gas storage projects in hard rock.

Keywords: LPG Cavern; mechanical behavior; lining; shaft; numerical method; Cai Mep

Thiết kế cọc khoan nhồi chôn trong nền đá theo tiêu chuẩn Châu Âu EC7 với một ví dụ thiết kế

Nguyễn Thành Luân[1], Nguyễn Quang Phích[2,*], Nguyễn Văn Mạnh[3], Bùi Văn Đức[3]
[1]*Boley Geotechnik GmbH, Munich, CHLB Đức*
[2]*Đại học Văn Lang, thành phố Hồ Chí Minh*
[3]*Nhóm nghiên cứu Địa kỹ thuật, vật liệu và phát triển bền vững, trường ĐH Mỏ Địa chất*

TÓM TẮT

Cọc khoan nhồi đường kính lớn là giải pháp móng cho nhà cao tầng cũng như những công trình có tải trọng lớn và các công trình đòi hỏi cao về độ lún cho phép. Tuy nhiên cho đến nay có nhiều quan điểm thiết kế khác nhau, do đặc điểm phức tạp, đa dạng của lớp đá kế tiếp các lớp đất. Việc xác định sức kháng thành và sức kháng mũi tới hạn của cọc khoan nhồi được chôn trong đá vẫn luôn là một vấn đềc nan giải và theo các cách tính khác nhau thường cho kết quả không thống nhất. Tiêu chuẩn Châu Âu 7 (EC7) được chấp nhận rộng rãi, tạo được độ tin cậy cao cho thiết kế và đã được chứng minh từ thực tế. Ngoài ra, ở Đức còn có tài liệu hướng dẫn bổ xung (EA Pfaehle-EA Piles) của Hiệp hội địa kỹ thuật Đức trên cơ sở đúc kết từ những kinh nghiệm trong thiết kế và thi công cọc. Bài báo giới thiệu phương pháp thiết kế cọc khoan nhồi chôn trong đá theo tiêu chuẩn EC7, tập trung vào việc xác định sức kháng tới hạn của cọc chôn trong đávới một ví dụ thiết kế cọc cho nhà cao tầng. Ứng xử cọc trong thiết kế được so sánh với ứng xử thực tế từ thí nghiệm nén tĩnh tại công trình. Kinh nghiệm đúc kết từ công tác thiết kế này có thể được vận dụng cho những công trình tương tự.

Từ khóa : thiết kế cọc khoan nhồi; tiêu chuẩn Châu Âu EC7; cọc chôn trong nền đá

1. Tổng quan về sức kháng cọc khoan nhồi chôn trong đá

Cọc khoan nhồi đường kính lớn từ 1,2 m đến 3,0 m chôn trong đá đã trở thành giải pháp móng sâu phổ biến cho nhà cao tầng có tải trọng cao, cũng như các công trình móng cầu, điện gió. Tuy nhiên, thiết kế cọc chôn trong đá vẫn là vấn dề nan giải do việc xác định sức kháng tới hạn trên thân cọc và mũi cọc khi ngàm hay chôn trong đá, cũng như việc phân chia sức chịu tải giữa thân cọc và mũi cọc ở các trạng thái tải trọng khác nhau. Khi các vấn đề kỹ thuật này chưa được hiểu chính xác thì có thể dẫn đến khó khăn khi thiết kế, phân tích và giải thích kết quả thử tải tĩnh cho cọc sau khi thiết kế.

Tỉ lệ sức kháng thành và sức kháng mũi của cọc chôn trong đá rất khác nhau cho trạng thái giới hạn phá hủy (ULS-*Ultimate Limit State* Dessign) và trạng thái giới hạn thực tải khi sử dụng (SLS- *Serviceability Limit State* Design). Ở trạng thái giới hạn phá hủy, để toàn bộ sức kháng mũi thiết kế được huy động thì độ lún đầu cọc cần đạt được là khoảng 10% đường kính cọc. Trong khi ở trạng thái giới hạn sử dụng, phần lớn sức kháng thành đã được huy động khi độ lún đầu cọc chỉ khoảng 0.5 % đến 1% đường kính cọc. Đường ứng xử sức kháng – độ lún của cọc là đường tuyến tính cho đến khi toàn bộ sức kháng thành được huy động (Haberfield và Collingwood, 2006). Khi tải tăng, xuất hiện hiện tượng "trượt" giữa thành cọc và đá bao quanh cọc, sức kháng thành sẽ không tăng thêm, phần tải trọng gia tăng sẽ huy động thêm sức kháng ở mũi cọc. Đường ứng xử sức kháng – độ lún cọc bây giờ là đường phi tuyến.

Để thiết kế có tính đến sức kháng mũi đòi hỏi chất lượng thi công: đáy hố khoan phải sạch trước khi đổ bê tông cho cọc và phải đảm bảo chất lượng bê tông ở chân cọc. Ngoài ra, sức kháng thành của cọc còn bị ảnh hưởng của các yếu tố sau (Haberfield và Collingwood 2006):*1)Đường kính cọc trong đá: cọc càng lớn, sức kháng thành đơn vị càng giảm ; 2) Độ nhám giữa thân cọc và khối đá xung quanh ; 3)Ứng suất pháp tuyến ban đầu của đá lên thân cọc ;4) Liên kết và tiếp xúc giữa thân cọc và khối đá do hình thành lớp màng "bánh lọc (filter cake)", cần làm sạch trước khi đổ bê tông.*

Việc tính toán và xác định sức kháng cho cọc chôn trong đá vẫn còn đang được nghiên cứu. Tổng quan về việc mô hình hóa ma sát giữa cọc bê tông và đá được tổng kết bởi Xu và nnk. 2021. Đánh giá các cách tiếp cận khác nhau để xác định sức chịu tải cọc khoan nhồi trong nền đá phong hóa sét bột kết cho một dự án ở Việt Nam được báo cáo trong bởi Lưu Gia Trung và Dương văn Tuấn 2022, cho thấy công tác thiết kế

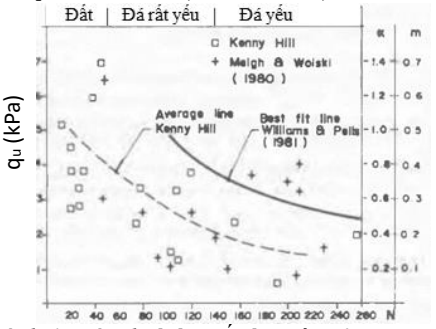
* *Tác giả liên hệ*
Email: nqphichhumg@gmail.com

cọc khoan nhồi trong đá còn nhiều khó khăn. Gần đây việc mô hình hóa bằng phương pháp phần tử rời rạc (DEM) đem lại góc nhìn rõ hơn về cơ chế truyền tải và phá hủy tại bề mặt cọc và đá (Murali và nnk 2022).

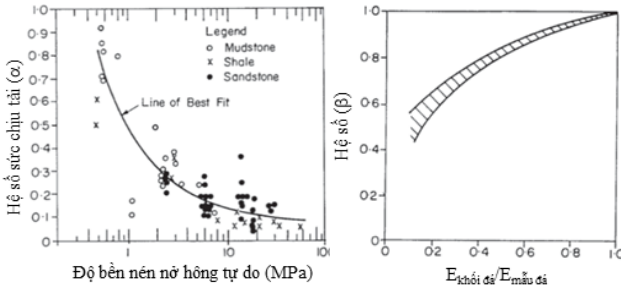
Thông thường, sức kháng tới hạn của cọc trong lớp đá phong hóa hoàn toàn có thể được xác định từ giá trị thực nghiệm dựa trên thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT. Cho lớp đá không hoặc phong hóa nhẹ thì giá trị từ thí nghiệm nén một trục thường được sử dụng để suy ra sức kháng tới hạn đơn vị dựa trên các mối quan hệ tương quan. *Bảng 1* liệt kê các mối quan hệ tương quan thường được sử dụng để ước lượng sức kháng tới hạn đơn vị dựa vào số búa SPT (N), sức chịu nén một trục của đá (q_u), có thể được sử dụng để tham khảo thêm.

Bảng 1. Các quan hệ tương quan phổ biến để xác định sức kháng đơn vị của cọc chôn trong đá.

1.Quan hệ tương quan theo Toh và nnk. 1989: $q_{s,k}$ [kPa] = k_s * N_{SPT}
với k_s (kPa) lớn cho đất và cho đá thì giảm dần theo sức chịu tải một trục q_u của đá (Hình 1)
2.Quan hệ tương quan theo Williams & Pells 1981: $q_{s,k}$ [kPa] = α * β * q_u
với q_u sức chịu nén một trục của đá, α: hệ số tương quan giữa $q_{s,k}$ và c_u, β: hệ số giảm theo mô-đun đàn hồi của khối đá. (Hình 2)
3.Quan hệ tương quan cho sức kháng mũi cọc theo giá trị SPT: $q_{b,k}$ (kPa)=k_b*N_{SPT}
Quan hệ này có thể được sử dụng cho đá có mức độ phong hóa cao. Từ mối quan hệ $q_{b,k}$=9*C_u, với C_u=q_u/2 ≈ 5*N_{SPT} (Stroud 1974), có thể ước lượng k_b = 45



Hình 1. Xác định hệ số chịu tải của cọc k_S, theo lực dính kết c_U và độ bền nén đơn trục của đá q_U theo Toh 1989.



Hình 2. Các hệ số tương quan α và β theo độ bền nén và tỷ số mô đun đàn hồi của khối đá/mô đun đàn hồi mẫu đá theo Williams và Pells 1981

Theo khuyến nghị của Hội địa kỹ thuật Đức (EA-Pfähle), cần làm thí nghiệm thực tế để xác định sức kháng mũi và sức kháng thành đơn vị tới hạn: dựa vào độ bền nén một trục của đá $q_{u,k}$ (Bảng 2), theo cấp độ phong hóa của đá (Bảng 3), với sức kháng thành cọc đơn vị tới hạn được cho phép ước lượng bằng 10% giá trị của sức kháng mũi tại độ lún phá hủy.

Bảng 2. Giá trị thực nghiệm cho sức kháng mũi tới hạn đơn vị $q_{b,k}$ và sức kháng sa sát thành đơn vị tới hạn $q_{s,k}$ cho cọc khoan nhồi trong đá (theo Bảng 5.16 EA-Pfähle)(German Geotechnical Society, 2012)

Độ bền nén một trục q_u (MN/m^2)	Sức kháng mũi cọc đơn vị tới hạn $q_{b,k}$ (kN/m^2)	Sức kháng ma sát thành đơn vị tới hạn $q_{s,k}$ (kN/m^2)
0.5	1500 – 2500	70 – 250
5.0	5000 – 10000	500 – 1000
20.0	10000 – 20000	500 – 2000

Bảng 3. Sức kháng mũi cọc đơn vị tới hạn $q_{b,k}$ cho cọc khoan nhồi trong đá hoặc đất có tính chất giống đá (theo Bảng 5.17 EA-Pfähle (German Geotechnical Society, 2012).

Tình trạng phong hóa và cấu trúc liên kết của đá	Sức kháng mũi đơn vị tới hạn [kN/m^2] theo loại đá		
	Đá phiến, phânkhối lớn:gra-nit, magma, bazan, đá phiến gonai	Đá cuội kết, dăm kết, cát kết, đá vôi, đô-lô-mit	Đá vôi sét, bột kết,sét kết
Không phong hóa, liên kết rất bền	16000	11000	8000
Phong hóa nhẹ, liên kết bền	9000	6000	4000
Phong hóa mạnh,liên kết trung bình	4000	3000	như đất
Phong hóa hoàn toàn, liên kết kém	Xem thông số cho đất		

2. Tổng quan cơ sở thiết kế cọc khoan nhồi theo Eurocode 7 (EC7)

Eurocode cung cấp cơ sở đồng nhất cho thiết kế cho các nước thành viên, nhưng cũng cho phép mỗi nước thành viên được áp dụng các giá trị của thông số tính toán dựa trên kinh nghiệm ở nơi đó thông qua tài liệu bổ xung của mỗi quốc gia. Các thông số thiết kế đề cập ở đây theo Eurocode 7 áp dụng ở Đức. Cơ sở thiết cọc nói riêng và địa kỹ thuật công trình ở Đức nói chung dựa trên tiêu chuẩn Eurocode 7-1 (EC7-1), tài liệu đính kèm quốc gia (National Annex) cho EC7-1 và qui chuẩn DIN 1054. Ba tài liệu qui chuẩn cơ sở này được tổng hợp trong quyển sổ tay 'Handbuch EC7 – Part 1'. Riêng cho công trình cọc còn có thêm khuyến nghị và hướng dẫn chi tiết cho công tác thiết kế và thi công được tổng hợp trong bộ tài liệu Recommendations for Piling (EA-Pfähle). Khác với tài liệu tiêu chuẩn và qui chuẩn, EA-Pfähle đưa ra khuyến nghị cho các vấn đề kỹ thuật khác nhau trong thiết kế và thi công cọc như việc xác định sức kháng đơn vị tới hạn dựa vào các thông số sức kháng của đất và sức chịu nén của đá dựa vào số liệu thực nghiệm, cách tính hế số giảm khả năng chịu tải do hiệu ứng nhóm cọc; mô tả chi tiết chương trình thử tải cọc v.v.

2.1. Thiết kế cọc chịu tải dọc trục

Sức chịu tải tới hạn dọc trục cho tải trọng nén $R_{c,k}$ là tổng của sức chịu tải ở mũi cọc $R_{b,k}$ và sức chịu tải do ma sát ở thành cọc $R_{s,k}$. Đối với tải trọng kéo thì $R_{b,k}$ bị triệt tiêu. Theo thông lệ, ký hiệu *k* được sử dụng cho giá trị tiêu chuẩn (characteristic) cho sức kháng, tải trọng, cũng như hằng số vật liệu. Khi giá trị này được nhân/chia với các hệ số an toàn tương ứng dùng cho thiết kế (design) thì ký hiệu *d* được thay vào đó. Liên quan với đường quan hệ sức chịu tải – độ lún mô tả ứng xử cọc dưới tác dụng của tải cho cọc khoan nhồi, có một số chú ý sau: *1)Sức kháng mũi tới hạn được thiết lập ở độ lún tới hạn là 10% đường kính cọc. Hai giá trị sức kháng mũi khác được định nghĩa cho độ lún ở 2% và 3% đường kính cọc ; 2)Sức kháng ma sát thành tới hạn xuất hiện ở độ lún tới hạn bé hơn* s_{sg}*. Nếu biết sức kháng thành tới hạn* $R_{s,k}$ *(với đơn vị MN) thì độ lún tới hạn được xác định bằng công thức* $s_{sg} = 0.5\ R_{s,k}\ (MN) + 0.5\ [cm] \leq 3\ (cm)$*; 3).Sức kháng tổng tới hạn của cọc chịu nén* $R_{c,k}$ *là tổng của sức kháng mũi cọc* $R_{b,k}$ *và sức khác tới hạn ma sát cọc* $R_{s,k}$*:* $R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = q_{b,k}*A_b + \Sigma q_{s,k}*A_s$. Với $q_{b,k}$ là sức kháng mũi đơn vị tới hạn, $q_{s,k}$ là sức kháng ma sát đơn vị tới hạn. A_b và A_s lần lượt là diện tích mũi cọc và diện tích bề mặt ma sát trên thân cọc. Cọc được chôn qua các lớp địa chất khác nhau thì sức kháng ma sat là tổng của ma sát các lớp nơi có cọc đi qua.

Việc thiết kế sức kháng cọc ở trạng thái tới hạn (ULS) theo DIN EC7-1 được triển khai theo cách tiếp cận thiết kết thứ 2 của Eurocode (design approach DA2), theo đó tải tiêu chuẩn và sức kháng sẽ được nhân/chia với hệ số an toàn tương ứng của cách tiếp cận thiết kế DA2.

Tải trọng thiết kế là tổng của tĩnh tải G và hoạt tải Q được nhân với hệ số an toàn tương ứng.

$$E_d = G_k*\gamma_G + Q_k*\gamma_Q.$$

Cọc khoan nhồi thường là kết cấu vĩnh cửu, các hệ số an toàn được chọn cho trường hợp thiết kết công trình vĩnh cửu (Permanent design situation BS-P). Hệ số an toàn cho tải trọng ở trạng thái giới hạn thiết kế ULS trong trường hợp thiết kế công trình vĩnh cửu BS-P là $\gamma_G = 1.35$ và $\gamma_Q = 1.50$. Sức kháng cọc thiết kế bao gồm sức kháng tới hạn ở mũi cọc và thành, chia cho hệ số an toàn tương ứng:

$$R_d = q_{b,k}*A_b/\gamma_b + \Sigma q_{s,k}*A_s/\gamma_s.$$

Bài toán thiết kế phải thỏa mãn điều kiện $E_d \leq R_d$. Trường hợp sức kháng cọc được ước lượng theo số liệu thực nghiệm, hệ số an toàn cho sức chịu tải mũi và thành của cọc ở trạng thái giới hạn thiết kế ULS với trường hợp thiết kế cho công trình vĩnh cửu BS-P cho tải nén lần lượt là $\gamma_b = \gamma_s = 1.40$. Cho trường hợp sức kháng cọc được đo từ kết quả thử tải thì các hệ số an toàn này sẽ nhỏ hơn.

Ở trạng thái giới hạn sử dụng SLS, các hệ số an toàn này là 1.0, trạng thái này được dùng để kiểm tra yêu cầu giới hạn về độ lún tuyệt đối cũng như độ chênh lệch lún giữa các vị trí cọc theo yêu cầu của thiết kế kết cấu công trình mà cọc phải chịu tải.

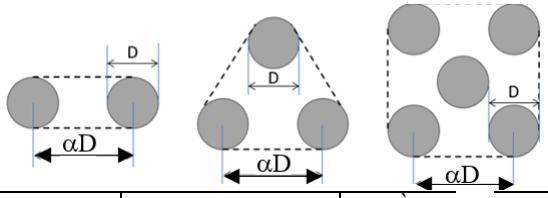
2.2. Thiết kế cọc chịu tải ngang

Cọc chịu tải ngang ở đầu cọc hoặc do áp lực ngang của đất từ một phía có thể được thiết kế bằng phương pháp dầm trên nền đàn hồi. Mô-đun đàn hồi phương ngang dọc theo cọc có thể được ước lượng bằng từ mô-đun đàn hồi của đất từ thí nghiệm nén không nở hông E_s và đường kính cọc D_s theo công thức $k_{s,k} = E_{s,k}/D_s$. Khi giải bài toán dầm trên nền đàn hồi, áp lực ngang của cọc lên đất phải nhỏ hơn sức kháng bị động của theo phương ngang của đất. Điều kiện này có thể bị vi phạm ở lớp đất gần mặt đất nơi mà sức kháng bị động của đất rất nhỏ do áp lực đất theo phương thẳng đứng thường là nhỏ. Nếu kiện này không thỏa mãn, mô-đun nền đàn hồi ở gần đầu cọc sẽ được giảm dần.

2.3. Nhóm cọc và hiệu ứng nhóm

Nhóm cọc và hiệu ứng nhóm được mô tả chi tiết trong EA-Piles. Hiệu ứng nhóm được hiểu là khi cọc được đặt gần nhau sẽ có sự tác động đến nhau về khả năng chịu tải và chuyển vị. Theo phương đứng, hiệu ứng nhóm chủ yếu làm giảm sức kháng thành cọc. Theo phương ngang hiệu ứng nhóm được tính đến bằng cách giảm mô-đun nền đàn hồi của đất nền do tương tác ứng suất và biến dạng giữa các cọc. EA-Piles cung cấp các biểu đồ tương ứng để tra hệ số giảm do hiệu ứng nhóm trong nhóm cọc.

Đối với nhóm cọc nhỏ chịu tải theo phương đứng EA-Piles đưa ra một cách tính hiệu ứng nhóm đơn giản. Theo cách này, các cọc trong nhóm cọc được xem như là một cọc ảo lớn có chu vi bao trùm các cọc thực trong nhóm. Hiệu ứng nhóm chỉ xuất hiện khi chu vi cọc ảo P* lớn này nhỏ tổng chu vi các cọc thực ΣPi. Hệ số hiệu ứng nhóm khi đó được tính là P*/ ΣPi. Hình 1 cho thấy công thức xác định hệ số giảm sức chịu tải theo phương thẳng đứng của nhóm cọc nhỏ.



Nhóm cọc nhỏ	Chu vi cọc lớn của nhóm cọc P*	Chu vi thực của các cọc ΣPi	Điều kiện hiệu ứng nhóm P*<ΣPi	Hệ số hiệu ứng nhóm P*/ Σpi
2 cọc	πD+2αD	2πD	α<π/2	1/2+ α/π
3 cọc	πD+3αD	3πD	α<2π/3	1/3+ α/π
4 cọc	πD+4αD	3πD	α<3π/4	1/4+ α/π
5 cọc	πD+4αD	3πD	α<π	1/5+ α/π

Hình 1. Hệ số giảm sức kháng nhóm cọc theo phương đứng do hiệu ứng nhóm cho nhóm cọc nhỏ

2.3. Thiết kế cốt thép cho cọc

Thiết kế bê tông cốt thép cho cọc phải tuân thủ tiêu chuẩn Eurocode 2 (EC2). Cường độ chịu nén thiết kế của bê tông được định nghĩa theo EC2 theo biểu thức

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck}/\gamma_C.$$

Với f_{cd} là hệ số an toàn vật liệu cho bê tông và α_{cc} là hệ số cho sự ảnh hưởng theo thời gian đến cường độ chịu nén bê tông. Tài liệu đính kèm quốc gia DIN EC-2 NA chỉ định giá trị $\alpha_{cc} = 0,85$. Đối với bê tông không có cốt thép hệ số này giảm còn $\alpha_{cc,pl} = 0,7$. Hệ số an toàn vật liệu theo DIN EC-2 cho trường hợp thiết kế kết cấu vĩnh cửu BS-P: $\gamma_c = 1,5$ cho bê tông và $\gamma_s = 1,15$ cho cốt thép.

DIN EC2 cho phép cọc không có cốt thép khi cọc chỉ chịu nén. Điều kiện ứng suất cho cọc bê tông không có cốt thép được qui định tại mục 12.1 (DIN EN 1992-1, 2011). Cọc được phép không có cốt thép khi đường kính cọc $d_{nom} \geq 600$ mm và ứng suất nén do tải dọc trục cọc N_{Ed} nhỏ hơn 30% cường độ chịu nén tiêu chuẩn của bê tông $N_{Ed}/A_c \leq 0,3 * f_{ck}$ khi toàn bộ mặt cắt cọc chỉ chịu tác động của ứng suất nén. Ở đây, A_c là diện tích mặt cắt cọc. Chú ý thêm là DIN EN 1536 có qui định cọc phải có cốt thép trong phần cọc nằm trong nền đất yếu: đất dính mềm và đất cát xốp (phân loại đất nền theo DIN EC7-2).

3. Trường hợp thực tế: thiết kế cọc khoan nhồi cho nhà cao tầng

Trường hợp đã được thiết kế ở điều kiện đất nền bao gồm: các lớp đất mịn cát trầm tích; tiếp theo là các lớp cát kết và bột kết với độ phong hóa giảm dần theo chiều sâu. Mực nước ngầm trung bình 1 m dưới mặt đất tự nhiên. Trên cùng là lớp đất phủ có độ sâu tối đa 3,5 m, giá trị N_{SPT} trung bình là 6,5. Tiếp đến là lớp đất thịt pha sét mềm dẻo trung bình đến rất dẻo, độ dày tối đa tới 16,1 m, số búa N_{SPT} từ 2 đến 12. Tiếp đó là lớp cát chặt vừa đến rất chặt, độ dày tối đa 18,0 m, có số búa N_{SPT} dao động từ từ 23 đến 48. Dưới lớp đất cát là các lớp đá cát kết và bột kết với độ phong hóa khác nhau, lần lượt theo thứ tự là: lớp đá nhóm V-IV phong hóa hoàn toàn, độ dầy từ 2,5 m đến 30 m; lớp đá nhóm III-IV phong hóa nhẹ có độ dầy từ 0,5 m tới 22 m; lớp đá nhóm I-III ít hoặc chưa phong hóa, là lớp đá dưới cùng từ kết quả khoan khảo sát và lấy mẫu địa chất. Thí nghiệm SPT trong lớp đá phong hóa hoàn toàn cho số búa N_{SPT} lớn hơn 50 để đạt được độ xuyên 15 cm. Sự khác nhau về sức kháng của các lớp đá được thể hiện rõ rệt ở sức kháng từ thí nghiệm nén một trục q_u. Cụ thể: lớp đá IV-V có q_u <5 MPa, lớp đá III-IV có q_u từ 5 MPa đến 20 MPa và lớp đá I-III có q_u > 20 MPa. Sức kháng mũi cọc đơn vị tới hạn cho lớp đá III-IV và lớp đá I-III được chọn cho thiết kế lần lược là 7,5 MPa và 10 MPa. Lớp đá IV-V phong hóa hoàn toàn được đánh giá là không phù hợp để đặt chân cọc cho công trình. Sức kháng thành cọc đơn vị tới hạn cho thiết kế được chọn cho các lớp đá IV-

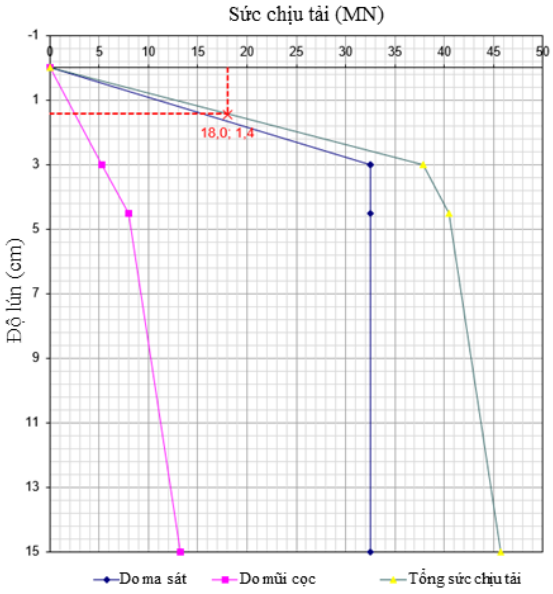
V, III-IV, và I-III lần lượt là 0,2 MPa, 0,4 MPa và 0,6 MPa. Ví dụ tính toán sức chịu tải tại một vị trí đặt cọc cho cọc có đường kính 1,5 m. Tải trọng tiêu chuẩn trung bình của các cọc của nhóm cọc ở vị trí này là 18 MN. Cọc được thiết kế với chiều sâu 41 m tính từ mặt cắt cọc, được ngàm trong lớp đá phong hóa vừa III-IV 1,8 m. Bảng 4 liệt kê chi tiết độ dày và sức kháng của từng lớp địa chất chịu tải cho cọc.

Bảng 4. Bảng tính sức chịu tải tới hạn thành phần theo các lớp đất/ đá

Tên lớp địa chất	Cao độ	$q_{b,i,k}$ MPa	$q_{s,i,k}$ MPa	Chiều dày, m	Sức kháng mũi cọc, MN	Sức kháng thành cọc,MN
Sét pha	4.2	-	0,02	9,20	0,00	0,87
Cát kết cấu chặt vừa	-5.0	-	0,2	12,00	0,00	11,31
Cát kết phong hóa hoàn toàn IV-V	-17.0	-	0,2	18,00	0,00	16,96
Cát kết phong hóa vừa III-IV	-35.0	7,5	0,4	1,80	13,25	3,39
Mũi cọc	-36.80				**13,25 MN**	**32,53 MN**

Ở trạng thái giới hạn thiết kế (USL) sức kháng được huy động của cọc là Rk = 13,25 MN + 32,53 MN = 45,79 MN, trong đó khoảng 70% sức kháng từ ma sát thành và 30% còn lại từ sức kháng mũi. Tỉ lệ sức kháng do ma sát thành cọc cao cũng là do cọc có diện tích bề mặt thân lớn so với diện tích đáy cọc, nên có ma sát thành hiện hữu cao. Sức kháng cọc thiết kế R_d = 13,25 MN/1,4 + 32,53 MN/1,4 = 32,7 MN. Ở vị trí này cọc không được thiết kế để đạt được hiệu suất sử dụng sức chịu tải tối đa do cọc thuộc nhóm cọc có đài cọc kích thước lớn và nhận tải từ các cột và tường chịu lực. Sự phân tải qua đài cọc xuống cọc là không đồng đều và yêu cầu các cọc trong nhóm phải có cùng chiều dài làm cho một số cọc có hiệu suất sử dụng sức chịu tải không đạt tối đa.

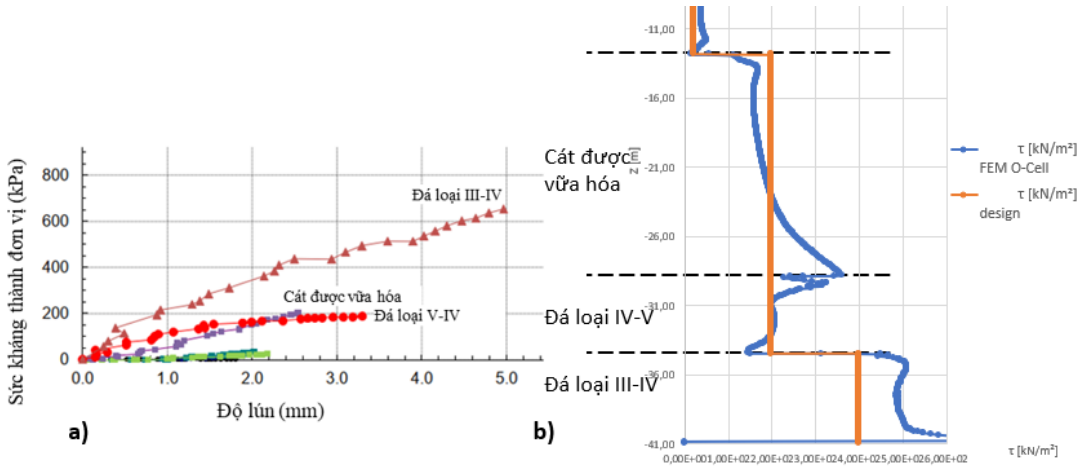
Ở điều kiện sử dụng với tải tiêu chuẩn (SLS) cọc được dự đoán có độ lún là 14 mm, không tính đến độ co đàn hồi của cọc. Từ biểu đồ sức chịu tải – độ lún tại Hình 2 cho thấy ở điều kiện sử dụng, phần lớn sức chịu tải được huy động từ sức kháng ma sát thành cọc. Điều này là do độ lún của của cọc còn thấp ở trạng thái tải hoạt động.



Hình 2. Đường ứng xử sức chịu tải – độ lún cho thiết kế

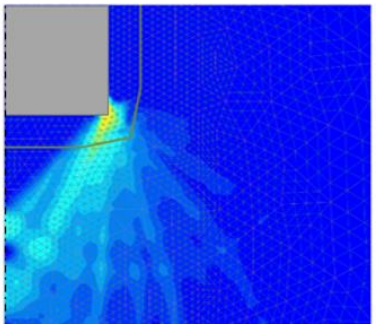
Kết quả tính uốn do tải ngang để thiết kế kết cấu cho kết quả nội lực cọc nhỏ. Tình trạng ứng suất nén trong cọc cho phép cọc không cần phải đặt cốt thép kháng uốn và kháng cắt. Tuy nhiên, cốt thép tối thiểu được đặt từ đầu cọc tới hết phần đất yếu được xác định theo yêu cầu của DIN EN 1536.

Kết quả thử tải O-Cell *(Hình 3)* cho thấy sức kháng thành cọc trong đá khớp với số liệu ước lượng dùng trong thiết kế. Tuy nhiên, sự phát triển của sức kháng thành huy động theo độ lún cho lớp đá III-IV chưa cho thấy trạng thái ma sát tới hạn do "trượt". Điều này có nghĩa là sức kháng thành thực tế lớn hơn giá trị dùng trong thiết kế. Kết quả quá trình mô phỏng phần tử hữu hạn thí nghiệm O-Cell cho kết quả sức kháng thành đơn vị huy động cho các lớp đá và lớp cát được vữa hóa khớp với giá trị thực đo.

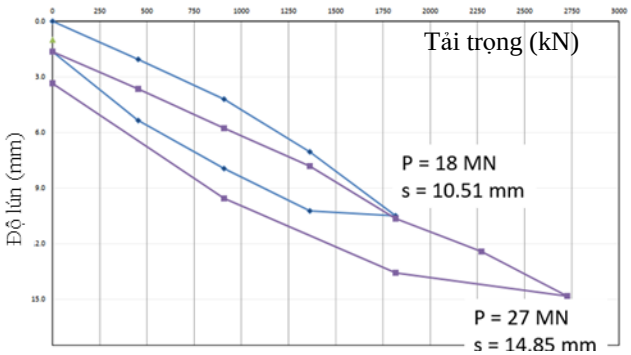


Hình 3. Sức kháng thành đơn vị: a) đo được từ thí nghiệm O-Cell và b) dự đoán với mô hình FEM cho thí nghiệm O-Celll

Trạng thái phá hủy ở chân cọc được được dự đoán bằng mô phỏng phần tử hữu hạn, với mô hình phá hủy Mohr-Coulomb. Các đường trượt ở dưới chân cọc ở Hình 4 thể hiện cơ chế phá hủy giòn. Kết quả thử tải tĩnh tại vị trí cọc này cho thấy ứng xử cọc khớp với tính toán dự đoán lúc thiết kế. Từ biểu đồ sức chịu tải – độ lún thể hiện ở Hình 5, cho thấy rõ là cọc chưa đạt đến trạng thái tới hạn, tải trọng vẫn còn tăng tuyến tính với độ lún cho đến mức tải tối đa bằng 1,5 lần tải trọng tiêu chuẩn. Độ lún đầu cọc ở tải trọng tiêu chuẩn là 10,5 mm, ít hơn so với dự đoán lúc thiết kế vào khoảng 3,5 mm.



Hình 4. Đường trượt ở trạng thái phá hủy lớp đá dưới chân cọc



Hình 5. Đường ứng xử sức chịu tải – độ lún từ thí nghiệm tĩnh

Do các lớp đá rất khác nhau trong khu vực công trình, khi thi công cọc mẫu đá được liên tục lấy và thử sức chịu nén. Độ sâu cọc cần thiết được tính toán lại trong lúc thi công cọc dựa trên địa tầng thực tế các lớp đá được phát hiện và kiểm tra trong lúc khoan hố cọc.

4. Kết luận

Thiết kế cọc khoan nhồi theo EC7, theo tiếp cận hệ số an toàn riêng phần cho tải và sức chịu tải được mô tả rất rõ ràng và dễ ứng dụng. Sức kháng của cọc chôn trong đá có thể được dự đoán, phục vụ công tác thiết kế, dựa vào số liệu thực nghiệm của EA-Piles và các quan hệ tương quan đã được kiểm chứng. Từ kết quả thiết kế cọc khoan nhồi chôn trong đá cho một dự án nhà cao tầng, cho thấy sức chịu tải đơn vị dự đoán lúc thiết kế khá khớp với kết quả kiểm tra sức chịu tải bằng thiết bị O-Cell. Độ lún đầu cọc thực tế từ quá trình thử tải tĩnh nhỏ hơn kết quả tính toán thiết kế nhưng không nhỏ hơn quá nhiều, cho thấy thiết kế đã đạt được độ an toàn và tính kinh tế mong muốn.

Tài liệu tham khảo

DIN EN 1997-1, 2010., *Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules*, Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 1997-1/NA., 2010, *National Annex – Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules*, Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 1054., 2010, *Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1*, Deutsches Institut für Normung e.V.

Hanbuch Eurocode 7., 2011, *Geotechnische Bemessung, Band 1: Allgemeine Regeln*, Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 1992-1, 2011., *Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings*, Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 1536., 2010, *Execution of special geotechnical work – Bored piles*, Deutsches Institut für Normung e.V.

German Geotechnical Society., 2012. *Recommendations on Piling (EA-Pfähle)*, Wiley Enst & Sohn.

Haberfield, C. and Collingwood, B., 2006. *Rock-socketed pile design and construction: a better way?* Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Geotechnical Engineering, 159(3), pp.207-217.

Lưu, Gia Trung, Dương, Văn Tuân., 2022. *Đánh giá sức chịu tải của cọc khoan nhồi trên nền đá phong hóa sét, bột kết*. Địa kỹ thuật – Trắc địa, Tạp chí KHCN Xây dựng, số 1, 2022.

Murali, A.K., Tran, K.M., Haque, A. and Bui, H.H., 2022. *Experimental and numerical investigation of the load-bearing mechanisms of piles socketed in soft rocks*. Rock Mechanics and Rock Engineering, 55(9), pp. 5555-5576.

Pells P. J. N. 1999. *State of practice for the design of socketed piles in rock*. In: Proceedings of the 8th Australia New Zealand Conference on Geomechanics: Consolidating Knowledge, pp . 307-328.

Stroud, M.A., 1974. *The standard penetration test in insensitive clays and soft rocks*. In Proceedings of the 1st European Symposium on Penetration Testing, Vol. 2, No. 2, pp. 367-375.

Toh, C.T., Ooi, T.A., Chiu, H.K., Chee, S.K. and Ting, W.H., 1989. *Design parameters for bored piles in a weathered sedimentary formation*. In Congrès international de mécanique des sols et des travaux de fondations. 12, pp. 1073-1078.

Xu, J., Dai, G., Gong, W., Zhang, Q., Haque, A. and Gamage, R.P., 2021. *A review of research on the shaft resistance of rock-socketed piles*. Acta Geotechnica, 16, pp. 653-677.

ABSTRACT

Design of bored piles socketed in rocks according to Eurocode 7 – with an example for pile design

Nguyễn Thành Luân[1], Nguyễn Quang Phích[2], Nguyễn Văn Mạnh[3], Bùi Văn Đức[3]

[1]Boley Geotechnik GmbH, Munich, Germany

[2]Van Lang University, Ho Chi Minh City

[3]Geotechnical Engineering, Construction Materials, and Sustainability Research Group, Hanoi University of Mining and Geology

Large-diameter bored piles are the foundation solution for high-rise buildings as well as other superstructures with large loads and high requirements for allowable settlement. However, determining the skin friction and base resistance of piles in rock is still a challenging task and often gives inaccurate results. Eurocode 7 (EC 7) is widely accepted because it creates high design reliability and is proven in practice. In addition, in Germany there is also the Recommendations for piling (EA-Piles) published by the German Geotechnical Association based on significant experience in design and construction piles in the country. This contribution presents the method and results of designing bored piles socketed in rock for a high-rise building according to EC 7 focusing on determining the ultimate pile resistance in rocks for geotechnical design purposes. The predicted pile reactions from the design will be compared with the results obtained from static pile load tests conducted on-site. The gained experience from this particular design can become useful for similar projects.

Keywords: bored pile design; Eurocode EC7; embbeded piles in rock

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Cải tạo và khôi phục các công trình ngầm để phát triển bền vững

Trần Tuấn Minh[1,*], Nguyễn Duyên Phong[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Nhóm nghiên cứu GCMS*

TÓM TẮT

Các đường hầm nói riêng và các công trình ngầm nói chung sau thời gian dài vận hành, sử dụng dưới các tác động theo thời gian, điều kiện địa chất, các điều kiện vi khí hậu, nước ngầm và một số tác nhân khác như động đất, cháy nổ có thể làm hư hỏng vỏ chống trong các đường hầm. Hư hỏng nhẹ gây bong tróc, mất thẩm mỹ, hư hỏng nặng có thể gây sập đổ cục bộ hoặc trên một đoạn tuyến công trình ngầm. Điều này, đòi hỏi phải có các công tác duy tu, bảo dưỡng, đánh giá độ ổn định của vỏ hầm cũng như mức độ an toàn của đường hầm đảm bảo vận hành an toàn đường hầm. Tuy nhiên, hiện nay tại Việt Nam vấn đề duy tu, bảo dưỡng và bảo quản các công trình ngầm còn ít được quan tâm, và trên thực tế đã có những tai nạn đã xảy ra do chưa có những quy trình quan trắc, đánh giá và ổn định vỏ hầm cũng như chưa có những quy trình cho việc sửa chữa, cải tạo khôi phục các công trình ngầm. Bài báo giới thiệu một số nguyên nhân gây hư hỏng đường hầm và một số giải pháp định hướng trong công tác sửa chữa các đường hầm trong thời gian vận hành.

Từ khóa: duy tu; bảo dưỡng; cải tạo; khôi phục; công trình ngầm

1. Đặt vấn đề

Ngày nay một số đường hầm đang trong thời gian vận hành và sử dụng nhưng do yếu tố thời gian và các yếu tố môi trường xâm thực, yếu tố ăn mòn, yếu tố chịu lực và một số yếu tố khác đã bị hỏng hóc gây ảnh hưởng đến việc vận hành và sử dụng đường hầm một cách bình thường. Các đường hầm bị hư hỏng có thể từ hư hỏng nhẹ như trong bóc, mất thẩm mỹ đến hư hỏng nặng như đường hầm bị bóp bẹp, sập đổ vỏ chống, kết cấu chống cục bộ, trên một đoạn hầm nào đó dẫn đến buộc phải dừng việc sử dụng đường hầm. Các nguyên nhân gây ra hư hỏng đường hầm có nhiều dạng khác nhau từ chủ quan đến khách quan, khách quan từ các yếu tố như đất đá, điều kiện địa chất biến đổi, đất đá bị phong hóa, ngậm nước làm cho đường hầm bị tăng áp lực, vỏ hầm bị nén bẹp, bị nước ngầm xâm nhập, bị sập đổ hoặc cần thiết phải mở rộng để đảm bảo lưu lượng lưu thông cho đường hầm, hoặc cũng có thể do các yếu tố chủ quan do con người và các tác động kỹ thuật trong quá trình vận hành và sử dụng các đường hầm như các hiện tượng cháy, nổ…làm buộc phải dừng vận hành đường hầm để sửa chữa, khắc phục.

Trên thế giới vấn đề duy tu, sửa chữa bảo dưỡng đường hầm đã được nhiều nhà khoa học quan tâm. (Michael Sprinkel, P.E, 2014) đã đưa ra những quan điểm về sửa chữa cải tạo các đường hầm ở Virginia Mỹ, trước đó (Toshihiro Asakura và Yoshiyuki Kojima, 2003) đã công bố bài báo về công tác duy tu sửa chữa đường hầm ở Nhật Bản ở tạp chí TUST giới thiệu khái quát về cộng tác duy tu sửa chữa đường hầm. (Năm 2003 Timo SeidenfuB) người Đức đã giới thiệu các dạng sập đổ đường hầm trong luận văn thạc sĩ, đã đánh giá tổng quát các dạng mất ổn định sập đổ đường hầm trong đó có công tác duy tu bảo dưỡng đường hầm ở Đức. (Năm 2001 A.Bothma đã giới thiệu việc sửa chữa khôi phục giếng đứng ở trong tạp chí của Nam Phi có giới thiệu công tác duy tu sửa chữa giếng đứng do bị thấm xung quanh thành giếng.

Một số tác giả Liên Bang Nga cũng đã quan tâm nhiều đến vấn đề sửa chữa, cải tạo và khôi phục các công trình ngầm, có thể kể đến (Коробова О.А., 2008) đã xuất bản tài liệu về gia cường các móng nhà và sửa chữa kết cấu các móng nhà. (Пономарев, А.Б., 2014) xây dựng công trình ngầm, cuốn sách giới thiệu cho người đọc và sinh viên về việc xây dựng và sửa chữa các công trình ngầm. (Шихов, А.Н., 2015) đã xuất bản sửa chữa các tòa nhà dân dụng và công nghiệp, (Шилин А.А., 2009) đã xuất bản bài báo về sửa chữa kết cấu chống giữ công trình ngầm với sự trợ giúp của công tác bơm ép ở nhà xuất bản «Gornaya knig » và sửa chữa các kết cấu các công trình ngầm dưới sâu, đăng ở hội nghị Tuần lễ mỏ, Matxcova. (А.Ф. Борзы., 2004) đã xuất bản bài giảng về sửa chữa các đường lò trong mỏ dày 242 trang.

Tại Việt Nam, việc nghiên cứu vấn đề cải tạo, sửa chữa và khôi phục các công trình ngầm cũng đã được đề cập đến trong một số bài giảng, giáo trình và một số đề tài nghiên cứu cơ sở. Tại trường Đại học Mỏ-Địa chất Hà Nội, môn học Sửa chữa, cải tạo khôi phục công trình ngầm đã được bổ sung và đưa vào trong

* *Tác giả liên hệ*
Email: trantuanminh@humg.edu.vn; tuanminhhumg@yahoo.com

giảng dạy từ năm 2010. Tuy nhiên, đa phần vẫn sử dụng bài giảng viết tay làm cho môn học chưa được xứng tầm với kiến thức và chuyên môn. Trần Tuấn Minh và nnk, 2019 đã xuất bản cuốn giáo trình Sửa chữa, cải tạo khôi phục công trình ngầm mang tính chất quy mô hơn và đã phần nào tiếp cận, dự báo cũng như đưa ra được những kiến thức tổng quan về công tác sửa chữa, cải tạo khôi phục công trình ngầm. Tuy nhiên, nó vẫn chỉ mang tính học thuật nhiều hơn là tính ứng dụng, kinh nghiệm sửa chữa, cải tạo các đường hầm trong thực tế do hạn chế các dự án ở Việt Nam cũng như ít có một số đường hầm, công trình ngầm bị hư hỏng trong thời gian sử dụng, đa phần chúng vẫn được quan tâm ở dạng rủi ro trong thi công các công trình ngầm.

Thời gian gần đây, một số đường hầm đường sắt sử dụng lâu năm nên đã xuất hiện hư hỏng, cụ thể: vụ sập đường hầm đường sắt Chí Thạnh (Hình 1) khoảng 10h30 sáng ngày 26/5/2024 trong lúc công nhân đang hót dọn lượng đất, đá sạt lở còn lại tại đường hầm thì bất ngờ một lượng lớn đất, đá tiếp tục sạt xuống bịt kín đường hầm. Với hầm Bãi Gió (Hình 2) trong 2 ngày 12 và 13/4/2024 đã xảy ra hiện tượng sạt lở với tổng khối lượng hơn 200m^3 đất đá gây tê liệt đường sắt Bắc-Nam đoạn qua 2 tỉnh Phú Yên và Khánh Hòa. Sau 9 ngày nỗ lực, đến đêm 21/4 ngành đường sắt mới khắc phục xong được sự cố hầm Bãi Gió và tàu có thể di chuyển qua hầm này.



Hình 1. Sạt lở hầm Chí Thạnh - Tuy An, Phú Yên



Hình 2. Sạt lở hầm Bãi Gió - Tuy An, Phú Yên

Nguyên nhân gây hư hỏng 2 đường hầm trên được xác định là trong quá trình sửa chữa, đục bỏ vỏ chống đường hầm đã gây tụt lở nóc các đường hầm kết hợp với điều kiện địa chất yếu, đất đá phong hóa trên nóc hầm gây tụt lở lũy tiến (tiên tục, ban đầu sạt lở nhỏ sau đó khối sạt mở rộng ra xa hơn nóc hầm về phía trên bề mặt đất). Quá trình khôi phục, duy tu các đường hầm thực tế là công việc khó khăn phức tạp vì khi đó phải dừng hoạt động đường hầm cục bộ trong một thời gian nào đó trong ngày, công tác khảo sát, đánh giá ổn định vỏ hầm cũng như điều kiện đất đá bên ngoài vỏ hầm cần phải có những quy trình đánh giá cụ thể, sự phức tạp, biến đổi của điều kiện địa chất cũng như tính chủ quan của con người làm tăng thêm tính khó dự đoán của quá trình sập đổ đường hầm. Điều này đòi hỏi cần phải có những nghiên cứu, đánh giá chi tiết và tỉ mỉ hơn về hiện trạng, mức độ ổn định và thời gian tồn tại lâu dài của vỏ chống các công trình ngầm trong tương lai là điều các nhà khoa học về lĩnh vực công trình ngầm ở Việt Nam cần quan tâm.

2. Các nguyên nhân gây hư hỏng công trình ngầm

2.1. Nguyên nhân chủ quan

Có nhiều nguyên nhân chủ quan khác nhau dẫn đến hư hỏng các công trình ngầm, có thể kể đến như:

- Do một số lỗi trong quá trình thiết kế vỏ chống đường hầm, tuổi thọ của vỏ hầm, không đạt được như mong đợi nên một số đường hầm vỏ hầm thường có tuổi thọ nhỏ hơn thiết kế, hoặc trong quá trình thiết kế việc dự đoán ổn định, biến dạng của đất đá biên hầm theo thời gian, tính toán có xem xét đến từ biến của đất đá còn ít được chú trọng;
- Do lỗi trong quá trình duy tu sửa chữa các đường hầm, sự bất cẩn của cán bộ, công nhân trong quá trình đục, phá vỏ hầm làm cho vỏ hầm bị sập đổ mà không có biện pháp giải pháp ổn định khối đá bên ngoài xung quanh (như một số giải pháp khoan phun ép vữa gia cường từ bên trong vỏ ra bên ngoài trước khi đục vỏ hầm,…);
- Do cháy nổ trong đường hầm từ hoạt động vận hành khai thác công trình ngầm, hiện tượng này có thể xảy ra khi do ý kiến chủ quan của con người cũng như phương tiện phát sinh tia lửa gây hỏa hoạn trong các đường hầm gây hư hỏng kết cấu vỏ hầm và cần phải sửa chữa, khắc phục.

2.2. Nguyên nhân khách quan

Nguyên nhân khách quan ở đây chủ yếu là những vấn đề không dự đoán trước được của các vấn đề địa kỹ thuật và các yếu tố khác, có thể kể đến như:

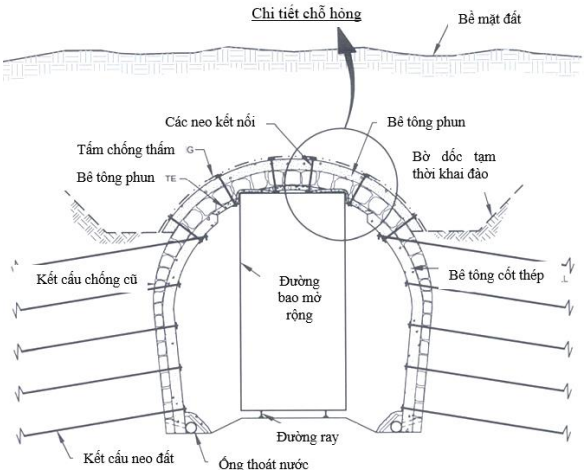
- Thấm dột, rò rỉ nước qua các lớp cách nước và lớp vỏ hầm theo thời gian gây hư hỏng kết cấu vỏ hầm

cần phải xử lý và sửa chữa, duy tu đường hầm;

- Lũ lụt gây ngập lụt và làm hư hỏng kết cấu vỏ hầm cũng như đường hầm cần phải sửa chữa chúng;
- Động đất gây hư hỏng cục bộ hoặc hư hỏng nặng các đường hầm trong thời gian sử dụng;
- Sự biến đổi, phong hóa của đất đá gây tải trọng tăng theo thời gian trong một số trường hợp đất đá có tính trương nở, ngậm nước. Ngoài ra, còn có thể do các hoạt động kiến tạo hiện tại vẫn còn đang tiếp diễn là tác nhân gây hư hỏng đường hầm, và một số nguyên nhân khác.

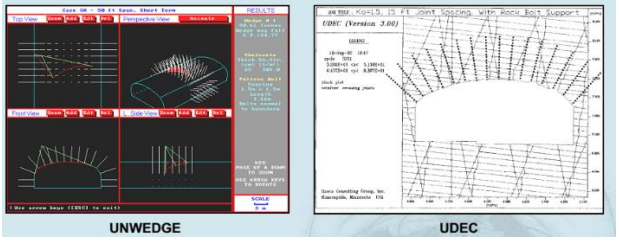
3. Lý luận về duy tu khôi phục công trình ngầm

Nhìn chung, quá trình duy tu, sửa chữa cũng như khôi phục các công trình ngầm cần phải được hiểu ở những lý luận về tư duy tương tự như việc bắt đầu quá trình đào một đường hầm mới (từ khảo sát, thiết kế kỹ thuật, thiết kế tổ chức thi công, hoàn công công trình ngầm). Khi xác định được vị trí đường hầm phải sửa chữa thì việc thiết kế dự báo trước khi sửa chữa công trình ngầm là vấn đề bắt buộc cần phải thực hiện. Để thực hiện được việc này thì rõ ràng bước tiếp theo đầu tiên là phải đánh giá được điều kiện địa chất thủy văn, địa chất công trình khu vực đường hầm bị hư hỏng. Việc đánh giá điều kiện địa chất khu vực đường hầm bị hỏng là điều hết sức cần thiết trong quá trình thiết kế kỹ thuật, thi công và mở rộng các đường hầm trong thực tế khôi phục và cải tạo các đường hầm. Đánh giá địa chất để xem xét, tìm hiểu được nguyên nhân gây phá hủy kết cấu chống giữ đường hầm, hoặc nguyên nhân làm đường hầm mất ổn định không thể sử dụng được. Việc đánh giá địa chất ở đây có thể được thực hiện bằng cách vào khu vực hầm quan sát trực tiếp hoặc sử dụng các thiết bị khoan thăm dò từ phía bên trong đường hầm vào khối đá xung quanh để kiểm tra, khảo sát lại các đặc tính đất đá, điều kiện địa chất, địa chất thủy văn công trình khu vực đường hầm bị phá hủy.

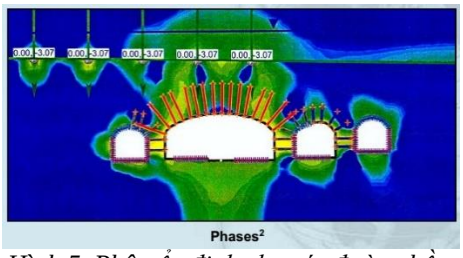


Hình 3. Ví dụ mặt cắt ngang đường hầm ở khu vực bị hỏng hóc sau khi khảo sát

Việc sử dụng các phân tích ổn định trước khi sửa chữa cải tạo với các công trình ngầm là cần thiết để dự đoán thêm vùng phá hủy và kiểm tra lại sự an toàn của kết cấu chống mới trong khi sửa chữa cải tạo. Với sự phát triển của khoa học và công nghệ máy tính ngày nay có rất nhiều các phần mềm chuyên dụng để dự báo ổn định. Các phần mềm số hiện nay thông thường được xây dựng trên một cơ sở nguồn nào đó như sự sụp đổ khối nêm, các phương pháp số hoặc phương pháp đường đặc tính khối đá. Tuy nhiên có thể nhận thấy rằng dù phương pháp nào đi nữa thì nó cũng thường được xây dựng trên cơ sở giả thiết là khối đá có tính nứt nẻ, phân cách không liên tục (các phương pháp sai phân hữu hạn, phương pháp rời rạc) hoặc trên cơ sở coi khối đá là môi trường liên tục (phần tử hữu hạn, phần tử biên). Trên hình 4 và 5 giới thiệu kết quả mô phỏng ổn định của đường hầm và hệ thống công trình ngầm cần sửa chữa để xác định các thông số kết cấu chống giữ cần thiết khi tính toán phân tích và lựa chọn kết cấu chống giữ để duy tu sửa chữa đường hầm.



Hình 4. Phân tích bằng phần mềm đối với những khu vực có nứt nẻ và hình thành các khối nêm sập đổ bằng phần mềm Unwedge và UDEC



Hình 5. Phân ổn định cho các đường hầm cần sửa chữa cải tạo bằng phần mềm Phase 2

4. Một số giải pháp đề khắc phục sự cố công trình ngầm trong thời gian vận hành

Việc khắc phục sự cố công trình ngầm trong quá trình sử dụng hay được sử dụng rộng rãi nhất sẽ tùy thuộc vào mức độ hư hại của công trình (nặng, nhẹ, cục bộ hay trên một phạm vi chu tuyến dài của đường hầm). Đối với việc sửa chữa nhỏ, bên trong đường hầm hiện nay hay sử dụng giải pháp bê tông phun. Đây được xem là giải pháp sửa chữa với các công trình ngầm đánh giá được vỏ hầm, kết cấu chống vỏ hầm vẫn đủ khả năng làm việc và mang tải. Bê tông phun chỉ mang tính trang trí và làm đẹp, công việc sửa chữa này không yêu cầu sự phức tạp của công nghệ, xong nó cũng tiềm ẩn nhiều rủi ro gây tai nạn, sập đổ trong quá trình thực hiện duy tu, sửa chữa đường hầm. Hầm Brunel Thames tunnel London (Hình 6) được xây dựng từ những năm 1825 và phải phục hồi sửa chữa, sử dụng bê tông phun việc hoàn thành sửa chữa vào năm 1997, hầm Bergen Tunnel (Hình 7) Jersey City, New jersy Mỹ được xây dựng từ những năm 1870 và phải sửa chữa vào năm 2001, vận hành lại 2002, kinh phí sửa chữa là 65 triệu đô la, hầm Berry Street Tunnel (Hình 8) được xây dựng từ năm 1865 chiều rộng 4m và được mở rộng lên 8m vào năm 1873, đến năm 1996 phải sửa chữa và được đưa vào sử dụng lại vào năm 1997, kinh phí sửa chữa 18 triệu đô.



Hình 6. Sử dụng bê tông phun sửa chữa cải tạo công trình ngầm Brunel Thames tunnel London

H×nh 2. Bª t«ng phun ö dông vµ hµn g¾n nh÷ng chç h- háng nhÑ

Hình 7. Ví dụ sử dụng bê tông phun sửa chữa cải tạo đường hầm Bergen Tunnel

Trong trường hợp kết cấu chống đường hầm không còn đủ khả năng chịu lực, đường hầm phải thay đổi kết cấu chống giữ, cần thiết phải mở rộng đường hầm. Trường hợp sửa chữa lớn (Hình 8).



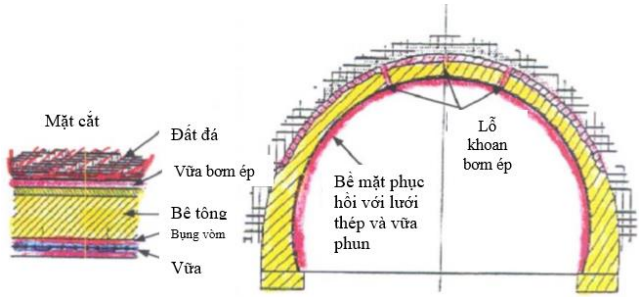
Hình 8. Đục bỏ vỏ hầm thay thế và mở rộng đường hầm khi sửa chữa cải tạo đường hầm Berry Street

Trong trường hợp xác định được vỏ hầm yếu, không đủ khả năng chịu lực khi sửa chữa và mở rộng đường hầm thì giải pháp gia cường vỏ chống và gia cường đất đá ở bên ngoài vỏ hầm để nâng cao khả năng chịu tải của vỏ hầm và độ ổn định của đất đá bên ngoài vỏ hầm tạo điều kiện để đục, phá vỡ vỏ hầm cũ thay thế vỏ hầm mới.

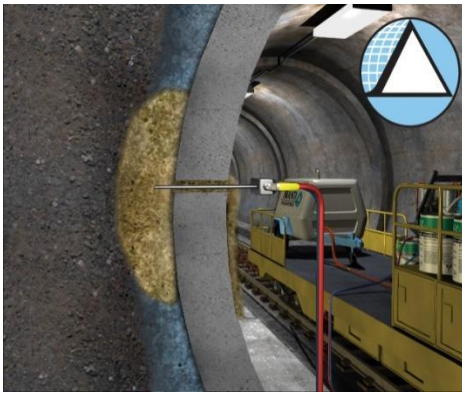
Giải pháp bơm ép gia cường hóa chất trực tiếp vào trong vỏ chống đường hầm, trường hợp này người ta sử dụng các lỗ khoan nông vào xung quanh khu vực vỏ hầm bị nứt, sau đó sử dụng bơm ép vữa với áp lực cao bơm ép vữa vào trong vỏ chống đường hầm. Vữa bơm ép có độ linh hoạt nhất định sẽ len lỏi, chui vào các khe nứt và chèn lấp kín các khe nứt, vữa cũng có tác dụng liên kết giữa vữa và lớp kết cấu chống cũ giữa hai bên thành khe nứt tạo cho vỏ chống có tính liên tục và tăng khả năng chịu lực, tăng khả năng bền và cũng làm giảm khả năng nước có thể xâm nhập được qua các khe nứt của vỏ chống.

Giải pháp bơm ép vữa ra bên ngoài vỏ chống tạo một lớp vỏ gia cường bảo vệ lớp vỏ chống cố định của đường hầm cũ. Giải pháp này sẽ phải sử dụng choòng khoan có chiều dài lớn hơn, việc khoan các lỗ khoan

cũng phức tạp và khó khăn hơn, số lượng lỗ khoan cũng lớn hơn so với việc khoan bơm ép vữa cục bộ ở những vị trí nứt của vỏ hầm cũ. Một vài hình ảnh về công tác bơm ép gia cường vỏ chống cũ của đường hầm được mô tả như trong hình 9, 10. Đây cũng là giải pháp hữu hiệu phụ trợ trong quá trình phá dỡ vỏ chống cũ của đường hầm để thay lớp vỏ hầm mới khi duy tu, sửa chữa các đường hầm.



Hình 9. Giải pháp bơm ép vữa gia cường vỏ hầm



http://tunnelingonline.com/cement-grout-vs-chemical-grout-one-use-2/



https://www.theconstructionindex.co.uk/news/view/haymarket-tunnels-strengthening-paves-way-for-200m-development

Hình 10. Giải pháp bơm ép vữa gia cố đất đá bên ngoài vỏ hầm

5. Kết luận

Việc sửa chữa, cải tạo khôi phục công trình ngầm là điều cần thiết đối với các đường hầm trong thời gian vận hành công trình. Khi xác định được nguyên nhân gây hư hỏng, cần thiết phải có các đánh giá tỉ mỉ trước khi đi xây dựng quy trình cải tạo sửa chữa các đường hầm. Trong quá trình sửa chữa, cần thiết phải có các đánh giá lại khả năng mang tải của kết cấu, đặc điểm cấu trúc, điều kiện địa chất thủy văn, địa kỹ thuật của đất đá khu vực bên ngoài vỏ hầm. Xây dựng được quy trình sửa chữa nhỏ, lớn tùy thuộc vào mức độ hư hại của vỏ hầm và đường hầm.

Phải khảo sát, quan trắc kỹ điều kiện đất đá xung quanh tránh rủi ro khi phá vỡ vỏ hầm làm tụt lở đất đá xung quanh vào bên trong đường hầm, đặc biệt trong khu vực đất đá phong hóa, bở rời, quá trình sụp đổ lũy tiến. Sử dụng thêm một số giải pháp phụ trợ, gia cố đất đá và vỏ chống trước khi tháo dỡ vỏ hầm để đảm bảo an toàn trong quá trình duy tu, sửa chữa các đường hầm. Quá trình sửa chữa cần thiết phải có thiết kế lại hệ thống kết cấu chống đỡ đường hầm, việc tư duy lý luận thiết kế có thể sử dụng các lý thuyết đại số hoặc các phần mềm mô phỏng số để phân tích, dự báo các tình huống có thể xảy ra để đề xuất các giải pháp thích hợp. Các biện pháp gia cố tạm khi sửa chữa như bê tông phun kết hợp neo và lưới thép, gia cố bên ngoài vỏ hầm là các giải pháp cần được quan tâm sử dụng có hiệu quả trong khi thi công sửa chữa, khôi phục các công trình ngầm.

Để nắm vững và vận dụng tốt các giải pháp cải tạo, sửa chữa và khôi phục công trình ngầm đòi hỏi người kỹ sư phải được trang bị các kiến thức cơ bản như địa chất công trình, cơ học đất, cơ học đá, nền- móng, cơ học công trình ngầm, gia cố nền đất yếu, thi công hầm, phương pháp số trong địa kỹ thuật,...

Tài liệu tham khảo

Trần Tuấn Minh, Nguyễn Huy Hiệp, 2019. *Giáo trình sửa chữa, cải tạo khôi phục công trình ngầm*, NXB Xây dựng.

Michael Sprinkel, PE. 2014. *Preservation, Repair and Rehabilitation of Concrete Bridges, Pavements and Tunnels in Virginia*. International Concrete Repair Institute Spring Convention Reno, Nevada March

20.

Toshihiro Asakura, Yoshiyuki Kojima, 2003. Tunnel maintenance in Japan. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 18: 161–169

Manfred N. Part and Sivotha, Hean, *Mastic asphalt and waterproofing components for bridge and tunnel construction*, Switzterland, 2003.

Timo SeidenfuB. *Collapses in tunneling*, master thesis, Laussane, Stuggart, Germany - 2006, 194p.

Rich Humphries and Mark Sandfort Golder Associates, *Stabilization and upgrading old transportation tunnels*, 66p.

A. Bothma, 2001. The rehabilitation of Impala N^0.1A ventilation shaft, *The Journal of the south African institute of mining and metallurgy*, 177-182.

Коробова О.А. *Усиление оснований и реконструкция фундаментов*: учеб. пособие /О. А. Коробова ; Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). - Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2008. - 332 с.

Пономарев, А.Б. *Подземное строительство*: учеб. пособие/А.Б. Пономарев, Ю.Л. Винников. - Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014 - 262 с.

Шихов, А.Н. *Реконструкция гражданских и промышленных зданий*: моно-графия/А.Н. Шихов; М-во с.-х. РФ, федеральное гос. бюджетное образоват. учреждение высшего проф. образов. «Пермская гос. с.-х. акад. им. акад. Д.Н. Прянишникова». - Пермь: ИПЦ «Прокростъ», 2015. - 399 с.

Шилин А.А. *Ремонт строительных конструкций с помощью инъектирования*. - М: Издательство «Горная книга», 2009.-170с.

Шилин А.А. (МГГУ, ЗАО Триада-Холдинг). *Ремонт и реконструкция заглубленных и подземных сооружений.* Неделя Горняка. Москва - 2009.

А.Ф. Борзы. *Конспект лекцийсодержание и ремонт горных выработок*. министерство образования и науки украины донбасский горно-металлургический институт. Алчевск, 2004.-242с.

ABSTRACT

Underground construction renovation and rehabilitation for sustainable development

Tran Tuan Minh[1], Nguyen Duyen Phong[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

Tunnels and underground constructions in general in a long-term period of operation and use are often affected by time, geological conditions, microclimate conditions, groundwater and the other factors such as Earthquakes, fires and explosions can be damaged for support linings in tunnels. Slight damage causes expose the linings, changes architecture, heavy damage can be collapsed locally or on the section of underground construction. In these cases, the requirement of maintenance work and assessment of the stability of tunnel lining as well as the safety of tunnel must be applied to ensure safety operation of them. However, currently in Vietnam, the problems of maintenance, rehabilitation and renovation of tunnels have been inappropriate attention. Accidents have been occurred due to the lack of monitoring and assessment procedures the stability of the tunnel lining, also there are no procedures for rehabilitation, renovation and restoring of the tunnels. This article introduces some causes of tunnel damage and some directional solutions for rehabilitation and maintenance of tunnels during their operation.

Keywords: maintenance; renovation; rehabilitation; restoring; tunnels

Nghiên cứu ảnh hưởng của khe nứt đến độ ổn định của hai đường hầm giao thông xuyên núi

Trần Tuấn Minh[1,*], Nguyễn Duyên Phong[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Nhóm nghiên cứu GCMS*

TÓM TẮT

Việc phát triển hạ tầng giao thông kết nối vùng miền ngày càng được quan tâm, chú trọng tại Việt Nam. Các tuyến đường cao tốc đang được xây dựng khắp các vùng miền của cả nước, do địa hình đồi núi phức tạp nên quá trình hình thành và xây dựng các tuyến đường cao tốc tại Việt Nam sẽ phải xây dựng các đường hầm xuyên núi. Việc xây dựng các đường hầm giao thông xuyên núi cũng như các đường hầm tàu điện ngầm thường sử dụng hai đường hầm song song để tăng năng lực vận tải cũng như thuận tiện trong quá trình vận hành các đường hầm. Hiện nay, các bài toán phân tích hai đường hầm thường sử dụng các giả thiết cho các đường hầm mặt cắt ngang tròn trong môi trường đàn hồi, đồng nhất đẳng hướng bề mặt đất được giả thiết là bằng phẳng, hai đường hầm trong bán không gian vô hạn bằng các mô hình phân tích số. Các đường hầm đôi với các dạng mặt cắt ngang khác nhau cũng đã được nghiên cứu ở các mục đích khác nhau trong điều kiện bề mặt đất thay đổi bằng các lý thuyết hàm biến phức và bằng các mô hình số cũng đã được nghiên cứu. Tuy nhiên, trên thực tế việc khai đào các đường hầm đôi xuyên núi điều kiện địa chất thay đổi, phức tạp, khối đá có chứa các đặc tính phân lớp, phân phiến, nứt nẻ có thể có cả hang các tơ,…. Điều này đòi hỏi phải có các nghiên cứu chuyên sâu để đảm bảo hiệu quả công tác khai đào, chống giữ và sử dụng các đường hầm. Phần mềm phương pháp số đã được sử dụng trong bài báo để phân tích sự thay đổi tham số góc nghiêng của khe nứt trong đá đến tính ổn định của hai đường hầm song song. Kết quả chỉ ra rằng, tham số góc nghiêng khe nứt có ảnh hưởng lớn đến vùng phá hủy, vùng tác động của công tác khai đào xung quanh hai đường hầm trong điều kiện bề mặt địa hình thay đổi, góc nghiêng khe nứt có ảnh hưởng nhiều nhất có giá trị từ 15 đến 30^0.

Từ khóa: hai hầm song song; khối đá nứt nẻ; kết cấu neo; bê tông phun; mô hình số

1. Đặt vấn đề

Sự phát triển mạnh mẽ của nền kinh tế ở các khu vực trên thế giới trong đó có Việt Nam dẫn đến sự thay đổi tích cực của cơ sở hạ tầng, giao thông trong các khu vực, giữa miền núi với miền xuôi, đồng bằng với thành phố và các đô thị. Các đường hầm giao thông xuyên núi, hệ thống tàu điện ngầm ngày càng được quan tâm chú trọng và xây dựng nhiều tại nhiều quốc gia, trong đó có Việt Nam. Việc phân tích, tính toán các đường hầm đôi đã được nhiều nhà khoc học quan tâm có thể kể đến như: Nguyễn Quang Phích, 2007, 2020; Đỗ Ngọc Thái, 2020, 2021; Do Ngoc Anh, 2016, 2021 và các nhà khoa học khác. Để gải quyết bài toán trên các tác giả trên thường giả thiết bài toán đường hầm đôi trong môi trường bán không gian vô hạn, mặt cắt ngang đường hầm tròn (Nguyễn Quang Phích, 2007; Võ Trọng Hùng, 2006), (Do Ngoc Anh, 2014, 2020; Đỗ Ngọc Thái, 2020; Trần Tuấn Minh, 2008-2015). Với các dạng mặt cắt ngang đường hầm không tròn bài toán thường được giải quyết bằng phương pháp hàm biến phức, chuyển đổi mặt cắt tương đương (N.S. Bulutrev, 1994 và Fotieva N.N, 1996). Các bài toán thường được quan tâm là dạng xem xét sự thay đổi nội lực, sự biến đổi cơ học (vùng biến dạng dẻo, vùng phân bố áp lực) xung quanh các đường hầm này (Do Ngoc Anh, 2021 và Đỗ Ngọc Thái, 2020. Thời gian gần đây, việc khai đào các đường hầm trong đô thị bằng công nghệ khiên đào phổ biến thì các bài toán xem xét đến lún sụt bề mặt do thi công đường hầm đơn và hầm đôi cũng được quan tâm nhiều hơn (Do Ngoc Anh, 2020 và Đỗ Ngọc Thái, 2021; Trần Tuấn Minh, 2015-2022).

Hiện nay công nghệ và phần mềm phát triển, các phần mềm số ngày càng được sử dụng rộng rãi mang lại những hiệu quả cao trong công tác thiết kế các đường hầm (Do Ngoc Anh, 2016; Tran Tuan Minh, 2015). Các phần mềm chuyên dụng hiện nay có thể được chia ra ở các nhóm phân tích khác nhau như: các phương pháp phân tích biến dạng không liên tục DDA (Discontinuous Deformation Analysis), phần

* *Tác giả liên hệ*
Email: trantuanminh@humg.edu.vn; tuanminhhumg@yahoo.com

tử hữu hạn FEM (Finite Element Method), sai phân hữu hạn DEM (Different Element Method), phần tử biên BEM (Boundary Element Method). Ưu điểm của nhóm phương pháp này là mô hình được sát với điều kiện thực tế, kể được cùng lúc nhiều yếu tố ảnh hưởng của điều kiện địa chất, địa chất thủy văn công trình khu vực xây dựng đường hầm. Không những vậy, chúng còn có thể mô phỏng cho cả các quá trình thi công, các bước thi công và quá trình lắp đặt các kết cấu chống giữ các đường hầm. Trong bài báo này sẽ đi phân tích sự biến đổi cơ học, tính ổn định của hai đường hầm hình vòm móng ngựa khi thay đổi điều kiện góc nghiêng phân lớp.

2. Mô hình cho bài toán phân tích

2.1. Thiết lập mô hình

Xem xét một trường hợp thực tế bao gồm hai đường hầm sẽ được xây dựng tại khu vực sườn dốc, sườn núi có sự thay đổi điều kiện bề mặt địa hình (không bằng phẳng). Do điều kiện khu vực thi công, giảm khoảng cách giữa hai hầm để rút ngắn các đường ngang nối giữa hai hầm thuận tiện cho công tác thi công và lánh nạn nên vị trí của hai hạng mục này được thiết kế tương đối gần nhau. Trong nghiên cứu sử dụng tham khảo khoảng cách giữa hai đường hầm tính từ tâm là 30m trên cơ sở tham chiếu một số dự án hầm như hầm Hải Vân, hầm Đèo cả, hầm Cù Mông tương ứng. Trường hợp nghiên cứu này sử dụng đường hầm có chiều rộng B = 11m, chiều cao H = 9,8m được khai đào trong khu vực đất đá có điều kiện tương đối vững chắc. Bài toán được thực hiện cho 5 dạng mặt cắt ngang đường hầm khác nhau để xem xét sự biến đổi cơ học cũng như sự thay đổ chuyển vị của đất đá xung quanh biên các đường hầm trong điều kiện 2 đường hầm được khai đào song song với nhau cùng lúc trên cơ sở xem xét thêm yếu tố nứt nẻ vào trong các mô hình. Ban đầu việc mô hình bài toán được thực hiện như trên Hình 1, đường hầm được sử dụng có khẩu độ 11m, đào trong khu vực đất đá yếu chủ yếu là đất phủ với các thông số đất đá được mô tả như trong Bảng 1, sau đó trên cơ sở môi trường liên tục tiến hành mô phỏng cho bài toán môi trường không liên tục có chứa nứt nẻ và thay đổi một số tham số của khe nứt trong mô hình. Do khuôn khổ của bài báo và hạn chế của nghiên cứu, tham sốc hính sẽ thay đổi là góc nghiên cứu các khe nứt còn các tham số khác sẽ được trình bày trong các nghiên cứu tiếp theo. Các thông số của khe nứt, đặc tính của neo, bê tông phun và lưới thép giả định đầu vào cho nghiên cứu được mô tả như trong các bảng 2 đến 4.

Bảng 1. Đặc tính đất đá sử dụng trong phân tích

Tên tham số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Trọng lượng thể tích	γ	0,02	MN/m^3
Độ bền kéo	σ_k	0	MPa
Lực dính kết	c	0,1	MPa
Góc ma sát trong	φ	15	Độ
Mô đun đàn hồi	E	5000	MPa
Hệ số Poisson	μ	0,35	-

Bảng 2. Đặc tính cơ học của các khe nứt

Tên tham số	Giá trị
Khoảng cách khe nứt, m	5
Tham số JCS, MPa	90
Tham số JRC, MPa	9
Góc ma sát trong dư, độ	28
Độ cứng vững pháp tuyến, MPa	100000
Độ cứng vững tiếp tuyến, MPa	10000

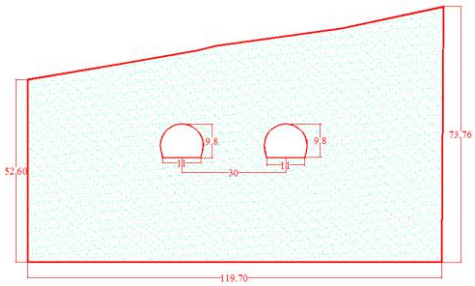
Bảng 3. Các đặc tính của kết cấu neo

Các tham số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Đường kính thép neo	d	20	mm
Mô đun đàn hồi thép neo	E_t	200000	MPa
Khả năng chịu kéo của neo	P_c	0,1	MN
Khả năng chịu kéo dư của neo	P_{re}	0,01	MN
Mạng neo	axb	2x1,5	m
Chiều dài các neo	L	4,0	m

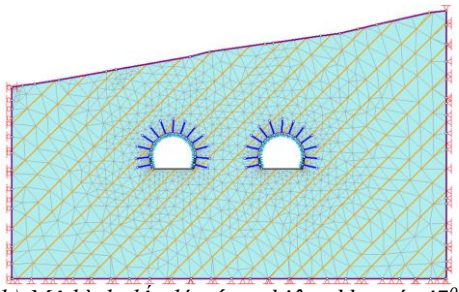
Bảng 4. Các tham số lưới thép và BTP

Các tham số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Đường kính thép B40x40	ϕ	4,0	mm
Chiều dầy bê tông phun	d	30	mm
Mô đun đàn hồi	E_c	36000	MPa
Hệ số Poisson	μ	0,15	-
Độ bền kéo	σ_{ts}	5,0	MPa

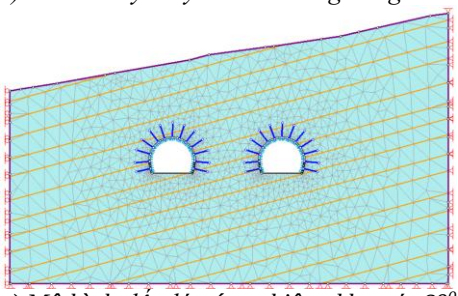
Hình 1 bên dưới mô tả mô hình phân tích lý thuyết của bài toán trong điều kiện lý thuyết đồng nhất (Hình 1a) và sự hỗ trợ của phần mềm số Phase 2 khi phân tích bài toán trong các trường hợp thay đổi điều kiện góc nghiêng khe nứt trong đất đá khác nhau như trong Hình 1b, c, d tương ứng. Trong bài toán nghiên cứu, sử dụng các góc nghiêng khe nứt khác nhau tương ứng là 15^0, 30^0, 45^0, 60^0, 90^0 và 165^0 để đánh giá và xem xét sự biến đổi cơ học xung quanh hai đường hầm hình vòm móng ngựa trong điều kiện bề mặt đất thay đổi và có quan tâm đến sự thay đổi góc nghiêng khe nứt.



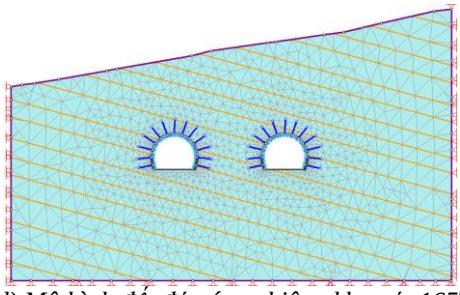
a) Mô hình lý thuyết môi trường đồng nhất



b) Mô hình đất đá góc nghiêng khe nứt 45^0



c) Mô hình đất đá góc nghiêng khe nứt 60^0

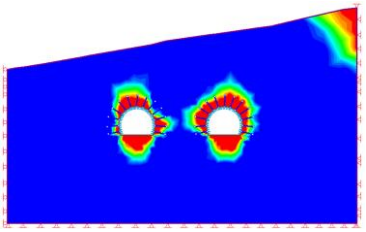


d) Mô hình đất đá góc nghiêng khe nứt 165^0

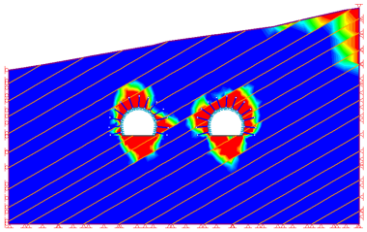
Hình 1. Mô hình lý thuyết cho bài toán trong điều kiện đồng nhất

2.2. Kết quả phân tích mô hình cho bài toán

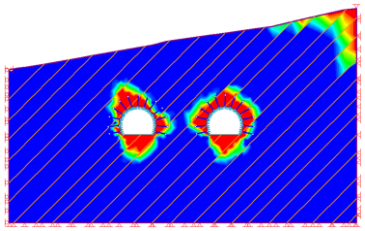
Bằng mô hình phân tích chúng ta có thể thu được phân bố ứng suất, chuyển vị cũng như sự thay đổi biến dạng của đất đá xung quanh các đường hầm trong các trường hợp khác nhau. Một trong những yếu tố dễ dàng quan sát thấy đó là sự thay đổi ảnh hưởng của vùng phân bố áp lực, vùng đất đá phá hủy xung quanh các đường hầm trong các trường hợp cũng có thể thu được trong phân tích, kết quả được thể hiện như trong hình 2.



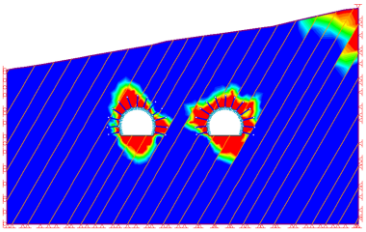
a) Khi không có khe nứt



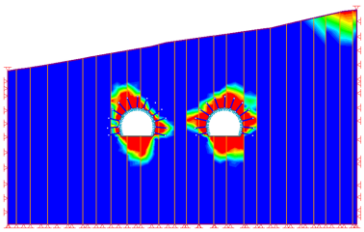
b) Góc nghiêng khe nứt 30^0



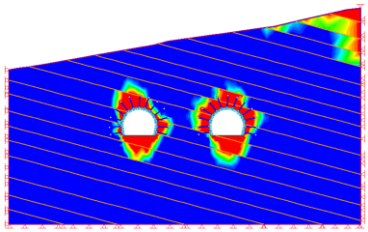
c) Góc nghiêng khe nứt 45^0



d) Góc nghiêng khe nứt 60^0



e) Góc nghiêng khe nứt 90^0

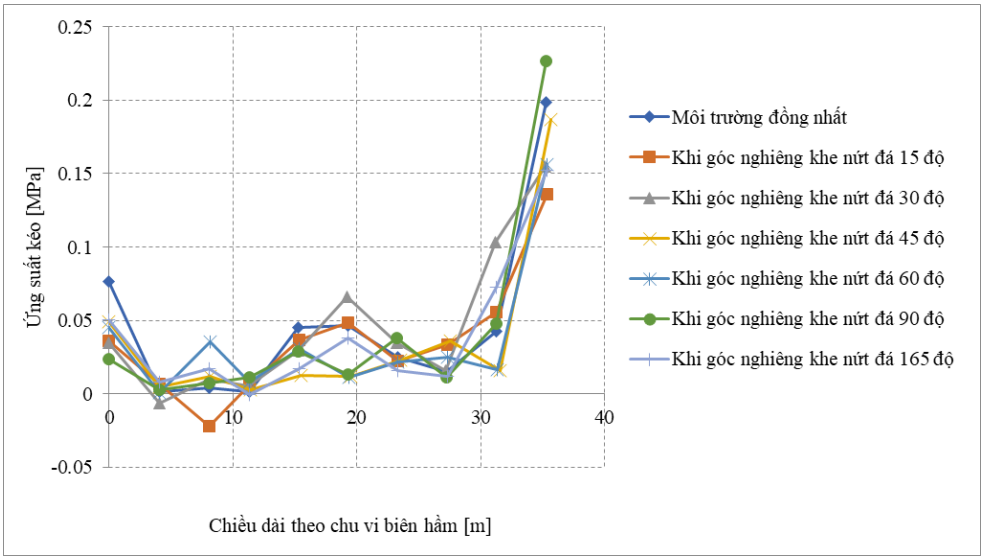


d) Góc nghiêng khe nứt 165^0

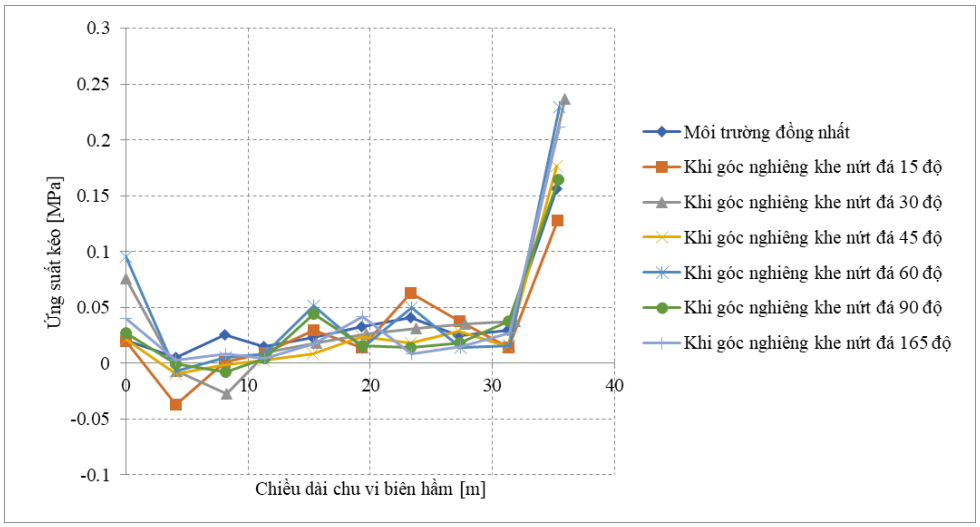
Hình 2. Sự thay đổi vùng phá hủy xung quanh 2 đường hầm với các góc nghiêng khe nứt khác nhau

Quan sát các kết quả trên hình 2 thấy rằng, vùng phá hủy xung quanh các đường hầm trong các trường hợp sự phân bố khe nứt khác nhau, với các góc dốc khác nhau sẽ khác nhau. Nó cũng khác biệt so với vùng phá hủy, vùng biến dạng dẻo xung quanh 2 đường hầm trong môi trường đồng nhất. Điều này cho thấy rằng sự đa dạng và phức tạp của khối đá đòi hỏi người thiết kế ổn định đường hầm cần phải linh hoạt trong tính toán, dự đoán phân bố áp lực cũng như thiết kế lựa chọn kết cấu chống giữ 2 đường hầm trong trường hợp sườn dốc cũng như trong môi trường đất đá nứt nẻ khác nhau.

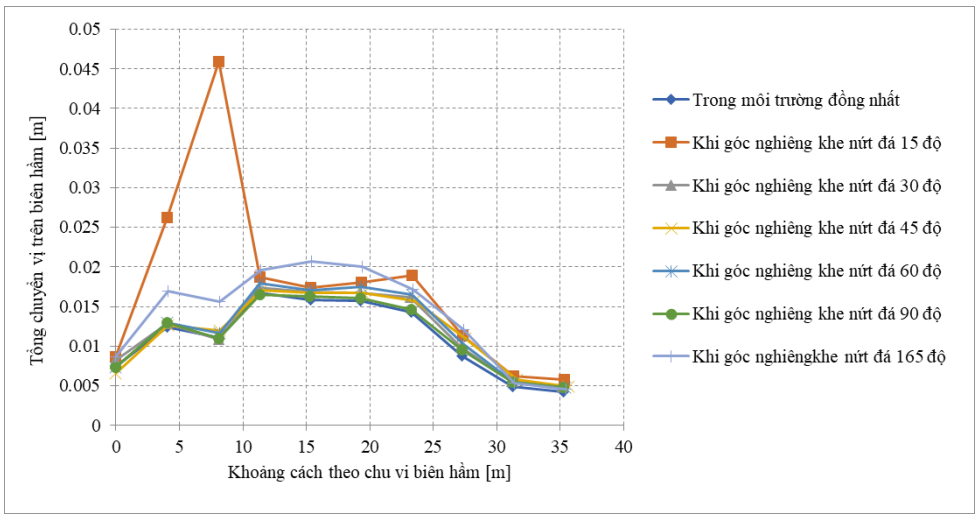
Qua quá trình phân tích cũng thu được các biểu đồ quan hệ giữa phân bố ứng suất kéo chính và tổng biến dạng của đất đá trên biên hai đường hầm trong các điều kiện góc nghiêng khe nứt đất đá khác nhau, các kết quả được thể hiện như trong các hình từ 3 đến 6.



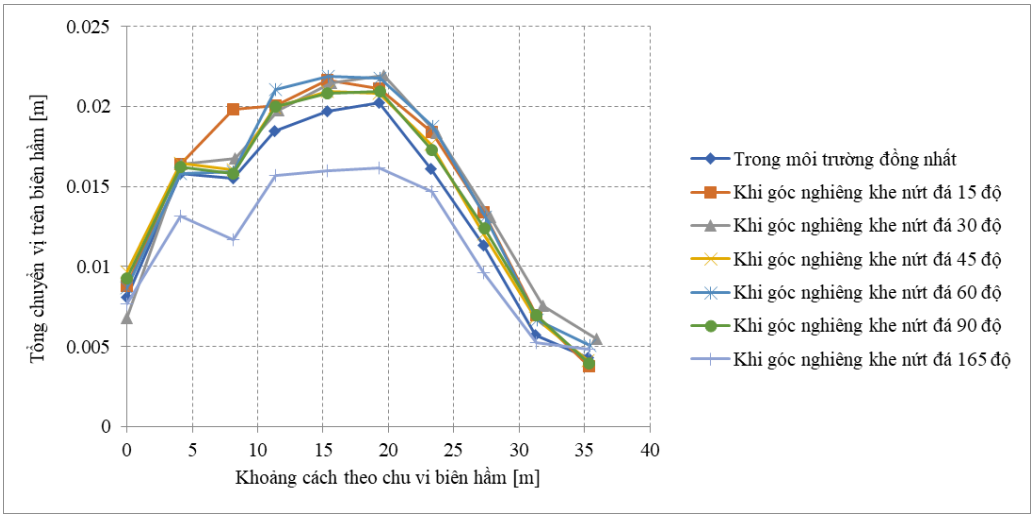
Hình 3. Phân bố ứng suất kéo chính theo chu vi biên hầm bên trái



Hình 4. Phân bố ứng suất kéo chính theo chu vi biên hầm bên phải



Hình 5. Tổng chuyển vị trên biên hầm trái



Hình 6. Tổng chuyển vị trên biên hầm phải

Kết quả phân tích chỉ ra rằng, sự phân bố và quy luật của ứng suất kéo và chuyển vị đất đá trên biên đường hầm trong các trường hợp phân lớp khe nứt đất đá khác nhau là rất khác nhau. Điều này cho thấy, việc khai đào đường hầm trong môi trường đất đá có tính khác biệt so với trong môi trường đồng nhất. Ở đây, Chuyển vị của đất đá trong môi trường đất đá có góc nghiêng khe nứt đá 15^0 và 30^0 lại có giá trị lớn hơn trong môi trường đồng nhất tương ứng.

3. Kết luận

Qua phân tích lý thuyết cũng như kết quả mô hình phân tích số ở trên thấy rằng. Điều kiện bề mặt đất có ảnh hưởng nhất định đến sự phân bố ứng suất, chuyển vị trong khối đất đá và trên biên các đường hầm trong các trường hợp khác nhau.

Trong trường hợp điều kiện bề mặt đất bằng phẳng thì giá trị ứng suất, chuyển vị là đối xứng xung quanh các đường hầm. Tuy nhiên, trong điều kiện bề mặt đất thay đổi nghiên như trong bài toán nghiên cứu thì các giá trị ứng suất và chuyển vị có xu hướng bị lệch sang trái, do bề mặt đất có độ dốc từ phải qua trái lên phía phải của các đường hầm giá trị ứng suất và chuyển vị lớn hơn bên phía hầm bên trái. Điều này được giải thích do sự chênh cao của địa hình, trong bài toán đồng nhất nên ứng suất và chuyển vị càng vào phía sâu trong lòng núi thì càng tăng.

Trong trường hợp hai đường hầm khai đào trong đất đá có chưa khe nứt và với các góc nghiêng khe nứt thay đổi thấy rằng trong trường hợp góc nghiêng khe nứt đất đá 15^0 và 30^0 chuyển vị và ứng suất thay đổi rõ rệt hơn một số trường hợp khác. Tuy nhiên, chúng đều có cùng quy luật biến đổi, điều này đòi hỏi cần phải có nhiều nghiên cứu sâu hơn để làm rõ tính phức tạp của môi trường đất đá.

Mô hình phân tích số cũng như phương pháp số nên được áp dụng trong quá trình phân tích và thiết kế, dự báo sớm áp lực đất đá và sơ bộ lựa chọn kết cấu chống ban đầu trong phân tích. Tuy nhiên, cần thiết phải có sự linh hoạt, thay đổi khi cập nhật điều kiện địa chất ở từng đoạn, từng khu vực đường hầm khai đào trong thực tế để đảm bảo có hiệu quả các phân tích.

Tài liệu tham khảo

Võ Trọng Hùng, 2008. *Cơ học đá*. NXB Khoa học kỹ thuật

Nguyễn Quang Phích, 2007. *Cơ học đá*. NXB Xây Dựng

Do Ngoc Thai, Nguyen Dung Trương, 2021. Prediction of ground surface settlement induced by twin shield tunnellings in urban conditions, *Journal of mining and earth sciences*, Vol 62, Issue 2, p47-56 .

Do Ngoc Thai, 2020. Method of prediction of ground surface settlement during twin tunnelling, *Journal of mining industry*, 5, p34-38.

Ngoc Anh Do, Daniel Dias, Trong Thang Dang, 2021. A Numerical Investigation of the Impact of Shield Machine's Operation Parameters on the Settlements above Twin Stacked Tunnels - A case study of Ho Chi Minh Urban Railway Line 1, *Vietnam Journal of Earth Sciences*, 43, 4, 443-457.

Do Ngoc Anh, Dias Daniel, Oreste Pierpaolo, 2016. 3D Numerical Investigation of Mechanized Twin Tunnels in Soft Ground - Influence of Lagging Distance between Two Tunnel Faces, *Engineering Structures*, 109, 117-125.

Do Ngoc Anh, Dias Daniel, Oreste Pierpaolo, 2014. 3D numerical investigation on the interaction between mechanized twin tunnels in soft ground, *Environmental Earth Sciences*, 73, 5, 2101-2113.

Fotieva N.N., Bulychev N.S., Sammal A.S. *Design of shallow tunnel linings*. Proceeding of the ISRM international Symposium Eurock' 96. Rottterdam: Balkema, 1996, P677-680.

N.S. Bulutrev. *Underground mechanics*, Moscow Publisher, 1994.

Nguyen Quang Phich et al, 2020. Effect of undergound water on the state of mechanics of rock mass around tunnels and supports, *National conference of Earth Siences and Natural Resoures for Sustainable Development*, p84-90, Hanoi.

Thai Do Ngoc, Kien Dang Van, Vi Pham Van, Quang Nguyen Van, 2022. Prediction of surface settlement due to twin tunnel construction in soft ground of Hanoi metro line 03, *International Journal of GEOMATE*, Vol. 22, Issue 94, pp.66-72.

Tran Tuan Minh, Nguyen Duyen Phong, 2015. *Research on determination of optimal distance between two unsupported tunnels when consideration to shape changes*, Vietrock 2015 International Symposium "Rock mechanics for sustainable development", Hanoi 12-13 March - 2015, P401-409.

Tran Tuan Minh, Nguyen Duyen Phong, 2015. *Research on determination of optimal distance between two unsupported tunnels when consideration to shape changes*, International conference CIGOS-PARIS-2015.

Tran Tuan Minh, et al, 2022. *Behavior of two parallel tunnels in case of changing surface conditions*, Proceeding of the 11th National Conference on Mechanics 2022 (NACOME 2022), P539-546, Hanoi.

ABSTRACT

Research on the effect of joint networks in rock mass on the stability of twin transported tunnels

Tran Tuan Minh[1], Nguyen Duyen Phong[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

The development of transport infrastructure connecting the regions in Vietnam is increasingly receiving attentions. Highways are being built throughout all the regions of country. Due to the complex mountainous topographic, the process of forming and building highways in Vietnam will be required the construction of tunnels through the mountains. The excavation of mountain traffic tunnels as well as subway tunnels are often used two parallel tunnels to increase transport capacity and convenience in operating the tunnels. Currently, two parallel tunnels analysis problems are often applied the assumptions for tunnels with circular cross-sections in an elastic and isotropic medium, the ground surface is assumed to be flat, and the two tunnels are in a half infinite space by using the numerical analysis models. Two parallel tunnels with other different cross-sections for different purposes under varies ground surface conditions by variable complex method and numerical models have also been studied. However, the researches of the excavation twin parallel tunnels through mountains in the complex geological conditions including stratification rock mass, joint networks, and karst caverns are still many limitations. Therefore, in-depth researches will be performed to ensure effective excavation, support and use of tunnels. Numerical method software was used in the paper to analyze the change of parameters of joints in the rock mass and the stability of the twin tunnels. The results shown that the joint inclination angle parameter has a great influence on the failure zone, the impacted area of the tunnel excavation work around the two tunnels under changing surface conditions, the joint inclination angles have an influence the most valuable are from 15^0 to 30^0.

Keywords: twin tunnels; joint rock mass; rock bolts; shotcrete; numerical models

Hoàn thiện công tác quản lý chất lượng thi công công trình thuộc Ban Quản lý dự án đầu tư xây dựng thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh

Phạm Thị Nhàn[1,*], Nguyễn Tiến Hiệp[2], Hoàng Đình Phúc[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Ban QLDA đầu tư xây dựng thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh*

TÓM TẮT

Để phục vụ cho nhu cầu phát triển cơ sở hạ tầng, các công trình xây dựng ngày càng được đầu tư xây dựng với số lượng và quy mô ngày càng lớn. Nhằm đảm bảo chất lượng và tiến độ của dự án theo đúng kế hoạch thì công tác nâng cao năng lực quản lý chất lượng thi công công trình đóng vai trò then chốt. Ban Quản lý dự án đầu tư xây dựng thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh xác định công tác nâng cao năng lực quản lý chất lượng thi công công trình xây dựng là một trong những mục tiêu ưu tiên hàng đầu. Trong bài báo tác giả nêu sơ lược tổng quan và cơ sở khoa học - pháp lý, hiện trạng công tác quản lý chất lượng thi công các công trình xây dựng thuộc Ban Quản lý dự án đầu tư xây dựng thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh trong giai đoạn 2019 - 2023. Trên cơ sở phân tích hiện trạng, ưu điểm và những tồn tại hiện có trong công tác quản lý chất lượng thi công các công trình xây dựng của Ban từ đó đề xuất bốn giải pháp chính nhằm nâng cao năng lực quản lý chất lượng thi công trình xây dựng thuộc Ban Quản lý dự án đầu tư xây dựng thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh gồm: hoàn thiện bộ máy quản lý chất lượng thi công; xây dựng hệ thống quản lý hồ sơ, tài liệu; đề xuất quy trình kiểm tra chất lượng tổng thể và Sử dụng công nghệ tiên tiến trong quản lý và giám sát. Những biện pháp này được kiến nghị định hướng áp dụng cho Ban từ năm 2025.

Từ khóa: quản lý; dự án; chất lượng; thi công; giám sát

1. Đặt vấn đề

Chất lượng công tác quản lý dự án được hiểu là tổng thể các đặc tính trong các hoạt động quản lý những dự án xây dựng nhằm đáp ứng được các yêu cầu định trước về đối tượng xây dựng và thoả mãn được các yêu cầu của chủ thể tham gia vào quán trình đầu tư dự án bao gồm các yếu tố về chất lượng thi công, thời gian thi công, chi phí và các khía cạnh lợi nhuận và phi lợi nhuận khác. Theo nghị định 06/2021/ND-CP về việc "Quản lý thi công xây dựng công trình là hoạt động quản lý của các chủ thể tham gia các hoạt động xây dựng theo quy định của Nghị định này và pháp luật khác có liên quan để việc thi công xây dựng công trình đảm bảo an toàn, chất lượng, tiến độ, hiệu quả, đáp ứng yêu cầu của thiết kế và mục tiêu đề ra. Theo Thông tư số 10/2021/TT-BXD hiện nay thì công tác quản lý chất lượng thi công các công trình xây dựng thông qua hoạt động quản lý chất lượng của các chủ thể tham gia vào quá trình thi công hoàn thành sản phẩm xây dựng như: chủ đầu tư, đơn vị thi công, tư vấn thiết ké, tư vấn giám sát và một số đơn vị thành viên khác có liên quan.

Trong thời gian qua nhiều dự án đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng thuộc địa bàn tỉnh Quảng Ninh đã được triển khai xây dựng được đánh giá có chất lượng, tiến độ nhanh, đáp ứng được nhiệm vụ và mục tiêu đề ra và đã phát huy tốt hiệu quả kinh tế - xã hội. Tuy nhiên do yếu tố chủ quan và khách quan một số dự án kéo dài thời gian thi công so với hợp đồng. Nguyên nhân có thể kể đến như: do chất lượng hồ sơ của một số dự án phải bổ sung, chỉnh sửa nhiều lần, chậm bàn giao mặt bằng, thiếu phòng cháy chữa cháy, quy hoạch bãi đổ thải vv.. ảnh hưởng đến tiến độ, chất lượng khi triển khai thực hiện dự án. Bài báo phân tích thực trạng trong thi công một số công trình xây dựng thuộc Ban Quản lý dự án đầu tư xây dựng thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh trên cơ sở những hạn chế, tồn tại đề xuất một số giải pháp nhằm nâng cao chất lượng thi công công trình thuộc ban trên địa bàn thị xã.

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamthinhan@humg.edu.vn

2. Hiện trạng những tồn tại và khó khăn trong công tác quản lý thi công các công trình xây dựng thuộc Ban Quản lý dự án đầu tư xây dựng thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh

2.1. Cơ cấu quản lý của Ban

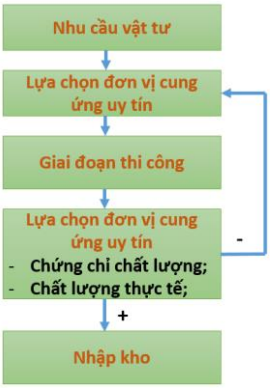
Ban Quản lý dự án đầu tư xây dựng (BQLDAXD) thị xã Đông Triều là đơn vị trực thuộc Ủy ban nhân dân thị xã Đông Triều, chịu sự quản lý trực tiếp của UBND thị xã Đông Triều về chức năng, nhiệm vụ, nhân sự, khen thưởng, kỷ luật,…v.v. BQLDAXD thị xã Đông Triều là đơn vị sự nghiệp công lập tự đảm bảo chi thường xuyên, thực hiện cơ chế tự chủ đối với đơn vị sự nghiệp công lập theo quy định của pháp luật (Quyết định số 1441/QĐ-UBND). Nguồn kinh phí hoạt động của đơn vị được trích từ nguồn kinh phí quản lý dự án do UBND Thị xã Đông Triều giao cho BQLDAXD thị xã làm chủ đầu tư và chi phí QLDA, tư vấn giám sát, tư vấn đấu thầu các dự án do các xã, thị trấn và các cơ quan khác làm chủ đầu tư.

Căn cứ chức năng, nhiệm vụ và quyền hạn được giao cơ cấu tổ chức hiện tại của BQLDAXD thị xã Đông Triều gồm: 01 Giám đốc và 02 Phó Giám đốc trong đó đồng chí Giám đốc điều hành hoạt động chung; 01 đồng chí Phó Giám đốc được phân công phụ trách giải phóng mặt bằng (GPMB), tư vấn quản lý kỹ thuật mảng dân dụng; 01 đồng chí Phó Giám đốc được phân công phụ trách GPMB, tư vấn, quản lý kỹ thuật mảng hạ tầng kỹ thuật, giao thông. Các bộ phận nghiệp vụ theo chức năng gồm: phòng Hành chính - Kế toán: 04 người; phòng Quản lý chất lượng, Kỹ thuật - Tư vấn, GPMB: 14 người; phòng Kế hoạch - Đấu thầu: 06 người. Hàng năm BQLDAXD với chức năng, nhiệm vụ quản lý đã triển khai điều hành thi công các dự án đầu tư xây dựng với nguồn vốn giải ngân ước tính khoảng hơn năm trăm tỷ đồng. Tuy nhiên trên thực tế khối lượng dự án lớn trong khi điều kiện lực lượng cán bộ, công chức, viên chức và công nhân lao động chưa đủ đáp ứng nhu cầu công việc.

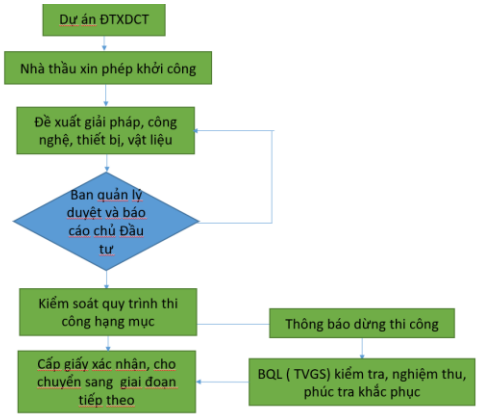
2.2. Thực trạng về công tác quản lý chất lượng thi công công trình giai đoạn 2019-2023

2.2.1. Công tác quản lý chất lượng, vật liệu, sản phẩm trung gian và thiết bị đầu vào

Đối với công trình xây dựng nói chung vật liệu xây dựng đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo chất lượng công trình. BQLDAXD trong quá trình triển khai các công trình xây dựng (CTXD) sử quy trình kiểm soát và xác định cụ thể xuất xứ, chứng chỉ chất lượng các loại vật liệu sử dụng trong xây dựng công trình như hình 1 thể hiện.



Hình 1. Quy trình kiểm soát chất lượng vật tư nhập kho



Hình 2. Quy trình kiểm tra chất lượng thi công

Mặc dù quy trình kiểm soát chất lượng vật tư được Ban tuân thủ nhưng quy trình chưa thể hiện được khâu hiện đánh giá năng lực của các đơn vị cung ứng vật liệu, sử dụng phương pháp lựa chọn đa tiêu chí, phù hợp với các trường hợp ra quyết định phức tạp để các kết quả lựa chọn mang tính tổng hợp và có độ tin cậy cao. Chẳng hạn đánh giá năng lực nhà cung cấp vật tư không chỉ đơn giản trên hai tiêu chí chứng chỉ chất lượng, chất lượng thực tế mà còn phải tính đến những yếu tố như khả năng cung ứng, giá cả cạnh tranh, phương thức vận chuyển vật liệu, khả năng đáp ứng nguồn hàng, chất lượng dịch vụ, thời gian giao hàng,…. Trong dữ liệu báo cáo hàng năm của Ban, từ năm 2019 đến 2022 chỉ tính riêng các công trình bàn giao chậm liên quan đến cung ứng vật liệu chậm, không đồng bộ hay chưa đáp ứng chỉ tiêu chiếm 20% tổng các dự án triển khai (BQLDAXD thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh, 2024).

Ngoài ra trong khâu kiểm soát nhu cầu vật tư, việc thực hiện thí nghiệm vật liệu cần được thực hiện theo yêu cầu thiết kế, tuân thủ các quy chuẩn, tiêu chuẩn, chỉ dẫn kỹ thuật và yêu cầu thiết kế. Tuy nhiên trên thực thế thi công các công trình, một số khâu cần tiến hành kiểm tra chất lượng thực tế thường không có mặt của thí nghiệm viên, thay vào đó các mẫu thí nghiệm sẽ được lấy tại hiện trường và gửi về các phòng lab để thí nghiệm đánh giá. Như vậy sẽ dễ gây ra sai số do mẫu không đều, không đủ, không đảm bảo thời gian theo tiêu chuẩn dẫn đến việc đánh giá chất lượng vật liệu đầu vào chưa chính xác. Trong

xây dựng dân dụng, hiện nay các phương pháp kiểm tra đánh giá không phá huỷ đang được sử dụng khá phổ biến với ưu điểm kiểm tra nhanh, linh hoạt không bị giới hạn về không gian, số lượng mẫu thử nhiều, không phá huỷ cấu kiện. Do vậy để kiểm soát tốt chất lượng vật liệu trong quá trình thi công với đơn vị chủ đầu tư, tư vấn giám sát cần được tăng cường biện pháp, quy trình kiểm tra, đánh giá hiện đại phù hợp với thực tế công trường nhằm đảm bảo chất lượng công trình xây dựng.

2.2.2. Quản lý chất lượng đơn vị thi công

Qua hồ sơ báo cáo hàng năm của ban, năng lực của nhà thầu xây dựng được lựa chọn cơ bản đáp ứng được yêu cầu của hồ sơ mời thầu và quy trình trong xây dựng chẳng hạn như:

+ Sau khi nhận bàn giao mặt bằng xây dựng có trách nhiệm quản lý mặt bằng xây dựng, bảo quản mốc định vị và chỉ giới xây dựng;

+ Cùng tư vấn giám sát tuân thủ hệ thống quản lý chất lượng, trong đó từng cá nhân, từng bộ phận được phân định rõ trách nhiệm trong công tác quản lý chất lượng thi công công trình;

+ Lập nhật ký thi công xây dựng, lập bản vẽ hoàn công theo quy định;

+ Nghiệm thu giai đoạn thi công xây dựng, sản phẩm trung gian, nghiệm thu hoàn thành hạng mục, công trình đầu tư xây dựng;

+ Di chuyển vật tư, máy móc thiết bị và hoàn trả mặt bằng.

Tuy nhiên vẫn còn một số các tồn tại như:

+ Một vài đơn vị thi công hạn chế về năng lực tài chính, hoặc bị dàn trải nhân lực, tài chính do nhận nhiều công trình dẫn đến tiến độ thi công công trình bị trì trệ;

+ Một số nhà thầu thi công bên ngoài thị xã đã tham gia đấu thầu công khai xong khi trúng thầu xong có xu hướng khoán lại thầu cho các nhà thầu của địa phương làm ảnh hưởng đến công tác quản lý của chủ đầu tư. Dẫn đến nhà thầu phụ địa phương thi công xong thì nhà thầu chính được thanh toán thì không thay toán khối lượng cho nhà thầu phụ đầy đủ làm cho dự án bị nhà thầu phụ đình công làm ảnh hưởng đến tiên độ của dự án.

+ việc thực hiện hồ sơ quản lý chất lượng công trình cũng gặp nhiều khó khăn do đơn vị thi công vì một số lý do đã chuyển khoán lại cho đội thi công của nhà thầu tự bỏ vốn ra thực hiện gây ảnh hưởng đến tiến dộ và chất lượng thi công dự án công trình.

+ Trong quá trình thi công khi vắng mặt cán bộ tư vấn giám sát thì chưa thực sự tuân thủ nghiêm các quy chuẩn và chỉ dẫn kỹ thuật về thi công xây dựng. Ví dụ như chưa tuân thủ nghiệm thu các bước theo đúng quy trình như vệ sinh sắt thép và kê thép trước khi đổ bê tông...

+ Do tiến độ, khối lượng chuyên trách nhiều có trường hợp chỉ huy trưởng phụ trách 2 đến 3 công trình do vậy không phải lúc nào cũng có mặt trên công trường, nhiều trường hợp phải bổ xung thay thế người mới, không đảm bảo đủ các yêu cầu được quy định trong hồ sơ dự thầu;

+ Trên thực tế biện pháp thi công tốt sẽ góp phần rút ngắn thời gian thi công trong khi vẫn đảm bảo chất lượng thi công, tuy nhiên không phải nhà thầu nào cũng quan tâm điều chỉnh phù hợp với thực tế thi công.

Những nguyên nhân kể trên nếu không được sớm giải quyết triệt để sẽ ảnh hưởng đến chất lượng, tiến độ thi công công trình xây dựng.

2.2.3. Quản lý chất lượng thi công công trình của đơn vị tư vấn giám sát

Công tác giám sát thi công xây dựng công trình bao gồm các đầu việc chính: thông báo đến các bên liên quan đến công trình về nhiệm vụ, quyền hạn để thuận tiện cho việc phối hợp công việc, kiểm tra điều kiện khởi công, hồ sơ dự thầu và hợp đồng xây dựng. Tiến hành đối chiếu biện pháp thi công và biện pháp được duyệt, trong quá trình thi công cần kiểm tra và chấp thuận các nội dung cần chỉnh sửa của nhà thầu đảm bảo đúng quy định của hợp đồng để phù hợp với thực tiễn thi công công trình. Kiểm tra và chấp thuận đầu vào vật liệu, thiết bị sử dụng trong công trình. Trong quá trình thi công nếu phát hiện điều bất hợp lý, điều kiện thi công không đảm bảo, chất lượng, biện pháp thi công không đảm bảo giám sát thi công có trách nhiệm đề nghị chủ đầu tư điều chỉnh lại thiết kế cho phù hợp với thực tế và đúng quy định trong hợp đồng, có thể tạm dừng thi công, báo cáo các bên phối hợp để giải quyết vướng mắc, giải quyết sự cố để tiếp tục thi công. Tư vấn giám sát (TVGS) có trách nhiệm kiểm tra đôn đốc đơn vị thi công triển khai đầu việc theo thiết kế để đảm bảo tiến độ, thực hiện công tác an toàn, đảm bảo vệ sinh công trường. Ngoài ra tư vấn giám sát cần kiểm tra xác nhận tài liệu phục vụ nghiệm thu trước khi tiến hành công tác nghiệm thu và bàn giao. Trước khi chuyển bước thi công hoặc hoàn thành công việc, hạng mục công trình cần tiến hành nghiệm thu, kiểm tra, ký xác nhận khối lượng thi công xây dựng đã hoàn thành, tổ chức lập hồ sơ hoàn thành công trình, hạng mục xây dựng, Luật đầu tư công (2014), thông tư BXD (2021).

Qua quá trình khảo sát tình hình thực hiện công tác tư vấn giám sát các công trình thuộc BQLDAXD thị xã Đông Triều phụ trách nhận thấy mặc dù công tác giám sát được thực hiện theo đúng quy trình, quy định tuy nhiên có một số công trình, có một số cán bộ thực hiện giám sát nhiều công trình và tại nhiều địa

điểm khác nhau do vậy chưa sát sao trong nghiên cứu kỹ bảng tiến độ thi công và biện pháp thi công dẫn đến có một số vướng mắc trong triên khai thi công trên công trường, ảnh hưởng đến chất lượng thi công công trình. Một trong những hạn chế lớn nhất của ban do nhân sự còn mỏng nên chủ yếu sử dụng gói chỉ định thầu thuê tư vấn giám sát ngoài, còn ban chỉ làm quản lý giám sát chung do vậy chất lượng khâu giám sát chưa được chủ động và phụ thuộc vào chất lượng tư vấn giám sát thuê bên ngoài.

2.2.4. Quản lý chất lượng của công tác nghiệm thu

Việc triển khai công tác nghiệm thu hiện trường được thực hiện trong suốt quá trình thi công căn cứ theo quy định tại Nghị định 06/2021/NĐ-CP của Chính phủ. Tham gia công tác nghiệm thu giai đoạn thi công bao gồm: cán bộ kỹ thuật của Ban quản lý dự án (BQLDA), cán bộ giám sát thi công, đại diện đơn vị nhà thầu xây dựng, cán bộ kỹ thuật thi công trực tiếp. Kết quả nghiệm thu được lập biên bản và có chữ ký xác nhận giữa các bên. Nghiệm thu ở giai đoạn thi công thông thường bao gồm: nghiệm thu tại thời điểm kết thúc giai đoạn thi công nhằm đánh giá chất lượng thi công trước khi chuyển tiếp sang giai đoạn tiếp theo; nghiệm thu hạng mục công việc theo trình tự thi công chẳng hạn công tác móng, thân (thép, ván khuôn, giáo chống, bê tông,…), hoàn thiện. Căn cứ vào kết quả nghiệm thu công việc, nghiệm thu giai đoạn thi công và đề nghị của đơn vị nhà thầu xây dựng, BQLDA triển khai công tác nghiệm thu khối lượng công trình hoàn thành và bàn giao đưa vào sử dụng. Tuy nhiên vẫn còn một vài điểm hạn chế có thể kể đến như sau:

+ Do đã thanh toán được 70 ÷ 80% kinh phí của gói thầu nên nhà thầu rút bớt nhân lực, hoặc không đảm bảo sát sao như lúc bắt đầu hoặc đang thi công hạng mục chính do vậy thời gian thi công hoàn thành những hạng mục công tình còn lại, hạng mục công trình phụ trợ bị chậm so với kế hoạch, chất lượng chưa được giám sát chặt chẽ;

+ Hồ sơ hoàn công của nhà thầu kéo dài do sự phối hợp giữa các bên không được chặt chẽ, trình độ cán bộ kỹ thuật của một số nhà thàu chưa nắm được đầy đủ thành phần hồ sơ hoàn công nên phải tiến hành chỉnh sửa nhiều lần dẫn đến thời gian nghiệm thu bàn giao hoặc là quyết toán công trình cũng bị liên đới kéo dài.

3. Đề xuất một số giải pháp nhằm nâng cao chất lượng thi công công trình xây dựng tại BQLDA

3.1. Hoàn thiện bộ máy quản lý chất lượng thi công

- Cơ chế tuyển dụng nhân sự đảm bảo chuyên môn, trình độ phù hợp với công việc, trong quá trình tuyển dụng và đào tạo chất lượng đội ngũ nhân sự, cần thực hiện đánh giá hiệu quả công việc. Do khối lượng dự án nhiều nên để đáp ứng yêu cầu công việc đề xuất BQLDA cần tuyển thêm 2 nhân viên quản lý chất lượng hồ sơ và 1 nhân viên quản lý thí nghiệm vật liệu hiện trường. Khi đội ngũ nhân viên quản lý chất lượng hồ sơ được tăng cường khối lượng thi công được bóc tách kết hợp với thi công thực tế và kỹ sư hiện trường tiến độ công việc sẽ được triển khai nhanh hơn.

- Kiện toàn cơ cấu của ban chỉ huy công trường: hiện nay kỹ thuật viên có thể phải quản lý nhiều địa điểm từ xa, các nhân viên có kinh nghiệm và trình độ tại chỗ chưa đáp ứng đủ nhu cầu. Bên cạnh đó nhằm nâng cao hiệu quả của đội ngũ cán bộ trẻ cần tạo điều kiện để các cán bộ giám sát trẻ ít kinh nghiệm tham gia giám sát các dự án lớn để tích luỹ trình độ và kinh nghiệm.

- Đối với bộ phận liên hệ kỹ thuật trực tiếp, phó phòng dự án, cần phải có mặt thường xuyên để kiểm tra, giám sát chất lượng công trình. Giám đốc dự án, phó giám đốc của bộ phận dự án định kỳ mỗi tuần đến kiểm tra xem xét kịp thời chỉ đạo điều chỉnh hiện trường, và đưa ra các quyết định liên quan đến các điều chỉnh kế tiếp để đảm bảo chất lượng và tiến độ công trình.

-Tăng cường công tác quản lý nhân sự, hàng năm tiến hành đánh giá phân loại nhân viên theo mức độ hoàn thành công việc hàng tháng của từng người, hoàn thành công việc được giao theo từng dự án. Tổ chức sát hạch định kỳ để kiểm soát được chất lượng cán bộ, triển khai hình thức khen thưởng, kỷ luật thích hợp để tạo động lực làm việc cho nhân viên. Cần có cơ chế tuyển dụng thông qua hình thức thi tuyển để thu hút được nhân tài. Thường xuyên tổ chức các hội thảo về các tiêu chuẩn, quy chuẩn mới ban hành, công tác quản lý chất lượng trong thiết kế, thi công, đấu thầu để nâng cao chất lượng đội ngũ nhân lực.

- Hỗ trợ về kinh phí, thời gian để nhân viên được tham gia học tập, nâng cao trình độ chuyên môn. Tuỳ theo vị trí công việc của cán bộ cần tổ chức đào tạo chuyên sâu, chủ yếu là quản lý dự án, theo học các khoá đào tạo thạc sỹ hoặc các khoá đào tạo ngắn hạn lấy chứng chỉ hành nghề cần thiết như: chứng chỉ năng lực khảo sát xây dựng, chứng chỉ năng lực thiết kế, thẩm tra thiết kế công trìnhchứng chỉ giám sát, chứng chỉ quản lý dự án, chứng chỉ năng lực tư vấn quản lý chi phí đầu tư xây dựng,… Trong trường hợp cần thiết thì có thể cử đi học các lớp chuyên ngành về quản lý dự án để đảm bảo đủ năng lực trong hoạt động xây dựng theo đúng quy định của pháp luật hiện hành.

3.2. Xây dựng hệ thống quản lý hồ sơ, tài liệu

Hệ thống tài liệu là yếu tố quan trọng nhằm đảm bảo thông tin được nhất quán trong quá trình hoạt động xây dựng. Tuỳ theo chuyên môn và hình thức tổ chức của quá trình xây dựng, năng lực của nhân sự tham gia vào đầu công việc sẽ quyết định số lượng tài liệu cần có. Đề xuất cải tiến hệ thống văn bản trong giai đoạn thi công và hồ sơ quản lý chất lượng, ký hiệu tài liệu được xác định như sau:

Bảng 1. Quy định đặt tên văn bản lưu hành trong BQLDA

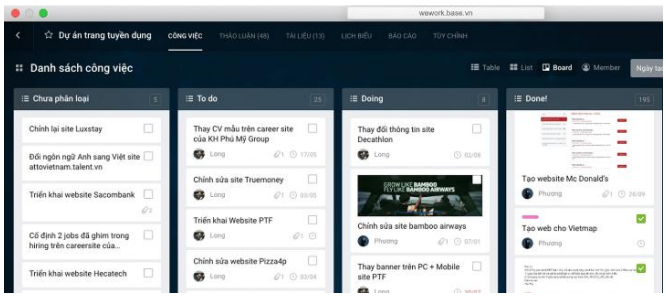
Số : AA/BB-BĐT-/CC/ĐĐ/EE			
AA	Số thứ thự văn bản, tài liệu	CC	Chuyên ngành quản lý (TC – Thi công; KC- kết cấu ; KT- kiến trúc ; Đ- điện ; N- nước ; NT- nội thất)
BB	Loại tài liệu hoặc văn bản (Quyết định, tờ trình, công văn, thông báo)	ĐĐ	Nhóm tài liệu (BPTC- biện pháp thi công ; BVTC- Bản vẽ thi công ; VL- Vật liệu ; TK – thắc mắc thiết kế; BT- bảng tính ; PD- phê duyệt, TN- kết quả thí nghiệm ; BVHC- Bản vẽ hoàn công ; TĐTK- thay đổi thiết kế)
BĐT	BQLDA đầu tư xây dựng thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh	EE	Số lần chỉnh sửa bổ sung (nếu có)

3.3. Đề xuất quy trình kiểm tra chất lượng tổng thể

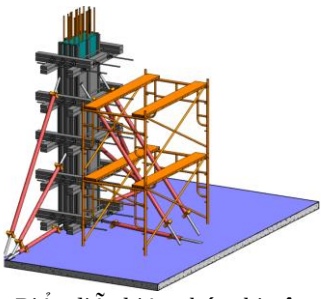
Để dự án được triển khai đảm bảo yêu cầu chất lượng tiến độ cần phải hoàn thiện quy trình quản lý chất lượng ngay từ những khâu ban đầu như khảo sát, thiết kế, lựa chọn nhà thầu, thi công, giám sát,... Phải thực hiện tốt ở từng khâu thì việc triển khai thi công mới tiết kiệm được thời gian, chi phí điều chỉnh. Hiện nay BQLDA chưa có quy trình quản lý chất lượng CTXD cụ thể mà thực hiện phần nhiều theo yếu tố kinh nhiệm. Dưới đây tác giả trên cơ sở tham khảo các mô hình quản lý chất lượng công trình hiện nay đưa ra đề xuất quy trình kiểm tra chất lượng tổng thể nhằm góp phần cải thiện chất lượng công tác thi công công trình tại BQLDA đầu tư xây dựng thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh như hình 2 thể hiện.

3.4. Sử dụng công nghệ tiên tiến trong quản lý và giám sát

Để quản công tác quản lý dự án hiệu quả, tiết kiệm thời gian cần đẩy mạnh ứng dụng công nghệ thông tin, sử dụng các phần mềm hỗ trợ quản lý chất lượng, tiến độ chi phí. Hiện nay tại BQLDA ngoài các phần mềm tin học văn phòng thông thường chưa có các phần mềm quản lý dự án được thiết kế chuyên sâu giúp quản lý khối lượng thi công, vật tư và tiến độ thi công công trình. Bởi vậy dựa trên yêu cầu sử dụng dễ dàng online, có app mobile có thể báo cáo thi công trực tiếp từ công trường để đề xuất một số phần mềm hỗ trợ hiệu quả như : phần mềm Base work sẽ tạo Task (đầu việc) giao việc đến từng nhân viên kèm deadline, bình luận trực tiếp dưới từng Task (đầu việc), và khi phát sinh công việc thì có thể tạo thêm Sub-Task (đầu việc nhỏ), phần mềm fastcons, Project management trong quản lý tiến độ,…



Hình 3. Phần mềm Base work⁺ (signup.base.vn)



Hình 4. Biểu diễn biện pháp thi công cột bằng phần mềm Revit

Để nâng cao chất lượng thi công công trình, BQLDA cần trang bị thêm các thiết bị phục vụ công tác giám sát, đối soát, nghiệm thu công trình như: máy siêu âm vị trí cốt thép, súng bật nẩy, súng bắn bê tông, máy siêu âm bê tông,..v..vv.



Hình 5. Phương pháp thí nghiệm kiểm định chất lượng bê tông công trình

Theo quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17/3/2023 của Thủ tướng Chính phủ về việc phê duyệt lộ trình đến năm 2025 bắt buộc áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng áp dụng đối với các dự án sử dụng vốn đầu tư công, vốn Nhà nước ngoài đầu tư công, đầu tư theo phương thức đối tác công tư, và các dự án sử dụng vốn khác từ cấp 2 trở lên như vậy định hướng trong thời gian sắp tới BQLDA cũng sẽ sử dụng BIM, việc định hướng này không chỉ đơn giản là áp dụng một công nghệ mới mà còn là việc áp dụng một quy trình quản lý xây dựng hoàn toàn mới, từ đó tạo ra sự hiệu quả và tiết kiệm chi phí đáng kể.

4. Kết luận

Công tác quản lý chất lượng thi công công trình xây dựng được thực hiện thông qua các hoạt động nhằm quản lý chất lượng thi công của các chủ thể chủ đầu tư công trình, đơn vị thi công, tư vấn thiết kế, giám sát và một số đơn vị khác. Trên cơ sở pháp lý trong quản lý thi công công trình xây dựng thuộc Ban Quản lý dự án đầu tư xây dựng thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh tác giả tiến hành phân tích thực trạng công tác quản lý chất lượng thi công công trình vốn đầu tư công thuộc BQLDA quản lý, qua đó để thấy được những tồn tại, thiếu sót cần phải được hoàn thiện trong quá trình quản lý thi công các công trình xây dựng thuộc BQLDA phụ trách. Từ đó đề xuất 4 giải pháp nhằm nâng cao chất lượng công tác thi công công trình thuộc BQLDA và định hướng áp dụng từ năm 2025 bao gồm: hoàn thiện bộ máy quản lý chất lượng thi công, đề xuất xây dựng hệ thống quản lý hồ sơ, tài liệu để trong thời gian tới áp dụng; cải thiện quy trình quản lý bằng cách đề xuất quy trình kiểm tra chất lượng thi công và đề xuất sử dụng công nghệ tiên tiến trong quản lý và giám sát thi công công trình.

Tài liệu tham khảo

Ban Quản lý dự án ĐTXD thị xã Đông Triều, 2024. *Báo cáo tình hình thanh quyết toán, thu hồi tạm ứng, nhu cầu bố trí vốn năm 2024 đối với dự án đầu tư di chuyển hạ tầng giao cắt, đầu tư hạ tầng tái định cư phục vụ GPMB tuyến đường ven sông, ngày 8/8/2024*.

Bộ Xây dựng, 2021. *Thông tư số 10/2021/TT-BXD hướng dẫn một số điều và biện pháp thi hành Nghị định số 06/2021/NĐ-CP ngày 26/01/2021 và Nghị định số 44/2016/ NĐ-CP ngày 15/5/2016 của Chính Phủ, ngày 25/8/2021*.

Chính phủ Việt Nam, 2021. *Nghị định 06/2021/NĐ-CP ngày 26/01/2021 của Chính phủ "Quy định chi tiết một số nội dung về quản lý chất lượng, thi công xây dựng và bảo trì công trình xây dựng"*.

Luật đầu tư công số : 49/2014/QH13

Quyết định số 1441/QĐ-UBND ngày 20/4/2018 của UBND thị xã Đông Triều về việc Ban hành quy định chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn, cơ cấu tổ chức và hoạt động của Ban Quản lý dự án đầu tư xây dựng thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh;

https://signup.base.vn/workplus-quan-ly-du-an/?utm_source=google&utm_campaign=B494

https://baoquangninh.vn/dong-trieu-huy-dong-nguon-luc-cho-dau-tu-phat-trien-2390594.html

ABSTRACT

Improving the quality management of construction projects under the Management Board of Investment and Construction projects in Dong Trieu town, Quang Ninh province

Pham Thi Nhan[1], Nguyen Tien Hiep[2], Hoang Dinh Phuc[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Management Board of Investment and Construction Projects in Dong Trieu town, Quang Ninh province*

To meet the demands of infrastructure development, construction projects are increasingly being invested in with larger quantities and scales. To ensure the quality and progress of the projects according to plan, the enhancement of construction quality management capacity plays a crucial role. The Project Management Board of Dong Trieu town, Quang Ninh province has identified the improvement of construction quality management capacity as one of its top priorities. In this article, the author provides an overview and outlines the scientific and legal basis, as well as the current state of construction quality management within the Project Management Board of Dong Trieu town, Quang Ninh province during the 2019-2023 period. Based on the analysis of the current state, advantages, and existing shortcomings in the quality management of construction projects by the Board, four main solutions are proposed to enhance the construction quality management capacity of the Project Management Board of Dong Trieu town, Quang Ninh province. These include: improving the construction quality management apparatus, establishing a document and file management system, proposing a comprehensive quality inspection process, and utilizing advanced technology in management and supervision. These measures are recommended for implementation by the Board starting in 2025.

Keywords: management; project; quality; construction; supervision

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Lý thuyết phương pháp siêu âm và ứng dụng đánh giá vết nứt trong bê tông

Phạm Thị Nhàn[1,*]
[1]*Nhóm nghiên cứu mạnh ISRM (Innovation for Sustainable and Responsible Mining)*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Trong quá trình thi công hoặc trong quá trình sử dụng các công trình xây dựng dưới tác dụng của các loại tải trọng có nguy cơ xuất hiện các vết nứt gây ảnh hưởng đến thẩm mỹ, an toàn của công trình. Do vậy kiểm định an toàn kết cấu bê tông thông qua các phương pháp thí nghiệm đặc biệt phương pháp thí nghiệm không phá huỷ là cần thiết. Phương pháp siêu âm là một trong các phương pháp thí nghiệm không phá huỷ. Phương pháp này được sử dụng khá phổ biến để kiểm tra, dự đoán các khuyết tật trong vật liệu bê tông, các kết cấu bê tông hoặc bê tông cốt thép. Bài báo tiến hành tổng hợp lý thuyết giới thiệu năm phương pháp siêu âm chính đang được dùng phổ biến để đánh giá vết nứt trong bê tông bao gồm: phương pháp tác động tiếng vang (Impact-Echo Method), phương pháp phát xạ âm học (Acoustic Emission - AE), phương pháp lan truyền sóng bề mặt (Surface Wave Transmission Method), phương pháp xác định thời gian nhiễu xạ lan truyền (Time of Flight Diffraction Method), phương pháp siêu âm khuếch tán (Diffusion Method). Ngoài ra, bài báo cũng trình bày một số kết quả thu được từ thí nghiệm đo thời gian lan truyền xung siêu âm (TOFD) trong các mẫu bê tông có kích thước 40mm × 40mm × 160mm. Phân tích dữ liệu thu được cho thấy hiệu quả của phương pháp TOFD trong phát hiện vết nứt và số lượng vết nứt mở trong mẫu dầm bê tông.

Từ khóa: xung siêu âm; bê tông; thời gian truyền xung; vết nứt

1. Đặt vấn đề

Để phục vụ nhu cầu ngày càng tăng của xã hội và phát tiển hạ tầng cơ sở, các công trình bằng bê tông ngày càng được xây dựng nhiều, đi kèm với đó là nhu cầu đánh giá kiểm tra sự an toàn và độ tin cậy của công trình. Trong quá trình thi công, sử dụng các cấu kiện bê tông thường xuất hiện vết nứt, khuyết tật gây suy giảm độ cứng kết cấu và ảnh hưởng ở các mức độ khác nhau đến trạng thái ổn định chung của công trình. Để đánh giá các khuyết tật, vết nứt gây tiềm ẩn các nguy cơ cho cấu kiện công trình hiện nay phổ biến sử dụng các phương pháp không phá huỷ (NTD). Trong số các kỹ thuật NDT hiện nay, tùy thuộc vào tình trạng của kết cấu cần kiểm tra, ưu điểm và nhược điểm của từng kỹ thuật để quyết định sử dụng loại NTD nào. Khi quyết định loại NDT sẽ sử dụng bốn tiêu chí cần được xem xét là: Loại vật liệu, loại khuyết tật, kích thước khuyết tật, vị trí khuyết tật.

Nhiều nghiên cứu chỉ ra sóng siêu âm được sử dụng hiệu quả để dự báo và đánh giá cường độ và đặc tính của bê tông, ngoài ra còn có thể được sử dụng để xác định những khuyết tật bên trong bê tông, các vết nứt (Prashant Kumar (2009). Facaoaru (1969) cho rằng vận tốc sóng siêu âm (UPV) tỷ lệ thuận với cường độ và độ tuổi của bê tông. Các mô hình toán học cũng đã được phát triển để dự đoán vận tốc xung siêu âm trong bê tông dựa trên các nghiên cứu thực nghiệm. Hiện nay để đánh giá nứt trong bê tông sử dụng phương pháp siêu âm có một số phương pháp điển hình là: phương pháp tác động tiếng vang (Impact-Echo Method), phương pháp lan truyền sóng bề mặt (Surface Wave Transmission Method), phương pháp siêu âm khuếch tán (Diffusion Method), Phương pháp xác định thời gian nhiễu xạ lan truyền (Time of Flight Diffraction Method), phương pháp phát xạ âm học (Acoustic Emission - AE). Dưới đây sẽ giới thiệu sơ lược ứng dụng của mỗi phương pháp trong đánh giá vết nứt. Tác giả cũng sử dụng phương pháp nhiễu xạ thời gian lan truyền để đo thực nghiệm trong mẫu bê tông cường độ cao 40mm x 40mm x 60mm.

2. Một số phương pháp siêu âm điển hình sử dụng đánh giá nứt trong bê tông

2.1. Phương pháp tác động tiếng vang (Impact - Echo Method)

Phương pháp tác động tiếng vang (Impact - Echo method) được Carino và Sansalone (1984) đề xuất để phát hiện khuyết tật trong bê tông bằng cách sử dụng một bộ chuyển đổi duy nhất. Thông qua tốc độ của

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamthinhan@humg.edu.vn

sóng do tác động sẽ xác định được chiều sâu của các vết nứt trong bê tông. Sansalone và Carino (1988) đã sử dụng kỹ thuật này để xác định các khuyết tật lỗ rỗng, chiều sâu vết nứt mở và các lỗ chưa được trám vữa trong cấu kiện. Với phương pháp này có thể dùng xác định được chiều sâu vết nứt nằm ngang (hình1 a) thể hiện. Khi biết đỉnh trong miền tần số tương ứng với phản xạ và nhiễu xạ giữa cửa mặt trên và đỉnh của vết nứt. Mặc dù kỹ thuật này có thể đo chính xác độ sâu của vết nứt, nhưng nó đòi hỏi một kỹ thuật viên có kinh nghiệm để xác định đỉnh tần số nào tương ứng với vết nứt. Chiều sâu vết nứt ngang được xác định theo công thức sau:

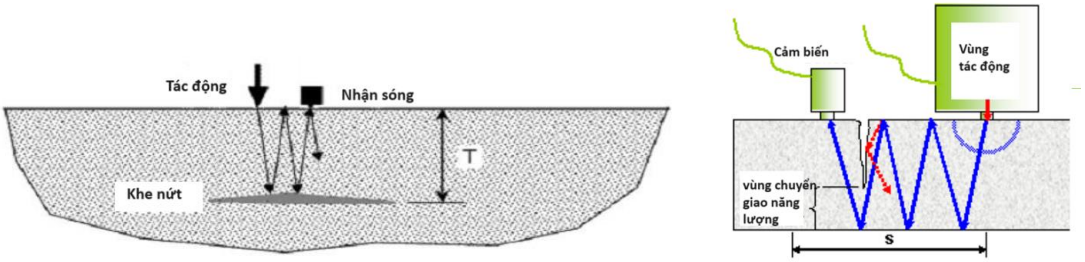
$$d = \frac{v_P}{2.f_R} \tag{1}$$

trong đó:

v_p - vận tốc sóng dọc lan truyền trong bê tông;

f_R - tần số cộng hưởng trong phổ tương ứng với chu kỳ T của sóng.

Bản chất của phương pháp này là cần xác định được hai đại lượng vận tốc lan truyền sóng v_p và tần số đỉnh f_R. Thông thường thì tần số cộng hưởng chiếm ưu thế trong phổ, đem vận tốc của sóng dọc lan truyền bên trong cấu trúc vật liệu đã được được xác định trước đó thay vào phương trình hoàn toàn có thể ước tính được chiều sâu vết nứt.



Hình 1. Phương pháp Impact-echo xác định chiều sâu vết nứt ngang
a) vết nứt ngang, b) vết nứt dọc

Với các vết nứt nằm ngang như hình 1b khi biết khoảng cách giữa cảm biến (d_s) và nguồn tác động, tốc độ song nén v, thời gian sóng truyền qua vết nứt t_{cr} ta sẽ có mối tương quan với độ sâu của đầu vết nứt dcr được xác định như sau:

$$d_{cr} = \frac{1}{2}\sqrt{t_{cr}^2.v^2 - d_s^2} \tag{2}$$

Hsiao và nnk (2008) sử đụng các khối bê tông (block) với các kích thước khác nhau làm đối tượng nghiên cứu. Nhóm tác giả đã thành công đề xuất được mối quan hệ giữa vận tốc lan truyền sóng, kích thước mẫu khối và tần số sóng âm trong trường hợp các khối có và không có vết nứt.

2.2. Phương pháp lan truyền sóng bề mặt (Surface Wave Transmission Method)

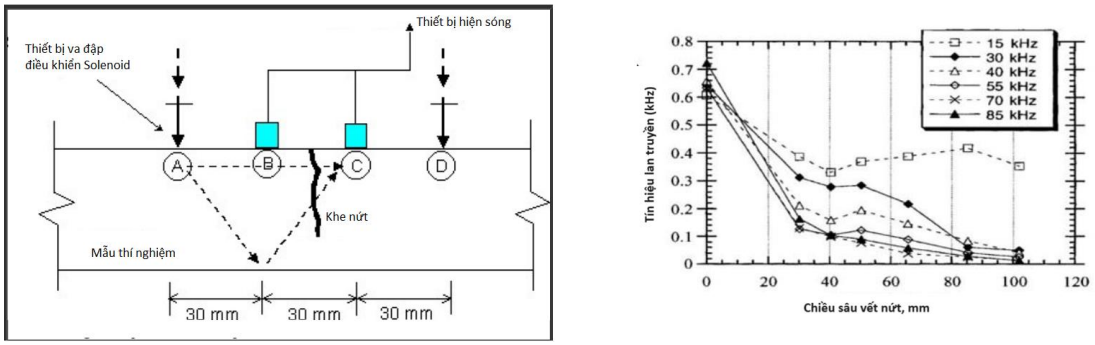
Popovic (2000) đề xuất phương pháp lan truyền sóng bề mặt (SWTM) để xác định chiều sâu vết nứt mở. Sơ đồ thiết lập thí nghiệm theo phương pháp này được thể hiện như hình 2. Thí nghiệm bao gồm hai gia tốc kế thu nhận tín hiệu (receiving accelerometers), máy hiện sóng kỹ thuật số (digital oscilloscope) và máy tính cá nhân. Hai nguồn sóng ứng suất và hai máy thu được đặt dọc theo đường thẳng trên bề mặt của mẫu thí nghiệm, cách vị trí tạo tác động khoảng 30mm.

Trong hình 2 nguồn tác động được đặt tại A và D, hai gia tốc kế để thu nhận tín hiệu (receiving accelerometers) được đặt tại B và C. Dựa trên tín hiệu nhận được tại B và C, nghiên cứu xác định được d_{BC} là một hàm của tần số f và có thể được hình dung bằng tỷ lệ biên độ của tín hiệu từ gia tốc kế xa với gia tốc kế gần theo công thức sau (Popovic(2000)):

$$|d_{BC}(f)| = \left|\sqrt{\frac{V_{AC}V_{DB}}{V_{AB}V_{DC}}}\right| \tag{3}$$

Từ hình 2b cho thấy giá trị d_{BC} nhạy cảm với chiều sâu vết nứt. Ứng với mức tần số lớn hơn 20 kHZ cho mối quan hệ giữa d_{BC} và chiều sâu vết nứt thể hiện quy luật rất rõ ràng. Giá trị lan truyền d_{BC} qua vết nứt luôn nhỏ hơn 1 và giá trị này càng lớn thì chiều sâu vết nứt càng nhỏ và ngược lại. Trên cơ sở phương pháp này nhiều trường hợp nghiên cứu khác nhau để dự đoán chiều sâu vết nứt có thể kể đến như Popovics và cộng sự (2000) đã nghiên cứu việc sử dụng sự truyền sóng bề mặt qua vết nứt để đo độ sâu của vết nứt

trong bê tông. Trong nghiên cứu này Popovics và cộng sự sử dụng bốn đầu dò, đều nằm trên một đường thẳng, nhận định với vết nứt càng sâu, tại bề mặt vết nứt phần trăm biên độ sóng bị phản xạ càng lớn. Kỹ thuật này được cho là nhạy cảm với các vết nứt có độ sâu khác nhau. Seong- Hoon Kee (2010) và cộng sự tiến hành thí nghiệm trên bản bê tông có chiều dày 250mm. Vết nứt với độ sâu thay đổi từ 10mm-100mm được tạo ra trong mẫu thử bằng cách chèn một tấm kim loại dày 0,5mm trước đúc bê tông.



Hình 2. Phương pháp thí nghiệm SWTM
a) sơ đồ bố trí, b) Quan hệ chiều sâu vết nứt và d_{BC} (Popovics, J. S.2000)

Tấm kim loại được lấy ra khỏi bê tông 12 giờ sau đó. Nhờ các cặp cảm biến rung động (air-coupled sensors) độ tin cậy và tính nhất quán trong các phép đo truyền sóng bề mặt cũng như tốc độ thí nghiệm được cải thiện. Đồng thời đề xuất được quan hệ giữa hệ số lan truyền sóng bề mặt và chiều sâu vết nứt chuẩn hoá h/λ. Foo Wei Lee và cộng sự (2016) thực hiện thí nghiệm trên một dầm bê tông có kích thước 300mm x 300mm x 500mm như hình 3. Một tấm xốp polystyrene mỏng được sử dụng để mô hình vết nứt thẳng đứng với với chiều sâu vết nứt lần lượt được thiết kế là: 25mm; 50mm; 100mm và 125mm.



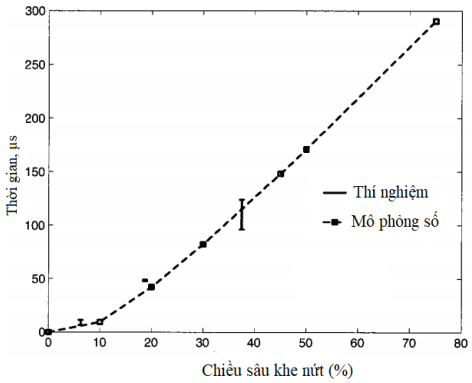
Hình 3. Thí nghiệm SWTM đánh giá chiều sâu vết nứt, Foo Wei Lee và cộng sự (2016)

Thí nghiệm cứu mối quan hệ giữa bước sóng, độ sâu vết nứt và biên độ sóng. So với các nghiên cứu trước đó tác giả đưa ra nếu d/λ (chiều sâu vết nứt/ bước sóng) là lớn hơn hoặc gần bằng 1, tốc độ giảm biên độ sóng R không có sự biến đổi đáng kể. Độ chính xác ước tính độ sâu vết nứt mở bề mặt bằng thực nghiệm đã được đề xuất giảm khi chiều sâu của vết nứt trong bê tông tăng lên. Sự khác biệt giữa độ sâu ước tính và thực tế là trong khoảng ±15%. Kết quả này cho thấy rằng phương pháp thí nghiệm SWTM với sóng R được trích xuất hoàn toàn có thể ước tính độ sâu vết nứt mở bề mặt với sai số có thể chấp nhận được.

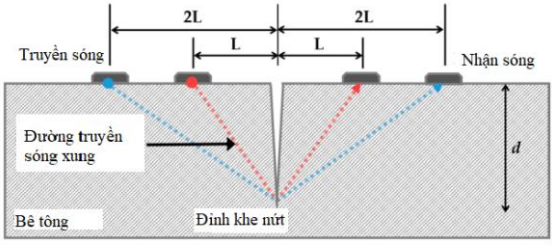
2.3. Phương pháp siêu âm khuếch tán (Diffusion Method)

Với kỹ thuật siêu âm khuyếch tán (Diffusion method) được áp dụng lần đầu tiên trên vật liệu bê tông bởi Anugonda and Turner (2001). Anugonda and Turner cho rằng các thông số khuyếch tán như độ khuyếch tán và độ tán xạ có thể thu được từ sự phù hợp với đường cong năng lượng đo được trong vật liệu xi măng. Mặt khác sự có mặt của vết nứt trong bê tông sẽ làm hệ số khuếch tán bị suy giảm giá trị và đây cũng là ý tưởng đầu tiên của phương pháp siêu âm khếch tán. Ramamoorthy và Y. Kane (2004) sử dụng 4 mẫu bản bê tông có kích thước: 60,96cm x 60,96cm x 20,32cm, với chiều sâu vết nứt tạo trước là 0 ÷ 40% chiều dày bản. Khe nứt được tạo trước bằng cách sử dụng tấm thép có chiều dày 3mm, được bôi dầu đặt vào khuôn trước khi đổ bê tông. Sau thời gian ninh kết ban đầu 24h thì lấy ra khỏi bê tông. Các mẫu được che chắn cẩn thận. Các tác giả tiến hành nghiên cứu xác định biểu đồ năng lượng khuếch tán khi sóng siêu âm lan truyền ứng với hai trường hợp truyền qua vết nứt và không qua vết nứt bằng cả mô phỏng và thực nghiệm. Kết quả thu được về độ trễ về thời gian tại vị trí giá trị năng lượng khuyết tán lớn nhất cho cả hai trường hợp mẫu bê tông không nứt và có chứa vết nứt. Thông qua xác định thời gian trễ này, các dự đoán đánh giá chiều sâu vết nứt trong bản được đưa ra. Mối quan hệ giữa thời gian trễ và chiều sâu vết nứt thể hiện trên

Hình 4. Trên cơ sở phương pháp này nhiều nhóm nghiên cứu triển khai các nghiên cứu nhằm ước tính chiều sâu vết nứt thẳng đứng trong bê tông hoặc với nhiều kết cấu với các trường hợp cụ thể khác nhau: Matthias Seher (2013) dùng phương pháp để định lượng chiều sâu vết nứt thẳng đứng (với chiều sâu vết nứt từ 0cm ÷ 5cm) trên mẫu block bê tông bằng mô phỏng số và thực nghiệm.



Hình 4. Quan hệ giữa thời gian trễ và chiều sâu vết nứt trong bản bê tông, Ramamoorthy và nnk (2004)



Hình5. Phương pháp thí nghiệm thời gian nhiễu xạ lan truyền (TOFD), Ahn.E (2017)

Chi-Won In và các cộng sự (2017) chế tạo những dầm bê tông có kích thước 243,8cm x 25,4cm x 15,2cm. Trong thí nghiệm này các phép đo siêu âm khuếch tán được tiến hành bằng cách sử dụng một cặp đầu dò máy phát và máy thu (Ultran WC 50 và Ultran GC500-D13, tương ứng). Những bộ chuyển đổi này có một tần số trung tâm là 500kHz. Kết quả xác định chiều sâu vết nứt từ mô phỏng số, và đo thí nghiệm thông qua siêu âm cho kết quả khá tương đồng.

2.4. Phương pháp xác định thời gian nhiễu xạ lan truyền (Time of Flight Diffraction Method)

Phương pháp này được Sansalone (1998) lần đầu tiên đề xuất. Trong kỹ thuật TOFD, sóng ứng suất được tạo ra ở một phía của vết nứt, với thời gian truyền sóng được theo dõi bởi một bộ chuyển đổi đặt ở phía đối diện của vết nứt như trên hình 5. Sóng ứng suất có thể được tạo ra bởi một xung cơ học, chẳng hạn như được cung cấp bởi các thiết bị siêu âm, hoặc bởi tác động cơ học, như trong kỹ thuật tiếng vang tác động. Việc sử dụng tác động trên bề mặt để tạo ra các sóng ngang và sóng dọc lan truyền trong cấu kiện cần kiểm tra. Bản chất vận tốc lan truyền của sóng dọc sẽ lớn hơn các sóng ngang do đó sẽ lan truyền đến đỉnh vết nứt sớm hơn. Lúc này tại đỉnh của vết nứt trở thành nguồn phát sinh thứ cấp mới, các sóng ngang và sóng dọc mới được sinh ra (sóng thứ cấp). Nếu khoảng cách từ các cảm biến nhận sóng (transducer) và nguồn gây tác động tới vị trí của vết nứt là bằng nhau, các khoảng cách này được đề xuất là L = 150mm và 2l = 300mm (hình 5) thì từ thông số thời gian lan sóng dọc lan truyền hoàn toàn có thể tính được chiều sâu vết nứt *d*, tính bằng milimet (mm) :

$$c = 150 \times \sqrt{\frac{4 \times T_{150}^2 - T_{300}^2}{T_{300}^2 - T_{150}^2}} \quad (4)$$

trong đó:

T_{150}- thời gian truyền xung ứng với khoảng cách giữa đầu dò và vết nứt bằng 150mm, tính bằng micro giây (µs);

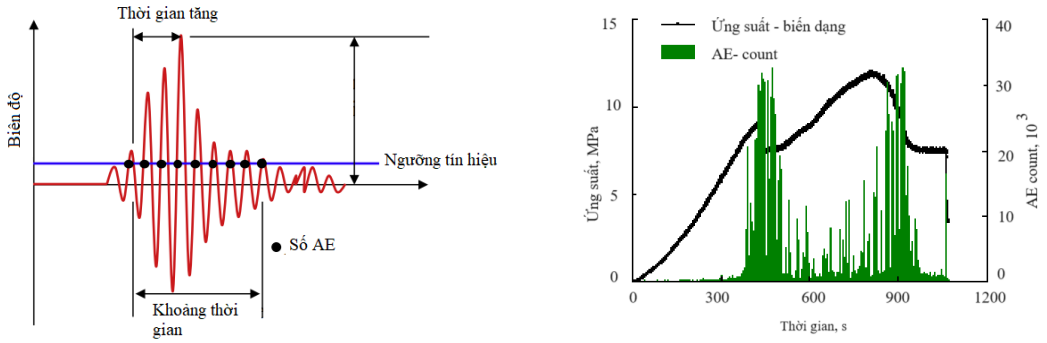
T_{300} - thời gian truyền xung ứng với khoảng cách giữa đầu dò và vết nứt bằng 300mm, tính bằng micro giây (µs).

2.5. Phương pháp phát xạ âm học (Acoustic Emission - AE)

Phát xạ âm (AE) đề cập đến việc sóng đàn hồi sinh ra do sự thay đổi ứng suất đột ngột trong cấi trúc vật liệu. Kỹ thuật AE là một phương pháp thụ động đã được chứng minh là rất hiệu quả để xác định vị trí các vết nứt nhỏ và nghiên cứu các dạng phá hoại khác nhau trong kết cấu bê tông. Tín hiệu AE do các cảm biến được gắn trên bề mặt mẫu bê tông sẽ phát hiện được sự có mặt và sự phát triển các vết nứt trong bê tông. Trong thí nghiệm AE một số thông số cơ bản như: số lần gia tải, số đếm (AE count), thời gian, biên độ, năng lượng và thời gian tăng như trong Hình 6 đều được tự động ghi lại. Tín hiệu AE do vết nứt vi mô được phát hiện bởi cảm biến AE gắn trên bề mặt mẫu bê tông. Một số AE như vậy các thông số như số lần đánh, số đếm, thời gian, biên độ, năng lượng và thời gian tăng như trong Hình 6 được ghi lại bằng hệ thống đo AE. Trong các thông số cơ bản trên: biên độ - Amplitude là điện áp lớn nhất, decibel (dB). Biên độ đo

được ở dạng sóng, qua điều chỉnh thông số Amplitude để xác định được khả năng thu thập, lưu trữ tín hiệu.

Khi người vận hành định dạng ngưỡng tối thiểu của biên độ thì các tín hiệu có biên độ nhỏ hơn sẽ không được ghi lại. Thông số Rise time, R – Thời gian tăng: tính bằng khoảng thời gian từ lúc vượt qua biên độ tối thiểu đến lúc đạt đỉnh, và R có liên quan đến sự lan truyền sóng giữa nguồn phát và các cảm biến. Khoảng thời gian (Duration, D) là chênh lệch thời gian giữa lần vượt ngưỡng đầu tiên và lần cuối cùng. Số đếm - AE count(N): số lần mà các sóng âm thanh được phát hiện bởi cảm biến AE trong quá trình kiểm tra. Tham số này phụ thuộc vào độ lớn của tín hiệu và cấu trúc của vật liệu. Hình 6b thể hiện kết quả sử dụng phương pháp AE xác định được thời điểm phát triển các vết nứt trong mẫu bê tông trong quá trình gia tải nén.



Hình 6. Thí nghiệm Acoustic Emission – AE
a) nguyên lý AE, b) AE của mẫu bê tông chứa vết nứt

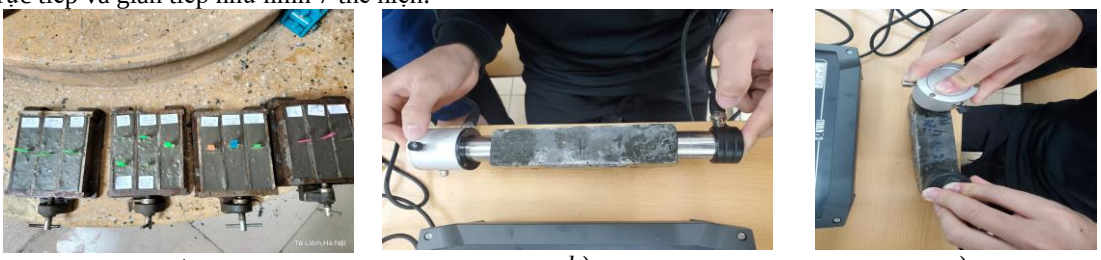
3. Sử dụng phương pháp TOFD xác định vết nứt và số lượng vết nứt trong bê tông cường độ cao

Thí nghiệm sử dụng các mẫu bê tông cường độ cao được chế tạo từ xi măng PC40, cát vàng Sông Lô, silica fume, phụ gia siêu dẻo theo cấp phối như bảng 1 thể hiện. Ngoài ra sau thí nghiệm đo xung kết quả nén mẫu cho kết quả thí nghiệm độ bền nén trên 90 MPa. Tuy nhiên trong bài báo này tác giả không khảo sát mối quan hệ giữa cường độ bền nén và kết quả đo xung.

Bảng 1. Cấp phối chế tạo mẫu bê tông

Xi măng (g)	Silica fume (g)	cát vàng(g)	nước (g)	PG siêu dẻo(g)
1329	332,4	1662,2	266	120

Để đo thời gian lan truyền xung siêu âm hoặc đo vận tốc lan truyền xung có 3 cách bố trí đầu dò, có thể bố trí hai đầu do trên hai mặt đối diện (truyền xung trực tiếp), trên cùng một bề mặt (truyền gián tiếp, hoặc truyền bề mặt) và truyền trên hai mặt cạnh (truyền bán trực tiếp). Trong bài báo tác giả sử dụng phương pháp đo xung theo cả hai phương pháp trực tiếp và gián tiếp như mô tả ở trên. Mẫu bê tông sau khi được dưỡng hộ trong điều kiện nhiệt ẩm 3 ngày vớt khô để ráo sau đó tiến hành đo xung theo hai phương pháp trực tiếp và gián tiếp như hình 7 thể hiện:



a) *b)* *c)*

Hình 7. Thí nghiệm đo xung siêu âm trên mẫu dầm bê tông
a) đo trực tiếp, b) đo gián tiếp

Kết quả đo xung được ghi lại trong bảng 2.

Bảng 2. Kết quả đo thời gian lan truyền xung siêu âm theo phương pháp TOFD

Mẫu	Trực tiếp µs	Gián tiếp, µs			
		1	2	3	4
Mẫu nguyên	36,0	-	31,7	31,6	31,5
Mẫu có 1 vết nứt	40,6	38,3	44,7	36,9	50,8
Mẫu 2 vết nứt	45,6	41,8	53,5	44,1	52,3

Kết quả đo xung bằng phương pháp trực tiếp và gián tiếp đề cho thấy khi mẫu bê tông có chứa vết nứt thời gian lan truyền xung đều lớn hơn. Và khi số lượng vết nứt nhiều hơn thì thời gian lan truyền xung cũng lớn hơn. Kết quả thí nghiệm trong bảng 2 thể hiện hiệu quả của phương pháp TOFD trong việc phát hiện và kiểm tra các vết nứt trong bê tông.

4. Kết luận

Tác giả giới thiệu tổng quan về phương pháp siêu âm là một trong các phương pháp thí nghiệm không phá huỷ với năm phương pháp được áp dụng phổ biến là: phương pháp tác động tiếng vang (Impact-Echo Method), phương pháp phát xạ âm học (Acoustic Emission - AE), phương pháp lan truyền sóng bề mặt (Surface Wave Transmission Method), phương pháp siêu âm khuếch tán (Diffusion Method), Phương pháp xác định thời gian nhiễu xạ lan truyền (Time of Flight Diffraction Method). Đồng thời thông qua sử dụng phương pháp nhiễu xạ thời gian lan truyền (TOFD) để đo thực nghiệm mẫu bê tông 40mm x 40 mm x 160mm. kết quả đo cho thấy khi mẫu bê tông có chứa vết nứt thời gian lan truyền xung đều lớn hơn. Và khi số lượng vết nứt nhiều hơn thì thời gian lan truyền xung cũng lớn hơn. Kết quả này cho thấy để phát hiện và kiểm tra các vết nứt trong bê tông phương pháp TOFD là một trong các phương pháp thí nghiệm không phá huỷ được sử dụng hiệu quả nên được áp dụng rộng rãi trong thí nghiệm kiểm định kết cấu hiện trường.

Tài liệu tham khảo

Prashant Kumar, 2009. *Elements of Fracture Mechanics*. first ed., McGraw Hill companies.

Facaoaru, I, 1696. *Non-destructive testing of concrete in Romania*. Proceedings of symposium on non-dest

Sansalone, M. and Carino, N., 1988. Impact-echo method, *Concrete International: Design Construction*, vol. 10, no. 4, pp. 38-46.

Hsiao, C., Cheng, C.-C., Liou, T., and Juang, Y., 2008. Detecting flaws in concrete blocks using the impact-echo method. *NDT & E International*, vol. 41, pp. 98-107.

Popovics, J., Song, W.-J., Ghandehari, M., Subramaniam, K., Achenbach, J., and Shah, S., 2000. Application of surface wave transmission measurements for crack depth determination in concrete. *ACI Materials Journal*, vol. 97, pp. 127- 135.

Kee, S.-H. and Zhu, J., 2010. Using air-coupled sensors to determine the depth of a surface-breaking crack in concrete. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 127, pp. 1279-1287.

T. Anugonda, P., Wiehn, J. S., and Turner, J. A., 2001. Diffusion of ultrasound in concrete. *Ultrasonics*, vol. 39, pp. 429-435.

Ahn E, Kim H, Sim SH, Shin SW, Shin M. Principles and Applications of Ultrasonic-Based Nondestructive Methods for Self-Healing in Cementitious Materials, 2017. *Materials* (Basel, Switzerland).10(3):E278.

Carino, N. J. and Sansalone, M., 1984. *Pulse-echo method for flaw detection in concrete*, AlllOb 034251 REFERENCE : 84.

Foo Wei Lee., Hwa Kian Chai., Hwa Kian Chai, 2016. Assessment of Reinforced Concrete Surface Breaking Crack Using Rayleigh Wave Measurement. *Sensors* 2016, 16(3), 337;

Ramamoorthy, S. K., Kane, Y., and Turner, J. A., 2004. Ultrasound diffusion for crack depth determination in concrete. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 115, pp. 523-529.

Seher M., In, C.-W., Kim., J.-Y., Kurtis., K. E., and Jacobs., L. J., 2013. Numerical and experimental study of crack depth measurement in concrete using diffuse ultrasound. *Journal of Nondestructive Evaluation*, vol. 32, pp. 81-92.

Chi-Won In, Kevin Arne, Jin-Yeon Kim,Kimberly E. Kurtis, Laurence J. Jacobs, 2017. Estimation of Crack Depth in Concrete Using Diffuse Ultrasound:Validation in Cracked Concrete Beams. *J Nondestruct Eval* (2017) 36:4.

ABSTRACT

The theory of ultrasonic methods and their application in evaluating cracks in concrete

Pham Thi Nhan[1]
[1]*Innovation for Sustainable and Responsible Mining (ISRM)*
Hanoi University of Mining and Geology

During the construction process or the use of construction works, under the impact of various loads, there is a risk of cracks appearing, which can affect the aesthetics and safety of the structure. Therefore, safety inspection of concrete structures through special testing methods, particularly non-destructive testing, is essential. Ultrasonic testing is one of the commonly used non-destructive testing methods. This method is widely used to check and predict defects in concrete materials, structures, or reinforced concrete. The article synthesizes the theory and introduces five main ultrasonic methods that are commonly used to evaluate cracks in concrete, including the Impact-Echo Method, the Acoustic Emission (AE) Method, the Surface Wave Transmission Method, the Time of Flight Diffraction (TOFD) Method, and the Diffusion Method. Additionally, the article presents some results obtained from ultrasonic pulse transmission time (TOFD) testing on concrete samples with dimensions of 40mm × 40mm × 160mm. The analysis of the collected data demonstrates the effectiveness of the TOFD method in detecting cracks and the number of open cracks in concrete beam samples.

Keywords: ultrasonic pulse; concrete; pulse transmission time; crack

Xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán hàng xóm KNN để dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn trong quá trình thi công

Phạm Thị Nhàn[1], Nguyễn Chí Thành[1,*], Bùi Mạnh Tùng[1], Đỗ Hoàng Hiệp[2]
[1]*Trường Đại học Mỏ-Địa chất*
[2]*Công ty 35-Tổng công ty Đông Bắc, Bộ Quốc phòng*

TÓM TẮT

Diện tích gương công trình ngầm sau khi thi công là một trong những yếu tố quan trọng có thể đánh giá được hiệu quả của việc thi công các công trình ngầm bằng phương pháp khoan nổ mìn. Diện tích gương công trình ngầm sau khi nổ sẽ quyết định rất nhiều đến khối lượng xây dựng vỏ chống, khối lượng đất đá cần xúc bốc khi thi công, các công tác khoan-nổ và các công tác phụ trợ khác,… Do vậy, việc xác định được chính xác diện tích gương công trình ngầm sau khi nổ sẽ đảm bảo được hiệu quả thi công của công trình ngầm cả về mặt kỹ thuật, an toàn cũng như về hiệu quả kinh tế. Trong bài báo này, mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán hàng xóm gần nhất - KNN (K-nearest neighbors) đã được xây dựng và ứng dụng để dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn. Bằng việc sử dụng bộ dữ liệu thu thập được trong quá trình thi công đường hầm Đèo Cả, Tỉnh Phú Yên, Việt Nam, mô hình trí tuệ nhân tạo đã được xây dựng chứng tỏ được sự chính xác cao trong việc dự báo diện tích gương công trình ngầm sau khi nổ mìn khi so sánh các giá trị dự báo với các giá trị diện tích gương công trình ngầm sau khi nổ mìn thu được trong thực tế. Mô hình có thể được sử dụng để nhằm nâng cao hiệu quả của quá trình thi công các công trình ngầm bằng phương pháp khoan nổ mìn trong các điều kiện tương tự.

Từ khóa: trí tuệ nhân tạo, thuật toán KNN, diện tích gương hầm, nổ mìn, dự báo

1. Tổng quan

Để đáp ứng được sự phát triển về kinh tế và đời sống xã hội của Việt Nam, hệ thống các công trình ngầm, đặc biệt là các công trình ngầm giao thông đang được chú trọng phát triển. Dự tính, đến năm 2025 Việt Nam sẽ cơ bản hoàn thiện được trục chính hệ thống đường cao tốc từ Bắc đến Nam. Trong đó, có rất nhiều các đường hầm giao thông được quy hoạch xây dựng và mở rộng. Phương pháp thi công chủ đạo các đường hầm giao thông hiện nay tại Việt Nam là phương pháp khoan nổ mìn bởi các lý do, bao gồm: giá thành không cao so với các phương pháp thi công khác; đòi hỏi kỹ thuật không cao; có khả năng sử dụng trong hầu hết các điều kiện thi công và sử dụng,... Một trong những yếu tố có thể đánh giá được hiệu quả của quá trình thi công các công trình ngầm bằng phương pháp khoan nổ mìn là giá trị của diện tích gương hầm sau khi nổ mìn. Đây là yếu tố quyết định đến hầu hết khối lượng và tính chất của các công việc khác trong một chu kỳ khoan nổ mìn, thi công các công trình ngầm, như: xúc bốc, chống giữ, công tác phụ trợ,... Tuy nhiên, để có thể dự báo và điều chỉnh sao cho diện tích gương hầm sau khi nổ mìn có giá trị sát với giá trị trong thiết kế lại là một công việc rất khó khăn do yếu tố này phụ thuộc vào rất nhiều các yếu tố khác nhau như điều kiện địa chất khu vực đang thi công, diện tích gương hầm theo thiết kế, chủng loại và đặc tính của các phương tiện trong thi công. Hiện nay, diện tích gương hầm sau khi nổ có thể đạt giá trị sai lệch so với giá trị thiết kế khoảng 3 đến 5 %. Để thực hiện được việc dự báo chính xác diện tích gương hầm sau khi nổ mìn trong quá trình thi công, từ đó, tiến hành điều chỉnh để quá trình thi công đạt kết quả tốt, đã có khá nhiều các nghiên cứu được các nhà khoa học công bố. Một trong những hướng nghiên cứu quan trọng và cho kết quả tốt hiện nay đang được các nhà khoa học nghiên cứu và ứng dụng, đó là sử dụng trí tuệ nhân tạo để dự báo trước diện tích gương hầm. Một số nhà khoa học đã tiến hành nghiên cứu và công bố các kết quả về việc xây dựng, sử dụng mô hình trí tuệ nhân tạo để dự báo trước một số yếu tố trong quá trình thi công đường hầm bằng phương pháp khoan nổ mìn, có thể kể đến Armaghani và nnk, 2014; Jang và Topal, 2013; Esmaeili và nnk, 2014; Mottahedi và nnk, 2018; Chi T.N và nnk, 2022; Nguyễn Chí Thành và nnk, 2022,… Nhìn chung, các kết quả nghiên cứu đã được công bố

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenchithanh@humg.edu.vn

theo hướng nghiên cứu này đạt kết quả rất khả quan với độ chính xác cao. Tuy nhiên, vẫn có một số tồn tại cần được giải quyết như: cần đảm bảo độ chính xác của các tập dữ liệu dùng để xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo; cần đa dạng hóa các thuật toán xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo được sử dụng để dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn; cần phân tích rõ ảnh hưởng của các biến dữ liệu đầu vào với các giá trị tham số đầu ra của mô hình....

Bài báo này đã tiến hành phân tích, thu thập các dữ liệu thực tế trong quá trình thi công đường hầm Đèo Cả, Phú Yên, Việt Nam. Sau đó, bài báo đã nghiên cứu và ứng dụng thuật toán hàng xóm gần nhất KNN (K-nearest neighbors) để xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo dự báo diện tích của gương hầm giao thông Đèo Cả sau khi nổ mìn trong quá trình thi công đường hầm. Cuối cùng, bằng việc so sánh các kết quả thu được bằng mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN đã được xây dựng với các kết quả thu được trong thực tế thi công, bài báo đã minh chứng được sự chính xác của mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN để dự báo diện tích gương hầm khi thi công đường hầm bằng phương pháp khoan nổ mìn. Từ đó, khẳng định được tính khả thi trong việc sử dụng các thuật toán để xây dựng các mô hình trí tuệ nhân tạo có khả năng dự báo được diện tích gương hầm sau khi nổ mìn, nhằm nâng cao hiệu quả của quá trinh thi công các đường hầm bằng phương pháp khoan nổ mìn.

2. Nội dung của thuật toán KNN

2.1. Tổng quan về thuật toán KNN

K-nearest neighbor (KNN) là một trong những thuật toán học có giám sát (supervised-learning) được coi là đơn giản nhất trong máy học (Machine Learning). Khi được đào tạo (training), thuật toán KNN không học một điều gì từ dữ liệu được sử dụng để training (đây cũng là lý do thuật toán này được xếp vào loại lazy learning), mọi tính toán được thực hiện khi nó cần dự đoán kết quả của dữ liệu mới. K-nearest neighbor có thể sử dụng được vào cả hai loại của các mô hình đào tạo có giám sát (Supervised learning) là phân lớp (Classification) và hồi quy (Regression).

Bản chất của thuật toán KNN là từ tính chất của điểm đang xét và một số các điểm lân cận, dự đoán ra được tính chất của các điểm còn lại. Như vậy, để dự đoán được tính chất của các điểm, cần phải xác định được tính chất của điểm gốc-đang xét và từ các tính chất này cùng với số điểm lân cận sẽ tính khoảng cách tương ứng giữa điểm đang xét với các điểm cần dự đoán, từ đó, tiến hành dự đoán các tính chất của các điểm đang dự đoán (Maryam Amiri và nnk, 2016).

Thuật toán KNN có nguyên tắc hoạt động là những dữ liệu tương tự nhau sẽ tồn tại gần nhau trong một không gian, từ đó công việc của thuật toán là sẽ tìm k điểm gần với dữ liệu cần kiểm tra nhất. Việc tìm khoảng cách giữa 2 điểm sẽ có nhiều công thức có thể sử dụng, tùy trường hợp mà sẽ lựa chọn công thức phù hợp. Hiện nay, có 3 công thức cơ bản để tính khoảng cách 2 điểm dữ liệu x, y có k thuộc tính trong thuật toán KNN (Hajihassani M và nnk., 2014; Maryam Amiri và nnk, 2016; Mottahedi A và nnk, 2018):

a, công thức Euclidean

$$k = \sqrt{\sum_{i=1}^{k} (\mathrm{x}_i - y_i)^2} \tag{1}$$

b, công thức Manhattan

$$k = \sum_{i=1}^{k} |x_i - y_i| \tag{2}$$

Khoảng cách Manhattan - Khoảng cách này còn được gọi là khoảng cách taxi hoặc khoảng cách khối thành phố, đó là do cách tính khoảng cách này. Khoảng cách giữa hai điểm là tổng của sự khác biệt tuyệt đối của các tọa độ Descartes của chúng.

c, công thức Minkowski

$$k = \left(\sum_{i=1}^{k} \left(|x_i - y_i| \right)^q \right)^{1/q} \tag{3}$$

Khoảng cách Minkowski - Đây là một số liệu dành cho không gian vectơ có giá trị thực. Chúng ta chỉ có thể tính khoảng cách Minkowski trong không gian vectơ chuẩn tắc, nghĩa là trong không gian mà khoảng cách có thể được biểu diễn dưới dạng vectơ có độ dài và độ dài không thể âm.

trong đó:

k - Tham số khoảng cách giữa các điểm đang xét;

i - Số điểm đang xét;

q - Giá trị q trong công thức có thể được sử dụng để cung cấp các khoảng cách khác nhau, bao gồm: q = 1, nhận được khoảng cách Manhattan; q = 2, nhận được khoảng cách Euclide.

Các bước sử dụng thuật toán KNN trong việc dự đoán với biến phụ thuộc định lượng đối với các tập dữ liệu hồi quy:

Bước 1. Xác định tham số khoảng cách K (số láng giềng gần nhất);

Bước 2. Tính khoảng cách (distance) giữa điểm truy vấn và tất cả các điểm mẫu dùng để đào tạo mô hình;

Bước 3. Sắp xếp khoảng cách và xác định K láng giềng gần nhất với điểm truy vấn;

Bước 4. Lấy giá trị của biến phụ thuộc Y tương ứng của K láng giềng gần nhất;

Bước 5. Sử dụng giá trị trung bình (average) của biến phụ thuộc Y của K láng giềng gần nhất là giá trị dự đoán của điểm truy vấn.

3. Xử lý dữ liệu cho mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN

3.1. Dữ liệu thực tế thu được trong thi công đường hầm Đèo Cả

Các tác giả của bài báo đã tiến hành tổng hợp các dữ liệu thực tế thu được trong quá trình thi công một số đoạn đường hầm giao thông Đèo Cả, Phú Yên. Tập dữ liệu với 100 dữ liệu, trong đó với 04 thành phần đóng vai trò là dữ liệu đầu vào của mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN đã được sử dụng, bao gồm: diện tích gương hầm theo thiết kế S_{tk}; chiều sâu trung bình của các lỗ khoan trên gương hầm đang thi công theo từng tiến độ thi công L; chỉ tiêu thuốc nổ đơn vị trong hộ chiếu khoan nổ mìn Q và chỉ số đất đá *RMR* tại gương hầm đang thi công. Dữ liệu đầu ra và là chỉ số cần dự báo của mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN chính là diện tích của gương hầm sau khi nổ mìn trong quá trình thi công. Tập dữ liệu đã được tổng hợp và sử dụng chia thành 5 phần với tỷ lệ 1:5, trong đó, 01 phần được sử dụng làm tập dữ liệu phục vụ cho quá trình kiểm tra độ chính xác của mô hình được xây dựng (testing database), 04 phần dữ liệu tiếp theo được sử dụng để đào tạo mô hình (training database). Các dữ liệu trong tập dữ liệu này được xử lý để việc xuất hiện trong các phần dữ liệu nói trên là hoàn toàn ngẫu nhiên, đảm bảo độ chính xác và tính khách quan của mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN. Dữ liệu đầu ra chính là diện tích gương hầm sau khi nổ được dự đoán, S.



Hình 1. Đường hầm Đèo Cả, Phú Yên, Việt Nam (Chi T.N và nnk, 2022)

Bảng 1. Các thông số địa chất và thuốc nổ, đường hầm sử dụng trong mô hình (Chi T.N và nnk, 2022)

Các thông số	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất	Giá trị trung bình	Độ lệch trung bình
S (Diện tích gương hầm sau khi nổ mìn, m^2) – Dữ liệu đầu ra của mô hình	51.221	71.049	58.878	6.476
L (Chiều sâu trung bình của các lỗ khoan trên gương hầm, m) – Dữ liệu đầu vào của mô hình	1.0	3.2	1.953	0.644
S_{tk} (Diện tích gương hầm theo thiết kế, m^2) – Dữ liệu đầu vào của mô hình	49.26	64.855	54.55	6.163
Q (Chỉ tiêu thuốc nổ đơn vị, kg/m^3) – Dữ liệu đầu vào của mô hình	0.37	2.32	1.434	0.416
RMR (Chỉ số đánh giá của khối đá nơi đường hầm thi công) – Dữ liệu đầu vào của mô hình	5.0	73	51.33	14.531

3.2. Chuẩn hóa dữ liệu thực tế thu được trong thi công đường hầm Đèo Cả sử dụng cho mô hình KNN

Dữ liệu thu thập, tổng hợp từ dự án thi công đường hầm giao thông Đèo Cả trước khi sử dụng để xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo với thuật toán KNN với khả năng dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn cần được xử lý, chuẩn hóa. Đây là bước rất quan trọng với độ chính xác của mô hình.

Để đảm bảo mô hình sử dụng thuật toán KNN cho kết quả chính xác, chuẩn hóa dữ liệu đầu vào trong khoảng [-1; 1] theo công thức:

$$X_n = \frac{(X - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})} \quad (4)$$

trong đó,

X_n - Giá trị đã được chuẩn hóa của biến;

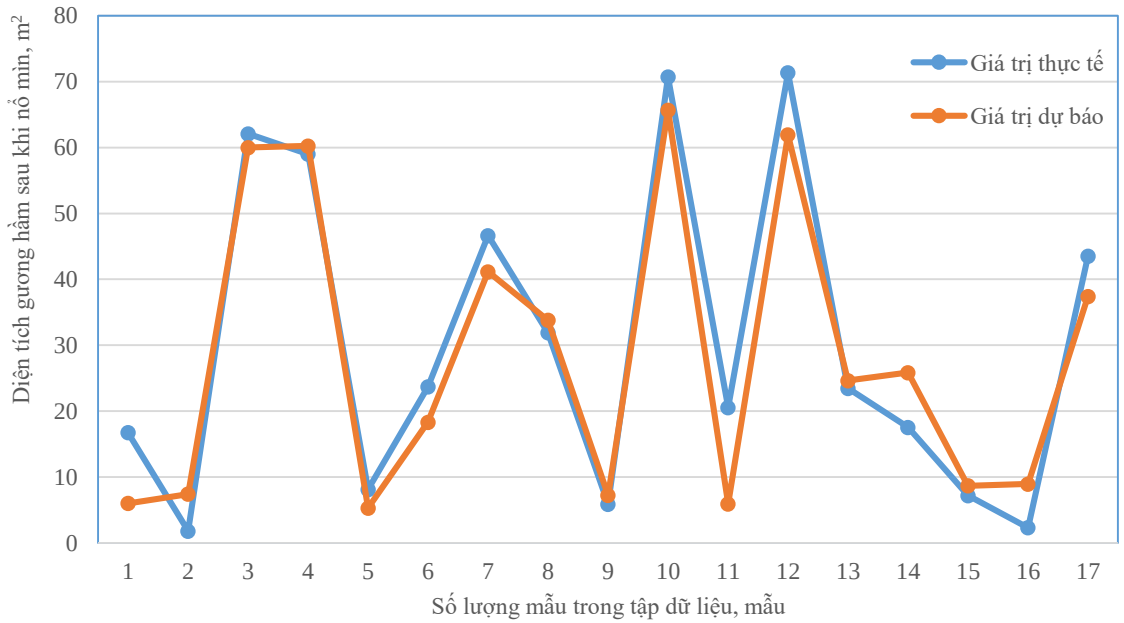
X - Giá trị ban đầu tương ứng của biến;

X_{max} - Giá trị lớn nhất ban đầu của biến, khi biến chưa được chuẩn hóa;

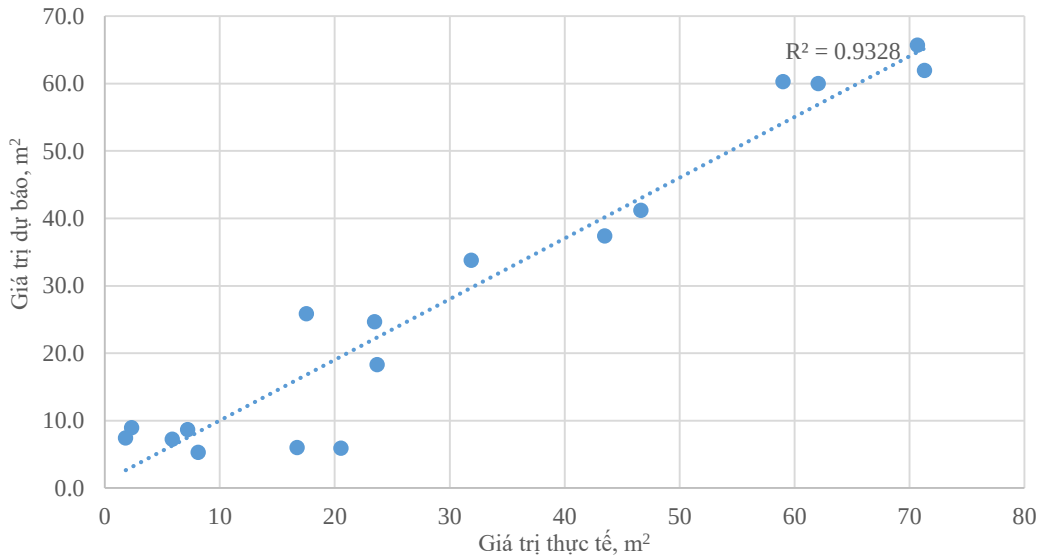
X_{min} - Giá trị nhỏ nhất lúc đầu của biến khi chưa được tiến hành chuẩn hóa.

4. Dự báo diện tích gương hầm Đèo Cả sử dụng thuật toán KNN

Sử dụng thuật toán KNN để xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo có khả năng dự báo diện tích gương hầm giao thông Đèo Cả. Các tập dữ liệu thu thập từ quá trình thi công thực tế đường hầm giao thông Đèo Cả đã được xử lý, hiệu chỉnh theo phần 3 của bài báo và chia thành 2 tập dữ liệu chính với tỷ lệ 1:4, trong đó 04 phần dữ liệu được sử dụng để đào tạo cho mô hình và 01 phần dữ liệu được sử dụng để kiểm tra độ chính xác của mô hình. Cũng cần lưu ý rằng, trong các mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN với mục đích dự báo các kết quả dạng hồi quy, mô hình không phụ thuộc nhiều vào quá trình đào tạo (training) cũng như các tập dữ liệu đào tạo mà lại chủ yếu phụ thuộc vào các tập dữ liệu sử dụng để kiểm tra (testing), do đó, bài báo sẽ trình bày các kết quả dự báo thu được trong tập dữ liệu kiểm tra testing. Sau khi tiến hành phân tích và lựa chọn, 04 biến đầu vào phục vụ cho việc xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo có khả năng dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn, sử dụng thuật toán KNN đã được sử dụng, bao gồm: diện tích gương hầm theo thiết kế S_{tk}, chỉ tiêu thuốc nổ đơn vị Q, chỉ số khối đá xung quanh đường hầm RMR và chiều dài trung bình của các lỗ khoan trên gương hầm trong 1 chu kỳ tiến gương, L. Mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN với các tham số: hệ số khoảng cách giữa các điểm, k=5; loại khoảng cách giữa các điểm: tính theo công thức Euclidean. Đây là các tham số của thuật toán cho kết quả tốt nhau sau khi đã tiến hành chạy nhiều mô hình trên cùng các tập dữ liệu với các giá trị tham số khác nhau (trial and error method). Các kết quả thu được từ mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN có khả năng dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn được biểu diễn trong các hình dưới đây. Dựa vào các kết quả thu được này, có thể thấy mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN có kết quả khá cao trong việc dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn trong quá trình thi công.



Hình 2. Biểu đồ biểu diễn các giá trị diện tích gương hầm sau khi nổ mìn trong tập dữ liệu kiểm tra



Hình 3. Mối tương quan giữa giá trị dự báo và giá trị thực tế của diện tích gương hầm sau khi nổ mìn

5. Kết luận

Trong bài báo này, bằng việc sử dụng thuật toán KNN, một mô hình trí tuệ nhân tạo có khả năng dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn trong quá trình thi công đã được xây dựng. 100 dữ liệu thu thập được trong quá trình thi công thực tế đường hầm giao thông Đèo Cả, Phú Yên, Việt Nam đã được sử dụng để xây dựng, lựa chọn các tham số thích hợp cho mô hình cũng như kiểm tra tính chính xác của mô hình trí tuệ nhân tạo. Một số kết luận có thể được rút ra từ nội dung nghiên cứu của bài báo:

- Trên cơ sở các kết quả thu được bởi mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN, có thể nhận thấy rằng: với hệ số xác định R^2=0.9328, sai số bình phương trung bình gốc RMSE=0.1749, mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN có thể được sử dụng để dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn với độ chính xác cao;
- Mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN có độ chính xác phụ thuộc rất nhiều vào tập dữ liệu kiểm tra;
- Cần nghiên cứu kỹ lưỡng các tác động của các biến đầu vào trong quá trình xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo với các giá trị của biến đầu ra của mô hình trí tuệ nhân tạo;
- Thuật toán KNN là thuật toán thích hợp cho việc sử dụng với các tập dữ liệu phân lớp, với các dữ liệu dạng hồi quy, cần tiến hành lựa chọn và chuẩn hóa các giá trị dữ liệu thích hợp để thuật toán KNN có thể đạt được độ chính xác cao;
- Phải tiến hành lựa chọn, kiểm tra các giá trị thích hợp của các tham số trong thuật toán KNN, bao gồm: hệ số khoảng cách k, công thức xác định khoảng cách giữa các điểm..., từ đó mới có thể xây dựng được một mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN có độ chính xác cao.

Tài liệu tham khảo

Nguyễn Chí Thành, Nguyễn Phương Thúy, Nguyễn Văn Thành, 2022. Sử dụng mạng nơ ron thần kinh nhân tạo để tính toán, dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ. *Hội nghị Khoa học toàn quốc ACEA-VIETGEO2021*. Phú Yên, trang: 404 – 412.

Nguyễn Chí Thành., 2022. Nghiên cứu, xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng mạng thích nghi mờ ANFIS để dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn. *Hội nghị toàn quốc khoa học trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD 2022)*. Hà Nội, trang: 870-876.

Armaghani, D.J., Mohamad, E.T., Narayanasamy, M.S., Narita, N., 2017. Development of hybrid intelligent models for predicting TBM penetration rate in hard rock condition. *Tunn. Undergr. Space Technol*, vol 63, pp. 29–43.

Armaghani, D.J., Hajihassani, M., Mohamad, E.T., Marto, A., Noorani, S.A., 2014. Blasting-induced flyrock and ground vibration prediction through an expert artificial neural network based on particle swarm optimization. *Arabian J. Geosci*, vol.7, issue 12, pp. 5383–5396.

Chi T. N., Do N.A., Pham V. V., Nguyen P.T., Gospodarikov A., 2022. Prediction of Blast-Induced the area of the tunnel face in underground excavations using fuzzy set theory ANFIS and artificial neural network ANN. *International Journal of GEOMATE*, vol. 23, 95, pp. 36-143.

Gordan, B., Armaghani, D.J., Hajihassani, M., Monjezi, M., 2016. Prediction of seismic slope stability through combination of particle swarm optimization and neural network. *Eng. Comput*, vol 32, issue 1, pp. 85–97.

Hajihassani M, Jahed Armaghani D, Marto A, Tonnizam Mohamad E., 2014. Ground vibration prediction in quarry blasting through an artificial neural network optimized by imperialist competitive algorithm. *Bull Eng Geol Environ*, doi:10.1007/s10064-014-0657-x.

Maryam Amiri, Hassan Bakhshandeh Amnieh, Mahdi Hasanipanah, Leyli Mohammad Khanli., 2016. A new combination of artificial neural network and K-nearest neighbors models to predict blast-induced ground vibration and air-overpressure. *Engineering with Computers*, doi: 10.1007/s00366-016-0442-5

Mohammadi, M., Farouq, M.H., Mirzapour, B., Hajiantilaki, N., 2015. Use of fuzzy set theory for minimizing overbreak in underground blasting operations – a case study of Alborz Tunnel, Iran. *Int. J. Min. Sci. Technol*, vol 25, issue 3, pp. 439–445.

Mohammad E; Morteza O, Rashidinejad F, Aghajani B.A., Mohammad T., 2014. Multiple regression, ANN and ANFIS models for prediction of backbreak in the open pit blasting. *Engineering with Computers*, vol. 30, pp. 549–558.

Mottahedi A, Farhang Sereshki F and Mohammad A., 2018. Overbreak prediction in underground excavations using hybrid ANFIS-PSO model. *Tunnelling and Underground Space Technology*, vol. 80, pp. 1-9.

Jang, H., Topal, E., 2013. Optimizing over break prediction based on geological parameters comparing multiple regression analysis and artificial neural network. *Tunn. Undergr. Space Technol*, vol 38, pp. 161–169.

Thanh C.N., Do N.A., Pham V.V., Gospodarikov A., 2022. Multiple linear regression analysis model and artificial neural network model to calculate and estimate the blast induced area of the tunnel face. A case study Deo Ca tunnel. *Journal of Mining and Earth Sciences*, vol. 63, 3, pp. 43 – 52.

ABSTRACT

An artificial intelligence model uses the KNN neighbor algorithm to predict the area of tunnel face after blasting

Pham Thi Nhan[1] , Nguyen Chi Thanh[1,*], Bui Manh Tung[1], Do Hoang Hiep[2]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam*

[2]*35 Company, Dong Bac Corporation, The Ministry of Defence of the Socialist Republic of Vietnam*

Today, with strong economic and social development, underground works in Vietnam's transportation system are increasingly focused on construction and development. Among the construction methods of underground traffic works, the drilling and blasting method is one of the main methods used to build underground works because of its advantages, including low cost, high requirements, and the technical skills of workers and construction staff are not too high and this method can be used in many construction conditions and environments containing underground works,... The area of the face tunnel after blasting is one of the important factors. On the base of this factor, can be evaluate the effectiveness of underground construction. The area of the face tunnel after blasting will greatly determine the volume of tunnel lining, the volume of soil/rock that needs to be excavated during construction, drilling and blasting work, and other auxiliary works,... Therefore, accurately determining area of the face tunnel after blasting after blasting will ensure the construction efficiency of underground works, both in terms of technique, safety, as well as economic efficiency. In this paper, an artificial intelligence model using the K-nearest neighbors (KNN) algorithm was built and applied to predict the area of face tunnel after blasting. By using 100 databases collected during the construction of Deo Ca tunnel, Phu Yen Province, Vietnam, an artificial intelligence model has been built that demonstrates high accuracy. The area of the face tunnel after blasting when comparing the predicted values with the values of the area of the face tunnel after blasting after blasting obtained in reality. This model can be used to improve the efficiency of the underground construction process using drilling and blasting method under similar conditions.

Keywords: artificial intelligence, KNN algorithm, the area of tunnel face, blasting, predict.

Một số vấn đề về quy hoạch hạ tầng khu vực nhà ga đường sắt đô thị tại tuyến metro số 1 thành phố Hồ Chí Minh theo mô hình phát triển đô thị TOD

Vũ Minh Ngạn[1,*], Nguyễn Chí Đạt[2], Vũ Thái Linh[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Sở Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh*

TÓM TẮT

Thành phố Hồ Chí Minh đang triển khai các dự án đường sắt đô thị nhằm nâng cao chất lượng cuộc sống và giải quyết vấn đề tắc nghẽn giao thông và ô nhiễm môi trường, đặc biệt tại các khu dân cư đông đúc. Phát triển định hướng giao thông công cộng (TOD) là một chiến lược quy hoạch đô thị nhằm tạo ra các khu dân cư có mật độ cao và sử dụng hỗn hợp trong khoảng cách đi bộ từ các trung tâm giao thông công cộng, đảm bảo kết hợp giữa phát triển giao thông và phát triển đô thị trong thành phố. Bài báo này trình bày về các vấn đề liên quan đến việc quy hoạch hạ tầng theo mô hình TOD trên tuyến Metro số 1 của Thành phố Hồ Chí Minh, Bến Thành-Suối Tiên, nhấn mạnh những lợi ích của việc phát triển các khu vực xung quanh các nhà ga với định hướng giao thông công cộng và phát triển cộng đồng dân cư.hoạch các khu vực xung quanh các ga đường sắt đô thị tại Thành phố Hồ Chí Minh, bao gồm các lợi ích, thách thức và các kiến nghị triển khai TOD. Nghiên cứu cũng xem xét việc áp dụng mô hình TOD cho quy hoạch hạ tầng tại khu vực nhà ga Thủ Đức trên tuyến Metro số 1 của Thành phố Hồ Chí Minh, Bến Thành-Suối Tiên.

Từ khóa: nhà ga; đường sắt đô thị; quy hoạch; TOD

1. Đặt vấn đề

Thành phố Hồ Chí Minh đang triển khai xây dựng hệ thống đường sắt đô thị nhằm nâng cao chất lượng cuộc sống và giải quyết vấn đề tắc nghẽn giao thông và ô nhiễm môi trường. Các tuyến đường sắt đô thị không những có vai trò huyết mạch trong giao thông tại các thành phố còn thúc đẩy phát triển hạ tầng và giá trị bất động sản của các vùng xung quanh tuyến đường sắt đi qua, đặc biệt là khu vực xung quanh nhà ga. Do vậy, quy hoạch hạ tầng các vùng xung quanh nhà ga đường sắt là vấn đề quan trọng trong việc phát triển một thành phố hiện đại và bền vững.

Phát triển định hướng giao thông công cộng (Transit-Oriented Development - TOD) là một phương pháp quy hoạch đô thị tập trung vào việc tạo ra các cộng đồng có mật độ cao và sử dụng hỗn hợp trong khoảng cách đi bộ từ các trung tâm giao thông công cộng. Định hướng đô thị phát triển này nhằm tối đa hóa khả năng tiếp cận giao thông công cộng, giảm sự phụ thuộc vào xe cá nhân và thúc đẩy sự phát triển đô thị bền vững. Ở Thành phố Hồ Chí Minh, quá trình đô thị hóa nhanh chóng, dân cư tập trung đông, thường xuyên xảy ra tắc đường và nhu cầu ngày càng tăng về các hệ thống giao thông hiệu quả là những điều kiện tốt để triển khai ứng dụng định hướng giao thông công cộng TOD xung quanh các nhà ga đường sắt đô thị.

Bài báo phân tích một số vấn đề về ứng dụng mô hình phát triển đô thị TOD trong quy hoạch hạ tầng vùng xung quanh nhà ga đường sắt tại Thành phố Hồ Chí Minh bao gồm các lợi ích, thách thức và các chiến lược để thực hiện thành công.

2. Mô hình phát triển đô thị TOD

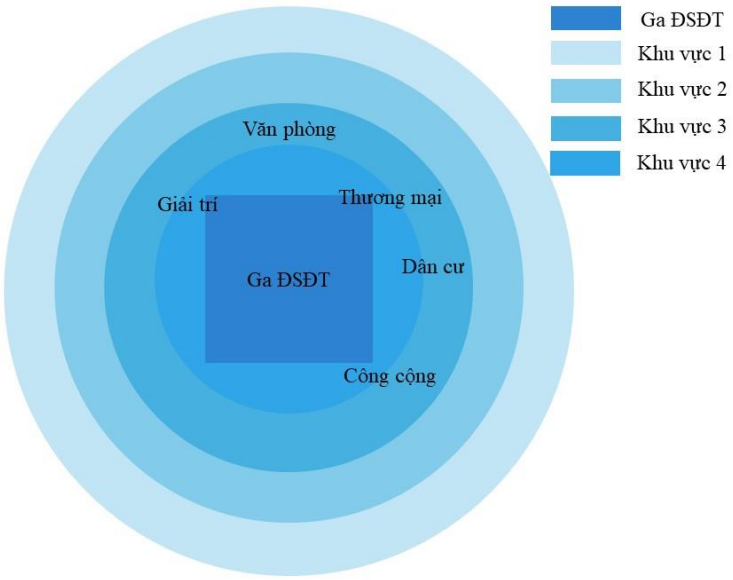
Phát triển định hướng giao thông công cộng TOD là một loại hình phát triển đô thị với mục tiêu tối đa hóa việc sử dụng không gian dân cư, các loại hình kinh doanh và giải trí trong khoảng cách đi bộ từ các điểm dừng tập trung giao thông công cộng. Mô hình TOD thúc đẩy mối quan hệ cộng sinh giữa hình thức đô thị đông đúc và việc sử dụng giao thông công cộng hiệu quả. Mô hình phát triển TOD được ứng dụng tại các thành phố đông dân với kỳ vọng sẽ tạo ra sự đồng bộ phát triển giao thông và phát triển đô thị, tạo được không gian đô thị mới, các hoạt động mới trong phạm vi ảnh hưởng của tuyến đường sắt đô thị.

* *Tác giả liên hệ*
Email: vuminhngan@humg.edu.vn

Về nguyên tắc, mô hình phát triển TOD thường lấy một điểm dừng trung tâm của giao thông công cộng (nhà ga, bến xe, điểm dừng xe buýt,…) làm trung tâm. Thông thường điểm trung tâm này được bao quanh bởi khu vực sử dụng hỗn hợp có mật độ cao. Sau đó, mô hình này phân bổ lan tỏa từ trung tâm này đến các khu vực xung quanh rộng hơn với mật độ thấp hơn dần. Trong mô hình TOD, khu vực trung tâm được thiết kế sao cho thuận tiện việc đi bộ đến các các khu lân cận bằng cách giảm diện tích đất dành cho bãi đỗ xe ô tô cá nhân. Do đó, để thuận tiện cho việc đi bộ, các khu vực có mật độ cao nhất của TOD thường nằm trong bán kính từ 400 đến 800m xung quanh điểm dừng trung tâm của giao thông công cộng (Calthorpe P., 1990).

Hình 1 mô tả mô hình định hướng giao thông công cộng TOD cho nhà ga đường sắt đô thị với điểm trung tâm là nhà ga, các khu vực 4 tập trung mật độ cao dân cư và các công trình thương mại, khu vui chơi giải trí và công cộng, khu vực 1,2,3 xa hơn sẽ xây dựng các khu dân cư và văn phòng. Giao thông đi lại trong khu vực 4 ưu tiên cho đường đi bộ và hạn chế các bãi đỗ xe.

Mô hình phát triển TOD được ứng dụng phát triển tại một số thành phố đông đúc trên thế giới ở Nhật Bản, Thụy Điển và Pháp. Đặc biệt mô hình này có nhiều nét tương đồng với các khu vực thị trấn, thành phố tại các nước Hà Lan và Đan Mạch nơi khuyến khích sử dụng xe đạp làm phương tiện di chuyển chính trong khu vực địa phương để đến các điểm dừng giao thông công cộng.



Hình 1 Mô hình định hướng giao thông công cộng TOD cho khu vực nhà ga đường sắt đô thị

Tỷ lệ sử dụng đất khu vực nhà ga đường sắt đô thị theo TOD được khuyến nghị như sau: Khu vực công cộng tối thiểu 10%, vùng lõi thương mại dịch vụ: 10%÷30%, dân cư: 20%÷60%, văn phòng: 20%÷60% (Calthorpe P., 1990).

Một số lợi ích của việc phát triển định hướng giao thông công cộng TOD bao gồm:

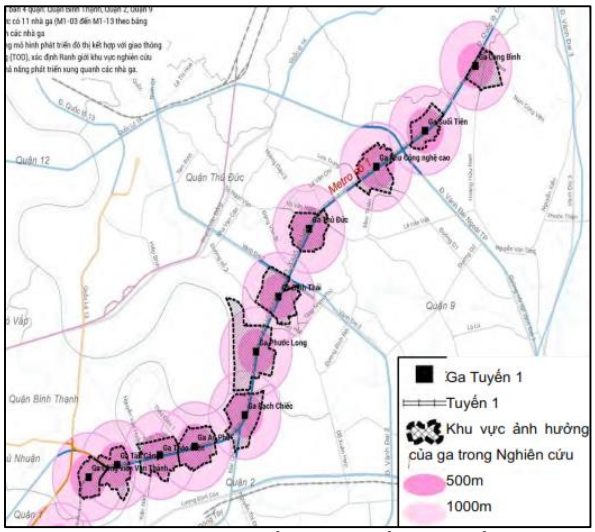
- Mô hình TOD tăng cường khả năng di chuyển và tiếp cận: mô hình TOD khuyến khích phát triển các khu vực tập trung dân cư mật độ cao và sử dụng hỗn hợp xung quanh các nhà ga đường sắt đô thị qua việc ưu tiên khả năng tiếp cận giao thông công cộng. Người dân sống gần các điểm trung tâm có thể dễ dàng tiếp cận tàu điện, metro, xe buýt và các phương tiện giao thông công cộng khác, từ đó giảm sự phụ thuộc vào xe cá nhân. Điều này góp phần giảm ùn tắc giao thông và giảm thiểu ô nhiễm môi trường.
- Mô hình TOD giúp phát triển kinh tế: Qua việc phát triển tập trung dân cư mật độ cao tại các điểm trung tâm, mô hình TOD có thể kích thích tăng trưởng kinh tế ở Thành phố Hồ Chí Minh. Lưu lượng người đi bộ tăng lên tại các khu vực xung quanh các nhà ga đường sắt đô thị thu hút các doanh nghiệp, cửa hàng bán lẻ, các khu phố mua sắm và nhà cung cấp dịch vụ, tạo ra cơ hội việc làm và thúc đẩy kinh tế. Bên cạnh đó, việc phát triển các trung tâm thương mại và dân cư gần các điểm trung tâm có thể dẫn đến tăng giá trị bất động sản, tạo ra nguồn thu cho thành phố.
- Mô hình TOD cải thiện chất lượng cuộc sống bằng cách phát triển các khu dân cư thân thiện với người đi bộ và xe đạp, có tiếp cận với các không gian xanh, cơ sở giải trí và các dịch vụ thiết yếu. Người dân hưởng lợi từ việc giảm thời gian đi lại, tăng cường tương tác xã hội và lối sống lành mạnh hơn. Tập trung vào phát triển sử dụng hỗn hợp của TOD với việc phát triển các công trình công cộng xung quanh điểm

trung tâm của mô hình giúp cho người dân dễ dàng tiếp cận các dịch vụ công thiết yếu như trường học, y tế và cửa hàng tạp hóa.

Tuy nhiên, việc phát triển mô hình định hướng giao thông công cộng TOD gặp một số rào cản, thách thức. Thứ nhất, việc giải phóng mặt bằng phục vụ cho phát triển TOD gần các nhà ga đường sắt đô thị. Như các dự án hạ tầng, công tác giải phóng mặt bằng là một công việc phức tạp và tốn kém, yêu cầu sự phối hợp với nhiều bên liên quan, bao gồm cả chủ đất và các cơ quan chính phủ. Thứ hai là việc nâng cấp cơ sở hạ tầng khu vực tiến hành quy hoạch TOD. Để thực hiện phát triển đô thị định hướng giao thông công cộng TOD thành công đòi hỏi mức đầu tư lớn vào cơ sở hạ tầng, bao gồm nâng cấp hệ thống giao thông công cộng, cải thiện cơ sở hạ tầng cho người đi bộ và xe đạp và đảm bảo các tiện ích và dịch vụ đầy đủ. Một yếu tố quan trọng là sự đồng tình và tham gia của người dân cho các dự án TOD. Người dân và doanh nghiệp địa phương phải được tham gia tích cực vào quá trình quy hoạch ngay từ đầu đảm bảo sự phát triển của khu vực theo mô hình TOD là phù hợp với nhu cầu của người dân.

3. Ứng dụng mô hình phát triển định hướng giao thông công cộng TOD tại tuyến Metro số 1 TP Hồ Chí Minh

Tuyến Metro số 1 TP Hồ Chí Minh, hiện đã hoàn thành xây dựng và đang đưa vào vận hành, tạo ra một cơ hội đáng kể cho việc thực hiện phát triển đô thị định hướng giao thông công cộng TOD tại Thành phố Hồ Chí Minh. Tuyến này kết nối Chợ Bến Thành ở trung tâm thành phố với Công viên Suối Tiên ở Quận 9. Tuyến metro số 1 đi qua nhiều quận quan trọng và các khu vực đông dân cư (hình 2). Việc quy hoạch phát triển các khu vực định hướng giao thông công cộng TOD dọc theo hành lang này có thể định hình các khu vực trên các tuyến tương tự tại thành phố trong tương lai.



Hình 2. Bản đồ quy hoạch TOD tại nhà ga tại tuyến metro số 1 TP Hồ Chí Minh Bến Thành-Suối Tiên (Jica, 2022)

Trong nội dung nghiên cứu này, các tác giả kiến nghị một số định hướng phát triển TOD cho khu vực nhà ga Thủ Đức trên tuyến metro số 1 TP Hồ Chí Minh (Hình 3). Theo đánh giá trên cơ sở bộ chỉ số Node (thể hiện năng lực chuyên chở và mức độ kết nối của mạng lưới giao thông) và Place (thể hiện quy mô và sự đa dạng của sử dụng đất) (Bertolini L,1996, 1999), ga Thủ Đức đạt mức cao theo hai bộ chỉ số đánh giá này (Hình 4).

Nằm ở thành phố Thủ Đức đang phát triển nhanh chóng, nhà ga này có thể đóng vai trò quan trọng cho việc phát triển kinh tế và thương mại khu vực phía đông Thành phố Hồ Chí Minh nếu áp dụng định hướng giao thông công cộng TOD. Xung quanh Ga Thủ Đức là các cơ quan hành chính của quận Thủ Đức, các khu dân cư thấp tầng, các trường đại học và các khu ký túc xá nằm xen kẽ ở phía đông. Do đó, nhu cầu sử dụng xe buýt và quảng trường nhà ga trong tương lai là rất cao. Trong khi đó, trong quy hoạch hiện tại thì không có trạm xe buýt nào tiếp cận trực tiếp với khu vực nhà ga này. Định hướng ban đầu do Jica (2022) đưa ra là phát triển đường tiếp cận phía trước nhà ga trong ngắn hạn, cung cấp dịch vụ gom tới khu đại học và tái phái triển các khu ở hiện hữu trong trung và dài hạn (hình 5). Tuy nhiên, nghiên cứu này đề xuất hướng TOD với định hướng phát triển tại khu vực này, có thể xây dựng các khu chung cư, nhà ở xã hội, các cơ sở giáo dục và các khu vực giải trí, nhà ga Thủ Đức có thể trở thành một khu vực TOD phát triển bền vững và thu hút doanh nghiệp.

Đánh giá ga Thủ Đức (Hình 5) theo các chỉ tiêu về sử dụng đất trong bán kính 500m tại Bảng 1.

Bảng 1. Tỷ lệ sử dụng một số loại đất xung quanh ga Thủ Đức

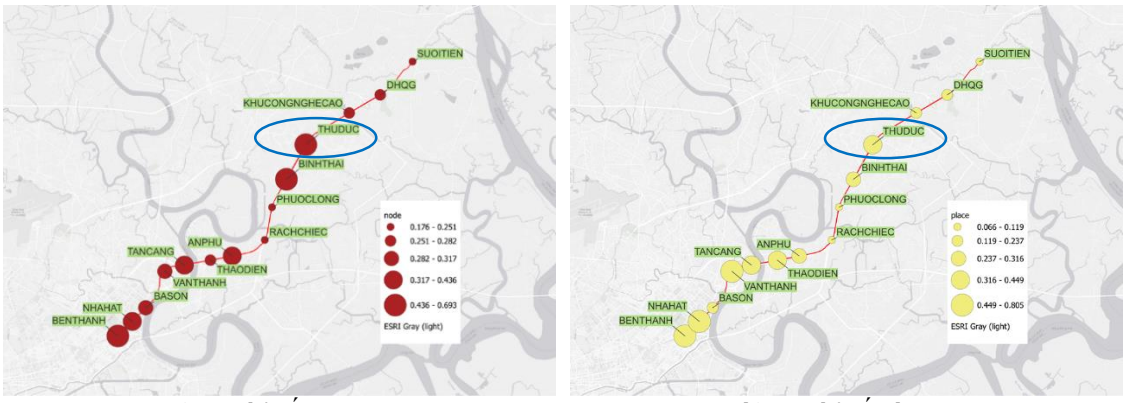
Loại đất	Diện tích (m^2)	Tỷ lệ (%)
Đất ở (chung cư cao tầng)	17853	2,27%
Đất thương mại dịch vụ	5545	0,71%
Đất giáo dục (công cộng)	53199	6,77%

Đối chiếu với các giá trị khuyến nghị theo Calthorpe P. (1990), cần quy hoạch ga Thủ Đức với định hướng tăng đất sử dụng thương mại dịch vụ, đất văn phòng và nghiên cứu tăng mật độ chung cư cao tầng. Tham khảo tại đảo quốc Singapore, một số ga cũng được xác định là không phải TOD (non-TOD) khi có đất thương mại dịch vụ dưới 10%, đất văn phòng dưới 20% (Shaofei và nnk, 2019).

Trên cơ sở này, có thể áp dụng để đánh giá tỷ lệ mục đích sử dụng đất xung quanh ga cho các ga khác và định hướng sử dụng đất để bảo đảm đạt hiệu quả quy hoạch TOD.



Hình 3 Khu vực Nhà ga Thủ Đức tuyến số 1 TP Hồ Chí Minh (Thanhnien, 2024)



a) Bộ chỉ số NODE *b) Bộ chỉ số Place*

Hình 4. Các bộ chỉ số đánh giá NODE (năng lực chuyên chở và mức độ kết nối của mạng lưới giao thông) và PLACE (quy mô và sự đa dạng của sử dụng đất) (Nguyễn Xuân Long, 2024)



Hình 5. Hiện trạng sử dụng đất bán kính 500m quanh ga Thủ Đức

Việc xây dựng các khu vực thành phố theo mô hình phát triển đô thị định hướng giao thông công cộng TOD dọc theo các tuyến metro sẽ gặp nhiều thách thức về mặt bằng, chính sách và khó khăn về hạ tầng hiện có. Để thực hiện được các mục tiêu của mô hình TOD tại các khu vực xung quanh nhà ga ĐSĐT, một số công việc sau cần phải xem xét:

- Phát triển khung quy hoạch và chính sách toàn diện

Phát triển một khung quy hoạch và chính sách toàn diện là rất cần thiết để thực hiện TOD tại thành phố Hồ Chí Minh. Các quy định này nên bao gồm các hướng dẫn rõ ràng về sử dụng đất, quy hoạch và tiêu chuẩn phát triển, cũng như các khuyến khích cho các nhà phát triển tư nhân đầu tư vào các dự án TOD. Sự phối hợp giữa các cơ quan chính phủ, các nhà quy hoạch đô thị và các cơ quan giao thông là quan trọng để điều chỉnh các mục tiêu và đảm bảo sự tích hợp liền mạch của các nguyên tắc TOD.

- Hợp tác công-tư: Hợp tác công-tư (PPP) có thể đóng một vai trò quan trọng trong việc cung cấp nguồn vốn để thực hiện các dự án TOD. Bằng cách tận dụng đầu tư và chuyên môn của khu vực tư nhân, thành phố có thể đẩy nhanh việc phát triển các cộng đồng định hướng giao thông đồng thời giảm thiểu gánh nặng tài chính cho các nguồn từ chính phủ. PPP có thể tạo điều kiện cho việc xây dựng các khu vực hỗn hợp, nhà ở xã hội và nâng cấp cơ sở hạ tầng, đảm bảo phát triển TOD cân bằng và bền vững.

- Thực hiện đầu tư vào hạ tầng giao thông công cộng: nâng cao mạng lưới giao thông công cộng, đặc biệt là các khu vực cho người đi bộ là một yếu tố then chốt để thực hiện TOD thành công. Thành phố Hồ Chí Minh cần ưu tiên đầu tư vào việc mở rộng và hiện đại hóa hệ thống đường sắt đô thị, cải thiện kết nối giữa các phương thức giao thông khác nhau và đảm bảo dịch vụ đáng tin cậy và hiệu quả. Nâng cấp các nhà ga đường sắt hiện có và xây dựng các nhà ga mới với các nguyên tắc TOD sẽ thu hút nhiều dân cư và doanh nghiệp đầu tư vào các khu vực xung quanh nhà ga.

- Sự tham gia của người dân và doanh nghiệp vào quy hoạch phát triên đô thị định hướng giao thông công cộng TOD: Sự tham gia của cộng đồng bao gồm cư dân và các doanh nghiệp vào quá trình quy hoạch là rất quan trọng để thu hút sự ủng hộ và đảm bảo sự thành công của các dự án TOD. Các đợt thăm dò lấy ý kiến người dân, các cuộc hội thảo và các phiên họp xin ý kiến người dân có thể giúp xác định nhu cầu và sở thích của cộng đồng, các mối quan tâm và xây dựng sự đồng thuận ủng hộ của người dân về tương lai của các dự án TOD tại Thành phố Hồ Chí Minh.

4. Kết luận

Phát triển định hướng giao thông công cộng TOD là một giải pháp đầy hứa hẹn để giải quyết các thách thức của quá trình đô thị hóa và giao thông tại Thành phố Hồ Chí Minh về tập trung dân cư đông và ô nhiễm môi trường. Bằng cách tập trung vào các khu vực xung quanh các nhà ga đường sắt đô thị, thành phố có thể tạo ra các khu vực phát triển bền vững, tăng cường khả năng di chuyển, thúc đẩy tăng trưởng kinh tế và cải thiện chất lượng cuộc sống cho cư dân. Nghiên cứu đã đưa ra các thách thức đối với Thành phố Hồ Chí Minh trong việc phát triển mô hình TOD đối với các khu vực nhà ga đường sắt đô thị bao gồm giải phóng mặt bằng, cơ sở hạ tầng hiện có và sự đồng thuận của người dân và các giải pháp về đầu tư, chính sách để thực hiện TOD thành công. Một số gợi ý về phát triển TOD dọc theo tuyến metro số 1 Thành phố Hồ Chí Minh theo hướng quy hoạch hạ tầng đã được đưa ra với nhà ga Thủ Đức đã được nêu trong nghiên cứu này.

Để thực hiện thành công các dự án quy hoạch phát triển định hướng giao thông công cộng TOD khu vực các nhà ga đường sắt đô thị tại Thành phố Hồ Chí Minh, nghiên cứu kiến một số giải pháp bao gồm: Tích hợp TOD vào các kế hoạch tổng thể của thành phố, thúc đẩy phát triển các khu dịch vụ hỗn hợp, nâng cao cơ sở hạ tầng cho người đi bộ và xe đạp, phát triển nhà ở xã hội và thực hiện giám sát và đánh giá các dự án TOD thường xuyên, tạo điều kiện cho việc tái tạo các mô hình thành công trên toàn thành phố.

Tài liệu tham khảo

Calthorpe, P., 1990. Transit-Oriented Development Design Guidelines. *Calthorpe Association*, *5*.

Jica, 2022. *Khảo sát thu thập số liệu về Quy hoạch đô thị và Phát triển đô thị theo định hướng Giao thông công cộng (TOD) tại Thành phố Hồ Chí Minh và Hà Nội.*

Bertolini L,1996. Nodes and places: complexities of railway station redevelopment. *European Planning Studies* 4(3): 331–345.

Bertolini L,1999. Spatial development patterns and public transport: the application of an analytical model in the Netherlands. *Planning Practice and Research* 14(2): 199–210.

Nguyễn Xuân Long, 2024.*Phát triển đô thị theo định hướng giao thông công cộng (TOD).* ĐH Bách Khoa TP.HCM.

Shaofei Niu, et al, 2019. Study on land use characteristics of rail transit TOD sites in new towns - taking Singapore as an example. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, Vol 18, No.1,16-27

Vietnamnet, 2023. *Https://vietnamnet.vn/toan-canh-nha-ga-ngam-dep-nhat-tuyen-metro-so-1-tp-hcm-2178428.html*

Thanhnien, 2024. *https://thanhnien.vn/lo-dien-hinh-anh-hoan-chinh-14-nha-ga-tuyen-metro-so-1-185240416154335184.htm*

ABSTRACT

Some issues related to infrastructure planning for urban railway station areas in along Metro Line No. 1 in Ho Chi Minh City according to the Transit-Oriented Development (TOD) model

Vu Minh Ngan[1,*], Nguyen Chi Dat[2], Vu Thai Linh[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Department of Transport of Ho Chi Minh City*

Ho Chi Minh City is implementing urban railway projects to improve the quality of life and address traffic congestion and environmental pollution, especially in densely populated residential areas. Transit-Oriented Development (TOD) is an urban planning strategy aimed at creating high-density, mixed-use residential areas within walking distance of public transportation hubs, ensuring the integration of transportation development and urban development within the city. This article discusses issues related to infrastructure planning according to the TOD model on Metro Line No. 1 of Ho Chi Minh City, Ben Thanh-Suoi Tien, highlighting the benefits of developing areas around stations with a focus on public transportation and community development. The study also examines the application of the TOD model for infrastructure planning in the area around Thu Duc station on Metro Line No. 1 of Ho Chi Minh City, Ben Thanh-Suoi Tien, including the benefits, challenges, and recommendations for implementing TOD.

Keywords: station; urban railway; planning; TOD

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Thi công lắp xây lắp đường ống hạ tầng bằng công nghệ khoan guồng xoắn (HAB)

Vũ Minh Ngạn[1,*], Phạm Văn Hùng[1], Đặng Quang Huy[1] ,Trần Hồng Hạnh[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Xây lắp hệ thống đường ống hạ tầng là công việc thường xuyên và có vai trò rất lớn trong việc phát triển đô thị tại các thành phố. Hiện nay, có nhiều công nghệ thi công đường ống như khoan ngang định hướng, khoan kích ngầm pipejacking…, để lắp đặt hệ thống đường ống trong thành phố. Công nghệ khoan guồng xoắn là một công nghệ đào và lắp dựng đường ống hiệu quả và đã được sử dụng rộng rãi trên thế giới tuy nhiên ở Việt Nam chưa được sử dụng phổ biến. Bài báo giới thiệu về công nghệ khoan guồng xoắn bao gồm quá trình phát triển, cấu tạo công nghệ, trình tư thi công và phạm vi ứng dụng. Nội dung trình bày trong bài báo là tài liệu tham khảo để các kỹ sư xây dựng các công trình hạ tầng thiết kế và tổ chức thi công hệ thống đường ống kỹ thuật tại các khu đô thị tại Việt Nam khi lựa chọn giải pháp thi công bằng công nghệ khoan guồng xoắn.

Từ khóa: khoan guồng xoắn; hạ tầng; đường ống

1. Đặt vấn đề

Sự gia tăng dân số tại các khu đô thị và các nhu cầu cuộc sống tăng cao dẫn đến nhu cầu về mở rộng và thi công, xây lắp mới và bổ sung các đường ống hạ tầng kỹ thuật bao gồm cáp viễn thông, đường ống cấp thoát nước…, ngày càng trở nên cấp thiết và thường xuyên. Bên cạnh đó, việc xây dựng hệ thống đường ống là một công việc mang tính chất bắt buộc và thường xuyên tại các khu đô thị và các thành phố hiện đại trên thế giới.

Với sự phát triển của công nghệ và các ngành cơ khí, các công nghệ thi công đường ống dạng đào kín ngày càng phát triển thay thế các biện pháp đào hở như khoan kích ngầm pipejacking, khoan ngang định hướng HDD. Ưu điểm của các công nghệ khoan mới này cho phép giảm thiểu ảnh hưởng đến các công trình trên bề mặt và không ảnh hưởng đến giao thông đi lại tại khu vực thi công. Công nghệ sử dụng thiết bị khoan guồng xoắn trong thi công lắp đặt đường ống là một công nghệ đã được phát triển lâu trên thế giới nhưng chưa được phổ biến ở Việt Nam. Để có thể đa dạng hóa sự lựa chọn công nghệ thi công đường ống phù hợp với các điều kiện thực tế và theo kịp sự phát triển công nghệ xây dựng trên thế giới, bài báo giới thiệu những khái niệm, nguyên lý hoạt động và cấu tạo cơ bản công nghệ khoan guồng xoắn để thi công lắp đặt đường ống kỹ thuật trong các khu đô thị.

2. Công nghệ thi công khoan guồng xoắn

Công nghệ khoan guồng xoắn là một công nghệ thi công đường ống phổ biến được ứng dụng để thi công lắp đặt đường ống dưới các công trình hiện hữu như đường giao thông, đường sắt…, mà không gây gián đoạn giao thông và giảm thiểu ảnh hưởng đến cuộc sống của người dân.

Về lịch sử phát triển, công nghệ khoan guồng xoắn được bắt đầu sử dụng từ năm 1936 với những chiếc máy khoan đầu tiên được chế tạo đặt trên những chiếc xe tải cũ (Asce, 2004). Những máy này do công ty CRC-Evans Pipeline International chế tạo, là máy khoan trục vít theo đó toàn bộ hệ thống được treo bằng thiết bị đặt ống. Công nghệ khoan guồng xoắn được chính thức phát triển vào năm cuối những năm 1940 bởi các công ty Vin Carthy, Salem Tool Company và Charlie Kandal. Charlie Kandal sáng lập công ty Kandal Motors và đã sản xuất máy khoan gàu xoắn đầu tiên Ka-mo. Ban đầu thiết bị này dùng năng lượng điện, sau đó chuyển qua năng lượng dầu chạy trên đường ray. Để thi công lắp đặt đường ống, thời điểm này công nghệ khoan guồng xoắn đòi hỏi phải có giếng đào ở một độ sâu tương đối lớn. Đến năm 1951, công ty Kamo đã có thể khoan đường ống đường kính lên đến 125mm với chiều dài khoảng 70m. Hai công ty Salem và Ka-mo thống trị thị trường khoan guồng xoắn đến năm 1961. Al Richmond bắt đầu sản xuất

* *Tác giả liên hệ*
Email: vuminhngan@humg.edu.vn

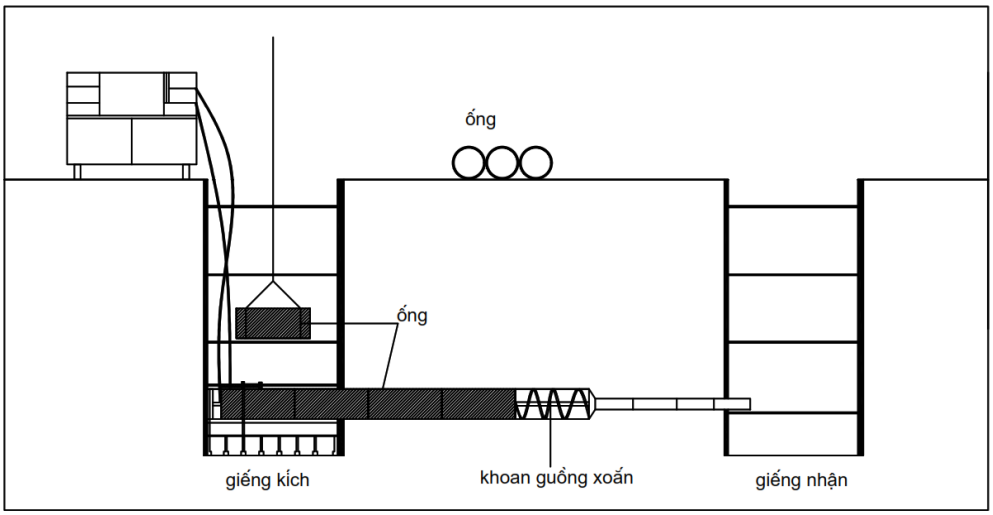
máy khoan guồng xoắn có đường kính nhỏ tương tự như máy khoan Ka-mo. Thiết bị này cũng hoạt động trên đường ray và được trang bị các pittong thủy lực. Tuy nhiên ngược với xu hướng phát triển của công ty Ka-Mo với máy có kích thước lớn và thi công các đường ống nhỏ, Richmond hướng tới các thiết bị cơ bản, nhỏ gọn và thuận tiện thi công. Chính vì vậy, các thiết bị khoan guồng xoắn của Richmond nhanh chóng phổ biến với các máy có kích thước 600mm, 750mm và 950mm và đã rất nhiều đường ống đươc thi công bằng công nghệ khoan guồng xoắn trong thời gian này. Năm 1970, Leo Barbera rời khỏi công ty Richmond Manufacturing và lập ra công ty American Augers và sáng tạo ra máy khoan guồng xoắn lái bằng thủy tĩnh. Khi gặp các chướng ngại vật lớn, máy sẽ chuyển qua chế độ mômen xoắn cực đại. Những năm 1980 đến nay, công nghệ này chủ yếu được phát triển về phương diện an toàn khi thi công và đào tạo nhân lực điều khiển thiết bị.

Một số dự án lắp đặt đường ống kĩ thuật trên thế giới đã cho thấy rất nhiều ưu việt của công nghệ khoan guồng xoắn đặc biệt tại các vị trí giao cắt với đường giao thông như dự án "Mở rộng cơ sở hạ tầng vận chuyển khí của công ty Bulgartransgaz chạy song song với đường ống dẫn chính phía bắc tới biên giới Bulgaria-Serbia, giai đoạn: "Phần đường ống" số 180-100", trong khoảng thời gian từ tháng 7 đến tháng 9 năm 2020, đã hoàn thành thành công 20 đoạn băng qua đường bộ và đường sắt với kích thước 1420×19,05 trong tổng chiều dài 1034 m, dự án xây dựng đường ống dẫn khí dài 267 km nối thị trấn Gresik ở Đông Java và Semarang ở Trung Java, được gọi là đường ống Gresem cũng có một số vị trí bang cắt qua đường giao thông phải sử dụng công nghệ khoan guồng xoắn để thi công. Tại Việt Nam, công nghệ này mới chỉ dừng lại ở một số nghiên cứu như Cương, D.V. và Bình, L.Đ. (2014), Quang, N.V.(2015), công tác triển khai trong thực tế mới chỉ áp dụng trong lĩnh vực khai thác khoáng sản (Tiến, T.T.M và nnk, 2022), ứng dụng trong công tác thi công lắp đặt đường ống chưa được ghi nhận.

Về mặt nguyên lý hoạt động, công nghệ này có những điểm tương đồng với công nghệ khoan kích ngầm pipejacking khi thi công lắp dựng đường ống qua hai giếng là giếng kích và giếng nhận. Điểm khác biệt là thiết bị khoan đào khi sử dụng vít tải dạng guồng xoắn để vận chuyển vật liệu đào về giếng khởi tạo và sau đó chuyển đổ thải.

3. Cấu tạo chi tiết các thành phần công nghệ khoan guồng xoắn

Các thành phần chính của công nghệ bao gồm: thiết bị khoan guồng xoắn, thiết bị kích đẩy, giếng khởi tạo và giếng nhận. Hình 1 mô tả sơ đồ công nghệ khoan guồng xoắn.



Hình 1. Công nghệ khoan guồng xoắn

Các giếng khởi tạo và nhận là các giếng đào tương ứng với khi bắt đầu và kết thúc quá trình lắp đặt đường ống. Thiết bị máy khoan guồng xoắn được đặt vào vị trí trong giếng khởi tạo và các chiều dài ống vách liên tiếp được bổ sung qua giếng khởi tạo. Khi quá trình khoan hoàn tất, đầu cắt và các thiết bị liên quan được đưa ra khỏi giếng nhận.

Thiết bị kích thủy lực được trang bị để cung cấp lực kích cần thiết để đẩy ống vách xuyên qua mặt đất. Việc đẩy các ống vách vào lỗ khoan trong khi máy khoan đang đào để ngăn ngừa sự dịch chuyển của nền đất gây các hư hỏng đường ray và các công trình trên bề mặt.

Mặc dù công nghệ đang được cải tiến theo thời gian nhưng khả năng định hướng trong công nghệ khoan guồng xoắn không được dễ dàng như các công nghệ thi công lắp đặt đường ống khác. Điều quan trọng là

thiết bị phải được căn chỉnh phù hợp trong giếng khởi tạo để đặt hướng khoan chính xác ngay từ đầu nhằm tránh độ lệch lớn so với giếng nhận.

Tương tự như khoan ngang định hướng HDD, dung dịch được sử dụng trong công nghệ khoan guồng xoắn để đảm bảo ổn định vách hố khoan trong quá trình thi công và giảm lực ma sát. Các dung dịch thường được sử dụng là bentonite hoặc hỗn hợp bentonite và polymer. Dung dịch này được trộn và bơm qua đường ống. Trong công nghệ khoan guồng xoắn, khoảng cách bơm dung dịch thường ngắn, khoảng dưới 30m.

3.1. Máy khoan guồng xoắn

Thiết bị chính thi công là máy khoan guồng xoắn. Thiết bị này được lắp dựng tại giếng kích. Các thành phần cấu thành và các thiết bị thi công của công nghệ khoan guồng xoắn được thể hiện như trên hình 2. Kích thước của giếng kích cần xét đến các thiết bị này trong quá trình thiết kế.

Về thiết bị khoan guồng xoắn, đầu cắt ở phía đầu của máy khoan gàu xoắn quay cắt xuyên qua mặt đất ở mặt lỗ khoan ở ống vách trước. Đầu cắt thường nằm ngay phía trước hoặc ngay bên trong ống vách. Vật liệu đào (đất) của quá trình khoan và cắt sẽ rơi vào gàu xoắn, bao gồm một trục vít xoắn có rãnh xoắn ốc. Các bộ phận này nằm bên trong ống vách của máy khoan guồng xoắn. Khi mũi khoan quay, vật liệu đào được vận chuyển dọc theo vít xoắn về phía hố và được vận chuyển đổ thải. Vật liệu đào có thể được vận chuyển khỏi giếng bằng thiết bị cơ khí.

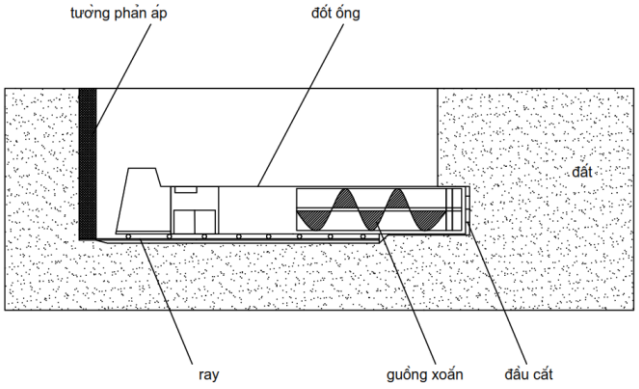


Hình 2. Máy khoan guồng xoắn (Herrenknecht, 2024)

3.2. Giếng thi công

Công nghệ khoan guồng xoắn cũng giống như các công nghệ khoan lắp đặt đường ống khác, đường ống được lắp đặt qua hai giếng là giếng kích (hay còn gọi là giếng khởi tạo) và giếng nhận.

Giếng thi công có cấu tạo tương tự như giếng thi công trong công nghệ khoan kích ngầm đã triển khai tại một số dự án thi công đường ống xử lý nước thải tại Hà Nội và Tp Hồ Chí Minh. Giếng thi công thường có kích thước đảm bảo đủ diện tích để đặt máy thi công, đường ray, tường phản lực và các kích thủy lực để kích đẩy đường ống và một số nhân công. Các nhân công thi công 2-3 người bao gồm người lái máy và một số nhân công để xử lý các tình huống có thể xảy ra. Giếng thi công thường được bố trí tại các vị trí thuận lợi cho thi công và vận chuyển thiết bị, vật liệu xây dựng cũng như giảm thiểu ảnh hưởng đến các công trình lân cận. Khoảng các giữa giếng và đường giao thông hiện hữu cần được tính toán đến cả mái dốc của giếng khi thi công đào giếng cũng như có tính toán đến các tải trọng có thể xuất hiện trong quá trình thi công như xe vận chuyển, xe cẩu ….

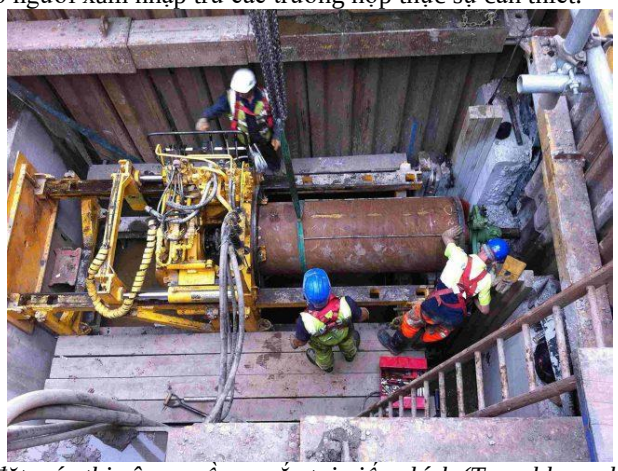


Hình 3. Các thiết bị tại giếng kích

Khi tiến hành đào cần có biển báo chỉ dẫn an toàn khi thi công. Giếng kích thường được thiết kế rộng hơn về phía đường khoan nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho việc vận chuyển vật liệu đào. Hệ thống hạ mực nước ngầm nên được thiết kế nếu xuất hiện mực nước ngầm cao. Đáy giếng thường được rải đá hoặc sỏi để đảm bảo độ cứng và ổn định cho thiết bị thi công. Trong trường hợp thi công khoan qua đá nên sử dụng

sàn bê tông để đảm bảo ổn định quá trình thi công. Tương tự như phương pháp thi công khoan kích ngầm, tường phản áp cần được bố trí thiết kế trong phương pháp khoan guồng xoắn để làm điểm tựa cho kích. Tường thường được bố trí ngược với hướng khoan.

Thông thường, các yêu cầu về an toàn đối với giếng nhận tương tự như giếng khởi tạo. Trong quá trình thi công không cho phép người xâm nhập trừ các trường hợp thực sự cần thiết.



Hình 4 Lắp đặt máy thi công guồng xoắn tại giếng kích (Trenchlesssolutions, 2017)

3.3. Đường ống

Kích thước đường ống tùy thuộc vào dự án thiết kế. Thông thường đường kính đường ống thi công bằng phương pháp khoan guồng xoắn từ 100mm đến 1800mm.

Về chiều dài khoan đường ống, công nghệ này này được sử dụng ban đầu khi khoan qua một nền đường hai làn với chiều dài khoan trung bình 12m và lớn nhất là 21m. Ngày nay, sau một thời gian phát triển, chiều dài khoan đã được tăng lên đáng kể, thường từ 53 đen 67m và chiều dài khoan lớn nhất có thể đạt được là 180m.

Độ chính xác và độ lệch khi thi công khoan guồng xoắn phụ thuộc vào công tác lắp đặt, điều kiện địa chất và người vận hành. Thông thường, độ lệch cho pháp khi thi công khoan guồng xoắn là ±1%.

3.4. Ưu nhược điểm

Ưu điểm

- Giá thành thi công rẻ hơn đáng kể so với các phương pháp khoan kích ngầm và phương pháp khoan ngang định hướng HDD.
- Do ống vách được lắp dựng cùng lúc với khoan guồng xoắn nên quá trình khoan lắp được liên tục, giảm thiểu ảnh hưởng đến nền đất xung quanh đặc biệt khi thi công dưới nền đường giao thông hoặc dưới nền đường sắt.
- Thi công lắp đặt đường ống có độ chính xác cao.
- Thi công đơn giản và không yêu cầu nhân công có trình độ tay nghề cao.

Nhược điểm

- Hạn chế trong việc thi công lắp dựng đường ống cong
- Không thi công được trong đất có nhiều đá hoặc đất ở trạng thái chảy.

3.5 Phạm vi ứng dụng

Khoan guồng xoắn là biện pháp thi công lắp đặt đường ống truyền thống đã xuất hiện trong một thời gian dài. Công nghệ khoan guồng xoắn thích hợp thi công lắp đặt các đường ống vận chuyển dầu, gas, nước sạch và nước thải có đường kính từ 600 đến 1800mm.

Công nghệ này phù hợp với thi công lắp dựng đường ống trong điều kiện đất yếu do việc sử dụng ống vách suốt quá trình thi công hạn chế ảnh hưởng đến môi trường đất xung quanh.

3.6. Các yếu tố ảnh hưởng

Các yếu tố ảnh hưởng giá thành

Giá thành của phương pháp thi công khoan guồng xoắn chịu ảnh hưởng của các yếu tố sau:

- Điều kiện đia chất: điều kiện này quyết định đến loại đầu cắt, công suất máy thi công sử dụng.
- Vị trí của dự án: vị trí của dự án quyết định chủ yếu đến giá thành, liên quan đến cự ly vận chuyển vật liệu thi công, cự ly đổ thải, các biện pháp bảo đảm an toàn giao thông trong quá trình thi công ...

- Các công trình hiện hữu dọc theo tuyến ống: yếu tố này liên quan đến mức độ ảnh hưởng và các giải pháp bảo đảm an toàn cho các công trình lân cận.
- Nước ngầm; mực nước ngầm có ảnh hưởng trực tiếp đến công tác thi công lắp đặt đường ống, các giải pháp hạ mực nước ngầm liên quan trực tiếp đến chi phí thi công.
- Độ sâu giếng: ảnh hưởng đến khối lượng đào và chống đỡ giếng.
- Đường kính ống và chiều dài khoan: ảnh hưởng đến giá thành thi công dự án
- Độ chính xác khi khoan: ảnh hưởng đến khối lượng thi công của dự án.
- Các chi phí khác như chi phí lắp đặt, di chuyển…

Các ảnh hưởng đến môi trường và xã hội xung quanh

Phương pháp khoan guồng xoắn có các ưu điểm về giảm thiểu ảnh hưởng đến môi trường và cuộc sống của người dân cũng như giao thông đi lại khi tiến hành thi công. Tuy nhiên, khi thi công cần giảm thiểu các ảnh hưởng do tiếng ồn rung động và ô nhiễm khi tiến hành thi công các giếng, và khoan kích đặc biệt khi thi công trong các khu vực nội đô đông dân cư.

4. Kết luận

Sự phát triển đô thị hóa tại các tỉnh thành nước ta đặt ra nhu cầu lớn về thi công và lắp đặt đường ống kỹ thuật. Trong khi đó, biện pháp thi công chủ yếu hiện nay thường là đào mở lại không phù hợp với các khu đô thị đã hình thành và gây ra nhiều vấn đề về ô nhiễm môi trường và giao thông đi lại của người dân. Bài báo trình bày khái niệm, nguyên lý và một số cấu tạo của công nghệ khoan guồng xoắn. Phương pháp thi công này phổ biến ở các nước lân cận và trên thế giới nhưng chưa được sử dụng phổ biến ở nước ta. Với nhiều ưu điểm trong thi công về giá thành, giảm thiểu ô nhiễm môi trường, ít ảnh hưởng đến giao thông và công trình trên bề mặt, tốc độ thi công nhanh, công nghệ khoan guồng xoắn sẽ trở nên phổ biến trong công tác thi công lắp dựng đường ống tại các khu đô thị ở nước ta trong thời gian tới.

Tài liệu tham khảo

Asce, 2004. *Horizontal auger boring projects- asce manuals and reports on Engineering Practice No.106.*

Cương, D.V. và Bình, L.Đ., 2014. Nghiên cứu thiết kế máy khoan -lắp đường ống xuyên ngang đường giao thông. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ-Đại học Đà Nẵng*, trang7-11.

Quang, N.V.,2015. Nghiên cứu thiết bị cơ khi trong hệ thông thông thi công đặt ống ống không đào hở kích thước nhỏ. *Hội nghị khoa học công nghệ thường niên cơ khí lần thứ 6, Trường Đại học bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh.*

Tiến, T.T.M., Thắng, T.N.V. and Dương, K.P.T.,2022. Nghiên cứu giải pháp khai thác tận thu vỉa mỏng tại các mỏ hầm lò vùng than Quảng Ninh bằng máy khoan xoắn. *Tạp chí khoa học Công nghệ Mỏ*, số 3/2022, trang 10-18.

Herrenknecht, 2024. *Https://www.herrenknecht.com/en/products/productdetail/auger-boring-machine/*

Trenchlesssolutions, 2017. *Https://www.trenchlesssolutions.co.uk/project/guided-auger-boring-aids-river-quality-improvement-work-blackburn/.*

ABSTRACT

Construction and installation of infrastructure pipelines using auger drilling technology

Vu Minh Ngan[1,*], Pham Van Hung[1], Dang Quang Huy[1], Tran Hong Hanh[1]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

Installing infrastructure pipeline systems is a regular task and plays a very important role in urban development in cities. Currently, there are many pipeline construction technologies, such as horizontal directional drilling and pipejacking, used to install pipeline systems in cities. Auger drilling technology is an efficient method for drilling and installing pipelines and has been widely used around the world; however, it is not yet commonly used in Vietnam. This article introduces auger drilling technology, including its development process, technological structure, construction procedures, and application scope. The content presented in the article serves as a reference for civil engineers to design and organize the construction of technical pipeline systems in urban areas in Vietnam when selecting auger drilling technology as a construction solution.

Keywords: auger drilling technology; urban infrastructure; pipeline

Ảnh hưởng của hạt nano silica đến tính chất cơ học của vùng chuyển tiếp giữa cốt sợi thép và bê tông cường độ cao

Đặng Văn Phi[1,*], Tăng Văn Lâm[1], Lê Huy Việt[1], Lê Văn Đàn[2], Phạm Văn Tuấn[3], Kim Dong Joo[4]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Viện Hàn lâm Khoa học và công nghệ Việt Nam*
[3]*Công ty cổ phần Kiến trúc Modern House*
[4]*Trường Đại Sejong, Hàn Quốc*

TÓM TẮT

Trong bài báo này, tính chất cơ học bao gồm độ cứng (*H*) và mô đun đàn hồi (*E*) tại vùng chuyển tiếp (ITZ) giữa sợi thép và bê tông cường độ cao (BTCĐC) chứa hạt nano silica (NS) đã được nghiên cứu. Hàm lượng hạt NS 3% được sử dụng để thay thế cho lượng xi măng tương ứng trong thành phần cấp phối của BTCĐC. Thí nghiệm nanoindentation (NI) được sử dụng để xác định giá trị *H* và *E* tại vùng ITZ, bên cạnh đó các phân tích dựa trên thiết bị kính hiển vi điện tử (SEM) được sử dụng để đánh giá vi cấu trúc tại vùng ITZ. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, tính chất cơ học tại vùng ITZ của BTCĐC khi được bổ sung thêm NS trong thành phần cấp phối, có giá trị cao hơn so với mẫu đối chứng BTCĐC. Kết quả của nghiên cứu cung cấp các thông tin hữu ích về vai trò của hạt NS trong việc cải thiện tính chất cơ học của bê tông, giúp nâng cao độ bền và tuổi thọ của các công trình xây dựng.

Từ khóa: Nano silica; độ cứng; mô đun đàn hồi; bê tông cường độ cao

1. Đặt vấn đề

Nghiên cứu và ứng dụng BTCĐC đang được phát triển mạnh mẽ tại Việt Nam trong những năm gần đây. BTCĐC có những ưu điểm vượt trội như cường độ chịu nén cao, khả năng chịu kéo tốt, và độ bền cao. BTCĐC đã và đang được sử dụng phổ biến trong các công trình xây dựng hiện nay như : công trình hạ tầng giao thông, công trình dân dụng, công trình thủy lợi, v..vv. Tuy nhiên, dưới những tác động của tải trọng và điều kiện môi trường khắc nghiệt, một số công trình sử dụng vật liệu BTCĐC đã ghi nhận được sự xuất hiện của các vết nứt và phá hủy trong kết cấu, dẫn đến sự suy giảm về chất lượng và tuổi thọ của các công trình, ví dụ như: Mố trụ và trụ cầu của công trình cầu Tình Húc tại Tuyên Quang (2023) xuất hiện sự bong tróc và nhiều vết nứt kéo dài; kết cấu chịu lực bê tông cốt thép xuất hiện vết nứt tại công trình tổ hợp khách sạn và căn hộ cao cấp ở Đà Nẵng (2021); vết nứt xuất hiện tại kết cấu bê tông đệm đường ray tuyến Metro số 1, Bến Thành - Suối Tiên (2020),... Nguyên nhân của những hiện tượng nứt hoặc bong tróc này là do các loại tải trọng, khi tác dụng lên các kết cấu công trình đã gây ra ứng suất kéo hoặc nén có giá trị vượt quá mức cho phép.

Mặc dù, một số loại cốt sợi đã được bổ sung trong thành phần cấp phối của BTCĐC để hạn chế sự xuất hiện và mở rộng các vết nứt, tuy nhiên bên trong cấu trúc của các loại bê tông này vẫn tồn tại những khu vực có cường độ thấp và độ rỗng cao, đặc biệt là khu vực xung quanh bề mặt cốt thép, cốt sợi và bê tông. Do đó, nghiên cứu sử dụng các loại vật liệu có kích thước nano để bổ sung vào trong thành phần cấp phối của BTCĐC cốt sợi phân tán, được cho là một trong những biện pháp hiệu quả để giảm lỗ rỗng và tăng cường sự đặc chắc của bê tông, từ đó làm tăng tính chất cơ học: cường độ uốn, kéo, và nén; đặc biệt là tăng cường tính chất cơ học của vùng chuyển tiếp giữa cốt sợi thép và bê tông.

Kết quả nghiên cứu của tác giả (Văn Viết Thiên Ân và Lê Đăng Hải, 2019) chỉ ra rằng, khi hàm lượng nano carbon tăng từ 0,05kg/m^3 đến 0,3kg/m^3 trong thành phần cấp phối của BTCĐC, thì cường độ nén của BTCĐC cũng tăng theo. Tác giả (Zhang và nnk, 2020) nghiên cứu ảnh hưởng của sợi ống carbon ở cấp độ nano (Multi walled carbon nanotube-MWCNT) đến cường độ chịu uốn của BTCĐC, tác giả báo cáo rằng khi thay thế xi măng (XM) bằng MWCNT với hàm lượng tương ứng 0,05%, đã làm tăng cường độ chịu uốn của bê tông lên đến 68%. Tuy nhiên, khi hàm lượng MWCNT lớn hơn 0,05% cường độ chịu uốn của bê tông giảm, do hàm lượng MWCNT lớn sẽ khó phân tán hoàn toàn vào trong hỗn hợp, chúng

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: dangvanphi@humg.edu.vn

dễ dàng vón tụ lại với nhau, hình thành lỗ rỗng nhiều hơn dẫn đến giảm cường độ của bê tông. Ngoài ra, các tác giả (Ding và nnk, 2020) đã nghiên cường độ chịu kéo của bê tông khi thay thế hàm lượng của XM bằng hàm lượng hạt nano-$CaCO_3$ (NC) từ 1,0 - 4,0%. Các tác giả đã báo cáo rằng, so với các hàm lượng NC đã được sử dụng, thì hàm lượng tối ưu của NC là 3,0%; khi bê tông chứa 3,0% NC đã tạo ra cường độ kéo lớn nhất (14,1MPa). Tác giả (Trần Bá Việt và nnk, 2022) đã nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng nano silica (NS) từ 1 - 5% đến tính chất cơ học của BTCĐC. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng BTCĐC đạt cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo, cường độ chịu uốn lớn nhất khi được bổ sung 3% nano silica vào trong thành phần cấp phối vật liệu. Tuy nhiên, ảnh hưởng của NS đến độ cứng, mô đun đàn hồi, và vi cấu trúc của bê tông chưa được khảo sát và đánh giá.

Mặc dù, đã có một số nghiên cứu sử dụng vật liệu nano để cải thiện tính chất cơ lý của bê tông. Tuy nhiên, những nghiên cứu ảnh hưởng của NS đến tính chất cơ học của vùng chuyển tiếp giữa cốt sợi thép và bê tông vẫn còn hạn chế. Vì vậy, trong nghiên cứu này ảnh hưởng của hạt NS đến tính chất cơ học bao gồm độ cứng và mô đun đàn hồi của vùng chuyển tiếp giữa cốt sợi thép và bê tông sẽ được đánh giá thông qua thực nghiệm.

2. Vật liệu sử dụng và quá trình thí nghiệm

2.1. Vật liệu và chế tạo mẫu thí nghiệm

Tỉ lệ thành phần cấp phối của các tổ hợp mẫu sử dụng trong nghiên cứu này được thể hiện trong Bảng 1. Quá trình chế tạo mẫu thí nghiệm được thực hiện tại phòng trộn mẫu của trường Đại học Sejong, Hàn Quốc. Mẫu đối chứng NS00 là BTCĐC, không sử dụng NS trong thành phần cấp phối. NS30 là tổ hợp mẫu sử dụng 3% NS thay thế tương đương cho khối lượng XM trong thành phần cấp phối của BTCĐC. Kích thước hạt NS có đường kính trung bình 50 nm và tỉ lệ SiO_2 chiếm 99.9%. Cát có đường kính từ 210 - 250µm, silica fume (SF) từ 0,1 - 1,0µm, và silica powder (SP) là 10µm. Tỉ lệ nước/xi măng (N/XM) được sử dụng trong nghiên cứu này là 0,2. Ngoài ra, cốt sợi thép có đường kính 0,3 mm, chiều dài 30 mm, và mô đun đàn hồi 200GPa, được sử dụng trong nghiên cứu này; mỗi mẫu thí nghiệm có 09 cốt sợi thép được sử dụng.

Bảng 1. Tỉ lệ thành phần cấp phối của các tổ hợp

Tổ hợp	XM	NS	Cát	SF	SP	Phụ gia siêu dẻo	N/XM	Cường độ nén (MPa)	Độ chảy (mm)
NS00	1,00	-	1,1	0,25	0,3	0,075	0,2	186,32	225
NS30	0,97	0,03	1,1	0,25	0,3	0,075	0,2	190,45	170

Quá trình chế tạo mẫu thí nghiệm bao gồm các bước trộn nguyên vật liệu theo cấp phối, đổ hỗn hợp bê tông vào khuôn, bảo dưỡng, và gia công mẫu trước khi làm thí nghiệm. Trong đó, NS được phân tán cùng với lượng nước và phụ gia siêu dẻo theo yêu cầu cấp phối trước khi đổ vào hỗn hợp bê tông, mục đích để phân bố đều NS vào trong hỗn hợp của bê tông và tránh hiện tượng vón tụ NS trong quá trình trộn vật liệu. Hình 1 trình bày hình ảnh mẫu thí nghiệm được sử dụng trong nghiên cứu này, mẫu có dạng hình trụ với đường kính 31 mm và chiều cao là 10 mm. Quá trình gia công mẫu thí nghiệm được thực hiện theo hướng dẫn chi tiết trong tài liệu (Đặng Văn Phi và Kim Dong Joo, 2023).



(a) Mẫu thí nghiệm trước khi gia công *(b) Mẫu thí nghiệm sau khi gia công*

Hình 1. Mẫu thí nghiệm NI được sử dụng trong nghiên cứu

2.2. Quá trình thí nghiệm

Hình 2 trình bày thí nghiệm nanoindentation (NI) được sử dụng để khảo sát tính chất cơ học tại vùng chuyển tiếp giao diện giữa sợi thép và bê tông (ITZ). Thí nghiệm NI được thực hiện tại phòng thí nghiệm của trường Đại học Sejong, Hàn Quốc. Trong quá trình thí nghiệm NI, tải trọng tác dụng lên đầu kim (indenter tip - IT) tăng dần, dẫn đến độ sâu của vết lõm do đầu kim IT tác dụng trên bề mặt mẫu cũng tăng theo; khi tải trọng đạt đến giá trị lực lớn nhất P_{max} lúc này độ sâu trên bề mặt mẫu cũng đạt đến độ sâu cực đại h_{max}. Sau đó là quá trình dỡ tải, kim IT từ từ được rút ra khỏi bề mặt mẫu, tuy nhiên bề mặt mẫu không thể trở về trạng thái phẳng ban đầu mà vẫn xuất hiện vệt lõm với độ sâu h_f, hiện tượng này là do tính chất đàn dẻo của vật liệu. Kết quả thu được từ quá trình thí nghiệm NI được sử dụng để xác định độ cứng (H) và mô đun đàn hồi (E) theo công thức (1) và (2) (Oliver và Pharr, 1992):

$$H = \frac{P_{\max}}{A_c} \tag{1}$$

$$E = \left(1-\upsilon^2\right)\left(\frac{1}{E_r} - \frac{1-\upsilon_i^2}{E_i}\right)^{-1} \tag{2}$$

trong đó :

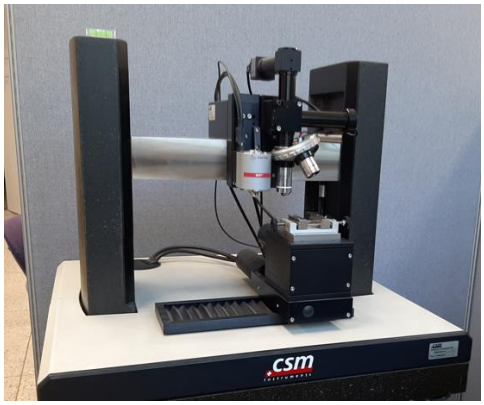
A_c - diện tích hình chiếu của đầu kim IT trên bề mặt mẫu;

υ và υ_i - hệ số Poisson của bê tông và đầu kim IT;

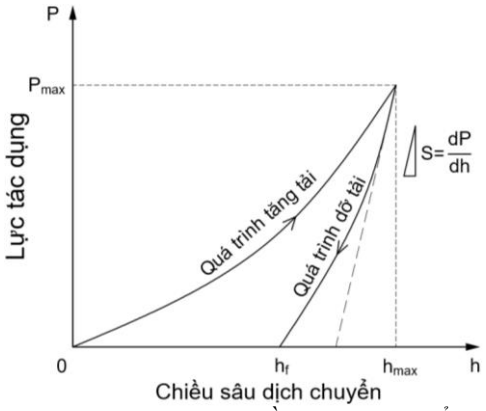
E_i - mô đun đàn hồi của đầu kim IT;

E_r - độ giảm mô đun đàn hồi.

Trong nghiên cứu này, tốc độ gia tải của đầu kim IT là 1 mN/s và giá trị P_{max} là 2 mN đã được sử dụng.



(a) Thiết bị thí nghiệm NI



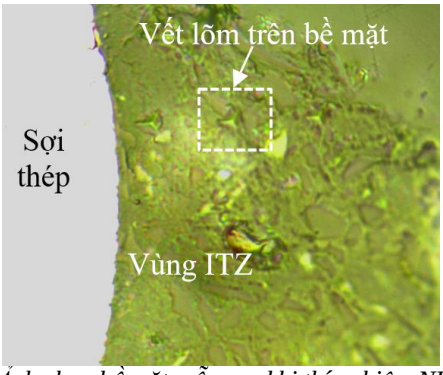
(b) Lực tác dụng và chiều sâu dịch chuyển (Dang and Kim 2023)

Hình 2. Thí nghiệm NI: (a) Thiết bị thí nghiệm NI, (b) Lực tác dụng và chiều sâu dịch chuyển

3. Kết quả và thảo luận

Hình 3 thể hiện hình ảnh bề mặt mẫu sau khi kết thúc thí nghiệm NI. Có thể thấy rằng, trên bề mặt mẫu thí nghiệm xuất hiện những vết lõm có hình dạng lăng trụ tam giác do đầu kim IT tạo ra trên bề mặt mẫu sau khi quá trình dỡ tải kết thúc. Bên cạnh đó, tính chất cơ học tại vùng ITZ bao gồm độ cứng H và mô đun đàn hồi E được tổng hợp trong Bảng 2. Giá trị H và E của tổ hợp NS30 lần lượt là 2,57 ± 0,13MPa và 46,09 ± 0,42 GPa, trong khi các giá trị này của mẫu đối chứng NS00 lần lượt là 2,27 ± 0,11MPa và 41,84 ± 0,31GPa (Bảng 2). Khi thay thế hàm lượng XM bằng 3% NS tương ứng trong thành phần cấp phối thì độ cứng H và mô đun đàn hồi E tại vùng ITZ tăng lần lượt là 13,22% và 10,16%.

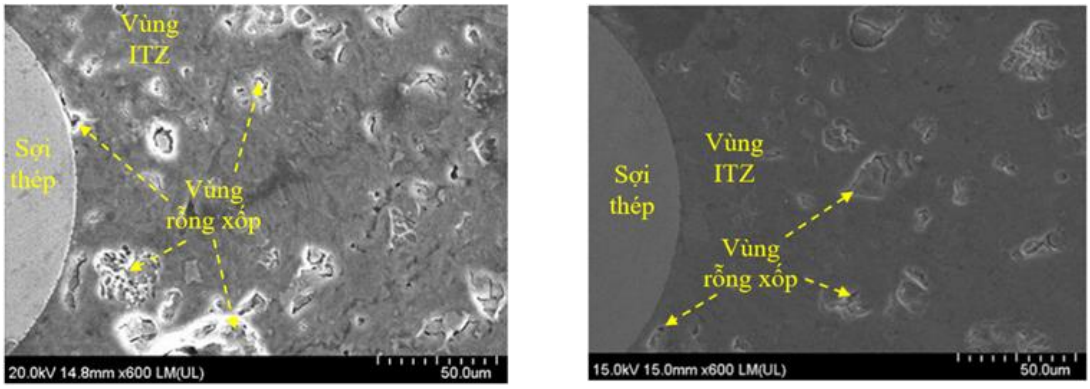
Sự tăng H và E tại vùng ITZ trong tổ hợp NS30 so với mẫu đối chứng NS00 là do với kích thước siêu mịn của NS, chúng có khả năng điền đầy lỗ rỗng giữa các hạt cốt liệu, từ đó làm cho cấu trúc bê tông được đặc chắc hơn, đặc biệt là tại khu vực ITZ của bê tông cốt sợi. Bên cạnh đó, NS có khả năng tham gia vào các phản ứng pozzolanic tạo C-S-H, từ đó làm tăng độ đặc chắc và cường độ của BTCĐC (Wu và nnk, 2016). Ảnh hưởng của NS đến độ đặc chắc của bê tông được làm sáng tỏ thông qua hình ảnh chụp SEM tại vùng xung quanh bề mặt sợi thép (Hình 4) và kết quả tính toán phần trăm diện tích lỗ rỗng tại vùng ITZ của các tổ hợp (Hình 5). Kết quả cho thấy rằng, khi bổ sung NS vào trong thành phần cấp phối của bê tông đã làm cải thiện đáng kể sự đặc chắc cấu trúc của bê tông, đặc biệt khu vực xung quanh bề mặt sợi thép và bê tông. Phần trăm độ rỗng tại vùng ITZ của các tổ hợp NS00 và NS30 lần lượt là 4,26% và 3,87% (Hình 5).



Hình 3. Ảnh chụp bề mặt mẫu sau khi thí nghiệm NI kết thúc

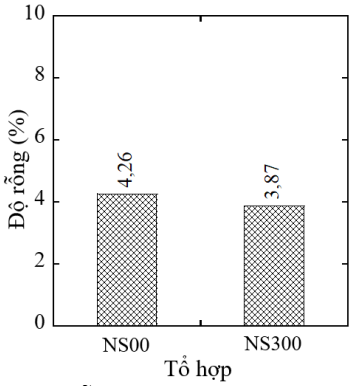
Bảng 2. Độ cứng và mô đun đàn hồi tại vùng ITZ của các tổ hợp.

Tổ hợp	*H* (MPa)	*E* (GPa)
NS00	2,27 ± 0,11	41,84 ± 0,31
NS30	2,57 ± 0,13	46,09 ± 0,42



(a) NS00 *(b) NS30*

Hình 4. Ảnh chụp SEM tại vùng ITZ của các hỗn hợp



Hình 5. Độ rỗng tại vùng ITZ của các tổ hợp

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của hạt nano silica đến tính chất cơ học của vùng chuyển tiếp giữa sợi thép và bê tông cường độ cao đã được đánh giá dựa trên kết quả thí nghiệm nanoindentation. Trong đó, hàm lượng xi măng đã được thay thế bằng hàm lượng nano silica 3% tương ứng, các kết luận được rút ra từ nghiên cứu như sau :

+ Tính chất cơ học tại vùng ITZ trong bê tông được cải thiện đáng kể khi thay thế hàm lượng NS tương ứng với lượng XM trong thành phần cấp phối. Sự cải thiện tính chất cơ học của bê tông khi sử dụng thêm NS trong

hỗn hợp là do khả năng điền đầy cũng như khả năng tham gia vào các phản ứng pozzolanic tạo C-S-H của NS, từ đó làm tăng độ đặc chắc và cường độ của bê tông.

+ Khi bổ sung NS vào trong thành phần cấp phối đã làm tăng độ đặc chắc cấu trúc của bê tông tại khu vực xung quanh bề mặt sợi thép và bê tông. Sự giảm độ rỗng trong bê tông của hỗn hợp chứa NS là do kích thước siêu mịn của NS đã điền đầy lỗ rỗng giữa các hạt cốt liệu làm cho cấu trúc của bê tông đặc chắc hơn, đặc biệt là tại khu vực ITZ của bê tông cốt sợi.

5. Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Mỏ-Địa chất và đề tài Khoa học và Công nghệ cấp Cơ sở mã số: T24-34 của Trường Đại học Mỏ-Địa chất. Nhóm nghiên cứu xin trân trọng cảm ơn.

Tài liệu tham khảo

Văn Viết Thiên Ân và Lê Đăng Hải, 2019. Ảnh hưởng của Nano Carbon và tro bay đến co ngót và khả năng kháng nứt của Bê tông chất lượng siêu cao. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, số 2, trang 32–40.

Đặng Văn Phi và Kim Dong Joo, 2023. Rate-Sensitive Pullout Resistance of Smooth-Steel Fibers Embedded in Ultra-High Performance Concrete Containing Nanoparticles. *Cement and Concrete Composites*, 140: 1-21.

Ding và nnk, 2020. Linkage of Multi-Scale Performances of Nano-$CaCO_3$ Modified Ultra-High Performance Engineered Cementitious Composites (UHP-ECC). *Construction and Building Materials*, 283: 1-19.

Oliver và Pharr, 1992. An Improved Technique for Determining Hardness and Elastic Modulus Using Load and Displacement Sensing Indentation Experiments. *Journal of Materials Research*, 7: 1564-1583.

Trần Bá Việt và nnk, 2022. Ảnh hưởng của Nano Silica đến tính chất của Bê tông siêu tính năng UHPC, *Tạp chí Xây dựng*, số 1, trang 98–102.

Wu và nnk, 2016. Effects of Different Nanomaterials on Hardening and Performance of Ultra-High Strength Concrete (UHSC). *Cement and Concrete Composites*, 70: 24-34.

Zhang và nnk, 2020. Investigating the Influence of Multi-Walled Carbon Nanotubes on the Mechanical and Damping Properties of Ultra-High Performance Concrete. *Science and Engineering of Composite Materials*, 27: 433-444.

https://baoxaydung.com.vn/day-manh-ung-dung-cong-nghe-be-tong-sieu-tinh-nang-tai-viet-nam-346383.html

https://thuongtruong.com.vn/news/tuyen-quang-xuat-hien-cac-vet-nut-tai-mo-tru-cau-tinh-huc-111851.html

https://www.stic.com.vn/en/news/about/high-rise-building-construcion-checking-and-evaluating-the-construction-quality-and-bearing-safety-capacity-of-the-project-40.html

https://laodong.vn/xa-hoi/can-canh-vi-tri-dam-cau-can-tuyen-metro-so-1-gap-su-co-hu-hong-853543.ldo

ABSTRACT

Effect of nano silica on the mechanical properties of the interfacial transition zone between steel fibers and high-strength concrete

Dang Van Phi[1] , Tang Van Lam[1], Le Huy Viet[1], Le Van Dan[2], Pham Van Tuan[3], Kim Dong Joo[4]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Vietnam Academy of Science and Technology*
[3]*Modern House Architecture Joint Stock Company*
[4] *Sejong University, Korea*

In this study, the mechanical properties, specifically hardness (H) and elastic modulus (E), at the interfacial transition zone (ITZ) between steel fibers and high-strength concrete (HSC) containing nano silica (NS) were investigated. A content of 3% NS was used to replace an equivalent amount of cement by weight in the HSC composition. The nanoindentation (NI) test was employed to determine the H and E values at the ITZ of the matrices, while scanning electron microscope (SEM) analysis was utilized to evaluate the microstructure at the ITZ. The mechanical properties at the ITZ of HSC containing NS are higher than those of HSC without NS. Additionally, the findings from the study provide useful information about the role of NS particles in strengthening the mechanical properties of concrete, which helps enhance the durability and extend the lifespan of constructions.

Keywords: Nano silica; hardness; modulus; high-strength concrete

Dự báo, hạn chế, phòng ngừa sự cố trong thi công công trình ngầm

Nguyễn Quang Phích[1,*], Nguyễn Quang Minh[2], Bùi Văn Đức[2],
Trần Tuấn Minh[2], Đỗ Ngọc Thái[2]
[1]Trường Đại học Văn Lang, [2]Trường Đại học Mỏ-Địa chất Hà Nội

TÓM TẮT

Thi công các công trình ngầm thường đối mặt với các tai biến địa chất hay các sự cố (rủi ro, tai nạn) gây mất an toàn lao động, thiệt hại về kinh tế và chậm tiến độ. Dự báo, dự đoán khả năng có thể xảy ra sự cố luôn là nhu cầu thực tế, nhằm có được các giải pháp kỹ thuật hợp lý để hạn chế, ngăn ngừa sự cố. Bài viết tổng hợp, phân tích và giới thiệu một số kinh nghiệm dự báo, dự đoán từ kinh nghiệm thực tế; giới thiệu phương pháp xây dựng mô phỏng số cho thấy khả năng có thể dự báo sự cố ngay trong giai đoạn thiết kế, góp phần lựa chọn phương án thi công với các sơ đồ chia gương hợp lý cũng như giải pháp kỹ thuật phòng ngừa sự cố.

Từ khóa: công trình ngầm; tai biến địa chất/sự cố; dự báo/dự đoán; UDEC

1. Đặt vấn đề

Sự cố, tai nạn đã xuất hiện trong xây dựng các công trình ngầm ở nước ta do nhiều nguyên nhân khác nhau. Một trong những nguyên nhân cơ bản là do "*tai biến địa chất*", nghĩa là "*các trạng thái, các điều kiện địa chất có thể dẫn đến sự cố, tai nạn*". Trạng thái, điều kiện địa chất có thể dẫn đến sự cố và tai nạn cũng được gọi là các "*ẩn họa địa chất"*. Tuy nhiên chúng có thể dẫn đến sự cố hay tai nạn hay không còn phụ thuộc vào nhận thức, hiểu biết về chúng, sự chuẩn bị để đối phó, điều khiển chúng, cách hành xử của con người đối với chúng…Như vậy, mặc dù ẩn họa địa chất có thể tồn tại đâu đó trong khối đá, nhưng nếu chúng ta hiểu biết trước về chúng, có công tác chuẩn bị, nghiên cứu kỹ, thì vẫn có thể hạn chế đến mức tối đá các tai biến địa chất. Với cách lập luận này chúng tôi cho rằng chúng ta không nên nói là sự cố, tai nạn (do tai biến địa chất) đã xảy ra ở đâu đó, mà cần phải nói chính xác rằng sự cố, tai nạn đã bị gây ra ở đâu đó.

Thực tế thi công cho thấy rằng, các đặc điểm hay trạng thái địa chất cần được coi là ẩn họa địa chất thường gặp bao gồm:*1) Nước áp lực; 2) Các khu vực có cát, đất sét không cố kết, ở dạng cát chảy; 3) Các mặt trượt (mặt phân lớp, khe nứt nguy hiểm); 4) Các đới phá hủy, hang karst; 5) Các khối đá bị phân khối, bị vỡ vụn; 6) Các túi khí; 7) Áp lực đất đá lớn.*

Các ẩn họa địa chất này có gây ra các sự cố, tai nạn hay không, hoặc gây ra ở mức độ lớn hay nhỏ cũng còn phụ thuộc vào các yếu tố mang tính tổ chức của con người, cụ thể khi: *1) Thiếu phân bổ rõ ràng về trách nhiệm trong thăm dò, thiết kế, thi công; 2) Thiếu các kinh nghiệm liên quan với các công tác khác nhau, cụ thể trong thi công; 3) Công tác chuẩn bị không đủ, thiếu thiết bị, quy trình nêu ra chưa thật hợp lý; 4) Đưa ra các quyết định không đầy đủ hoặc sai so với tình hình thực tế.*

Hậu quả của các tai nạn, sự cố có thể là: *1) Mất đi mạng sống của con người; 2) Gây tổn hại đối với sức khỏe, gây thương tích; 3) Gây thiệt hại về tài sản, ngay trong công trình ngầm hoặc bên ngoài công trình ngầm; 4) Gây tác động có hại đối với môi trường bên ngoài; 5) Gây chậm trễ trong thi công, gây chi phí quá mức, thậm chí phá hủy toàn bộ đường hầm.*

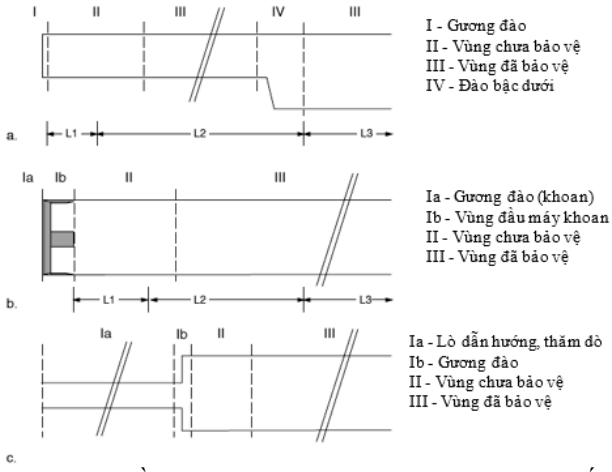
Các ẩn họa thường đã gây ra nhiều sự cố, tai nạn trong xây dựng công trình ngầm và cần được quan tâm phân tích, đánh giá một cách thỏa đáng, nhằm hạn chế, giảm thiểu được tai nạn, sự cố trong các công trình ngầm được xây dựng trong tương lai. Bài viết giới thiệu một số kinh nghiệm đúc rút từ thực tế thi công và một số kết quả phân tích số về khả năng dự báo trước sự cố tùy theo sơ đồ thi công.

* *Tác giả liên hệ*
Email: nqphichhumg@gmail.com

2. Dự báo, dự đoán theo kinh nghiệm thực tế

2.1. Vai trò và ý nghĩa của các công tác tại gương hầm

Người thi công thường cho rằng, ẩn họa địa chất tồn tại đâu đó trước gương hầm và sẽ bùng phát ở gương hầm. Nhưng thực tế cho thấy, ẩn họa địa chất có thể gây ra các sự cố, tai nạn cả trong các công trình ngầm đã đào, khu vực đã gia cố, chống giữ tạm (đã được bảo vệ) và thậm chí cả trong quá trình sử dụng, khai thác. Để phòng tránh, trước tiên cần quan tâm đến các công tác ngay gương hầm, nơi khối đá có thể chưa được gia cố, chống giữ cũng đồng thời là nơi hay xảy ra sự cố, tai nạn (Hình 1).



Hình 1. Phân nhóm các vùng gần khu vực gương đào liên quan với tai biến địa chất - kỹ thuật

Liên quan với các công việc thực hiện tại gương công trình ngầm là các yếu tố quan trọng sau:

- Người thi công và trách nhiệm của họ;
- Đội thợ, đội trưởng, quản đốc, người giám sát, người quản lý;
- Các đội thợ hay nhà thầu phụ thực thi các công tác riêng (như công tác xúc bốc, vận chuyển, thi công bê tông phun);
- Đại diện của các bên tham gia (chủ đầu tư, các đơn vị thiết kế, thi công), chất lượng và số lượng các giám sát viên, kỹ sư địa chất, kỹ sư thiết kế, các cố vấn, chuyên gia;
- Các tài liệu, thông tin và phân tích, đánh giá về điều kiện địa chất;
- Quan sát, phân tích lõi khoan, lập bản đồ địa chất;
- Các kinh nghiệm, các quan điểm, các cách đánh giá, phân tích, giải thích từ các phía khác nhau;
- Lợi ích kinh tế;
- Lợi ích, tiền thưởng cho người thi công, giám sát…
- Lợi nhuận của nhà thầu;
- Chi phí của chủ đầu tư.

Một trong yếu tố quan trọng cũng cần lưu ý liên quan với thời gian, đó là vấn đề sức ép trong thi công. Nhiều khi do sức ép về tiến độ mà có những nơi lỏng về công tác an toàn, giám sát dẫn đến hạn chế về chất lượng và dẫn đến sự cố, tai nạn. Cách hành xử này cần được chú ý, vì nếu giảm được tai nạn, sự cố cũng có nghĩa là giảm được chi phí đầu tư. Mặt khác cũng cần tránh nhầm lẫn là " tai nạn, sự cố ít nghĩa là an toàn và chất lượng cao" và dẫn đến lơ là, chủ quan. Mọi bên tham gia cần phải luôn cảnh giác rằng, điều kiện địa chất luôn biến động, mang tính thiên nhiên và ngẫu nhiên; mọi sự cố dù nhỏ đều có thể dẫn đến tai nạn và hậu quả bất ngờ. Cũng vì thể cần cần tạo ra môi trường quản lý giám sát hợp lý, được phân công, phân định rõ ràng. *1) Mọi người tham gia trong mọi khâu công việc cần có ý thức trách nhiệm cao, nghiêm túc; 2) Công tác chuẩn bị phải đầy đủ, có chất lượng tốt; 3) Phải đảm bảo chất lượng thi công tốt, điều chỉnh hợp lý; 4) Công tác theo dõi, quan trắc phải thực hiện đúng mức, triệt để.*

Thực tế cho thấy, nếu mọi trạng thái, hiện tượng và mọi công việc được phát hiện giải quyết tốt tại gương đào, sẽ tránh được các sự cố sau này có thể xuất hiện hay bị gây ra trong công trình ngầm.

2.2. Nguyên nhân, tác động và giải pháp phòng tránh

Nói chung tai biến địa chất là những sự kiện ít nhiều khó tránh khỏi trong xây dựng công trình ngầm, vì những biến động của điều kiện địa chất, mà cho đến nay khó có thể dự báo trước một cách chính xác, ngay cả khi đầu tư nhiều vào công tác khảo sát thăm dò trong giai đoạn quy hoạch thiết kế và thăm dò trước gương trong quá trình thi công. Đương nhiên, mọi biện pháp được phát triển, được áp dụng sẽ góp phần

cung cấp được thông tin đầy đủ hơn, chính xác hơn về điều kiện địa chất, địa chất thủy văn, về những đặc điểm "dị thường" xuất hiện trong khối đá. Ngày nay đã có nhiều phương pháp thăm dò vật lý, địa vật lý hiện đại phục vụ mục tiêu này. Nhưng vì các tham số vật lý của đá, khối đá luôn là hàm số của nhiều yếu tố ảnh hưởng khác nhau, nên việc minh giải từ kết quả đo vẫn còn gặp những khó khăn nhất định, mà ở đây không bàn đến.

Từ góc độ của những người từng tham gia công tác thi công, qua các sự cố đã xảy ra, cho thấy có thể dựa vào kinh nghiệm thực tế để nhận biết được một số "ẩn họa địa chất" hay gặp trong thi công. Nếu các kỹ sư làm việc tại hiện trường, bao gồm các chuyên gia của đơn vị thi công và tư vấn giám sát, có kinh nghiệm, có sự hợp tác tốt, sẽ luôn có thể đưa ra được các giải pháp hữu ích, nhằm hạn chế, thậm chí ngăn chặn tai biến địa chất. Một số kinh nghiệm trong việc nhận biết và phòng tránh tai biến địa chất tại hiện trường, được tổng hợp trong Bảng 1. Cũng có thể xem là "mô hình dự báo theo kinh nghiệm" có thể áp dụng để dự báo tai biến địa chất trong quá trình thi công.

Bảng 1. Các tai biến địa chất và khả năng phòng tránh

Ẩn họa địa chất	Hậu quả, tác động	Tín hiệu cảnh báo	Giải pháp khắc phục
Nước áp lực	Ngập, gây sạt lở, sụt lở đến mặt đất,	Nước xuất hiện trong lỗ mìn; Nước phụt ra từ các khe nứt; Nước từ hang karst	Khoan thăm dò thoát nước; khoan phụt; không nổ mìn trước khi xử lý xong
Vùng cát, sét không cố kết, cát chảy	Sập, trượt lở trong hầm, trụt lở đến mặt đất; khó điều khiển trước gương hầm	Xuất hiện bùn, cát trong lỗ khoan thăm dò, lỗ khoan nổ mìn; biến động về tốc độ khoan	Xử lý như cho trường hợp gặp nước áp lực; áp dụng các biện pháp, khoan phụt cao áp, cắm cọc kết hợp phụt vữa, đóng băng
Các phay (đứt gãy), mặt trượt, phân lớp nguy hiểm	Gây ra các khối sập, trượt lớn trong công trình ngầm	Gặp khó khăn khi khoan qua các bề mặt này, kẹt cần khoan khi khoan song song,	Khoan cắm neo gia cố trước; cây om triệt để ngay sau khi đào
Các đới phá hủy, hang karst	Sập lò, trụt lở, bục nước, đùn bùn vào công trình ngầm	Nước rò rỉ qua khe nứt vào hầm: nước chứa bùn, nước đục, hay nước trong; biến động tốc độ khoan	Khoan thăm dò, khoan phụt, cắm neo vượt trước
Khối đá nứt nẻ, phân khối, vỡ vụn	Đá rơi, tróc vỡ, tróc lò, sập lở mạnh, trụt lở	Gặp khó khăn khi khoan vào vùng vỡ vụn, vùng phân khối; Tiếng rít, kẹt chòong khoan, phụt bụi liên tục	Với biên đào lẹm ít: phun bê tông ngay sau khi đào, cắm neo; Với biên dào lẹm nhiều: đổ bê tông tại chỗ ngay
Các túi khí	Nguy hiểm cho người lao động; gây cháy, nổ; phụt khí và đất cát	Tác động đến khả năng hít thở của đội thợ, tiếng rít, phì khí; ngửi thấy mùi lạ.	Khoan thăm dò, khoan thảo khí; thông gió tăng cường; đo khí và tăng cường theo dõi
Áp lực đá lớn	Tróc vỡ, vỡ nổ đá; Bong tách mảng, phiến, sập lở	Khó khăn bởi các khe nứt do ứng suất cao gây ra; tiếng rít, tiếng nổ lách tách trong khi khoan; quan sát thấy biến dạng cục bộ	Khoan các lỗ khoan giảm tải; phun bê tông, cắm neo ngay sau khi đào

3. Phân tích số dự báo tai biến địa chất khi thi công trình ngầm tiết diện lớn trong khối đá nứt nẻ

Các công trình ngầm tiết diện lớn thường được thi công theo hai phương án là đào toàn gương và đào chia gương, tùy thuộc vào mức độ ổn định của khối đất đá (thời gian ổn định không chống), kích thước tiết diện ngang của công trình ngầm và năng lực của trang, thiết bị, cung cấp vật liệu chống của đơn vị thi công (Nguyễn Quang Phíchc, 1999). Việc chia gương và trình tự thi công các gương thường được triển khai theo kinh nghiệm, có chú ý đến khả năng giữ ổn định khối đất đá xung quanh khoảng trống đào ra.

Trong bài này giới thiệu kết quả mô phỏng và phân tích lựa chọn trình tự thi công công trình ngầm tiết diện lớn sử dụng chương trình UDEC (ITASCA, 1989, Nguyen Quang Phích và nnk, 2007). Trên cơ sở đó cho phép lựa chọn được trình tự thi công hợp lý, hoặc giải pháp gia cố nếu thi công theo một trình tự khả dĩ nào đó.

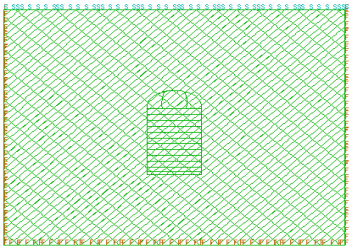
3.1. Các phương án thi công và mô hình dự báo

Vấn đề thực tế hay gặp trong thi công các công trình ngầm có tiết diện rất lớn là với các loại trang, thiết bị hiện nay vẫn bắt buộc phải chia gương. Trường hợp được đề cập ở đây là một công trình ngầm ở dạng hầm trạm, có mặt cắt ngang lớn (ví dụ hầm điều áp, hầm biến thế, gian máy ở công trình thủy điện Huội Quảng). Khối đá cấu thành từ một loại đá và bị phân cắt bởi hai hệ khe nứt. Các tính chất cơ học của đá được mô phỏng bằng mô hình đàn hồi và chuyển sang trạng thái phá hủy theo mô hình Mohr-Coulomb, với các tham số cơ học đặc trưng là: mô đun thể tích K = 3,9 GPa; mô đun trượt G = 2,9 GPa; mật độ $\rho = 2,5$ g/cm^3; góc ma sát $\varphi = 30^0$; lực dính kết đơn vị c = 3,45 MPa. Hai hệ khe nứt được coi là xuyên suốt khối đá, có các góc cắm cắt vuông góc với nhau. Độ cứng của các mặt khe nứt được mô phỏng qua hai tham số là độ cứng pháp tuyến k_n, phản ánh quan hệ giữa ứng suất và dịch chuyển theo phương vuông góc với mặt khe nứt; độ cứng tiếp tuyến k_s mô phỏng quan hệ giữ ứng suất và dịch chuyển theo phương tiếp tuyến với mặt khe nứt. Các đặc trưng hình học và cơ học của hai hệ khe nứt được cho trong Bảng 2. Mô hình dự báo

được xây dựng bằng phần mềm UDEC. Miền được khảo sát có kích thước 120mx100m. Trong đó dự kiến đào một hầm có chiều rộng 29,14m và chiều cao 35,691m, dạng tường thẳng vòm ba tâm, theo thứ tự đào phần vòm trước và hạ bậc hay hạ nền. Do công trình ngầm có chiều rộng lớn, nên phần vòm dự kiến được đào theo sơ đồ chia gương. Mô hình bài toán biên với trình tự đào dự kiến được phác họa trên Hình 2.

Bảng 2. Đặc trưng hình học và cơ học của hai hệ khe nứt

Các tham số của hai hệ khe nứt	Khoảng cách (m)	Góc cắm (độ)	Độ cứng khe nứt MPa/m		Góc ma sát (độ)	Lực dính kết đơn vị (MPa)	Độ bền kéo (MPa)
			k_n	k_s			
Hệ 1	5	-45	500	200	45	0,05	0,004
Hệ 2	2	45	200	100	30	0,01	0,004



Hình 2. Sơ đồ miền khảo sát, công trình ngầm và dự kiến trình tự đào, trong khối đá nứt nẻ

Để thi công phần vòm, người thiết kế thi công có thể đề xuất các sơ đồ đào theo thứ tự hay trình tự khác nhau. Vì khối đá có hai hệ khe nứt, nên nhằm hạn chế khả năng dẫn đến sập lở, nên cần thiết phải phân tích các biểu hiện của khối đá, liên quan với trình tự thi công. Trong Bảng 3 là phương án (A và B) và trình tự đào được tiến hành phân tích bằng mô phỏng số .

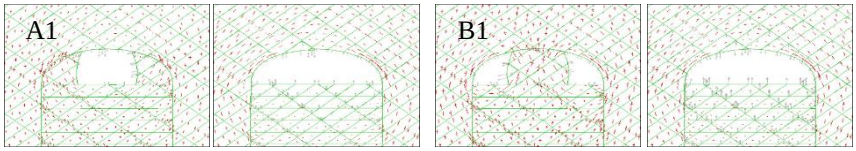
Bảng 3. Các phương án và trình tự đào

Phương án	A			B		
Trình tự đào	1	2	3	1	2	3
	giữa trái+phải	giữa trái-phải	giữa phải - trái	trái+phải giữa	phải - trái - giữa	trái-phải-giữa

3.2. Kết quả mô phỏng

Kết quả tính toán cho phép phân tích mọi chi tiết của các quá trình biến đổi cơ học. Tuy nhiên ở đây chủ yếu phân tích các quy luật biến đổi về ứng suất và dịch chuyển, xuất hiện trong khối đá. Trên các Hình 3 và 4 có thể nhận thấy rất rõ nét định tính các quy luật biến đổi của các đại lượng đó (cường độ và hướng của các ứng suất chính qua độ dài và mật độ của các gạch chéo, chiều dài và hướng các mũi tên biểu thị biên độ và hướng dịch chuyển).

Trên Hình 3 là kết quả phân tích cho hai phương án đào đồng thời hai gương trái và phải, đào gương giữa trước hoặc sau. Đây là hai phương án thường hay được áp dụng trong thi công. Tuy nhiên, tính khả thi còn phụ thuộc vào khả năng huy động thiết bị của đơn vị thi công.

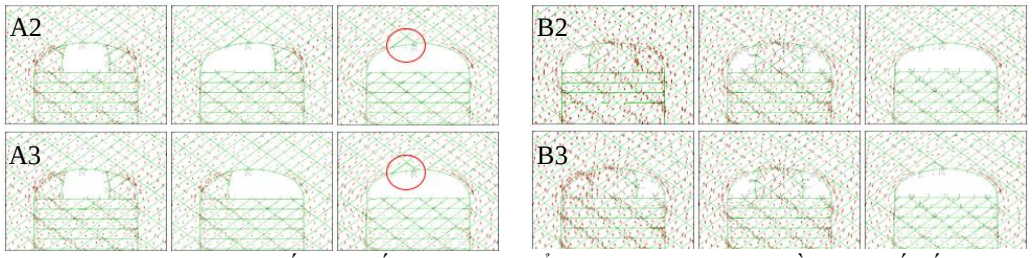


Phương án 1: đào giữa-phải+trái *Phương án 2: đào phải+trái- giữa*

Hình 3. Quy luật phân bố ứng suất và dịch chuyển trong khối đá khi đào đồng thời gương trái phải

Trên Hình 4 thể hiện kết quả mô phỏng khi thi công các gương riêng rẽ (A2, A3, B2, B3, theo các trình tự khác nhau. Kết quả cho phép nhận thấy quy luật biến đổi ứng suất cũng như sự dịch chuyển phức tạp của các khối nêm, khối nứt. các trường hợp A2 và A3, với các trình tự thi công gương là giữa -trái - phải và giữa-phải-trái, khối nêm nhỏ ở giữa nóc hầm sẽ tróc vỡ và rơi ngay sau khi đào, tương tụ như phương án A1 trên Hình 3. Tuy nhiên, do các gương sau không được đào đồng thời, nên gây dịch chuyển lệch, kích hoạt đổi hướng và làm cho khối nêm long rời, dễ rơi xuống hầm hơn, so với phương án A1. Kết quả phân tích cũng cho thấy, khi đào xong ba gương theo trình tự này, hai khối nêm ở nóc hầm tách ra và rơi xuống khoảng trống. Cũng vì hai khối nêm nguy hiểm nhất (then chốt) trong trường hợp này nằm ở đỉnh hầm, nên hai phương án chia ba gương, đào gương giữa sau cùng, hạn chế dịch chuyển, long rời của khối nêm này.

Giá trị chuyển vị lớn nhất sau mỗi trình tự đào và các giá trị lớn nhất, nhỏ nhất của các thành phần ứng suất chính trong khối đá sau khi đào theo các trình từ đào khác nhau, được tổng hợp trong Bảng 4.



Hình 4. Quy luật phân bố ứng suất và dịch chuyển khi đào ba gương phần vòm, kế tiếp nhau

Bảng 4. Các giá trị tính toán dịch chuyển và ứng suất

Sơ đồ đào theo trình tự đào gương phần vòm		Dịch chuyển lớn nhất (mm)	Cực trị của ứng suất (MPa)	
			Lớn nhất	Nhỏ nhất
A1	giữa	10,8	24,5	-1,30
	trái +phải	30,0	19,0	-0,54
B1	trái +phải	8,9	15,0	-0,83
	giữa	**15,4**	**18,0**	**-0,90**
A2	giữa	10,8	24,5	-1,30
	trái	30,2	26,0	-0,55
	phải	**60,7**	19,0	-0,55
A3	giữa	10,8	24,5	-1,30
	phải	30,6	32,6	-1,44
	trái	**60,7**	18,0	-2,64
B2	trái	4,8	14,0	-0,31
	phải	4,8	15,9	-0,81
	giữa	**23,5**	19,0	-0,93
B3	phải	3,3	14,0	-0,86
	trái	5,6	15,8	-0,81
	giữa	**24,4**	19,0	-0,96

Rõ ràng là với các trình tự thi công khác nhau, sẽ dẫn đến những biến đổi địa cơ học theo các quá trình khác nhau. Trong trường hợp không thuận lợi, đặc biệt khi gặp khối đá nứt nẻ, phân lớp; các khối nêm, khối nứt có thể dịch chuyển theo các hướng khác nhau, dẫn đến hiện tượng long rời trong khối đá. Các khối nêm có thế nằm không thuận lợi có thể bị rơi từ phía nóc hầm, trượt vào từ thành hầm, bị đẩy trồi lên từ phía nền. Hiện tượng này rất phù hợp với các kết quả quan sát đươc tại các công trình ngầm trong khối đá nứt nẻ.

Từ các kết quả mô phỏng trên Hình 3 và 4 cho phép rút ra các nhận xét sau:

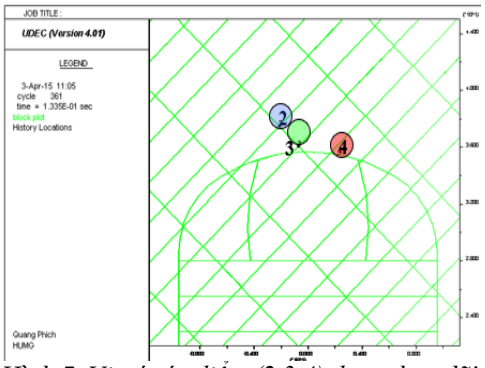
- Trường hợp B1, với trình tự là đào hai gương bên sườn trước, sau đó đào gương giữa cho giá trị dịch chuyển nhỏ nhất, mặt khác các giá trị cực đại và cực tiểu của các thành phần ứng suất chính cũng nhỏ so với các trường hợp khác.
- Trường hợp A2 và A3 gây nên giá trị dịch chuyển lớn nhất, cụ thể là hai khối nêm nằm trên ranh giới giữa gương giữa và gương trái dịch chuyển mạnh và có xu thế tróc lở vào khoảng trống, nếu không có giải pháp chống giữ kịp thời;
- Trường hợp B2 và B3, là hai trường hợp có thể lựa chọn, khi điều kiện công nghệ, thiết bị không cho phép đào đồng thời hai gương hai bên, vì các giá trị dịch chuyển lớn nhất cũng như các cực trị của các thành phần ứng suất chính nằm trong khoảng trung bình trong các kết quả tính.

Theo dõi dịch chuyển thẳng đứng tại ba điểm phía nóc hầm có vị trí như trên Hình 5, nhận được các biểu đồ phản ánh quá trình phát triển của dịch chuyển như trên Hình 6.

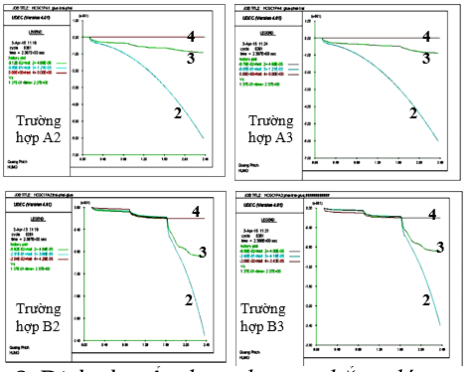
Các kết quả phân tích ở đây là với trường hợp chưa chú ý đến giải pháp gia cố khối đá, ví dụ bằng kết cấu neo hoặc bê tông phun. Trong thực tế khi đã dự báo được khả năng tróc lở, sập lở của khối đá, có thể xác định được các biện pháp gia cố phù hợp sau mỗi công đoạn thi công. Có thể tiến hành neo chốt các khối nêm then chốt (key block), trên cơ sở phân tích số, kết hợp quan trắc thực tế. Do biến động địa chất trong tự nhiên rất phức tạp, nên các dữ liệu địa chất đầu vào cũng không thể có độ chính xác tuyệt đối, hay nói cách khác là luôn tồn tại các thông tin "không chắc chắn" (uncertainty) về tham số địa chất, cơ học, làm giảm tính chính xác của kết quả phân tích. Tuy nhiên, khi đã dự báo được khả năng có thể xuất hiện tai biến địa chất, người thiết kế và thi công đã có thể chuẩn bị trước được các giải pháp phù hợp tại hiện trường.

3.3. Nhận xét

Kết quả mô phỏng số cho thấy rất rõ sự phụ thuộc của quá trình biến đổi cơ học (phân bố ứng suất, dịch chuyển, biến dạng) trong khối đá vào trình tự thi công theo phương thức chia gương, khi đào hầm tiết diện lớn. Trong trường hợp khối đá là đồng nhất, trình tự thi công được lựa chọn đảm bảo tính đối xứng, tránh gây ra biến dạng lệch, phân bố ứng suất bất lợi. Khi khối đá có chứa các mặt phân cách, thì thế nằm, các tính chất cơ học của các hệ khe nứt có thể dẫn đến hậu quả bất lợi cho trạng thái khối đá sau khi đào.



Hình 5. Vị trí các điểm (2.3.4) được theo dõi dịch chuyển theo phương thẳng đứng



Hình 6. Dịch chuyển theo phương thẳng đứng của 3 điểm: 2 (xanh da trời), 3 (xanh nõn chuối và 4 (đỏ), với các trình tự đào theo các trường hợp A2 và A3, B2 và B6 trong Bảng 4

4. Kết luận và kiến nghị

Sự cố, tai nạn thường vẫn xảy ra trong thi công xây dựng các công trình ngầm, do sự có mặt của các 'ẩn họa địa chất" dẫn đến "tai biến địa chất". Dự báo được khả năng có thể xảy ra sự cố sẽ cho phép có được giải pháp kỹ thuật, tổ chức thi công khả dĩ, an toàn.

Vận dụng kinh nghiệm để dự đoán, dự báo là rất cần thiết, vì điều kiện địa chất thường biến đổi phức tạp mà không hẳn luôn có thể khảo sát, đánh giá chính xác trong giai đoạn thiết kế. Tuy nhiên, để áp dụng được các kinh nghiệm đã đúc rút từ quá trình thi công, cũng đòi hỏi nhận thức đúng mực của nhưng người tham gia thi công. Người tham gia thi công cần thiết phải có các hiểu biết về địa chất, các giải pháp thi công và cần ghi chép lại các hiện tượng nhận biết được trong quá trình thi công.

UDEC cho phép mô phỏng được biến đổi cơ học trong khối đá với các cấu trúc địa chất khác nhau, nên để có thể dự báo, hạn chế, ngăn ngừa các sự cố, cần thiết phải tiến hành phân tích mức độ ổn định của khối đá theo các sơ đồ thi công, tương ứng với các điều kiện địa chất và các tính chất cơ học của đá, các cấu trúc địa chất. Từ đó sẽ cho phép xác định được giải pháp thi công hợp lý. Sử dụng các phương pháp số cần được quy định cho giai đoạn thiết kế ban đầu.

Tài liệu tham khảo

ITASCA,1989. *UDEC user's Manual*.

Nguyễn Quang Phích. 1999. *Xây dựng công trình ngầm*. Trường Đại học Mỏ-Địa chất.

https://www.academia.edu/9685793/Tong_quan_ve_Thi_cong_Cong_Trinh_Ngam

Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Văn Mạnh, Đỗ Ngọc Anh, 2007. *Phương pháp số - Chương trình PLAXIS 3D và UDEC*. Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội 2007.

ABSTRACT

Forecasting, mitigation and preventing incidents in underground construction

Quang Phich Nguyen[1], Quang Minh Nguyen[2], Van Duc Bui[2], Tuan Minh Tran[2], Ngoc Thai Do[2]

[1]*Van Lang University, Ho Chi Minh City*

[2]*Hanoi University of Mining and Geology*

Construction of underground works often faces geological hazards or incidents (risks, accidents) that cause unsafe labor, economic damage and slow progress. Forecasting and predicting the possibility of incidents is always a practical need, in order to have reasonable technical solutions to limit and prevent incidents. The article synthesizes, analyzes and introduces some experiences in forecasting and predicting from practical experience; introduces the method of numerical simulation model that shows the ability to forecast incidents right in the design stage, contributing to the selection of construction methods with reasonable partial face excavation consequence schema as well as technical solutions to prevent incidents.

Keywords: underground works; geological hazards-incidents; forecasting-prediction; UDEC

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Phân tích số mức độ ổn định đường hầm đào qua phay, được gia cố bằng khoan phụt trước

Nguyễn Quang Phích[1,*], Nguyễn Văn Mạnh[2], Nguyễn Quang Minh[2],
Bùi Văn Đức[2], Nguyễn Thành Luân[3], Nguyễn Ngọc Huệ[4]
[1]*Trường Đại học Văn Lang*
[2]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[3]*Công ty Boley Geotechnik, Munich, CHLB Đức*
[4]*Trường Đại học Thủ Dầu Một*

TÓM TẮT

Các sự cố sập hầm thường xảy ra khi đào hầm qua các phay (đứt gãy), các đới phá hủy, hoặc khối đá nứt nẻ. Khoan phụt trước khi đào để gia cố khối đá là một giải pháp được áp dụng rộng rãi trên thế giới. Tuy nhiên, để có thể có phương án khoan phụt thành công, cần tiến hành phân tích, đánh giá khả năng ổn định của khối đá sau khi đã khoan phụt. theo các phương án khác nhau do người thiết kế đề xuất. Công cụ mô phỏng số, đặc biệt là phương pháp phần tử rời rạc chú ý được các cấu trúc địa chất thực của khối đá, nên được sử dụng phục vụ phân tích ổn định của khối đá. Bài viết giới thiệu kết quả phân tích số mức độ ổn định khối đá đào qua phay được gia cố bằng khoan phụt trước một vùng của phay. Kết quả phân tích số, được triển khai cho hai phương án khoan phụt, cho thấy rõ hiệu quả của từng phương án. Từ đó cho thấy có thể áp dụn phân tích số để có được phương xử lý tùy theo điều kiện thực tế.

Từ khóa: đường hầm; phay; sập sạt lở; khoan phụt trước; phân tích ổn định

1. Đặt vấn đề

Sạt trượt đá, sập lở hay trụt lở đá đã xảy ra ở nhiều công trình ngầm ở nước ta trong quá trình thi công xây dưng (Q.P. Nguyễn 2014 ,2015) và ngay cả khi tiến hành cải tạo hầm cũ (Đoàn Loan 2024; Nguyễn Hoàng 2024). Các biện pháp xử lý sau sự cố thường là củng cố gương đào, khoan phun lấp đầy và khoan phụt gia cố, neo chốt, phun bê tông (D.G. Nguyễn và nnk, 2014 ; Q.N.Phạm, 2014).
Để phòng, tránh sập lở trong khi thi công đào các đường hầm, nhằm đảm bảo an toàn lao động ,hạn chế hoặc ngăn chặn thiệt hại, đã có nhiều giải pháp kỹ thuật xử lý trước khi đào được đề xuất và áp dụng. Các phương pháp đều dựa trên nguyên lý là gia cố vùng khối đá có khả năng sập lở; tạo vùng có khả năng chịu được áp lực, gây ra từ phần khối đá rời rạc trong đới phá hủy, đới long rời hay nứt nẻ, tạo các kết cấu chống trước khi đào. Một trong các phương pháp điển hình là khoan phun trước khi đào (pre-excavation grouting) qua vùng có phay, đới phá hủy, khối đá nứt nẻ để cải thiện các tính chất cơ học của khối đá, đủ khả năng chịu các tác động cơ học do quá trình tạo không gian ngầm gây ra (Орлов 1970, Knut F. Gashol 2003, BASF 2011, Norwegean Tunnelling Society 2014). Người thiết kế, thi công có thể lập các phương án khoan phụt trước, gia cố trước theo kinh nghiệm, theo các chỉ dẫn, hương dẫn trong các tài liệu đó. Ngoài ra, cũng có nhiều công trình nghiên cứu đã được công bố, liên quan công tác khoan phụt trước, ví dụ như: xác định các tính chất cơ học của khối đá sau khi khoan phụt (Bin Liu và nnk 2020); nghiên cứu hiệu ứng khoan phụt đến khả năng chống trượt của khối đá nứt nẻ (Wang C. và nnk 2019); xây dựng mô hình vật liệu cho khối đá ở phạm vi vĩ mô và phạm vi trung bình (Liu, Y. và nnk 2023); Du, J và nnk. 2022, đã tiến hành nghiên cứu quy luật gia cố khối đá xung quanh một trạm ngầm bằng phương pháp giải tich [16]. Tuy nhiên, phân tích số để đánh giá mức độ ổn định của khối đá sau khi đào trong trường hợp hầm đào qua phay còn ít được chú ý.

Phương pháp phần tử rời rạc DEM (Discrete Element Method) với phần mềm UDEC (Universal Distinct Element Code) (Q.P. Nguyễn và nnk 2007), P.A. Cudall and R.D. Hart. 1992) là phương pháp số cho phép có thể mô phỏng khối đá với sự có mặt của các hệ khe nứt, đứt gãy khác nhau. Trong bài viết này giới thiệu một số kết quả sử dụng UDEC phân tích mức độ ổn định của khối đá đào qua phay, sau khi đã khoan phụt

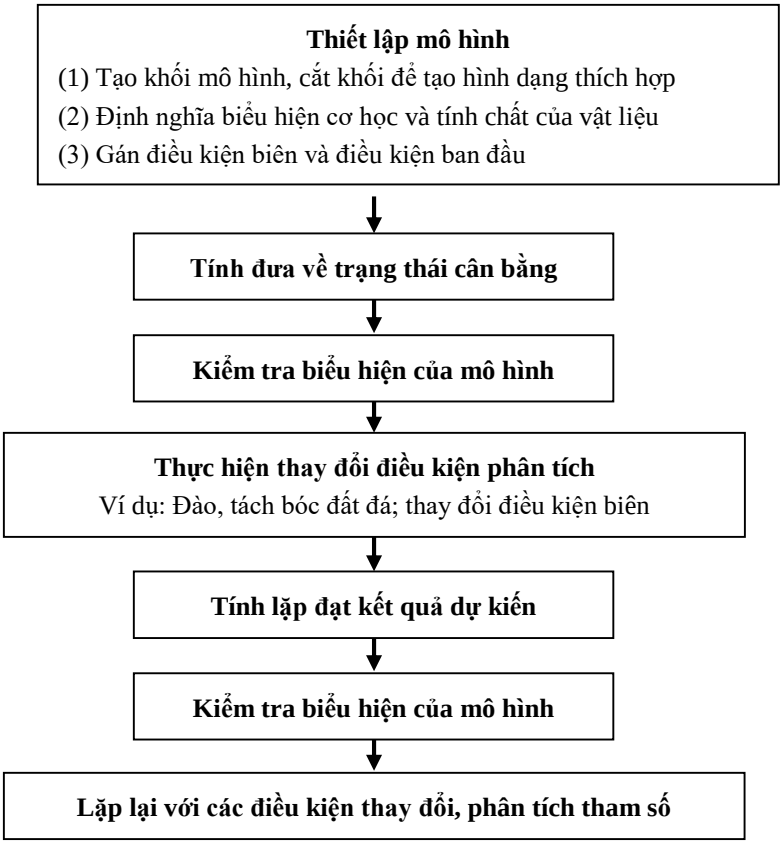
* *Tác giả liên hệ*
Email: nqphichhumg@gmail.com

trước, nhằm giới thiệu một khả năng dự bào, lựa chọn giải pháp khoan phụt trước hợp lý, hạn chế sự cố khi đào hầm.

2. Phân tích số mức độ ổn định đường hầm khi khoan phụt trước

Tiến hành phân tích hay dự bào khả năng khối đá có ổn định hay không trong khi đào, sau khi đã khoan phụt trước, được thực hiện theo trình tự trên Hình 1. Các đặc điểm địa chất và các tham số cơ học cho vùng được khoan phụt được xác định từ các tài liệu khảo sát trước và sau khoan phụt.

Ví dụ sau đây được thực hiện cho trường hợp khối đá nứt nẻ, cắt qua một phay. Các đặc điểm địa chất và các tham số cơ học đặt trung cho các vùng được liệt kê trong Bảng 1.



Hình 1. Trình tự mô phỏng số bằng UDEC

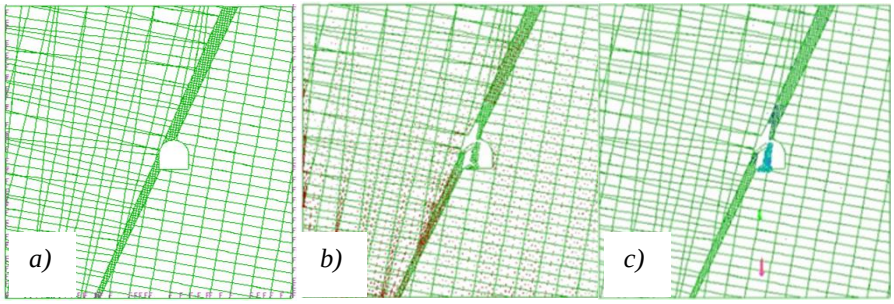
Bảng 1. Các tham số hình học và cơ học của các hệ khe nứt

Tham số	Vùng trái	Đứt gãy/phay	Vùng phải
Góc cắm (độ)	$-10^0 \pm 5^0$ và $80^0 \pm 5^0$	-10^0 và 80^0	-10^0 và 80^0
Khoảng cách khe nứt (m)	1,5 và 2,5	0,5 và 0,5	2,0 và 4,0
Khối lượng thể tích (g/cm^3)	2,5	2,4	2,65
Mô đun nén thể tích K (GPa)	16,667	0,116	16,667
Mô đun trượt G (GPa)	10	0,111	10
Góc ma sát trong (độ)	30	20	25
Lực dính đơn vị (MPa)	1,0	0	0,6
Hệ số độ cừng pháp tuyến k_n (GPa/m)	2,0	5.10^{-2}	2,2
Hệ số độ cứng tiếp tuyến k_s (GPa/m)	1,0	4.10^{-2}	1,5
Góc ma sát trên mặt khe nứt (độ)	40	20	25

Trên Hình 2 là một vài kết quả của bài toán phân tích ổn định khi chưa tiến hành khoan phụt gia cố, cụ thể là: sơ đồ bài toán a); các véc tơ ứng suất chính với vùng sập lở b) và các véc tơ dịch chuyển với vùng sập lở c) (Q.P. Nguyễn, 2023)

Giải pháp khoan phụt trước khi đào được lựa chọn để gia cố vùng có thể sập lở. Các thông dầu vào được đề xuất và thiết kế theo các tài liệu chuyên môn gồm: kích thước vùng khoan phụt; các thông số kỹ thuật như áp lực, chiều sâu, vật liệu khoan phụt, trình tự phụt vật liệu. Thông số vê kết quả khoan phụt gia cố

khối đá có thể lựa chọn theo kinh nghiệm vốn có của đơn vị thi công, theo kết quả thí nghiệm, cũng như từ các tài liệu tham khảo cho điều kiện tương đương



Hình 2. Phân tích ổn định khối dá khi đào hầm đào qua đứt gãy (Q.P. Nguyễn, 2023)

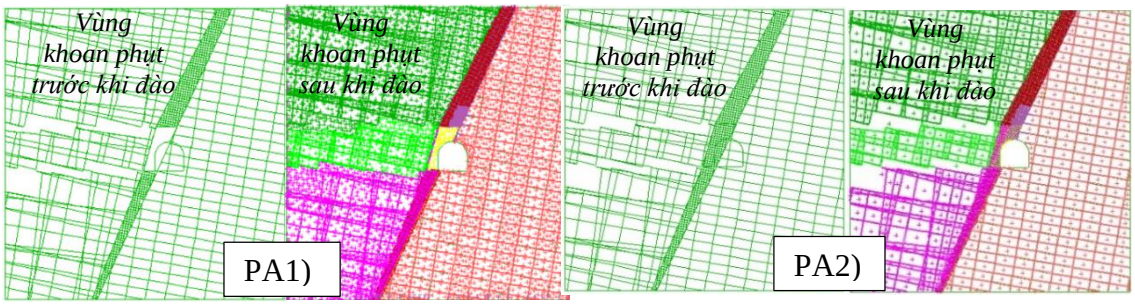
3. Kết quả mô phỏng số và thảo luận

Hai phương án về chất lượng khaon phụt được sử dụng để cho thấy khả năng phân tích mức độ ổn định khi áp dụng UDEC: a) Phương án 1(PA1) coi vùng gia cố là đồng nhất; b) phương án 2 (PA2) vùng gia cố là vùng có các khe nứt được lấp đầy với các tham số cơ học của khe nứt được cải thiện. Các tham số cấu trúc địa chất và cơ học của vùng được khoan phụt trước theo hai phương án, thể hiện trong Bảng 2.

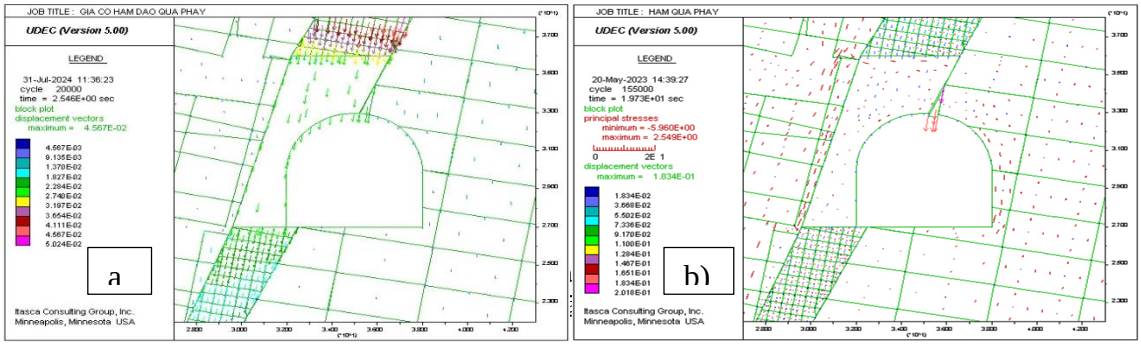
Bảng 2. Các tham số cơ học của vùng phay sau khoan phụt

Các tham số cơ học	PA1	PA2
Khối lượng thể tích (g/cm^3)	2,4	2,4
Mô đun nén thể tích K (GPa)	16,667	16,667
Mô đun trượt G (GPa)	10	10
Góc ma sát trong (độ)	30	30
Lực dính đơn vị (MPa)	1,0	1,0
Hệ số độ cừng pháp tuyến k_n (GPa/m)	-	2,0
Hệ số độ cừng tiếp tuyến k_s (GPa/m)	-	1,0
Góc ma sát trên mặt khe nứt (độ)	-	30

Trên Hình 3 minh họa sơ đồ mô phỏng số tương ứng cho hai phương án đã nêu. Hình 4 là kết quả phân tích cho PA1 ở vùng lân cận xung quanh đường hầm, bao gồm a) các véc tơ dịch chuyển và b) quy luật phân bố các ứng suất chính cùng với véc tơ dịch chuyển. Trên Hình 5 thể hiện các kết quả mô phỏng nhận được cho PA2.

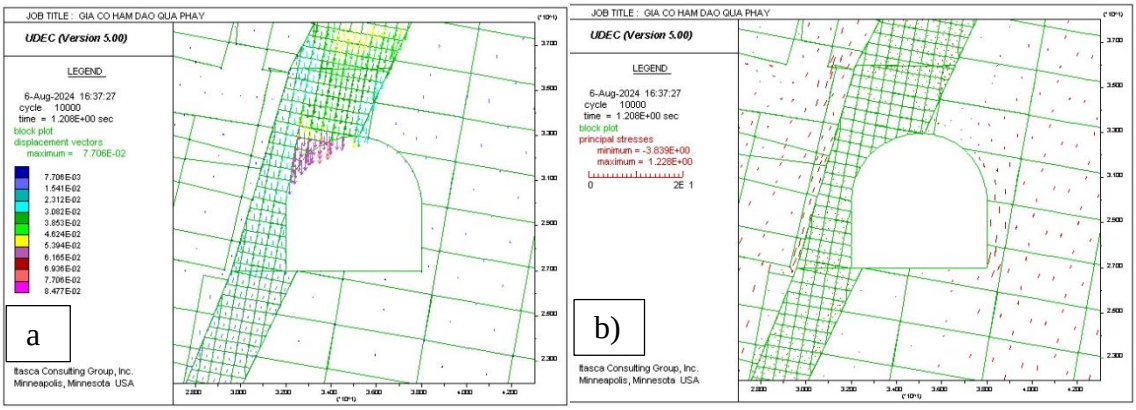


Hình 3. Sơ đồ bài toán gia cố bằng khoan phụt trước khi đào: a)PA 1; b) PA 2



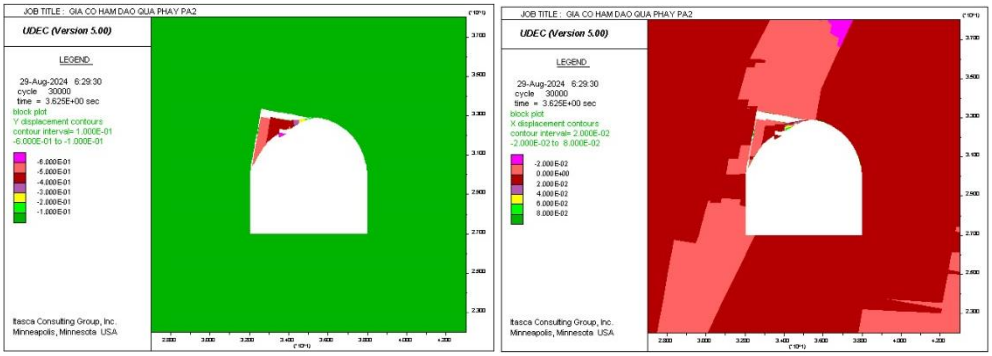
Hình 4. Biến đổi cơ học sau khi một vùng của phay được gia cố bằng khoan phụt PA1

nêm, nằm cạnh biên vùng gia cố và vùng khối đá tại vị trí nóc hầm có khả năng dịch chuyển mạnh xuống phía dưới, với véc tơ dịch chuyển lớn nhất là 1,65cm và như vậy chưa làm khối nêm tách, rơi vào khoảng trống.



Hình 5. Biến đổi cơ học sau khi một vùng của phay được gia cố bằng khoan phụt PA2

PA2 cho thấy: a) các véc tơ dịch chuyển trong vùng gia cố có giá trị lớn hơn so với trường hợp vùng gia cố là vùng đồng nhất, đạt giá trị lớn nhất bằng 8,5 cm, phân bố đều và không có hiện tượng dịch chuyển tập trung vào một khối nêm trên nóc hầm như trên Hình 4 và b) quy luật phân bố ứng suất được dàn đều trong các miền vây quanh vùng gia cố. Hình ảnh rõ nét về hiện tượng sập lở của môt "tảng đá" cấu thánh từ các khối nứt của phay sau khoan phụt thể hiển rất rõ nét trên Hình 6, nghĩa là sau khi khoan phụt, mất ổn định không còn ở dạng sạt lở từng khối nứt như trên Hình 2.



Hình 6. Dịch chuyển theo phương y (bên trái) và theo phương x (bên phải của khối đá xung quanh đường hầm sau khi đã khoan phụt theo PA2

Như vậy, ở PA 2, kết quả dự báo có thể vẫn hình thành vùng sập lở phía nóc hầm. Điều đó có nghĩa là với các thông số đầu vào (tương ứng với chất lượng khoan phụt) thực sử đảm bảo ổn định cho khối đá phía nóc nếu thi công đào. Để đảm bảo khối đá ổn định cần mở rộng vùng khoan phụt thêm lên phía nóc và vào vùng vòm của đường hầm. Sau đó tiến hành mô phỏng với các tham số cơ học, hình học tương ứng, cho đến khi có dược kết quả khả quan. Điều đó cũng có nghĩa là bằng cách này sẽ xác định được kích thước vùng cần gia cố phù hợp.

4. Kết luận và kiến nghị

Từ các kết quả nhận được có thể rút ra các kết luận sau:

Phân tích số bằng UDEC cho phép chú ý đươc các đặc điểm cấu trúc và cơ học phức tạp và đa dạng của khối đá; cho phép đánh giá định tính và định lượng về mức độ ổn định của khối đá, trước và sau khi đào, trước và sau khi khoan phụt. Như vậy, có thể phân tích số các phương án gia cố khác nhau, để từ đó chọn được phương án khả dĩ, phụ hợp với công nghệ thi công trong điều kiện cụ thể.

Cũng từ các kết quả đã nhận được ở đây có vài kiến nghị sau cho việc áp dụng trong thực tế:

1) Đến nay, công cụ mô phỏng số thực sự hữu ích trong việc dự báo tai biến địa chất, phân tích mức độ ổn định của khối đá vây quanh đường hầm, do vậy cần có quy định bắt buộc áp dụng trong giai đoạn thiết kế. Và trong giải trình thiết kế cần thể hiện đầy đủ các kết quả tính toán, mô phỏng số.

2) Khi tiến hành cải tạo các đường hầm cũ, cần thiết phải triển khai khảo sát, thăm dò thận trọng trạng thái khối đá xung quanh hầm, đặc biệt là tại các hầm được thi công đã lâu. Xung quanh các hầm cũ có thể tồn tại các vùng tơi rời, do trước đây chưa được khoan phụt lấp đầy, thậm chí còn có các kết cấu gỗ đã sử dụng để chèn khoảng trống sập lở cũ, gây dịch chuyển lâu năm trong khối đá về phía không gian hầm. Xác định được vùng cần khoan phụt, hoặc cắm neo gia cố, sau đó mới có thể tiến hành cải tạo, tránh tình trạng sập sạt lở như ở các hầm Bãi Gió và Chí Thạnh. Tuy nhiên, để đảm bảo không có sự cố xảy ra, cần thiết phải thực hiện các tính toán, đặc biệt là sử dụng các phương pháp số để phân tích, dự báo khả năng có còn xảy ra sập, sạt lở có hay không theo phương án gia cố. Chỉ có như vậy mới có thể có được giải pháp an toàn khi cải tạo.

Tài liệu tham khảo

BASF. *Pre-Excavation Grouting in Tunneling*. Copyright © BASF Construction Chemicals Europe Ltd., 2011 4th edition, December 2011.

Bin Liu, Haomin Sang, Zhiqiang Wang, and Yongshui Kang, 2020. Experimental Study on the Mechanical Properties of Rock Fracture after Grouting Reinforcement. *Energies 2020*, 13, 4814; doi:10.3390/en13184814.

Cudall, P.A., and R.D. Hart, 1992. *Numerical Modeling of Discotinua*. Engr. Comp. (2), 1992. Tr. 101-113.

Du, J. et al, 2022. Analytical Solution of the Grouting Reinforcement Response of a Circular Cavern in Deeply Buried Fractured Surrounding Rock under a Nonuniform Stress Field. ACS Omega 2022, 7, 28016−2802. https://doi.org/10.1021/acsomega.2c01896

Đoàn Loan, 2024**.** Hầm đường sắt Bãi Gió sạt lở do đá phong hóa lâu năm. *https://vnexpress.net/ham-duong-sat-bai-gio-sat-lo-do-da-phong-hoa-lau-nam-4734362.html*

Knut F. Garshol, 2003. *Pre-Excavation Grouting in Rock Tunneling*. Copyright MBT International Underground Construction Group, Division of MBT (Switzerland) Ltd., 2003.

Liu, Y.; Wang, Y.; Zhong, Z.; Li, Q.; Zuo, Y, 2023. Constitutive Model for Grouted Rock Mass by Macro-Meso Damage. Materials 2023, 16, 4859. https://doi.org/10.3390/ ma16134859

Nguyễn Duy Giang và nnk, 2014. Nghiên cứu, đề xuất kết cấu chống gia cố hợp lý khi thi công đường hầm ô tô Nam Cường trên tuyến đường cao tốc Nội Bài-Lào Cai. *Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học lần thứ 21*, Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, 14/11/2014. Tr 45-52.

Nguyễn Hoàng, 2024. Sạt lở hầm đường sắt Chí Thạnh khi đang sửa chữa, cải tạo. *https://tuoitre.vn/sat-lo-ham-duong-sat-chi-thanh-khi-dang-sua-chua-cai-tao-20240521120155889.htm*

Nguyễn Quang Phích và nnk. Sử dụng UDEC dự báo sập lở khi đào hầm qua phay. *TCXD 062023.Tr. 30-33*.

Quang Phich Nguyen et al, 2023. Prediction of collapses when tunneling through faults. *VIETGEO2023 trang 479-486.*

Nguyễn Quang Phích và nnk, 2015. Báo cáo tổng hợp kết quả khoa học công nghệ đề tài "Nghiên cứu ứng dụng và phát triển mô hình phân tích, dự báo tai biến địa chất-kỹ thuật đối với công trình ngầm, công trình khai thác mỏ ở Việt Nam*", mã số: ĐT.NCCB-ĐHUD.2011-G/13*. Hà Nội - 2015.

Nguyễn Quang Phích và nnk, 2014. Tai biến địa chất - kỹ thuật trong xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ. *Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học lần thứ 21*, Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, 14/11/2014. Tr. 191-199

Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Văn Mạnh, Đỗ Ngọc Anh, 2007.*Phương pháp số-Chương trình Plaxis 3D và UDEC*. Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội 2007.

Norwegean Tunnelling Society, 2014. *Publication No. 23. 2014*

Phạm Quang Nam và nnk, 2014. Nghiên cứu và đề xuất các biện pháp thi công hợp lý cho các đường lò tại khu vực Quảng Ninh có tiết diện 6-8 m2 khi đào qua vùng đất đá yếu để đẩy nhanh tốc độ thi công các đường lò này. *Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học lần thứ 21,* Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, 14/11/2014. Tr 152-159.

Орлов, В. В., А. К. Пономаренко, И. А. Филатов. 1970. Тампонаж в капитальных выработках. Издательство «ТЕХН1К.А» КИЕВ -1970.

Wang C, Li X, Xiong Z, Wang C, Su C, Zhang Y, 2019. Experimental study on the effect of grouting reinforcement on the shear strength of a fractured rock mass. *PLoS ONE 14(8)*: e0220643. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220643

ABSTRACT

Numerical analysis of stability of tunnels excavated through fault, reinforced by pre-excavation grouting

Quang Phich Nguyen[1], Van Manh Nguyen[2], Quang Minh Nguyen[2],
Van Duc Bui[2], Thanh Luan Nguyen[3], Ngoc Hue Nguyen[4]
[1]Van Lang University, Ho Chi Minh City,
[2]Hanoi University of Mining and Geology
[3]Boley Geotechnik, Munich, Germany, [4]Thu Dau Mot University

Tunnel collapses often occur when tunneling through faults, failure zones, or fractured rock masses.Pre-excavation grouting to reinforce the rock mass is a widely used solution in the world. However, in order to have a successful grouting plan, it is necessary to analyze and evaluate the stability of the rock mass after grouting. according to different plans proposed by the designer. Numerical simulation tools, especially the discrete element method that takes into account the real geological structures of the rock mass, should be used to analyze the stability of the rock mass. The article presents the numerical analysis results of the stability of a tunnel excavated through a fault, reinforced by pre-excavation grouting a section of the fault. The results of numerical analysis, implemented for two grouting schemes, clearly show the effectiveness of each scheme. The analysis results show that numerical analysis can be applied to obtain a treatment scheme depending on the actual conditions.

Keywords: tunnel; fault; colapse; pre-excavation grouting; stability analysis

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Quy luật biến đổi cơ học xung quanh đường hầm trong khối đá phân khối

Nguyễn Quang Phích[1,*], Nguyễn Văn Mạnh[2], Trần Tuấn Minh[2], Nguyễn Duyên Phong[2]
[1]Trường Đại học Văn Lang, [2]Trường Đại học Mỏ-Địa chất

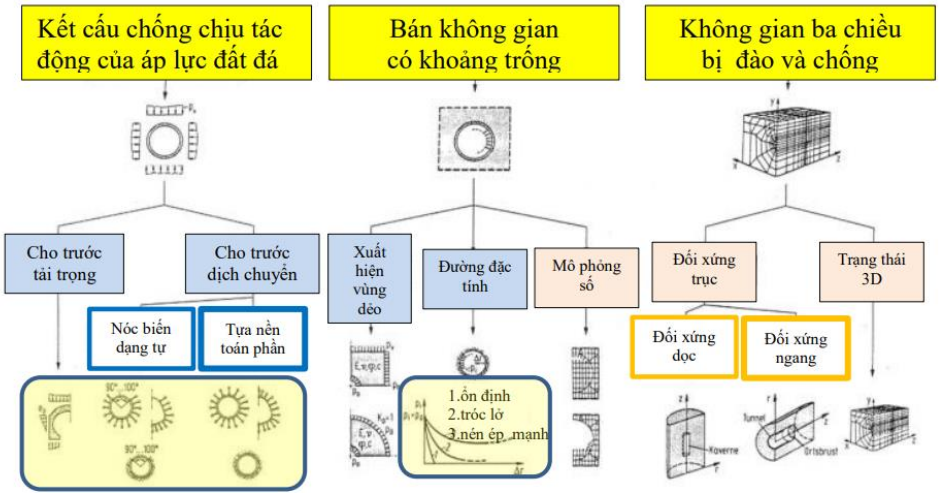
TÓM TẮT

Hiện nay, nhiều giả thuyết tính toán, dự báo áp lực đá vẫn còn được áp dụng trong thiết kế các công trình ngầm ở nước ta và trên thế giới. Các giả thuyết áp lực đá vốn dĩ được xây dựng bằng các mô hình giải tích đơn giản hoặc thí nghiệm vật lý trong môi trường vật liệu rời, hoặc thông qua đo đạc thực tế, nên tồn tại nhiều nhận định không hoàn toàn thống nhất. Bài viết giới thiệu một vài kết quả phân tích các quá trình biến đổi cơ học xung quanh đường hầm trong khối đá phân khối. Các kết quả nhận được cho phép minh họa được các biểu hiện áp lực khác nhau, tương ứng với các quan điểm khác nhau về áp lực.

Từ khóa: đường hầm; khối đá phân khối; áp lực đá; phương pháp phần tử rời rạc

1. Đặt vấn đề

Trong tính toán thiết kế các công trình ngầm, các giả thuyết áp lực khác nhau vẫn được áp dụng trên thế giới, thể hiện trên Hình 1 theo cách phân nhóm phương pháp tính toán của Katzenbach và Breth (1983) và trên Hình 2 của Hội công trình ngầm thế giới (IFTIME 1994). Vùng màu vàng nhạt thể hiện các phương pháp tình vẫn sử dụng áp lực đá ở dạng cho trước tải trọng hay chuyển vị là các điều kiện biên.

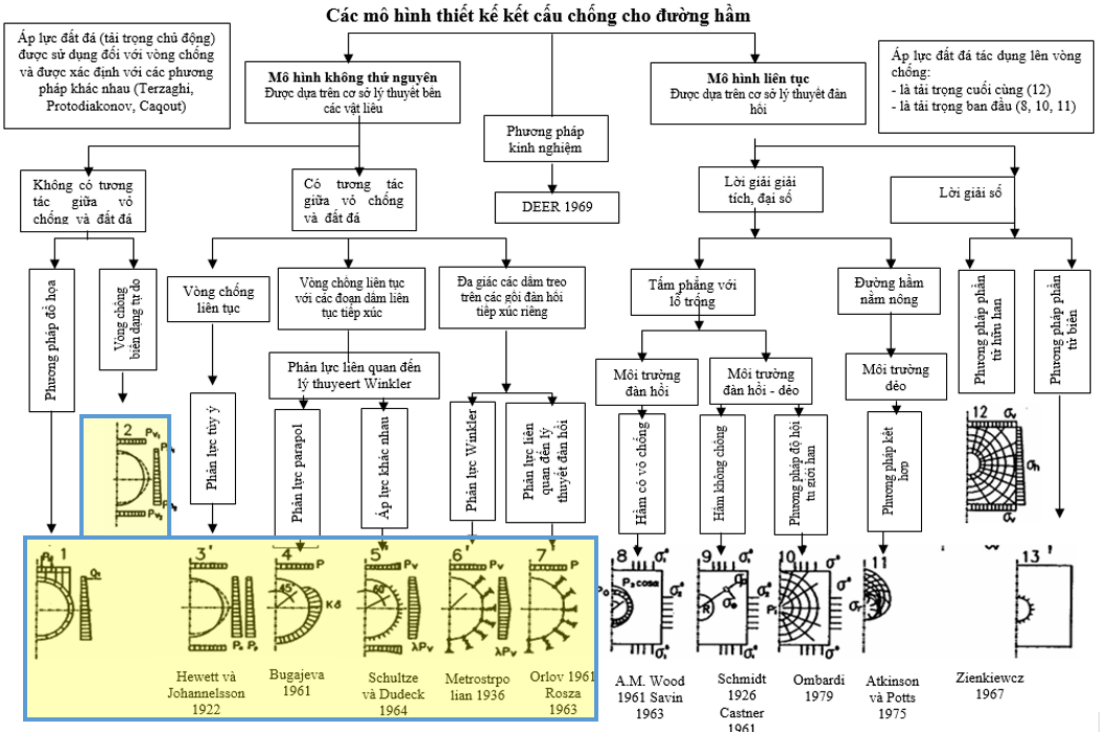


Hình 1. Phân nhóm các phương pháp tình toán, thiết kế theo Katzenbach và Breth (1983)

Các giả thuyết áp lực đất đá vốn dĩ được xây dựng từ các kết quả nghiên cứu bằng các phương pháp khác nhau. Từ các tài liệu có thể tiếp cận được cho thấy, nhiều giả thuyết áp lực đã hình thành từ thế kỷ 19, đầu thế kỷ 20. Sau đây điểm qua một số giả thuyết điển hình. Schulz (1867) đã phân tích lớp đá trên nóc hầm, lò như một dầm chịu uốn. Ritter (1879) đã xác lập phương trình đường cong của vòm đá tách ra khỏi khối đá, đè lên kết cấu chống dưới trọng lượng của chính nó, do thắng khả năng chịu kéo của đá, có dạng parabol. Engesser (1882) đã tiến hành nghiên cứu mô hình trong phòng thí nghiệm để xác định sự hình thành vòm áp lực trong môi trường rời; từ đó đã xác định các điều kiện để hình thành vòm sụt lún, xác định vòm áp lực có dạng parabol. Feyol (1885) đã tiến hành các thí nghiệm trong phòng thí nghiệm và quan sát thực tế về sự uốn cong và phân lớp của các lớp đá ở các khoảng cách khác nhau trong khối đá vách. Janssen

* *Tác giả liên hệ*
Email: nqphichhumg@gmail.com

(1895) đã giải phương trình vi phân cân bằng của khối vật liệu rời trong một bể trữ (silo), có xét đến các ứng suất/áp lực ngang. Kommerell (1912) đã dựa trên cơ sở phân tích độ võng của nóc của hầm, lò và cho rằng các vòm sập đổ có dạng parabol rồi từ đó xác định được chiều cao của vòm cũng như áp lực lên kết cấu chống. Bierbaumer (1913) cho rằng trọng lượng của một cột đá cứng phía trên hầm lò, được suy giảm một phần bởi lực ma sát hai bên, là áp lực lên kết cấu chống phía nóc. Protodyakonov (1931) đã đề xuất giả thuyết về vòm sập đổ hay vòm cân bằng dạng parabol là vòm không mômen. Terzaghi (1935) đã xây dựng giả thuyết vòm áp lực bằng sơ đồ phân tích dịch chuyển khối đá. Rabcewicz (1944) cho rằng áp lực đá xuất hiện dạng hạt đào tác dụng nén ép từ hai bên sườn hầm vào phía khỏng trông ngầm. Khá nhiều giả thuyết áp lực khác đã được Khomenko và nnk (2018) tổng hợp, phân tích, đánh giá và kiến nghị phạm vi áp dụng.



Hình 2. Các mô hình tính toán cho công trình ngầm (IFTIME 1994)

Theo Litvinxkii (2009), Baklasov(2012) tất cả các giả thuyết giải thích cơ chế của hiện tượng này, theo tính tổng quát của tiền đề ban đầu, có thể được phân ra ít nhất vào năm nhóm lớn.

Nhóm1: W.Ritter, F. Engesser, O. Kommerell, M. Protodyakonov và những người khác, với vòm sụp đổ được coi là kết quả của tác dụng của trọng lực của đá trong thể tích của khối sụp đổ ;

Nhóm 2: A. Dinnik, Zh. Erzanov, v.v., ứng suất kéo được coi là nguyên nhân dẫn đến sự hình thành của vòm;

Nhóm 3: F. Mohr, K. Irving, E. Isaacson, G. Cherepanov, giải thích sự xuất hiện của vòm sập đổ trong điều kiện của một đường bao đàn hồi chịu nén;

Nhóm 4: L. von Rabcewicz, A. Labass, K. Ruppeneit, J. Lieberman với giả thiết vòm sập lở là kết quả của sự hình thành một vùng biến dạng không đàn hồi xung quanh hầm, lò;

Nhóm 5: K. Terzaghi, V. Slesarev, N. Pokrovsky, với việc đánh giá định tính và định lượng quá trình lún sụt dựa trên dữ liệu quan sát thực tế.

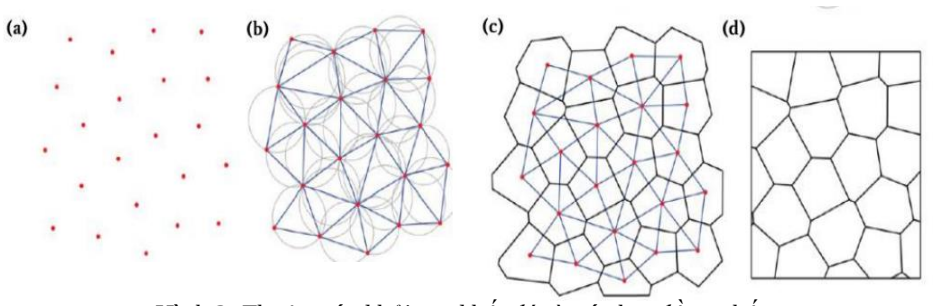
Sự khác nhau về quan niệm và mô hình áp lực không khỏi dẫn đến các hoài nghi về tính chính xác và ý nghĩa thực tế của các giả thuyết khác nhau, mặc dù vẫn được áp dụng, tùy thuộc vào quốc gia và khu vực. Sự khác nhau đó vẫn cần được nghiên cứu phân tích, đánh giá và lý giải. Xuất phát từ khả năng mô phỏng số hiện đại, bài viết giới thiệu một vài kết quả mô phỏng số bằng phương pháp phần tử rời rạc, góp phần lý giải, minh họa cho sự khác nhau, nhưng khá hợp lý của các giả thuyết áp lực.

2. Cơ sở lý thuyết và sơ đồ bài toán

Khối đá được khảo sát là môi trường cấu thành từ các hạt rời đồng nhất, được xây dựng theo phương pháp phần tử rời rạc (DEM-Discrete Element Method), theo thuật toán ngẫu nhiên với trình tự: (a) Tạo

điểm ngẫu nhiên, (b) Tạo tam giác Delaunay, (c) Tạo các khối Voronoi và (d) Cắt các đa giác ở ranh giới của vùng giao cắt (xếp chồng), như trên Hình 3. Trong trường hợp này, khối đá được gọi là khối đá phân khối

Các tham số cơ học cho các hạt là mật độ, kích thước trung bình d, mô đun nén thể tich K, mô đun trượt G, lực dính kết đơn vị C, góc ma sát ∅ và độ bền kéo T. Liến kết giữa các hạt được đặc trưng bởi độ cứng pháp tuyến K_N và độ cứng tiếp tuyến K_S. Trong mô hình mô phỏng các tham số được được gán các trị số như trong Bảng 1.

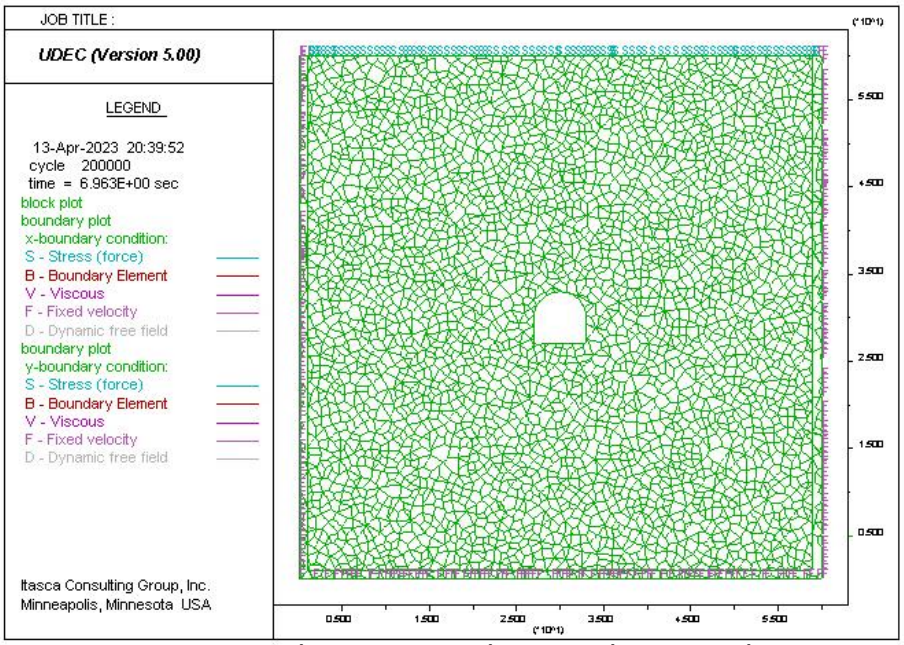


Hình 3. Thuật toán khởi tạo khối đá từ các hạt đồng nhất

Bảng 1. Các tham số cơ học đặc trưng của mô hình

Mật độ (kg/m^3)	d (mm)	K (GPa)	G (GPa)	C (MPa)	∅ (độ)	T (MPa)	K_N (GPa/mm)	K_S (GPa/mm)
2650	5	5	2	75	25	25	15	6,8

Sơ đồ bài toán được khảo sát thể hiện trên Hình 4. Với các điều kiện trên biên hai bên sườn là chuyển vị ngang bằng 0, biên dưới có chuyển vị ngang và đứng bằng 0. Miền khảo sát co chiều rộng 60m và chiều cao 60m.



Hình 4. Sơ đồ bài toán đường hầm trong khối đá phân khối

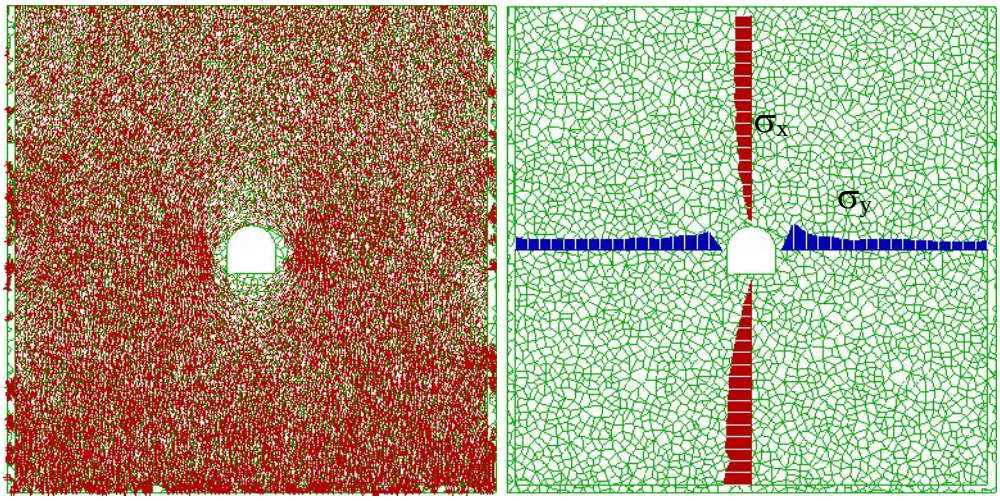
3. Kết quả mô phỏng và thảo luận

Trên Hình 5, bên trái cho thấy quy luật phân bố các thành phần ứng suất chính trong khối đá xung quanh hầm và bên phải là quy luật phân bố các ứng suất dọc theo hai trục chính của đường hầm, cụ thể theo trục thẳng đứng là thành phần ứng suất tác dụng theo phương ngang σ_x, theo trục ngang là thành phần ứng suất tác dụng theo phương thẳng đúng σ_y. Dễ dàng nhận thấy các quy luật biến đổi cơ học có dạng tương tự như ở bài toán giải tích cho khối đá đàn hồi-dẻo đồng nhất. Sự khác biệt ở đây là quy luật biến đổi không là đường cong trơn đều như kết quả giải tích, do ảnh hưởng của sự có mặt của các hạt, với kích thước xác

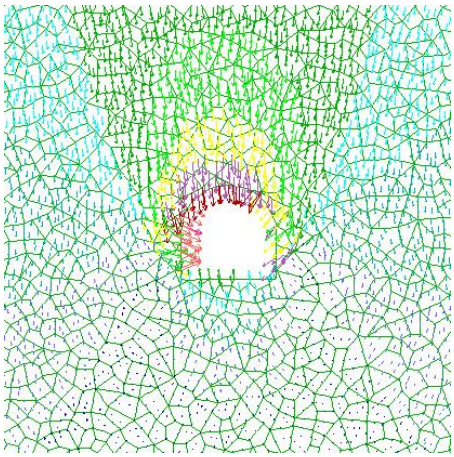
định. Xung quanh đường hầm xuất hiện vùng long rời, thể hiện qua sự suy giảm của các thành phần ứng suất.

Quy luật về dịch chuyển toàn phần trong khối đá được thể hiện trên Hình 6. Có thể nhận thấy do dịch chuyển không đồng nhất dẫn đến các vùng tơi rời ở phía nóc, ở các mức độ khác nhau, có hình dạng tương ứng với các giả thuyết vòm áp lực, tương tự như của Ritter, Bierbaumer, Protodyakonov -Tsimbarevich và Terzaghi.

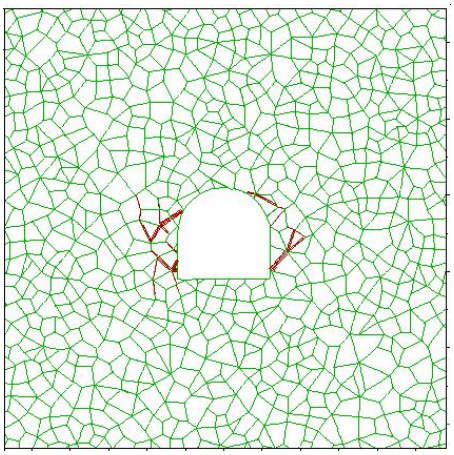
Hình 7 cho kết quả về các mặt trượt hình thành xung quanh đường hầm (đường màu đỏ). Các mặt trượt tạo thánh hai khối nêm với xu thể bị đẩy về phía khoảng trống, phản ánh được giả thuyết áp lực của Rabcewicz (1944).



Hình 5. Phân bố ứng suất chính (trái) và quy luật phân bố ứng suất dọc theo hai trục của đừng hầm



Hình 6. Quy luật dịch chuyển toàn phần trong và hình dạng của các vùng long rời tạo áp lực đá

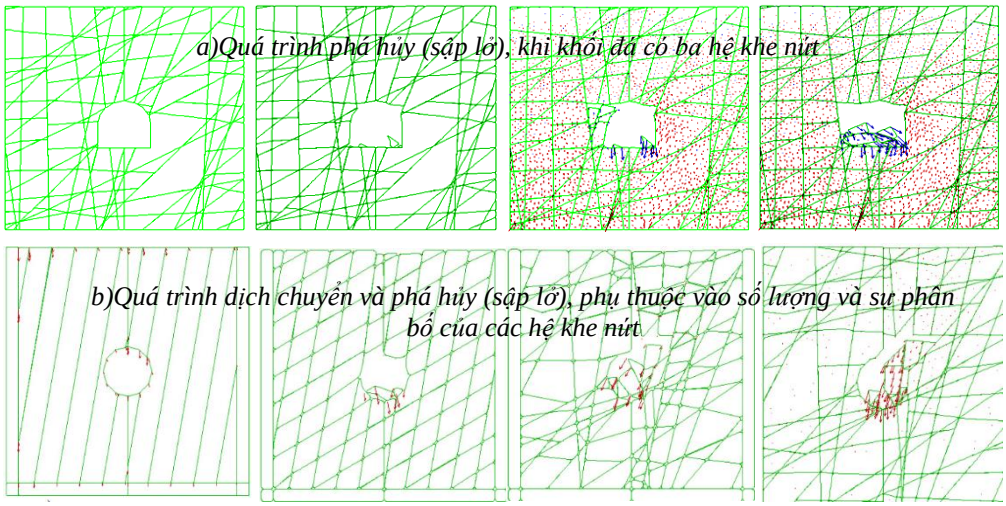


Hình 7. Các mặt trượt (màu đỏ) tạo thành khối nêm hai bên sườn đường hầm

Trong thực tế, các khối đá có thể cấu thành từ các khối nứt, do sự có mặt của các hệ khe nứt. Khi đó, quá trình biến đổi cơ học trong khối đá (quy luật dịch chuyển, phân bố ứng suất) và các hiện tượng phá hủy khối đá xung quanh công trình ngầm xảy ra rất đa dạng và phức tạp. Chấp nhận các giả thuyết áp lực hiện có để tính toán, thiết kế kết cấu chống rõ ràng là chấp nhận gần đúng, thiên về an toàn, nhưng không hẳn vì thế mà kết quả thiết kế kết cấu chống luôn là hợp lý, do có thể xuất hiện tải trọng lệch.

Cụ thể, so sánh với các kết quả phân tích bằng mô hình khối đá nứt nẻ (Q.P Nguyễn 2012), ví dụ trên Hình 8, cho thấy sự khác biệt rất rõ nét về các khối sập lở, tùy theo sự có mặt của các hệ khe nứt trong khối đá. Trên Hình 8a) thể hiện quá trình sập lở các khối nứt vào khoảng trống, khi khối đá có ba hệ khe nứt và đường hầm có dạng tường thẳng, vòm bán nguyệt. Trên Hình 8b) cho thấy sự hình thành các khối sập lở xung quanh đường hầm tiết diện tròn, trong điều kiện khối đã có các hệ khe nứt khác nhau, vùng dịch chuyển và biến dạng sau khi đào không hẳn là các vùng có dạng vòm áp lực. Hay nói cách khác, vòm áp lực thực sự chỉ hình thành khi coi khối đá là đồng nhất, từ vật liệu rời, dính. Trong trường hợp đó có thể áp

dụng các giả thuyết áp lực để tính toán thiết kế kết cấu chống. Khi khối đá cấu thành từ các hệ khe nứt, việc tính toàn áp lực cần được phân tích, đánh giá với các công cụ phù hợp hơn.



Hình 8. Hiện tượng mất ổn định của khối đá nứt nẻ

4. Kết luận

Từ các kết quả nhận được có thể rút ra các kết luận sau:

1) Các giả thuyết áp lực được xây dựng trên cơ sở phân tích giải tích, kinh nghiệm và nghiên cứu bằng các mô hình vật lý với môi trường rời, đồng nhất, hoặc bằng phân tích gần đúng các kết quả đo đạc thực tế. Xuất phát từ cách tiếp cận khác nhau nên đã hình thành nhiều giả thuyết khác nhau. Kết quả phân tích (hay mô phỏng) số cho khối đá cấu thành từ các hạt đồng nhất, đồng đều, nhưng có hình dạng khác nhau đã cho các kết quả phản ánh được các quan niệm riêng của các giả thuyết áp lực. Điều đó cũng đồng nghĩa là các giả thuyết áp lực chỉ nên áp dụng khi khối đá là đồng nhất, với các phần tử cấu trúc, hay các khối nứt có dạng hạt, không thể hiện biểu hiện dị hướng ;

2) Khối đá là môi trường địa chất phức tạp, nên các quy luật biến đổi cơ học cũng rất đa dạng và phức tạp. Các quy luật cụ thể chỉ có thể nhận được khi xây dựng mô hình mô phỏng phản ánh sát với khối đá thực tế;

3) Với sự phát triển mạnh và ngày càng được cải thiện của các phương pháp số cho phép có thể mô phỏng được các loại biểu hiện đa dạng, phức tạp của khối đá xung quanh các công trình ngầm. Do vậy cần thiết đưa ra các yêu cầu và quy định áp dụng các phương pháp này để đánh giá mức độ ổn định của khối đá khi thiết kế.

Tài liệu tham khảo

Bierbaumer, A, 1913. *Die Dimensionerung des Tunnelmauerwerks*. Engelmann, Leipzig.

Engesser, F, 1882. Uber den Erddruck gegen innere Stützwände, *Deutsche Bauzeitung 1882*, S. 91-93.

Fayol, H, 1885. Nate sur les mouvements de terrain provoques par l'exploitation des mines, *Bull. de la soc. de l'industrie Min*.805.

IFTIMIE T, 1994. Prefabricated lining, conceptional analysis and comparative studies for optimal solution. *Proc. of the ITA International Congress Tunnelling and Ground Conditions*, April 1994, Kairo, Ägypten, S. 339-346.

Janssen, H.A, 1895. Versuche uber Getreidedruck in Silozellen. *Z.d. VDI. – 1895. – № 35*. – P. 1045–1049

Katzenbach, R., Breth, H, 1983. Zur Standsicherheit oberflächennaher Tunnel. *Der Bauingenieur 58*. 1983.

Khomenko, O. et al, 2018. Classification of Theories about Rock Pressure. *Solid State Phenomena. Vol. 277, pp 157-167*. 2018 Trans Tech Publications, Switzerland.

Nguyễn Quang Phích và nnk, 2012. Phân tích ảnh hưởng của các dạng hệ khe nứt đến dịch động và phá hủy khối đá xung quanh công trình ngầm sử dụng chương trình UDEC. *Tạp chí KHKT Mỏ-Địa chất, số 39, 7/2012 (Chuyên về Trắc địa mỏ).* Tr. 55-58.

Ritter, W, 1879. *Statik der Tunnelgewoelbe*. Verlag von Jullius Springer. Berlin 1879.

Schulz, P, 1867. Untersuchungen űber Dimensionen der Sicherheitsfehlern fűr den Saarbrűcker Stein-Kohlenbergbau. *Zeitschr. f. das Berghűtten- und Salinirenwizen im Preuss Staate*.

Terzaghi, K, 1935. *Erdbaumechanik*. Verlag Leipzig und Wien 1935.

Rabcewicz, L.v, 1944. *Gebirgsdruck und Tunnelbau*. Springer-Verlag Wien.

Баклашов И. В., Картозия Б . А, 2012. *Механика подземных сооружений и конструкции крепей*. М. Студент, 2012.

Литвинский Г. Г, 2009. Фундаментальные закономерности и новая классификация проявлений горного давления. *Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». Вип.10(151)*. С. 21–28

Протодьяконов М.М, 1931. *Давление горных пород и рудничное крепление. Ч.1* М.Л.: Гостехиздат, 1931.104 с.

ABSTRACT

The regularity of mechanical changes around the tunnel in granular rock mass

Quang Phich Nguyen[1], Văn Mạnh Nguyen[2], Tuan Minh Tran[2], Duyen Phong Nguyen[2]
[1]Van Lang University, [2]Hanoi University of Mining and Geology

Currently, many hypotheses for calculating and predicting rock pressure are still applied in the design of underground works in our country and in the world. Hypotheses on rock pressure are built using simple analytical models or physical experiments with loose materials, or through actual measurements, so the proposals are not completely consistent. The article presents some results of numerical analysis of mechanical changing processes around tunnels in rock masses, made up of granular particles. The results obtained allow to illustrate different pressure manifestations, corresponding to different views on pressure.

Keywords: tunnel; granular rock mass; rock pressure; discrete element method

Rủi ro trong dự án xây dựng - Thực trạng và giải pháp quản lý

Hoàng Đình Phúc[1*], Phạm Đức Thọ[1], Vũ Minh Ngạn[1], Ngọ Thị Hương Trang[1]
[1]*Nhóm nghiên cứu Địa kỹ thuật, Vật liệu và Phát triển bền vững (GCMS)*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Rủi ro xây dựng được hiểu là những yếu tố bất lợi chưa thể dự báo trước được mà trong quá trình triển khai các dự án đầu tư xây dựng thường xuyên gặp phải, những yếu tố này trực tiếp ảnh hưởng tới tiến độ triển khai dự án dẫn đến kết quả không như mục tiêu ban đầu. Để giảm thiểu những rủi ro trong suốt quá trình triển khai dự án đòi hỏi trình độ quản lý các dự án xây dựng phải chuyên nghiệp hơn, đặc biệt là những rủi ro có thể xảy ra trong các dự án xây dựng xây dựng có điều kiện thi công phức tạp hay trong những môi trường đặc biệt. Bài báo phân tích, đánh giá những rủi ro có thể xảy ra trong quá trình xây dựng, đồng thời quản lý và đề xuất giải pháp phòng ngừa rủi ro đối với lĩnh vực xây dựng.

Từ khóa: rủi ro ngành xây dựng; thực trạng rủi ro; quản lý rủi ro

1. Tổng quan về rủi ro trong ngành xây dựng

Ngành xây dựng là một ngành công nghiệp đóng góp vai trò to lớn đến sự phát triển của nền kinh tế-xã hội trong bối cảnh nước ta chính thức hội nhập quốc tế (Chính phủ, 2015). Tính cạnh tranh trong lĩnh vực xây dựng với sự tham gia có yếu tố nước ngoài đã đòi hỏi các doanh nghiệp trong lĩnh vực xây dựng cần khắt khe hơn trong việc lựa chọn Nhà thầu, những tiêu chuẩn quốc tế về công nghệ xây dựng cũng như quy trình quản lý các hoạt động xây dựng nhằm đảm bảo sự thành công của một dự án xây dựng. Trong lĩnh vực xây dựng, trên thế giới đã chứng kiến nhiều rủi ro trong quá khứ, con số 27.500 công nhân đã chết vì các trận lở đất, bệnh dịch trong suốt quá trình xây dựng kênh đào Panama, hay 26 người thiệt mạng và hơn 100 người bị thương khi tiến hành lắp dựng mái che bằng kính của bể bơi trong công viên nước Transvaal (Tây Nam thủ đô Matxcova, Liên bang Nga), vụ sập cần cẩu tại một công trường xây dựng tại tỉnh Hồ Nam, Trung Quốc năm 2016 dẫn tới 12 người thiệt mạng. Điều này có thể cho ta thấy, ngành Xây dựng là một lĩnh vực luôn tiềm ẩn những rủi ro có thể đem lại, những rủi ro này có nhiều nguyên nhân khác nhau, có thể do con người (nguyên nhân chủ quan) hay do thời thiết, do lỗi công nghệ thi công (nguyên nhân khách quan). Những rủi ro này đôi khi do cùng một nguyên nhân nhưng lại thường xuyên lặp đi lặp lại nhiều lần với cùng một dạng dự án công trình xây dựng.

Ở Việt Nam, những rủi ro trong ngành xây dựng thường dẫn đến những hậu quả nặng nề, điển hình từ năm 1979-1994, trong quá trình xây dựng công trình Thủy điện Hòa Bình (baohoabinh.com.vn), do điều kiện thi công khó khăn, phức tạp đã dẫn đến 168 cán bộ, công nhân, viên chức và chuyên gia của Liên Xô thương vong Sự cố sập nhịp dẫn cầu Cần Thơ tháng 9 năm 2007 được coi là một trong những thảm họa cầu đường và tai nạn xây dựng nghiêm trọng nhất tại Việt Nam cho đến thời điểm này (Sự cố sập nhịp dẫn cầu Cần Thơ – Wikipedia tiếng Việt) mà nguyên nhân cơ bản có yếu tố chủ quan của con người.

Khái niệm rủi ro trong xây dựng đang chưa có được định nghĩa cụ thể và nhất quán. Đỗ Thị Mỹ Dung, 2016 ; Đinh Tuấn Hải và Nguyễn Hữu Huế, 2016 đã nhận định, rủi ro trong xây dựng chủ yếu tập trung vào đánh giá hai vấn đề chính: một là nguồn gốc của rủi ro (những nguyên nhân chủ yếu gây rủi ro cho công trình); hai là tần suất/chu kỳ xuất hiện các rủi ro (khi tiến hành đánh giá đối với một loại công trình được xây dựng cùng một công nghệ, cùng công năng sử dụng, cùng Nhà thầu và cùng biện pháp quản lý xây dựng).

Có thể nói, trong quá trình hội nhập kinh tế của nước ta, các dự án đầu tư xây dựng tăng nhanh với quy mô lớn và độ phức tạp về công nghệ thi công thì những vấn đề về rủi ro trong lĩnh vực xây dựng đang trở thành một vấn đề nghiêm trọng đòi hỏi các nhà quản lý dự án, các cơ quan quản lý xây dựng phải quan tâm hơn bao giờ hết. Như vậy, nghiên cứu về rủi ro trong ngành xây dựng chính là một quá trình phân tích, đánh giá, dự báo các rủi ro có thể xảy ra xuyên suốt quá trình từ lập dự án đến lúc hoàn thành và khai thác của công trình nhằm đảm bảo được sự thành công của các dự án xây dựng.

* *Tác giả liên hệ*
Email: hoangdinhphuc@humg.edu.vn



Hình 1. Quản lý rủi ro trong các dự án xây dựng đem lại những hiệu quả tích cực (Nguyễn Thị Thúy, 2020)

2. Thực trạng rủi ro trong các hoạt động xây dựng

2.1. Các yếu tố gây rủi ro trong hoạt động xây dựng

Khi nhắc tới rủi ro trong lĩnh vực xây dựng, có rất nhiều các quan điểm khác nhau về nghiên cứu rủi ro của một dự án. Hiện các quan điểm về đánh giá rủi ro của một dự án thường tập trung vào hai yếu tố gây rủi ro chính: một là các yếu tố rủi ro phi kỹ thuật; hai là các yếu tố rủi ro kỹ thuật

2.1.1. Các yếu tố rủi ro phi kỹ thuật

Những rủi ro loại này chủ yếu do công tác tổ chức của doanh nghiệp xây dựng khi tiến hành tham gia đấu thầu và triển khai các công trình, cụ thể:

- Doanh nghiệp triển khai dự án không có giấy phép sản xuất an toàn; công ty lắp đặt công trình phòng cháy chữa cháy không có chứng chỉ đủ điều kiện an toàn phòng cháy và chữa cháy không có nghiệp vụ đặc biệt.
- Doanh nghiệp xây dựng chưa xây dựng hệ thống quản lý sản xuất an toàn, hệ thống quản lý xây dựng an toàn, văn minh, hệ thống quản lý, sản xuất an toàn.
- Công ty xây dựng chưa xây dựng được các biện pháp thi công, kỹ thuật thi công an toàn.
- Chưa lường hết được các yếu tố có thể gây rủi ro từ bên ngoài như yếu tố môi trường, khí hậu cũng như những biến động của thị trường.

2.1.2.Các yếu tố rủi ro kỹ thuật

Những rủi ro loại này thường liên quan trực tiếp đến năng lực của các doanh nghiệp xây dựng, nó chủ yếu tập trung trong các giai đoạn thiết kế và thi công của dự án.

Rủi ro kỹ thuật là rủi ro do khó khăn kỹ thuật, tắc nghẽn kỹ thuật, sai sót kỹ thuật và các yếu tố khác trong quá trình thực hiện dự án kỹ thuật. Việc xây dựng các dự án, đặc biệt các dự án kỹ thuật đô thị đòi hỏi phải áp dụng nhiều công nghệ mới, vật liệu mới và quy trình mới. Việc áp dụng các công nghệ mới này không chỉ cần sự hỗ trợ của nhân viên kỹ thuật chuyên môn mà còn cần có đủ kinh phí và thời gian. Có thể kể ra một số gây nên rủi ro kỹ thuật như:

- Trong các dự án nhà cao tầng, trong phương án thi công công tác đào đất không có biện pháp chống đỡ hố móng an toàn.
- Phương án lắp dựng giàn giáo không có bản vẽ thiết kế và tính toán thiết kế.
- Quy hoạch xây dựng thiếu biện pháp bảo vệ dẫn việc thi công các hạng mục bị chồng chéo lẫn nhau, ảnh hưởng tới tiến độ và an toàn của các hạng mục.
- Không có biện pháp an toàn cho việc lắp đặt, sử dụng và tháo dỡ máy móc.
- Công tác lắp đặt và sử dụng điện tạm thời tại công trường không được lắp đặt đúng quy định an toàn sản xuất hoặc không có biện pháp an toàn tương ứng.
- Phương án thi công cốp pha chưa được lập hoặc phương án lập chưa đầy đủ.
- Trên công trường không có biện pháp an toàn phòng cháy, chống cháy nổ.
- Không có biện pháp an toàn theo mùa nào được áp dụng.

- Thiết kế bản vẽ thi công chưa đúng dẫn đến sai sót trong thi công.
- Các rủi ro an toàn khác do vấn đề chất lượng công trình xây dựng.

2.2. Thực trạng rủi ro trong ngành xây dựng

Rủi ro tồn tại một cách khách quan và không thể loại bỏ được. Trong các dự án xây dựng, trong những trường hợp có rủi ro thì cúng ta nên có thái độ đúng đắn trước rủi ro đó, không nên phóng đại rủi ro cũng như không sợ hãi trước rủi ro. Ngược lại, chúng ta phải đối mặt với rủi ro, nắm bắt quy luật của chúng, xác định các yếu tố rủi ro có thể gây nguy hiểm trực tiếp cho dự án để từ đó và áp dụng các biện pháp đối phó tương ứng. Thực trạng của các rủi ro hiện hay trong các hoạt động xây dựng chủ yếu bao gồm các yếu tố.



Hình 2. Những rủi ro thường gặp trong các dự án xây dựng (Nguyễn Thị Thúy, 2020)

Rủi ro về tài chính của dự án. Đây là các yếu tố tác động đến nguồn tài chính của doanh nghiệp xây dựng. Thông thường nó có thể bao gồm sự biến động về doanh thu, biến động về chi phí vận hành hoặc triên khai cũng như những biến động do tính cạnh tranh của các doanh nghiệp xây dựng khác.

Rủi ro về tính pháp lý của dự án. Là các rủi ro khi có sự tranh chấp trong quá trình triển khai dự án, cũng có thể do tranh chấp hợp đồng với các đối tác (nhà thầu khác) trong triên khai các hợp đồng.

Rủi ro về tính an toàn của dự án. Loại rủi ro này thường mang yếu tố khách quan, nó thường liên quan trực tiếp khi triển khai các dự án xây dựng như mất an toàn của người lao động

Rủi ro môi trường – xã hội của dự án. Đây là loại rủi ro phi kỹ thuật, nó chịu tác động chủ yếu bởi các hiện tượng tự nhiên như thời tiết, khí hậu có thể tác động tới dự án.

Rủi ro của dự án: Đây là loại rủi ro kỹ thuật, chủ yếu do năng lực quản lý kém của doanh nghiệp, chưa đánh giá đúng được các yếu tố có thể tác động tới dự án xây dựng.

Hiện nay, để quản lý rủi ro trong các hoạt động xây dựng thường chủ yếu dựa trên các Luật xây dựng do Quốc Hội ban hành, hay các Thông tư, Nghị định do Chính phủ ban hành (Chính phủ, 2025; Đỗ Thị Mỹ Dung, 2016). Tuy nhiên, việc chưa có quy định ràng buộc cụ thể, trong phạm vi của bài báo, tác giả tập trung phân tích và đưa ra hai giải pháp để quản lý rủi ro trong các hoạt động xây dựng.

2.2.1. Rủi ro hợp đồng đầu tư xây dựng dự án

Rủi ro trong hợp đồng là rủi ro do các yếu tố như không rõ ràng, không đầy đủ, không hợp lý hoặc vi phạm hợp đồng trong quá trình thực hiện dự án. Trong các dự án xây dựng, do sự cạnh tranh gay gắt trong ngành hợp đồng xây dựng cùng với những hạn chế bởi quy luật "thị trường của bên mua – bên bán" nên mức độ rủi ro giữa chủ đầu tư và nhà thầu là khác nhau mà rủi ro chính thường thuộc về phía nhà thầu (bên mua). Vì vậy, khi ký kết hợp đồng dự án, các yếu tố rủi ro khác nhau phải được xem xét đầy đủ và chia sẻ rủi ro một cách hợp lý để tránh thất bại dự án do rủi ro hợp đồng.

2.2.2. Rủi ro trong quản lý vận hành dự án

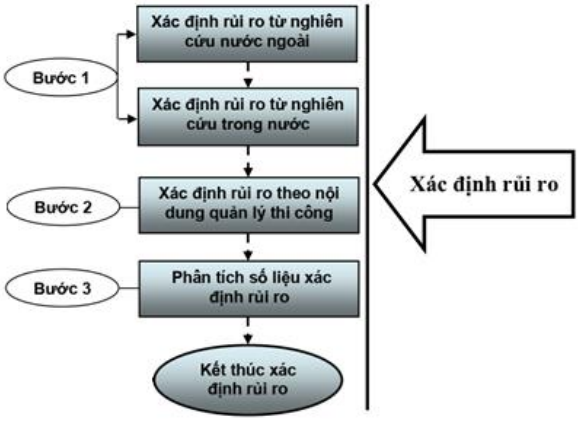
Đinh Tuấn Hải (2016) và Đào Xương Ngân (2012) cho rằng, rủi ro trong quản lý vận hành dự án là loại rủi ro do quản lý không phù hợp, hệ thống quản lý không hoàn hảo, nhân sự quản lý không đủ trình độ và các yếu tố khác trong quá trình thực hiện dự án kỹ thuật. Việc quản lý các dự án kỹ thuật đô thị liên quan đến nhiều khía cạnh như quản lý dự án, quản lý chất lượng, quản lý an toàn, quản lý tiến độ, v.v. Vì vậy, về mặt quản lý rủi ro, cần thiết lập một hệ thống quản lý hoàn chỉnh, tăng cường đào tạo và đánh giá nhân sự quản lý, nâng cao trình độ quản lý và giảm thiểu rủi ro quản lý.

3. Giải pháp quản lý rủi ro trong hoạt động xây dựng

3.1.Giải pháp riêng

Trong suốt quá trình thi công xây dựng, các rủi ro luôn tiềm ẩn, nhiều dự án đầu tư xây dựng thường xuyên bị chậm tiến độ với cả nguyên nhân kỹ thuật và phi kỹ thuật. Vì vậy, khi gặp phải những rủi ro thì ta cần từng bước xác định nguyên nhân gây nên rủi ro đó để từ đó đánh giá rủi ro và đưa ra được các giải pháp quản lý hợp lý.

Để có được giải pháp quản lý hợp lý, việc xây dựng được kế hoạch công việc để dự báo rủi ro ngay từ khi lập dự án đầu tư xây dựng đến thi công, vận hành và khai thác sẽ giảm thiểu tối đa được những rủi ro có thể ảnh hưởng tới kế hoạch của dự án.



Hình 3. Các bước xác định rủi ro trong xây dựng (Nguyễn Thị Phượng, 2024)

Bên cạnh đó, với sự phát triển của khoa học và công nghệ, nhiều phần mềm, mô hình đã được áp dụng trong quản lý các rủi ro trong xây dựng, từ đó hạn chế tương đối những rủi ro có thể xay ra, đồng thời kiểm soát chặt chẽ những rủi ro một cách tương đối chính xác.

- Mô hình chi tiết 3D BIM phục vụ chính để mô hình các phần kết cấu, kiến trúc, điện nước cho những nhà thiết kế.
- Phần mềm quản lý thi công xây dựng iBom.Pm giúp các nhà thầu thi công theo dõi quá trình thực hiện các hợp đồng thi công các công trình xây dựng nhằm đảm bảo dự án được thi công theo đúng tiến độ.
- FastWork là phần mềm giải quyết cùng lúc được nhiều vấn đề trong suốt quá trình triển khai dự án đầu tư xây dựng quản lý thi công xây dựng, định mức và các vấn đề nghiệm thu, thanh quyết toán và quản lý tài chính,...

3.2.Giải pháp chung

Để kiểm soát hiệu quả rủi ro của các hoạt động xây dựng, cần thực hiện một loạt biện pháp tổng thể để quản lý rủi ro. Các biện pháp cụ thể bao gồm:

- Thiết lập hệ thống quản lý rủi ro hợp lý, bao gồm nhận dạng rủi ro, đánh giá rủi ro đánh giá, ứng phó rủi ro, giám sát rủi ro và các khía cạnh khác.
- Tăng cường quản lý dự án để đảm bảo dự án được triển khai suôn sẻ.
- Tăng cường quản lý chất lượng, nâng cao chất lượng dự án và giảm thiểu rủi ro về chất lượng.
- Tăng cường quản lý an toàn để đảm bảo an toàn cho người lao động và giảm thiểu rủi ro về an toàn. cường quản lý tiến độ để đảm bảo các dự án được hoàn thành đúng thời hạn.
- Tăng cường hỗ trợ kỹ thuật, nâng cao trình độ kỹ thuật và giảm thiểu rủi ro kỹ thuật.

3.3.Giải pháp ứng phó với các rủi ro nguy hiểm

- Rủi ro về trình độ của đội ngũ nhân lực của nhà thầu: Đây là giải pháp ứng phó với các rủi ro nguy hiểm có hiệu quả nhất bởi tận dụng những cán bộ kỹ thuật có trình độ, có năng lực và kinh nghiệm trong từng vấn đề chuyên môn như tư vấn, thiết kế, thi công, giám sát,..cũng như khả năng nâng cao năng lực quản lý. Do vậy, việc trang bị cho đội ngũ nhân lực của nhà thầu những chuyên môn sâu về phân tích, đánh giá cũng như các giải pháp ứng phó với các rủi ro của dự án gặp phải là điều tối quan trọng và cần thiết.
- Rủi ro về cơ chế thị trường, chính sách và pháp luật khi đầu tư xây dựng một dự án: Đây là vấn đề tương đối quan trọng của dự án đầu tư xây dựng bởi hầu hết các dự án hiện nay không ít thì nhiều cũng đều gặp phải. Những rủi ro loại này thường đem lại nhiều những hậu quả nặng nề cho cả bên mua và bên bán. Cơ chế chính sách và pháp luật luôn là những vấn đề mà không phải bất cứ chủ đầu tư nào cũng dễ dàng bố trí và xử lý được. Do vậy, đối với những loại rủi ro này cần có sự nhất quán về hệ thống các quy định

pháp luật, cần có sự đồng bộ hóa gữa các Bộ, ngành cũng như các nhà đầu tư một cách chặt chẽ, rõ ràng và minh bạch tránh trường hợp kéo dài thời gian thực hiện của dự án.

4. Kết luận

Sự phát triển của các dự án đầu tư xây dựng ở Việt nam nói chung và các thành phố lớn nói riêng đã đang tăng lên nhanh chóng. Nhằm đảm bảo triển khai an toàn, đúng tiến độ và hiệu quả cao của các dự án đầu tư xây dựng, việc xác định các rủi ro trong xây dựng có thể gặp phải sẽ giúp các nhà quản lý, nhà đầu tư đưa ra được các giải pháp quản lý rủi ro một cách dễ dàng, từ đó hạn chế tối đa những rủi ro cho dự án.

Bài báo đã phân tích được thực trạng rủi ro hiện nay trong lĩnh vực xây dựng mà phía nhà thầu thường xuyên gặp phải. Những yếu tố rủi ro kỹ thuật bao gồm rủi ro hợp đồng đầu tư và rủi ro trong quản lý vận hành các dự án đầu tư xây dựng là nguyên nhân chính gây rủi ro đối với các doanh nghiệp xây dựng. Do vậy, việc áp dụng các giải pháp mô hình hóa thông tin xây dựng (BIM) vào mỗi dự án có thể giúp các doanh nghiệp xây dựng quản lý hiệu quả những rủi ro có thể gặp phải trong, đồng thời kịp thời ứng phó với các rủi ro nguy hiểm một cách chính xác, đem lại hiệu quả cao trong các dự án đầu tư xây dựng.

Tài liệu tham khảo

Chính phủ, 2015. *Nghị định 119/2015/NĐ-CP ngày 13/11/2015 quy định bảo hiểm bắt buộc trong hoạt động đầu tư xây dựng*.

Đỗ Thị Mỹ Dung, 2016. *Nghiên cứu và phân tích các yếu tố rủi ro ảnh hưởng đến dự án đầu tư xây dựng*, Luận án tiến sĩ, Đại học Kiến trúc Hà Nội.

Đinh Tuấn Hải và Nguyễn Hữu Huế, 2016. *Quản lý rủi ro trong xây dựng*, NXB Xây dựng, Hà Nội.

Đào Xương Ngân, 2012 (Bích Ngọc dich). Một số rủi ro tiền ẩn mà các doanh nghiệp xây dựng cần nâng cao hiệu quả kiểm soát, *Tạp chí Xây dựng Trung Quốc*, số 6/2012.

Nguyễn Văn Ninh, 2023. Quản lý rủi ro trong dự án công trình xây dựng. *Tạp chí Xây dựng & Đô thị*, số 89.2023

Nguyễn Thị Phượng, 2024. *Thực trạng quản lý rủi ro cho các dự án đầu tư phát triển đô thị tại Hà Nội*. Luận án Tiến sĩ, Trường Đại học Kiến Trúc Hà Nội.

Nguyễn Thị Thúy, 2020. Quản lý rủi ro dự án đầu tư xây dựng chung cư cao tầng tại Hà Nội. *Tạp chí xây dựng*, số 06.2024

Phạm Thị Trang, 2010. Nghiên cứu giải pháp quản trị rủi ro trong dự án thi công xây dựng, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng*, số 1(36), 2010.

ABSTRACT

Risk in construction – Current of Risk management and solutions

Hoang Dinh Phuc [1], Pham Duc Tho[1], Vu Minh Ngan[1], Ngo Thi Huong Trang[1]

[1]*Geotechnical engineering, Construction Materials and Sustainability Research Group, Hanoi University of Mining and Geology*

Construction risk is the process of identifying potential risks, evaluating their impact and implementing procedures to mitigate their financial effect on construction company. The construction industry is fraught with risks that can disrupt even the best-laid plans. Due to the industry's high failure rate and the complexity of projects, effective risk management is a necessity. To avoid potential project disruption, it's crucial to identify risks, including financial, safety, legal, and operational types

Keywords: construction risk; current risk; risk management

Phân tích chuyển vị tường vây và đất nền xung quanh khi xây dựng ga tàu điện ngầm bằng phương pháp Topdown

Nguyễn Văn Quang[1,*], Võ Nhật Luân[2], Nguyễn Thị Ngọc Bích[1]
[1]*Trường Đại học Công nghệ giao thông vận tải*
[2]*Công ty cổ phần Đào tạo xây dựng và phát triển nguồn nhân lực sáu*

TÓM TẮT

Hiện nay, ở Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh, việc xây dựng các tuyến tàu điện ngầm đang được triển khai nhằm giải quyết vấn đề giao thông nội đô. Các nhà ga của hệ thống tàu điện ngầm ở hai thành phố này được xây dựng theo phương pháp Topdown. Quá trình xây dựng nhà ga tàu điện ngầm có thể gây ra chuyển vị tường vây và đất nền xung quanh, ảnh hưởng đến các công trình lân cận. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) với phần mềm Plaxis 3D để phân tích chuyển vị của tường vây và đất nền xung quanh trong quá trình xây dựng nhà ga tàu điện ngầm. Kết quả của phân tích từ mô hình số được so sánh với các dữ liệu thực đo tại nhà ga S9 (ga Kim Mã) thuộc tuyến metro số 3 của thành phố Hà Nội. Kết quả so sánh cho thấy sự phù hợp về độ lớn và xu hướng chuyển vị tường vây, lún nền xung quanh nhà ga S9, vì vậy có thể áp dụng phương pháp PTHH để dự báo và tính toán biện pháp thi công phù hợp cho các nhà ga ngầm khác nhau trong điều kiện địa chất thành phố Hà Nội.

Từ khóa: tường vây; hố đào sâu; chuyển vị

1. Đặt vấn đề

Hiện nay Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh đang tiến hành xây dựng các tuyến tàu điện ngầm nhằm giải quyết tình trạng giao thông quá tải. Tại thành phố Hồ Chí Minh đã xây dựng xong tuyến số 01, còn tại Hà Nội đang tiến hành xây dựng các nhà ga ngầm của tuyến số 3 và chuẩn bị cho công tác khoan hầm (TBM). Hệ thống tàu điện ngầm ở cả 2 thành phố đều là các tuyến nằm nông với chiều sâu trung bình tuyến hầm khoảng 20m. Với chiều sâu đào của các ga ngầm tại Hà Nội từ 18m (ga S9- Ga Kim Mã) đến 25m (ga S12- Ga Hà Nội) phương pháp thi công Topdown được xem là phương án tối ưu để vừa đảm bảo an toàn và tiết kiệm chi phí xây dựng.

Việc xây dựng các ga ngầm (được xem như các hố đào sâu) trong điều kiện đô thị với mật độ công trình xung quanh dày đặc phải hết sức chú ý đến chuyển vị tường vây và nền xung quanh. Trong suốt quá trình xây dựng các giới hạn chuyển vị của tường vây và đất nền phải nằm giới hạn cho phép để đảm bảo an toàn cho bản thân công trình và công trình lân cận. Nghiên cứu về chuyển vị tường vây đã được nhiều tác giả quan tâm chú ý. Đặc biệt việc lựa chọn mô hình ứng xử đúng của đất nền để có thể dự đoán chính xác chuyển vị của tường vây trong quá trình thi công hầm đòi hỏi sự thận trọng cao. Nghiên cứu về vấn đề này đã được nhiều tác giả để cập như Ou và nnk (1993), Bowles (1996), Hsieh and Ou (1988), Kung và nnk. (2007), Wang và nnk (2010).

Việc phân tích các yếu tố ảnh hưởng để đưa ra dự báo lún cho các ga ngầm trong suốt quá trình xây dựng đóng vai trò quan trọng cho thành công của một dự án thi công hầm. Trên thế giới đã có rất nhiều nghiên cứu chuyển vị của tường vây và đất nền xung quanh trong quá trình thi công các tầng hầm với hố đào sâu. Tuy nhiên ở Việt Nam các ga tầu điện ngầm lần đầu tiên được xây dựng, đòi hỏi phải có những nghiên cứu thêm để dự báo được ảnh hưởng của quá trình xây dựng ga đến công trình lân cận.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Chuyển vị cho phép của tường vây và nền xung quanh

Tham khảo tiêu chuẩn DG/TJ08-61-2010, chuyển vị ngang cho phép trong tường vây và độ lún cho phép của nền đất phụ thuộc vào điều kiện công trình hiện hữu xung quanh, chiều sâu đào và khoảng cách từ hố đào đến kết cấu xung quanh.

* *Tác giả liên hệ*
Email: quangnv@utt.edu.vn

Bảng 1. Giới hạn chuyển vị tường vây

Khu vực	Khoảng cách từ hố đào đến công trình nhỏ nhất s (m)	Chiều sâu đào lớn nhất H (m)	Nhóm	Cấp bảo vệ công trình	Chuyển vị ngang cho phép trong tường vây	Độ lún nền đất xung quanh
1	8,0	15,7	II	II	0,3%H	0,25%H
2	40,0	25,0	II	III	0,7%H	0,55%H
3	12,0	15,7	II	II	0,3%H	0,25%H

Tại dự án Metro line 3 Hà Nội, các yêu cầu về ngưỡng chuyển vị của tường vây và nền xung quanh được quy định chặt chẽ, nhằm đảo bảo an toàn của nhà ga và các công trình lân cận. Theo yêu cầu dự án, chuyển vị của tường vây và công trình xung quanh được quy định như sau:

+ Đối với tường vây : Chuyển vị lớn nhất cho phép là 35mm

+ Đối với công trình xung quanh, tùy thuộc vào tính chất của công trình xung quanh mà có ngưỡng chuyển vị khác nhau. Bảng dưới đây thể hiện yêu cầu về chuyển vị nền cho công trình lân cận đối với dự án Metro line 3 Hà Nội.

Bảng 2. Các loại hư hại cho phép đối với tòa nhà

	Các tòa nhà nhạy cảm	Các tòa nhà bình thường
Danh mục hư hại cho phép	Loại 1	Loại 2
Độ lún toàn phần	$S_{max} \leq 5mm$	$S_{max} \leq 15mm$
Độ lún chênh lệch	$\Delta S_{max} \leq 2mm$	$\Delta S_{max} \leq 5mm$
Độ dốc	$\beta \leq 1/1000$	$\beta \leq 1/500$
Biến dạng	$\varepsilon \leq 0,025$	$\varepsilon \leq 0,075$

2.2. Các phân tích ổn định hố đào

Chiều dài ngàm tường vây dưới bản đáy được tính toán bằng việc kiểm tra hệ số an toàn yêu cầu cho ổn định hố đào trong quá trình đào đất được tham khảo theo EN 1997-1. Đồng thời, toàn bộ kết cấu sau khi đưa vào sử dụng cần đảm bảo yêu cầu chống đẩy nổi dưới tác dụng của áp lực nước. Các phân tích ổn định hố đào cần xem xét trong quá trình tính toán : (1) Đẩy trồi do mất cân bằng mômen ; (2) Phá hoại bùng nền ; (3) Ổn định thủy lực ; (4) Kiểm tra đẩy nổi công trình trong quá trình sử dụng.

2.3. Các phương pháp đánh giá chuyển vị tường vây và lún đất nền xung quanh ga tàu điện ngầm xây dựng bằng phương pháp Topdown

2.3.1. Công thức thực nghiệm

Quy mô và sự phân bổ độ lún do đào ga có liên quan đến nhiều yếu tố như là chất lượng thi công, điều kiện của đất, áp lực nước ngầm, chiều sâu và hình dạng hình học của hố đào, qui trình đào và hệ thống chắn giữ. Hầu hết các phương pháp phòng ngừa đã thu được dựa trên cơ sở các tiếp cận về kinh nghiệm dựa trên các đo đạc ngoài hiện trường đã quan sát hơn là các tiếp cận về mặt lý thuyết. Được dựa trên các giá trị lún được quan sát cuối cùng, các phương pháp theo kinh nghiệm có tính đến tất cả các yêu tố đóng góp đến lún của đất. Một vài nghiên cứu tiêu biểu cho phương pháp này: phương pháp Bowles, phương pháp Clough và O'Rourke, phương pháp Hsieh & Ou.

2.3.2 Phương pháp số

Ứng dụng phương pháp số trong dự báo lún bề mặt khi xây dựng công trình ngầm ngày càng được ứng dụng rộng rãi. Nghiên cứu theo hướng này đã được nhiều tác giả quan tâm từ lâu. Những tác giả đầu tiên có các công trình nghiên cứu nổi bật theo hướng này có thể kể đến : O.C.Zienkiewiz (Zienkiewicz O.C, 1977), D.J.Dawe (Dawe D.J, 1984), R.J.Astley (Astley R.J,1992)… Các chương trình phần mềm thương mại mạnh mẽ để mô phỏng quá trình xây dựng đường hầm cũng như dự báo lún bề mặt có thể kể đến như Abaqus, Plaxis, Midas NX GTS, Flac 3D,…

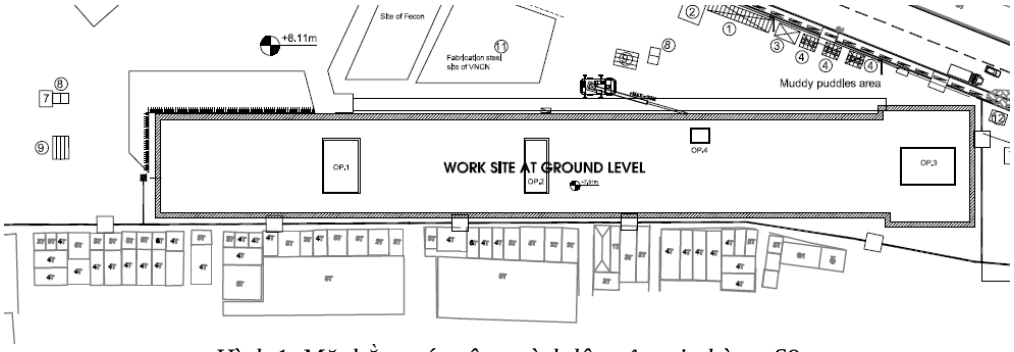
Những vấn đề đang được quan tâm hiện này trong việc lập mô hình số là mô phỏng một cách chính xác ứng xử của lớp đất yếu trong quá trình xây dựng công trình ngầm, cũng như sự tác động của quá trình xây dựng công trình ngầm đến các công trình hiện hữu trên mặt đất.

Phương pháp số cho phép mô phỏng được nhiều yếu tố ảnh hưởng đến lún bề mặt khi xây dựng công trình ngầm. Kết quả dự báo lún bằng phương pháp số cho kết quả tin cậy nếu người lập mô hình hiểu rõ các thông số đầu vào về tính chất cơ lý của các lớp đất, cũng như nhưng thông số khác từ công nghệ, bước thi công.

3. Áp dụng phương pháp số phân tích chuyển vị chuyển vị tường vây và đất nền xung quanh khi xây dựng ga tàu điện ngầm bằng phương pháp Topdown

3.1. Thông tin dự án

Tại nhà ga S9, xung quanh nhà ga chủ yếu là nhà dân 3-4 tầng với móng nông. Nhiều nhà đã được xây dựng từ lâu, đã bị xuống cấp trong thời gian sử dụng, nên việc đảm bảo độ lún nền xung quanh trong giới hạn là hết sức quan trọng. Hình 1 thể hiện mặt bằng nhà ga và mặt bằng công trình lân cận tại ga S9.



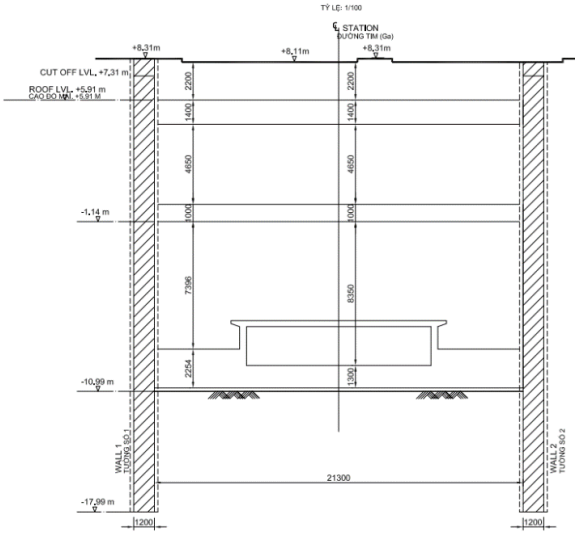
Hình 1. Mặt bằng các công trình lân cận tại nhà ga S9

Trong quá trình đào đất tại nhà ga, quá trình theo dõi chuyển vị tường vây và đất nền xung quanh được thực hiện liên tục. Trong trường hợp chuyển vị vượt quá ngưỡng cảnh báo cần dừng công trường và có biện pháp thích hợp. Hình 2 thể hiện mặt bằng bố trí các điểm quan trắc chuyển vị tường vây.



Hình 2. Vị trí đặt điểm quan trắc đo chuyển vị tường vây tại nhà ga S9

Ga S9 sử dụng tường vây chiều dày 1200mm là tường chắn đất. Các sàn tầng hầm B1, B2, B3 đóng vai trò là các thanh chống ngăn chuyển vị tường vây. Mặt cắt đứng của nhà ga S9 được thể hiện tại hình 3.



Hình 3. Mặt cắt ngang hầm S9

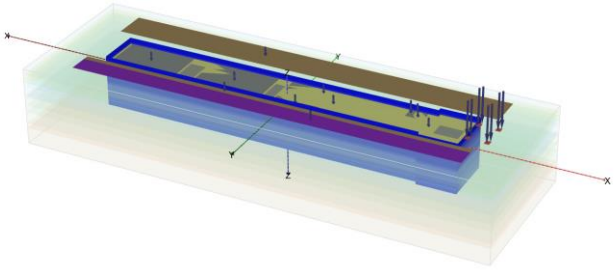
Chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất được lấy theo báo cáo khảo sát địa chất được phê duyệt. Mô hình Mohr-Coulomb được lựa chọn để mô phỏng tính "đàn-dẻo" của các lớp đất. Các lớp cát được lựa chọn theo ứng

xử "thoát nước" còn các lớp sét ứng xử là "không thoát nước". Thông số đầu vào cho các lớp đất Bảng 3. 1 thể hiện các chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất phục vụ đầu vào cho mô hình.

Bảng 3. Thông số đầu vào cho các lớp đất

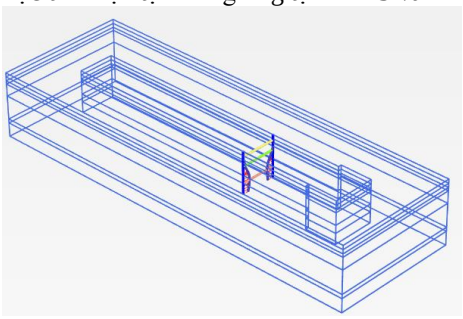
Lớp đất	Đơn vị	Đất lấp	GU1-s^1	GU5_a^1	GU1-s^2	GU5_a^2	Gu5_b	GU1_d
Cao độ đỉnh lớp	m	8,5	6,0	3,5	1,5	-6,0	-20,5	-23,0
Mô hình	-	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC
Ứng xử	-	Drained	Undrained	Drained	Undrained	Drained	Drained	Undrained
Trong lượng riêng	kN/m^3	19,3	18,5	20,0	19,1	20,0	20,5	19,1
Sức kháng cắt có hiệu	kPa	0	10	0	25	0	0	25
Góc ma sát trong	độ	32	25	29	25	34	35	20
Hệ số Possion	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Modul đàn hồi	kPa	10.000	15.000	15.000	25.000	47.500	75.000	25.000

Hình 4 thể hiện mô hình 3D của nhà ga Kim Mã (ga S9). Trong mô hình có tính tới các hoạt tải thực tế tại nhà ga ngầm: Hoạt tải thi công: 20kPa; hoạt tải của công trình xung quanh: 15kPa/1 tầng nhà; hoạt tải của cẩu 500 tấn trong quá trình lắp đặt máy TBM. Tường vây được mô phỏng bằng phần tử plate với các đặc trưng hình học và tính chất vật liệu. Các sàn nhà ga được thiết kế gồm các lỗ mở phục vụ quá trình vận chuyển đất trong quá trình đào hầm.

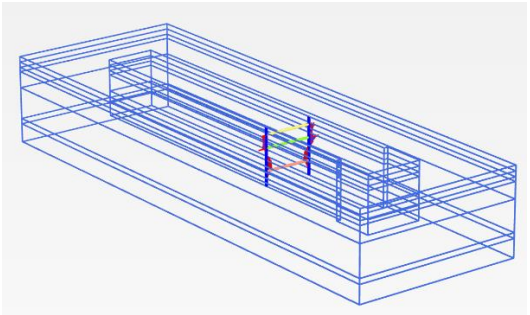


Hình 4. Mô hình Plaxis 3D cho quá trình thi công nhà ga S9

Thi công nhà ga S9 được phân tích theo các bước sau:
Bước 1- Phân tích trạng thái ứng suất ban đầu của khối đất ;
Bước 2- Đặt tải trọng công trình lân cận và tải trọng thi công ;
Bước 3- Đào đến cao độ sàn hầm B1 ;
Bước 4- Thi công sàn hầm B1 ;
Bước 5,6,7- Đào và thi công các sàn hầm B2, B3
Kết quả phân tích chuyển vị tường vây và momoment uốn tường vây tại các vị trí cạnh dài và cạnh ngắn được thể hiện tại tương ứng tại hình 5 và hình 6.

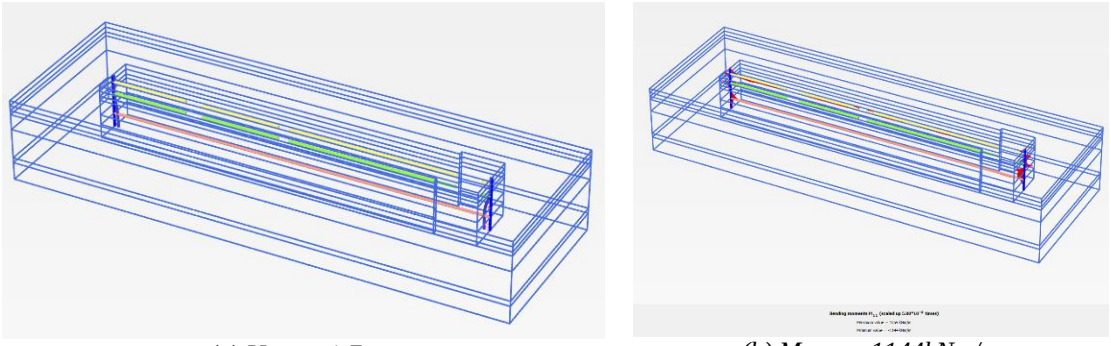


(a) Umax = 2,8cm



(b) Mmax =2630kNm/m

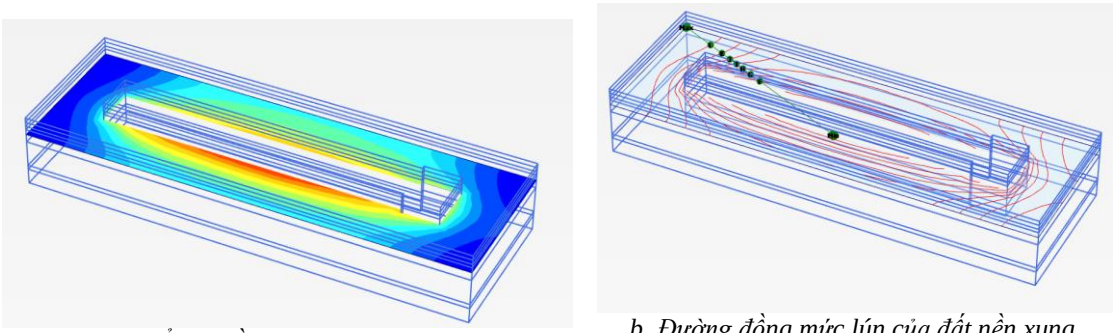
Hình 5. Kết quả chuyển vị (a) và moment (b) tường vây cạnh dài nhà ga



(a) Umax=1,7 cm *(b) Mmax =1144kNm/m*

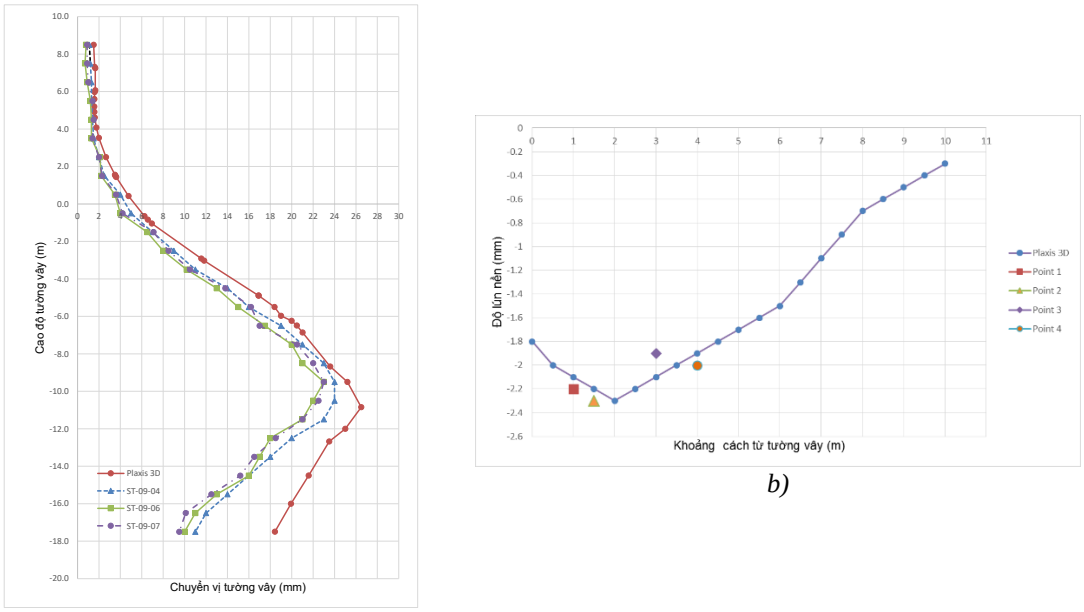
Hình 6. Kết quả chuyển vị (a) và moment (b) tường vậy cạnh ngắn nhà ga

Kết quả phân tích cho thấy thấy chuyển vị tường vây không giống nhau ở các vị trí khác khau. Chuyển vị tường vây lớn hơn được nhận thấy theo phương cạnh dài của ga, và chuyển vị nhỏ hơn ở phương cạnh ngắn (2 đầu của nhà ga). Cả tính toán và đo chuyển vị thực tế của tường vây nhà ga S9 đều cho giá trị chuyển vị nhỏ hơn giá trị chuyển vị cho phép (3,5cm).



a. Phổ lún nền xung quanh nhà ga *b. Đường đồng mức lún của đất nền xung quanh nhà ga*

Hình 7. Chuyển vị nền xung quanh trong quá trình đào nhà ga



a) *b)*

Hình 8. So sánh chuyển vị tường vây (a) và chuyển vị nền xung quanh (b) với số liệu thực đo

Từ hình 8a có thể nhận thấy chuyển vị tường vây được phân tích từ mô hình Plaxis 3D và chuyển vị thực tế đo được tại các điểm quan trắc thực tế là phù hợp nhau và xu hướng chuyển vị và giá trị chuyển vị. Hình 8b so sánh chuyển vị nền xung quanh từ mô hình Plaxis 3D và một số giá trị chuyển vị nền ghi nhận được

trong quá trình đào tại nhà ga S9. Hình dạng chuyển vị từ mô hình Plaxis 3D phù hợp với hình dạng của mảng lún đất nền xung quanh nhà ga theo các nghiên cứu lý thuyết của nhiều tác giả. Giá trị chuyển vị nền từ mô hình phù hợp với giá trị đo đạc được từ thực tế.

Từ sự so sánh về chuyển vị tường vây và chuyển vị nền xung quanh giữa mô hình Plaxis 3D và giá trị thực tế ghi nhận được từ nhà ga Kim Mã (ga S9), có thể thấy rằng, việc sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn với phần mềm Plaxis 3D là phù hợp để dự báo chuyển vị tường vây cũng như lún nền xung quanh nhà ga. Vì vậy có thể áp dụng phương pháp này để dự báo và tính toán biện pháp thi công phù hợp cho các nhà ga ngầm khác nhau trong điều kiện địa chất Hà Nội

4. Kết luận

Trong quá trình thi công nhà ga ngầm bằng phương án topdown cần phải nghiên cứu dự đoán chuyển vị của tường vây và đất nền xung quanh nhằm đảm bảo an toàn cho bản thân nhà ga và công trình hiện hữu.

Phương pháp phần tử hữu hạn với phần mềm Plaxis 3D có thể dự đoán được tương đối sát chuyển vị của tường vây và lún nền xung quanh trong quá trình thi công nhà ga ngầm. Nghiên cứu này so sánh kết quả chuyển vị thực tế của tường vây và một số điểm lún quan trắc được xung quanh nhà ga S9 với kết quả dự báo từ mô hình. Kết quả so sánh cho thấy kết quả dự báo phù hợp với giá trị đo thực tế, có thể áp dụng để dự báo cho các nhà ga tiếp theo của tuyến Metro line 3 Hà Nội.

Tài liệu tham khảo

Astley R.J, 1992. Finite elements in solids and structures : an introduction. *Chapman and Hall*, London. P. 492.

Attewell P.B, 1982. Predicting the dynamics of ground settlement and its derivatives caused by tunnelling in soil. *P.B. Attewell, J.P. Woodman // Ground Engineering*. Vol. 15 (8). P. 13-22.

Dawe D.J, 1984. Matrix and finite element displacement analysis of structures. *Clarendon,* Oxford.

Technical design, Ha Noi pilot light metro line. Evalutation of the potential effects induced by tunnels and stations in Ha Noi. *Systra S.A 2012*.

Zienkiewicz O.C. The finite element method. *McGraw-Hill, London, 3rd edition*. 1977. P. 465.

ABSTRACT

Analysis of diaphragm wall and surrounding ground displacement during subway station construction using the Top-down method

Nguyen Van Quang[1], Vo Nhat Luan[2], Nguyen Thi Ngoc Bich[1]

[1]*University of transport technology*

[2]*Sixth Joint Stock Company for Construction Training and Human Resource Development*

Currently, in Hanoi and Ho Chi Minh City, the construction of metro lines is underway to address urban traffic issues. The metro stations in these two cities are being built using the Topdown method. The construction process of metro stations can cause displacement of retaining walls and the surrounding soil, impacting adjacent structures. In this study, the authors use the finite element method (FEM) with Plaxis 3D software to analyze the displacement of retaining walls and the surrounding soil during the construction of metro stations. The results of the numerical model analysis are compared with actual measurement data at Station S9 (Kim Ma Station) on Hanoi's metro line 3. The comparison results show consistency in the value and trend of the diaphragm wall displacement and ground settlement around station S9. Therefore, the FEM can be applied to predict and calculate appropriate construction methods for different underground stations under the geological conditions of Hanoi.

Keywords: retaining walls; displacement

Nghiên cứu tính toán lựa chọn bước chống vì thép cho đường lò mức -100÷-150 nằm dưới bãi thải mỏ than Khe Tam

Nguyễn Hữu Sà[1,*], Đào Viết Đoàn[2]
[1]Trường Đại học Bà Rịa - Vũng Tàu, [2] Trường Đại học Mỏ-Địa chất

TÓM TẮT

Hiện nay tại các mỏ than hầm lò của nước ta đa phần kết cấu chống giữ cho đường lò đều sử dụng kết cấu chống vì thép. Các loại vì thép thường dùng là SVP22, SVP27, SVP33, CBII22, CBII27, CBII33 hoặc các loại kết cấu chống thép tương đương, tùy thuộc vào diện tích tiết diện đường lò, tùy thuộc vào loại khối than đá đường lò đào qua thì bước chống đường lò hiện đang áp dụng chống giữ các đường lò dao động từ khoảng 0,3m/vì ÷ 1m/vì thậm chí trong một số trường hợp đặc biệt có thể chống liền vì. Tại mỏ than Khe Tam đã đang và sẽ tiếp tục khai thác trong điều kiện ngày càng xuống sâu và bên trên bề mặt có bãi thải mỏ đã ngừng đổ thải. Khối đất đá đổ thải trên mặt sẽ gây ra áp lực nhân tạo tác dụng lên hệ thống đường lò khai thác bên dưới, làm cho các đường lò chịu áp lực lớn từ đó cần phải gia tăng chi chí chống giữ, chống xén. Bài viết dựa vào điều kiện mặt cắt địa chất tuyến V đi qua bãi thải có chiều cao đổ thải lớn nhất của mỏ than Khe Tam lập mô hình số bằng phầm mềm Phase^2 có kích thước chiều cao x chiều rộng mô hình bằng 553x1126m tính toán các phương án khoảng cách bước chống ứng với các loại vì thép SVP cho loại diện tích đường lò 11,2m^2 đào tại mức -100÷-150 qua than và các loại khối đá sét kết, bột kết, cát kết. Dựa vào kết quả nội lực trong kết cấu chống theo mô phỏng bằng phần mềm số lựa chọn sơ bộ bước chống khi đào qua than bằng 0,5m/vì, đào qua đá sét kết bằng 0,7m/vì, đào qua đá bột kết bằng 0,8m/vì và đào qua đá cát kết bằng 1,0m/vì.

Từ khóa: bãi thải mỏ; bước chống vì thép; nội lực kết cấu chống thép; phương pháp số

1. Đặt vấn đề

Mỏ than Khe Tam là khai trường của Công ty than Dương Huy – TKV, hiện tại từ mức -100 trở lên các vỉa than đã được khai thác hết, theo kế hoạch sẽ khai thác đến mức -350. Trong phạm vi khai trường của mỏ có thiết kế bãi thải đến mức +300 và hiện đã đổ thải xong. Bên dưới bãi thải gồm hệ thống các đường lò cơ bản và chuẩn bị để phục vụ khai thác các vỉa than. Do chiều cao đổ thải lớn (khoảng 262m) nên trọng lượng của đá thải phía trên sẽ gây ra áp lực nhân tạo tác dụng xuống các đường lò phía dưới làm cho kết cấu chống lò chịu thêm tải trọng nhân tạo này. Chính vì vậy khi thiết kế lựa chọn kết cấu chống cho các đường lò bên dưới bãi thải cần sử dụng các phương pháp tính có kể đến trọng lượng đất đá thải mỏ. Bài viết dựa vào điều kiện mặt cắt địa chất tuyến V đi qua bãi thải có chiều cao đổ thải lớn nhất của mỏ than Khe Tam lập mô hình số bằng phầm mềm Phase2 có kích thước chiều rộng x chiều cao mô hình bằng 1126x553m tính toán các phương án khoảng cách bước chống ứng với các loại vì thép SVP cho loại diện tích đường lò 11,2m^2 đào tại mức -100÷-150 qua than và các loại khối đá sét kết, bột kết, cát kết. Dựa vào kết quả nội lực trong kết cấu chống lựa chọn bước chống vì thép cho đường lò mức -100÷-150 nằm dưới bãi thải ứng với các loại khối than đá của mỏ than Khe Tam.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Điều kiện địa chất và hiện trạng đào lò khai thác dưới bải thải mỏ

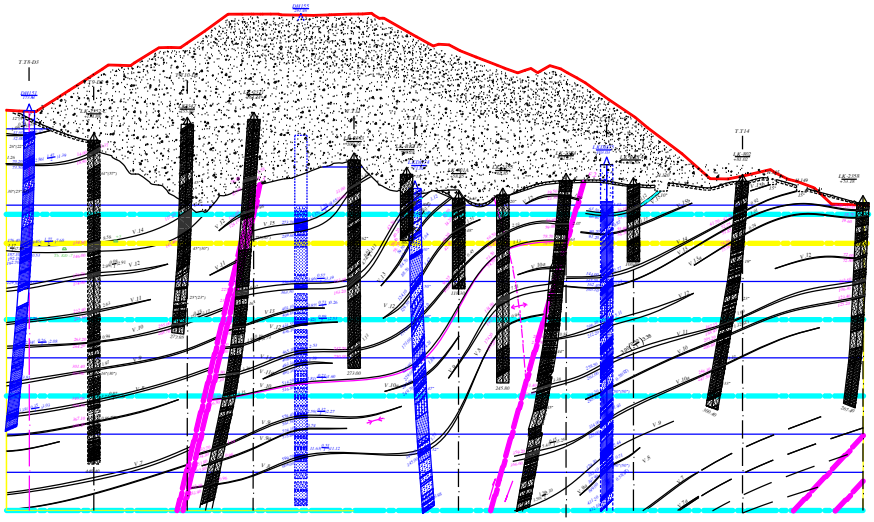
Mặt cắt lập mô hình mô phỏng áp lực tác dụng lên đường lò nằm dưới bãi thải lựa chọn mặt cắt địa chất tuyến V. Đây là mặt cắt có bãi thải đổ thải lớn nhất khu mỏ, đỉnh bãi thải mức +300, như vậy áp lực nhân tạo do bãi thải gây ra tác dụng lên đường lò sẽ là trường hợp bất lợi nhất. Mặt cắt khu vực lập mô hình mô phỏng thể hiện trên hình 1 (*Công ty Cổ phần Địa chất Việt Bắc – TKV*).

Từ mặt cắt địa chất khu vực lập mô hình mô phỏng có thể thấy rằng khu vực chiều cao đổ thải từ đáy bãi thải là mức + 38 đến đỉnh bãi thải là mức +300. Như vậy chiều cao bãi thải bằng 262m, vị trí đặt

* *Tác giả liên hệ*
Email: huusa.dubrvt@gmail.com

đường lò tại mức -100÷-150, chiều sâu đặt đường lò tính từ bề mặt bãi thải bằng khoảng từ 360m đến 410m.

Các vỉa than nằm dưới khu vực bãi thải bao gồm: Bên dưới bãi thải Khe Tam – Dương Huy là khu vực mỏ than Dương Huy quản lý và khai thác các vỉa than bao gồm: V.6a, V.6, V.7a, V.7, V.8, V.9, V.10, V.11, V.12, V.13, V.14, V.15, V.15b. Trong đó các vỉa V.13, V.14, V.15, V.15b đã tiến hành khai thác, các vỉa này khu vực dưới bãi thải phân bố từ mức +0 đến mức +100 (*Công ty than Dương Huy – TKV*).



Hình 1. Mặt cắt địa chất khu vực lập mô hình mô phỏng qua bãi thải mức -100÷-350

Địa tầng chứa than trong mặt cắt tuyến V khu vực lập mô hình mô phỏng bao gồm: sạn kết, cát kết, bột kết, sét kết và sét than. Sự phân bố các lớp đá này khác nhau cả về diện tích cũng như chiều sâu, đặc biệt các lớp này lại nằm xen kẽ nhau trong toàn bộ địa tầng than tính chất cơ lý của từng loại đá biến đổi không theo quy luật nhất định. Tính chất cơ lý các loại đá như sau (*Công ty Cổ phần Địa chất Việt Bắc – TKV*).

- Sạn kết: là loại đá có mặt ở khắp khu mỏ, chiều dày biến đổi từ 1 vài mét đến hàng chục mét cá biệt tại LK930E gặp lớp sạn kết dày 26m. Đất đá này chiếm 5,74% trong địa tầng khu mỏ, sạn kết có mầu xám sáng, thành phần hạt là thạch anh màu trắng đục có góc cạnh. Thành phần xi măng là silic hoặc sét. Cấu tạo khối rắn trắc và có độ bền vững cao. Các chỉ tiêu cơ lý lớp sạn kết theo bảng 1:

Bảng 1. Các chỉ tiêu cơ lý của lớp sạn kết

Giá trị	Cường độ kháng nén σ_n (kG/cm^2)	Cường độ kháng kéo σ_k (kG/cm^2)	Khối lượng thể tích γ (g/cm^3)	Khối lượng riêng Δ (g/cm^3)	Góc nội ma sát φ (độ,phút)	Lực dính kết C (kG/cm^2)
Lớn nhất	2570,00	310,00	2,960	3,030	$47^0$59’	775,00
Nhỏ nhất	206,62	25,40	2,420	2,570	$30^0$00’	35,70
Trung bình	1220,05	131,67	2,608	2,686	$34^0$60’	411,10

- Cát kết: là loại đá phân bố rộng và nhiều trong khu vực thăm dò, chiếm tỷ lệ 48,91% địa tầng than. Cát kết thường có màu xám tro - xám trắng thành phần hạt là cát xi măng là sét, đôi chỗ hạt là thạch anh, xi măng gắn kết là silic. Đá có cấu tạo lớp rắn, dai. Chiều dày lớp thay đổi từ vài mét đến vài chục mét, cá biệt dày tới 43m (LK929B). Sự chuyển tiếp của cát kết với đá vây quanh có chỗ rõ ràng, có chỗ chuyển tiếp từ từ. Cát kết là loại đất đá bền vững về mặt địa chất công trình. Các chỉ tiêu cơ lý lớp cát kết theo bảng 2:

Bảng 2. Các chỉ tiêu cơ lý của lớp cát kết

Giá trị	Cường độ kháng nén σ_n (kG/cm^2)	Cường độ kháng kéo σ_k (kG/cm^2)	Khối lượng thể tích γ (g/cm^3)	Khối lượng riêng Δ (g/cm^3)	Góc nội ma sát φ (độ,phút)	Lực dính kết C (kG/cm^2)
Lớn nhất	4533,51	2162,63	3,680	3,360	$61^0$44’	1040,00
Nhỏ nhất	16,20	12,10	2,090	2,260	$21^0$20’	16,00
Trung bình	898,91	111,36	2,659	2,722	$34^0$23’	293,32

- ***Bột kết:*** Là loại đá phổ biến trong khu mỏ chiếm tỷ lệ 40,20%. Bột kết thường có mầu xám tro, xám đen. Thành phần hạt chủ yếu là cát, xi măng sét, cấu tạo phân lớp rõ và có khả năng bảo tồn hoá thạch... Chiều dày của lớp thay đổi từ vài mét đến hàng chục mét (LK7 có chiều dày 30,8m). Bột kết là loại đất đá có độ bền trên phương diện địa chất công trình ở mức trung bình, tỷ lệ mẫu khoan thường đạt từ 70% đến 88%, mẫu thỏi dài dễ lấy mẫu cơ lý. Các chỉ tiêu cơ lý lớp bột kết theo bảng 3.

Bảng 3. Các chỉ tiêu cơ lý của lớp bột kết

Giá trị	Cường độ kháng nén σ_n (kG/cm^2)	Cường độ kháng kéo σ_k (kG/cm^2)	Khối lượng thể tích γ g/cm^3)	Khối lượng riêng Δ (g/cm^3)	Góc nội ma sát φ (độ,phút)	Lực dính kết C (kG/cm^2)
Lớn nhất	3910,00	1159,17	3,351	3,390	$56^0$31’	685,00
Nhỏ nhất	34,62	9,80	1,680	2,270	$16^0$16’	16,00
Trung bình	487,60	72,10	2,69	2,76	$33^0$46’	133,07

- ***Sét kết:*** Là loại đá ít phổ biến trong khu mỏ chỉ chiếm tỷ lệ 2,73% so với các loại đá khác, thường gặp ở vách trụ các vỉa than. Sét kết có mầu xám đen, thành phần chủ yếu là sét, cấu tạo phân lớp mỏng và vi lớp rất rõ, mức độ gắn kết rắn chắc kém và thường được khai thác kéo theo các lớp than. Các chỉ tiêu cơ lý lớp sét kết theo bảng 4:

Bảng 4. Các chỉ tiêu cơ lý của lớp sét kết

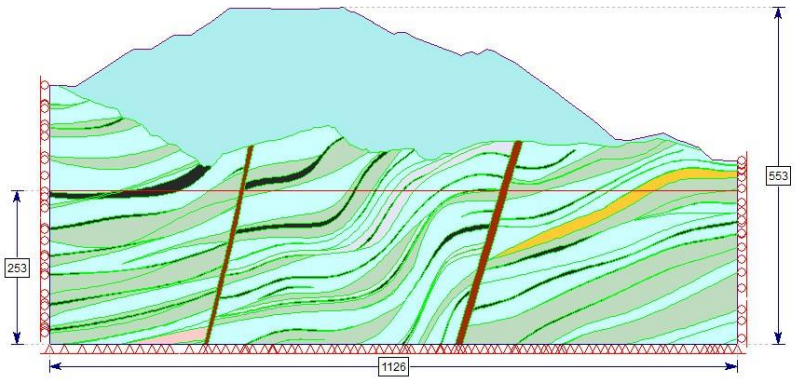
Giá trị	Cường độ kháng nén σ_n (kG/cm ^{2})	Cường độ kháng kéo σ_k (kG/cm^2)	Khối lượng thể tích γ (g/cm^3)	Khối lượng riêng Δ (g/cm^3)	Góc nội ma sát φ (độ,phút)	Lực dính kết C (kG/cm^2)
Lớn nhất	1671,00	634,37	3,130	3,188	$39^0$50’	270,00
Nhỏ nhất	16,05	13,50	2,110	2,210	$27^0$54’	17,00
Trung bình	450,88	50,48	2,698	2,778	$35^0$05’	89,74

- ***Sét than*:** Là loại đá nằm xen kẹp giữa các lớp sét kết và than, lượng than chỉ chiếm từ 10% đến 40%. Than dưới dạng vảy hoặc vi lớp. Sét than chỉ chiếm tỷ lệ 0,15% trong địa tầng dưới dạng lớp rất mỏng thường gặp sét than ở sát vách và trụ các vỉa than hoặc kẹp giữa vỉa than.
- ***Đất đá trong bãi thải:*** trong bãi thải chưa đất đá thải trong quá trình đào lò, khai thác gồm các cục đá sét kết, bột kết, cát kết, đá kẹp sét than..vv

Ngoài ra trong khu vực dưới bãi thải còn xuất hiện hai phay F_2 và phay F_3.

2.2 Xây dựng mô hình tính áp lực tác dụng lên đường lò nằm dưới bãi thải mỏ

Từ điều kiện địa chất, địa hình, điều kiện thế nằm các lớp đất đá, vỉa than, chiều dầy vỉa than, cấu tạo vỉa than, cấu tạo các lớp đất đá và phay phá F2, F3. Nhóm nghiên cứu tiến hành lập mô hình mô phỏng áp lực mỏ tác dụng lên kết cấu chống mức -100÷-150 tại tuyến mặt cắt tuyến V từ mặt bãi thải đến đáy mô hình có kích thước chiều rộng x cao là 1126x553m. Mô hình mô phỏng thể hiện trên hình 2

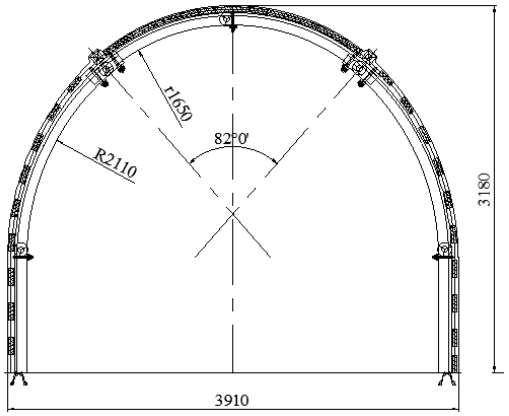


Hình 2. Kích thước mô hình mô phỏng

2.3 Vị trí, kích thước của đường lò và thông số vì thép SVP

Vị trí đường lò khảo sát đặt tại giữa mô hình bên dưới bãi thải mức -100÷-150, kích thước đường lò trong mô hình khảo sát được lựa chọn dựa trên các kích thước tiết diện mẫu điển hình của lò dọc vỉa một

đường xe hiện đang áp dụng tại mỏ tham Khe Tam, cụ thể chiều rộng x chiều cao đường lò bằng 3910x3180mm, diện tích tiết diện sử dụng bằng 11,2m^2, đường lò có dạng tường thẳng, vòm bán nguyệt với các thông số như thể hiện trên hình 3 (*Công ty than Dương Huy – TKV*).



Hình 3. Hình dạng kích thước của đường lò

Hiện nay loại hình kết cấu chống sử dụng chủ yếu cho các đường lò tại các mỏ than Khe Tam là vì thép lòng máng SVP. Tùy thuộc vào điều kiện của từng đường lò, điều kiện tồn tại, điều kiện chịu lực và các điều kiện khác mà lựa chọn vì thép SVP có khả năng mang tải khác nhau. Với đường lò một đường xe khi đào đường lò ở độ sâu khoảng 300÷400m tính từ bề mặt bãi thải thường sử dụng thép SVP-22. Các thông số về đặc tính của vì thép SVP-22 sử dụng trong mô hình thể trong bảng 5 (中国人民共和国国家标准, 2008).

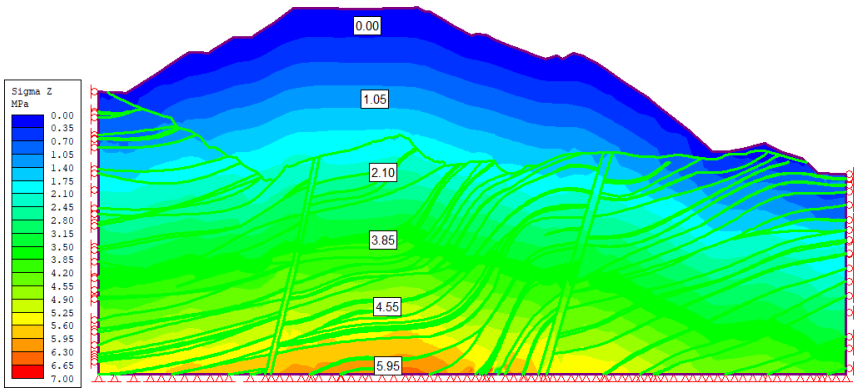
Bảng 5. Các thông số của vì chống thép SVP-22

Thông số	Kí hiệu	Đơn vị tính	SVP-22
Chiều cao	h	mm	110
Diện tích tiết diện	S	cm^2	27.91
Mô men chống uốn	Wx	cm^3	74.8
Mô men quán tính	Ix	cm^4	428.6
Mô đun Young	E	MPa	210000
Hệ số Poisson	ν	-	0.25
Độ bền nén	σ_c	MPa	500
Độ bền kéo	σ_t	MPa	500

3. Kết quả và thảo luận

3.1 Kết quả phân bố ứng suất theo phương thẳng đứng mức -100÷-150

Trên cơ sở điều kiện địa hình sau khi đổ thải theo mặt cắt tuyến V, chiều dầy, thế nằm của các lớp đất đá và than, cấu tạo địa chất của các vỉa than đá, hiện trạng khai thác ở các mức bên dưới bãi thải kết quả tính toán ứng suất theo phương thẳng đứng σz, tương ứng với mặt cắt từ trên mặt bãi thải đến mức -100÷-150 thể hiện trên hình 4.



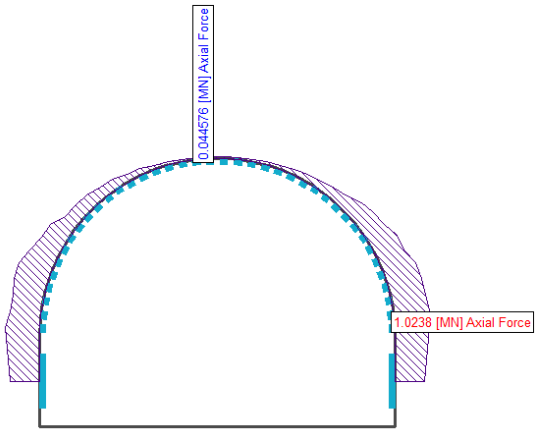
Hình 4. Phân bố ứng suất theo phương thẳng đứng σz mức -100÷-150

Từ kết quả mô phỏng trên hình 4 có thể thấy rằng ứng suất theo phương thẳng đứng σz phân bố từ gần mặt bãi thải xuống đến vị trí khảo sát, và giá trị ứng suất theo phương thẳng đứng tăng dần theo chiều sâu. Với kết quả mô phỏng theo các giá trị đầu vào của mặt địa chất từ trên mặt bãi thải xuống đến dưới mức -100÷-150 thì ứng suất theo phương thẳng đứng ứng suất tăng dần, tại gần mặt bãi thải ứng suất bằng 0, xuống gần đến chân bãi thải ứng suất tăng lên bằng khoảng 5,9Mpa.

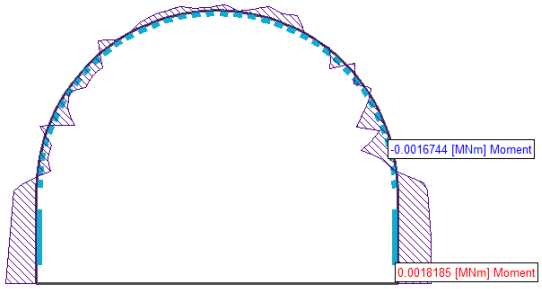
3.2 Kết quả nội lực trong kết cấu chống mức - 100÷-150

Để đơn giản trong trình bày sau đây chỉ đưa ra một số kết quả điển hình với bước chống cho các trường hợp 0,5m đào qua than sét kết, bột kết, cát kết mức -100÷-150 sử dụng thép SVP-22 diện tích đường lò bằng 11,2m^2.

Kết quả tính toán nội lực tác dụng lên kết cấu chống đường lò khi đào qua than với bước chống 0,5m/vì thể hiện trên hình 5 và 6.



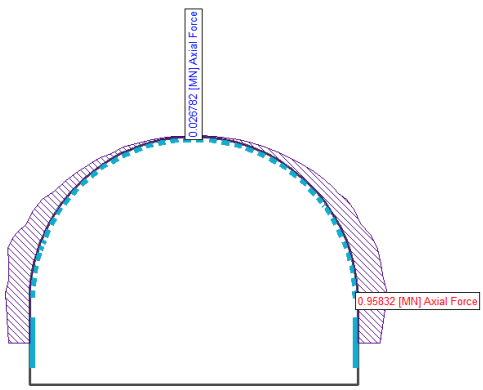
Hình 5. Lực dọc trong khung thép SVP-22 bước chống 0,5m đào qua khối than



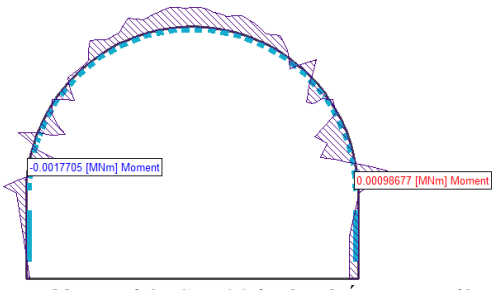
Hình 6. Mô men trong khung thép SVP22 bước chống 0,5m đào qua khối than

Từ kết quả biểu đồ phân bố lực dọc và mô men trên có thể thấy rằng lực dọc trong kết cấu chống có giá trị lớn nhất tại phần nóc đường lò còn mô men lớn nhất tại phần chân vòm. Cụ thể trong trường hợp này lực dọc lớn nhất bằng 1,02 MN, còn mô men lớn nhất bằng 0,0018 MNm.

Kết quả tính toán nội lực tác dụng lên kết cấu chống đường lò khi đào qua khối đá sét kết với bước chống 0,5m/vì thể hiện trên hình 7 và 8.



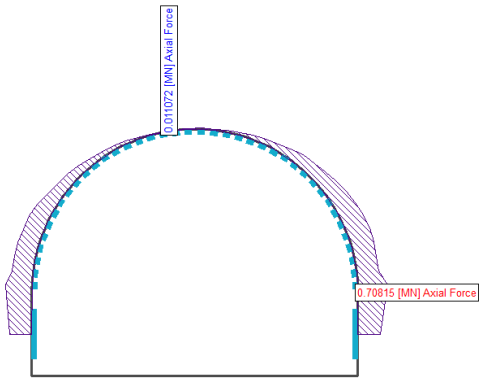
Hình 7. Lực dọc trong khung thép SVP22 bước chống 0,5m đào qua khối đá sét kết



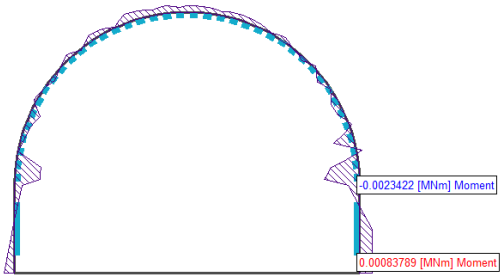
Hình 8. Mô men trong khung thép SVP22 bước chống 0,5m đào qua khối đá sét kết

Từ kết quả biểu đồ phân bố lực dọc và mô men trên có thể thấy rằng lực dọc trong kết cấu chống có giá trị lớn nhất tại phần nóc đường lò còn mô men lớn nhất tại phần chân vòm. Cụ thể trong trường hợp này lực dọc lớn nhất bằng 0,958MN, còn mô men lớn nhất bằng 0,0017MNm.

Kết quả tính toán nội lực tác dụng lên kết cấu chống đường lò khi đào qua khối đá bột kết với bước chống 0,5m/vì thể hiện trên hình 9 và 10.



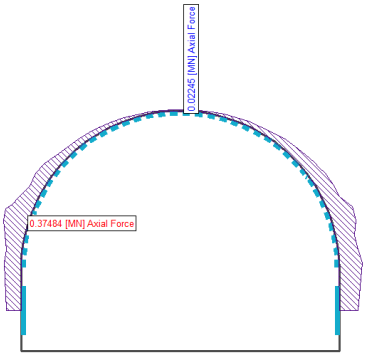
Hình 9. Lực dọc trong khung thép SVP22 bước chống 0,5m đào qua khối đá bột kết



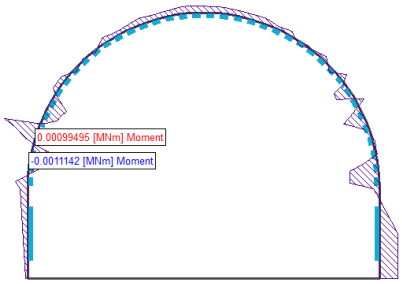
Hình 10. Mô men trong khung thép SVP-22 bước chống 0,5m đào qua khối đá bột kết

Từ kết quả biểu đồ phân bố lực dọc và mô men trên có thể thấy rằng lực dọc trong kết cấu chống có giá trị lớn nhất tại phần nóc đường lò còn mô men lớn nhất tại phần chân vòm. Cụ thể trong trường hợp này lực dọc lớn nhất bằng 0,708MN, còn mô men lớn nhất bằng 0,0023MNm.

Kết quả tính toán nội lực tác dụng lên kết cấu chống đường lò khi đào qua khối đá bột kết với bước chống 0,5m/vì thể hiện trên hình 11 và 12.



Hình 11. Lực dọc trong khung thép SVP-22 bước chống 0,5m đào qua khối đá cát kết



Hình 12. Mô men trong khung thép SVP-22 bước chống 0,5m đào qua khối đá cát kết

Từ kết quả biểu đồ phân bố lực dọc và mô men trên có thể thấy rằng lực dọc trong kết cấu chống có giá trị lớn nhất tại phần nóc đường lò còn mô men lớn nhất tại phần chân vòm. Cụ thể trong trường hợp này lực dọc lớn nhất bằng 0,374 MN, còn mô men lớn nhất bằng 0,0011 MNm.

Tổng hợp kết quả tính toán nội lực trong kết cấu chống đường lò tiết diện 11,2m^2 đào qua than và các loại khối đá tại mức -100÷-150 thể hiện trên bảng 6.

Bảng 6. Bảng nội lực trong khung đường lò đào qua than và các loại khối đá mức -100÷-150

Mức địa tầng	Khối than đá đào qua	Bước chống (m)	Vì chống	Tiết diện (m^2)	Mô men trong kết cấu M_{max} (MNm)	Lực dọc trong kết cấu N (MN)	Ứng suất trong kết cấu σ_{max} (MPa)	Hệ số an toàn K
-100 ÷ -150	Vỉa than	0,5	SVP22	11,2	0.0018	1.023	336.542	1.3
		0,7	SVP22	11,2	0.0047	0.986	407.381	1.2
		1	SVP22	11,2	0.0075	2.161	874.541	0.6
-100 ÷ -150	Khối đá sét kết	0,5	SVP22	11,2	0.0017	0.958	345.192	1.4
		0,7	SVP22	11,2	0.0016	1.054	0.0016	1.3
		1	SVP22	11,2	0.0032	1.542	595.279	0.8
-100 ÷ -150	Khối đá bột kết	0,5	SVP22	11,2	0.0023	0.708	284.421	1.8
		0,7	SVP22	11,2	0.0027	0.913	363.219	1.4
		1	SVP22	11,2	0.0033	1.496	580.658	0.9
-100 ÷ -150	Một đường xe	0,5	SVP22	11,2	0.0011	0.3748	148.994	3.4
		0,7	SVP22	11,2	0.0023	0.5867	240.960	2.1
		1	SVP22	11,2	0.0042	0.79737	341.843	1.5

Trong bảng trên

- **Mức (m)** - mức độ sâu tính theo mực nước biển;
- **Độ sâu đặt đường lò, m** - là độ sâu tính từ mặt bãi thải (+300) đến mức nền đường lò;
- **Ứng suất trong kết cấu** - σ_{max} được tính theo công thức sau (*编委会, 2005*):

$$|\sigma_{max}| = \left|\frac{N}{F} + \frac{M_{max}}{W_x}\right| \quad (1)$$

Trong đó:

σ_{max} - Ứng suất trong kết cấu tại điểm có mô men lớn nhất

N - Lực dọc trong kết cấu tại điểm mô men lớn nhất, MN;

M_{max} - Mô men lớn nhất trong kết cấu, MNm;

F - Diện tích mặt cắt ngang của kết cấu thép, m^2;

W_x - Mô men chống uốn của kết cấu, m^3;

Hệ số an toàn K: được tính theo công thức sau (*编委会, 2005*)

$$K = [\sigma]/|\sigma_{max}| \quad (2)$$

Trong đó:

[σ] - độ bền chịu uốn của thép, 270Mpa;

Từ kết quả tính toán trên bảng 6 ta có thể lựa chọn loại thép và bước chống cho diện tích đường lò 11,2m^2 đào trong than và các loại khối đá khác nhau mức -100÷-350 như sau:

- Đào qua than tiết diện S = 11,2m^2 sử dụng thép SVP22 lựa chọn bước chống bằng 0,5m/vì;
- Đào qua khối đá sét kết tiết diện S = 11,2m^2 sử dụng thép SVP22 lựa chọn bước chống bằng 0,7m/vì;
- Đào qua khối đá bột kết tiết diện S = 11,2m^2 sử dụng thép SVP22 lựa chọn bước chống bằng 0,8m/vì;
- Đào qua khối đá cát kết tiết diện S = 11,2m^2 sử dụng thép SVP22 lựa chọn bước chống bằng 1.0m/vì;

4. Kết luận

Việc tính toán lựa chọn kết cấu chống cho đường lò nằm dưới bãi thải cần phải kể đến trọng lượng khối đất đá thải bên trên mặt gây áp lực nhân tạo tác dụng lên đường lò. Với điều kiện bãi thải của mỏ than Khe Tam qua tuyến mặt địa chất tuyến V và điều kiện kích thước đường lò tiết diện S = 11,2m^2 sử dụng kết cấu chống bằng thép SVP-22 lựa chọn sơ bộ bước chống theo mô phỏng bằng phần mềm số như sau: khi đào qua than bằng 0,5m/vì, đào qua đá sét kết bằng 0,7m/vì, đào qua đá bột kết bằng 0,8m/vì và đào qua đá cát kết bằng 1,0m/vì.

Tài liệu tham khảo

Công ty Cổ phần Địa chất Việt Bắc – TKV, 2018. *Báo cáo kết quả thăm dò than Khu mỏ Khe Tam.*

Công ty than Dương Huy – TKV, *2018. Mặt cắt địa chất tuyến V.*

Công ty than Dương Huy – TKV, *2018. Hộ chiếu chống lò.*

编委会, 2005. *最新矿山井巷工程施工综合技术与规范实用手册. 吉林电子出版社.*

中国人民共和国国家标准, *2008. GB/T/706-2008. 热轧型钢 (hot rolled section steel).*

ABSTRACT

Research on calculate selection of steel resisting step for roaway at -100 ÷-150 level located under the waste dump of Khe Tam coal mine

Huu Sa Nguyen[1], Viet Doan Dao[1]

[1]Baria-Vungtau University, [2]Hanoi University of Mining and Geology

Nowadays, underground coal mines in our country, most of the supporting structures for the roadway use steel structures. Commonly used steel types are SVP22, SVP27, SVP33, CBII22, CBII27, CBII33 or equivalent types of steel supporting structures, depending on the cross-sectional area of the roadway and surrounding coal mass conditions. The steps currently being applied to protect the roadway range from about 0.3m/frame to 1m/frame, and in some special cases, it can even next to each other. Khe Tam coal mine has been and will continue to be exploited in increasingly deep conditions and on the mine surface waste dump that has stopped dumping waste. The rock mass pressure due to the weight of the rock mass in the mining waste dump is considered an artificial pressure formed from the process of dumping soil and rock, causing the roadway to be under great pressure, thereby requiring increased protection and anti-cutting costs. This paper based on the geological cross-section of the V route passing through the center of Khe Tam coal mine, which is also the location with the largest dumping height, using numerical simulation method by Phase2 software with the model width x height by 1126x553m to simulate the step distance options to respond to SVP-22 steel types for the 11.2m^2 roadway area at -100 ÷ -150 excavation in coal and various types of claystone, siltstone, sandstone. Based on the results of internal forces in the supporting structure, preliminary selection of supporting steps according to numerical software simulation is as follows: when excavation in coal is 0.5m/frame, claystone is 0.7m/frame, siltstone is 0.8m/ frame and sandstone is 1.0m/frame.

Keywords: mining waste dump; steel resisting step; internal force of steel; numerical simulation method

Nghiên cứu sử dụng năng lượng địa nhiệt tại Việt Nam

Nguyễn Chí Thành [1,*], Nguyễn Xuân Mãn[1], Bùi Mạnh Tùng[1], Phạm Thị Nhàn[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ-Địa chất*

TÓM TẮT

Với tốc độ phát triển mạnh mẽ về kinh tế và xã hội, Việt Nam trở thành một trong những nước có nhu cầu sử dụng năng lượng lớn trong khu vực và trên Thế giới. Để đáp ứng được các yêu cầu về bảo vệ môi trường, năng lượng xanh và sạch đã được chú ý nghiên cứu và phát triển sử dụng tại Việt Nam. Năng lượng địa nhiệt là một dạng năng lượng sạch và có nguồn cung cấp dồi dào, đã được nghiên cứu và sử dụng nhiều trên Thế giới. Tại Việt Nam, năng lượng địa nhiệt được đánh giá là một trong những nguồn năng lượng có khả năng ứng dụng tốt. Trong bài báo này, tác giả đã tiến hành phân tích các nguồn gốc thành tạo, các tính năng và ưu điểm của năng lượng địa nhiệt. Tiếp theo, bài báo đã nghiên cứu sự phân bố năng lượng địa nhiệt tại Việt Nam, nội dung các phương pháp khai thác năng lượng địa nhiệt đã được bài báo nghiên cứu và trình bày, cuối cùng, bài báo đã đưa ra kết luận về khả năng khai thác và sử dụng năng lượng địa nhiệt tại Việt Nam.

Từ khóa: năng lượng địa nhiệt; khai thác; phương pháp; sử dụng; nghiên cứu

1. Tổng quan về nghiên cứu và sử dụng năng lượng địa nhiệt

Phát triển năng lượng xanh, sạch là một trong những yếu tố quan trọng để phát triển bền vững. Năng lượng xanh, sạch và có khả năng tái tạo ngày càng được quan tâm nghiên cứu, ứng dụng và phát triển trên Thế giới vì các lý do: sạch, không làm ảnh hưởng đến môi trường trong quá trình sản xuất và tiêu dùng, trữ lượng lớn, giảm phụ thuộc vào các nguồn tài nguyên năng lượng hóa thạch đang dần cạn kiệt… Nhiều nghiên cứu của các tác giả trên thế giới đã chứng tỏ sự chính xác của các nhận định này (Nguyễn Thị Tâm Thanh và nnk., 2017; R. Shortall và nnk., 2015; Younes N, và nnk., 2019; Hamid Kazemi và nnk., 2018; Nina Rman, 2014). Vấn đề đặt ra khi khai thác và sử dụng các nguồn năng lượng sạch là, hầu hết các nguồn năng lượng tái tạo có cấu trúc chi phí cho việc khai thác và vận hành khác với các nguồn năng lượng hóa thạch. Thông thường, các nguồn năng lượng tái tạo có chi phí đầu tư ban đầu là khá lớn, trong khi chi phí vận hành và khai thác về sau lại giảm dần. Do đó, đầu tư và nghiên cứu các loại năng lượng tái tạo là vấn đề cấp thiết, có khả năng ứng dụng cao trong thực tế. Trong các loại năng lượng tái tạo, năng lượng địa nhiệt là một loại năng lượng còn khá mới mẻ và đang được đầu tư nghiên cứu, phát triển. Năng lượng địa nhiệt có dạng nhiệt năng và tồn tại trong lòng Trái đất. Nguồn gốc của năng lượng địa nhiệt được phát sinh từ sâu trong lòng trái đất, do nhiệt ma sát gây ra bởi các hoạt động kiến tạo của vỏ trái đất cũng như từ sự phân rã của các nguyên tố phóng xạ tồn tại tự nhiên trong các khối đá. Có thể chia năng lượng địa nhiệt theo nguồn gốc thành tạo thành các loại năng lượng sau đây: Năng lượng địa nhiệt sinh ra từ các phản ứng phóng xạ hạt nhân của các nguyên tố phóng xạ nặng trong lòng trái đất, năng lượng địa nhiệt sinh ra bởi các quá trình kiến tạo và hoạt động địa chất của vỏ trái đất (sinh ra bởi lực ma sát giữa các khối kiến tạo khác nhau của vỏ trái đất), năng lượng địa nhiệt do sự tích tụ nhiệt bởi hiện tượng hấp thụ năng lượng mặt trời của khối đất, đá trong lớp vỏ Trái đất. Theo các ước tính của các nhà khoa học, tính đến năm 2017, lượng điện được tạo ra từ nguồn năng lượng địa nhiệt đã tăng 3,1% so với các năm trước đây. Với tỷ trọng chỉ chiếm 0,3% tổng sản lượng điện của thế giới, điện sản xuất từ nguồn năng lượng địa nhiệt vẫn có tiềm năng phát triển rất lớn (Nguyễn Hải Thanh và nnk, 2012). Tại một số quốc gia, điện sản xuất từ nguồn năng lượng địa nhiệt đã đóng một vai trò quan trọng (R. Shortall và nnk., 2015; Younes N, và nnk., 2019; Hamid Kazemi và nnk., 2018; Nina Rman, 2014): Kenya (hơn 40% lượng điện được tạo ra từ địa nhiệt), Iceland (hơn 25%) và New Zealand (18%).

Do sự thành tạo của các nguồn năng lượng địa nhiệt là khác nhau, vì vậy, việc khai thác và sử dụng các nguồn năng lượng địa nhiệt này cũng đòi hỏi các công nghệ khác nhau. Với năng lượng địa nhiệt được tạo ra bởi sự hoạt động kiến tạo của vỏ trái đất, thông thường, sẽ xuất hiện các suối, túi nước nóng hay

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenchithanh@humg.edu.vn

núi lửa. Với năng lượng địa nhiệt sinh ra từ các phản ứng phóng xạ hạt nhân trong vỏ trái đất, để khai thác thường sẽ khoan các lỗ khoan có chiều sâu từ 5 đến 8km và bơm nước xuống các lỗ khoan này, sau đó, sẽ sử dụng nước được làm sôi từ dưới lỗ khoan lên để tạo ra nguồn năng lượng (như tạo ra nguồn điện). Như đã biết, bên dưới tầng Thường ôn – tầng đất, đá trên cùng của vỏ trái đất mà nhiệt độ trong các tầng đất, đá này không phụ thuộc vào chiều sâu tương ứng thì nhiệt độ sẽ ngày càng tăng theo chiều sâu của điểm xác định. Thông thường, lớp Thường ôn dao động từ 2m cho đến 30m tính từ bề mặt Trái đất, sau lớp Thường ôn thì cứ xuống sâu trung bình khoảng 30m thì nhiệt độ trong lớp vỏ Trái đất lại tăng 1^0C. Điều này đòi hỏi các công nghệ khai thác nguồn năng lượng địa nhiệt theo các loại thành tạo khác nhau sẽ có sự khác biệt. Các nghiên cứu về các phương pháp khai thác năng lượng địa nhiệt trên Thế giới hiện nay đã khá hoàn chỉnh, tuy nhiên, để có thể sử dụng được các phương pháp khai thác nói trên, cần phải có các điều tra hết sức kỹ càng về đặc điểm khu vực sẽ được triển khai khai thác năng lượng địa nhiệt để từ đó, lựa chọn được phương pháp khai thác năng lượng địa nhiệt thích hợp nhằm nâng cao hiệu quả của việc khai thác và sử dụng năng lượng địa nhiệt.

Tại Việt Nam, do yêu cầu bảo vệ môi trường và hội nhập xã hội nên việc sử dụng các nguồn năng lượng sạch, có khả năng tái tạo đang được chú ý và phát triển. Theo một số nghiên cứu và đánh giá của các nhà khoa học, Việt Nam là nước có nguồn năng lượng địa nhiệt được xếp vào loại trung bình trên Thế giới. Tuy trữ lượng địa nhiệt của Việt Nam không quá lớn, lợi thế của nguồn năng lượng địa nhiệt tại Việt Nam là được phân bố khá đồng đều trên toàn bộ lãnh thổ của đất nước. Theo thống kê, Việt Nam có tới khoảng 300 nguồn nước nóng có thể phát triển năng lượng địa nhiệt, tuy nhiên, hiện nay mới chỉ có 1 nhà máy được cấp phép xây dựng tại Quảng Trị để khai thác năng lượng địa nhiệt vào năm 2013. Điều này đã chỉ ra, việc nghiên cứu và phát triển khai thác năng lượng địa nhiệt cần được chú trọng và phát triển tại Việt Nam để có thể đảm bảo sự cung cấp năng lượng một cách bền vững cho công cuộc phát triển công nghiệp tại Việt Nam.

2. Các loại năng lượng địa nhiệt

Theo nguồn gốc thành tạo cũng như các quá trình khai thác và sử dụng, năng lượng địa nhiệt có thể được chia thành 4 loại khác nhau, bao gồm:

2.1. Năng lượng địa nhiệt tạo ra từ nguồn nước nóng

Năng lượng địa nhiệt trong loại này được thành tạo từ nguồn nước bị nung nóng với áp suất lớn. Các nguồn hơi nước tồn tại trong các khe đứt gãy của khối đất đá trong vỏ trái đất hay trong các tầng đá rỗng. Các nguồn hơi nước này bị giữ lại bởi các lớp đá đặc kín và không thấm. Trong loại năng lượng này, các nguồn nước nóng được coi là có chất lượng cao, có khả năng tạo ra năng lượng địa nhiệt lớn khi các nguồn này chủ yếu là dạng thể hơi và có nhiệt độ lớn hơn 240^0C.

2.2. Năng lượng địa nhiệt tạo ra từ các nguồn áp suất lớn trong vỏ Trái đất

Các nguồn tạo ra năng lượng địa nhiệt loại này là các nguồn nước muối tồn tại trong điều kiện áp suất cao với nhiệt độ trung bình và có chứa khí metan CH_4. Các nguồn nước muối này bị vỏ Trái đất nén lại với áp suất rất lớn dưới các tầng trầm tích sâu, bị bao bọc bởi các lớp đất đá không có tính thấm. Áp suất trong các tầng trầm tích chứa nước muối nói trên có giá trị từ 35MPa đến 140MPa cùng độ sâu dao động từ 1500m đến 15000m. Nhiệt độ của các nguồn nước muối nói trên dao động từ 90^0C đến 200^0C.

2.3. Năng lượng địa nhiệt từ nguồn đá nóng, khô trong vỏ Trái đất

Năng lượng địa nhiệt có nguồn gốc từ đá nóng, khô trong vỏ Trái đất là năng lượng được tạo ra từ các khối đá có nhiệt độ cao từ 90^0C đến 650^0C. Các khối đá có nhiệt độ cao này có thể chứa các khe nứt nẻ bên trong nên có thể tồn tại hơi nước và nước nóng bên trong các khe nứt nẻ của các khối đá. Để có thể khai thác nguồn năng lượng địa nhiệt này, có thể sử dụng phương pháp khoan các lỗ khoan tới độ sâu của các khối đá có nhiệt độ cao, bơm một dung dịch lỏng theo lỗ khoan xuống các khối đá có nhiệt độ cao rồi thu hồi để có thể sử dụng được nguồn nhiệt của khối đá nóng. Tuy nhiên, do kỹ thuật khai thác nguồn năng lượng địa nhiệt dạng này khá phức tạp nên hiệu quả kinh tế khi khai thác các dạng năng lượng địa nhiệt kiểu này là tương đối thấp.

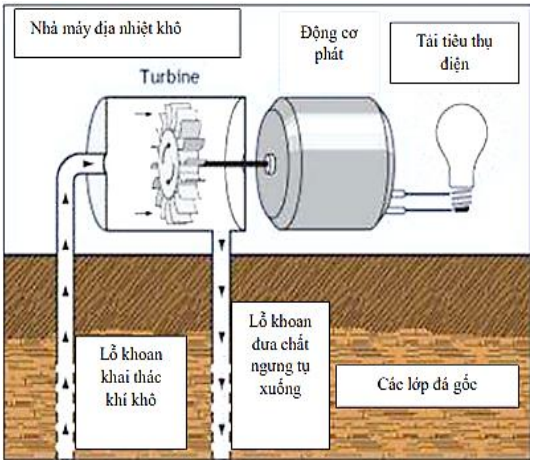
2.4. Năng lượng địa nhiệt từ các sự hoạt động của các núi lửa, hoạt động macma

Năng lượng địa nhiệt có thể thu được từ sự hoạt động của các ngọn núi lửa. Với sự phun trào của dung dịch macma cùng với nhiệt độ rất cao của các dung dịch đá nóng chảy này (700^0C đến 1600^0C), đây là nguồn năng lượng địa nhiệt rất lớn có thể sử dụng và khai thác. Tuy nhiên, với việc phải tiếp xúc với các khu vực núi lửa đang hoạt động thì vấn đề về an toàn và ổn định của các nhà máy khai thác cũng cần phải được nghiên cứu, tính toán rất kỹ lưỡng trong quá trình khai thác nguồn năng lượng địa nhiệt này.

3. Các phương pháp khai thác, sử dụng năng lượng địa nhiệt

3.1. Phương pháp khai thác năng lượng địa nhiệt bằng nhà máy hơi nước nóng khô sử dụng trực tiếp từ lòng đất

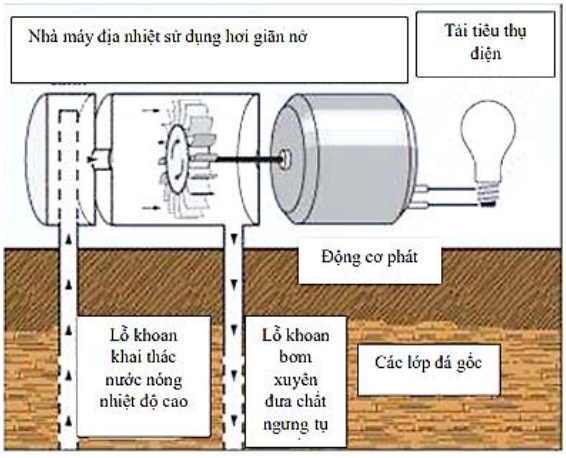
Phương pháp sử dụng năng lượng địa nhiệt bằng nhà máy hơi nước nóng khô là phương pháp chuyển đổi năng lượng địa nhiệt khai thác được để quay turbine, phát ra điện năng. Phương pháp này sử dụng hơi nước ở nhiệt độ cao kết hợp với 1 lượng nước nóng vừa đủ thu được từ khu vực đá có chứa năng lượng địa nhiệt, dẫn truyền vào turbine để làm turbine hoạt động, từ đây, sinh ra điện năng. Đây là phương pháp khai thác năng lượng địa nhiệt để sản sinh ra điện lâu đời nhất và vẫn đang được tiếp tục sử dụng. Phương pháp này có ưu điểm là đơn giản, cho hiệu quả khai thác cao. Nhược điểm của phương pháp khai thác năng lượng địa nhiệt bằng nhà máy hơi nước nóng khô sử dụng trực tiếp từ lòng đất là phương pháp đòi hỏi lượng địa nhiệt phải dồi dào và có nhiệt độ cao, công suất sử dụng nhỏ.



Hình 1. Nhà máy sử dụng hơi nước nóng khô để phát điện (Nguyễn Hải Thanh và nnk, 2012)

3.2. Phương pháp khai thác năng lượng địa nhiệt bằng nhà máy sử dụng nước siêu lỏng

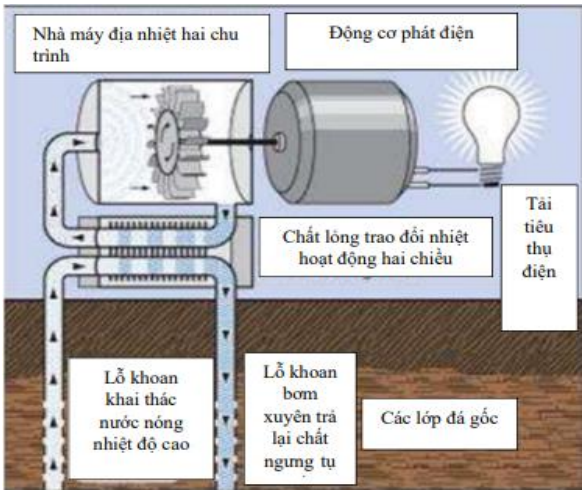
Đây là dạng khai thác năng lượng địa nhiệt để chuyển hóa thành điện năng phổ biến nhất trên thế giới hiện nay. Công nghệ khai thác dạng này sử dụng nước ở áp suất cao (với nhiệt độ lớn hơn 180^0C) thu được từ khu vực có năng lượng địa nhiệt. Nước nóng thu được qua các lỗ khoan nhờ vào chính áp suất tự có của chúng trong khu vực địa nhiệt và đưa lên bề mặt đất. Trong quá trình vận chuyển của nước nóng lên mặt đất, sẽ tạo ra sự giảm áp suất rất lớn của lượng nước nóng này. Chính sự giảm áp này làm cho nước nóng bị biến đổi thành hơi nước và sinh ra công năng, làm quay turbine của máy phát điện. Lượng nước nóng không biến đổi thành hơi được lại được chuyển xuống khu vực địa nhiệt thông qua quá trình bơm ngược trong lỗ khoan-giếng bơm xuyên. Ưu điểm của phương pháp khai thác năng lượng địa nhiệt bằng nhà máy sử dụng nước siêu lỏng là cho công suất cao, tuy nhiên, nhược điểm của phương pháp là đòi hỏi khu vực có năng lượng địa nhiệt phải có nước có áp suất cao cũng như nhiệt độ cao.



Hình 2. Nhà máy sử dụng nước siêu lỏng để phát điện (Nguyễn Hải Thanh và nnk, 2012)

3.3. Phương pháp khai thác năng lượng địa nhiệt bằng nhà máy hai chu trình

Các nhà máy hai chu trình sử dụng nước nóng có nhiệt độ trung bình từ 108^0C đến 182^0C từ khu vực địa nhiệt. Tại các hệ thống binary, chất lỏng địa nhiệt được dẫn qua bên của hệ thống trao đổi nhiệt với mục đích làm nóng chất lỏng ở đường ống dẫn tại đây. Chất lỏng này thường là các chất hữu cơ với đặc điểm là có nhiệt độ sôi thấp hơn của nước. Chất lỏng tại hệ thống trao đổi nhiệt sau khi được đun nóng đến nhiệt độ sôi sẽ chuyển thành thể hơi và đưa vào turbine của máy phát điện, làm cho turbine hoạt động, sinh ra điện năng. Phần chất lỏng địa nhiệt sau khi trao đổi nhiệt sẽ được thu gom và bơm ngược lại khu vực địa nhiệt. Do vậy, đây là chu trình khép kín và không làm ảnh hưởng nhiều đến môi trường. Ưu điểm tiếp theo của phương pháp khai thác năng lượng địa nhiệt bằng nhà máy hai chu trình là tận dụng được các nguồn địa nhiệt có nhiệt năng không quá cao do kết hợp với chất lỏng trao đổi nhiệt. Nhược điểm của phương pháp này là công suất không cao.



Hình 3. Nhà máy hai chu trình sử dụng địa nhiệt để phát điện (Nguyễn Hải Thanh và nnk, 2012)

4. Sự phân bố năng lượng địa nhiệt ở Việt Nam và khả năng khai thác, ứng dụng

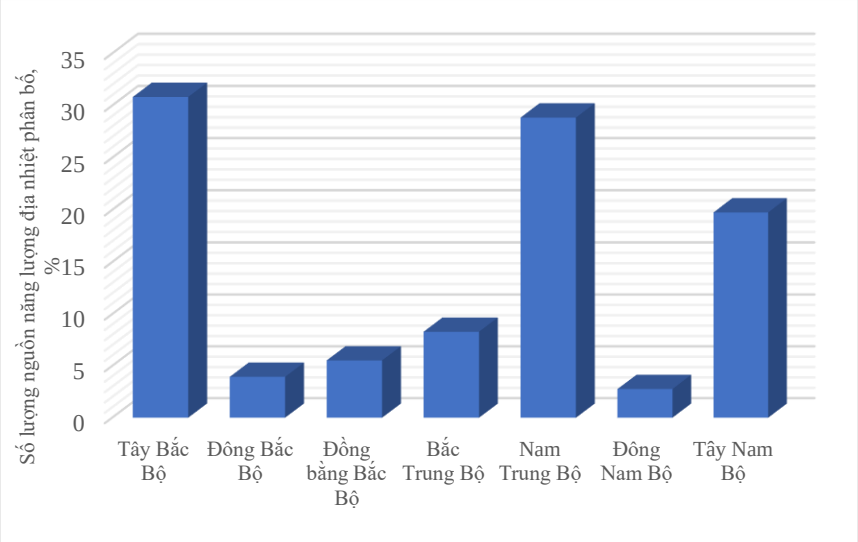
Từ các kết quả thăm dò, nghiên cứu đã được công bố bởi các nhà khoa học và các cơ quan quản lý, có thể nhận định Việt Nam là một nước có khả năng khai thác và sử dụng năng lượng địa nhiệt. Theo thống kê, Việt Nam có khoảng 300 nguồn năng lượng địa nhiệt dưới dạng các nguồn (Nguyễn Thị Tâm Thanh và nnk., 2017), suối nước nóng với nhiệt độ của các nguồn năng lượng địa nhiệt này dao động từ 30^0C đến 148^0C và tổng năng lượng có thể cung cấp lên đến 1400 MW (Nguyễn Thị Tâm Thanh và nnk., 2017). Các nguồn năng lượng địa nhiệt này được phân bố khá đồng đều trải theo diện tích lãnh thổ của Việt Nam, với khoảng 29,4% nguồn năng lượng địa nhiệt tập trung ở vùng Tây Bắc của Việt Nam. Nguyên nhân của hiện tượng này là khu vực Tây Bắc của Việt Nam có tồn tại 2 đới đứt gãy lớn, là đới đứt gãy Sông Hồng-Sông Chảy và đới đứt gãy Sơn La-Lai Châu-Điện Biên. Tại khu vực Đông Bắc, có 3 nguồn năng lượng địa nhiệt nước nóng được phát hiện, bao gồm các nguồn năng lượng địa nhiệt tại Hà Giang, Tuyên Quang và Quảng Ninh với nhiệt độ dao động từ 60^0C đến 72^0C. Ở khu vực Bắc Trung Bộ của Việt Nam, các nguồn địa nhiệt nước nóng được phát hiện tập trung ở các tỉnh Quảng Bình, Thừa Thiên Huế, Quảng Nam với nhiệt độ khá cao, dao động từ 95^0C đến hơn 100^0C. Tại khu vực Nam Trung Bộ, các nguồn địa nhiệt gắn với các suối nước nóng đã được khảo sát và cho kết quả tốt cả về số lượng và nhiệt độ (nhiệt độ dao động từ 73^0C tới hơn 85^0C) xuất hiện tại các tỉnh Quảng Ngãi, Khánh Hòa, Phú Yên hay tỉnh Bà Rịa-Vũng Tàu,…. Nguyên nhân có nhiều nguồn năng lượng địa nhiệt với nhiệt độ cao phân bố ở các vùng này, đó là do sự xuất hiện của của các đứt gãy sâu, đứt gãy trẻ và song song của khu vực Vũng Tàu-Phan Rang. Với khu vực đồng bằng miền Bắc và miền Nam Việt Nam, tại các khu vực này nhìn chung không có nhiều nguồn năng lượng địa nhiệt. Một số nguồn năng lượng địa nhiệt được khảo sát thấy ở các tỉnh Thái Bình, Nam Định với nhiệt độ thăm dò được dao động từ 100^0C đến 150^0C, tương ứng với các lỗ khoan có độ sâu lớn (từ 1000m đến 3000m). Tại khu vực miền Nam, các nguồn địa nhiệt đã được tìm thấy với nhiệt độ cao nhất là 145^0C trong các lỗ khoan có chiều sâu từ 400m đến 4500m (Nguyễn Thị Tâm Thanh và nnk., 2017; Nguyễn Hải Thanh và nnk, 2012).

Với các đặc điểm về sự phân bố, tính chất của các nguồn địa nhiệt trong Bảng 1, có thể nhận thấy Việt Nam có khả năng đầu tư, xây dựng và phát triển các hệ thống khai thác năng lượng địa nhiệt một cách hiệu quả. Các kết quả nghiên cứu của Nguyễn Thị Tâm Thanh và nnk., 2017 đã chỉ ra rằng, tại vùng đồng

bằng sông Hồng có tầng trung hòa nhiệt ổn định 25 đến 26^{0}C phân bố ở độ sâu dưới 10 đến 15m, tầng này có điều kiện địa chất tương đối thuận lợi cho việc áp dụng công nghệ bơm nhiệt đất để điều hòa, làm mát nhiệt độ. Các nghiên cứu và tính toán đã chỉ ra rằng, nếu có thể sử dụng được hiệu quả nguồn năng lượng địa nhiệt ở tầng nông này thì có thể cung cấp đến 37% lượng điện tiêu thụ cho các thiết bị điều hòa hiện nay tại khu vực, đặc biệt là trong thời gian mùa hè khi nhiệt độ không khí của khu vực có thể đạt được mức 40 đến 43^{0}C. Trong khu vực đồng bằng sông Hồng, nguồn địa nhiệt có thể cung cấp tới 1,16% tổng lượng điện tiêu thụ. Ngoài ra, theo đánh giá của các chuyên gia, tuy nguồn năng lượng địa nhiệt tại Việt Nam không có nhiệt độ lớn (theo kết quả trong Bảng 1), tuy nhiên, với việc sử dụng các phương pháp khai thác địa nhiệt quy mô nhỏ và phân tán, hoàn toàn có thể khai thác năng lượng địa nhiệt ở Việt Nam với hiệu quả cao, công nghệ khai thác đơn giản và chi phí thấp (chỉ cần khoan các hệ thống lỗ khoan-giếng khoan với chiều sâu khoảng 2000m là có thể vận hành và hoạt động các nhà máy địa nhiệt-điện với nhiệt độ của nguồn địa nhiệt khoảng 100^{0}C).

Bảng 1. Phân bố nguồn năng lượng địa nhiệt tại Việt Nam (Nguyễn Thị Tâm Thanh và nnk., 2017)

Nhiệt độ nguồn	Tây Bắc Bộ, Nguồn	Đông Bắc Bộ, Nguồn	Đồng bằng Bắc Bộ, Nguồn	Bắc Trung Bộ, Nguồn	Nam Trung Bộ, Nguồn	Đông Nam Bộ, Nguồn	Tây Nam Bộ, Nguồn	Số lượng nguồn địa nhiệt theo nhiệt độ, Nguồn
30-40^{0C}	35	5	6	5	27	5	48	131
41-60^{0C}	38	2	3	9	22	1	2	77
61-100^{0C}	5	3	2	6	24	1	0	41
>100^{0}C	0	0	3	1	0	0	4	4
Tổng các nguồn	78	10	14	21	73	7	50	253
Tính theo tỷ lệ với toàn quốc, %	30,83	3,95	5,53	8,3	28,85	2,77	19,76	



Hình 4. Biểu đồ phân bố các nguồn năng lượng địa nhiệt tại Việt Nam

5. Kết luận

Nhu cầu về năng lượng để phục vụ cho mục đích tiêu dùng và sản xuất trên thế giới nói chung và tại Việt Nam ngày càng được đẩy cao. Đã có rất nhiều các loại năng lượng khác nhau đã và đang được nghiên cứu để khai thác và sử dụng tại Việt Nam. Theo yêu cầu bảo vệ môi trường, giữ cho trái đất không bị ô nhiễm và nóng lên, tuân thủ được các hiệp ước về bảo vệ môi trường mà Việt Nam đã tham gia trên Thế giới, các nguồn năng lượng xanh, sạch đã được nghiên cứu và áp dụng nhiều trong thực tế. Năng lượng địa nhiệt là một trong những loại năng lượng sạch, có khả năng tái tạo và có nguồn trữ lượng gần như vô tận. Năng lượng địa nhiệt có tính ổn định cao hơn so với các loại năng lượng sạch khác như năng lượng gió, thủy triều hay năng lượng mặt trời. Sử dụng năng lượng địa nhiệt sẽ giải quyết được đáng kể

các nhu cầu về năng lượng cũng như giải quyết được bài toán khó về bảo vệ môi trường trong quá trình phát triển và công nghiệp hóa. Tại Việt Nam, năng lượng địa nhiệt cũng đang bắt đầu được nghiên cứu, phát triển và sử dụng. Dựa trên các ưu, nhược điểm của năng lượng địa nhiệt cũng như tiềm năng khai thác, ứng dụng của Việt Nam, bài báo đã rút ra một số kết luận và nhận xét:

- Việt Nam có khả năng phát triển và khai thác năng lượng địa nhiệt. Số lượng nguồn địa nhiệt trung bình và lớn ở Việt Nam khoảng 300 nguồn (suối và túi nước nóng), phân bố khá đều trên lãnh thổ Việt Nam, điều này sẽ giúp cho việc khai thác và sử dụng các nguồn năng lượng địa nhiệt tại Việt Nam gặp nhiều thuận lợi trong triển khai do có thể tiến hành một cách đồng thời với cùng công nghệ khai thác do các nguồn địa nhiệt ở Việt Nam khá đồng thuận về mặt tính chất và nhiệt độ của nguồn;

- Các nguồn địa nhiệt tại Việt Nam có nhiệt độ không cao, do đó, cần tập trung sử dụng công nghệ khai thác năng lượng địa nhiệt tại Việt Nam là xây dựng và phát triển các nhà máy điện khai thác năng lượng địa nhiệt có công suất nhỏ, dùng nguyên lý hai vòng tuần hoàn hoặc sử dụng trực tiếp trong thực tế với các mục đích: sưởi ấm, sấy các loại vật liệu…. Một ứng dụng quan trọng của các nguồn năng lượng địa nhiệt có thể sử dụng ở Việt Nam là sử dụng bơm địa nhiệt để điều hòa nhiệt độ cho các công trình. Với đặc điểm là hầu hết các vùng đất, đá trong vỏ trái đất với chiều sâu chỉ vài mét (3m đến 20m) giữ một nhiệt độ tương đối ổn định vào khoảng 150C đến 300C quanh năm, tùy theo khí hậu và vị trí. Dựa vào đặc điểm này, có thể sử dụng bơm địa nhiệt điều hòa nhiệt độ với nguyên lý: hệ thống bơm địa nhiệt bao gồm một bơm nhiệt, một hệ thống dẫn khí, một hệ thống trao đổi nhiệt (hệ thống ống đặt chìm trong lòng đất gần công trình). Khi nhiệt độ ngoài trời lạnh, hệ thống bơm nhiệt sẽ lấy nhiệt từ hệ trao đổi nhiệt và bơm vào hệ thống dẫn nhiệt, sưởi ấm trong công trình. Vào mùa hè, khi nhiệt độ ngoài trời nóng, chu trình thực hiện lại ngược lại, bơm nhiệt lại rút nhiệt từ trong công trình và bơm vào hệ thống trao đổi nhiệt. Tuy ứng dụng bơm địa nhiệt có giá thành đầu tư ban đầu khá đắt nhưng bù lại, hiệu quả điều hòa nhiệt độ cho công trình lại rất cao, không gây ồn cũng như không gây ra các tác hại cho môi trường, công tác bảo dưỡng các thiết bị trong chu trình bơm địa nhiệt rẻ và không đòi hỏi kinh phí lớn;

- Cần có các nghiên cứu khoa học chi tiết để có thể các đánh giá chính xác về đặc điểm và trữ lượng của các nguồn năng lượng địa nhiệt tại Việt Nam. Các cơ chế hỗ trợ và ưu đãi để tạo điều kiện nghiên cứu, khai thác và sử dụng năng lượng địa nhiệt tại Việt Nam cũng cần các cơ quan quản lý ban hành để thúc đẩy việc sử dụng năng lượng địa nhiệt, góp phần bình ổn an ninh năng lượng và giảm thiểu sự phụ thuộc vào các nguồn năng lượng hóa thạch gây ô nhiễm mỗi trường, đây cũng là xu thế chung trên Thế giới về phát triển các nguồn năng lượng xanh, sạch và có khả năng tái tạo. Cũng cần có những nghiên cứu kết hợp việc sử dụng năng lượng địa nhiệt với các nguồn năng lượng khác để có thể khắc phục được những nhược điểm của từng loại năng lượng khác nhau, đảm bảo hiệu quả sử dụng cao.

Tài liệu tham khảo

Nguyễn Thị Tâm Thanh, Lương Minh Thái, Đỗ Quang Thái, 2017. Năng lượng địa nhiệt: vai trò và tác động đối với sự phát triển bền vững ở Việt Nam. *Tạp chí khoa học và công nghệ*, số 28, 29-36.

Nguyễn Hải Thanh, Nguyễn Việt Khôi, Nguyễn Thị Lan Anh, Nguyễn Thị Thủy Anh, Nguyễn Thị Hương Vân, Nghiêm Đình Long, 2012. Năng lượng địa nhiệt, nguồn năng lượng sạch, nguồn năng lượng vô tận. *Đề tài NCKHSV*. Trường đại học Bách Khoa Hà Nội.

R. Shortall, B. Davidsdottir and G. Axelsson, 2015. Geothermal energy for sustainable deveopment: A review of sustainability impacts and assessment frameworks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 44, pp. 391 - 406.

Younes N, Muhammad S. Shabbirb, Ahmed F. Siddiqic, Lubov K. Ilyashenkod, Esmaeil A, 2019. *Review of two decade geothermal energy development in Iran, benefits, challenges, and future policy*. Geothermics, vol. 77, pp. 257-266.

Hamid Kazemi, M.A. Ehyaei. Energy, 2018. Exergy, and economic analysis of a geothermal power plant. *Geo-Energy Research*, vol. 2, N. 2, pp.190-209.

Nina Rman, 2014. Analysis of long-term thermal water abstraction and its impact on low-temperature intergranular geothermal aquifers in the Mura-Zala basin, NE Slovenia. *Geothermics*, vol. 77, pp. 214-227.

ABSTRACT

Application of geothermal energy in Vietnam

Nguyen Chi Thanh[1], Nguyen Xuan Man[1],Bui Manh Tung[1] , Pham Thi Nhan[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam.*

Today, with strong economic and social development, Vietnam has become one of the countries with great energy demand in the region and in the world. To meet the requirements of environmental protection, green and clean energy has been increasingly researched and developed, and used in Vietnam. Geothermal energy is a form of clean energy with abundant supply, which has been studied and applied a lot in the world. In Vietnam, geothermal energy is considered as one of the energy sources with good applicability. In this paper, the author has analyzed the formation origins, features, and advantages of geothermal energy. Furthermore, the paper has studied the distribution of geothermal energy in Vietnam, and the methods of geothermal energy exploitation, and made conclusions about the possibility of exploiting and using geothermal energy in Vietnam.

Keywords: geothermal energy; extraction; methods; use; research

Nghiên cứu khả năng sử dụng cát nhân tạo thay thế cho cát tự nhiên tại các công trình ở Việt Nam

Nguyễn Chí Thành[1,*], Nguyễn Viết Nghĩa[1], Phạm Thị Nhàn[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ-Địa chất*

TÓM TẮT

Cát nhân tạo (artificial sand) dùng để thay thế cho cát tự nhiên đã được sử dụng trong thực tế xây dựng các công trình từ rất lâu (khoảng gần 50 năm). Có nhiều nguyên nhân để tiến hành nghiên cứu và sử dụng cát nhân tạo cho các công trình tại Việt Nam, do giá cát tự nhiên tăng đột biến bởi sự cạn kiệt các nguồn khai thác do biến đổi khí hậu và do sự khai thác quá nhiều trước đây, phần khác, trong tương lai việc sử dụng và khai thác cát tự nhiên ngày càng không đảm bảo được yêu cầu về môi trường, các lý do trên đã đặt ra yêu cầu cần tìm một loại vật liệu để sử dụng thay thế cho cát tự nhiên. Theo số liệu thống kê từ các tỉnh, thành phố cho thấy, nhu cầu sử dụng cát xây dựng tại Việt Nam giai đoạn từ 2016 đến 2020 dao động trong khoảng 120-130 triệu m3/năm, nhu cầu cát san lấp giai đoạn 2016 - 2020 là 2,1 đến 2,5 tỷ m3, trong khi đó lượng dự trữ cát xây dựng và cát san lấp của Việt Nam được dự báo là khoảng 2,1 tỷ m3. Dự báo nguồn cung cát tự nhiên từ các khu vực khai thác hợp pháp hiện nay chỉ có thể đáp ứng được khoảng 40 – 50% nhu cầu sử dụng cát. Bài báo này đã tiến hành nghiên cứu khả năng thay thế của cát nhân tạo với cát tự nhiên để sử dụng trong các công trình khác nhau ở Việt Nam. Từ các kết quả nghiên cứu, bài báo đã khẳng định khả năng sử dụng cát nhân tạo trong các công trình xây dựng thực tế tại Việt Nam.

Từ khóa: cát nhân tạo; công trình; bê tông xi măng; cát tự nhiên; nghiên cứu

1. Tổng quan về cát nhân tạo

Trên thế giới, cát nhân tạo (artificial sand) được dùng để thay thế cho cát tự nhiên đã được sử dụng trong thực tế xây dựng các công trình từ rất lâu (khoảng gần 50 năm). Đây là loại cát được nghiền từ các loại đá tự nhiên như đá vôi, đá granit, sỏi,... tạo ra. Tại các nước phát triển, hầu hết các công trình xây dựng đều đã đưa cát nhân tạo vào sử dụng với tỷ lệ lớn, có nhiều công trình đã sử dụng 100% là cát nhân tạo để thay thế cho cát tự nhiên. Để đáp ứng được nhu cầu sử dụng về cát nhân tạo, có rất nhiều các nghiên cứu và ứng dụng thực tiễn đã được các nhà khoa học trên thế giới thực hiện và công bố, có thể nhận thấy điều này qua các công bố của Gopal Kumar và nnk (2019), Sheetal A. Sahare và nnk (2015) khi nghiên cứu và đánh giá một số tác dụng của cát nhân tạo trong hỗn hợp bê tông xi măng và vữa, bao gồm: cường độ chịu kéo, cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi của bê tông xi măng. Các kết quả nghiên cứu này đã chỉ ra rằng, cát nhân tạo khi được sử dụng trong bê tông xi măng sẽ giúp cho hỗn hợp bê tông xi măng có khả năng đạt tới các giá trị về cường độ chịu lực tương đương với bê tông sử dụng cát tự nhiên. Nimitha Vijayaraghavan và nnk (2013) bằng các quan sát các hạt cát nhân tạo khi sử dụng phương pháp quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM- Scanning electron microscopy) đã nhận thấy rằng, cát nhân tạo có bề mặt gồ ghề với nhiều góc nhọn của cát nghiền, với hình dáng hạt dài hơn so với bề mặt mịn và hình dáng gần cầu của cát tự nhiên. Các đặc tính này của cát nhân tạo sẽ làm giảm tỷ suất lỗ rỗng giữa các hạt cát nhân tạo, tạo ra khả năng liên kết tốt hơn của cát nhân tạo với nhau và của cát nhân tạo với các cốt liệu khác trong hỗn hợp bê tông xi măng. Điều này sẽ làm cho bê tông xi măng sử dụng cát nhân tạo có độ rỗng giảm và tăng cường khả năng chịu lực của hỗn hợp bê tông xi măng sử dụng cát nhân tạo. Prasanna. K và Anandh. K. S (2017) đã thực hiện các cuộc khảo sát qua các loại bê tông xi măng mác 600 dN/cm^2 với mức độ thay thế cát tự nhiên bằng cát nhân tạo lần lượt qua các tỉ lệ: 0%, 25%, 50%, 75% và 100%. Các đặc tính của bê tông xi măng sử dụng cát nhân tạo đã được kiểm tra và cho kết quả rất khả quan. Nhiều tiêu chuẩn về sử dụng cát nhân tạo thay thế cho cát tự nhiên đã được ban hành để hướng dẫn cho việc sử dụng cát nghiền cho sản xuất bê tông xi măng, như các tiêu chuẩn BS: 882-1992 của Anh, P18-540 của Pháp, ASTM C33-90 của Mỹ.

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenchithanh@humg.edu.vn

Tại Việt Nam, thời gian gần đây cát nhân tạo bắt đầu được đề cấp đến nhiều trong việc nghiên cứu và sử dụng. Một số nghiên cứu về cát nhân tạo của các nhà khoa học và quản lý tại Việt Nam đã được thực hiện, có thể kể đến như: TS Nguyễn Quang Cung với đề tài "Nghiên cứu cát nhân tạo sử dụng trong bê tông và vữa xây dựng", TS Nguyễn Đại Viên với đề tài "Nghiên cứu, tìm nguồn nguyên liệu làm vật liệu xây dựng thay thế cát lòng sông trên địa bàn tỉnh Thừa Thiên Huế", Lê Việt Dũng và những người khác trong công bố "Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá khả năng sử dụng cát nghiền nguồn gốc đá vôi cho cột bê tông cốt thép chịu kéo",.... Có nhiều nguyên nhân để tiến hành nghiên cứu và sử dụng cát nhân tạo cho các công trình tại Việt Nam, một phần, do giá cát tự nhiên tăng đột biến bởi sự cạn kiệt các nguồn khai thác do biến đổi khí hậu và do sự khai thác quá nhiều trước đây, phần khác, trong tương lai việc sử dụng và khai thác cát tự nhiên ngày càng không đảm bảo được yêu cầu về môi trường, các lý do trên đã đặt ra yêu cầu cần tìm một loại vật liệu để sử dụng thay thế cho cát tự nhiên. Theo số liệu thống kê từ các tỉnh, thành phố cho thấy, nhu cầu sử dụng cát xây dựng tại Việt Nam giai đoạn từ 2016 đến 2020 dao động trong khoảng 120-130 triệu m^3/năm, nhu cầu cát san lấp giai đoạn 2016 - 2020 là 2,1 đến 2,5 tỷ m^3, trong khi đó lượng dự trữ cát xây dựng và cát san lấp của Việt Nam được dự báo là khoảng 2,1 tỷ m^3. Dự báo nguồn cung cát tự nhiên từ các khu vực khai thác hợp pháp hiện nay chỉ có thể đáp ứng được khoảng 40-50% nhu cầu sử dụng cát. Như vậy, đến năm 2020, Việt Nam đã không đủ nguồn cung cát xây dựng tự nhiên phục vụ nhu cầu trong nước. Một số tỉnh, thành phố đã xảy ra tình trạng khan hiếm cát tự nhiên và giá cát tăng cao đã tác động không nhỏ đến hoạt động xây dựng các công trình, đặc biệt với các tỉnh thành không có nhiều nguồn cung cấp cát tự nhiên như các tỉnh miền núi phía Bắc (Hà Giang, Sơn La, Điện Biên...) hay các tỉnh thuộc khu vực Tây Nguyên (Gia Lai, Kon Tum, Đắk Lắk...).

2. Ảnh hưởng của cát nhân tạo đối với các công trình xây dựng

2.1. Ảnh hưởng của cát nhân tạo đến chất lượng công trình xây dựng

Dựa trên các kết quả nghiên cứu đã được thực hiện và công bố của các nhà khoa học trên thế giới và Việt Nam, có thể thấy cát nhân tạo có rất nhiều ưu điểm cả về kỹ thuật, kinh tế và giúp bảo vệ môi trường. Cát nhân tạo với các đặc tính kỹ thuật như: hạt cát đồng đều hơn, có thể điều chỉnh modun và tỷ lệ thành phần hạt theo từng yêu cầu cấp phối cho các loại bê tông khác nhau (như bê tông asphalt, bê tông macrosell, bê tông xi măng, bê tông đầm lăn, bê tông mác cao đặc biệt...), các tính chất và khả năng chịu lực của các hỗn hợp bê tông xi măng sử dụng cát nhân tạo đều tương đương hoặc lớn hơn so với việc sử dụng cát thiên nhiên tương ứng. Việc sử dụng cát nhân tạo cho phép tiết kiệm xi măng trong hỗn hợp bê tông xi măng, nhựa đường trong hỗn hợp bê tông nhựa, giảm thời gian thi công và tăng tuổi thọ công trình.



Hình 1. Cát nhân tạo (Nguyễn Đại Viên, 2015)

2.2. Ảnh hưởng của cát nhân tạo đối với kinh tế - xã hội và môi trường

Việc sử dụng cát nhân tạo cũng giúp tận dụng được các loại vật liệu thải trong khai thác đá (theo ước tính, 40% lượng đá khai thác bị thải đi sẽ có thể sử dụng làm cát nhân tạo). Ngoài ra, việc các loại vật liệu thải trong khai thác đá có thể sử dụng để chế tạo cát nhân tạo, sẽ giúp giảm thiểu sự ô nhiễm và ảnh hưởng đến môi trường khi khai thác và sử dụng cát tự nhiên. Cát nhân tạo có thể tận dụng các nguồn vật liệu sẵn có và sản xuất ở các khu vực gần địa điểm xây dựng dẫn tới giảm chi phí vận chuyển và đảm bảo nguồn cung phù hợp, do đó giá cát nhân tạo hiện nay thường rẻ hơn cát tự nhiên khoảng từ 16% đến 18%, tùy thuộc vào đặc tính khu vực chế tạo. Sử dụng cát nhân tạo sẽ làm hạn chế việc nạo, hút cát tự nhiên trên các dòng sông, suối trong các địa bàn khai thác cát tự nhiên, từ đây sẽ làm giảm mức độ ảnh hưởng đến môi trường của dòng sông cũng như các hoạt động sinh hoạt của người dân, cảnh quan dọc hai bên

bờ sông, suối, từ đó cũng sẽ đảm bảo an toàn cho hệ thống đê điều tại các con sông này. Việc sử dụng cát nhân tạo thay thế cát tự nhiên bằng các nguồn nguyên liệu sẵn có của các địa phương trong địa bàn khai thác cát tự nhiên sẽ làm giảm lưu lượng vận chuyển cát quá tải thường xảy ra hiện nay, từ đó sẽ làm giảm áp lực cho các công trình hạ tầng giao thông kể cả đường bộ và đường thủy một cách đáng kể.

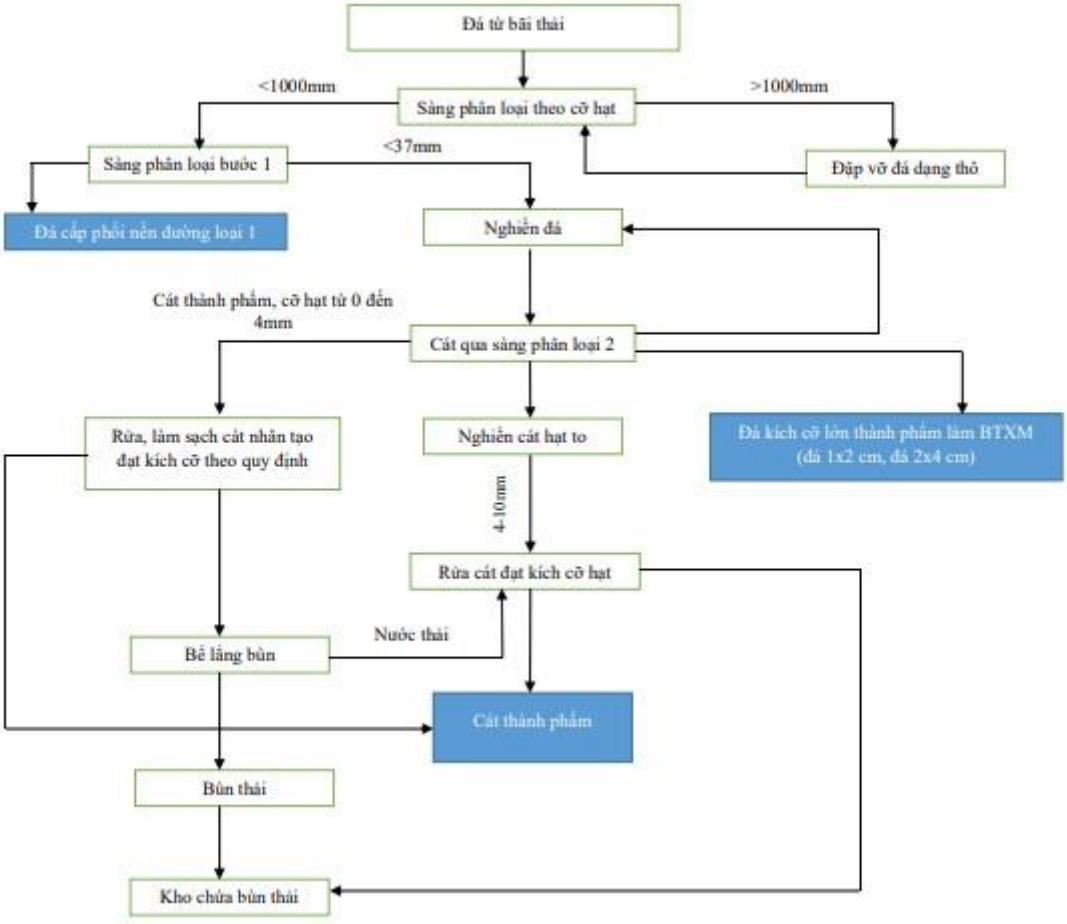
2.3. Ứng dụng của cát nhân tạo trong các công trình xây dựng

Cát nhân tạo được chế biến từ đá tự nhiên, thỏa mãn các tiêu chuẩn vật liệu chế tạo bê tông xi măng (TCN 9205 : 2012; TCVN 7570 : 2006) có thể sử dụng để thay thế cát tự nhiên làm cốt liệu cho vữa và bê tông cũng như trong các loại bê tông đặc biệt như bê tông đầm lăn;

- Hỗn hợp đá dăm phế thải thu được từ quá trình chế tạo cát nhân tạo có thể sử dụng làm vật liệu san lấp cho lớp áo đường ô tô (TCVN 8859:2011 đối với cấp phối đá dăm loại I - base trong kết cấu lớp áo đường ô tô).

- Cát nhân tạo có thể kết hợp với cát mịn tự nhiên nhằm mục đích thỏa mãn các điều kiện về thành phần hạt, độ sạch, độ bùn sét..., để chế tạo bê tông xi măng và bê tông nhựa.

3. Quy trình sản xuất cát nhân tạo



Hình 2. Quy trình sản xuất cát nhân tạo từ nguyên liệu đá tự nhiên (Lê Việt Dũng và nnk., 2021)

Quá trình sản xuất và chế tạo cát nhân tạo từ đá tự nhiên được phân chia làm 2 công đoạn chính, bao gồm:

+ Công đoạn thứ nhất: Tiến hành gia công, chế biến nguồn nguyên liệu từ đá tự nhiên để làm vật liệu đầu vào, sản xuất cát nhân tạo. Trong công đoạn này, các nguyên liệu đá tự nhiên được gia công sao cho đạt kích thước với đường kính trong khoảng 0 đến 4cm. Các thiết bị cần thiết để phục vụ cho công đoạn thứ nhất, bao gồm: Máy nghiền kẹp hàm, máy nghiền phản kích để nghiền đá tự nhiên về các các kích cỡ phù hợp với quy định làm nguyên liệu đầu vào cho công đoạn chế biến cát nhân tạo và hệ thống các loại sàng lắc, sàng rung, băng tải..., với mục đích là tạo ra các loại nguyên liệu có kích cỡ phù hợp và vận chuyển đến các thiết bị trong công đoạn thứ hai chế biến cát nhân tạo;

+ Công đoạn thứ 2: Sau khi đã thu được các nguồn vật liệu có kích cỡ phù hợp để sản xuất cát nhân tạo, tiến hành nghiền vật liệu đầu vào này thành cát nhân tạo theo các cỡ hạt và cấp phối như các giới hạn kỹ thuật yêu cầu, tiến hành rửa cát và làm khô. Các thiết bị chính để thực hiện công đoạn thứ hai này, bao gồm: máy nghiền ly tâm phản kích trục đứng, hệ thống sàng rung, hệ thống băng tải, hệ thống thu gom cát, hệ thống rửa làm sạch và làm khô cát nhân tạo.

4. Kết luận

Để đáp ứng được nhu cầu phát triển về kinh tế, xã hội... hệ thống các công trình xây dựng hạ tầng, cơ sở ngày càng được phát triển kể cả về số lượng và chất lượng. Trong quá trình xây dựng các công trình, cát đóng một vai trò vô cùng quan trọng. Đây là loại vật liệu không thể thiếu để tạo ra chất lượng công trình (là hạt cốt liệu nhỏ, phân bố đều trong hỗn hợp chất liệu xây dựng có tác dụng liên kết các hạt cấu kiện trong chất xây dựng, tạo ra hệ thống khung chịu lực vững chắc cho chất liệu xây dựng và phân bố lực khi chất liệu xây dựng chịu lực và làm việc), do đó, nhu cầu sử dụng cát ngày càng lớn. Tuy nhiên, các mỏ cát tự nhiên đang dần bị cạn kiệt và không đáp ứng được nhu cầu sử dụng bởi sự khai thác quá nhanh với sản lượng quá lớn. Cát nhân tạo với các tính năng, như: giá thành rẻ nếu có đủ các điều kiện về mỏ khai thác đá; chất lượng tốt có thể đáp ứng được nhiều yêu cầu kỹ thuật cao cho các công trình xây dựng; tận dụng được nguồn nguyên vật liệu của địa phương; giảm thiểu ô nhiễm môi trường và cảnh quan khi không phải khai thác cát tự nhiên,… đã và đang trở thành một nguồn cung cấp vật liệu quan trọng cho các công trình xây dựng về cơ sở hạ tầng, công trình dân dụng và công nghiệp, các công trình xây dựng khác trên Thế giới và ở Việt Nam, đặc biệt là ở những địa bàn khan hiếm các mỏ cát tự nhiên. Với các tính năng và ưu điểm như trên, việc nghiên cứu và phát triển khai thác, sử dụng cát nhân tạo có tính khả thi cao. Một số vấn đề để có thể đáp ứng được việc khai thác và sử dụng cát nhân tạo cần được thực hiện, bao gồm:

- Nghiên cứu xây dựng và hoàn thiện các tiêu chuẩn, quy chuẩn, định mức kinh tế kỹ thuật có thể áp dụng cho các loại cát nhân tạo được chế tạo từ các loại đá có nguồn gốc khác nhau và tại các địa phương, khu vực khác nhau của Việt Nam;
- Hoàn thiện kỹ thuật, công nghệ và dây chuyền sản xuất cát nhân tạo theo các yêu cầu nâng cao hiệu quả, đảm bảo bảo vệ môi trường. Có thể nghiên cứu và hoàn thiện theo định hướng chế tạo cát nhân tạo từ các vật liệu đá bằng phương pháp nghiền khô, không cần rửa cát và tự động sản xuất theo mô đun cỡ hạt mong muốn để đáp ứng được yêu cầu riêng của từng loại vật liệu;
- Nghiên cứu ứng dụng cát nhân tạo trong các loại vật liệu xây dựng có tính chất đặc biệt, được sử dụng trong các điều kiện phức tạp, bao gồm: bê tông có cường độ cao và siêu cao, bê tông xi măng có khả năng chống ăn mòn, chống mặn và xâm thực, bê tông không sử dụng xi măng với cường độ cao;
- Nghiên cứu khả năng sử dụng cát nhân tạo nhằm thay thế cát tự nhiên trong chế tạo bê tông phun, bê tông tự lèn;
- Nghiên cứu khả năng sử dụng cát nhân tạo thay thế cát tự nhiên trong gia cố nền đất yếu và san lấp, thi công công trình giao thông tại các vùng có nguồn khai thác đá lớn nhưng lại khan hiếm về cát làm nền móng đường và hạ tầng (đặc biệt là tại các khu vực, địa bàn nằm trong quy hoạch xây dựng hệ thống đường bộ cao tốc và đường sắt cao tốc).

Tài liệu tham khảo

Nguyễn Quang Cung, 2006. Nghiên cứu cát nhân tạo sử dụng trong bê tông và vữa xây dựng. *Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ Xây dựng*. KQNC.000740.

Nguyễn Đại Viên, 2015. Nghiên cứu, tìm nguồn nguyên liệu làm vật liệu xây dựng thay thế cát lòng sông trên địa bàn tỉnh Thừa Thiên Huế. *Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Tỉnh*. mã số: 2013-015.

Lê Việt Dũng, Tống Tôn Kiên, Đỗ Trọng Thành, Nguyễn Bá Lâm, 2021. Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá khả năng sử dụng cát nghiền nguồn gốc đá vôi cho cột BTCT chịu nén. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, 15 (3V): 93–103.

Hiếu, N. D., Xuân, T. T. K., Toàn, Đ. T., Vân, H. H, 2018. Kết hợp cát nghiền và cát mịn trong chế tạo bê tông. *Tuyển tập Báo cáo Hội thảo KHCN toàn quốc - Cát nghiền thay thế cát tự nhiên - Vật liệu thân thiện môi trường*, NXB Xây dựng, 130–139.

TCVN 9205:2012. Cát nghiền cho bê tông và vữa. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.

TCVN 9382:2012. Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông sử dụng cát nghiền. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.

K. Prasanna and K S. Anandh, 2017. Analysis on strength of concrete by partial replacement of riversand with sawdust and robosand. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol 12, no. 8, pp: 2423-2427.

Nimitha Vijayaraghavan and A S Wayal, 2013. Effects of Manufactured Sand on Compressive Strength and Workability of Concrete. *International journal of Structural & Civil Engineering Research*, vol. 2, no. 4, pp 228-232.

M. R. Chitlange, P. S. Pajgade, P. B. Nagarnaik, 2008. Experimental Study of Artificial Sand Concrete. *First International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology*, doi: 10.1109/ICETET.2008.164.

M. N. Bajad, Sarang Sakhare, 2018. Influence of artificial sand on the properties of concrete and mortar. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, volume 9, issue 1, pp. 447–454.

Gopal Kumar, Jiji M Thoma, Pushpendra Kumar Kushwaha, 2019. Review on Strength Properties of Concrete with Partial Replacing Artificial Sand against Natural Sand and Cost Analysis. *International Journal for Scientific Research & Development*, vol. 7, issue 08, pp:101-104.

Sheetal A. Sahare, Mugdha N. Priyadarshini, Shweta S, 2015. Effect of Artificial Sand on Compressive Strength and Workability of Concrete. *International Journal for Science and Advance Research in Technology*, volume 1, issue 4, pp: 183-188.

Vinayak R.Supekar, Popat D.Kumbhar, 2012. Properties of Concrete by Replacement of Natural Sand with Artificial Sand. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, vol. 1, issue 7, pp:1-7.

P. U. Narale1, H. S. Jadhav, 2020. Development of High Strength Concrete using Artificial Sand as Fine Aggregate. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, volume: 07, issue: 08, pp: 1603-1608.

ABSTRACT

Research on the possibility of using artificial sand to replace natural sand in construction projects in Vietnam

Nguyen Chi Thanh[1], Nguyen Viet Nghia[1], Pham Thi Nhan[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

Artificial sand is used to replace natural sand, which has been used in actual construction for a long time (almost 50 years). There are many reasons to research and use artificial sand for construction projects in Vietnam, partly due to the sudden increase in natural sand prices caused by the depletion of mining resources due to climate change and pollution. Excessive exploitation in the past, on the other hand, in the future, the use and exploitation of natural sand increasingly cannot meet environmental requirements. The above reasons have created a need to find a material to use as a substitute for natural sand. According to statistical data from provinces and cities, the demand for construction sand in Vietnam from 2016 to 2020 fluctuates between 120-130 million m^3/year. The demand for leveling sand during the same period is 2.1 to 2.5 billion m^3, while Vietnam's reserves of construction sand and filling sand are forecasted to be about 2.1 billion m^3. It is forecasted that the current supply of natural sand from legal mining areas can only meet about 40-50% of the sand demand. This paper has conducted research on the possibility of replacing artificial sand with natural sand for use in various projects in Vietnam. Based on the research results, the paper has confirmed the possibility of using artificial sand in actual construction projects in Vietnam.

Keywords: artificial sand; cement concrete; natural sand; construction; reseach

Nghiên cứu ảnh hưởng của sơ đồ bố trí hai đường hầm song song đến phân bố nội lực trong vỏ hầm

Đỗ Ngọc Thái[1,*]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Ngày nay với nhu cầu giao thông vận tải trong đô thị là rất lớn đã có rất nhiều hệ thống tuyến metro được xây dựng trong thành phố, các hệ thống tuyến metro thường được xây dựng hai đường hầm song song để thuận lợi cho công tác vận hành. Trong điều kiện xây dựng đô thị, không gian ngầm bố trí hai đường hầm rất hạn chế, do đó trong công tác quy hoạch và thiết kế các dự án xây dựng công trình ngầm giao thông đô thị cần thiết lựa chọn sơ đồ bố trí hai đường hầm song song cho phù hợp với điều kiện xây dựng cụ thể của từng dự án. Tương tác cơ học giữa hai kết cấu chống giữ vỏ hầm ở mỗi sơ đồ bố trí hai đường hầm song song là khác nhau, do đó công tác nghiên cứu ảnh hưởng của sơ đồ bố trí hai đường hầm song song đến phân bố nội lực trong kết cấu chống giữ vỏ hầm để lựa chọn sơ đồ bố trí hai đường hầm song song cho từng dự án xây dựng metro là rất quan trọng. Bài viết sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để nghiên cứu cứu ảnh hưởng của sơ đồ bố trí hai đường hầm song song đến phân bố nội lực trong kết cấu chống giữ vỏ hầm. Trong điều kiện bài toán, kết quả nghiên cứu cho thấy hai đường hầm song song cùng trục nằm ngang có sự trênh lệch giá trị lực dọc và mô men uốn trong vỏ hầm không lớn, do hai đường hầm có cùng chiều sâu thi công. Sơ đồ thi công hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng, hầm ở vị trí bên trên có giá trị lực dọc và mô men uốn trong vỏ hầm là nhỏ nhất trong các sơ đồ. Sơ đồ thi công hai đường hầm song song khác trục nằm ngang, khác trục thẳng đứng thì hầm ở vị trí phía dưới có giá trị lực dọc và mô men uốn trong vỏ hầm là lớn nhất trong các sơ đồ.

Từ khóa: công trình ngầm; hai đường hầm; vỏ hầm; phương pháp phần tử hữu hạn

1. Đặt vấn đề

Các đường hầm đô thị thi công trong đất yếu được sử dụng phương pháp thi công bằng máy khiên đào để giảm thiểu những ảnh hưởng cơ học gây phá hủy công trình xây dựng lân cận và còn nâng cao chất lượng xây dựng đường hầm, theo Clough và nnk 1983. Để nâng cao năng lực vận tải và tạo điều kiện thuận lợi cho công tác quản lý, vận hành các tuyến đường hầm giao thông qua núi hoặc các tuyến đường hầm điện ngầm trong thành phố thì trong công tác quy hoạch, thiết kế các tuyến đường hầm này thường bố trí thành hai đường hầm song song. Đặc biệt là các tuyến đường hầm tàu điện ngầm trong thành phố có không gian hạn chế do thi công dưới các công trình xây dựng lận cận trên mặt đất vì vậy hai đường hầm thường bố trí gần nhau và giữ một khoảng cách an toàn đến công trình xây dựng lên cận vì cần giảm thiểu các ảnh hưởng từ hoạt động thi công đường hầm đến các công trình xây dựng lân cận. Theo Addenbrooke và nnk, 2001; Hage Chehade và nnk 2008 các sơ đồ bố trí hai đường hầm song song bao gồm:

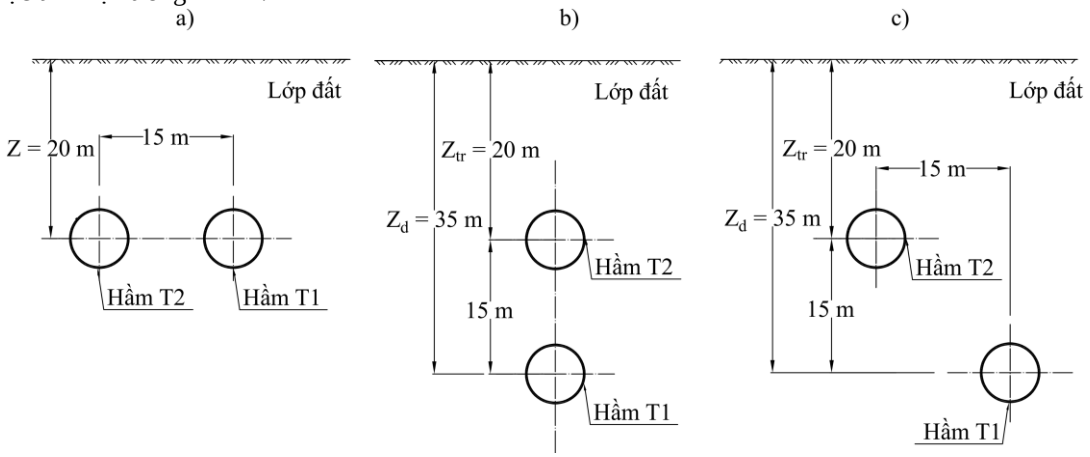
Hai đường hầm song song cùng trục nằm ngang;
Hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng;
Hai đường hầm song song khác trục nằm ngang, khác trục thẳng đứng.

Trên thế giới đã có rất nhiều hai đường hầm tàu điện ngầm được thi công song song với các sơ đồ bố trí khác nhau, đặc biệt ngay ở Việt Nam sơ đồ bố trí hai hầm song song cùng trục nằm ngang như tuyến metro số 3 Hà Nội và sơ đồ hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng và sơ đồ song song khác trục nằm ngang, khác trục thẳng đứng như tuyến metro số 1 thành phố Hồ Chí Minh. Các nghiên cứu tương tác cơ học giữa hai hầm, nghiên cứu chỉ ra ảnh hưởng lẫn nhau của hai đường hầm song song vẫn còn rất hạn chế, đặc biệt là khi so sánh giữa các sơ đồ bố trí của hai hầm. Bài viết này, tác giả sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để nghiên cứu ảnh hưởng của sơ đồ bố trí hai đường hầm song song đến phân bố nội lực trong vỏ hầm.

* *Tác giả liên hệ*
Email: dongocthai@humg.edu.vn

2. Phương pháp nghiên cứu

Để nghiên cứu tương tác cơ học giữa vỏ chống giữ hai đường hầm song song với các sơ đồ bố trí hai đường hầm khác nhau. Tác giả sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn thông qua phần mềm Plaxis 2D, V20 để xét cho hai đường hầm cùng hình dạng và kích thước, có tiết diện ngang hình tròn, đường kính D = 6,3m khoảng cách giữa tâm hai đường hầm là 15,0m. Đường hầm thi công qua lớp đất sét, đặc tính cơ lý các lớp đất được thể hiện trong bảng 1. Các sơ đồ bố trí hai đường hầm song song được mô phỏng trong bài toán được thể hiện trong hình 1.



Hình 1. Các sơ đồ bố trí hai đường hầm song song được mô phỏng trong bài toán
a) Sơ đồ hai đường hầm song song cùng trục nằm ngang; b) Sơ đồ hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng; c) Sơ đồ hai đường hầm song song khác trục nằm ngang, khác trục thẳng đứng

Trong bài toán này, nghiên cứu phân bố nội lực trong vỏ hầm khi thi công hai đường hầm song song với các sơ đồ bố trí hai đường hầm khác nhau, tác giả đã sử dụng phần mềm Plaxis 2D V20 để mô phỏng và phân tích, lớp đất được sử dụng theo mô hình Hardening Soil, vỏ hầm sử dụng mô hình đàn hồi. Trên thực tế, các đường hầm nằm ở phía dưới thường được thi công trước, đường hầm ở phía trên được thi công sau, do đó ở các bài toán mô phỏng trong nghiên cứu này thì đường hầm phía dưới T1 là hầm được thi công trước. Các giai đoạn mô phỏng, tính toán công tác thi công bao gồm:

Giai đoạn 1: Thiết lập các tham số ban đầu;

Giai đoạn 2: Xây dựng điều kiện biên, trường ứng suất ban đầu;

Giai đoạn 3: Đào đất và lắp đặt vỏ chống thi công đường hầm thứ nhất T1;

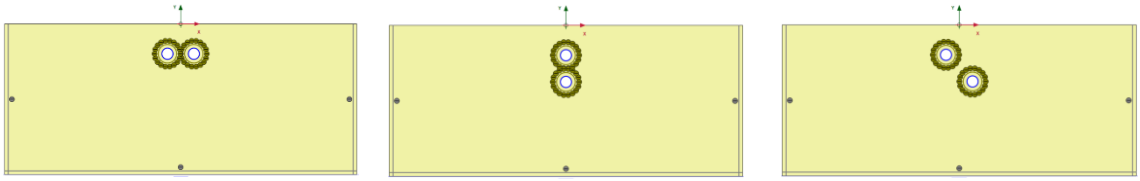
Giai đoạn 4: Đào đất và lắp đặt vỏ chống thi công đường hầm thứ hai T2.

Sơ đồ mô phỏng thi công hai đường hầm đường hầm song song cùng trục nằm ngang được thể hiện trên hình 2.

Bảng 1. Thông số cơ lý của lớp đất được sử dụng trong bài toán

Thông số cơ lý	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Khối lượng thể tích lớp đất	γ	20,50	(kN/m^3)
Mô đun cát tuyến xác định từ nén 3 trục, áp lực buồng pref	E_{50}^{ref}	27495	(kN/m^2)
Mô đun tiếp tuyến trong thí nghiệm oedometer	E_{oed}^{ref}	27495	(kN/m^2)
Mô đun dỡ tải và gia tải	E_{ur}^{ref}	82485	(kN/m^2)
Lực dính kết	c^{ref},	22,6	kPa
Góc ma sát trong	φ	24	(°)
Góc giãn nở,	ψ	0	(°)
Hệ số poisson	υ	0,25	
Hệ số mũ	m	0,5	
Áp lực buồng khi thí nghiệm	p^{ref}	100	(kN/m^2)
Hệ số áp lực ngang,	K_0	0,43	
Hệ số ma sát,	R_{inter}	0,9	

Các tham số kỹ thuật của vỏ hầm bao gồm chiều dày d=0,3m; khối lượng thể tích γ=25kN/m^3 và mô đun đàn hồi E=35GPa các tham số độ cứng chống nén EI=7,875x10^4, mô men chống uốn EA=10,5x10^6 và trọng lượng quy đổi w=7,5kN/m/m. Các sơ đồ bố trí hai đường hầm song song được mô phỏng như hình 2.



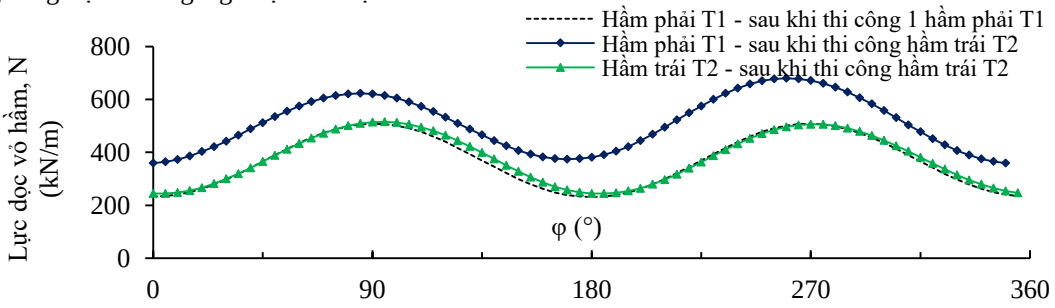
Hai đường hầm song song cùng trục nằm ngang | *Hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng* | *Hai đường hầm song song khác trục nằm ngang, khác trục thẳng đứng*

Hình 2. Các sơ đồ mô phỏng thi công hai đường hầm song song

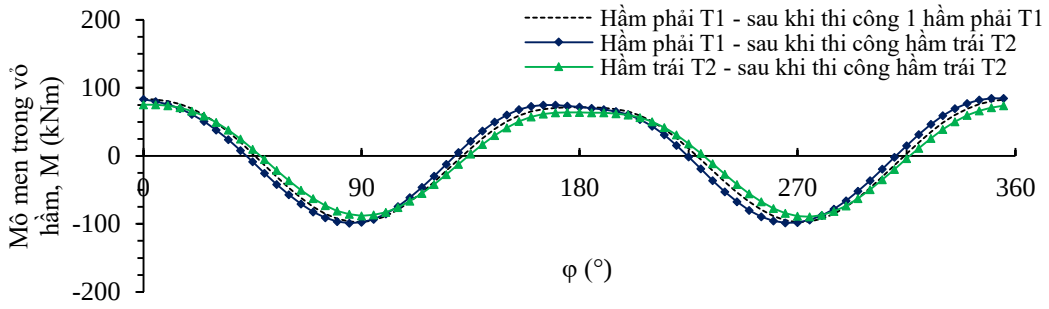
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả nội lực vỏ hầm khi sử dụng sơ đồ hai đường hầm song song cùng trục nằm ngang

Nội lực phân bố trong vỏ hầm bên phải T1 và hầm bên trái T2 khi sử dụng sơ đồ hai đường hầm song song cùng trục nằm ngang được thể hiện trên hình 3.



(a)



(b)

Hình 3. Phân bố lực dọc (a) và mô men uốn; (b) trong vỏ hầm khi sử dụng sơ đồ hai đường hầm song song cùng trục nằm ngang

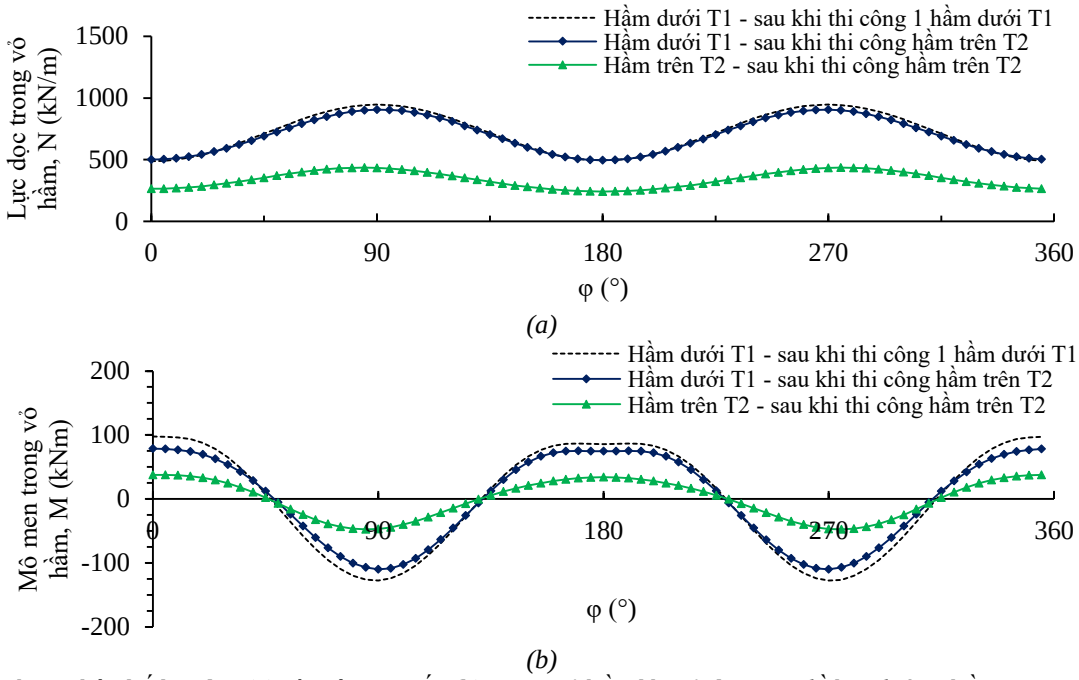
Trong sơ đồ bố trí hai hầm song song cùng trục nằm ngang, kết quả cho thấy: Sau khi thi công 1 hầm (hầm bên phải) T1, kết quả cho thấy lực dọc N có giá trị nhỏ nhất và lớn nhất lần lượt là 231,16/508,91 kN. Giá trị lớn nhất là 508,91kN xảy ra tại vị trí hông hai bên gần (vị trí 90° và 270°), giá trị nhỏ nhất là 231,16kN xảy ra tại nền (nóc) hầm, phân bố lực dọc có tính đối xứng qua trục đường hầm. Mô men uốn trong vỏ hầm có giá trị lớn nhất, nhỏ nhất là 83,57kNm/-97,34kNm. Giá trị cực trị lớn nhất là 97,34kNm xảy ra tại vị trí hông hầm.

Sau khi thi công đường hầm thứ hai là hầm bên trái T2, nội lực vỏ hầm bên phải T1 có giá trị và phân bố thay đổi lại như sau: Lực dọc N có giá trị nhỏ nhất và lớn nhất lần lượt là 357,29/680,08kN, giá trị lớn nhất tăng 33,6% (từ 508,91kN lên 680,08kN) xảy ra tại vị trí dưới hông hầm bên trái (vị trí 265°). Mô men M có giá trị lớn nhất và nhỏ nhất là 84,60kNm/-98,78kNm, giá trị cực trị lớn nhất tăng 1,5% (từ 97,34kNm lên 98,78kNm) xảy ra tại vị trí nền hầm (vị trí 85°).

Sau khi thi công đường hầm thứ hai là hầm bên trái T2, nội lực vỏ hầm bên trái T2 có giá trị và phân bố như sau: Lực dọc N có giá trị nhỏ nhất và lớn nhất lần lượt là 243,97kNm/515,86kN, giá trị lớn nhất xảy ra tại vị trí dưới hông hầm bên phải (vị trí 95°). Mô men M có giá trị lớn nhất và nhỏ nhất là 75,17kNm/-89,42kNm, giá trị cực trị lớn nhất xảy ra tại vị trí hông hầm bên trái (vị trí 275°).

3.2. Kết quả nội lực vỏ hầm khi sử dụng sơ đồ hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng

Nội lực phân bố trong vỏ hầm dưới T1 và hầm trên T2 khi sử dụng sơ đồ hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng được thể hiện trên hình 4.



Hình 4. Phân bố lực dọc (a) và mô men uốn (b) trong vỏ hầm khi sử dụng sơ đồ hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng

Trong sơ đồ bố trí hai hầm song song cùng trục thẳng đứng, kết quả cho thấy: sau khi thi công đường hầm thứ nhất là hầm phía dưới T1, kết quả cho thấy lực dọc N có giá trị nhỏ nhất và lớn nhất lần lượt là 488,07kN/945,89kN. Giá trị lớn nhất là 945,89kN xảy ra tại vị trí hông bên trái và hông bên phải vỏ hầm (vị trí 90° và 270°), giá trị nhỏ nhất là 488,07kN xảy ra tại nóc hầm, phân bố lực dọc có tính đối xứng qua trục đường hầm. Mô men uốn trong vỏ hầm có giá trị lớn nhất, nhỏ nhất là 97,50kNm/-127,73kNm. Giá trị cực trị lớn nhất là 127,73kNm xảy ra tại vị trí hông bên trái và hông bên phái.

Sau khi thi công đường hầm thứ hai là hầm trên T2, nội lực vỏ hầm dưới T1 có giá trị và phân bố thay đổi lại như sau: Lực dọc N có giá trị nhỏ nhất và lớn nhất lần lượt là 495,58kN/905,42kN, giá trị lớn nhất giảm 4,28% (từ 945,89kN xuống 905,42kN) xảy ra tại vị trí hông hầm (vị trí 90°). Mô men M có giá trị lớn nhất và nhỏ nhất là 78,53kNm/-109,98kNm, giá trị cực trị lớn nhất giảm 13,90% (từ 127,73kNm xuống 109,98kNm) xảy ra tại vị trí nền hầm (vị trí 85°).

Sau khi thi công đường hầm thứ hai là hầm trên T2, nội lực vỏ hầm bên trên T2 có giá trị và phân bố như sau: Lực dọc N có giá trị nhỏ nhất và lớn nhất lần lượt là 242,14kN/435,34kN, giá trị lớn nhất xảy ra tại vị trí hông hầm (vị trí 90°, 270°). Mô men M có giá trị lớn nhất và nhỏ nhất là 37,78kNm/-47,77kNm, giá trị cực trị lớn nhất xảy ra tại vị trí hông hầm.

3.3. Kết quả nội lực vỏ hầm khi thi công theo sơ đồ hai đường hầm song song khác trục nằm ngang, khác trục thẳng đứng

Nội lực phân bố trong vỏ hầm dưới T1 và hầm trên T2 khi sử dụng sơ đồ hai đường hầm song song khác trục nằm ngang, khác trục thẳng đứng được thể hiện trên hình 5.

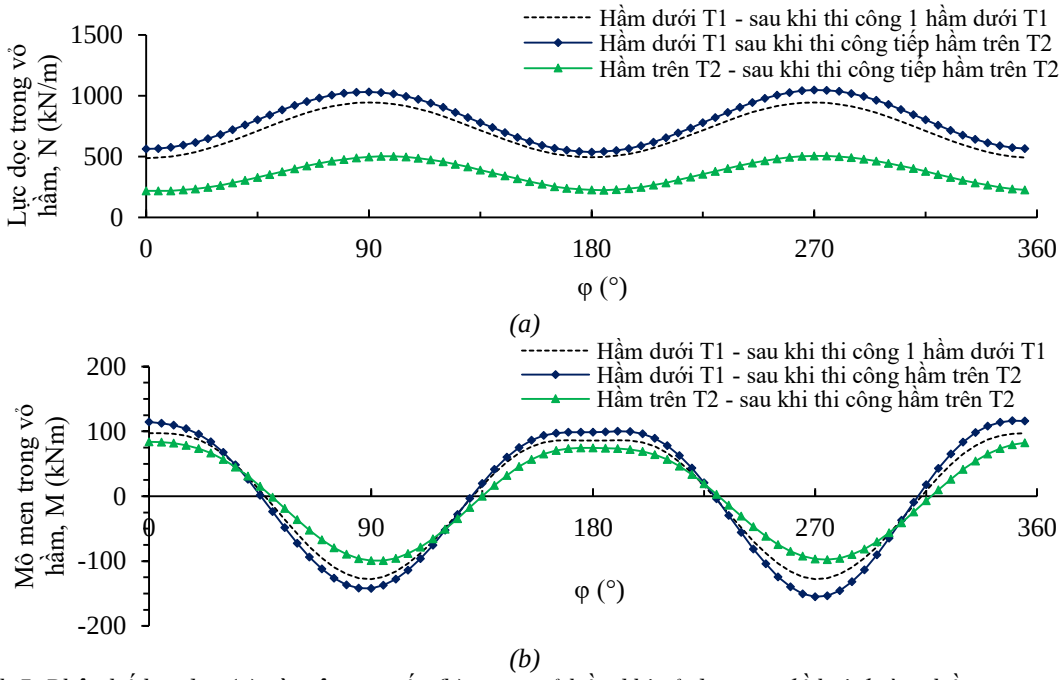
Trong sơ đồ bố trí hai hầm song song khác trục nằm ngang, khác trục thẳng đứng, kết quả cho thấy: sau khi thi công đường hầm thứ nhất là hầm phía dưới T1, kết quả cho thấy lực dọc N có giá trị nhỏ nhất và lớn nhất lần lượt là 487,92kN/945,53 kN. Giá trị lớn nhất là 945,53kN xảy ra tại vị trí hông bên trái và hông bên phải vỏ hầm (vị trí 90° và 270°), giá trị nhỏ nhất là 487,92kN xảy ra tại nóc hầm, phân bố lực dọc có tính đối xứng qua trục đường hầm. Mô men uốn trong vỏ hầm có giá trị lớn nhất, nhỏ nhất là 97,33kNm/-127,58kNm. Giá trị cực trị lớn nhất là 127,58kNm xảy ra tại vị trí hông bên trái và hông bên phải.

Sau khi thi công đường hầm thứ hai bên trên T2, nội lực vỏ hầm dưới T1 có giá trị và phân bố thay đổi lại như sau: Lực dọc N có giá trị nhỏ nhất và lớn nhất lần lượt là 538,41kN/1047,75kN, giá trị lớn nhất tăng 10,81% (từ 945,53kN lên 1047,75kN) xảy ra tại vị trí hông hầm (vị trí 90°). Mô men M có giá trị lớn nhất và nhỏ nhất là 116,26/-154,82kNm, giá trị cực trị lớn nhất tăng 21,35% (từ 127,58kNm lên 154,82kNm) xảy ra tại vị trí nền hầm.

Sau khi thi công đường hầm thứ hai bên trên T2, nội lực vỏ hầm bên trên T2 có giá trị và phân bố như sau: Lực dọc N có giá trị nhỏ nhất và lớn nhất lần lượt là 218,22/505,66 kN, giá trị lớn nhất xảy ra tại vị trí hông hầm (vị trí 90°, 270°). Mô men M có giá trị lớn nhất và nhỏ nhất là 83,71/-99,41 kNm, giá trị cực trị

lớn nhất xảy ra tại vị trí hông hầm.

Kết quả giá trị lực dọc và mô men uốn trong vỏ hầm T1, T2 với các sơ đồ bố trí hai đường hầm khác nhau được thể hiện trên bảng 2.



Hình 5. Phân bố lực dọc (a) và mô men uốn (b) trong vỏ hầm khi sử dụng sơ đồ hai đường hầm song song khác trục nằm ngang, khác trục thẳng đứng

Bảng 2. Giá trị lớn nhất của lực dọc và mô men uốn trong vỏ hầm T1, T2 với các sơ đồ khác nhau

Sơ đồ	Lực dọc, N (kN)		Mô men uốn, M (kNm)	
	Vỏ hầm T1	Vỏ hầm T2	Vỏ hầm T1	Vỏ hầm T2
Hai hầm song song cùng trục nằm ngang	680,08	515,86	98,78	89,42
Hai hầm song song cùng trục thẳng đứng	905,42	435,34	109,98	47,77
Hai hầm song song khác trục nằm ngang, khác trục thẳng đứng	1047,75	505,66	154,82	99,41

4. Kết luận

Trong điều kiện bài toán, từ kết quả nghiên cứu xác định nội lực vỏ hầm trong các sơ đồ bố trí hai đường hầm song song, có thể rút ra những kết luận như sau:

Hai đường hầm song song cùng trục nằm ngang có sự trênh lệch giá trị lực dọc và mô men uốn trong vỏ hầm không lớn, do hai đường hầm có cùng chiều sâu thi công.

Sơ đồ thi công hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng, hầm T2 ở vị trí bên trên có giá trị lực dọc và mô men uốn trong vỏ hầm là nhỏ nhất trong các sơ đồ.

Sơ đồ thi công hai đường hầm song song khác trục nằm ngang, khác trục thẳng đứng có hầm T1 ở vị trí phía dưới có giá trị lực dọc và mô men uốn trong vỏ hầm là lớn nhất trong các sơ đồ.

Tài liệu tham khảo

Addenbrooke, T. I. & Potts. D. M, 2001. Twin tunnel interaction: surface and subsurface effects. *Int. Journ. of Geomechanics.* Vol. 1, No.2, 249-271.

Clough, G. W. & Schmidt, B, 1981. Design and Performance of excavations and tunnels in soft clays. *Soft Clay Engineering*, Amsterdam, 269-276, Elsevier.

Hage Chehade F. and Shahrour I, 2008. Numerical analysis of the interaction between twin-tunnels: Influence of the relative position and construction procedure. *Tunneling and Underground Space Technology*, vol 23: 210-214.

ABSTRACT

Study the influence of the arrangement of two parallel tunnels on the internal force distribution in the tunnel linings

Do Ngoc Thai[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

In response to the increasing need for urban transportation development, many cities are constructing metro systems. These systems often feature two parallel tunnels to enhance transportation efficiency. In urban construction conditions, the underground space for two tunnels is very limited, so in the planning and design of urban traffic underground construction projects, it is necessary to choose a layout diagram. two parallel tunnels to suit the specific construction conditions of each project. The mechanical interaction between the two tunnel lining retaining structures in each layout scheme of two parallel tunnels is different, so the study of the influence of the arrangement scheme of two parallel tunnels on the internal force distribution in the tunnel lining support structure, choosing a layout plan for two parallel tunnels for each metro construction project is very important. This article employs the finite element method to analyse how different parallel tunnel arrangements affect the internal force distribution, aiding in the selection of the most suitable layout for each metro construction project. In the study conditions, the research results show that the two parallel tunnels with the same horizontal axis have a large deviation in the value of vertical force and bending moment in the tunnel lining, because the two tunnels have the same construction depth. The construction diagram of two parallel tunnels with a vertical axis, the tunnel located above has the value of vertical force and bending moment in the tunnel lining is the smallest in the diagrams. The construction diagram of two parallel tunnels with different horizontal and vertical axes, the tunnel in the lower position has the largest vertical force value and bending moment in the tunnel lining.

Keywords: underground construction; twin tunnels; tunnel lining; finite element method

Nâng cao hiệu quả sử dụng phương pháp bơm ép vữa xi măng khi thi công giếng đứng qua khối đá nứt nẻ

Đỗ Ngọc Thái[1,*], Nguyễn Văn Quang[2]
[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Trường Đại học Công nghệ giao thông vận tải*

TÓM TẮT

Với nhu cầu mở rộng sản xuất, tăng sản lượng của ngành khai thác than và khoáng sản, ngày càng có nhiều các đường lò cơ bản, giếng đứng được thi công trong những điều kiện địa chất phức tạp khác nhau. Công tác thi công giếng đứng trong điều kiện khối nứt nẻ chứa nước ngầm là nguyên nhân làm giảm tốc độ thi công, đẩy cao giá thành xây dựng công trình. Phương pháp bơm ép vữa xi măng là giải pháp nhằm cải thiện các đặc tính cơ lý của khối đá, dung dịch vữa xi măng được bơm ép nhằm gắn kết, lấp đầy hệ khe nứt, tạo ra khối đá liền khối có độ bền cơ học cao, ngăn cản sự xâm nhập, phá hủy từ nước ngầm. Bài viết sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết kết hợp với các kết quả khảo sát hiện trường đề xuất cách tính toán, lựa chọn các số tham số kỹ thuật khi thiết kế để nâng cao hiệu quả áp dụng phương pháp bơm ép vữa xi măng khi thi công giếng đứng qua khối đá nứt nẻ.

Từ khóa: giếng đứng; bơm ép vữa xi măng; tham số bơm ép vữa xi măng; khối đá nứt nẻ

1. Đặt vấn đề

Để đảm bảo sản lượng khai thác than đáp ứng cho sự phát triển kinh tế đất nước, khối lượng đường lò được khai đào hàng năm tại các mỏ than hầm lò trong Tập đoàn Công nghiệp Than và Khoáng sản Việt Nam là rất lớn. Chỉ tính riêng trong giai đoạn 2018-2021, khối lượng mét lò đào mỗi năm khoảng 250.000m, dự kiến sẽ tăng lên đạt và duy trì khoảng 300.000m kể từ năm 2025. Các công ty đã không ngừng đầu tư kỹ thuật, cải tiến công nghệ, mở rộng diện khai thác và khai thác xuống sâu. Chính vì vậy mà khối lượng đào các đường lò chuẩn bị, đường lò cơ bản và giếng đứng ngày càng tăng nhanh. Trong những năm qua các mỏ than hầm lò đã tiến hành triển khai thi công nhiều giếng đứng, như giếng đứng Hà Lầm, Núi Béo, Khe Chàm II-IV, Mạo Khê,... Để thi công các giếng đứng này chủ yếu vẫn là nhà thầu thi công nước ngoài. Các đơn vị thi công Việt Nam cũng đã chủ động phối hợp và nắm bắt làm chủ công nghệ thi công. Tuy nhiên quá trình thi công giếng đứng gặp nhiều khó khăn, tốc độ thi công thấp, rất hay bị gián đoạn, ngừng thi công do gặp phải các điều kiện địa chất yếu, phân lớp, nứt nẻ chứa nước ngầm.

Công tác thi công các giếng đứng trong điều kiện địa chất yếu, phân lớp, nứt nẻ chứa nước ngầm luôn tiềm ẩn những rủi ro gây mất an toàn phá hủy công trình, việc áp dụng các giải pháp kỹ thuật trong thi công nhằm đảm bảo chất lượng công trình, nâng cao tốc độ thi công luôn là một bài toán cấp thiết đặt ra. Có nhiều giải pháp thi công đào lò hay giếng qua địa chất yếu, phức tạp như: bơm ép vữa xi măng; đóng băng nhân tạo; phương pháp sử dụng cọc thép, đóng ô ống (Võ Trọng Hùng, 2012)..., giải pháp bơm ép vữa xi măng đã được sử dụng rộng rãi và mang lại hiệu quả trong thi công lò bằng, lò nghiêng như tại các mỏ than Nam Mẫu, Hà Lầm, Mạo Khê, Mông Dương, Uông Bí..., tuy nhiên hiện nay và trong thời gian tới khối lượng thi công giếng đứng là rất lớn, công tác thi công xuống sâu và qua các lớp đất đá khác nhau nên nhu cầu áp dụng phương pháp bơm ép vữa xi măng là rất lớn.

Phương pháp bơm ép vữa xi măng, dưới tác dụng của áp lực bơm ép dung dịch vữa xi măng lấp đầy hệ khe nứt nhằm cải thiện đặc tính cơ lý khối đá, tăng sức chịu tải và giảm các đặc tính biến dạng của đá. Khối đá sau khi bơm ép trở nên liền khối nâng cao khả năng chịu tải và còn có khả năng chống thấm, ngăn cản khả năng phá hủy từ nước ngầm, (Nguyễn Xuân Mãn, 1998; Cambefort, 1971; Greenslade và nnk 1979). Bài viết nghiên cứu công nghệ bơm ép vữa xi măng, chỉ ra những khó khăn tồn tại trong quá trình áp dụng phương pháp và đề xuất các giải pháp để nâng cao hiệu quả áp dụng phương pháp bơm ép vữa xi măng khi thi công giếng đứng qua khối đá yếu, phân lớp nứt nẻ.

* *Tác giả liên hệ*
Email: dongocthai@humg.edu.vn

2. Phương pháp bơm ép vữa xi măng

2.1. Bản chất phương pháp và một số công trình áp dụng

Dưới áp lực bơm ép, dung dịch vữa xi măng được xâm nhập, tràn vào và lấp đầy các khe nứt hay các lỗ rỗng trong khối đá. Giải pháp xi măng hóa cho độ bền cao nhờ mối liên kết của vữa xi măng với thành khe nứt, tốc độ xâm nhập của dung dịch vữa được bơm ép giảm dần theo chiều sâu phân bố và dần dần được đông cứng tạo thành mối liên kết có độ bền cao, theo Greenslade và nnk, 1979.

Trong lĩnh vực thi công công trình ngầm và mỏ phương pháp bơm ép vữa xi măng được sử dụng để gia cường khối đất đá bị nứt nẻ, vò nhầu, phân lớp làm dính kết các thành phần thạch học của đất đá lại với nhau tạo nên "lớp đất đá được gia cường". Chính lớp đất đá được gia cường đã thay đổi tính chất mất ổn định vì ngậm nước, bở rời và tạo điều kiện thuận lợi cho công tác khai đào công trình.

- Dung dịch vữa bơm ép không dính kết với khối đất đá hoặc không đông cứng. Phương pháp bơm ép vữa xi măng chỉ hiệu quả áp dụng đối với khối đá nứt nẻ, chiều rộng khe nứt ≥ 0,5mm, phương pháp không hiệu quả khi khối đất đá chứa nhiều sét, lưu lượng nước Q lớn làm rữa trôi lượng vữa khoan phụt.
- Áp lực bơm chưa hợp lý, khi áp lực bơm quá lớn sẽ phá hủy cấu trúc ban đầu của khối đá gây hiện tương sập lở nguy hiểm cho công trình, khi áp lực bơm quá nhỏ thì lượng vữa được bơm ép không xâm nhập vào hết các kẽ nứt của khối đá do đó mức độ cải thiện chất lượng khối đá tăng không đáng kể, từ đó ta thấy công tác điều chỉnh áp lực bơm có ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả phương pháp.
- Chiều rộng vùng gia cố bằng vữa gia cường phải đảm bảo độ bền cho khối đá không bị sụp lở tức thời khi tiến hành đào gương hoặc bán kính vùng gia cường phải đảm bảo không để nước ngầm gây phá hủy khối đá gia cường hay thấm qua vào gương hầm.
- Không xác định được bán kính vùng gia cường nên không đánh giá được hiệu quả của phương pháp.
- Chưa kiểm tra, đánh giá lại hiệu quả cải thiện đặc tính cơ lý của khối đá.

Phương pháp bơm ép vữa xi măng được sử dụng rất hiệu quả tại nhiều công trình ngầm và mỏ khi thi công qua vùng địa chất yếu trong khối đá nứt nẻ mạnh, giải pháp nhằm cải thiện, tăng độ bền cơ lý khối đá, tăng khả năng chống thấm, ngăn cản khả năng phá hủy từ nước ngầm ... tuy nhiên cũng có nhiều những khó khăn trong việc áp dụng và ảnh hưởng đến hiệu quả của phương pháp.

Qua quá trình nghiên cứu lý thuyết kết hợp với kết quả khảo sát tại hiện trường từ các dự án sử dụng phương pháp bơm ép vữa xi măng như tại: Hầm đường sắt Vàng Danh – Cảng Điền Công, Quảng Ninh; Hầm dẫn nước công trình thủy điện Đak Mi 4, Quảng Nam; Đường lò XVVTBT số 1 mức -40 Công ty than Nam Mẫu; Lò dọc vỉa than -89 Đông vỉa 6 Đông, Công ty than Mạo Khê; Lò Đề Pô cứu hóa, mức -250 khu Trung tâm, công ty than Mông Dương..., nhóm tác giả tổng hợp những nguyên nhân làm giảm hiệu quả của phương pháp như sau:

2.2. Trình tự các bước thi công

Trước khi bơm ép vữa xi măng gia cường khối đá, cần tiến hành công tác khoan thăm dò địa chất thủy văn, địa chất công trình có chiều dài lớn để lấy mẫu nghiên cứu điều kiện cấu trúc của khối đá, trình tự các bước chính như sau:

- Khoan các lỗ khoan bơm ép.

Tùy thuộc vào hiện trạng khối đá yếu, phức tạp có khả năng gây sạt trượt vào công trình, giải pháp bơm ép vữa xi măng có các phương pháp khoan tạo lỗ khoan bơm ép tại gương đào hay từ trên mặt đất.

- Thổi rửa lỗ khoan.

Sau khi khoan xong tiến hành thổi rửa lỗ khoan bằng nước, đảm bảo lỗ khoan và các khe nứt, lỗ rỗng sạch mùn khoan tạo điều kiện cho vữa xi măng xâm nhập được vào trong các kẽ nứt, các lỗ rỗng trong khối đá. Công tác bơm được tiến hành cho tới khi nước trào lên miệng lỗ khoan là nước không còn lẫn mạt đá.

- Ép nước thí nghiệm trước khi bơm ép

Các lỗ khoan bơm ép vữa xi măng sau khi khoan xong đảm bảo về chiều dài, hướng cắm theo thiết kế, tiến hành thổi rửa sạch lỗ khoan sau đó lắp đặt tam pôn, ép nước thí nghiệm để kiểm tra độ chặt của tam pôn và xác định lượng hấp thụ nước đơn vị làm cơ sở cho việc điều chỉnh nồng độ vữa cần bơm ép. Dựa vào kết quả bơm ép nước để lựa chọn tỷ lệ, nồng độ của vữa bơm ép cho phù hợp.

- Bơm ép vữa xi măng

Xây dựng và lắp đặt hệ thống bơm ép như tường phản áp, máy khuấy, máy trộn, máy ép nước. Công tác bơm ép vữa xi măng chỉ được thực hiện sau khi hoàn thiện công tác khoan, lắp đặt hệ thống ống lồng, tam pôn. Sau khi bơm ép xong, khối đá được gia cường thì công tác khai đào công trình ngầm và mỏ được tiến hành như thông thường.

3. Xác định các tham số kỹ thuật nâng cao hiệu quả phương pháp bơm ép vữa xi măng thi công giếng đứng qua khối đá nứt nẻ

Qua quá trình nghiên cứu lý thuyết kết hợp với kết quả khảo sát tại hiện trường, để nâng cao hiệu quả sử dụng phương pháp bơm ép vữa xi măng khi thi công giếng đứng qua khối nứt nẻ, nhóm nghiên cứu đề xuất một số các giải pháp sau:

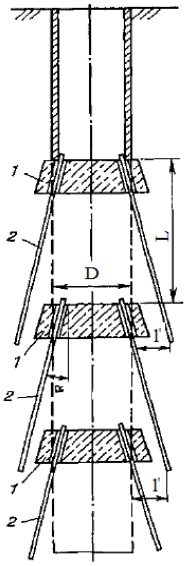
(1) Xác định điều kiện áp dụng mang lại hiệu quả của phương pháp

Công tác khảo sát địa chất, đánh giá điều kiện cấu trúc khối đá như, các thông số của hệ khe nứt (mật độ, chiều rộng, độ nhám bề mặt khe nứt). Lưu lượng, tính thấm nước ngầm. Điều kiện áp dụng phương pháp có hiệu quả, (Картозия và nnk (2001)): Khối đá nứt nẻ, có các phay phá địa chất, khối đá không phải các loại sét, kết; Độ mở khe nứt ≥ 0,5mm; Hệ số thấm ($1,16.10^{-4} \div 5,8.10^{-3}$)m/s; Nước ngầm có độ PH > 4, có hàm lượng SO_4^{2-}<2,7g/l; Cl^{-1}<3,5g/l.

(2) Thiết kế sơ đồ, hệ thống lỗ khoan bơm ép

Khi thi công giếng đứng trong điều kiện địa chất phức tạp, khối đá phân lớp nứt nẻ, nước chảy vào giếng nhiều, không thể sử dụng phương pháp thi công thông thường. Để đảm bảo tính kinh tế, an toàn trong quá trình thi công và bảo vệ vỏ chống giếng ổn định, phương pháp bơm ép vữa xi măng. Sơ đồ lỗ khoan bơm ép, theo vị trí các lỗ khoan bơm ép chia ra thành sơ đồ lỗ khoan bơm ép từ trên mặt đất và sơ đồ lỗ khoan bơm ép từ mặt gương đào, theo Картозия và nnk (2001). Sơ đồ bố trí lỗ khoan bơm ép từ trên mặt đất chỉ áp dụng khi thi công giếng qua khối đá có hệ khe nứt dày và vị trí hệ khe nứt ở độ sâu không lớn.

Sơ đồ lỗ khoan bơm ép từ mặt gương đào, áp dụng đối với giếng khi thi công gặp khối đá yếu phân lớp, nứt nẻ, nước ngầm, vị trí ở độ sâu lớn so với mặt đất. Tại gương giếng xây dựng tường chắn phản áp, tại đó khoan các lỗ khoan bơm ép như hình 1.



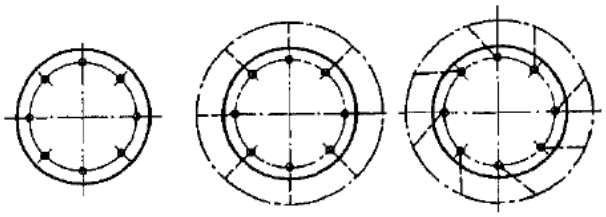
Hình 1. Sơ đồ bố trí các lỗ khoan bơm ép từ gương đào của giếng đứng
1-tường chắn phản áp; 2-lỗ khoan bơm ép, Картозия và nnk (2001)

Các thông số kỹ thuật bao gồm:

- Công tác khoan tạo lỗ, các kết quả công tác đánh giá, khảo sát điều kiện địa chất công trình, địa chất thủy văn là cơ sở cho việc thiết kế sơ đồ, hệ thống các lỗ khoan, sau đó tiến hành thổi rửa lỗ khoan và lắp đặt thiết bị tiến hành bơm ép. Tùy thuộc vào đặc tính hệ khe nứt, mức độ nứt nẻ, góc dốc, đường phương khe nứt, các lỗ khoan có các sơ đồ bố trí lỗ khoan khác nhau, các lỗ khoan được khoan dọc theo trục dọc của giếng (hình 2a), khoan tạo một góc nghiêng so với trục dọc của giếng (hình 2, b) hay khoan tạo một góc nghiêng so với phương tiếp tuyến (hình 2, c). Sơ đồ, hệ thống các lỗ khoan bơm ép phụ thuộc vào điều kiện địa chất, địa chất thủy văn và trang thiết bị thi công. Thông thường góc nghiêng tạo bởi lỗ khoan và trục dọc của giếng là α = 7°÷10° và khoảng cách từ đáy lỗ khoan đến đường biên giếng l' ≈ 1,5m.
- Số lỗ khoan được xác định theo công thức: $N_T = \pi D_T/l_T$,

trong đó D_T là đường kính vòng tròn bố trí các lỗ khoan bơm ép; l_T là khoảng cách giữa các lỗ khoan.

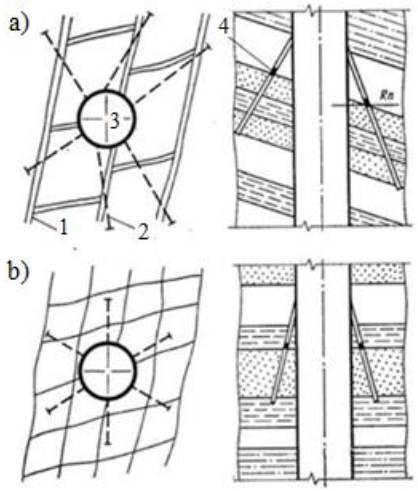
Trong thực tế khoảng cách giữa các lỗ khoan thẳng đứng được lấy trong khoảng 1,5÷2m, các lỗ khoan nghiêng với trục dọc của giếng có khoảng cách giữa miệng các lỗ khoan được lấy trong khoảng 0,8÷1,5m.



a) b) c)

Hình 2. Các sơ đồ bố trí lỗ khoan bơm ép trên gương, Картозия và nnk (2001)

- Chiều sâu các lỗ khoan bơm ép phụ thuộc vào đặc tính, mức độ nứt nẻ của khối đá, chiều dày lớp đá chứa nước ngầm nếu có; thiết bị khoan, chiều sâu lỗ khoan được lấy trong khoảng L=10÷50m. Đường kính lỗ khoan phụ thuộc chiều sâu khoan và thiết bị máy khoan, thông thường từ 40÷100mm, để tăng tốc độ bơm ép và giảm tổn thất thì ta lựa chọn lỗ khoan có đường kính nhỏ. Sơ đồ bố trí lỗ khoan bơm ép khi thi công giếng đứng qua khối đá phân lớp, nứt nẻ được thể hiện trên hình 3.



Hình 3. Sơ đồ bố trí lỗ khoan bơm ép khi thi công giếng đứng qua khối đá phân lớp, nứt nẻ
a) khối đá phân lớp có một vài khe nứt chính; b) khối đá phân lớp có hệ khe nứt
1- hệ khe nứt; 2 - lỗ khoan bơm ép; 3 - giếng đứng; 4 - van điều áp. Картозия và nnk (2001)

(3) Xác định và điều chỉnh áp lực bơm ép hợp lý

Công tác bơm ép nước thí nghiệm

Công tác bơm ép nước thí nghiệm được tiến hành trước khi bơm ép vữa xi măng, làm cơ sở đánh giá, xác định tính thấm, mức độ xâm nhập của nước ngầm để thiết kế cấp phối vữa xi măng và là cơ sở để xác định áp lực bơm ép vữa.

Công tác bơm ép nước thí nghiệm được thực hiện với các giá trị áp lực tăng dần khác nhau, để xác định áp lực dẫn đến khả năng gây phá hủy cấu trúc hệ khe nứt trong khối đá, thể hiện dưới dạng tăng đột ngột lưu lượng nước hay giảm đột ngột áp lực.

(4) Điều chỉnh áp lực bơm ép

Giá trị áp lực bơm ép lớn nhất không vượt quá giá trị gây phá hủy cấu trúc hệ khe nứt trong khối đá.

Giá trị áp lực bơm ép có thể được chia làm ba giai đoạn: giai đoạn đầu; giai đoạn giữa và giai đoạn cuối. Áp lực bơm ép được tăng dần, tránh có những thay đổi lớn cho tới khi đặt giá trị áp lực cuối cùng giữ ổn đinh trong một khoảng thời gian 10÷20 phút.

(5) Thiết kế cấp phối vữa xi măng bơm ép

Thành phần vữa xi măng được biểu thị bằng tỷ lệ nước: xi măng (N/X). Thành phần vữa xi măng có thể xác định sơ bộ căn cứ vào lượng mất nước đơn vị q quy định trong bảng 1, căn cứ vào kết quả phụt thử nghiệm xác định tỷ lệ N/X.

Bảng 1. Quan hệ giữa tỷ lệ N/X với lượng mất nước đơn vị q

q, l/(min.m^2)	Dưới 0,1	Từ 0,1 ÷ 0,5	Từ 0,5 ÷ 1,0	Từ 1,0 ÷ 2,0	Từ 2,0 ÷ 4,0	Trên 4,0
N/X	10/1	Từ 8/1 ÷ 5/1	Từ 5/1 ÷ 3/1	Từ 3/1 ÷ 2/1	1/1	Dưới 0,8/1

Để tăng hiệu quả của phương pháp, thành phần cấp phối vữa bơm ép được sử dụng thêm các loại phụ gia siêu dẻo Polycarboxylate, phụ gia giãn nở Sika, phụ gia siêu mịn hoạt tính... nhằm cải thiện đặc tính dung dịch vữa bơm ép phù hợp với từng điều kiện áp dụng.

(6) Xác định bán kính, chiều rộng vùng gia cường cần thiết

Điều kiện ổn định: Cần xác định bán kính vùng gia cường cần thiết để đảm bảo khối đá sau khi được gia cường không bị phá hủy bởi áp lực nước ngầm, thỏa mãn biểu thức, theo Камбефор và nnk (1971):

$$F_{ms} \geq P_n \quad (1)$$

trong đó: F_{ms} - cường độ lực ma sát giữa bề mặt thành khe nứt và vữa bê tông sau khi ninh kết, đóng rắn; P_n - áp lực nước ngầm.

Áp lực nước ngầm P_n, (Pa) được xác định theo công thức

$$P_n = k_v.k_1.q_n.S_q \quad \text{(Pa)} \quad (2)$$

trong đó: k_v - hệ số tính tới sự thay đổi áp lực nước theo thời gian;

k_1 - hệ số thay đổi tiết diện ngang của khe nứt trong không gian;

q_n - áp lực nước ngầm trên một đơn vị tiết diện khe nứt;

S_q - diện tích ngang của khe nứt được quy đổi

$$S_q = \frac{\pi.d^2}{4} \ (\text{m}^2) \quad (3)$$

d - chiều rộng khe nứt được qui đổi thành đường kính tương đương, thay (3) vào (2) ta có:

$$P_n = k_v.k_1.q_n.\frac{\pi.d^2}{4} \quad \text{(Pa)} \quad (4)$$

Cường độ lực ma sát do vữa xi măng liên kết với thành khe nứt phụ thuộc độ nhám mặt khe nứt, chất lượng vữa bê tông ninh kết, đóng rắn và được xác định theo công thức:

$$F_{ms} = k_2.\pi.d.\tau.b \ (\text{N/m}^2) \quad (5)$$

trong đó: k_2 - hệ số tính đến sự thay đổi độ bền liên kết và điều kiện liên kết của bê tông với với thành khe nứt ($k_2 < 1$).

τ – cường độ bám dính của bê tông với bề mặt khe nứt, (N/m^2). Theo điều kiện ổn định (1) ta có:

$$k_2.\pi.d.\tau.b \geq k_v.k_1.q_n.\frac{\pi.d^2}{4} \quad (6)$$

b - chiều rộng vùng được gia cố, (m)

Từ đó ta có thể xác định kích thước bán kính gia cường xung quanh lỗ khoan bơm ép:

$$b \geq \frac{k_v.k_1.q_n.d}{4.k_2.\tau} \quad \text{(m)} \quad (7)$$

(7) Kiểm tra, đánh giá hiệu quả sử dụng của phương pháp

Sau khi kết thúc công việc bơm ép vữa xi măng, tối thiểu 7 ngày cần tiến hành khoan lỗ khoan kiểm tra. Máy khoan dùng để khoan là loại dùng để khoan lỗ khoan bơm ép. Rửa sạch lỗ khoan, đo mực nước ổn định, đặt nút, bơm ép nước, đo chế độ hấp thụ nước. Kiểm tra độ hấp thụ nước đơn vị. Các lỗ khoan kiểm tra xong được lấp lại ngay bằng vữa xi măng. Để kiểm tra tình trạng ổn định của khu vực đất đá công trình thi công qua, tiến hành khoan thăm dò lấy mẫu để xác định chất lượng khối đá sau khi bơm ép gia cố khối đá vừa thực hiện. Các mẫu lõi khoan được đánh giá chất lượng khối đá theo chỉ tiêu RQD, nếu RQD > 40% thì coi đạt yêu cầu.

4. Kết luận

Phương pháp bơm ép vữa xi măng áp dụng trong công tác thi công giếng đứng với mục đích cải thiện độ bền cơ lý khối đá và khả năng chống thấm để đảm bảo an toàn trong quá trình thi công, nâng cao độ bền, ổn định lâu dài cho công trình. Từ kết quả nghiên cứu cho thấy, để nâng cao hiệu quả sử dụng phương pháp bơm ép vữa xi măng cần đặc biệt chú trọng:

- Công tác khảo sát địa chất, đánh giá điều kiện cấu trúc khối đá như, các thông số của hệ khe nứt như mật độ, chiều rộng, độ nhám bề mặt khe nứt, lưu lượng nước ngầm, tính thấm nước ngầm đây là cơ sở và tham số đầu vào cho việc tính toán lựa chọn các tham số trong thiết kế khoan phụt ép vữa.
- Tính toán, lựa chọn các tham số chính bao gồm: Thiết kế sơ đồ, hệ thống lỗ khoan bơm ép; Xác định và điều chỉnh áp lực bơm ép; Thiết kế cấp phối vữa xi măng bơm ép; Xác định bán kính, chiều rộng vùng gia cường; Kiểm tra, đánh giá hiệu quả sau khi khoan ép vữa.

Tài liệu tham khảo

Võ Trọng Hùng, 2012. Thi công giếng đứng. *Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và Công nghệ*.

Nguyễn Xuân Mãn, 1998. Xây dựng công trình ngầm trong các điều kiện đặc biệt. Bài giảng cao học ngành xây dựng công trình ngầm, mỏ và công trình đặc biệt. *Trường Đại học Mỏ-Địa chất, Hà Nội*.

A. Cambefort, 1971. Soil injection. – M.: *Energy*.

B.A. Kartozia, B.I. Fedunets, M.I. Shuplik, Yu.N. Malyshev, V.I. Smirnov, V.G. Lerner, Yu.P. Rachmaninov, A.V. Korchak, B.A. Filimonov, V.I. Rezunenko, A.M. Levitsky, 2001. Mine and underground construction, Volume 1, *Publishing House of the Academy of Mining Sciences*, Moscow.

Greenslade, W. M. and Condrat, G. W, 1979. Depressurization of a Multi-layered Artesian System for Water and Grout Control During Deep Mine-Shaft Development. *Journal of Hydrology*, 43, p. 517-536.

ABSTRACT

Improve the efficiency of the cement grout injection method when constructing vertical shaft s through weak, layered rock masses

Do Ngoc Thai[1], Nguyen Van Quang[2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*University of Transport Technology*

With the need to expand production and increase output in the coal and mineral mining industry, more basic tunnels and vertical shafts are being constructed in increasingly complex geological conditions. Constructing vertical shafts in areas with weak rock masses and layered cracks containing underground water reduces construction speed and increases costs. The cement grout injection method is a solution to improve the physical and mechanical properties of the rock mass. By pumping cement mortar into the crack system, it bonds and fills the cracks, creating a solid rock mass with good mechanical strength and preventing intrusion and damage from underground water. This article examines ways to improve the efficiency of the cement grout injection method when constructing vertical shafts in weak, layered, and cracked rock conditions.

Keywords: vertical shafts; cement grout injection; grout injection parameters; reinforcement radius

Áp dụng phương pháp tương quan hình ảnh (DIC) trong nghiên cứu ứng xử uốn của dầm bê tông

Phạm Đức Thọ[1,*]
[1]*Nhóm nghiên cứu "Địa kỹ thuật, vật liệu và phát triển bền vững" – GCMS, Trường Đại học Mỏ -Địa chất*

TÓM TẮT

Phương pháp phân tích hình ảnh (Digital Image Correlation, DIC) được biết đến từ những năm 80 của thế kỷ trước và hiện đang được sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu về cơ học vật rắn. DIC là một phương pháp đo không tiếp xúc, được sử dụng trong xử lý ảnh và phân tích hình ảnh để so sánh và tìm ra sự tương đồng giữa hai hình ảnh hoặc các vùng trong một hình ảnh, từ đó cho phép xác định chuyển vị, biến dạng và độ mở rộng vết nứt. Mục đích của nghiên cứu này là xác định ứng xử của dầm bê tông nứt mồi có kích thước 100x100x400 mm chịu uốn bốn điểm theo chiều sâu khe nứt mồi. Áp dụng dụng kỹ thuật Tương quan hình ảnh được áp dụng trên bề mặt của dầm bê tông để xác định quan hệ lực – độ võng và lực – độ mở rộng vết nứt.

Từ khóa: dầm nứt mồi; thí nghiệm uốn dầm bốn điểm; phương pháp tương quan hình ảnh

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, trên thế giới việc nghiên cứu áp dụng các thiết bị công nghệ cao để đo đạc, quan trắc chuyển vị và biến dạng của cấu kiện bê tông là xu hướng mới đang rất được quan tâm nghiên cứu, đặc biệt trong công tác quan trắc, dự báo sự phát triển vết nứt bê tông và đánh giá tính ổn định của công trình xây dựng. Trên thực tế, sự phát triển vết nứt của bê tông có mối liên hệ chặt chẽ với sự biến đổi vi cấu trúc của loại vật liệu này và cần được phân tích ở nhiều cấp độ. Các thiết bị đo đạc truyền thống phổ biến hiện nay như ten sơ mét (tensometer) hay LVDT (Linear Variable Differential Transformer) chỉ cho phép đo các giá trị tại bề mặt mà không theo dõi trực quan được các vi vết nứt, vùng phá hủy cục bộ và các vùng phân bố ứng suất (kéo, nén, trượt…) của cấu kiện bê tông cũng như không đo được sự phát triển của vết nứt theo thời gian. Ngoài ra, khi nhiệt độ quá cao (hoặc quá thấp) các thiết bị các thiết bị truyền thống cho kết quả không chính xác, với các cấu kiện bê tông có hình dạng phức tạp thì việc lắp đặt là hết sức khó khăn.

Công nghệ phân tích hình ảnh được biết đến từ những năm 80 của thế kỷ trước và được sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu về cơ hoc vật rắn trong việc xác định mô đun đàn hồi, hệ số Poisson trong thí nghiệm ép chẻ Brazil (François HILD et al., 2008). Tuy nhiên gần đây việc nghiên cứu áp dụng công nghệ này trong lĩnh vực xây dựng mới được giới khoa học dành nhiều sự quan tâm, đặc biệt là áp dụng trong việc nghiên cứu nứt của vật liệu, phá hủy của dầm thép khi chịu tải trọng động hay do động đất gây ra, xác định các thông số liên quan đến sự phá hủy của vật liệu Réthoré et al., 2007. Trong đó, công nghệ phân tích hình ảnh DIC là công nghệ rất phù hợp phục vụ cho các nghiên cứu về theo dõi biến dạng và chuyển vị cũng như sự phát triển của vết nứt của bê tông. Dữ liệu đo được từ phương pháp này sẽ làm cơ sở cho việc xây dựng mô hình dự báo tính ổn định của cấu kiện bê tông.

2. Nguyên lý cơ bản của phương pháp DIC

Công nghệ này được thực hiện dựa trên việc bố trí một hay nhiều máy ảnh có độ phân giải cao để chụp một chuỗi liên tục các hình ảnh của cấu kiện bê tông khi chịu tải trọng (**Error! Reference source not found.**). Chuỗi hình ảnh này sẽ được xử lý bằng các thuật toán về tối ưu hóa tương quan hình ảnh trong phần mềm chuyên dụng UFreckles để từ đó xác định được chuyển vị, biến dạng và sự phát triển của các khe nứt bê tông.

Trường chuyển vị được xác định dựa trên việc phân tích hình ảnh của 2 thời điểm. Chuyển vị tại 1 điểm tương ứng với giá trị chuyển vị trung bình của 1 phần tử có kích thước M x N pixel (Hình). Việc xác định trường chuyển vị được thực hiện theo 3 bước:

1. Định nghĩa miền nghiên cứu, không cần thiết phải là toàn bộ hình ảnh;

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamductho@humg.edu.vn

2. Chia miền nghiên cứu thành các phần tử có kích thước M x N pixel;

3. Tìm lại vị trí của các phần tử của hình ảnh khi biến dạng giống nhất với mỗi phần tử tương ứng của hình ảnh ban đầu. Kỹ thuật này được gọi là kỹ thuật tối ưu hóa tương quan hình ảnh.

Thuật toán tối ưu hóa tương quan hình ảnh được phát triển bởi Réthoré et al., 2007. Việc tính toán tối ưu hóa tương quan hình ảnh được thực hiện trên tập hợp pixel giữa hình ảnh ban đầu và hình ảnh biến dạng. Thuật toán này được trình bày chi tiết sau đây:

Cho f(x,y) và f*(x*,y*) là những hàm rời rạc miêu tả hình ảnh ban đầu (thời điểm t_0) có kích thước M x N pixel và hình ảnh sau (thời điểm t_1). (x,y) và (x*,y*) là tọa độ của tâm của hình ảnh ban đầu và biến dạng. Trường chuyển vị u, v của hình ảnh ban dầu thỏa mãn mối quan hệ sau:

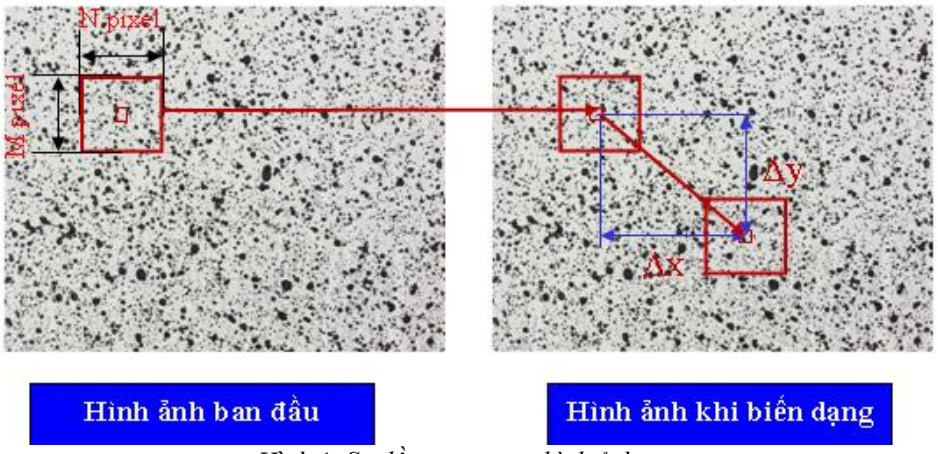
$$f^*(x^* + y^*) - f(x + u(x,y), y + v(x,y)) = 0 \quad (1)$$

Phương trình (1) được giải gần đúng bằng cách tối thiểu hóa phương trình giảm yếu:

$$\eta^2 = \int\int_\Omega \Phi^2 dxdy \quad (2)$$

Ở đây, $\Phi^2 = \left[f^*(x^* + y^*) - f(x + u(x,y), y + v(x,y)) \right]^2$

Để xác định gần đúng trường chuyển vị, ta có thể sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để xử lý các dữ liệu cung cấp bởi sự tương quan hình ảnh, chính vì thế mà miền nghiên cứu phải được rời rạc thành các phần tử lưới.



Hình 1. Sơ đồ tương quan hình ảnh

3. Ứng dụng công nghệ DIC trong thí nghiệm từ biến của uốn dầm 4 điểm

3.1. Thực nghiệm chế tạo dầm bê tông

Thành phần cấp phối của bê tông được thiết kế theo tiêu chuẩn ACI211.1-91 và được trình bày trong Bảng 1. Hỗn hợp bê tông sử dụng sợi thép đầu có móc có chiều dài 30mm và đường kính 0,38mm (Dramix 3D80 [30/0.38].

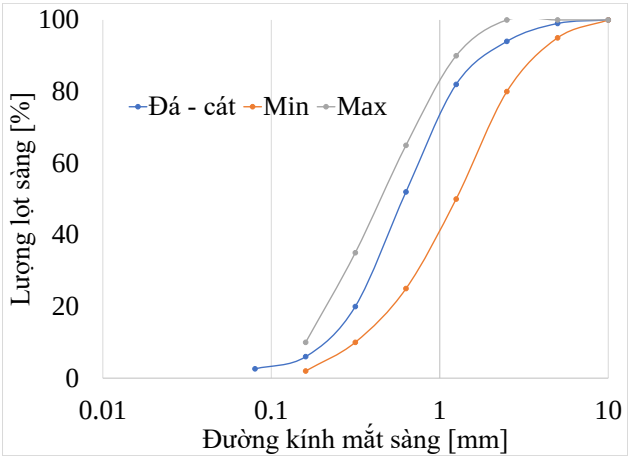
Bảng 1. Thành phần cấp phối của bê tông

Loại bê tông	Xi măng (kg)	Cát (kg)	Cốt liệu lớn (kg)	Nước (kg)	N/X	Sợi thép (kg)
C50	530	750	720	265	0.5	80

Sự phân bố cỡ hạt của cốt liệu và cát được sử dụng cho hỗn hợp bê tông được thể hiện trong Hình 2. Xi măng sử dụng là loại hỗn hợp chứa 10% silica fume. Các mẫu bê tông được tháo khuôn sau 24 giờ và được bảo dưỡng trong nước 28 ngày trước khi làm thí nghiệm. Thí nghiệm cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi được tiến hành trên mẫu hình trụ có đường kính 100mm và chiều cao 200mm, theo tiêu chuẩn ASTM. Bảng 2 trình bày một số đặc trưng cơ học của vật liệu ở 28 ngày, bao gồm giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của mô đun Young E và cường độ nén fc.

Bảng 2. Tính chất cơ học của bê tông

Cấp bê tông	Mô đun đàn hồi E [GPa]	Cường độ chịu nén f_c [MPa]
C50	34.2±2.0	46.5±1.0



Hình 2. Đường cong cấp phối của cốt liệu

3.2. Ứng dụng công nghệ DIC trong thí nghiệm từ biến của uốn dầm 4 điểm

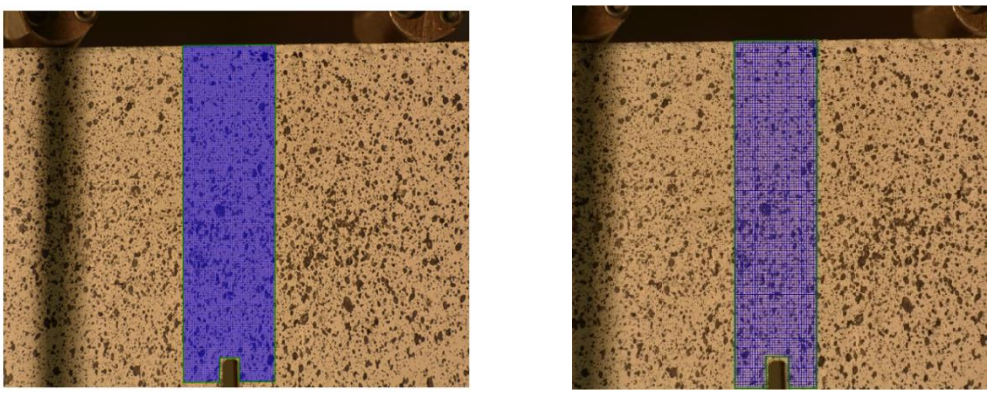
Trong thí nghiệm này, dầm nứt mồi chịu uốn 4 điểm, dưới tác dụng của tải trọng không đổi. Dầm được chịu tải trọng đến khi phá hoại hoàn toàn, quá trình gia tải được kiểm soát bởi chuyển vị. Độ mở rộng của vết nứt của khe nứt mồi và độ võng tại giữa dầm được đo theo thời gian và theo tải trọng tác dụng. Hệ thống dùng để đo được trình bày như trong Hình 2a. Máy ảnh Nikon 1100D được bố trí để chụp liên tục bề mặt của dầm bê tông (Hình 2b), cứ mỗi 20 phút hình ảnh được lưu lại để xử lý đo chuyển vị.



a) *b)*

Hình 3. a) Các thiết bị dùng để đo chuyển bằng DIC; b) Dầm chịu uốn 4 điểm

Các hình ảnh thu được được xử lý trong phần mềm Ufreckles. Việc chia lưới chỉ thực hiện ở giữa dầm để giảm thời gian tính toán. Hai kích thước của lưới được sử dụng là L = 16 pixel (Hình 1a) và L = 24 pixel (Hình 1b). Chuyển vị cũng được biểu diễn bằng pixel, sau đó quy đổi pixel bằng đơn vị đo dài tương đương. Độ mở rộng của vết nứt được xác định bằng chuyển vị tương đối của 2 điểm bên phải và trái của vết nứt mồi.



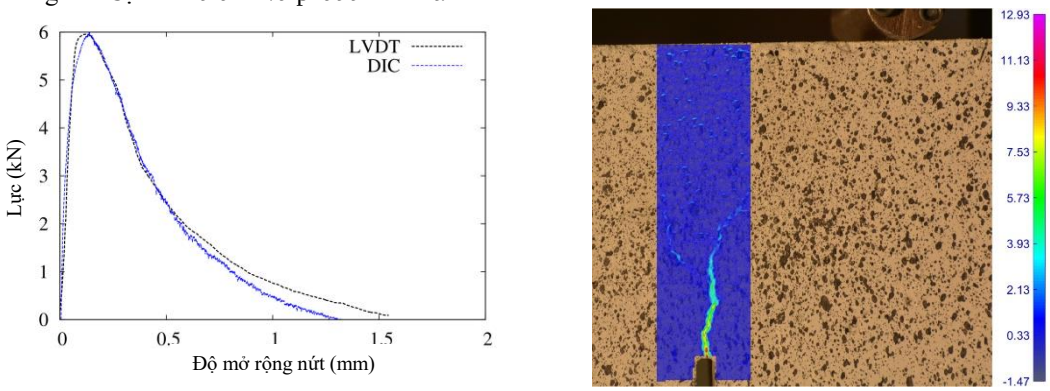
a) *b)*

Hình 1. Chia lưới miền nghiên cứu; a) L = 16 pixel; b) L = 24 pixel

Độ mở rộng vết nứt và độ võng ở giữa dầm theo thời gian được thể hiện trong **Error! Reference source not found.**a và **Error! Reference source not found.**b. Có thể nhận thấy độ mở rông vết nứt và độ võng tăng nhanh trong thời gian 4 ngày đầu, sau đó tốc độ tăng không đổi. Hiện tượng này có thể giải thích do sự phân bố lại ứng suất sau khi chất tải trọng lên dầm. Kết quả so sánh ảnh hưởng của chiều dài phần tử cũng cho thấy ảnh hưởng của chiều dài có thể bỏ qua.

4. Kết quả và thảo luận

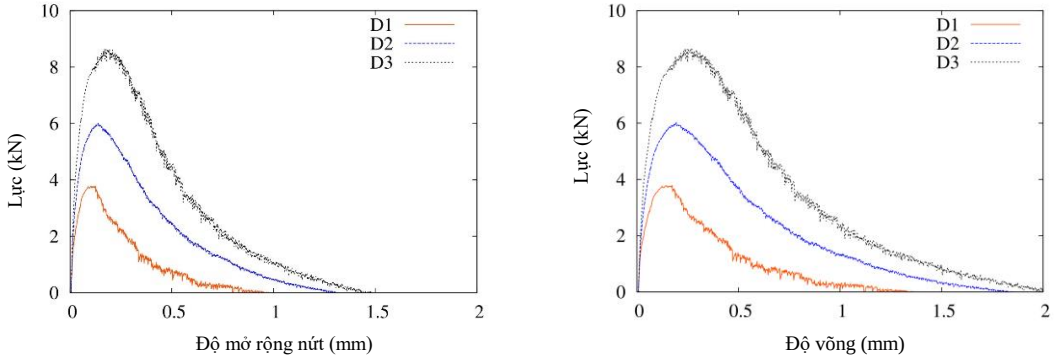
Biểu đồ quan hệ giữa tải trọng và độ mở rộng vết nứt của các mẫu dầm bê tông thí nghiệm xác định theo hai phương pháp đo được trình bày ở Hình 4a. Kết quả đo cho thấy số liệu đo chuyển vị bằng phương pháp DIC và bằng dụng cụ đo LVDT có sự tương đồng và đều phản ánh được cái giai đoạn làm việc chính của dầm dưới tác dụng của tải trọng tăng dần đến khi phá hoại. Có sự sai lệch kết quả đo trong giai đoạn phá hủy, tuy nhiên kết quả sai lệch không đáng kể, khoảng 5% Hình 4b thể hiện trường chuyển vị đo được bằng DIC, phương pháp này ngoài đo mở rộng nứt, độ võng còn có thể cho phép xác định chính xác vị trí vết nứt cũng như sự hình thành và phát triển nứt.



a) *b)*

Hình 2. a) Lực – độ mở rộng vết nứt; b) Trường chuyển vị

Hình 5 thể hiện ứng xử của dầm chịu uốn cho các trường hợp chiều sâu nứt mồi 3cm (dầm D3), 5cm (đâm D2) và 7cm (dầm D1). Khi chiều sâu nứt mồi tăng từ 3 đến 7cm thì lực giảm từ 8.5 kN đến 3.8kN. Kết quả cho thấy chiều sâu vết nứt mồi có ảnh hưởng lớn đến ứng xử Lực – độ võng và Lực- độ mở rộng nứt. Nhìn chung phương pháp DIC cho phép đo khá tốt độ võng và độ mở rộng nứt.



a) *b)*

Hình 3. a) Lực – độ mở rộng vết nứt; b) Lực – độ võng

4. Kết luận

Nội dung bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm sử dụng phương pháp tương quan hình ảnh DIC để xác định ứng xử của dầm bê tông nứt mồi chịu uốn 4 điểm . Ứng xử chịu uốn thông qua mối quan hệ Lực – độ mở rộng vết nứt của của phương pháp này này được so sánh vớt kết quả đo được bằng dụng cụ đo LVDT. Từ các kếtquả thu được, có thể rút ra một số những kết luận chính sau:

- Phương pháp tương quan hình ảnh DIC có thể đo chính xác độ võng và độ mở rộng vết nứt của dầm bê tông chịu uốn 4 điểm, chênh lệch kết quả đo độ mở rộng vết nứt bằng LVDT và bằng phương pháp DIC không đáng kể và nhỏ hơn 5% ở giai đoạn phá hủy.
- Phương pháp tương quan hình ảnh DIC cho phép quan sát sự hình thành và phát triển nứt và các vi vết

nứt phát triển quanh vết nứt lớn, điều này do sự không đồng nhất trong bê tông và giúp giải thích sự gia tăng tính thấm. Kết quả nghiên cứu này cho phép áp dụng Phương pháp DIC trong điều kiện phức tạp (nhiệt độ, độ ẩm cao) mà các thiết bị truyền thống ko thể đo được.

Tài liệu tham khảo

François HILD, Nicolas MALESYS, Julien RETHORE, Stéphane ROUX. Application de la corrélation d'images : identification de paramètres élastiques, 2007. *ENS*. Paris-Saclay - éduscol STI.

Réthoré, J., Hild, F., Roux, S. Shear-band capturing using a multiscale extended digital image correlation technique. *Comput. Methods Appl. Mech. Eng*, 2007. 196, 5016–5030.

Réthoré, J., Roux, S., Hild, F., 2007. From pictures to extended finite elements: extended digital image correlation (X-DIC). *Comptes Rendus Mécanique* 335, 131–137.

ABSTRACT

Application of Digital Image Correlation (DIC) in studying the bending behavior of concrete beams

Pham Duc Tho[1]

[1]*Geotechnical engineering, Construction Materials and Sustainability Research Group, Hanoi University of Mining and Geology, VietNam*

Image analysis techniques have been known since the 1980s and are now widely used in solid mechanics research. Digital Image Correlation (DIC) is a non-contact measurement method used in image processing and analysis to compare and identify similarities between two images or regions within an image. This allows the determination of displacement, strain, and crack propagation. The aim of this study is to determine the behavior of pre-cracked concrete beams with dimensions of 100x100x400mm subjected to four-point bending, focusing on the crack depth. The Image Correlation technique is applied to the surface of the concrete beam to establish the force-deflection and force-crack propagation relationships.

Keywords: notched beam; four point bending test; DIC

Nghiên cứu biến dạng thể tích tự sinh của bê tông MgO

Chu Việt Thức[1,*], Nguyễn Văn Chính[1]
[1]*Trường Đại học Điện lực*

TÓM TẮT

Việc ứng dụng sử dụng Magnesium Oxide (MgO) để kiểm soát ứng suất nhiệt cho bê tông đã được sử dụng từ rất lâu và mang lại nhiều hiệu quả. Hiệu suất giãn nở vi mô của bê tông MgO liên quan trực tiếp đến hàm lượng MgO, nhiệt độ, tuổi, loại xi măng, hàm lượng tro bay, chất lượng MgO và các yếu tố khác. Trong các ứng dụng kỹ thuật thực tế, đặc biệt khi các thí nghiệm khoa học được sử dụng để xác định các tính chất khác nhau của bê tông MgO. Mục đích của bài báo này là nghiên cứu biến dạng thể tích tự sinh (Autogenous Volume Deformation - AVD) của bê tông trộn với chất giãn nở MgO được xem xét trong các điều kiện như hàm lượng, nhiệt độ và thời gian lưu hóa của các hàm lượng MgO khác nhau.

Từ khóa: bê tông MgO; biến dạng thể tích tự sinh; bê tông khối lớn; chống co ngót

1. Giới thiệu

Trạng thái ứng suất của đập bê tông không chỉ chịu tác động của lực bên ngoài mà còn phụ thuộc vào biến dạng thể tích bê tông (L. Tanchev, 2014). Biến dạng thể tích tự sinh của bê tông MgO được biết không chỉ liên quan chặt chẽ đến tuổi và hàm lượng MgO mà còn liên quan đến nhiệt độ của chính bê tông (C. M. Li and M. D. Yuan, 2000). Các công thức thực nghiệm mô phỏng quá trình giãn nở của bê tông MgO không thể phản ánh đầy đủ quy tắc biến dạng thể tích tự sinh. Do đó, khi áp dụng MgO vào các dự án cụ thể, cần đề xuất một mô hình toán học phù hợp với từng dự án dựa trên kết quả thực nghiệm. Hiện nay, giãn nở vi mô MgO chủ yếu được sử dụng trong khu vực móng của đập trọng lực, rãnh sâu, móng, đường hầm, bê tông xung quanh, tiếp xúc và phun vữa và toàn bộ thân đập. Hiệu ứng giãn nở do MgO tạo ra đối với hiệu suất của bê tông phụ thuộc vào ảnh hưởng của nó đến cấu trúc vi mô của bê tông. Trước khi tính toán ứng suất nhiệt và kiểm soát nhiệt độ của bê tông trong các dự án thực tế, quá trình giãn nở của bê tông MgO cần được thiết kế tốt và kiểm soát chính xác (F. Guo và nnk, 2013; L. Mo và nn, 2014). Hơn nữa, công nghệ dự đoán nhiệt độ, biến dạng nhiệt và giãn nở của bê tông MgO rất quan trọng và cần được cải thiện. Do đó, việc nghiên cứu quá trình AVD của bê tông MgO cũng rất quan trọng đối với việc xây dựng và thiết kế công trình bê tông khối lớn.

Sau 20 năm nghiên cứu, các lý thuyết toàn diện đã được áp dụng cho nhiều dự án khác nhau (S. H. Liu and K. H. Fang, 2006), cho đến nay, có nhiều mô hình toán học để tính toán độ giãn nở của bê tông MgO mà phương trình cơ bản của quá trình AVD của bê tông chủ yếu phụ thuộc vào tuổi bảo dưỡng, hàm lượng MgO, tro bay và nhiệt độ. Có các mô hình của các tác giả sau: S.Prudil (1977) (S. Prudil, 1977) dựa trên kết quả thực nghiệm sử dụng mô hình parabol để tính biến dạng giãn nở của bê tông MgO ở bất kỳ nhiệt độ nào, tuy nhiên, tác giả không đề cập đến sự thay đổi nhiệt độ theo thời gian trong mô hình này. Cheng-Mu Li đã có mười hai năm thử nghiệm hiệu suất cơ học và biến dạng trên bê tông MgO (C. M. Li and Y. H. Yang. 1999; C. M. Li. An Experimental Study of the Autogenous Volume Deformation of the MgO Concrete, 1999; C. M. Li. Basic Mechanics and Long Term Durability of Concrete Mixed with MgO, 1999; C. M. Li, X. Y. Li, and X. M. Chen, 2009) làm rõ các tính chất cơ học lâu dài của bê tông là ổn định. Sau đó, tác giả đặc biệt nghiên cứu sự thay đổi các tính chất cơ học của bê tông magiê trong một thời gian dài (C. M. Li. Basic Mechanics and Long Term Durability of Concrete Mixed with MgO, 1999). Tác giả tin rằng các tính chất cơ học và tính chất biến dạng của bê tông thông thường không tốt bằng bê tông MgO. Tác giả đã nghiên cứu không chỉ các tính chất của vật liệu mà còn cả ứng dụng của chúng (C. M. Li and M. D. Yuan, 2000; C. M. Li and W. J. Li, 2011). Năm 1990, Cheng-Mu Li cũng đã trình bày công thức thực nghiệm bằng cách sử dụng đập Emei bổ sung 4% MgO có tính đến ảnh hưởng của thời gian (C. M. Li, 1990; L.C.Mu, 1990).

Vì những lý do nêu trên, bài báo này nghiên cứu Biến dạng thể tích tự sinh của bê tông đầm lăn trộn với MgO. Quá trình thí nghiệm trong điều kiện phòng thí nghiệm đã tính đến các yếu tố như hàm lượng MgO, nhiệt độ và tuổi bảo dưỡng. Trong các phần tiếp theo, các phương pháp và kết quả thí nghiệm đầu tiên được

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: thuccv@epu.edu.vn

giới thiệu. Cuối cùng, các kết quả trực quan của quá trình AVD của bê tông MgO sẽ được trình bày.

2. Nghiên cứu thực nghiệm về sự giãn nở của RCC trộn với MgO

2.1. Các phương pháp thực nghiệm

Trong bài báo này, các tác giả tập trung vào thí nghiệm quá trình AVD của bê tông MgO trong các điều kiện hàm lượng MgO, nhiệt độ và thời gian bảo dưỡng khác nhau. Mỗi nhóm thí nghiệm có ba mẫu bê tông có kích thước 150x150x500mm, trong đó vật liệu nở được trộn với hàm lượng MgO lần lượt là 3%, 4% và 5%.

Bảng 1. Cấp phối vật liệu của các mẫu bê tông (kg/m^3)

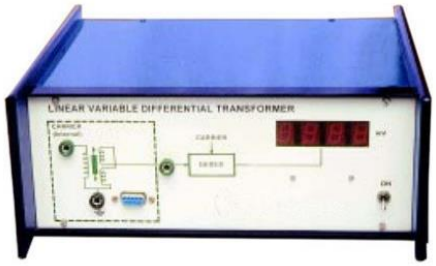
Cường độ BT	Hàm lượng MgO %	Hàm lượng FA %	Nước /Xi	Thành phần cấp phối (kg/m^3)							
				Xi măng	FA	Nước	Cát	Đá			MgO
								40-60 mm	20-40 mm	5-20 mm	
C_{90}15	3	60	0,55	66	99	91	729	425	566	425	4,8
	4	60	0,55	66	99	91	729	425	566	425	6,4
	5	60	0,55	66	99	91	729	425	566	425	7,9

Tất cả các nhóm thí nghiệm được trộn với hàm lượng cố định là 60% tro bay (FA). Mặc dù hàm lượng hiệu dụng của MgO và FA chắc chắn sẽ ảnh hưởng đến quá trình AVD, tuy nhiên, trong bài viết này, tác giả chỉ nhấn mạnh đến biến dạng nở và sự phát triển của quá trình AVD. AVD của bê tông MgO phụ thuộc vào hàm lượng MgO, thời gian bảo dưỡng và nhiệt độ. Do đó, thí nghiệm RCC trộn với MgO đã được thực hiện theo Tiêu chuẩn quốc gia Trung Quốc DL/T5433-2009 (China National Standard DL/T5433-2009, 2009). Tỷ lệ trộn vật liệu của các mẫu thí nghiệm như thể hiện trong Bảng 1 sau đây. Trong đó, loại MgO được sử dụng có thời gian phản ứng là 120 (giây) và hàm lượng MgO hiệu dụng lớn hơn 90%.

2.2. Các điều kiện thử nghiệm

Trong thí nghiệm về quá trình AVD của bê tông MgO, các mẫu bê tông được bảo quản ở 20°C trong 2 ngày đầu sau khi đúc. Và các mẫu được bảo quản trong hộp bảo dưỡng bê tông tiêu chuẩn (CSC) HBY-28B được bảo dưỡng ở 20^{o}C và độ ẩm tương đối trên 95% trong 2 ngày trước khi lấy khuôn ra.

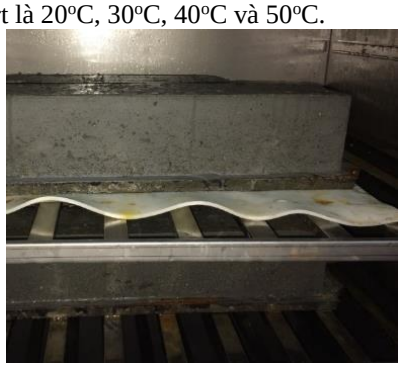




Hình. 1.Máy đo vi sai biến đổi tuyến tính (LVDTs)

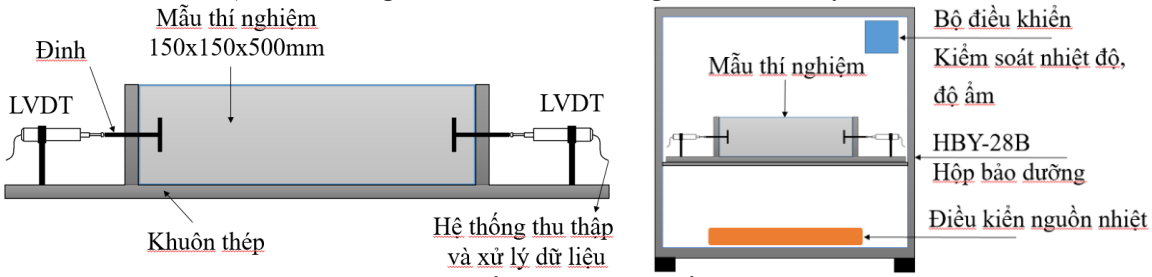
Thiết bị này được sản xuất theo Tiêu chuẩn quốc gia Trung Quốc GB/T50081-2002 (Tiêu chuẩn về phương pháp thử tính chất cơ học trên bê tông thông thường) (China National Standard: GB/T50081-2002, 2002) và buồng bảo dưỡng tiêu chuẩn JG238-2008 cho bê tông (China National Standard JG238-2008, 2008). Công cụ thử nghiệm này có bộ điều khiển kỹ thuật số thông minh để kiểm soát nhiệt độ và độ ẩm trong điều kiện tiêu chuẩn. Trong thời gian này, các mẫu bê tông có thể co lại, tuy nhiên bê tông vẫn tương đối mềm và có thể điều chỉnh được, do đó lượng biến dạng co ngót sẽ rất thấp. Sau khi lấy khuôn ra, các mẫu sẽ được thử nghiệm thêm trong 207 ngày với HBY-28B và trong điều kiện phòng thí nghiệm. Mỗi nhóm thử nghiệm được thử nghiệm ở nhiệt độ lần lượt là 20^{o}C, 30^{o}C, 40^{o}C và 50^{o}C.





Hình. 2.Bảo dưỡng bê tông

Trong suốt 207 ngày của thí nghiệm này, chiều dài của các mẫu bê tông MgO sau khi giãn nở sẽ được đo chính xác thông qua hai Máy biến áp vi sai biến thiên tuyến tính (Linear Variable Differential Transformers - LVDTs). Sơ đồ thử nghiệm được thể hiện trong Hình 3 dưới đây.



Hình. 3. Sơ đồ thí nghiệm đo biến dạng

Theo Tiêu chuẩn DL/T5296-2013 (China National Standard DL/T5296-2013, 2013), đối với biến dạng giãn nở tuyến tính nhỏ trong không gian ba chiều của vật liệu đẳng hướng, AVD của mẫu bê tông MgO sẽ được đo như công thức (1) dưới đây:

$$\varepsilon_\tau = 3 \cdot \frac{L_\tau - L_0}{L_0 - 2 \cdot \Delta} \quad (1)$$

Trong đó:

ε_τ - hệ số biến dạng thể tích của mẫu bê tông MgO ở tuổi τ-ngày.

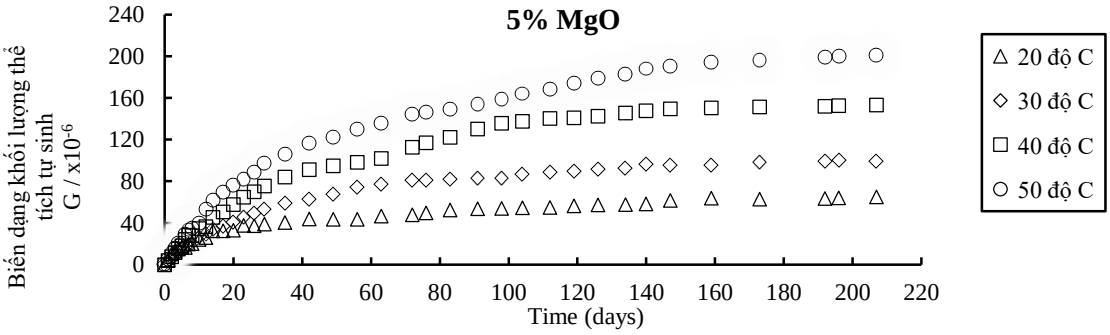
L_τ (mm) - chiều dài đo của bê tông MgO được đo cẩn thận tại mỗi thời điểm trong suốt thời gian thử nghiệm 207 ngày, trong đó thời gian đo được thể hiện trong hình 4, 5, 6. L_0 (mm) - chiều dài tham chiếu của mẫu thử được đo chính xác ngay sau khi tháo khuôn, mm.

Δ (mm) - chiều dài của chốt được định vị một phần vào mẫu và được kết nối với LVDTs.

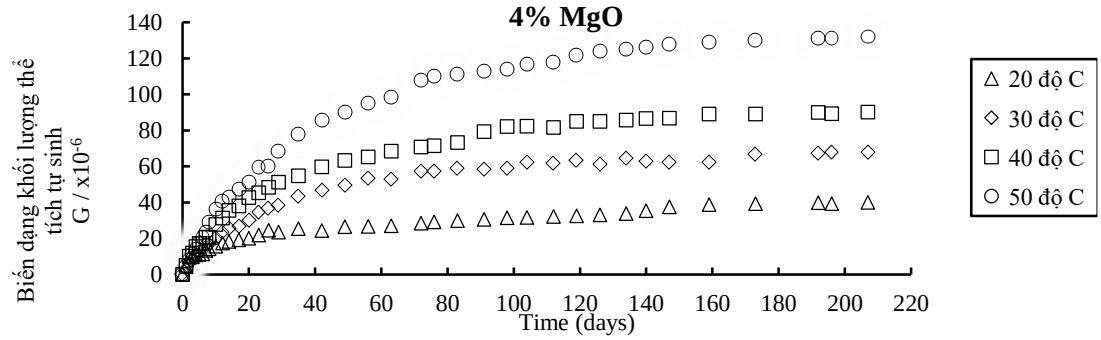
Dựa trên quy trình thử nghiệm được mô tả ở trên, kết quả thử nghiệm của quy trình AVD của bê tông được tính toán theo công thức (1) và thể hiện trong hình 4, 5 và 6.

3. Kết quả và thảo luận

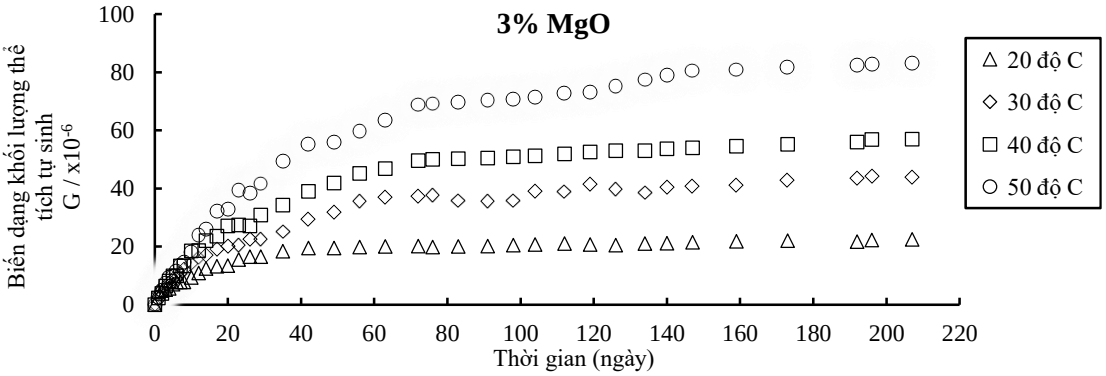
Theo Công thức (1), kết quả tính toán độ giãn nở của RCC trộn với hàm lượng MgO 5%, 4% và 3% được tính toán và thể hiện ở hình 4, 5, 6 sau. Có thể thấy, độ giãn nở xuất hiện là kết quả của sự giãn nở của bê tông MgO.



Hình. 4. Quá trình AVD của mẫu được trộn với hàm lượng 5% MgO



Hình. 5. Quá trình AVD của mẫu được trộn với hàm lượng 4% MgO



Hình. 6. Quá trình AVD của mẫu được trộn với hàm lượng 3% MgO

Co ngót là hiện tượng phổ biến không thể tránh khỏi của tất cả các loại bê tông, đặc biệt khi hàm lượng MgO thấp, độ giãn nở không thể chống lại sự co ngót. Bê tông ở tuổi sớm còn tương đối mềm và có khả năng điều chỉnh nên mẫu bê tông có thể co lại nhưng lượng biến dạng co ngót rất thấp. Khi trộn với 3%, 4% và 5% MgO thì độ giãn nở của bê tông lớn hơn độ co ngót nên sự giãn nở xảy ra ở tuổi muộn hơn. Hình 4, 5, 6 cho thấy khi hàm lượng MgO trong bê tông tăng lên thì quá trình AVD xảy ra của bê tông MgO cũng tăng lên. Điều này cũng chứng tỏ rằng khi vật liệu giãn nở MgO được đưa vào bê tông, độ co ngót có thể được bù đắp bằng quá trình hydrat hóa của vật liệu giãn nở trong bê tông.

Giá trị AVD lớn nhất ε_{max} của kết quả thực nghiệm tương ứng với từng trường hợp được tính toán và liệt kê trong Bảng 2. Trong thực nghiệm này, $\varepsilon_{\tau}=207\ ngày$ là giá trị AVD tại ngày thực nghiệm thứ 200.

Bảng 2. Giá trị $\varepsilon_{\tau=207\text{-}ngày}$ đối với ba mẫu thí nghiệm MgO

Hàm lượng MgO (%)	Mẫu trộn 5% MgO				Mẫu trộn 4% MgO				Mẫu trộn 3% MgO			
Nhiệt độ (T/°C)	20	30	40	50	20	30	40	50	20	30	40	50
$\varepsilon_{\tau}=207\ ngày$ ($\cdot 10^{-6}$)	65	95	158	209	40	68	90	127	23	44	57	81

Sự giãn nở của bê tông với vật liệu giãn nở MgO tăng theo thời gian bảo dưỡng như thể hiện trong Hình 4-6 ở độ tuổi sớm và có xu hướng không đổi ở độ tuổi sau. AVD của bê tông MgO tăng nhanh trong giai đoạn 200 ngày và chậm hơn sau khi bảo dưỡng trong 200 ngày. Điều này có thể được giải thích bởi nhiệt độ bảo dưỡng cao hơn khiến hỗn hợp nở ra nhiều hơn, các phân tử trong dung dịch hoạt động nhanh hơn và MgO phản ứng nhiều hơn với nước, do đó quá trình hydrat hóa của MgO và sự giãn nở của hỗn hợp tăng lên (P. W. Gao, S. Y. Xu, X. Chen, J. Li, and X. L. Lu, 2013).

4. Kết luận

Một nghiên cứu thực nghiệm về đặc tính biến dạng của bê tông MgO đã được tiến hành. Trọng tâm của thí nghiệm là trộn các lượng MgO khác nhau trong ba mẫu bê tông khác nhau ở các nhiệt độ bảo dưỡng khác nhau trong điều kiện phòng thí nghiệm. Quan sát kết quả giãn nở của bê tông MgO trong 200 ngày, kết quả cho thấy khi vật liệu giãn nở MgO được đưa vào bê tông, độ co ngót được bù đắp bằng quá trình hydrat hóa của vật liệu giãn nở trong bê tông. Kết quả thử nghiệm đã khẳng định tác dụng giãn nở của bê tông MgO và AVD của RCC tăng lên khi tăng hàm lượng chất giãn nở MgO, nhiệt độ và thời gian bảo dưỡng. Kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp cơ sở khoa học cho việc ứng dụng rộng rãi MgO và ứng dụng của nó trong việc kiểm soát vết nứt bê tông.

Tài liệu tham khảo

L. Tanchev, 2014. Dams and appurtenant hydraulic structures.

F. Guo, J. P. Liu, Q. Tian, T. Yao, and S. Z. Zhang, 2013. Autogenous Volume Deformation of Concrete due to MgO under the Temperature History of a Diversion Tunnel Concrete. *Applied Mechanics and Materials*, 357–360, 1399–1404.

L. Mo, M. Deng, M. Tang, and A. Al-Tabbaa, 2014. MgO expansive cement and concrete in China: Past, present and future. *Cement and Concrete Research*. 57: 1–12.

S. H. Liu and K. H. Fang, 2006. Mathematical model of autogenous volume deformation of MgO concrete. *Journal of Hydroelectric Engineering*, 1: 81–84.

S. Prudil, 1977. Model of concrete expansion. *Cement and Concrete Research*, 7(2): 137–141.

C. M. Li and Y. H. Yang, 1999. Study on long term autogenous volume deformation of MgO concrete.

Journal of Hydroelectric Engineering, 3: 54–58.

C. M. Li., 1999. An Experimental Study of the Autogenous Volume Deformation of the MgO Concrete. *Journal of Hydroelectric Engineering*, 2: 11–20.

C. M. Li., 1999. Basic Mechanics and Long Term Durability of Concrete Mixed with MgO. *Advances in Science and Technology of Water Resources*, 3: 10–19.

C. M. Li, X. Y. Li, and X. M. Chen, 2009. Influence of pressure-braise system on the pressure-braise expansion ratio of concrete and cement mortar mixed with MgO. *Advances in Science and Technology of Water Resources*, 5: 24–28.

C. M. Li and M. D. Yuan, 2000. Summary on the application of micro expansion concrete with MgO. *Advances in Science and Technology of Water Resources*, 5: 30–35.

C. M. Li and W. J. Li, 2011. Application of fast damming technology admixed with MgO expansive concrete in arch dams. Adv. *Sci. Technol*. Water Resour., no. 6: 41–45, 2011.

C. M. Li, 1990. Deformation Characteristic Research of Mangnesium Oxide Microexpanded Concrete. *Hydroelectric power stations*, 2: 1–8.

L. C. Mu, 1990. Study on the deformation characteristics of Magnesium Oxide micro expansive concrete. *Hydroelectric power stations*, 2: 1–8.

China National Standard DL/T5433-2009, Test Code for Hydraulic Roller Compacted Concrete. Changjiang Water Resources Commission Yangtze River Scientific Research, 2009.

China National Standard: GB/T50081-2002, Standard for Test Method of Mechanical Properties on Ordinary Concrete [S]. Ministry of Construction, 2002.

China National Standard JG238-2008, Standard Curing Chamber for Concrete [S]. Ministry of Construction, 2008.

China National Standard DL/T5296-2013, Technical Specification of MgO for use in Hydraulic Concrete. Ministry of Construction, 2013.

P. W. Gao, S. Y. Xu, X. Chen, J. Li, and X. L. Lu, 2013. Research on autogenous volume deformation of concrete with MgO. *Construction and Building Materials*, 40: 998–1001.

ABSTRACT

Study on autogenous volume deformation of MgO concrete

Chu Viet Thuc[1], Nguyen Van Chinh[1]
[1]*Electric Power University*

The application of magnesium oxide (MgO) to control temperature stress in concrete has a long history and has brought many effects. The micro-expansion properties of MgO concrete are directly related to factors such as MgO content, temperature, age, cement type, fly ash content, and MgO quality. In practical engineering applications, especially when different properties of MgO concrete are determined through scientific experiments. This paper aims to study the autogenous volume deformation (AVD) test of concrete mixed with MgO expansion agent under different MgO content, temperature and curing time.

Keywords: MgO concrete; autogenous volume deformation; large volume concrete; shrinkage resistance

Ứng dụng công nghệ cọc đường kính nhỏ micropile D150 làm kết cấu móng dầm cầu trục đặt trên nền sét pha dẻo mềm

Chu Việt Thức[1], Bùi Văn Đức[2,*], Nguyễn Văn Mạnh[2], Vũ Nho Trường[3]
[1]*Khoa Xây dựng, trường Đại học Điện Lực*
[2]*Nhóm nghiên cứu Địa kỹ thuật, vật liệu và phát triển bền vững, trường ĐH Mỏ Địa chất*
[3]*Công ty CP Xây dựng FUCONS*

TÓM TẮT

Trong những năm gần đây, quá trình tổ chức sản xuất tại các khu công nghiệp thường phải tiến hành nâng hạ các thiết bị máy móc và hàng hóa có tải trọng lớn, đặc điểm này dẫn đến áp lực dưới đáy móng của hệ thống cầu trục tăng cao, trong nhiều trường hợp sức chịu tải của nền đất dưới móng không còn đảm bảo yêu cầu chịu lực. Chính vì vậy cần phải có giải pháp phù hợp để gia cường, cải thiện sức chịu tải của hệ nền-móng cầu trục. Tuy nhiên, thực tế cho thấy các nhà máy công nghiệp thường có mặt bằng khá hạn chế, mức độ tác động của quá trình thi công đến an toàn của hệ thống thiết bị đang vận hành cao; chính vì vậy, các giải pháp gia cường nền móng truyền thống, như cọc bê tông đúc sẵn, cọc khoan nhồi, cọc jet-grouting…, thường khó áp dụng hiệu quả. Bài báo giới thiệu kết quả áp dụng công nghệ cọc đường kính nhỏ micropile 150mm (D150) thi công kết cấu móng dầm cầu trục trên nền sét pha dẻo mềm tại một dự án nằm trong khu công nghiệp trên địa bàn thị trấn Như Quỳnh, huyện Văn Lâm, Hưng Yên. Kết quả áp dụng cho thấy công nghệ thi công cọc micropile đường kính 150mm phù hợp với đặc điểm, điều kiện thi công khu vực nhà xưởng khu công nghiệp; sức chịu tải của cọc micropile đảm bảo theo yêu cầu kết cấu công trình, trong đó, sức chịu tải cọc đơn D150 từ thí nghiệm nén tĩnh đạt giá trị khoảng 386 kN.

Từ khóa: cọc micropile; sức chịu tải cọc; móng dầm cầu trục; khu công nghiệp

1. Đặt vấn đề

Nguyên lý và công nghệ thi công cọc micropile được ra đời vào đầu những năm 1950 tại Italy, và được áp dụng khá rộng rãi tại nhiều quốc gia kể từ giữa thập kỷ 80 của thế kỷ 20 (Bruce và nnk, 1997; Herbst, 2007). Theo đó, cọc micropile là cọc có đường kính D≤300mm, và thường gồm hai loại vật liệu cơ bản: vữa cọc và cốt thép. Một cách tổng quát, quá trình thi công gồm hai giai đoạn cơ bản: giai đoạn khoan lỗ cọc bằng máy khoan chuyên dụng, giai đoạn lắp đặt thép cọc và giai đoạn bơm vữa cọc, trong đó hai giai đoạn lắp đặt thép cọc và bơm vữa cọc có thể được thực hiện đồng thời trong một giai đoạn khi cọc micropile sử dụng thép rỗng (hollow bar) kết hợp mũi tự khoan (FHWA, 2005). Tùy thuộc vào điều kiện địa chất, vai trò của cọc micropile, công tác bơm vữa cọc có thể được thực hiện theo phương pháp bơm vữa trọng lực hoặc bơm vữa có áp một đợt hoặc nhiều đợt (FHWA, 2005). So với các công nghệ kỹ thuật thi công cọc truyền thống khác như cọc bê tông đúc sẵn, cọc khoan nhồi thì công nghệ cọc micropile có thể áp dụng trong hầu hết các điều kiện địa chất công trình, địa chất thủy văn, không gian thi công chật hẹp. Các kết quả nghiên cứu thực nghiệm gần đây về đánh giá sức chịu tải của cọc cũng như của hệ phức hợp nền-cọc micropile cho thấy sức chịu tải của cọc micropile và hệ nền phức hợp micropile tương đương hoặc thậm chí cải thiện cao hơn từ (1,5÷3,0) lần so với cọc bê tông đúc sẵn có cùng kích thước tiết diện ngang (Mochtar và nnk, 2024; Moghaddam và nnk, 2021; Miura và nnk, 2006; Guang-long và nnk, 2010; Kyung và nnk, 2017; Jang và nnk, 2018; 2018); trong đó sự cải thiện sức chịu tải của hệ nền phức hợp nằm ở hai hiệu ứng chính bao gồm hiệu ứng xâm nhập của vữa cọc vào khối đất xung quanh dọc thân cọc và hiệu ứng hình thành khối đất bị nén chặt do sự có mặt của tường cọc micropile xung quanh (Misra và nnk, 2004).

Chính nhờ những đặc điểm này nên cọc micropile đã và đang được áp dụng rộng rãi trên thế giới (Herbst, 2007; FHWA, 2005).

Tại Việt Nam, cọc micropile đã và đang được nghiên cứu và được sử dụng trong nhiều dự án xây dựng với các vai trò khác nhau, điển hình như: gia cố phòng chống sạt lở mái dốc đào, mái dốc đắp, gia cường nền công trình giao thông, công trình chịu áp lực đẩy nổi (Đức và nnk, 2022; Thịnh, 2019; Thắng, 2014).

* *Tác giả liên hệ*
Email: buivanduc@humg.edu.vn

Tuy nhiên các nghiên cứu ứng dụng cọc micropile trong điều kiện nhà xưởng tại các khu sản xuất công nghiệp có quy mô từ vừa đến lớn còn hạn chế. Thực tế cho thấy, để đáp ứng nhu cầu sản xuất ngày càng cao, nhiều nhà xưởng trong khu công nghiệp phải tiến hành mở rộng diện tích sản xuất, sử dụng các thiết bị có tải trọng lớn; chính vì vậy cần phải thực hiện xây dựng giải pháp móng phù hợp để đảm bảo ổn định cho công trình. Bài báo trình bày kết quả ứng dụng công nghệ cọc đường kính nhỏ micropile D150 làm kết cấu móng dầm cầu trục đặt trên nền sét pha dẻo mềm tại khu công nghiệp tại thị trấn Như Quỳnh, huyện Văn Lâm, tỉnh Hưng Yên.

2. Điều kiện thi công và sự cần thiết phải gia cố nền móng

2.1. Địa kỹ thuật công trình

Kết quả khoan khảo sát địa chất công trình với chiều sâu hố khoan khảo sát 35m cho thấy địa tầng khu vực tính từ mặt nền (cos 0,00) bao gồm các lớp đất sau:

+ Lớp 2: Á sét trạng thái dẻo mềm, chiều dày trung bình 7,2m

+ Lớp 3: Cát pha trạng thái dẻo, chiều dày trung bình 1,9m

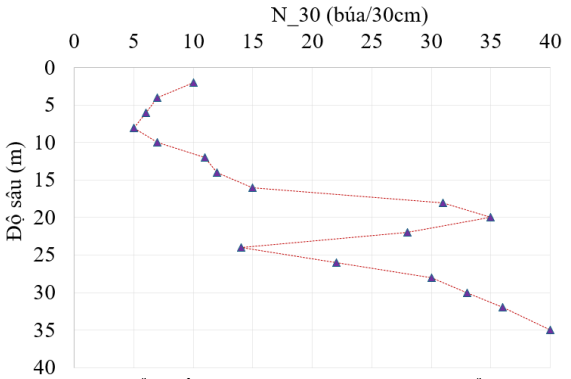
+ Lớp 4: Cát mịn kết cấu chặt vừa, chiều dày trung bình 7,2m

+ Lớp 5: Sét trạng thái nửa cứng, chiều dày trung bình 6,9m

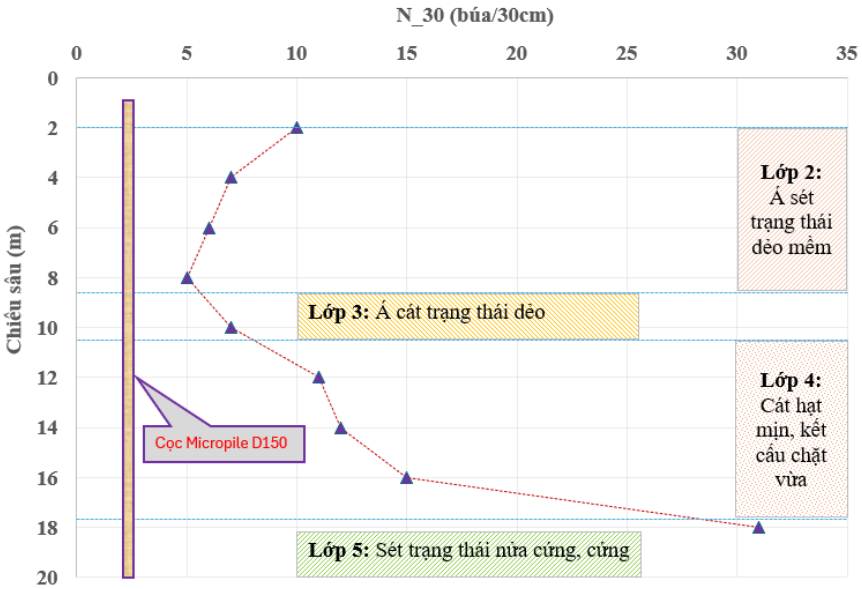
+ Lớp 6: Cát mịn kết cấu chặc vừa, chiều dày trung bình 3,4m

+ Lớp 7: Cát mịn kết cấu chặt, chiều dày trung bình 7,0m.

Hình 1 thể hiện giá trị sức kháng xuyên tiêu chuẩn SPT (N_30 (búa/30cm)) của địa tầng trong phạm vi chiều sâu khoan khảo sát, hình 2 thể hiện các lớp địa chất trong phạm vi dọc thân cọc micropile D150.



Hình 1. Biểu đồ sức kháng xuyên tiêu chuẩn SPT hố khoan khảo sát



Hình 2. Các lớp địa chất dọc thân cọc micropile D150

2.2 Mặt bằng tổ chức thi công

Công trình ứng dụng công nghệ cọc đường kính nhỏ nằm trong khu công nghiệp tại thị trấn Như Quỳnh, huyện Văn Lâm, tỉnh Hưng Yên. Chiều dài và chiều rộng của công trình lần lượt là 40m, 30m, chiều cao thông thủy công trình trung bình khoảng 6,0m. Xung quanh khu vực thi công cọc micropile D150 là các máy móc thiết bị vẫn đang hoạt động. Những điều kiện tổ chức thi công này, mức độ ảnh hưởng thiết bị lớn và chiều cao thông thủy hạn chế, được xem là không phù hợp với các công nghệ gia cường nền móng truyền thông như móng cọc đúc sẵn, móng cọc khoan nhồi, móng cọc đất-xi măng,… Hình 3a, 3b thể hiện thông số mặt bằng và hiện trạng khu vực nhà xưởng công nghiệp sử dụng cọc micropile đỡ dầm cầu trục.



(a) *(b)*

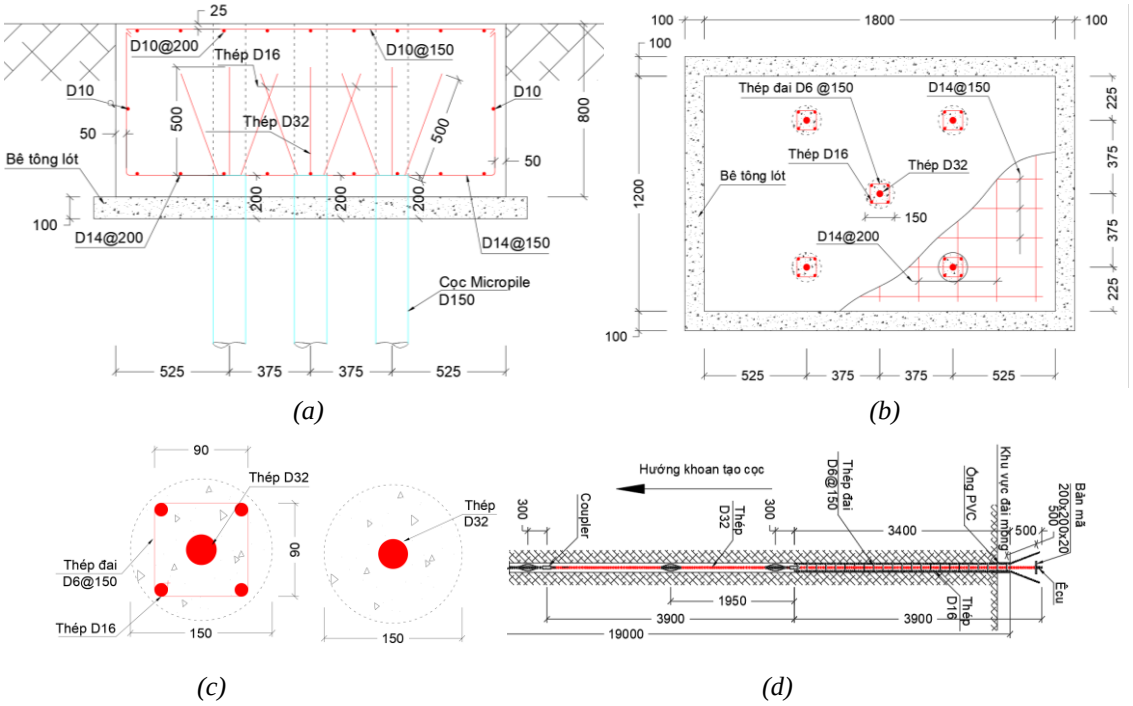
Hình 3. (a) kích thước mặt bằng, (b) hiện trạng khu vực nhà xưởng

2.3 Sự cần thiết gia cố và phương án móng cọc micropile

Dầm cầu trục được lắp đặt để phục vụ hoạt động nâng hạ và tổ hợp các máy móc, thiết bị và hàng hóa có tải trọng lớn trong khu vực nhà xưởng. Nền đất tại các vị trí chân cột/trụ của dầm cầu trục gồm các lớp địa chất có sức chịu tải thấp và chiều dày tương đối lớn, xấp xĩ 12m tính từ mặt nền tự nhiên (hình 2). Tải trọng tính toán chân cột khoảng 100 tấn. Do đó, giải pháp móng nông trên nền tự nhiên không phù hợp. Bên cạnh đó, do khu vực nhà xưởng có nhiều thiết bị máy móc đang hoạt động nên kích thước móng của cầu trục tháp bị hạn chế. Trên cơ sở những đặc điểm về điều kiện mặt bằng và tải trọng chân cột, phương án móng cọc đường kính nhỏ sơ bộ có các thông số như sau:

- Đài móng : chiều rộng đài móng theo phương dọc (phương X) 1,8m; chiều dài (phương Y) 1,2m; chiều cao 0,8m; số lượng đài móng 12 đài, chi tiết thể hiện tại hình 4 (a, b).

- Cọc micropile : đường kính D150, chiều dài trung bình của cọc 19,0m, khoảng cách trung bình giữa các cọc trong đài là 375mm (tương đương với 2,5 lần đường kính cọc).



(c) *(d)*

Hình 4. (a) cấu tạo kết cấu đài cọc, (b) sơ đồ bố trí cọc trong đài, (c) cấu tạo mặt cắt ngang cọc, (d) cấu tạo phương án bố trí cốt thép đoạn đầu cọc

2.4 Sức chịu tải của cọc

2.4.1 Theo cường độ vật liệu chế tạo cọc

Vật liệu cọc micropile gồm: vữa cọc có cường độ chịu nén tối thiểu 40 MPa, cốt thép cọc D32 CB500-V, các loại thép có đường kính nhỏ hơn 32 mm: CB500-V.

Theo tiêu chuẩn thiết kế cọc Micropile FHWA NHI-05-039 (2005), sức chịu tải cho phép, Q_{all}, của cọc micropile xác định theo cường độ vật liệu chế tạo cọc được xác định như sau:

$$Q_{all(1)} = 0{,}4f_cA_{grout} + 0{,}47F_yA_{bar} = 458{,}87 \text{ (kN)} \quad (1)$$

Trong đó:

f_c - cường độ nén của vữa, fc = 40MPa

A_{grout} - diện tích vữa cọc, A_{grout}= 16 867,1mm^2

f_y - giới hạn chảy của thép, f_y = 650MPa

A_{bar} - diện tích thép trong cọc, A_{bar} = 804,2mm^2

2.4.2. Theo điều kiện địa chất

Sức chịu tải cho phép của cọc micropile theo điều kiện địa chất được xác định như sau:

$$Q_{all(2)} = \pi D_b L_b \frac{\alpha_{bond}}{FS}$$

Trong đó:

D_b - đường kính cọc micropile, D_b = 150mm

L_b - chiều dài cọc, L_b = 19m

α_{bond} - cường độ bám dính giao diện vữa – đất, kPa

FS: hệ số an toàn tính toán, FS = 2,0

Kết quả tính toán sức chịu tải của cọc theo điều kiện địa chất thể hiện tại bảng 1.

Bảng 1. Sức chịu tải của 01 cọc micropile D150

Lớp	Tên lớp	Đơn vị	Chiều dày lớp đất	α_{bond} (kPa)	$Q_{all(2)}$ (kN)
1	Đất san lấp	m	0,6	2	0,3
2	Sét pha trạng thái dẻo mềm	m	7,2	30	50,9
3	Cát pha trạng thái dẻo	m	1,9	60	26,9
4	Cát mịn kết cấu chặt vừa	m	7,2	80	135,7
5	Sét trạng thái nửa cứng	m	3,7	50	24,7
	Tổng cộng, $Q_{all(2)}$	m	19,0		238,5

Sức chịu tải cho phép, Q_{all}, của cọc xác định theo điều kiện địa chất có giá trị:

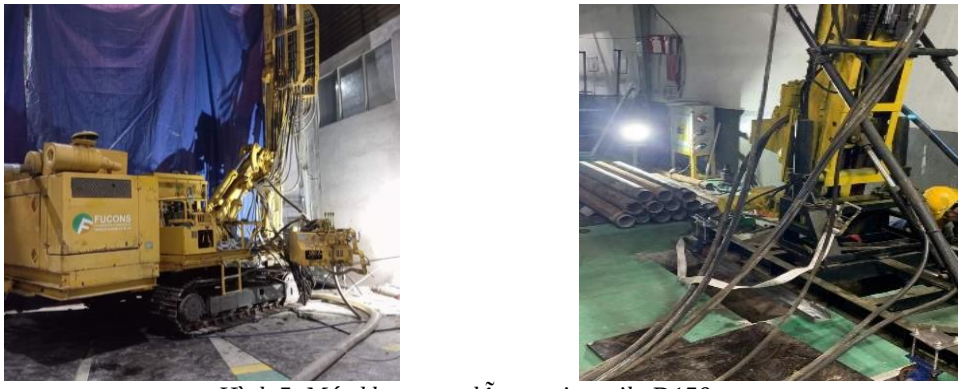
$$Q_{all} = 238{,}5 \text{ kN} \quad (2)$$

Từ (1) và (2), sức chịu tải tính toán của 01 cọc micropile là, Qtk = min ($Q_{all(1)}$, $Q_{all(2)}$) = 238,5 kN. Do đó, số lượng cọc trong một đài, n = 5 cọc; số lượng đài cọc 12; độ sâu trung bình đặt đài cọc so với mặt sàn nhà xưởng là 800mm.

4. Thiết bị và quy trình công nghệ kỹ thuật thi công cọc micropile D150

4.1 Thiết bị thi công chính

Trên cơ sở điều kiện mặt bằng, điều kiện địa chất, tiến độ thi công yêu cầu, thiết bị chính thi công cọc micropile D150 được lựa chọn bao gồm: Máy khoan đập xoay tự hành PRD, máy trộn và bơm vữa cọc.



Hình 5. Máy khoan tạo lỗ cọc micropile D150

4.2. Quy trình công nghệ

Quy trình công nghệ kỹ thuật thi công cọc micropile trong khu vực nhà xưởng gồm các bước cơ bản chính như sau :

Bước 1: Chuẩn bị, định vị tim cọc

Bước 2: Khoan cắt sàn bê tông

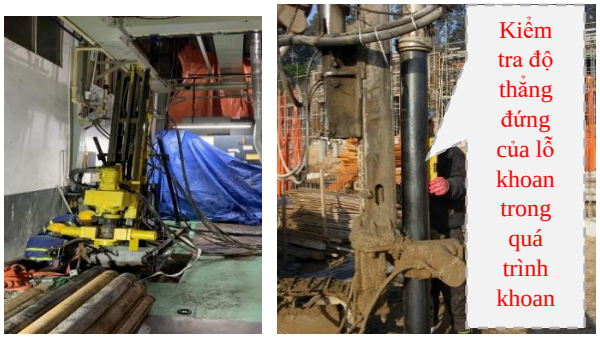
Bước 3 : Khoan tạo lỗ đến chiều sâu thiết kế

Bước 4 : Lắp đặt cốt thép cọc

Bước 5 : Bơm vữa xi măng

Bước 6 : Hoàn thiện

Bước 7 : Thí nghiệm đánh gia sức chịu tải của cọc (áp dụng đối với cọc thí nghiệm).



Hình 6. Công tác khoan tạo lỗ cọc micropile

5. Kết quả ứng dụng

5.1. Công tác tổ chức thi công cọc micropile D150

Thời gian trung bình hoàn thành thi công toàn bộ cọc micropile trong một đài cọc là 02 ngày, trong đó thời gian thi công một cọc đơn (có chiều sâu khoan trung bình khoảng 20m tính từ cốt sàn nền nhà xưởng) khoảng 2,0÷2,5 tiếng, thời gian cụ thể của các công việc chính như sau :

- Khoan tạo lỗ cọc : 45÷60 phút
- Lắp đặt cốt thép cọc : 15÷30 phút
- Bơm vữa cọc : 15÷30 phút
- Lắp đặt ống PVC chiều dài 1m : 5÷10 phút



Hình 7. Ống PVC đầu cọc

Công tác khoan tạo lỗ cọc sử dụng mũi khoan đường kính D150, tuy nhiên, do điều kiện địa chất dọc thân cọc xuất hiện các lớp đất có tính ổn định hạn chế nên để bảo vệ thành lỗ cọc không bị sập thì các ống thép D133, 146 (ống sing) được sử dụng trong suốt quá trình khoan. Phoi khoan, sạn sỏi trong quá trình khoan được đẩy từ dưới lên trên và ra khỏi lỗ khoan nhờ áp lực nước. Vữa cọc được bơm vào trong cọc theo hướng từ dưới đáy lỗ khoan lên trên với áp lực bơm từ 5÷15 kg/cm^2, đường kính ống bơm vữa cọc D20 mm.

5.2. Chất lượng micropile D150

5.2.1. Vữa cọc

Chất lượng vữa cọc được đánh giá theo phương pháp sử dụng cường độ chịu nén của mẫu vữa đối chứng (mẫu lập phương kích thước 4x4x4 cm) và phương pháp quan sát tính đồng nhất của vữa cọc tại hiện trường. Kết quả kiểm tra đánh giá cho thấy, cường độ của mẫu vữa ở tuổi mẫu 28 ngày có giá trị trung bình 43,2MPa; mẫu vữa tại hiện trường đồng nhất, đặc chắc và không lẫn tạp chất khác như thể hiện tại hình 8.



Hình 8. Đánh giá vữa cọc tại hiện trường

5.2.2. Sức chịu tải của cọc

Sức chịu tải của cọc được đánh giá sau khi vữa cọc đạt 28 ngày tuổi. Do không gian thi công hạn chế nên phương pháp kích thủy lực được sử dụng để gia tải tải trọng lên đầu cọc thí nghiệm với các cấp gia tải lần lượt là 25%, 50%, 75%, 100%, 130%, và 160%. Ở mỗi cấp gia tải thì thời gian gia tải được duy trì cho đến khi kích thủy lực đạt trạng thái ổn định (lực kích không đổi trong khoảng thời gian quy định). Sau khi

gia tải đến 160% tải trọng yêu cầu thì tiến hành dỡ tải, chi tiết về quá trình gia tải và dỡ tải cọc thí nghiệm được thể hiện tại bảng 2 (Báo cáo kết quả thí nghiệm xác định sức chịu tải cọc D150, Công ty CP xây dựng FUCONS).

Bảng 2. Quy trình gia tải xác định sức chịu tải của cọc D150 (tới 160% tải trọng thiết kế)

Bước thí nghiệm	Cấp tải trọng (% thiết kế), kN	Tải trọng, kN	Chỉ số áp lực đồng hồ, MPa	Thời gian giữ tải tối thiểu, phút	Thời gian giữ tải thực tế, phút
I	Giai đoạn chất tải				
1	25	59,6	3,2	2,5	9h35 ÷ 9h42
2	50	119,3	6,3	2,5	9h44 ÷ 9h47
3	75	178,9	9,5	2,5	9h48 ÷ 9h51
4	100	238,5	12,7	2,5	9h52 ÷ 9h55
5	130	310,1	15,5	4,0	9h57 ÷ 10h08
6	**160**	**381,6**	20,3	4,0	10h15 ÷ 10h19
II	Giai đoạn dỡ tải				
7	130	310,1	16,5	4,0	10h20 ÷ 10h24
8	100	238,5	12,7	4,0	10h25 ÷ 10h33
9	75	178,9	9,5	4,0	10h35 ÷ 10h39
10	50	119,3	6,35	4,0	10h40 ÷ 10h46
11	25	59,6	3,2	4,0	10h47 ÷ 10h52

Kết quả thí nghiệm tại bảng 2 cho thấy tại cấp tải trọng thí nghiệm có giá trị bằng 160% của tải trọng thiết kế thì sức chịu tải của cọc D150 đạt được là 381,6kN.

6. Kết luận

Bài báo trình bày kết quả ứng dụng công nghệ cọc đường kính nhỏ micropile D150 làm kết cấu móng cọc dầm cầu trục trong nhà xưởng công nghiệp, theo đó một số kết luận được rút ra như sau :

- Công nghệ cọc đường kính nhỏ micropile có thể áp dụng được trong không gian hạn chế của nhà xưởng công nghiệp;
- Sức chịu tải của cọc micropile D150 sử dụng 01 thanh thép cọc D32 có giá trị cao, ở cấp tải xấp xỉ 160% tải trọng thiết kế thì sức chịu tải của cọc ghi nhận được có giá trị khoảng 38 tấn.

Tài liệu tham khảo

Bùi Văn Đức, Nguyễn Văn Mạnh, Nguyễn Đăng Trọng, Vũ Nho Trường, 2022. Nghiên cứu đánh giá sự cải thiện sức chịu tải của móng nông sử dụng cọc đường kính nhỏ. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, 63: 106–117

D. Van Bui, M. Van Nguyen, N.T. Pham, T.A. Bui, T. Dang, 2022. Enhancing the performance of boundary footing of a renovated building using micropiles: Numerical and Site Visual Assessment. *Journal of Mining and Earth Sciences*, Vol 63 (2022): 61–70

Công ty CP Xây dựng FUCONS, 2024. *Báo cáo kết quả thí nghiệm xác định sức chịu tải cọc D150 dự án khu công nghiệp huyện Văn Lâm, Hưng Yên*. Tài liệu lưu hành nội bộ

Đỗ Hữu Thắng, 2014. Nghiên cứu ứng dụng cọc tiết diện nhỏ Micropile trong công trình giao thông ở Việt Nam. *Đề tài khoa học Bộ GTVT,* mã số: DT144002

Nguyễn Xuân Thịnh, 2019. Nghiên cứu áp dụng công nghệ cọc micropile trong tăng cường sửa chữa công trình cầu ở Thành phố Hồ Chí Minh. *Luận văn thạc sĩ kỹ thuật*, trường Đại học Giao thông Vận tải.

Bruce, A.F. Dimillio, I. Juran, 1997. Micropiles: the state of practice part 1: characteristics, definitions and classifications. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Ground Improvement*, 1, 25–35

FHWA, 2005. *Micropile design and construction—Reference manual*, FHWA NHI-05-039, US Dept. of Transportation, McLean, VA, 436

Guang-long, F. Qian, S.U. Rong-zhen, 2010. Field test on uplift behavior of micropiles in soft ground. *Chinese Journal of Geotechnical Engineering*, 32: 1788–1793

Kyung, Kim, G. Kim, J. Lee, 2017. Vertical load-carrying behavior and design models for micropiles considering foundation configuration conditions. *Canadian Geotechnical Journal*, 54: 234–247

Misra, C.-H. Chen, R. Oberoi, A. Kleiber, 2004. Simplified analysis method for micropile pullout behavior. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 130: 1024–1033

Mochtar, I. B, Mochtar, N. E, 2024. Effectiveness of micropile installation configuration for increasing the ultimate shallow foundation bearing capacity on soft clay soil. *GEOMATE Journal*, 26: 1–10.

Moradi Moghaddam, H, Keramati, M, Ramesh, A, Naderi, R., 2021. Experimental evaluation of the effects of structural parameters, installation methods and soil density on the micropile bearing capacity. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 19: 1313–1325

Thomas F. Herbst, 4th Lizzi Lecture, 2007. Historical Review and Analysis of 55 Years of Micropiles. *Proceeding 8th IWM 2007* Toronto, Canada.

Jang and Han, 2018. Field study on axial bearing capacity and load transfer characteristic of waveform micropile, Canadian Geotechnical Journal, 55: 653–665

Tsukada, K. Miura, Y. Tsubokawa, Y. Otani, 2006. Mechanism of bearing capacity of spread footings reinforced with micropiles. *Soils and Foundations*, 46: 367–376.

ABSTRACT

Applying the D150 micropile technology for a crane beam foundation structure situated on soft clay soils

Chu Viet Thuc[1], Bui Van Duc[2], Nguyen Van Manh[2], Vu Nho Truong[3]
[1]*Faculty of Civil Engineering, Electric Power University, Hanoi, Vietnam*
[2]*Research group of Geotechnical Engineering, Construction Materials and Sustainability; Faculty of Civil Engineering, Hanoi University of Mining and Geology*
[3]*FUCONS Joint Stock Company, Hanoi City, Vietnam*

Recently, the production process in industrial zones often requires lifting and lowering heavy machinery and industrial items, which leads to increased pressure under the foundation of the crane system. In many cases, the bearing capacity of the ground under the foundation no longer meets the load-bearing requirements. Therefore, it is necessary to apply a suitable solution to strengthen and improve the bearing capacity of the crane foundation system. However, in reality, industrial factories typically have relatively limited space and a high impact of the construction process on the safety of the operating equipment system; For this reason, conventional foundation techniques, such as precast concrete piles, bored piles, jet-grouting piles, etc., are frequently challenging to implement successfully. The paper presents an applied results of utilizing 150mm (D150) micropile technology for building a crane foundation placing on soft clay soil at a project located in an industrial park in Nhu Quynh town, Van Lam district, Hung Yen. The findings demonstrate that the 150 mm diameter micropile pile construction technology is appropriate for the features and construction conditions of the industrial factory area. Additionally, the micropile piles' load-bearing capacity meets the requirements of the structure, wherein the single pile D150's load-bearing capacity from the static compression test reaches a value of approximately 386 kN.

Keywords: micropile technology; load-bearing capacity; crane foundation.

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Bê tông cốt sợi tự nhiên: đặc trưng cơ học và khả năng ứng dụng trong xây dựng cơ sở hạ tầng nông thôn

Trần Mạnh Tiến[1,*], Đỗ Ngọc Tú[1], Nguyễn Nam Hòa[1] , Nguyễn Viết Thắng[1] , Nguyễn Thị Tuyết Mai[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Ở Việt Nam, bê tông cốt sợi tự nhiên có thể là một giải pháp vật liệu tối ưu cho một số công trình hạ tầng nếu được nghiên cứu một cách có định hướng. Bài báo này giới thiệu những kết quả nghiên cứu về bê tông cốt sợi tự nhiên, từ các loại sợi tư nhiên được sử dụng, đặc trưng cơ học của một số loại bê tông cốt sợi tự nhiên phổ biến (sợi đay, sợi dừa), và khả năng áp dụng vào xây dựng hạ tầng cở sở ở các vùng nông thôn mới. Kết quả thu được là cường độ của các loại sợi tự nhiên thường được sử dụng trong xây dựng trên thế giới, cường độ nén, kéo uốn và mô đun đàn hồi của bê tông cốt sợi dừa và sợi đay với các hàm lượng sợi khác nhau từ 1%, 1.5% và 2%. Từ đó, ảnh hưởng của loại sợi và hàm lượng sợi được làm rõ và phân tích.

Từ khóa: sợi tự nhiên, bê tông cốt sợi tự nhiên, cường độ nén, cường độ kéo uốn

1. Đặt vấn đề

Bê tông cốt sợi đã được nghiên cứu và ứng dụng vào công tác phát triển hạ tầng kỹ thuật ở Việt Nam trong gần một thập kỷ trở lại đây. Kết quả những nghiên cứu trước đây đã chỉ ra hiệu quả sử dụng đáng tin cậy của vật liệu bê tông cốt sợi trong phát triển hạ tầng kỹ thuật. Tuy nhiên, các loại sợi được sử dụng chủ yếu là sợi công nghiệp hoặc sợi thép, sợi kim loại, có cường độ cao và được bán như là sản phẩm thương mại trên thị trường, có giá thành tương đối đắt và được sử dụng ở những công trình có tính đặc thù mà bê tông thường không thể đáp ứng được cường độ yêu cầu. Ngoài ra, bê tông cốt sợi là một giải pháp bền vững để gia cường các loại kết cấu hạ tầng bị suy giảm độ bền theo thời gian do ăn mòn, hỏa hoạn, động đất, …

Trong điều kiện yêu cầu không cao về cường độ, bê tông cốt sợi tự nhiên có thể là một giải pháp vật liệu thích hợp nếu được nghiên cứu có định hướng. Đặc biệt là các công trình hạ tầng cơ sở ở vùng sâu, vùng xa, vừa tận dụng được các vật liệu địa phương, vừa đảm bảo nhất định các yêu cầu kỹ thuật. Do đó, các loại sợi tự nhiên như sợi rơm rạ, sợi mây, cói, dừa, đay…, là rất tiềm năng để thêm vào và cải thiện cường độ của bê tông.

Trên thế giới, bê tông cốt sợi tự nhiên đã được nghiên cứu tương đối đầy đủ trong khoảng vài thập kỷ trở lại đây. Các loại sợi được sử dụng để thêm vào trong bê tông chủ yếu là sợi lanh, sợi sisal, sợi dừa, sợi đay …(Wang và Chouw 2018) đã sử dụng sợi lanh và sợi dừa để chế tạo ra bê tông cốt sợi và polymer cốt sợi, từ đó đi khảo sát cường độ của các vật liệu này để xây dựng một mô hình tính toán lý thuyết có xem xét đến ảnh hưởng của các tham số vật liệu. Ảnh hưởng của hàm lượng theo thể tích và chiều dài của sợi lanh trong ứng xử cơ học của bê tông cốt sợi tương ứng được làm sáng tỏ và phân tích trong nghiên cứu của Kouta và cộng sự (2021). Lima và cộng sự (2018) đã sản xuất các tấm bê tông đúc sẵn bằng các sợi sisal dạng ngắn, kết quả cho thấy các tấm bê tông cốt sợi này có độ bền và độ dẻo dai cao hơn so với các tấm tương tự được bán trên thị trường.

Hầu hết các mẫu bê tông cốt sợi đều cho ra ứng xử nén phi tuyến có tái bền với biến dạng khi mẫu phá hủy được cải thiện. Hơn nữa, các nghiên cứu trên đều cho ra những kết quả rất khả quan về việc sử dụng bê tông cốt sợi tự nhiên, cải thiện đáng kể các đặc trưng cơ học của bê tông: cường độ kéo, cường độ nén, biến dạng khi phá hủy. Ngoài ra, ảnh hưởng của các tham số cũng được xác định như ảnh hưởng của hàm lượng sợi bổ sung, công tác xử lý sợi,…

Ở Việt Nam, các loại sợi tự nhiên như sợi rơm rạ, sợi mây, cói, dừa, đay…, là rất phổ biến, dễ khai thác và sử dụng. Tuy tiềm năng để thêm vào và cải thiện cường độ của bê tông là rất lớn nhưng trên thực tế còn chưa được sử dụng nhiều. Tính đến nay, có một vài nghiên cứu về bê tông cốt sợi tự nhiên (Đặng Văn Thanh và cộng sự 2019) (Cao Lưu Ngọc Hạnh và cộng sự 2015), tuy nhiên kết quả còn rất hạn chế và chưa

* *Tác giả liên hệ*
Email: tranmanhtien@humg.edu.vn

được ứng dụng vào thực tế xây dựng. Nguyên nhân là còn chưa được quan tâm đúng mức, chưa liên kết được những kết quả nghiên cứu khoa học vào thực tế.

Nhằm mục đích ứng dụng bê tông cốt sợi tự nhiên vào các công trình hạ tầng ở các vùng nông thôn mới, bài báo này giới thiệu các kết quả nghiên cứu về bê tông cốt sợi tự nhiên, từ thành phần cấu tạo sợi tự nhiên, các đặc trưng cường độ và khả năng ứng dụng vào các công trình phục vụ xây dựng nông thôn mới ở địa phương. Kết quả nghiên cứu đóng góp một phần vào việc ứng dụng bê tông cốt sợi tự nhiên trong công trình xây dựng.

2. Sợi tự nhiên

2.1. Các loại sợi tự nhiên được sử dụng

Sợi tự nhiên được sử dụng rất đa dạng như sợi đay, sợi lanh, sợi sisal, sợi xơ dừa, bã mía, sợi xơ chuối, sợi gai,... Tùy theo loại xơ sợi mà chúng có tính chất cơ học khác nhau. Bảng 1 dưới đây trình bày các đặc trưng cơ học của một số loại sợi tự nhiên phổ biến nhất được nghiên cứu và sử dụng trong xây dựng so với sợi thủy tinh E.

Bảng 1. Tính chất cơ học của một số loại sợi tự nhiên so với sợi thủy tinh E

Phân loại	Trọng lượng riêng (g/cm3)	Mô đun đàn hồi (Gpa)	Cường độ kéo (Mpa)	Biến dạng dài (%)
Sợi xơ dừa	1.2	4 – 6	150 – 175	15 – 40
Sợi lanh	1.53	43 – 72	900 – 1800	2.5 – 4.1
Sợi đay	1.45	20 – 30	400 – 800	1.5 – 1.9
Sợi sisal	1.40	9 – 21	610 – 720	3 – 7
Sợi gai dầu	1.56	50 – 80	500 – 1000	1.2 – 3.8
Xơ gai	1.07	35	390	1.6
Sợi thủy tinh E	2.54	72 - 73	2000 - 2400	3

Từ bảng 1, có thể thấy rằng sợi lanh sau khi được xử lý có tính năng cơ học tốt nhất trong số các loại sợi tự nhiên và kém hơn một chút so với sợi thủy tinh E. Sau đó, đứng thứ hai và thứ ba về độ bền kéo là sợi đay và sisal. Vì vậy, ở các nước châu Âu, những sợi tự nhiên này đã được sản xuất dưới dạng sản phẩm thương mại (ở dạng lưới, tấm vải) để sản xuất vật liệu composite (FRP hoặc FRCM) bằng cách sử dụng tăng cường/gia cố kết cấu hiện có (cột, tường gạch, sàn, v.v.) (Hallonet 2016).

Mặc dù có tính năng không bằng các loại xơ sợi tự nhiên khác nhưng xơ dừa là loại sợi được nghiên cứu và ứng dụng nhiều nhất do tính sẵn có, phương pháp chiết xuất sản phẩm xơ dễ dàng và giá thành rẻ. Vì vậy, hỗn hợp bê tông xơ dừa có độ bền chấp nhận được đối với các ứng dụng khác nhau trong xây dựng hạ tầng cơ sở. Sự có mặt của xơ dừa trong bê tông có những mặt tích cực như cải thiện tính dẻo, độ bền kéo và độ uốn cũng như tính chất cách nhiệt của bê tông (Adesina 2022). Tuy nhiên, với nhiều sợi xơ dừa hơn trong bê tông, khả năng làm việc (độ chảy loang) của bê tông giảm dẫn tới làm tăng độ xốp của bê tông, dẫn đến giảm khả năng chịu tải của cả kết cấu bê tông xơ dừa.

2.2. Phương pháp xử lý sợi

Hầu hết các sợi tự nhiên đều được xử lý bằng các phương pháp khác nhau trước khi được sử dụng để sản xuất bê tông cốt sợi. Quá trình này nhằm tăng cường các tính chất cơ học của chính nó cũng như cải thiện độ bền liên kết của bề mặt sợi với vữa xi măng. Có thể kể tên một số phương pháp xử lý thường được sử dụng như phương pháp xử lý bề mặt (phương pháp vật lý hoặc hóa học), sừng hóa, ngâm tẩm polymer, hoặc xử lý lai.

Phương pháp xử lý bề mặt về cơ bản giúp tăng cường độ bám dính giữa sợi và vữa xi măng và đạt được cường độ liên kết cao hơn. Ferreira và cộng sự (2015) đã sử dụng phương pháp xử lý kiềm bằng canxi hydroxit $Ca(OH)_2$ để xử lý bề mặt của sợi sisal và so sánh với các phương pháp xử lý khác. Kết quả là nồng độ kiềm thấp từ 0.5–1% chỉ loại bỏ được các cấu tử vô định hình chứ không phân hủy sợi sisal và do đó làm tăng độ kết tinh của nó, làm cải thiện độ bền kéo và mô đun đàn hồi của sợi sisal cũng như độ bám dính bề mặt với vữa xi măng so với sợi sisal không được xử lý. Sừng hóa là một phương pháp tốt để xử lý sợi tự nhiên bằng cách lặp lại các quá trình xử lý độ ẩm và nhiệt độ. Mục đích của quá trình xử lý này là thúc đẩy sự thay đổi cấu trúc vi sợi, dẫn đến sự ổn định về kích thước (Ferreira et al. 2012). Quá trình làm nóng, làm khô và làm mát được thực hiện trên sợi tự nhiên phải chậm để tránh sốc nhiệt có thể xảy ra đối với sợi. Một giải pháp khác để xử lý xơ sợi tự nhiên là ngâm tẩm polymer. Một số loại polymer thường được sử dụng cho sợi tự nhiên như nhựa epoxy, styren-butadien, nhựa polyester, dầu thầu dầu, mủ cao su thiên nhiên. Sự biến tính bằng các sản phẩm polymer này giúp sợi tự nhiên bền và ổn định hơn trong bê tông hạt mịn, cũng như liên kết tốt với vữa xi măng.

2.3. Hàm lượng sợi tự nhiên trong bê tông cốt sợi

Hàm lượng sợi tự nhiên trong thành phần hỗn hợp bê tông cốt sợi phụ thuộc vào mục tiêu của biệc bổ sung sợi tự nhiên. Để xác định giá trị tối ưu của tham số này cho từng loại xơ tự nhiên, các nghiên cứu tham số đã được thực hiện bằng cách thay đổi hàm lượng xơ trong một phạm vi phù hợp. Đối với khối lượng riêng, mức tăng cao nhất (trung bình +5 đến 10%) tương ứng với các giá trị hàm lượng sợi trong khoảng từ 0.10 đến 0.50% (theo thể tích) và kích thước sợi từ 5 x 10^{-5} đến 1 x 10^{-3}mm. Đối với tăng cường độ nén, mức tăng (trung bình từ +5 đến 30%) tương ứng với hàm lượng sợi từ 0.03% đến 0.40% (theo thể tích) và kích thước sợi từ 5 x 10^{-5} đến 1 x 10^{-3}mm. Đối với độ dẫn nhiệt, các giá trị cao nhất của nó (trung bình +5 đến 20%) tương ứng với các gia trị từ 0.03 đến 0.40% (theo thể tích) và kích thước khoảng 1 x 10^{-4}mm (Pedroso and Flores-Colen (2020).

3. Nghiên cứu thực nghiệm xác định cường độ của bê tông cốt sợi

3.1. *Vật liệu sử dụng*

Các vật liệu được sử dụng trong nghiên cứu là vật liệu địa phương nhằm tận dụng tối đa để ứng dụng vào các công trình.

+ Cát tự nhiên có đường kính D_{max} = 2.5 mm (được sàng qua lỗ 2.5 mm), có thành phần cấp phối được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 7572-2:2006, thông qua các lỗ sàng 2.5 – 1.25 – 0.63 – 0.315 – 0.14 mm.

+ Xi măng PC40: Sử dụng loại xi măng poóc lăng phổ biến ở địa phương (thương hiệu Bút Sơn) được kiểm nghiệm cơ học theo tiêu chuẩn TCVN 6260: 2009 và được đánh giá đạt chuẩn quốc tế.



a) Cát sông tự nhiên b) Tro bay Phả lại loại F c) Sợi xơ dừa trước khi cắt d) Sợi đay sau khi cắt nhỏ

Hình 1. Vật liệu được xử dụng trong nghiên cứu

+ Sợi tự nhiên: Hai loại sợi được sử dụng trong đề án này là sợi xơ dừa và sợi đay. Đây là hai loại sợi tự nhiên tương đối phổ biến ở Việt Nam. Sợi tự nhiên được xử lý và cắt thành các kích thước từ 2 đến 3 cm để trộn với hỗn hợp BTHM.

+ Tro bay Phả lại loại F: một lượng vừa đủ tro bay của nhà máy nhiệt điện Phả Lại (loại F) được bổ sung vào thành phần bê tông để tăng độ đặc chắc cho bê tông.

+ Phụ gia dẻo : Để tăng tính công tác cho bê tông, phụ gia siêu dẻo được sử dụng ở dạng bột giúp dễ dàng bảo quản trong điều kiện thi công thực tế có mã sản phẩm là Polycarbonxylate R-209.

3.2. Chế tạo mẫu bê tông cốt sợi

a) Thành phần bê tông cốt sợi

Thành phần cấp phối của bê tông cốt sợi được giới thiệu như trong Bảng 2 dưới đây. Để đánh giá được ảnh hưởng của hàm lượng sợi đến các đặc trưng cơ học của bê tông cốt sợi, các hàm lượng sợi theo khối lượng xi măng được sử dụng là 1%, 1.5%, và 2%.

Bảng 2. Thành phần cấp phối bê tông cốt sợi

Bê tông cốt sợi tự nhiên	
Cát tự nhiên (kg/m^3)	1676.39
Xi măng (kg/m^3)	668.99
Tro bay Phả Lại loại F (kg/m^3)	112
Phụ gia dẻo Sika Polycarboxylate R-209(kg/m^3)	4.34
Sợi tự nhiên (% theo khối lượng xi măng)	1%, 1.5%, 2%
Nước (kg/m^3)	234.18
Tỉ số N/X	0.35

b) Chế tạo mẫu

Quy trình chế tạo bê tông hạt mịn được tiến hành sau đó gồm 2 pha cơ bản như sau:

Pha 1: Trộn khô cốt liệu cát trong vòng 1 phút. Tiếp tiếp tục thêm hỗn hợp xi măng và trộn tiếp trong vòng 1 phút. Tiến hành làm tơi mỏng các sợi tự nhiên và rải đều lên hỗn hợp khô cùng với phụ gia siêu dẻo dạng bột và trộn tiếp trong vòng 1 phút.

Pha 2: Cho 70% lượng nước cần thiết vào hỗn hợp đã trộn ở pha 1 trộn trong vòng 3 phút cho đến khi chuyển sang trạng thái dẻo. Bổ sung tiếp 30% lượng nước một cách từ từ và quay với tốc độ nhanh trong khoảng 5 phút để hỗn hợp đạt được tính công tác theo yêu cầu. Tổng thời gian trộn khoảng 10 phút.

Thực hiện chế tạo các tổ mẫu, 3 mẫu/tổ mẫu hình lăng trụ kích thước 40 x 40 x 160 mm cho mẫu bê tông cốt sợi tự nhiên để xác định cường độ kéo uốn và cường độ chịu nén. Tiến hành chế tạo 4 tổ mẫu, 2 mẫu/tổ mẫu hình trụ tròn kích thước tiêu chuẩn 150 x 300 mm để xác định cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi. Các mẫu thí nghiệm sau khi tháo ván khuôn được bảo dưỡng trong điều kiện tiêu chuẩn (t = 27±2°C) đến tuổi thí nghiệm 28 ngày.



a) Máy trộn bê tông *b) Bê tông sau khi trộn* *c) Mẫu 40x40x160* *d) Mẫu hình trụ*

Hình 2. Công tác chế tạo mẫu bê tông cốt sợi tự nhiên

c) Tiến hành thí nghiệm

Đối với các mẫu thí nghiệm kích thước 40 x 40 x 160 mm, thí nghiệm xác định cường độ kéo uốn được thực hiện trước, các thí nghiệm xác định cường độ chịu nén sẽ được thực hiện trên 2 nửa mẫu thu được từ thí nghiệm xác định cường độ kéo uốn.



a) Thí nghiệm kéo uốn và nén trên mẫu 40x40x160 mm *c) Thí nghiệm nén trên mẫu 150x300 mm* *d) Dạng phá hủy mẫu* *e) LVDT vòng đo biến dạng*

Hình 3. Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén

Đối với mẫu hình trụ 150 x 300 mm, chọn thang lực thích hợp của máy để khi nén tải trọng phá hoại nằm trong khoảng 20 – 80% tải trọng cực đại của thang lực nén đã chọn. Đặt mẫu vào máy nén sao cho một mặt chịu nén đã chọn nằm đúng tâm thớt dưới của máy. Vận hành máy cho mặt trên của mẫu nhẹ nhàng tiếp cận với thớt trên của máy. Tiếp đó tăng tải liên tục với vận tốc không đổi và bằng 6 daN/cm^2 trong một giây cho tới khi mẫu bị phá hoại. Lực tối đa đạt được là giá trị tải trọng phá hoại mẫu.

3.3. Các đặc trưng cơ học của bê tông cốt sợi tự nhiên

a) Cường độ nén

Cường độ nén của bê tông cốt sợi tự nhiên được xác định theo các tiêu chuẩn Việt Nam và tiêu chuẩn trên thế giới. Cường độ chịu nén được xác định theo công thức:

$$R_n = \frac{P}{F} \text{ (MPa)} \quad (1)$$

Trong đó: R_n là cường độ chịu nén, MPa; P là lực nén gây phá hoại mẫu, N; F là diện tích tiết diện chịu nén, mm^2. Trong nghiên cứu này sử dụng 2 loại mẫu để xác định cường độ chịu nén, là nửa mẫu 40x40x160 mm sau khi bị gãy làm 2 nữa trong thí nghiệm xác định cường độ kéo uốn, và mẫu hình trụ 150x300 mm. Kết quả cường độ nén của mẫu bê tông cốt sợi tự nhiên theo các loại sợi và hàm lượng sợi gia cường được giới thiệu trong bảng 3 dưới đây.

Bảng 3. Cường độ nén của bê tông cốt sợi với các hàm lượng sợi khác nhau

Mẫu	Loại mẫu	Đối chứng (0%)	Hàm lượng sợi 1%	Hàm lượng sợi 1.5%	Hàm lượng sợi 2%
BT cốt sợi dừa	Mẫu 40x40x160 mm	40.18 MPa	41.23 MPa	43.28 MPa	42.30 MPa
	Mẫu 150x300 mm	39.18 MPa	39.83 MPa	39.47 MPa	39.21 MPa
BT cốt sợi đay	Mẫu 40x40x160 mm	40.18 MPa	42.68 MPa	44.56 MPa	43.34 MPa
	Mẫu 150x300 mm	39.18 MPa	41.64 MPa	42.16 MPa	41.79 MPa

b) Cường độ kéo uốn

Thí nghiệm xác định cường độ kéo uốn đc thực hiện trước, các thí nghiệm xác định cường độ chịu nén

sẽ được thực hiện trên 2 nửa mẫu thu được từ thí nghiệm xác định cường độ kéo uốn..

Cường độ kéo khi uốn của bê tông được xác định theo công thức:

$$R_{ku} = 1{,}5\frac{P.l}{bh^2}\,(\text{MPa}) \quad (2)$$

Trong đó: R_{ku} - cường độ chịu kéo khi uốn, MPa; P - lực uốn gây phá hoại mẫu, N; l - khoảng cách giữa hai gối tựa; b - chiều rộng tiết diện ngang của mẫu; h - chiều cao tiết diện ngang của mẫu. Kết quả thí nghiệm cường độ chịu kéo uốn của hai loại bê tông thí nghiệm được thể hiện ở Bảng 4.

Bảng 4. Cường độ kéo uốn của bê tông cốt sợi với các hàm lượng sợi khác nhau

Mẫu	Đối chứng (0%) (MPa)	Hàm lượng sợi 1% (MPa)	Hàm lượng sợi 1.5% (MPa)	Hàm lượng sợi 2% (MPa)
BT cốt sợi dừa	9.27	9.51	10.21	9.93
BT cốt sợi đay	9.27	10.54	11.38	10.98

c) Mô đun đàn hồi

Mô đun đàn hồi của bê tông cốt sợi tự nhiên được xác định thông qua thí nghiệm nén mẫu hình trụ 150 x 300mm. Biến dạng của mẫu được đo bằng đồng hồ đo LVDT vòng, được gắn trên mẫu như trong Hình 7d. Chỉ số đo được ghi lại và xử lý. Mô đun đàn hồi của các mẫu BT cốt sợi được giới thiệu trong Bảng 5 dưới đây.

Bảng 5. Mô đun đàn hồi của bê tông cốt sợi với các hàm lượng sợi khác nhau

Mẫu	Đối chứng (0%) (GPa)	Hàm lượng sợi 1% (GPa)	Hàm lượng sợi 1.5% (GPa)	Hàm lượng sợi 2% (GPa)
BT cốt sợi dừa	30.59	30.15	29.98	29.64
BT cốt sợi đay	30.59	30.46	30.08	29.88

3.4. Ảnh hưởng của các tham số đến đặc trưng cơ học của bê tông cốt sợi tự nhiên

a) Ảnh hưởng của loại sợi

Ảnh hưởng của loại sợi được phân tích dựa vào các kết quả trong bảng 3, 4, 5. Có thể thấy rằng, sợi xơ dừa và sợi đay đều làm tăng cường độ của bê tông, và đạt giá trị tốt nhất ở hàm lượng gia cường 1.5% khối lượng xi măng. Kết quả này được giải thích do cường độ dính bám tốt giữa sợi đay và sợi xơ dừa với các gel C-S-H được hình thành trong quá trình ninh kết của bê tông, từ đó mà hiệu ứng cầu sợi trong bê tông cốt sợi có hiệu ứng tích cực với cường độ nén của bê tông. Vì bản thân sợi đay có cường độ cao hơn so với sợi dừa (cường độ kéo cao hơn, độ cứng lớn, và biến dạng nhỏ), do đó tạo ra một hiệu ứng tích cực hơn đối với cường độ nén của bê tông cốt sợi. Hiệu quả gia cường tốt nhất ở hàm lượng gia cường 1.5% khối lượng xi măng là 7.72% đối với bê tông cốt sợi dừa và 10.90% đối với bê tông cốt sợi đay.

Ảnh hưởng của loại sợi đến cường độ kéo uốn của bê tông cốt sợi lại rất rõ rệt so với cường độ chịu nén. Cả hai loại sợi đều cho hiệu ứng tích cực với cường độ kéo uốn, tuy nhiên mức độ thì sợi đay hiệu quả hơn rõ rệt. Hiệu quả gia cường tốt nhất tại mức hàm lượng sợi là 1.5% khối lượng xi măng, đạt 10.01% với sợi dừa và 22.76 % với sợi đay. Có thể thấy rằng hiệu ứng cầu sợi đã liên kết các thành phần C-H-S tạo thành một khối có khả năng chịu kéo uốn tốt hơn.

Ảnh hưởng của loại sợi đến mô đun đàn hồi của bê tông là tiêu cực và không đáng kể, các giá trị thực nghiệm cho thấy mô đun đàn hồi đều bị giảm so với giá trị ban đầu.

b) Hàm lượng sợi

Ảnh hưởng của hàm lượng sợi đến các đặc trưng cơ học của bê tông cốt sợi tự nhiên được phân tích từ kết quả trong bảng 3, 4, 5. Kết quả cho thấy, hàm lượng sợi có ảnh hưởng khác nhau đến các đặc trưng cơ học. Đối với cường độ nén và kéo uốn, các giá trị thực nghiệm cho thấy hàm lượng gia cường 1.5% (so với khối lượng của xi măng) cho kết quả tích cực nhất với hai loại sợi dừa và sợi đay. Đối với mô đun đàn hồi của bê tông, một xu hướng giảm đều theo hàm lượng sợi thu được từ thực nghiệm. Do đó, nhóm tác giả đề xuất sử dụng hàm lượng gia cường 1.5% so với khối lượng của xi măng để chế tạo bê tông cốt sợi tự nhiên để thực hiện các nghiên cứu tiếp theo.

4. Khả năng ứng dụng bê tông cốt sợi tự nhiên vào xây dựng hạ tầng cơ sở ở vùng nông thôn

Để thực hiện các kế hoạch đã đặt ra về Chương trình mục tiêu Quốc gia nông thôn mới, khối lượng xây dựng cơ bản là rất lớn. Nhu cầu sử dụng các loại vật liệu xây dựng đặc biệt là bê tông xi măng có giá thành rẻ, cường độ tốt, tận dụng được các nguồn lực của địa phương có ý nghĩa quan trọng. Bê tông cốt sợi tự nhiên có thể là một giải pháp tối ưu cho vấn đề này nếu được nghiên cứu một cách có tính định hướng và đầy đủ. Trong các tiêu chí về thủy lợi, các kênh mương thoát nước, tưới và tiêu nước cần được kiên cố hóa,

vừa đảm bảo ổn định chất lượng công trình, tạo mỹ quan cho nông thôn. Có thể sử dụng các loại khung bê tông, gạch bê tông, tấm lát gia cố kênh mương, tuy thuộc vào điều kiện địa hình, địa chất, thủy văn mà lựa chọn, thiết kế cho phù hợp.

5. Kết luận

Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu về vật liệu bê tông cốt sợi đay và sợi xơ dừa. Từ kết quả nghiên cứu, một vài kết luận và kiến nghị có thể rút ra như sau:

- Thành phần cấp phối của bê tông cốt sợi tự nhiên với thành phần cốt liệu bao gồm cát tự nhiên có đường kính D_{max} = 2.5mm, có bổ sung tro bay của nhà máy nhiệt điện Phả Lại và phụ gia siêu dẻo, kết hợp với chất kết dính là xi măng PC 40 có thể cho ra cường độ mẫu tốt, trung bình 40 MPa khi chịu nén, 8 – 12 MPa khi chịu kéo uốn, và 30 GPa mô đun đàn hồi.
- Khi bổ sung các loại sợi tự nhiên (đay và dừa) vào trong thành phần cấp phối với hàm lượng 1%, 1.5%, và 2% khối lượng xi măng, các đặc trưng cơ học của bê tông thay đổi theo xu hướng khác nhau. Sợi đay cho hiệu ứng tích cực hơn do hai yếu tố: cường độ kéo và mô đun đàn hồi tốt hơn so với sợi dừa, và cường độ dính bám tốt hơn với các gel C-S-H được hình thành trong quá trình ninh kết của vữa xi măng, từ đó mà hiệu ứng cầu sợi được hình thành có hiệu quả hơn. Các đặc trưng cơ học của bê tông cốt sợi đay là tốt hơn so với bê tông cốt sợi dừa.
- Ảnh hưởng của hàm lượng sợi tự nhiên đến cường độ của bê tông cũng được khảo sát đến. Kết quả cho thấy, mặc dù xu hướng không rõ ràng nhưng với hàm lượng sợi 1.5% là giá trị phù hợp để thực hiện việc chế tạo các tấm bê tông gia cố.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu được hỗ trợ tài chính bởi Trường đại học Mỏ - Địa chất qua đề tài cấp Cơ sở T23-33.

Tài liệu tham khảo

Adesina, Adeyemi, 2022. 28 - Performance of Cementitious Composites Incorporating Coconut Fibers as Reinforcement. In *Advances in Bio-Based Fiber*, 645–60. Woodhead Publishing.

Đặng Văn Thanh, Lê Tấn Quỳnh, and Nguyễn Thị Vân Hòa, 2019. Bê Tông Độn Rơm-Phương Pháp Quản Lý Chất Thải Nông Nghiệp Bền Vững. *Tạp chí Khoa học và công nghệ Lâm nghiệp*, số 2: 1-7.

Ferreira, S. R., F. de A. Silva, P. R. L. Lima, and R. D. Toledo Filho, 2015. Effect of Fiber Treatments on the Sisal Fiber Properties and Fiber–Matrix Bond in Cement Based Systems. *Construction and Building Materials* 101:730–40.

Ferreira, S. R., P. R. L. Lima, F. A. Silva, and R. D. Toledo Filho, 2012. Effect of sisal fiber hornification on the adhesion with portland cement matrices. *Matéria (Rio de Janeiro)* 17:1024–34.

Hallonet, Anne, 2016. Développement et caractérisation d'un matériau composite à base de fibres de lin : application au renforcement de structures en béton par collage externe. Phdthesis, Université de Lyon.

Hạnh Cao Lưu Ngọc, Giang Nguyễn Trường, and Nhiều Nguyễn Thành, 2015. Phương pháp gia công hầm ủ biogas từ sợi xơ dừa. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 37: 1–7.

Kouta, Nathalie, Jacqueline Saliba, and Nadia Saiyouri, 2021. Fracture Behavior of Flax Fibers Reinforced Earth Concrete. *Engineering Fracture Mechanics* 241 :107378.

Lima, Paulo R. L., Joaquim A. O. Barros, Alex B. Roque, Cintia M. A. Fontes, and José M. F. Lima, 2018. Short Sisal Fiber Reinforced Recycled Concrete Block for One-Way Precast Concrete Slabs. *Construction and Building Materials* 187 :620–34.

Pedroso, Marco, and Inês Flores-Colen, 2020. The Influence of Dimension and Content of Natural Organic Fibrous Materials on the Multi-Performance of Cement-Based Composites: A Statistical Approach. *Construction and Building Materials* 231 :117175.

Wang, Wenjie, and Nawawi Chouw, 2018. Experimental and Theoretical Studies of Flax FRP Strengthened Coconut Fibre Reinforced Concrete Slabs under Impact Loadings. *Construction and Building Materials* 171:546–57.

ABSTRACT

Natural fibre reinforced concrete: Mechanical properties and applied capacity in infrastructure construction

Tran Manh Tien[1], Do Ngoc Tu[1], Nguyen Nam Hoa[1] , Nguyen Viet Thang[1], Nguyen Thi Tuyet Mai[1]
[1]*Department of Mechanism of Materials, Hanoi University of Mining and Geology*

In Viet Nam, natural fibre-reinforced cementitious matrix (N-FRCM) can be a material solution in some situations and works if research is oriented. This paper presents research results on natural fiber reinforced concrete material, from the types of natural fibres used, mechanical properties of two types of N-FRCM, and applicability to infrastructure construction. The results obtained were the strength of natural fibers commonly used in construction around the world, the compressive strength, flexural tensile strength and Young's modulus of coconut and jute FRCM with different fibre contents ranging from 1%, 1.5% and 2%. From there, the influence of fibre type and fibre content is extracted and analyzed.

Keywords: natural fibre; natural fibre-reinforced cementitious matrix (N-FRCM); compressive strength; flexural tensile strength.

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Nghiên cứu lún bề mặt khi thi công đường hầm mặt cắt ngang hình bán chữ nhật bằng phương pháp đường đặc tính

Nguyễn Tài Tiến[1,*], Phạm Văn Vĩ[1], Vũ Ngọc Tuấn[2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Công ty cổ phần tư vấn xây dựng A2Z*

TÓM TẮT

Xu hướng mới trong thiết kế đường hầm là tối ưu hình dạng mặt cắt ngang để nâng cao hệ số sử dụng diện tích và giảm nội lực trong kết cấu chống. Đường hầm với mặt cắt ngang hình bán chữ nhật có hai đường xe được phát triển theo xu hướng này. Một đường hầm có hai làn xe còn có ưu điểm làm giảm phạm vi ảnh hưởng đến đất đá xung quanh và các công trình trên bề mặt so với phương án hai đường hầm tròn đơn. Ưu điểm này có ý nghĩa lớn, nhất là trong các khu vực đô thị lớn với nhiều công trình trên bề mặt cũng như các công trình dưới mặt đất. Lún bề mặt khi thi công các đường hầm có mặt cắt ngang hình bán chữ nhật đã được một số tác giả nghiên cứu bằng phương pháp giải tích, phương pháp số với mô hình 2D và 3D. Với phương pháp 2D, để mô phỏng quá trình đào, trong nghiên cứu này phương pháp đường đặc tính (CCM) được sử dụng thông qua hệ số giảm ứng suất, λ. Kết quả về lún bề mặt thu được từ mô hình 2D được so sánh với kết quả thu được từ đo đạc hiện trường. Kết quả cho thấy, không thể áp dụng một hệ số giảm ứng suất, λ để thu được một phễu lún vừa đúng về hình dạng và vừa đúng về giá trị lún bề mặt lớn nhất S_{max}. Để thu được hình dạng phễu lún đúng với thực tế thì hệ số giảm ứng suất phải lớn hơn (19%) so với hệ số giảm ứng suất, λ (17,5%) để thu được độ lún lớn nhất phù hợp với thực tế.

Từ khóa: đường hầm bán chữ nhật; lún bề mặt; phương pháp đường đặc tính

1. Đặt vấn đề

Sự phát triển nhanh chóng của các đô thị lớn dẫn tới sự gia tăng các công trình hạ tầng kỹ thuật như đường giao thông, nhà ở. Tuy nhiên, không gian bề mặt rất hạn chế, do vậy sự phát triển không gian ngầm là giải pháp tất yếu để giải quyết vấn đề này. Phương pháp sử dụng máy khoan hầm (TBM-Tunnel Boring Machine) được sử dụng rộng rãi khi xây dựng các tuyến đường hầm trong đô thị vì phương pháp này ít ảnh hưởng đến đất đá xung quanh và ít ảnh hưởng đến các công trình bề mặt, đặc biệt là trong các trường hợp đường hầm nằm nông. Hình dạng mặt cắt ngang phổ biến của đường hầm là hình tròn, tuy nhiên dạng mặt cắt ngang này có nhược điểm là hệ số sử dụng diện tích nhỏ. Tại Việt Nam, các tuyến đường hầm đang được thiết kế và xây dựng đều có cấu hình là hai đường hầm đơn có mặt cắt ngang hình tròn.

Đường hầm có mặt cắt ngang hình bán chữ nhật là sự kết hợp ưu điểm của hình tròn (ứng suất trong kết cấu chống nhỏ) và hình chữ nhật (hệ số sử dụng mặt cắt ngang lớn). Hình dạng này trở thành một phương án mới trong thiết kế các tuyến đường hầm ở các thành phố nơi có mật độ các công trình ngầm lớn. Đường hầm có mặt cắt ngang hình bán chữ nhật được sử dụng chủ yếu ở Trung Quốc tại các tuyến đường hầm số 3, Ning Ba và tuyến đường hầm số 9, Hàng Châu.

Bài toán xác định lún khi thi công các đường hầm thường được thực hiện bằng các phương pháp như phương pháp giải tích và phương pháp số (bài toán 2D và 3D). Với các bài toán xác định lún, độ lún bề mặt thường được xác định theo lời giải của Peck (1969)với đường phễu lún có dạng đường Gauss cho các đường hầm có hình dạng tròn. Cũng trên cơ sở lời giải của Peck (1969) đã có nhiều tác giả xây dựng một lời giải để xác định độ lún bề mặt cho các đường hầm có mặt cắt ngang hình bán chữ nhật như Liu và nnk (2018), Li và nnk, (2023).

Phương pháp số để xác định độ lún bề mặt khi thi công đường hầm thường sử dụng các kỹ thuật mô phỏng 3D để có thể mô hình hóa đầy đủ ảnh hưởng của phương pháp thi công, quá trình thi công và trình tự thi công đến lún bề mặt. Việc sử dụng các kỹ thuật mô phỏng trong không gian ba chiều này đảm bảo độ chính xác cao về kết quả, tuy nhiên chúng đòi hỏi kỹ thuật cao, nhiều tham số đầu vào và thời gian mô phỏng lớn. Phương pháp mô phỏng trong không gian hai chiều (2D) đơn giản hơn về tham số đầu vào và

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyentaitien@humg.edu.vn

quá trình mô phỏng nhanh hơn, phù hợp với các nghiên cứu tính toán sơ bộ khi thiết kế dự án. Để mô phỏng hiệu ứng 3 chiều trong không gian 2 chiều, một vài kỹ thuật được sử dụng như sử dụng hệ số mất thể tích V_L (Volume loss), phương pháp đường đặc tính (CCM – Convergence-Confinement Method) và phương pháp giảm cường độ của đất đá phía trong đường hầm. Các phương pháp kể trên đã sử dụng rộng rãi trong thiết kế kết cấu đường hầm và sử dụng rộng rãi trong các đường hầm có hình dạng mặt cắt ngang hình tròn. Gần đây, khi đường hầm có dạng mặt cắt ngang hình bán chữ nhật được sử dụng phổ biến, các phương pháp này cũng được sử dụng trong tính toán thiết kế dạng đường hầm có mặt cắt ngang này. Liu và nnk, 2018 đã sử dụng hệ số mất thể tích V_L trong xác định độ lún bề mặt khi sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn 2 chiều, FEM để mô phỏng hiệu ứng ba chiều khi thi công đường hầm có mặt cắt ngang dạng bán chữ nhật. Liu và nnk, 2018 đã đề xuất giá trị giới hạn của hệ số mất thể tích theo độ sâu để có thể khống chế giá trị lún bề mặt không vượt quá 30mm. Chưa có nghiên cứu nào sử dụng phương pháp đường đặc tính để nghiên cứu mô phỏng hiệu ứng 3 chiều trên mô hình 2 chiều khi thiết lập mô hình tính toán lún bề mặt khi thi công đường hầm có mặt cắt ngang bán chữ nhật. Do đó, trong nghiên cứu này, dựa trên phương pháp đường đặc tính kết hợp với kết quả đo đạc thực tế tại hiện trường về lún bề mặt tại công trình cụ thể để xác định hệ số giảm ứng xuất (λ) trong phương pháp đường đặc tính.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp đường đặc tính

Hiện nay, phương pháp 2D có thể được sử dụng để mô phỏng hiệu ứng 3D bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Rõ ràng có thể thấy phương pháp 3D thường cho kết quả phân tích chính xác hơn do tính đến nhiều tham số trong quá trình thi công đường hầm. Tuy nhiên, với một dự án thi công công trình ngầm với chiều dài lớn và nhiều dạng mặt cắt ngang, đồng thời đi qua nhiều điều kiện địa chất khác nhau, thì sử dụng bài toán phân tích hai chiều được sử dụng rộng rãi và thuận tiện hơn do tính toán thiết kế nhanh chóng.

Để mô phỏng quá trình đào hầm trong bài toán hai chiều, một phương pháp thường được sử dụng là phương pháp đường đặc tính. Phương pháp đường đặc tính (CCM) cho phép thấy được sự tương tác giữa khối đất đá xung quanh đường hầm và kết cấu chống giữ trong quá trình đào. Biểu hiện với khối đá đàn hồi được xây dựng trong phương pháp CCM lần đầu được nghiên cứu bởi Kirsch (1898) dựa trên bài toán lỗ tròn trong không gian phẳng. Sự xuất hiện của vùng dẻo xung quanh đường hầm đã được Fenner (1938) đề xuất, sau đó các tác giả như Panet and Guenot (1983), Duncan-Fama (1993), Carranza-Torres và Fairhurst (2000) phát triển. Phương pháp đường đặc tính (CCM) được đặt trưng bởi độ hội tụ của đường hầm, độ hội tụ này phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như: trường ứng suất bạn đầu, tính chất cơ học của khối đá, phương pháp xây dựng, loại kết cấu chống giữ, diện tích mặt cắt ngang hầm v.v…

Phương pháp CCM bao gồm 3 đường: 1) Đường đặc tính của khối đá; 2) Đường đặc tính của kết cấu chống và 3) Chuyển vị dọc trục. Đường đặc tính thường được xây dựng theo phương pháp giải tích dựa vào tính chất cơ học của khối đá hoặc dựa trên kết quả đo đạc độ hội tụ biên hầm từ thực tế. Với phương pháp giải tích, đường đặc tính của khối đá được xây dựng trên cơ sở tạo một áp lực giả định từ bên trong trên biên của đường hầm, σ_R, được xác định như sau (Kabwe và nnk, 2020, Svoboda và Mašín, 2010):

$$\sigma_R = (1 - \lambda)\sigma_0 \quad (1)$$

trong đó:

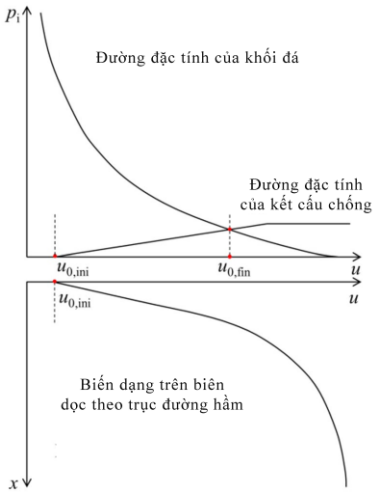
σ_0 – ứng suất nguyên sinh; λ – hệ số giảm ứng suất, giá trị của thay đổi trong khoảng từ 0-1.

Trên cơ sở thay áp lực bên trong hầm σ_R, một mối quan hệ giữa ứng suất và chuyển vị trên biên đường hầm tương ứng với điều kiện đất đá được xác định.

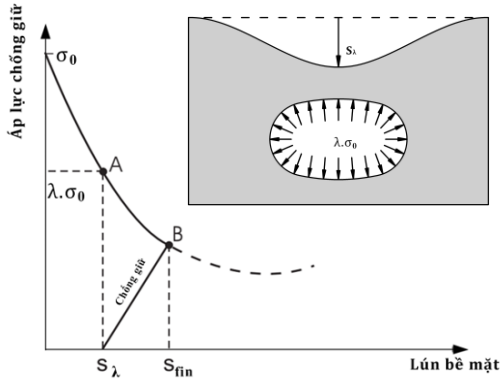
Khi thi công đường hầm, tùy thuộc vào khoảng cách đến gương hầm/ thời điểm lắp dựng kết cấu chống và mối tương quan với đặc tính của khối đất đá xung quanh đường hầm, đường đặc tính của kết cấu chống, giá trị λ được xác định.

Sự phân bố lại ứng suất của khối đất đá xung quanh đường hầm kèm theo là sự biến dạng đất đá vào bên trong đường hầm. Biến dạng này lan truyền dần đến bề mặt đất tạo thành một phễu lún. Hình 2 thể hiện mối tương quan giữa phản lực kết cấu chống với lún bề mặt trên cơ sở phương pháp đường đặc tính (Hình 1), trong đó S_λ là độ lún bề mặt lớn nhất tương ứng với hệ số giảm ứng suất λ và S_{fin} là độ lún bề mặt lớn nhất sau khi lắp đặt kết cấu chống và kết cấu chống làm việc.

Phương pháp này là phương pháp rất phổ biến trong việc mô phỏng quá trình đào hầm khi xây dựng mô hình hai chiều. Sự giảm ứng suất của khối đất đá xung quanh đường hầm là do độ côn của của khiên, khoảng hở giữa đuôi khiên và kích thước bên ngoài của kết cấu chống (khi thi công bằng phương pháp khiên đào) hoặc độ trễ trong việc thi công kết cấu chống tạm (khi thi công bằng phương pháp NATM).



Hình 1. Phương pháp đường đặc tính CCM (Chang và nnk, 2023)

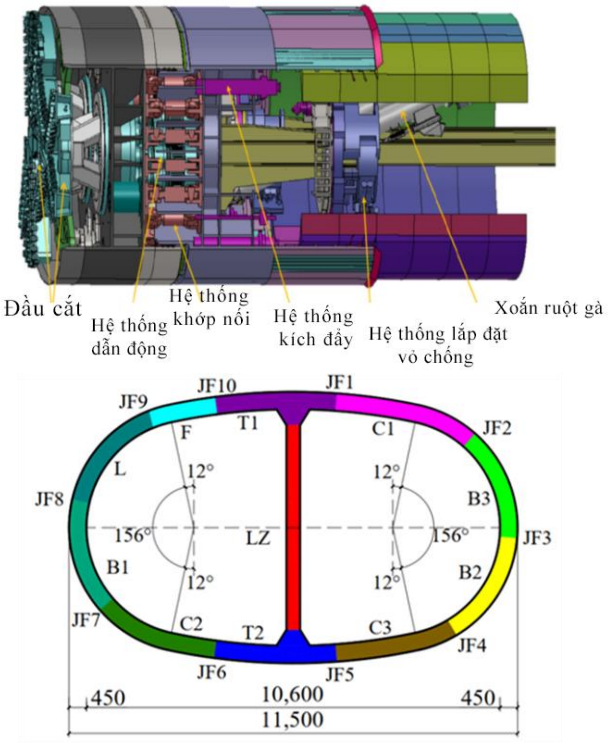


Hình 2. Tương quan giữa lún bề mặt và đường đặc tính

2.2. Mô phỏng số

2.2.1. Khái quát về đường hầm bán chữ nhật

Đường hầm bán chữ nhật có kích thước chiều rộng và chiều cao bên ngoài vỏ chống là 11,5m và 6,937m. Đường hầm được thi công bằng phương pháp sử dụng máy khoan hầm cân bằng áp lực đất EPBM. Kích thước của đầu đào là 11,83m x 7,27m tương ứng với chiều rộng và chiều cao. (Li và nnk, 2022; Wei và nnk, 2019)



Hình 3. Máy đào hầm EPBM và kết cấu chống đường hầm bán chữ nhật (Zhang và nnk, 2020)

Kết cấu chống giữ đường hầm được lắp ghép từ 10 đoạn (JF1 đến JF10) và 1 cột chống bên trong hầm (LZ). Chiều dày của vỏ chống là 0,45m và chiều dày của cột chống là 0,35m. Chiều rộng của mỗi đốt hầm là 1,20m.

Đoạn đường hầm được thi công bằng máy khiên đào hình dạng bán chữ nhật có chiều dài 163,9 m. Độ sâu đặt hầm từ 10,9m ÷ 11,4m. Điều kiện địa chất tại khu vực nghiên cứu được mô tả trong Bảng 1. Đường hầm đi qua các địa tầng chủ yếu là đất pha cát (3), cát với đất pha cát (4) và đất pha cát (5).

Bảng 1. Bảng tính chất cơ lý đất đá khu vực nghiên cứu (Liu và nnk, 2022)

TT	Lớp	Ký hiệu	K_0	γ (kN/m^3)	E_s (MPa)	υ	C (kPa)	φ (°)
1	Lớp phủ	L1	0,50	17,50	3,00	0,33	8,00	15,00
2	Đất pha cát	L2	0,52	19,20	6,00	0,34	4,00	26,00
3	Đất pha cát	L3	0,45	19,20	14,00	0,32	6,00	30,00
4	Cát với đất cát	L4	0,37	19,70	10,00	0,28	5,00	34,00
5	Đất pha cát	L5	0,52	19,40	15,00	0,31	7,00	24,00
6	Bùn sét	L6	0,38	19,90	4,00	0,27	12,00	10,00
7	Sét	L7	0,45	18,20	8,50	0,34	10,00	16,00

2.2.2. Mô phỏng bằng phương pháp phần tử hữu hạn

Phương pháp đường đặc tính CCM được áp dụng trong phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) bằng phần mềm Plaxis 2D. Các tham số về kết cấu chống đường hầm và tính chất cơ học của đất được thể hiện như trong bảng và bảng. Mô hình đất tuân theo mô hình đàn hồi tuyến tính Mohr-Coulomb (MC), do chúng đòi hỏi lượng tham số đầu vào ít và đơn giản để xác định. Mặc dù mô hình đất hóa cứng - Harderning soil (HS) mô phỏng chính xác hơn về lún bề mặt (Çelik, 2017; Chen và Peng, 2018; Miliziano và de Lillis, 2019), tuy nhiên do thiếu tham số về tính chất cơ học của đất về mô hình HS, nên trong nghiên cứu này vẫn sử dụng mô hình MC. Mặt khác, trong các nghiên cứu của Li và nnk (2022), Li và nnk (2023) Liu và nnk (2022) đối với công trình áp dụng với mô hình MC và cho ra các kết quả đảm bảo độ tin cậy cần thiết.

Mô hình có chiều rộng 100m x và 30m chiều cao. Lưới của mô hình là dạng lưới 15 nút, mô hình bao gồm hơn 50.200 nút và 6.200 phần tử. Kết cấu chống được mô phỏng là phần tử dầm, tương tác giữa đất và kết cấu thông qua một bề mặt, đặc trưng bởi hệ số giảm cường độ R_{inner} so với đất xung quanh đường hầm. Trong nghiên cứu này, hệ số R_{inner} =1, tức là đặc tính của lớp này tương tự như đặc tính của lớp đất xung quanh. Điều kiện biên của mô hình được mô tả như sau: 1) đáy của mô hình được cố định theo phương nằm ngang và thẳng đứng; 2) Hai bên của mô hình cố định theo phương thẳng đứng; 3) Phần trên của mô hình dịch chuyển tự do theo 2 phương.

Quy trình mô phỏng trong FEM, được thực hiện theo trình tự như sau:

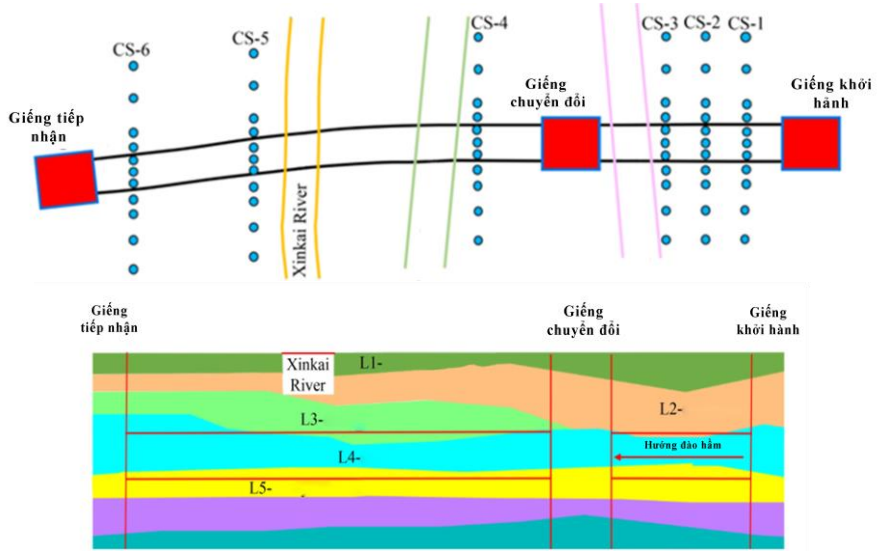
Bước 1: Mô phỏng trạng thái ứng suất ban đầu khi chưa xây dựng trường hầm.

Bước 2: Mô phỏng việc đào đường hầm bằng việc loại bỏ đất bên trong đường hầm và áp dụng hệ số giảm ứng suất trên biên đường hầm (λ).

Bước 3: Kích hoạt kết cấu chống giữ đường hầm.

Bảng 2. Tính chất của vỏ chống bê tông cốt thép

Tham số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Mô hình vật liệu	Đàn hồi tuyến tính	-	-
Mô đun đàn hồi	E	31.000	MPa
Mật độ	γ_c	24	kN/m^3
Chiều dày vỏ chống	t_{lining}	0,45	m
Chiều dày cột	t_{column}	0,35	m



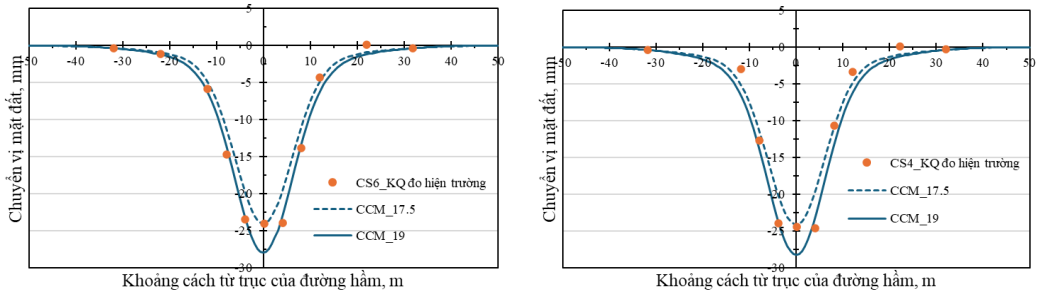
Hình 4. Mặt cắt địa chất tuyến hầm số 3 (Li và nnk, 2023)

3. Kết quả và thảo luận

Trên cơ sở sử dụng phương pháp số cùng với phương pháp sử dụng hệ số giảm ứng suất tương ứng với phương pháp đường đặc tính, kết quả được thể hiện tại Hình 5 ứng với các trường hợp tại vị trí CS6 và vị trí CS4. Kết quả này được so sánh với so sánh với kết quả đo đạc tại hiện trường.

Hình 5a cho thấy ứng với hệ số giảm ứng suất, λ là 17,5%, khi đó độ lún bề mặt lớn nhất tương ứng với độ lún từ kết quả thực tế đo đạc tại hiện trường là 24,2 mm. Tuy nhiên, kích thước của phễu lún lại nhỏ hơn so với kích thước của phễu lún trên thực tế. Tại hệ số giảm ứng suất, λ là 19%, kích thước phễu lún thu được từ kết quả mô phỏng tương ứng với kết quả phễu lún đo đạc tại hiện trường. Tuy nhiên, lúc này độ lún lớn nhất thu được từ kết quả mô phỏng là 27,9 mm tại vị trí trục của đường hầm, kết quả này lớn hơn kết quả đo thực tế. Điều này có thể lý giải như sau, khác với đường hầm có hình dạng tròn, đường hầm có mặt cắt ngang hình bán chữ nhật có phần nóc với độ cong nhỏ, phía đỉnh hầm gần bằng phẳng. Do đó, đất đá ở trên phần nóc đường hầm với mặt cắt ngang hình bán chữ nhật có chuyển vị ít hơn so với đường hầm có mặt cắt ngang dạng tròn, với phần nóc hầm có độ cong (1/R) lớn hơn.

Kết quả tương tự cũng quan sát thấy tại vị trí CS4. Độ lún bề mặt lớn lớn nhất khi áp dụng hệ số giảm ứng suất λ, 17,5% là 24,1 mm và phù hợp với kết quả đo đạc về độ lún lớn nhất tại đỉnh hầm. Hình dạng phễu lún phù hợp với kết quả đo đạc khi hệ số giảm ứng suất, λ là 19%.



Hình 5. So sánh kết quả đo lún thực tế và mô phỏng số
a) Mặt cắt CS6; b) mặt cắt CS4

Có thể thấy rằng, khi sử dụng phương pháp CCM để xác định độ lún bề mặt, để xác định được đúng độ lún bề mặt và hình dạng phễu lún thì cần phải sử dụng 2 tham số khác nhau về hệ số giảm ứng suất, λ. Để xác định đúng hình dạng thì hệ số giảm ứng suất cần lớn hơn (1,5%) so với hệ số giảm ứng suất áp dụng khi xác định độ lún bề mặt lớn nhất.

4. Kết luận

Trên cơ sở nghiên cứu sử dụng phương pháp số, kết hợp với kết quả đo đạc hiện trường của một công trình cụ thể đã rút ra được một số kết luận sau:

Có thể áp dụng phương pháp đường đặc tính (CCM) với hệ số giảm ứng suất λ để xác định độ lún bề mặt. Với điều kiện địa kỹ thuật tại khu vực nghiên cứu, để thu được hình dạng phễu lún tương ứng với thực tế đo đạc, hệ số giảm ứng suất, λ áp dụng là 19%, trong khi đó, để thu được độ lún lớn nhất phù hợp với kết quả đo đạc, thì hệ số giảm ứng suất, λ là 17,5%.

Đường đặc tính của khối đá có thể được xây dựng bằng các phương pháp giải tích, các phương pháp số kết hợp với các kết quả đo đạc hiện trường. Phương pháp đường đặc tính thường áp dụng trong khối đất đá rắn cứng, tuy nhiên cũng có thể được sử dụng để mô phỏng ảnh hưởng quá trình đào với không gian ba chiều trong không gian hai chiều, ngay cả với đất đá yếu.

Hệ số giảm ứng suất, λ áp dụng trong mô phỏng 2D nên được xác định bằng các kết quả đo đạc thực tế hoặc xác định từ các mô phỏng 3D. Trong các nghiên cứu sắp tới, nghiên cứu quá trình đào chống cho đường hầm bán chữ nhật trong không gian ba chiều sẽ được thực hiện với các tham số thực tế khi thi công.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội theo đề tài T23-44. Tác giả thứ hai được tài trợ bởi Chương trình học bổng sau tiến sĩ của Quỹ đổi mới sáng tạo Vingroup (VINIF), mã số VINIF.2023.STS.15.648. Xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ này.

Tài liệu tham khảo

Carranza-Torres, C., & Fairhurst, C., 2000. Application of the Convergence-Confinement method of tunnel design to rock masses that satisfy the Hoek-Brown failure criterion. *Tunnelling and Underground Space Technology*, *15*(2), 187–213-187–213.

Çelik, Ş., 2017. Comparison of Mohr-Coulomb and Hardening Soil Models Numerical Estimation of Ground Surface Settlement Caused by Tunneling. *Journal of the Institute of Science Technology, 7*, 95-102.

Chang, L., Alejano, L. R., Cui, L., Sheng, Q., & Xie, M., 2023. Limitation of convergence-confinement method on three-dimensional tunnelling effect. *Scientific Reports, 13*(1).

Chen, K.-H., & Peng, F.-L., 2018. An improved method to calculate the vertical earth pressure for deep shield tunnel in Shanghai soil layers. *Tunnelling and Underground Space Technology, 75*, 43-66. doi:https://doi.org/10.1016/j.tust.2018.01.027

Duncan-Fama, M. E., 1993. Numerical Modeling of Yield Zones in Weak Rock. In (pp. 49–75-49–75): Elsevier.

Fenner, R., 1938. *Untersuchungen zur erkenntnis des gebirsdruckes.* Paper presented at the Glückauf.

Kabwe, E., Karakus, M., & Chanda, E. K., 2020. Proposed solution for the ground reaction of non-circular tunnels in an elastic-perfectly plastic rock mass. *Computers and Geotechnics, 119*, 103354. doi:https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2019.103354

Kirsch, G., 1898. *Die Theorie der Elastizität und die Bedürfnisse der Festigkeitslehre*: Springer.

Li, P., Dai, Z., Huang, D., Cai, W., & Fang, T., 2022. Impact Analysis for Safety Prevention and Control of Special-Shaped Shield Construction Closely Crossing Multiple Operational Metro Tunnels in Shallow Overburden. *Geotechnical and Geological Engineering, 40*(4), 2127-2144. doi:10.1007/s10706-021-02016-2

Li, P., Liu, X., Jiang, X., Zhang, X., Wu, J., & Chen, P., 2023. Investigation of the first quasi-rectangular metro tunnel constructed by the 0-θ method. *Frontiers of Structural and Civil Engineering, 17*(11), 1707–1722-1707–1722.

Liu, J., Li, P., Kou, X., & Huang, D., 2018. Explorative Application of Peck Formula and Its Modifier Versions in Surface Subsidence Prediction Caused by Quasi-rectangular Tunnel Construction. In (pp. 232–240-232–240): Springer Singapore.

Miliziano, S., & de Lillis, A., 2019. Predicted and observed settlements induced by the mechanized tunnel excavation of metro line C near S. Giovanni station in Rome. *Tunnelling and Underground Space Technology, 86*, 236-246. doi:https://doi.org/10.1016/j.tust.2019.01.022

Panet, M., & Guenot, A., 1983. Analysis of convergence behind the face of a tunnel : Tunnelling 82, proceedings of the 3rd international symposium, Brighton, 7–11 June 1982, P197–204. Publ London: IMM, 1982. *20*.

Peck, R. B., 1969. *Deep excavations and tunnelling in soft ground*.

Svoboda, T., & Mašín, D., 2010. Convergence-confinement method for simulating NATM tunnels evaluated by comparison with full 3D simulations. *Proc. International Conference Underground Construction, Prague*, 795-801.

Wei, G., Zhang, X.-h., Xu, Y.-f., & Wang, Z., 2019. Prediction of Ground Settlement Due to Excavation of a Quasi-Rectangular Shield Tunnel Based on Stochastic Medium Theory. *Geotechnical and Geological Engineering, 37*(5), 3605–3618-3605–3618.

Zhang, W., De Corte, W., Liu, X., & Taerwe, L., 2020. Influence of Rotational Stiffness Modeling on the Joint Behavior of Quasi-Rectangular Shield Tunnel Linings. *Applied Sciences, 10*(23), 8396-8396.

ABSTRACT

Research on surface settlement due to tunneling with a quasi-rectangular cross-sectional shape using the convergence-confinement method

Nguyen Tai Tien[1], Pham Van Vi[1], Vu Ngoc Tuan
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*A2Z Construction Consulting Joint Stock Company*

Recent trends in tunnel design focus on optimizing the cross-sectional shape to enhance the space utilization coefficient and reduce internal forces in the lining. A tunnel with a quasi-rectangular cross-section and two lanes is being developed according to this trend. Such a tunnel reduces the impact on the surrounding ground and surface structures compared to the option of two circular tunnels. This advantage is significant, especially in large urban areas with many surface and underground structures. Surface settlement during the construction of tunnels with a quasi-rectangular cross-section has been studied by several authors using analytical methods and numerical methods with 2D and 3D models. In the 2D method, to simulate the excavation process, this study employs the Convergence-Confinement Method (CCM) through the stress reduction coefficient, λ. The surface settlement results obtained from the 2D model are compared with field measurements. The results indicate that a single stress reduction coefficient, λ, cannot achieve a settlement trough that is both accurate in shape and maximum surface settlement value (Smax). To obtain a settlement trough shape consistent with reality, the stress reduction coefficient must be larger (19%) than the stress reduction coefficient, λ (17,5%), to achieve a maximum settlement value matching the results from field measurements.

Keywords: quasi-rectangular tunnel; settlement; convergence-confinement method

Nghiên cứu tổng quan về vật liệu đá thải-xi măng lấp đầy khoảng trống sau khai thác tại mỏ than hầm lò

Nguyễn Tài Tiến[1,*]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Mục tiêu của bài báo là nghiên cứu tổng quan về vật liệu đá thải-xi măng (CRF), khả năng ứng dụng của chúng trong khai thác hầm lò sử dụng nghiên cứu tổng hợp. Vật liệu đá thải-xi măng (CRF), một loại vật liệu mới bao gồm xi măng Portland, nước và đá thải, đóng một vai trò quan trọng trong khai thác xanh. Chức năng chính của vật liệu đá thải-xi măng là dùng để kiểm soát chuyển dịch địa tầng và sụt lún bề mặt, ngăn chặn hiện tượng nổ đá trong quá trình khai thác. Hơn nữa, quặng đuôi và lượng đá thải trong lò chợ sẽ được giảm thiểu, dẫn đến tăng hiệu quả kinh tế và bảo vệ môi trường. Kết quả cho thấy, các nghiên cứu về vật liệu bê tông đá thải thường bao gồm hai hướng chính: 1- nghiên cứu thành phần vật liệu đá thải-xi măng (cấp phối cốt liệu, loại và hàm lượng chất kết dính, phụ gia khoáng v.v.) và ảnh hưởng của các thành phần này đến tính chất của đá thải-xi măng, 2 -Nghiên cứu ứng dụng vật liệu đá thải-xi măng trong khai thác khoáng sản như đánh giá ảnh hưởng của chúng đến chuyển dịch địa tầng, độ lún bề mặt và độ hội tụ của nóc lò chợ, cũng như ứng suất - biến dạng của trụ bảo vệ lò chợ và trước mặt gương lò chợ. Nhiều nhà nghiên cứu đã chú ý đến các hướng nghiên cứu vật liệu đá thải-xi măng này bằng cách sử dụng các mô hình thực nghiệm, mô hình giải tích và mô hình số.

Từ khóa: vật liệu đá thải-xi măng; lò chợ; ổn định

1. Đặt vấn đề

Khai thác hầm lò liên quan đến việc tạo ra các khoảng trống ngầm (như lò chợ) có thể gây mất ổn định mặt đất khi kích thước lò chợ quá lớn. Điều này có thể ảnh hưởng đến tỷ lệ thu hồi và pha loãng quặng, gây sụt lún mặt đất và dẫn đến các vấn đề nghiêm trọng về an toàn. Mặt khác, hoạt động khai thác mỏ tạo ra một lượng lớn chất thải như đá thải và quặng thải, chúng thường được đưa lên mặt đất, và thường gây ra các vấn đề về môi trường như: chiếm dụng không gian trên bề mặt, thoát nước mỏ có tính axit v.v... Cho đến nay, một số phương pháp đã được phát triển để giải quyết vấn đề này, trong đó giải pháp lấp đầy lò chợ là một giải pháp tối ưu.

Vật liệu đá thải-xi măng (CRF - Cemented Rockfill Material), một loại vật liệu xanh bao gồm xi măng Portland, nước và đá thải, đóng một vai trò quan trọng trong khai thác xanh. Vật liệu đá thải - xi măng (CRF) được sử dụng để kiểm soát chuyển dịch địa tầng và sụt lún bề mặt (Fall, Célestin, Pokharel, & Touré, 2010; Li L., 2014), ngăn chặn nổ đá trong quá trình khai thác (Zhou, Li, Zhang, & R., 2016; Zhu, Xu, Xu, Chen, & Shi, 2017). Ngoài ra, sẽ giảm thiểu hiện tượng quặng đuôi và lượng đá thải trong lò chợ, giúp tăng hiệu quả kinh tế và bảo vệ môi trường (Kesimal, Yilmaz, Ercikdi, Alp, & Deveci, 2005).

Các nghiên cứu về vật liệu đá thải-xi măng thường bao gồm hai hướng chính: 1- nghiên cứu thành phần vật liệu đá thải-xi măng (cấp phối cốt liệu, loại và lượng chất kết dính, phụ gia khoáng v.v.) và ảnh hưởng của các thành phần này đến tính chất của CRF (Wu, et al., 2019; Sainsbury & Sainsbury, 2014; Saw., Prentice, & Villaescusa, 2011), 2 - Nghiên cứu ứng dụng vật liệu CRF trong khai thác khoáng sản, đánh giá ảnh hưởng của vật liệu CRF đến chuyển dịch địa tầng, độ lún bề mặt và sự hội tụ vách trong lò chợ, cũng như ứng suất-biến dạng của trụ bảo vệ và trước gương (Meng, Jixiong, Zhan, Xu, & Peng, 2016; S., et al., 2018; Jixiong, et al., 2011). Nhiều nhà nghiên cứu đã chú ý đến các hướng nghiên cứu vật liệu CRF này bằng cách sử dụng các mô hình thực nghiệm (Lingga & Apel, 2018; Jiang, Fall, Li, & Han, 2019), mô hình giải tích (Meng, Jixiong, Zhan, Xu, & Peng, 2016) và mô hình số (S., et al., 2018; Jixiong, et al., 2011).

Trong nghiên cứu này, tác giả trình bày tổng quan về vật liệu đá thải - xi măng và các kết quả nghiên cứu của các tác giả ở trong và ngoài nước.

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyentaitien@humg.edu.vn



Hình 1. Sơ đồ công nghệ sử dụng vật liệu lấp đầy lò chợ (Li, et al., 2018)

2. Nghiên cứu về vật liệu đá thải - xi măng trong các mỏ hầm lò

2.1. Nghiên cứu tính chất và thành phần vật liệu đá thải-xi măng

Hiện nay có hai cách tiếp cận để cải thiện vật liệu CRF. Cách tiếp cận đầu tiên là cải thiện độ bền của hỗn hợp bằng cách cải thiện đặc tính liên kết của vữa xi măng và bề mặt tiếp xúc. Cách tiếp cận thứ hai là tăng mật độ của hỗn hợp bằng cách giảm lỗ rỗng, cải thiện phân bố kích thước lỗ rỗng và tối ưu hóa phân bố thành phần hạt. Cách tiếp cận này dựa trên thừa nhận rằng bề mặt tiếp xúc và lỗ rỗng cấu trúc là điểm yếu của vật liệu này và độ bền của độ bền của cốt liệu lớn hơn nhiều so với cường độ của hỗn hợp CRF. Vật liệu sử dụng đá thải trong khai thác có xu hướng bị nứt và có độ bền khác so với vật liệu vữa xi măng. Sự khác biệt giữa vật liệu CRF và bê tông là thành phần cốt liệu có nguồn gốc là đá thải.

Vật liệu đá thải-xi măng bao gồm các cốt liệu đã qua sàng, nghiền hoặc không qua sàng (Hình 2), được phủ bằng một lớp vữa dính kết với hàm lượng xi măng tổng thể từ 4-6%, tạo ra vật liệu có độ bền nén từ 1 MPa đến 6 MPa. Hàm lượng chất dính kết nhỏ hơn 4% không phù hợp để chất dính kết phủ lên cốt liệu. Khi hàm lượng lớn hơn 6% tính kinh tế sẽ thấp hơn, nhất là đối với phương pháp khai thác lộ thiên. Hàm lượng chất dính kết cao hơn có thể được sử dụng cho phương pháp khai thác hầm lò, lấp đầy các lò chợ với mục đích tăng độ ổn định của mỏ. Sự tương thích giữa xi măng và đá thải mỏ chưa có nhiều nghiên cứu chi tiết.

CRF có khả năng chịu áp lực chủ động, không chỉ chống giữ mà còn cải thiện độ ổn định của đá xung quanh. Tuy nhiên, việc kiểm soát chất lượng của vật liệu CRF và sự phân tầng của chúng tương đối khó khăn. Các thông số quan trọng đối với độ ổn định của vật liệu CRF bao gồm hướng dâng lấp đầy lò chợ, hàm lượng chất kết dính, phân bố kích thước hạt, tỷ lệ nước trên chất kết dính, sự phân tách, phương pháp đổ.

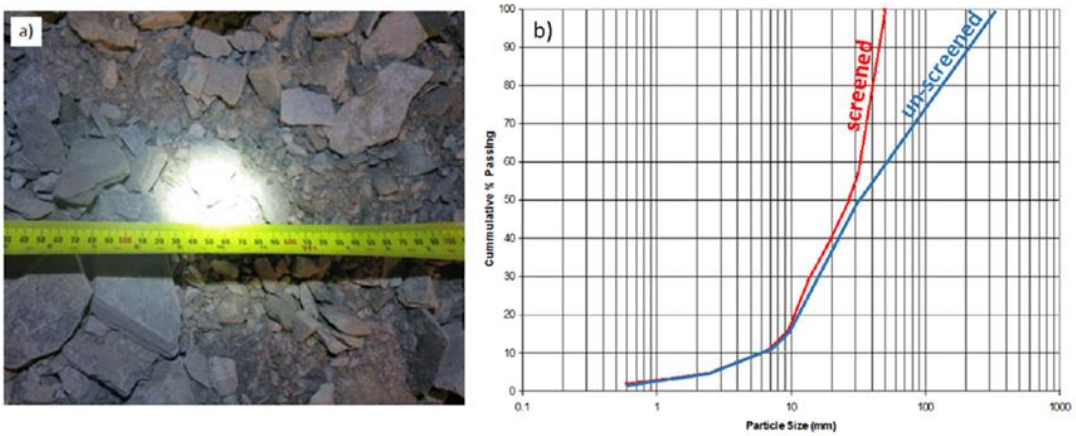


(a) (b)

Hình 2. Đá thải tự nhiên và đá thải đã nghiền sàng

Đá thải dùng cho mục đích lấp đầy khoảng trống là đá thải chưa trải qua quá trình thay đổi cấp hạt. Do kích thước hạt tối đa của đá thải của các mỏ điển hình tương đối lớn (200-400mm), việc thí nghiệm vật liệu đá thải-xi măng trong phòng thí nghiệm gặp nhiều khó khăn. Nếu không thực hiện các thí nghiệm với mẫu có kích thước lớn (xấp xỉ 500mm), rất khó có thể thu được các kết quả chính xác về độ bền và biểu hiện biến dạng của vật liệu CRF. Tuy nhiên, vẫn có thể thu được các kết quả quan trọng bằng các thí nghiệm thông thường trên các mẫu có kích thước nhỏ (150mm) với biểu đồ cỡ hạt đã được hiệu chỉnh để giảm thiểu hiệu ứng tỷ lệ mẫu.

Sainsbury, 2014 đã thực hiện nghiên cứu về ảnh hưởng của thời gian đóng rắn và hàm lượng chất dính kết đến độ bền nén đơn trục của vật liệu CRF tại mỏ Ballarat, Úc. Đá thải điển hình được lấy và sàng để loại bỏ các hạt có đường kính lớn hơn 50mm, đảm bảo kích thước hạt tối đa với kích thước mẫu với tỷ lệ 1:3, (hình 3). Kết quả cho thấy rằng độ bền nén đơn trục tăng khi hàm lượng xi măng từ 3% lên 5%, cường độ của mẫu tăng khi thời gian đông kết từ 7 đến 28 ngày, cường độ mẫu với tỷ lệ đường chiều cao/đường kính (H/D) mẫu là 2:1 bằng 70% so với mẫu có tỷ lệ H/D là 1:1.



Hình 3. Đá thải tại hiện trường và đường cong phân bố cỡ hạt trước và sau khi sàng (Sainsbury, 2014)

Saw và nnk, 2011 đã nghiên cứu đặc tính của vật liệu CRF tại mỏ Niken Cosmos ở Úc. Tính chất vật lý của đá thải, chất dính kết, lượng nước và ảnh hưởng của chúng đến tính chất cơ học của vật liệu CRF tại các nhiệt độ, độ ẩm và thời gian đông kết khác nhau đã được thực hiện. Trong nghiên cứu này, đá thải đã được nghiền và sàng từ khu mỏ được phân tích về trọng lượng riêng, mật độ, hàm lượng nước, mức độ hấp thụ nước và phân tích thành phần phân bố cỡ hạt (Hình 4).

Thông thường, với vật liệu CRF, các hạt có kích thước nhỏ hơn 10mm được coi là cốt liệu mịn, đối với mỏ Cosmos tỷ lệ thành phần chứa 30-35% cốt liệu mịn và 65-70% cốt liệu thô. Đường cong phân bố kích thước hạt của đá thải ở mỏ Niken Cosmos phù hợp với lý thuyết phân loại Talbot với chỉ số mũ thay đổi, "n" - chỉ số Talbot bằng 0,45. (một phân loại phù hợp với vật liệu CRF).

$$\frac{M}{M_t} = \left(\frac{d}{d_{\max}}\right)^n \quad (1)$$

Với d_{max} - Kích thước hạt lớn nhất; d - Kích thước hạt đang xét; M - Khối lượng của hạt có kích thước nhỏ hơn hoặc bằng d; M_t - Tổng khối lượng của các hạt.

Mẫu thí nghiệm được đổ vào các khuôn hình trụ có kích thước 400x800mm và 500-1000mm (đường kính x chiều cao mẫu). Từ kết quả thí nghiệm, tác giả chỉ ra rằng với hàm lượng xi măng 3% theo thể tích, thì vật liệu CRF đã đạt được cường độ tối thiểu cần thiết (2,3 MPa với hệ số án toàn 2). Hàm lượng vữa xi măng càng lớn thì cường độ nén đơn trục của vật liệu CRF càng lớn. Sự phát triển cường độ của vật liệu CRF phụ thuộc nhiều vào tính chất vật lý, cơ học của đá thải, thời gian đông kết, độ ẩm, nước, tỷ lệ nước/xi.

Vennes Issac, 2014 nghiên cứu độ bền của của vật liệu CRF bằng thí nghiệm nén đơn trục với tỷ lệ lớn trong điều kiện hiện trường tại mỏ Nicken, Birchtree, Canada. Trong nghiên cứu, Vennes thực hiện chế tạo mẫu thử có đường kính 375mm và chiều cao 750mm. Các mẫu được xây dựng: 1) Mẫu với đường cong vật liệu Talbot 5''; 2) Mẫu với đường cong vật liệu Talbot 3''; 3) Mẫu với cốt liệu chưa qua sàng. Kết quả chỉ ra rằng độ bền nén đơn trục của mẫu với cốt liệu chưa qua sàng nhỏ hơn mẫu với vật liệu qua sàng.

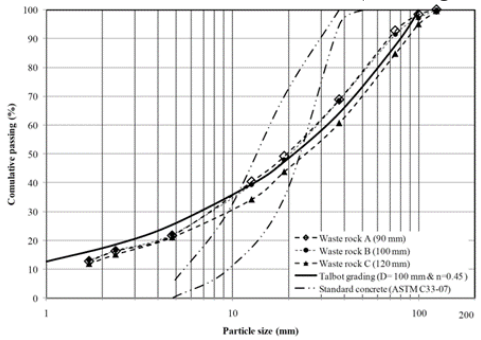
Theo nghiên cứu của Peterson và nnk, 1988, hàm lượng hạt mịn ảnh hưởng đến cường độ CRF, trong khi mẫu hạt cốt liệu chưa qua sàng hàm lượng hạt mịn chiếm 19%, với mẫu với cốt liệu được qua sàng lần

lượt là 35% và 27%. Độ mịn cao làm giảm cường độ theo hai cách: các hạt thô hơn bị bão hòa trong hỗn hợp xi măng - cát; và đòi hỏi tỷ lệ W:C trong vữa để trộn đều hỗn hợp.

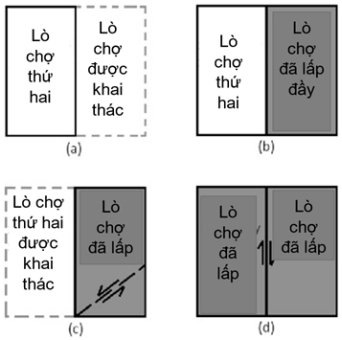
Vennes, 2014 chỉ ra rằng cường độ tăng 90% khi hàm lượng chất dính kết tăng từ 4% lên 5%. Hai phương pháp trộn được sử dụng trong mỏ Birchtree, phương pháp 1 chất kết dính được phun lên thùng chứa cốt liệu, sau đó hỗn hợp cốt liệu và chất kết dính được đổ vào lò chợ, nhờ độ rung khi di chuyển của thùng chứa cốt liệu và hỗn hợp này được xáo trộn khi đổ vào lò chợ. Phương pháp 2: cốt liệu được đổ vào hố, chất kết dính được phun lên cốt liệu trong hố và máy xúc sẽ trộn cốt liệu và vữa trong hố để tạo ra vật liệu CRF, sau đó được đổ vào lò chợ. Kết quả thí nghiệm cho thấy, với phương pháp 2 cho kết quả độ bền nén của mẫu cao hơn so với phương pháp 1. Vật liệu CRF cần thời gian bảo dưỡng dài để đạt được cường độ tối đa. Cường độ của vật liệu CRF tại thời điểm 4 tuần tăng 60% so với cường độ vật liệu ở 2 tuần tuổi.

Lingga và Apel, 2018 đã nghiên cứu đặc tính chống cắt của vật liệu CRF thông qua các thí nghiệm cắt trực tiếp và thí nghiệm nén ba trục với các mẫu với đường kính x chiều cao 152,4 mm × 304,8 mm (6 in × 12 in). Các mẫu được chế tạo từ cốt liệu đá thải với kích thước hạt lớn nhất là 50,8mm (2in), cỡ hạt đã được cấp phối và tỷ lệ theo khối lượng giữa cốt liệu thô và cốt liệu mịn (<10mm) là 40:60%. Cấp phối cốt liệu phù hợp theo phương pháp của Talbot với hệ số mũ "n"=0,35. Tám mẫu với hai thành phần cấp phối khác nhau được xây dựng với tỷ lệ xi măng trên cốt liệu lần lượt là 4,5% và 10,5%. Mô hình mô phỏng vật liệu lấp đầy chịu cắt trong lò chợ được thể hiện trên hình 5.

Tương tác trong khai thác hầm lò có thể chia thành 2 dạng: 1) Tiếp xúc giữa CRF và CRF, có thể đánh giá bằng thí nghiệm cắt trực tiếp, sử dụng tiêu chí về độ bền cắt của Barton . 2) Liên kết giữa các hạt trong vật liệu CRF có thể đánh giá bằng thí nghiệm nén 3 trục. Từ thí nghiệm cho thấy, mẫu có cường độ nén đơn trục cao hơn (xi măng 10,5%) thường có lực dính cao hơn, nhưng có góc ma sát trong thấp hơn so với mẫu có độ bền nén đơn trục nhỏ hơn (xi măng 4,5%).



Hình 4. Biểu đồ phân bố cỡ hạt của đá thải (Saw., Prentice, và Villaescusa, 2011)



Hình 5. Trình tự khai khác (Lingga & Apel, 2018)

Các nghiên cứu được thực hiện bởi Wang và nnk, (2001), Benzaazoua và nnk, (2004), chỉ ra rằng các tạp chất trong nước để trộn hỗn hợp vữa xi măng có thể làm giảm cường độ vật liệu CRF. Mức độ giảm cường độ có thể thay đổi theo loại đá thải và liều lượng chất kết dính được sử dụng. Trong một số trường hợp nhất định, nước thải mỏ có thể được sử dụng cho mục đích chế tạo vật liệu CRF bằng cách hòa trộn nó với nước sạch. Tuy nhiên, cần phải xác định việc sử dụng các loại nước thải mỏ có dẫn đến giảm cường độ hay không và đánh giá mức độ giảm cường độ với tính hiệu quả về mặt kinh tế.

2.2. Nghiên cứu ảnh hưởng vật liệu lấp đầy đến ổn định lò chợ và địa tầng

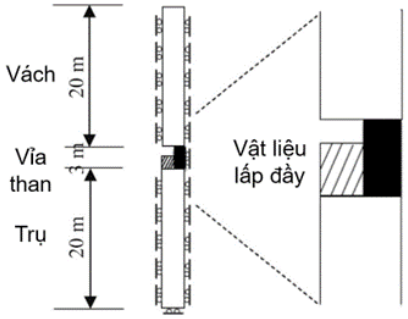
Các nghiên cứu trên thế giới khi nghiên cứu ảnh hưởng của vật liệu lấp đầy đến độ ổn định của lò chợ và địa tầng thường sử dụng phương pháp giải tích và phương pháp số kết hợp với kiểm chứng mô hình thực tế. Với các phương pháp số, các tính chất vật liệu lấp đầy, vật liệu CRF, tỷ lệ lấp đầy lò chợ …cùng với các tính chất của đất đá xung quanh được mô phỏng trong phần mềm số, từ đó thu được kết quả. Một vài các kết quả nghiên cứu được trình bày sau đây liên quan đến vấn đề ổn định lò chợ cũng như địa tầng phía trên lò chợ.

Zhang và nnk, 2016 nghiên cứu ứng dụng vật liệu lấp đầy được chế tạo từ đá thải, cát và một số loại vật liệu khác, để làm giảm hiện tượng sập mái và giảm khả năng sập vỡ gương lò chợ. Trong nghiên cứu, Zhang đã nghiên cứu tỷ lệ chiều cao giữa vật lấp đầy chiều cao của gương lò chợ (φ_k) để kiểm soát tác động đến nóc lò chợ dựa trên ba điều kiện: 1) không có tiếp xúc giữa vật liệu lấp đầy và nóc lò chợ trước khi mái bị sập; 2) Có tiếp xúc giữa vật liệu lấp đầy và nóc lò chợ trước khi mái sập; 3) Nóc không bị sập.

Bằng cách đơn giản hóa vỉa than và vật liệu lấp đầy như một nền đàn hồi và nóc lò chợ như là một dầm, các mô hình cơ học của nóc lò trong các điều kiện khác nhau đã được phát triển để xác định khoảng thời gian sập, năng lượng biến dạng tích lũy trước khi sập và sự giải phóng năng lượng biến dạng, thế năng đối

với tỷ lệ lấp đầy khác nhau. Dựa trên dữ liệu thử nghiệm, Zhang (2016) chỉ ra rằng với tỷ lệ lấp đầy φ_k<82,5% , chỉ có tác dụng làm giảm nguy cơ sập đổ nóc lò chợ, không ngăn được các hiện tượng nổ, sập gương lò chợ. Khi tỷ lệ lấp đầy 82,5%≤ φ_k <93%, thì có tác dụng giảm rõ rệt các hiện tượng trên. Khi tỷ lệ lấp đầy φ_k>93%, nguy cơ nổ, sập nóc lò và gương chợ là tối thiểu. Kết quả nghiên cứu được áp dụng tại mỏ than Jisan, Trung Quốc với tỷ lệ lấp đầy φ_k <=96,4%, cho thấy hệ số tập trung ứng suất giảm 1,44 lần (Zhang, 2016).

Mo và nnk, 2018 đã thực hiện các mô phỏng số để nghiên cứu tác động của vật liệu lấp đầy đến cường độ của trụ bảo vệ trong các mỏ than với lò chợ dài (hình 6). Trong nghiên cứu, Mo và nnk (2018) mô phỏng 2 dạng vật liệu lấp đầy: có lực dính kết và không có lực dính kết; đồng thời mô phỏng thay đổi tỷ lệ giữa kích thước trụ bảo vệ và chiều cao của lò chợ.



Hình 6. Mô hình trụ than với vật liệu lấp đầy (Mo và nnk, 2018)

Kết quả nghiên cứu cho thấy biểu hiện của trụ bảo vệ rất đa dạng phụ thuộc vào loại và lượng vật liệu cũng như tỷ lệ giữa chiều rộng trụ bảo vệ với chiều cao của lò chợ (WxH). Trong trường hợp vật liệu lấp đầy có tính dính kết, với tỷ lệ lấp đầy 75% độ bền nhất tăng đáng kể và tăng rõ rệt hơn đối với các trụ bảo vệ có tỷ lệ WxH nhỏ hơn. Độ bền dư của trụ bảo vệ tăng lên cùng với sự gia tăng cường độ của vật liệu lấp đầy (Mo và nnk, 2018).

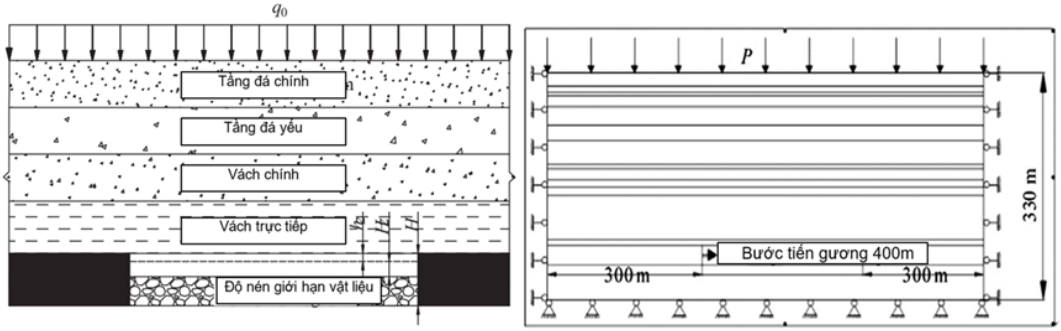
Trong trường hợp vật liệu lấp đầy không có tính dính kết, sự thay đổi về độ bền lớn nhất và độ bền dư không đáng kể khi tỷ lệ lấp đầy nhỏ hơn 92%, độ bền lớn nhất và độ bền dư tăng liên tục và đạt đến giá trị cực đại khi tỷ lệ lấp đầy đạt giá trị 100%.

Zhang và nnk, 2011 đã trình bày một phân tích số (UDEC2D) để nghiên cứu chuyển dịch của địa tầng với các mô đun đàn hồi khác nhau (1 GPa đến 20 GPa) của vật liệu lấp đầy từ vật liệu thải và tro bay (hình 7). Để mô phỏng chiều cao của lò chợ trong phần mềm số, Zhang và nnk, đã trình bày một phương pháp xác định chiều cao lò chợ tương đương (H_Z), như sau:

$$H_Z = h_d + h_w + k(H - H_d - h_w) \quad (2)$$

Với: h_d - Độ lún của nóc lò chợ trước khi lò chợ được lấp đầy (m); h_w - Chiều cao phần lò chợ không được lấp đầy (m); H - Chiều cao lò chợ (m); k - Hệ số nén vật liệu lấp đầy từ 6,6% đến 12,1% .

Kết quả cho thấy rằng sự gia tăng mô đun đàn hồi của vật liệu lấp đầy (E) sẽ kéo theo sự giảm ứng suất theo phương thẳng đứng ở phía trước gương lò chợ và làm giảm độ lún tối đa (độ hội tụ) của nóc lò chợ. Hệ số nén vật liệu lấp đầy ảnh hưởng lớn đến chiều dày tương đương của lò chợ trong mô phỏng. Chiều dày tương đương có thể giảm bằng cách tăng hệ số mật độ của vật liệu lấp đầy.



Hình 7. Mô hình hóa lò chợ với vật liệu lấp đầy trong phân tích số (Jixiong và nnk, 2011)

3. Kết luận

Vật liệu đá thải - xi măng (CRF) là một loại vật liệu lấp đầy sử dụng trong khai thác, dùng để lấp đầy khoảng trống sau khai thác của lò chợ. Việc ứng dụng vật liệu CRF có tác dụng nâng cao độ ổn định của

địa tầng, lò chợ và giảm độ lún bề mặt, đồng thời giảm lượng đá thải đưa lên trên mặt đất gây ô nhiễm môi trường và chiếm dụng không gian bề mặt. Một số nghiên cứu trên thế giới đưa ra một số kết luận sau:

- Hàm lượng xi măng trong vật liệu tăng sẽ làm tăng cường độ của vật liệu CRF, tuy nhiên hàm lượng này chỉ nên lấy trong khoảng từ 4-6%;
- Phương pháp và hướng lấp đầy, kích thước lò chợ ảnh hưởng đến sự phân tầng trong vật liệu CRF trong lò chợ, dẫn đến cường độ của vật liệu đá CRF trong lò chợ không đồng đều;
-Tỷ lệ lấp đầy và tính chất vật liệu CRF càng cao (mô đun đàn hồi, cường độ nén đơn trục) thì áp lực lên lò chợ càng nhỏ, ổn định địa tầng càng lớn.

Tuy có nhiều ưu điểm nhưng vật liệu CRF cũng có một số nhược điểm như: Chi phí vận hành cao, khó khan trong việc lấp đầy hoàn toàn lò chợ, sự phân tầng trong vật liệu, việc thi công không tốt sẽ làm giảm độ bền, có thể gây nguy hại đến lò chợ liền kề. Do đó, cần có nghiên cứu sâu hơn để có thể làm giảm chi phí vận hành, tối ưu hóa quá trình thi công, tối ưu hóa thành phần vật liệu v.v… đối với từng mỏ cụ thể.

Tài liệu tham khảo

Benzaazoua, M., Fall, M., & Belem, T., 2004. A contribution to understanding the hardening process of cemented pastefill. *Minerals Engineering*, 17(2), 141-152. doi: 10.1016/j.mineng.2003.10.022

Fall, M., Célestin, J., Pokharel, M., & Touré, M., 2010. A contribution to understanding the effects of curing temperature on the mechanical properties of mine cemented tailings backfill. *Engineering Geology*, 114(3), 397–413.

Jiang, H., Fall, M., Li, Y., & Han, J., 2019. An experimental study on compressive behaviour of cemented rockfill. *Construction and Building Materials*, 213(20), 10-19. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.04.061

Jixiong, Z., Qiang, Z., Yanli, H., Jinwei, L., Nan, Z., & Dongfeng, Z., 2011. Strata movement controlling effect of waste and fly ash backfillings in fully mechanized coal mining with backfilling face. *Mining Science and Technology* (China), 21(5), 721-726. doi: 10.1016/j.mstc.2011.03.003

Kesimal, A., Yilmaz, E., Ercikdi, B., Alp, I., & Deveci, H., 2005. Effect of properties of tailings and binder on the short-and long-term strength and stability of cemented paste backfill. *Materials Letters*, 59(28), 3703–3709.

Li, J., Huang, Y., Qiao, M., Chen, Z., Song, T., Kong, G., Guo, L., 2018. Effects of Water-Soaked Height on the Deformation and Crushing Characteristics of Loose Gangue Backfill Material in Solid Backfill Coal Mining. *Processes*, 6(64). doi:10.3390/pr6060064

Li, L., 2014. Generalized Solution for Mining Backfill Design. *International Journal of Geomechanics*, 14(3). doi:10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0000329

Lingga, B. A., & Apel, D. B., 2018. Shear properties of cemented rockfills. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 10(4), 635-644. doi: 10.1016/j.jrmge.2018.03.005

Meng, L., Jixiong, Z., Zhan, L., Xu, Z., & Peng, H., 2016. Mechanical analysis of roof stability under nonlinear compaction of solid. *International Journal of Mining Science and Technology*, 26(5), 863-868. doi: 10.1016/j.ijmst.2016.05.029

Peterson, S., Szymanski, J., & Planeta, S., 1998. A Statistical Model for Strength Estimation of Cemented Rockfill in Vertical Block Mining. *MINEFILL '98 - The Sixth International Symposium on Mining with Backfill*. Brisbane, Queensland.

Mo S., Canbulat I., Zhang C., Oh J., Shen B., Hagan P., 2018. Numerical investigation into the effect of backfilling on coal pillar strength in highwall mining. *International Journal of Mining Science and Technology*, 28(2), 281-286. doi: 10.1016/j.ijmst.2017.07.003

Sainsbury, D., & Sainsbury, B., 2014. Design and implementation of cemented rockfill at the Ballarat Gold Project. In Y. Potvin, & T. Grice (Ed.), Mine Fill 2014*: Proceedings of the Eleventh International Symposium on Mining with Backfill*, (pp. 205-216). Perth. doi:10.36487/ACG_rep/1404_15_Sainsbury

Saw., H. A., Prentice, S., & Villaescusa, E., 2011. Characterisation of cemented rock fill materials for the Cosmos nickel mine, Western Australia. *International Conference on Advances in Construction Materials through Science and Engineering*. Hong Kong.

Vennes, I., 2014. Determination of Cemented Rockfill Strength with Large Scale UCS Tests under In-Situ Conditions. Quebec, Canada: Master's Thesis.

Wang, C., & Villaescusa, E., 2001. Influence of water salinity on the properties of cemented tailings backfill. *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, Section A: Mining Technology*, 110(1), 62-65. doi:10.1179/mnt.2001.110.1.62

Wu, J., Feng, M., Ni, X., Mao, X., Chen, Z., & Han, G., 2019. Aggregate gradation effects on dilatancy behavior and acoustic characteristic of cemented rockfill. *Ultrasonics*, 92, 79–92. doi:

10.1016/j.ultras.2018.09.008

Zhang, J., Li, B., Zhou, N., & Zhang, Q., 2016. Application of solid backfilling to reduce hard-roof caving and longwall coal face burst potential. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 88, 197-205. doi: 10.1016/j.ijrmms.2016.07.025

Zhou, N., Li, M., Zhang, J., & R., &. G., 2016. Roadway backfill method to prevent geohazards induced by room and pillar mining: a case study in Changxing coal mine. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(12), 2473–2484.

Zhu, W., Xu, J., Xu, J., Chen, D., & Shi, J., 2017. Pier-column backfill mining technology for controlling surface subsidence. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 96, 58–65.

ABSTRACT

An overview of cemented rockfill material for filling underground voids in coal mines

Nguyen Tai Tien[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

The aim of this paper is to provide an overview of waste rock-cement materials and their applicability in underground mining, focusing on upstream studies. Cemented rockfill material (CRF), a new green material composed of Portland cement, water and waste rocks, plays a crucial role in green mining. The main functions of cemented rockfill material are used to control the strata movement and surface subsidence, to prevent the rock burst in the mining process. Moreover, the tailing in stope and the amount of waste rock in stope will be minimized, leading to increased economy efficiency and environmental protection. The results show that studies on cemented rockfill material usually include two main directions: 1- study of components of cemented rockfill material (aggregate gradation, the type and amount of binder, mineral admixtures etc.) and influence of these components on CRF's properties, 2 -Research on the application CRF material in mining, assessing the effect of CRF material on strata movement, surface settlement and roof convergence in stope, as well as the stress-strain of stope pillars and in front of the working face. Many researchers paid attention to these research directions CRF material by using experimental models, analytical models and numerical models.

Keywords: cemented rockfill material; stability; stope

Nghiên cứu ảnh hưởng của độ cứng sàn đến chuyển vị đỉnh kết cấu nhà cao tầng bê tông cốt thép

Phạm Văn Tuấn[1], Đặng Văn Phi[2,*], Bùi Văn Đức[2], Bùi Ngọc Tú[3], Trương Văn Đoàn[4]
[1]*Công ty cổ phần Kiến trúc Modern House*
[2]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[3]*Kumagai Gumi Co., Ltd*
[4]*Trường Đại học Thủy Lợi*

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng độ cứng của các loại sàn tới chuyển vị của kết cấu nhà nhiều tầng bê tông cốt thép toàn khối đã được phân tích và đánh giá. Các phương án sàn đã được sử dụng bao gồm sàn bê tông cốt thép thường (BTCTT) với chiều dày sàn thay đổi từ 190mm đến 310mm ; và sàn rỗng VRO với chiều dày 230mm và 310mm. Bài báo đã sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn dựa trên phần mềm ETABS để phân tích chuyển vị và nội lực kết cấu của công trình. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, khi độ cứng của sàn tăng, chuyển vị của công trình có xu hướng giảm. Trong đó, khi chiều dày của sàn BTCTT tăng từ 190mm lên 310mm, chuyển vị đỉnh của công trình giảm từ 14,10mm xuống còn 11,90mm. Bên cạnh đó, khi chiều dày của sàn rỗng VRO tăng từ 230mm lên 310mm, độ cứng của công trình giảm từ 84,73mm xuống còn 82,36mm. Ngoài ra, với chiều dày sàn không thay đổi, sàn rỗng VRO gây ra chuyển vị của công trình lớn hơn so với sàn BTCTT, điều này là do sàn VRO có độ cứng thấp hơn sàn BTCTT. Hơn nữa, khi độ cứng của sàn tăng, chu kỳ dao động của công trình có xu hướng giảm đối với cả hai phương án sàn BTCTT và sàn rỗng VRO.

Từ khóa: độ cứng; sàn bê tông cốt thép; sàn VRO; chuyển vị

1. Đặt vấn đề

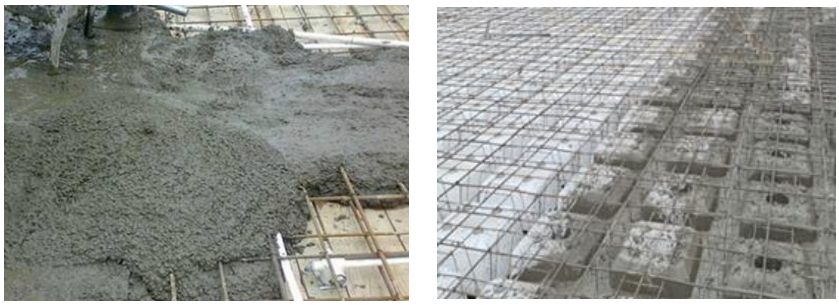
Kết cấu sàn là bộ phận kết cấu quan trọng trong nhà nhiều tầng, chúng có vai trò tiếp nhận và truyền tải trọng từ sàn xuống hệ dầm và cột, và đảm bảo tính ổn định của toàn bộ công trình. Một số loại kết cấu sàn phổ biến được sử dụng trong các công trình nhà cao tầng hiện nay như: sàn bê tông cốt thép toàn khối, sàn bê tông dự ứng lực, sàn lắp ghép, sàn thép, sàn composite, .v...vv. Việc lựa chọn loại kết cấu sàn cho công trình phụ thuộc vào nhiều yếu tố như chiều dài nhịp, bước cột, tải trọng, chi phí, thời gian thi công, và yêu cầu thiết kế cụ thể của từng dự án. Mỗi loại kết cấu sàn đều có những ưu điểm và nhược điểm riêng, do đó việc lựa chọn phương án sàn cho công trình cần được xem xét kỹ lưỡng để đảm bảo tính an toàn, hiệu quả kinh tế và thẩm mỹ cho các công trình.

Sàn bê tông cốt thép thường (BTCTT) là kết cấu đã được sử dụng khá phổ biến trong xây dựng công trình (Hình 1a). Sàn BTCTT có khả năng chịu lực tốt và bền vững với thời gian, tuy nhiên sàn BTCTT có trọng lượng bản thân lớn, khả năng cách âm và cách nhiệt kém. Hiện nay, một số loại sàn bê tông cốt thép lõi rỗng đang được các chủ đầu tư xây dựng công trình quan tâm và áp dụng, nhằm mục đích giảm khối lượng bê tông và khối lượng thép cho kết cấu công trình. Những loại sàn này thường được sử dụng kết hợp với các vật liệu nhẹ như bóng nhựa, hộp nhựa, hộp xốp, v.v., để đặt vào vị trí giữa của chiều dày sàn. Trong đó, sàn rỗng lõi xốp VRO (Void-Reducing Optimized Slab), lõi xốp (Foam) được chế tạo từ các loại vật liệu nhẹ như polystyrene hoặc polyurethane, lõi xốp được đặt vào giữa hai lớp bê tông cốt thép của sàn để giảm trọng lượng tổng thể của sàn, đồng thời vẫn duy trì được khả năng chịu lực cần thiết (Hình 1b). Tuy nhiên, việc tính toán sàn lõi rỗng tương đối phức tạp và chưa có tiêu chuẩn tính toán cụ thể.

Trong quá trình phân tích, sàn được giả thiết là tuyệt đối cứng trong mặt phẳng của chúng, giả thiết này đã được áp dụng khá phổ biến trong các phương pháp tính toán hệ kế cấu nhà cao tầng, nhưng chưa phản ánh đầy đủ sự làm việc thực tế của hệ kết cấu sàn, đặc biệt là các loại sàn lõi rỗng. Tác giả (Nguyễn Hữu

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: dangvanphi@humg.edu.vn

Việt, 2009) báo cáo rằng, kết cấu sàn có độ cứng hữu hạn khi kết cấu công trình chịu tác dụng tải trọng ngang. Tác giả chỉ ra rằng, khi chiều dày sàn tăng từ 0,15 – 0,25m thì chuyển vị của kết cấu vách giảm từ 20 - 30%. Các tác giả (Thái Mạnh Cường và Hoàng Đức Thắng, 2023) báo cáo rằng ứng suất và chuyển vị trong sàn phẳng lõi rỗng phụ thuộc vào loại mô hình tính, trong đó mô hình tính Wall cho kết quả gần với thực tế hơn so với mô hình Solid và mô hình Slab. Tác giả (Mahdi và Ismael, 2021) đã nghiên cứu ứng sử của sàn lỗ rỗng một phương với kích thước 1700mm × 435mm × 125mm chịu uốn, tác giả báo cáo rằng sàn bê tông cốt thép sử dụng hai, ba và bốn hàng lỗ rỗng có đường kính 75mm đã làm giảm trọng lượng bê tông lần lượt là 16,25%, 24,37% và 32,50%; tuy nhiên, độ võng của sàn tăng lần lượt là 7,57%, 17,44% và 22,81% khi so sánh với sàn đặc tương ứng. Tác giả (Liu và nnk, 2017) nghiên cứu ứng xử của sàn lỗ rỗng dưới tác dụng của tải trọng động, kết quả cho thấy sàn rỗng có thể giảm tải trọng động lên kết cấu sàn, nhờ vào sự giảm trọng lượng tổng thể của sàn.



(a) Sàn BTCT *(b) Sàn VRO*

Hình 1. Một số loại sàn được sử dụng trong nhà nhiều tầng (Nguồn : Internet)

Mặc dù, ảnh hưởng của các loại sàn đến quá trình phân tích và tính toán kết cấu công trình nhà nhiều tầng đã được nghiên cứu. Tuy nhiên, nghiên cứu ảnh hưởng của độ cứng sàn đến chuyển vị đỉnh kết cấu nhà cao tầng bê tông cốt thép vẫn còn hạn chế. Vì vậy, trong nghiên cứu này ảnh hưởng của chiều dày sàn (190mm - 310mm) và loại sàn (sàn có lỗ rỗng và sàn đặc) đến chuyển vị của cấu nhà cao tầng bê tông cốt thép sẽ được phân tích và đánh giá.

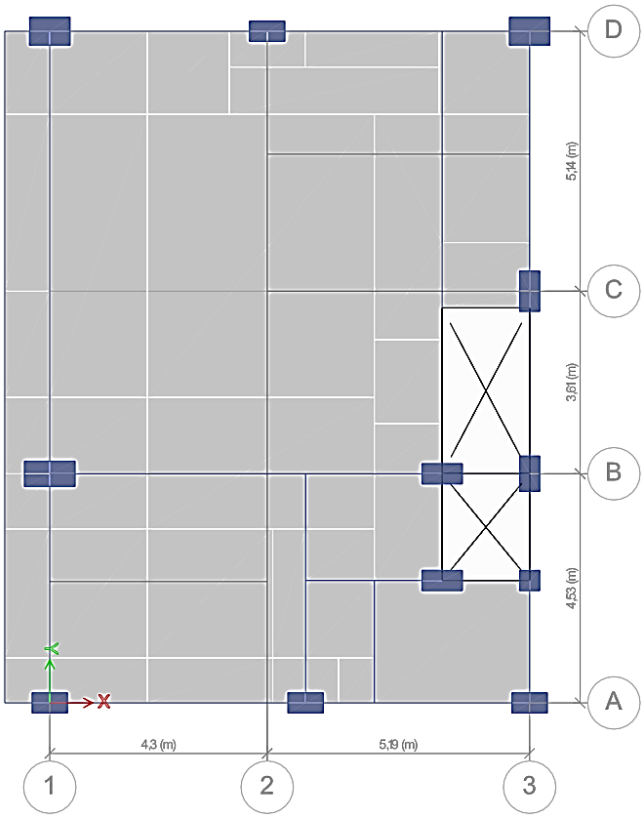
2. Cơ sở lý thuyết và mô hình nghiên cứu

Hình 2 trình bày mặt bằng kết cấu điển hình của công trình được sử dụng trong nghiên cứu này; công trình gồm 16 tầng và chiều cao tầng là 3,6m. Vật liệu bê tông có cấp độ bền B25 đã được sử dụng cho toàn bộ kết cấu công trình. Để đánh giá ảnh hưởng của độ cứng sàn đến chuyển vị đỉnh của công trình, các phương án sàn đã được sử dụng bao gồm : Sàn BTCTT với chiều dày lần lượt là 190mm, 230mm, 270mm, 310 mm. Bên cạnh đó, ảnh hưởng của độ cứng sàn rỗng VRO với chiều cao 230mm và 310mm cũng được phân tích để so sánh với kết quả thu được từ phương án sàn BTCTT. Thông số quy đổi độ cứng tương đương của sàn rỗng lõi xốp VRO trình bày trong Bảng 1, được lấy theo số liệu đã được báo cáo trong tài liệu (Phạm Thái Hoàn và nnk, 2020).

Tải trọng sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm : tĩnh tải, hoạt tải sử dụng, và tải trọng gió được tính toán theo (TCVN 2737:2023, 2023); tải trọng động đất được xác định theo tiêu chuẩn (TCVN 9386:2012, 2012). Nội lực và chuyển vị của công trình được phân tích dựa trên phần mềm ETABS ultimate 21.2.0.

Bảng 1. Thông số đặc trưng của các loại sàn

Loại	Chiều dày (mm)	Khối lượng riêng (kG/m^3)	Các hệ số điều chỉnh độ cứng của sàn				
			Độ cứng chống kéo, nén	Độ cứng chống trượt theo phương mặt phẳng sàn	Độ cứng chống uốn	Độ cứng chống xoắn	Độ cứng chống trượt theo phương vuông góc với mặt phẳng sàn
BTCTT	190	2500	-	-	-	-	-
BTCTT	230	2500	-	-	-	-	-
BTCTT	270	2500	-	-	-	-	-
BTCTT	310	2500	-	-	-	-	-
VRO	230	1816	0,57	0,60	0,90	0,75	0,42
VRO	310	1588	0,51	0,54	0,81	0,68	0,38



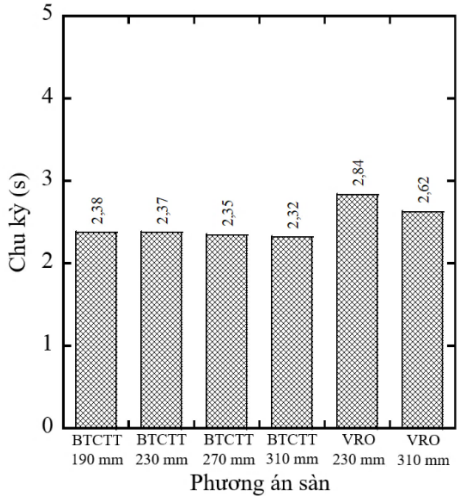
Hình 2. Mặt bằng kết cấu điển hình của công trình

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của các loại sàn đến chu kỳ dao động của công trình

Hình 3 trình bày giá trị chu kỳ dao động của công trình dựa trên quá trình phân tích từ phần mềm ETABS. Khi chiều dày sàn BTCTT tăng từ 190mm - 310mm, chu kỳ dao động của công trình giảm ; nói cách khác là, khi độ cứng của sàn tăng thì chu kỳ của công trình giảm. Chu kỳ dao động của công trình tương ứng với các chiều dày sàn 190mm, 230mm, 270mm, và 310mm lần lượt là 2,38 ; 2,37 ; 2,35 và 2,32 giây (s). Tương tự đối với sàn rỗng VRO, khi chiều dày sàn tăng lên từ 230 mm đến 310 mm, chu kỳ của công trình giảm từ 2,84s xuống 2,62s.

Ngoài ra, so với sàn rỗng có cùng chiều dày, sàn đặc bê tông cốt thép đã tạo ra chu kỳ dao động của công trình nhỏ hơn (Hình 3). Điều này có thể được giải thích rằng, mặc dù cả hai loại sàn đặc BTCTT và sàn rỗng VRO có cùng chiều dày, nhưng sàn VRO có độ cứng nhỏ hơn, do đó chu kỳ dao động của công trình sử dụng loại sàn rỗng VRO lớn hơn so với sàn đặc BTCTT.

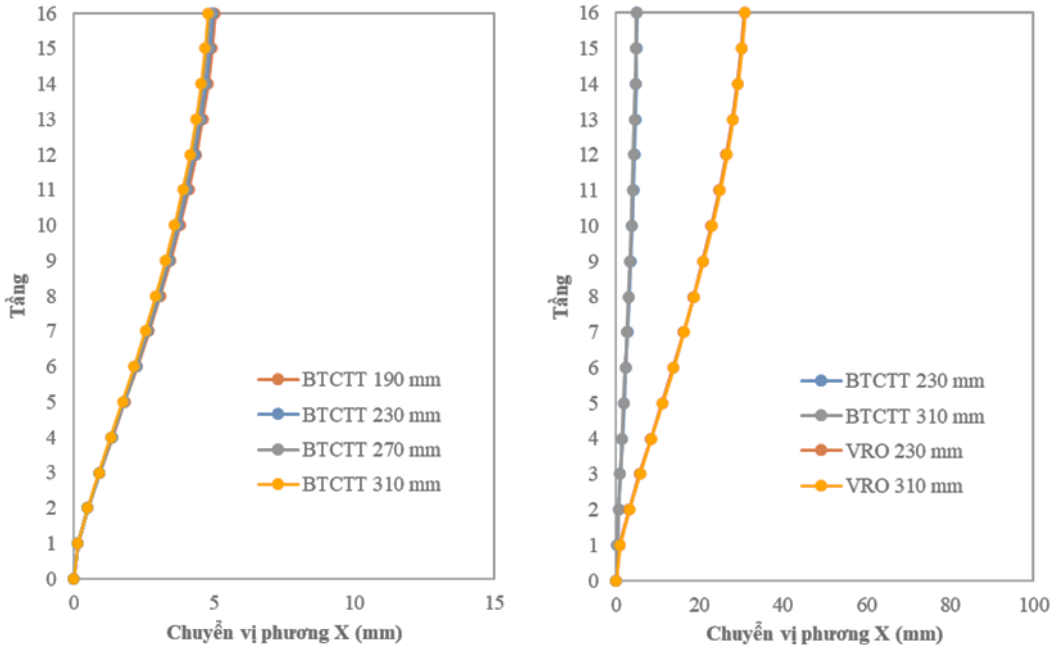


Hình 3. Chu kỳ dao động của công trình ứng với các phương án sàn

3.2. Ảnh hưởng của các loại sàn đến chuyển vị của công trình

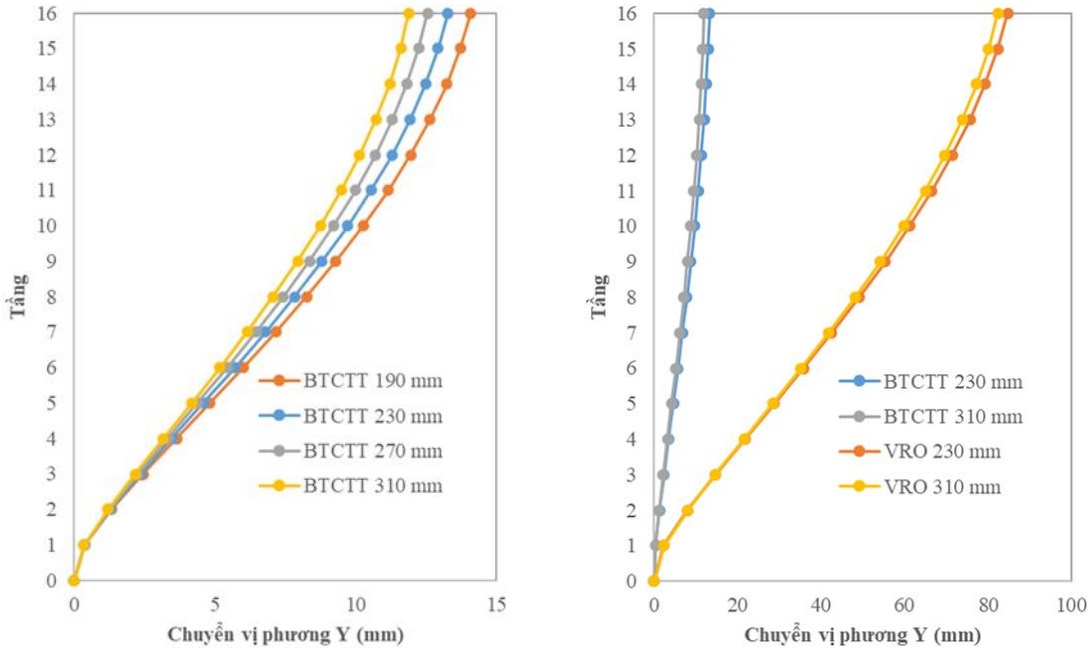
Hình 4 trình bày chuyển vị tầng của công trình theo phương X ứng với các phương án sàn khác nhau. Đối với sàn BTCTT, khi chiều dày sàn tăng từ 190mm lên 310mm, chuyển vị của công trình giảm (Hình 4a). Ví dụ, tại tầng 16 của công trình, chuyển vị của công trình ứng với sàn BTCTT 190mm và 310mm lần lượt là 5,04mm và 4,79mm (Bảng 2).

Ngoài ra, chuyển vị của công trình khi sử dụng phương án sàn BTCTT và sàn rỗng VRO có cùng chiều dày sàn, sàn VRO đã gây ra chuyển vị lớn hơn so với sàn BTCTT (Hình 4b). Chuyển vị đỉnh (Tầng 16) của công trình ứng với phương án sàn BTCTT và VRO với chiều dày sàn 230 mm lần lượt là 4,97 mm và 30,83 mm (Bảng 2).



(a) Phương án sàn BTCTT *(b) Phương án sàn BTCTT và VRO*

Hình 4. Chuyển vị tầng theo phương X của công trình



(a) Phương án sàn BTCTT (b) Phương án sàn BTCTT và VRO

Hình 5. Chuyển vị tầng theo phương Y của công trình

Bảng 2. Chuyển vị đỉnh của công trình

Phương tác dụng	Phương án Sàn					
	BTCTT 190 mm	BTCTT 230 mm	BTCTT 270 mm	BTCTT 310 mm	VRO 230 mm	VRO 310 mm
Theo trục X	5,04	4,97	4,88	4,79	30,83	30,68
Theo trục Y	14,10	13,28	12,56	11,90	84,73	82,36

Chuyển vị của công trình theo phương Y có sự thay đổi rõ ràng hơn so với phương X (Hình 5). Khi độ cứng của sàn tăng thì chuyển vị của công trình theo phương Y giảm, xu hướng này tương tự như đối với phương X đã trình bày ở trên. Chuyển vị của công trình (Tầng 16) theo phương Y giảm từ 14,10mm xuống đến 11,90mm khi chiều dày sàn tăng từ 190mm đến 310mm, với phương án sàn BTCTT ; hơn nữa, chuyển vị đỉnh của công trình khi sử dụng sàn VRO tăng từ 230mm đến 310mm cũng có xu hướng giảm từ 84,73mm xuống đến 82,36mm (Bảng 2).

Ngoài ra, khi công trình sử dụng cùng chiều dày sàn, nhưng với sàn đặc BTCTT đã tạo ra chuyển vị nhỏ hơn so với sàn VRO, điều này bởi vì hộp xốp trong sàn VRO đã chiếm một phần thể tích không gian trong phạm vi kết cấu sàn, dẫn đến sàn VRO có tải trọng nhẹ hơn và có độ cứng nhỏ hơn so với sàn BTCTT.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của độ cứng sàn đến chuyển vị của nhà cao tầng bê tông cốt thép đã được đánh giá dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn, phần mềm ETABS đã được sử dụng để mô phỏng hệ kết cấu của công trình. Một số kết luận được rút ra từ nghiên cứu này như sau :

+ Khi độ cứng của sàn tăng thì chuyển vị của công trình giảm. Với chiều dày của sàn BTCTT tăng từ 190 mm đến 310 mm thì chuyển vị đỉnh của công trình giảm từ 14,10 mm đến 11,90 mm. Bên cạnh đó, với sàn rỗng VRO tăng từ 230 mm đến 310 mm thì độ cứng của công trình giảm từ 84,73 mm đến 82,36 mm.

+ Khi chiều dày sàn có kích thước không thay đổi, sàn rỗng VRO gây ra chuyển vị của công trình lớn hơn so với sàn BTCTT. Ví dụ, với sàn có chiều dày là 230 mm, chuyển vị của công trình ứng với sàn VRO và sàn BTCTT lần lượt là 84,73 mm và 13,28 mm. Sàn VRO gây ra chuyển vị của công trình lớn hơn so với sàn BTCTT vì sàn VRO có độ cứng nhỏ hơn so với sàn BTCTT khi có cùng chiều dày sàn.

+ Hơn nữa, khi độ cứng của sàn tăng thì chu kỳ của công trình giảm đối với cả phương án sàn BTCTT và sàn rỗng VRO. Ví dụ, chu kỳ của công trình giảm từ 2,38s xuống 2,32s ứng với chiều dày sàn tăng từ 190 mm đến 310 mm.

5. Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Mỏ-Địa chất và đề tài Khoa học và Công nghệ cấp Cơ sở mã số: T24-34 Trường Đại học Mỏ-Địa Chất. Nhóm nghiên cứu xin trân trọng cảm ơn.

Tài liệu tham khảo

Thái Mạnh Cường và Hoàng Đức Thắng, 2023. Nghiên cứu so sánh ứng suất, biến dạng trong sàn phẳng lõi rỗng BTCT theo các mô hình tính. *Tạp chí Vật liệu và Xây dựng*, số 2, trang 42–46.

Phạm Thái Hoàn và nnk, 2020. Khảo sát ảnh hưởng của mô hình hóa sàn lõi rỗng sử dụng phần mềm ETABS tới phản ứng động học của nhà nhiều tầng. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD) - ĐHXD*, số 2, trang 34-51.

Liu và nnk, 2017. Experimental and numerical dynamic analyses of hollow core concrete floors. *Structures*, 12: 286-297.

Mahdi và Ismael, 2021. Structural behavior of hollow-core one way slabs of high strength self-compacting concrete. *International Journal of Engineering*, 34: 39-45.

Nguyễn Hữu Việt, 2009. *Ảnh hưởng của độ cứng sàn đến nội lực và chuyển vị các kết cấu chịu lực nhà cao tầng*. Luận án Tiến sĩ, Đại học Kiến trúc hà nội.

TCVN 2737:2023, 2023. Tải trọng và tác động. *Tiêu chuẩn Việt Nam.*

TCVN 9386:2012, 2012. Thiết kế công trình chịu động đất. *Tiêu chuẩn Việt Nam.*

Website: https://sanbetong.vn/do-day-cua-san-be-tong-cot-thep/

Website: https://vro.vn/

ABSTRACT

Investigation of the influence of slab stiffness on the displacements of high-rise reinforced concrete structures

Pham Van Tuan[1], Dang Van Phi[2], Bui Van Duc[2], Bui Ngoc Tu[3], Truong Van Doan[4]
[1]*Modern House Architecture Joint Stock Company*
[2]*Hanoi University of Mining and Geology*
[3]*Kumagai Gumi Co., Ltd*
[4]*Thuy Loi University*

In this study, the effect of slab stiffness on the displacement of multi-story reinforced concrete structures was investigated. The slab types examined included traditional reinforced concrete slabs (RCS) with thicknesses varying from 190mm to 310mm, and VRO hollow slabs with thicknesses of 230mm and 310mm. ETABS software was used to analyze the displacement and internal forces of the structures. The findings indicate that as the slab stiffness increases, the displacement of the structure tends to decrease. Specifically, when the thickness of the RCS increased from 190mm to 310mm, the top displacement of the structure decreased from 14.10mm to 11.90mm. Additionally, when the thickness of the VRO hollow slab increased from 230mm to 310mm, the displacement of the structure decreased from 84.73mm to 82.36mm. Moreover, with a constant slab thickness, VRO hollow slabs resulted in higher displacement of the structure compared to RCS, due to their lower stiffness. Furthermore, as the slab stiffness increases, the oscillation period of the structure tends to decrease for both RCS and VRO hollow slabs.

Keywords: stiffness; reinforced concrete slab; VRO slab; displacement

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Ảnh hưởng hình dạng tiết diện ngang đường hầm đến nội lực trong kết cấu chống đường hầm khi chịu tải trọng động đất

Phạm Văn Vĩ[1,*], Đỗ Ngọc Anh [1], Nguyễn Tài Tiến [1], Đỗ Xuân Hội[1], Chu Việt Thức[2], Nguyễn Tiến Dũng[3]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Trường Đại học Điện lực*
[3]*Trường sỹ quan Công binh*

TÓM TẮT

Công trình ngầm ngày càng giữ một vai trò quan trọng gắn liền với sự phát triển hệ thống hạ tầng của các thành phố lớn. Ngoài chịu tải trọng tĩnh, công trình ngầm còn chịu tải trọng động trong đó có tải trọng động đất. Ứng xử của đường hầm khi chịu tải trọng động đất là một cơ chế phức tạp, nó không những phụ thuộc vào tính chất của khối đất xung quanh, đặc trưng tải trọng động mà còn phụ thuộc vào các đặc điểm của đường hầm, trong đó có hình dạng mặt cắt ngang đường hầm. Đường hầm tiết diện bán chữ nhật đã được phát triển và xây dựng gần đây tại một số đô thị trên thế giới do khắc phục được những hạn chế của những tiết diện cơ bản như hình tròn, hình chữ nhật.

Bài báo này tập trung nghiên cứu trên mô hình số cho 6 loại tiết diện ngang đường hầm khác nhau, bao gồm đường hầm tiết diện hình tròn, hình chữ nhật và bán chữ nhật khi chịu tải trọng giả động (tĩnh tương đương) có chú ý đến điều kiện liên kết trượt và không trượt giữa kết cấu chống (KCC) đường hầm với khối đất xung quanh (KCC-khối đất) và kích thước đường hầm. Kết quả chỉ ra rằng hình dạng tiết diện ngang đường hầm có ảnh hưởng lớn đến sự phân bố nội lực trên chu vi KCC đường hầm và xu hướng phát triển giá trị nội lực lớn nhất trong KCC đường hầm khi kích thước tiết diện ngang đường hầm thay đổi.

Từ khóa: đường hầm tiết diện chữ nhật cong; tải trọng tĩnh tương đương; kích thước đường hầm; kết cấu chống đường hầm; mô hình số

1. Đặt vấn đề

Đường hầm có mặt cắt ngang hình tròn và hình chữ nhật thường được sử dụng khi thi công các công trình ngầm thành phố và cũng là đối tượng chủ yếu được quan tâm nghiên cứu từ trước đến nay. Đã có nhiều nghiên cứu ứng xử KCC đường hầm tiết diện tròn (Wang, 1993; FHWA, 2004; Hashash và nnk, 2001; Hashash và nnk, 2005; Park và nnk, 2009; Sederat và nnk, 2009; Kouretzis và nnk, 2013; Nguyen và nnk, 2019; Sun và nnk, 2020) và cho đường hầm tiết diện bán chữ nhật (Pham và nnk, 2021; Do và nnk, 2023) khi chịu tải trọng động đất.

Một vài nghiên cứu ảnh hưởng của hình dạng đường hầm đến ứng xử của kết cấu chống khi chịu tải trọng tĩnh đã được thực hiện (González và nnk, 2008; Yoon và nnk, 2014; Vinod và Khabbaz, 2019; Do và nnk, 2020; Yu và nnk, 2020; Nguyen và nnk, 2020; Pham và nnk, 2022). Pham và nnk. (2021) đã nghiên cứu ứng xử của đường hầm tiết diện bán chữ nhật khi chịu tải trọng động đất và các thông số ảnh hưởng khác của môi trường khối đất và bản thân KCC. Nghiên cứu đã chỉ ra được sự khác biệt về ứng xử của KCC đường hầm tiết diện bán chữ nhật và KCC đường hầm tiết diện tròn khi chịu tải trọng động đất có xét đến điều kiện liên kết trượt và không trượt giữa KCC-khối đất. Tuy nhiên, nghiên cứu mới chỉ quan tâm so sánh ứng xử của KCC đường hầm tiết diện bán chữ nhật với đường hầm tiết diện tròn. Vì vậy, các hình dạng tiết diện ngang đường hầm khác cần được tiếp tục mở rộng nghiên cứu, đồng thời cần nghiên cứu thêm các tham số ảnh hưởng đến nội lực trong KCC đường hầm khi chịu tải trọng động đất.

Trong nghiên cứu này, mô hình số sai phân hữu hạn hai chiều đã được sử dụng để nghiên cứu ứng xử của 6 loại tiết diện ngang đường hầm khác nhau khi chịu tải trọng tĩnh tương đương (Bảng 1 và Hình 1). Các mô hình được xây dựng và phát triển dựa trên mô hình số cho tiết diện tròn (Do và nnk, 2015) hay mô hình số cho đường hầm tiết diện bán chữ nhật (Pham và nnk, 2021) chịu tải trọng tĩnh tương đương. Ảnh hưởng của hình dạng cũng như kích thước tiết diện ngang đường hầm đến ứng xử của KCC đường

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamvanvi0410@gmail.com

hầm dưới tác động của tải trọng động đất đã được thực hiện. Nghiên cứu đặc biệt chú ý đến sự khác biệt về nội lực trong 6 loại KCC đường hầm khi xem xét đến điều kiện liên kết trượt và không trượt giữa KCC-khối đất. Kết quả đã cho thấy hình dạng và kích thước tiết diện ngang đường hầm có ảnh hưởng lớn đến ứng xử của KCC đường hầm khi chịu tải trọng động đất.

2. Mô phỏng số cho các đường hầm có hình dạng tiết diện ngang khác nhau

2.1. Thông số tiết diện ngang các loại KCC đường hầm

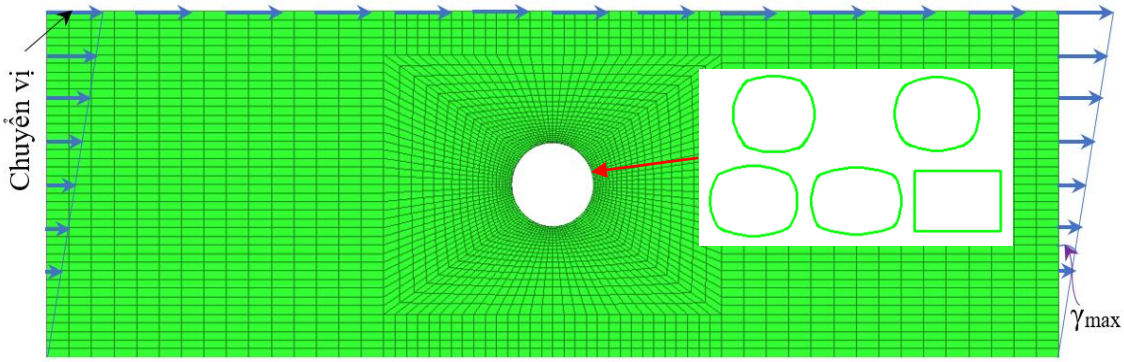
Cơ sở xây dựng 6 loại hình dạng tiết diện ngang đường hầm trong nghiên cứu này được dựa trên đường hầm tiết diện bán chữ nhật đã được thi công ở Thượng Hải, Trung Quốc và trong một số nghiên cứu trước đó của chính nhóm tác giả (Do và nnk, 2020; Do và nnk, 2023; Pham và nnk, 2021; Pham, 2022). Các thông số hình học của 6 loại hình dạng tiết diện ngang đường hầm gồm tiết diện tròn, tiết diện chữ nhật và tiết diện bán chữ nhật có cùng diện tích đào được trình bày trong Bảng 1. Tính chất của khối đất và KCC đường hầm được sử dụng cho 6 loại KCC đường hầm được thể hiện trong Bảng 2. KCC đường hầm được giả thiết là KCC liền khối và có chiều dày 0,5 m (Bảng 2).

Bảng 1. Các thông số tiết diện ngang các đường hầm

Ký hiệu	Chiều rộng (B) (m)	Chiều cao (H) (m)	B/H ratio	R1 (m)	R2 (m)	R3 (m)	Diện tích (m^2)	Hình dạng đường hầm
S0	8,72	8,72	1,000	4,36			59,786	Tròn
SR1	8,76	8,15	1,075	8,36	1,02	4,99	59,788	Bán chữ nhật
SR2	9,13	7,89	1,157	7,09	1,23	4,81	59,757	
SR3	9,39	7,53	1,247	8,50	0,96	5,07	59,778	
SR4	9,70	7,20	1,347	9,95	1,00	5,35	59,786	
R5	9,20	6,50	1,415	-	-	-	59,800	Chữ nhật

Bảng 2. Các thông số của đất và KCC đường hầm (Pham và nnk, 2021)

Thông số	*Ký hiệu*	*Đơn vị*	*Giá trị*
Tính chất của đất			
Trọng lượng thể tích	γ	MN/m^3	0,018
Mô đun đàn hồi	E_s	MPa	100
Hệ số Poisson	ν_s	-	0,34
Góc ma sát trong	φ	độ	33
Lực dính kết	c	MPa	0
Hệ số áp lực ngang	K_0	-	0,5
Độ sâu đến tâm đường hầm	H	m	20
Gia tốc ngang lớn nhất	a_H	g	0,5
Cường độ trận động đất	M_w		7,5
Khoảng cách tới tâm chấn		km	10
Tính chất của KCC đường hầm			
Mô đun đàn hồi	E_l	MPa	35000
Hệ số Poisson	ν_l	-	0,15
Chiều dày KCC	t	m	0,5



Hình 1. Sơ đồ gán chuyển vị trong mô hình số của đường hầm tiết diện tròn và tương tự cho các loại tiết diện khác khi chịu tải trọng động đất

2.2. Xây dựng mô hình số cho các loại KCC đường hầm khi chịu tải trọng tĩnh tương đương

Mô hình số 2D cho bài toán biến dạng phẳng được thực hiện bằng phần mềm sai phân hữu hạn FLAC3D (Itasca, 2016) cho trường hợp KCC đường hầm với 6 loại hình dạng tiết diện ngang khác nhau khi chịu tải trọng tĩnh tương đương (Hình 1). Giả thiết rằng ứng xử của kết cấu đường hầm và khối đất là đàn hồi. Mô hình số có chiều rộng và chiều cao lần lượt là 120 m theo phương ngang và 40 m theo phương thẳng đứng, và độ sâu đặt KCC đường hầm tính đến tâm đường hầm là 20 m. Trong điều kiện tải trọng tĩnh, hai biên hông của mô hình được gán cố định theo phương ngang, đáy của mô hình bị hạn chế dịch chuyển theo mọi hướng, và bề mặt trên của mô hình được gán là mặt tự do.

Tương tự các nghiên cứu trước đó cho KCC đường hầm tiết diện tròn của một số tác giả (Sederat và nnk, 2009; Naggar và Hinchberger, 2012; Do và nnk, 2015) và cho KCC đường hầm tiết diện bán chữ nhật (Pham và nnk, 2021), tải trọng động đất trong mô hình số được mô phỏng bằng cách gán chuyển vị phân bố hình tam giác ngược lên hai biên hông của mô hình và gán chuyển vị là hằng số lên trên đỉnh của mô hình (Hình 1). Độ lớn của chuyển vị gán lên biên của mô hình được xác định thông qua biến dạng cắt lớn nhất, γ_{max}, được tính toán dựa trên gia tốc ngang lớn nhất, a_H, và các thông số liên quan được trình bày trong Bảng 2. Đáy của mô hình được cố định chuyển vị theo mọi phương.

Trong nghiên cứu này, liên kết giữa KCC-khối đất được xác định thông qua liên kết pháp tuyến k_n và tiếp tuyến k_s. Hai điều kiện liên kết không trượt và trượt giữa KCC-khối đất cũng được xem xét. Điều kiện không trượt là điều kiện giữa KCC-khối đất được gắn chặt với nhau, có nghĩa là không xuất hiện chuyển vị giữa KCC-khối đất tại bề mặt tiếp xúc. Ngược lại, sẽ xảy ra hiện tượng trượt giữa KCC-khối đất tại bề mặt tiếp xúc ở điều kiện trượt, có nghĩa là không có ứng suất tiếp tác dụng lên KCC đường hầm. Chú ý, trong nghiên cứu này chỉ quan tâm đến nội lực gia tăng thêm xung quanh KCC đường hầm do tải trọng động đất gây ra (tải trọng tĩnh tương đương).

Mô phỏng số cho 6 loại KCC đường hầm chịu tải trọng tĩnh tương được được thực hiện theo các bước như sau:

Bước 1: Xây dựng mô hình số và gán các điều kiện biên ban đầu dưới tải trọng tĩnh

Bước 2: Tạo khoảng trống đường hầm và lắp dựng KCC đường hầm lên biên đào

Bước 3: Khi chịu tải trọng động đất, áp đặt chuyển vị lên biên của mô hình (chuyển vị xác định thông qua biến dạng cắt, γ_{max}, xem Hình 2).

3. Ảnh hưởng của hình dạng và kích thước đường hầm khi chịu tải trọng động đất

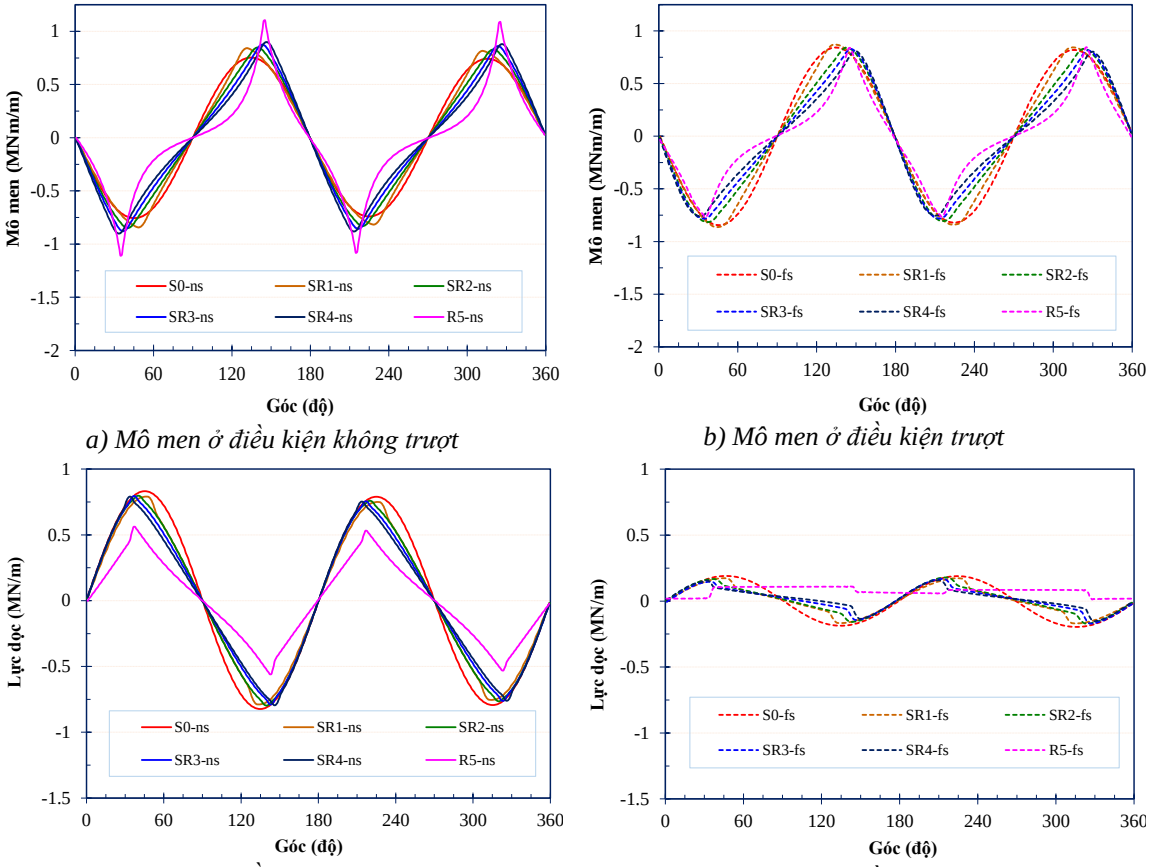
Kết quả xác định lực dọc và mô men phân bố trong KCC 6 loại đường hầm được trình bày ở Hình 2. Các thông số đầu vào của khối đất và KCC các loại đường hầm được trình bày trong Bảng 1 và 2. Kết quả cho thấy hình dạng của đường hầm có ảnh hưởng lớn tới nội lực phát sinh trong KCC đường hầm khi chịu tải trọng động đất khi xét đến sự tương tác giữa KCC-khối đất là điều kiện trượt và không trượt.

Hình 2a và 2b cho thấy mô men xuất hiện lớn nhất trong KCC đường hầm tiết diện bán chữ nhật luôn xuất hiện ở các góc của tiết diện ngang KCC đường hầm và có độ lớn gần tương đương nhau (và lớn hơn mô men lớn nhất ở KCC đường hầm tiệt diện tròn 10% ở điều kiện không trượt). Mô men lớn nhất quan sát được xuất hiện ở các góc của KCC đường hầm tiết diện chữ nhật. Trong khi đó, ở điều kiện trượt, mô men lớn nhất quan sát được trong KCC các loại đường hầm không có sự chênh lệch nhiều. Ở đường hầm tiết diện tròn, mô men lớn nhất ở điều kiện trượt lớn hơn mô men lớn nhất ở điều kiện không trượt là 12%, điều này cũng đã được chỉ ra trong phương pháp giải tích (Wang, 1993) và trong phương pháp số (Sederat và nnk, 2009; Do và nnk, 2015; Pham và nnk, 2021; Fang và nnk, 2023). Tuy nhiên, khi hình dạng tiết diện ngang đường hầm tiết diện bán chữ nhật thay đổi (SR1 tới SR4 hay tỷ số B/H tăng) thì mức độ ảnh hưởng của điệu kiện liên kết giữa KCC-khối đất tăng. Quy luật này thấy rõ nhất ở KCC đường hầm tiết diện chữ nhật (R5), mô men lớn nhất ở điều kiện trượt nhỏ hơn 30,5% mô men lớn nhất ở điều kiện không trượt.

Hình 2c và 2d thể hiện lực dọc phân bố trong KCC 6 loại đường hầm có xét đến sự tương tác giữa KCC-khối đất, ở điều kiện không trượt và trượt. Kết quả cho thấy sự tương tác giữa KCC-khối đất có ảnh hưởng lớn tới lực dọc trong KCC đường hầm, cụ thể lực dọc trong KCC đường hầm ở điều kiện không trượt lớn hơn rất nhiều so với lực dọc trong KCC đường hầm ở điều kiện trượt, điều này đúng với cả 6 loại KCC đường hầm (S0, SR1, SR2, SR3, SR4 và R5). Kết quả này tương tự như trong phương pháp giải tích (Wang, 1993) hay phương pháp số cho tiết diện chữ nhật của Tsinidis và nnk (2016). Kết quả ở Hình 2c và 2d cũng cho thấy, lực dọc trong KCC đường hầm tiết diện tròn cho giá trị lớn nhất và lực dọc nhỏ nhất quan sát được trong KCC đường hầm tiết diện chữ nhật. Lực dọc trong KCC đường hầm tiết diện bán chữ nhật (SR1, SR2, SR3, và SR4) gần giống nhau và nhỏ hơn khoảng 5% so với lực dọc trong KCC đường hầm tiết diện tròn.

Như phân tích ở trên, hình dạng tiết diện ngang đường hầm có ảnh hưởng nhiều đến quy luật phân bố và giá trị nội lực lớn nhất trong KCC đường hầm. Tiếp theo kích thước tiết diện ngang đường hầm được

thay đổi từ 0,9 đến 1,6 lần so với kích thước đường hầm như trong Bảng 1. Mục tiêu là để đánh giá mức độ ảnh hưởng của kích thước tiết diện ngang đường hầm đến xu hướng phát triển nội lực trong KCC đường hầm khi chịu tải trọng động đất. Các thông số khác của đất và KCC đường hầm như trong Bảng 2.

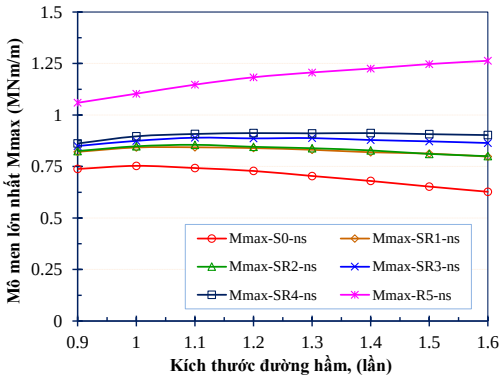


a) Mô men ở điều kiện không trượt *b) Mô men ở điều kiện trượt*

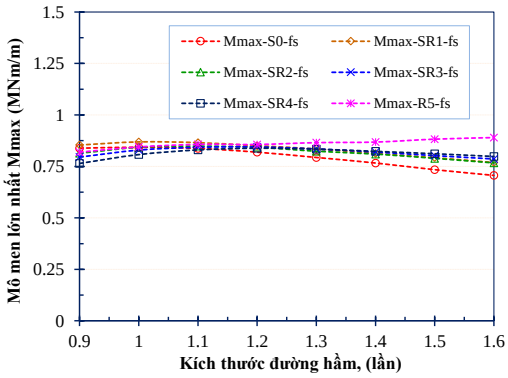
c) Lực dọc ở điều kiện không trượt *d) Lực dọc ở điều kiện trượt*

Hình 2. Phân bố nội lực trong KCC đường hầm có hình dạng khác nhau

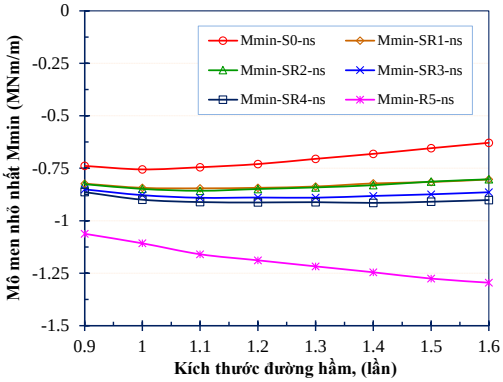
Hình 3 trình bày ảnh hưởng của kích thước tiết diện ngang đường hầm đến xu hướng biến đổi mô men lớn nhất và nhỏ nhất trong KCC 6 loại đường hầm có xét đến sự tương tác giữa KCC-khối đất. Kết quả cho thấy, độ lớn của mô men lớn nhất và nhỏ nhất có xu hướng giảm khi kích thước đường hầm tiết diện tròn tăng lên từ 0,9 đến 1,6 lần, cụ thể là giảm 15% và 16% tương ứng với điều kiện không trượt và trượt. Ngược lại với xu hướng biến đổi mô men trong KCC đường hầm tiết diện tròn, độ lớn của mô men lớn nhất và nhỏ nhất trong KCC đường hầm tiết diện hình chữ nhật có xu hướng tăng khi kích thước đường hầm tăng, cụ thể tăng 20% và 10% tương ứng với điều kiện không trượt và trượt. Trong khi đó, với đường hầm tiết diện bán chữ nhật quy luật biến đổi độ lớn mô men lớn nhất và nhỏ nhất nằm giữa quy luật biến đổi mô men của đường hầm tiết diện tròn và tiết diện chữ nhật. Cụ thể, với đường hầm tiết diện bán chữ nhật SR1 và SR2, độ lớn mô men lớn nhất và nhỏ nhất có xu hướng giảm 3% với điều kiện không trượt và khoảng 6% với điều kiện trượt khi kích thước đường hầm tăng từ 0,9 đến 1,6 lần kích thước tham chiếu (Bảng 1). Kết quả này có thể được giải thích dựa vào đường hầm tiết diện SR1 và SR2 có hình dạng gần nhất với tiết diện tròn nên nó có quy luật biến đổi mô men giống với đường hầm tiết diện tròn. Ngược lại, với đường hầm tiết diện SR3 và SR4, mô men lớn nhất trong KCC đường hầm tăng tương ứng 2% và 5% khi kích thước đường hầm tăng từ 0,9 đến 1,6 lần. Giá trị độ lớn của mô men lớn nhất và nhỏ nhất có xu hướng tăng nhanh hơn khi tiết diện đường hầm thay đổi từ SR3 tới SR4 (tỷ số B/H tăng). Kết quả cho thấy, khi kích thước tiết diện ngang đường hầm thay đổi (tăng) ảnh hưởng nhiều đến quy luật biến đổi mô men trong KCC đường hầm, cụ thể khi tỷ số B/H tăng (từ S0 tới R5) thì độ lớn của mô men lớn nhất và nhỏ nhất có xu hướng thay đổi từ giảm dần đến tăng dần khi kích thước tiết diện ngang đường hầm tăng lên từ 0,9 đến 1,6 lần trường hợp tham chiếu. Có thể giải thích rằng, khi kích thước đường hầm tăng thì hệ số linh hoạt của KCC tăng dẫn đến mô men có xu hướng tập trung nhiều hơn ở các góc của tiết diện ngang đường hầm, và xu hướng này thể hiện rõ nhất ở đường hầm tiết diện chữ nhật.



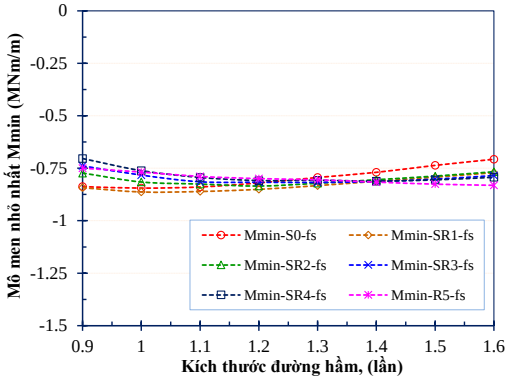
a) Mô men lớn nhất ở điều kiện không trượt



b) Mô men lớn nhất ở điều kiện trượt

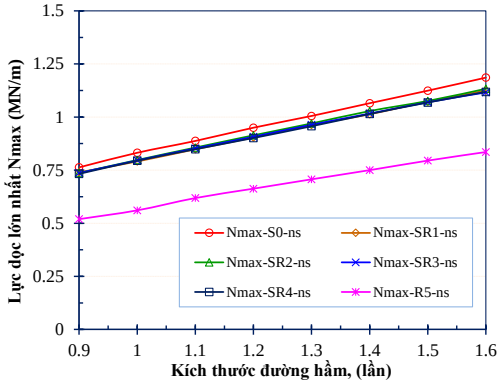


c) Mô men nhỏ nhất ở điều kiện không trượt

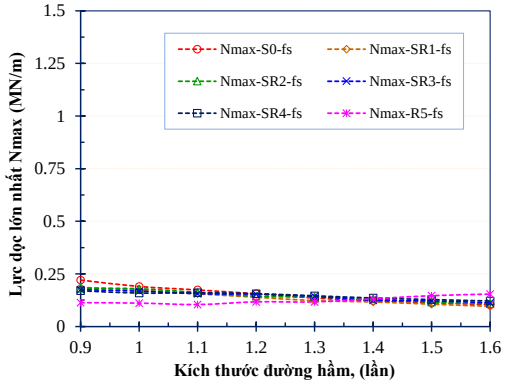


d) Mô men nhỏ nhất ở điều kiện trượt

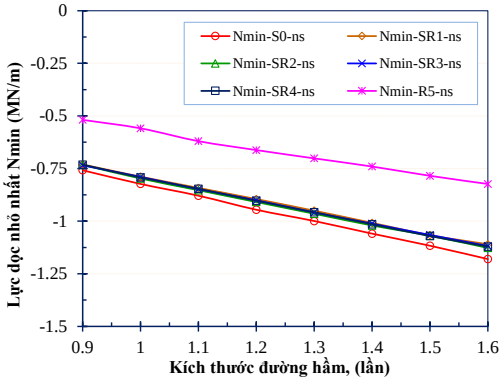
Hình 3. Ảnh hưởng kích thước đường hầm tới mô men trong KCC đường hầm



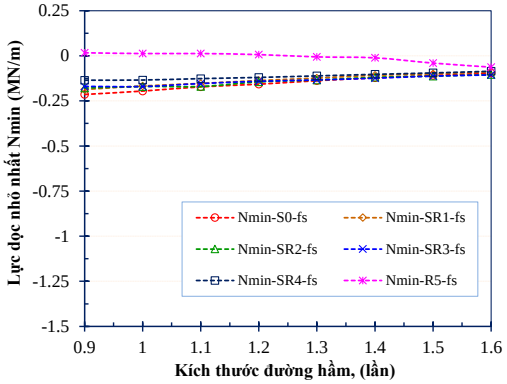
a) Lực dọc lớn nhất ở điều kiện không trượt



b) Lực dọc lớn nhất ở điều kiện trượt



c) Lực dọc nhỏ nhất ở điều kiện không trượt



d) Lực dọc nhỏ nhất ở điều kiện trượt

Hình 4. Ảnh hưởng kích thước đường hầm tới lực dọc trong KCC đường hầm

Hình 4 trình bày ảnh hưởng của kích thước tiết diện ngang đường hầm đến xu hướng biến đổi lực dọc lớn nhất và nhỏ nhất trong KCC đường hầm có xét đến sự tương tác giữa KCC-khối đất. Kết quả cho thấy, với điều kiện không trượt độ lớn của lực dọc lớn nhất và nhỏ nhất có xu hướng tăng khi kích thước tiết diện ngang đường hầm tăng lên từ 0,9 đến 1,6 lần, cụ thể là tăng 55% với tiết diện tròn, 60% với tiết diện chữ nhật và khoảng 53% với tiết diện bán chữ nhật (SR1, SR2, SR3 và SR4). Kết quả này có thể được giải thích như sau: lực dọc trong KCC được gây ra chủ yếu bởi ứng suất tiếp phân bố dọc theo chu vi KCC đường hầm, khi kích thước đường hầm tăng thì chu vi đường hầm tăng dẫn đến lực dọc trong KCC đường hầm tăng, và quy luật này phù hợp cho cả 6 loại tiết diện đường hầm. Ngược lại, do không xuất hiện ứng suất tiếp trên KCC đường hầm ở điều kiện trượt vì thế lực dọc trong KCC đường hầm nhỏ và lực dọc ít có xu hướng thay đổi. Độ lớn lực dọc lớn nhất và lực dọc nhỏ nhất trong KCC đường hầm với tiết diện S0, SR1, SR2, SR3 và SR4 có xu hướng giảm khi kích thước tiết diện ngang đường hầm tăng. Trong khi đó, lực dọc lớn nhất trong tiết diện chữ nhật có xu hướng tăng khi kích thước tiết diện ngang tăng lên. So với mô men ta có thể thấy lực dọc trong điều kiện không trượt chịu ảnh hưởng lớn nhất khi kích thước tiết diện ngang đường hầm thay đổi từ 0,9 đến 1,6 lần trường hợp tham chiếu.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy kích thước và hình dạng tiết diện ngang đường hầm có ảnh hưởng rõ rệt đến nội lực phát sinh trong KCC đường hầm khi chịu tải trọng động đất có chú ý xét đến sự tương tác giữa KCC-khối đất.

Hình dạng tiết diện ngang đường hầm có ảnh hưởng lớn tới phân bố nội lực xuất trên trên chu vi KCC đường hầm khi xét điến cả điều kiện liên kết trượt và không trượt giữa KCC-khối đất. Ở điều kiện không trượt mô men lớn nhất xuất hiện trong KCC đường hầm tiết diện chữ nhật và mô men nhỏ nhất xuất hiện ở đường hầm tiết diện tròn. Trong khi đó, mô men trong đường hầm tiết diện bán chữ nhật có giá trị trung gian giữa hai đường hầm tiết diện tròn và chữ nhật. Lực dọc trong KCC đường hầm tiết diện chữ nhật là nhỏ nhất, trong khi lực dọc trong KCC đường hầm tiết diện tròn là lớn nhất. Từ kết quả mô men và lực dọc trong KCC đường hầm có thể thấy KCC đường hầm chữ nhật làm việc kém nhất và hiệu quả nhất là KCC đường hầm tiết diện tròn.

Khi kích thước đường hầm tăng từ 0,9 đến 1,6 lần thì quy luật phát triển nội lực trong 6 loại tiết diện ngang cũng khác nhau. Cụ thể, độ lớn mô men lớn nhất và nhỏ nhất trong KCC đường hầm tiết diện tròn có xu hướng giảm, trong khi đó xu hướng này lại tăng trong KCC đường hầm tiết diện chữ nhật. Còn quy luật ứng xử của KCC đường hầm tiết diện bán chữ nhật có biểu hiện trung gian giữa hai loại KCC đường hầm tiết diện tròn và chữ nhật nhưng tăng và giảm không đáng kể khi kích thước tiết diện ngang đường hầm thay đổi từ 0,9 đến 1,6 lần.

Lực dọc trong KCC cả 6 loại đường hầm đều có xu hướng tăng khi kích thước tiết diện ngang đường hầm tăng trong điều kiện không trượt và xu hướng biến đổi không đáng kể ở điều kiện trượt. Điều này cũng cho thấy sự tương tác giữa KCC-khối đất có ảnh hưởng lớn tới lực dọc trong KCC đường hầm.

Lời cảm ơn

Phạm Văn Vĩ được tài trợ bởi Chương trình học bổng sau tiến sĩ trong nước của Quỹ Đổi mới sáng tạo Vingroup (VINIF), mã số VINIF.2023.STS.15. Nghiên cứu này cũng được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số DFG.105-2022.03 kết hợp với Quỹ German Science Foundation (DFG) (Project no. 518862444).

Tài liệu tham khảo

Do NA, Dias D, Zixin Z, Xin H, Nguyen TT, Pham VV, Ouahcène NR, 2020. Study on the behavior of squared and sub-rectangular tunnels using the Hyperstatic Reaction Method. *Transportation Geotechnics* 22.

Do NA, Pham, V. V., & DIAS, D. (2023). A new pseudo-static loading scheme for the hyperstatic reaction method - case of sub-rectangular tunnels under seismic conditions. *Sustainable and Resilient Infrastructure* 8(3), 340–356. https://doi.org/10.1080/23789689.2023.2200521

Do NA, Dias D, Oreste PP, Djeran-Maigre I, 2015. 2D Numerical Investigation of Segmental Tunnel Lining under Seismic Loading. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 72, 66-76.

FHWA, 2004. Seismic retrofitting manual for highway struttures: Part 2 - retaining structures, slopes, tunnels, culverts, and roadways. *U.S. Department of transportation. Federal Highway Administration*. Publication No. FHWA-HRT-05-067.

González-Nicieza C, Álvarez-Vigil AE, Menéndez-Díaz A and González-Palacio C, 2008. Influence of the depth and shape of a tunnel in the application of the convergence-confinement method. *Tunnelling and Underground Space Technology* 23(1): 25-37. Doi: 10.1016/j.tust.2006.12.001.

Hashash YMA, Hook JJ, Schmidt B, Yao JIC, 2001. Seismic design and analysis of underground structures. *Tunnelling and Underground Space Technology* 16: 247-293. doi:10.1016/S0886-7798(01)00051-7.

Hashash YMA, Park D and Yao JIC, 2005. Ovaling deformations of circular tunnels under seismic loading, an update on seismic design and analysis of underground structures. *Tunnelling and Underground Space Technology* 20, 435-441.

Itasca Consulting Group, 2016. "FLAC Fast Lagrangian Analysis of Continua," Version 5.0. User's Manual, Available: https://www.itascacg.com/

Kouretzis G, Sloan SW and Carter JP, 2013. Effect of interface friction on tunnel liner internal forces due to seismic S- and P-wave propagation. *Soil Dynamic and Earthquake Engineering* 46, 41-51.

Liu X, Ye Y, Liu Z and Huang D, 2018. Mechanical behavior of Quasi-rectangular segmental tunnel linings: First results from full-scale ring tests. *Tunnelling and Underground Space Technology* 71: 440-454.

Naggar HE, Hinchberge SD, Hesham M and Naggar EI, 2008. Simplified analysis of seismic in-plane stresses in composite and jointed tunnel linings. *Tunnelling and Underground Space Technology* 28: 1063-1077.

Nguyen DD, Park D, Shamsher S, Nguyen VQ, Lee TH, 2019. Seismic vulnerability assessment of rectangular cut-and-cover subway tunnels. *Tunnelling and Underground Space Technology* 86, 247-261.

Nguyen TT, Do NA, Karasev MA, Dang VK and Dias D, 2020. Tunnel Shape Influence on the Tunnel Lining Behavior. *Proceeding of ICE - Geotechnical Engineering*. Doi: abs/10.1680/jgeen.20.00057

Park KH, Tantayopin K, Tontavanich B and Owatsiriwong A, 2009. Analytical solution for seismic-induced ovaling of circular tunnel lining under no-slip interface conditions: A revisit. *Tunnelling and Underground Space Technology* 24, 231-235.

Pham Van Vi, 2022. *Behavior of sub-rectangular tunnels under seismic loading*. Luận án tiến sỹ kỹ thuật. Hà nội.

Pham VV, Do NA, Dias D, 2021. Sub-rectangular tunnel behavior under seismic loading. *Appl. Sci, 11, 9909.* doi.org/10.3390/app11219909.

Pham VV, Do NA, Dias D, Nguyen CT, Dang VK, 2022. Sub-rectangular tunnels behavior under static loading. *Transp. Infrastruct. Geotechnol*. doi.org/10.1007/s40515-022-00230-w.

Sederat H, Kozak A, Hashash YMA, Shamsabadi A and Krimotat A, 2009. Contact interface in seismic analysis of circular tunnels. *Tunnelling and Underground Space Technology* 24, 482-490.

Sun QQ, Du D, Dias D, 2020. An improved Hyperstatic Reaction Method for tunnels under seismic loading. *Tunnelling and Underground Space Technology*. Doi: 10.1016/j.tust.2020.103687.

Tsinidis G, Pitilakis K and Madabhushi G, 2016a. On the dynamic response of square tunnels in sand. *Engineering Structures* 125(15): 419-437.

Tsinidis G, Rovithis E, Pitilakis K and Chazelas JL, 2016b. Seismic response of box-type tunnels in soft soil: Experimental and numerical investigation. *Tunnelling and Underground Space Technology* 59: 199-214

Vinod M, Khabbaz H, 2019. Comparison of rectangular and circular bored twin tunnels in weak ground. *Underground Space* 4(4): 328-339.

Wang JN, 1993. Seismic design of tunnels: A state-of-the-art approach, *Brinckerhoff Quade and Douglas Inc., New York.*

Yoon JU, Han JW, Joo EJ and Shin JH, 2014. Effects of tunnel shapes in structural and hydraulic interaction. *KSCE J Civ Eng* 18: 735-741. Doi: 10.1007/s12205-014-1325-1.

Yu Z, Kulatilake PHSW and Jiang F, 2020. Effect of Tunnel Shape and Support System on Stability of a Tunnel in a Deep Coal Mine in China. *Geotech Geol Eng* 30: 383-394. Doi: 10.1007/s10706-011-9475-0.

Zhang ZX, Zhu YT, Zhu YF, et al, 2017. Development and application of a 1:1 mechanical test system for special-shaped shield lining with a large cross-section. *Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering* 12(36), 2895-2905. (in Chinese)

ABSTRACT

Effect of tunnel shape on behavior of tunnel lining under seismic loading

Pham Van Vi[1], Do Ngoc Anh [1], Nguyen Tai Tien [1], Do Xuan Hoi[1], Chu Viet Thuc[2], Nguyen Tien Dung[3]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Electric Power University*
[3]*Military College of Engineering*

Underground works are increasingly important in developing infrastructure and transportation systems in major cities. In addition to static loads, underground works are probably subjected to seismic loading. The behaviour of a tunnel under earthquake forces is complex and depends on the tunnel's supporting structure and the properties of the surrounding soil. Tunnels can be built in various cross-sectional shapes, including circular, rectangular, and recently special shapes like sub-rectangulars. These different shapes exhibit different behaviours when subjected to seismic loading and require further study.

This article focuses on developing numerical models for six types of tunnel cross-sections, including circular, rectangular, and sub-rectangular tunnels. The study examines their behaviour under quasi-static loading, with special attention on the interaction between the tunnel structure and the surrounding soil in terms of both full-slip and no-slip conditions. The outputs indicated the significant influence of tunnel size and the tunnel cross-section shape on the variation of incremental internal forces induced in the tunnel structure subjected to earthquake loadings.

Keywords: sub-rectangular; quasi-static loading; tunnel size; tunnel structure; numerical model

TIỂU BAN
KỸ THUẬT TRẮC ĐỊA - BẢN ĐỒ VÀ HỆ THỐNG THÔNG TIN ĐỊA LÝ

MỤC LỤC

Preliminary results of the inaugural scientific collaborationbetween HUMG and GFZ in establishing a high-rate GNSS station
Nguyen Thai Chinh, Markus Ramatschi, Benjamin Männel, Markus Bradke, Jens Wickert 1303

Xây dựng bản đồ mật độ dữ liệu địa chấn và cường độ động đất Việt Nam sử dụng thư viện Obspy
Nguyễn Trung Dũng, Lưu Liên Thảo, Nguyễn Thị Nga.....1311

Đánh giá xói lở, bồi tụ bằng ảnh viễn thám đa thời gian; thực nghiệm khu vực ven biển Sóc Trăng-Bạc Liêu
Phạm Thị Làn.....1318

Tác động của chính quyền đô thị điện tử đến hoạt động quản lý bất động sản đô thị trong bối cảnh chuyển đổi số
Nguyễn Quốc Long, Chu Thị Khánh Ly, Nguyễn Quỳnh Nga 1326

Dự báo lún bề mặt mỏ bằng mô hình dự báo đa bước đệ quy sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo
Lê Thị Thanh Tâm, Phạm Văn Chung, Nguyễn Gia Trọng, Nguyễn Quốc Long 1332

Ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS trong giám sát hoạt động khai thác khoáng sản tại các tỉnh phía Bắc
Đỗ Thị Phương Thảo, Nguyễn Danh Đức, Dương Anh Quân, Lê Minh Huệ.....1339

Ứng dụng hồi quy đa thức và mạng nơ-ron nhân tạo trong nội suy dị thường độ cao khu vực miền Bắc Việt Nam
Phùng Trung Thanh 1349

Weka - Khung phần mềm mã nguồn mở cho khai phá dữ liệu: Trường hợp điển hình xử lý dữ liệu GNSS theo chuỗi thời gian
Lê Đức Tình, Phạm Ngọc Quang, Nguyễn Thị Hiền, Nguyễn Gia Trọng 1355

Lựa chọn phương pháp Robust estimation phát hiện sai số thô lưới Trắc địa mặt đất – GNSS cho xây dựng công trình
Lưu Anh Tuấn.....1362

Tận dụng Blockchain cho lưu trữ và chia sẻ dữ liệu địa lý
Đào Văn Tùng, Trần Trung Chuyên, Nguyễn Thị Phương Bắc 1370

Theo dõi tốc độ khoan dựa trên công nghệ tích hợp GNSS RTK/IMU
Dương Thành Trung , Phạm Văn Hòa, Nguyễn Trung Dũng, Trần Mạnh Dũng 1378

Preliminary results of the inaugural scientific collaboration between HUMG and GFZ in establishing a high-rate GNSS station

Nguyen Thai Chinh[1,2,3,*], Markus Ramatschi[2], Benjamin Männel[2], Markus Bradke[2], Jens Wickert[2,3], Christina Arras[2,3], Le Duc Tinh[1], Duong Thanh Trung[1], Kim Thi Thu Huong[1], Nguyen Quang Minh[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam*
[2]*GFZ German Research Centre for Geosciences, Germany*
[3]*Technische Universität Berlin, Germany*

ABSTRACT

Hanoi, situated exactly at the northern peak of the equatorial ionization anomaly, experiences significant impacts from ionospheric irregularities. To monitor the ionosphere and evaluate the intensity of its disturbances in Hanoi and its vicinity, Hanoi University of Mining and Geology (HUMG, Vietnam) and the German Research Centre for Geosciences (GFZ, Germany) have initiated their first joint scientific project. The project aims to establish a high-rate Global Navigation Satellite Systems (GNSS) signal-receiving station operating at 50 Hz on the HUMG campus. This paper presents initial findings, including variations in Total Electron Content (TEC) and ionospheric scintillation based on the S4 index. The time-varying characteristics of these features will be analyzed and modeled using continuous GNSS data over a period of one year. Furthermore, the 50 Hz GNSS data enables precise monitoring of station displacement, which is crucial for tracking seismic movements in the capital region of Vietnam.

Keywords: high-rate GNSS data; ionosphere; TEC; ionospheric scintillation; PPP

1. Introduction

According to recent studies, Hanoi, with a geographic latitude of around 21°, is positioned within the region most strongly influenced by the Equatorial Ionization Anomaly (EIA). Consequently, all applications utilizing satellite technology are significantly affected by ionospheric disturbances. Understanding ionospheric characteristics will help improve the accuracy of GNSS-based applications.

With the general goal of promoting collaboration in Earth's atmosphere studies based on measurements from the Global Navigation Satellite System (GNSS), the GFZ German Research Centre for Geosciences in Potsdam, Germany, and the Hanoi University of Mining and Geology (HUMG) have, for the first time, signed a scientific cooperation agreement (HUMG, 2023). As part of this agreement, GFZ sent a system of high-rate GNSS signal receivers (operating at 50 Hz) to HUMG, which were installed on the university campus. The system includes an antenna (LEIAR20 LEIM, provided by HUMG) capable of receiving signals from global satellite systems such as GPS, GLONASS, and Galileo, a small cabinet containing a GNSS receiver (JAVAD TRE_3 DELTA), a computer (tinyPC, a VPN router), and a meteorological sensor (BME280). The entire system is connected to the network and remotely controlled from Germany. The main goal of this project is to monitor the atmosphere, particularly to evaluate the state of the ionosphere in the Hanoi area. With a very high data recording frequency of 0.02 seconds (compared to the conventional CORS interval of one second), the system is capable of deriving ionospheric scintillation parameters such as the S4 index (Nguyen, 2017). Continuous GNSS data also allow for the calculation of the Total Electron Content (TEC), one of the most important parameters of the ionosphere commonly used in space weather research. Additionally, the attached meteorological sensor provides near real-time meteorological data for the northwest area of Hanoi, including temperature, pressure, and humidity. From this information, the total amount of water vapor, one of the most fundamental factors in weather forecasting, can be determined. Furthermore, it is possible to combine observations at the station with those from other CORS networks in the area or globally to monitor land surface deformation or tectonic plate displacement. Currently, HUMG is responsible for maintaining the station's operations, including providing stable power and internet. GFZ

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthaichinh@humg.edu.vn

manages the station remotely and stores the data. Both parties have the right to utilize the station for training and scientific research purposes.

Figure 1 shows the satellite signal receiving antenna of the HUMG station, one of the three basic components of the station, along with the technical box, meteorological sensor, and cables. The station started providing data on June 6, 2023, and to date, data has been collected for over one year. Overall, the obtained data is stable (see figure 2, with more than 99% of the data obtained), and the results clearly reflect the variant state of the ionosphere in the Hanoi area. It is expected that in the near future, the HUMG station will have its technical requirements upgraded to meet International GNSS Service (IGS) standards. The station is currently part of the Asia-Pacific Reference Frame (APREF) network. Becoming an official member of IGS will help improve the accuracy of global models such as ionosphere, troposphere, digital elevation model, geoid, etc in Vietnam region and enhance HUMG's reputation as a leading institution in space science training and research in Vietnam.



Figure 1. The antenna of the high-rate GNSS station in a location with a clear view of the sky, on the HUMG campus.

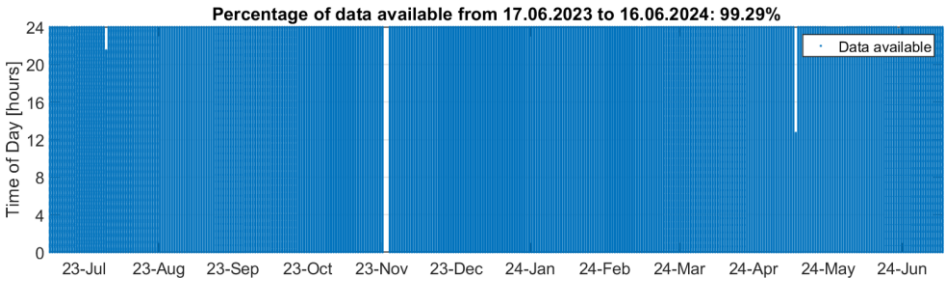


Figure 2. Data obtained at HUMG station in the first year of operation shows that 99.29% of the total amount of data has been observed and stored. Data storage includes both high-rate and normal-rate observations. White areas mean no data is obtained

For space weather research, TEC and scintillation are the two fundamental factors. GNSS data, especially high-rate observations, is a great tool to determine them (Wickert, 2020). TEC is defined as the total number of electrons present along the path between a radio transmitter (satellite) and a receiver. It represents the electron density and causes an increase in the travel time of electromagnetic wave signals when passing through the ionosphere (also called ionospheric delay). TEC concentrates mainly in the F2 ion layer of the ionosphere, which located at an altitude of about 350 - 500 km. The greater the TEC, the greater the time delay, and therefore the lower the accuracy derived in positioning and also other applications. In principle, ionospheric delay caused by TEC can be 99.9% mitigated by using multi-frequency techniques (Rovira-Garcia, 2020). Nonetheless, the study of TEC is still of scientific significance today. TEC is used to explain physical phenomena related to solar activity as well as to estimate the level of impact caused by natural (tsunamis, earthquakes, volcanoes, etc.) or human (rocket launches, nuclear tests, etc.) events, thereby issuing timely warnings. From TEC, it is also possible to calculate indices representing the level of ionospheric disturbances, such as the Rate of TEC Index (ROTI) (Nguyen, 2022). The most common method for determining TEC is to use dual-frequency observations (Taoufiq, 2018). For decades, the method of calculating TEC from GNSS measurements has been extensively studied in many publications (Jakowski, 2011; Le, 2016; Atabati, 2021).

TEC plays an important role, nevertheless, in GNSS data processing, ionospheric disturbances (also called scintillation) are of greater concern as it is impossible to use multi-frequency techniques to eliminate them. Ionospheric scintillation is defined as a rapid fluctuation in the phase and amplitude of radio signals when they pass through the Earth's ionosphere, caused by small-scale irregularities in the ionospheric electron density. The main cause of ionospheric disturbances is ionospheric instability, which occurs when there is disorder in the free ion density. Normally, ionospheric plasma is primarily associated with solar activity (11-year cycle), however, it can also be strongly disturbed during solar events such as solar flares, Coronal Mass Ejections (CMEs), and geomagnetic storms. During such events, the satellite signal can be severely affected, potentially becoming completely or partially lost, which seriously impacts positioning accuracy and other applied research. To estimate the level of turbulence, many indices have been used, with

the most effective and popular being the S4 index, which is calculated directly from high-rate GNSS data. The amplitude scintillation index (S4) is defined as the ratio of the standard deviation of the normalized signal intensity divided by the average of the signal intensity (Humphreys, 2008)"

$$S_4 = \sqrt{\frac{\langle I^2 \rangle - \langle I \rangle^2}{\langle I \rangle^2}} \quad (1)$$

Here, I represents the signal intensity, and $\langle I \rangle$ denotes the mean value of I over a period. The method of determining I is introduced in (Nguyen, 2017). The calculation period depends on the data sampling rate or the interval between epochs of observations. Conventionally, S4 is computed every one minute for observations sampled at a rate of 50 Hz. Based on the S4 value, the level of disturbance is evaluated and categorized into three levels: S4 less than 0.3 indicates a weak disturbance with no significant effect on the signal; S4 between 0.3 and 0.6 represents a medium disturbance, moderately affecting the signal; S4 greater than 0.6 signifies a strong disturbance requiring mitigation measures.

In this paper, we introduce the initial results of the station, including the variations of TEC, ionospheric scintillation data (S4 index), and the Precise Point Positioning (PPP) calculated at the station. They will be presented in parts 2, 3, and 4 of this paper, respectively. The final part includes the conclusion and directions for future development and cooperation.

2. TEC variations at HUMG station

We calculate TEC for a full year to elucidate the daily and seasonal variations of the ionosphere in Hanoi area. The results are illustrated in figures 3 and 4. The diurnal variation of TEC is completely understandable and can be explained by the formation and existence of the ionosphere under the influence of solar radiation: During the day, ion photoionization takes place strongly at high speed. High ion and electron generation causes the total number of electrons increase to a maximum. At noon, the Sun's position is at its peak, the rate of ion and electron creation reaches maximum. However, in addition to ionizing solar radiation, TEC also depends on other dynamic processes such as solar wind or electric/magnetic field resulting in TEC peaking one to a few hours after noon. When the Sun sets, TEC gradually decreases due to the absence of ion photoionization. Nonetheless, the electron concentration is still maintained at a certain level due to the neutral wind. This maintains TEC at a low value throughout the night until dawn.

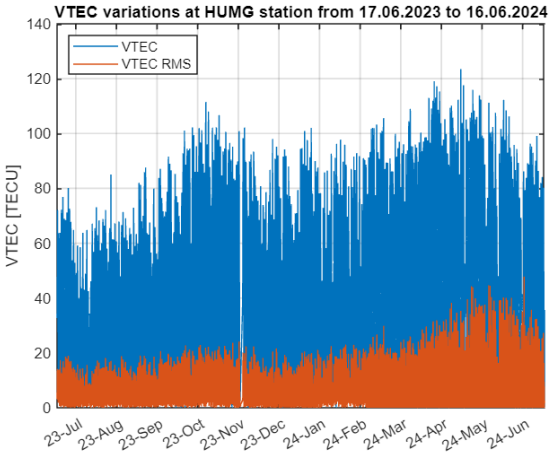


Figure 3. TEC over a year exhibits seasonal cycle, with peaks occurring twice during spring and autumn equinoxes. In line with the increasing solar activity, TEC tends to gradually rise over the study period. Seasonal variation of TEC is similar to that of scintillation activity

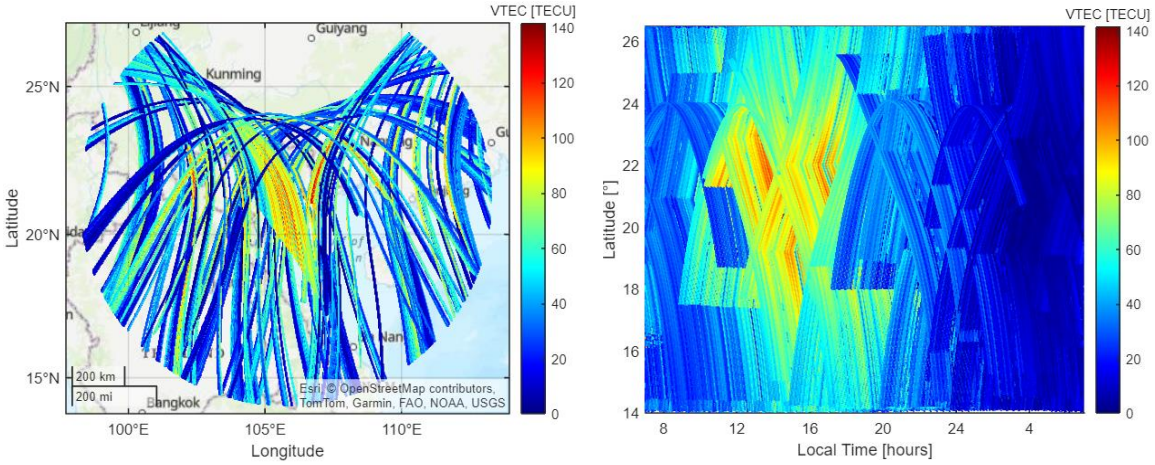


Figure 4. Spatial distribution (left) and temporal distribution (right) of TEC over one year. The right plot shows the changing trend of TEC throughout the day: reaching a maximum between 12:00 and 16:00 local time, then gradually decreases and reaching to minimum at night until dawn

3. Characteristic appearance of ionospheric scintillation in the Hanoi area

We calculated the S4 index to detect ionospheric scintillation at the HUMG station over a one-year period from June 6, 2023 to May 5, 2024. Figure 5 (left side) compares the number of ionospheric disturbances identified at the HUMG station at GPS, GLONASS, and Galileo satellite signals. The number of GPS disturbances is slightly higher, with nearly 150 disturbances in one day, compared to the other two satellite systems. Meanwhiles, GLONASS satellite signals, with just over 100 disturbances, are the least affected of the three systems. Due to Hanoi's geographical location, which is close to the northern peak of the ionization anomaly in the magnetic equatorial region, the occurrence characteristic of scintillation in the evening is very pronounced. In this figure, scintillation detected between 20:00 and 24:00 are counted and shown in green, they account for nearly 90% of the total number of disturbances during the day for all three satellite systems. Whereas strong scintillation (shown in red) keeps the ratio to about one-third of the total irregularities.

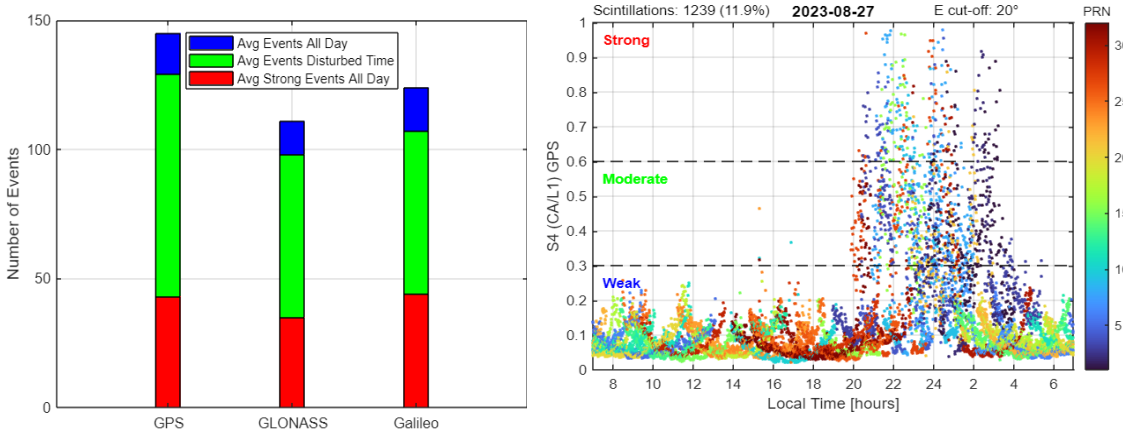


Figure 5. Left: The average occurrence frequency of scintillation for different satellite systems over one year: blue represents the average number of scintillations (S4≥0.3) counted during the day, green represents the average number counted during the disturbance period (20:00 to 24:00), and red represents the average number of strong scintillations (S4≥0.6) observed per day. Right: Scintillation events detected on the most disturbed day of the study period. Strong irregularities were observed from 10 PM until 4 AM the following day, with the number of disturbances accounting for almost 12% of all observations. Similar situations were also observed in the signals of GLONASS and Galileo

During the study period, the day with the largest ionospheric disturbance was August 27, 2023 with a total of 1239 scintillations recorded for GPS, 914 for GLONASS, and 1022 for Galileo. These account for about 12% of the total observations obtained. The right side of figure 5 depicts ionospheric scintillation that occurred on this day, affecting the C/A code measurement at the GPS L1 frequency. In this plot, small dots with different colors represent different satellites and they are categorized into three levels: weak when S4 $\leq$ 0.3, moderate when S4 is between 0.3 and 0.6, and strong when S4 $\geq$ 0.6.

3.1. Temporal occurrence characteristic

In figure 6, we aggregate the S4 index for the entire year and combine the results into one graph to determine the temporal variation of ionospheric scintillation observed at HUMG station. The plot on the left illustrates the pattern of daily occurrences: turbulence predominantly occurs in the evening, just after dusk, and lasts until around 2:00 a.m. Very few disturbances were recorded during the remaining time periods. In this plot, the color represents the elevation angle of the satellite instead of the satellite, illustrating the dependency of the S4 index value on the satellite elevation. It can be seen that satellites with high elevation angles (in yellow and red) consistently yield very small S4 values (below 0.1), whereas satellites with lower elevation angles (below 40 degrees) produce higher S4 values. However, during turbulent times, the S4 index can be unusually high for all satellites, regardless of their elevation angle. This characteristic appearance of scintillation at low latitude areas (near the magnetic equator) is due to the Rayleigh-Taylor instability. It can be explained by the physical process that generates ionospheric scintillation in the equatorial region as follows: After sunset, plasma density and the kinetic electric field in the E region decrease, and the peak of the equatorial anomaly disappears. At the same time, the kinetic electric field begins to develop in the F region. Under the effect of the eastward electric field component, the total electron density increases abnormally before reversing to the west. This causes the F layer in the

equatorial region to rise to a higher altitude, where plasma density is low and plasma collisions are rare. The positive total electron content gradient at the bottom of the F layer rapidly increases, causing the electrons to become unstable and disturbed, leading to plasma proliferation. This state is called Rayleigh-Taylor instability and is the cause of density anomalies in the equatorial ionosphere (Rao, 2006). The non-linear development of these instabilities leads to the formation of large regions of electrolytic depletion, often observed in the equatorial anomaly area and referred to as plasma bubbles (Beniguel, 2011). Usually, the size of these disturbances can range from tens of centimeters to hundreds of kilometers. The gradients on the edges of the density attenuation give rise to small-scale disturbances, which cause amplitude scintillation on the satellite signal mainly during the evening hours.

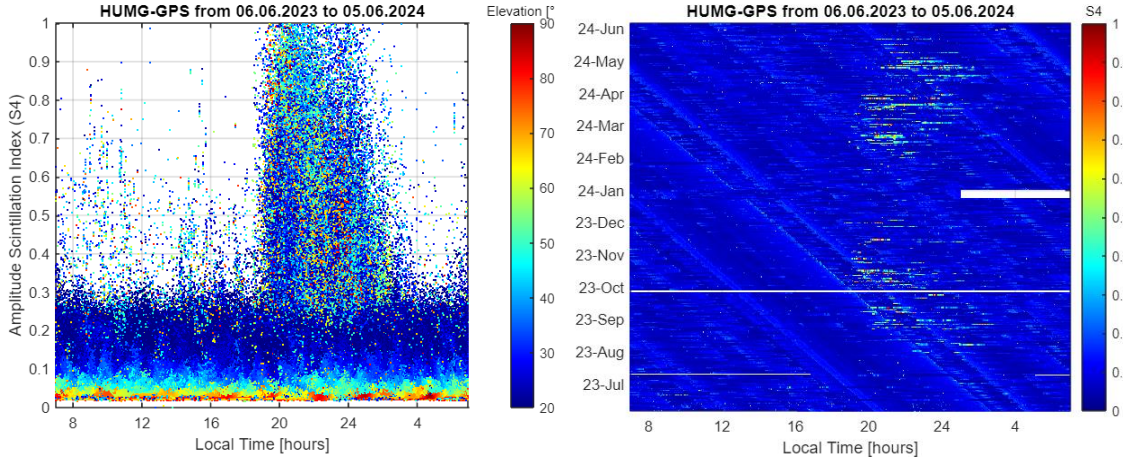


Figure 6. Characteristic appearance of scintillation events in the Hanoi area over one year, depicted by day (left) and by season (right). The white areas indicate no data received. Local time is chosen to clearly describe the variation pattern throughout the day

In order to determine the seasonal variation rules of scintillation, we calculated S4 index for an entire year and presented it in the form of a heat map, as shown in the right side of figure 6. The results show that scintillation occurs with higher frequency during the spring and autumn equinoxes each year, while the number of detected disturbances is significantly lower during the summer and winter months. Their variations are described in detail in figure 7. A large number of scintillation events are concentrated mainly in the months from February to April and from August to October. During the study period, March 2024 saw the most disturbances, with an average of more than 300 events, while October 2023 recorded the highest number of strong disturbances, with more than 100 events. July 2023 and the first month of 2024 are the quietest months, with a negligible number of scintillations.

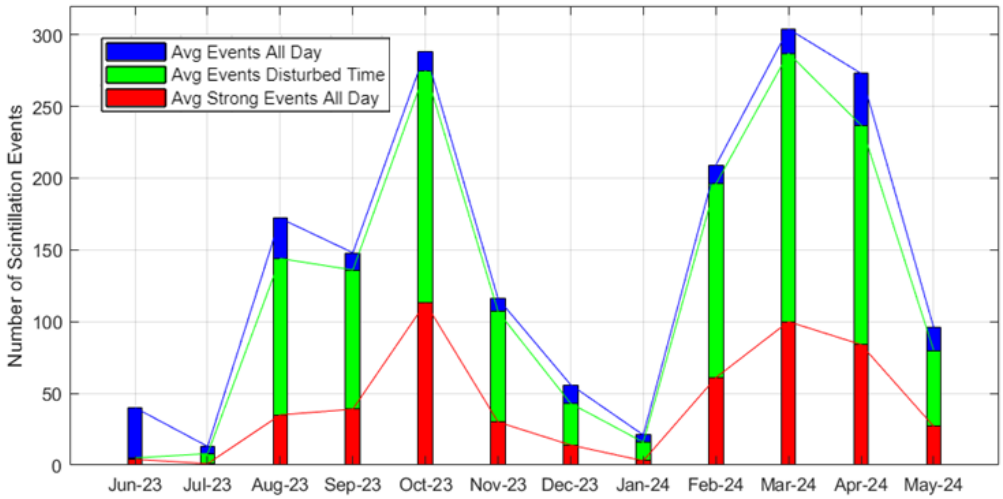


Figure 7. The monthly average number of scintillations events clearly shows the seasonal variation of ionospheric plasma appearance in the equatorial area: appears more often during the equinox months and less frequently during the summer and winter solstices

The seasonal appearance of ionospheric scintillation in Hanoi is consistent with previous scientific publications investigating other stations in areas with similar geographical locations (Rao, 2006; Abadi, 2014). It can be seen that, the seasonal occurrence of scintillation activity is almost similar to the seasonal variation of TEC. Seasonal variation of ionospheric scintillation can be described as follows: throughout the year, the number of scintillation events is minimal in the solstitial months, gradually increases from January to March, then slowly decreases from April to June. It then rises again in the next three months, reaching the second peak of the year in September and October. The final phase of the year sees a decline in scintillation events from October to December. The periodic appearance of such disturbances is due to the Earth's revolution around the Sun. During spring and autumn, the Earth is most exposed to the Sun, then locations near the magnetic equator are almost perpendicular to the rays from the Sun, resulting in maximum ionization and therefore maximum electron density. In contrast, ionization decreases significantly in summer and winter months, leading to much lower electron density.

3.2. Spatial occurrence characteristic

In scintillation research, spatial distribution, in addition to temporal distribution, also plays an important role in influencing the accuracy of GNSS applications. Figure 8 depicts the directional turbulence distribution at station HUMG, with red dots corresponding to strong turbulence (S4≥0.6), yellow dots representing medium turbulence (S4 between 0.3 and 0.6), and green dots indicating weak turbulence (S4≤0.3). This is the result of calculating S4 for the entire year. Obviously, due to the geographical location of the HUMG station (approximately 21 degrees north latitude), located just below the peak of the northern ionization anomaly in the 105-degree meridian area, the directional distribution is very uniform, with strong scintillation appearing in all directions. The rule of directional turbulence distribution has been carefully considered and clearly demonstrated in (Tran, 2017). It is also necessary to add that the study period (June 2023 - May 2024) falls within the ascending phase of the 25th solar cycle, which expected to peak in 2025, resulting in a relatively high number of observed scintillation events.

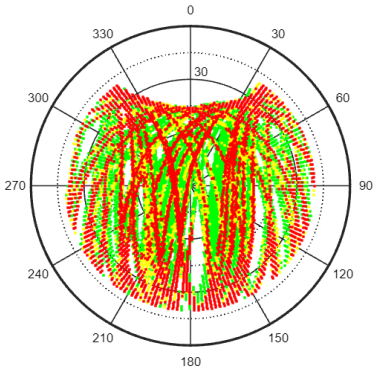


Figure 8. Directional distribution of scintillation events (elevation cut-off at 20°). All detected scintillation events throughout the year are shown in the polar horizontal coordinate system by their satellite elevation and azimuth

4. PPP calculation and data quality at HUMG station

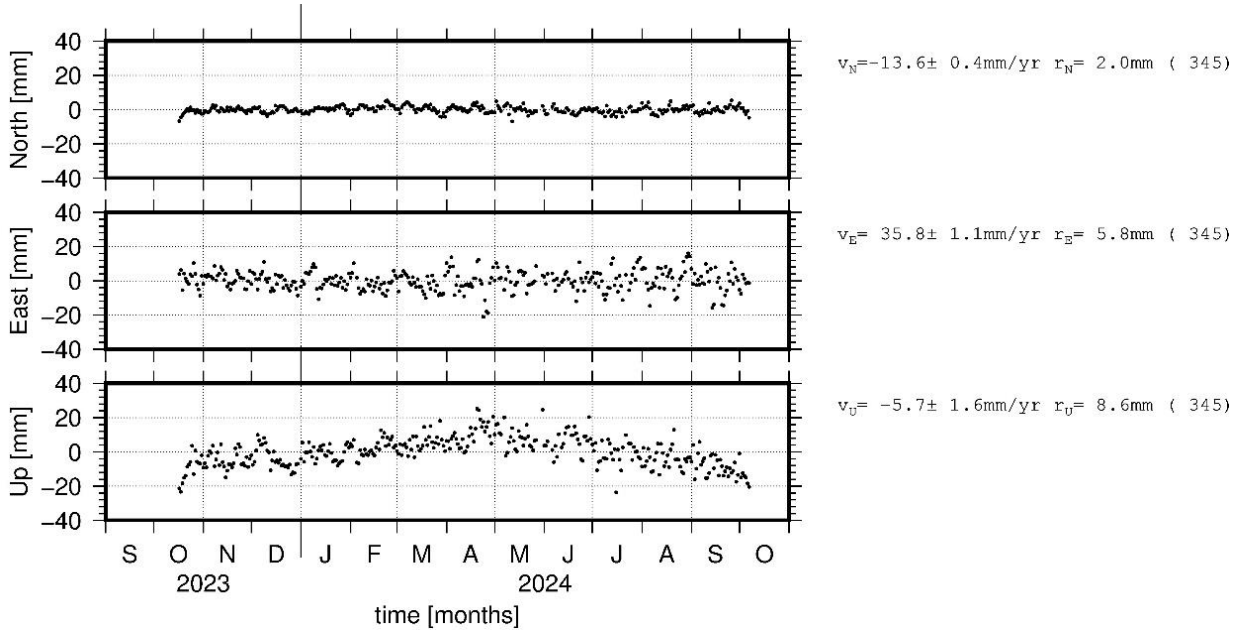


Figure 9. Station coordinates HUMG, derived from PPP (reference frame: IGS20)

Figure 9 shows the coordinate time series derived for HUMG in an operational PPP (Precise Point Positioning) based on GFZ operational GNSS products (Männel, 2020). As HUMG was added to the operational processing in October 2023 the time series does not provide a complete year yet. Consequently, the derived linear velocities cover potential seasonal variations. This is especially true for the vertical component but also the estimated horizontal velocities differ by about 5 mm/yr from the plate motion model provided with the ITRF2020 (Altamimi, 2023). It should be clarified that, the signal-to-noise ratio of the transmitted wave can be reduced as ionospheric scintillation can generate fluctuations in the signal intensity transmitted from the satellite. Data quality indicators derived with G-NUT/Anubis show good values for HUMG. The ratio of expected vs. recorded observations reaches high values of 96% for elevation angles above 5°. Code multipath values are small with daily averaged RMS values of 23 cm for MP1.

5. Conclusions and further developments

The first scientific cooperation project between HUMG and GFZ on the establishment of a high-rate GNSS station located on HUMG campus began in early June 2023. After one year of operation, the data obtained has proven to be very stable, with over 99% data integrity. Initial results have shown characteristic variations in the state of the ionosphere as well as ionospheric disturbances in the Hanoi area. Both TEC and scintillation follow the same seasonal variation pattern: reaching a maximum during the equinox months and a minimum during the solstice months. However, the diurnal variation is clearly different: while TEC peaks shortly after noon local time, scintillation rarely occurs during the day. Instead, it predominantly forms in the evening, just after sunset and lasts until around midnight. Statistical results of the S4 index over a period of one year show that nearly 90% of disturbances appear between 20:00 and 24:00 local time daily and about one-third of them are confirmed to be strong disturbances.

The next steps for utilizing the HUMG station, in addition to monitoring the ionosphere, will include: Applying computational simulations of the physical phenomenons using high performance computing and machine learning to analyze and forecast meteorological data such as temperature, humidity, pressure, and total amount of water vapor present in the troposphere; Strengthening PPP and connecting the station to local, regional, and international geodynamic monitoring networks. These efforts will provide early warnings and assess the severity of natural disasters, especially for events such as earthquakes or solar storms that may occur in Hanoi.

In the near future, after the HUMG station is integrated and becomes an official member of international GNSS networks, it will enhance the reliability of global models within Vietnam territory and elevate HUMG's capacity and prestige in the field of space geodetic training and research. The success of the project has laid a solid foundation for both parties to advance to further stages of collaboration, aligned with the sustainable development goals that both sides are aiming for.

Acknowledgments

The authors sincerely thank GFZ and HUMG for their strong support in the success of the first scientific cooperation project between the two institutes. We extend our gratitude to GFZ for the provision of the high-rate GNSS system. We also express our appreciation to HUMG for agreeing to host and carefully operate the ionospheric research station on the university campus.

References

Abadi, P., Saito, S., Srigutomo, W., 2014. Low-latitude scintillation occurrences around the equatorial anomaly crest over Indonesia. *Ann. Geophys*., 32, 7-17, doi.org/10.5194/angeo-32-7-2014.

Altamimi, Z., Métivier, L., Rebischung, P., Collilieux, X., Chanard, K., Barnéoud, J., 2023. ITRF2020 plate motion model. *Geophysical Research Letters, 50.* https://doi.org/10.1029/2023GL106373.

Atabati, A., Alizadeh, M., Schuh, H., Tsai, L.-C., 2021. Ionospheric Scintillation Prediction on S4 and ROTI Parameters Using Artificial Neural Network and Genetic Algorithm. *Remote Sens. 2021, 13, 2092.* https://doi.org/10.3390/rs13112092.

Beniguel, Y., Hamel, P., 2011. A global ionosphere scintillation propagation model for equatorial regions. *J. Space Weather Space Clim.* 1 A04, DOI: 10.1051/swsc/2011004.

Hanoi University of Mining and Geology, 2023. Installation of a high-rate (50 Hz) GNSS receiving station at HUMG to monitor the ionosphere in the region of Hanoi. https://humg.edu.vn/en/news/Pages/detail.aspx?CateID=606&ItemID=8589.

Humphreys, T.E., 2008. Modeling ionospheric scintillation and its effects on GPS carrier tracking loops and two other applications of modeling and estimation. *Degree of Doctor of Philosophy, Cornell University,* https://hdl.handle.net/1813/8348.

Jakowski, N., Mayer, C., Hoque, M.M., Wilken, V., 2011. Total electron content models and their use

in ionosphere monitoring. *Radio Science*, VOL. 46, RS0D18, doi:10.1029/2010RS004620.

Le, H.M., Tran, T.L., Fleury, R., Le, T.T., Nguyen, C.T., Nguyen, H.T., 2016. TEC variations and ionospheric disturbances during the magnetic storm in March 2015 observed from continuous GPS data in the Southeast Asia region. *Vietnam Journal of Earth Sciences* Vol 38 (3) 287-305.

Männel, B., Brandt, A., Nischan, T., Brack, A., Sakic, P., Bradke, M., 2020. GFZ rapid product series for the IGS. GFZ Data Services. https://doi.org/10.5880/GFZ.1.1.2020.003.

Nguyen, C.T., Le, T.N., Alizadeh, M., Schuh, H., 2017. Alternative approach for detecting ionospheric scintillation using GNSS measurements. *Geo-Spatial Technologies and Earth Resources*, ISBN:978-604-913-618-4, pp. 261-271.

Nguyen, C.T., Oluwadare, S.T., Le, N.T., Alizadeh, M., Wickert, J., Schuh, H., 2022. Spatial and Temporal Distributions of Ionospheric Irregularities Derived from Regional and Global ROTI Maps. *Remote Sens*, *14*, 10. https://doi.org/10.3390/rs14010010.

Rao, R., Krishna, G., Niranjan, S., Prasad, D., 2006. Study of spatial and temporal characteristics of L-band scintillation over the Indian low latitude region and their possible effects on GPS navigation. *Ann. Geophys*., 24, 1567-1580.

Rovira-Garcia, A., Ibáñez-Segura, D., Orús-Perez, R., 2020. Assessing the quality of ionospheric models through GNSS positioning error: methodology and results. *GPS Solut 24, 4*. https://doi.org/10.1007/s10291-019-0918-z.

Taoufiq, J., Mourad, B., Rachid, A., Amory-Mazaudier, C., 2018. Study of Ionospheric Variability Using GNSS Observations. *Scientific Research*, Vol.9 No.4.

Tran, T.L., Le, H.M., Amory-Mazaudier, C., Fleury, R., 2017. Climatology of ionospheric scintillation over the Vietnam low-latitude region for the period 2006-2014. *Advances in Space Research* 60 1657-1669, doi.org/10.1016/j.asr.2017.05.005.

Wickert, J., Dick, G., Schmidt, T., Asgarimehr, M., Antonoglou,N., Arras, C., Brack, A., Ge, M., Kepkar, A., Männel, B.,Nguyen, C., Oluwadare, T. S., Schuh, H., Semmling, M.,Simeonov, T., Vey, S., Wilgan, K., Zus, F., 2020. GNSS remote sensing at GFZ: Overview and recent results. *ZfV-Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement*. https://doi.org/10.12902/zfv-0320-2020.

TÓM TẮT

Hợp tác khoa học lần đầu giữa HUMG và GFZ thành lập trạm GNSS tần suất cao: các kết quả nghiên cứu ban đầu

Nguyen Thai Chinh[1,2,3], Markus Ramatschi[2], Benjamin Männel[2], Markus Bradke[2], Jens Wickert[2,3], Christina Arras[2,3], Le Duc Tinh[1], Duong Thanh Trung[1], Kim Thi Thu Huong[1], Nguyen Quang Minh[1]

[1]Trường Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội, Việt Nam

[2]GFZ German Research Centre for Geosciences, Germany

[3]Technische Universität Berlin, Germany

Hà Nội có vị trí địa lý nằm ngay dưới đỉnh phía bắc của dị thường điện ly xích đạo, do đó chịu ảnh hưởng rất lớn từ các nhiễu loạn bất thường do tầng điện ly gây ra. Để giám sát trạng thái của tầng điện ly và đánh giá cường độ của nhiễu loạn điện ly tại Hà Nội và các khu vực lân cận, Trường Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội (HUMG, Việt Nam) và Trung tâm Nghiên cứu Khoa học Trái đất Potsdam (GFZ, Đức) đã thực hiện dự án hợp tác khoa học lần đầu tiên giữa hai bên. Mục tiêu của dự án là nhằm thiết lập một trạm thu tín hiệu các hệ thống định vị toàn cầu (GNSS) tần suất cao (50 Hz) đặt tại khuôn viên của HUMG. Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu ban đầu của dự án, bao gồm sự biến đổi của tổng lượng điện tử có trong tầng điện ly (TEC) và hiện tượng nhấp nháy điện ly dựa việc phân tích chỉ số S4. Đặc trưng biến đổi theo thời gian và không gian của những yếu tố này được phân tích và mô hình hóa dựa trên dữ liệu GNSS đo liên tục trong khoảng thời gian một năm. Ngoài ra, dữ liệu GNSS tần suất cao còn cho phép người dùng xác định chính xác mô hình dịch chuyển của trạm, góp phần quan trọng trong việc theo dõi, đánh giá các hoạt động địa chấn xảy ra tại khu vực thủ đô của Việt Nam.

Từ khóa: dữ liệu GNSS tần suất cao; tầng điện ly; tổng lượng điện tử (TEC); nhiễu loạn điện ly; PPP

Xây dựng bản đồ mật độ dữ liệu địa chấn và cường độ động đất Việt Nam sử dụng thư viện Obspy

Nguyễn Trung Dũng[1,2,*], Lưu Liên Thảo[2], Nguyễn Thị Nga[2]
[1]*Đại học Bách khoa Hà Nội*
[2]*Đại học Bách Khoa Hà Nội, Viện nghiên cứu Tài chính và kinh tế số BKFintech*

TÓM TẮT

Bài báo tập trung xây dựng bản đồ mật độ dữ liệu sử dụng công cụ thư viện Obspy với mục đích trực quan hóa và phân tích dữ liệu một cách dễ dàng và hiệu quả. Bài báo sử dụng phương pháp ước lượng mật độ nhân (Kernel Density Estimation - KDE) với hàm nhân Gaussian để tính toán mật độ dữ liệu. Tác giả cũng thực hiện tải dữ liệu cường độ địa chấn Việt Nam và áp dụng phương pháp Krigging để nội suy dữ liệu cường độ động đất và trực quan hóa trên bản đồ màu.

Từ khóa: dữ liệu địa chấn; mật độ nhân; krigging; Obspy

1. Đặt vấn đề

Trong thời đại công nghệ thông tin phát triển như hiện nay, việc quản lý và xử lý dữ liệu địa lý ngày càng trở nên quan trọng và cần thiết hơn bao giờ hết. Trong đó, dữ liệu địa chấn là một trong những loại dữ liệu quan trọng nhất để nghiên cứu các hiện tượng địa chất, đặc biệt là động đất. Quản lý dữ liệu địa chấn là một công việc quan trọng trong việc nghiên cứu địa chất và địa hình. Trong bài báo này, nhóm tác giả kết hợp các công cụ phân tích dữ liệu địa chấn Obspy (Krischer, 2015), công cụ tính toán khoa học SciPy (Blanco-Silva, 2013) và cơ sở dữ liệu của IRIS để xây dựng bản đồ mật độ dữ liệu địa chấn và cường độ động đất của Việt Nam.

Thư viện ObsPy trong ngôn ngữ lập trình Python được ứng dụng để quản lý và thực hiện phân tích với dữ liệu địa chấn, từ đó giúp cho việc nghiên cứu nghiên cứu các hiện tượng địa chất trở nên dễ dàng hơn. Bài báo này trình bày các quá trình thực hiện tải dữ liệu địa chấn, lưu và sau đó biểu diễn thông tin trên bản đồ địa lý. Từ dữ liệu có được biểu diễn dưới dạng sóng và chuyển đổi sang dạng quang phổ để hiển thị rõ hơn thời điểm động đất. Sử dụng phương pháp Kriging để nội suy dữ liệu cường độ địa chấn tại một số điểm không quan sát được và trực quan hoá trên bản đồ màu. Cuối cùng, xác thực chéo được ứng dụng để đánh giá mức độ chính xác.

SciPy là một thư viện Python mã nguồn mở và miễn phí được sử dụng trong tính toán khoa học và kỹ thuật. Nó cung cấp các module cho tính toán số học, thống kê, tối ưu hóa, xử lý tín hiệu, hình ảnh, và nhiều lĩnh vực khác. SciPy cũng cung cấp các công cụ để làm việc với dữ liệu dạng ma trận và đối tượng mảng Numpy. Với SciPy người dùng có thể dùng để xử lý dữ liệu và xây dựng hình ảnh một cách hiệu quả. Đây là công cụ hữu ích cho các nhà khoa học, kỹ sư và các chuyên gia trong lĩnh vực liên quan đến xử lý dữ liệu, tín hiệu và hình ảnh.

Bản đồ mật độ (Density map) là một biểu đồ được sử dụng để hiển thị mật độ dữ liệu trên một khu vực hoặc bản đồ. Nó thường được sử dụng để trực quan hóa phân bố của các dữ liệu đo đạc, khảo sát trên một khu vực lớn, chẳng hạn như phân bố dân số trên một thành phố hoặc phân bố tình trạng ô nhiễm không khí trên một khu vực. Cách tạo ra bản đồ mật độ thường được thực hiện bằng cách sử dụng phương pháp Kernel Density Estimation (KDE) để ước lượng mật độ dữ liệu trên một lưới hoặc một tập hợp các điểm trên bản đồ. Sau đó, mật độ được sử dụng để tạo ra các vùng màu khác nhau trên bản đồ để biểu thị mật độ dữ liệu.

Incorporated Research Institutions for Seismology (viết tắt là IRIS) là một tổ chức phi lợi nhuận tại Hoa Kỳ được thành lập vào năm 1984, chuyên nghiên cứu liên quan đến việc khám phá bên trong trái đất thông qua việc thu thập, lưu trữ và phân tích dữ liệu địa chấn. Một trong những hoạt động chính của IRIS là quản lý một mạng lưới các trạm địa chấn toàn cầu để giám sát các sự kiện động đất và nghiên cứu về cấu trúc bên trong trái đất. Mạng lưới này được gọi là Mạng địa chấn toàn cầu (Global Seismographic Network-GSN) bao gồm hơn 150 trạm địa chấn trên toàn cầu, cung cấp dữ liệu về các sự kiện động đất và các yếu

* *Tác giả liên hệ*
Email: dung.nguyentrung2@hust.edu.vn

tố địa chấn khác (Iris, E. D. U., 2021). IRIS lưu trữ dữ liệu địa chấn kỹ thuật số bằng cách sử dụng một hệ thống cơ sở dữ liệu trực tuyến, gọi là "Trung tâm quản lý dữ liệu IRIS (IRIS DMC- IRIS Data Management Center)". Hệ thống này thu thập, lưu trữ và phân phối dữ liệu địa chấn từ hàng ngàn cảm biến địa chấn trên toàn thế giới. IRIS có một số dữ liệu địa chấn thu thập được tại Việt Nam trong khoảng thời gian từ 01/01/2008 đến 31/12/2008 gồm các trạm đặt tại các điểm khác nhau trên khắp đất nước. Dữ liệu này được thu thập bằng cách sử dụng các cảm biến địa chấn và được ghi lại trên các băng từ. Sau đó, dữ liệu được chuyển sang định dạng kỹ thuật số và lưu trữ trên các máy chủ tại IRIS. IRIS cũng thu thập dữ liệu địa chấn từ các trạm địa chấn quốc tế được đặt tại các vị trí gần Việt Nam.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp Kriging nội suy dữ liệu cường độ địa chấn

Kriging là một phương pháp nội suy không gian được bắt nguồn từ lĩnh vực địa chất khai thác và được đặt tên theo kỹ sư khai thác mỏ người Nam Phi Danie Krige.

Phương pháp Ordinary Kriging (OK) (Valerio De Rubeis, 2005) được dùng để ước lượng giá trị của các điểm nội suy trong không gian dựa trên giả thiết rằng bộ dữ liệu có giá trị trung bình không đổi nhưng giá trị này chưa được biết. Để ước lượng được giá trị $z^*(s_0)$ tại điểm cần nội suy (s_0), OK sử dụng trọng số λ_i của giá trị tại điểm quan sát $z(s_i)$:

$$\hat{z}(s_0) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i z(s_i) + \varepsilon \tag{1}$$

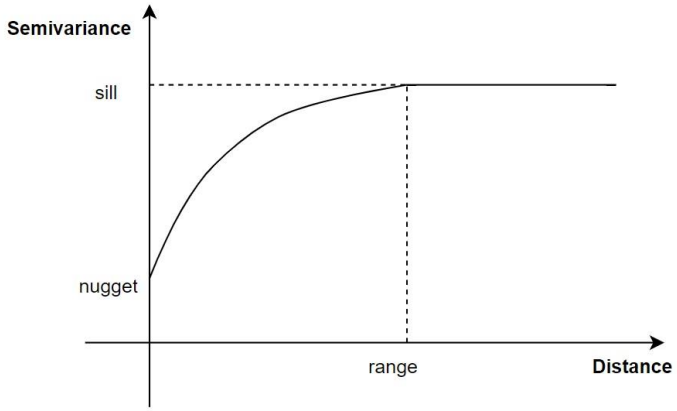
Trong đó: *n* - kích thước của của bộ dữ liệu; λ_i - trọng số được tính toán dựa trên khoảng cách của dữ liệu được quan sát đến vị trí dự đoán và sự thay đổi khoảng cách giữa chúng bằng cách sử dụng mô hình bán phương sai (semivariogram model) phù hợp. Lưu ý rằng tổng của các λ_i thỏa mãn ràng buộc về tính không chệch (unbiasedness): $\sum_{i=1}^{n} \lambda_i = 1.$

Các trọng số λ_i có thể tính được bằng cách giải hệ phương trình đại số tuyến tính:

$$\begin{pmatrix} \gamma(h_{11}) & \cdots & \gamma(h_{1n}) & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \gamma(h_{n1}) & \cdots & \gamma(h_{nn}) & 1 \\ 1 & \cdots & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_n \\ \mu \end{pmatrix} \tag{2}$$

Trong đó: h_{ij} - khoảng cách từ điểm s_i đến điểm s_j; $\text{var}(z(s_i) - z(s_j)) = 2\gamma(h_{ij})$ - mô hình phương sai và $\gamma(h_{ij})$ - mô hình bán phương sai (semivariogram model). Độ chính xác của phương pháp Kriging phụ thuộc vào biểu đồ phương sai được sử dụng của bán phương sai.

Ba mô hình bán phương sai: Spherical, Gaussian và Exponential (Hastie, 2009) được đánh giá là tạo ra bản đồ mô tả các sự kiện địa chấn tốt nhất. Về cơ bản, các mô hình này đều có những thuộc tính chung như sill, range và nugget như hình 1.



Hình 1. Biểu đồ bán phương sai (semivariogram)

Bảng 1. Công thức của các mô hình phương sai

Mô hình variogram	Mô hình toán học
Spherical	$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C(\frac{3}{2}\frac{h}{r} - \frac{1}{2}\frac{h^3}{r}), 0 \le h \le r \\ C_0 + C, h > r \end{cases}$
Gaussian	$\gamma(h) = C_0 + C(1 - e^{-\frac{h^2}{r^2}})$
Exponential	$\gamma(h) = C_0 + C(1 - e^{-\frac{2}{r}})$

Trong đó: C_0 l- nugget; C - partial sill, $C_0 + C$ - sill, r - range và h - khoảng cách giữa hai điểm đang xét. Mô hình Spherical được sử dụng cho dữ liệu có tương quan không gian ngắn, trong khi mô hình Exponential được sử dụng cho dữ liệu có tương quan vừa phải và mô hình Gaussian được sử dụng cho dữ liệu có tương quan không gian dài.

2.2. Phương pháp ước lượng mật độ xác suất Gaussian KDE

Phương pháp Gaussian KDE (Kernel Density Estimation) là một phương pháp thống kê để ước lượng mật độ xác suất của một biến ngẫu nhiên dựa trên một tập hợp các quan sát. Phương pháp này sử dụng hàm nhân Gauss (Gaussian) làm hàm nhân chính để tính toán mật độ xác suất. Phương pháp Gaussian KDE cung cấp một cách tiếp cận linh hoạt và mạnh mẽ để ước lượng mật độ xác suất của dữ liệu và được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực thống kê, khoa học dữ liệu, và máy học.. Nó có thể được sử dụng để phân tích phân phối của một biến ngẫu nhiên, so sánh phân phối giữa các nhóm, và tạo ra các biểu đồ mật độ xác suất để trực quan hóa dữ liệu. Tuy nhiên, việc chọn độ rộng của hàm nhân phù hợp là rất quan trọng để đạt được ước lượng mật độ xác suất chính xác và đáng tin cậy.

Các bước thực hiện phương pháp Gaussian KDE bao gồm:

Bước 1: Chọn độ rộng của hàm nhân: Độ rộng của hàm nhân ảnh hưởng đến độ chính xác của ước lượng mật độ xác suất. Các phương pháp thường được sử dụng để chọn độ rộng của hàm nhân bao gồm phương pháp cross-validation, phương pháp Scott, và phương pháp Silverman (Muhamad Ali, 2017).

Bước 2: Tính toán mật độ xác suất: Mật độ xác suất tại mỗi điểm dữ liệu được ước lượng bằng cách tính tổng các hàm nhân Gauss xung quanh điểm đó, với trọng số được điều chỉnh bởi độ rộng của hàm nhân.

Công thức của phương pháp Gaussian KDE để tính mật độ xác suất tại một điểm dữ liệu x được ước lượng như sau:

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{nh}\sum_{i=1}^{n} K\left(\frac{x - x_i}{h}\right) \quad (3)$$

Trong đó: n - số lượng quan sát dữ liệu; h - độ rộng của hàm nhân (còn được gọi là tham số làm mịn hoặc băng thông/ bandwidth); K - hàm mật độ xác suất của phân phối Gauss (Gaussian) với giá trị kỳ vọng bằng 0 và độ lệch chuẩn bằng 1. x_i - quan sát dữ liệu thứ i trong tập dữ liệu.

Để tính toán độ rộng của hàm nhân (bandwidth) trong phương pháp Gaussian KDE, có hai phương pháp phổ biến nhất là phương pháp Scott và phương pháp Silverman. Độ rộng của hàm nhân được tính bằng công thức Scott:

$$h = \left(\frac{4}{3n}\right)^{\frac{1}{5}} \sigma \quad (4)$$

Độ rộng của hàm nhân được tính bằng công thức Silverman:

$$h = \left(\frac{n(d+2)}{4(d+1)}\right)^{\frac{1}{d+4}} \sigma \quad (5)$$

Trong đó: n - số lượng quan sát dữ liệu; σ - độ lệch chuẩn của dữ liệu; d - số chiều của không gian dữ liệu ($d=1$ cho dữ liệu một chiều, $d=2$ cho dữ liệu hai chiều, v.v.).

Việc sử dụng phương pháp "Scott" để tính độ rộng của hạt nhân, mô hình sẽ tập trung vào các đặc trưng chính của dữ liệu và có thể bỏ qua các chi tiết nhỏ hơn. Trong khi đó, nếu ta sử dụng phương pháp "Silverman" để tính độ rộng của hạt nhân, mô hình sẽ có độ mịn cao hơn và có thể giúp phát hiện ra các chi tiết nhỏ hơn trong dữ liệu.

3. Kết quả và thảo luận

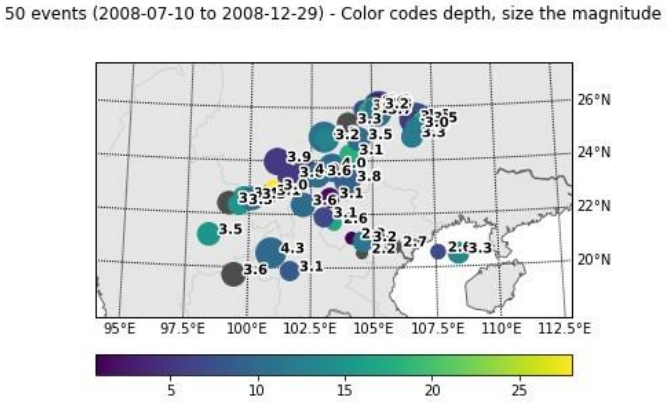
3.1. Phương pháp Kriging nội suy dữ liệu cường độ địa chấn

Để kết nối đến dữu liệu địa chấn Việt Nam, thư viện ObsPy được sử dụng để tạo đối tượng lấy dữ liệu từ hệ thống của IRIS qua class client:" client = FDSN_Client("IRIS")" tương tự như giao thức của GEONET (Natalie Balfour, 2018). Các phương thức trong thư viện ObsPy được liệt kê trong bảng 2.

Bảng 2. Các phương thức trong ObsPy được sử dụng

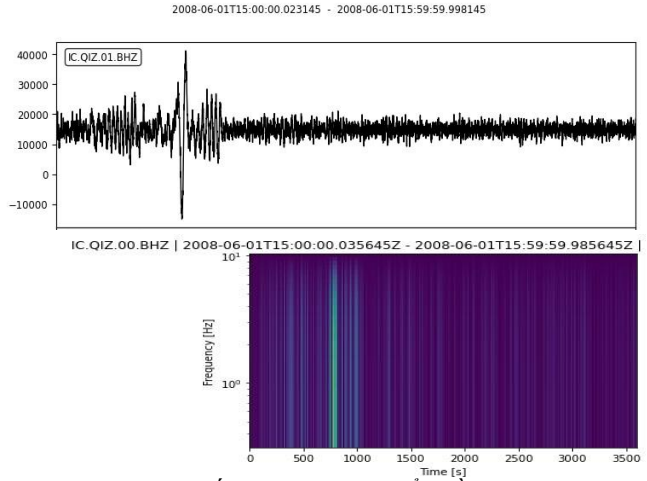
Phương thức	Tham số đầu vào	Giá trị trả về
get_events	starttime, endtime, latitude, longitude, maxradius, minmagnitude	đối tượng (object) gồm các sự kiện động đất
get_stations	starttime, endtime, latitude, longitude, maxradius	đối tượng gồm danh sách các trạm quan trắc
get_waveforms	network, station, location, channel, starttime, endtime	đối tượng gồm các dữ liệu dạng sóng địa chấn

Bước tiếp theo, dữ liệu địa chấn của miền Bắc Việt Nam được tải, lưu trữ và trực quan hoá trên bản đồ địa lý như Hình 2.



Hình 2. Các sự kiện địa chất đo được trong nửa cuối năm 2008,cường độ từ 2.0Mw, độ sâu tâm chấn từ 0-25kmtrong khoảng thời gian từ 10/07/2008-29/12/2008

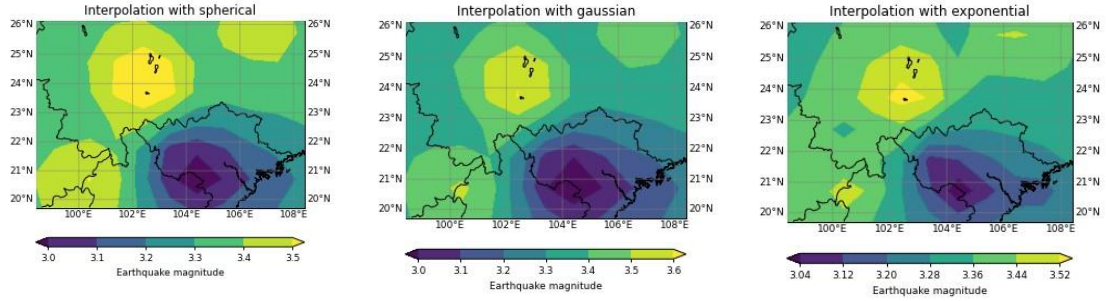
Phương thức get_waveforms cùng với phương thức plot(type="dayplot") và spectrogram(log= True) hỗ trợ vẽ biểu đồ dữ liệu sóng địa chấn theo ngày và biểu đồ sóng biểu diễn dưới dạng ảnh phổ. Hình 3 biểu diễn dữ liệu địa chấn tại trạm QIZ (Hải Nam, Trung Quốc) tương ứng với kênh dữ liệu Broadband BHZ cho sự kiện địa chấn xảy ra ngày 01/06/2008. Dữ liệu sóng địa chấn có thể được sử dụng để xác định tâm chấn, cường độ động đất hay đối chiếu với kết quả mô phỏng động đất để thực hiện nghịch đảo cấu trúc địa chất (3-D full waveform tomography). Một ứng dụng quan trọng khác từ các bản ghi rung động địa chấn băng thông rộng (roadband) là ghi lại nhiễu nền (ambient noise) và sử dụng dữ liệu này để thực hiện nghịch đảo cấu trúc địa chất mà không cần có hoạt động địa chấn tích cực (tương ứng với khu vực phía Nam Việt Nam). Dạng ảnh phổ của sóng địa chấn (sử dụng biến đổi S-transform) cũng hỗ trợ việc xác định, phân tách các thành phần sóng địa chấn dựa trên phân tích ảnh màu 2-D tương ứng với trục thời gian- tần số thay vì chỉ có chuỗi thời gian như dạng sóng địa chấn.



Hình 3. Biểu đồ dữ liệu sóng địa chấn theo ngày và biểu đồ dữ liệu sóng địa chấn dạng quang phổ đo được tại trạm QIZ bằng kênh BHZ từ 15 giờ đến 16 giờ ngày 01/6/2008

Sử dụng 3 mô hình nội suy Krigging với các sự kiện địa chấn trong thời gian nửa cuối năm 2008 (các sự kiện địa chấn chủ yếu diễn ra ở khu vực miền Bắc Việt Nam và các khu vực trên lãnh thổ Trung Quốc giáp danh) ta có kết quả như 3 hình dưới đây (Hình 4). Bản đồ màu cường độ động đất ở miền Bắc màu được

phân bố tương ứng với các khu vực có hoạt động địa chấn khác nhau. Tuy nhiên nếu thực hiện nội suy cho toàn bộ lãnh thổ Việt nam, khu vực phía Nam sẽ không có nhiều thông tin địa chấn. Điều này xảy ra do đặc điểm của phương pháp nội suy trong không gian: những điểm gần có mối liên hệ tốt hơn những điểm ở xa.



Hình 4. Nội suy Kring trong khu vực sự kiện địa chấn sử dụngcác phương pháp Krigging: spherical variogram model, gaussian variogram model và exponential variogram model

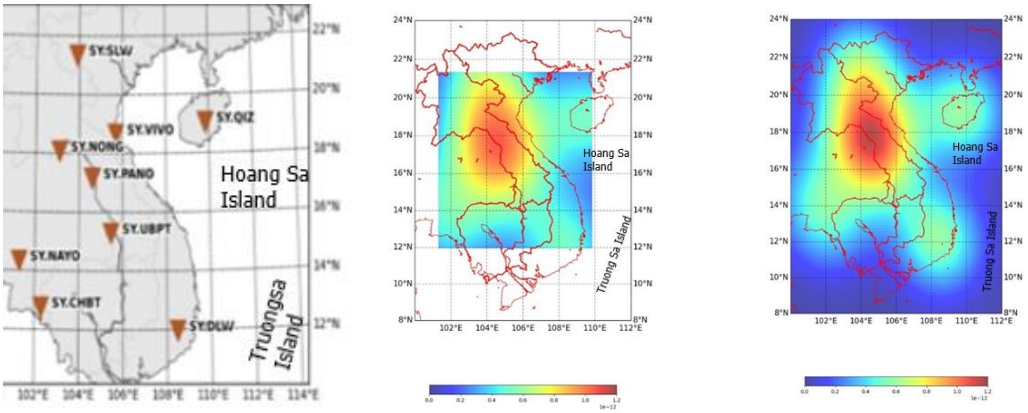
3.2. Phương pháp ước lượng mật độ xác suất Gaussian KDE

Dữ liệu về các trạm quan trắc trong khoảng thời gian từ 10/07/2008 đến 29/12/2008 cho toàn Việt Nam và khu vực lân cận được thu thập trên bản đồ với tâm tại vị trí có (kinh độ, vĩ độ) = (109.121441,15.378552) thuộc khu vực Đảo Lý Sơn, Lý Sơn, Quảng Ngãi, Việt Nam với bán kính 7.8 rad. Sử dụng thư viện ObSpy trong Python với đối tượng client sử dụng phương thức *get_stations()* đã nêu trong phần phương pháp với các tham số đầu vào: starttime, endtime, latitude, longtitude, maxradius. Kết quả thu được ở khu vực Việt Nam và lân cận bao gồm 13 trạm quan trắc địa chấn. Bản đồ các trạm quan trắc cho thấy có 3 trạm quan trắc Qiongzhong-Hainan Province-China (QIZ), Dalat Central Vietnam (DLV) và Son La Vietnam (SLV) là 3 trạm thực tế còn lại là các trạm giả định. Thông tin 3 các trạm quan trắc và tọa độ lon/ lat được cho trong bảng 3 như sau:

Bảng 3. Các trạm thực tế

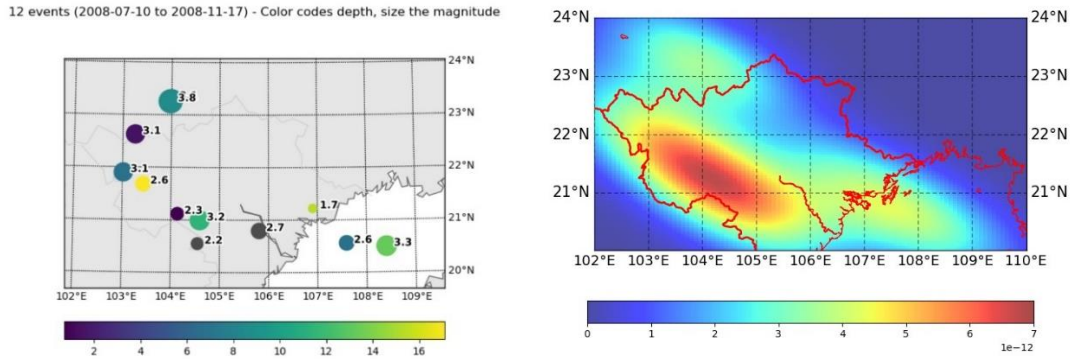
Trạm	Kinh độ (lon)	Vĩ độ (lat)
QIZ	109.84	19.03
DLV	108.48	11.95
SLV	103.91	21.33

Sử dụng phương pháp Gaussian KDE như đã nêu ở phần trên. Với dữ liệu tọa độ thu được từ 13 trạm quan trắc ta có được mảng kinh độ [109.84, 108.48, 13.91, 102.3, 104.61, 108.48, 101.30, 103.1, 104.61, 109.84,103.91, 105.47, 105.70] và mảng vĩ độ [19.03, 11.95, 21.33, 12.75, 17.15,11.95, 14.32, 18.06, 17.15, 19.03, 21.33, 15.28, 18.65]. Từ đó sử dụng phương pháp Gaussian KDE trong module scipy.stats để tạo ra bản đồ mật độ dữ liệu 2D. Sau khi có được kết quả mật độ dữ liệu tại các điểm, ta biểu diễn mật độ dữ liệu trên bản đồ địa lý với các màu sắc đại diện tương ứng. Bước tiếp theo, lưới dữ liệu được mở rộng ra toàn bản đồ bằng cách tạo ra một lưới tọa độ 2D với kích thước 100 cột và 100 hàng, được định nghĩa bằng cách tạo ra một mảng các giá trị kinh độ và vĩ độ tương ứng. Các giá trị này được lưu trữ trong hai mảng lons và lats. Tiếp theo, hàm Gausian KDE được tính toán cho mật độ dữ liệu của các điểm tọa độ ban đầu trên lưới 2D. Hình 5 trình bày lưới các mạng quan trắc, bản đồ màu cho mảng kinh độ/ vĩ độ giới hạn bởi các trạm quan trắc và bản đồ màu mở rộng cho toàn bộ Việt Nam và khu vực lân cận.



Hình 5. Xây dựng bản đồ mật độ các trạm quan trắc: Bản đồ các trạm quan trắc giả định, Bản đồ mật độ các trạm quan trắc và Bản đồ mật độ các trạm quan trắc khi mở rộng lưới

Bằng cách tiếp cận tương tự, dữ liệu về các trạm quan trắc và các sự kiện trong khoảng thời gian 10/07/2008 đến ngày 29/12/2008 tại vị trí với (vĩ độ, kinh độ) = (21.04269,105.845909) thuộc Đại Học Bách Khoa Hà Nội, Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam được thu thập với với bán kính 3.4 rad cho các sự kiện địa chấn từ 1.7Mw. Sử dụng phương pháp Gaussian KDE như đã nêu ở phần trên với dữ liệu tọa độ thu được từ 12 sự kiện địa chấn, ta thu được bản đồ mật độ các sự kiện địa chấn tương ứng (Hình 6).



Hình 6. Xây dựng bản đồ mật độ các sự kiện địa chấn: Bản đồ 12 sự kiện địa chấn quan trắc được, Bản đồ mật độ các sự kiện địa chấn

Qua kết quả trên bản đồ mật độ ta có thể thấy ở phía Bắc Việt Nam trong khoảng thời gian từ 10/7/2008 đến 29/12/2008 mật độ xảy ra các trận động đất chủ yếu ở khu vực phía Tây Bắc Bộ. Các thông tin mật độ dữ liệu các trạm quan trắc và sự kiện địa chấn là đặc biệt quan trọng trong đánh giá bất định (uncertainty analysis) trong các mô hình mô phỏng động đất, nghịch đảo cấu trúc địa chất hay phân tích các rủi ro/ thảm họa từ hoạt động địa chấn.

4. Kết luận

Việc sử dụng thư viện Obspy trong Python là một cách tiếp cận hiệu quả để xử lý và phân tích dữ liệu địa chấn. Từ việc biểu diễn dữ liệu trên bản đồ địa lý đến việc biểu diễn dưới dạng sóng địa chấn và chuyển đổi thành ảnh phổ, nghiên cứu đã cho thấy rằng Obspy là một công cụ mạnh mẽ để thực hiện các tác vụ này. Nghiên cứu cũng cho thấy phương pháp Kriging để nội suy dữ liệu tại các điểm không có thông tin đầy đủ từ dữ liệu đã có là một kỹ thuật hữu ích để giải quyết vấn đề thiếu dữ liệu. Cùng với đó. phương pháp ước lượng mật độ xác suất bằng phân phối kernel (Kernel Density Estimation - KDE) với hàm nhân Gaussian cũng được áp dụng. Kết quả đạt được cho thấy rằng bản đồ mật độ dữ liệu là một công cụ hữu ích để phân tích và trực quan hóa dữ liệu địa lý cũng như trong phân tích rủi ro. Bản đồ mật độ dữ liệu cho chúng ta hiểu rõ hơn về phân bố của dữ liệu và đưa ra các quyết định dựa trên những thông tin đó giúp tối ưu hóa quá trình quy hoạch và phát triển đô thị.

Lời cảm ơn

Các tác giả xin cảm ơn ĐH Bách khoa Hà Nội đã tài trợ nghiên cứu thông qua đề tài cơ sở T2023-PC-084. Đồng thời, các tác giả cũng ghi nhận những kinh nghiệm và hỗ trợ từ các nghiên cứu đã được thực hiện tại các trung tâm QuakeCore, ĐH Canterbury, New Zealand; SCEC, ĐH USC, Hoa Kỳ và các trung tâm dữ liệu địa chấn GeoNet, New Zealand và IRIS, Hoa Kỳ.

Tài liệu tham khảo

Krischer, L., Megies, T., Barsch, R., Beyreuther, M., Lecocq, T., Caudron, C., Wassermann, J., 2015. ObsPy: A bridge for seismology into the scientific Python ecosystem. *Computational Science Discovery*, 8(1), 014003.

Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J. H., Friedman, J. H., 2009. The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction (Vol. 2, pp. 1-758). *New York: springer*.

Valerio De Rubeis, 2005. Application of Kriging Technique to Seismic Intensity Data, *Bulletin of the Seismological Society of America*.

Muhamad Ali, M.Z. and Othman, F., 2017. Selection of variogram model for spatial rainfall mapping using Analytical Hierarchy Procedure (AHP). *Scientia Iranica 24.1: 28-39*.

Blanco-Silva, F. J., 2013. Learning SciPy for numerical and scientific computing. *Packt Pub*.

Natalie Balfour., 2018. GeoNet FDSN webservice with Obspy demo. Github

Iris, E. D. U., 2021. Incorporated Research Institutions for Seismology. How Does a Seismometer Work.

ABSTRACT

Constructing maps of the density of seismic data and magnitude of earthquakes in Vietnam using Obspy library

Nguyen Trung Dung[1,2], Luu Lien Thao[2], Nguyen Thi Nga[2]
[1]*Hanoi University of Science and Tecnology*
[2]*Institute of BKFintech*

The paper focuses on building data density maps using the Obspy library with the aim to efficiently visualize and analyze data. The paper used the kernel Density Estimation (KDE) method with the Gaussian kernel function to calculate the data density. The author also downloaded the seismic data and applied the Krigging method to interpolate the earthquake intensity data for Vietnam and visualized on the color map.

Keywords: seismic data; kernel density estimation; krigging; Obspy

Đánh giá xói lở, bồi tụ bằng ảnh viễn thám đa thời gian; thực nghiệm khu vực ven biển Sóc Trăng-Bạc Liêu

Phạm Thị Làn[1,*]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Các hoạt động tự nhiên và nhân tạo đã tác động lên xói lở và bồi tụ ở những khu vực ven biển. Việc nghiên cứu về xói mòn và bồi tụ giúp hiểu rõ mức độ tác động của các hoạt động này trong quá khứ cũng như hiện tại. Tư liệu ảnh Landsat được sử dụng trong nghiên cứu này nhằm đánh giá tốc độ xói lở và bồi tụ khu vực ven biển Sóc Trăng – Bạc Liêu. Kênh Green, kênh tỉ lệ Green/Nir và kênh chỉ số NDWI được sử dụng để khảo sát việc chiết xuất đường bờ nhằm lựa chọn kênh tốt nhất cho khu vực nghiên cứu. Trong đó, chỉ số NDWI được xác định là chỉ số phù hợp nhất trong việc xác định đường bờ. Đường bờ năm 2015 và năm 2024 được tích hợp để xác định tốc độ xói lở và bồi tụ thông qua việc tính tốc độ biến động đường bờ với chỉ số EPR. Khu vực Bạc Liêu – Sóc Trăng xảy đồng thời cả xói lở và bồi tụ với tốc độ từ ít đến cao. Xói lở bờ biển ở khu vực này chủ yếu xảy ra do các hoạt động nuôi trồng thủy sản và khai thác cát. Trong khi đó, bồi tụ cũng diễn ra với tốc độ mạnh nhờ ở khu vực bồi tụ trầm tích sông và nhờ sự phát triển rừng ngập mặn.

Từ khóa: xói lở; bồi tụ; viễn thám

1. Đặt vấn đề

Khu vực ven biển Bạc Liêu - Sóc Trăng đang phải đối mặt với những biến động phức tạp về địa hình bờ biển do hiện tượng xói lở và bồi tụ. Thực trạng này chịu ảnh hưởng từ cả yếu tố tự nhiên lẫn con người.

Tình trạng xói lở và bồi tụ tại các vùng ven biển và sông ngòi là những hiện tượng tự nhiên có tác động lớn đến môi trường, kinh tế và đời sống của con người. Đặc biệt, trong bối cảnh biến đổi khí hậu và nước biển dâng, những hiện tượng này ngày càng trở nên phức tạp, đòi hỏi các phương pháp nghiên cứu và đánh giá hiệu quả nhằm phục vụ công tác quản lý, quy hoạch sử dụng đất và bảo vệ bờ biển. Mực nước biển dâng dẫn đến biến đổi khí hậu và xói lở bờ biển (Zhang, Douglas, & Leatherman, 2004). Trong các nghiên cứu về xói lở, một số ý kiến cho rằng phạm vi xói lở đường bờ bờ do ảnh hưởng bởi yếu tố nhân tạo như phát triển du lịch và đô thị hóa (Huu Duy NGUYEN. et al., 2020)

Viễn thám đa thời gian nổi bật là công cụ quan trọng trong việc giám sát và đánh giá các quá trình xói lở và bồi tụ theo thời gian, nhờ khả năng cung cấp dữ liệu liên tục trên diện rộng và ở nhiều thời điểm khác nhau. Phương pháp này cho phép phân tích chi tiết sự thay đổi của bề mặt đất, dòng chảy và diễn biến địa hình tại các khu vực ven biển, từ đó đưa ra các đánh giá chính xác về mức độ và quy mô của xói lở cũng như bồi tụ. Xói lở và bồi tụ là biểu hiện của biến động đường bờ. Biến động đường bờ được chiết xuất bằng ảnh Landsat thông quan kênh tỉ số Green/Near Infrared (Lan, Son, Gunasekara, Nhan, & Hien, 2013), phương pháp phân ngưỡng kênh hồng ngoại trung (A. A. Alesheikh, A. Ghorbanali, & Nouri, 2007), chỉ số NDWI (Kuleli, Guneroglu, Karsli, & Dihkan, 2011). Ứng dụng công nghệ viễn thám không chỉ giúp giảm thiểu chi phí và thời gian so với phương pháp đo đạc truyền thống mà còn mang lại khả năng quan sát những khu vực khó tiếp cận, cung cấp thông tin đa dạng từ không gian.

Việc đánh giá xói lở và bồi tụ thông qua ảnh viễn thám đa thời gian có tính cấp thiết cao trong bối cảnh hiện nay, khi sự thay đổi môi trường diễn ra ngày càng nhanh chóng và phức tạp. Những kết quả từ nghiên cứu sẽ cung cấp cơ sở khoa học cho các nhà quản lý trong việc dự báo, phòng ngừa và ứng phó với các tác động tiêu cực, góp phần bảo vệ tài nguyên đất đai và phát triển bền vững cho các khu vực chịu ảnh hưởng.

Bài báo này nhằm đánh giá thực trạng xói lở và bồi tụ ven biển Bạc Liêu – Sóc Trăng trong giai đoạn 2025 bằng ảnh Landsat. Chỉ số NDWI phù hợp nhất trong xác định đường bờ ở khu vực Bạc Liêu – Sóc Trăng. Độ chính xác của đường bờ được đánh giá thông qua giá trị tương quan giữa đường bờ được chiết xuất từ ảnh Landsat với một số điểm khảo sát từ ảnh có độ phân giải cao, R lên tới 0,72.

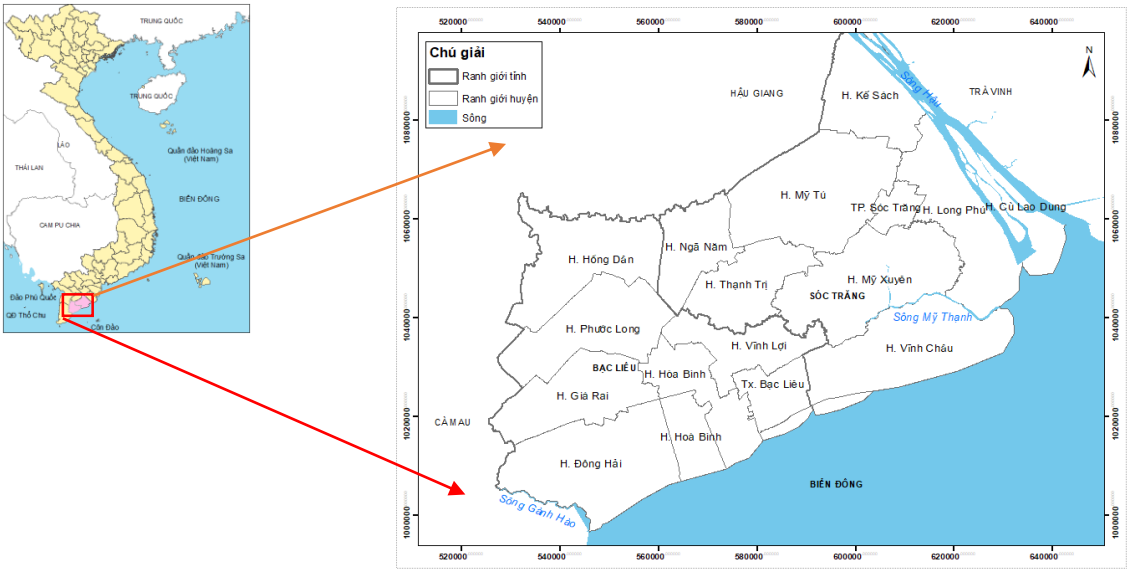
* *Tác giả liên hệ*
Email: phamthilan@humg.edu.vn

2. Dữ liệu và khu vực nghiên cứu

Khu vực Bạc Liêu - Sóc Trăng nằm ở ven biển vùng Đồng bằng sông Cửu Long, là nơi giao thoa của các hệ thống sông, rạch và vùng bãi bồi ven biển. Địa hình khu vực này chủ yếu là đồng bằng thấp, có hệ thống kênh rạch chằng chịt, chịu ảnh hưởng lớn từ chế độ thủy triều và các yếu tố khí hậu nhiệt đới gió mùa. Bạc Liêu và Sóc Trăng được biết đến với hệ sinh thái đa dạng, bao gồm cả hệ sinh thái rừng ngập mặn và rừng tràm, đóng vai trò quan trọng trong việc bảo vệ bờ biển khỏi sự xâm thực và bảo tồn nguồn tài nguyên sinh học.

Kinh tế khu vực chủ yếu dựa vào nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản, và gần đây có sự phát triển mạnh về năng lượng tái tạo, đặc biệt là năng lượng gió. Về địa lý tự nhiên, vùng biển Bạc Liêu - Sóc Trăng có các quá trình bồi tụ và xói mòn diễn ra song song, tạo ra sự biến động không ngừng của bờ biển, ảnh hưởng đến cả tài nguyên đất và hoạt động kinh tế. Mạng lưới sông ngòi chảy từ sông Hậu ra biển Đông mang theo lượng lớn phù sa, hình thành nên các bãi triều rộng lớn, cung cấp môi trường thuận lợi cho hoạt động nuôi trồng thủy sản và phát triển nông nghiệp.

Khu vực này cũng đang đối mặt với những thách thức lớn từ biến đổi khí hậu, nước biển dâng và sụt lún đất, ảnh hưởng trực tiếp đến sinh kế của người dân và đòi hỏi sự quan tâm đặc biệt trong công tác quản lý và quy hoạch sử dụng đất bền vững.



Hình 1. Vị trí khu vực Bạc Liêu – Sóc Trăng

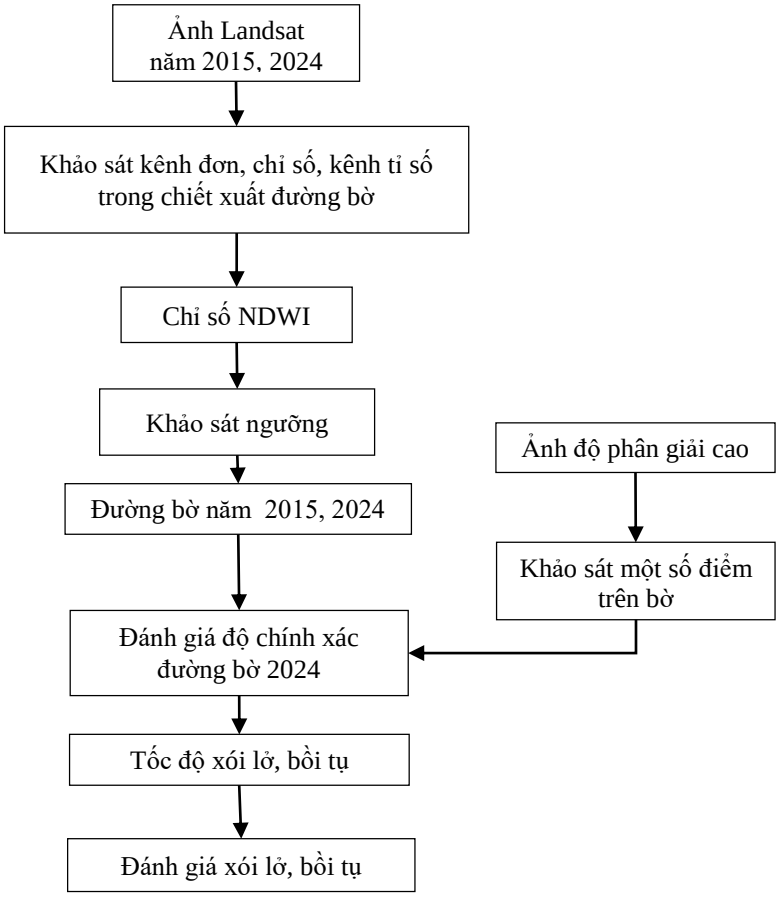
Dữ liệu sử dụng trong bài báo là ảnh Landsat đã được hiệu chỉnh hình học và đưa về giá trị phản xạ trước khi tính toán các chỉ số nhằm chiết xuất thông tin đường bờ. Ảnh chụp trong điều kiện thủy triều tương đồng nhau (Bảng 1).

Bảng 1. Dữ liệu ảnh Landsat

TT	Tên ảnh	Hàng cột	Ngày chụp	Mực thủy triều (cm)
1	Landsat 9	125054	20/8/2024	2,8
2	Landsat 9	125053	20/8/2024	2,8
3	Landsat 8	125054	16/05/2015	2.5
4	Landsat 8	125053	16/05/2015	2.5

3. Phương pháp nghiên cứu

Việc đánh giá xói lở, bồi tụ khu vực Bạc Liêu – Sóc Trăng được xác định thông qua quá trình xử lý ảnh viễn thám với các bước cơ bản được trình bày như sơ đồ Hình 2. Ảnh Landsat chụp năm 2014 và năm 2024 có các thông số được cụ thể trên Bảng 1. Kênh hồng ngoại trung (band 5), kênh chỉ số NDWI và kênh tỉ số green/Near được biểu thị và khảo sát các ngưỡng khác nhau nhằm tách biệt nước – không nước trong xác định đường bờ. Độ chính xác của đượng bờ được đánh giá thông qua khảo sát một số điểm trên ảnh độ phân giải cao nhằm xác định mức độ tương quan của vị trí đường bờ trên ảnh độ phân giải cao so với đường bờ chiết xuất từ ảnh Landsat. Đường bờ năm 2015 và 2024 được tích hợp để xác định xói lở và bồi tụ tại khu vực Bạc Liêu – Sóc Trăng.



Hình 2. Quy trình đánh giá xói lở, bồi tụ ven biển Bạc Liêu – Sóc Trăng

3.1. Chiết xuất đường bờ

Chiết xuất đường bờ bằng ảnh vệ tinh là quá trình phân tách giữa đất liền và vùng nước. Nước nhạy cảm với bước sóng gần hồng ngoại và hồng ngoại trung. Ở bước sóng này, nước hấp thụ mạnh. Do vậy, nước – không phải nước có thể được xác định khi sử dụng bước sóng này. Bên cạnh đó, Một trong những chỉ số nhạy cảm với sự thay đổi trong độ ẩm nước và có thể được sử dụng để phát hiện các đối tượng liên quan đến nước là chỉ số khác biệt nước chuẩn hóa (NDWI), được tính toán từ các kênh gần hồng ngoại (NIR) và hồng ngoại sóng ngắn (SWIR) của dữ liệu viễn thám (Gao, 1996). NDWI cũng có thể được tính toán từ các kênh gần hồng ngoại (NIR) và xanh trong dữ liệu viễn thám (McFeeters, 2007). NDWI được coi là một trong những chỉ số nước thường được sử dụng nhất để chiết xuất đường bờ (Liu, Wang, Ling, Xu, & Wang, 2017). Trong nghiên cứu này, chỉ số NDWI của Gao (1996) được lựa chọn để thử nghiệm trong chiết xuất đường bờ. Công thức tính chỉ số NDWI như công thức (1). Nước đục phản xạ tốt ở kênh Green và hấp thụ mạnh ở kênh SWIR. Do vậy, kênh tỉ số Green/SWIR cũng được sử dụng để chiết xuất đường bờ với khu vực có nước đục.

Chỉ số NDVI được tính theo công thức:

$$\text{NDVI} = \frac{float(B3)-float(B4)}{float(B3)+float(B4)} \quad (1)$$

Ảnh tỉ số kênh phổ:

$$float(B2)/float(B5) \quad (2)$$

Trong đó, B3 là kênh Red, B4 là kênh gần hồng ngoại và b5 là kênh hồng ngoại trung của Landsat. Việc xác định đường bờ thông qua việc tách biệt nước và không nước trên mỗi ảnh đơn (kênh 5), kênh tỉ số và chỉ số NDWI là việc phức tạp do vùng nước ven bờ ảnh hưởng bởi chất lơ lửng làm nước đục, dẫn đến khó xác định đường bờ. Mỗi kênh đơn, kênh chỉ số và chỉ số sẽ được phân ngưỡng theo các phương án khác nhau. Các phương án đó có tách biệt tốt nước – không nước hay không dựa vào việc đánh giá khách quan so với việc giải đoán bằng mắt. Bài báo này đã lựa chọn chỉ số NDWI là chỉ số phù hợp nhất trong xác định đường bờ ở khu vực Bạc Liêu – Sóc Trăng.

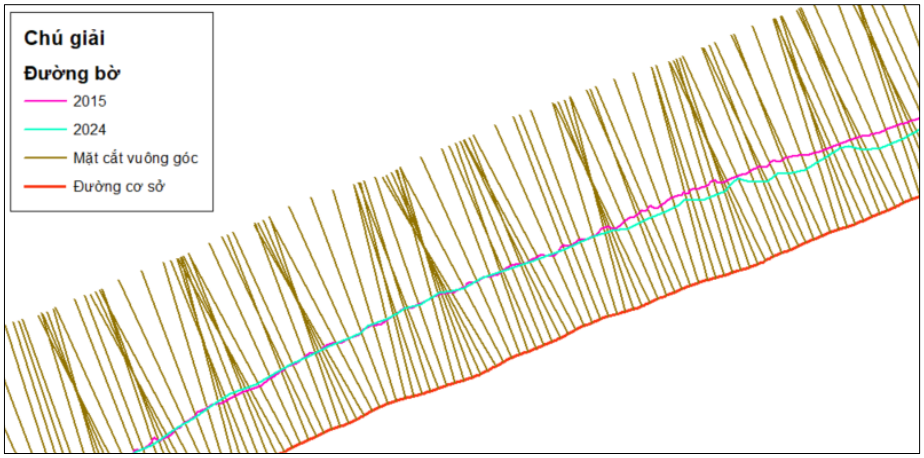
3.2. Đánh giá xói lở, bồi tụ

Xói lở và bồi tụ là biểu hiện của sự thay đổi đường bờ. Trong bài báo này, đường bờ được xác định là đường bờ ở các thời điểm tương đồng nhau về mực thủy triều. Công cụ DSAS được sử dụng để ước lượng sự thay đổi đường bờ. Các thay đổi của đường bờ được xác định bằng cách kết hợp các vị trí đường bờ tham chiếu với đường cơ sở đã được thiết lập. Biến động của đường bờ được xác định qua các giao điểm của các mặt cắt vuông góc với đường bờ (Kuleli et al., 2011). Việc thiết lập đường cơ sở gần với chuỗi các vị trí đường bờ là rất quan trọng. Các mặt cắt nên được vạch ra vuông góc với đường cơ sở này, với khoảng cách được xác định bởi người dùng, để giao cắt với các đường bờ và thiết lập các điểm đo. Vị trí của đường cơ sở đóng vai trò quan trọng trong việc xác định hướng của mặt cắt qua các đường bờ.

Trong nghiên cứu này, 629 mặt cắt ngang, mỗi mặt cắt dài 5000 mét và vuông góc với đường cơ sở ngoài khơi, đã được tạo ra với khoảng cách 200 mét dọc theo đường bờ (**Error! Reference source not found.**). Phương pháp DSAS được sử dụng để đánh giá tốc độ xói lở và bồi tụ (EPR) của đường bờ ven biển Bạc Liêu – Sóc Trăng. Chỉ số EPR chỉ tốc độ biến động đường bờ. EPR (End Point Rate) được tính theo khoảng cách của đường bờ thời điểm quá khứ xa nhất so với thời điểm gần đây nhất chia cho số năm giữa hai thời điểm đó. Trong bài báo này, chỉ số EPR được chạy tương ứng từng cặp thời điểm, cụ thể là tính EPR cho năm 2015- 2024. Do đó, EPR có thể được viết theo công thức sau:

$$EPR=\frac{Khoảng\ cách\ biến\ động\ đường\ bờ\ giữa\ T2\ và\ T1}{T2-T1}$$

trong đó: T2 là năm 2020 và T1 là năm 2015 nếu tính EPR cho giai đoạn 2015-2024



Hình 3. Tạo các đường mặt cắt từ đường cơ sở trong xác định xói lở, bồi tụ

Các đường bờ được thêm vào một cơ sở dữ liệu địa lý cá nhân với năm thuộc tính: ObjectID, Shape, Shape_Length, Date_, và Uncertainty. Các đường bờ được trích xuất ở các thời điểm khác nhau được kết hợp thành một đối tượng duy nhất trong bảng thuộc tính, tạo ra một shapefile duy nhất.

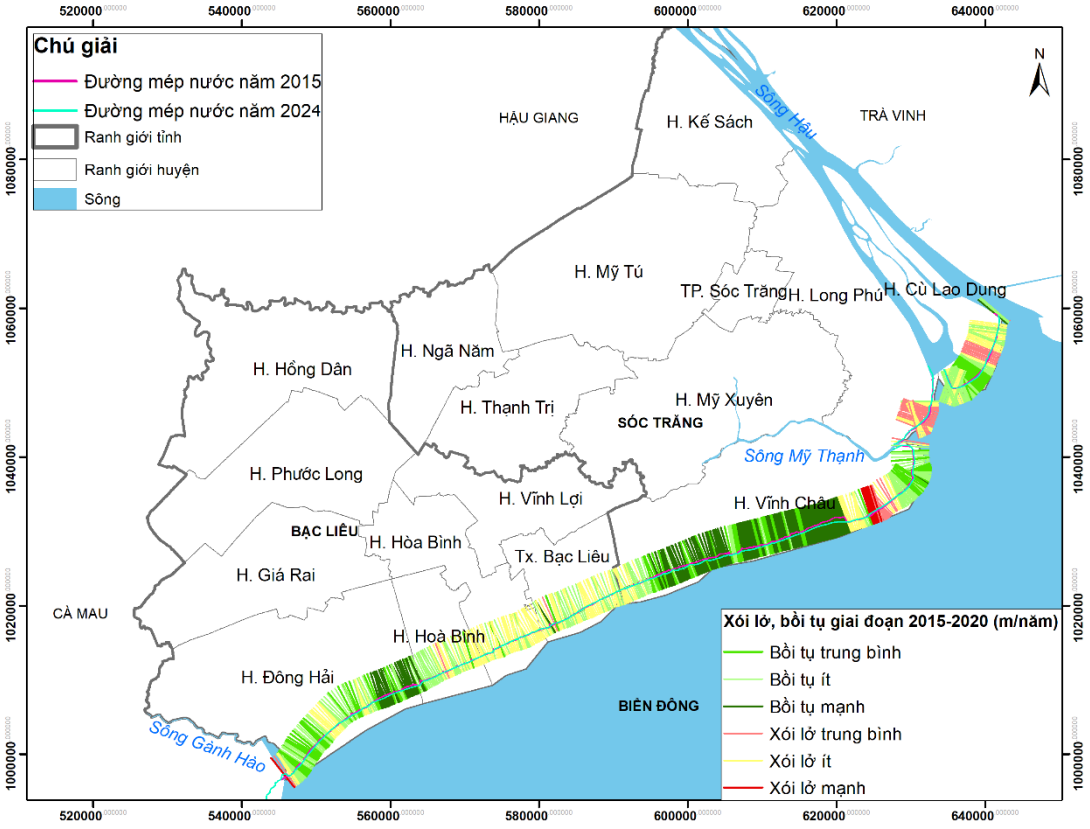
4. Kết quả và thảo luận

Chỉ số EPR có giá trị âm thể hiện cho hiện tượng xói lở bờ biển. Ngược lại, giá trị của EPR dương thể hiện cho việc bồi tụ bờ biển. Khu vực ven biển Bạc Liêu – Sóc Trăng diễn ra cả 2 quá trình bồi tụ và xỏi lở bờ biển, với tốc độ thay đổi từ - 105 đến 140 mỗi năm. Để thấy được mức độ xói lở và bồi tụ trên mỗi khu vực khác nhau. Bài báo này phân ngưỡng đối với mỗi hiện tượng theo 3 cấp: mạnh, trung bình và ít. Để xác định giá trị ngưỡng của từng cấp cụ thể, nghiên cứu này sử dụng sơ đồ phân bố của các điểm mặt cắt để phân thành 6 ngưỡng có mức độ tương đồng nhất trong toàn bộ kết quả. Bảng 2 sau đây mô tả chi tiết về mức độ xói lở và bồi tụ ở khu vực ven biển Bạc Liêu – Sóc Trăng.

Bảng 2. Phần ngưỡng xói lở và bồi tụ ven biển Bạc Liêu – Sóc Trăng

TT	Mức độ biến động đường bờ	Tốc độ biến động đường bờ (m/năm)
1	Xói lở mạnh	<-40
2	Xói lở trung bình	-40 - -20
3	Xói lở ít	-20- 0
4	Bồi tụ ít	0 – 10
5	Bồi tụ trung bình	10-40
6	Bồi tụ mạnh	>40

Trong giai đoạn 2015-2024, khu vực ven biển Bạc Liêu - Sóc Trăng đã chứng kiến sự biến đổi rõ rệt về địa hình ven bờ do tác động song song của quá trình xói lở và bồi tụ. Hình 4 và Hình 5 sau thể hiện sự phân bố không gian và thống kê tốc độ xói lở và bồi tụ khu vực ven biển Bạc Liêu – Sóc Trăng. Hình 4 và Hình 5 chỉ ra rằng bồi tụ mạnh xảy ra ở huyện Vĩnh Châu và huyện Đông Hải. Bên cạnh đó là sự bồi tụ ít rải rác ở huyện Cù Lao, huyện Vĩnh Châu và huyện Đông Hải. Ngược với hiện tượng bồi tụ là hiện tượng xói lở bờ biển, diễn ra mạnh nhất ở huyện Vĩnh Châu và phần tiếp giáp với Cà Mau, nơi với sông Mỹ Thạnh và sông Gành Hào. Tiếp theo là sự xói lở trung bình ở huyện Phú Long, nơi giao thoa giữa sông Mỹ Thạnh và sông Hậu. Khu vực có xói lở ít xảy ra ở Tx. Bạc Liêu và huyện Hòa Bình, nơi có cánh đồng điện gió Bạc Liêu bắt đầu hoạt động từ năm 2013.

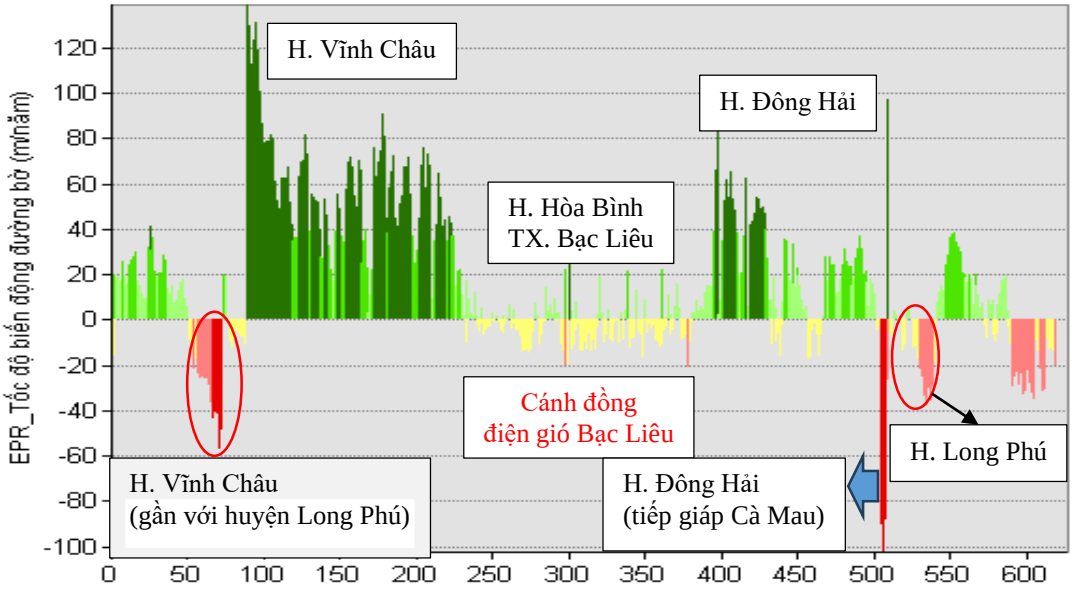


Hình 4. Phân bố không gian xói lở và bồi tụ giai đoạn 2015-2020

4.1. Đánh giá bồi tụ

Khu vực có bồi tụ mạnh ở Vĩnh Châu và Đông Hải với tốc độ bồi tụ trung bình ở đa số các vị trí nằm trong khoảng 60m – 80 mỗi năm. Trong đó, một vài vị trí có tốc độ bồi tụ lên tới 140m/năm (Hình 5). Khu vực có bồi tụ trung bình với tốc độ phổ biến là 30m/năm, diễn ra ở Long Phú, Vĩnh Châu và Đông Hải. Khu vực ven biển Vĩnh Châu là khu vực chịu sự tương tác của sông Mỹ Thạnh với địa hình tương đối bằng phẳng, trầm tích đệ tứ của hệ thống sông Mekong và các dòng hải lưu góp phần lắng đọng trầm tích và hình thành các khu vực bồi tụ. Bên cạnh đó còn có hệ thống rừng ngập mặn cũng có vai trò quan trọng trong việc giữ trầm tích lắng đọng cho sự thành tạo bãi triều. Tương tự như khu vực huyện Vĩnh Châu, hiện tượng bồi tụ ở huyện Đông Hải cũng được tập trung ở khu gần với sông Gành Hào về phía Bắc, nơi có hệ thống rừng ngập mặn phát triển tốt. Khu vực bồi tụ kéo dài từ xã Điền Hải tới xã Vĩnh Hậu. Nhờ vị trí đặc biệt nằm ở hạ lưu sông Hậu, huyện Cù Lao Dũng đón nhận lượng lớn phù sa hàng năm từ hệ thống sông Mekong. Dòng chảy mang theo trầm tích lắng đọng tại các khu vực cửa sông, đặc biệt là tại những vùng ven bờ có địa hình thấp. Quá trình bồi tụ tại đây diễn ra ổn định, giúp mở rộng một số bãi bồi ven biển và tại các cửa sông nhỏ đổ ra biển. Một trong những yếu tố quan trọng đóng góp vào quá trình bồi tụ tại Cù Lao Dũng là sự phát triển và bảo tồn hệ thống rừng ngập mặn. Những khu vực có rừng ngập mặn khỏe mạnh đã tạo điều kiện thuận lợi cho sự tích tụ phù sa, nhờ khả năng giữ lại trầm tích từ dòng chảy và hạn chế tác động của sóng biển. Đây là một lợi thế tự nhiên giúp quá trình bồi tụ diễn ra nhanh hơn, đặc biệt tại những vùng có rừng được phục hồi và mở rộng. Mặc dù tốc độ bồi tụ tại Cù Lao Dũng không quá lớn, trung bình từ 10

m/năm, nhưng vẫn mang lại những thay đổi tích cực về mặt diện tích đất tự nhiên. Các khu vực cửa sông và những vùng gần rừng ngập mặn đã chứng kiến sự mở rộng đất đai qua từng năm, tạo điều kiện cho sự phát triển của các hệ sinh thái ven biển cũng như hoạt động nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản tại địa phương. Ngoài ra, các hoạt động khai thác cát và xây dựng các công trình không bền vững trong khu vực đã làm giảm khả năng phòng thủ của bờ biển. Sự phá hủy các hệ sinh thái tự nhiên, đặc biệt là rừng ngập mặn, đã làm giảm khả năng giữ đất và chống xói lở của khu vực. Những vùng đất ven biển không được bảo vệ bởi rừng ngập mặn trở nên dễ bị xâm thực, dẫn đến tình trạng mất đất đáng kể.



Hình 5.Thống kê tốc độ xói lở và bồi tụ giai đoạn 2015-2020

4.2. Đánh giá xói lở

Hình 5 chỉ ra rằng xói lở trầm trọng nhất xảy ở huyện Đông Hải, nơi tiếp giáp với tỉnh Cà Mau, tốc độ xói lở cao nhất, đạt 90m/năm. Đây là một trong những điểm nóng về xói lở ở Đồng bằng sông Cửu Long, nơi mà sự tương tác giữa dòng chảy sông, tác động của sóng biển và yếu tố khí hậu. Dòng chảy từ sông Gành Hào, với lưu lượng nước lớn, đã tạo áp lực mạnh lên bờ sông. Sự thay đổi dòng chảy và tác động của thủy triều từ biển cũng làm gia tăng tốc độ xói lở. Khu vực này nằm trong vùng ven biển, nơi mà sóng biển và dòng chảy kết hợp với nhau để bào mòn bờ đất, đặc biệt trong các tháng mùa mưa và mùa bão. Ngoài ra, các hoạt động khai thác cát và xây dựng các công trình không bền vững trong khu vực đã làm giảm khả năng bảo vệ của bờ biển. các dự án khai thác cát đã thực hiện trong suốt giai đoạn từ năm 2016 đến năm 2022, như dự án của các Công ty: Công ty TNHH MTV Khai thác cát Bạc Liêu (2016 – 2021), Công ty TNHH Xây dựng và Khai thác cát Gành Hào (2019 – 2020), Công ty Cổ phần Vật liệu xây dựng Bạc Liêu (2019-2022) và dự án Hợp tác giữa Sở Tài nguyên và Môi trường Bạc Liêu và một số tổ chức nghiên cứu (2020). Bên cạnh đó, sự phá hủy các hệ sinh thái tự nhiên, đặc biệt là rừng ngập mặn, đã làm giảm khả năng giữ đất và chống xói lở của khu vực. Những vùng đất ven biển không được bảo vệ bởi rừng ngập mặn trở nên dễ bị xâm thực, dẫn đến tình trạng mất đất đáng kể.

Khu vực có xói lở mạnh và diện rộng diễn ra ở huyện Vĩnh Châu, nơi gần phía huyện Long Phú với tốc độ xói lở trung bình khoảng 23m/năm và cao nhất lên tới 50/năm. Khu vực này cũng gần sông Mỹ Thạnh, một nhánh sông quan trọng nối liền với hệ thống sông Hậu. Do vậy, bờ biển ở khu vực này chịu tác động lớn từ từ sông và thủy triều. Tại đây, quá trình xói lở diễn ra phức tạp do sự tương tác giữa các yếu tố thủy động lực và sự tác động của hoạt động con người. Dòng nước từ sông Mỹ Thạnh mang theo phù sa và bùn cát, nhưng lượng trầm tích này không đủ để bù đắp cho sự bào mòn do dòng chảy mạnh, nhất là vào mùa lũ. Lưu lượng nước lớn từ sông đổ ra, kết hợp với sóng biển từ ngoài khơi dội vào, tạo ra áp lực lớn lên bờ sông, dẫn đến xói lở mạnh mẽ.

Tương tự với tốc độ xói lở ở huyện Vĩnh Châu, một phần huyện Cù Lao Dũng và huyện Long Phú cũng bị xói lở (Hình 5). Cù Lao Dũng nằm ở vị trí cửa sông Mỹ Thạnh và sông Hậu, thường xuyên chịu tác động từ sóng biển và dòng chảy mạnh, dẫn đến việc xói lở bờ biển diễn ra nhanh chóng. Trong khi đó, huyện Long Phú nằm dọc theo sông Hậu, nơi có dòng chảy mạnh và lưu lượng lớn, cũng tạo điều kiện cho hiện tượng xói lở xảy ra. Vấn đề xói lở bờ biển ở cả 2 khu vực này đều do tác động của sông, biển và các hoạt

động của con người như khai thác rừng ngập mặn, nuôi trồng thủy sản, xây dụng cơ sở hạ tầng và hoạt động khai tác cát làm gia tăng xói lở, đặc biệt trong mùa mưa bão.

Khu vực có xói lở ít, khoảng 5-10m/năm diễn ra ở huyện Hòa Bình và thị xã Bạc Liêu. Khu vực này được ghi nhận xói mòn rõ rệt ở khu ven biển Vĩnh Hậu, Vĩnh Thịnh và phường Nhà Mát. Xói mòn ở đây cũng chịu tác động chính bởi dòng hải lưu, sóng, nước biển dâng, sự suy giảm rừng ngập mặn và các hoạt đôngg phát triển kinh tế như khai thác cát, xây dựng nhà máy điện gió Bạc Liêu.

3. Kết luận

Nghiên cứu này đã minh chứng rằng ảnh viễn thám là một công cụ hiệu quả trong việc theo dõi và đánh giá biến động bờ biển. Phương pháp sử dụng các kênh phổ và chỉ số NDWI từ ảnh Landsat đã cho phép xác định chính xác vị trí đường bờ qua các thời điểm khác nhau, giúp tính toán tốc độ xói lở và bồi tụ tại khu vực nghiên cứu.

Từ dữ liệu phân tích, khu vực ven biển Sóc Trăng - Bạc Liêu cho thấy sự đồng thời tồn tại của cả hai quá trình xói lở và bồi tụ. Xói lở chủ yếu xảy ra tại các vùng chịu tác động mạnh từ hoạt động khai thác tài nguyên và nuôi trồng thủy sản. Ngược lại, các vùng bồi tụ mạnh nhờ dòng trầm tích từ sông và hệ sinh thái rừng ngập mặn đang phát triển.

Kết quả nghiên cứu không chỉ góp phần cung cấp cơ sở dữ liệu khoa học về sự biến động đường bờ mà còn có ý nghĩa quan trọng đối với công tác quản lý và quy hoạch ven biển bền vững. Việc tiếp tục áp dụng công nghệ viễn thám đa thời gian trong giám sát biến động bờ biển là cần thiết, nhằm đảm bảo khả năng dự báo và ứng phó với các thay đổi môi trường trong tương lai.

Tài liệu tham khảo

A. A. Alesheikh, A. Ghorbanali, & Nouri, N., 2007. Coastline change detection using remote sensing. *Int. J. Environ. Sci. Tech, 4*(1), 61-66.

Baig, M. R. I., Ahmad, I. A., Shahfahad, Tayyab, M., & Rahman, A., 2020. Analysis of shoreline changes in Vishakhapatnam coastal tract of Andhra Pradesh, India: an application of digital shoreline analysis system (DSAS). *Annals of GIS, 26*(4), 361-376. doi:10.1080/19475683.2020.1815839

Cong Quan Nguyen., & Pham., V. H., 2016. The topographic and dynamic landscape characteristics of the coastal river mouth area of the Ma River, Thanh Hoa province. *Vietnam Journal of Earth Sciences*(1), 59-65 (in Vietnamese).

Gao, B. C.,1996. NDWI - A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water From Space. *Remote Sens. Environ, 58*, 257-266.

Huu Duy NGUYEN., Walid HAMMA., Mari-Isabella STAN., Van Truong TRA., Roxana AŞTEFĂNOAIEI., Quang-Thanh BUI., . . . IANOŞ, I., 2020. Impacts of urbanization and tourism on the erosion and accretion. *Urbanism. Arhitectură. Construcţii, 11*, 123-156.

Kuleli, T., Guneroglu, A., Karsli, F., & Dihkan, M., 2011. Automatic detection of shoreline change on coastal Ramsar wetlands of Turkey. *Ocean Engineering, 38*(10), 1141-1149. doi:10.1016/j.oceaneng.2011.05.006

Lan, P. T., Son, T. S., Gunasekara, K., Nhan, N. T., & Hien, L. P., 2013. Application of Remote Sensing and GIS technology for monitoring coastal changes in estuary area of the Red river system, Vietnam. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, 31*(6_2), 529-538. doi:10.7848/ksgpc.2013.31.6-2.529

Liu, Y., Wang, X., Ling, F., Xu, S., & Wang, C., 2017. Analysis of Coastline Extraction from Landsat-8 OLI Imagery. *Water, 9*(11). doi:10.3390/w9110816

McFeeters, S. K., 2007. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing, 17*(7), 1425-1432. doi:10.1080/01431169608948714

Nguyen Xuan Hai, & Thanh, T. D., 2020. *Sam Son marine tourism adaptation to climate change.* Paper presented at the Sustainable tourism: Shaping a Better Future, Bangkok, Thailand.

Zhang, K., Douglas, B. C., & Leatherman, S. P., 2004. Global Warming and Coastal Erosion. *Climatic Change, 64*(1/2), 41-58. doi:10.1023/b:Clim.0000024690.32682.48

ABSTRACT

Evaluation of erosion and deposition using multi-temporal remote sensing; A case study in the Coastal area of Soc Trang – Bac Lieu

Pham Thi Lan[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

Natural and human activities have impacted erosion and deposition in coastal areas. Research on erosion and deposition helps to understand the extent of these activities' impacts in both the past and present. Landsat imagery was used in this study to assess the rate of erosion and deposition along the coastal area of Sóc Trăng – Bạc Liêu. The Green band, the Green/NIR ratio, and the NDWI index were employed to investigate shoreline extraction, aiming to select the most suitable band for the study area. Among these, the NDWI index was identified as the most appropriate for shoreline delineation. Shorelines from 2015 and 2024 were integrated to determine the rate of erosion and deposition by calculating shoreline change rates using the EPR (End Point Rate) index. The Bạc Liêu – Sóc Trăng region experiences both erosion and deposition at varying rates, from low to high. Coastal erosion in this area is primarily caused by aquaculture activities and sand extraction, while deposition occurs rapidly in areas benefiting from river sediment accumulation and the growth of mangrove forests.

Keywords: erosion; deposition; remote sensing

Tác động của chính quyền đô thị điện tử đến hoạt động quản lý bất động sản đô thị trong bối cảnh chuyển đổi số

Nguyễn Quốc Long[1], Chu Thị Khánh Ly[2], Nguyễn Quỳnh Nga[2,*]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Học viện Hành chính Quốc gia*

TÓM TẮT

Quá trình đô thị hóa đang ngày càng diễn ra mạnh mẽ tại hầu khắp các quốc gia trên thế giới, trong đó có Việt Nam. Xây dựng chính quyền đô thị điện tử với bản chất là thay đổi phương thức quản lý từ môi trường truyền thống sang môi trường điện tử, đem đến nhiều cơ hội cũng như thách thức cho hoạt động quản lý bất động sản đô thị. Nghiên cứu này chỉ ra những tác động của chính quyền đô thị điện tử đối với công tác quy hoạch, phương thức quản lý cũng như năng lực của chủ thể quản lý và cơ chế tài chính trong quản lý bất động sản đô thị. Đứng trước những tác động đó, tác giả đề xuất ba nhóm kiến nghị cơ bản, tập trung vào hoàn thiện thể chế pháp luật, phát triển công nghệ và nâng cao trình độ nhân lực, nhằm hướng đến quản lý bất động sản đô thị bền vững.

Từ khóa: chính quyền đô thị điện tử; quản lý bất động sản đô thị; chuyển đổi số

1. Một số vấn đề cơ bản về chính quyền đô thị điện tử

Chính quyền đô thị điện tử (ĐTĐT) là một trong những phương thức lãnh đạo, vận hành mới, thích ứng với sự thay đổi trong bối cảnh chuyển đổi số. Ở hầu hết các quốc gia, khu vực đô thị luôn đi đầu trong việc chuyển đổi số nền hành chính, là khu vực tiên phong và dẫn dắt trong việc xây dựng chính quyền điện tử so với khu vực nông thôn và các khu vực khác.

Có nhiều cách tiếp cận khác nhau đối với chính quyền ĐTĐT:

- Từ góc độ tổ chức: Chính quyền ĐTĐT là bộ máy chính quyền được tổ chức ở đô thị, vận hành hoạt động trên internet và thông qua các công nghệ viễn thông tin học. Nó không chỉ đơn thuần là việc đưa các dịch vụ công lên internet hay việc thực thi các thủ tục hành chính trên internet, chính quyền ĐTĐT điện tử đòi hỏi sự thay đổi căn bản trong cách nhìn về các chính sách, quy định, quy trình hoạt động của chính quyền đô thị, hướng đến cải thiện hiệu năng hoạt động nội bộ của chính quyền đô thị cũng như thay đổi bản chất và chất lượng các hoạt động giao tiếp giữa chính quyền đô thị và người dân, doanh nghiệp.
- Từ góc độ thời gian: Chính quyền ĐTĐT là việc chuyển tải các dịch vụ thông tin bằng phương tiện điện tử tới các doanh nghiệp và công dân 24 giờ một ngày, 7 ngày một tuần.
- Từ góc độ công nghệ: Chính quyền ĐTĐT là việc các cơ quan chính quyền đô thị sử dụng công nghệ thông tin như: mạng diện rộng, internet, các phương tiện di động để quan hệ với các công dân, giới doanh nghiệp và bản thân các cơ quan hành chính nhà nước (Bộ Nội vụ, 2018).

Từ những góc độ tiếp cận nói trên, có thể hiểu "Chính quyền đô thị điện tử" là mô hình chính quyền áp dụng trong quản lý đô thị, bản chất là việc ứng dụng công nghệ thông tin, công nghệ số vào quá trình cải cách hành chính, nhằm điều hành hiệu quả hơn và cung cấp dịch vụ tốt hơn cho người dân tại đô thị. Chính quyền đô thị điện tử bao gồm việc tự động hóa, số hóa các thủ tục, giấy tờ hiện hành và qua đó sẽ tạo ra phong cách lãnh đạo mới, các cách thức mới trong việc xây dựng và quyết định chiến lược, giao dịch kinh doanh, lắng nghe ý kiến của cộng đồng cũng như trong việc tổ chức và cung cấp thông tin, nhằm hướng đến mục tiêu cao nhất là vì lợi ích của người dân tại đô thị.

Xây dựng chính quyền điện tử tại đô thị cũng cần tính đến những yếu tố đặc trưng của khu vực đô thị như tính đồng bộ, liên thông trong quản lý. Đặc biệt, trình độ phát triển kinh tế xã hội và tính chất hiện đại, tốc độ tăng trưởng trong đời sống đô thị cũng khiến cho việc xây dựng mô hình chính quyền điện tử tại đây trở nên cấp thiết hơn các khu vực khác.

Chính quyền ĐTĐT có cấu trúc quản trị chủ động và cởi mở với tất cả các chủ thể tham gia, nhằm tối đa hóa hiệu quả kinh tế - xã hội và sinh thái của các đô thị, lấy yếu tố phục vụ con người làm trung tâm: tập trung vào người dùng, tập trung vào mối liên hệ giữa người dân và các bên liên quan khác. Vì vậy,

* *Tác giả liên hệ:*
Email: nganq@napa.vn

muốn xây dựng chính quyền ĐTĐT thành công thì chính quyền cần thay đổi phương thức quản trị, tạo thuận lợi trong sự kết nối giữa con người với nhau trong đời sống xã hội đô thị.

Bên cạnh đó, chính quyền ĐTĐT là nội dung trọng tâm, là yếu tố cốt lõi, chi phối hiệu quả việc tiến hành của các nội dung khác trong quá trình xây dựng đô thị thông minh. Ngược lại, đô thị thông minh khi được triển khai, và xây dựng lại tạo điều kiện, môi trường để vận hành chính quyền ĐTĐT một cách hiệu quả (Nguyen Quynh Nga và nnk, 2024).

2. Tác động của chính quyền đô thị điện tử đến hoạt động quản lý bất động sản đô thị

2.1. Tác động đến công tác quy hoạch đô thị

Xây dựng chính quyền ĐTĐT ảnh hưởng trực tiếp đến công tác quy hoạch đô thị, thiết kế cơ sở hạ tầng đô thị, nhằm đáp ứng được các nhu cầu của đời sống xã hội và phát triển đô thị bền vững. Theo đó, quy hoạch đô thị trong bối cảnh xây dựng chính quyền ĐTĐT thực chất là một quá trình chuyển đổi từ phương thức quy hoạch đô thị truyền thống sang phương thức quy hoạch sử dụng công nghệ thông tin và truyền thông, hướng đến quy hoạch đô thị thông minh. Điều này giúp cho chính quyền đô thị các địa phương phát huy được các nguồn tiềm năng, lợi thế về vị trí, các mối liên hệ vùng, tài nguyên đất đai, cảnh quan môi trường, con người, đồng thời cũng tăng khả năng dự báo ngắn và dài hạn để xác định tầm nhìn, hướng phát triển mong muốn trong tương lai nhằm đạt tới đô thị hiện đại, văn minh, có bản sắc. Đồng thời giúp quản lý tốt thị trường bất động sản đô thị.

Dựa trên ứng dụng công nghệ hiện đại, chính quyền ĐTĐT thuận lợi trong thực hiện công tác quy hoạch chung, quy hoạch chi tiết, quy hoạch phân khu đô thị theo hướng đô thị thông minh, thông qua đó điều phối hoạt động quy hoạch cũng như hoạt động kinh doanh bất động sản tại đô thị, đảm bảo sự hài hòa lợi ích giữa các bên liên quan, làm cho thị trường bất động sản phát triển lành mạnh, đô thị phát triển có chất lượng và bền vững. Năm 2022 tỷ lệ đô thị hóa toàn quốc ước đạt 41,7%, tăng 1,2% so với năm 2021. Cùng với đó, tỷ lệ lập quy hoạch chung đô thị đạt 100%; tỷ lệ lập quy hoạch phân khu đối với 22 đô thị loại I và II đô thị loại đặc biệt đạt khoảng 79%; tỷ lệ lập quy hoạch chi tiết bình quân cả nước đạt khoảng 39% so với diện tích đất xây dựng đô thị (http://nhipsongkinhte.toquoc.vn/dia-phuong-co-ty-le-do-thi-hoa-cao-nhat-ca-nuoc).

Quy hoạch đô thị thông minh có khả năng giúp cho nhà quản lý, nhà đầu tư hoặc người dân tra cứu và cùng tham gia vào quá trình quản lý thực hiện, giúp minh bạch quá trình tham gia và tăng tính hợp tác, đối tác trong phát triển đô thị. Điều này tránh các tình huống các nhà đầu tư không biết thông tin quy hoạch và do đó các cơ hội đầu tư có thể bị bỏ lỡ, gây thiệt hại cho cả địa phương và nhà đầu tư. Hoặc tình huống thông tin quy hoạch rơi vào tay một số ít nhóm người có thể gây ra hiện tượng đầu cơ, lũng đoạn thị trường, đẩy các sản phẩm quy hoạch là nhà ở, các không gian định cư trở thành các không gian không được thực hiện chức năng của nó mà chỉ là sản phẩm của đầu cơ để thu lợi ích cho một nhóm người. Thông tin quy hoạch tích hợp với các thông tin thực sẽ giúp nhà quản lý quản lý liên tục, trực tiếp các tình huống thay đổi so với quy hoạch để quản lý và xử lý kịp thời, tránh hiện tượng làm trái quy hoạch và phá vỡ không gian cảnh quan đô thị. Điều chỉnh quy hoạch cục bộ có thể đè nặng áp lực lên hệ thống hạ tầng đô thị và tạo ra sự quá tải.

Trong xu hướng xây dựng Chính phủ điện tử và Chính phủ số hiện nay, việc triển khai mô hình chính quyền ĐTĐT trở thành một trong những nhiệm vụ trọng tâm. Trong đó, công tác quy hoạch đô thị thông minh là một nội dung quan trọng, đòi hỏi phải có hành lang pháp lý đầy đủ để thực hiện quản lý bất động sản an toàn, bền vững. Trên tinh thần của Chỉ thị số 05/CT-TTg ngày 01/3/2019 và Quyết định số 1398/QĐ-TTg ngày 16/10/2019 của Thủ tướng Chính phủ trong lĩnh vực xây dựng, quy hoạch, phát triển đô thị, Bộ Xây dựng đã có các văn bản hướng dẫn và đề nghị các địa phương thực hiện đăng tải thông tin hồ sơ đồ án quy hoạch đô thị Việt Nam lên Cổng thông tin điện tử quốc gia về quy hoạch xây dựng để công khai thông tin hồ sơ đồ án quy hoạch xây dựng, quy hoạch đô thị. Đến nay, có khoảng 1.500 đồ án quy hoạch xây dựng, quy hoạch đô thị đã được công khai trên Cổng thông tin điện tử quốc gia (https://www.tapchicongsan.org.vn/media-story/-asset_publisher/V8hhp4dK31Gf/content/nang- cao-chat-luong-quy-hoach-va-quan-ly-phat-trien-do-thi-dua-tren-cac-nguyen-tac-cong-khai-minh-bach-co-su-tham-gia-cua-nguoi-dan). Thực tế cho thấy quy hoạch đô thị chính là giải pháp để cân bằng các nhu cầu đó tốt nhất nhằm đáp ứng hài hòa mọi nhu cầu phát triển KT - XH và bảo vệ môi trường, chứ không để cho thị trường bất động sản đô thị vì chạy theo lợi nhuận mà lấn át các mặt phát triển khác. Quy hoạch đô thị là yếu tố quan trọng thúc đẩy phát triển thị trường bất động sản đô thị và ngược lại (Trương Văn Quảng, 2021). Bên cạnh đó, nhiều đồ án quy hoạch chung có sự tham gia của tư vấn quốc tế nên chất lượng quy hoạch được nâng cao, đáp ứng tốt các nhu cầu phát triển đô thị và quản lý bất động sản đô thị.

2.2. Tác động đến phương thức quản lý bất động sản đô thị

Chính quyền ĐTĐT tác động trực tiếp đến phương thức quản lý bất động sản trên môi trường số.

Thứ nhất, chính quyền ĐTĐT giúp xây dựng cơ sở dữ liệu về bất động sản. Các trường dữ liệu giúp thu thập, xử lý thông tin, phân loại bất động sản cập nhật và chính xác. Điều này còn giúp thị trường bất động sản phát triển minh bạch, tạo thuận lợi cho các nhà đầu tư trong nước và ngoài nước dễ dàng tìm hiểu cơ hội đầu tư; đồng thời sẽ chống đầu cơ, "thổi giá" trên thị trường.

Thứ hai, chính quyền ĐTĐT đảm bảo việc cung ứng các dịch vụ hành chính công đơn giản, để các cá nhân, tổ chức, các doanh nghiệp thuận tiện trong các giao dịch bất động sản. Việc áp dụng công nghệ số sẽ làm giảm chi phí, tăng hiệu quả kinh doanh, minh bạch dữ liệu, gợi mở các giải pháp, xu hướng công nghệ thông tin trong quản lý bất động sản đô thị. Chính quyền ĐTĐT ban hành các quy định hướng dẫn, khuyến khích doanh nghiệp bất động sản áp dụng công nghệ hiện đại trong việc phát triển các dự án, thúc đẩy thị trường bất động sản đô thị tại địa phương vận động, bắt kịp xu hướng quản trị đô thị trên thế giới. Vì vậy, chính quyền ĐTĐT sẽ giúp nâng cao hiệu quả quản lý nhằm phát triển thị trường bất động sản đúng hướng, lành mạnh cũng như góp phần nâng cao chất lượng cuộc sống đô thị.

Thứ ba, chính quyền ĐTĐT đặt nền tảng ứng dụng các công nghệ hiện đại trong quản lý bất động sản đô thị. Hiện nay, bên cạnh những tài liệu truyền thống như trích lục đất, bản đồ địa chính thể hiện vị trí mặt bằng của đất đai, nhà cửa, thì nhiều ứng dụng công nghệ hiện đại trong quản lý đô thị được chính quyền ĐTĐT sử dụng và mang lại hiệu quả tối ưu. Ví dụ, hệ thống bản đồ 3D với các mức độ chi tiết (LoD) khác nhau cung cấp các bức vẽ kĩ thuật cụ thể, trực quan về các đối tượng bất động sản đô thị. Bản đồ 3D với mức độ chi tiết LoD3 cho thấy toàn cảnh các tầng của một tòa nhà; mức độ chi tiết LoD4 cho biết các phương thức kiến trúc và nội thất của từng ngôi nhà, căn hộ. Mô hình quản lý bất động sản đô thị BIM (Building Information Modelling) mô tả chi tiết tòa nhà bất động sản, kết hợp với các thông tin không gian về địa hình, về cơ sở hạ tầng trong khu vực lân cận…, là công cụ hiệu quả trong công tác quản lý đô thị thông minh.

Một mô hình ứng dụng khác được sử dụng hiện nay như Mô hình 3D thông tin không gian đô thị. Theo đó, dữ liệu không gian thế giới thực đô thị có thể được thể hiện theo các mô hình khác nhau như: mô hình bản đồ trực giao (Image Model) từ ảnh hàng không hoặc ảnh vệ tinh, mô hình cảnh quan LCM (Digital Landscape Model), bản đồ số LCM (Digital Cartographic Model) và mô hình 3D. Nhằm mục đích nhất thể phương pháp mô hình hóa và thuận tiện cho việc trao đổi chia sẻ thông tin, Tổ chức Địa không gian mở OGC (Open Geospatial Consortium) đã ban hành tiêu chuẩn quốc tế CityGML. Theo CityGML, mô hình 3D đô thị được chia làm 5 mức chi tiết LoD (Level of Detail). Sự phân loại này dựa trên tính phức tạp hình học của đối tượng và yêu cầu độ chính xác của mô hình (G. Navratil, and P. Fogliaroni, 2014). Mô hình 3D cũng là công cụ quản lí quyền sở hữu bất động sản đô thị, là cơ sở xác định quyền sở hữu không gian AR (Air Right) kể cả trên và dưới mặt đất. Đây là một trong những công cụ hỗ trợ hiệu quả cho công tác quy hoạch và quản lí đô thị thông minh (Võ Chí Mỹ và nnk, 2018). Bên cạnh đó, ước tính gần 80% các quyết định trong quy hoạch và quản lý đô thị đều phải dựa vào phân tích dữ liệu và thông tin địa không gian. Dữ liệu địa không gian đóng vai trò quan trọng và là cơ sở phát triển các loại hình hệ thống ICT (https://www.vista.gov.vn/news/khoa-hoc-ky-thuat-va-cong-nghe/quy-hoach-va-quan-ly-do-thi -thong-minh-vai-tro-cua-du-lieu-dia-khong-gian-1316.html).

Như vậy, sự thay đổi phương thức quản lý bất động sản đô thị của chính quyền ĐTĐT sẽ tạo nên sự bình đẳng đối với mọi đối tượng tham gia (người dân, doanh nghiệp). Khi mọi quy trình, thủ tục hành chính được đơn giản hóa, công bố công khai trên môi trường điện tử sẽ giúp người dân, doanh nghiệp dễ dàng tham gia thực hiện các hoạt động kinh doanh bất động sản hoặc tiến hành các hoạt động thiết kế xây dựng, nhằm hạn chế tối đa tình trạng sách nhiễu, hách dịch cửa quyền, độc quyền thông tin của một phận cán bộ, công chức, tạo sự đồng thuận xã hội, qua đó củng cố niềm tin và xây dựng uy tín, hình ảnh của chính quyền đối với người dân, xã hội.

2.3. Tác động đến năng lực của chủ thể quản lý bất động sản đô thị

Chủ thể quản lý bất động sản đô thị là hệ thống các cơ quan hành chính nhà nước được phân công theo lĩnh vực và phạm vi quản lý. Việc xây dựng chính quyền ĐTĐT trực tiếp tạo áp lực để người công chức thực hiện quản lý phải học tập, nâng cao trình độ, năng lực để thích ứng trong bối cảnh mới. Theo cách này, xây dựng chính quyền ĐTĐT có thể ảnh hưởng đến năng lực thiết kế chính sách của các chủ thể quản lý bất động sản đô thị theo hướng tăng cường năng lực số, văn hóa số.

Bên cạnh đó, mô hình chính quyền ĐTĐT giúp cho các chủ thể quản lý bất động sản nâng cao năng lực kiểm soát các hoạt động kinh doanh bất động sản đô thị. Khi các thiết chế về cơ sở hạ tầng và kiến trúc thượng tầng của chính quyền đô thị điện tử được đảm bảo, hoạt động kinh doanh bất động sản ở các đô thị sẽ bộc lộ ở các hình thái mới mẻ, đa dạng về phương thức và phức tạp ở các mức độ. Điều này cũng có thể tạo nên sự lũng đoạn thị trường kinh doanh bất động sản như: tình trạng thổi giá bất động sản, giao dịch điện tử ảo thông qua hoạt động mua - bán, cung cấp các quy trình thủ tục, hồ sơ giấy tờ giả mạo; mất an toàn an ninh thông tin trong hoạt động kinh doanh bất động sản,… Lúc này, để kiểm soát được các các hoạt

động kinh doanh bất động sản đô thị, đòi hỏi trình độ, năng lực của chính quyền ĐTĐT phải đáp ứng các yêu cầu đặt ra trong thực tế quản lý. Việc chính quyền đô thị địa phương tăng cường các ứng dụng công nghệ, thông tin và truyền thông, AI, thiết lập được hệ sinh thái kinh doanh bất động sản trên môi trường số sẽ giúp cho các hoạt động kinh doanh bất động sản diễn ra công khai, minh bạch và công bằng, bình đẳng, hạn chế tình trạng tham nhũng.

Thực tế hiện nay, năng lực của chủ thể quản lý bất động sản đô thị ở một số nơi còn hạn chế do không được đào tạo đúng chuyên ngành phù hợp. Ví dụ người có bằng kiến trúc sư công trình (chuyên ngành đào tạo Kiến trúc công trình dân dụng và công nghiệp) nhưng lại hành nghề thiết kế quy hoạch xây dựng hoặc chủ trì lập đồ án quy hoạch xây dựng là chưa phù hợp và chưa đáp ứng được yêu cầu nhiệm vụ (https://moc.gov.vn/tl/tin-tuc/70048/quy-hoach-do-thi-thong-minh-huong-phat-trien-ben-vung.aspx).

Trước yêu cầu khắt khe về tính chính xác và kịp thời của chính quyền ĐTĐT, cần có chiến lược nhân lực dài hơn để cải thiện và nâng cao chất lượng nguồn nhân lực quản lý bất động sản đô thị.

2.4. Tác động đến cơ chế tài chính trong quản lý bất động sản đô thị

Sự thay đổi phương thức quản lý của chính quyền ĐTĐT tác động đến phương thức quản lý tài chính trong lĩnh vực kinh doanh bất động sản đô thị. Các đô thị muốn thu hút đầu tư phát triển, trước tiên cần khai thác là các nguồn lực "nội sinh", là những tài nguyên nằm trong tầm tay của các đô thị, là tài sản đất đai, năng lực sản xuất và năng lực tài chính. Trong quá trình thu hút này, Nhà nước cần quan tâm, can thiệp (ở mức độ cần thiết) nhằm hạn chế các điểm yếu của thị trường bất động sản bằng các chính sách và biện pháp kinh tế, khi thật cần thiết thì cũng phải dùng đến các công cụ pháp lý và hành chính. Chính quyền ĐTĐT với hệ thống dữ liệu phong phú và cập nhật theo "thời gian thực" giúp kịp thời xây dựng công cụ để thực hiện điều tiết, can thiệp một cách phù hợp với các nguyên tắc quản lý. Việc này sẽ giúp hạn chế được tình trạng quan liêu, duy ý chí, lạm dụng quyền lực, can thiệp quá sâu vào các hoạt động thị trường khiến động lực phát triển bị hạn chế, thậm chí có thể bị triệt tiêu.

Thông qua các giao dịch điện tử, các hoạt động kinh doanh bất động sản đô thị được đảm bảo công bằng, bình đẳng. Chẳng hạn, chính quyền ĐTĐT giúp đảm bảo quyền tài sản thông qua đăng ký đất đai và có một hệ thống cho phép cập nhật định kỳ thông tin về tài sản và quyền sở hữu tài sản. Qua các công cụ này có thể tạo ra nhiều doanh thu hơn từ thuế tài sản và "thuế cải thiện", đồng thời, hướng các nguồn lực đó vào việc cải thiện nhà ở cho người dân và bù đắp thu nhập cho chủ sở hữu thông qua các mô hình tái cấu trúc đất đai.

3. Một số kiến nghị nhằm nâng cao hiệu quả quản lý nhà nước của chính quyền đô thị điện tử đối với hoạt động quản lý bất động sản đô thị

Một là, hoàn thiện hành lang pháp lý về quản lý bất động sản đô thị trong bối cảnh chuyển đổi số. Môi trường pháp lý có vai trò quan trọng trong việc thu hút các nhà đầu tư nước ngoài. Khi hệ thống pháp luật đồng bộ, thủ tục đầu tư đơn giản và nhiều chính sách khuyến khích, đảm bảo quyền lợi cho các nhà đầu tư sẽ giúp thu hút được sự đầu tư phát triển đô thị và kinh doanh bất động sản.

Hoàn thiện pháp luật về quản lý bất động sản đô thị cần thực hiện theo hướng đơn giản hóa thủ tục, tạo thuận lợi cho các nhà đầu tư; phân cấp, phân quyền, nâng cao quyền hạn nhiều hơn cho các tỉnh, thành phố, đô thị trong quản lý nhà nước đối với doanh nghiệp FDI; công khai rộng rãi các kế hoạch phát triển kinh tế, tập trung hướng dẫn đầu tư nước ngoài vào các ngành được khuyến khích phát triển; hệ thống pháp luật đồng bộ, đảm bảo quyền lợi cho nhà đầu tư và thường xuyên bổ sung, sửa đổi Luật đầu tư đảm bảo tính thực thi và quyền lợi của các quốc gia và nhà đầu tư.

Bên cạnh đó, các địa phương cần xây dựng chiến lược quản lý bất động sản đô thị mang tính dài hơi, thể hiện tầm nhìn lập pháp và quy hoạch, trên cơ sở xác định rõ nhiệm vụ và mục tiêu cụ thể cho từng giai đoạn. Các nội dung này cần được tính toán dựa trên luận điểm khoa học thuyết phục và hệ thống thông tin, dữ liệu phong phú, chính xác, để đưa ra các phương án chính sách một cách thận trọng và phù hợp với bối cảnh từng địa phương.

Hai là, đẩy mạnh quá trình chuyển đổi số và tăng cường việc ứng dụng công nghệ thông tin vào quá trình quản lý bất động sản đô thị. Đối với công tác quy hoạch đô thị cần thực hiện giải pháp hỗ trợ quản lý quy hoạch đô thị thông minh như: Phát triển nền tảng phân tích dữ liệu thông minh, xây dựng kho cơ sở dữ liệu trên những nền tảng tích hợp và có khả năng chia sẻ dữ liệu chuyên ngành về không gian đô thị, đất đai, công trình, nhà ở, cây xanh, điện chiếu sáng, cấp thoát nước… Các cơ sở dữ liệu sẽ được lập thành các bản đồ công trình xây dựng nhà ở, quy hoạch, cây xanh, điện chiếu sáng, cấp thoát nước trên nền bản đồ GIS nhằm phục vụ công tác quản lý nhà nước và công khai thông tin cho người dân, doanh nghiệp.

Kết nối với kho tài liệu và dữ liệu mở; thiết lập các hệ thống như: hệ thống thông tin quy hoạch - công cụ hỗ trợ cung cấp thông tin quy hoạch và quản lý thực hiện quy hoạch (có sự tham gia) như hệ thống thông tin và cơ sở dữ liệu quản lý quy hoạch, kiến trúc xây dựng trên nền GIS; hệ thống số hóa các công trình

kiến trúc trong thành phố và lưu trữ tại cơ sở dữ liệu dùng chung; hệ thống đưa ra giải pháp tích hợp về không gian đô thị; hệ thống thông tin và cơ sở dữ liệu về hạ tầng kỹ thuật đô thị [9].

Xây dựng và cập nhật thường xuyên ngân hàng dữ liệu kinh tế – xã hội, thị trường bất động sản…, phục vụ công tác lập quy hoạch đô thị, đồng thời để đồ án quy hoạch là hồ sơ khả dĩ nhằm bổ trợ và dẫn dắt quá trình phát triển theo định hướng thiết kế. Để thực hiện nhiệm vụ này, nên học tập kinh nghiệm của các nước đi trước (Hồng Kông, Singapore, Thái Lan,…) là thành lập cơ quan có khả năng tích hợp dữ liệu và đề xuất giải pháp quy hoạch hợp lý và hiệu quả.

Bên cạnh đó, cần nghiên cứu và tiếp nhận chuyển giao những thành tựu công nghệ mới, đặc biệt trong lĩnh vực đảm bảo an toàn, bảo mật thông tin khi thực hiện quản lý bất động sản đô thị. Việc giữ gìn nguyên vẹn và khai thác được giá trị của khối dữ liệu bất động sản đô thị là trách nhiệm hàng đầu của chính quyền ĐTĐT. Vì vậy, việc nghiên cứu và hợp tác quốc tế nhằm học tập, thụ hưởng có chọn lọc tinh hoa công nghệ tiên tiến của thế giới là giải pháp quan trọng trong việc đảm bảo hiệu quả quản lý bất động sản đô thị trong bối cảnh chuyển đổi số.

Ba là, nâng cao trách nhiệm của người đứng đầu chính quyền ĐTĐT và năng lực của cán bộ, công chức trong quản lý bất động sản đô thị. Tiếp tục đẩy mạnh việc bồi dưỡng, trang bị kiến thức về công nghệ thông tin cho đội ngũ công chức trực tiếp quản lý bất động sản đô thị và các lĩnh vực liên quan. Nâng cao nhận thức của cán bộ, công chức, viên chức về mức độ quan trọng của việc bảo đảm an toàn thông tin trong giao dịch trên môi trường điện tử. Thường xuyên tổ chức các lớp đào tạo, tập huấn, tuyên truyền về công tác bảo đảm an toàn, an ninh thông tin trong hoạt động của cơ quan nhà nước.

Bên cạnh đó, nguồn lực con người luôn là vấn đề trọng tâm, then chốt. Vì vậy, cần quan tâm việc tuyển dụng, sử dụng và chế độ đãi ngộ đối với đội ngũ công chức chuyên trách địa chính-xây dựng ở hệ thống chính quyền các cấp sao cho phù hợp và tạo được động lực làm việc. Tuyển dụng công khai, khách quan, sử dụng đúng người-đúng việc và chế độ đãi ngộ thỏa đáng để công chức có đủ động lực làm việc, không rơi vào các cạm bẫy lợi ích, đảm bảo quyền bình đẳng cho xã hội khi tiếp cận thông tin và chính sách quản lý bất động sản.

Ngoài ra, cần nâng cao trình độ cho đội ngũ người lao động ở các doanh nghiệp kinh doanh bất động sản trên cơ sở định hướng chiến lược, tăng cường tuyên truyền, phổ biến giáo dục pháp luật, tập huấn kiến thức về bất động sản đô thị; tăng cường kiểm tra, giám sát nhằm sớm phát hiện và can thiệp kịp thời các vấn đề khó khăn, tiêu cực trong hoạt động quản lý và kinh doanh bất động sản đô thị.

4. Kết luận

Chính quyền đô thị điện tử là một xu hướng tất yếu, khách quan trong tiến trình xây dựng và phát triển đô thị theo hướng hiện đại. Việc chuyển đổi môi trường quản lý truyền thống sang môi trường điện tử tác động không nhỏ đến phương thức quy hoạch và quản lý bất động sản đô thị, cũng như năng lực của chủ thể quản lý và cơ chế tài chính. Tác động này chủ yếu theo hướng tích cực, nhưng bên cạnh đó cũng sản sinh không ít những vấn đề thách thức, khó khăn cho chính quyền đô thị điện tử, đặc biệt trong việc đảm bảo sự đồng bộ dữ liệu và an toàn, an ninh thông tin trên môi trường điện tử. Để phát huy được giá trị và quản lý bền vững bất động sản đô thị, chính quyền đô thị điện tử cần tiến hành đồng bộ nhiều giải pháp, trong đó trọng tâm vào giải pháp hoàn thiện thể chế pháp luật, phát triển công nghệ và nâng cao trình độ nhân lực.

Tài liệu tham khảo

Bộ Nội vụ, 2018, *Tài liệu Bồi dưỡng ngạch chuyên viên chính.*

Nguyen Quynh Nga, Chu Thi Khanh Ly, Nguyen Van Hau, Đang Thi Thu Phuong (2024), "Building and developing smart Cities in Ho Chi Minh City, Vietnam - Current situation and Solutions*", International Journal of Religion*, vol 5 no 7 (2024)

Trương Văn Quảng, 2021. Thị trường bất động sản và không gian sống trong đô thị. *Tạp chí quy hoạch xây dựng* (số 109+110)

G. Navratil, and P. Fogliaroni. Visibility Analysis in 3D Cadaster. *International FIG 3D Cadastre Workshop, Dubai, 2014*.

Võ Chí Mỹ, Nguyễn Quốc Long, Võ Ngọc Dũng, Cao Xuân Cường, 2018). Quy hoạch và quản lí đô thị thông minh: vai trò của dữ liệu địa không gian, Tạp chí Trường ĐHSP TPHCM Tập 15, Số 11b (2018): 5-12

http://nhipsongkinhte.toquoc.vn/dia-phuong-co-ty-le-do-thi-hoa-cao-nhat-ca-nuoc

https://www.tapchicongsan.org.vn/media-story/-asset_publisher/V8hhp4dK31Gf/content/nang-cao-chat-luong-quy-hoach-va-quan-ly-phat-trien-do-thi-dua-tren-cac-nguyen-tac-cong-khai-minh-bach-co-su-tham-gia-cua-nguoi-dan

https://www.vista.gov.vn/news/khoa-hoc-ky-thuat-va-cong-nghe/quy-hoach-va-quan-ly-do-thi-thong-minh-vai-tro-cua-du-lieu-dia-khong-gian-1316.html

https://moc.gov.vn/tl/tin-tuc/70048/quy-hoach-do-thi-thong-minh-huong-phat-trien-ben-vung.aspx

ABSTRACT

The impact of E-government on urban real estate management in the context of digital transformation

Nguyen Quoc Long[1], Chu Thi Khanh Ly[2], Nguyen Quynh Nga[2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*National Academy of Public Administration*

Urbanisation has been increasingly common in most countries around the world, including Vietnam. The establishment of electronic-government with essentially transforming management methods from traditional to electronic environments, brings both opportunities and challenges to the real estate management of urban areas. This study highlights the impacts of the e-government on urban planning, management methods, the capacity of management entities, and financial mechanisms in the field of urban real estate management. In response to these impacts, the author proposes three basic groups of recommendations, focusing on improving legal institutions, developing technology, and enhancing human resource capabilities, aiming towards the sustainable urban real estate management.

Keywords: E-government; urban real estate management; digital transformation

Dự báo lún bề mặt mỏ bằng mô hình dự báo đa bước đệ quy sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo

Lê Thị Thanh Tâm[1,*], Phạm Văn Chung[1], Nguyễn Gia Trọng[1], Nguyễn Quốc Long[2]
[1]Nhóm nghiên cứu Trắc địa cao cấp - môi trường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[2]Nhóm nghiên cứu mạnh Những tiến bộ trong Khai thác mỏ bền vững và có trách nhiệm (ISRM), Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Sụt lún bề mặt đất là vấn đề thường xảy ra ở các khu vực khai thác mỏ hầm lò, gây thiệt hại về kinh tế và con người. Do đó, việc dự báo lún bề mặt là cần thiết nhằm đảm bảo an toàn và hiệu quả sản xuất. Trong bài báo này, chúng tôi áp dụng mô hình mạng nơ-ron nhân tạo (Artificial neural network - ANN) để dự báo lún bề mặt do các hoạt động khai thác mỏ hầm lò tại mỏ than Mông Dương, tỉnh Quảng Ninh, Việt Nam. Mô hình ANN được đề xuất sử dụng trong nghiên cứu này là mô hình dự báo đa bước đệ quy, trong đó giá trị dự báo ở bước trước đó được thêm vào chuỗi thời gian để dự báo giá trị tiếp theo. Bộ dữ liệu thực nghiệm gồm 4 điểm quan trắc lún được quan trắc với 12 chu kỳ trong thời gian 24 tháng, dữ liệu được chia thành tập huấn luyện gồm 9 chu kỳ đo đầu tiên, và tập kiểm thử gồm 3 chu kỳ đo cuối cùng. Trước tiên, phương pháp kiểm tra chéo K-fold được áp dụng vào tập huấn luyện để xác định tham số tốt nhất cho mô hình. Sau đó, bộ tham số này được áp dụng để dự báo lún bề mặt cho ba chu kỳ cuối. Kết quả chỉ ra rằng, sai số dự báo phụ thuộc vào khoảng thời gian giãn cách giữa chu kỳ đo cuối cùng và chu kỳ dự báo. Sai số tương đối ở chu kỳ thứ 10 của bốn điểm thực nghiệm đạt được là 0.9%, -1.7%, -1.7 và 1.4%. Các giá trị sai số này tăng lên thành 1.4%, -1.8%, -1.8% và -1.7% ở chu kỳ thứ 11, và 2.0%, -2.2%, -2.2% và 2.5% ở chu kỳ thứ 12. Các sai số tuyệt đối được xác định là nhỏ, trong phạm vi 20 mm. Các kết quả này đã chứng minh rằng phương pháp và mô hình được đề xuất sử dụng mạng ANN là phù hợp với chuỗi dữ liệu quan trắc lún tại các khu vực khai thác mỏ.

Từ khóa: dự báo lún bề mặt; mỏ hầm lò; mạng nơ-ron nhân tạo

1. Đặt vấn đề

Việt Nam là quốc gia có nguồn tài nguyên đa dạng với khoảng 70 loại khoáng sản (B. N. Nguyen, Boruff, & Tonts, 2017), trong đó than đá là nguồn khoáng sản chính, hầu hết nằm ở các mỏ than ở tỉnh Quảng Ninh. Trong số đó, tỷ lệ phần trăm giữa mỏ than hầm lò và mỏ than lộ thiên tương ứng là khoảng 60% và 40%, với tổng khối lượng khai thác dự kiến tăng lên hàng năm (B. N. Nguyen, Boruff, & Tonts, 2021). Trong đó, một số mỏ than lộ thiện có kế hoạch được chuyển đổi thành mỏ hầm lò do độ sâu khai thác ngày càng tăng dần, tỷ lệ các mỏ hầm lò đang tăng lên (Q. N. Nguyen, Nguyen, Pham, & Chu, 2021). Đóng góp của công nghiệp than ở Việt Nam không chỉ là sự tăng trưởng kinh tế thông qua xuất khẩu khoáng sản mà còn là an ninh năng lượng thông qua việc sản xuất điện từ than (Dorband, Jakob, & Steckel, 2020).

Mặc dù có nhiều đóng góp về kinh tế, các hoạt động khai thác mỏ cũng mang tới những thách thức về môi trường (Mohsin, Zhu, Naseem, Sarfraz, & Ivascu, 2021), trong đó sụt lún mặt đất là một hệ quả phổ biến. Lún bề mặt đã gây ra những rủi ro đáng kể đối với cơ sở hạ tầng, sự ổn định về môi trường, và an toàn của người lao động trong các khu vực khai thác mỏ (Marschalko et al., 2012). Mặc dù sụt lún bề mặt do các hoạt động khai thác mỏ có thể được đo đạc sau khi hiện tượng sụt lún đã diễn ra, việc dự báo hiệu quả sụt lún bề mặt do khai thác mỏ trong tương lai cũng là việc làm quan trọng trong phát triển khai thác mỏ bền vững và lập kế hoạch sử dụng tài nguyên (Ma, Li, & Zhang, 2017). Cho đến nay, các lý thuyết dự báo dịch chuyển và biến dạng bề mặt mỏ được chia làm ba hướng chính: dựa vào nguyên lý hình học, dựa trên môi trường cơ học liên tục và dựa vào lý thuyết ngẫu nhiên. Các nhà khoa học trên thế giới đã phát triển nhiều phương pháp dự báo dựa trên các lý thuyết này, có thể nhóm thành 5 nhóm phương pháp như: nhóm phương pháp quan hệ thực nghiệm, hàm mặt cắt, hàm ảnh hưởng, giải tích và mô hình vật lý (Reddish & Whittaker, 2012).

* *Tác giả liên hệ*
Email: lethithanhtam@humg.edu.vn

Với sự phát triển của khoa học máy tính, mạng nơ-ron nhân tạo đã được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, trong đó có khoa học dự báo. Mạng nơ-ron nhân tạo có khả năng liên kết, tích hợp các thông số khác nhau để xác định và dự báo trong nhiều ứng dụng. Điểm mạnh của mạng nơ-ron nhân tạo là khả năng dự báo tốt với những dữ liệu phức tạp mà người dự báo không có các thông tin và kiến thức cụ thể về tính quy luật của dữ liệu. Đối với những dữ liệu này, mạng nơ-ron nhân tạo cho khả năng tổng quát hóa cao trong dự báo, hơn nữa, nó còn có khả năng dự báo cho các đại lượng xuất hiện không tuyến tính.

Việc dự báo các đại lượng dịch chuyển do ảnh hưởng quá trình khai thác mỏ hầm lò bằng mạng nơ-ron nhân tạo đã được thực hiện bởi khá nhiều tác giả nước ngoài như nghiên cứu của Ambrožič và Turk, 2003 để dự đoán mức độ sụt lún bề mặt do khai thác than tại mỏ Velenje, Slovenia; Ki-Dong Kim và nnk, 2009 (Kim, Lee, & Oh, 2009) nghiên cứu dự báo mức độ sụt lún của thành phố Samcheok, Hàn Quốc do ảnh hưởng của mỏ than đã khai thác; Nghiên cứu của Saro Lee và nnk (Lee, Park, & Choi, 2012) sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo để dự báo ảnh hưởng sụt lún tại khu mỏ Jeong-am, Hàn Quốc.

So với các phương pháp dự báo mức độ sụt lún đã được sử dụng trước dựa vào các công thức và tham số được xác định thì phương pháp dự báo lún sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo được coi là phương pháp dự báo không sử dụng tham số và có khả năng dự báo cho các khu vực với các đặc điểm địa chất, địa hình đặc biệt. Đây là vấn đề cần được giải quyết trong bài toán dự báo các đại lượng dịch chuyển do ảnh hưởng của quá trình khai thác mỏ. Dự báo mức độ sụt lún bằng mạng nơ-ron nhân tạo là phương pháp hiện đại, phương pháp này cần có dữ liệu thực tế quan trắc lún trên các khu vực khai thác để làm dữ liệu đầu vào huấn luyện mạng, tuy vậy điều này có thể dễ dàng thu nhận được hơn nhiều so với việc thu thập các yếu tố ảnh hưởng cần thiết với độ chính xác cao cho các nhóm phương pháp đề cập ở trên.

Tại Việt Nam, các nghiên cứu phổ biến là xây dựng các mô hình dự báo dựa trên số liệu quan trắc thực nghiệm (Long et al., 2017; Long, My, & Luyen; L. Q. Nguyen, 2016), và xác định các tham số của các mô hình phù hợp với điều kiện cụ thể của từng khu vực khai thác nhằm nâng cao độ chính xác kết quả dự báo (L. Q. Nguyen, 2016, 2020). Các nghiên cứu về ứng dụng mạng nơ-ron nhân tạo trong dự báo lún bề mặt mỏ đã khẳng định được tính ưu việt của phương pháp này so với các phương pháp truyền thống khi áp dụng tại Việt Nam (L. Q. Nguyen et al., 2023; L.Q. Nguyen et al., 2021). Ứng dụng mạng nơ-ron nhân tạo sử dụng phương pháp đa bước đệ quy để dự đoán lún tuyến đường do khai thác mỏ hầm lò đã được thực hiện vào năm 2023 (H. V. Nguyen et al., 2023). Mô hình mạng nơ-ron nhân tạo mới với các siêu tham số 'tối ưu' để dự đoán bề mặt đất do khai thác mỏ hầm lò được đề xuất (Long Quoc Nguyen, 2023).

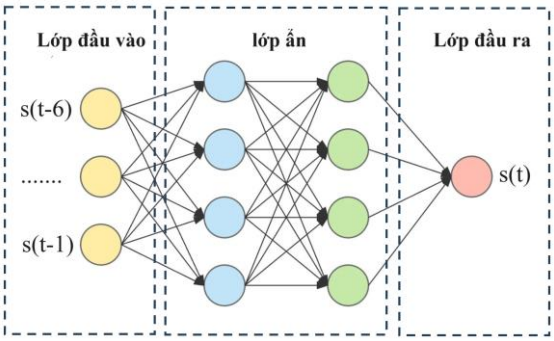
Trong bài báo này, mạng nơ-ron nhân tạo được áp dụng để dự báo lún bề mặt do khai thác mỏ hầm lò. Nghiên cứu này đóng góp về mặt phương pháp dự báo dựa vào các tiến bộ trong các kỹ thuật dự báo sụt lún, từ đó hỗ trợ trong việc khai thác mỏ bền vững và an toàn.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp mạng nơ-ron nhân tạo

Mạng nơ-ron nhân tạo ANN là một trong những công cụ trí tuệ nhân tạo được sử dụng trong dự báo sụt lún bề mặt nhờ khả năng học các mô hình phức tạp với một bộ dữ liệu lớn, từ đó có thể thực hiện dự báo chính xác (Ambrožič & Turk, 2003; Yang & Xia, 2013). Mạng nơ-ron nhân tạo ANN là các mô hình tính toán được phát triển dựa trên nghiên cứu cấu trúc của não người, và do đó có tên gọi là mạng nơ-ron nhân tạo (Zou, Han, & So, 2009). Chúng bao gồm một số lớp nơ-ron nhân tạo được kết nối với nhau, được chia thành các lớp đầu vào, lớp ẩn, và lớp đầu ra (Hình 1). Lớp đầu vào nhập các thông số đầu vào sau đó truyền chúng qua các lớp ẩn với các tính toán được thực hiện dựa trên trọng số, từ đó các biến dự đoán được ước lượng trong lớp đầu ra. Trọng số được gán giá trị ngẫu nhiên ban đầu trong lớp đầu vào, sau đó được truyền qua các lớp ẩn và đầu ra. Các trọng số sau đó được tính toán lại bằng các thuật toán tối ưu hóa, chẳng hạn như gradient descent và lan truyền ngược (Amari, 1993). Như vậy, mô hình nơ-ron nhân tạo ANN có thể dự đoán chính xác các biến đầu ra thông qua việc tính toán lại các giá trị trọng số.

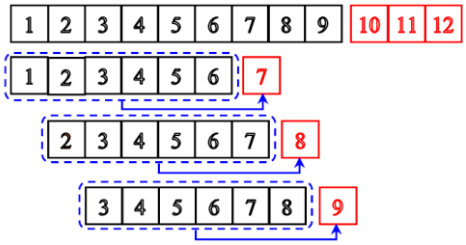
Trong một mạng nơ-ron nhân tạo ANN, mỗi lớp bao gồm một hoặc nhiều nơ-ron tùy thuộc vào bài toán cụ thể đang được nghiên cứu. Trong nghiên cứu này, lớp đầu vào bao gồm sáu nơ-ron tương ứng với sáu chu kỳ đo lún trước đó từ s(t-6) đến s(t-1), được sử dụng để dự báo sụt lún tại thời điểm t (tức là s(t)). Phần lớp ẩn bao gồm một hoặc nhiều lớp, mỗi lớp có một số nút ẩn. Trong nghiên cứu này, số lượng tối ưu của các lớp ẩn, các nút ẩn và số lần tính lặp trong quá trình lan truyền ngược được xác định thực nghiệm thông qua phương pháp kiểm định chéo k-fold (Fushiki, 2011).



Hình 1. Cấu trúc mạng nơ-ron nhân tạo bao gồm lớp đầu vào, lớp ẩn, và lớp đầu ra

2.2. Mô hình dự báo đệ quy đa bước

Có tổng cộng 12 trị đo lún được đo một lần mỗi tháng, tương ứng với khoảng thời gian một năm. Với số lượng trị đo này, chúng tôi chia bộ dữ liệu thành bộ huấn luyện bao gồm 9 trị đo đầu tiên và ba trị đo còn lại được chọn làm bộ kiểm thử. Để huấn luyện mô hình dựa trên bộ huấn luyện, chúng tôi sử dụng sáu trị đo trước đó làm đầu vào và các trị đo tiếp theo làm đầu ra như được thể hiện trên Hình 2. Quá trình này được gọi là dự đoán đa bước đệ quy. Cụ thể, sáu tháng đầu tiên được sử dụng làm đầu vào và tháng thứ bảy làm đầu ra. Sau đó, chuỗi thời gian được dịch chuyển tịnh tiến một bước với tháng thứ hai đến tháng thứ bảy được sử dụng làm đầu vào và tháng thứ tám làm đầu ra. Tương tự, từ tháng thứ ba đến tháng thứ tám được sử dụng làm đầu vào để dự đoán tháng thứ chín. Thông qua quá trình này, thuật toán lan truyền ngược được áp dụng dựa trên sự khác biệt giữa các giá trị dự đoán và giá trị đo đạc ở các tháng 7, 8 và 9 (Hình 2). Trên hình 2, hình vuông đen thể hiện giá trị đầu vào của mô hình và hình vuông đỏ tương ứng với giá trị đầu ra. Các tham số của mô hình sau quá trình huấn luyện sau đó được sử dụng để dự báo sụt lún ở các tháng 10, 11 và 12. Để làm điều này, các giá trị từ tháng thứ tư đến tháng thứ chín được sử dụng để dự báo sụt lún của tháng thứ mười. Sau đó, giá trị dự đoán ở tháng thứ mười được thêm vào chuỗi thời gian để dự đoán tháng thứ mười một. Cuối cùng, một quy trình tương tự được áp dụng để dự đoán sự sụt lún của tháng thứ mười hai.



Hình 2. Mô hình dự báo đa bước đệ quy

2.3. Đánh giá mô hình

Để đánh giá hiệu quả dự báo sụt lún bề mặt do khai thác mỏ bằng mô hình nơ-ron nhân tạo ANN, trong nghiên cứu này, hai chỉ số đánh giá được sử dụng, bao gồm sai số tuyệt đối và sai số tương đối, đó là:

$$Abs.Err_i = \eta_i - \eta^p \quad (1)$$

$$Rel.Err_i = \frac{\eta_i - \eta^p}{\eta_i} \times 100\% \quad (2)$$

Trong đó η_i và η^p lần lượt là các trị đo và trị dự báo tại thời điểm t_i; $\bar{\eta}$ và $\overline{\eta^p}$ tương ứng là trị trung bình của trị đo và trị dự báo.

3. Kết quả và thảo luận

Trong nghiên cứu này, bốn điểm quan trắc bằng phương pháp GNSS ở khu vực mỏ than hầm lò Mông Dương được sử dụng để thử nghiệm mô hình đã đề xuất. Bốn điểm này được đặt tên lần lượt là P1, P2, P3 và P4, nằm trên bề mặt trên khu vực khai thác tại mỏ Mông Dương. Như đã đề cập trước đó, mỗi điểm được đo với 12 chu kỳ đo cách nhau hai tháng. Chín chu kỳ quan trắc đầu tiên được chọn làm bộ số liệu huấn luyện để huấn luyện mô hình, và ba chu kỳ quan trắc cuối cùng làm bộ kiểm thử để dự báo sụt lún. Modul chương trình xử lý dữ liệu và dự báo được lập trình bằng ngôn ngữ Python sử dụng gói scikit-learn (Pedregosa et al., 2011). Bảng 1 thể hiện các trị đo lún của bốn điểm tương ứng với bộ huấn luyện của chín chu kỳ đầu tiên.

Bảng 1. Bộ huấn luyện bao gồm giá trị sụt lún của chín tháng đầu tiên. (Đơn vị: mm).

Chu kỳ	Điểm P1	Điểm P2	Điểm P3	Điểm P4
1	0	0	0	0
2	-22	-25	-24	-15
3	-62	-67	-77	-54
4	-129	-115	-102	-109
5	-198	-192	-183	-165
6	-278	-342	-317	-303
7	-369	-429	-416	-441
8	-452	-558	-547	-569
9	-516	-638	-617	-639

Giá trị sụt lún bề mặt của ba chu kỳ cuối cùng được dự báo dựa trên các tham số tìm được từ bộ dữ liệu huấn luyện, với kết quả được hiển thị trên Bảng 2 (Điểm P1), Bảng 3 (Điểm P2) và Bảng 4 (Điểm

P3) và Bảng 5 (Điểm P4). Trong các bảng đó, các giá trị dự báo được so sánh với các giá trị quan trắc, từ đó tính được sai số tuyệt đối (Abs. errors), được tính theo đơn vị đo là mm. Thêm vào đó, sai số tương đối (Rel. errors) được tính bằng cách chia sai số tuyệt đối cho giá trị sụt lún quan trắc, được tính theo phần trăm (%). Kết quả cho thấy khoảng giãn cách lớn hơn giữa thời điểm dự báo và thời điểm tương ứng với giá trị quan trắc cuối cùng của tập huấn luyện dẫn đến sai số lớn hơn. Sai số tương đối ở tháng thứ 10 của bốn điểm thực nghiệm đạt được là 0.9%, -1.7%, -1.7% và 1.4%. Các giá trị sai số này tăng lên thành 1.4%, -1.8%, -1.8% và -1.7% ở tháng thứ 11, và 2.0%, -2.2%, -2.2% và 2.5% ở tháng thứ 12. Các sai số tuyệt đối được xác định là nhỏ, trong phạm vi 20 mm. Tương quan giữa giá trị dự báo và quan trắc của cả 4 điểm r=0.980. Điều này cho thấy phương pháp mạng nơ-ron nhân tạo ANN sử dụng trong nghiên cứu này có thể dự báo tốt cho chuỗi thời gian sụt lún bề mặt tại các khu vực khai thác mỏ. Điều này được xác nhận bằng kết quả được hiển thị trên Hình 3, trong đó giá trị sụt lún quan trắc và dự báo rất gần nhau.

Bảng 2. So sánh trị quan trắc và trị dự báo ở Điểm P1

Chu kỳ	Trị đo (mm)	Trị dự báo (mm)	Sai số tuyệt đối (mm)	Sai số tương đối (%)
10	- 589	-584	-5	0.9
11	-637	-628	-19	1.4
12	-664	-651	-13	2.0

Bảng 3. So sánh trị quan trắc và trị dự báo ở Điểm P2

Chu kỳ	Trị đo (mm)	Trị dự báo (mm)	Sai số tuyệt đối (mm)	Sai số tương đối (%)
10	-725	-737	12	-1.7
11	-761	-775	14	-1.8
12	-797	-815	18	-2.2

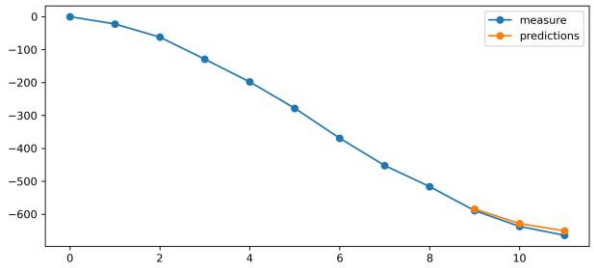
Bảng 4. So sánh trị quan trắc và trị dự báo ở Điểm P3

Chu kỳ	Trị đo (mm)	Trị dự báo (mm)	Sai số tuyệt đối (mm)	Sai số tương đối (%)
10	-694	-706	12	-1.7
11	-740	-795	14	-1.8
12	-783	-827	18	-2.2

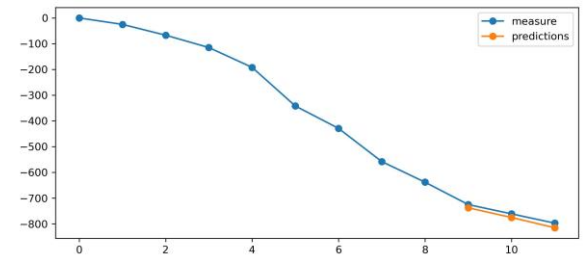
Bảng 5. So sánh trị quan trắc và trị dự báo ở Điểm P4

Chu kỳ	Trị đo (mm)	Trị dự báo (mm)	Sai số tuyệt đối (mm)	Sai số tương đối (%)
10	-711	-701	-10	1.4
11	-762	-775	13	-1.7
12	-814	-834	20	-2.5

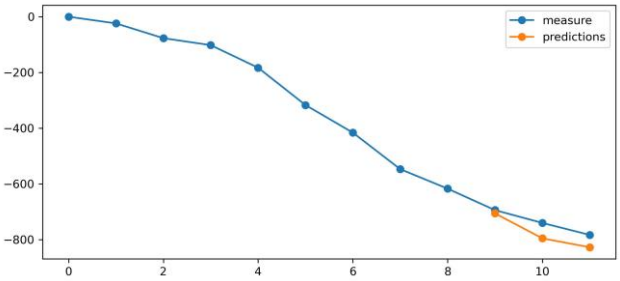
Điểm P1



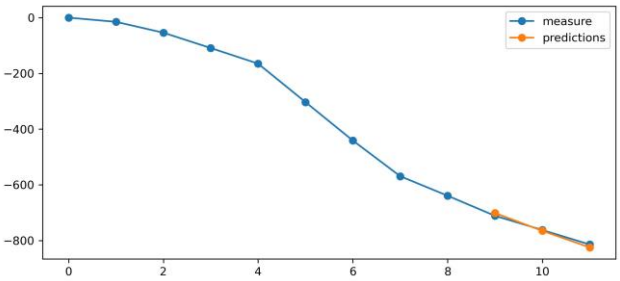
Điểm P2



Điểm P3



Điểm P4



Hình 3. Kết quả so sánh đường cong lún quan trắc và trị dự báo

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo ANN để dự báo sụt lún bề mặt đất do khai thác mỏ hầm lò tại mỏ than Mông Dương. Quá trình dự báo đa bước đệ quy đã được thiết kế và áp dụng, trong đó chín chu kỳ đầu tiên được sử dụng làm đầu vào để huấn luyện mô hình mạng ANN. Sau đó, các tham số của mô hình được sử dụng để dự báo sụt lún của ba chu kỳ cuối cùng.

Các tham số của mô hình ANN, bao gồm số lớp ẩn, số nút ẩn và số vòng lặp, đã được xác định thông qua phương pháp kiểm định chéo k-fold trước khi chúng được sử dụng để xác định tham số của mô hình bằng bộ dữ liệu huấn luyện, và dự báo sụt lún bề mặt cho bộ dữ liệu kiểm thử. Mô hình ANN được đề xuất với các tham số 'tối ưu' tìm thấy trong nghiên cứu này đã được chứng minh là một công cụ tốt để dự báo sụt lún đường do khai thác mỏ hầm lò. Sai số tuyệt đối được xác định là nhỏ, trong phạm vi 20 mm. Sai số tuyệt đối phụ thuộc vào khoảng giãn cách về thời gian giữa tháng dự báo và tháng tương ứng với trị đo cuối cùng trong bộ dữ liệu huấn luyện. Sai số tương đối ở tháng thứ 10 đạt được là 0.9%, -1.7%, -1.7% và 1.4%. Các giá trị sai số này tăng lên thành 1.4%, -1.8%, -1.8% và -1.7% ở tháng thứ 11, và 2.0%, -2.2%, -2.2% và 2.5% ở tháng thứ 12.

Tài liệu tham khảo

Amari, S.-i., 1993. Backpropagation and stochastic gradient descent method. *Neurocomputing*, 5(4), 185-196. doi:10.1016/0925-2312(93)90006-O

Ambrožič, T., & Turk, G., 2003. Prediction of subsidence due to underground mining by artificial neural networks. *Computers & Geosciences*, 29(5), 627-637. doi:10.1016/S0098-3004(03)00044-X

Dorband, I. I., Jakob, M., & Steckel, J. C., 2020. Unraveling the political economy of coal: Insights from Vietnam. *Energy Policy*, 147, 111860. doi:10.1016/j.enpol.2020.111860

Fushiki, T., 2011. Estimation of prediction error by using K-fold cross-validation. *Statistics and Computing*, 21(2), 137-146. doi:10.1007/s11222-009-9153-8

Kim, K.-D., Lee, S., & Oh, H.-J., 2009. Prediction of ground subsidence in Samcheok City, Korea using artificial neural networks and GIS. *Environmental Geology*, 61-70.

Lee, S., Park, I., & Choi, J.-K., 2012. Spatial Prediction of Ground Subsidence Susceptibility Using an Artificial Neural Network. *Environmental Management*, 49, 347-358.

Long, N. Q., Bui, X.-N., Bui, L. K., Huynh, K. D. V., Van Le, C., Buczek, M., & Nguyen, T. P., 2017. A Computational Tool for Time-Series Prediction of Mining-Induced Subsidence Based on Time-Effect Function and Geodetic Monitoring Data. *Paper presented at the International Conference on Geo-Spatial Technologies and Earth Resources*.

Long, N. Q., My, V. C., & Luyen, B. K. Divergency verification of predicted values and monitored deformation indicators in specific condition of Thong Nhat underground coal mine (Vietnam). *Geoinformatica Polonica*, 2016, 15-22.

Long Quoc Nguyen, T. T. T. L., Trong Gia Nguyen, Dinh Trong Tran, 2023. Prediction of underground mining-induced subsidence: Artificial neural network based approach. *Mining of Mineral Deposits*, 17(4).

Ma, C., Li, H., & Zhang, P., 2017. Subsidence prediction method of solid backfilling mining with different filling ratios under thick unconsolidated layers. *Arabian Journal of Geosciences*, 10(23), 511. doi:10.1007/s12517-017-3303-7

Marschalko, M., Yilmaz, I., Křístková, V., Fuka, M., Kubečka, K., Bouchal, T., & Bednarik, M., 2012. Optimization of building site category determination in an undermined area prior to and after exhausting coal seams. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 54, 9-18. doi:10.1016/j.ijrmms.2012.05.021

Mohsin, M., Zhu, Q., Naseem, S., Sarfraz, M., & Ivascu, L., 2021. Mining Industry Impact on Environmental Sustainability, Economic Growth, Social Interaction, and Public Health: An Application of Semi-Quantitative Mathematical Approach. *Processes*, 9(6), 972. doi:10.3390/pr9060972

Nguyen, B. N., Boruff, B., & Tonts, M., 2017. Mining, development and well-being in Vietnam: A comparative analysis. *The extractive industries and society*, 4(3), 564-575. doi:10.1016/j.exis.2017.05.009

Nguyen, B. N., Boruff, B., & Tonts, M., 2021. Looking through a crystal ball: Understanding the future of Vietnam's minerals and mining industry. *The extractive industries and society*, 8(3), 100907. doi:10.1016/j.exis.2021.100907

Nguyen, H. V., Le, D. Q., Nguyen, L. Q., & Lipecki, T., 2023. Prediction of Road Subsidence Caused by Underground Mining Activities by Artificial Neural Networks. *Inżynieria Mineralna*, 52(2).

Nguyen, L. Q., 2016. Sectional diagram of dynamic subsidence trough at the Mong Duong coal mine: Evaluation and prediction. *Journal of Mining and Earth Sciences* Vol 56, 58-66.

Nguyen, L. Q., 2020. *A novel approach of determining the parameters of Asadi profiling function for predictiong ground subsidence due to inclied coal seam mining at Quang Ninh coal basin.*

Nguyen, L. Q., Le, T.T.T., Nguyen, T.G., & Tran, D.T. ., 2023. Prediction of underground mining-induced subsidence: Artificial neural network based approach. *Mining of Mineral Deposits*, 4(17), 45-52. doi: https://doi.org/10.33271/mining17.04.045

Nguyen, Q., Nguyen, Q., Tran, D., & Bui, X. Prediction of ground subsidence due to underground mining through time using multilayer feed-forward artificial neural networks and back-propagation algorithm–case study at Mong Duong underground coal mine (Vietnam). *Mining science and technology (Russia)*, 241.

Nguyen, Q. N., Nguyen, V. H., Pham, T. P., & Chu, T. K. L., 2021. Current Status of Coal Mining and Some Highlights in the 2030 Development Plan of Coal Industry in Vietnam. *Inżynieria Mineralna*. doi:10.29227/IM-2021-02-34

Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., . . . Dubourg, V., 2011. Scikit-learn: Machine learning in Python. *The Journal of machine Learning research*, 12, 2825-2830.

Reddish, D. J., & Whittaker, B. N. (2012). *Subsidence: occurrence, prediction and control.* England: Elsevier.

Yang, W., & Xia, X., 2013. Prediction of mining subsidence under thin bedrocks and thick unconsolidated layers based on field measurement and artificial neural networks. *Computers & Geosciences*, 52, 199-203. doi:10.1016/j.cageo.2012.10.017

Zou, J., Han, Y., & So, S.-S., 2009. Overview of Artificial Neural Networks. In D. J. Livingstone (Ed.), *Artificial Neural Networks: Methods and Applications* (pp. 14-22). Totowa, NJ: Humana Press.

ABSTRACT

Prediction of underground mine's surface subsidence using a Artificial Neural Network

Le Thi Thanh Tam[1], Pham Van Chung[1], Nguyen Gia Trong[1], Nguyen Quoc Long[2]
[1]*Geodesy and Environment research group, Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Innovations for Sustainable and Responsible Mining (ISRM) Research Group, Hanoi University of Mining and Geology*

The subsidence of the surface due to mining activities is a significant issue in mining areas. Therefore, predicting surface subsidence is a necessary task to ensure safety and production efficiency. This article applied an Artificial Neural Network (ANN) model to predict surface subsidence resulting from underground mining operations in the Mong Dương mine. The ANN model proposed in this research uses a recursive multi-step forecasting model, where the predicted value at the previous step is added to the time series to forecast the next value. The experimental dataset consists of 12 monitoring cycles over 24 months, with a 2-month interval, divided into a training set containing the first 9 measurement cycles and a test set containing the last 3 cycles. First, the K-fold cross-validation method is applied to the training set to determine the best parameters for the model. Then, these parameters are used to predict surface subsidence for the values in the test set. The prediction error depends on the time gap between the last measurement cycle and the forecasting cycle. The relative errors in the tenth cycle for the four points are 0.9%, -1.7%, -1.7%, and 1.4%. These error values increase to 1.4%, -1.8%, -1.8%, and -1.7% in the eleventh cycle and further to 2.0%, -2.2%, -2.2%, and 2.5% in the twelfth cycle. The absolute errors are determined to be small, within the range of 20 mm. These results demonstrate that the proposed method and ANN model are suitable for the time-series monitoring data in mining areas.

Keywords: subsidence prediction; underground mine; artificial neural network

Ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS trong giám sát hoạt động khai thác khoáng sản tại các tỉnh phía Bắc

Đỗ Thị Phương Thảo[1,2,*], Nguyễn Danh Đức[1,2], Dương Anh Quân[1,2], Lê Minh Huệ[3]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm nghiên cứu Phát triển công nghệ quản lý và phân tích dữ liệu không gian địa lý, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[3]*Cục Viễn thám Quốc gia*

TÓM TẮT

Các tỉnh miền núi phía Bắc của Việt Nam được thiên nhiên ưu đãi với nhiều tài nguyên khoáng sản, tuy nhiên, hiện nay việc quản lý khai thác là một vấn đề nhức nhối của từng tỉnh và của toàn xã hội nói chung. Do tác động của việc khai thác bừa bãi là không thể khắc phục được nên cần có biện pháp tăng cường kiểm tra và giám sát hoạt động này. Giám sát hoạt động khai thác khoáng sản (KTKS) là công tác thanh tra, kiểm tra đối với việc thăm dò, khai thác khoáng sản của các tổ chức, cá nhân theo giấy phép của cơ quan Nhà nước có thẩm quyền để phát hiện, xử lý đối với hoạt động trái phép. Các khu vực diễn ra khai thác khoáng sản trái phép thường ở vùng sâu, vùng xa; nơi có hạ tầng thấp kém, đi lại hết sức khó khăn nên sử dụng tư liệu viễn thám đảm bảo khả năng có thể giám sát trên một phạm vi lãnh thổ rộng trong cùng một thời điểm, khách quan và có khả năng cập nhật, xử lý thông tin nhanh. Công nghệ viễn thám đang phát triển, sử dụng viễn thám để phát hiện khai thác trái phép là hữu ích, việc tích hợp với GIS để xây dựng cơ sở dữ liệu về hoạt động khai thác khoáng sản là cần thiết và cấp bách. Bài báo đưa ra giải pháp ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS cho mục đích phát hiện các dấu hiệu về khai thác trên ảnh viễn thám và thiết lập CSDL giám sát hoạt động khai thác khoáng sản trái phép khu vực. Kết quả cho thấy đã theo dõi được các điểm khai thác trong phép, phát hiện được các điểm khai thác trái phép theo không gian và thời gian.

Từ khóa: tài nguyên khoáng sản; khai thác khoáng sản trái phép; công nghệ viễn thám và GIS

1. Đặt vấn đề

Việt Nam là nước có nguồn tài nguyên khoáng sản phong phú, đa dạng, là nguồn nguyên liệu tiềm năng quí của quốc gia. Đến nay đã phát hiện trên đất nước ta có 5.000 mỏ và điểm khoáng sản của hơn 60 loại khoáng sản khác nhau từ các khoáng sản năng lượng, kim loại đến khoáng chất công nghiệp và vật liệu xây dựng. Trong nghị quyết số 02-NQ/TW ngày 25/4/2011 về *"Định hướng Chiến lược khoáng sản và công nghiệp khai khoáng đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030"*, quan điểm cơ bản của Đảng xác định rõ khoáng sản là tài sản thuộc sở hữu toàn dân, do Nhà nước thống nhất quản lý, là nguồn lực quan trọng để phát triển kinh tế - xã hội đất nước, phải được điều tra, thăm dò, đánh giá đúng trữ lượng và có chiến lược, quy hoạch, kế hoạch sử dụng hiệu quả, góp phần vào tăng trưởng chung và bền vững của nền kinh tế; phát triển công nghiệp khai khoáng phải đi đôi với bảo đảm an ninh, quốc phòng, bảo vệ môi trường, bảo vệ cảnh quan, di tích lịch sử, văn hóa; bảo đảm hài hòa lợi ích thu được từ khai thác và chế biến khoáng sản giữa Nhà nước, doanh nghiệp và người dân nơi có khoáng sản được khai thác, chế biến. Tuy nhiên, nhiều mỏ có trữ lượng nhỏ, không đủ khai thác công nghiệp và lợi nhuận khai thác không đủ để hoàn nguyên khu khai khoáng sau khi kết thúc khai thác. Xuất phát từ đặc điểm này, nhiều mỏ đã không được cấp phép để tránh tổn hại đến môi trường và cũng như đời sống nhân dân nhưng nhiều tổ chức cá nhân đã vì lợi ích trước mắt vẫn tiến hành khai thác trái phép gây tổn hại lớn đến môi trường sinh thái cũng như môi trường sống của dân địa phương. Đây là vấn đề nhức nhối tại nhiều tỉnh, thành cần phải giải quyết (Lại Hồng Thanh, và nnk, 2014). Bên cạnh đó, việc thanh tra, kiểm tra còn nhiều khó khăn do vị trí các mỏ thường ở vùng sâu vùng xa; nơi có hạ tầng thấp, đi lại khó khăn, lực lượng cán bộ còn mỏng, phương tiện, thiết bị không đáp ứng yêu cầu nên việc phát hiện kịp thời và xử lý hoạt động khai

* *Tác giả liên hệ*
Email: dothiphuongthao@humg.edu.vn

thác khoáng sản trái phép hết sức khó khăn, thường chỉ thông qua phương tiện thông tin đại chúng hoặc tố cáo, phát hiện của người dân nên công tác kiểm soát hoạt động khai thác khoáng thường xuyên là chưa thể thực hiện được (Lê Minh Huệ và nnk, 2018).

Trước thực trạng này, việc nghiên cứu xây dựng công cụ hỗ trợ cho việc theo dõi hoạt động khai thác khoáng sản trái phép bằng công nghệ viễn thám - GIS là hết sức cần thiết, cấp bách, nhất là trong điều kiện của Việt Nam hiện nay (Vũ Đình Thảo, 2010). Thuận lợi để thực hiện công việc này là nguồn ảnh viễn thám đa dạng, tư liệu viễn thám có nhiều tính ưu việt như: độ trùm phủ không gian rất lớn; khả năng chụp lặp chủ động dễ dàng giám sát định kỳ theo chu kỳ, độ phân giải phổ đa dạng; lưu trữ ở dạng số rất thuận lợi cho việc áp dụng các phương pháp xử lý số trong phân tích chiết tách thông tin mặt đất,... (Đỗ Thị Phương Thảo, Chu Hải Tùng, 2022). Mặt khác, việc xây dựng cơ sở dữ liệu GIS góp phần kết nối cơ sở dữ liệu các khu vực đã quy hoạch khoáng sản, khu vực đã cấp phép khai thác khoáng sản và các khu vực cấp phép mới với các ảnh viễn thám sẽ góp phần phát hiện kịp thời việc cấp phép khai thác khoáng sản không đúng quy hoạch để xử lý cũng hết sức có ý nghĩa thực tế, hiệu quả trong sử dụng nguồn tài nguyên khoáng sản cấp tỉnh (Đỗ Thị Phương Thảo và nnk, 2019).

2. Khả năng phát hiện những dấu hiệu khai thác khoáng sản bằng công nghệ viễn thám

2.1. Khả năng phát hiện những dấu hiệu khai thác mỏ lộ thiên bằng công nghệ viễn thám

Trên cơ sở đặc điểm và quy trình công nghệ khai thác mỏ lộ thiên, những dấu hiệu khai thác có khả năng nhận biết bằng công nghệ viễn thám bao gồm (Vũ Đình Thảo, 2010):

- Bãi khai thác: biến động lớp phủ từ lớp phủ thực vật thành bãi khai thác
- Bãi chứa phế thải, chứa đất đá: biến động lớp phủ thành bãi chứa
- Xưởng sàng lọc khoáng sản: biến động lớp phủ thành nhà xưởng hoặc bãi sản xuất ngoài trời.
- Đường giao thông: Biến động lớp phủ thành đất giao thông
- Biến động hệ thống sông suối, kênh rạch và môi trường nước.
- Biến động môi trường sinh thái rừng: rừng bị mất hoặc bị suy giảm

Những dấu hiệu trên có thể được sử dụng đồng thời hoặc riêng lẻ theo từng giai đoạn khai thác mỏ: đối với giai đoạn thoát nước, tháo khô mỏ lộ thiên hay việc làm khô đáy mỏ sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho các thiết bị hoạt động; tháo khô mỏ bằng hệ thống thoát nước tự chảy, thoát nước cưỡng bức và các lỗ khoan sẽ dẫn đến hạ thấp mực nước ngầm, thay đổi lớp phủ bề mặt đất. Ảnh hưởng đầu tiên là các rãnh thoát nước có độ rộng khoảng 0,5 - 0,7m sẽ xuất hiện, các rãnh thoát nước này có kích thước nhỏ nên rất khó phát hiện trên ảnh vệ tinh ngoại trừ các loại ảnh có độ phân giải siêu cao. Sau khi các rãnh thoát nước được hình thành, những ao hồ tích nước hay các kênh mương lớn được hình thành tiếp để dẫn nước ra ngoài, đây là những đối tượng có thể phát hiện dễ dàng trong quá trình bắt đầu tiến hành khai thác mỏ như hình 1a thể hiện đường dẫn nước khi mỏ mới bắt đầu hình thành; hình 1b thể hiện đường dẫn nước ra kênh ở mỏ đã và đang khai thác. Sau khi thoát khô và tháo nước, giai đoạn tiếp theo là tiến hành dọn dẹp giải tỏa mặt bằng. Lúc này, các dấu hiệu khai thác mỏ rất rõ ràng dựa trên biến động sử dụng đất. Đối với các mỏ được phủ bằng rừng hoặc đất nông nghiệp thì sẽ chuyển sang đất bằng nếu ảnh chụp vào thời điểm giải tỏa lớp phủ [3]. Nhưng rõ ràng hơn cả là xuất hiện của hệ thống đường xá, thông thường là một con đường độc đạo khá rõ ràng dẫn từ mỏ ra ngoài hoặc kết nối với bãi đổ thải (Hình 1).



(a) *(b)*

Hình 1. (a) Đường dẫn nước khi mỏ mới bắt đầu hình thành,
(b) Ao chứa nước hình thành khi mỏ đang khai thác

Trong hình 2, tại mỏ đá Yên Hợp, Quỳ Hợp, Nghệ An năm 2009 là chưa tiến hành khai thác; năm 2010 đã làm đường nối với trung tâm xã, dọn dẹp bãi khai thác; năm 2011 xuất hiện thêm đường nối với bãi đổ thải và hồ nước do chặn dòng suối tại bãi đổ thải; năm 2012 không biến động thêm khi khai thác ổn định.



Năm 2009 *Năm 2010* *Năm 2011* *Năm 2012*

Hình 2. Diễn tiến khu vực khai thác mỏ theo ảnh vệ tinh Landsat

Các dấu hiệu biến đổi rõ ràng nữa của quá trình khai thác mỏ lộ thiên là các nhà xưởng, thiết bị máy móc, vận tải và đặc biệt là mở vỉa khoáng sản khai thác theo từng tầng. Tiếp theo là các giai đoạn khai thác bình thường, quá trình này bờ vỉa đạt mức cực đại, các bãi thải tăng lên về khối lượng. Giai đoạn kết thúc mỏ sẽ có nhiều dấu hiệu rõ ràng như việc tháo dỡ cơ sở hạ tầng nhà xưởng, máy móc, các hồ nước xuất hiện, lớp thực phủ được phủ trở lại. Những dấu hiệu về lớp phủ, sông ngòi, thủy hệ và hệ thống nhà xưởng là những dấu hiệu rõ ràng nhất của khai thác mỏ lộ thiên (Vũ Đình Thảo, 2010). Tuy nhiên, tùy theo loại ảnh viễn thám mà có thể nhận biết những dấu hiệu ở cấp độ khác nhau.

2.2. Khả năng phát hiện những dấu hiệu khai thác mỏ hầm lò bằng công nghệ viễn thám

Từ những đặc điểm của khai thác mỏ hầm lò, những dấu hiệu đặc trưng có thể nhận biết được gồm (Vũ Đình Thảo, 2010):

- Các công trình mặt đất gồm:
+ Mặt bằng tập kết vật liệu
+ Nhà xưởng, công trình liên quan
+ Các thiết bị máy móc
+ Phương tiện vận chuyển
+ Bãi thải đổ
+ Hệ thống đường xá.
- Các dịch chuyển bề mặt đất do ảnh hưởng của khai thác hầm mỏ tới địa chất công trình:

Về cơ bản, khai thác mỏ hầm lò luôn cần diện tích mặt bằng đủ lớn để tập kết đất đá, khoáng sản do quá trình đào bới hầm lò. Chính vì thế, biến động sử dụng đất từ loại đất rừng, đất nông nghiệp sang các bãi tập kết đất đá là dấu hiệu rõ ràng đầu tiên cho công tác khai khoáng. Tiếp đến là nhà xưởng với các máy phát điện để cung cấp ánh sáng và điện cho các thiết bị khai thác dưới lò, các phương tiện để vận chuyển đất đá cũng là dấu hiệu có thể nhận biết khai khoáng, hệ thống đường xá để cho các phương tiện vận chuyển có thể đi lại cũng là một dấu hiệu khác. Tuy nhiên, trên các ảnh độ phân giải thấp dấu hiệu này không rõ ràng.

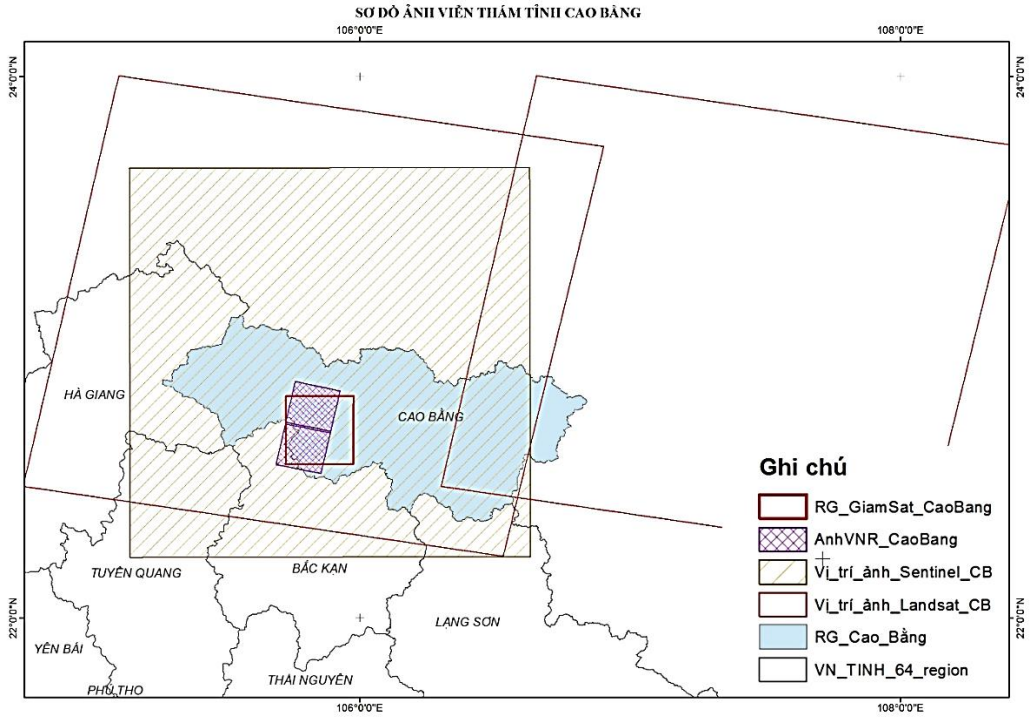
Thông thường, nếu khai thác khoáng sản hầm lò, việc chống giữ hầm hết sức quan trọng, chống giữ hầm bằng gỗ nếu thực hiện ở khu vực vùng sâu thì gỗ rừng là rẻ nhất và dễ khai thác nhất, chính vì thế, sự suy giảm rừng là dấu hiệu đáng kể tiếp theo. Khai thác hầm lò cũng làm suy giảm kết cấu địa chất trong khu vực gây nên việc dịch chuyển bề mặt. Dấu hiệu này có thể biểu hiện qua việc sạt lở bất thường ở trên địa bàn hoặc sụt lún trên bề mặt. Sạt lở có thể phát hiện bằng ảnh viễn thám quang học còn sụt lún có thể phát hiện bằng radar giao thoa,… Trên thực tế, dấu hiệu khai thác hầm lò không nhiều mà chủ yếu dựa trên việc phát hiện bãi mặt bằng tại cửa hầm.

3. Dữ liệu và phương pháp

3.1. Dữ liệu

- Tài liệu về cấp phép khai thác khoáng sản: gồm hồ sơ cấp phép hoạt động khai thác khoáng sản cấp tỉnh và hồ sơ cấp phép hoạt động khai thác khoáng sản cấp Bộ.
- Các loại bản đồ chuyên đề: bản đồ địa chất, bản đồ qui hoạch, bản đồ hiện trang và bản đồ địa hình các tỉ lệ 1: 50000; 1:100000
- Dữ liệu ảnh viễn thám được lựa chọn phù hợp theo 2 cách giám sát định kỳ (theo chu kỳ ảnh) và giám sát nhanh (trong một số trường hợp khi có các thông tin về khai thác khoáng sản trái phép thì thu nhận ảnh vệ tinh tức thời hoặc triển khai bay chụp UAV phục vụ điều tra, kiểm tra hiện trường khai thác) (Lê Minh Huệ, và nnk, 2022). Tuỳ thuộc vào quy mô khai thác để lựa chọn ảnh phù hợp như ví dụ Hình

4, để giám sát khu vực KTKS tại Cao Bằng, nghiên cứu sử dụng các ảnh: VnREDSAT, Sentinel-2 và Landsat (Đỗ Thị Phương Thảo và nnk, 2019).



Hình 4. Sơ đồ toàn ảnh vệ tinh tỉnh giám sát hoạt động khai thác khoáng sản tỉnh Cao Bằng

3.2. Phương pháp

- Giải đoán ảnh vệ tinh: gồm 2 giai đoạn : (1) Xử lý, chiết tách thông tin từ ảnh viễn thám Landsat độ phân giải trung bình đa thời gian cho mục đích phát hiện dấu hiệu thay đổi hoạt động khai thác khoáng sản hàng năm, xác định diễn biến vùng khai thác và các vùng khai thác mới xuất hiện (Lê Minh Huệ và nnk, 2021). Tính toán diện tích biến động qua các thời kỳ và vùng khai thác mới xuất hiện (Nguyễn Hải Đông và nnk 2019). (2) Xử lý ảnh độ phân giải cao và chiết tách thông tin tại vùng thực nghiệm nhằm khoanh định và xác định diện tích khai thác khoáng sản để nâng cao độ chính xác và chi tiết vùng giám sát hoạt động khai thác khoáng sản nghi ngờ khai thác trái phép, sau đó tiến hành đối soát tại thực địa để bổ sung tài liệu, tư liệu cho kết quả nội nghiệp (Lê Minh Huệ, và nnk, 2022). Hiện nay có thể dùng AI (Artificial Intelligence - trí tuệ nhân tạo) và học máy để tự động hoá công đoạn này (Lê Minh Huệ và nnk, 2021).

- Phương pháp cộng bản đồ: chồng ghép thông tin ảnh đa thời gian để phát hiện nhanh diễn biến hoạt động khai thác khoáng sản (xác định vùng khai thác mới của năm sau so với năm trước, tính toán được phần diện tích khai thác khoáng sản thay đổi giữa các năm và phần diện tích khai thác vượt quá giới hạn được cấp phép).

- Phương pháp thống kê: Thống kê diện tích vùng khai thác khoáng sản trái phép cho các vùng thực nghiệm. Tính toán diện tích các vùng khai thác khoáng sản trái phép thông qua việc xác định ranh giới khai thác trên ảnh vệ tinh và ranh giới cấp phép cấp Bộ và cấp Tỉnh.

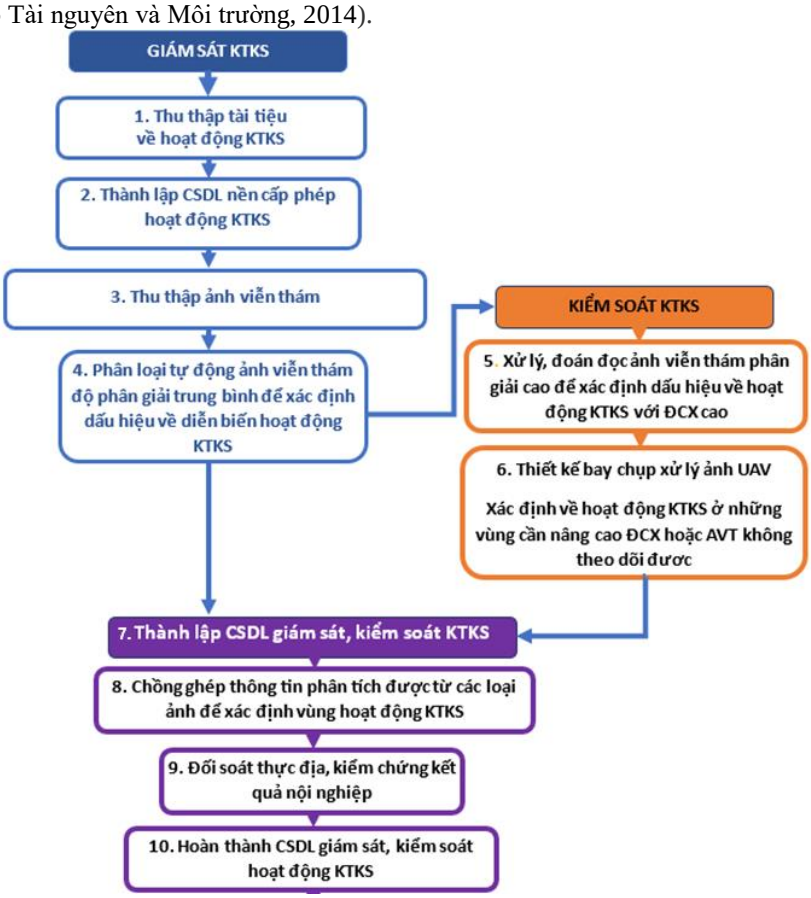
- Phương pháp điều tra thực địa: Phương pháp này được sử dụng nhằm thu thập thêm thông tin về tình hình cụ thể tại các tỉnh đã nhận được các báo cáo quản lý Nhà nước về những điểm nóng đang diễn ra hoạt động khai thác khoáng sản trái phép.

- Phương pháp xây dựng CSDL: thiết kế khái niệm, thiết kế logic, thiết kế vật lý (chuyển tải thiết kế logic lên các hệ thống quản trị dữ liệu) sau đó thực hiện và vận hành hệ thống CSDL.

4. Quy trình kết hợp công nghệ viễn thám – gis trong giám sát hoạt động khai thác khoáng sản

Xây dựng CSDL về theo dõi hoạt động khai thác khoáng sản cấp tỉnh nhằm mục đích trợ giúp qui hoạch khai thác bền vững và sử dụng có hiệu quả nguồn tài nguyên khoáng sản cấp tỉnh, đồng thời cũng là phương tiện để quản lý hữu hiệu các hoạt động khai thác khoáng sản trên địa bàn tỉnh [5]. Bên cạnh đó, việc lưu trữ dữ liệu gọn, dễ truy xuất, hiển thị trực quan cung cấp những phương tiện hiện đại phục vụ hỗ trợ công tác theo dõi hoạt động khai thác khoáng sản, cung cấp bản đồ nền số hóa thống nhất trong toàn

tỉnh có thể sử dụng chung cho tất cả các dự án liên quan đến quản lý tài nguyên khoáng sản, đồng thời cũng là phương tiện thu hút đầu tư thông qua các dịch vụ cung cấp thông tin khai thác khoáng sản và nâng cao trình độ đội ngũ cán bộ trong lĩnh vực ứng dụng công nghệ trong quản lý hoạt động khai thác khoáng sản (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2014).



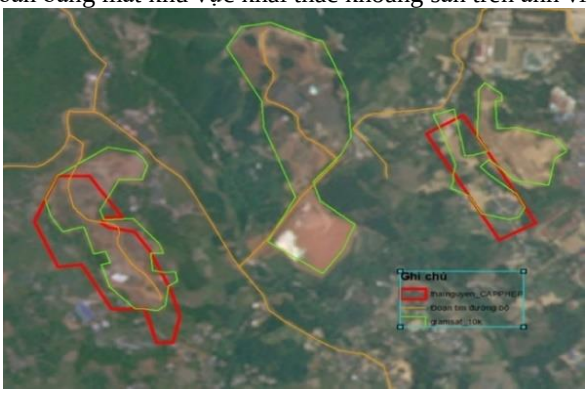
Hình 5. Sơ đồ kết hợp công nghệ viễn thám và GIS trong giám sát hoạt động khai thác khoáng sản.

Sơ đồ quy trình xây dựng CSDL về theo dõi, kiểm soát hoạt động khai thác khoáng sản được thực hiện theo Hình 5 (Lê Minh Huệ, và nnk, 2022), (Lê Minh Huệ và nnk, 2018). Thông qua CSDL, có thể thống kê diện tích vùng khai thác khoáng sản trái phép cho khu vực thực nghiệm và tính toán diện tích các vùng khai thác khoáng sản trái phép bằng việc xác định ranh giới khai thác trên ảnh vệ tinh và ranh giới cấp phép cấp Bộ và cấp tỉnh (Đỗ Thị Phương Thảo và nnk, 2019).

5. Kết quả thực hiện

5.1. Kết quả giải đoán ảnh phát hiện khu vực khai thác khoáng sản

Một số hình ảnh giải đoán bằng mắt khu vực khai thác khoáng sản trên ảnh viễn thám



Hình 6. Phát hiện khai thác trái phép tỉnh Bắc Kạn
(màu đỏ là vùng cấp phép, màu xanh là vũng khai thác, màu vàng là đường giao thông)

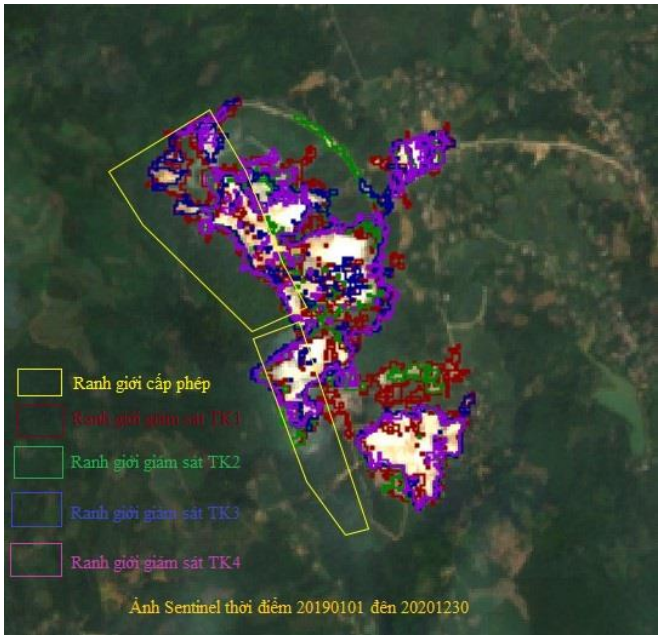


Hình 7. Khu vực khai thác ngoài phạm vi cấp phép Thị trấn Tĩnh Túc, huyện Nguyên Bình

Một số hình ảnh phân loại các lớp phủ sử dụng mô hình học máy.



Hình 8. Phân loại tự động xác định dấu hiệu khai thác khoáng sản tỉnh Thanh Hoá theo ảnh Sentinel 2 chụp ngày 10/10/2019 đến 30/12/2020

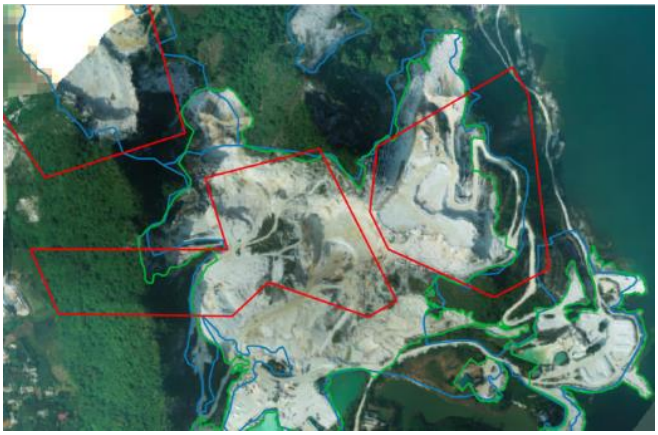


Hình 9. Khai thác mỏ đá hoa Bản nghè II chồng ghép 4 thời kỳ

Một sô hình ảnh mỏ khoáng sản, diện tích khai thác, diện tích vượt phép, trái phép, sai phép chiết tách được từ ảnh vệ tinh các thời kỳ và trên ảnh UAV so sánh với hồ sơ cấp phép.



Hình 10. Ranh giới cấp phép hoạt động KTKS (màu đỏ) và ranh giới vùng KTKS (màu xanh) trên ảnh vệ tinh Sentinel 2 độ phân giải trung bình 10m



Hình 11. Vùng khai thác khoáng sản tại mỏ đá Mông Sơn – tỉnh Yên Bái trên ảnh UAV độ phân giải 10cm được phóng to



Hình 12. Vùng khai thác khoáng sản tại mỏ đá Mông Sơn – tỉnh Yên Bái với ảnh SPOT6 độ phân giải 1,5m ở phía dưới, ảnh UAV phân giải 10 cm chồng lên trên

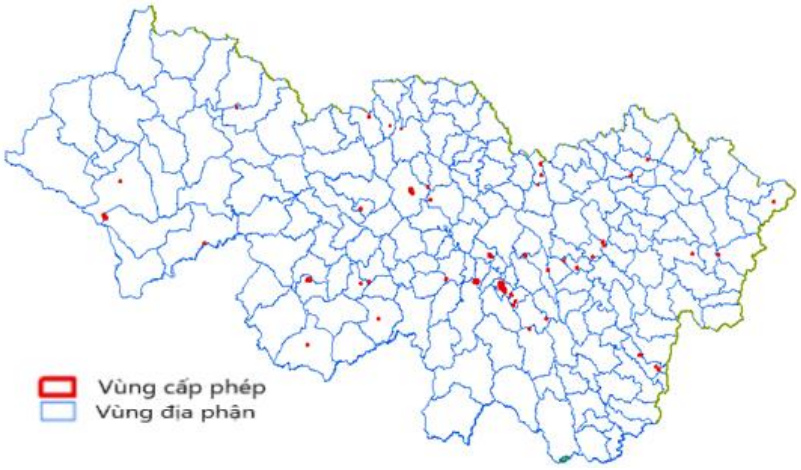
Kết quả khảo sát thực địa cho thấy giám sát ở mức độ tổng quan sử dụng ảnh viễn thám phân giải trung bình như Sentinel 2 đạt độ chính xác từ 10m đến 15m về mặt phẳng, tương đương độ chính xác bản đồ tỷ lệ 1:50 000, 1:100 000. Giám sát ở mức độ chi tiết (giám sát những vùng cần nâng cao độ chính xác) sử dụng ảnh viễn thám phân giải cao như SPOT 6 đạt độ chính xác từ 1,5m đến 2,5m về mặt phẳng, tương

đương độ chính xác bản đồ tỷ lệ1:10 000, 1:25 000. Giám sát ở mức độ chi tiết (giám sát những vùng cần nâng cao độ chính xác hơn nữa và những vùng khó thu nhận được ảnh vệ tinh) sử dụng UAV đạt độ chính xác từ cỡ cen-ti-met về mặt phẳng, tương đương độ chính xác bản đồ tỷ lệ 1:1 000, 1:2 000.

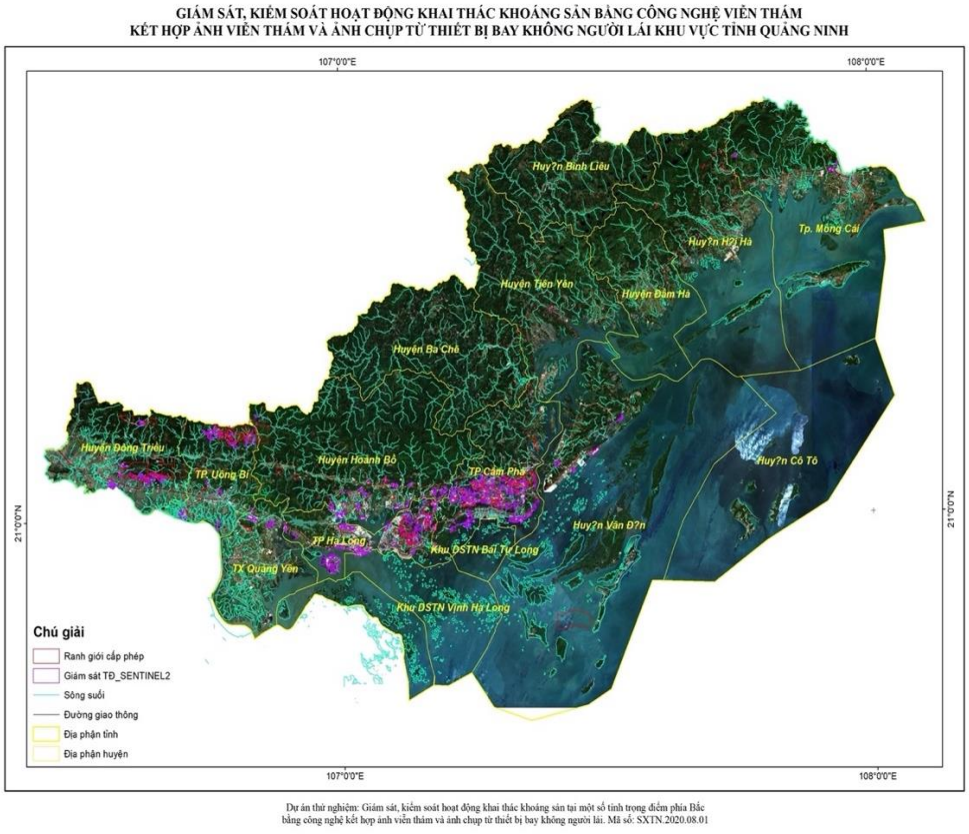
5.2. Kết quả xây dựng CSDL giám sát hoạt động khai khác khoáng sản

CSDL về giám sát, kiểm soát hoạt động KTKS là thông tin đầy đủ, kịp thời về diễn biến hoạt động KTKS. CSDL gồm CSDL nền địa lý (địa hình, giao thông thuỷ hệ), CSDL cấp phép hoạt động KTKS (ranh giới cấp phép KTKS: toạ độ, thời gian, công ty, loại khoáng sản), CSDL hoạt động KTKS (từ ảnh viễn thám độ phân giải trung bình, cao, UAV; thời gian).

Sau khí có kết quả chiết tách về dấu hiện hoạt động KTKS, chuẩn hoá các loại tài liệu liên quan, tiến hành tích hợp, cập nhật kết quả lên CSDL giám sát, kiểm soát hoạt động KTKS.



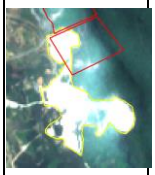
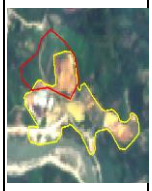
Hình 13. Hiển thị cơ sở dữ liệu nền cấp phép tỉnh Cao Bằng



Hình 14. CSDL giám sát, kiểm soát hoạt động KTKS tỉnh Phú Thọ

Lập hệ thống bảng đánh giá diễn biến hoạt động KTKS, đưa ra được sự diễn biến KTKS giữa các thời ký và độ chênh diện tích KTKS giữa các thời kỳ so với giấy phép KTKS (Bảng 1).

Bảng 1: Ví dụ một số đánh giá tình hình khai thác khoáng sản tại tỉnh Yên Bái

TT	Số giấy phép	Loại khoáng sản	Vị trí khai thác	Hình ảnh vệ tinh	Diện tích cấp phép (m^2)	Diện tích trên ảnh (m^2)	Diện tích trái phép (m^2)	Tình trạng khai thác
1	1681/GP-BTNMT	Đá hoa	Thôn Trung Sơn, xã Mông Sơn, huyện Yên Bình, tỉnh Yên Bái		100136	198286	173455	Khai thác rộng hơn so với ranh giới cấp phép
2	2010/GP-BTNMT	Đá hoa	Mông Sơn, Làng Can, xã Mông Sơn, huyện Yên Bình.		62417	134991	110100	Khai thác rộng hơn so với ranh giới cấp phép
3	1789/GP-BTNMT	Đá hoa trắng	KV núi Chuông, xã Tân Lĩnh, huyện Lục Yên, tỉnh Yên Bái		52538	126024	75980	Khai thác rộng hơn so với ranh giới cấp phép

4. Kết luận

Từ việc kết hợp công nghệ Viễn thám, GIS và các nguồn tư liệu, tài liệu, dữ liệu khác với nhau cho thấy một phương pháp khoa học để giải quyết bài toán về quản lý tài nguyên khoáng sản.

Qua quá trình xây dựng quy trình công nghệ có thể thấy một số ưu điểm như: quy trình có tính khoa học cao, công nghệ GIS hữu ích trong công tác xây dựng cơ sở dữ liệu, quản lý và phân tích cơ sở dữ liệu.

Việc sử dụng ảnh vệ tinh xác định vùng khai thác khoáng sản rất nhanh chóng, kết hợp với các tài liệu cấp phép, xác định được dễ dàng chính xác vùng khai thác mới xuất hiện, vùng khai thác trái phép đồng thời có khả năng cao trong giám sát biến động khai thác khoáng sản. Cơ sở dữ liệu khai thác khoáng sản có thể tích hợp với các dự án, chương trình quản lý của các nhà đầu tư, các nhà quản lý. Cơ sở dữ liệu xây dựng được có tính ứng dụng thực tế cao.

Khả năng chụp của các vệ tinh viễn thám ngày càng chính xác hơn, một vị trí trên bề mặt Trái đất có thể chụp lại sau vài ngày, như vậy mức độ theo dõi rất thường xuyên, liên tục mà con người không nhất thiết phải đến tận nơi. Kết quả phân tích từ ảnh viễn thám có tính trung thực, khách quan, độ phủ của ảnh rộng nên tầm bao quát lớn lại tiết kiệm thời gian trong quá trình quản lý tài nguyên thiên nhiên.

Kết quả theo dõi, kiểm soát bằng công nghệ viễn thám là kênh thông tin nhanh chóng, khách quan, chính xác nhằm đưa ra các biện pháp giảm thiểu tối đa những hậu quả của việc khai thác khoáng sản bừa bãi, đưa ra biện pháp bảo vệ môi trường thiên nhiên và môi trường sống.

Tài liệu tham khảo

Lại Hồng Thanh, Phạm Ngọc Chi, Phạm Khắc Mạnh, Hoàng Cao Phương, Nguyễn Đức Thu, Lê Đỗ Trí, Lương Thế Việt, 2014. Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn đề xuất cơ chế nâng cao hiệu quả quản trị tài nguyên khoáng sản, *Báo cáo đề tài KHCN, Bộ TNMT*.

Lê Minh Huệ, Đỗ Thị Phương Thảo, Vũ Thị Thanh Hiên, Vũ Thị Kim, Đoàn Quốc Vượng, 2018. Sử dụng ảnh vệ tinh phát hiện các dấu hiệu khai thác khoáng sản thuộc tỉnh Thái Nguyên, *Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường* số 20.

Vũ Đình Thảo, 2010. *Nghiên cứu công nghệ viễn thám trong việc giám sát môi trường sinh thái tại các khu vực khai thác mỏ lộ thiên*, Báo cáo đề tài KHCN, Bộ TNMT.

Đỗ Thị Phương Thảo, Chu Hải Tùng, 2022. Công nghệ viễn thám trong giám sát khu vực bãi thải tro xỉ ở nhà máy nhiệt điện: thử nghiệm tại Quảng Ninh, *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Tài Nguyên Môi trường*, số 40, trang 68-76.

Đỗ Thị Phương Thảo, Lê Minh Huệ, Dương Thị Mai Chinh, Nguyễn Thị Mỹ Hạnh, Tạ Thị Thu Hường, 2019. Xây dựng cơ sở dữ liệu GIS về theo dõi quản lý hoạt động khai thác khoáng sản tỉnh Cao Bằng, *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, tập 60, kỳ 4, trang 49-59.

Lê Minh Huệ, Vũ Thị Thanh Hiên, Đỗ Thị Phương Thảo, 2022. Giám sát khai thác khoáng sản bằng công nghệ kết hợp ảnh vệ tinh và ảnh chụp từ thiết bị bay không người lái, thực nghiệm tại tỉnh Yên Bái. *Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường* - Số 41, tháng 6/2022. tr. 3-13.

Lê Minh Huệ, Vũ Thị Thanh Hiên, Nguyễn Thị Phương Bắc, Trần Trường Giang, Đỗ Thị Phương Thảo, Trịnh Thị Thư, 2021. Xác định dấu hiệu khai thác khoáng sản tại tỉnh Yên Bái từ ảnh vệ tinh Sentinel-2. *Hội nghị khoa học quốc gia về công nghệ Địa không gian trong khoa học trái đất và môi trường*, NCGEE 2021, tr. 271-280.

Nguyễn Hải Đông, Đỗ Thị Phương Thảo, Doãn Thị Thái Hòa , Trần Thị Hiền, 2019. Kết hợp sử dụng ảnh viễn thám Landsat và Sentinel - 2 trong giám sát biến động bờ biển khu vực tỉnh Quảng Nam, *Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường* số 28/12-2019, trang 9-16

Bộ tài nguyên và Môi trường, 2014. *Thông tư số 26/2014/TT-BTNMT về việc Ban hành Quy trình và định mức kinh tế - kỹ thuật xây dựng cơ sở dữ liệu tài nguyên và môi trường ngày 28 tháng 5 năm 2014*, Bộ TM&MT.

Lê Minh Huệ, Đỗ Thị Phương Thảo, Vũ Thị Thanh Hiên, Vũ Thị Kim, Đoàn Quốc Vượng, 2018, Quy trình phối hợp giữa Cục Viễn thám quốc gia và cơ quan quản lý nhà nước về hoạt động khai thác khoáng sản, *Hội nghị toàn quốc Khoa học trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững 2018 (ERSD 2018)*, ISBN: 978-604-76-1753-1.

ABSTRACT

Application of remote sensing and GIS in monitoring mineral exploitationin Northern Vietnam

Do Thi Phuong Thao[1,2], Nguyen Danh Duc[1,2], Duong Anh Quan[1,2], Le Minh Hue[3]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

[2]*Research and Development of Geospatial data management and Analysis techniques*

[3]*Department of National Remote Sensing;*

The Northern mountainous provinces of Vietnam are endowed with many mineral resources. However, currently exploitation management is a pressing issue for each province and for the whole society in general. Because impact of indiscriminate exploitation is irreversible, it is necessary to strengthen inspection and supervision of this activity. Monitoring mineral exploitation activities is an inspection, examination and exploitation of mineral exploration by organizations or individuals under the license of competent State agencies to detect then handle illegal activities. The illegal mineral exploitation place are often in remote, where infrastructure is poor and travel is extremely difficult, so using remote sensing data ensures ability to monitor a wide area at the same time, objectively and update information quickly. Remote sensing is developing, so using this technology to detect illegal mining is useful, integrating with GIS to build a database on mineral mining activities is necessary and urgent. The article proposes a solution apply remote sensing and GIS technology for detecting signs of mining on remote sensing images and establishing a database to monitor illegal mining activities in research area. The results show that the licensed mining sites have been monitored, and illegal mining sites have been detected in space and time.

Keywords: mineral resources; illegal mineral exploitation; remote sensing and GIS technology

Ứng dụng hồi quy đa thức và mạng nơ-ron nhân tạo trong nội suy dị thường độ cao khu vực miền Bắc Việt Nam

Phùng Trung Thanh[1,*]
[1]*Trường Đại học Lâm nghiệp*

TÓM TẮT

Trong bối cảnh phát triển bền vững và quản lý tài nguyên tự nhiên, các phương pháp mô hình hóa địa hình chính xác và hiệu quả là rất quan trọng. Nghiên cứu này so sánh phương pháp hồi quy đa thức và mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) trong việc nội suy dị thường độ cao cho các điểm GPS/thủy chuẩn tại miền Bắc Việt Nam. Các nghiên cứu trước đây cho thấy hồi quy đa thức với các bậc khác nhau có thể mô hình hóa bề mặt địa hình nhưng phụ thuộc vào độ phức tạp và số lượng dữ liệu. Trong khi đó, mạng nơ-ron, đặc biệt là mạng truyền tiến với các lớp ẩn, xử lý dữ liệu phi tuyến tính tốt hơn và tự học từ dữ liệu để cải thiện dự đoán. Tác giả đã thu thập dữ liệu từ 348 điểm GPS/thủy chuẩn tại miền Bắc Việt Nam, bao gồm vĩ độ, kinh độ và dị thường độ cao thực tế. Dữ liệu này được chia thành hai phần: huấn luyện và kiểm tra. Các mô hình hồi quy đa thức từ bậc 1 đến bậc 4 và một mô hình ANN với hai lớp ẩn (mỗi lớp 20 nơ-ron) đã được triển khai bằng MATLAB. Hiệu suất được đánh giá bằng cách so sánh các giá trị dị thường độ cao dự đoán từ cả hai phương pháp với giá trị thực tế, sử dụng các chỉ số như Mean Squared Error (MSE), Root Mean Squared Error (RMSE) và R-squared (R^2). Kết quả cho thấy ANN dự đoán chính xác hơn cho dữ liệu địa hình phức tạp, chứng tỏ khả năng vượt trội trong việc xử lý dữ liệu phi tuyến tính. Dựa trên kết quả so sánh đã khẳng định được hiệu quả khi áp dụng phương pháp học máy trong việc nội suy dị thường độ cao. Lựa chọn phương pháp mô hình hóa phù hợp có thể nâng cao độ chính xác dự đoán và hỗ trợ trong quản lý tài nguyên và nghiên cứu địa chất.

Từ khóa: hồi quy đa thức; mạng nơ-ron nhân tạo; mô hình hóa địa hình; dị thường độ cao; miền Bắc Việt Nam

1. Đặt vấn đề

Các hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu hiện đại (GNSS) như GLONASS (Liên bang Nga) và GPS (Hoa Kỳ) hiện nay đã trở thành các công nghệ chính cho các phép đo trắc địa độ chính xác cao. Dự kiến, các hệ thống vệ tinh toàn cầu như Galileo Thế hệ thứ hai (G2) (Liên minh Châu Âu) và những cải tiến của Beidou (Cộng hòa Nhân dân Trung Hoa) sẽ tiếp tục được bổ sung, cập nhậtvà mở rộng khả năng của trắc địa vệ tinh trong tương lai. Định vị ba chiều chính xác cao hiện có sẵn với việc sử dụng công nghệ GNSS và các phương pháp trắc địa không gian khác nhau. Khoảng cách cơ sở dài 10–100 km có thể được xác định với độ chính xác đến vài milimét trong thời gian ngắn (Vázquez-Ontiveros và nnk 2023).

Tuy nhiên, việc áp dụng công nghệ GNSS tại Việt Nam gặp một số hạn chế trong lĩnh vực trắc địa. một trong số đó là việc xác định độ cao thủy chuẩn của các điểm đo. Độ cao trắc địa được đo bằng hệ thống GNSS phản ánh khoảng cách từ điểm đo đến mặt ellipsoid, trong khi độ cao thủy chuẩn phản ánh khoảng cách từ điểm đo đến mực nước biển trung bình. Do vậy để chuyển đổi từ độ cao trắc địa sang độ cao thủy chuẩn, chúng ta cần áp dụng mô hình geoid và điều này làm cho quá trình xác định độ cao trở nên phức tạp hơn và yêu cầu nguồn dữ liệu chính xác. Có thể nói rằng công nghệ GNSS tại Việt Nam hiện nay chủ yếu được sử dụng để giải quyết các nhiệm vụ liên quan đến quản lý đất đai, hệ thống thông tin địa lý (GIS) và trắc địa đo đạc nhằm định vị chính xác vị trí trên bề mặt Trái Đất. Công nghệ này không chỉ hỗ trợ trong việc đo đạc và khảo sát địa hình, mà còn góp phần nâng cao hiệu quả trong công tác quy hoạch, quản lý tài nguyên, và phát triển cơ sở hạ tầng.

Trong bối cảnh phát triển bền vững và quản lý tài nguyên tự nhiên hiện nay, việc nghiên cứu và ứng dụng các phương pháp mô hình hóa chính xác và hiệu quả là rất quan trọng. Một trong những lĩnh vực nghiên cứu nổi bật là mô hình hóa bề mặt địa hình, đặc biệt là mô hình địa hình địa chất liên quan đến độ cao và độ sâu (Berglund, E., 2000). Trong nghiên cứu này, tác giả tập trung vào việc sử dụng các phương pháp hồi quy đa thức và mạng nơ-ron (ANN) để nội suy và đánh giá độ chính xác của mô hình địa hình

* *Tác giả liên hệ*
Email: trungthanhphung@gmail.com

tại khu vực miền Bắc Việt Nam (Haykin, S., 2009; Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J., 2009; James, G., Witten và nnk, 2013; Kutner, M. H và nnk, 2019; MathWorks, 2016; Nguyễn, T. D., & Lê, T. M., 2018).

Đầu tiên tác giả đã thu thập dữ liệu từ 348 điểm GPS/thủy chuẩn tại miền Bắc Việt Nam bao gồm các thông số như vĩ độ, kinh độ và dị thường độ cao thực tế. Tiếp theo, tác giả đã triển khai hai phương pháp chính để mô hình hóa dữ liệu: hồi quy đa thức và mạng nơ-ron. Đối với hồi quy đa thức, tác giả đã thực hiện các bước hồi quy từ bậc 1 đến bậc 4 để đánh giá sự phù hợp của mô hình với dữ liệu (Rasmussen, C. E., & Williams, C. K. I., 2006). Các mô hình hồi quy đa thức này giúp tác giả xác định mức độ chính xác và phù hợp của mô hình đối với dữ liệu thực tế. Đối với mạng nơ-ron, chúng tôi đã sử dụng công cụ MATLAB và cấu hình mạng với hai lớp ẩn, mỗi lớp có 20 nơ-ron, để tạo ra mô hình học và dự đoán (MathWorks, 2016).

Để đánh giá hiệu suất của các phương pháp này, tác giả đã so sánh các giá trị dự đoán từ mô hình hồi quy đa thức và mạng nơ-ron với giá trị thực tế. Các chỉ số thống kê như Mean Squared Error (MSE), Root Mean Squared Error (RMSE), và R-squared (R^2) được sử dụng để đo lường và so sánh độ chính xác của các mô hình (Bishop, C. M., 2006, Chai, T., & Draxler, R. R., 2014). Các chỉ số này giúp tác giả hiểu rõ hơn về mức độ chính xác của dự đoán và khả năng phù hợp của mô hình với dữ liệu thực.

Kết quả của nghiên cứu cho thấy rằng mạng nơ-ron có khả năng cung cấp các dự đoán chính xác hơn so với hồi quy đa thức trong trường hợp của dữ liệu địa hình phức tạp. Điều này chứng tỏ rằng mạng nơ-ron có khả năng xử lý tốt hơn các dữ liệu phi tuyến tính và cung cấp các mô hình dự đoán chính xác hơn. Mặc dù hồi quy đa thức cũng có thể cung cấp các mô hình phù hợp, nhưng nó thường gặp khó khăn trong việc xử lý dữ liệu có sự biến đổi lớn (Chai, T., & Draxler, R. R., 2014). Việc lựa chọn phương pháp phù hợp cho mô hình hóa địa hình có thể giúp nâng cao độ chính xác trong các dự đoán và hỗ trợ các ứng dụng trong quản lý tài nguyên và nghiên cứu địa chất

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp hồi quy đa thức:

Dựa trên dữ liệu GPS/thủy chuẩn có thể được mô hình hóa bằng cách sử dụng các phương trình hồi quy bội dưới dạng đa thức ở các bậc khác nhau trong các khu vực địa phương. Hồi quy đa thức đơn giản dễ hiểu và đã được chấp nhận để phát triển bề mặt geoid quy mô lớn (Nguyễn, T. D., & Lê, T. M., 2018; Rasmussen, C. E., & Williams, C. K. I., 2006). Trong phương pháp hồi quy đa thức, độ cao geoid (N) có thể được biểu diễn như một hàm của vĩ độ và kinh độ (Soycan, M., & Soycan, A., 2003):

$$N = (\varphi, \lambda) = \sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{m} a_{ij}\varphi^i \lambda^j \quad \text{(với i=1,2...,n, j=1,2...,n)} \tag{1}$$

trong đó:

a_{ij} - biểu thị các hệ số đa thức.

φ - vĩ độ

λ - kinh độ

Phương pháp này được sử dụng để xác định các xu hướng và quy luật quy mô lớn trong dữ liệu. Có nhiều biến thể khác nhau trong việc xác định loại bề mặt xu hướng, và các bậc khác nhau của hồi quy đa thức có thể được sử dụng tùy thuộc vào hai yếu tố, tức là dữ liệu có sẵn được sử dụng để giải các phương trình chuẩn theo phương pháp bình phương tối thiểu và kiểm định giả thuyết thống kê được sử dụng để xác định tầm quan trọng của các hệ số đa thức. Các yếu tố này có thể được liệt kê dưới đây:

- Bề mặt bậc một: là bề mặt được biểu diễn bằng phương trình tuyến tính theo vĩ độ và kinh độ

$$N_0 = a_0 + a_1\varphi + a_2\lambda \tag{2}$$

- Bề mặt bậc hai: là bề mặt bao gồm thêm một thành phần tương tác giữa vĩ độ và kinh độ, tạo ra một bề mặt phức tạp hơn so với bề mặt phẳng đơn giản.

$$N_0 = a_0 + a_1\varphi + a_2\lambda + a_3\varphi\lambda \tag{3}$$

- Bề mặt bậc ba: là bề mặt bao gồm các thành phần bậc hai của vĩ độ và kinh độ, tạo ra một mô hình phức tạp hơn, phù hợp với các biến đổi phi tuyến tính.

$$N_0 = a_0 + a_1\varphi + a_2\lambda + a_3\varphi^2 + a_4\lambda^2 + a_5\varphi\lambda \tag{4}$$

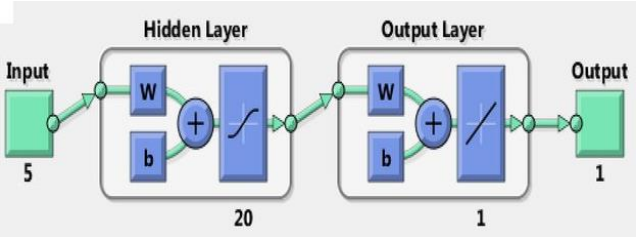
- Bề mặt bậc bốn: là bề mặt bao gồm các thành phần bậc ba của vĩ độ và kinh độ, cho phép mô hình hóa các biến đổi phức tạp và phi tuyến tính cao hơn trong dữ liệu.

$$N_0 = a_0 + a_1\varphi + a_2\lambda + a_3\varphi^2 + a_4\lambda^2 + a_5\varphi\lambda + a_6\varphi^3 + a_7\lambda^3 + a_8\varphi^2\lambda + a_9\varphi\lambda^2 \tag{5}$$

Đối với đa thức bậc cao hơn, có thể sử dụng phương trình (1) để triển khai. Trên thực tế, việc chọn bậc của đa thức rất quan trọng khi xây dựng mô hình bề mặt bằng hồi quy đa thức. Nếu lựa chọn sai hệ số và bậc của đa thức, bề mặt có thể mất đi tính hiện thực và tính hữu dụng của nó. Khi sử dụng phương pháp hồi quy đa thức, bậc của đa thức phụ thuộc vào số lượng điểm và mức độ liên quan giữa các điểm.

2.2. Phương pháp sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo (ANN)

Trong nghiên cứu này, để tạo mô hình địa phương của geoid, một mạng nơ-ron chuyển tiếp nhiều lớp được chọn vì nó có khả năng đại diện tốt. Mô hình ANN được tạo và đánh giá qua 10.000 lần lặp. Điều này được thực hiện để đảm bảo việc học mạng ổn định và kết quả đáng tin cậy. Hàm truyền tansig đã được lựa chọn làm hàm truyền của lớp ẩn và hàm *Trainlm* và *Learngdm* đã được sử dụng trong quá trình huấn luyện.



Hình 1. Sơ đồ kiến trúc của mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) được sử dụng

Mô hình ANN được xây dựng bằng phần mềm MATLAB R2016a. Quá trình tạo mô hình được thực hiện qua ba giai đoạn: chạy thử, so sánh và kiểm tra, ở giai đoạn này, dữ liệu được chia ngẫu nhiên thành ba phần trăm:

- Trong quá trình huấn luyện mô hình, 70% dữ liệu đầu vào và dữ liệu mục tiêu được sử dụng. Bộ dữ liệu này cho phép thiết lập mối quan hệ giữa dữ liệu đầu vào và dữ liệu mục tiêu, và đánh giá độ chính xác của mô hình đã tính toán.
- Trong quá trình xác nhận (kiểm tra), 15% dữ liệu đầu vào và dữ liệu mục tiêu được sử dụng để tinh chỉnh mô hình đã tính toán. Quá trình huấn luyện mô hình sẽ dừng lại khi kết quả xác nhận không còn được cải thiện.
- Trong quá trình kiểm tra, 15% dữ liệu đầu vào và dữ liệu mục tiêu được sử dụng để đánh giá độc lập độ chính xác của mô hình đã tạo.

2.3. So sánh giữa hai phương pháp

Trước hết giá trị dị thường độ cao được tính bằng công thức:

$$\zeta_i = H_{GPS} - h_{TC} \tag{6}$$

trong đó:

H_{GPS} - độ cao GPS

h_{TC} - độ cao thủy chuẩn

Để đánh giá kết quả giữa hai phương pháp sử dụng các chỉ số thống kê để đánh giá hiệu suất của các giá trị như sau (Chai, T., & Draxler, R. R., 2014):

- **Mean Absolute Error (MAE):** Sai số trung bình tuyệt đối.

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\zeta_i - \zeta_i^{'}\right| \text{ (với i=1,2...,n)} \tag{7}$$

trong đó:

n - số lượng điểm GPS/thủy chuẩn

ζ_i - dị thường độ cao của các điểm chuẩn

$\zeta_i^{'}$ - dị thường độ cao được nội suy

- **Mean Squared Error (MSE):** Sai số bình phương trung bình.

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\zeta_i - \zeta_i^{'}\right)^2 \text{ (với i=1,2...n,)} \tag{8}$$

- **Root Mean Squared Error (RMSE):** Căn bậc hai của sai số bình phương trung bình

$$RMSE = \sqrt{MSE} \tag{9}$$

- **Coefficient of Determination (R^2)**: Hệ số xác định.

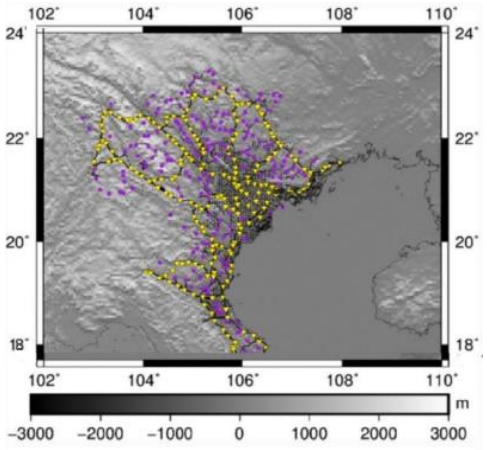
$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(\zeta_i - \zeta_i')^2}{\sum_{i=1}^{n}(\zeta_i - \overline{\zeta})^2} \tag{10}$$

trong đó:

$\overline{\zeta}$ - dị thường độ cao trung bình của các điểm chuẩn

3. Kết quả và thảo luận

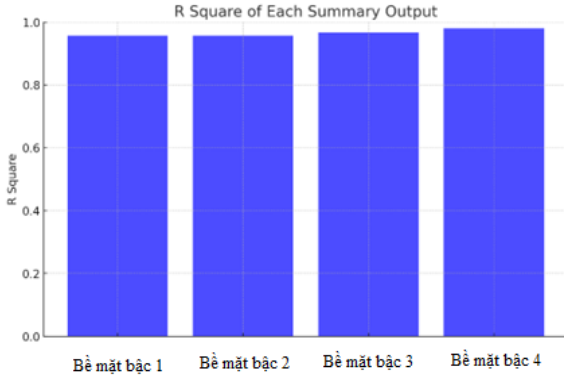
Trong nghiên cứu này, 348 điểm GPS/thủy chuẩn (hình 2) đã được sử dụng để tạo ra mô hình địa cầu cho khu vực miền Bắc Việt Nam bằng phương pháp nội suy sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) và hồi quy đa thức ở các bậc 1, 2, 3 và 4. Kết quả sẽ được đánh giá độ chính xác của mạng nơ-ron nhân tạo và hồi quy đa thức trong việc nội suy dị thường độ cao cho khu vực miền Bắc Việt Nam. Trước hết dị thường độ cao tại các điểm chuẩn được tính bằng cách sử dụng phương trình (6).



Hình 2. Sơ đồ vị trí các điểm GPS/thủy chuẩn

3.1. Kết quả nội suy phương pháp hồi quy đa thức

Để nội suy giá trị dị thường độ cao bằng phương pháp hồi quy, bốn bậc tương tự (bậc 1, 2, 3 và 4) được thực hiện. Do đó, bốn bề mặt được tạo ra như là sự kết hợp của các biến thể sử dụng các phương trình (2, 3, 4, và 5). Sử dụng phương pháp hồi quy đa thức ta sẽ được hàm tương quan R của hàm mục tiêu.



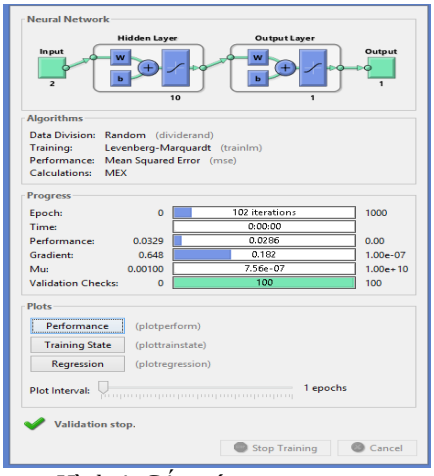
Hình 3. Tương quan R giữa đầu ra của mạng và mục tiêu mạng

Qua hình 3, thông qua hàm tương quan (R) giữa đầu ra của mạng và mục tiêu mạng, ta thấy rằng ở bề mặt 4 bậc đều có các đồ thị huấn luyện, kiểm tra và thử nghiệm cho thấy sự khớp nối tốt với giá trị R gần bằng 1. Tuy nhiên bề mặt bậc 4 có giá trị tốt nhất trong phương pháp hồi quy đa thức.

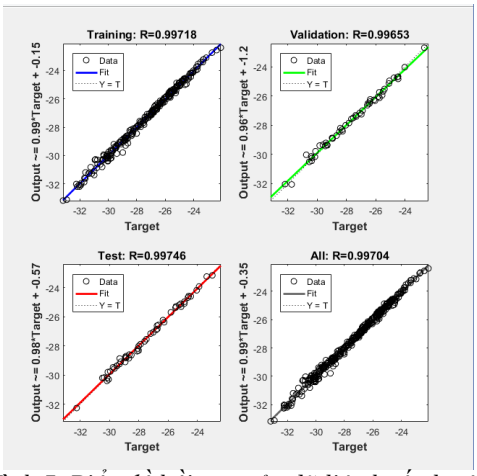
3.2. Kết quả nội suy bằng trí tuệ nhân tạo (ANN)

Mạng nơ-ron nhân tạo được tạo ra bằng chương trình MATLAB với công cụ mạng nơ-ron và sử dụng hai lớp ẩn với 20 nơ-ron mỗi lớp (hình 4).

Qua hình 5 cho thấy đánh giá của mạng nơ-ron nhân tạo bằng cách sử dụng hàm tương quan (R) giữa đầu ra của mạng và mạng mục tiêu.



Hình 4. Cấu trúc mạng nơ ron



Hình 5. Biểu đồ hồi quy của dữ liệu huấn luyện, xác nhận và kiểm tra theo ANN

Qua hình 5 ta có thể thấy rằng các đồ thị huấn luyện, kiểm tra và thử nghiệm cho thấy sự khớp nối tốt với giá trị R gần bằng 1. Một điểm đáng chú ý là mô hình ANN phù hợp với tất cả các dữ liệu với R bằng 0,99. Những kết quả này xác nhận tính đáng tin cậy của cấu trúc ANN và khả năng của nó trong việc dự đoán các giá trị mới.

3.3. So sánh kết quả nội suy giữa phương pháp hồi quy đa thức và phương pháp trí tuệ nhân tạo

Để so sánh đánh giá giữa 2 phương pháp trên tác giả sử dụng các công thức từ (7), (8), (9) và (10) dựa trên các yếu tố: sai số bình phương trung bình (MSE), căn bậc hai của sai số bình phương trung bình (RMSE) và hệ số xác định R^2. Kết quả được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Kết quả đánh giá các chỉ số theo hai phương pháp

Bậc hồi quy Đa thức	MSE	RMSE	R^2
Bậc 1	0.0524	0.2287	0.8452
Bậc 2	0.0487	0.2206	0.8617
Bậc 3	0.0461	0.2148	0.8714
Bậc 4	0.0452	0.2125	0.8754
ANN	0.0314	0.1775	0.9123

Nhận xét: Việc so sánh các chỉ số MSE, RMSE và R^2 giữa hồi quy đa thức và mạng nơ-ron cho thấy rằng mạng nơ-ron vượt trội hơn trong việc dự đoán các giá trị dị thường độ cao. Mô hình hồi quy đa thức, mặc dù đơn giản và dễ triển khai, nhưng gặp khó khăn trong việc xử lý dữ liệu phi tuyến tính phức tạp. Điều này đặc biệt rõ ràng khi so sánh các mô hình bậc thấp và bậc cao. Mô hình bậc cao có thể dẫn đến hiện tượng quá khớp, làm giảm khả năng tổng quát của mô hình trên dữ liệu mới.

Mạng nơ-ron với cấu trúc phức tạp hơn có khả năng học và mô phỏng các mối quan hệ phi tuyến tính trong dữ liệu tốt hơn. Điều này làm cho nó trở thành một công cụ mạnh mẽ trong việc mô hình hóa các bề mặt địa hình có sự biến đổi phức tạp.

Việc kết hợp giữa hồi quy đa thức và mạng nơ-ron cũng có thể là một hướng đi tốt để cải thiện kết quả mô hình hóa. Sự kết hợp này có thể tận dụng các ưu điểm của từng phương pháp, đồng thời khắc phục các hạn chế của từng phương pháp riêng lẻ.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã thực hiện so sánh giữa phương pháp: hồi quy đa thức và mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) trong việc nội suy dị thường độ cao geoid ở miền Bắc Việt Nam. Kết quả cho thấy phương pháp ANN có các chỉ số chính xác hơn với MSE đạt 0.0314, RMSE là 0.1775 và hệ số xác định (R^2) đạt 0.9123 trong khi phương pháp hồi quy đa thức bậc 4 cho chỉ số MSE là 0.0452, RMSE là 0.2125 và R^2 là 0.8754. Kết quả cho thấy rằng phương pháp hồi quy đa thức mặc dù đơn giản và dễ triển khai nhưng gặp khó khăn trong việc mô hình hóa các biến đổi phức tạp. Trong khi phương pháp ANN với cấu trúc phức tạp hơn có khả năng học và mô phỏng các mối quan hệ phi tuyến tính tốt hơn đã chứng minh tính đáng tin cậy trong việc dự đoán các giá trị mới.

Tài liệu tham khảo

Berglund, E., 2000. Polynomial Regression for Geoid Modeling: A Comprehensive Review. *Journal of Geodesy*, 74(9), 533-544.

Bishop, C. M., 2006. *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer.

Chai, T., & Draxler, R. R., 2014. Root Mean Square Error (RMSE) or Mean Absolute Error (MAE) - Which One is Better for Assessing Model Performance? *Geoscientific Model Development*, 7(1), 1247 1253.

Haykin, S., 2009. *Neural Networks and Learning Machines*. Pearson.

Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J., 2009. *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction* (2nd ed.). Springer.

James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R., 2013. *Introduction to Statistical Learning: With Applications in R*. Springer.

Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., Neter, J., & Li, W., 2019. *Applied Linear Statistical Models* (5th ed.). McGraw-Hill Education.

MathWorks, 2016. *Neural Network Toolbox™ User's Guide*. MATLAB Documentation.

Nguyễn, T. D., & Lê, T. M., 2018. Ứng Dụng Mạng Nơ-ron Trong Dự Đoán Địa Hình: Nghiên Cứu Tại Miền Bắc Việt Nam. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, 56(3), 112-124.

Rasmussen, C. E., & Williams, C. K. I., 2006. *Gaussian Processes for Machine Learning*. MIT Press.

Soycan, M., & Soycan, A., 2003. Surface Modeling for GPS-Levelling Geoid Determination. *Newton's Bulletin*, 1, 41-52.

Vázquez-Ontiveros, J. R., Padilla-Velazco, J., Gaxiola-Camacho, J. R., & Vázquez-Becerra, G. E., 2023. Evaluation and Analysis of the Accuracy of Open-Source Software and Online Services for PPP Processing in Static Mode. *Remote Sensing*, 15(8), 2034. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2072-4292/15/8/2034.

ABSTRACT

Application of polynomial regression and artificial neural networks in height anomaly interpolation in Northern Vietnam

Phung Trung Thanh[1]

[1]*Viet Nam National University of Forestry*

In the context of sustainable development and natural resource management, accurate and efficient terrain modeling methods are crucial. This study compares polynomial regression and artificial neural networks (ANN) for interpolating height anomalies in Northern Vietnam. Previous research shows that polynomial regression, with varying degrees, can model terrain surfaces but depends on data complexity and quantity. Conversely, neural networks, especially feedforward neural networks with hidden layers, handle nonlinear data better and learn from data to improve predictions. We collected data from 348 GPS leveling points in Northern Vietnam, including latitude, longitude, and actual height anomalies. This data was divided into training and testing sets. Polynomial regression models from degrees 1 to 4 and an ANN with two hidden layers (20 neurons each) were implemented using MATLAB. Performance was assessed by comparing predicted height anomalies from both methods with actual values using Mean Squared Error (MSE), Root Mean Squared Error (RMSE), and R-squared (R^2). Results showed that ANN provided more accurate predictions for complex terrain data, demonstrating its superior capability in handling nonlinear data. These findings improve terrain modeling methods and offer insights into effective machine learning applications in geospatial studies. Choosing the right modeling method can enhance prediction accuracy and support resource management and geological research.

Keywords: polynomial regression; artificial neural networks; terrain modeling; height anomaly; Northern Vietnam

Weka - Khung phần mềm mã nguồn mở cho khai phá dữ liệu: Trường hợp điển hình xử lý dữ liệu GNSS theo chuỗi thời gian

Lê Đức Tình[1], Phạm Ngọc Quang[1, 2], Nguyễn Thị Hiền[1], Nguyễn Gia Trọng[1,2,*]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm nghiên cứu Trắc địa cao cấp - Môi trường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu về phần mềm Weka, một công cụ mã nguồn mở mạnh mẽ được phát triển bởi Đại học Waikato, New Zealand, dùng trong phân tích dữ liệu và khai phá tri thức. Weka cung cấp nhiều thuật toán học máy và công cụ xử lý dữ liệu giúp người dùng xây dựng mô hình dự báo dễ dàng mà không cần lập trình phức tạp. Các giao diện chính của Weka như Explorer, Experimenter, KnowledgeFlow, Workbench và Simple CLI hỗ trợ đa dạng các phương pháp học máy, từ phân loại, phân cụm đến hồi quy, đồng thời cho phép trực quan hóa kết quả. Phần mềm này đã được ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực như giáo dục, y tế và kinh doanh. Tại Việt Nam, Weka đã được sử dụng trong phân tích dữ liệu bất động sản và kinh doanh thiết bị điện tử, nhưng vẫn chưa được ứng dụng nhiều trong xử lý dữ liệu địa không gian. Bài báo cũng tập trung vào việc ứng dụng Weka để phân tích chuỗi dữ liệu GNSS theo thời gian. Nhóm tác giả đã sử dụng các mô hình hồi quy tuyến tính và Holt-Winters để phân tích thành phần độ cao của điểm GNSS. Kết quả nghiên cứu cho thấy Weka là công cụ hữu ích trong việc xử lý dữ liệu địa không gian và dự báo chuỗi thời gian, dù vẫn còn một số hạn chế trong hiển thị và phân tích dữ liệu.

Từ khóa: Weka; khai phá dữ liệu; học máy; trí tuệ nhân tạo; dữ liệu GNSS theo thời gian

1. Đặt vấn đề

Weka (Waikato Environment for Knowledge Analysis) là một bộ công cụ mã nguồn mở mạnh mẽ, được phát triển bởi Đại học Waikato, New Zealand, dùng cho việc phân tích dữ liệu và khai phá tri thức. Weka cung cấp một loạt các thuật toán học máy và công cụ xử lý dữ liệu, hỗ trợ trong việc xây dựng các mô hình dự báo và phân tích dữ liệu một cách dễ dàng. Giao diện người dùng trực quan cùng với khả năng tương thích với các định dạng dữ liệu phổ biến giúp người dùng dễ dàng triển khai các giải pháp học máy mà không cần phải lập trình phức tạp.

Weka không chỉ cho phép thực hiện các phương pháp học máy như phân loại, phân cụm, hồi quy mà còn cung cấp các công cụ đánh giá và trực quan hóa kết quả (Bouckaert et al., 2010).

Weka được sử dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như sinh học (Frank, Hall, Trigg, Holmes, & Witten, 2004), giáo dục (Aher & Lobo, 2011; Sigurdardottir, Jonsdottir, & Benediktsson, 2007), phân tích tin tức trong lĩnh vực báo chí (Kalmegh, 2015),…

Các tác giả (Sigurdardottir et al., 2007) đã phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến cải thiện kiểm soát đường huyết trong các can thiệp giáo dục cho bệnh nhân tiểu đường type 2, dựa trên các thử nghiệm ngẫu nhiên có kiểm soát (RCT) từ năm 2001-2005. Kết quả cho thấy mức HbA1c ban đầu là yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến hiệu quả của can thiệp giáo dục. Mức HbA1c ban đầu dưới 7,9% chỉ tạo ra sự thay đổi nhỏ, trong khi mức trên 8,0% dẫn đến giảm đáng kể từ 0,8% đến 2,5%. Thời gian, nội dung và cường độ giáo dục không dự đoán được thay đổi mức HbA1c.

Hiệu suất khai thác dữ liệu trong hệ thống giáo dục, phân tích hiệu suất của sinh viên năm cuối ngành Công nghệ thông tin đã được thực hiện với việc ứng dụng phần mềm WEKA. Nhiều kỹ thuật khai thác dữ liệu như phân loại, phân cụm, và phát hiện giá trị ngoại lai đã được sử dụng để tìm ra các mối quan hệ ẩn trong dữ liệu (Aher & Lobo, 2011).

Fateh và cộng sự đã khảo sát ứng dụng khai thác dữ liệu trong hệ thống Đánh giá Giảng viên và phân tích ý kiến của sinh viên về giảng viên bằng công cụ WEKA. Kết quả cho thấy, các kỹ thuật khai thác dữ liệu như phân loại, phân cụm và phát hiện giá trị ngoại lai đã giúp dự đoán giảng viên sẽ tiếp tục được

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyengiatrong@humg.edu.vn

mời giảng dạy hay bị ngừng hợp đồng trong các học kỳ tiếp theo dựa trên các yếu tố như điểm đánh giá, trình độ và kinh nghiệm giảng dạy (Ahmadi & Ahmad, 2013).

Bài báo (Hussain, Dahan, Ba-Alwib, & Ribata, 2018) đã nghiên cứu sử dụng công cụ khai thác dữ liệu Weka để phân tích dữ liệu từ ba trường đại học ở Assam, Ấn Độ, nhằm cải thiện kết quả học tập và ngăn ngừa tình trạng bỏ học. Kết quả cho thấy thuộc tính đánh giá nội bộ có ảnh hưởng lớn nhất đến kết quả học kỳ cuối của sinh viên. Phương pháp phân loại Random Forest vượt trội hơn các phương pháp khác về độ chính xác.

Ngày nay, nghiên cứu xử lý dữ liệu lớn đặt ra nhiều thách thức, đặc biệt là về vấn đề lập trình. Weka được thiết kế để cung cấp nhiều công cụ phục vụ phân tích dữ liệu lớn với tốc độ nhanh (Koliopoulos, Yiapanis, Tekiner, Nenadic, & Keane, 2015).

Hiệu suất của các thuật toán phân loại REPTree, Simple Cart và RandomTree trên tập dữ liệu tin tức Ấn Độ đã được đánh giá, với mục tiêu tối ưu hóa tỷ lệ dương tính thực và giảm tỷ lệ dương tính giả. Kết quả cho thấy RandomTree vượt trội hơn REPTree và Simple Cart về hiệu quả và độ chính xác. Công cụ API Weka đã được sử dụng để phân tích dữ liệu (Kalmegh, 2015).

Phân cụm là một kỹ thuật khai phá dữ liệu quan trọng, giúp phân tích dữ liệu từ nhiều góc độ khác nhau. Nghiên cứu (Kodati, Vivekanandam, & Ravi, 2019) so sánh hiệu suất của các thuật toán phân cụm không giám sát, được đánh giá trên công cụ Weka, nhằm tìm ra thuật toán phù hợp nhất cho bộ dữ liệu bệnh tim.

Các loại dữ hiện nay được thu nhận liên tục theo thời gian, từ đó xuất hiện nhu cầu xử lý dữ liệu theo chuỗi thời gian. Một trong những công việc khi xử lý dữ liệu theo chuỗi thời gian đó là công tác dự đoán. Công trình (Attwal & Dhiman, 2020) đã giới thiệu kết quả dự đoán từ chuỗi dữ liệu theo thời gian sử dụng phần mềm Weka.

Tại Việt Nam, phần mềm Weka đã được ứng dụng để phân tích dữ liệu trong kinh doanh bất động sản (Nguyễn et al., 2021), kinh doanh thiết bị điện tử (Ninh Hoài, 2017), ước tính khối lượng vật tư trong giai đoạn xây dựng ý tưởng của dự án (Luân & Sơn, 2022). Tuy nhiên, trong nghiên cứu xử lý dữ liệu địa không gian, phần mềm Weka chưa được ứng dụng một cách rộng rãi.

Trí tuệ nhân tạo đã được ứng dụng phân tích dữ liệu trong nghiên cứu tai biến thiên tai tại Việt Nam như nghiên cứu về lũ quét (V.-N. Nguyen et al., 2020; Tinh, Thao, Bui, & Trong, 2024), nghiên cứu về ngập lụt (Trong et al., 2023). Bên cạnh đó, các mô hình trí tuệ nhân tạo cũng đã được ứng dụng trong phân tích chuỗi dữ liệu biến dạng bề mặt mỏ (Q. L. Nguyen, Nguyen, Tran, Bui, & Technology, 2021), phân tích chuyển dịch thẳng đứng vỏ trái đất (Le Duc Tinh & Quoc, 2024) cũng như phân tích và dự đoán dữ liệu nghiệm triều tại Việt Nam (Trọng & Quý, 2024),… Trong các công bố trên, ngôn ngữ lập trình, đặc biệt là Python đã được sử dụng để xây dựng chương trình xử lý dữ liệu.

Bài báo này giới thiệu kết quả phân tích chuỗi dữ liệu GNSS theo thời gian trên cơ sở sử dụng phần mềm Weka.

2. Phần mềm Weka

Để cài tải và cài đặt Weka, người sử dụng truy cập vào trang Web https://www.Weka.io/. Sau khi đã cài đặt, chương trình có giao diện như hình 1.



Hình 1. Giao diện chính của phần mềm Weka

Explorer là một trong những giao diện chính của Weka, hỗ trợ người dùng khám phá và xử lý dữ liệu một cách trực quan. Nó cung cấp công cụ mạnh mẽ để tiền xử lý dữ liệu, xây dựng mô hình, và đánh giá

kết quả. Explorer cho phép nhập dữ liệu từ nhiều định dạng khác nhau và áp dụng các phương pháp lọc, biến đổi dữ liệu, đồng thời dễ dàng so sánh hiệu suất mô hình qua các phép đo như độ chính xác và độ nhạy. Giao diện này đặc biệt hữu ích cho người mới học máy nhờ tính dễ sử dụng và trực quan (Bouckaert et al., 2010).

Experimenter trong Weka chuyên dùng để thực hiện thí nghiệm và so sánh hiệu suất mô hình học máy. Công cụ này cho phép thiết lập các kịch bản thử nghiệm, chạy nhiều lần với bộ dữ liệu khác nhau, và thu thập kết quả có hệ thống. Experimenter rất hữu ích trong việc đánh giá nhiều mô hình cùng lúc dựa trên các tiêu chí như thời gian huấn luyện và độ chính xác. Kết quả thí nghiệm có thể xuất dưới dạng bảng hoặc đồ thị để dễ dàng phân tích và trình bày (Bouckaert et al., 2010).

KnowledgeFlow là một giao diện khác của Weka, cho phép người dùng xây dựng quy trình xử lý dữ liệu thông qua biểu đồ luồng công việc. Người dùng có thể kéo thả các thành phần, kết nối chúng để tạo quy trình tự động. KnowledgeFlow hỗ trợ trực quan hóa toàn bộ quy trình, từ nhập liệu đến đánh giá kết quả, và đặc biệt hữu ích khi xử lý quy trình phức tạp hoặc lặp đi lặp lại. Nó cho phép điều chỉnh và mở rộng quy trình dễ dàng, phù hợp với người dùng thích làm việc với biểu đồ (Bouckaert et al., 2010).

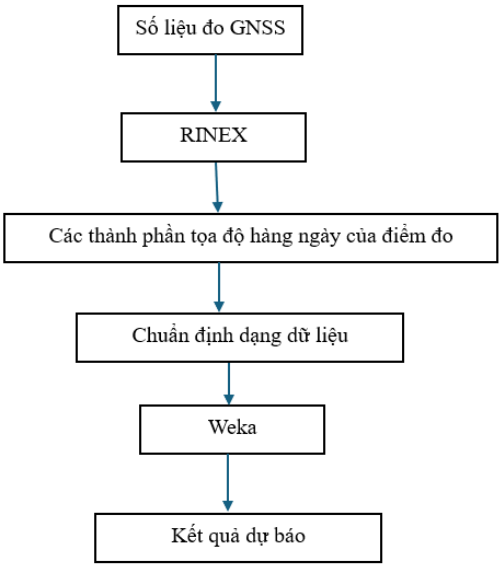
Workbench là giao diện tổng hợp của Weka, kết hợp các công cụ chính như Explorer, Experimenter, KnowledgeFlow, và Simple CLI trong một môi trường làm việc duy nhất. Giao diện này giúp người dùng dễ dàng chuyển đổi giữa các công cụ, tăng cường khả năng quản lý dự án học máy mà không cần chuyển đổi ứng dụng. Workbench giúp tiết kiệm thời gian và cung cấp một môi trường làm việc linh hoạt, hiệu quả (Bouckaert et al., 2010).

Simple CLI (Command Line Interface) là tính năng của Weka dành cho người thích làm việc với dòng lệnh. Simple CLI cung cấp hầu hết các chức năng của Weka qua các lệnh trực tiếp, giúp tự động hóa và tích hợp Weka vào quy trình công việc hiện có. Giao diện này đặc biệt hữu ích khi xử lý dữ liệu lớn hoặc thí nghiệm lặp lại, mang lại sự linh hoạt và kiểm soát tối ưu quá trình học máy (Bouckaert et al., 2010).

3. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

3.1 Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu của nhóm tác giả được thể hiện như trong hình 2. Dữ liệu đo sau khi đã thu thập được, được chuyển về định dạng dữ liệu RINEX. Tiếp đó, phần mềm Gamit/Globk được ứng dụng để phân tích chuỗi dữ liệu GNSS theo thời gian. Chi tiết về quá trình và kết quả xử lý dữ liệu tham khảo (Trọng et al., 2022). Kết quả của quá trình xử lý nêu trên là các thành phần tọa độ hàng ngày của điểm có dữ liệu. Thành phần độ cao của điểm theo chuỗi thời gian sau đó được sử dụng để phân tích với các hàm Hồi quy tuyến tính (Linear Regression) và Holt-Winters của phần mềm Weka.



Hình 2. Phương pháp phân tích chuỗi dữ liệu theo thời gian sử dụng phần mềm Weka

Hồi quy tuyến tính là phương pháp phân tích chuỗi thời gian phổ biến nhờ tính đơn giản và dễ hiểu. Ưu điểm chính của nó là dễ triển khai, dễ giải thích kết quả, và xử lý được lượng dữ liệu lớn. Phương pháp này giúp xác định mối quan hệ giữa biến mục tiêu và biến giải thích, cung cấp một mô hình dự đoán cơ bản khi thỏa mãn các giả định. Tuy nhiên, hồi quy tuyến tính gặp khó khăn trong việc mô hình hóa mối quan hệ phi tuyến và xử lý các yếu tố ngoại lai, dẫn đến dự đoán sai khi dữ liệu có nhiều biến động. Nó cũng không nắm bắt được các yếu tố phức tạp như mùa vụ hay xu hướng dài hạn (Hyndman, 2018).

Hàm hồi quy tuyến tính có dạng như phương trình (1) dưới đây.

$$h = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + ... + \beta_n x_n + \varepsilon \quad (1)$$

trong đó:

h là thành phần độ cao của điểm theo thời gian;

β_0 - hệ số chệch, chính là giá trị thành phần độ cao khi tất cả các biến bằng 0;

β_0, β_n - các hệ số hồi quy tương ứng với tất cả các biến;

x_1, x_n - các biến độc lập;

ϵ - phần dư (residual), là sự khác biệt giữa giá trị dự đoán và giá trị thực tế của *y*.

Khi giải hệ phương trình chứa các phương trình (1), cần phải tìm tất cả các hệ số của β và các biến cũng như phần dư.

Hàm Holt-Winters, hay còn gọi là phương pháp làm mịn Holt-Winters, là một kỹ thuật dự báo chuỗi thời gian được sử dụng rộng rãi để dự đoán các dữ liệu có xu hướng và tính mùa vụ. Phương pháp này kết hợp ba thành phần: làm mịn cấp độ (level), xu hướng (trend), và tính mùa vụ (seasonality). Holt-Winters có hai biến thể chính: mô hình cộng (additive) và mô hình nhân (multiplicative), được lựa chọn dựa trên đặc điểm của chuỗi thời gian. Kỹ thuật này thích hợp cho các ứng dụng như dự báo doanh số, nhu cầu, hoặc các chỉ số kinh tế, giúp đưa ra các dự báo ngắn hạn và trung hạn chính xác (Chatfield & Yar, 1988).

3.2 Dữ liệu nghiên cứu

Dữ liệu thực nghiệm sử dụng trong bài báo này được cung cấp bởi Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam; là dữ liệu thu nhận được trạm CORS có tên BTRI thuộc mạng lưới VNGEONET. Thông tin về dữ liệu đo được cung cấp bởi bảng 1.

Bảng 1. Thông tin về dữ liệu thực nghiệm

Tên trạm	Thời gian		Loại máy thu	Loại ăng ten	Tần suất (second)
	Bắt đầu	Kết thúc			
BTRI	2019/08/10	2022/03/18	LEICA GR50	LEIAR25.R4 LEIT	30

Dữ liệu sau khi thu nhận chuyển về định dạng dữ liệu dạng RINEX để xử lý bằng phần mềm Gamit/Globk (Trọng et al., 2022)..

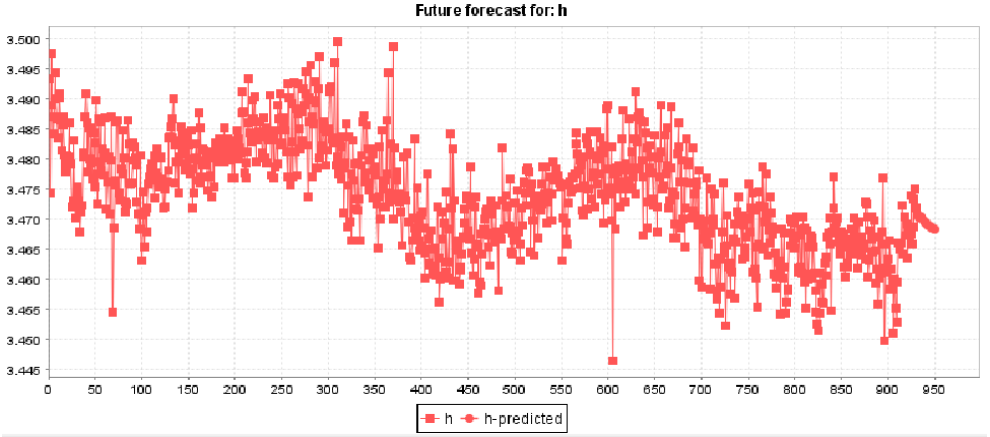
4. Kết quả và thảo luận

Khi sử dụng hàm Linear Regression để phân tích chuỗi dữ liệu sử dụng hàm bậc 8 có được kết quả như sau:

$$h = 0.2068 * Lag_(h-1) + 0.1807 * Lag_(h-2) + 0.1317 * Lag_(h-3) + 0.0689 * Lag_(h-4)$$
$$+0.0888 * Lag_(h-5) + 0.0739 * Lag_(h-6) + 0.08 * Lag_(h-7) + 0.588 \quad (2)$$

Trong phương trình (2), các biến **Lag_h-1** đến **Lag_h-7** là các **biến trễ** (lagged variables) của chuỗi thời gian. Các biến trễ này đại diện cho giá trị của biến phụ thuộc **h** tại các thời điểm trước đó, giúp mô hình dự báo giá trị **h** hiện tại dựa trên những giá trị trong quá khứ.

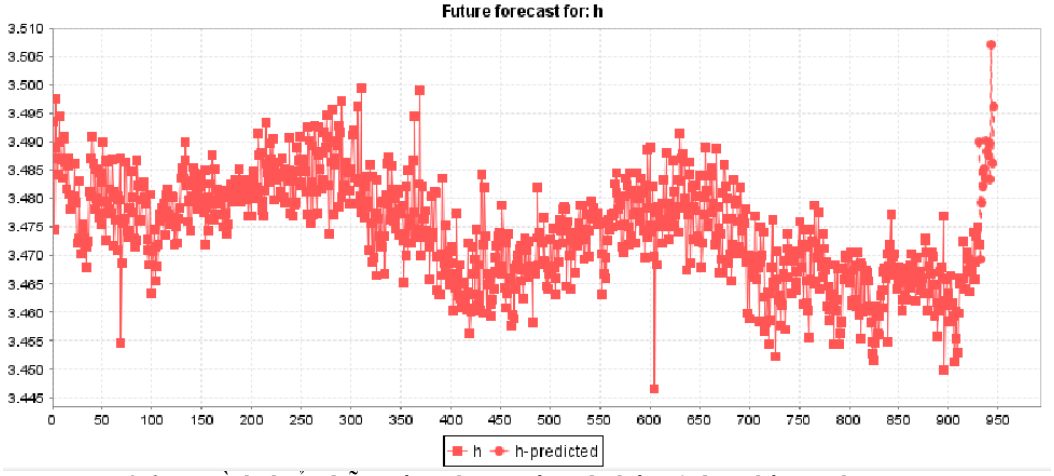
Đồ thị biểu diễn giá trị thực và giá trị dự báo trong trường hợp này được biểu diễn như trong hình 3.



Hình 3. Đồ thị biểu diễn giá trị thực, giá trị dự báo sử dụng hàm Linear Regression

Bên cạnh việc hiển thị đồ thị như hình 3, Weka còn hiển thị giá trị các tham số của hàm xác định được, giá trị dự báo của tập dữ liệu cũng như giá trị dự báo trong tương lai. Nhìn vào hình 3 có thể thấy, rất khó phân biệt màu sắc của đồ thị do phần mềm không cung cấp chức năng thay đổi màu sắc của đồ thị.

Khi sử dụng hàm Holt-Winters để dự báo giá trị chuyển dịch, đồ thị dự báo được cho như trong hình 4.



Hình 4. Đồ thị biểu diễn giá trị thực, giá trị dự báo sử dụng hàm Holt-Winters

Trong quá trình tính toán, đã tiến hành dự báo cho 15 ngày tiếp theo (ngày không có giá trị trong chuỗi giá trị ban đầu) với kết quả cho trong bảng 3.

Bảng 3. Kết quả dự đoán giá trị h cho 7 ngày tiếp theo

STT	Hàm Linear regression (m)	Hàm Holt-Winters (m)
1	3,4708	3,4899
2	3,4708	3,4693
3	3,4703	3,4792
4	3,4705	3,4849
5	3,4706	3,4822
6	3,4704	3,4853
7	3,4700	3,4835

Từ bảng 3 có thể thấy, việc sử dụng hai hàm số khác nhau có thể dẫn đến sự khác biệt ở mức cm của giá trị độ cao dự đoán được.

5. Kết luận

Với sự bùng nổ của thông tin như hiện nay, dữ liệu thu nhận được tăng theo cấp số nhân đòi hỏi cần phải có công cụ xử lý phù hợp. Các mô hình trí tuệ nhân tạo là lựa chọn hàng đầu hiện nay do tính ưu việt xử lý dữ liệu lớn cũng như xử lý kết hợp nhiều loại dữ liệu đầu vào khác nhau. Ưu điểm trên càng tỏ ra nổi trội hơn khi xử lý dữ liệu địa không gian với nhiều loại dữ liệu có đơn vị khác nhau.

Đã có nhiều công bố cho thấy tính hiệu quả của phần mềm Weka trong khai phá dữ liệu. Tuy nhiên, phần mềm này chưa được sử dụng một cách phổ biến trong xử lý dữ liệu địa không gian. Một trong những ưu điểm của phần mềm Weka là có thể được sử dụng miễn phí và tích hợp nhiều mô đun mã nguồn mở khác nhau.

Với việc cung cấp các kết quả một cách tường minh ở dạng số là một ưu điểm lớn để có thể sử dụng trong giảng dạy cho sinh viên phục vụ phân tích dữ liệu địa không gian. Trong thời gian tới, cần tiếp tục nghiên cứu ứng dụng phần mềm này một cách rộng rãi trong giảng dạy và nghiên cứu khoa học.

Lời cảm ơn

Tập thể tác giả xin gửi lời cảm ơn chân thành tới Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam đã cung cấp dữ liệu thực nghiệm cho bài báo..

Tài liệu tham khảo

Aher, S. B., & Lobo, L., 2011. Data mining in educational system using Weka. Paper presented at the *International conference on emerging technology trends (ICETT)*.

Ahmadi, F., & Ahmad, M. S., 2013. Data mining in teacher evaluation system using WEKA. *International Journal of Computer Applications*, 63(10).

Attwal, K. P. S., & Dhiman, A. S., 2020. Exploring data mining tool-Weka and using Weka to build and evaluate predictive models. Adv. *Appl. Math. Sci*, 19(6), 451-469.

Bouckaert, R. R., Frank, E., Hall, M., Kirkby, R., Reutemann, P., Seewald, A., & Scuse, D. (Eds.)., 2010. *WEKA manual for version 3-7-3* (Vol. 327). The university of WAIKATO.

Donoso, F., Yáñez, V., Ortega-Culaciati, F., & Moreno, M., 2023. A machine learning approach for slow slip event detection using GNSS time-series. *Journal of South American Earth Sciences*, 132, 104680.

Frank, E., Hall, M., Trigg, L., Holmes, G., & Witten, I. H., 2004. *Data mining in bioinformatics using Weka. Bioinformatics*, 20(15), 2479-2481.

Gao, W., Li, Z., Chen, Q., Jiang, W., & Feng, Y., 2022. Modelling and prediction of GNSS time series using GBDT, LSTM and SVM machine learning approaches. *Journal of Geodesy*, 96(10), 71.

Hussain, S., Dahan, N. A., Ba-Alwib, F. M., & Ribata, N., 2018. Educational data mining and analysis of students' academic performance using WEKA. *Indonesian Journal of Electrical Engineering Computer Science*, 9(2), 447-459.

Hyndman, R. (2018). *Forecasting: principles and practice: OTexts*.

Kalmegh, S., 2015. Analysis of Weka data mining algorithm reptree, simple cart and randomtree for classification of indian news. *International Journal of Innovative Science, Engineering Technology*, 2(2), 438-446.

Kodati, S., Vivekanandam, R., & Ravi, G., 2019. Comparative analysis of clustering algorithms with heart disease datasets using data mining Weka tool. Paper presented at the *Soft Computing and Signal Processing: Proceedings of ICSCSP 2018*, Volume 1.

Koliopoulos, A.-K., Yiapanis, P., Tekiner, F., Nenadic, G., & Keane, J. (2015). A parallel distributed Weka framework for big data mining using spark. Paper presented at the *2015 IEEE international congress on big data*.

Le Duc Tinh, H. N. D., & Quoc, N. G. T., 2024. Exploring the training results of machine learning models using different batch sizes and epochs: A case study with GNSS time series data. *Tạp chí Khí tượng thủy văn*, 19, 90 - 99.

Luân, N. N., & Sơn, P. V. H., 2022. Đề xuất các mô hình máy học ước tính khối lượng vật tư trong giai đoạn ý tưởng dự án. *Tạp chí Vật liệu và Xây dựng-Bộ Xây dựng*, 12(05), 89-Trang 95.

Nguyen, Q. L., Nguyen, Q. M., Tran, D. T., Bui, X., & Technology., 2021. Prediction of ground subsidence due to underground mining through time using multilayer feed-forward artificial neural networks and back-propagation algorithm–case study at Mong Duong underground coal mine (Vietnam). *Gornye nauki i tekhnologii= Mining Science*, 6(4), 241–251.

Nguyễn, T. T. t. N., Lý, P. t. C. n., Phan, M. Đ. t., Phan, T. n. A. P., Đinh, H. n., & Phạm, M. D. n., 2021. Ứng dụng công cụ Weka để đánh giá hiệu quả hoạt động của doanh nghiệp kinh doanh bất động sản Việt Nam. *Tạp chí Khoa học HUFLIT*, 6(4), 85-85.

Nguyen, V.-N., Yariyan, P., Amiri, M., Dang Tran, A., Pham, T. D., Do, M. P., . . . Tien Bui, D., 2020. A new modeling approach for spatial prediction of flash flood with biogeography optimized CHAID tree ensemble and remote sensing data. *Remote Sensing*, 12(9), 1373.

Ninh Hoài, A., 2017. Nghiên cứu và xây dựng ứng dụng phân tích dữ liệu kinh doanh thiết bị điện tử.

Sigurdardottir, A. K., Jonsdottir, H., & Benediktsson, R. (2007). Outcomes of educational interventions in type 2 diabetes: WEKA data-mining analysis. *Patient education counseling*, 67(1-2), 21-31.

Tinh, L. D., Thao, D. T. P., Bui, D. T., & Trong, N. G., 2024. Integrating Harris Hawks optimization and TensorFlow deep learning for flash flood susceptibility mapping using geospatial data. *Earth Science Informatics*, 1-16.

Trọng, N. G., Nghĩa, N. V., Khải, P. C., Thành, N. H., Hà, L. L., Dũng, V. T., . . . Quang, P. N., 2022. Xác định chuyển dịch trên phạm vi lãnh thổ Việt Nam dựa vào dữ liệu của các trạm CORS thuộc mạng lưới VNGEONET. *Tạp chí Khí tượng thủy văn*, 739, 59-66.

Trong, N. G., Quang, P. N., Cuong, N. V., Le, H. A., Nguyen, H. L., & Tien Bui, D., 2023. Spatial prediction of fluvial flood in high-frequency tropical cyclone area using TensorFlow 1D-convolution neural networks and geospatial data. *Remote Sensing*, 15(22), 5429.

Trọng, N. G., & Quý, B. N., 2024. Phân tích chuỗi dữ liệu nghiệm triều sử dụng mạng nơ ron hồi tiếp với nút có cổng (GRU). *Tạp chí Khí tượng thủy văn*, 765, 39 - 46.

Chatfield, C., & Yar, M., 1988. Holt-Winters forecasting: some practical issues. Journal of the Royal Statistical Society Series D: *The Statistician*, 37(2), 129-140.

Trọng, N. G., Nghĩa, N. V., Khải, P. C., Thành, N. H., Hà, L. L., Dũng, V. T., Quang, P. N., 2022. Xác định chuyển dịch trên phạm vi lãnh thổ Việt Nam dựa vào dữ liệu của các trạm CORS thuộc mạng lưới VNGEONET. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 739, 59-66.

ABSTRACT

Weka - open source data mining software framework: a case study on GNSS time series data processing

Le Duc Tinh[1], Pham Ngoc Quang[1,2], Nguyen Thi Hien[1], Nguyen Gia Trong[1,2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Geodesy and Environment research group, Hanoi University of Mining and Geology*

The article introduces Weka, a powerful open-source software developed by the University of Waikato, New Zealand, used for data analysis and knowledge discovery. Weka provides numerous machine learning algorithms and data processing tools, allowing users to build predictive models easily without complex programming. Its main interfaces, such as Explorer, Experimenter, KnowledgeFlow, Workbench, and Simple CLI, support a wide range of machine learning methods, from classification and clustering to regression, while also enabling result visualization. This software has been widely applied in fields such as education, healthcare, and business. In Vietnam, Weka has been used in real estate data analysis and electronic device business analysis but has yet to see extensive application in geospatial data processing. The article also focuses on applying Weka to analyze GNSS time series data. The authors employed linear regression and Holt-Winters models to analyze the vertical component of GNSS points. The research results indicate that Weka is a useful tool for geospatial data processing and time series forecasting, though there are still some limitations in data display and analysis.

Keywords: Weka; data mining; machine learning; Artificial intelligent GNSS time-series data

Lựa chọn phương pháp Robust estimation phát hiện sai số thô lưới Trắc địa mặt đất – GNSS cho xây dựng công trình

Lưu Anh Tuấn[1,*]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Ngày nay, nước ta đang xây dựng các công trình xây dựng quan trọng như nhà cao tầng, thủy điện…, đòi hỏi thi công với độ chính xác cao, nên công tác xây dựng lưới trắc địa có độ chính xác cao phục vụ thi công công trình luôn được đặc biệt quan tâm. Một trong những giải pháp quan trọng đó là xây dựng lưới trắc địa hỗn hợp mặt đất – GNSS, nó vừa đảm bảo yêu cầu độ chính xác cũng như tối ưu về kinh tế và thời gian thi công. Tuy nhiên, trong công tác thành lập lưới trắc địa không tránh khỏi một số trị đo chứa sai số thô và nó ảnh hưởng rất lớn đến kết quả xử lý số liệu. Bài báo sử dụng phương pháp nghiên cứu kết hợp lý thuyết và thực nghiệm, so sánh giữa các thuật toán để lựa chọn được phương án tốt nhất. Kết quả bài báo thu được là lựa chọn được hằng số c cho hàm ước lượng vững hiệu quả cho phát hiện sai số thô đối với lưới trắc địa hỗn hợp mặt đất – GNSS có độ chính xác cao. Do vậy trong khuôn khổ bào báo này sẽ đề cập ứng dụng phương pháp Robust estimation để phát hiện sai số thô hỗn hợp lưới trắc địa mặt đất – GNSS phục vụ xây dựng công trình.

Từ khóa: Robust estimation; lưới trắc địa; sai số thô; công trình xây dựng

1. Đặt vấn đề

Công nghệ GNSS kết hợp công nghệ đo đạc truyền thống tạo thành mạng lưới hỗn hợp trị đo mặt đất – GNSS đã và đang là giải pháp hữu hiệu trong công tác xây dựng lưới trắc địa ở Việt Nam. Đặc biệt, lưới mặt đất – GNSS mang lại hiệu quả cao trong xây dựng lưới trắc địa phục vụ thi công các công trình xây dựng. Đã có một số nghiên cứu ứng dụng phương pháp ước lượng vững để phát hiện trị đo có chứa sai số thô trong lưới trắc địa. Tuy nhiên vấn đề xử lý, phân tích chất lượng lưới trắc địa mặt đất – GNSS phục vụ xây dựng các công trình có nhiều loại trị đo khác nhau khi trị đo có chứa sai số thô ở Việt Nam vẫn là vấn đề mới mang tính thời sự. Do đó, trong bài báo này chúng tôi tập trung sử dụng phương pháp Robust estimation (ước lượng vững) để tìm kiếm sai số thô lưới trắc địa mặt đất – GNSS ứng dụng trong xây dựng công trình.

Lý thuyết cơ bản của phương pháp Robust estimation là trong trường hợp sai số thô không thể tránh được, chọn phương pháp ước lượng phù hợp để cho trị ước lượng của các tham số không bị ảnh hưởng hoặc bị ảnh hưởng nhỏ nhất. Tuy nhiên, việc lựa chọn hàm trọng số trong phương pháp Robust estimation khác nhau sẽ cho kết quả khác nhau. Do vậy, để tìm kiếm trị đo chứa sai số thô trong lưới trắc địa có nhiều loại trị đo như lưới trắc địa mặt đất – GNSS chúng tôi đề xuất sử dụng hàm trọng số hợp lý của phương pháp Robust estimation.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Một số phương pháp ước lượng vững thường dùng

2.1.1. Trị tuyệt đối của sai số và phương pháp nhỏ nhất

Hàm ρ có dạng sau:

$$\rho\ u\ = |u| \tag{1}$$

Hệ số trọng số tương ứng là:

$$w_i = \frac{\varphi\ v_i}{v_i} = \frac{\partial |v_i|}{\partial v_i} . \frac{1}{|v_i|} = \frac{1}{|v_i|} \tag{2}$$

* *Tác giả liên hệ*
Email: luuanhtuan@humg.edu.vn

Để giải quyết vấn đề tính trọng số khi $v_i = 0$, khi tính có thể lấy hệ số trọng số là

$$w_i = \frac{1}{|v_i| + k} \tag{3}$$

k là một số rất nhỏ.Nguyên tắc bình sai là

$$\sum_{i=1}^{n} p_i |v_i| = \min \tag{4}$$

Mặt khác ta có $\bar{p}_i = p_i w_i$, theo nguyên lý bài toán bình sai gián tiếp được hệ phương trình chuẩn và nghiệm X của nó được xác định theo công thức:

$$\begin{aligned} & A^T \bar{P} A X + A^T \bar{P} L = 0 \\ & X = - \left(A^T \bar{P} A \right)^{-1} A^T \bar{P} L \end{aligned} \tag{5}$$

Phương pháp này còn gọi là phương pháp chuẩn bậc nhất của sai số là nhỏ nhất.

2.1.2. Phương pháp Huber

$$\rho(u) = \begin{cases} \frac{1}{2} v^2 & |v| \le c \\ k|u| - \frac{1}{2} v^2 & |v| > c \end{cases} \tag{6}$$

trong đó: k - hằng số, có thể lấy $k = (2\sigma \div 3\sigma)$, hệ số trọng số tương ứng là

$$w_i = \begin{cases} 1 & |v_i| \le c \\ \frac{c}{|v_i|} & |v_i| > c \end{cases} \tag{7}$$

2.1.3. Phương pháp IGG

Phương pháp IGG được đề xuất trên cơ sở tính chất có giới hạn của sai số trắc địa và có hiệu quả đối với phương pháp bình sai chống lại sai số thô trong trắc địa, khi đó hệ số trọng số tương đương được xác định như sau (Wang X., Tao B., Qiu W., Yao Y (2006)):

$$w_i = \begin{cases} 1 & |u_i| \le k_0 \\ \frac{k_0}{|u_i|} & k_0 \le |u_i| \le k_1 \\ 0 & k_1 \le |u_i| \end{cases} \tag{8}$$

trong đó: $u_i = \frac{v_i}{\sigma}, k_0 = 1,5;\ k_1 = 2,5$ (điểm bị đào thải).

2.1.4. Phương pháp Tukey

$$\rho(u) = \begin{cases} \frac{1}{6}\left[1 - \left(1 - u^2\right)^3\right] & |u| \le 1 \\ \frac{1}{6} & |u| > 1 \end{cases} \tag{9}$$

$$\varphi(u) = \begin{cases} u\left(1 - u^2\right)^2 & |u| \le 1 \\ 0 & |u| > 1 \end{cases} \tag{10}$$

$$\text{w } u = \begin{cases} 1-u^{2\ 2} & |u| \le 1 \\ 0 & |u| > 1 \end{cases} \quad (11)$$

trong đó $u = \dfrac{v}{c.MAD}$, c - hệ số hồi quy.

2.1.5. Phương pháp Đan Mạch

$$w(v_i) = \begin{cases} 1 & |v_i| \le c \\ \exp(1-(\dfrac{v_i}{c})^2) & |v_i| > c \end{cases} \quad (12)$$

trong đó: c - hằng số và thường được chọn c = 1.5 $\hat{\sigma}$

2.2. Phương pháp ước lượng vững cho hỗn hợp lưới Mặt đất – GNSS

2.2.1. Mô hình bài toán

Giả thiết trị đo độc lập L_{nx1}, vector tham số cần xác định là $\hat{X}_{tx1}$, phương trình sai số là:

$$V_{nx1} = A_{nxt}\hat{X}_{tx1} + L_{nx1} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{bmatrix}_{nxt} \begin{bmatrix} \hat{X}_1 \\ \hat{X}_2 \\ \dots \\ \hat{X}_t \end{bmatrix}_{tx1} + \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ \dots \\ l_n \end{bmatrix} \quad (13)$$

trong đó: A_{nxn} - ma trận hệ số, a_i - vector hệ số, L_{nx1} - ma trận số hạng tự do.

Phương trình (13), hàm số $\rho(l_i, \hat{X})$ của ước lượng M có dạng (Wang X., Tao B., Qiu W., Yao Y (2006)):

$$\rho(l_i, \hat{X}) = \rho(v_i) \quad (14)$$

Do các trị đo không cùng độ chính xác, ma trận trọng số P có dạng:

$$P_{nxn} = \begin{pmatrix} p_1 & & & & \\ & p_2 & & & \\ & & \dots & & \\ & & & \dots & \\ & & & & p_n \end{pmatrix}_{nxn} \quad (15)$$

Theo GS. Zhou Jiangwen nguyên tắc ước lượng M trong trường hợp không cùng độ chính xác có dạng(Wang X., Tao B., Qiu W., Yao Y (2006)):

$$\sum_{i=1}^{n} p_i \rho(v_i) = \sum_{i=1}^{n} p_i \rho(a_i \hat{X} + l_i) = \min \quad (16)$$

Lấy đạo hàm của biểu thức (4) đối với X, ký hiệu $\varphi(v_i) = \dfrac{\partial \rho}{\partial v_i}$ được:

$$\sum_{i=1}^{n} p_i \varphi(v_i) a_i = 0 \quad (17)$$

Đặt $\bar{p}_i = p_i w_i$, $w_i = \dfrac{\varphi(v_i)}{v_i}$, được: $\sum_{i=1}^{n} a_i^T \bar{p} v_i = 0$ hoặc

$$A^T PV = 0 \quad (18)$$

Thay $V = A\hat{X} + L$ vào (18) được hệ phương trình chuẩn của ước lượng M là:

$$A^T \overline{P} A\hat{X} + A^T \overline{P} L = 0 \quad (19)$$

trong đó: $\overline{P}$ - ma trận trọng số tương đương, $\overline{p}_i$ - phần tử trọng số tương đương, w_i - hệ số trọng số.

Tham số $\hat{X}$ của ước lượng vững M được xác định theo công thức:

$$\hat{X} = (A^T \overline{P} A)^{-1} x A^T \overline{P} L \quad (20)$$

2.2.2. Đề xuất hàm trọng số ước lượng vững cho hỗn hợp lưới mặt đất – GNSS

Dựa vào phương pháp Huber kết hợp lý thuyết ước lượng vững dựa trên kết quả nghiên cứu mô hình trọng số tương đương hai hệ số của Yang Yuanxi (2002) (Wang X., Tao B., Qiu W., Yao Y (2006)). Tác giả đề xuất hàm trọng số ước lượng vững cho hỗn hợp lưới Mặt đất – GNSS có dạng:

$$\begin{cases} w_i = 1 & |\overline{v}_i| \le c \\ w_i = \dfrac{c}{|\overline{v}_i|}; |\overline{v}_i| = \dfrac{v_i}{\sigma_{v_i}}; \overline{p}_i = p_i w_i; & |\overline{v}_i| > c \\ w_{ii} = w_{jj} = 1; & |\overline{v}_i| \le c; |\overline{v}_j| \le c; \\ w_{ii} = \dfrac{c}{|\overline{v}_i|}; |\overline{v}_i| = \dfrac{v_i}{\sigma_{v_i}}; w_{jj} = \dfrac{c}{|\overline{v}_j|}; |\overline{v}_j| = \dfrac{v_j}{\sigma_{v_j}}; \overline{p}_{ij} = p_{ij} w_{ij}; & |\overline{v}_i| > c; |\overline{v}_j| > c; \end{cases} \quad (21)$$

trong đó: W_i - hệ số trọng số của các trị đo độc lập. W_{ij} - hệ số trọng số của các trị đo tương quan; $\overline{v}_i$ - số hiệu chỉnh đã chuẩn hóa; $\overline{p}_{ij}$ - trọng số tương đương hai hệ số; c là hằng số và được chọn c = 1.5, σ_{v_i} được xác định theo công thức sau:

$$\sigma_{v_i} = \sigma_0 \sqrt{(Q_{vv})_{ii}} \quad (22)$$

$$Q_{vv} = P^{-1} - AQ_x A^T \quad (23)$$

trong đó: σ_0 - sai số trung phương trọng số đơn vị của dãy trị đo; σ_{v_i} - sai số trung phương số hiệu chỉnh của trị đo. Q_{vv} - ma trận trọng số đảo số hiệu chỉnh; Q_X - ma trận trọng số đảo của ẩn số.

2.3. Kết quả thực nghiệm

2.3.1. Số liệu trị đo mặt đất

Bảng 1. Trị đo góc

TT	Tên góc			Giá trị góc		
	Trái	Giữa	Phải	Độ	Phút	Giây
1	II	A	III	16	29	38
2	III	A	C	36	41	44
3	C	A	D	16	25	32
4	D	A	B	31	55	59
5	A	B	C	63	39	39
6	C	B	D	39	04	04
7	B	C	A	67	58	53
8	A	C	II	76	28	22
9	II	C	III	26	13	12
10	III	C	D	125	20	25
11	D	C	B	63	59	06
12	B	D	A	45	20	14

TT	Tên góc			Giá trị góc		
	Trái	Giữa	Phải	Độ	Phút	Giây
13	A	D	C	32	36	32
14	C	D	II	18	48	42
15	II	D	III	16	09	54
16	III	II	D	52	17	52
17	D	II	C	09	37	39
18	C	II	A	50	20	22
19	D	III	C	19	41	01
20	C	III	A	40	36	38
21	A	III	II	51	14	40

Sai số đo góc của máy TĐĐT: $m_\beta = 3''$

2.3.2. Số liệu trị đo lưới GNSS

Bảng 2. Trị đo ΔX, ΔY và trọng số trong hệ tọa độ vuông góc phẳng

TT	Tên Baselines		Gia số tọa độ		Trọng số		
	Điểm đầu	Điểm cuối	ΔX(m)	ΔY(m)	Px(ii)	Pxy(ij)	Py(jj)
1	A	II	-556.6338	1644.4959	143028	154848	-22743
2	A	III	-1187.3926	1683.7887	60450	73493	-17767
3	C	A	1306.5587	-427.34292	193068	211588	-25048
4	D	A	1949.2788	-57.4428	151855.8	166992	-21134
5	A	B	-1228.4575	-716.2580	121013	63893	30259
6	C	B	78.1006	-1143.6042	166664	79269	29661
7	D	B	720.8175	-773.7040	161451	76128	29991
8	D	C	642.7157	369.9057	283400	279254	-41891
9	D	II	1392.6398	1587.0519	145384	145179.2	-26318
10	III	D	-761.8866	-1626.3422	139194	157541	-35493
11	III	C	-119.1719	-1256.4478	165038	187057	-40543
12	III	II	630.7521	-39.2962	198786	223138.2	-47133
13	C	II	749.9289	1217.1464	178482	176210	-31520

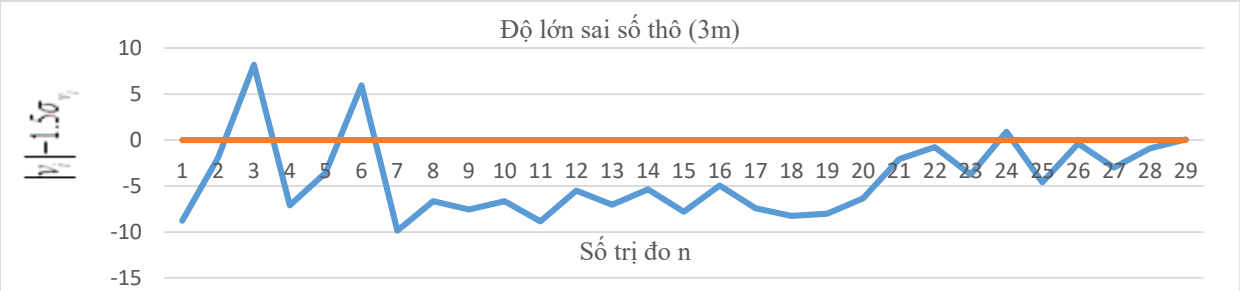
2.3.3 Nhận xét 1

***Phương án 1*:** Trị đo của lưới gồm 21 góc và 4 baselines; gán sai số thô cho 3 trị đo, bao gồm: góc 3, góc 6 và ΔY_4

***Phương án 2*:** Trị đo của lưới gồm 21 góc và 13 baselines; gán sai số thô cho 5 trị đo, bao gồm: góc 3, góc 6 và ΔX_1, ΔX_5, và ΔY_8

Bảng 3 : Kết quả phát hiện sai số thô của lưới (trị đo là 21 góc và 4 baseline)

Số thứ trị đo	Trị đo	Trị đo gán sai số thô (x)	$(\lvert v_i\rvert - c\sigma_{v_i})$ (mm hoặc (giây)); c=1.5 – 2.0					
			3m		4m		5m	
			$\lvert v_i\rvert - 1.5\sigma_{v_i}$	$\lvert v_i\rvert - 2.0\sigma_{v_i}$	$\lvert v_i\rvert - 1.5\sigma_{v_i}$	$\lvert v_i\rvert - 2.0\sigma_{v_i}$	$\lvert v_i\rvert - 1.5\sigma_{v_i}$	$\lvert v_i\rvert - 2.0\sigma_{v_i}$
3	g3	x	6.66	3.76	8.17	4.81	9.64	5.80
6	g6	x	4.51	1.63	5.94	2.61	7.32	3.52
24	ΔY_4	x	-0.04	-0.63	0.06	-0.63	0.14	-0.64

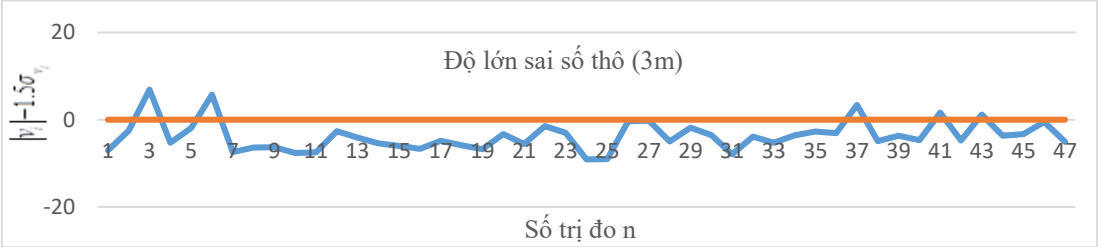


Hình 2. Biểu đồ kết quả phát hiện sai số thô của lưới (trị đo là 21 góc và 4 baseline)

Bảng 4. Kết quả phát hiện sai số thô của lưới (trị đo là 21 góc và 13 baseline)

TT	Trị đo	Trị đo gán sai số thô (x)	$(\lvert v_i\rvert - c\sigma_{v_i})$ (mm hoặc (giây)); c=1.5 – 2.0					
			3m		4m		5m	
			$\lvert v_i\rvert - 1.5\sigma_{v_i}$	$\lvert v_i\rvert - 2.0\sigma_{v_i}$	$\lvert v_i\rvert - 1.5\sigma_{v_i}$	$\lvert v_i\rvert - 2.0\sigma_{v_i}$	$\lvert v_i\rvert - 1.5\sigma_{v_i}$	$\lvert v_i\rvert - 2.0\sigma_{v_i}$
1	g1		-7.02	-9.67	-8.56	-11.74	-9.56	-13.10
2	g2		-2.51	-5.16	-4.31	-7.49	-5.45	-8.99
3	**g3**	**x**	***6.88***	***4.23***	***8.02***	***4.83***	***9.92***	***6.37***
4	g4		-5.29	-7.93	-6.63	-9.80	-7.53	-11.06
5	g5		-1.93	-4.57	-3.54	-6.71	-4.61	-8.13
6	**g6**	**x**	***5.76***	***3.12***	***6.92***	***3.75***	***8.75***	***5.22***
7	g7		-7.40	-10.03	-9.02	-12.19	-10.22	-13.75
8	g8		-6.37	-9.02	-7.90	-11.08	-8.94	-12.48
9	g9		-6.30	-8.95	-7.88	-11.07	-8.98	-12.52
10	g10		-7.63	-10.25	-9.15	-12.31	-10.11	-13.62
11	g11		-7.47	-10.10	-8.37	-11.53	-9.19	-12.70
12	g12		-2.62	-5.26	-4.17	-7.35	-5.18	-8.71
13	g13		-4.14	-6.79	-5.33	-8.51	-6.32	-9.85
14	g14		-5.43	-8.07	-6.58	-9.75	-7.57	-11.10
15	g15		-5.98	-8.64	-7.64	-10.83	-8.75	-12.29
16	g16		-6.67	-9.29	-8.14	-11.29	-9.14	-12.65
17	g17		-4.85	-7.50	-6.59	-9.78	-7.67	-11.22
18	g18		-5.88	-8.53	-7.67	-10.85	-8.86	-12.40
19	g19		-6.73	-9.38	-8.27	-11.46	-9.34	-12.89
20	g20		-3.31	-5.96	-5.00	-8.19	-6.15	-9.69
21	g21		-5.56	-8.19	-7.06	-10.22	-8.03	-11.54
22	ΔX1		-0.0015	-0.0034	-0.0011	-0.0033	-0.0002	-0.0028
23	ΔY1		-0.003	-0.0048	-0.004	-0.0062	-0.0047	-0.0071
24	ΔX2		-0.0091	-0.0125	-0.0122	-0.0163	-0.0126	-0.0171
25	ΔY2		-0.009	-0.012	-0.011	-0.0146	-0.0121	-0.0162
26	ΔX3		-0.0004	-0.002	-0.0005	-0.0024	-0.0002	-0.0023
27	ΔY3		-0.0002	-0.0017	-0.0001	-0.0019	-0.0006	-0.0025
28	ΔX4		-0.005	-0.0069	-0.0051	-0.0074	-0.0048	-0.0073
29	ΔY4		-0.0018	-0.0036	-0.0014	-0.0035	-0.0017	-0.004
30	ΔX5		-0.0035	-0.0057	-0.0034	-0.006	-0.0028	-0.0057
31	ΔY5		-0.0079	-0.0109	-0.0097	-0.0134	-0.011	-0.0151
32	ΔX6		-0.0039	-0.0056	-0.0043	-0.0064	-0.0044	-0.0066
33	ΔY6		-0.0053	-0.0078	-0.0058	-0.0088	-0.0067	-0.0101
34	ΔX7		-0.0036	-0.0053	-0.0041	-0.0062	-0.0043	-0.0066
35	ΔY7		-0.0027	-0.0053	-0.0029	-0.006	-0.0035	-0.007
36	ΔX8		-0.0031	-0.0044	-0.0038	-0.0053	-0.0041	-0.0058
37	***ΔY8***	***x***	***0.0034***	***0.0021***	***0.0052***	***0.0037***	***0.0051***	***0.0034***
38	ΔX9		-0.0049	-0.0068	-0.0065	-0.0088	-0.0076	-0.0102

TT	Trị đo	Trị đo gán sai số thô (x)	$(\lvert v_i\rvert - c\sigma_{v_i})$ (mm hoặc (giây)); c=1.5 – 2.0					
			3m		4m		5m	
			$\lvert v_i\rvert - 1.5\sigma_{v_i}$	$\lvert v_i\rvert - 2.0\sigma_{v_i}$	$\lvert v_i\rvert - 1.5\sigma_{v_i}$	$\lvert v_i\rvert - 2.0\sigma_{v_i}$	$\lvert v_i\rvert - 1.5\sigma_{v_i}$	$\lvert v_i\rvert - 2.0\sigma_{v_i}$
39	ΔY9		-0.0037	-0.0056	-0.0035	-0.0058	-0.0039	-0.0065
40	ΔX10		-0.0047	-0.0067	-0.0059	-0.0083	-0.0067	-0.0093
41	***ΔY10***	***x***	***0.0016***	***-0.0002***	***0.0018***	***-0.0004***	***0.0014***	***-0.001***
42	ΔX11		-0.0048	-0.0065	-0.0057	-0.0078	-0.0063	-0.0087
43	***ΔY11***	***x***	***0.0012***	***-0.0004***	***0.0013***	***-0.0006***	***0.0009***	***-0.0013***
44	ΔX12		-0.0037	-0.0051	-0.005	-0.0067	-0.0058	-0.0078
45	ΔY12		-0.0033	-0.0047	-0.0041	-0.0058	-0.0047	-0.0065
46	ΔX13		-0.0005	-0.0022	-0.001	-0.003	-0.0012	-0.0034
47	ΔY13		-0.0051	-0.0069	-0.0051	-0.0072	-0.0056	-0.0078



Hình 3. Biểu đồ kết quả phát hiện sai số thô của lưới (trị đo là 21 góc và 13 baseline)

2.3.4. Nhận xét 2

Từ kết quả tính toán thực nghiệm theo hai phương án 1 và 2 cho kết quả ở bảng 3 và bảng 4 cũng như ở biểu đồ 1 và 2 cho thấy:

Trường hợp chọn c =1.5

- Phương án 1: Nhìn vào bảng 3 và biểu đồ 1 cho thấy cả 3 trị đo có chứa sai số thô đều được phát hiện vì cả 3 trị đo đều có giá trị $\lvert v_i\rvert - 1.5\sigma_{v_i} \rangle 0$, đó là góc 3, góc 6 và ΔY_4 (tương ứng trị đo thứ 3, 6 và 24 trên biểu đồ).
- Phương án 2: Nhìn vào bảng 4 và biểu đồ 2 cho thấy cả 5 trị đo có chứa sai số thô đều được phát hiện vì cả 5 trị đo đều có giá trị $\lvert v_i\rvert - 1.5\sigma_{v_i} \rangle 0$, đó là góc 3, góc 6, ΔY_8, ΔY_{10}, và ΔY_{11} (tương ứng trị đo thứ 3, 6, 37, 41 và 43 trên biểu đồ).
- Nhìn vào kết quả bảng 3 và 4 cho thấy giá trị sai số thô phát hiện xấp xỉ bằng giá trị sai số thô gán vào với mức 3m, 4m, 5m; trong đó m là sai số trung phương của trị đo.

Trường hợp chọn c =2.0

- Phương án 1: Nhìn vào bảng 3 cho thấy chỉ phát hiện được 2 trị đo có chứa sai số thô vì thỏa mãn giá trị $\lvert v_i\rvert - 1.5\sigma_{v_i} \rangle 0$, đó là góc 3, góc 6 còn không phát hiện được trị đo ΔY_4 chứa sai số thô.
- Phương án 2: Nhìn vào bảng 4 cho thấy chỉ phát hiện được 3 trị đo có chứa sai số thô vì 3 trị đo đều có giá trị $\lvert v_i\rvert - 1.5\sigma_{v_i} \rangle 0$, đó là góc 3, góc 6, ΔY_8, còn lại 2 trị đo là ΔY_{10}, và ΔY_{11} không phát hiện được sai số thô.

3. Kết luận

- Lựa chọn phương pháp ước lượng vững sử dụng hàm trọng số dạng theo công thức (21) đạt hiệu quả cao trong phát hiện sai số thô cho dạng lưới trắc địa hỗn hợp Mặt đất – GNSS.
- Lựa chọn c=1.5 là hợp lý vì nó có khả năng phát hiện các sai số thô có độ lớn từ 3m trở lên, do đó rất hữu hiệu cho dạng lưới trắc địa công trình yêu cầu độ chính xác cao.
- Phương pháp này cho phép tìm kiếm các trị đo có chứa sai số thô từ đó giúp người xử lý số liệu có thể tạo ra dữ liệu đo "sạch" và bình sai theo phương pháp thông thường.

Tài liệu tham khảo

Hoàng Ngọc Hà, 2006. *Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS*, nhà xuất bản khoa học kỹ thuật , Hà Nội, 395.

Huber, P.J., 1964. *Robust estimation of a location parameter*. Annals of Mathematical Statistics, 35: 73-101.

Huber, P.J., 1972. *Robust statistics - A review.* Annals of Mathematical Statistics, 43: 1041-1067.

Huber, P.J., 1981. Robust Statistics. John Wiley & Sons, New York, 199-242.

Lưu Anh Tuấn ,2020. *Nghiên cứu phương pháp thiết kế tối ưu và bình sai hỗn hợp lưới tự do mặt đất – GPS ứng dụng trong điều kiện Việt nam* . Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Hà Nội, 130.

Wang X., Tao B., Qiu W., Yao Y (2006), *Advanced surveying adjustment.* Publishing house of Huazhong of University of industry, Wuhan, 136.

ABSTRACT

Choosing a Robust estimation technique for detecting outliers in Land surveying – GNSS networks for construction projects

Luu Anh Tuan[1]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

Nowadays, our country is constructing important buildings such as high-rise buildings and hydropower plants. The construction requires high precision, so the work of establishing a high-precision geodetic network to serve the construction of the project is always given special attention. One of the important solutions is to establish a mixed ground-GNSS geodetic network, which ensures both accuracy and optimization in terms of economical and construction time. However, in the process of establishing the geodetic network, it is unavoidable that some measurements contain outliers , which greatly affects the results of data processing. The paper uses a research method combining theory and experiment, comparing algorithms to choose the best solution. The results of the paper are the selection of constant c for an effective robust estimator for detecting coarse errors for high-precision mixed ground geodetic – GNSS networks.Therefore, within the framework of this report, we will discuss the application of the Robust estimation method to detect mixed outliers in ground geodetic networks – GNSS for construction purposes.

Keywords: Robust estimation; surveying control network; outlier; construction project

Tận dụng Blockchain cho lưu trữ và chia sẻ dữ liệu địa lý

Đào Văn Tùng[1,*], Trần Trung Chuyên[1], Nguyễn Thị Phương Bắc[1]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Trong thời đại số hóa ngày nay, việc quản lý, lưu trữ và chia sẻ dữ liệu không gian địa lý trở nên ngày càng phức tạp và quan trọng hơn bao giờ hết. Công nghệ blockchain đã nổi lên như một công cụ quan trọng có khả năng cải thiện tính an toàn, minh bạch và hiệu quả của quá trình này. Bài báo này tập trung vào việc khám phá cách mà blockchain có thể được áp dụng để lưu trữ và chia sẻ dữ liệu địa lý. Ban đầu, chúng tôi sẽ xem xét cách mà blockchain cung cấp một hệ thống bảo mật mạnh mẽ thông qua mã hóa và tính chống thay đổi của nó. Tiếp theo, chúng tôi sẽ nghiên cứu cách mà blockchain hỗ trợ quản lý quyền truy cập và xác thực dữ liệu, đảm bảo rằng chỉ những người được ủy quyền mới có thể truy cập vào thông tin địa lý cụ thể. Cuối cùng, bài báo sẽ đi sâu vào việc khám phá các cơ hội và thách thức khi triển khai công nghệ blockchain cho mục đích lưu trữ và chia sẻ dữ liệu địa lý, đồng thời đánh giá khả năng áp dụng của công nghệ này trong lĩnh vực quản lý dữ liệu không gian địa lý. Việc đánh giá này sẽ giúp ta hiểu rõ hơn cách sử dụng công nghệ chuỗi khối để tích hợp các công nghệ không gian địa lý như GIS và viễn thám.

Từ khóa: blockchain; dữ liệu không gian địa lý; lưu trữ dữ liệu; chia sẻ dữ liệu; các ứng dụng blockchain

1. Đặt vấn đề

Với sự gia tăng nhanh chóng của các loại cảm biến và công nghệ định vị di động, lượng dữ liệu không gian đang phát triển mạnh mẽ. Dữ liệu không gian đã trở thành một tài sản quý giá trong nền kinh tế hiện đại; việc khai thác dữ liệu này có thể mang lại lợi ích kinh tế đáng kể và giúp người dùng đưa ra những quyết định thông minh hơn. Để đảm bảo sự lưu thông và sử dụng dữ liệu hiệu quả, nhiều tổ chức mới về chia sẻ và giao dịch dữ liệu không gian đã ra đời trong những năm gần đây. Bên cạnh phương thức lưu thông dữ liệu truyền thống, thị trường giao dịch dữ liệu lớn cũng đã xuất hiện, tạo điều kiện thuận lợi cho việc kết nối nhu cầu dữ liệu với các nguồn dữ liệu.

Trong một thị trường dữ liệu truyền thống, người bán dữ liệu thường gửi dữ liệu đến một nền tảng giao dịch tập trung. Dù nền tảng này giúp đẩy nhanh sự lưu thông của dữ liệu, nhưng vẫn còn nhiều vấn đề tồn tại:

- Người mua dữ liệu có thể có ý định xấu, lưu trữ và bán lại dữ liệu gốc với giá thấp hơn sau khi đã mua được, gây thiệt hại cho người bán dữ liệu.
- Nền tảng giao dịch tập trung có thể không đáng tin cậy, có thể lưu trữ và bán lại dữ liệu gốc mà không có sự cho phép của người bán, gây tổn hại đến lợi ích của cả hai bên.
- Nền tảng giao dịch tập trung với độ chịu lỗi thấp có thể dễ dàng bị tấn công, làm gián đoạn giao dịch dữ liệu giữa người mua và người bán, thậm chí gây mất mát dữ liệu quan trọng. Hơn nữa, nền tảng giao dịch tập trung thường thiếu kênh thông tin hiệu quả giữa người mua và người bán, dẫn đến hiệu quả giao dịch thấp.

Để khắc phục những nhược điểm của thị trường dữ liệu tập trung, như vấn đề bảo mật và quyền riêng tư, bảo vệ bản quyền dữ liệu và hiệu suất chia sẻ dữ liệu, thị trường dữ liệu phi tập trung đã được phát triển. Kiến trúc của thị trường dữ liệu phi tập trung có khả năng nâng cao tính minh bạch và độ tin cậy của các giao dịch dữ liệu bằng cách loại bỏ các điểm lỗi duy nhất và tắc nghẽn hiệu suất (Baig, 2019). Tuy nhiên, việc thiết kế hệ thống và đảm bảo an ninh cho nó sẽ phức tạp hơn so với thị trường dữ liệu tập trung do không có quản lý tập trung. Ví dụ, vấn đề thanh toán kép vẫn là một thách thức lớn trong hệ thống phân tán.

Việc áp dụng công nghệ blockchain vào hệ thống thị trường dữ liệu cho phép người bán dữ liệu giao dịch trực tiếp với người mua mà không cần phụ thuộc vào bên thứ ba, từ đó củng cố quyền sở hữu dữ liệu và đảm bảo tính công khai, minh bạch trong quá trình giao dịch. Điều này có thể giải quyết một phần các

* *Tác giả liên hệ*
Email: mail.daovantung@gmail.com

nhược điểm của thị trường dữ liệu tập trung. Tuy nhiên, nó cũng đặt ra các vấn đề về lưu trữ dữ liệu và bảo vệ quyền riêng tư, như sau:

• Lưu trữ dữ liệu: Hệ thống blockchain chỉ phù hợp để lưu trữ một lượng nhỏ dữ liệu giao dịch, không thể xử lý khối lượng lớn tệp dữ liệu. Do đó, các tệp dữ liệu không nên được lưu trữ trực tiếp trên blockchain. Hơn nữa, mô-đun lưu trữ tệp dữ liệu phải đảm bảo không tiết lộ thông tin danh tính, đồng thời người mua và người bán không thể biết được danh tính thực sự của đối phương.

• Bảo vệ quyền riêng tư: Cần phải thiết kế cơ chế bảo vệ quyền riêng tư trong quá trình giao dịch dữ liệu để bảo vệ danh tính của người dùng khỏi bị lộ và đảm bảo an ninh cho các giao dịch.

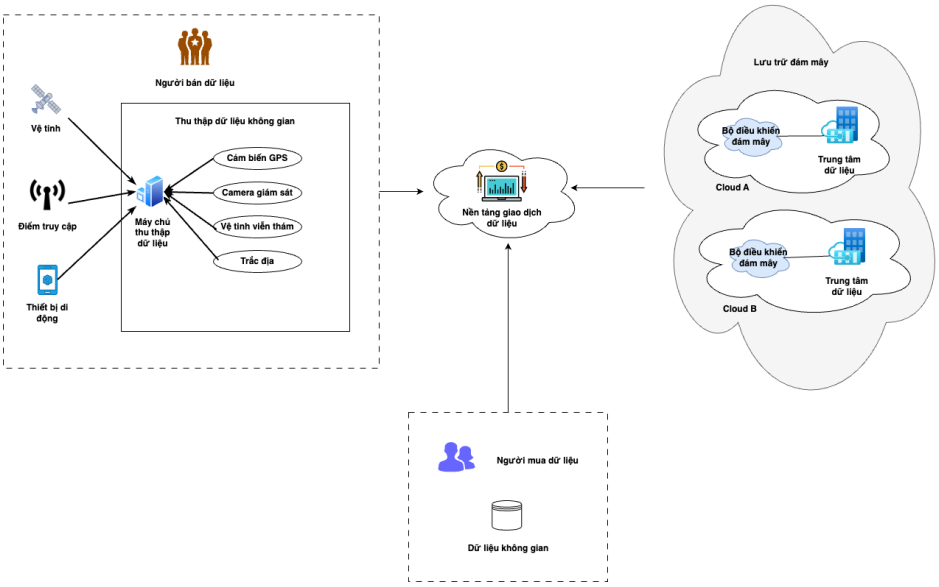
Để giải quyết các vấn đề này, chúng tôi đề xuất một khung giao dịch dữ liệu không gian dựa trên blockchain. Khung này tận dụng các lợi thế của blockchain để xây dựng một nền tảng phi tập trung cho giao dịch dữ liệu, bao gồm lưu trữ dữ liệu, truy vấn dữ liệu, định giá dữ liệu, uy tín dữ liệu và tính toán an ninh.

Đối với thách thức đầu tiên, chúng tôi sử dụng IPFS (Hệ thống tệp liên hành tinh) để lưu trữ các tệp dữ liệu. IPFS là một hệ thống lưu trữ tệp phân tán, khi một tệp được tải lên IPFS, nó trở nên khả dụng cho tất cả các nút trong mạng IPFS. Người dùng sẽ nhận được một chỉ số băm, cho phép truy xuất tệp sau này. Chỉ số này sẽ thay thế dữ liệu lưu trữ trong hợp đồng thông minh, giảm bớt gánh nặng cho toàn bộ hệ thống.

Đối với thách thức thứ hai, chúng tôi áp dụng hợp đồng thông minh để thực hiện các giao dịch dữ liệu. Hơn nữa, việc kết hợp công nghệ mã hóa và cơ chế tài khoản Ethereum sẽ giải quyết các vấn đề liên quan đến bảo vệ quyền riêng tư và an ninh dữ liệu trong giao dịch.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

Nhờ các đặc điểm phi tập trung, không thể thay đổi và có thể truy xuất, công nghệ blockchain đã trở thành tâm điểm trong thị trường giao dịch dữ liệu trong những năm gần đây, thu hút sự quan tâm lớn từ ngành công nghiệp (Chen, 2017). Dữ liệu không gian trong bài báo này bao gồm: viễn thám, lập bản đồ và các dữ liệu thô khác, chẳng hạn như hình ảnh vệ tinh độ phân giải thấp, trung bình, cao, siêu cao dưới mét, dữ liệu chụp ảnh hàng không, dữ liệu vector theo tỷ lệ, dữ liệu địa hình và các loại dữ liệu không gian gốc khác.

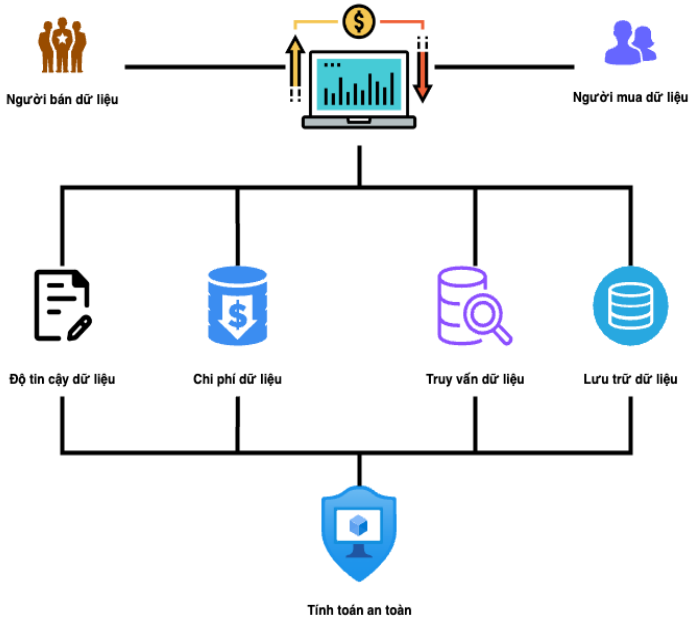


Hình 1. Hệ thống giao dịch dữ liệu không gian

Như minh họa trong Hình 1, sau khi thu thập dữ liệu không gian thông qua các thiết bị như vệ tinh, điểm truy cập và điện thoại di động, chủ sở hữu dữ liệu tải chúng lên nền tảng lưu trữ đám mây qua mạng. Sau đó, họ bán dữ liệu này cho người mua thông qua nền tảng giao dịch dữ liệu. Người mua có thể sử dụng dữ liệu này để đạt được định vị mục tiêu chính xác cao, giám sát điều kiện đường xá hoặc thu thập thông tin về thảm họa, mang lại nhiều lợi ích thiết thực trong các lĩnh vực khác nhau.

Hệ thống giao dịch dữ liệu không gian dựa trên blockchain được thiết kế trong bài báo này bao gồm ba thành phần chính: hợp đồng thông minh trong blockchain Ethereum, hệ thống ứng dụng giao dịch cho

người dùng và mạng truyền dữ liệu điểm-điểm. Như minh họa trong Hình 2, sau khi thu thập một số dữ liệu để bán, người bán đăng ký và thêm thông tin tiêu đề dữ liệu vào hợp đồng thông minh trong khi dữ liệu gốc được lưu trữ trong IPFS thông qua mô-đun lưu trữ dữ liệu. Khi cần dữ liệu để thực hiện một nhiệm vụ, người mua sử dụng mô-đun truy vấn dữ liệu và phát hành một đơn hàng chứa yêu cầu dữ liệu thông qua hợp đồng thông minh. Hệ thống sau đó sẽ truy vấn dữ liệu đủ điều kiện bằng phương thức tính toán bảo mật. Sử dụng phương pháp đấu giá, mô-đun định giá sẽ xác định giá trị của dữ liệu. Sau khi thanh toán hoàn tất, hệ thống sẽ chuyển dữ liệu đến người mua một cách an toàn. Cuối cùng, khi dữ liệu đã được chuyển giao và sử dụng, mô-đun uy tín sẽ đánh giá chất lượng dữ liệu và uy tín của người bán, đảm bảo sự minh bạch và công bằng trong hệ thống giao dịch.



Hình 2. Nền tảng giao dịch dữ liệu

Chúng tôi đã triển khai một hệ thống giao dịch dữ liệu không gian dựa trên chuỗi Ethereum riêng tư, bao gồm hệ thống ứng dụng giao dịch cho người dùng, hợp đồng thông minh trên mạng Ethereum và mạng truyền dữ liệu. Cụ thể, hệ thống ứng dụng được viết bằng JavaScript, hợp đồng thông minh Ethereum được viết bằng Solidity, và giao diện IPFS được sử dụng cho việc truyền dữ liệu.

Chúng tôi đơn giản hóa hệ thống thành một người mua và nhiều người bán để giao dịch. Cơ chế định giá áp dụng phương pháp đấu giá giá thứ hai, trong đó dữ liệu giao dịch sẽ chọn giá thầu thấp nhất của người bán, trong khi việc thanh toán dữ liệu sẽ theo giá thầu thấp thứ hai.

Đầu tiên, người bán dữ liệu đăng ký và thêm thông tin dữ liệu mới vào hợp đồng thông minh, trong khi bản thân dữ liệu được lưu trữ trên IPFS, được triển khai trong môi trường thực thi tin cậy (TEE), và người mua dữ liệu phát hành một đơn hàng chứa các yêu cầu dữ liệu. Sau khi điều kiện yêu cầu dữ liệu của người mua trong đơn hàng được khớp, người bán sẽ được phép tham gia đấu giá trong giao dịch. Sau đó, hệ thống sẽ thực hiện cơ chế định giá để hoàn tất giao dịch giữa người mua và người bán, và chuyển dữ liệu kết quả cho người mua thông qua phương pháp tính toán an toàn. Sau khi dữ liệu đã được chuyển giao và sử dụng, người mua sẽ chấm điểm cho người bán và dữ liệu của họ dựa trên chất lượng dữ liệu. Dựa trên kết quả đánh giá, giá trị uy tín của người bán sẽ được điều chỉnh để đảm bảo độ tin cậy của giao dịch dữ liệu.

Để mô tả cách hoạt động của khung, chúng tôi giới thiệu quy trình chính của hệ thống:

• Bước 1: Đăng ký tài khoản. Để thực hiện giao dịch trong hệ thống giao dịch dữ liệu, người bán cần đăng ký tài khoản Ethereum trong mô-đun quản lý tài khoản Ethereum tương ứng. Bên cạnh đó, người bán cũng cần đăng ký tài khoản trong hợp đồng thông minh.

• Bước 2: Đăng ký dữ liệu. Sau khi thu thập một số dữ liệu để bán, người bán có thể mã hóa và tải dữ liệu lên IPFS, sau đó đăng ký dữ liệu vào tài khoản hợp đồng thông minh, bao gồm địa chỉ lưu trữ, giá trị băm và thời gian đăng ký của dữ liệu, tóm tắt dữ liệu liên quan đến ảnh thu nhỏ và siêu dữ liệu, v.v.

• Bước 3: Phát hành đơn hàng. Nếu một người mua dữ liệu muốn mua dữ liệu cụ thể trong hệ thống giao dịch, họ sẽ thêm một đơn hàng vào hợp đồng thông minh. Đơn hàng chứa yêu cầu của người mua về dữ liệu, bao gồm loại dữ liệu, điều kiện truy vấn dữ liệu, thời gian đăng ký dữ liệu, giá cả, số lượng dữ

liệu, giá trị uy tín của người bán, v.v. Người mua có thể thiết lập yêu cầu về thời gian đăng ký dữ liệu và giá trị uy tín của người bán khi thêm đơn hàng. Sau đó, những người bán dữ liệu đáp ứng yêu cầu về thời gian đăng ký và uy tín sẽ đủ điều kiện để đấu giá đơn hàng, nhằm cải thiện tính kịp thời và độ tin cậy của giao dịch dữ liệu.

- Bước 4: Cung cấp dữ liệu. Người bán dữ liệu chọn những dữ liệu đáp ứng nhu cầu của người mua và đưa ra mức giá dự kiến đã được niêm phong trong một giá trị băm làm giá thầu của họ.
- Bước 5: Thông báo đấu giá. Người mua dữ liệu thông báo hợp đồng thông minh chuẩn bị cho cuộc đấu giá của người bán. Đối với những người bán đã được chấp nhận tham gia giao dịch, họ sẽ được thông báo tiếp tục đấu giá; trong khi những người bán mới sẽ không được phép tham gia giao dịch.
- Bước 6: Gửi giá thầu. Người bán dữ liệu gửi giá thầu của mình, và giá thầu này phải khớp với giá trị băm trước đó.
- Bước 7: Cơ chế định giá. Chúng tôi sử dụng cơ chế đấu giá ngược Vickrey cho việc định giá dữ liệu, đảm bảo tính xác thực, nên mỗi người bán đều có động lực đưa ra đánh giá trung thực về dữ liệu của mình.
- Bước 8: Thanh toán dữ liệu. Giao dịch được thực hiện ở mức giá thầu thấp nhất của người bán, và người bán được thanh toán theo mức giá thầu thấp thứ hai.
- Bước 9: Giao hàng dữ liệu. Dữ liệu được mã hóa của người bán thắng thầu sẽ được chuyển đến người mua để hoàn tất đơn hàng.
- Bước 10: Đánh giá uy tín. Sau khi dữ liệu đã được giao và sử dụng, người mua sẽ chấm điểm cho người bán và dữ liệu dựa trên chất lượng dữ liệu. Dựa trên kết quả đánh giá, giá trị uy tín của người bán sẽ được đánh giá lại dưới sự bảo đảm của cơ chế đánh giá uy tín.

Hợp đồng thông minh là một tập hợp các cam kết kỹ thuật số được triển khai tại một địa chỉ cụ thể trên blockchain. Nền tảng giao dịch dữ liệu tạo ra một hợp đồng thông minh cho các giao dịch dữ liệu. Tất cả các thành viên tham gia giao dịch dữ liệu đều có thể đăng ký sau khi đồng ý với các điều khoản và điều kiện của hợp đồng. Điều kiện kích hoạt của hợp đồng được quy định trong hợp đồng thông minh. Tại một thời điểm nhất định, khi các điều kiện đáp ứng yêu cầu kích hoạt, hợp đồng sẽ tự động được thực thi.

2.1. Truy vấn dữ liệu

Người mua dữ liệu có thể tìm kiếm các nguồn dữ liệu không gian thông qua nhiều phương pháp truy vấn khác nhau như truy vấn từ khóa, truy vấn theo khu vực, truy vấn lân cận gần nhất, truy vấn lân cận xa nhất, và nhiều phương pháp khác. Họ có thể xem chi tiết dữ liệu không gian qua tiêu đề dữ liệu, hình thu nhỏ và siêu dữ liệu để xác định yêu cầu của mình. Hơn nữa, người mua có thể chuyển các yêu cầu dữ liệu cụ thể thành biểu thức logic hoặc hàm toán học và lưu trữ chúng trên blockchain để người bán có thể truy vấn. Dựa trên yêu cầu dữ liệu của người mua, người bán cũng có thể tiến hành truy vấn để xác nhận xem dữ liệu có đáp ứng yêu cầu của người mua hay không.

Dù các điều kiện truy vấn dữ liệu không gian có vẻ đơn giản, việc tải trực tiếp các yêu cầu truy vấn của người mua lên blockchain có thể không an toàn, vì kẻ tấn công có thể suy luận yêu cầu dữ liệu của người mua và xâm phạm quyền riêng tư của cả hai bên, làm tăng nguy cơ rò rỉ thông tin cá nhân (Dziembowski). Để bảo vệ quyền riêng tư của người dùng, chúng ta cần thực hiện truy vấn dữ liệu trong khi ẩn đi các điều kiện truy vấn, một giải pháp phổ biến là mã hóa hàm, trong đó người mua dữ liệu với khóa giải mã có thể nhận giá trị truy vấn từ dữ liệu đã mã hóa mà không tiết lộ thông tin về dữ liệu gốc (Eltayieb, 2019).

2.2. Lưu trữ dữ liệu

Hầu hết các hệ thống blockchain công cộng hiện nay gặp phải hạn chế về số lượng và không gian của các giao dịch trong khối do kích thước khối có hạn (như hệ thống Bitcoin) hoặc lượng "Gas" tiêu tốn trong khối (như hệ thống Ethereum) (Li, 2018). Vì vậy, việc lưu trữ khối lượng lớn dữ liệu trực tiếp trên blockchain trong hệ thống giao dịch dữ liệu không gian là không khả thi. Gần đây, hệ thống lưu trữ dữ liệu phân tán InterPlanetary File System (IPFS) đã được áp dụng rộng rãi để lưu trữ dữ liệu chia sẻ trong các lĩnh vực như chăm sóc sức khỏe, điện toán đám mây, IoT, và nhiều lĩnh vực khác.

IPFS là một hệ thống lưu trữ tệp phân tán, peer-to-peer, và có khả năng xác định nội dung, sử dụng một mạng lưới máy tính kết nối. Khi một tệp được tải lên IPFS, nó sẽ có sẵn cho tất cả các nút trong mạng IPFS (Nguyen D. D., 2019). Tệp được tải lên sẽ được chia thành các phần nhỏ, mỗi phần được gán một mã băm mã hóa duy nhất. Nhờ vào mã băm này, dữ liệu trên IPFS có thể được xác định theo nội dung, tạo điều kiện cho việc truy xuất nhanh chóng và hiệu quả. IPFS sử dụng bảng băm phân tán (DHTs) để định vị các tệp. Trong hệ thống giao dịch dữ liệu, các tệp dữ liệu được lưu trữ trên IPFS, trong khi các mã băm liên kết với IPFS được lưu trong các khối của blockchain, giúp giảm thiểu chi phí lưu trữ lớn.

Tóm lại, IPFS cung cấp một mô hình lưu trữ an toàn với hiệu suất cao, hỗ trợ truy cập đồng thời và dung lượng lưu trữ lớn.

Dịch vụ lưu trữ đám mây của nền tảng giao dịch dữ liệu không gian lớn chủ yếu nhằm thiết lập một trạm lưu trữ hiệu quả, sử dụng công nghệ máy tính, Internet, và Internet of Things để quản lý hàng ngày các sản phẩm và dịch vụ được giao dịch trên nền tảng, cũng như các thông tin phát sinh trong quá trình giao dịch dữ liệu. Dịch vụ này có khả năng nhanh chóng và chính xác tổng hợp thông tin giao dịch sản phẩm và dịch vụ, nhờ vào các ưu điểm như truy xuất nhanh, độ tin cậy cao, dung lượng lưu trữ lớn và bảo mật tốt, cho phép lưu trữ một lượng lớn dữ liệu một cách an toàn (Nguyen L. D., 2021).

Mặc dù việc lưu trữ trực tiếp dữ liệu gốc trên blockchain không thực tế, mã băm liên kết với dữ liệu cụ thể có thể được lưu trữ trên blockchain, trong khi dữ liệu gốc được lưu trữ trên IPFS. Khi dữ liệu được lưu trữ thành công trên IPFS, người dùng sẽ nhận được một chỉ số băm, giúp truy xuất tệp sau này. Chỉ số này sẽ thay thế dữ liệu lưu trữ trong hợp đồng thông minh, làm giảm tình trạng tắc nghẽn lưu trữ trong toàn bộ hệ thống.

Chúng tôi đại diện dữ liệu không gian dưới dạng $T_ı$ = {hashid, time, space, other attributes}, trong đó hashid là giá trị băm được tạo ra từ việc băm dữ liệu không gian, tức là hashid = hash (time, space, other attributes); time là thuộc tính thời gian cho biết thời điểm dữ liệu được tạo ra; space là thuộc tính không gian, thường được biểu thị dưới dạng tọa độ kinh độ và vĩ độ. Để thuận tiện cho việc truy vấn và lưu trữ dữ liệu không gian, thuộc tính không gian được chuyển đổi bằng thuật toán GeoHash (Geographical Hash), giúp băm thông tin kinh độ và vĩ độ. Các thuộc tính khác biểu thị các đặc điểm khác của dữ liệu không gian ngoài thuộc tính thời gian và không gian, bao gồm thông tin chữ ký.

2.3. Chi phí dữ liệu

Dữ liệu, như một hàng hóa đặc biệt, mang những đặc điểm riêng biệt, làm cho việc định giá trở nên phức tạp hơn (Ramachandran, 2019). Đầu tiên, chi phí cận biên của dữ liệu là rất thấp (chi phí cận biên ở đây là chi phí sao chép dữ liệu), vì vậy một khi người mua đã nhận được dữ liệu từ người bán, họ có thể dễ dàng bán lại dữ liệu đó. Thứ hai, giá trị của dữ liệu không chỉ phụ thuộc vào khối lượng mà còn vào nội dung và chất lượng của nó. Ví dụ, một tập hợp các hình ảnh khuôn mặt sẽ không có giá trị nhiều đối với người cần hình ảnh viễn thám. Thứ ba, việc ước lượng giá trị dữ liệu rất khó khăn. Hơn nữa, sự đánh giá giá trị có thể rất khác biệt giữa các người dùng khác nhau.

Nghiên cứu cho thấy hầu hết người mua dữ liệu chỉ cần các kết quả thống kê như giá trị trung bình của tập dữ liệu hoặc các đặc trưng trích xuất từ dữ liệu cho mục đích học máy, thay vì chính dữ liệu. Do đó, người mua chủ yếu mua quyền sử dụng dữ liệu thay vì quyền sở hữu dữ liệu (Ruinian, 2018). Theo cách này, dữ liệu thực sự không nằm trong quyền sở hữu của người tiêu dùng.

Mặc dù giá trị của dữ liệu rất khó định lượng, việc đánh giá giá trị dữ liệu là cần thiết vì người mua thường cần dữ liệu từ nhiều người bán khác nhau, và sự đánh giá giá trị của dữ liệu có thể rất khác nhau giữa các người bán. Để tính toán giá trị dữ liệu, giá trị Shapley (một phương pháp phân chia lợi ích và chi phí công bằng cho nhiều bên tham gia) có thể được sử dụng để tính toán sự đóng góp của từng mảnh dữ liệu. Do độ phức tạp tính toán của giá trị Shapley gia tăng theo cấp số nhân với số lượng dữ liệu, các thuật toán xấp xỉ hoặc phân tán thường được áp dụng trong thực tế.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi áp dụng lý thuyết đấu giá để thiết kế cơ chế định giá trong hệ thống giao dịch dữ liệu không gian. Mỗi người bán dữ liệu có một giá trị riêng, bao gồm đánh giá rủi ro liên quan đến quyền riêng tư của dữ liệu; ngược lại, mỗi người mua dữ liệu cũng có một mức giá trị cho dữ liệu mà họ muốn mua. Với thông tin không đồng đều về giá trị, cả người mua và người bán có thể báo cáo không chính xác giá trị dữ liệu của mình. Để khắc phục vấn đề này, chúng tôi sử dụng lý thuyết đấu giá để thiết kế một cơ chế khuyến khích phù hợp, giúp hai bên đạt được lợi ích tối đa khi báo cáo giá trị thực của mình, bổ sung thêm bằng thuật toán tính toán giá trị Shapley, qua đó làm cho việc thiết kế cơ chế định giá trở nên dễ dàng hơn.

2.4. Độ tin cậy dữ liệu

Người mua dữ liệu thường gặp khó khăn trong việc đánh giá chất lượng dữ liệu của người bán ngay lập tức trước khi sử dụng. Trong môi trường giao dịch dữ liệu trực tuyến, người bán thường sở hữu lợi thế thông tin vượt trội hơn so với người mua. Khi thông tin không đồng đều, người bán dữ liệu không đáng tin cậy có thể lừa đảo bằng cách đưa ra giá thấp để bán dữ liệu kém chất lượng và thu lợi bất chính.

Để khắc phục vấn đề này, bài báo đề xuất một cơ chế đánh giá uy tín nhằm đảm bảo tính bền vững lâu dài của giao dịch dữ liệu. Uy tín, như một chỉ báo quan trọng về chất lượng dữ liệu, trở thành tài sản vô hình có giá trị đối với người bán dữ liệu. Khi chất lượng dữ liệu không thể quan sát trực tiếp, uy tín đóng vai trò then chốt, giúp giảm thiểu sự không chắc chắn trong giao dịch. Điểm uy tín của người bán dữ liệu

được tính toán dựa trên phản hồi từ người mua sau khi họ tiếp nhận và sử dụng dữ liệu, phản ánh chính xác chất lượng dữ liệu mà người bán cung cấp.

2.5. Độ an toàn

Trong hệ thống blockchain, thông tin thường được công khai cho tất cả người dùng, và mọi giao dịch hoặc kịch bản đều minh bạch nhờ tính mở và minh bạch của công nghệ blockchain. Tuy nhiên, do hạn chế kích thước khối, khả năng tính toán của hợp đồng thông minh trên blockchain thường khá yếu, khiến việc thực hiện trực tiếp các giao dịch từ người mua trong hợp đồng thông minh trở nên không an toàn và không khả thi do chi phí tính toán quá cao (Shi, 2018). Vấn đề này cũng xuất hiện trong các quá trình truy vấn dữ liệu và định giá dữ liệu. Thêm vào đó, các nút trên chuỗi công khai như Bitcoin, Ethereum không hoàn toàn tin cậy lẫn nhau, làm cho việc bảo vệ quyền riêng tư trở nên khó khăn hơn vì chúng hoàn toàn mở và minh bạch.

Để giải quyết vấn đề này, phần cứng tin cậy như môi trường thực thi tin cậy (TEE) là một phương pháp phổ biến để thực hiện tính toán an toàn. TEE đảm bảo rằng mã và dữ liệu được tải vào nó được bảo vệ về mặt bảo mật và toàn vẹn (Su, 2020). Người bán dữ liệu sẽ gửi dữ liệu của mình đến thiết bị TEE của người mua an toàn, người sở hữu phần cứng TEE, từ đó nhiệm vụ tính toán sẽ được thực hiện trong TEE và kết quả sẽ được trả lại cho người mua một cách an toàn. Cách ly phần cứng trong TEE bảo vệ dữ liệu và dịch vụ tính toán khỏi các ứng dụng chạy trên hệ điều hành, trong khi các ứng dụng tin cậy chạy trong TEE có thể truy cập đầy đủ chức năng của bộ xử lý chính và bộ nhớ của thiết bị. Các công nghệ phần cứng điển hình hỗ trợ TEE bao gồm ARM TrustZone và Intel SGX (Software Guard Extensions).

Intel Software Guard Extensions (SGX) cung cấp một triển khai TEE phổ biến cho tính toán mục đích chung, với các đơn vị được gọi là enclaves trong SGX. Mã chạy bên trong một enclave có không gian địa chỉ được bảo vệ. Khi dữ liệu trong enclave di chuyển ra khỏi bộ xử lý đến bộ nhớ, nó được mã hóa một cách minh bạch bằng các khóa chỉ có sẵn cho bộ xử lý. Do đó, hệ điều hành, hypervisor và các người dùng khác không thể truy cập bộ nhớ của enclave. Trong enclave, mã và dữ liệu được đo lường tại giai đoạn khởi động và phép đo này được ký vào báo cáo chứng thực dựa trên gốc tin cậy phần cứng. Báo cáo này có thể được xác minh để chứng minh mã enclave không bị sửa đổi, từ đó người dùng có thể xác nhận tính bảo mật của enclave (Zhang, 2021).

Trong bài báo này, chúng tôi sử dụng Intel SGX làm ví dụ điển hình để xây dựng một hệ thống trao đổi tin cậy bằng cách sử dụng môi trường thực thi tin cậy, hỗ trợ trong việc thanh toán công bằng cho các giao dịch.

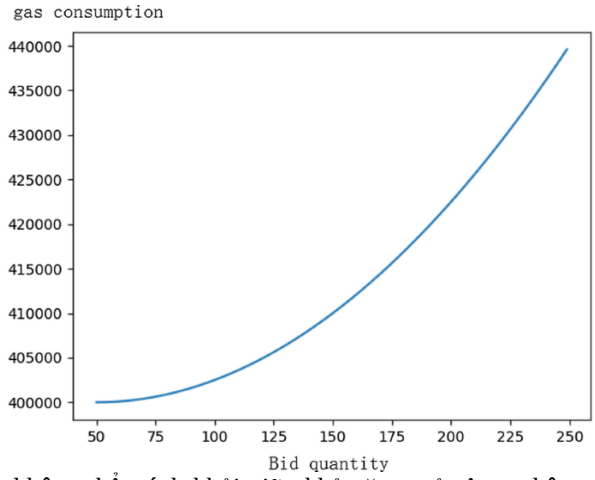
3. Kết quả và thảo luận

Trong hệ thống, quyền riêng tư về danh tính và dữ liệu của những người tham gia được bảo vệ. Cả người mua và người bán dữ liệu đều sử dụng tài khoản riêng cho mỗi giao dịch, điều này giúp giảm thiểu thông tin liên quan giữa các giao dịch khác nhau (Zhao, 2017). Trong quá trình thanh toán, cả hai bên đều phải cung cấp địa chỉ tài khoản và chữ ký khóa liên quan để hoàn tất giao dịch. Sau khi thanh toán, người mua sẽ nhận được dữ liệu từ hệ thống tệp IPFS dựa trên địa chỉ lưu trữ tệp dữ liệu và giá trị băm tương ứng, mà không cần liên hệ trực tiếp với người bán dữ liệu. Tất cả điều này cho phép người mua và người bán dữ liệu ẩn danh tính của mình trong quá trình giao dịch dữ liệu, loại bỏ nguy cơ tiết lộ quyền riêng tư về danh tính. Do đó, quyền riêng tư về danh tính dựa trên tính ẩn danh của blockchain, trong khi quyền riêng tư về dữ liệu được bảo vệ hoàn toàn thông qua cơ chế mã hóa dữ liệu và tính toán bảo mật, ngăn chặn kẻ tấn công thu thập thêm thông tin để tấn công trong quá trình giao dịch.

Vì việc định giá dữ liệu được thực hiện trên chuỗi khối Ethereum thông qua các hợp đồng thông minh, chi phí tính toán cần được nhấn mạnh do khả năng tính toán hạn chế của hợp đồng thông minh (Zyskind, 2015). Chi phí định giá dữ liệu dựa trên đấu giá ngược Vickrey được đánh giá dựa trên mức tiêu thụ gas trên chuỗi khối Ethereum. Hình sau cho thấy mối quan hệ giữa mức tiêu thụ gas của việc định giá dữ liệu và số lượng giá thầu cho các đơn hàng dữ liệu. Chúng tôi nhận thấy rằng khi có một số lượng lớn người bán dữ liệu đấu giá cho cùng một đơn hàng dữ liệu, chi phí định giá dữ liệu sẽ tăng cao rõ rệt, điều này trở thành một hạn chế của hệ thống giao dịch dựa trên chuỗi khối Ethereum. Do đó, trong các nghiên cứu tiếp theo, việc giảm chi phí định giá dữ liệu sẽ là một trong những hướng nghiên cứu trong tương lai.

Chúng tôi đã triển khai một hệ thống giao dịch dữ liệu không gian dựa trên blockchain. Kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống này vượt trội về khả năng thông lượng, yêu cầu dung lượng lưu trữ thấp hơn và có khả năng chịu lỗi tốt hơn, đáp ứng hiệu quả các yêu cầu giao dịch dữ liệu không gian với tần suất cao và thời gian thực. Tính bền vững của hệ thống giao dịch là yếu tố quan trọng để đảm bảo hoạt động lâu dài và hiệu quả của hệ thống. Việc tích hợp cơ chế uy tín vào hệ thống giao dịch đã tạo thêm một lớp bảo vệ hữu ích cho cơ chế đấu giá, nâng cao độ tin cậy của các giao dịch. Tuy nhiên, một vấn đề có thể xảy ra

là những người tham gia đấu giá có chất lượng cao có thể không được chọn nhiều lần, điều này có thể làm giảm động lực tham gia của họ do cơ hội chiến thắng thấp. Để khắc phục điều này, chúng tôi dự định kết hợp cơ chế uy tín với thuật toán "tín dụng tham gia ảo" nhằm nâng cao cơ hội cho những người thua cuộc được chọn, từ đó xây dựng một hệ thống giao dịch lâu dài và bền vững.



Ngoài ra, sự mâu thuẫn không thể tránh khỏi giữa khả năng mở rộng, phân quyền và bảo mật là một vấn đề lớn trong các hệ thống blockchain. Vì hệ thống hoàn toàn phân quyền và không dựa vào bất kỳ bên thứ ba đáng tin cậy nào, việc đạt được sự cân bằng giữa khả năng mở rộng và bảo mật trở nên đặc biệt thách thức. Để đảm bảo bảo mật, hệ thống mà chúng tôi đề xuất đã phải hy sinh một phần khả năng mở rộng. Mặc dù các công nghệ phân vùng đồng thời và tối ưu hóa song song đã cải thiện hiệu quả giao dịch, điều này đã được xác nhận trong và các thí nghiệm của chúng tôi, nhưng việc đạt được mức bảo mật rất cao vẫn là một thách thức lớn. Trong các triển khai tương lai của hệ thống giao dịch dữ liệu, chúng tôi sẽ tiếp tục nghiên cứu sự đánh đổi giữa khả năng mở rộng, phân quyền và bảo mật.

Chúng tôi đã triển khai một hệ thống giao dịch dữ liệu không gian dựa trên chuỗi khối Ethereum riêng tư, hợp đồng thông minh trên mạng Ethereum và mạng truyền tải dữ liệu. Tất cả các bài kiểm tra của hệ thống này được hoàn thành trên máy tính PC với 18 lõi ảo (Intel Xeonr Platinum 8124M 3 GHz). Mô-đun giao dịch trực tuyến của hệ thống giao dịch dữ liệu chủ yếu được triển khai bằng ngôn ngữ Python.

Bài báo này chủ yếu kiểm tra thông lượng của hệ thống, dung lượng lưu trữ và khả năng chịu lỗi. Đối với thông lượng hệ thống, chúng tôi kiểm tra lượng dữ liệu có thể xử lý mỗi đơn vị thời gian dưới điều kiện số lượng nút và dữ liệu khác nhau thông qua thử nghiệm đồng thời. Đối với dung lượng lưu trữ, chúng tôi kiểm tra dung lượng lưu trữ cần thiết cho dữ liệu với các số lượng nút khác nhau. Đối với khả năng chịu lỗi, chúng tôi so sánh tỷ lệ lỗi của nút khi bị tấn công độc hại trong các chế độ khác nhau. Để cải thiện hiệu suất giao dịch của hệ thống, công nghệ tối ưu hóa phân chia đồng thời và song đã được áp dụng trong thí nghiệm.

Trong các hệ thống chuỗi khối liên minh như Fabric, thông lượng của nút bị hạn chế bởi độ trễ truyền thông, thời gian xác minh giao dịch và thời gian thực hiện hàm băm. Trong một hệ thống với N nút và trung bình mỗi khối có T giao dịch, giả sử độ trễ truyền thông của nút là tc, thời gian xác minh giao dịch là tv, và thời gian thực hiện một hàm băm là to, thì thông lượng của toàn hệ thống được biểu diễn bằng phương trình:

$$TPS = \frac{T}{(N * tc + T * tv + T * to)}$$

Để kiểm tra yêu cầu lưu trữ của các giao dịch trong hệ thống, bài báo này so sánh sự thay đổi dung lượng lưu trữ với số lượng nút. Trong một hệ thống chuỗi khối với N nút, số lượng giao dịch là NT, giả sử dung lượng lưu trữ trung bình của mỗi giao dịch là St, và dung lượng lưu trữ của một kết quả hàm băm là Sh. Khi đó, chúng ta có thể ước tính dung lượng lưu trữ là:

$$S = NT * N * (St + Sh)$$

4. Kết luận

Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất khung giao dịch dữ liệu không gian dựa trên blockchain, trong đó chúng tôi thiết kế một nền tảng phân cấp với môi trường thực thi đáng tin cậy (TEE) bằng cách sử dụng khung.

Nền tảng này có đặc điểm là khả năng lưu trữ và xử lý dữ liệu viễn thám khổng lồ, được thiết kế để xử lý không chỉ giao dịch dữ liệu không gian mà còn cả các dịch vụ liên quan trong tương lai. Nó sẽ cung cấp giao diện dịch vụ, trên đó người dùng, không cần cài đặt trước, có thể nhận được các dịch vụ tích hợp

của dữ liệu viễn thám, phần mềm và tài nguyên máy tính thông qua thiết bị đầu cuối dịch vụ đám mây, có thể sử dụng thông tin viễn thám có độ phân giải cao một cách thuận tiện và tiết kiệm, giảm thiểu hiệu quả ngưỡng của viễn thám về chi phí và bảo trì.

Tài liệu kham khảo

Baig, F. &., 2019. Blockchain enabled distributed data management—a vision. 2019 IEEE 35th I*nternational Conference on Data Engineering Workshops (ICDEW).*

Chen, Y. L., 2017. An improved p2p file system scheme based on IPFS and blockchain. *2017 IEEE International Conference on Big Data (Big Data).*

Dziembowski, S. E. (n.d.). Fairswap: How to fairly exchange digital goods. (pp. 967-984). Toronto, ON, Canada: *Proceedings of the 2018 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security.*

Eltayieb, N. E., 2019. A blockchain-based attribute-based signcryption scheme to secure data sharing in the cloud. *Journal of Systems Architecture,*102, 101653.

Li, M. W.-N., 2018. Crowdbc: A blockchain-based decentralized framework for crowdsourcing. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems.*

Nguyen, D. D., 2019. Enabling on-demand decentralized IoT collectability marketplace using blockchain and crowdsensing. *Global IoT Summit.*

Nguyen, L. D., 2021. A marketplace for trading AI models based on blockchain and incentives for IoT data. *CoRR, arXiv:2112.02870.*

Pang, J. Z., 2017. The efficiency of open access in platforms for networked Cournot markets. *IEEE Infocom - IEEE Conference on Computer Communications.*

Ramachandran, G. S. (2019). Towards a decentralized data marketplace for smart cities. *2018 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2).*

Ruinian, L. T., 2018. Blockchain for large-scale internet of things data storage and protection. *IEEE Transactions on Services Computing*,13, 762-771.

Shi, W. W., 2018. A Shapley-value mechanism for bandwidth on demand between datacenters. *IEEE Transactions on Cloud Computing*,6(1), 19-32.

Su, G. Y., 202). *BDTF: A blockchain-based data trading framework with trusted execution environment.*

Zhang, J. Z., 2021. A storage optimization scheme for blockchain transaction databases. *Computer Systems Science and Engineering*,36(3), 521-535.

Zhao, D. Y., 2017. *Data marketplace and its values in data trading.* 61(13), 5-12.

Zyskind, G. Z., 2015. Decentralizing privacy: Using blockchain to protect personal data. *IEEE Security and Privacy Workshops.*

ABSTRACT

Leveraging blockchain for geospatial data storage and sharing

Dao Van Tung[1], Tran Trung Chuyen[1], Nguyen Thi Phuong Bac[1]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

In today's digital age, the management, storage, and sharing of geospatial data have become increasingly complex and more crucial than ever. Blockchain technology has emerged as a key tool with the potential to enhance the security, transparency, and efficiency of these processes. This paper focuses on exploring how blockchain can be applied to store and share geospatial data. Initially, we will examine how blockchain provides a robust security system through its encryption and immutability features. Next, we will investigate how blockchain supports access management and data authentication, ensuring that only authorized individuals can access specific geospatial information. Finally, the paper will delve into the opportunities and challenges of implementing blockchain technology for geospatial data storage and sharing, while evaluating its applicability in geospatial data management. This assessment will offer a deeper understanding of how blockchain can be integrated with geospatial technologies like GIS and remote sensing.

Keywords: blockchain; geospatial data; data storage; data sharing; blockchain applications

Theo dõi tốc độ khoan dựa trên công nghệ tích hợp GNSS RTK/IMU

Dương Thành Trung[1,*], Phạm Văn Hòa[1], Nguyễn Trung Dũng[2], Trần Mạnh Dũng[2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội*

TÓM TẮT

Trong khoan nổ mìn hoặc khoan thăm dò địa chất, tốc độ khoan tại các thời điểm và độ sâu khác nhau có thể cung cấp thông tin về độ cứng và các đặc tính cơ lý của đất đá. Nghiên cứu này nhằm giới thiệu một giải pháp xác định và theo dõi tốc độ khoan dựa trên công nghệ tích hợp giữa hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu (GNSS) và cảm biến quán tính (IMU). Trong khi tín hiệu từ IMU được sử dụng để phân tích nhằm nhận biết thời điểm khoan, dữ liệu cao độ từ GNSS được sử dụng để tính toán tốc độ khoan theo thời gian thực. Kết quả từ thực nghiệm thực tế cho thấy rằng gải pháp tích hợp GNSS RTK/IMU cho phép xác định và theo dõi tốc độ khoan một cách tự động ở thời gian thực với độ chính xác cỡ mm/s.

Từ khóa: tốc độ khoan; GNSS; IMU

1. Đặt vấn đề

Nắm bắt thông tin trong quá trình khoan là một nhiệm vụ cần thiết để có phương án điều chỉnh phương án thiết kế kỹ thuật khoan (Tang, 1989; Veeger và nnk, 2003; Zhao, 2006). Thông tin lỗ khoan phổ biến nhất là xác định độ sâu khoan bằng cách đo chiều dài của cần khoan. Theo cách này, độ sâu hố khoan phải được ghi nhận thủ công trực tiếp ngoài hiện trường bằng cách cộng dồn chiều dài các cần khoan, điều này hạn chế việc tự động hóa thu thập thông tin về quá trình khoan. Trong nghiên cứu của Sliwa và nnk (2020) các tác giả đã tiến hành đo tốc độ khoan bằng cách đo tốc độ vòng quay của cần khoan và cảm biết áp suất không khí. Trong nghiên cứu của Guo và nnk (2022) các tác giả sử dụng kết hợp nhiều loại cảm biến, bao gồm cảm biến đo chiều dài, cảm biến đo tốc độ vòng quay và cảm biến áp suất dầu. Vấn đề của các giải pháp này là việc lắp đặt phức tạp và làm tăng chi phí của toàn bộ hệ thống.

Hệ thống tích hợp GNSS/IMU đã được ứng dụng rộng rãi trong định vị, dẫn đường, đo đạc và quan trắc công trình (Gebre và nnk, 2009). Máy thu GNSS thu tín hiệu từ các vệ tinh để tính toán ra vị trí của máy thu tại thời điểm hiện tại. GNSS RTK thường được áp dụng để cung cấp thông tin định vị thời gian thực với độ chính xác cỡ cm. GNSS RTK sử dụng một trạm cơ sở đặt tại một điểm cố định đã biết tọa độ và một trạm đo. Tín hiệu từ trạm cơ sở được truyền đến trạm đo để tính toán cạnh không gian giữa trạm cơ sở và trạm đo. Dựa vào tọa độ trạm cơ sở đã biết có thể tính toán được tọa độ mặt bằng X, Y và cao độ H của trạm đo. Khi nhận được đủ tín hiệu và cho ra lời giải fixed, độ chính xác tại trạm đo có thể đạt đến độ chính xác cỡ centimet. Như vậy, nếu đặt máy thu hoặc ăng ten GNSS trên cần khoan, sự thay đổi độ sâu của hố khoan dẫn đến sự thay đổi cao độ của cần khoan. Tốc độ khoan có thể được xác định dựa trên sự thay đổi cao độ của cần khoan theo thời gian. Tuy nhiên vấn đề nảy sinh trong quá trình khoan, không phải mũi khoan liên tục di chuyển tịnh tiến một chiều xuống phía dưới mà có rất nhiều tác vụ trong quá trình này như rút cần, thay cần, tạm dừng…Điều đó dẫn đến sự thay đổi cao độ của cần khoan không phản ánh được tốc độ khoan. Để giải quyết vấn đề này, một cảm biến quán tính (IMU) được sử dụng nhằm phát hiện đúng thời điểm mũi khoan khoan vào đất đá. IMU thường bao gồm một hệ con quy hồi chuyển và một hệ gia tốc kế để có thể đo được vận tốc góc và gia tốc ở 3 trục của hệ tọa độ vuông góc vật thể với tần số cao từ vài chục đến hàng trăm Hz. IMU thường được sử dụng một cách độc lập hoặc tích hợp với các hệ thống định vị, dẫn đường khác như GNSS để dẫn đường các phương tiện tốc độ cao hoặc khắc phục các vấn đề của GNSS trong điều kiện môi trường bị khuất, nhiễu vệ tinh (Trung, 2024).

Trong nghiên cứu này một thiết bị tích hợp GNSS/IMU được gắn trên cần khoan, tín hiệu tần số cao từ IMU được sử dụng để phân tích các dao động của cần khoan, từ đó có thể nhận biết được thời điểm máy khoan đang khoan vào đất đá. Khi đó, dữ liệu cao độ từ máy thu GNSS mới được sử dụng để tính tốc độ khoan. Thông tin tốc độ khoan được hiển thị trên phần mềm chuyên dụng tại hiện trường, đồng thời được

* *Tác giả liên hệ*
Email: duongthanhtrung@humg.edu.vn

truyền về máy chủ để có thể truy cập được từ xa cho quá trình quản lý và thiết kế phương án khoan một cách hiệu quả.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

Việc tính toán tốc độ khoan dựa trên hệ thống tích hợp GNSS/IMU bao gồm hai giai đoạn. Đầu tiên, cần xác định được khoảng thời gian máy thực hiện khoan và thứ hai là tính toán tốc độ khoan của máy trong quá trình khoan. Trong hai giai đoạn này thì việc xác định được khoảng thời gian mà máy thực hiện khoan là giai đoạn quan trọng hơn, bởi nếu ta có thể xác định được chuẩn xác được khoảng thời gian máy khoan thì có thể dễ dàng xác định được tốc độ khoan thông qua công thức:

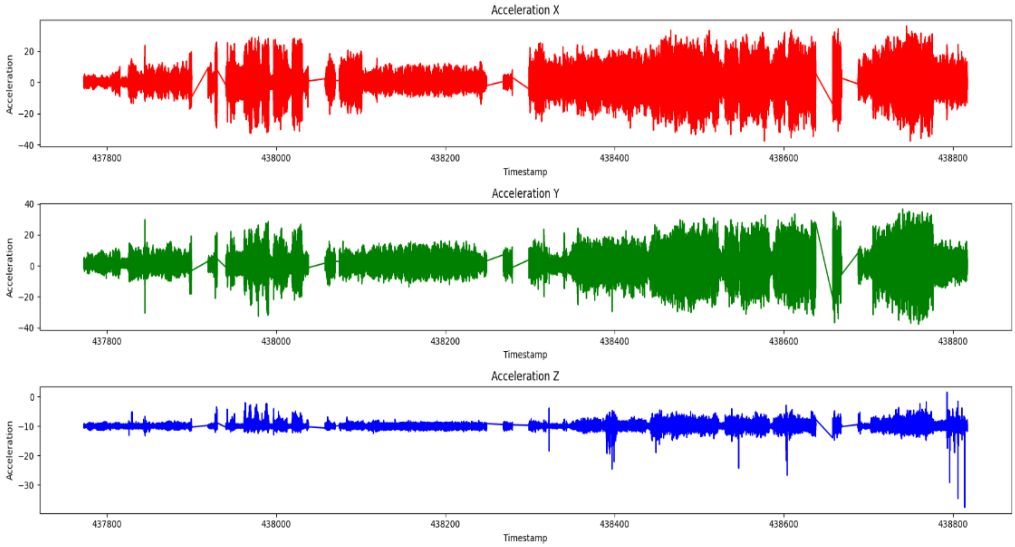
$$\boldsymbol{v = \frac{ds}{dt}} \quad (1)$$

Trong đó: $\boldsymbol{ds = H_t - H_{t-1}}$ - sự thay đổi độ cao của cần khoan trong khoảng thời gian dt.

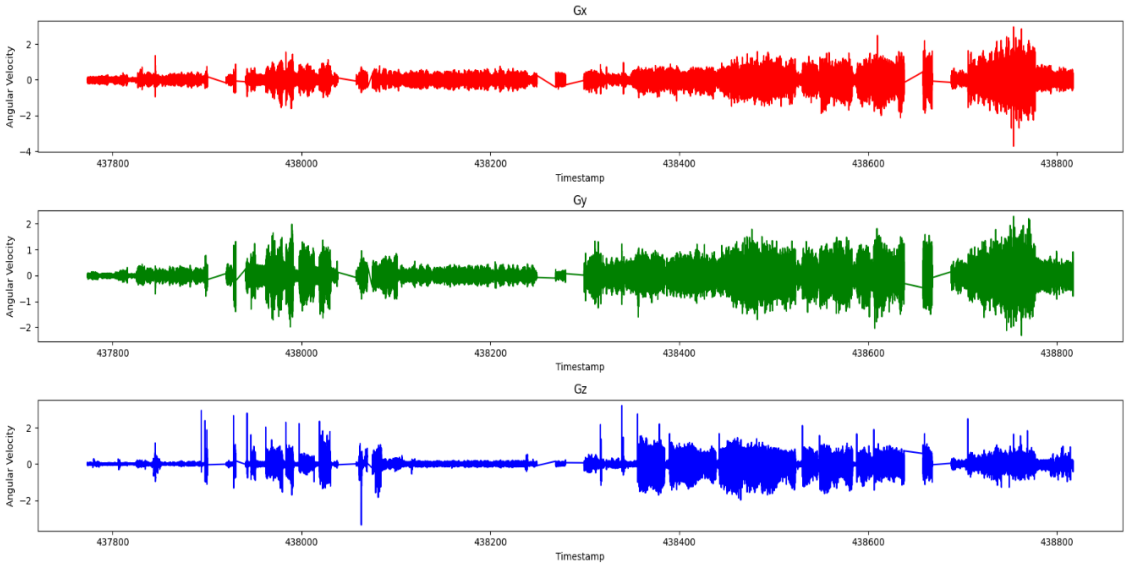
Do đó, phần này sẽ bao gồm hai phần: nguyên lý xác định thời điểm khoan dựa vào dữ liệu cảm biến IMU và tính toán tốc độ khoan dựa vào dữ liệu GNSS.

2.1. Xác định thời điểm khoan dựa vào tín hiệu IMU

Dữ liệu của cảm biến IMU (từ con quay hồi chuyển và gia tốc kế) cho biết tốc độ góc và gia tốc theo các phương x,y,z xác định trước. Để đưa ra được nguyên lý nhận dạng phù hợp, trước tiên cần phân tích các dữ liệu này, cụ thể, đồ thị của các dữ liệu trên theo thời gian được trình bày trong hình 1 và hình 2.



Hình 1 Tín hiệu từ Gia tốc kế



Hình 2. Tín hiệu từ cảm biến con quay

Quan sát đồ thị của các dữ liệu từ hai cảm biến, có thể đưa ra nhận xét rằng các thời điểm mà sự thay đổi về biên độ của dữ liệu theo các phương là có sự tương đồng, điều này gợi ý việc nghiên cứu sự thay đổi về tần số theo từng đoạn dữ liệu để đưa ra được thời điểm khoan chuẩn xác.

Để có được cái nhìn cụ thể hơn về tần số, thực hiện phép biến đổi Fourier trong thời gian ngắn (Short time Fourier transform-STFT). STFT là phép biến đổi thường được sử dụng để phân tích thành phần tần số của các chuỗi thời gian, tín hiệu không dừng bằng việc sử dụng phép biến đổi Fourier lên từng thành phần của tín hiệu. Công thức toàn học của STFT là:

$$\mathrm{STFT}\{x(t)\}(m,\omega) = X(m,\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] \cdot \omega[n-m] \cdot e^{-j\omega n} \quad (2)$$

trong đó:

$x[n]$ - chuỗi tín hiệu theo thời gian.

$\omega[n]$ - hàm cửa sổ (bộ lọc), thường là hàm liên tục trơn, kì vọng của hàm bằng 0.

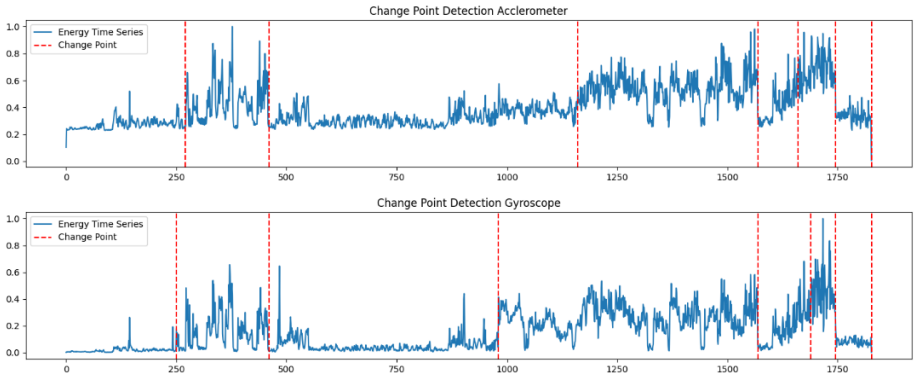
m - chỉ số thời gian, cho biết vị trí của bộ lọc.

ω - tần số góc.

j - đơn vị phức.

e - số euler.

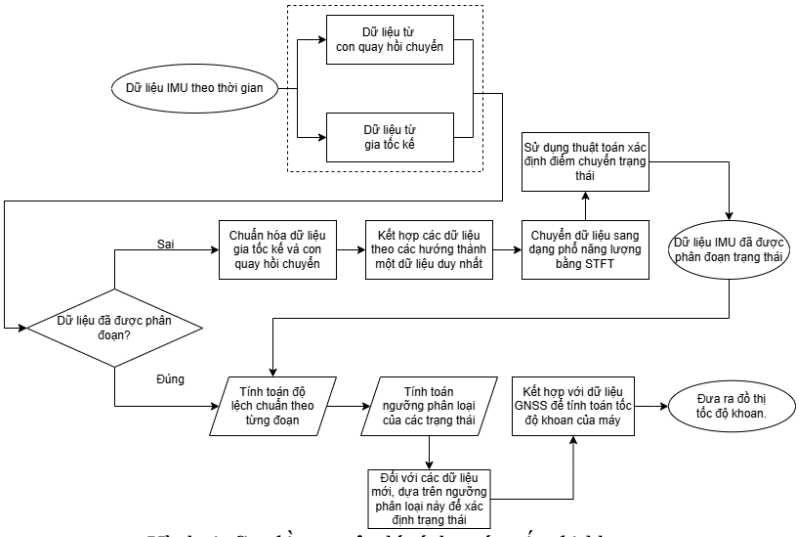
Sau phép biến đổi STFT, chúng ta thu được biểu đồ thể hiện mức năng lượng (biên độ dao động) tại từng bước thời gian. Bài toán bây giờ sẽ quy về bài toán phân đoạn tín hiệu, để phân đoạn một tín hiệu đạt độ chính xác cao, thì việc chuẩn hóa dữ liệu về một thang đo (thường là [0, 1]) là cách thường được sử dụng. Ở đây, do sự thay đổi vận tốc theo các hướng đều có ảnh hưởng như nhau nên có thể cộng các dữ liệu theo các hướng và chuẩn hóa về đoạn [0, 1]. Kết quả thu được trình bày trong hai đồ thị trong hình 3.



Hình 3. Kết quả phân đoạn tín hiệu, theo từng trạng thái khoan

Hình 3 cho thấy kết quả phân đoạn của cả hai bộ dữ liệu có sự tương đồng đáng kể. Các đoạn dữ liệu được phân loại thể hiện sự khác biệt rõ ràng về mức năng lượng. Kết quả này cho thấy phương pháp phân tích dữ liệu được sử dụng trong phần này có khả năng nhận diện chính xác thời điểm khoan.

2.2. Tính toán tốc độ khoan dựa vào dữ liệu GNSS



Hình 4. Sơ đồ nguyên lý tính toán tốc độ khoan

Trong khi IMU cung cấp thông tin về gia tốc và chuyển động quay, từ đó xác định được thời điểm khoan cụ thể thì GNSS mang lại dữ liệu chính xác về vị trí. Bằng cách kết hợp hai nguồn dữ liệu này, ta có thể tính toán tốc độ khoan một các đáng tin cậy.

Một trong những vấn đề quan trọng của bước này là đồng bộ thời gian của IMU và GNSS thông qua sử dụng một nguồn thời gian chung (thường là thời gian GPS). Sau khi thời gian được đồng bộ thì khoảng cách khoan sẽ được tính bằng khoảng cách giữa vị trí bắt đầu và vị trí kết thúc (theo trục $\boldsymbol{z}$) hoặc các phương pháp khác phù hợp.

Để tính toán tốc độ khoan, cần lưu ý tới hai loại tốc độ khoan là tốc độ khoan tức thời và tốc độ khoan trung bình. Để tính toán tốc độ khoan tức thời, ta chia khoảng cách khoan cho khoảng thời gian khoan. Để tính tốc độ khoan trung bình trên một khoảng thời gian dài hơn (giờ hoặc ngày), ta lấy trung bình của các tốc độ khoan tức thời. Sơ đồ nguyên lý của việc xác định tốc độ khoan dựa vào hệ thống GNSS/IMU có thể được trình bày như hình 4.

3. Kết quả và thảo luận

Số liệu thực nghiệm được tiến hành thu thập ngoài thực địa tại xã Lam Hồng, huyện Mê Linh, thành phố Hà Nội bằng máy khoan địa chất XY-1. Một thiết bị GNSS/IMU được gắn trên cần khoan để xác định tốc độ khoan như hình 5a. Thiết bị GNSS/IMU được kết nối với một thiết bị di động thông minh thông qua bluetooth để tiến hành thu thập, phân tích và hiển thị dữ liệu như hình 5b.

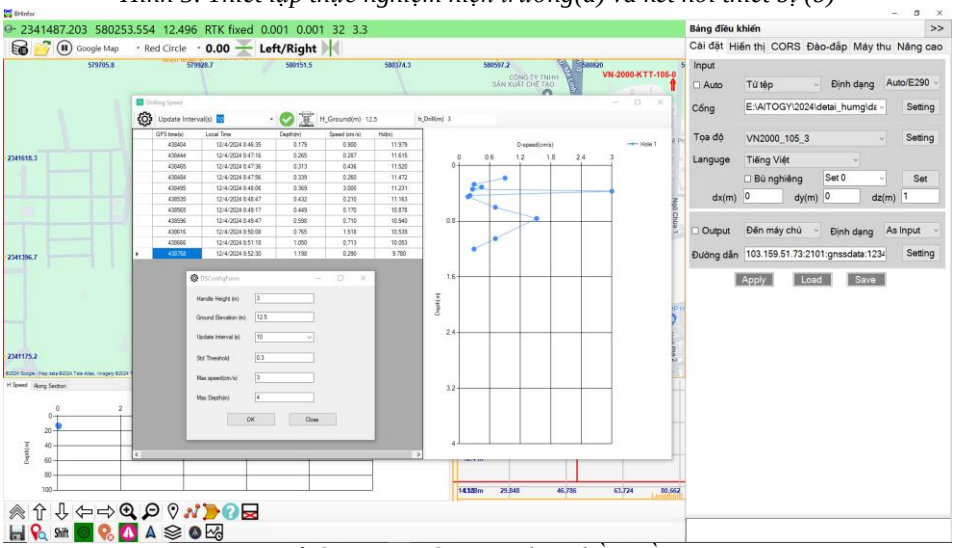
Một Mô đun phần mềm được thành lập để thu thập dữ liệu và tự động tính toán tốc độ khoan (Hình 6), với các chức năng chính bao gồm:

- Kết nối và cài đặt thiết bị GNSS/IMU
- Kết nối với trạm cơ sở để tiến hành đo GNSS RTK
- Phân tích dữ liệu IMU để xác định thời điểm khoan
- Tính toán tốc độ khoan
- Hiển thị tốc độ khoan
- Gửi thông tin tốc độ khoan về server.



(a) *(b)*

Hình 5. Thiết lập thực nghiệm hiện trường(a) và kết nối thiết bị (b)



Hình 6. Giao diện mô đun phần mềm

Kết quả tính toán theo phương pháp đã đề xuất được so sánh với số liệu chuẩn được theo dõi trong nhật ký thử nghiệm, trong đó độ sâu hố được đọc trên vạch chia ghi trên trên ốp khoan ứng với thời gian khoan-dừng được theo dõi bằng đồng hồ bấm giờ.

Số liệu được thu thập và theo dõi trong khoảng 20 phút, với độ sâu khoan từ khoảng 2m đến 7m. Kết quả tốc độ khoan được so sánh với nhật ký được thể hiện ở thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Kết quả tính toán so với nhật ký khoan

STT	Giờ địa phương		Giờ GPS (s)		Độ sâu (m)	Tốc độ khoan chuẩn (mm/s)	Tốc độ khoan đo(mm/s)
1	8:38	8:40	437898	438018	2,03	2,2	2,1
2	8:45	8:52	438318	438738	5,21	6,5	7,7
3	8:55	8:58	438918	439098	6,95	4,7	4,5

Từ kết quả cho thấy rằng tốc độ khoan được xác định dựa trên công nghệ tích hợp GNSS/IMU cho kết quả phù hợp với kết quả được tính toán dựa trên nhật ký khoan. Kết quả sai lệch lớn nhất vào khoảng 1,2 mm/s. Sự sai lệch này do ảnh hưởng của hai yếu tố chính là việc nhận dạng thời điểm khoan và sai số xác định cao độ cần khoan bằng GNSS.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã đề xuất giải pháp đo tốc độ hố khoan dựa trên công nghệ tích hợp GNSS và IMU. Trong đó tín hiệu từ IMU được sử dụng để xác định thời điểm khoan và dữ liệu từ máy thu GNSS được dùng để xác định cao độ của hố khoan tại các thời điểm khoan.

Các phép phân tích tín hiệu IMU đã được đề xuất để tự động xác định thời điểm khoan trong một loạt các tác vụ khác nhau trong quá trình vận hành khoan. Giải pháp GNSS RTK được áp dụng nhằm xác định độ sâu của hố khoan ở thời gian thực với độ chính xác cỡ cm.

Thực nghiệm đã được tiến hành ở thực địa để thu thập số liệu. Một mô đun phần mềm đã được lập để tính toán tốc độ khoan dựa trên các phương pháp được đề xuất trong nghiên cứu. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng phương pháp đề xuất có thể được sử dụng để xác định tốc độ khoan ở thời gian thực.

Để đánh giá độ chính xác của phương pháp đề xuất, cần có thêm những thực nghiệm thực địa và các hệ thống đo đạc tham chiếu để so sánh.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được hỗ trợ kinh phí từ đề tài mã số ĐT.CNKK.QG.011/23, được cấp bởi Bộ Công thương và trường Đại học Mỏ-Địa chất.

Tài liệu tham khảo

Guo, P.; Zhang, Z.; Wang, X.; Yue, Z.; Zhang, M., 2022. A Novel Borehole Cataloguing Method Based on a Drilling Process Monitoring (DPM) System. Energies. 15, 5832. *https://doi.org/10.3390/en15165832*

Gebre-Egziabher D., Gleason S, 2009. GNSS Applications and Methods, Artech.

Sliwa, T.; Jarosz, K.; Rosen, M.A.; Sojczyńska, A.; Sapińska-Śliwa, A.; Gonet, A.; Fąfera, K.; Kowalski, T.; Ciepielowska, M., 2020. Influence of Rotation Speed and Air Pressure on the Down the Hole Drilling Velocity for Borehole Heat Exchanger Installation. Energies. 13, 2716. https://doi.org/10.3390/en13112716Tang, Z., 1989. The related program of drilling geology. *Geol. Explor*. 11, 60–62.

Trung, D.T., 2024. The integration of GNSS RTK and IMU with extended particle filter. J. *Hydro-Meteorol*. 20, 66-74.

Veeger, A.; Murray, D.; Hermes, O.; Boothroyd, J.; Hamidzada, N., 2003. Geographic information system-based digital catalog for managing subsurface geotechnical and geologic data. *Transp. Res. Record*, 1821, 90–96. [Google Scholar] [CrossRef]

Zhao, W., 2006. The three projects of geomechanics, deep geology, and scientific drilling opened a new chapter in the history of Chinese geosciences-celebrating the 50th anniversary of the founding of the Chinese Academy of Geological Sciences. *Acta Geosci.* Sin. 27, 385–392. [Google Scholar]

ABSTRACT

Drilling speed tracking based on integrated GNSS RTK/IMU technology

Duong Thanh Trung[1], Pham Van Hoa[1], Nguyen Trung Dung[2], Tran Manh Dung[2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Hanoi University of Science and Technology*

In blast drilling or geological exploration drilling, the drilling speed and depths can provide information about the hardness and physical properties of the rock. This study aims to introduce a solution for determining and tracking drilling speed based on the integration of the Global Navigation Satellite System (GNSS) and Inertial Measurement Unit (IMU). While the signal from the IMU is used for analysis to identify the drilling time, the elevation data from the GNSS is used to calculate the drilling speed in real time. The results from the experiment show that the integrated solution of GNSS RTK/IMU allows automatic determination and tracking of drilling speed in real time with an accuracy of mm/s.

Keywords: drilling speed; GNSS; IMU

TIỂU BAN
VẬT LÝ, HÓA HỌC & ỨNG DỤNG

MỤC LỤC

Phương pháp khảo sát hiệu suất lượng tử của vật liệu quang điện tử
Nguyễn Xuân Chung 1387

Xây dựng công thức bào chế cao lỏng Desugan từ một số dược liệu dùng hỗ trợ bệnh đái tháo đường type 2
Nguyễn Phương Dung, Trần Văn Thanh, Nguyễn Viết Hùng, Nguyễn Mạnh Hà, Lê Thị Phương Thảo 1393

Nghiên cứu quy trình chiết xuất Scopolamin trong cây Cà Độc Dược chữa bệnh động Parkinson
Nguyễn Thu Hà, Vũ Thị Minh Hồng, Lê Thị Vinh 1399

Nghiên cứu nguyên lý và ứng dụng của phương pháp chiết xuất siêu tới hạn với lưu chất CO_2
Võ Thị Hạnh, Vũ Thị Minh Hồng, Phạm Tiến Dũng, Nguyễn Mạnh Hà 1405

Thực trạng ô nhiễm thuốc kháng sinh tác động đến con người và môi trường sống
Võ Thị Hạnh, Nguyễn Thị Thu Hiền, Nguyễn Thị Kim Thoa, Lê Thị Vinh 1411

Than từ các phụ phẩm nông nghiệp hấp phụ kháng sinh Ciprofloxacin
Đỗ Thị Hải, Nguyễn Thị Kim Thoa, Nguyễn Hồng Nam 1415

Thăng giáng exciton ngoài trạng thái ngưng tụ trong hệ bán kim loại, bán dẫn ảnh hưởng bởi mất cân bằng khối lượng
Đỗ Thị Hồng Hải, Nguyễn Thị Diệu Thu, Nguyễn Thị Hậu 1421

Ảnh hưởng của tương tác điện tử - photon lên trạng thái ngưng tụ exciton-polariton trong vi hốc bán dẫn
Nguyễn Thị Hậu, Đỗ Thị Hồng Hải, Phan Văn Nhâm 1428

Đánh giá khả năng thuỷ phân tinh bột trong môi trường axit kết hợp vi sóng
Lưu Huy Hiếu, Nguyễn Quang Hải, Nguyễn Thị Phượng, Nguyễn Thị Thương, Nguyễn Thị Phương Thảo, Nguyễn Lâm Quỳnh, Đặng Văn Danh Thái, Lê Thị Phương Thảo 1434

Hoạt tính sinh học và dược lý của axit anacardic chiết xuất từ vỏ hạt điều
Vũ Thị Minh Hồng, Lê Thị Vinh 1439

Tìm hiểu về tác dụng giảm đau, chống viêm của dịch cây điều Anacardium occidentale
Vũ Thị Minh Hồng, Nguyễn Thu Hà 1445

Hạt nano vàng: nghiên cứu chế tạo và tính chất
Nguyễn Mạnh Hùng, Đào Việt Thắng 1451

Tổng hợp và đánh giá đặc tính giống thuốc của một số dẫn chất mang khung 2-(5-(pyridin-2-yl)-1H-tetrazol-1-yl)acetamid
Nguyễn Viết Hùng, Trần Phương Thảo, Hoàng Văn Hải, Trần Đình Hoàng, Nguyễn Phương Dung, Nguyễn Thị Kim Thoa, Công Tiến Dũng, Hà Mạnh Hùng, Nguyễn Thị Thu Hiền 1456

Khảo sát tính chất của vật liệu nano phát quang chuyển đổi ngược chứa Er^{3+} và Tm^{3+}
Hà Thị Phượng, Lê Thị Vinh, Phan Diệu Hằng, Nguyễn Thu Thuỷ, Đào Thị Ngoãn, Từ Anh Phong, Nguyễn Thị Nguyệt, Hoàng Xuân Cường, Nguyễn Thị Lệ, Hoàng Thị Thu Trang, Chu Nông Quân Huấn, Trần Thu Hương 1463

Ảnh hưởng của hạt nano TiO_2 tới quá trình kết tủa điện hoá của niken
Lê Thị Phương Thảo, Nguyễn Mạnh Hà 1468

Nghiên cứu khả năng hấp phụ của khoáng sét haloysit đối với Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}
Lê Thị Phương Thảo, Nguyễn Viết Hùng, Hà Mạnh Hùng, Công Tiến Dũng, , Bùi Hoàng Bắc, Lê Thị Thu, Nguyễn Thị Lan Anh, Lê Thị Duyên 1473

Ảnh hưởng của Sr lên cấu trúc tinh thể và tính chất vật lí của vật liệu $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ ($x = 0 \div 0,4$)
Đào Việt Thắng, Nguyễn Mạnh Hùng 1480

Chiết xuất và đánh giá hoạt tính sinh học của polyphenol trong thực vật
Nguyễn Thị Kim Thoa, Nguyễn Mạnh Hà, Nguyễn Văn Thắng, Trần Đức Trung, Lê Thị Phương Thảo 1486

Các hợp chất triterpenoid phân lập từ lá loài xoan đào Melia Toosenden
Nguyễn Thị Kim Thoa, Nguyễn Thị Thu Hiền 1492

Các hợp chất serquiterpenoid được phân lập từ hoa cúc trắng Chrysanthemum sinense
Vũ Kim Thư 1496

Xây dựng thí nghiệm ảo: "Khảo sát hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng" bằng ngôn ngữ lập trình Python
Tống Bá Tuấn, Lê Đắc Tuyên, Bùi Hữu Nguyên, Hồ Quỳnh Anh, Đào Việt Thắng 1500

Tổng hợp và đánh giá đặc trưng vật liệu nano $NaYF4:Yb^{3+}/Er^{3+}@SiO_2$
Lê Thị Vinh, Hà Thị Phượng, Trần Thu Hương 1507

Phương pháp khảo sát hiệu suất lượng tử của vật liệu quang điện tử

Nguyễn Xuân Chung*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

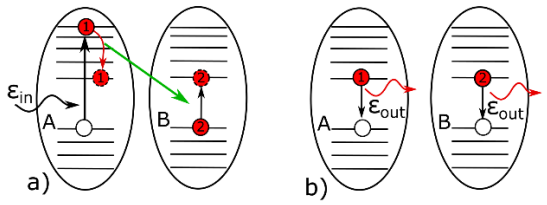
TÓM TẮT

Trong báo cáo này, tác giả trình bày về các phương pháp đo lường hiệu suất lượng tử của vật liệu quang điện tử và tầm quan trọng của đại lượng này trong việc tăng cường độ nhạy quang của các thiết bị sử dụng vật liệu này như photodiode, pin mặt trời, cảm biến hình ảnh…. Có rất nhiều phương pháp thực nghiệm đo hiệu suất lượng tử của vật liệu quang điện tử, với các điều kiện ứng dụng rất đa dạng như khả năng hấp thụ, khả năng phát quang của vật liệu, dải bước sóng mà vật liệu phát quang. Các phương pháp này đều liên quan đến việc đếm số lượng photon được hấp thụ và số photon được phát xạ bởi vật liệu. Nguyên lý hoạt động, các ưu và nhược điểm của các phương pháp này được trình bày và phân tích cụ thể. Nguyên nhân tạo ra các tín hiệu giả trong phép đo hiệu suất lượng tử và cách khắc phục được bàn luận.

Từ khóa: năng lượng vùng cấm thấp; hiệu suất lượng tử; phổ phát xạ huỳnh quang; phổ hấp thụ

1. Mở đầu

Hiện tượng nhân hạt tải điện là một trong những chủ đề được quan tâm đối với các nhà nghiên cứu vật liệu quang điện tử. Đối với thiết bị sử dụng vật liệu quang điện tử như các đầu dò quang, cảm biến quang, pin mặt trời, cảm biến hình ảnh… thì hiện tượng nhân hạt tải điện giúp tăng cường hiệu suất chuyển đổi quang - điện, tức là độ nhạy của thiết bị được tăng lên. Hình 1 giải thích về quá trình nhân hạt tải điện diễn ra dưới tác dụng kích thích quang (Timmerman, D. 2011). Trong hiện tượng này, khi một điện tử (1) được kích thích ở mức năng lượng cao dưới tác dụng của một photon có năng lượng ε_{in} lớn hơn 2 lần năng lượng vùng cấm của hạt nano (hoặc chấm lượng tử), mức năng lượng của điện tử đối với đáy vùng dẫn (mũi tên màu đỏ trên Hình 1a) vượt quá năng lượng vùng cấm. Phần năng lượng này kích thích một điện tử (2) ở hạt nano lân cận, điện tử (1) chuyển mức năng lượng xuống đáy của vùng dẫn. Kết quả là có hai điện tử (1) và (2) trên vùng dẫn. Hai điện tử này sẽ tái hợp với hai lỗ trống tương ứng và tạo ra 2 photon có mức năng lượng ε_{out} thấp hơn năng lượng kích thích ε_{in}. Như vậy, một photon năng lượng cao hơn 2 lần năng lượng vùng cấm có khả năng tạo ra 2 cặp điện tử - lỗ trống. Đối với các vật liệu dạng khối, hiện tượng nhân quang điện cũng xảy ra, tuy nhiên xác suất diễn ra thường thấp hơn nhiều so với vật liệu hệ thấp chiều. Điều này thấy rõ nhất đối với vật liệu có năng lượng vùng cấm xiên, do có hiệu ứng giam cầm lượng tử mà giản đồ năng lượng-xung lượng (E - K diagram) trong vật liệu này gần giống như trong vật liệu bán dẫn vùng cấm thẳng, hiệu suất phát xạ tăng lên.



Hình 1. Cơ chế hiện tượng nhân hạt tải điện trong các hạt tinh thể nano: Photon năng lượng cao ε_{in} kích thích một cặp điện tử - lỗ trống (a), năng lượng trên mức đáy vùng dẫn (mũi tên màu đỏ) tạo thêm một cặp điện tử - lỗ trống ở hạt nano bên cạnh. Cuối cùng có hai cặp điện tử lỗ trống ở trong 2 hạt nano riêng biệt (b)

Các vật liệu quang điện tử thông thường, năng lượng vùng cấm ở vùng khả kiến hoặc cận hồng ngoại nên chúng chỉ hấp thụ vùng năng lượng tử ngoại và vùng nhìn thấy. Khi chúng hoạt động, chúng chỉ chuyển

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenxuanchung@humg.edu.vn

đổi được một phần nhỏ trong phổ phát xạ của năng lượng mặt trời. Khi giảm năng lượng vùng cấm, phổ hấp thụ sẽ được kéo dài sang vùng bước sóng dài (cận hồng ngoại). Do vậy, một phần phổ phát xạ của năng lượng mặt trời được tận dụng và nâng cao hiệu suất chuyển đổi quang - điện của vật liệu.

Khi có hiện tượng nhân hạt tải dưới tác dụng kích thích của photon ánh sáng năng lượng cao, số lượng hạt tải điện được tăng cường (Weber, G.,1957). Hiện tượng nhân hạt tải điện được xác định định tính thông qua hiệu suất lượng tử tuyệt đối:

$$\eta(\epsilon) = \frac{N_{em}(\epsilon)}{N_{abs}(\epsilon)} \quad (1)$$

với N_{em}, N_{abs} là số hạt photon được phát xạ và hấp thụ bởi vật liệu quang điện tử dưới tác dụng của năng lượng photon kích thích ϵ.

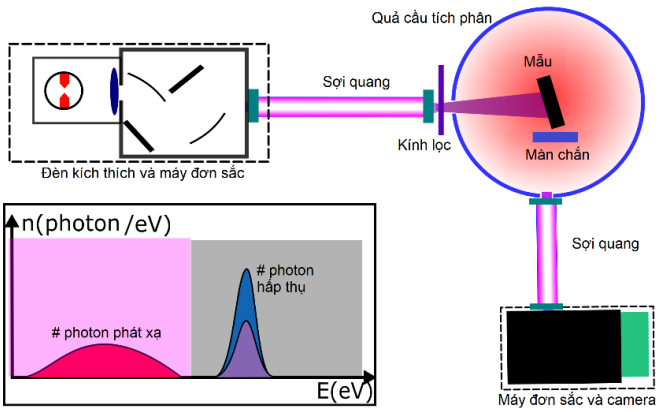
Có rất nhiều phương pháp xác định hiệu suất lượng tử (Valenta, J. 2014; Dam, B.V. 2018, Kubin, R.F.1982), mỗi phương pháp đều có ưu, nhược điểm cũng như phạm vi ứng dụng nhất định. Nội dung cụ thể về các phương pháp này sẽ được trình bày dưới đây. Để đo được hiệu suất lượng tử tuyệt đối, quả cầu tích phân được sử dụng để thu được tất cả các photon phát xạ theo tất cả các hướng khác nhau, tuy nhiên nhược điểm của phương pháp này là tỷ số tín hiệu trên nhiễu thấp. Các phương pháp khác có thể không sử dụng quả cầu tích phân hoặc kết hợp với quả cầu tích phân được áp dụng để tính hiệu suất lượng tử tương đối, tức là biết được hệ số tăng của hiệu suất lượng tử so với giá trị hiệu suất tại một năng lượng kích thích nào đó được chọn làm giá trị ban đầu. Các phương pháp đo hiệu suất lượng tử đều có các sai số hệ thống, các công thức này được thiết lập từ lý thuyết, sai số chủ yếu đến từ sự thăng giáng của cường độ nguồn sáng kích thích trong quá trình đếm số photon được hấp thụ bởi vật liệu.

Dựa vào hình dạng của đồ thị thể hiện sự phụ thuộc của hiệu suất lượng tử vào năng lượng kích thích, sự hiện diện của hiện tượng nhân hạt tải có thể được dự đoán. Nếu đồ thị có dạng "bước nhảy bậc thang" theo năng lượng kích thích, có thể kết luận được sự hiện diện hiện tượng nhân hạt tải điện (Timmerman, D. 2011). Tuy nhiên, trong một số trường hợp mẫu có các sai hỏng tạo nên các mức năng lượng trung gian như các "bẫy" điện tử, làm giảm số photon phát xạ, hình dạng "bước nhảy bậc thang" không xuất hiện mặc dù có hiện tượng nhân hạt tải điện. Trong trường hợp này, phép đo hấp thụ cảm ứng (induced absorption) dùng để đo quá trình phân rã số lượng hạt tải điện tự do được áp dụng để phân tích.

2. Các phương pháp nghiên cứu hiệu suất lượng tử

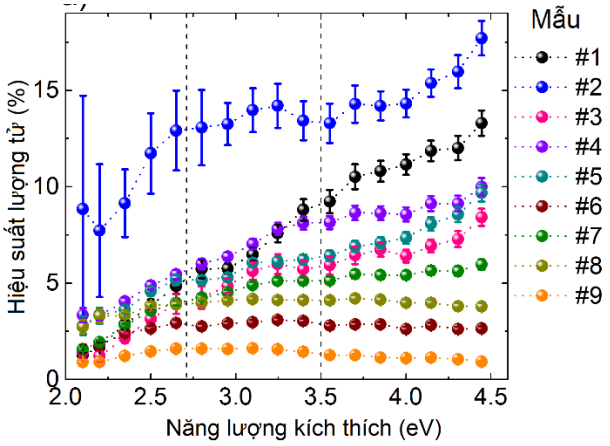
2.1. Với hệ vật liệu hấp thụ và phát xạ mạnh

Dưới tác dụng kích thích của các photon năng lượng cao, các điện tử được kích thích lên mức năng lượng phía trên đáy của vùng dẫn. Các điện tử này sau đó được di chuyển xuống mức năng lượng thấp hơn và ngưng tụ trong một thời gian rất ngắn tại đáy của vùng dẫn. Tiếp theo, các điện tử này sẽ chuyển mức năng lượng thấp hơn sau khi tái hợp với lỗ trống và phát ra photon. Do vậy, số lượng điện tử sinh ra tỷ lệ thuận với số lượng photon phát ra. Do các photon được phát xạ ra các hướng khác nhau, quả cầu tích phân được sử dụng để thu thập được toàn bộ số photon này, hệ đo có cấu tạo như Hình 2. Hệ này được áp dụng để khảo sát hiệu suất lượng tử tuyệt đối do mẫu hấp thụ và phát xạ mạnh, số lượng photon hấp thụ và bức xạ được đếm chính xác.



Hình 2. Hệ đo hiệu suất lượng tử tuyệt đối của vật liệu hấp thụ mạnh và phát quang mạnh sử dụng quả cầu tích phân. Số photon phát xạ tính bằng diện tích của phổ phát xạ huỳnh quang (màu đỏ), trong khi số lượng photon hấp thụ tính bằng phần diện tích chênh lệch của phổ ánh sáng kích thích khi đặt mẫu và để

Các loại tín hiệu giả có thể có trong hệ đo: hệ đo trên được áp dụng chủ yếu với các vật liệu hấp thụ mạnh và phát xạ mạnh. Thực tế, tín hiệu thu được trên máy quang phổ thực tế chỉ chiếm khoảng vài phần trăm so với tổng tín hiệu thực do mẫu phát xạ hoặc hấp thụ, tỷ số tín hiệu trên nhiễu trong nhiều trường hợp vẫn là vấn đề cần quan tâm. Sự thăng giáng cường độ của nguồn kích thích ảnh hưởng lên kết quả đo số photon hấp thụ.

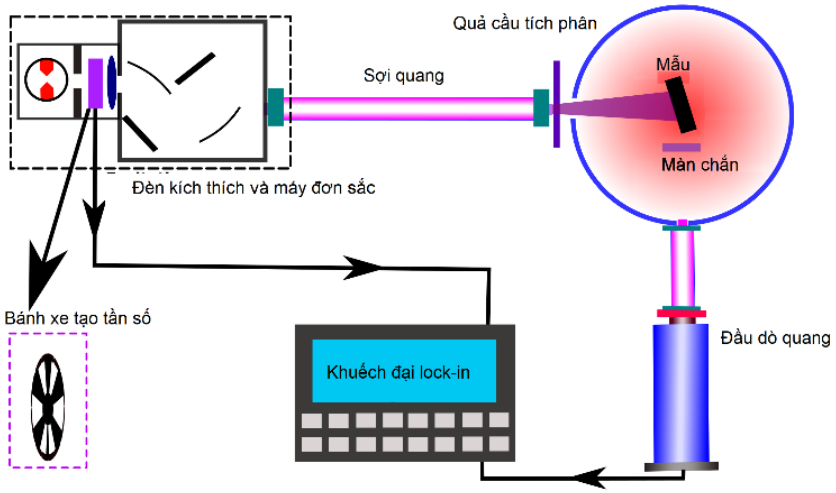


Hình 3. Một ví dụ kết quả đo hiệu suất lượng tử tuyệt đối của các chấm lượng tử silic trong các mẫu trong dải năng lượng kích thích từ 2.1 đến 4.4 eV, sử dụng hệ đo trên Hình 2

Hình 3 là ví dụ về kết quả đo hiệu suất lượng tử tuyệt đối của các các chấm lượng tử silic có cấu trúc nano trong 9 mẫu đa lớp với các thông số chế tạo mẫu khác nhau như nồng độ silic phún xạ trên đế, nhiệt độ nung mẫu (Chung, N.X. 2017), sai số của các điểm đo được thể hiện trên hình phần lớn đến từ sai số vùng hấp thụ thấp của mẫu. Các bước nhảy bậc thang thể hiện rõ trong các mẫu #2, #4, trong khi với các mẫu khác hiện tượng nhân hạt tải điện chỉ là thứ yếu và bước nhảy bậc thang không thể hiện rõ.

2.2. Với vật liệu hấp thụ mạnh, phát xạ yếu

Đối với các vật liệu này thì việc đo lường số photon phát xạ là một thách thức. Trong trường hợp này, có thể sử dụng kết hợp hệ đo trên Hình 2 để đo số photon hấp thụ, còn số photon phát xạ được đo trên cảm biến (Chung, N.X. 2018). Khi đó, phần cửa ra của quả cầu được nối với sợi quang và được nối với cảm biến. Tại đây, cảm biến sẽ thu nhận toàn bộ số photon phát xạ từ mẫu, số photon nhận được tỷ lệ thuận với hiệu điện thế tạo ra trên cảm biến. Cấu tạo hệ đo số photon phát xạ yếu được trình bày trên Hình 4.



Hình 4. Hệ đo số photon phát xạ đối với mẫu phát xạ yếu, số photon hấp thụ được đo bằng hệ đo trên thông qua hệ sử dụng quả cầu tích phân trên hình 2. Bánh xe (chopper) tạo tần số xung cho ánh sáng kích thích. Khuếch đại lock-in được sử dụng nhằm khuếch đại các xung ánh sáng phát xạ từ mẫu mà không khuếch đại nhiễu

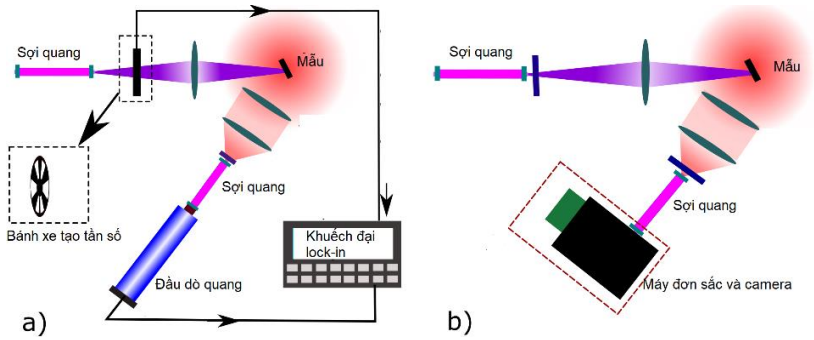
Thực tế cảm biến có độ nhạy cao hơn camera rất nhiều lần do diện tích thu tín hiệu của cảm biến lớn hơn diện tích của 1 điểm ảnh trên camera, tuy nhiên camera cho chi tiết về hình dạng phổ phát xạ, trong khi cảm biến chỉ cho biết số photon mà cảm biến nhận được. Đối với hệ đo sử dụng cảm biến, mạch khuếch đại lock-in được sử dụng (Baak, D.V.V. 2014; Libbrecht, K.G. 2003) để khuếch đại tín hiệu. Ánh sáng kích thích được chiếu qua một bánh xe có các khe (chopper) để ánh sáng truyền qua. Khi đó, cường độ ánh sáng kích thích theo thời gian có dạng xung, và ánh sáng phát xạ cũng có cùng dạng xung với cùng tần số. Mạch khuếch đại lock-in chỉ khuếch đại ánh sáng phát xạ từ mẫu mà không khuếch đại nhiễu. Hệ sử dụng khuếch đại lock-in được thể hiện trên Hình 4 và Hình 5. Hệ đo này có ưu điểm là loại trừ được các nguồn nhiễu từ bên ngoài, cho phép chỉ khuếch đại ánh sáng phát xạ từ mẫu. Tuy nhiên, hệ vẫn có thể có tín hiệu giả nếu đỉnh phổ phát xạ dịch chuyển khi thay đổi bước sóng ánh sáng kích thích, khi đó phổ sẽ dịch vào các vùng bước sóng mà cảm biến có độ nhạy khác nhau, và số photon thu được không còn tỷ lệ thuận với tín hiệu trên cảm biến nữa.

2.3. Với hệ vật liệu hấp thụ yếu và phát xạ yếu

Đối với các mẫu có khả năng hấp thụ thấp, việc sử dụng quả cầu tích phân không còn phù hợp do tín hiệu truyền qua mẫu mà máy đơn sắc nhận được nhỏ hơn nhiều so với cường độ ánh sáng truyền qua thực tế. Trong trường hợp này, sự chênh lệch về cường độ truyền qua của ánh sáng kích thích khi đi qua mẫu và đế rất khó phân biệt. Bên cạnh đó, cường độ ánh sáng kích thích của đèn cần phải rất ổn định theo thời gian, nếu sự thăng giáng tương đối của cường độ sáng kích thích theo thời gian gần tương đương với sự hấp thụ của mẫu thì số photon hấp thụ được tính với sai số rất lớn và không tin cậy. Để tránh vấn đề trên, mẫu được đo trong máy đo hấp thụ sử dụng chế độ tia kép cho phép hiệu chỉnh kết quả khi có sự thăng giáng của nguồn sáng kích thích, do vậy kết quả đo được có độ chính xác rất cao. Sau khi có được phổ hấp thụ của mẫu, số photon hấp thụ được tính bằng với tích của số photon kích thích (tính từ cường độ ánh sáng kích thích và năng lượng photon kích thích) và độ hấp thụ của mẫu.

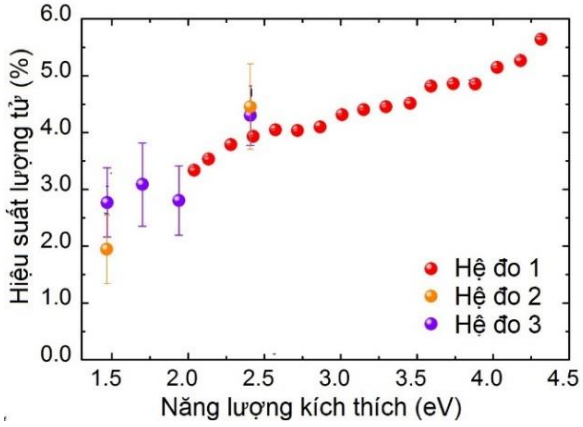
Hình 5 thể hiện sơ đồ của hệ đo hiệu suất lượng tử của mẫu với phổ phát xạ trong vùng hồng ngoại gần (a) và phổ phát xạ trong vùng ánh sáng nhìn thấy (b). Việc khảo sát phổ phát xạ vùng cận hồng ngoại thường ít dùng camera hơn do giá thành của các camera hồng ngoại và máy đơn sắc vùng hồng ngoại tương đối cao. Việc sử dụng đầu dò quang vùng hồng ngoại (các đầu dò sử dụng vật liệu năng lượng vùng cấm thấp) được làm lạnh ở nhiệt độ thấp (giảm nhiễu nhiệt) kết hợp với khuếch đại lock-in sẽ giúp xác định được số lượng hạt photon phát xạ từ mẫu. Hệ này yêu cầu sử dụng kính lọc vì đầu dò cũng có thể nhạy với ánh sáng kích thích tán xạ trên mẫu. Đối với ánh sáng vùng khả kiến, camera và máy đơn sắc thường được sử dụng do thiết bị có giá không quá cao trên thị trường. Số photon đếm được trên phổ ký trên Hình 5 được tăng lên nhiều lần so với hệ trên Hình 4 do sử dụng thấu kính hội tụ với độ mở (numerical aperture) lớn, bằng cách thay đổi các thấu kính với độ mở khác nhau, độ nhạy của hệ được cải thiện.

Hệ đo trên Hình 5 có ưu điểm là độ nhạy cao, đo đạc nhanh. Tuy nhiên, sự thay đổi tiêu cự các thấu kính theo bước sóng ánh sáng kích thích có thể gây ra hiện tượng bị mất trực chuẩn, khi đó các phép đo ứng với các bước sóng kích thích khác nhau không còn thực hiện trong cùng một điều kiện giống nhau nữa, và dẫn tới sai số của hệ đo.



Hình 5. Sơ đồ hệ đo sử dụng khuếch đại lock-in dùng cho mẫu phát xạ vùng hồng ngoại gần (a) và cho mẫu phát xạ vùng khả kiến (b)

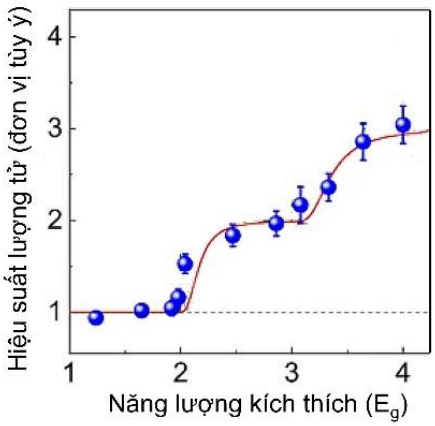
Trong một số loại vật liệu có hiệu suất phát xạ và hấp thụ mạnh ở vùng này, nhưng lại thấp ở các vùng khác, vì vậy việc kết hợp các phương pháp với nhau là giải pháp tốt để tìm ra được hiệu suất lượng tử trên toàn dải năng lượng kích thích. Hình 6 thể hiện kết quả của phép đo hiệu suất lượng tử tuyệt đối của mẫu được tạo bởi các hạt tinh thể nano silic pha tạp đồng thời phốtpho và bo bằng ba phương pháp nêu ở trên (Chung, N.X. 2018). Năng lượng vùng cấm của vật liệu này khoảng 1,08 eV, do vậy năng lượng kích thích được chọn từ 1,5 eV trở lên.



Hình 6. Hiệu suất lượng tử của tinh thể silic pha tạp đồng thời phốtpho và bo sử dụng 3 hệ đo kết hợp: hệ đo 1 (hệ trên Hình 2), hệ đo 2 (hệ trên Hình 4) và hệ đo 3 (hệ trên Hình 5)

Đối với mẫu pha tạp, một phần phổ phát xạ của mẫu được thu nhận trên camera đo vùng khả kiến, phần còn lại trong vùng hồng ngoại được ghi trên máy phân tích đơn sắc vùng hồng ngoại, do vậy số lượng photon phát xạ được ngoại suy dựa trên phổ phát xạ này (các điểm màu đỏ). Đối với vùng cận hồng ngoại, các điểm thực nghiệm (màu vàng sử dụng hệ đo trên Hình 4, các điểm đo màu tím sử dụng phương pháp trên Hình 5. Kết quả cho thấy các phương pháp đo khác nhau đều kết quả thống nhất với nhau và nằm trong phạm vi sai số của phép đo.

Hình 7 thể hiện kết quả đo sự thay đổi hiệu suất lượng tử của các vật liệu perovskite ứng dụng làm pin mặt trời (Wang, Y., 2023). Ở đây, hiệu suất lượng tử có đơn vị tùy ý do đồ thị thể hiện sự biến thiên của hiệu suất lượng tử so với giá trị chuẩn khi năng lượng kích thích dưới 2 lần năng lượng vùng cấm, khi đó hiện tượng nhân hạt tải điện chưa xảy ra. Năng lượng kích thích được tính bằng bội số lần của năng lượng vùng cấm để thể hiện các bước nhảy của hiệu suất lượng tử xảy ra tại các giá trị năng lượng kích thích bằng số nguyên lần năng lượng vùng cấm, kết quả này phù hợp mô hình nhân hạt tải điện (đường màu đỏ) được đề xuất bởi tác giả Timmerman trước đó (Timmerman, D., 2011).



Hình 7. Kết quả đo sự thay đổi hiệu suất lượng tử của vật liệu perovskite theo năng lượng kích thích, trong đồ thị này năng lượng kích thích được tính bằng bội số của năng lượng vùng cấm để thể hiện các bước nhảy hiệu suất lượng tử khi năng lượng kích thích bằng số nguyên lần năng lượng vùng cấm E_g

3. Kết luận

Có rất nhiều phương pháp đo hiệu suất lượng tử của vật liệu, sự kết hợp giữa các phương pháp sẽ giúp tìm ra được kết quả hoàn chỉnh trong một dải năng lượng kích thích rộng và khả thi cho nhiều vật liệu khác nhau. Các phương pháp cần được áp dụng trong những phạm vi nhất định như vùng phát xạ của vật liệu, độ chính xác của phép đo mà người thực hiện cần đạt được, thời gian đo, chi phí cho thiết bị.... Các phương pháp này cần được xem xét để áp dụng trong các phòng thí nghiệm trong nước cho phù hợp với điều kiện hiện có.

Tài liệu tham khảo

Baak, D.V.V, 2014. Response of a lock-in amplifier to noise, *American Journal of Physics*, 82, 785-797.

Chung, N.X., Limpens, M., Gregorkiewicz, T., 2017, Photoluminescence quantum yield in ensembles of Si nanocrystals, *Advanced Optical Materials*, 1600709, 1-8.

Chung, N.X., Limpens, R., Weerd, R., Lesage, A., Fujii, M., Gregorkiewicz, T., 2018, Toward practical carrier multiplication: Donor/acceptor codoped Si nanocrystals in SiO_2, *ACS Photonics*, 5, 2843-2849.

Dam, B.V., Bruhn, B., Dohnalova, K., 2018, Limits of emission quantum yield determination, *AIP Advances*, 8, 1-7.

Kubin, R.F., Fletcher, A.N., 1982, Fluorescence quantum yields of some rhodamine dyes, *Journal of Luminescence*, 27, 4, 455-462.

Libbrecht, K.G., Black, E.D., Hirata, C.M., 2003, A basic lock-in amplifier experiment for the undergraduate laboratory, *American Association of Physics Teachers*, 71, 1208-1213.

Nozik, A. J., 2002, Quantum dot solar cells, *Physica E*, 14, 115–120.

Timmerman, D., Vanlenta, J., Dohnalova, K., Boer, W.D.A.M., Gregorkiewicz, T., 2011, Step-like enhancement of luminescence quantum yield of silicon nanocrystals, *Nature Nanotechnology*, 167, 710-713.

Valenta, J., 2014, Determination of absolute quantum yields of luminescing nanomaterials over a broad spectral range: from the integrating sphere theory to the correct methodology, *Applied Physics Letters*, 3, 1, 11-27.

Weber, G., Teale, F.W.J., 1957, Determation of the absolute quantum yield of fluorescence solution, *Transactions of the Faraday Society*, 53, 646.

Wolf, M., Brendel, R., Werner, J. H., Queisser, H. J., 1998, Solar cell efficiency and carrier multiplication in $Si_{1-x}Ge_x$ alloys, *Journal of Applied Physics*, 83, 4213–4221.

Wang, Y., Ye, S., Lim, J., Giovanni, D., Feng, M., Fu, J., Krishnamoorthy, H., Zhang, Q., Xu, Q., Cai, R., Sum, T., 2023, Carrier multiplication in perovskite solar cells with internal quantum efficiency exceeding 100%, *Nature Communications*, 14, 6293.

ABSTRACT

Methods to investigate quantum yield for optoelectronic materials

Nguyen Xuan Chung
Hanoi University of Mining and Geology

Quantum yield which is the one of important physical quantity for optoelectronic materials relates to carrier multiplication upon a high excitation energy. In this report, the author presents basic knowledge realting to quantum yield, including its importance in research, the definition, the methods to measure. The investigation of quantum yield relates to the number of emissed photons and that of absorbed photons with special combiniation of spectrometers. There are variety of experimental methods to determine quantum yield with a large number of devices, such as integrating sphere, monochromator, camera, lock-in amplifier and so on. The signal to noise ratio in optical measurements is improved by using lock in amplifier and perfect aligment for setup. The conditions to apply, the advantages and disadvantages of these methods are explained. Besides, the artifacts of each method as well as the solutions to avoid them are presented.

Keywords: Quantum yield; quantum efficiency; carrier multiplication; bandgap energy; photoluminescence spectrum; absorption spectrum

Xây dựng công thức bào chế cao lỏng Desugan từ một số dược liệu dùng hỗ trợ bệnh đái tháo đường type 2

Nguyễn Phương Dung[1,*], Trần Văn Thanh[1], Nguyễn Viết Hùng[2], Nguyễn Mạnh Hà[2], Lê Thị Phương Thảo[2]
[1]*Học viện Y Dược học cổ truyền Việt Nam*
[2]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Cao lỏng Desugan được chiết xuất từ các dược liệu: Dây thìa canh (*Caulis et folium Gymnemae sylvestris)*, Giảo cổ lam (*Herba Gynostemmae)*, Bồ công anh (*Herba Lactucae indicae*), Kim ngân hoa (*Flos Lonicerae)* là các dược liệu có tác dụng hạ đường huyết, hỗ trợ điều trị bệnh Đái tháo đường (ĐTĐ). Cỏ ngọt (*Folium Steviae rebaudianae*) có chứa các steviol glycoside có độ ngọt cao nhưng không ảnh hưởng đến nồng độ glucose trong máu, được sử dụng làm chất tạo ngọt trong sản phẩm cho người bệnh ĐTĐ. Tiến hành khảo sát các yếu tố tỉ lệ dung môi/dược liệu, thời gian chiết xuất, số lần chiết và tá dược để xây dựng công thức bào chế cao lỏng Desugan. Cao lỏng dược liệu được chiết xuất bằng phương pháp sắc, tỉ lệ dung môi/dược liệu là 30/1, chiết 3 lần trong 2 giờ 30 phút. Lấy 75ml cao lỏng phối trộn với tá dược gồm 0,08g Acid citric; 0,556% Natri hydroxide (NaOH) (kl/tt); 0,07% Natri carboxymethylcellulose (NaCMC) (kl/tt); 0,2g Nipagin; 2g Propylenglycol; 1G Isomalt; Nước RO vừa đủ 90ml. Nghiên cứu đã xây dựng công thức và quy trình cho chế phẩm cao lỏng Desugan từ các dược liệu dùng hỗ trợ bệnh ĐTĐ.

Từ khóa: Desugan; Đái tháo đường; cao lỏng; bào chế cao lỏng

1. Đặt vấn đề

Theo thống kê của Hiệp hội Đái tháo đường Thế giới (IDF), năm 2019 toàn thế giới có 463 triệu người mắc bệnh ĐTĐ, dự kiến sẽ ở mức 578 triệu người vào năm 2030, từ đó việc kiểm soát và điều trị các biến chứng bệnh Đái tháo đường là rất cần thiết (Nguyễn Minh Tuấn, 2020). Hiện nay, các sản phẩm điều trị bệnh ĐTĐ đã được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm và phát triển từ các loại thảo dược. Dây thìa canh (*Caulis et folium Gymnemae sylvestris*) hoạt chất chính là GS4 có tác dụng kích thích sản sinh tế bào β tuyến tụy, tăng cường sản xuất insulin, tăng hoạt tính của insulin, giúp kiểm soát và ổn định đường huyết (Fabio, 2014). Giảo cổ lam (*Herba Gynostemmae*) hoạt chất chính là các saponin giúp tăng khả năng sử dụng glucose của tế bào, ổn định đường trong máu (Huyen, 2010). Hoạt chất chính trong rễ Bồ công anh (*Herba Lactucae indic*ae) là acid phenolic và lacton sesquiterpene có khả năng hỗ trợ điều trị bệnh ĐTĐ (Wirngo, 2016). Kim ngân hoa (*Flos Lonicerae*) có tác dụng hạ đường huyết ở chuột mắc bệnh ĐTĐ type 2 thông qua hoạt động điều chỉnh thụ thể gamma hoạt hóa peroxisome (Han, 2015). Một số sản phẩm chiết xuất từ một trong các dược liệu này đang được sử dụng hỗ trợ ĐTĐ như: Cao Dây thìa canh chuẩn hóa Mamigo, Viên giảo cổ lam Tuệ Linh, Trà Bồ công anh,…. Cỏ ngọt (*Folium Steviae rebaudianae*) có chứa các steviol glycoside có độ ngọt cao nhưng không ảnh hưởng đến nồng độ glucose trong máu, được sử dụng làm chất tạo ngọt trong sản phẩm cho người bệnh ĐTĐ (Margaret, 2015). Trên thị trường hiện nay đã xuất hiện những sản phẩm chiết xuất từ Cỏ ngọt như: Đường ăn kiêng Tropicana Slim Stevia, Bột cỏ ngọt Pyure Organic Stevia Leaf Extract, Nirvana Organic Stevia,....

Từ đó việc kết hợp các thảo dược Dây thìa canh, Giảo cổ lam, Cỏ ngọt, Bồ công anh và Kim ngân hoa giúp nâng cao hiệu quả điều trị cho bệnh nhân ĐTĐ type 2.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Quy trình chiết xuất các dược liệu Dây thìa canh, Giảo cổ lam, Cỏ ngọt, Bồ công anh và Kim ngân hoa; các vị dược liệu do Khoa Dược - Bệnh viện Tuệ Tĩnh cung cấp; Dược liệu đã được phơi khô, bảo quản trong túi nhựa kín khí, trong điều kiện nhiệt độ phòng.

Dung môi, hóa chất: Việt Nam: Natri hydroxide; Trung Quốc: Acid citric, n-butanol, Aceton,

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: dsphuongdung@gmail.com

NaCMC, Propylenglycol, Nipagin, Isomalt, Glycerin.

Địa điểm nghiên cứu: Phòng thí nghiệm Bộ môn Hóa Dược - Học viện Y Dược học cổ truyền Việt Nam, Phòng thí nghiệm Bộ môn Hoá học Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

Thiết bị nghiên cứu: Cân phân tích Mettler Toledo 21 XPE 105 độ chính xác 0,0001g; Máy cô quay chân không IKA RV 3 V - Đức; Tủ sấy UNB 400 hãng Memmert - Đức; Máy khuấy từ gia nhiệt IKA C - MAG HS7, IKA - Đức; Máy đo pH HI2211 - Trung Quốc.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Xây dựng tỉ lệ dược liệu

Liều dùng của dược liệu theo Dược điển Việt Nam V (DĐVN V): Dây thìa canh: 10 - 12g/ngày; Giảo cổ lam: 15 - 30g/ngày; Cỏ ngọt: 8 - 12g/ngày; Bồ công anh: 8 - 30g/ngày; Kim ngân hoa:12 - 16g/ngày (Bộ Y tế, 2018). Mỗi lần pha chế ra 90 ml chế phẩm cao lỏng Desugan dùng trong 2 ngày với tỉ lệ dược liệu 4:4:3:8:6, mỗi lần dùng 15ml chế phẩm. Vì vậy khối lượng dược liệu cho mỗi lần chiết là Dây thìa canh 12g; Giảo cổ lam 12g; Cỏ ngọt 9g; Bồ công anh 24g; Kim ngân hoa 18g.

Khảo sát quy trình điều chế cao lỏng dược liệu

- *Chiết xuất cao lỏng dược liệu theo phương pháp sắc.*

- *Các yếu tố khảo sát gồm:* Thực hiện các thí nghiệm đơn biến bằng cách khảo sát một yếu tố và cố định các yếu tố còn lại. Tỉ lệ dung môi/dược liệu khảo sát lần lượt là 16/1; 18/1; 20/1; 22/1; 24/1; 26/1; 28/1; 30/1. Thời gian chiết khảo sát là: 1 giờ; 1 giờ 30 phút; 2 giờ; 2 giờ 30 phút; 3 giờ. Số lần chiết khảo sát lần lượt là 1 lần; 2 lần; 3 lần; 4 lần. Mỗi thí nghiệm được tiến hành lặp lại 3 lần, lựa chọn quy trình chiết dựa vào hàm lượng saponin toàn phần trong cao thu được bằng trung bình của 3 lần thí nghiệm.

- *Xác định hàm lượng saponin toàn phần (Bộ Y tế, 2018):* Lấy chính xác 62,5 ml cao lỏng, rót từ từ vào 100 ml aceton, khuấy đều, sẽ xuất hiện tủa, lọc lấy tủa, hòa tan tủa vào 50 ml nước nóng, đun cách thủy cho tan hết. Lọc lấy dịch lọc vào bình gạn, chiết saponin bằng n-butanol 8 lần, mỗi lần 25 ml cho đến khi kiệt saponin. Gộp dịch chiết, cất thu hồi dung môi, cô trên cách thủy đến khô thu được cắn dược liệu, sấy cắn ở 60^0C đến khối lượng không đổi.

Hàm lượng saponin toàn phần trong cao được tính theo công thức:

$$X(\%) = \frac{a}{m} \text{ x } 100 \text{ x } 100$$

Trong đó: X là hàm lượng saponin (%)
a là khối lượng cắn khô saponin (g)
m là khối lượng cao lỏng đem định lượng (g)

Nghiên cứu xây dựng công thức và quy trình bào chế cao lỏng Desugan

Bảng 1. Công thức bào chế dự kiến

STT	Thành phần	Vai trò	Khối lượng cho một lọ 90 ml	Tiêu chuẩn
1	Cao lỏng dược liệu	Hoạt chất	75ml	
2	NaOH	Tạo hệ đệm citric-citrat	Khảo sát 1ml, 2ml, 3ml, 4ml, 5ml, 6ml	TCCS
3	NaCMC	Chất làm đặc	Khảo sát 0,03%; 0,05%; 0,07%; 0,09% (kl/tt)	TCCS
4	Acid citric	Tạo hệ đệm citric-citrat	0,08g	TCCS
5	Propylenglycol	Chất làm tăng độ tan	2,0g	TCCS
6	Nipagin	Chất bảo quản	0,2g	TCCS
7	Isomalt	Điều vị	1,0g	TCCS
8	Glycerin	Chất làm tăng độ tan	0,5g	TCCS
9	Nước RO	Dung môi	Vừa đủ	TCCS

Qui trình bào chế:

- Thực hiện sắc dược liệu theo tỉ lệ dung môi/dược liệu, thời gian chiết, số lần chiết xuất đã chọn được. Gộp dịch chiết và dịch ép, để lắng, lọc thu lấy dịch chiết toàn phần. Sau đó cô dịch chiết tới 75ml, vừa cô vừa khuấy đều. Để dịch cô nguội, lắng sau đó lọc qua giấy lọc.

- Thêm tá dược:

Ngâm lần lượt 0,027g; 0,045g; 0,063g; 0,081g NaCMC trong 0,5g Glycerin, thêm 5 ml nước nóng, ngâm tới khi trương nở hoàn toàn.

Cân 0,08g Acid citric và 1g Isomalt hòa tan hoàn toàn trong nước sau đó thêm vào cao, khuấy đều.

Thêm 4ml dung dịch NaOH 10% vào cao.

Cân 0,2g Nipagin vào cốc có mỏ, thêm 2g Propylenglycol vào cốc trên, khuấy đều tới khi Nipagin tan hoàn toàn.

Cho hỗn hợp Nipagin, Propylenglycol ở trên vào cao, khuấy đều.

Cho từ từ hỗn hợp NaCMC đã trương nở hoàn toàn vào cao, khuấy đều.

Thêm nước RO vào các mẫu cao vừa đủ 90ml, khuấy đều bằng máy khuấy từ.

Các mẫu quan sát được thực hiện trong cùng một điều kiện, đánh giá lựa chọn công thức theo các tiêu chí: độ trong, độ tan, mùi, vị, màu sắc, pH.

Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu thu thập xử lý và phân tích bằng phần mềm Microsoft excel 2019, sử dụng thống kê mô tả (Hàm lượng saponin toàn phần (%)).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Khảo sát quy trình điều chế cao lỏng dược liệu

3.1.1. Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ dung môi/dược liệu đến quy trình điều chế cao lỏng dược liệu

75g dược liệu được chiết bằng phương pháp sắc, chiết 3 lần, trong 2 giờ. Tỉ lệ dung môi/dược liệu thay đổi lần lượt là: 16/1; 18/1; 20/1; 22/1; 24/1; 26/1; 28/1; 30/1. Kết quả hàm lượng saponin toàn phần trong cao lỏng được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Kết quả khảo sát tỉ lệ dung môi/dược liệu

Tỉ lệ dung môi/ dược liệu	Khối lượng cao lỏng ($\overline{n}$) (g)	Khối lượng cắn ($\overline{n}$) (g)	Hàm lượng Saponin toàn phần ($\overline{n}$) (%)
16/1	66,2625	0,3174	0,4790
18/1	64,4731	0,3239	0,5025
20/1	67,0435	0,3543	0,5286
22/1	68,6778	0,3681	0,5361
24/1	66,0534	0,3583	0,5425
26/1	65,0376	0,3686	0,5668
28/1	63,2859	0,3637	0,5748
30/1	66,3168	0,3929	0,5925

Lượng dung môi tối thiểu phải vừa ngập qua bề mặt của lớp dược liệu khoảng lớn hơn 1cm, khi đó các lớp dược liệu trên mới có thể tiếp xúc được với dung môi (Nguyễn Văn Hân, 2022). Với các tỉ lệ dung môi/dược liệu được khảo sát đều đảm bảo dược liệu ngập hoàn toàn trong dung môi, và khi tăng tỉ lệ dung môi/dược liệu, hàm lượng saponin toàn phần có xu hướng tăng do tăng quá trình hòa tan, trích ly chất tan ra khỏi tế bào. Tỉ lệ dung môi/ dược liệu là 30/1 cho hàm lượng saponin toàn phần cao nhất, vì vậy tỉ lệ này được lựa chọn để tiếp tục khảo sát.

3.1.2. Khảo sát ảnh hưởng của thời gian chiết xuất đến quy trình điều chế cao lỏng dược liệu

75g dược liệu được chiết bằng phương pháp sắc với tỉ lệ dung môi/ dược liệu là 30/1, chiết 3 lần, trong thời gian khảo sát là 1 giờ, 1 giờ 30 phút, 2 giờ, 2 giờ 30 phút, 3 giờ. Kết quả hàm lượng saponin toàn phần trong cao lỏng dược liệu được thể hiện ở bảng 3.

Bảng 3. Kết quả khảo sát thời gian chiết xuất

Thời gian	Khối lượng cao lỏng ($\overline{n}$) (g)	Khối lượng cắn ($\overline{n}$) (g)	Hàm lượng Saponin toàn phần ($\overline{n}$) (%)
1 giờ	69,5601	0,3349	0,4815
1 giờ 30 phút	66,1455	0,3260	0,4930
2 giờ	68,0382	0,3528	0,5186
2 giờ 30 phút	64,5948	0,3437	0,5321
3 giờ	68,5923	0,3612	0,5310

Khi tăng thời gian chiết từ 1 giờ đến 2 giờ 30 phút thì hàm lượng saponin toàn phần có xu hướng tăng do quá trình khuếch tán, thẩm thấu tăng. Tuy nhiên, khi thời gian chiết tăng từ 2 giờ 30 phút lên 3 giờ thì thấy rằng lượng hoạt chất chiết được ở 2 điều kiện khác nhau rất ít. Từ đó cho thấy thời gian chiết ngắn quá thì hàm lượng saponin toàn phần thu được thấp, còn nếu chiết thời gian dài quá thì gây ảnh hưởng đến chất lượng dịch chiết làm tăng phân hủy một số hợp chất do tiếp xúc với nhiệt độ cao trong thời gian dài và cũng tăng lượng tạp chất trong dịch chiết (Nguyễn Văn Hân, 2022). Vì vậy, chiết ở 2 giờ 30 phút

được lựa chọn cho nghiên cứu tiếp theo bởi sẽ rút ngắn thời gian quá trình sản xuất và chi phí về năng lượng.

3.1.3. Khảo sát ảnh hưởng của số lần chiết đến quy trình điều chế cao lỏng dược liệu

Chiết 75g dược liệu bằng phương pháp sắc, tỉ lệ dược liệu/ dung môi 30:1, thời gian chiết 2 giờ 30 phút, thay đổi số lần chiết là 1 lần, 2 lần, 3 lần, 4 lần. Kết quả hàm lượng saponin toàn phần trong cao lỏng được thể hiện ở bảng 4.

Bảng 4. Kết quả khảo sát số lần chiết

Số lần chiết	Khối lượng cao lỏng ($\bar{n}$) (g)	Khối lượng cắn ($\bar{n}$) (g)	Hàm lượng Saponin toàn phần ($\bar{n}$) (%)
1 lần	63,2689	0,3616	0,5516
2 lần	65,2841	0,4112	0,5625
3 lần	64,9056	0,3853	0,5768
4 lần	63,8688	0,3714	0,5798

Kết quả cho thấy, khi số lần chiết tăng từ 1 lần đến 3 lần thì hàm lượng saponin toàn phần tăng lên tương ứng là 0,5516%; 0,5625%; 0,5768%. Còn từ 3 lần lên 4 lần thì hàm lượng saponin toàn phần thay đổi không đáng kể. Nếu số lần chiết xuất ít thì ở cuối quá trình chiết xuất sự chênh lệch Gradient nồng độ của chất cần chiết trong dung môi và dược liệu không cao nên hiệu suất chiết thấp. Tuy nhiên, nếu tăng số lần chiết lên nhiều lần thì ở những lần chiết sau, lượng chất tan không còn đáng kể vì vậy hàm lượng hoạt chất cũng không tăng lên, thậm chí nhiều trường hợp còn giảm đi do tăng lượng tạp chất (Nguyễn Văn Hân, 2022). Vì vậy, chúng tôi chọn quy trình chiết 3 lần cho quá trình nghiên cứu tiếp theo.

3.2. Nghiên cứu xây dựng công thức và quy trình bào chế cao lỏng Desugan

Tiến hành chiết xuất dược liệu theo quy trình khảo sát được: chiết 75g dược liệu bằng phương pháp sắc, tỉ lệ dược liệu/ dung môi 30/1, sắc 3 lần, trong 2 giờ 30 phút. Dịch chiết thu được để lắng, lọc, cô đến 75ml.

3.2.1. Khảo sát thành phần tá dược NaCMC

Tá dược được thêm vào theo qui trình, thay đổi tỉ lệ thành phần tá dược NaCMC lần lượt 0,03%; 0,05%, 0,07%; 0,09%. Kết quả khảo sát thành phần tá dược NaCMC trong cao lỏng được thể hiện ở bảng 5.

Bảng 5. Kết quả khảo sát tỉ lệ tá dược NaCMC

Chỉ tiêu thay đổi	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4
NaCMC	0,03%	0,05%	0,07%	0,09%
Độ trong	Cao lỏng, tách lớp, lắng cặn nhiều ở đáy lọ	Cao lỏng, tách lớp ít hơn, ít lắng cặn ở đáy lọ	Cao lỏng, trong, đồng nhất, không lắng cặn, không tách lớp	Cao sánh hơn, đồng nhất, không lắng cặn, không tách lớp,
Độ tan	Cao lỏng tan hoàn toàn trong nước	Cao lỏng tan hoàn toàn trong nước	Cao lỏng tan hoàn toàn trong nước	Cao lỏng tan hoàn toàn trong nước
Mùi	Mùi thơm dược liệu	Mùi thơm dược liệu	Mùi thơm dược liệu	Mùi thơm dược liệu
Vị	Đắng, hậu vị ngọt	Đắng, hậu vị ngọt	Đắng, hậu vị ngọt	Đắng, hậu vị ngọt
Màu sắc	Nâu đậm	Nâu đậm	Nâu đậm	Nâu đậm
pH	6,73	6,70	6,72	6,68

Về độ trong: Mẫu 3 cao có thể chất lỏng, trong, đồng nhất, không lắng cặn, không tách lớp tốt hơn so với mẫu 1,2,4. Về độ tan, mùi, vị cả 4 mẫu đều đạt tiêu chuẩn tương tự nhau, và khi tăng tỉ lệ khối lượng NaCMC thì pH của cao lỏng ít bị ảnh hưởng. Do đó, mẫu 3 với tỉ lệ NaCMC 0,07% được lựa chọn. Theo Sổ tay tá dược (Handbook of Pharmaceutical Excipients) nồng độ NaCMC trong các sản phẩm dùng đường uống tối đa là 0,1 - 1 %, nghiên cứu lựa chọn được nồng độ thấp hơn là 0,07% hoàn toàn phù hợp (Rowe, 2009).

Gôm, pectin, chất nhầy, protein, tinh bột, nhựa và chất béo... là tạp chất gây lắng, gây vẩn đục cho cao, được loại bỏ bằng cách để lạnh sau đó gạn, lọc (Phạm Thị Minh Huệ, 2021). Nghiên cứu lọc dịch sắc trước và sau khi cô để loại được các tạp chất này. NaCMC được thêm vào với tỉ lệ thích hợp giúp tăng độ ổn định, độ đồng nhất cho cao và hạn chế hiện tượng lắng. NaCMC hòa trong 0,5g Glycerin giúp tăng độ phân tán của NaCMC, sau đó thêm nước ngâm tới khi trương nở hoàn toàn để tránh hiện tượng NaCMC phân tán không đồng nhất khi thêm vào cao.

3.2.2. Khảo sát thành phần tá dược NaOH 10%

Thay đổi thể tích dung dịch NaOH 10% lần lượt 1ml, 2ml, 3ml, 4ml, 5ml, 6ml. Kết quả khảo sát thành phần tá dược NaOH 10% trong cao lỏng được thể hiện ở bảng 3.6.

Bảng 6. Kết quả khảo sát thể tích tá dược NaOH 10%

Chỉ tiêu	Mẫu 0	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4	Mẫu 5	Mẫu 6
NaOH 10%	0 ml	1ml	2ml	3ml	4ml	5ml	6ml
Độ trong	Cao lỏng, trong, đồng nhất, không lắng cặn, không tách lớp	Cao lỏng, trong, đồng nhất, không lắng cặn, không tách lớp	Cao lỏng, trong, đồng nhất, không lắng cặn, không tách lớp	Cao lỏng, trong, đồng nhất, không lắng cặn, không tách lớp	Cao lỏng, trong, đồng nhất, không lắng cặn, không tách lớp	Cao lỏng, trong, đồng nhất, không lắng cặn, không tách lớp	Cao lỏng, trong, đồng nhất, không lắng cặn, không tách lớp
Độ tan	Cao lỏng tan hoàn toàn trong nước	Cao lỏng tan hoàn toàn trong nước	Cao lỏng tan hoàn toàn trong nước	Cao lỏng tan hoàn toàn trong nước	Cao lỏng tan hoàn toàn trong nước	Cao lỏng tan hoàn toàn trong nước	Cao lỏng tan hoàn toàn trong nước
Mùi	Mùi thơm dược liệu	Mùi thơm dược liệu	Mùi thơm dược liệu	Mùi thơm dược liệu	Mùi thơm dược liệu	Mùi thơm dược liệu	Mùi thơm dược liệu
Vị	Đắng, hơi chua	Đắng, hậu vị ngọt	Đắng, hậu vị ngọt	Đắng, hậu vị ngọt	Đắng, hậu vị ngọt	Đắng, hậu vị ngọt	Đắng, hậu vị ngọt
Màu	Nâu đậm	Nâu đậm	Nâu đậm	Nâu đậm	Nâu đậm	Nâu đậm	Nâu đậm
pH	4,56	4,99	5,3	5,7	6,15	6,54	7,14

Mẫu số 0 - cao dược liệu ban đầu, có vị đắng, hơi chua, có tính acid (pH = 4,56). Vì vậy, hệ đệm citric-citrate được đưa vào công thức để điều chỉnh pH của cao, phù hợp với pH dùng đường uống. Hệ đệm citric- citrate có tác dụng khóa ion kim loại nặng, nên góp phần giảm quá trình oxy hóa các chất dễ bị oxy hóa trong cao (Võ Xuân Minh, 2006).

Cả 6 mẫu cao (1-6) đều đạt tiêu chuẩn về độ trong, độ tan, mùi, vị và màu sắc. Khi tăng thể tích dung dịch NaOH 10% tới 5ml hoặc 6ml thì pH của cao lỏng trong khoảng 6,5 -8,5 là khoảng pH của dung dịch uống theo ISO 21527. Lựa chọn thể tích dung dịch NaOH 10% là 5ml (tương đương 0,5g NaOH trong 90ml cao lỏng); %NaOH = 0,5/90 = 0,556% (kt/tt) để xây dựng công thức bào chế, giảm lượng tá dược NaOH cần đưa vào công thức so với lượng NaOH 10% là 6ml.

4. Kết luận

Điều chế dịch chiết từ 75g dược liệu gồm Dây thìa canh 12g, Giảo cổ lam 12g, Bồ công anh 24g, Kim ngân hoa 18g, Cỏ ngọt 9g bằng phương pháp sắc với tỷ lệ dược liệu/dung môi 30/1, chiết 3 lần, thời gian chiết 2 giờ 30 phút. Dịch chiết được để lắng, gạn lọc và cô đến 75ml. Công thức bào chế cao lỏng Desugan xây dựng gồm: 75ml cao lỏng dược liệu; 0,08g Acid citric; 0,556% Natri hydroxide (kl/tt); 0,07% Natri carboxymethylcellulose (kl/tt); 0,2g Nipagin; 2g Propylenglycol; 1g Isomalt; Nước RO vừa đủ 90ml. Quy trình điều chế thu được cao lỏng Desugan có hàm lượng saponin toàn phần cao nhất, cảm quan (độ trong, mùi, vị, màu sắc) phù hợp, pH của cao lỏng trong khoảng cho phép.

Tài liệu tham khảo

Bộ Y tế, 2018. *Dược điển Việt Nam V tập 2*. Nhà xuất bản Y học, Hà Nội.

Fabio, G. D., Romanucci, V. et al, 2014. Triterpenoids from Gymnema sylvestre and their pharmacological activities. *Molecules*, 19(8), 10956-10981.

Han JM, Kim MH, Choi YY et al, 2015. Effects of Lonicera japonica Thunb on Type 2 Diabetes via PPAR-γ Activation. *Phytother Res*, 29, 1616-1621.

Huyen VT, Phan DV, Ostenson CG et al, 2010. Antidiabetic effect of Gynostemma pentaphyllum tea in randomly assigned type 2 diabetic patients. *Horm Metab Res*, 5, 353-357.

Margaret Ashwell, 2015. Stevia, Nature's Zero-Calorie Sustainable Sweetener. *Nutr Today*, 50 (3), 129-134.

Nguyễn Minh Tuấn, 2020. *Khảo sát tình trạng hạ đường huyết và đáp ứng điều trị ở bệnh nhân Đái tháo đường type 2 nhập viện cấp cứu*. Luận văn chuyên khoa 2, Đại học Y Hà Nội.

Nguyễn Văn Hân, 2022. *Kỹ thuật chiết xuất dược liệu*. Nhà xuất bản Y học.

Phạm Thị Minh Huệ, 2021. *Kỹ thuật bào chế các dạng thuốc từ dược liệu*. Trường Đại học Dược Hà Nội.

Rowe R.C., Sheskey P.J., Quinn M.E., et al, 2009. *Handbook of pharmaceutical excipients, the*

Pharmaceutical Press and American Pharmacists Association, sixth edition, pp.119-120.

Võ Xuân Minh, 2006. *Kỹ thuật bào chế và sinh dược học các dạng thuốc - Tập 1*. Nhà xuất bản Y học.

Wirngo FE, Lambert MN, Jeppesen PB, 2016. The Physiological Effects of Dandelion (Taraxacum Officinale) in Type 2 Diabetes, *Rev Diabet Stud*, 13,113-131.

ABSTRACT

Study to develop formula and preparation process of Desugan liquid extracts from some medicinal herbs used to support type 2 diabetes

Nguyen Phuong Dung[1,*], Tran Van Thanh[1], Nguyen Viet Hung[2], Nguyen Manh Ha[2], Le Thi Phuong Thao[2]

[1]Vietnam University of Traditional Medicine

[2]Hanoi University of Mining and Geology

Desugan liquid extracts is extracted from medicinal herbs: *Caulis et folium Gymnemae sylvestris*, *Herba Gynostemmae*, *Herba Lactucae indicae*, *Flos Lonicerae*, *Folium Steviae rebaudianae* are medicinal herbs that have the effect of lowering blood sugar and supporting the treatment of Diabetes mellitus. *Stevia rebaudiana* leaf contains steviol glycosides that are highly sweet but do not affect blood glucose levels, and are used as sweeteners in products for people with diabetes. Conduct a survey on the factors of solvent/medicinal ingredient ratio, extraction time, number of extractions and excipients to develop a Desugan liquid extract formulation. The medicinal liquid extract is extracted by decoction method, the ratio of solvent/medicinal material is 30/1, extracted 3 times in 2 hours and 30 minutes. Take 75ml of liquid extract and mix it with excipients including 0.08g of citric acid; 0.556% Sodium hydroxdide (NaOH) (w/w); 0.07% Sodium carboxymethylcellulose (NaCMC) (w/w); 0.2g Nipagin; 2g Propylenglycol; 1g Isomalt; RO water is enough to make 90ml. The study has developed a formula and process for Desugan liquid extract from medicinal herbs used to support diabetes.

Keywords: Desugan; Diabetes; liquid extract; preparation of liquid extract

Nghiên cứu quy trình chiết xuất Scopolamin trong cây Cà độc dược chữa bệnh động Parkinson

Nguyễn Thu Hà, Vũ Thị Minh Hồng, Lê Thị Vinh*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

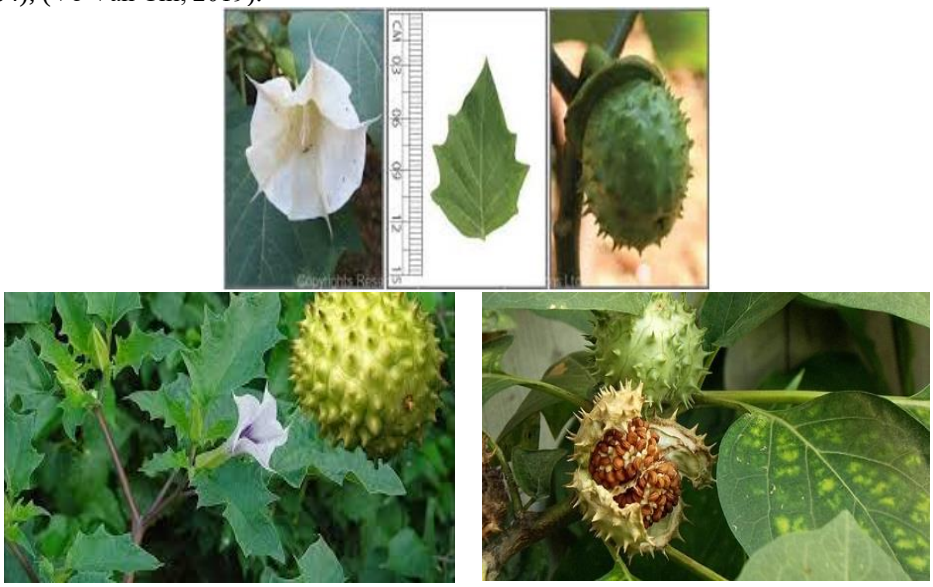
Cà độc dược còn gọi là mạn đà la (hoa trắng), tên khoa học là *Datura metel L*, thuộc họ cà *Solanaceae* (cà dược, cà diên). Cây cà được trồng tại huyện Bình Xuyên, tỉnh Vĩnh Phúc được sử dụng làm nguyên liệu để chiết xuất Scopolamin. Hoạt chất Scopolamin thu được có công thức phân tử $C_{17}H_{21}NO_4$ là một alkaloid không mùi, không vị, dễ bay hơi. Thuốc Scopolamin là một trong các loại thuốc liệt đối giao cảm có nguồn gốc thiên nhiên có tác dụng điều trị một số rối loạn và bệnh lý liên quan đến hệ thần kinh như bệnh Parkinson, say tàu xe, hội chứng ruột kích thích. Tuy nhiên. Scopolamin có thể gây mất trí nhớ và làm mất ý thức tạm thời của người sử dụng vì Scopolamine sẽ ngăn chặn ngay từ giai đoạn đầu, không để ký ức được hình thành. Trong bài viết này chúng tôi muốn giới thiệu về quy trình chiết xuất và tinh chế Scopolamin từ cà độc dược hoa trắng.

Từ khóa: Cà độc dược; Scopolamin; parkinson

1. Đặt vấn đề

Cà độc dược có tên khoa học là *Datura metel L.* (f. alba và Viole); Họ cà - *Solanaceae.*

Đặc điểm thực vật: thân thảo mọc hàng năm, cao từ 1 - 1,5 m. Lá mọc cách gần ngọn mọc đối hay mọc vòng, phiến lá hình trứng, dài từ 9 - 16 cm, nơi rộng từ 4 - 9 cm, gốc lá lệch, ngọn lá nhọn, mép lá ít khi nguyên, thường lượn sóng hoặc hơi xẻ từ 3 - 4 răng cưa. Mặt lá lúc non có nhiều lông, sau rụng dần. Hoa to mọc riêng lẻ ở kẽ lá, cuống hoa dài từ 1 - 2 cm. Đài hoa hình ống có 5 gân nổi rõ rệt, dài từ 5 - 8 cm, rộng từ 1,5 - 2 cm. Khi hoa héo, một phần còn lại trưởng thành với quả giống hình cái mâm. Tràng to hình phễu có màu trắng hoặc tím. Quả hình cầu, mặt ngoài có gai, đường kính chừng 3 cm. Quả non màu xanh, khi già màu nâu và có nhiều hạt hình trứng dẹt, dài từ 3 - 5 mm, dày 1mm cạnh có những vân nổi (Đỗ Huy Bích, 2004); (Võ Văn Chi, 2019).



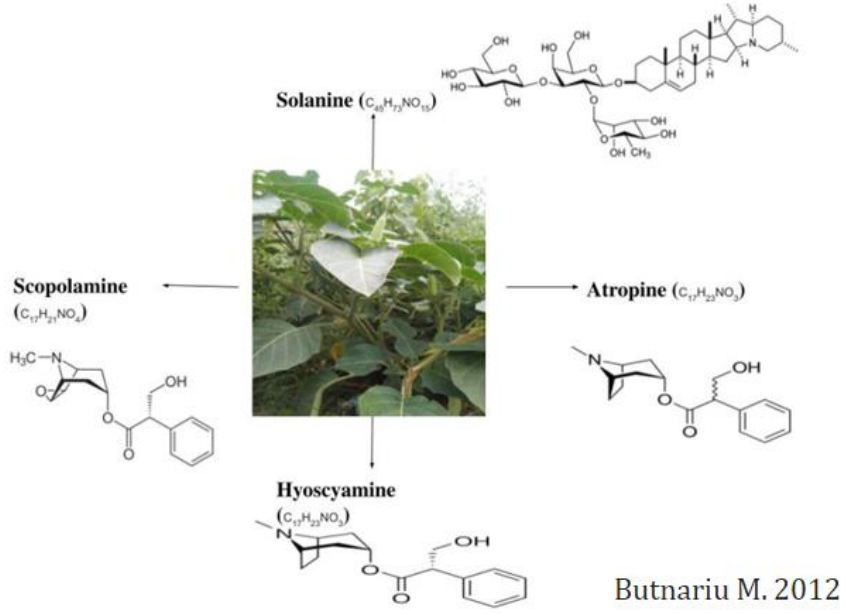
Hình 1. Cây cà độc dược

* *Tác giả liên hệ*
Email: lethivinh@humg.edu.vn

Cây Cà độc dược được phân bố (mọc hoang) ở những nơi đất mùn hơi ẩm và được trồng khắp nơi tại Việt Nam, Cambodia, Lào, Ấn Độ, Malaysia, Trung Quốc… để làm cảnh và làm thuốc. Ở nước ta có nhiều ở những vùng Vĩnh Phúc, Thanh Hóa, Nghệ An, Thái Bình, Ninh Thuận…(Đỗ Tấn Lợi, 2004); (Trần Thị Thu Hà, 2019).

Cà độc dược được thu hái vào lúc cây sắp và đang ra hoa khoảng tháng 5, 6 đến hết tháng 9, 10. Hoa hái vào các tháng 8, 9, 10. Hạt lấy ở những quả chín ngả màu nâu. Bộ phận dùng để chiết xuất là lá, hoa, quả chưa chín, hạt và rễ (Bộ Y tế, 2009); (Võ Văn Chi, 2019). Y học cổ truyền dùng lá để giảm đau đầu và làm dịu cơn đau của bệnh thấp khớp và bệnh gút, hơi của lá cháy để chữa hen suyễn và phế quản. Hạt để giảm đau, tẩy giun, chống viêm. Hạt và lá có tác dụng an thần sử dụng cho bệnh nhân có chứng cuồng loạn.

Thành phần hóa học chính của Cà Độc Dược có trong các bộ phận của cây đều có chứa Scopolamim, ngoài ra còn có hyoscyamin, atropin, norhyoscyamim. Hàm lượng alcaloid toàn phần ở lá từ 0,10 - 0,60 %, rễ từ 0,10 - 0,20 %, hạt từ 0,20 - 0,50 % , quả 0,12 %, hoa từ 0,25 - 0,60 %. Tỷ lệ các alcaloid trên thay đổi tùy theo bộ phận và thời kỳ thu hái (Bộ Y tế, 2009); (A. Waqas, 2021); (T. Islam, 2023).



Hình 2. Các chất hóa học và cấu trúc quan trọng ở cà độc dược,

Scopolamine là chất đối kháng thụ thể muscarinic không chọn lọc, ở liều cao cũng có tác dụng với thụ thể nicotinic, do có cấu trúc tương tự acetylcholine nên nó cạnh tranh với acetylcholine (ACh) và các chất chủ vận muscarinic khác để giành vị trí liên kết chung trên thụ thể muscarinic. Nói cách khác, Scopolamine đối kháng với hoạt động của acetylcholine được trung gian bởi các thụ thể muscarinic trong hệ thần kinh trung ương và khắp cơ thể, gây ra một số tác dụng điều trị và tác dụng phụ liên quan đến sự thay đổi của hệ thần kinh phó giao cảm và tín hiệu cholinergic (Schmeller và nnk, 1995). Khi cơ thể ở tình trạng đòi hỏi giảm hoạt động phó giao cảm, chủ yếu là đối với các cơ quan đích như mắt, đường tiêu hóa, tim và các tuyến tiết nước bọt và phế quản, mặt khác scopamine có khả năng thấm qua hàng rào máu não, có thể tác động lên hệ thần kinh. Trong y học, nó được sử dụng ở liều tương đối, trong điều trị say tàu xe và buồn nôn, nôn sau phẫu thuật, bệnh parkinson, dược động học và dược lực học của thuốc Scopolamine phụ thuộc vào dạng bào chế của thuốc. (G. Jmii , 2024); (T. Islam, 2023).

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp trao đổi ion

Phương pháp trao đổi ion dựa vào sự trao đổi thuận nghịch giữa các ion trong dung dịch muối alcaloid và các ion đã bị hấp phụ trên chất mang (nhựa trao đổi ion). Các nhựa trao đổi ion (inonit) được dùng là các cationit (những cao phân tử rắn mang nhóm axit có khả năng hấp thụ các cation) và các anionit (những cao phân tử rắn mang nhóm base có khả năng hấp thụ các anionit). Các nhựa trao đổi này không tan trong nước và các dung môi hữu cơ. Muối alcaloid hòa tan trong nước tạo ra các cation lớn (Đỗ Tấn Lợi, 2004); (Đỗ Huy Bích, 2004).

Quá trình trao đổi của dung dịch muối alcaloid với nhựa trao đổi ion khi sử dụng cationit xảy ra như sau:

$$Cat^-.H^+[BH]^+Cl^- \rightarrow Cat\text{-}[BH]^+H^+ + Cl^-$$

Nhựa cationit hấp thụ tạo ra muối và sẽ được đẩy ra khi có dung dịch kiềm hoặc amoniac xảy ra theo phản ứng sau:

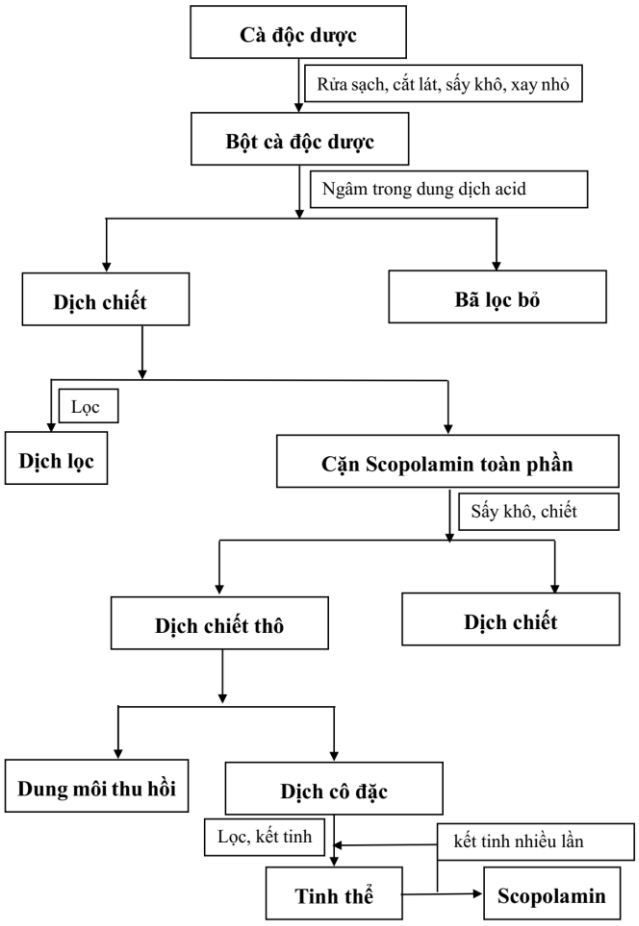
$$Cat^-.[BH]^+H^+ + [NH_4]^+OH^- \rightarrow \quad Cat^-.[NH_4]^+ + B + H_2O$$

Scopolamin là alcaloid base không hòa tan trong nước, được giữ lại trong cột và sau đó được chiết ra bằng dung môi hữu cơ

2.2. Phương pháp chiết alcaloid dưới dạng bazơ bằng dung môi hữu cơ không phân cực

Giai đoạn 1: Chuẩn bị nguyên liệu

Nguyên liệu: Lá, hoa, hạt cây cà độc dược tươi được thu hái tại huyện Bình Xuyên, tỉnh Vĩnh Phúc. Sau khi thu hái, nguyên liệu được rửa sạch để loại bỏ đất, cắt bỏ những phần dược liệu không đủ chất lượng, để ráo nước rồi cắt lát mỏng sau đó đem sấy khô, say nhỏ rồi được bảo quản hút chân không ở nhiệt độ phòng trong túi nilon (Tuệ Tĩnh, 2007).



Hình 3. Quy trình chiết xuất Scopolamin từ cây cà độc dược

Để tăng khả năng chiết chúng tôi xay nhỏ dược liệu trước khi chiết nhằm làm tăng bề mặt tiếp xúc giữa pha rắn và pha lỏng, đẩy nhanh quá trình khuyếch tán. Tuy nhiên, nếu chia nhỏ dược liệu quá dung môi sẽ khó chuyển động qua được khối dược liệu và rất khó thu được dịch chiết.

Mẫu được giám định tên khoa học dựa vào đặc tính hình thái mô tả trong các tài liệu về thực vật và dược điển (Đỗ Huy Bích, 2004); (Đỗ Tất Lợi, 2004); (Bộ Y Tế, 2009).

Giai đoạn 2: Chiết nguyên liệu

- Chiết xuất Scopolamine từ cây cà độc dược đã được sơ chế: Nguyên liệu thô sau khi sơ chế được ngâm và chiết xuất bằng dung môi thích hợp là ethyl acetate ($CH_3COOC_2H_5$) để thu được dịch chiết Scopolamin.
- Điều chỉnh kiềm hóa, dịch chiết được kiềm hóa bằng NaOH chuyển đổi Scopolamin thành dạng muối.
- Phản ứng este hóa dịch chiết được điều chỉnh bằng kiềm được cho phản ứng với tác nhân acyl hóa thích hợp (AC_2O) để tạo thành sản phẩm este hóa của Scopolamin.

- Phản ứng được thực hiện trong điều kiện ôn hòa.

$$C_{17}H_{21}O_4 + CH_4O \rightarrow \text{Metyl Scopolamin} + H_2O$$

- Phản ứng axit hóa: Sản phẩm este hóa được axit hóa để chuyển nó thành axit tương ứng.

$$\text{Metyl Scopolamin} + H_2SO_4 \rightarrow C_{17}H_{21}O_4 + CH_4O$$

Chiết dung dịch từ cao dược liệu cà độc dược sau khi đã được kiềm hóa bằng dung môi không phân cực là Cloroform.

Sử dụng bình gạn và các dụng cụ chiết chất lỏng bằng bình ngấm kiệt. Gộp các dịch chiết muối Scopolamin lại rồi kiềm hóa để chuyển Scopolamin sang dạng base, lắc nhẹ với dung môi hữu cơ thích hợp nhiều lần để lắng kiệt Scopolamin base. Sau khi lấy riêng lớp dung môi hữu cơ có chứa Scopolamin base, loại nước bằng muối trung tính khan nước Na_2SO_4, rồi cất thu hồi dung môi hoặc bốc hơi dung môi sẽ thu được cắn Scopolamin thô (Đỗ Huy Bích, 2004).

Giai đoạn 3: Tinh chế

Tinh chế thu được các Scopolamin bằng cách chuyển dạng muối với axit và chuyển dạng base bằng kiềm và phân chia chúng giữa hai pha dung môi hữu cơ không phân cực và nước để loại bỏ các tạp chất không phải là Scopolamin.

Scopolamin thô được tinh chế bằng cách chuyển nó nhiều lần từ dung môi hữu cơ sang dung môi nước và ngược lại, cuối cùng làm bốc hơi dung môi bằng cách thủy thu được sản phẩm dạng tinh khiết.

Sử dụng phương pháp trao đổi ion để tách riêng Scopolamin.

2.3. Định tính và định lượng Scopolamin

Định tính Scopolamin trên tiêu bản thực vật

Dùng thuốc thử Mandelin, vì protid cũng cho kết tủa với thuốc thử này nên để có kết luận chắc chắn chúng tôi dùng hai tiêu bản:

Một tiêu bản thứ nhất: Nhỏ một giọt thuốc thử Mandelin vào dung dịch Scopolamin tinh khiết chuẩn đã được điều chế tinh khiết có bán ngoài thị trường, đợi một lúc rồi soi kính hiển vi thu được kết tủa màu đỏ (phản ứng của Scopolamim).

Một tiêu bản thứ hai: Lấy khoảng 3 gam bột dược liệu cho vào 1 bình nón. Kiềm hóa phản ứng bằng dung dịch amoniac rồi thêm vào 10ml hỗn hợp ether – cloroform. Để yên 30 phút đến 1 giờ, thi thoảng lắc đều. Chiết dung dịch ether-cloroform vào một chậu kết tinh, đun cách thủy cho đến cạn hết. Nhỏ vào cắn 2 giọt acid nitri đậm đặc, đun nóng cho đến khi khô. Thêm 3- 5 giọt aceton và vài giọt dung dịch KOH 10% trong cồn, màu tím chuyển nhanh sang màu đỏ thẫm.

Định lượng Scopolamin

Theo Dược điển Việt Nam II quy định trong lá cà độc dược phải chứa ít nhất 0,12% Scopolamin toàn phần biểu thị bằng hyoscyamin ($C_{17}H_{21}NO_4$).

Định lượng Scopolamin toàn phần trong cà độc dược theo phương pháp đo thể tích.

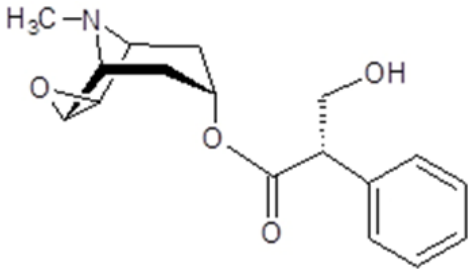
Ngoài ra, có thể định lượng trong môi trường khan: Cân chính xác 3 gam bột dược liệu, trộn kỹ với 1 ml amoniac đặc. Chiết lạnh bằng máy Lorinez với 150 ml benzen.

Chuyển Scopolamin sang dạng muối bằng cách lắc 4 lần, mỗi lần 10 ml H_2SO_4 2N. Gạn dịch chiết acid vào bình định mức 50 ml, thêm H_2SO_4 2N cho đủ 50 ml.

Kiềm hóa bằng amoniac đậm đặc đến pH từ 8-9. Lắc với cloroform hai lần đầu, mỗi lần 20 ml, hai lần sau, mỗi lần 10 ml.

Gộp dịch chiết cloroform tinh khiết thêm 5 ml acid acetic tinh khiết và 1-2 giọt chỉ thị tím gentian, dung dịch có màu tím. Chuẩn độ dung dịch bằng acid percloric 0,02N đến khi dung dịch có màu xanh nước biển.

3. Kết quả và thảo luận



Hình 4. Công thức cấu tạo của Scopolamin

Với mục đích mong muốn tìm ra một quy trình chiết xuất Scopolamin đơn giản, hiệu quả, rẻ tiền để có thể ứng dụng được rộng rãi trong thực tế. Kết quả các thí nghiệm cho thấy:

- Phương pháp ngâm chiết Scopolamin dưới dạng base bằng dung môi hữu cơ không phân cực với tỉ lệ 1/6 giữa bột nguyên liệu cây cà độc dược và thể tích dung dịch H_2SO_4 2N cho hiệu suất trích ly cao nhất.
- Định tính, hợp chất thu được trên tiêu bản thực vật sử dụng thuốc thử Bouchardat đạt độ tinh khiết cao. Định lượng Scopolamin trong dung dịch chiết từ cà độc dược theo phương pháp đo thể tích. Các kết quả định tính phù hợp với phương pháp định tính tương ứng được ghi tại Dược điển Việt Nam, Scopolamin trên tiêu bản thực vật là tinh thể màu vàng nhạt, không mùi, không vị; khi tiếp xúc với ánh sáng hoặc nhiệt dễ bị chuyển màu vàng đậm hơn; dễ tan trong axit sulfuric loãng, tan trong chloroform, ít tan ethanol và ether, không tan trong nước (Bộ Y tế, 2009).

Sử dụng phương pháp chiết xuất trong môi trường kiềm trong dung môi hữu cơ không phân cực định lượng Scopolamin, sau khi tính toán đạt được độ tinh khiết 92%, với hiệu suất trích ly cao nhất đạt 0,35% (Bộ Y tế, 2009).

4. Kết luận

- Đã xây dựng được qui trình chiết xuất Scopolamin trong cà độc dược.
- Đã xác định scolopolamin trong cà độc dược tại huyện Bình Xuyên tỉnh Vĩnh Phúc.
- Cấu trúc hóa học được định tính trên tiêu bản thực vật.
- Bột dược liệu thô đã cô lập được Scopolamin đạt độ tinh khiết cao, hiệu suất trích ly cao.
- Từ kết quả nghiên cứu trên, chúng tôi đề xuất nhân rộng vùng nguyên liệu trồng cây cà độc dược đạt tiêu chuẩn Vietgap để làm dược liệu chiết suất Scopolamin tự nhiên phục vụ trong ngành dược phẩm tại Việt Nam và xuất khẩu.

Tài liệu tham khảo

Bộ Y tế, 2009. *Dược điển Việt Nam IV*. Nhà xuất bản Y học.

Đỗ Huy Bích, 2004. *Cây thuốc và động vật làm thuốc ở Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ Thuật, Hà Nội, Việt Nam.

Đỗ Tấn Lợi, 2004. *Những cây thuốc và vị thuốc Việt Nam*. Nhà xuất bản Y học.

Trần Thị Thu Hà, Khuất Hữu Trung, Dương Văn Đoàn, Lê Văn Phúc và Nguyễn Nghĩa Biên, 2019. "*Hướng dẫn kỹ thuật trồng một số loài cây dược liệu quý theo tiêu chuẩn GACP-WHO"*. NXB Khoa học tự nhiên và Công nghệ.

Tuệ Tĩnh, 2007. *Nam dược thần hiệu*. NXB Y học.

Võ Văn Chi, 2019. *Từ điển cây thuốc Việt Nam*. NXB Y học.

A. Waqas, K. Haroon, K.A. Sajjad, N. Sana, A. Esra Küpeli, 2021. "Datura metel: A Review on Chemical Constituents, Traditional Uses and Pharmacological Activities". *Current Pharmaceutical Design*, Volume 27, Number 22, pp. 2545-2557.

M. Butnariu, 2012. An Analysis of Sorghum Halepense's Behavior in Presence of Tropane Alkaloids from *Datura stramonium* Extracts. *Chem. Cent. J, 6*:75.

G. Jmii, J.G. Zorrilla, C. Keffala, H. Jupsin, R. Haouala, 2024. "Effect of Datura metel L. and Inula viscosa L. applied separately or in combination on coexisting plants, Solanum elaeagnifolium Cav. and Capsicum annuum L". *Scientia Horticulturae*, Volume 328, pp.112963.

T. Schmeller, F. Sporer, M. Sauerwein, M. Wink, 1995. Binding of tropane alkaloids to nicotinic and muscarinic acetylcholine receptors. *Pharmazie*, 50: 493–495.

T. Islam, Iffat Ara, T. Islam, P. Kumar Sah, R.S. Almeida, E. F. F. Matias, C. L. G. Ramalho, H. D. M. Coutinho, M.T. Islam, 2023. "Ethnobotanical uses and phytochemical, biological, and toxicological profiles of Datura metel L". *Current Research in Toxicology* 4, pp.100106.

ABSTRACT

Research on the process of extracting Scopolamin in the plant Datura metel L

Nguyen Thu Ha, Vu Thi Minh Hong, Le Thi Vinh*

Hanoi University of Mining and Geology

Datura is a type of plant that belongs to the family Solanaceae. Datura grown in Binh Xuyen district, Vinh Phuc province is used as a raw material to extract Scopolamine. Scopolamine has the molecular

formula $C_{17}H_{21}NO_4$, is an odorless, tasteless, volatile alkaloid. Scopolamine is one of the parasympathetic drugs of natural origin that is effective in treating a number of diseases such as Parkinson's disease, motion sickness, and irritable bowel syndrome. However, Scopolamine can cause memory loss and temporary loss of consciousness because it will prevent it from the early stages, preventing memories from being formed. In this article we would like to introduce the process of extracting and purifying Scopolamine from white flower Datura.

Keywords: Datura; Scopolamine; Parkinson

Nghiên cứu nguyên lý và ứng dụng của phương pháp chiết xuất siêu tới hạn với lưu chất CO_2

Võ Thị Hạnh*, Vũ Thị Minh Hồng, Phạm Tiến Dũng, Nguyễn Mạnh Hà
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Lưu chất carbon dioxide siêu tới hạn có tỉ trọng cao, có độ linh động cao nên khả năng khuếch tán mạnh, độ nhớt thấp, sức căng bề mặt thấp, khả năng hòa tan dễ điều chỉnh bằng nhiệt độ và áp suất nên có thể ứng dụng dùng làm dung môi chiết tách mang lại nhiều lợi thế hơn so với việc sử dụng các dung môi truyền thống. Bài viết này sẽ giới thiệu tổng quan về nguyên tắc hoạt động cũng như các ứng dụng dùng công nghệ chiết xuất bằng lưu chất CO_2 siêu tới hạn trong nghiên cứu và sản xuất.

Từ khóa: CO_2 siêu tới hạn; Công nghệ chiết xuất; Lưu chất CO_2

1. Đặt vấn đề

Nước ta có nguồn dược liệu dồi dào với gần 4000 cây thuốc có thể sử dụng làm thuốc hoặc dùng để tách chiết một số hoạt chất dùng trong bào chế Đông dược. Tuy nhiên, do công nghệ tách chiết tinh khiết còn hạn chế nên chưa khai thác được nguồn dược liệu sẵn có này, nguồn dược liệu trong nước mới đáp ứng được khoảng 51,56%, còn lại 48,44% phải nhập khẩu từ nước ngoài.

Hiện nay, có nhiều công nghệ chiết xuất khác nhau được sử dụng trong sản xuất dược phẩm và trong nghiên cứu khoa học như phương pháp chiết truyền thống, phương pháp chiết xuất bằng dung môi siêu tới hạn, chiết xuất bằng đặc chủng sinh học,... Phương pháp chiết xuất truyền thống thường sử dụng dung môi nước hoặc các dung môi hữu cơ như ethanol, hexane, hoặc acetone,… Khi sử dụng dung môi nước, mặc dù nước thân thiện với môi trường tuy nhiên lại gặp khó khăn khi chiết xuất các hợp chất không tan trong nước, còn khi sử dụng các dung môi hữu cơ do các dung môi này khó loại bỏ hoàn toàn ra khỏi sản phẩm nên gây lo ngại tới vấn đề độc hại, ngoài ra với phương pháp chiết xuất dùng dung môi thường được thực hiện ở nhiệt độ cao nên dễ gây cháy nổ, gây ô nhiễm và làm phân hủy các hoạt chất có trong sản phẩm. Với phương pháp chiết xuất sinh học, đây là một phương pháp tiên tiến và thân thiện với môi trường, có thể sử dụng các enzyme hoặc vi khuẩn để chiết xuất các hợp chất, tuy nhiên phương pháp này có độ chọn lọc cao và có tính đặc thù nên không phổ biến rộng rãi [Lành Thị Ngọc, 2018].

Gần đây, phương pháp chiết xuất bằng dung môi siêu tới hạn đang rất được quan tâm và được đánh giá cao, vì đây là một phương pháp hiện đại, thân thiện với môi trường, cho hiệu suất và chất lượng dịch chiết tốt. Trong phương pháp chiết xuất bằng dung môi siêu tới hạn, dung môi thông dụng nhất là CO_2, đây là một dung môi không phân cực, không độc hại, giá thành rẻ, không cháy, thời gian chiết xuất ngắn mà hiệu suất lại cao hơn so với các phương pháp truyền thống. Ngoài ra, phương pháp chiết xuất dùng CO_2 siêu tới hạn đã khắc phục được các nhược điểm của phương pháp chiết xuất truyền thống như: chiết xuất ở nhiệt độ thấp nên các hợp chất dễ bị phân hủy như protein, vitamin, enzym... vẫn giữ nguyên trạng thái hóa học ban đầu, dịch chiết thu được sẽ có hàm lượng các hợp chất chiết cao và do CO_2 dễ dàng hóa hơi nên có thể loại bỏ hoàn toàn sau khi chiết và không gây độc cho sản phẩm [Akanda, 2012; Akbari, 2015; Balentić, 2017],... Do đó phương pháp này đang ngày càng được áp dụng nhiều và dần dần tiến tới thay thế cho việc chiết xuất bằng dung môi nước và dung môi hữu cơ.

Công nghệ chiết xuất siêu tới hạn với lưu chất CO_2 (SCO_2) đã có những ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như thực phẩm, y dược, hóa học, vật liệu và môi trường… Trong bài báo này sẽ trình bày tổng quan về nguyên lý của phương pháp SCO_2, cũng như các ứng dụng của nó trong thực tiễn.

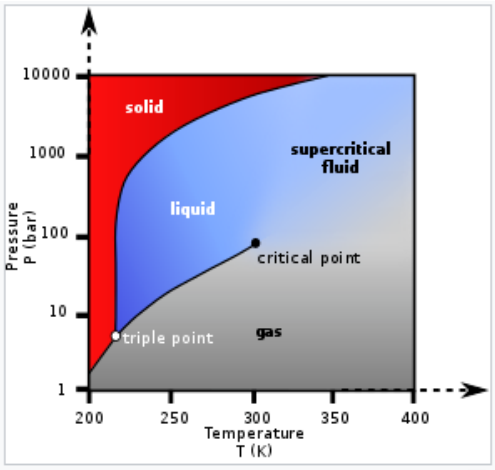
2. Nguyên lý của phương pháp SCO_2

Hình 1 thể hiện giản đồ pha nhiệt độ - áp suất của CO_2. Trong giản đồ này cho thấy CO_2 có thể tồn tại ở một trong 3 trạng thái rắn, lỏng, khí và sự sôi tách biệt vùng chất khí và chất lỏng sẽ kết thúc tại điểm tới

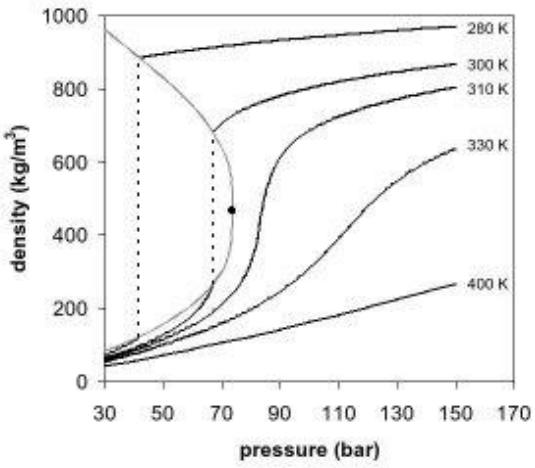
* *Tác giả liên hệ*
Email: vothihanh@humg.edu.vn

hạn tại nhiệt độ 304,1 K và áp suất 73,8 bar. Khi nhiệt độ và áp suất cao hơn điểm tới hạn này, lúc đó pha lỏng và pha khí biến mất, khi đó CO_2 sẽ tồn tại ở dạng một pha, được gọi là pha siêu tới hạn và CO_2 ở trạng thái siêu tới hạn [Balentić, 2017].

Sự xuất hiện pha CO_2 siêu tới hạn cũng có thể quan sát được trong giản đồ pha áp suất - tỷ trọng của CO_2 (Hình 2): khi áp suất tăng, khí bị nén nên tỉ trọng cũng tăng lên. Ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ tới hạn (304,1 K), áp suất tăng đến khoảng hơn 40 bar thì CO_2 ngưng tụ thành chất lỏng có tỷ trọng cao, thể hiện bằng đường đường gián đoạn (đường chấm chấm giữa pha lỏng và pha khí), khi đó hệ gồm 2 pha nằm ở trạng thái cân bằng: pha lỏng đậm đặc và pha khí có tỷ trọng thấp. Khi nhiệt độ tiến gần nhiệt độ tới hạn, tỷ trọng của chất khí tăng lên và của chất lỏng giảm đi. Tại điểm tới hạn, (304,1 K và 7,38 MPa (73,8 bar)), không có sự khác biệt về tỷ trọng giữa hai pha và hai pha trở thành một pha siêu tới hạn. Ở nhiệt độ cao nhiệt độ tới hạn, trên dưới nhiệt độ 310 K, và trong vùng lân cận của áp suất tới hạn, việc thay đổi nhỏ về áp suất cũng gây ra sự tăng lớn về tỷ trọng của pha siêu tới hạn. Ở nhiệt độ cao hơn (khoảng 330 K), lưu chất CO_2 bắt đầu hoạt động giống như chất khí. Ở nhiệt độ 400 K, tỷ trọng tăng gần như tuyến tính với áp suất [Abdullah, 2006].

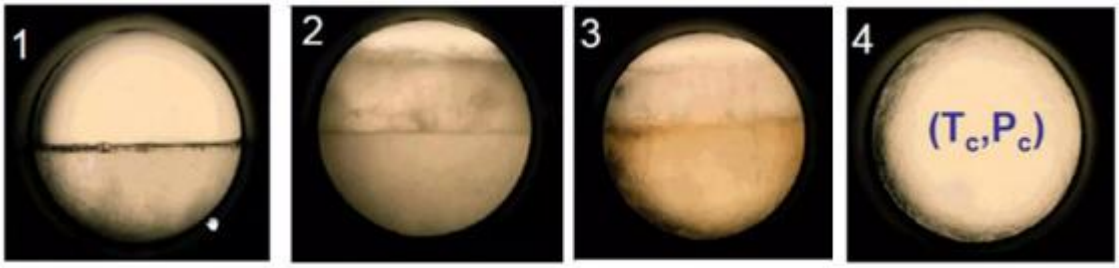


Hình 1. Giản đồ pha nhiệt độ - áp suất CO_2 [Zhang, 2014]



Hình 2. Giản đồ pha áp suất – tỷ trọng CO_2 [Abdullah, 2006]

Khi nhiệt độ và áp suất tăng, sự thay đổi bề mặt phân chia pha của CO_2 thể hiện rõ ở hình 3. Dưới nhiệt độ và áp suất tới hạn, đường phân chia 2 pha lỏng - khí thể hiện rõ bằng đường ngăn cách (ảnh 1); Khi tăng nhiệt độ sẽ làm cho tỉ trọng chất lỏng và khí gần nhau hơn và đường ngăn cách 2 pha mờ dần (ảnh 2); Tiếp tục tăng nhiệt độ cao hơn nữa đường phân cách 2 pha vẫn còn nhưng khó quan sát (ảnh 3); Sau khi đạt tới nhiệt độ và áp suất tới hạn, đường phân cách giữa 2 pha không còn nữa, không còn tồn tại 2 pha nữa mà đã tạo thành 1 pha đồng nhất (ảnh 4) [Abdullah, 2006].



Hình 3. Bề mặt phân chia pha của CO_2 khi tăng nhiệt độ và áp suất [Abdullah, 2006]

3. Trạng thái siêu tới hạn CO_2

Thông thường với một chất khí khi bị nén đẳng nhiệt tới một áp suất đủ cao, chất khí sẽ hóa lỏng và ngược lại. Tuy nhiên, có một giá trị áp suất mà tại đó, chất lỏng không hóa hơi trở lại khi tăng nhiệt độ, mà tồn tại ở một dạng đặc biệt gọi là trạng thái siêu tới hạn. Ở trạng thái này chất sẽ mang đặc tính ưu việt của cả chất khí và chất lỏng, chẳng hạn như chất sẽ có tỉ trọng tương đương với tỉ trọng của pha lỏng nhưng có tính chất của chất ở trạng thái khí: sự linh động của các phân tử lớn, hệ số khuếch tán cao, sức căng bề mặt nhỏ. Bảng 1 cho thấy tỉ trọng, độ khuếch tán và độ nhớt của CO_2 ở trạng thái khí, lỏng và siêu tới hạn.

Bảng 1. Các thông số vật lý của CO_2 ở các trạng thái khí, lỏng và siêu tới hạn [Balentić, 2017]

Trạng thái	Tỷ trọng (g/mL)	Khuếch tán (cm^2/s)	Độ nhớt ($g/cm^2/s$)
Khí	10^{-3}	10^{-1}	10^{-4}
Siêu tới hạn	$10^{-1} \div 1$	$10^{-4} \div 10^{-3}$	10^{-3}
Lỏng	1	5.10^{-6}	10^{-2}

Một số hợp chất đã được nghiên cứu làm dung môi chiết xuất siêu tinh khiết: etan, propan, hexan, pentan, etylen, dimetyl ete, butan, đinitơ monoxit... Về nguyên tắc, bất kỳ dung môi nào cũng có thể được sử dụng như một dung môi siêu tới hạn. Tuy nhiên, trên thực tế do tính khả thi kỹ thuật (các đặc tính tới hạn), độc tính, chi phí và khả năng hòa tan quyết định dung môi phù hợp nhất cho ứng dụng cụ thể. Bảng 2 giới thiệu một số thông số như nhiệt độ, áp suất và tỉ trọng của một số dung môi.

Bảng 2. Tính chất tới hạn của các dung môi khác nhau [Raful, 2011; Zhang, 2014]

Dung môi	***Khối lượng phân tử***	***Nhiệt độ tới hạn***	***Áp suất tới hạn***	***Tỉ trọng tới hạn***
	g/mol	K	Mpa (atm)	g/cm^3
CO_2	44,01	304,1	7,37 (72,8)	0,469
H_2O	18,015	647,096	22,064 (217,755)	0,322
CH_4	16,04	190,4	4,60 (45,4)	0,162
C_2H_6	30,07	305,3	4,87 (48,1)	0,203
C_3H_8	44,09	369,8	4,25 (41,9)	0,217
C_2H_4	28,05	282,4	5,04 (49,7)	0,215
C_3H_6	42,08	264,9	4,60 (45,4)	0,232
CH_3OH	32,04	512,6	8,09 (79,8)	0,272
C_2H_5OH	46,07	513,9	6,14 (60,6)	0,276
C_3H_6O	58,08	508,1	4,70 (46,4)	0,278
N_2O	44,013	44,013	306,57	0,452

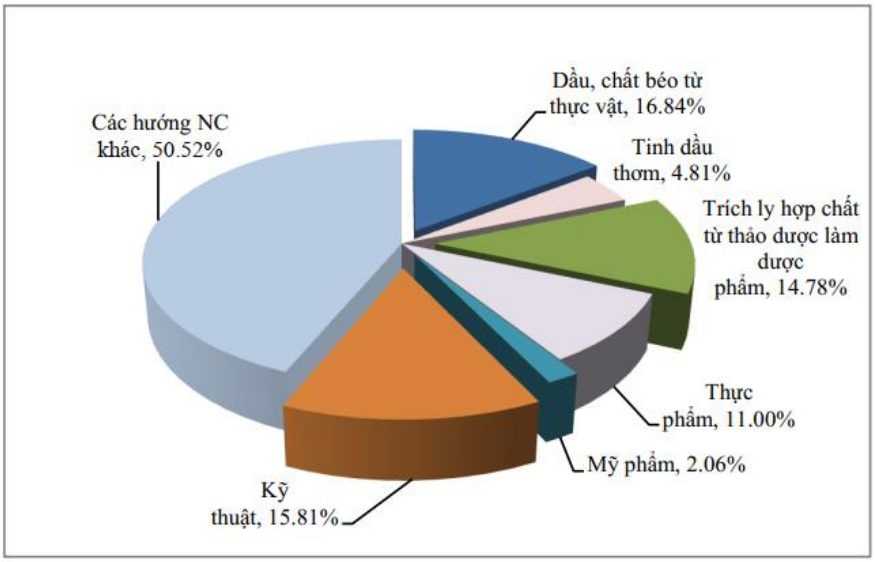
Bằng cách thay đổi áp suất và nhiệt độ, các đặc tính của chất lưu có thể được thay đổi cho phù hợp với yêu cầu, như tính chất có thể giống với chất lỏng hơn hoặc giống với chất khí hơn. Một tính chất quan trọng của chất lưu là khả năng hòa tan các chất. Ở nhiệt độ không đổi, độ hòa tan có xu hướng tăng theo áp suất, mà áp suất tăng, tỷ trọng tăng nên khả năng hòa tan trong chất lưu siêu tới hạn cũng có xu hướng tăng theo tỷ trọng của chất lưu. Còn khả năng hòa tan dựa vào nhiệt độ sẽ phức tạp hơn. Thông thường khi tỷ trọng không đổi, độ hòa tan sẽ tăng theo nhiệt độ. Tuy nhiên, gần đến điểm tới hạn, tỷ trọng có thể giảm mạnh khi tăng nhẹ nhiệt độ. Do đó, gần với nhiệt độ tới hạn, độ hòa tan thường giảm khi nhiệt độ tăng, rồi sau đó tăng trở lại. Nhìn chung, hợp chất càng dễ bay hơi thì độ hòa tan của nó trong lưu chất CO_2 càng cao và quá trình chiết xuất chất lỏng siêu tới hạn càng dễ dàng. Bảng 3 cho thấy khả năng hòa tan của một số chất trong dung môi CO_2.

Bảng 3. Các chất hòa tan trong CO_2

Dễ hòa tan	***Hòa tan***	***Không hòa tan***
Este, alcohol	Dầu thực phẩm từ các hạt có dầu	Đường
Aldehyd, Xeton	Sáp	Axit trái cây
Chất dễ bay hơi/tinh dầu	Polyphenol	Tinh bột
Hương liệu		Protein
		Muối khoáng
		Glycoside

4. Ứng dụng công nghệ SCO_2

Công nghệ chiết xuất siêu tới hạn với lưu chất CO_2 đã được ứng dụng từ lâu ở nhiều quốc gia như Đức, Ý, Ấn Độ, Hàn Quốc, Đài Loan, Trung Quốc… Theo nguồn thông tin từ cơ sở dữ liệu Wipsglobal, từ năm 1980 đến 2014 đã có 291 sáng chế đăng ký bảo hộ về công nghệ siêu tới hạn sử dụng lưu chất CO_2, khi đưa vào bảng phân loại sáng chế quốc tế IPC (International Patent Classification) nhận thấy lượng sáng chế tập trung nhiều vào một số nhóm nghiên cứu như hình 4 [Phan Tại Huân, 2014]. Từ đó, cho thấy công nghệ SCO_2 đã được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau:



Hình 4. Tình hình đăng ký sáng chế về công nghệ trích ly sử dụng CO_2 siêu tới hạn theo bảng phân loại sáng chế quốc tế IPC [Phan Tại Huân, 2014]

Trong sản xuất dược phẩm: Nhiều nghiên cứu cho thấy, chiết xuất bằng CO_2 siêu tới hạn thường được sử dụng trong chiết xuất dầu và tinh dầu chất lượng cao có nguồn gốc từ thực vật. Tại Hàn Quốc, đã ứng dụng công nghệ này trong chiết xuất các hợp chất dược liệu từ nấm linh chi Hàn Quốc và từ đông trùng hạ thảo…, tại Malaysia công nghệ SCO_2 đã mang lại hiệu quả kinh tế cao cho ngành sản xuất dầu cọ [Akanda, 2012]. Còn ở Việt Nam, đã ứng dụng SCO_2 trong chiết xuất dược chất và tinh dầu từ dược liệu thiên nhiên: Viện công nghệ hoá học dùng công nghệ SCO_2 trong sản xuất tinh dầu trầm từ cây dó; Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM đã áp dụng công nghệ này để trích ly dầu gấc và kết quả cho thấy hiệu quả trích ly dầu gấc lên đến 91,5 %, tinh dầu thu được chứa hàm lượng vitamin E, β-caroten và lycopene cao hơn gấp nhiều lần so với công nghệ ép gia nhiệt hoặc sử dụng dung môi hữu cơ truyền thống, [Phan Tại Huân, 2014]; Ngoài ra, các nhà nghiên cứu tại Việt Nam cũng đã áp dụng công nghệ SCO_2 trong chiết xuất tinh dầu hoa nhài [N.T.T Hương, 2004], tinh dầu tiêu [Phan Nhật Minh, 2006], dầu mù u [Nguyễn Hữu Hiếu, 2016], chiết xuất tinh dầu tỏi [Nguyễn Văn Khanh, 2020], dầu cám gạo [Nguyễn Văn Khanh, 2021] , trong sản xuất cao chiết giảo cổ lam [Nguyễn Châu Anh, 2024], …

Trong sản xuất thực phẩm: đã áp dụng phương pháp SCO_2 để thu hồi các hợp chất tạo màu, mùi, vị của thiên nhiên đưa vào thực phẩm như sắc tố tạo màu từ ớt đỏ; các hợp chất tạo hương từ trái cây; khử mùi dầu cá; chiết hợp chất từ hoa Houblon trong sản xuất bia; đặc biệt là đã tách caffein từ trà và cà phê làm cho sản phẩm có mùi thơm hơn và lượng caffeine được chiết xuất ra được sử dụng cho ngành công nghiệp dược phẩm [Phan Thị Phương Thảo, 2021; Balentić, 2017; Boyaci, 2012]

Trong sản xuất mỹ phẩm: chiết tách các hợp chất tự nhiên đưa vào mỹ phẩm, hỗ trợ việc tái tạo collagen, ngăn ngừa lão hóa da,… đi từ nguồn nguyên liệu thảo dược [Hoàng Văn Lương, 2009].

Trong kỹ thuật: phương pháp SCO_2 đã ứng dụng trong chế tạo vật liệu bán dẫn silicon; trong điều chế các hạt có cấu trúc nano hoặc tạo lớp phủ bề mặt [Silva, 2014]; trong sản xuất polymer nguồn gốc thực vật cho ngành dược phẩm [Akbari, 2015]… Ở Việt Nam, ứng dụng SCO_2 trong công nghệ mạ nickel kết quả cho thấy so với lớp mạ truyền thống, độ cứng của lớp mạ nickel trong môi trường siêu tới hạn CO_2 cao gấp đôi, ứng suất bền, độ chịu mài mòn và chịu mòn hóa học cao hơn [Nguyễn Văn Cường, 2014].

5. Kết luận

Công nghệ SCO_2 là một kỹ thuật hiện đại và có nhiều ưu điểm so với phương pháp chiết xuất truyền thống. Trên thế giới SCO_2 đã được ứng dụng trong nghiên cứu và sản xuất ở nhiều lĩnh vực khác nhau, và

chứng minh được hiệu quả kinh tế của nó. Tuy nhiên tại Việt Nam, công nghệ này khá mới mẻ. Với nhu cầu của ngành công nghiệp thực phẩm để tạo sản phẩm có hàm lượng chất dinh dưỡng, cũng như nhu cầu phát triển các loại thuốc, chế phẩm mới có nguồn gốc thảo dược trong ngành dược phẩm nói chung và Đông y nói riêng, … các nhà khoa học ở nước ta cần đẩy mạnh nghiên cứu và ứng dụng hơn nữa công nghệ SCO_2 trong thực tế.

Tài liệu tham khảo

Abdullah, Syed Asif, 2006. "*Solubility in supercritical carbon dioxide*". Theses, 375.

M.J.H. Akanda, M.Z.I. Sarker, S. Ferdosh, M.Y.A. Manap, N.N.N. Ab Rahman, M.O. Ab Kadir, Applications of supercritical fluid extraction (SFE) of palm oil and oil from natural sources. *Molecules*, 2012, 17,1764-1794.

I. Akbari, S.M. Ghoreishi, N. Habibi. Supercritical CO_2 Generation of Nanometric Structure from Ocimum basilicum Mucilage Prepared for Pharmaceutical Applications, 2015. *AAPS PharmSciTech*, 16, 428-434.

Nguyễn Châu Anh, Phạm Quang Thắng, Trương Quỳnh Trâm, Vũ Thị Thu Thảo, Đặng Thị Yến Thu, Phạm Thị Hà Vân, 2024. Nghiên cứu sản xuất cao chiết giảo cổ lam (Gynostemma pentaphyllum) bằng CO_2 siêu tới hạn. *Tạp chí Trường Đại học Sư Phạm TP HCM*, Tập 21, Số 1, 139-149.

J. P. Balentić, Đ. Ačkar, A. Jozinović, J. Babić, B. Miličević, S. Jokić, B. Pajin, D. Šubarić, 2017. Application of supercritical carbon dioxide extrusion in food processing technology. *Hemijska Industrija*, 71, 127–134.

B. Bilgi Boyaci, J.Y. Han, M.T. Masatcioglu, E. Yalcin, S.Celik, G.H. Ryu, H. Koksel, 2012. Effects of cold extrusion process on thiamine and riboflavin contents of fortified corn extrudates. *Food Chem*, 132, 2165–2170.

Nguyễn Văn Cường, 2014. *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ mạ Nickel trong môi trường siêu tới hạn CO_2 ở Việt Nam*,Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Vinh.

Nguyễn Hữu Hiếu, Nguyễn Trọng Huy, Trần Thị Minh Thùy, 2016. Tối ưu hóa quá trình trích ly dầu mù u bằng kỹ thuật lưu chất siêu tới hạn. *Tạp chí hóa học*, 54(1), 82-87.

Phan Tại Huân, 2014. *Gấc và công nghệ sản xuất tiềm năng*. TP.Hồ Chí Minh.

Nguyễn Thị Thu Hương, 2004. *Nghiên cứu công nghệ chiết tách tinh dầu hoa nhài Việt Nam (Jasminum Sambac) bằng phương pháp dùng CO_2 ở trạng thái siêu tới hạn*. Luận văn thạc sĩ ngành Công nghệ thực phẩm/chuyên ngành Công nghệ tinh dầu. Trường ĐHBK Hà Nội.

Nguyễn Văn Khanh, Nguyễn Thanh Hải, Nguyễn Thị Huyền, Đào Anh Hoàng, Trần Quốc Thịnh, 2021. Nghiên cứu chiết xuất dầu cám gạo bằng dung môi CO_2 siêu tới hạn. *VNU Journal of Science: Medical and Pharmaceutical Sciences*, 37, 2, 10-17.

Nguyễn Văn Khanh, Đỗ Thị Nhài, Bùi Thanh Tùng, Nguyễn Thanh Hải, 2020. Nghiên cứu chiết xuất và đánh giá tác dụng chống oxy hóa của tinh dầu tỏi từ củ tỏi. *VNU Journal of Science: Medical and Pharmaceutical Sciences*, 36, No. 3, 49-56.

Lành Thị Ngọc, Phạm Thị Ngọc Mai, Nguyễn Quang Tùng, Đào Thị Kim Dung, Đỗ Thị Thanh Trung, Trần Quốc Toàn, 2018. Nghiên cứu khả năng thủy phân lá chè xanh bằng enzyme và ứng dụng để chiết tách polyphenol. *Tạp chí khoa học & công nghệ*, Số 45, 49-52.

Hoàng Văn Lương, Vũ Bình Dương, Nguyễn Văn Long, Đào Văn Đôn, 2009. Ứng dụng dung môi CO_2 siêu tới hạn điều chế liposom chứa arbutin sử dụng trong mỹ phẩm nano. *Tạp chí y – dược học quân sự*, số 4, 5-10.

Phan Nhật Minh, Phùng Văn Trung, Bùi Trọng Đạt, Nguyễn Ngọc Hạnh, 2006. Khảo sát thành phần hóa học của tinh dầu tiêu (Piper nigrum L.) Chiết xuất bằng phương pháp carbon dioxide siêu tới hạn. *Tạp chí Nghiên cứu Khoa học*, 2, 97-102.

Raful Balavant Deshpande, Aravind Kumar, Averineni Ranjith Kumar, Gopal Venkatesh Shavi, Arumugam Karthik, Meka Sreenivasa Reddy, and Nayanabhirama Udupa, 2011. Supercritical Fluid Technology: Concepts and Pharmaceutical Applications. *PDA Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 65, 3, 333-344.

E.K. Silva, M.A.A. Meireles. Encapsulation of food compounds using supercritical technologies: applications of supercritical carbon dioxide as an antisolvent. *Food and Public Health*, 2014, 4, 247-258.

Phan Thị Phương Thảo, Nguyễn Vĩnh Hoàng, Lê Minh Nguyệt, Vũ Hồng Sơn, 2021. Dầu hạt chè (camellia sinensis o. kuntze) - Tổng quan về tính chất hoá lý và khả năng ứng dụng trong công nghiệp thực phẩm. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 19(6): 782-794.

X. Zhang, S. Heinonen, E. Levänen, 2014. Applications of supercritical carbon dioxide in materials processing and synthesis, *RSC Advances*, 4, 61137-61152.

ABSTRACT

Study of the Principles and Applications of Supercritical CO_2 Fluid Extraction

Vo Thi Hanh*, Vu Thi Minh Hong, Pham Tien Dung, Nguyen Manh Ha
Hanoi University of Mining and Geology

Supercritical carbon dioxide (CO_2) has a high density, strong diffusion capability, low surface tension, high flexibility, low viscosity, and easily adjustable solvation capability through temperature and pressure changes. These properties make it suitable as a solvent for extraction, offering numerous advantages over traditional solvents. This article provides an overview of the principles of operation and various applications of supercritical CO_2 extraction technology.

Keywords: Supercritical CO_2; Extraction Technology; CO_2 Fluid

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Thực trạng ô nhiễm thuốc kháng sinh tác động đến con người và môi trường sống

Võ Thị Hạnh*, Nguyễn Thị Thu Hiền, Nguyễn Thị Kim Thoa, Lê Thị Vinh
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Hiện nay ngoài việc lạm dụng thuốc kháng sinh trong chữa bệnh, thì thuốc kháng sinh còn được sử dụng rộng rãi trong chăn nuôi gia súc, gia cầm và trong nuôi trồng thủy sản, đã gây nên tình trạng dư thừa lượng thuốc kháng sinh trong môi trường từ đó làm ảnh hưởng rất lớn đến sức khỏe con người và môi trường sinh thái. Bài báo này sẽ cho chúng ta có cái nhìn tổng quan về tình trạng đó tại Việt Nam.

Từ khóa: Kháng kháng sinh; môi trường; sức khỏe

1. Đặt vấn đề

Kháng sinh là những chất tổng hợp hoặc bán tổng hợp hoặc có nguồn gốc từ vi sinh vật, có khả năng tiêu diệt hoặc ức chế sự phát triển một cách có chọn lọc đối với các vi khuẩn ở nồng độ thích hợp. Vì vậy, việc sử dụng thuốc kháng sinh hiệu quả, an toàn, hợp lý tránh tình trạng kháng thuốc kháng sinh và vấn đề vô cùng quan trọng, là nhiệm vụ của ngành Y tế và toàn xã hội.

Sử dụng không đúng và lạm dụng thuốc kháng sinh đang là mỗi đe dọa lớn đến sức khỏe con người và môi trường sinh thái. Theo thống kê cho thấy, khoảng 70% lượng kháng sinh toàn cầu được sử dụng để ngăn chặn vi khuẩn và là chất kích thích tăng trưởng ở động vật hoặc cây trồng, 30% còn lại được sử dụng cho việc ức chế vi khuẩn ở người (Lê Thị Hồng Diệp, 2022). Trong năm 2010, lượng kháng sinh sử dụng trong cho vật nuôi là khoảng 63200 tấn, chiếm 2/3 lượng kháng sinh sản xuất trên toàn cầu (100.000 tấn). Ước tính đến 2030, mức tiêu thu này sẽ vào khoảng 105.600 tấn (Van Boeckel T. P, 2014). Trong tổng số kháng sinh bán ra, có từ 20 đến 50% được sử dụng không phù hợp (Čižman, M., 2003). Có khoảng 80% tất cả các loại kháng sinh được sử dụng bên ngoài bệnh viện (Kotwani, 2011).

Thuốc kháng sinh xâm nhập vào môi trường nước thông qua nhiều con đường khác nhau và do việc sử dụng kháng sinh không phù hợp và thiếu kiểm soát trong phòng điều trị bệnh, cũng như trong nuôi trồng nên kháng sinh không ngừng thải ra môi trường, từ đó gây tác động xấu đến sức khỏe con người và hệ sinh thái (Đoàn Văn Thuần, 2023).

2. Nguồn ô nhiễm thuốc kháng sinh

2.1. Nước thải sinh hoạt và nước thải bệnh viện

Sự lạm dụng thuốc kháng sinh quá mức chính là nguyên nhân gây ra ô nhiễm kháng sinh và gây tình trạng kháng kháng sinh đáng báo động như hiện nay, theo số liệu điều tra của ngành y tế ở nông thôn khoảng 91% người dân tự do mua thuốc kháng sinh mà không có kê đơn của bác sỹ, tỉ lệ này ở thành thị vào khoảng 88%.

Khoảng 75% và 90% liều kháng sinh được người và động vật bài tiết qua thông qua nước tiểu và phân, từ đó xâm nhập vào chuỗi thức ăn do cây hấp thụ, ngấm vào nước ngầm qua quá trình rửa trôi, hoặc tồn tại trong nước mặt qua các dòng chảy từ nước mưa (Lê Hùng Anh, 2022).

Theo số liệu nghiên cứu của nhóm tác giả Võ Thị Diệu Hiền và cộng sự vào năm 2016 khi phân tích lượng dư các loại thuốc kháng sinh có trong nước thải đã qua xử lý của 39 bệnh viện và phòng khám tại TP Hồ Chí Minh cho thấy mặc dù nước thải đã qua xử lý nhưng vẫn còn dư lượng thuốc kháng sinh nhiều, như kháng sinh sulfamethoxazole 9.6 ± 9.8 µg/L; ciprofloxacin 5.3 ± 4.8 µg/L; ofloxacin 10.9 ± 8.1 µg/L,… (Võ Thị Diệu Hiền, 2016).

Ngoài ra, các nghiên cứu khác đã chỉ ra hiện nay tại bệnh viện có 6 loại kháng sinh được sử dụng phổ biến gồm amoxicilin, cephalexin, ciprofloxacin, levofloxacin, moxifloxacin và clarithromycin (Hoàng Thế Anh, 2022), cho nên mức độ ô nhiễm các kháng sinh này dự đoán còn có thể vượt qua các kháng sinh kể trên.

* *Tác giả liên hệ*
Email: vothihanh@humg.edu.vn

2.2. Nuôi trồng thủy sản và chăn nuôi gia cầm

Theo báo cáo khảo sát năm 2019 của Viện Nghiên cứu nuôi trồng thủy sản cho thấy, việc lạm dụng kháng sinh trong nuôi trồng thủy sản đang diễn ra khá phổ biến trên cả nước, ở miền Trung khoảng hơn 10 loại, miền Nam khoảng hơn 15 loại, còn nhìn chung cả nước có 11 loại kháng sinh phổ rộng đã được sử dụng, trong đó kháng sinh sử dụng nhiều nhất là oxytetracycline, tetracycline và enrofloxacin (Nguyễn Trung Hiếu, 2021).

Việc sử dụng kháng sinh trong nuôi trồng thủy sản không đúng theo quy định về chủng loại, liều lượng và thời gian sử dụng đã đưa một lượng dư thừa thuốc kháng sinh thải ra môi trường. Mặc dù, về nguyên tắc muốn sử dụng kháng sinh cho người hoặc vật nuôi đều cần phải có kê đơn của bác sĩ, tuy nhiên, trên thực tế việc sử dụng kháng sinh hiện nay chủ yếu do thói quen của người chăn nuôi và có thể mua ở bất kỳ đại lý bán thức ăn cho vật nuôi. Kết quả điều tra về tình hình sử dụng kháng sinh trong nuôi tôm thẻ chân trắng trên cát ở tỉnh Thừa Thiên Huế cho thấy 96,5% hộ nuôi tôm đã từng sử dụng thuốc kháng sinh và người nuôi có xu hướng sử dụng thuốc kháng sinh với liều lượng cao hơn so với khuyến cáo của nhà sản xuất thuốc là 68,4% (Lê Công Tuấn, 2021).

Ngoài ra trong ngành chăn nuôi hiện nay, ngoài mục đích sử dụng thuốc kháng sinh để phòng và chữa bệnh cho vật nuôi thì còn sử dụng thuốc kháng sinh với liều thấp cho vào thức ăn của gia súc gia cầm để kích thích tiêu hóa, từ đó thúc đẩy tăng trưởng và làm tăng hiệu suất chăn nuôi. Có nhiều loại kháng sinh đã được sử dụng với mục đích này, bao gồm penicillin, oxytetracyclin, tylosin, bacitracin, sulfate neomycin, streptomycin, …

Một nhóm chuyên gia tại tỉnh Long An - là một tỉnh có nền nông nghiệp chăn nuôi phát triển, đã nghiên cứu sự tồn dư lượng kháng sinh thuộc dòng nhóm quinolone trong mẫu nước mặt và phát hiện dư lượng kháng sinh với làm lượng: enrofloxacin 3,3 µL/L, ciproflocaxin 15,8 µL/L, norflocaxin 1,5 µL/L và levofloxacin 1,1 µL/L và mật độ *E.coli* vượt ngưỡng so với quy chuẩn QCVN 08 - MT:2015/BTNMT ở mức rất cao, từ 4,8 - 1860 lần (Lê Hùng Anh, 2022).

3. Tác động đến cuộc sống

3.1. Tác động đến sức khỏe

Các vi khuẩn và vi sinh vật tiếp xúc lâu dài với các chất kháng sinh ở nồng độ thấp trong môi trường nước, sẽ phát triển các chủng vi khuẩn kháng thuốc và duy trì các chủng kháng thuốc. Hiện tượng kháng kháng sinh ngày càng gia tăng trong nhiều loài vi khuẩn gây bệnh cho người, từ đó làm giảm hiệu quả của phương pháp điều trị bệnh bằng kháng sinh và điều này dẫn đến việc trị bệnh kéo dài làm tăng chi phí y tế và trong trường hợp nghiêm trọng còn làm cho việc điều trị bệnh bị thất bại.

Tình trạng kháng kháng sinh là vấn đề cấp bách trên thế giới hiện nay, được mô tả là *"một trong những mối đe dọa lớn nhất đối với sức khỏe, an ninh lương thực và sự phát triển toàn cầu hiện nay".* Bất kỳ loại vi khuẩn nào tồn tại trong điều trị kháng kháng sinh đều có thể nhân lên và truyền lại tính kháng của nó cho thế hệ sau. Nguy hiểm hơn, một số vi khuẩn có thể chuyển các đặc tính kháng thuốc của chúng sang các chủng vi khuẩn khác, làm cho tình trạng kháng thuốc càng trở nên phức tạp và lan rộng.

Theo báo cáo của Trung tâm Phòng chống Bệnh tật Châu Âu (ECDC), hằng năm ở Châu Âu có trên 25.000 bệnh nhân chết vì nhiễm phải vi khuẩn đa kháng thuốc. Ở Việt Nam, Tổ chức Y tế Thế giới xếp Việt Nam vào nhóm các nước có tỉ lệ kháng kháng sinh cao nhất thế giới. Khảo sát thực hiện trên 15 bệnh viện tại Việt Nam cho thấy, mức độ kháng kháng sinh gặp phổ biến trong nhóm vi khuẩn gram âm bao gồm *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *E.coli* và *Klebsiella* ...(Trương Thị Ngọc Thảo, 2023). Kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu của tác giả Nguyễn Trà Mi và các cộng sự cho thấy tại các bệnh viện lớn như Bệnh viện Bạch Mai, Bệnh viện Chợ Rẫy, Bệnh viện Trung ương Quân đội 108, Bệnh viện Trung ương Huế, các vi khuẩn như *E.coli*, tụ cầu vàng, *A.baumannii*, … đã có tỉ lệ kháng rất cao với các kháng sinh thường dùng (Nguyễn Trà Mi, 2018). Cụ thể là với *E.coli* các kháng sinh hay sử dụng để điều trị là gentamicin và cefotaxim đã bị kháng lần lượt là 51% và 50,3% (Nguyễn Trà Mi, 2018), amoxicillin bị kháng với tỷ lệ cao nhất là 93,51% (Tưởng Quốc Triêu, 2022), tỷ lệ kháng thuốc nói chung lên tới 40%, thậm chí có địa phương lên đến 70%, kháng cả kháng sinh mạnh nhất là colistin. Tụ cầu vàng có tỉ lệ kháng methiciline là 41,7%. Còn với vi khuẩn *A.baumannii* - một căn nguyên gây nhiễm trùng tại 16 bệnh viện hàng đầu hiện nay - tỉ lệ kháng kháng sinh đã ở mức báo động đỏ, cụ thể, hơn 3.000 chủng *A. baumannii* phân lập được tại 7 bệnh viện lớn, đại diện cho 3 miền Bắc, Trung, Nam trong năm 2012-2013 cho thấy có tỉ lệ kháng cao với hầu hết các kháng sinh thường dùng trong bệnh viện (tỉ lệ kháng trên 70% trong tổng số 15 loại kháng sinh được thử nghiệm) (Nguyễn Trà Mi, 2018), hiện nay tỷ lệ kháng với hầu hết các loại kháng sinh lên đến trên 90%.

E.coli được coi là một nguồn chứa các gen mã hóa cho sự kháng kháng sinh và khi đã kháng thuốc *E.coli* có thể truyền plasmid kháng thuốc cho các loại vi khuẩn gây bệnh khác sống trong đường ruột, từ đó làm

tăng nhanh sự lây lan khả năng kháng kháng sinh trong các vi khuẩn. Ngoài ra, vi khuẩn *E.coli*. là một trong những nguyên nhân gây ngộ độc thực phẩm. Theo báo cáo của Cục quản lý Vệ sinh an toàn thực phẩm, năm 2016, có gần 10.000 người ngộ độc thực phẩm; năm 2017, cả nước xảy ra 139 vụ ngộ độc thực phẩm với 3.869 người mắc, trong đó có 24 trường hợp tử vong. Từ đầu năm 2018 đến 2020, toàn quốc đã xảy ra 79 vụ ngộ độc thực phẩm với 2.847 người mắc, trong đó có 16 trường hợp tử vong (Trần Thị Hằng, 2020). Tuy mức độ nguy điểm của vi khuẩn *E. coli* như vậy nhưng hiện nay hiện tượng nhiễm *E.coli* trên thực phẩm vẫn tràn lan. Theo kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả Tưởng Quốc Triêu cho thấy tỷ lệ nhiễm *E.coli* trên thịt tươi là 90,59%, có 42,35% mẫu vượt giới hạn cho phép, riêng tại các chợ truyền thống ở thành phố Buôn Ma Thuột lên đến 95,00% và 86,70% (14).

3.2. Tác động đến môi trường

Ngoài tác động rất lớn đến con người, việc ô nhiễm thuốc kháng sinh còn làm tăng nguy cơ gây biến đổi hệ sinh thái và môi trường sống. Theo nghiên cứu mới đây của các nhà khoa học cho thấy, một số loại thuốc kháng sinh có trong môi trường nước mặt như clarithromycin, erythromycin và sulfamethoxazole đã làm ảnh hưởng đến sự phát triển của các loài thủy sản và sự cân bằng của hệ sinh thái (Trương Thị Ngọc Thảo, 2023); Các kháng sinh ciprofloxacin, registerfloxacin … đã tác động đến sự phát triển của loài thủy sinh, làm thay đổi cấu trúc và gây rối loạn chức năng sinh thái trong hệ sinh thái (Nguyễn Trung Hiếu, 2021).

4. Kết luận

Việc ô nhiễm chất kháng sinh đã gây nhiều tác hại xấu tới con người và hệ sinh thái môi trường. Tình trạng kháng kháng sinh đang ngày càng trầm trọng. Do đó, việc ngăn ngừa tác hại của kháng sinh đang là vấn đề cấp thiết, cần chung tay góp sức của tất cả Bộ, ban ngành và toàn thể người dân. Và trước hết cần nâng cao ý thức người dân trong việc sử dụng kháng sinh trong chữa bệnh và cảnh báo người dân các tác hại trong việc lạm dụng kháng sinh trong chăn nuôi.

Tài liệu tham khảo

Lê Hùng Anh, Lại Minh Trang, Ngô Thục Trí Nguyên, Phan Thị Phượng Trang, 2022. Đánh giá tình trạng ô nhiễm kháng sinh nhóm quinolone trong nước mặt và kiểu hình kháng quinolone của E*scherichia coli* ở một số kênh rạch tỉnh Long An. *Tạp chí Khoa học Trường ĐHSP TPHCM*, 2022, Tập 19, Số 11, 1789-1798.

Hoàng Thế Anh, 2022. *Nghiên cứu, đánh giá khả năng xử lý dư lượng thuốc kháng sinh ciprofloxacin trong nước thải bệnh viện bằng hệ xúc tác quang hóa ZnO/GO*. Luận văn thạc sĩ. Học viện Khoa học và Công nghệ - Viện Hàn Lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Čižman, M., 2003. The use and resistance to antibiotics in the community. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 21(4), pp. 297-307.

Lê Thị Hồng Diệp, 2022. Nghiên cứu khả năng hấp thụ kháng sinh Tetracycline bằng than sinh học có nguồn gốc từ vỏ dưa hấu trong xử lý nước thải. *Tạp chí Tài nguyên và Môi trường*, Kỳ 1 - Tháng 9/2022. p.28-30.

Trần Thị Hằng, Nguyễn Như Khoa, Đỗ Thu Hà, Đặng Hoàng Đức, Nguyễn Thị Mộng Điệp, 2020. Đánh giá tình hình nhiễm vi khuẩn *Escherichia Coli, Salmonellas spp*. trên thịt lợn tại một số chợ trọng điểm trên địa bàn thành phố Quy Nhơn, tỉnh Bình Định. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Duy Tân*, 05(42), p. 94-98.

Vo, Thi-Dieu-Hien., Xuan-Thanh Bui, Ngoc-Dan-Thanh Cao, Vinh-Phuc Luu, Thanh-Tin Nguyen, Bao-Trong Dang, Minh Quan Thai, Dinh-Duc Nguyen, Thanh-Son Nguyen, Quoc-Tuc Dinh, Thanh-Son Dao, 2016. Investigation of antibiotics in health care wastewater in Ho Chi Minh City, Vietnam. *Environ Monit Assess*,2, 188-686.

Nguyễn Trung Hiếu, Lê Thị Thùy Trang, 2021. Hiện trạng sử dụng và tác hại của kháng sinh trong nuôi trồng thủy sản. *Tạp chí khoa học & công nghệ Việt Nam*, số 12, p.54-56.

Kotwani, A. and Holloway, K., 2011. Trends in antibiotic use among outpatients in New Delhi, India. *BMC Infectious Diseases*, 11, p. 99-106.

Nguyễn Trà Mi, Hồ Tá Giáp, Nguyễn Xuân Bình, Nguyễn Hồ Các Dung, 2018. Ô nhiễm của gene kháng thuốc (ARGs) trong bùn bể tự hoại ở Việt Nam. *Journal of Science and Technology – NTTU*, số 3, p.7-13.

Trương Thị Ngọc Thảo, 2023. Sự hiện diện và tính nguy hại của "các chất ô nhiễm đáng quan ngại mới CECs" trong môi trường nước mặt, nước cấp cho sinh hoạt ở Việt Nam. *Tạp chí môi trường*, số 7, p.45-48.

Đoàn Văn Thuần, Ngô Hoàng Long, Lê Thanh Hằng, Nguyễn Minh Việt, 2023. Nghiên cứu chế tạo vật liệu Bi2WO6/ZnO ứng dụng để xử lý kháng sinh levofloxacin. *Tạp chí khoa học & công nghệ*, số 39, p31-36.

Tưởng Quốc Triêu, Đỗ Thị Thu Hương, Nguyễn Thị Kim Huệ, Trương Thị Thu, 2022. Khảo sát tình trạng nhiễm và tỷ lệ kháng kháng sinh của Escherichia coli trong thịt lợn và thịt gà tại một số chợ ở thành phố Buôn Ma Thuột năm 2021. *Tạp chí Kiểm nghiệm và An toàn thực phẩm, tập 5, số 3, p. 279-290*.

Lê Công Tuấn, Nguyễn Hoàng Lộc, Trần Thanh Hoà, Tề Minh Sơn, Lê Thị Tịnh Chi, Mai Ngọc Châu, Trần Ngọc Tuấn, Lê Thị Phương Chi, Phạm Quang Anh Khôi, Trương Văn Đàn, 2021. Tình hình sử dụng kháng sinh trong nuôi tôm thẻ chân trắng **(**Litopenaeus vannamei Boone, 1931**)** trên cát ở tỉnh Thừa Thiên Huế. *Tạp chí Khoa học Đại học Huế: Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn;* Tập 130, Số 3D, Tr. 131–145.

Van Boeckel T. P., Gandra S., Ashok A., Caudron Q., Grenfell B. T., Levin S. A., Laxminarayan R., 2014. Global antibiotic consumption 2000 to 2010: an analysis of national pharmaceutical sales data. *The Lancet. Infectious diseases.* 14(8), pp. 742-750.

ABSTRACT

The Situation of Antibiotic Pollution Impact on Humans and the Environment

Vo Thi Hanh*, Nguyen Thi Thu Hien, Nguyen Thi Kim Thoa, Le Thi Vinh
Hanoi University of Mining and Geology

Currently, besides the misuse of antibiotics in medical treatment, antibiotics are widely used in livestock farming, poultry farming, and aquaculture, leading to an excess of antibiotics in water environments. This has significantly impacted human health and the ecological environment. This article will give us an overview of that situations in Vietnam.

Keywords: Antibiotic resistance; environment; health

Than từ các phụ phẩm nông nghiệp hấp phụ kháng sinh Ciprofloxacin

Đỗ Thị Hải[1,*], Nguyễn Thị Kim Thoa[1], Nguyễn Hồng Nam[2]
[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Trường Đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội*

TÓM TẮT

Ciprofloxacin (CFX) là một loại thuốc kháng sinh có hoạt tính kháng khuẩn phổ rộng được sử dụng để điều trị các bệnh nhiễm trùng do vi khuẩn. Tại Việt Nam, CFX được sử dụng rộng rãi trong các hoạt động chăn nuôi và nuôi trồng thuỷ hải sản nhưng thường không đạt được sự hấp thu hoàn toàn, phần tồn dư thường xuyên bị thải bỏ theo nước thải gây độc đối với sinh vật trong môi trường và có thể gây ra tình trạng kháng kháng sinh. Hấp phụ được coi là một phương pháp hiệu quả để xử lý các chất ô nhiễm hữu cơ trong môi trường nước và đất. Gần đây, vật liệu hấp phụ được chế tạo từ các phụ phẩm nông nghiệp đã nhận được nhiều quan tâm do chi phí phải chăng, đồng thời giảm tải được gánh nặng cho việc xử lý các chất ô nhiễm từ phụ phẩm nông nghiệp. Trong nghiên cứu này, than hoạt tính từ các phụ phẩm nông nghiệp khác nhau (macca, rơm, vỏ trấu, bã mía) được tạo ra bằng phương pháp hoạt hoá vật lý với tác nhân CO_2 và H_2O ở nhiệt độ cao (900°C) đã được sử dụng để hấp phụ CFX. Kết quả cho thấy một số than hoạt tính có khả năng hấp phụ tốt CFX, đặc biệt là than macca với hiệu suất hấp phụ trên 90%. Sự khác nhau trong khả năng hấp phụ CFX của các loại than này được lí giải chủ yếu nhờ sự tối ưu về diện tích bề mặt riêng và thể tích các lỗ trống, thay vì các tính chất hoá học như nguyên tố hay nhóm chức bề mặt của than.

Từ khóa: Than sinh học; hấp phụ; CFX

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, trong quá trình sử dụng kháng sinh để chữa trị và phòng bệnh cho con người hay vật nuôi, chỉ có một phần kháng sinh được hấp thu và chuyển hóa trong cơ thể, còn phần lớn (khoảng 50 - 80%) được thải vào môi trường, gây ô nhiễm môi trường sinh thái (A. Van Epps, 2016; Tran Q. T., Do, 2022). Ciprofloxacin (CFX) được biết đến là một trong những kháng sinh mạnh nhất trong nhóm fluoroquinolone dùng điều trị các bệnh nhiễm trùng do vi khuẩn như tiêu chảy, thương hàn, … Tại Việt Nam, CFX được sử dụng rộng rãi trong các hoạt động chăn nuôi và nuôi trồng thuỷ hải sản nhưng thường không đạt được sự hấp thu hoàn toàn, phần tồn dư thường xuyên bị thải bỏ theo nước thải gây độc đối với sinh vật trong môi trường và có thể gây ra tình trạng kháng kháng sinh. Nhiều kỹ thuật khác nhau đã được phát triển và sử dụng để loại bỏ kháng sinh dư thừa như hấp phụ, màng sinh học, phân hủy quang xúc tác, oxy hóa nâng cao, Fenton (Liêm V.T., 2023; Trovó, A. G., 2009; Toàn T.Q, 2021; Fu, H., 2017),…. Trong đó, hấp phụ được coi là một phương pháp xử lý các chất ô nhiễm hữu cơ trong môi trường nước và đất được đánh giá có nhiều ưu điểm như hiệu quả cao, chi phí thấp và đơn giản. Trong số tất cả các loại chất hấp phụ, than sinh học được đặc trưng bởi diện tích bề mặt riêng lớn, độ xốp cao và nguyên liệu thô phổ biến. Do đó, nó được biết đến là chất hấp phụ triển vọng cho việc loại bỏ chất gây ô nhiễm nước (Ge, X., 2016) và đã thu được sự chú ý trong lĩnh vực xử lý nước thải.

Trong nghiên cứu này, bằng phương pháp hoạt hoá vật lý với tác nhân CO_2 và H_2O ở nhiệt độ cao (900°C), chúng tôi đã chế tạo vật liệu than hoạt tính đi từ các phụ phẩm nông nghiệp khác nhau (macca, rơm, vỏ trấu, bã mía) và đánh giá hiệu quả sử dụng những vật liệu này để hấp phụ CFX trong xử lý môi trường.

2. Vật liệu và phương pháp

2.1. Vật liệu

* *Tác giả liên hệ*
Email: dothihai.71@gmail.com

Phụ phẩm nông nghiệp trong nghiên cứu bao gồm macca, rơm, vỏ trấu, bã mía được thu thập từ nhiều cơ sở sản xuất tại Việt Nam. Vật liệu sau khi thu thập được làm sạch bụi bẩn, phơi nắng và bảo quản ở điều kiện phòng thí nghiệm, nhằm phục vụ cho các nghiên cứu tiếp theo.

2.2. Phương pháp chế tạo than hoạt tính

Quá trình sản xuất than từ các phụ phẩm thô được thực hiện trong lò nung (Nabertherm LT 24/12/P300). Khoảng 100 g mẫu của mỗi vật liệu được cho vào một hộp thép kín khí (chiều cao x đường kính = 10 cm x 20 cm) dưới dòng chảy liên tục của khí N_2 tinh khiết (3 Nl phút^{-1}). Quá trình nhiệt phân được thiết lập với tốc độ gia nhiệt 15°C phút^{-1} và duy trì ở nhiệt độ 900°C trong 30 phút. Sau đó, dòng khí N_2 được thay bằng dòng khí CO_2 để hoạt hóa than trong vòng 15 phút. Than được lấy ra và làm nguội nhanh bằng nước để ngăn chặn quá trình oxy hóa.

2.3. Thí nghiệm hấp phụ

Các thí nghiệm hấp phụ CFX được thực hiện ở nhiệt độ phòng với 20 mL dung dịch có nồng độ 20 ppm. Khối lượng vật liệu là 0,1 g cho mỗi loại than khác nhau, sử dụng máy lắc với tốc độ 150 vòng/phút, hỗn hợp được khuấy trong thời gian là 1 giờ. Hiệu suất hấp phụ CFX H (%) và dung lượng Q (mg.g^{-1}) được xác định bằng các phương trình sau:

$$H = (C_o - C_e) . \frac{100}{C_o} \quad (1)$$

$$Q = (C_o - C_e) . \frac{V}{m} \quad (2)$$

Trong đó C_o (mg.L^{-1}) là nồng độ CFX ban đầu, C_e (mg.L^{-1}) là nồng độ CFX cân bằng sau quá trình hấp phụ, V (L) là thể tích dung dịch (V = 20 mL) và m (g) là khối lượng của than bằng 0,1 g.

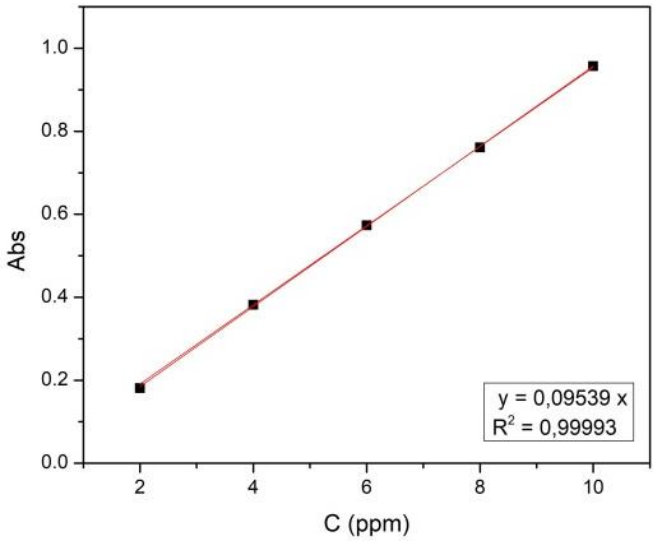
2.4. Phương pháp phân tích

Nồng độ CFX được xác định bằng phương pháp UV-Vis ở bước sóng 273 nm trên Máy đo phổ UV - Vis - S80 Libra (Biochrom - Anh).

Độ rỗng xốp của than được phân tích bằng kỹ thuật hấp phụ - giải hấp N_2 bằng thiết bị phân tích ASAP 2060 Micromeritics. Than xử lý ở 573 K trong 6 giờ trong môi trường Nitơ trước khi đưa vào thiết bị phân tích. Phân tích hấp phụ - giải hấp N_2 được thực hiện ở 77 K và dữ liệu thu được lấy trên khoảng áp suất tương đối (p/p_o) từ 0 đến 0,99. Dựa trên các kết quả này, diện tích bề mặt riêng và thể tích lỗ rỗng xốp được tính toán bằng nhiều mô hình khác nhau.

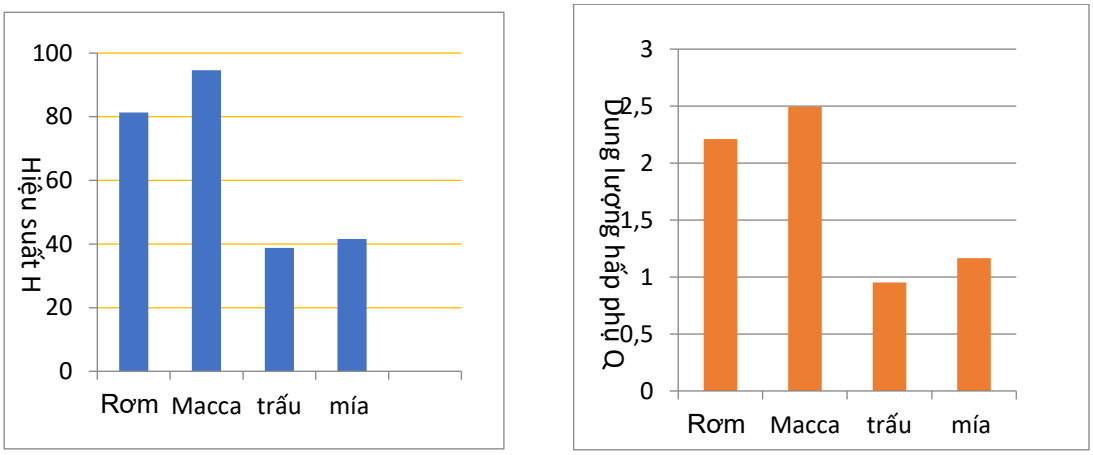
3. Kết quả

Dung dịch CFX có nồng độ ban đầu từ 2 đến 10 mg.L^{-1} được đo bằng UV-Vis để thu được giá trị Abs. Các giá trị Abs thay đổi theo nồng độ CFX như trong Hình 1. Phương trình đường chuẩn là một đường thẳng tuyến tính: y = 0,09539.*x* với hệ số tương quan R^2 = 0,99993 được sử dụng để xác định nồng độ CFX trong các thí nghiệm tiếp theo.



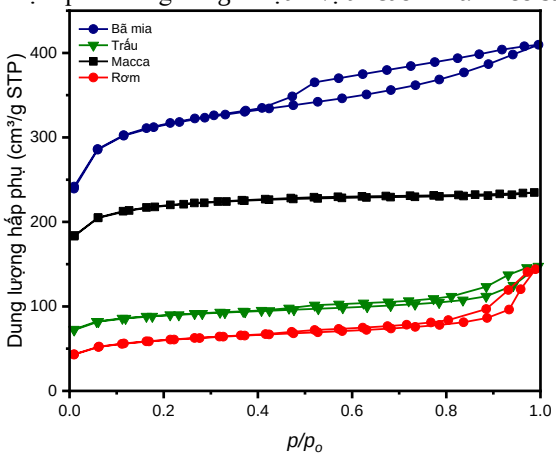
Hình 1. Đường chuẩn của CFX

Hình 2 là kết quả so sánh khả năng hấp phụ CFX của các loại than khác nhau. Có thể thấy than từ vỏ hạt macca có hiệu suất và dung lượng hấp phụ tốt nhất, đạt 94,6% và 2,5 mg/g, tương ứng. Khả năng hấp phụ CFX giảm theo thứ tự macca > rơm > bã mía > vỏ trấu. Kết quả này có thể được giải thích bằng các phân tích về diện tích bề mặt riêng, thế tích lỗ xốp, kích thước lỗ xốp sẽ được thực hiện ở phần dưới.

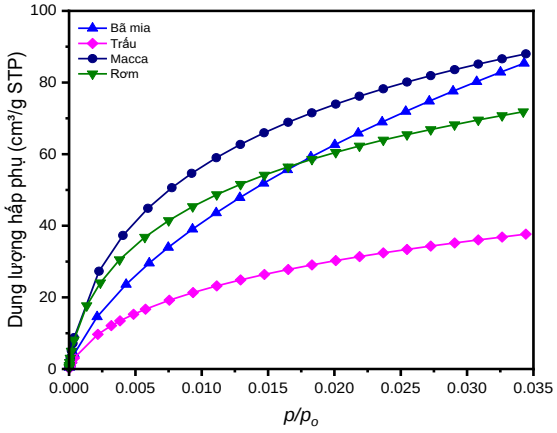


Hình 2. Hiệu suất và dung lượng hấp phụ CFX của các loại than khác nhau

Hình 3 mô tả các đường đẳng nhiệt hấp phụ - giải hấp N_2 của các loại than trong nghiên cứu này. Có thể thấy các than đều tuân theo mô hình đẳng nhiệt thuận nghịch loại I, theo phân loại của IUPAC (Nguyen, H. N., 2024). Điều này cho thấy các mẫu than gồm chủ yếu các cấu trúc vi lỗ. Than bã mía có lượng hấp phụ tốt nhất, thể hiện qua đường đẳng nhiệt ở vị trí cao nhất. Theo sau là macca, trấu và rơm.



Hình 3. Đường đẳng nhiệt hấp phụ - giải hấp N_2 của các loại than



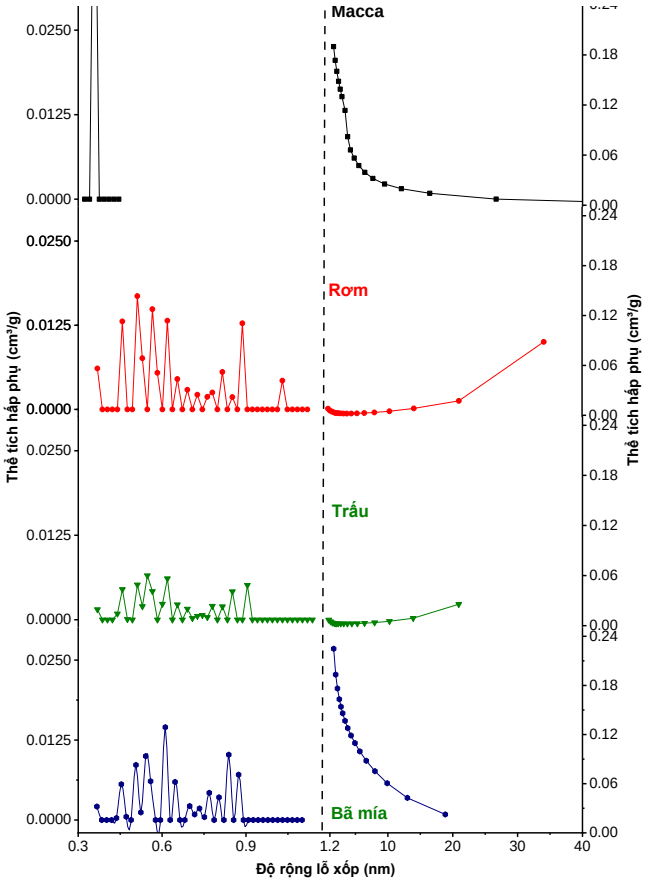
Hình 4. Đường đẳng nhiệt hấp phụ - giải hấp CO_2 của các loại than khác nhau

Hấp phụ - giải hấp CO_2 cũng được thực hiện để nghiên cứu kỹ hơn các cấu trúc siêu vi lỗ của các loại than (Hình 4). Có thể thấy than macca hấp phụ CO_2 lớn nhất, theo sau là bã mía, rơm và trấu. Như vậy, cấp độ cấu trúc này có sự thay đổi đáng kể giữa các vật liệu.

Các kết quả định lượng về diện tích bề mặt riêng và thể tích lỗ rỗng xốp được thể hiện ở bảng 1. Có thể thấy tổng diện tích bề mặt riêng S_{BET} của các vật liệu này khá cao, từ 280 m^2/g (trấu) cho tới 986 m^2/g (bã mía). Tổng thể tích lỗ xốp cũng tương đối tuân theo xu hướng này, với sự khác biệt nhỏ ở vị trí của rơm và trấu. Số liệu cho thấy các cấu trúc vi mao quản < 1,2 nm chiếm ưu thế lớn, trong khi diện tích và thể tích của các cấu trúc từ 1,7 nm trở lên không đáng kể.

Bảng 1. Kết quả diện tích bề mặt riêng và thể tích lỗ xốp của các loại than khác nhau

Than sinh học	*Diện tích bề mặt riêng theo* S_{BET} (m^2/g)	*Diện tích bề mặt riêng theo* S_{DFT} (kích thước lỗ < 1,2 nm) (m^2/g)	*Diện tích bề mặt riêng theo* S_{BJH} (kích thước lỗ 1,7 - 300 nm) (m^2/g)	*Thể tích lỗ xốp* $V_{đơn\ điểm}$ (cm^3/g)	*Thể tích lỗ xốp theo* V_{DFT} (kích thước lỗ < 1,2 nm) (cm^3/g)	*Thể tích lỗ xốp theo* V_{BJH} (kích thước lỗ 1,7 - 300 nm) (cm^3/g)	Kích thước lỗ xốp trung bình (nm)
Macca	675	476	91	0,36	0,14	0,06	2,13
Trấu	280	175	65	0,21	0,05	0,08	2,82
Rơm	560	397	80	0,20	0,11	0,16	3,49
Bã mía	986	278	235	0,62	0,08	0,22	2,50



Hình 5. Phân bố kích thước lỗ xốp của các loại than khác nhau

Các cấu trúc này có thể đóng vai trò lớn trong việc giải thích kết quả hấp phụ CFX của các vật liệu. Vì vậy, sự phân bố lỗ của các vật liệu này đã được xem xét một cách cụ thể, như thể hiện trong Hình 5. Khi so sánh kết quả này với kết quả hấp phụ, có thể thấy có mối tương quan mật thiết giữa các cấu trúc siêu vi lỗ ở trong khoảng 0,3 đến 0,9 nm với khả năng hấp phụ CFX, thay vì các cấu trúc lớn hơn (Nguyen, H. N., 2024). Điều này cho thấy cơ chế hấp phụ của các vật liệu này chủ yếu là hấp phụ vật lý vào các siêu vi lỗ, khi các phân tử CFX trong nước chịu tác động của lực Van der waals do các phân tử cấu thành nên bề mặt mảo quản của than. Do cấu trúc siêu vi lỗ của macca và bã mía có tỉ lệ vượt trội so với các mẫu khác, nên lượng CFX hấp phụ vào mẫu cũng ở các mức cao nhất.

4. Kết luận và đề xuất

Các phụ phẩm nông nghiệp có tiềm năng lớn để chế tạo than hoạt tính nhằm xử lý ciprofloxacin (CFX) trong nước. Kết quả cho thấy hiệu suất và dung lượng hấp phụ CFX ở điều kiện nhiệt độ phòng với 20 mL dung dịch CFX nồng độ 20 ppm, thời gian 1 giờ lên đến 94,6 % và 2,5 mg/g đối với than hoạt tính làm từ vỏ hạt macca. Than rơm cũng chứng tỏ khả năng hấp phụ kháng sinh tương đối tốt. Có mối tương quan giữa các cấu trúc siêu vi lỗ từ 0,3 đến 0,9 nm với dung lượng hấp phụ CFX, chứng tỏ cơ chế hấp phụ chủ yếu là cơ chế vật lý với lực tương tác Van der waals giữa các phân tử cấu thành nên bề mặt mao quản của than và bản thân các phân tử CFX. Những kết quả này là tiền đề cho các nghiên cứu sâu hơn, như tìm hiểu các yếu tố ảnh hưởng tới khả năng hấp phụ, điều kiện hấp phụ tối ưu, cũng như thực hiện các phân tích chuyên sâu của vật liệu để tìm ra cơ chế hấp phụ.

Lời cảm ơn

Cảm ơn nhóm nghiên cứu Môi trường và Năng lượng bền vững (SEED) đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

A. Van Epps, L. Blaney, 2016. Antibiotic Residues in Animal Waste: Occurrence and Degradation in Conventional Agricultural Waste Management Practices. *Curr Pollution Rep*, 2 (3), 135-155.

Fu, H., Li, X., Wang, J., Lin, P., Chen, C., Zhang, X., Suffet, I. H., 2017. Activated Carbon Adsorption of Quinolone Antibiotics in Water: Performance, Mechanism, and Modeling. *Journal of Environmental Sciences*, 56, 145–152.

Ge, X., Wu, Z., Wu, Z., Yan, Y., Cravotto, G., Ye, B., 2016. Enhanced PAHs Adsorption Using Iron-Modified Coal-Based Activated Carbon via Microwave Radiation. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 64, 235–243

Liêm V. T., Tùng N. N., Tiến L. V., Đức Đ. S, 2020. Phân hủy kháng sinh ampixilin bằng kỹ thuật fenton dị thể sử dụng tro bay biến tính, *Tạp chí Hóa, Lý, Sinh học*, 25 (2), 87–87.

Nguyen H. N., 2024. Integrated CO2-Hydrothermal Carbonization and High Temperature Steam Gasification of Bamboo Feedstock: A Comprehensive Experimental Study. *Advances in Bamboo Science*, 6, 100060.

Nguyen H. N., Khuong D. A., Tsubota T. , 2024. Experimental Investigation of CO_2 Adsorption Using Adsorbents Derived from Residual Char of Agricultural Waste Gasification. *Thermal Science and Engineering Progress*, 49, 102446.

Toàn T. Q., Ngân T. K., Ly M. T. P., Anh T. T. P., Mai N. T., Linh H. X., 2021. Chế tạo một vược vật liệu tổ hợp cấu trúc nano than trấu/Fe_3O_4 bằng phương pháp đồng kết tủa có sự hỗ trợ của siêu âm và thăm dò ứng dụng xử lý kháng sinh sufamethoxazole trong nước. *TNU Journal of Science and Technology*, 226 (11), 365–370.

Tran Q. T., Do, T. H., Ha, X. L., Nguyen, H. P., Nguyen, A. T., Ngo, T. C. Q., Chau, H. D, 2022. Study of the Ciprofloxacin Adsorption of Activated Carbon Prepared from Mangosteen Peel. *Applied Sciences*, 12 (17), 8770.

Trovó, A. G., Nogueira, R. F. P., Agüera, A.; Fernandez-Alba, A. R., Sirtori, C., Malato S., 2009. Degradation of Sulfamethoxazole in Water by Solar Photo-Fenton. Chemical and Toxicological Evaluation. *Water Research*, 43 (16), 3922-3931.

ABSTRACT

Biochars from agricultural residues for Ciprofloxacin antibiotic adsorption

Do Thi Hai[1], Nguyen Thi Kim Thoa[1], Nguyen Hong Nam[2]
[1] *Hanoi University of Mining and Geology*
[2] *Hanoi University of Science and Technology of Hanoi*

Ciprofloxacin (CFX) is a broad-spectrum antibiotic commonly used to treat bacterial infections. In Vietnam, CFX is widely used in livestock farming and aquaculture activities, but often fails to be completely absorbed, leading to residual amounts frequently discharged into wastewater, posing toxicity risks to organisms in the environment and potentially contributing to antibiotic resistance. Adsorption is considered an effective method for treating organic pollutants in water and soil environments. Recently, adsorbent materials derived from agricultural by-products have gained attention due to their cost-effectiveness, alleviating the burden of managing agricultural waste pollutants. In this study, activated biochar from various agricultural by-products (maccadamia nut shell, rice straw, rice husk, bagasse) were prepared via physical activation using CO_2 and H_2O at high temperature (900°C) for the adsorption of CFX. Results demonstrated that some activated biochar exhibited excellent CFX adsorption capacity, particularly macadamia nut shell-derived activated biochar achieving over 90 % adsorption efficiency. Differences in CFX adsorption capacities among these biochars were primarily attributed to optimal surface area and pore volume characteristics, rather than chemical properties such as surface elements or functional groups.

Keywords: biochar; adsorption; CFX

Thăng giáng exciton ngoài trạng thái ngưng tụ trong hệ bán kim loại, bán dẫn ảnh hưởng bởi mất cân bằng khối lượng

Đỗ Thị Hồng Hải*, Nguyễn Thị Diệu Thu, Nguyễn Thị Hậu

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Sự tồn tại của các exciton trước khi trạng thái ngưng tụ được thiết lập được khảo sát thông qua hàm cảm ứng exciton động trong mô hình Falicov-Kimball mở rộng có sự hiện diện của phonon. Sử dụng gần đúng Hartree-Fock không giới hạn kết hợp với lý thuyết hàm Green, chúng tôi tìm ra biểu thức xác định hàm cảm ứng exciton. Từ kết quả tính số, giản đồ pha mô tả dấu hiệu thăng giáng exciton ảnh hưởng bởi mất cân bằng khối lượng ở trên điểm chuyển pha trạng thái ngưng tụ được thiết lập. Đặc biệt, đỉnh nhọn tần số thấp trong quang phổ phần ảo hàm cảm ứng exciton động khẳng định các exciton được hình thành trước khi ngưng tụ cả khi hệ trong pha bán dẫn và bán kim loại. Các kết quả của chúng tôi rất đáng giá trong việc hiểu rõ bản chất động học của chuyển pha trạng thái ngưng tụ exciton.

Từ khóa: hàm cảm ứng exciton; ngưng tụ exciton; mô hình Falicov-Kimball mở rộng; liên kết điện tử/lỗ trống - phonon; mất cân bằng khối lượng

1. Đặt vấn đề

Chuyển pha lượng tử của hệ các giả hạt boson luôn là một trong những vấn đề thu hút được nhiều sự quan tâm nghiên cứu trong vật lý hệ nhiều hạt. Exciton là giả hạt boson trung hòa về điện được hình thành do sự kết cặp của các lỗ trống dải hoá trị với các điện tử dải dẫn nhờ tương tác tĩnh điện. Khi hệ được làm lạnh xuống nhiệt độ tới hạn, các exciton sẽ ngưng tụ và tồn tại trong trạng thái lượng tử được đề xuất về mặt lý thuyết từ hơn nửa thế kỷ trước (Mott, 1961). Tuy nhiên, bản chất động học cũng như cơ chế chuyển pha trạng thái ngưng tụ của exciton vẫn còn gây tranh cãi. Việc gia tăng các dữ liệu đo đạc thực nghiệm trong những năm gần đây đã củng cố các dự đoán lý thuyết về sự tồn tại trạng thái ngưng tụ của các exciton và thu hút nhiều sự tập trung nghiên cứu (Subedi, A., 2020; Kim, M. J. và nnk, 2020; Ye, M. và nnk, 2021; Volkov, P. A. và nnk, 2021; Zhang, Y. S. và nnk, 2021; Ejima, S. và nnk, 2021).

Sự kết cặp điện tử - lỗ trống hình thành exciton và trạng thái ngưng tụ của nó thường được nghiên cứu về mặt lý thuyết thông qua sử dụng các mô hình hai dải năng lượng mà tiêu biểu là mô hình Falicov-Kimball mở rộng (Extended Falicov-Kimball – EFK) (Ninh, Q. H., Phan, V. N., 2021; Kaneko, T. và nnk, 2013, Ejima, S. và nnk, 2021). Tuy nhiên, EFK là mô hình thuần túy điện tử tức là chỉ quan tâm đến tương tác tĩnh điện giữa điện tử với lỗ trống. Trong khi đó, các nghiên cứu thực nghiệm đã cho thấy phonon cũng tham gia vào hỗ trợ sự kết cặp điện tử - lỗ trống và thiết lập trạng thái ngưng tụ của exciton. Ví dụ trong một số vật liệu như $TmSe_{0.45}Te_{0.55}$ (Wachter, 2018), $Ta_2Ni(Se_{1-x}S_x)_5$; (Ye, M. và nnk, 2021) hay Ta_2NiSe_5 (Volkov, P. A. và nnk, 2021; Zhang, Y. S. và nnk, 2021), các kết quả đo đạc thực nghiệm cho thấy exciton có thể hình thành và ngưng tụ ở nhiệt độ đủ thấp nhờ sự hỗ trợ của phonon. Do vậy, để nhận được kết quả phù hợp với thực nghiệm và mô tả hệ exciton gần với hệ thực nhất, liên kết điện tử/lỗ trống với phonon cần phải được đưa vào mô hình và tính toán một cách kỹ lưỡng.

Với hệ exciton, các quan sát thực nghiệm đã khẳng định các tính chất động học của hệ có liên hệ mật thiết với sự tồn tại cấu trúc pha phức tạp trong hệ. Xung quanh điểm chuyển pha, các tính chất thăng giáng đóng vai trò hết sức quan trọng. Do đó, để có thể hiểu một cách sâu sắc về sự hình thành exciton và quá trình chuyển pha trạng thái ngưng tụ của nó, các tính chất động học cần phải được xem xét kỹ lưỡng, đặc biệt ở lân cận điểm chuyển pha ngưng tụ. Hơn nữa, mối tương quan về khối lượng hiệu dụng của điện tử và lỗ trống ảnh hưởng đáng kể đến sự ổn định của trạng thái ngưng tụ exciton (Conti, S. và nnk, 2020; Ejima, S. và nnk, 2014). Trong bài báo này, chúng tôi xem xét sự tồn tại của các exciton trước khi trạng thái ngưng tụ được thiết lập ảnh hưởng bởi mất cân bằng khối lượng điện tử/lỗ trống thông qua sử dụng

* *Tác giả liên hệ*
Email: dothihonghai@humg.edu.vn

mô hình EFK có sự hiện diện của phonon. Bằng việc áp dụng gần đúng Hartree-Fock không giới hạn kết hợp với lý thuyết hàm Green, biểu thức giải tích của hàm cảm ứng exciton đã được rút ra. Từ kết quả tính số phần ảo của hàm cảm ứng exciton động, giản đồ pha mô tả dấu hiệu thăng giáng exciton ảnh hưởng bởi mất cân bằng khối lượng ở trên điểm chuyển pha trạng thái ngưng tụ được thiết lập. Nhờ đó, bản chất động học của chuyển pha trạng thái ngưng tụ exciton có thể được sáng tỏ, đồng thời củng cố những quan sát thực nghiệm về sự hình thành của exciton ngoài trạng thái ngưng tụ (Sugimoto, K. và nnk, 2018; Lee, Jinwon và nnk, 2019).

Ngoài phần mở đầu và kết luận, bài báo gồm 2 phần. Trong đó, mô hình EFK hai chiều có sự hiện diện của phonon và phương pháp tính toán lý thuyết để tìm ra biểu thức giải tích hàm cảm ứng exciton được trình bày trong phần 2. Bằng phương pháp tính số, các giá trị cụ thể của phần ảo hàm cảm ứng exciton động khi thay đổi các tham số của mô hình được tìm thấy. Phần 3 của bài báo trình bày các giản đồ pha thiết lập được từ kết quả tính số và những thảo luận về các kết quả đó.

2. Mô hình và phương pháp lý thuyết

Để nghiên cứu lý thuyết về chuyển pha trạng thái ngưng tụ của các exciton trong vật liệu bán kim loại, bán dẫn, chúng ta xét mô hình EFK hai chiều có liên kết điện tử/lỗ trống - phonon với Hamiltonian được viết trong không gian xung lượng dưới dạng sau

$$\mathcal{H} = \sum_{\mathbf{k}} (E_0 p_{\mathbf{k}}^\dagger p_{\mathbf{k}} + \epsilon_{\mathbf{k}}^e e_{\mathbf{k}}^\dagger e_{\mathbf{k}} + \epsilon_{\mathbf{k}}^h h_{\mathbf{k}}^\dagger h_{\mathbf{k}}) - \frac{U}{N} \sum_{\mathbf{k},\mathbf{k_1},\mathbf{q}} e_{\mathbf{k}}^\dagger e_{\mathbf{k+q}} h_{\mathbf{k_1}}^\dagger h_{\mathbf{k_1-q}} + \frac{g}{\sqrt{N}} \sum_{\mathbf{k},\mathbf{q}} \left[e_{\mathbf{k+q}}^\dagger h_{-\mathbf{k}}^\dagger (p_{-\mathbf{q}}^\dagger + p_{\mathbf{q}}) + h_{-\mathbf{k}} e_{\mathbf{k+q}} (p_{\mathbf{q}}^\dagger + p_{-\mathbf{q}}) \right] \quad (1)$$

trong đó, $e_{\mathbf{k}}^\dagger$; $h_{\mathbf{k}}^\dagger$ và $p_{\mathbf{k}}^\dagger$ lần lượt là các toán tử sinh điện tử ở dải dẫn, lỗ trống ở dải hóa trị và phonon tại xung lượng **k;** $\epsilon_{\mathbf{k}}^{e(h)}$ là năng lượng tán sắc của điện tử và lỗ trống. Trong gần đúng liên kết chặt, các năng lượng này được cho bởi

$$\epsilon_{\mathbf{k}}^{e(h)} = \epsilon^{e(h)} - t^{e(h)} \gamma_{\mathbf{k}} - \mu \quad (2)$$

với $\gamma_{\mathbf{k}} = 2(cosk_x + cosk_y)$ trong mạng vuông hai chiều gồm N nút mạng, $\epsilon^{e(h)}$ là năng lượng tại nút của điện tử (lỗ trống), $t^{e(h)}$ là tích phân nhảy nút giữa hai nút liền kề của điện tử (lỗ trống) và μ là thế hóa học. Mối quan hệ giữa t^e và t^h biểu thị mối tương quan về khối lượng hiệu dụng giữa điện tử và trống. Do đó, để đơn giản khi tính số, người ta thường chọn $t^e = 1$ và được xem là đơn vị của năng lượng. Khi đó, các đại lượng còn lại đều được tính theo đơn vị của t^e và giá trị của t^h sẽ thể hiện sự chênh lệch về khối lượng hiệu dụng của điện tử và lỗ trống. Trong công thức (1), số hạng đầu tiên thể hiện Hamiltonian không tương tác của hệ điện tử, lỗ trống và phonon có năng lượng không tán sắc E_0. Hai số hạng cuối cùng trong công thức (1) lần lượt biểu thị Hamiltonian tương tác Coulomb giữa các điện tử - lỗ trống với U là thế tương tác tĩnh điện Coulomb và Hamiltonian tương tác của hệ điện tử - lỗ trống - phonon với g là hằng số liên kết điện tử/lỗ trống - phonon.

Áp dụng gần đúng Hartree-Fock không giới hạn và bỏ qua các số hạng vô cùng bé, Hamiltonian (1) được viết lại như sau

$$\mathcal{H}^{UHF} = \sum_{\mathbf{k}} (E_{\mathbf{k}}^e e_{\mathbf{k}}^\dagger e_{\mathbf{k}} + E_{\mathbf{k}}^h h_{\mathbf{k}}^\dagger h_{\mathbf{k}} + E_0 p_{\mathbf{k}}^\dagger p_{\mathbf{k}}) + \Lambda \sum_{\mathbf{k}} \left(e_{\mathbf{k+q}}^\dagger h_{-\mathbf{k}}^\dagger + h_{-\mathbf{k}} e_{\mathbf{k+q}} \right) + \sqrt{N} \Delta (p_{-\mathbf{q}}^\dagger + p_{\mathbf{q}}) \quad (3)$$

ở đây, năng lượng tán sắc của các điện tử đã bao gồm sự đóng góp của tương tác Coulomb biểu thị sự dịch chuyển Hartree của dải hóa trị và dải dẫn dưới ảnh hưởng của tương tác Coulomb

$$E_{\mathbf{k}}^h = \epsilon_{\mathbf{k}}^h - \frac{U}{N} \sum_{\mathbf{k_1}} \langle e_{\mathbf{k_1}}^\dagger e_{\mathbf{k_1}} \rangle \quad (4)$$

$$E_{\mathbf{k}}^e = \epsilon_{\mathbf{k}}^e - \frac{U}{N} \sum_{\mathbf{k_1}} \langle h_{\mathbf{k_1}}^\dagger h_{\mathbf{k_1}} \rangle \quad (5)$$

Trong trường hợp không xảy ra ngưng tụ exciton, mọi tham số trật tự trạng thái ngưng tụ đều triệt tiêu. Khi đó, các mật độ hạt được đánh giá đơn giản thông qua các hàm phân bố Fermi-Dirac dưới dạng: $\sum_{\mathbf{k}} \langle \alpha_{\mathbf{k}}^\dagger \alpha_{\mathbf{k}} \rangle / N = \sum_{\mathbf{k}} n^F(E_{\mathbf{k}}^\alpha)/N$ là mật độ điện tử (khi $\alpha = e$) và mật độ lỗ trống (khi $\alpha = h$). Ở đây, $n_F(E_{\mathbf{k}}^\alpha) = (1 + e^{\beta E_{\mathbf{k}}^\alpha})^{-1}$ với β là nghịch đảo của nhiệt độ T.

Trong Hamiltonian (3), các trường thêm vào để phá vỡ đối xứng tự phát liên quan đến sự ổn định của trạng thái ngưng tụ exciton có dạng

$$\Lambda = \frac{1}{\sqrt{N}} \left[2g \langle p_{\mathbf{q}} \rangle - \frac{U}{\sqrt{N}} \sum_{\mathbf{k}} \langle e_{\mathbf{k+q}}^\dagger h_{-\mathbf{k}}^\dagger \rangle \right] \quad (6)$$

$$\Delta = \frac{g}{N}\sum_{\mathbf{k}}\langle e^{\dagger}_{\mathbf{k+q}}h^{\dagger}_{-\mathbf{k}} + h_{-\mathbf{k}}e_{\mathbf{k+q}}\rangle \tag{7}$$

Λ và Δ là tham số đặc trưng cho sự tồn tại trạng thái ngưng tụ của exciton bởi có chứa số hạng $\langle e^{\dagger}_{\mathbf{k+q}}h^{\dagger}_{-\mathbf{k}}\rangle$ biểu thị sự kết cặp của các điện tử - lỗ trống và gây ra trạng thái ngưng tụ. Khi các tham số này khác không khẳng định các exciton trong hệ ổn định ở trạng thái ngưng tụ. Việc khảo sát sự hình thành exciton và trạng thái ngưng tụ của chúng thông qua xem xét tính chất của các tham số Λ và Δ đã được chúng tôi thực hiện gần đây (Thi-Hong-Hai-Do và nnk, 2017; Thi-Hong-Hai-Do và nnk, 2019; Đỗ Thị Hồng Hải và Phan Văn Nhâm, 2020). Tuy nhiên, để có cái nhìn tổng quan nhất về sự hình thành exciton và thiết lập trạng thái ngưng tụ của chúng cần thiết phải khảo sát kỹ lưỡng cả trên và dưới điểm chuyển pha.

Trong bài báo này, chúng tôi phân tích bản chất động học của chuyển pha trạng thái ngưng tụ exciton thông qua khảo sát sự tồn tại của các exciton trước khi trạng thái ngưng tụ được thiết lập. Một trong những đại lượng thường được xem xét trong trường hợp này là hàm cảm ứng exciton động. Thật vậy, phần ảo của hàm cảm ứng exciton động biểu thị sự thăng giáng kết hợp điện tử - lỗ trống trước khi trạng thái ngưng tụ của các exciton ổn định. Hàm cảm ứng exciton đươc định nghĩa theo lý thuyết phản hồi tuyến tính như sau

$$\chi(\mathbf{q},\omega) = \frac{1}{N}\sum_{\mathbf{k},\mathbf{k}'}\langle\langle h_{-\mathbf{k}}e_{\mathbf{k+q}}|e^{\dagger}_{\mathbf{k}'+\mathbf{q}}h^{\dagger}_{-\mathbf{k}'}\rangle\rangle_{\omega} \tag{8}$$

Bằng cách sử dụng phương trình chuyển động cho hàm Green hai hạt dựa trên Hamiltonian (1) ta nhận được

$$\begin{aligned}\omega\langle\langle h_{-\mathbf{k}}e_{\mathbf{k+q}}|e^{\dagger}_{\mathbf{k}'+\mathbf{q}}h^{\dagger}_{-\mathbf{k}'}\rangle\rangle_{\omega} &= 1 - \langle n^{h}_{\mathbf{k}}\rangle - \langle n^{e}_{\mathbf{k+q}}\rangle + \left(\epsilon^{e}_{\mathbf{k+q}} + \epsilon^{h}_{\mathbf{k}}\right)\langle\langle h_{-\mathbf{k}}e_{\mathbf{k+q}}|e^{\dagger}_{\mathbf{k}'+\mathbf{q}}h^{\dagger}_{-\mathbf{k}'}\rangle\rangle_{\omega}\\ &-\frac{U}{N}\sum_{\mathbf{k}_1\mathbf{q}'}\langle\langle\left(h_{-\mathbf{k}}e_{\mathbf{k+q+q}'}h^{\dagger}_{\mathbf{k}_1}h_{\mathbf{k}_1-\mathbf{q}'} + e^{\dagger}_{\mathbf{k}_1}e_{\mathbf{k}_1+\mathbf{q}'}h^{\dagger}_{-\mathbf{k}-\mathbf{q}'}e_{\mathbf{k+q}}\right)|e^{\dagger}_{\mathbf{k}'+\mathbf{q}}h^{\dagger}_{-\mathbf{k}'}\rangle\rangle_{\omega}\\ &+\frac{g}{\sqrt{N}}\sum_{\mathbf{q}'}\langle\langle\left(h_{-\mathbf{k}}h_{-\mathbf{k}-\mathbf{q}+\mathbf{q}'} - e^{\dagger}_{\mathbf{k}+\mathbf{q}'}e_{\mathbf{k+q}}\right)(p^{\dagger}_{-\mathbf{q}'}+p_{\mathbf{q}'})|e^{\dagger}_{\mathbf{k}'+\mathbf{q}}h^{\dagger}_{-\mathbf{k}'}\rangle\rangle_{\omega}\end{aligned} \tag{9}$$

Từ đây ta thấy xuất hiện các hàm Green bậc cao hơn. Tiếp tục viết phương trình chuyển động cho các hàm Green mới này và kết hợp với gần đúng pha ngẫu nhiên, chúng ta nhận được biểu thức hàm cảm ứng exciton dưới dạng sau

$$\chi(\mathbf{q},\omega) = \frac{-\chi^{0ex}(\mathbf{q},\omega)}{1+\left(U-2g^2\mathrm{V}_{\mathbf{q}}\right)\chi^{0e}(\mathbf{q},\omega)} \tag{10}$$

trong đó $\chi^{0ex}(\mathbf{q},\omega)$ đóng vai trò như hàm cảm ứng exciton trần có dạng

$$\chi^{0ex}(\mathbf{q},\omega) = \frac{1}{N}\sum_{\mathbf{k}}\frac{1-n_F\left(E^{e}_{\mathbf{k+q}}\right)-n_F\left(E^{h}_{\mathbf{k}}\right)}{\omega+i0^{+}-E^{e}_{\mathbf{k+q}}-E^{h}_{\mathbf{k}}} \tag{11}$$

và

$$V_{\mathbf{q}} = \frac{E_0}{(\omega+i0^{+})^2 - E_0^2 - \frac{2g^2E_0\chi^{0}(\mathbf{q},\omega)}{1+U\chi^{0}(\mathbf{q},\omega)}} \tag{12}$$

với

$$\chi^{0}(\mathbf{q},\omega) = \frac{1}{N}\sum_{\mathbf{k}}\frac{1-n_F\left(E^{e}_{\mathbf{k-q}}\right)-n_F\left(E^{h}_{\mathbf{k}}\right)}{\omega+i0^{+}+E^{e}_{\mathbf{k-q}}+E^{h}_{\mathbf{k}}} \tag{13}$$

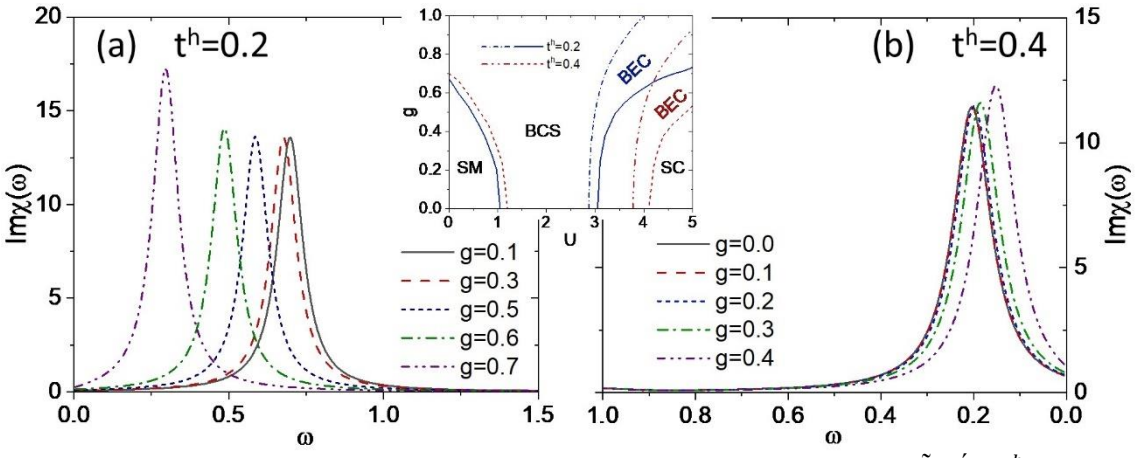
Trong bài báo này, tính chất động học của chuyển pha trạng thái ngưng tụ exciton hay sự tồn tại của các exciton trước khi trạng thái ngưng tụ exciton ổn định được xem xét thông qua khảo sát phần ảo của hàm cảm ứng exciton động $Im\chi(\mathbf{q},\omega)$. Các dữ liệu đo đạc thực nghiệm (Kim, Kwangrae và nnk, 2021; Zhang, Y. S. và nnk, 2021; Volkov, P. A. và nnk, 2021) cũng như các kết quả nghiên cứu lý thuyết (Thi-Hong-Hai Do and Van-Nham Phan, 2022) công bố gần đây đã khẳng định các exciton có xung lượng $\mathbf{q}$ = 0 tham gia nhiều nhất vào việc thiết lập trạng thái ngưng tụ trong vật liệu Ta_2NiSe_5. Do vậy, trong nghiên cứu này, chúng tôi chỉ tập trung khảo sát tính chất của phần ảo của hàm cảm ứng exciton động được xác định ở công thức (10) tại xung lượng $\mathbf{q}$ = 0.

3. Kết quả và thảo luận

Để xem xét sự tồn tại của các exciton trước khi trạng thái ngưng tụ ổn định ảnh hưởng bởi mất cân bằng khối lượng, trong phần này chúng tôi biểu thị các giản đồ pha nhận được từ kết quả tính số phần ảo của hàm cảm ứng exciton động $Im\chi(\mathbf{q},\omega)$ được xác định ở công thức (10). Chương trình tính số được

thiết lập với việc chọn t^e = 1 là đơn vị của năng lượng và thay đổi t^h để thể hiện sự mất cân bằng khối lượng giữa các lỗ trống ở dải hóa trị với các điện tử ở dải dẫn. Ở đây, giá trị của tích phân nhảy nút của lỗ trống được lựa chọn sao cho $t^h < t^e$ thể hiện lỗ trống nặng hơn, định xứ hơn điện tử. Trong nghiên cứu này, chúng tôi tính toán số với hệ hai chiều có số nút mạng N = 200 x 200 và thế hóa μ được thay đổi nhưng luôn đảm bảo tổng mật độ hạt điện tử và lỗ trống $\sum_{\mathbf{k},\alpha=e,h}\langle\alpha_{\mathbf{k}}^{\dagger}\alpha_{\mathbf{k}}\rangle/N$ = 1 tức là xét hệ trong trường hợp lấp đầy một nửa. Không mất tính tổng quát, chúng tôi cố định năng lượng không tán sắc của phonon E_0 = 2 và hiệu hai mức năng lượng dải dẫn và dải hóa trị $E^e - E^h = 2$.

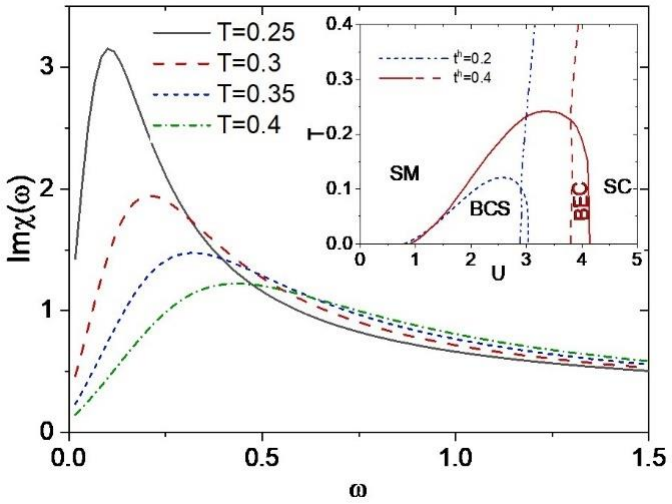
Hình 1 biểu thị phần ảo của hàm cảm ứng exciton động tại xung lượng không $Im\chi(\omega) \equiv Im\chi(\mathbf{q}=\mathbf{0},\omega)$ khi thay đổi hằng số liên kết điện tử/lỗ trống - phonon g ứng với hai giá trị của tích phân nhảy nút của lỗ trống t^h tại nhiệt độ không và thế tương tác Coulomb U = 4,5. Với tập hợp các tham số được lựa chọn ở đây, hệ ổn định trong pha bán dẫn với dải dẫn và dải hóa trị cách xa nhau và hàm cảm ứng exciton động sẽ biểu thị sự tồn tại của các exciton trước khi trạng thái ngưng tụ trở nên ổn định. Hình 1a cho thấy với t^h = 0,2, đỉnh nhọn đơn tần số thấp luôn xuất hiện trong quang phổ của phần ảo hàm cảm ứng exciton động ứng với toàn bộ các giá trị của hằng số liên kết g được lựa chọn. Điều này biểu thị sự tồn tại của trạng thái kết hợp của các exciton đã được hình thành ở trong chất bán dẫn trước khi hệ chuyển sang trạng thái ngưng tụ exciton. Tăng hằng số liên kết điện tử - phonon, đỉnh phổ dịch chuyển sang trái với cường độ cao hơn và bề rộng gần như không đổi thể hiện xu hướng ổn định trạng thái ngưng tụ exciton khi g đủ lớn. Điều này hoàn toàn phù hợp với giản đồ pha trong hình nhỏ ở giữa Hình 1 thể hiện sự ngưng tụ của các exciton dưới ảnh hưởng của liên kết điện tử/lỗ trống - phonon và cũng đã được thảo luận trong các tài liệu (Subedi, A., 2020; Yan, J. và nnk, 2019). Hình nhỏ ở giữa Hình 1 cho thấy với U = 4,5 và t^h = 0,2, trạng thái ngưng tụ exciton được thiết lập khi hằng số liên kết điện tử - phonon $g \geq$ 0,8. Tăng t^h tức là giảm mất cân bằng khối lượng, chẳng hạn khi t^h = 0,4, Hình 1b vẫn cho thấy đỉnh nhọn cường độ cao xuất hiện trong quang phổ của phần ảo hàm cảm ứng exciton động. Vị trí đỉnh dịch chuyển về phía tần số thấp hơn khi tăng g thể hiện xu hướng cộng hưởng exciton. Tuy nhiên, với g > 0,4, hệ đã có thể chuyển từ trạng thái bán dẫn sang trạng thái ngưng tụ exciton. Điều này khẳng định sự mất cân bằng khối lượng điện tử - lỗ trống có ảnh hưởng đáng kể lên sự tồn tại của exciton trong hệ bán dẫn nhiệt độ thấp trước khi trạng thái ngưng tụ được thiết lập. Khi mất cân bằng khối lượng nhỏ hay các lỗ trống trở nên linh hoạt hơn làm tăng khả năng kết cặp điện tử - lỗ trống hình thành exciton nên chỉ cần liên kết điện tử-phonon nhỏ cũng có thể hỗ trợ sự ghép cặp.



Hình 1. Hàm cảm ứng exciton động ứng với hai giá trị của tích phân nhảy nút của lỗ trống t^h khi thay đổi hằng số liên kết g tại U= 4,5 và T=0. Hình nhỏ biểu thị giản đồ pha trạng thái ngưng tụ exciton trong mặt phẳng (U, g) ứng với 2 giá trị của t^h

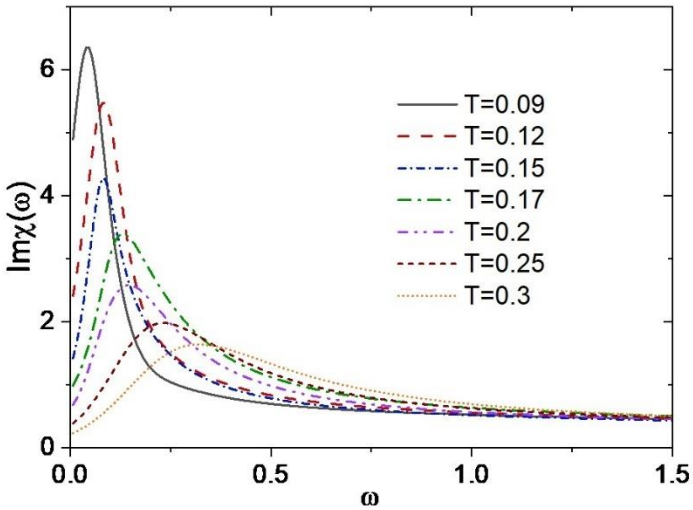
Tiếp theo, chúng tôi xem xét ảnh hưởng của nhiệt độ lên sự tồn tại của các exciton ở trên điểm chuyển pha ngưng tụ exciton. Hình 2 biểu thị phần ảo của hàm cảm ứng exciton động với các giá trị khác nhau của nhiệt độ khi t^h = 0,4, g = 0,2 và U = 3. Trong phạm vi của các tham số này, hệ ổn định trong pha bán kim loại với dải dẫn và dải hóa trị xen phủ nhau. Giản đồ pha trong hình nhỏ của Hình 2 cho thấy, hệ ổn định trong trạng thái ngưng tụ exciton dạng BCS khi nhiệt độ đủ thấp. Khi $T \geq$ 0,25, hệ tồn tại trong pha bán kim loại nhiệt độ cao với đỉnh đơn xuất hiện trong quang phổ phần ảo hàm cảm ứng exciton động. Tuy nhiên, cường độ đỉnh thấp và bề rộng lớn, đặc biệt đỉnh phổ trải dài với cường độ thấp ở nhiệt độ cao

thể hiện thăng giáng exciton là không đáng kể. Giảm nhiệt độ, cường độ đỉnh tăng lên và vị trí đỉnh dịch về phía tần số thấp. Sự xuất hiện của cực đại năng lượng thấp trong quang phổ phần ảo hàm cảm ứng exciton động biểu thị sự cộng hưởng của các trạng thái kết hợp exciton hình thành trước đó. Dấu hiệu dịch đỉnh phổ cũng cho thấy xu hướng xuất hiện trạng thái ngưng tụ exciton khi nhiệt độ đạt tới giá trị tới hạn. Điều này khẳng định sự tồn tại của các cặp điện tử - lỗ trống hay exciton trong trạng thái bán kim loại thông thường trước khi trạng thái ngưng tụ exciton được thiết lập. Kết quả này trái với các quan điểm trước đó của Bronold và Fehske là các exciton đồng thời hình thành và ngưng tụ ở pha bán kim loại còn ở pha bán dẫn thì exciton hình thành trước khi ngưng tụ (Bronold, F. X. và Fehske, H., 2006). Tuy nhiên,



nó lại hoàn toàn phù hợp với các kết quả nghiên cứu thực nghiệm gần đây ở hệ bán kim loại Ta_2NiSe_5 (Sugimoto, K. và nnk, 2018; Lee, Jinwon và nnk, 2019).

Hình 2. Hàm cảm ứng exciton động khi nhiệt độ thay đổi ứng với t^h = 0,4 tại U= 3, g= 0,2. Hình nhỏ biểu thị giản đồ pha trạng thái ngưng tụ exciton trong mặt phẳng (U, T) ứng với 2 giá trị của t^h.



Hình 3. Hàm cảm ứng exciton động khi nhiệt độ thay đổi ứng với t^h = 0,2 tại U= 3, g= 0,2

Cuối cùng, trên Hình 3 chúng tôi biểu thị phần ảo của hàm cảm ứng exciton động với các giá trị khác nhau của nhiệt độ khi t^h = 0,2, g = 0,2 và U = 3. Với tập hợp các tham số này, giản đồ pha trong hình nhỏ của Hình 2 cho thấy, hệ ổn định trong pha bán dẫn khi nhiệt độ thấp, còn khi nhiệt độ cao, hệ tồn tại trong pha bán kim loại. Thật vậy, Hình 3 cho thấy với nhiệt độ cao, $T \geq 0,2$, phần ảo của hàm cảm ứng exciton động có đỉnh phổ cường độ thấp và mở rộng thể hiện sự tồn tại ít nhiều của các trạng thái kết hợp exciton trong pha bán kim loại. Giảm nhiệt độ, đỉnh phổ dịch chuyển dần sang trái xuống tần số thấp hơn với bề rộng thu hẹp lại và cường độ đỉnh tăng lên rất nhanh khẳng định sự tồn tại của các exciton liên kết

chặt. Dấu hiệu của đỉnh phổ cường độ cao ở đây thể hiện sự gia tăng mạnh mẽ của các exciton liên kết chặt trong trạng thái bán dẫn trước khi xảy ra quá trình chuyển pha ngưng tụ exciton. Điều đó tương ứng với sự hình thành của các exciton bên ngoài trạng thái ngưng tụ trong chất bán dẫn. Và khi nhiệt độ đủ thấp dưới nhiệt độ tới hạn, trạng thái ngưng tụ exciton sẽ được thiết lập. Rõ ràng là dấu hiệu của sự tồn tại trạng thái kết hợp exciton trở nên rõ nét hơn khi hệ chuyển sang pha bán dẫn. Trong trường hợp này, t^h = 0,2 tức là mất cân bằng khối lượng lớn, lỗ trống định xứ hơn nên sự lai hóa giữa các điện tử và lỗ trống khó xảy ra hơn làm cho vùng ngưng tụ exciton bị thu hẹp lại (xem hình nhỏ của Hình 2). Do đó các trạng thái kết hợp exciton cũng chỉ xuất hiện ở nhiệt độ thấp. Những kết quả nghiên cứu này của chúng tôi một lần nữa đã củng cố những quan sát thực nghiệm về sự hình thành của exciton ngoài trạng thái ngưng tụ trên vật liệu bán kim loại (Sugimoto, K. và nnk, 2018; Lee, Jinwon và nnk, 2019).

4. Kết luận

Như vậy, trong bài báo này, sự tồn tại của các exciton ở trên điểm chuyển pha ngưng tụ trong vật liệu bán kim loại, bán dẫn ảnh hưởng bởi chênh lệch khối lượng hiệu dụng giữa điện tử và lỗ trống đã được nghiên cứu thông qua khảo sát phần ảo của hàm cảm ứng exciton động. Áp dụng gần đúng Hartree-Fock không giới hạn kết hợp lý thuyết hàm Green cho mô hình Falicov-Kimball mở rộng có sự hiện diện của phonon, công thức xác định hàm cảm ứng exciton đã được tìm thấy. Thực hiện chương trình tính số khảo sát phần ảo của hàm cảm ứng exciton động theo tích phân nhảy nút của lỗ trống và nhiệt độ, kết quả cho thấy các dấu hiệu của sự tồn tại trạng thái kết hợp exciton ở trên các điểm chuyển pha. Trong trạng thái bán kim loại với liên kết điện tử/lỗ trống - phonon đủ lớn và ở nhiệt độ gần nhiệt độ chuyển pha, một đỉnh ưu thế ở tần số thấp xuất hiện trong quang phổ của phần ảo hàm cảm ứng exciton động cho biết khả năng xảy ra hiện tượng ngưng tụ exciton. Dấu hiệu này được củng cố đáng kể khi hệ ở trong trạng thái bán dẫn, quang phổ phần ảo của hàm cảm ứng exciton động xuất hiện một đỉnh cường độ rất cao ở năng lượng thấp. Điều đó chỉ rõ xu hướng ổn định của trạng thái ngưng tụ exciton khi nhiệt độ đạt tới giá trị tới hạn. Khi mất cân bằng khối lượng nhỏ, các lỗ trống trở nên linh hoạt hơn làm tăng khả năng kết cặp điện tử - lỗ trống hình thành exciton nên chỉ cần liên kết điện tử-phonon nhỏ hay ở nhiệt độ cao cũng có thể hỗ trợ sự ghép cặp hình thành exciton trong hệ.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 103.01-2023.43.

Tài liệu tham khảo

Bronold, F. X. and Fehske, H., 2006. Possibility of an excitonic insulator at the semiconductor-semimetal transition. *Phys. Rev. B* 74: 165107.

Conti, S., Neilson, D., Peeters, F. M., Perali, A., 2020. Transition Metal Dichalcogenides as Strategy for High Temperature Electron-Hole Superfluidity. *Condens. Matter* 5, 22.

Ejima, S., Kaneko, T., Ohta, Y., Fehske, H., 2014. Order, Criticality, and Excitations in the Extended Falicov-Kimball Model. *Phys. Rev. Lett*., 112, 026401.

Ejima, S., Lange, F. and Fehske, H., 2021. Finite-temperature photoemission in the extended Falicov–Kimball model: a case study for Ta_2NiSe_5. *Sci Post Phys*. 10 77.

Đỗ Thị Hồng Hải và Phan Văn Nhâm, 2020. Chuyển pha trạng thái điện môi exciton/sóng mật độ điện do thăng giáng nhiệt trong vật liệu bán kim loại. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Duy Tân* 3 (40), 48–54.

Kaneko, T., Toriyama, T., Konishi, T., Ohta, Y., 2013. Orthorhombic-to-monoclinic phase transition of Ta_2NiSe_5 induced by the Bose-Einstein condensation of excitons. *Phys. Rev. B*, 87:035121.

Kim, Kwangrae *et. al.*, 2021. Direct observation of excitonic instability in Ta_2NiSe_5. *Nat. Commun*., 12:1969.

Kim, M. J., *et. al.*, 2020. Phononic soft mode behavior and a strong electronic background across the structural phase transition in the excitonic insulator Ta_2NiSe_5. *Phys. Rev. Res.* 2 042039(R).

Lee, Jinwon *et al.*, 2019. Strong interband interaction in the excitonic insulator phase of Ta_2NiSe_5. *Physical Review B* 99: 075408.

Mott, N. F. ,1961. The transition to the metallic state. *Philos. Mag.*, 6:287

Ninh, Q. H., Phan, V. N., 2021. Mass Imbalance Effects in the Excitonic Condensation of the Extended Falicov–Kimball Model. *Phys. Status Solidi B*, 258: 2000564.

Subedi, A., 2020. Orthorhombic-to-monoclinic transition in Ta_2NiSe_5 due to a zone-center optical phonon instability. *Phys. Rev. Mater*. 4 083601.

Sugimoto, K. *et al.*, 2018. Strong Coupling Nature of the Excitonic Insulator State in Ta_2NiSe_5. *Phys.*

Rev. Lett. 120: 247602.

Thi-Hong-Hai-Do, Dinh-Hoi-Bui and Van-Nham-Phan, 2017. Phonon effects in the excitonic condensation induced in the extended Falicov-Kimball model. *Europhysics Letters* 119; 47003.

Thi-Hong-Hai Do, Huu-Nha Nguyen and Van-Nham Phan, 2019. Thermal Fluctuations in the Phase Structure of the Excitonic Insulator Charge Density Wave State in the Extended Falicov-Kimball Model. *Journal of Electronic Materials* 48: 2677.

Thi-Hong-Hai Do and Van-Nham Phan, 2022. Excitonic condensation state in the assistance of the adiabatic and anti-adiabatic phonons. *J. Phys.: Condens. Matter* 34; 165602.

Volkov, P. A. *et. al*., 2021. Critical charge fluctuations and emergent coherence in a strongly correlated excitonic insulator. *npj Quant. Mater*, 6: 52.

Wachter, P. Edited by Pyshkin, S. L., 2018. Exciton Condensation and Superfluidity in $TmSe_{0.45}Te_{0.55}$, Chaper 2, In book: *Excitons*, Intech Open, London, UK.

Yan, J. *et. al.*, 2019. Strong electron–phonon coupling in the excitonic insulator Ta_2NiSe_5. *Inorg. Chem*. 58 9036.

Ye, M. *et. al.,* 2021. Lattice dynamics of the excitonic insulator $Ta_2Ni(Se_{1-x}S_x)_5$. *Phys. Rev. B* 104 045102

Zhang, Y. S. *et. al.,* 2021. Thermal transport signatures of the excitonic transition and associated phonon softening in the layered chalcogenide Ta_2NiSe_5. *Phys. Rev. B*, 104: L121201.

ABSTRACT

Effect of mass imbalance on the excitonic fluctuation outside the condensed state in semimetallic and semiconducting systems

Do Thi Hong Hai*, Nguyen Thi Dieu Thu, Nguyen Thi Hau

Hanoi University of Mining and Geology

In this paper, we investigate the existence of excitons before the condensation state is established through the dynamical excitonic susceptibility function in the extended Falicov-Kimball model in the presence of phonons. By using the unrestricted Hartree-Fock approximation combined with Green's function theory, the analytical expression of the excitonic susceptibility function was found. From the numerical results, the phase diagrams addressing the excitonic fluctuation affected by mass imbalance above the phase transition point of the excitonic condensation state in the semimetallic and semiconducting system is established. In particular, the sharp low-frequency peak in the imaginary part spectrum of the dynamical excitonic susceptibility function confirms the existence of excitons outside the condensed state even when the system is in the semimetallic phase. Our results are valuable in understanding the dynamics of the exciton condensation phase transition

Keywords: excitonic susceptibility function; excitonic condensed; extended Falicov-Kimball model; electron/hole-phonon coupling; mass imbalance

Ảnh hưởng của tương tác điện tử - photon lên trạng thái ngưng tụ exciton-polariton trong vi hốc bán dẫn

Nguyễn Thị Hậu[1,2], Đỗ Thị Hồng Hải[1,*], Phan Văn Nhâm[3]

[1]Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[2]Học viện Khoa học và công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
[3]Trường Đại học Duy Tân

TÓM TẮT

Trong bài báo này, chúng tôi khảo sát ảnh hưởng của tương tác điện tử - photon lên trạng thái ngưng tụ exciton-polariton trong vi hốc bán dẫn. Các phương trình tự hợp xác định các tham số trật tự mô tả các trạng thái ngưng exciton, polariton và photon trong hệ được xác định từ phép tính gần đúng Hartree-Fock trong mô hình 2 chiều mô tả hệ điện tử, lỗ trống và photon trong cấu trúc vi hốc. Kết quả khẳng định sự tồn tại của trạng thái ngưng tụ exciton-polariton ở nhiệt độ đủ nhỏ khi có mặt của tương tác điện tử - photon. Nhiệt độ chuyển pha trạng thái ngưng tụ tăng khi tăng mật độ kích thích và cường độ tương tác điện tử - photon.

Từ khóa: Exciton; Polariton; ngưng tụ Bose-Einstein; vi hốc bán dẫn, tương tác điện tử - photon

1. Đặt vấn đề

Ngưng tụ Bose-Einstein (BEC – Bose-Einstein condensation) là một trạng thái trật tự xuất hiện ở các hệ hạt hoặc giả hạt boson với một lượng lớn các hạt cùng tồn tại trong một trạng thái lượng tử duy nhất. Điều này xảy ra khi mật độ hạt/giả hạt boson đủ lớn và được làm lạnh tới nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ tới hạn T_c (T_c còn được gọi là nhiệt độ chuyển pha trạng thái BEC). Nhiệt độ chuyển pha T_c càng lớn nếu khối lượng các hạt boson càng nhỏ. Do đó, để quan sát được trạng thái BEC đòi hỏi hệ các hạt boson phải có khối lượng đủ nhỏ và thời gian sống đủ lớn. Exciton-polariton trong vi hốc bán dẫn là một hệ giả hạt boson được tạo thành do sự lai hóa của các exciton trong giếng lượng tử bán dẫn và các photon bị giam giữ trong vi hốc (Weisbuch và nnk, 1992). Với khối lượng rất nhỏ (cỡ 10^{-5} khối lượng của điện tử tự do) và thời gian sống đủ dài (cỡ 270ps ở trạng thái cân bằng), hệ exciton-polariton hứa hẹn có thể quan sát được trạng thái BEC ở nhiệt độ phòng (Eastham và Littlewood, 2001). Ngưng tụ BEC của exciton-polariton trong vi hốc bán dẫn GaAs được quan sát lần đầu tiên trong thực nghiệm vào năm 2002 bởi nhóm của Hui Deng và các cộng sự, đánh dấu bước ngoặt quan trọng về mặt nghiên cứu thực nghiệm exciton-polariton (Deng và nnk, 2002). Và cho đến nay đã có rất nhiều những quan sát thực nghiệm khác khẳng định sự tồn tại của trạng thái ngưng tụ exciton-polariton trong các vi hốc bán dẫn (Deng và nnk, 2003; Bloch và nnk, 2005; Richard và nnk, 2005; Kasprzak và nnk, 2006; Fei và nnk, 2016; Schofield và nnk, 2023). Với tiềm năng ứng dụng trong công nghệ hiện đại, việc tìm hiểu các yếu tố ảnh hưởng tới sự hình thành trạng thái BEC của exciton-polariton trong các vi hốc bán dẫn đang được các nhà khoa học rất quan tâm nghiên cứu trong cả lý thuyết và thực nghiệm. Một trong những yếu tố có ảnh hưởng tới sự hình thành trạng thái BEC của exciton-polariton là cường độ tương tác điện tử - photon. Tương tác này không chỉ ảnh hưởng đến sự hình thành trạng thái ngưng tụ exciton-polariton mà còn đóng vai trò quan trọng trong việc xác định các tính chất ngưng tụ của hệ.

Nghiên cứu này sẽ tập trung khảo sát ảnh hưởng của tương tác điện tử-photon đến quá trình hình thành trạng thái ngưng tụ exciton-polariton trong vi hốc bán dẫn. Phần tiếp theo sẽ sử dụng gần đúng trường trung bình cho mô hình hai mức năng lượng để xác định các tham số trật tự đặc trưng cho trạng thái ngưng tụ exciton-polariton của hệ. Phần 3 trình bày chi tiết các kết quả tính số và phân tích sâu hơn về vấn đề đặt ra. Cuối cùng, bài báo sẽ đưa ra kết luận tổng quát dựa trên các kết quả nghiên cứu đã trình bày.

2. Mô hình và tính toán lý thuyết

[*]*Tác giả liên hệ*
Email: dothihonghai@humg.edu.vn

$$\mathrm{H} = \sum_{\mathbf{k}} \varepsilon_{\mathbf{k}}^{e} e_{\mathbf{k}}^{\dagger} e_{\mathbf{k}} + \sum_{\mathbf{k}} \varepsilon_{\mathbf{k}}^{h} h_{\mathbf{k}}^{\dagger} h_{\mathbf{k}} + \sum_{\mathbf{q}} \omega_{\mathbf{q}} \psi_{\mathbf{q}}^{\dagger} \psi_{\mathbf{q}} - \frac{U}{N} \sum_{\mathbf{k},\mathbf{k}_1,\mathbf{k}_2} e_{\mathbf{k}+\mathbf{k}_1}^{\dagger} e_{\mathbf{k}_1} h_{-\mathbf{k}+\mathbf{k}_2}^{\dagger} h_{\mathbf{k}_2} - \frac{g}{\sqrt{N}} \sum_{\mathbf{k},\mathbf{q}} \left(e_{\mathbf{k}+\mathbf{q}}^{\dagger} h_{-\mathbf{k}}^{\dagger} \psi_{q} + H.c \right) \quad (1)$$

trong đó ba số hạng đầu mô tả hệ điện tử trên dải dẫn, lỗ trống trên dải hóa trị và photon không tương tác, với $e_{\mathbf{k}}^{\dagger}(e_{\mathbf{k}})$, $h_{\mathbf{k}}^{\dagger}(h_{\mathbf{k}})$ và $\psi_{\mathbf{q}}^{\dagger}(\psi_{\mathbf{q}})$ biểu diễn toán tử sinh (hủy) của điện tử, lỗ trống mang xung lượng **k** và photon mang xung lượng **q.** Các hệ thức tán sắc của điện tử **(** $\varepsilon_{\mathbf{k}}^{e}$) và lỗ trống ($\varepsilon_{\mathbf{k}}^{h}$) được cho bởi biểu thức:

$$\varepsilon_{\mathbf{k}}^{e/h} = -2t^{e/h}\left(\cos k_x + \cos k_y\right) + \frac{E_g + 8t^{e/h} - \mu}{2} \quad (2)$$

với $t^{e/h}$ là tích phân nhảy nút của điện tử và lỗ trống. Sự khác nhau của tích phân nhảy nút biểu thị mối tương quan về khối lượng hiệu dụng của điện tử và lỗ trống. E_g là khe năng lượng thể hiện sự phân tách giữa đáy của dải dẫn và đỉnh của dải hóa trị. Trong bài báo này chúng tôi xét hệ trong vi hốc bán dẫn do đó $E_g > 0$; μ là thế hóa học. Đối với photon, hệ thức tán sắc $\omega_{\mathbf{q}}$ được cho bởi biểu thức:

$$\omega_{\mathbf{q}} = \sqrt{(c\boldsymbol{q})^2 + \omega_c^2} - \mu \quad (3)$$

với ω_c là năng lượng của photon tại xung lượng **q** = 0.

Số hạng thứ tư trong phương trình (1) mô tả tương tác tĩnh điện của điện tử trên dải dẫn với lỗ trống trên dải hóa trị với cường độ thế tương tác Coulomb U. Số hạng cuối cùng trong phương trình (1) mô tả tương tác của hệ điện tử, lỗ trống với photon với cường độ tương tác g. N là số nút mạng trong giếng lượng tử. Ở đây lưu ý rằng ảnh hưởng photon lên sự hình thành trạng thái ngưng tụ exciton-polariton phụ thuộc vào sự chồng chập của năng lượng kích thích cặp điện tử - lỗ trống với dải năng lượng của photon. Do đó, để khảo sát hệ một cách thuận lợi chúng tôi đưa vào tham số điều chỉnh $d = \omega_c - E_g$. Nếu *d* nhỏ thì năng lượng kích thích của cặp điện tử - lỗ trống gần với đáy của dải năng lượng photon do đó đóng góp của photon đóng vai trò quan trọng. Trong trường hợp ngược lại, nếu *d* lớn thì sự đóng góp của photon lên trạng thái ngưng tụ exciton-polariton là ít quan trọng.

Các toán tử tương tác trong phương trình (1) được viết lại bằng phép gần đúng Hartree-Fock, sau khi bỏ qua những hằng số xuất hiện trong phương trình, chúng tôi thu được Hamiltonian Hartree-Fock như sau:

$$\mathrm{H}_{UHF} = \sum_{\mathbf{k}} \bar{\varepsilon}_{\mathbf{k}}^{e} e_{\mathbf{k}}^{\dagger} e_{\mathbf{k}} + \sum_{\mathbf{k}} \bar{\varepsilon}_{\mathbf{k}}^{h} h_{\mathbf{k}}^{\dagger} h_{\mathbf{k}} + \Delta \sum_{\mathbf{k}} \left(e_{\mathbf{k}}^{\dagger} h_{-\mathbf{k}}^{\dagger} + H.c \right) + \sum_{\mathbf{q}} \omega_{\mathbf{q}} \psi_{\mathbf{q}}^{\dagger} \psi_{\mathbf{q}} + \left(\sqrt{N} \Gamma \psi_0^{\dagger} + H.c \right) \quad (4)$$

trong đó các năng lượng tán sắc tái chuẩn hóa khi có đóng góp của độ dịch Hartree-Fock $\bar{\varepsilon}_k^e$ và $\bar{\varepsilon}_k^h$ được xác định bởi:

$$\bar{\varepsilon}_{\mathbf{k}}^{e} = \varepsilon_{\mathbf{k}}^{e} - \frac{U}{N} \sum_{q} \left\langle h_q^{\dagger} h_q \right\rangle \quad (5)$$

$$\bar{\varepsilon}_{\mathbf{k}}^{h} = \varepsilon_{\mathbf{k}}^{h} - \frac{U}{N} \sum_{q} \left\langle e_q^{\dagger} e_q \right\rangle \quad (6)$$

Trong phương trình (4), Δ và Γ được xác định bởi:

$$\Delta = -\frac{g}{\sqrt{N}} \left\langle \psi_0 \right\rangle - \frac{U}{N} \sum_{k} d_k \quad (7)$$

$$\Gamma = -\frac{g}{N} \sum_{k} d_k \quad (8)$$

với $d_{\mathbf{k}} = \left\langle e_{\mathbf{k}}^{\dagger} h_{-\mathbf{k}}^{\dagger} \right\rangle = \left\langle h_{-\mathbf{k}} e_{\mathbf{k}} \right\rangle = d_{\mathbf{k}}^{*}$ là mật độ cặp điện tử - lỗ trống, $\left\langle \psi_0 \right\rangle$ là độ phân cực của photon tại xung lượng không. Các đại lượng trên đóng vai trò như những tham số trật tự mô tả trạng thái ngưng tụ của hệ. Tùy thuộc vào sự cạnh tranh giữa tham số trật tự trạng thái ngưng tụ exciton $\Delta_{eh} = -\frac{U}{N} \sum_{k} d_k$ và tham số trật tự trạng thái ngưng tụ photon $\Delta_{ph} = -\frac{g}{\sqrt{N}} \left\langle \psi_0 \right\rangle$ mà hệ có thể tồn tại ở trạng thái ngưng tụ exciton, polariton hay photon.

Hamiltonian trong phương trình (4) được chéo hóa bằng phép biến đổi Bogoliubov, các toán tử fermion mới $a_{1\mathbf{k}}^{\dagger}, a_{2\mathbf{k}}^{\dagger}$ và toán tử boson mới $b_{\mathbf{q}}^{\dagger}$ được định nghĩa:

$$a_{1\mathbf{k}}^{\dagger} = \xi_{\mathbf{k}} e_{\mathbf{k}}^{\dagger} + \eta_{\mathbf{k}} h_{-\mathbf{k}} \tag{9}$$

$$a_{2\mathbf{k}}^{\dagger} = -\eta_{\mathbf{k}} e_{\mathbf{k}}^{\dagger} + \xi_{\mathbf{k}} h_{-\mathbf{k}} \tag{10}$$

$$b_{\mathbf{q}}^{\dagger} = \psi_{\mathbf{q}}^{\dagger} + \frac{\sqrt{N}\Gamma}{\omega_{\mathbf{q}=0}} \delta_{\mathbf{q},0} \tag{11}$$

trong đó các hệ số $\xi_{\mathbf{k}}, \eta_{\mathbf{k}}$ thỏa mãn

$$\xi_{\mathbf{k}}^2 = \frac{1}{2}\left[1 + \mathrm{sgn}\left(\bar{\varepsilon}_{\mathbf{k}}^{e} + \bar{\varepsilon}_{\mathbf{k}}^{h}\right)\frac{\left(\bar{\varepsilon}_{\mathbf{k}}^{e} + \bar{\varepsilon}_{\mathbf{k}}^{h}\right)}{\boldsymbol{W}_{k}}\right] \tag{12}$$

$$\eta_{\mathbf{k}}^2 = \frac{1}{2}\left[1 - \mathrm{sgn}\left(\bar{\varepsilon}_{\mathbf{k}}^{e} + \bar{\varepsilon}_{\mathbf{k}}^{h}\right)\frac{\left(\bar{\varepsilon}_{\mathbf{k}}^{e} + \bar{\varepsilon}_{\mathbf{k}}^{h}\right)}{\boldsymbol{W}_{k}}\right] \tag{13}$$

$$\boldsymbol{W}_{k} = \sqrt{\left(\bar{\varepsilon}_{\mathbf{k}}^{e} + \bar{\varepsilon}_{\mathbf{k}}^{h}\right)^2 + 4\left|\Delta\right|^2} \tag{14}$$

Sau khi chéo hóa hoàn toàn, Hamiltonian trong phương trình (4) có dạng:

$$\mathrm{H}_{dia} = \sum_{\mathbf{k}} E_{\mathbf{k}}^{1} a_{1\mathbf{k}}^{\dagger} a_{1\mathbf{k}} + \sum_{\mathbf{k}} E_{\mathbf{k}}^{2} a_{2\mathbf{k}}^{\dagger} a_{2\mathbf{k}} + \sum_{\mathbf{q}} \omega_{\mathbf{q}} b_{\mathbf{q}}^{\dagger} b_{\mathbf{q}} \tag{15}$$

với $E_{\mathbf{k}}^{1,2} = \frac{\left(\bar{\varepsilon}_{\mathbf{k}}^{e} - \bar{\varepsilon}_{\mathbf{k}}^{h}\right)}{2} \pm \mathrm{sgn}\left(\bar{\varepsilon}_{\mathbf{k}}^{e} + \bar{\varepsilon}_{\mathbf{k}}^{h}\right)\frac{\boldsymbol{W}_{k}}{2}$ là các năng lượng giả hạt mới của hệ điện tử - lỗ trống. Từ đó chúng tôi xác định được các giá trị trung bình như sau:

$$\left\langle e_{\mathbf{k}}^{\dagger} e_{\mathbf{k}} \right\rangle = \xi_{\mathbf{k}}^2 f\left(E_{\mathbf{k}}^{1}\right) + \eta_{\mathbf{k}}^2 f\left(E_{\mathbf{k}}^{2}\right) \tag{16}$$

$$\left\langle h_{\mathbf{k}}^{\dagger} h_{\mathbf{k}} \right\rangle = 1 - \eta_{\mathbf{k}}^2 f\left(E_{\mathbf{k}}^{1}\right) - \xi_{\mathbf{k}}^2 f\left(E_{\mathbf{k}}^{2}\right) \tag{17}$$

$$d_{\mathbf{k}} = \left\langle e_{\mathbf{k}}^{\dagger} h_{-\mathbf{k}}^{\dagger} \right\rangle = \frac{\Delta}{\boldsymbol{W}_{\mathbf{k}}} \mathrm{sgn}\left(\bar{\varepsilon}_{\mathbf{k}}^{e} + \bar{\varepsilon}_{\mathbf{k}}^{h}\right)\left[f\left(E_{\mathbf{k}}^{1}\right) - f\left(E_{\mathbf{k}}^{2}\right)\right] \tag{18}$$

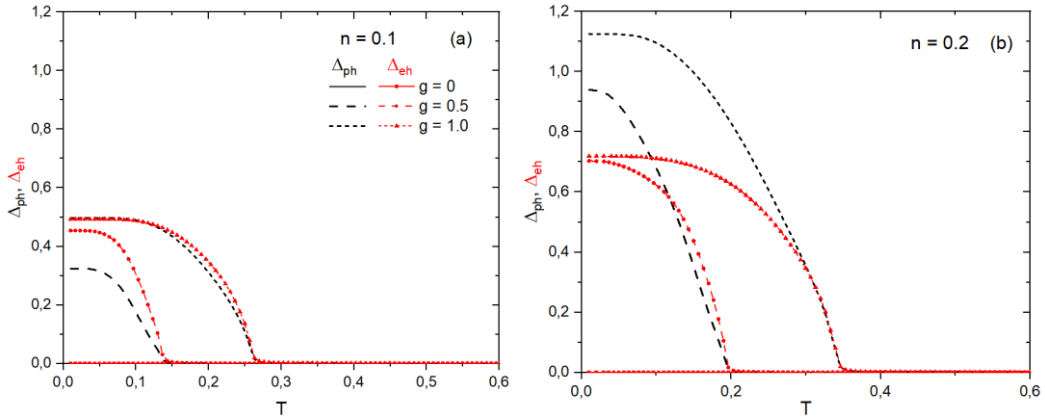
$$\left\langle \psi_{\mathbf{q}=0} \right\rangle = -\frac{\sqrt{N}\Gamma}{\omega_{\mathbf{q}=0}} \tag{19}$$

Giải tự hợp các phương trình (5) – (8) và (16) – (19) chúng tôi xác định được các tham số trật tự mô tả trạng thái ngưng tụ của hệ exciton, polariton, và photon trong vi hốc bán dẫn. Khảo sát sự phụ thuộc xung lượng của mật độ exciton sẽ giúp chúng ta thấy rõ bản chất trạng thái ngưng tụ của hệ.

3. Kết quả và thảo luận

Phần này biểu thị các giản đồ mô tả các trạng thái ngưng tụ của hệ exciton, polariton và photon trong vi hốc bán dẫn, các kết quả tính số được chúng tôi thực hiện cho hệ hai chiều gồm $N = 200 \times 200$ nút mạng và chọn $t^e = 1$ là đơn vị của năng lượng. Khi đó tất cả các đại lượng đều được xác định với đơn vị t^e. Không mất tính tổng quát, chúng tôi cố định năng lượng của photon tại xung lượng không $\omega_c = 0.5$ và lựa chọn U = 2.0, tham số điều chỉnh d = -1 và tích phân nhảy nút của lỗ trống $t^h = 0.15$ để phù hợp với hệ exciton-polariton trong vi hốc bán dẫn GaAs.

Trước tiên chúng tôi khảo sát tham số trật tự trạng thái ngưng tụ exciton (Δ_{eh}) và tham số trật tự trạng thái ngưng tụ photon (Δ_{ph}) theo nhiệt độ khi thay đổi cường độ tương tác điện tử - photon và tổng mật độ trạng thái kích thích của hệ $n = \frac{1}{N}\sum_q \langle \psi_q^{\dagger}\psi_q \rangle + \frac{1}{2N}\sum_k \left(\langle e_k^{\dagger} e_k \rangle + \langle h_k^{\dagger} h_k \rangle\right)$.

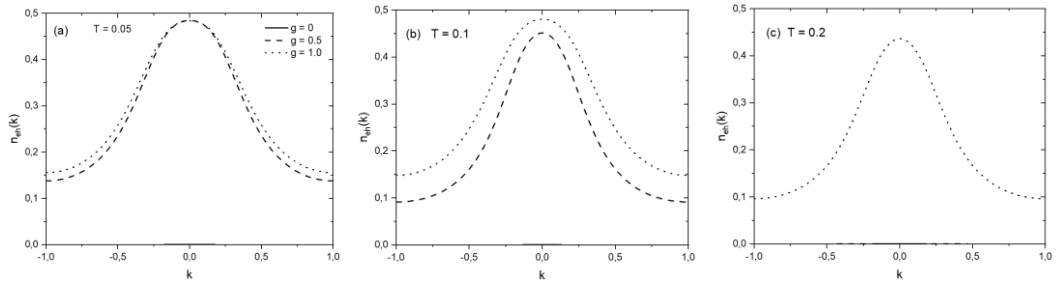


Hình 1. Tham số trật tự trạng thái ngưng tụ cặp điện tử - lỗ trống Δ_{eh} và photon Δ_{ph} theo nhiệt độ ứng với các giá trị khác nhau của cường độ tương tác điện tử - photon g khi n = 0.1 (hình a) và n = 0.2 (hình b)

Từ kết quả trên giản đồ ở Hình 1 ta nhận thấy, khi không có tương tác điện tử - photon, các giá trị Δ_{eh} và Δ_{ph} đều nhỏ không đáng kể thể hiện hệ ở trạng thái không trật tự. Với một giá trị xác định khác không của hằng số tương tác g, cả tham số trật tự exciton Δ_{eh} và photon Δ_{ph} đều khác không ở nhiệt độ đủ thấp thể hiện hệ ở trạng thái ngưng tụ exciton-polariton. Khi tăng nhiệt độ, thăng giáng nhiệt lớn làm phá vỡ phần nào các trạng thái liên kết nên trạng thái ngưng tụ bị suy yếu. Điều này được thể hiện ở sự giảm nhanh giá trị của Δ_{eh} và Δ_{ph} , chúng đều bằng không tại cùng một giá trị nhiệt độ tới hạn T_c. T_c được gọi là nhiệt độ chuyển pha trạng thái ngưng tụ exciton-polariton. Trên nhiệt độ tới hạn T_c, mọi trạng thái liên kết exciton đều bị phá hủy và hệ ở trong trạng thái plasma của điện tử, lỗ trống và photon. Tăng hằng số tương tác g hay mật độ kích thích n, nhiệt độ tới hạn T_c tăng lên và giá trị của tham số trật tự cũng tăng thể hiện sự ổn định của các trạng thái ngưng tụ. Trên Hình 1a, khi mật độ kích thích nhỏ (n = 0.1), tại giá trị g = 0.5, giá trị của Δ_{eh} lớn hơn giá trị của Δ_{ph} thể hiện hệ ưu tiên ở trạng thái ngưng tụ exciton. Thật vậy, với mật độ kích thích nhỏ, giá trị của thế hóa cách xa đáy của dải photon nên đóng góp của photon nhỏ dẫn đến tham số trật tự trạng thái ngưng tụ photon nhỏ trong khi tham số trật tự trạng thái ngưng tụ exciton lớn. Hệ khi đó ổn định ở trạng thái ngưng tụ exciton-polariton. Tăng hằng số tương tác điện tử - photon lên g = 1.0, giá trị của tham số trật tự Δ_{eh} và Δ_{ph} tương đương nhau. Khi tăng mật độ kích lên n = 0.2, Hình 1b cho thấy giá trị của Δ_{ph} lớn hơn giá trị của Δ_{eh} . Thật vậy, tăng mật độ kích thích làm tăng sự xen phủ giữa dải hóa trị và dải dẫn giúp tăng khả năng ghép cặp điện tử - lỗ trống, đồng thời giá trị của thế hóa tiến gần tới đáy của dải photon làm tăng cường sự đóng góp của photon. Do đó giá trị của cả hai tham số trật tự trạng thái ngưng tụ Δ_{eh} và Δ_{ph} đều tăng lên. Khi đóng góp của photon trở nên quan trọng và có thêm đóng góp của tương tác điện tử - photon g thì tham số trật tự trạng thái ngưng tụ photon Δ_{ph} tăng nhanh và lớn hơn tham số trật tự trạng thái exciton Δ_{eh} . Tại nhiệt độ thấp, tham số trật tự trạng thái ngưng tụ photon chiếm ưu thế hơn.

Như vậy, cả cường độ tương tác điện tử - photon và mật độ kích thích đều có vai trò quan trọng trong việc thiết lập trạng thái ngưng tụ và tính chất của trạng thái exciton-polariton. Để thấy rõ hơn ảnh hưởng của cường độ tương tác điện tử - photon và nhiệt độ lên bản chất trạng thái ngưng tụ, trong Hình 2 chúng tôi khảo sát sự phụ thuộc vào xung lượng của tham số trật tự $n_{eh}(\boldsymbol{k}) = \left\langle e_{\boldsymbol{k}}^{\dagger} h_{-\boldsymbol{k}}^{\dagger} \right\rangle = d_k$ khi n = 0.1 ở một vài giá trị nhiệt độ khác nhau. Đại lượng này biểu thị sự kết hợp trong không gian xung lượng của điện tử và lỗ trống trong việc hình thành trạng thái exciton và polariton trong hệ. Hình 2 cho thấy trong mọi trường hợp $n_{eh}(\boldsymbol{k})$ đều đạt cực đại tại xung lượng **k** = 0 thể hiện polariton ngưng tụ trong trạng thái BEC. Tại mọi giá trị nhiệt độ, khi g = 0 mật độ cặp điện tử - lỗ trống có giá trị rất nhỏ trong toàn bộ không gian xung lượng. Điều này cũng được thể hiện rất rõ trong Hình 1 bởi giá trị của cả hai tham số trật tự trạng thái ngưng tụ đều xấp xỉ bằng không. Tăng hằng số tương tác điện tử - photon làm mật độ exciton $n_{eh}(\boldsymbol{k})$ tăng do đó cả hai tham số trật tự trạng thái ngưng tụ đều tăng (xem Hình 1a). So sánh Hình 2a, b, c ta thấy, khi tăng nhiệt độ, năng lượng nhiệt tăng lên làm phá vỡ sự kết cặp điện tử - lỗ trỗng nên mật độ $n_{eh}(\boldsymbol{k})$ bị suy yếu. Hình 2c cho thấy, với T = 0.2, chỉ khi g = 1.0, mật

độ cặp điện tử - lỗ trống $n_{eh}(\boldsymbol{k})$ mới khác không, còn khi g = 0 và g = 0.5 thì $n_{eh}(\boldsymbol{k})$ hoàn toàn bị triệt tiêu. Điều này hoàn toàn phù hợp với kết quả biểu thị ở Hình 1a, do T = 0.2 lớn hơn giá trị T_c của hệ khi g = 0 và g = 0.5. Ở trên nhiệt độ tới hạn, do năng lượng nhiệt quá lớn, các trạng thái liên kết trong hệ bị phá vỡ hoàn toàn, hệ tồn tại trong trạng thái plasma của điện tử, lỗ trống và photon.



Hình 2. Mật độ exciton $n_{eh}(\boldsymbol{k})$ theo xung lượng $\boldsymbol{k}$ ứng với một vài giá trị của cường độ tương tác điện tử - photon g tại n = 0.1 và nhiệt độ T = 0.05 (a), T = 0.1 (b) và T = 0.2 (c)

4. Kết luận

Như vậy, bằng việc áp dụng gần đúng Hartree-Fock, chúng tôi đã tìm thấy các phương trình tự hợp xác định các tham số mô tả trạng thái ngưng tụ của hệ điện tử, lỗ trống và photon trong cấu trúc vi hốc. Kết quả tính toán cho thấy tương tác điện tử-photon và mật độ kích thích ảnh hưởng trực tiếp đến sự hình thành trạng thái ngưng tụ exciton-polariton. Ở mật độ kích thích thấp với tương tác điện tử - photon yếu, các exciton đóng vai trò chính trong việc hình thành trạng thái ngưng tụ, hệ ổn định trong trạng thái ngưng tụ exciton-polariton. Tuy nhiên, khi mật độ kích thích lớn với tương tác điện tử - photon mạnh, photon đóng vai trò quan trọng hơn, thể hiện hệ ổn định trong trạng thái ngưng tụ polariton.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 103.01-2023.43.

Tài liệu tham khảo

C. Weisbuch, N. Nishioka, A. Ishikawa, Y. Arakawa, 1992, Observation of the coupled exciton–photon mode splitting in a semiconductor quantum microcavity, *Phys. Rev. Lett.* 69, 3314–3317.

Fei, Z. et al. 2016, Nano-optical imaging of WSe2 waveguide modes revealing light-exciton interactions. *Phys. Rev. B* 94, 081402(R).

J. Bloch, B. Sermage, M. Perrin, P. Snellart, R. Andre, Le Si Dang, 2005, Monitoring the dynamics of a coherentcavity polariton population, *Phys. Rev. B* 71, 155311.

J. Kasprzak, M. Richard, S. Kundermann, A. Baas, P. Jeanbrum, J.M. Keeling, F.M. Marchetti, M.H. Szymanska, R. Andre, J.L. Staehli, V. Savona, P.B. Littlewood, B. Devaud, Le Si Dang, 2006, Bose-Einstein condensation of exciton polaritons, *Nature* 443, 409.

H. Deng, G. Weihs, C. Santori, J. Bloch, and Y. Yamamoto, 2002, Condensation of Semiconductor Microcavity Exciton Polaritons, *Science* 298, 199.

H. Deng, G. Weihs, D. Snoke, J. Bloch, and Y. Yamamoto, 2003, Polariton lasing vs. photon lasing in a semiconductor microcavity, *Pro . Nat. A ad. of Scien es (USA)* 100, 15318.

M. Richard, J. Kasprzak, R. Romestain, R. Andre, Le Si Dang, 2005, Spontaneous Coherent Phase Transition of Polaritons in CdTe Microcavities, *Phys. Rev. Lett*. 94, 187401.

P. R. Eastham and P. B. Littlewood, 2001, Bose condensation of cavity polaritons beyond the linear regime: The thermal equilibrium of a model microcavity, *Phys. Rev. B*. 64, 235101.

Ross C. Schofield, et al., 2023, Bose-Einstein Condensation of Light in a Semiconductor Quantum Well Microcavity, *arXiv:*2306.15314v1 [physics.optics].

ABSTRACT

The influence of electron - photon interaction on the exciton-polariton condensations in semiconductor microcavity

Nguyen Thi Hau[1,2], Do Thi Hong Hai[1,*], Phan Van Nham[3]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Graduate University of Science and Technology, Vietnam Academy of Science and Technology*
[3]*Faculty of Natural Sciences, Duy Tan University*

In this paper, we investigate the impact of electron-photon interaction on exciton-polariton condensation in semiconductor microcavity. Applying the Hartree-Fock approximation to a 2D model of electrons, holes, and photons in a microcavity structure, a set of self-consistent equations determining the excitonic, polaritonic and photonic condensate order parameters was found. Our numerical results show that the existence of the exciton-polariton condensation state at sufficiently low temperatures when electron-photon interactions are present. Furthermore, the phase transition temperature increases as the excitation density and electron-photon interaction increase.

Keywords: Exciton; Polariton; Bose-Eistein condensation; semiconductor microcavity, electron - photon interaction

Đánh giá khả năng thuỷ phân tinh bột trong môi trường axit kết hợp vi sóng

Lưu Huy Hiếu[1], Nguyễn Quang Hải[2], Nguyễn Thị Phượng[3], Nguyễn Thị Thương[4], Nguyễn Thị Phương Thảo[4], Nguyễn Lâm Quỳnh[4], Đặng Văn Danh Thái[5], Lê Thị Phương Thảo[6,7,8*]

[1]*Lớp CH KTHH K13.1 - Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội*
[2]*Khoa Công nghệ Hóa - Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội*
[3]*Viện Hóa học-Vật liệu - Viện Khoa học và công nghệ quân sự*
[4]*Lớp Hoá dược K67 - Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[5]*Lớp Hoá dược K68 - Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[6]*Bộ môn Hoá học, Khoa Khoa học cơ bản, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[7]*Nhóm nghiên cứu BSASD, Khoa Khoa học Cơ bản, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[8]*Nhóm nghiên cứu mạnh HiTech-CEAE, Trung tâm Phân tích, Thí nghiệm Công nghệ cao, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này chúng tôi đã khảo sát nano hoá - cắt mạch tinh bột sử dụng axit clohidric 0,5 M ở pH 3-4, kết hợp vi sóng và siêu âm, duy trì nhiệt độ phản ứng 40 - 60^{o}C. Kết quả khảo sát được đánh giá thông qua phép đo phân bố cỡ hạt. Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy, tinh bột sắn dây đã được cắt mạch thành công, kích thước hạt có thể đạt dưới 100 nm. Nano tinh bột này có khả năng ứng dụng làm chất bao gói các hoạt chất, như polyphenol.

Từ khóa: "tinh bột"; "cắt mạch tinh bột"; "axit clohidric HCl"; "polyphenol"

1. Đặt vấn đề

Việc bao gói các thành phần có chứa hoạt tính sinh học được xem như là một phương pháp phổ biến trong thực phẩm và dược phẩm. Việc bao gói giúp tăng sinh khả dụng của các hoạt chất có hoạt tính sinh học trong quá trình tiêu hoá, tăng khả năng hoà tan trong nước, bảo vệ khỏi các yếu tố bất lợi như trong dạ dày và giải phóng chúng đến được khu vực mong muốn để tăng khả năng hấp thụ. Hiện nay có rất nhiều nhà khoa học đã ứng dụng việc bao gói này để tăng sinh khả dụng của các hợp chất thiên nhiên, ví dụ tăng cường tính sinh khả dụng của genistein (một loại isoflavon) bằng cách tạo phức với tinh bột ngô (Shimoni 2011).

Polyphenol là một nhóm hợp chất hữu cơ có nguồn gốc từ thiên nhiên hoặc tổng hợp, có chứa nhiều nhóm phenol (hay còn gọi là hydroxyphenol) trong phân tử. Các polyphenol có nhiều ứng dụng trong các lĩnh vực khác nhau như thực phẩm, y học hay dược phẩm. Tuy nhiên hạn chế lớn nhất là cấu trúc phức tạp và kích thước cồng kềnh của polyphenol khiến chúng có tính sinh khả dụng thấp. Để khắc phục vấn đề này các nhà khoa học đã tiến hành gắn polyphenol có hoạt tính sinh học cao lên các hạt nano có kích thước nhỏ hơn giúp tăng tính sinh khả dụng của hoạt chất (Kuzhithariel Remanan 2022).

Tinh bột là thành phần chính trong chế độ ăn của mỗi con người, nó là một loại polysaccharide được nghiên cứu làm vật liệu mang thuốc với nhiều ưu điểm như chiết xuất từ tự nhiên, không độc hại, có nguồn gốc đa dạng với giá thành rẻ. Khả năng tương thích sinh học cao do có nhiều nhóm hoạt động và dễ dàng biến đổi (Min Zhang 2023; Pourjavadi 2024). Tinh bột bao gồm amylose có cấu trúc mạch thẳng và amylopectin có cấu trúc phân nhánh giúp tạo thành tinh bột có kích cỡ µm. Tinh bột dễ dàng biến đổi bằng các phương pháp vật lý và hoá học để có được kích thước và tính chất mong muốn ứng dụng vào bao gói các hoạt chất sinh học (Zhu 2017). Phương pháp dẫn truyền dựa trên polysaccharide như tinh bột cho thấy tối ưu hơn so với phương pháp dẫn truyền dựa trên lipid và protein do có thể mang được cả các thành phần ưa nước và kỵ nước.

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu bước đầu về cắt mạch tinh bột trong dung dịch axit HCl kết hợp sử dụng vi sóng, định hướng ứng dụng cho việc bao gói polyphenol để tăng tính sinh khả dụng.

* *Tác giả liên hệ*
Email: lethiphuongthao@humg.edu.vn

2. Thực nghiệm

2.1. Nguyên liệu

- Tinh bột bắp Phúc Khánh (đóng gói 250 g), bột sắn dây nguyên chất Tấn Phát (đóng gói 100 g). Các mẫu tinh bột được sử dụng trực tiếp, không qua tinh chế lại.
- Các hoá chất chính: axit clohidric (HCl), natri hydroxit (NaOH) (Merck - Đức).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Xử lý mẫu

Tinh bột được khuấy ở nhiệt độ thường cho phân tán tốt trong nước, tiếp đó thêm từ từ dung dịch HCl 0,5 M vào hỗn dịch đến khi đạt pH = 3-4 thì siêu âm mẫu trong thời gian 15 phút. Sau đó, mẫu được xử lý bằng nhiệt, vi sóng và siêu âm kết hợp. Cuối cùng, sử dụng dung dịch NaOH để kết thúc phản ứng (pH dung dịch đạt 6-7). Sau khi phản ứng kết thúc, mẫu được siêu âm tiếp 10 phút.

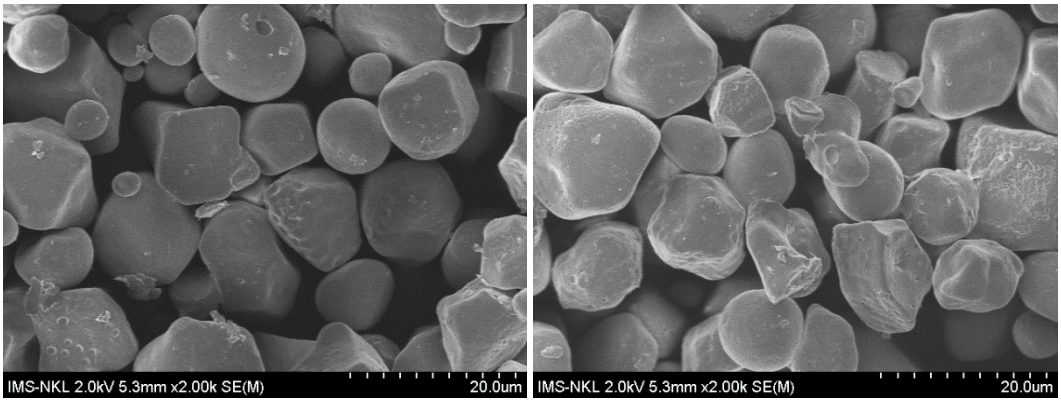
2.2.2. Kỹ thuật tán xạ ánh sáng động (DLS) theo phương pháp FPS đo phân bố cỡ hạt

Nguyên lý của kỹ thuật này là dùng tia sợi quang chiếu vào mẫu chứa các hạt phân tán, các hạt này sẽ bị tán xạ ra các hướng khác nhau do sự tương tác giữa tia sáng và hạt. Các hạt trong dung dịch chuyển động do va chạm với các phần tử trong dung môi được gọi là chuyển động Brown. Hạt càng nhỏ thì chuyển động này càng nhanh và ngược lại. Do các hạt liên tục chuyển động nên cường độ tán xạ ánh sáng cũng thay đổi theo. Những sự biến thiên này được ghi lại để xác định tốc độ di chuyển của các hạt từ đó suy ra ra được kích thước hạt (Berne 2013). Phân bố kích thước hạt và phân bố thế zeta của mẫu được xác định trên thiết bị Zetasizer-Nano ZS (hãng Malvern – UK) tại Viện Khoa Học Vật Liệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

3. Kết quả và thảo luận

Quá trình cắt mạch tinh bột trong môi trường axit, có thể sử dụng các dung dịch axit khác nhau, như axit sunfuric H_2SO_4 [Kim. H.Y, 2013], HCl [Yuya N., 2013; Dagmara Bajer, 2023], hoặc axit citric [G. Chaver, 2022]. Quá trình có thể được tiến hành ở nhiệt độ thường hoặc ở nhiệt độ khoảng 40 – 60^{o}C. Khi thực hiện ở nhiệt độ thường, quá trình có thể kéo dài tới 18 ngày [G. Chaver, 2022], khi kết hợp gia nhiệt thì thời gian phản ứng có thể giảm xuống 7 ngày [H.Y. Kim, 2013], hoặc 24 giờ [Yuya N., 2013]. Theo nghiên cứu của H.Y Kim thì khi kết hợp siêu âm trong quá trình thuỷ phân, phần trăm các hạt nano tăng lên với kích thước hạt trung bình giảm, cho thấy rằng tập hợp các hạt nano tinh bột được phân tách một cách hiệu quả bởi năng lượng siêu âm [H.Y. Kim, 2013]. Trong nghiên cứu này, chúng tôi lựa chọn sử dụng axit HCl, có hiệu quả trong cắt mạch tinh bột đồng thời dễ rửa giải. pH lựa chọn trong khoảng 3 – 4 theo nghiên cứu của Dagmara Bajer [Dagmara Bajer, 2023].

Ảnh chụp SEM các mẫu tinh bột (hình 1) cho thấy tinh bột có cấu trúc tinh thể với kích thước hạt lớn, trên 10 μm, do đó rất khó tan trong nước, khi phân tán trong nước sẽ lắng đọng nhanh.



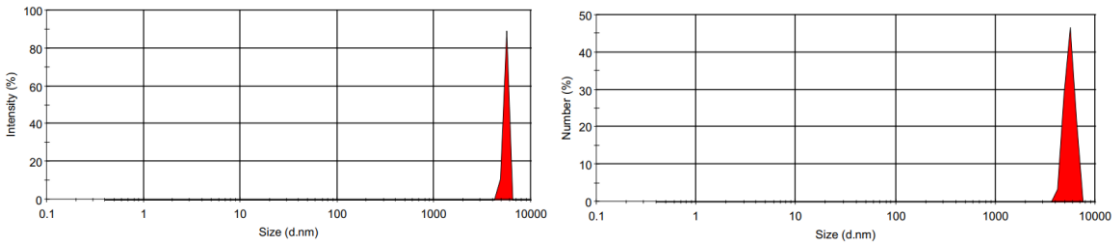
Hình 1. Ảnh SEM mẫu tinh bột bắp (trái) và bột sắn dây (phải)

Qua quan sát, nếu thực hiện phản ứng cắt mạch tinh bột ở nhiệt độ 60^{o}C có kết hợp siêu âm thì sau 2 ngày thực hiện phản ứng, mẫu vẫn lắng nhanh ngay sau khi không khuấy mẫu, tức là kích thước hạt vẫn lớn. Do vậy, để tăng hiệu quả nano hoá, đồng thời giảm thời gian phản ứng, chúng tôi đã kết hợp sử dụng vi sóng và siêu âm kết hợp, duy trì nhiệt độ phản ứng 40 – 60^{o}C. Kết quả đo phân bố của các mẫu tinh bột được thể hiện trên hình 2 - 5 và bảng 1.

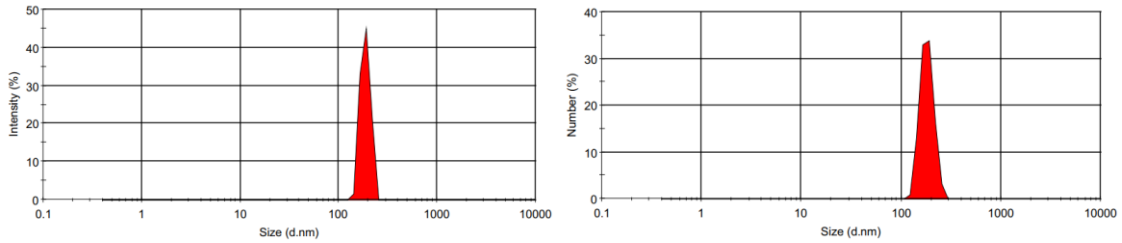
Bảng 1. Kết quả đo phân bố cỡ hạt các mẫu tinh bột

KH Mẫu	Intensity		Number		TB (nm)
	Peak 1	Peak 2	Peak 1	Peak 2	
B-1%	5476 (100%)		5484 (100%)		1,032e4
S-1%-1	187,0 (100%)		181,6 (100%)		441,1
S-1%-2	205,6 (82%)	36,89 (18%)	170,7 (0,1%)	30,48 (99,9%)	143,7
S-2%	1083 (90,4%)	38,04 (9,6%)	1003 (0%)	35,80 (100%)	603,7

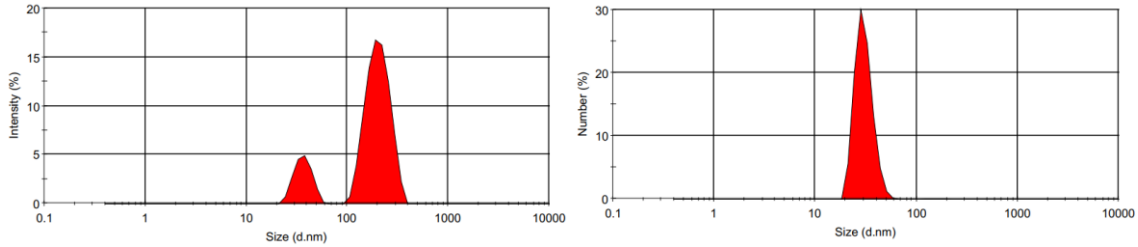
Kết quả cho thấy, khi cắt mạch các mẫu tinh bột ở nồng độ 1% (w/v), vi sóng 300w, 25 phút thì mẫu tinh bột bắp cho thấy vẫn có kích thước hạt micro (mẫu B-1%, hình 2), còn đối với mẫu bột sắn, kích thước hạt đã giảm đáng kể, xuống dưới 500 nm (mẫu S-1%-1). Ở hình 3, kết quả đo theo cường độ tán xạ và số lượng hạt đều cho giá trị rất chụm, với kích thước hạt là 181,6 nm hoặc 187 nm. Tuy kích thước trung bình mẫu lại là 441,1 nm, chứng tỏ trong mẫu vẫn có hạt kích thước lớn ngoài khoảng đo của máy, nhưng kết quả này cũng đã cho thấy, trong điều kiện thí nghiệm, đã thực hiện thành công cắt mạch tinh bột sắn dây. Khi thời gian vi sóng tăng lên 45 phút (mẫu S-1%-2), kích thước hạt đã giảm xuống dưới 100 nm (hình 4). Tuy kết quả đo cường độ tán xạ cho kết quả kích thước hạt lên đến 205,6 nm chiếm 82% nhưng kết quả đo số lượng hạt cho thấy các hạt kích thước 30,48 nm chiếm 99,9% (0,1% là hạt kích thước 170,7 nm). Điều này có thể giải thích là do, các hạt kích thước lớn sẽ có cường độ tán xạ mạnh hơn các hạt kích thước nhỏ dù nó chiếm tỷ lệ nhỏ hơn về số lượng. Khi đo phân bố số lượng sẽ giảm bớt sự chi phối của những hạt có kích thước lớn và phản ánh đúng hơn về số lượng và kích thước hạt. Ở điều kiện này, khi hàm lượng bột sắn tăng lên 2% thì trong kết quả đo (mẫu S-2%, hình 5) đã có xuất hiện hạt có kích thước 1000 nm, chứng tỏ nồng độ tinh bột tăng có thể ảnh hưởng đến hiệu quả cắt mạch tinh bột.



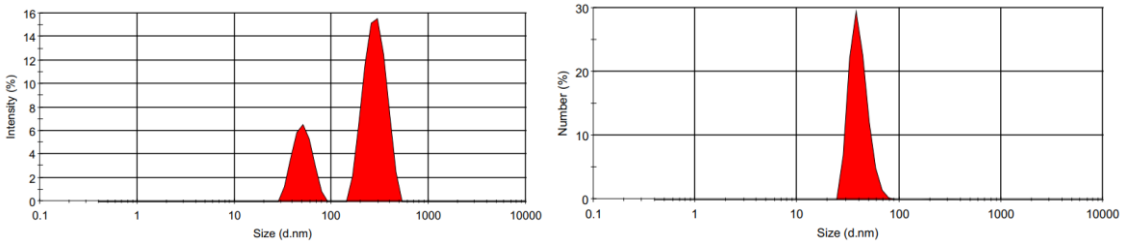
Hình 2. Kết quả đo phân bố cỡ hạt tinh bột bắp, mẫu B-1%



Hình 3. Kết quả đo phân bố cỡ hạt tinh bột sắn dây, mẫu S-1%-1



Hình 4. Kết quả đo phân bố cỡ hạt tinh bột sắn dây, mẫu S-1%-2



Hình 5. Kết quả đo phân bố cỡ hạt tinh bột sắn dây, mẫu S-2%

4. Kết luận

Các kết quả khảo sát sơ bộ cho thấy, tinh bột sắn dây đã được cắt mạch thành công trong môi trường axit HCl, pH = 3 - 4. Kết quả đo phân bố cỡ hạt cho thấy các hạt tinh bột có thể đạt kích thước nm, thấp nhất có thể dưới 40 nm. Kết hợp vi sóng cùng với siêu âm đã giúp giảm đáng kể thời gian phản ứng. Sản phẩm tinh bột nano hoá này rất có triển vọng trọng việc ứng dụng làm chất bao gói hoạt chất, cụ thể là polyphenol.

Tài liệu tham khảo

Antigoni Oreopoulou, Dimitrios Tsimogiannis and Vassiliki Oreopoulou, 2019. 'Extraction of Polyphenols From Aromatic and Medicinal Plants: An Overview of the Methods and the Effect of Extraction Parameters', *Polyphenols in Plants*: 243-59.

Berne, Bruce J.; Pecora, Robert, 2013. 'Dynamic Light Scattering with Applications to Chemistry, Biology, and Physics', *Journal of Chemical Education*, 54.

Dagmara Bajer, 2023. 'Nano-starch for food applications obtained by hydrolysis and ultrasonication methods', *Food Chemistry* 402: 134489.

G. Chavez-Esquivel, H. Cervantes-Cuevas, M.A. Vera-Ramírez, 2022, 'Effect of dual modification with citric acid combined with ultrasonication on hydrolysis kinetics, morphology and structure of corn starch dispersions', *International Journal of Biological Macromolecules* 222: 1688–1699.

Hee-Young Kim, Jung-Ah Han, Dong-Keon Kweon, Jong-Dae Park, Seung-Taik Lim, 2013. 'Effect of ultrasonic treatments on nanoparticle preparation of acid-hydrolyzed waxy maize starch', *Carbohydrate Polymers* 93: 582–588.

Kai Marxen, Klaus Heinrich Vanselow, Sebastian Lippemeier, Ralf Hintze, Andreas Ruser and Ulf-Peter Hansen, 2007. 'Determination of DPPH Radical Oxidation Caused by Methanolic Extracts of some Microalgal Species by Linear Regression Analysis of Spectrophotometric Measurements', *Sensors*, 7: 2080–95.

Kuzhithariel Remanan, Mejo, 2022. 'Starch based systems to encapsulate polyphenols', *The University of Auckland*.

Min Zhang, He Ma, Xijie Wang, Bing Yu, Hailin Cong, Youqing Shen, 2023. 'Polysaccharide-based nanocarriers for efficient transvascular drug delivery', *J Control Release*, 354: 167-87.

Nhật, Phạm Vũ, 2019. 'CƠ CHẾ KHÁNG OXY HÓA CỦA CÁC POLYPHENOLS ', *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 55: 54-58.

Pourjavadi, A., S. Alipour, and M. Doroudian, 2024. 'Polysaccharide-modified magnetic drug nanocarriers: Structures and applications in cancer chemotherapy', *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 91: 105140.

S.M. Jafari, D.J. McClements, 2017. 'Chapter One - Nanotechnology Approaches for Increasing Nutrient Bioavailability', *Advances in Food and Nutrition Research*, 81: 1-30.

Shimoni, Revital Cohen; Betty Schwartz; Irena Peri; Eyal, 2011. 'Improving Bioavailability and Stability of Genistein by Complexation with High-Amylose Corn Starch', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 7932–38.

Yuya Nagahata, Isao Kobayashi, Masaru Goto, Yoshiko Nakaura and Naoyoshi Inouchi, 2013, 'The Formation of Resistant Starch during Acid Hydrolysis of High-amylose Corn Starch', *J. Appl. Glycosci*., 60: 123–130.

Zhu, Fan, 2017. 'Encapsulation and delivery of food ingredients using starch based systems', *Food Chemistry*, 229: 542-52.

ABSTRACT

Evaluation of the ability to hydrolyze starch in an acidic environment combined with microwave treatment

Luu Huy Hieu[1], Nguyen Quang Hai[2], Nguyen Thi Phuong[3], Nguyen Thi Thuong[4], Nguyen Thi Phuong Thao[4], Nguyen Lam Quynh[4], Dang Van Danh Thai[5], Le Thi Phuong Thao[6,7,8,*]

[1]CH KTHH K13.1 - Hanoi University of Industry

[2]Faculty of Chemical Technology - Hanoi University of Industry

[3]Institute of Chemistry and Material - Academy of Military Science and Technology

[4,5]Student of Pharmaceutical chemistry - Hanoi University of Mining and Geology

[6]Department of Chemistry, Faculty of Basic sciences, Hanoi University of Mining and Geology

[7]BSASD research group, Faculty of Basic sciences, Hanoi University of Mining and Geology

[8]HiTech-CEAE Research Team, Hanoi University of Mining and Geology

In this study, we investigated the hydrolysis of starch using 0.5 M hydrochloric acid at pH 3-4, combining microwaves and ultrasound, reaction temperature of 40 - 60°C. The survey results were evaluated through particle size distribution measurements. Results of this preliminary research show that cassava starch has been successfully debranched, in which the particle size of less than 100 nm could be reached. This nano starch has the potential to be used as an encapsulating agent for active ingredients such as polyphenols.

Keywords: “starch”; “hydrolysis”; “hydrochloric acid HCl”; “polyphenol”

Hoạt tính sinh học và dược lý của axit anacardic chiết xuất từ vỏ hạt điều

Vũ Thị Minh Hồng*, Lê Thị Vinh
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Việt Nam là một trong năm quốc gia đứng đầu trên thế giới về sản xuất hạt điều, trong đó riêng xuất khẩu nhân điều luôn đứng ở vị trí số 1 suốt gần hai thập kỉ. Trung bình, mỗi hạt điều chứa 35-45% khối lượng là hạt và khoảng 55-65% là vỏ. Vỏ của hạt điều thường sẽ làm chất đốt, gây lãng phí rất lớn bởi vì trong vỏ chứa 15-30% dầu, một tấn hạt chứa khoảng 200 kg nhân hạt điều và 180 kg dầu (dầu hạt điều hoặc dầu vỏ hạt điều). Axit Anacardic là một hợp chất phenolic được tìm thấy tự nhiên ở các bộ phận khác nhau của cây điều (Anacardium occidentale L.) nhưng chiếm tỷ lệ lớn hơn trong chất lỏng vỏ hạt điều (CNSL). Axit Anacardic có hoạt tính kháng viêm; chống oxy hóa; kháng khuẩn; trị đái tháo đường; giảm đau và tác dụng hạ huyết áp, … Bài báo này sẽ tóm tắt các phân tích và các nghiên cứu về hoạt tính sinh học cũng như các tác dụng dược lý của axit anacardic chiết xuất từ vỏ hạt điều.

Từ khóa: axit anacardic; vỏ hạt điều; CNSL

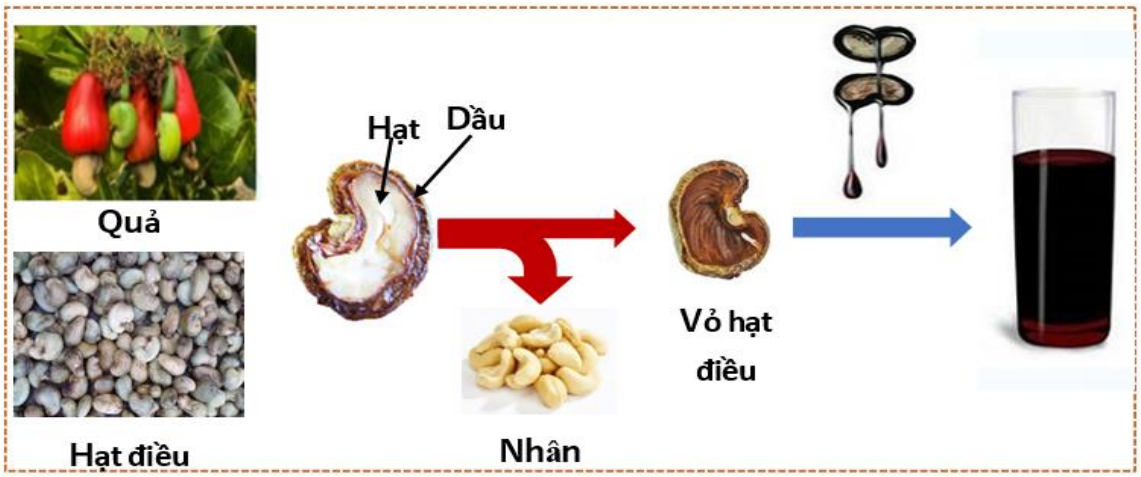
1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, theo FAO, ngành xuất khẩu nhân điều của Việt Nam phát triển rất vững mạnh và chiếm lĩnh thị trường hàng đầu trên thế giới. Đồng thời với sự phát triển đó là sự gia tăng của các chất thải của ngành như vỏ hạt điều, vỏ quả điều, … Việc nghiên cứu và ứng dụng các sản phẩm thải để có thể tận dụng các chất thải từ ngành công nghiệp sản xuất điều theo cách bền vững và tiết kiệm đang rất được quan tâm. Trong đó, có rất nhiều sản phẩm đã được chế tạo thành công và đang ứng dụng trong các ngành công nghiệp như nhiên liệu, chất phụ gia, bôi trơn, dược phẩm, công nghiệp sơn, …

Dịch chiết chất lỏng từ chất thải vỏ hạt điều (CNSL) là dạng chất lỏng đặc, nhớt màu nâu đỏ hoặc nâu sẫm đến vàng lục (tùy thuộc vào phương pháp chiết), không hòa tan với nước và hòa tan trong hầu hết các dung môi hữu cơ. CNSL có thành phần chính là các hợp chất phenolic tự nhiên không bão hòa bao gồm axit anacardic (axit 2-hydroxy-6-pentadecylsalicylic, AA), cardanol và cardol. Các ứng dụng chính của CNSL chủ yếu là liên quan đến việc sử dụng cardanol và axit anacardic (Fernandes, 2020).

Axit Anacardic là thành phần chính của CNSL tự nhiên (có thể lên tới 70%, tùy theo phương pháp chiết), AA là hợp chất phenolic có hoạt tính sinh học và dược lý đã được biết như có hoạt tính chống oxy hóa, kháng khuẩn, chống ung thư, chống viêm và chống béo phì. Hoạt tính chống oxy hóa của AA thể hiện ở khả năng ức chế gốc tự do DPPH (1.1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), tác dụng chống béo phì và tiểu đường do khả năng kích thích quá trình hấp thụ và vận chuyển glucose, ức chế tyrosinase (liên quan đến tình trạng kháng insulin). AA cũng được biết là có tác dụng ức chế một số enzyme như ức chế acetylcholinesterase, prostaglandin synthase, tyrosinase và lipoxygenase (Morais và nnk, 2017). Axit anacardic là chất ức chế cộng hóa trị đặc hiệu của SARS-CoV-2 protease cystein, ức chế sự sao chép của SARS-CoV-2 trong ống nghiệm ở nồng độ không độc hại (Zinuo Chen và nnk, 2021). Theo Morais et al (2017) thì tinh dầu vỏ hạt điều có thể làm thuốc trừ sâu nhờ đặc tính kháng nấm, kháng khuẩn và chống mối mọt (Morais và nnk, 2017). AA ức chế hoạt động enzyme xúc tác quá trình acetyl hóa histone (là quá trình điều hòa quá trình phiên mã gen), axit anacardic còn ức chế sự tăng sinh và quá trình tự hủy của các tế bào ung thư tuyến tiền liệt, ức chế sự phát triển của tế bào ung thư vú và các tế bào ung thư khác (Renaud-Young và nnk, 2016). Việc nghiên cứu và tìm hiểu hoạt tính cũng như tác dụng dược lý của AA sẽ tạo cơ sở định hướng cho các nghiên cứu sâu sắc hơn trong việc tạo ra các sản phẩm có ứng dụng thực tiễn cụ thể (Sriram và nnk, 2024).

* *Tác giả liên hệ*
Email: vuthiminhhong@humg.edu.vn

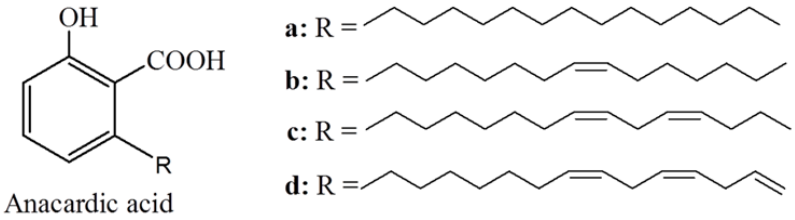


Hình 1. Chất lỏng vỏ hạt điều (CNSL)

2. Axit Anacardic

2.1. Công thức cấu tạo của axit anacardic

Acid anacardic là thành phần chính của dịch chiết chất lỏng vỏ hạt điều, là dẫn xuất của axit salicylic khác nhau về số lượng và vị trí của các liên kết đôi của chuỗi alkyl thế tạo nên hỗn hợp các thành phần monoene, diene và triene. Anacardic thô chứa 4 hợp chất (a-d) với các mức độ không bão hòa khác nhau của chuỗi ankyl R chứa 15 nguyên tử carbon (Hình 2) tạo ra tạo axit no và chưa no, acid chưa no có thể hydro hóa thành no - là chất rắn kết tinh màu trắng. Khi kết tinh lại, nó tạo thành các tinh thể trong suốt, giống hình que. Cấu trúc tinh thể cho thấy axit anacardic kết tinh ở dạng cấu trúc đơn tà với các liên kết hydro nội phân tử mạnh mẽ (Malik và nnk, 2013).



Hình 2. Cấu trúc của axit anacardic, có chuỗi bên alkyl (R)bão hòa hoặc có 1 đến 3 liên kết đôi (a-d).

Trong các cấu trúc trên thì tỉ lệ hàm lượng của triene là cao nhất sau đó tới diene và monoene, thấp nhất là dạng bão hòa. Việc tăng độ không bão hòa của chuỗi bên của axit anacardic sẽ làm tăng hoạt tính của nó chống lại các gốc tự do, enzyme AchE, A. salina nauplii, và tính kháng khuẩn, nhưng lại gây giảm độ ổn định của AA trong ứng dụng thực tiễn. Liên quan đến hoạt tính kháng nấm, thì thu được kết quả khác biệt, trong đó monoene là hoạt động mạnh nhất. Hoạt tính chống ung thư, chống béo phì, … thì dạng bão hòa lại chiếm ưu thế. Tóm lại, sự thay đổi cấu trúc của axit anacardic sẽ gây ra sự khác biệt về độ phân cực từ đó có thể làm tăng hoặc giảm hoạt tính sinh học của AA (Zinuo Chen và nnk, 2021).

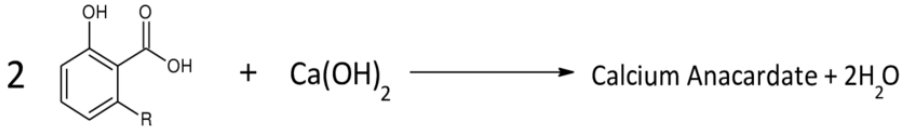
2.2. Quy trình sản xuất axit anacardic từ chất lỏng vỏ hạt điều

Chất lỏng vỏ hạt điều, tồn tại trong vỏ hạt điều, chứa lượng lớn axit anacardic (khoảng 70% theo khối lượng) và một tỷ lệ nhỏ chất không axit gồm nhiều loại phenol khác nhau, thường được gọi là phần cardolic, một trong số đó là anacardol (Malik và nnk, 2013).

Ban đầu, người ta sử dụng hai phương pháp để sản xuất axit anacardic từ chất lỏng vỏ hạt điều: Phương pháp thứ nhất, axit anacardic kết tủa dưới dạng anacardat chì thô bằng cách dùng hợp chất bazơ chì phản ứng với chất lỏng vỏ hạt điều, sau đó lọc hoặc ly tâm, v.v., tách lấy kết tủa và đem xử lý bằng axit thu được axit anacardic thô. Phương pháp thứ 2 là xử lý chất lỏng vỏ hạt điều bằng natri hoặc hợp chất kiềm khác thu được gel bao gồm natri anacardate và phần không có tính axit. Lọc gel bằng dung môi thích hợp thu lấy natri anacardat thô, xử lý hợp chất thu được bằng axit sẽ thu được anacardic thô. Tuy nhiên, hai quy trình sản xuất này không thu được axit anacardic như mong muốn. Các hợp chất anacardol và phenolic khác dù không có tính axit nhưng vẫn phản ứng ở mức độ đáng kể với các hợp chất chì và

hình thành kết tủa cùng với anacardate. Do đó, khi axit hóa thì anacardic thu được bị nhiễm tạp chất phenolic đáng kể. Đối với hợp chất natri hoặc kiềm thì phản ứng tạo gel chứ không phải kết tủa, do đó, sẽ phải thực hiện quá trình chiết lỏng-lỏng bằng dung môi thích hợp như hexan, benzen, ete dầu mỏ, hay các dung môi tương tự khác. Như vậy, hàm lượng axit anacardic có độ tinh khiết không cao. Mặt khác, anacardol có độc tính cao và xét về độc tính như các hợp chất loại urushiol, rất có thể tất cả các thành phần phenolic của chất lỏng vỏ hạt điều đều độc hại, trong khi axit anacardic lại không độc (Himejima và nnk, 1991).

Hiện nay, việc sản xuất axit anacardic từ chất lỏng vỏ hạt điều được thực hiện như sau: CNSL được khuấy trộn với các hợp chất kim loại kiềm thổ để tạo thành muối kim loại kiềm thổ ở dạng dung dịch. Phương trình phản ứng giữa vôi và axit anacardic như sau:



Anacardic acid

Sau khi tạo thành muối hòa tan của axit anacardic, muối kiềm thổ được tiếp tục thêm vào sẽ thu được dạng kết tủa, lọc kết tủa và anacardat dễ dàng được rửa sạch khỏi tạp chất bám trên bề mặt bằng dung môi thích hợp, công đoạn này sẽ tách muối khỏi các thành phần phenolic độc hại liên kết với nó. Các ion kim loại kiềm thổ được sử dụng trong phương pháp này là các ion canxi, bari và strontium, thường sử dụng nhất là CaO hoặc $Ca(OH)_2$ tạo muối anacardat canxi (Roland và nnk, 1991).

Việc tái tạo axit anacardic từ muối anacardate của kim loại kiềm thổ có thể được thực hiện bằng cách xử lý anacardate với bất kỳ axit nào có khả năng thay thế axit anacardic khỏi muối, cụ thể là axit mạnh hơn axit anacardic (như sunfuric, photphoric, hydrochloric, v.v., và các axit hữu cơ) hoặc chất tạo thành muối với kim loại kiềm thổ khó hòa tan hơn anacardat kim loại kiềm thổ (Roland và nnk, 1991). Axit Anacardic cũng có thể được tách ra khỏi hỗn hợp bằng cách sử dụng carbon dioxide siêu tới hạn (Rajesh và nnk, 2006).

3. Hoạt tính sinh học và dược lý của của Axit anacardic

3.1. Hoạt tính kháng khuẩn của axit Anacardic

Axit anacardic tự nhiên (Hình 2. với R có cấu trúc a – d) đã được phát hiện là đều có tính kháng khuẩn mạnh. M Himejima và cộng sự (M Himejima và nnk, 1991) đã thử nghiệm tính kháng khuẩn của chúng chống lại bốn loại vi sinh vật điển hình là Bacillus subtilis - vi khuẩn gram dương; Escherichia coli - vi khuẩn gram âm; Saccharomyces cereusiae - một loại nấm men; và Penicillium chrysogenum - một loại nấm mốc, dẫn tới kết luận, hoạt động kháng khuẩn của AA chủ yếu bị giới hạn ở vi khuẩn gram dương. Với vi khuẩn gram dương axit anacardic hoạt động chủ yếu như chất hoạt động bề mặt có thể phá vỡ màng tế bào vi khuẩn (Gomes Júnior và nnk, 2020).

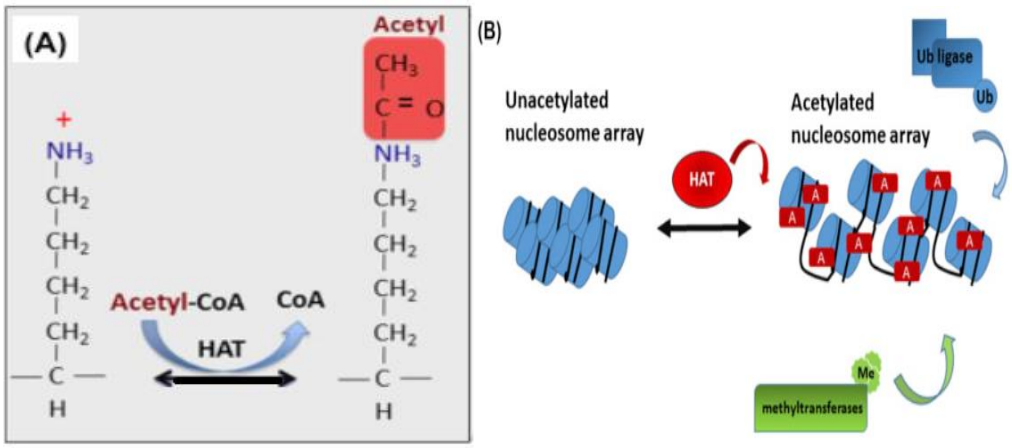
Với mỗi chuỗi ankyl khác nhau thì hoạt tính kháng khuẩn cũng đạt hiệu quả khác nhau. ví dụ, hoạt tính của cấu trúc d sở hữu chuỗi bên alkyl triene chống lại S.mutans - khuẩn chính gây bệnh sâu răng và S.aureus - tụ cầu vàng, trong khi axit anacardic a với chuỗi bên alkyl bão hòa chỉ có hoạt tính khi nồng độ ức chế tối thiểu là 800 µg/mL. Hoạt tính kháng khuẩn được thể hiện trong tất cả các cấu trúc, tuy nhiên, đối với cấu trúc có chuỗi bên chưa bão hòa sẽ không đủ ổn định cho ứng dụng thực tế (Zinuo Chen và nnk, 2021).

3.2. Axit Anacardic là chất chống ung thư

Histone acetyltransferase (HAT) là một nhóm enzyme xúc tác quá trình thêm nhóm acetyl vào lysine của đuôi histone, làm lỏng lực liên kết giữa histone và DNA và dẫn đến sự phân tách chromatin tạo điều kiện cho bộ máy phiên mã tiếp cận và điều hòa quá trình phiên mã gen (Balasubramanyam và nnk, 2003).

Axit Anacardic không tham gia trực tiếp hay ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình phiên mã gen nhưng lại ức chế mạnh các phiên mã phụ thuộc HAT và có liên quan đến tình trạng giảm acetylation histone H3 và/hoặc H4 đồng thời trong 2 dòng tế bào ung thư vú (MCF-7) và ung thư cổ tử cung (HeLa). AA ức chế cả hoạt hóa NF-κB – yếu tố điều chỉnh liên quan đến sự sống còn của tế bào dẫn đến tăng cường quá trình apoptosis, ức chế đáng kể hoạt động của kinase IkBa (tế bào u dòng lympho T và dòng tủy, tế bào phôi người, tế bào ung thư phổi, tuyến tiền liệt và thực quản) từ đó ngăn ngừa hoặc điều trị ung thư. Cũng

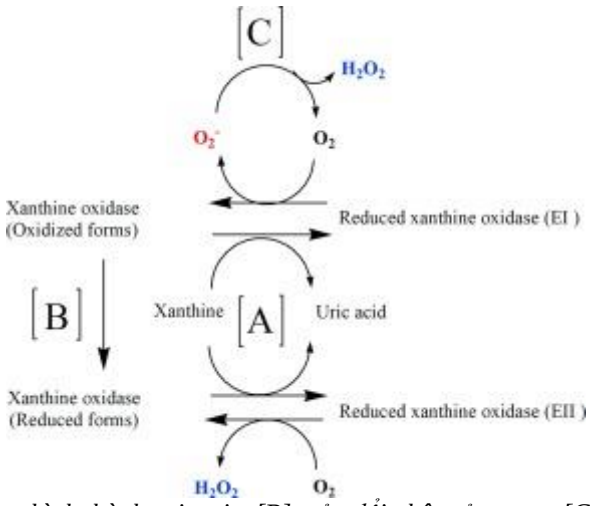
từ việc thu thập các thông tin về AA có thể xuất hiện các thực thể hóa học mới cung cấp cho quá trình khám phá và phát triển thuốc chống ung thư (Renaud-Young và nnh, 2016).



Hình 3. (A) Phức hợp HAT xúc tác quá trình thêm nhóm acetyl vào các gốc lysine (B) Mô hình mô tả cách axetyl hóa histon tạo ra các nucleosome liên kết lỏng lẻo (Balasubramanyam và nnk, 2003)

3.3. Axit Anacardic là chất chống oxy hóa

Các gốc tự do trong cơ thể là những nguyên tử hay phân tử bị mất, khuyết đi một điện tử ở lớp vỏ bên ngoài cùng, chúng tấn công vào các đại phân tử sinh học trong cơ thể, kích hoạt và tạo ra chuỗi các phản ứng dây chuyền, gây lão hóa, đột biến gen, sơ vữa động mạch,…Chất chống oxy hóa ("chất loại bỏ gốc tự do") là các chất hóa học tương tác và ổn định các gốc tự do, khiến chúng không phản ứng được trong điều kiện bình thường, do đó ức chế sự lan truyền của các phản ứng dây chuyền, ngăn chúng gây tổn hại cho các tế bào cơ thể (Kubo và nnk, 2018).



Hình 4. [A]: Ức chế sự hình thành axit uric, [B]: sửa đổi phân tử enzym, [C]: thu dọn O_2^- (Kubo và nnk, 2018).

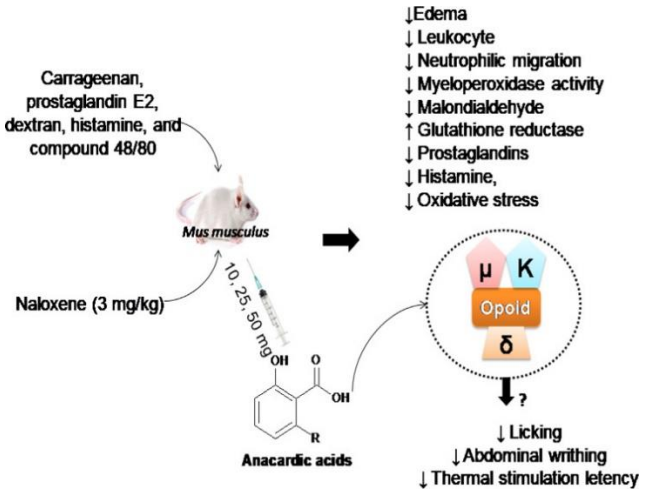
Axit anacardic a (hình 1) là chất chống oxy hóa, đã được chứng minh khả năng ức chế đối với cả lipoxygenase (LOX - là enzyme oxy hóa, xúc tác cho quá trình oxy hóa axit béo không bão hòa), axit monoene anacardic b đã được phát hiện là có khả năng ức chế cạnh tranh lipoxygenase-1 đậu nành, chất này xúc tác quá trình peroxid hóa axit linoleic. Hoạt tính chống oxy hóa của AA thể hiện ở khả năng thu giữ và khả năng ức chế lan truyền gốc tự do DPPH 1.1-diphenyl-2-picrylhydrazyl và gốc tự do 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl. Hoạt động chống oxy hóa của axit anacardic còn thể hiện ở việc ngăn ngừa tạo ra các superoxide (O_2^-) và loại bỏ các gốc hydroxyl ($OH^{\bullet}$) do ức chế nhiều enzyme tiền oxy hóa khác nhau như xanthine oxyase. Tuy nhiên, xanthine oxidase là enzyme xúc tác quá trình tổng hợp acid uric, ức chế xanthine oxidase cũng làm giảm sinh tổng hợp acid uric. AA kiểm soát sinh tổng hợp melanin có

khả năng ngăn ngừa các sắc tố không mong muốn như melanin (Fatma và nnk, 2015). Do các chức năng chống oxy hóa này, axit anacardic đã được đề xuất là một chất sản phẩm tự nhiên có hữu ích và vai trò trong việc chăm sóc da, có thể tốt hơn các sản phẩm không tự nhiên.

3.4. Axit Anacardic là chất chống viêm

Viêm là phản ứng bình thường của cơ thể chống lại tác nhân gây viêm. Trong quá trình viêm cơ thể sẽ sản sinh ra các chất trung gian gây viêm như nitric oxide (NO), prostaglandins, histamine, cytokine tiền viêm tumor necrosis factor-α (TNF-α) và interleukin (IL-6, IL-1β, …). Quá trình ức chế tổng hợp các chất trung gian gây viêm là con đường điều trị các hội chứng liên quan đến viêm Anacardic (Gomes Junior và nnk, 2020).

AA ức chế sự biểu hiện quá mức của yếu tố hoại tử khối u (TNF) -α, có thể kích hoạt các con đường tín hiệu quan trọng điều hòa các phản ứng viêm như nuclear factor-kappa B (NFκB). Trong các thí nghiệm trên chuột, AA cũng có tác dụng chống viêm trong TBI. Ngoài ra, với axit anacardic a (hình 1) đã được chứng minh khả năng ức chế đối endoperoxide synthase (là enzyme chính trong quá trình tổng hợp prostaglandin và hoạt động như một dioxygenase và một peroxidase) tuyến tiền liệt ở cừu (Gomes Junior và nnk, 2020).



Hình 5. Tác dụng chống viêm của AA trên chuột [Gomes Junior và nnk, 2020]

Các nghiên cứu về axit Anacardic (Gomes Junior và nnk, 2020) cho thấy tác dụng chống viêm đáng kể của AA do các tác nhân khác nhau như viêm phúc mạc do Carrageenan gây ra, chứng phù chân do prostaglandin E2, dextran hay histamine.

4. Kết luận

Mặc dù các nghiên cứu chỉ ra rằng axit anacardic gồm các phân tử có hoạt tính sinh học, nhưng hoạt tính của các hợp chất này không đủ mạnh để làm thuốc và đối với vi khuẩn chỉ tác dụng giới hạn ở vi khuẩn gram dương. Tính không ổn định của axit anacardic nhất là dạng không bão hòa d, là do sự hiện diện của chuỗi bên alkenyl dài, khiến phân tử này ít hữu ích hơn cho mục đích điều trị. Đối với axit anacardic ở dạng bão hòa thì hoạt tính sinh học và dược lý rất rộng, từ khả năng chống oxy hóa, kháng khuẩn, chống viêm cho đến chống ung thư, tuy nhiên, hoạt tính thể hiện thường ở nồng độ khá cao. Cho đến nay, đã có nhiều nghiên cứu tối ưu hóa hoạt tính sinh học của axit anacardic bằng cách kết hợp axit anacardic với các hợp chất kháng khuẩn khác hay với các dẫn xuất tổng hợp của axit anacardic. Thiết kế phân tử thuốc dựa trên khung của axit anacardic tự nhiên, lành tính với môi trường, dễ tiếp cận như nguyên liệu CNSL ban đầu là tiềm năng thu hút một số nhà nghiên cứu quan tâm để phát triển.

Tài liệu tham khảo

Balasubramanyam, K., Swaminathan, V., Ranganathan, A., Kundu, T.K. 2003. Các chất điều biến phân tử nhỏ của histone acetyltransferase p300. *J Biol Chem,* 278 (21):19134–19140.

FAOSTART.FAO.ORG. Số liệu thống kê sản xuất, xuất nhập khẩu nông sản các nước trên thế giới - cây điều.

Fatma B. H và Egid B. Mubofu, 2015. Potential Biological Applications of Bio-Based Anacardic Acids and Their Derivatives. *Int. J. Mol. Sci, 16*(4): 8569-8590.

Fernandes, MSVD, 2020. *A Study towards Valorisation of CNSL Oil*. The dissertation of Master, Goa University, India.

Gomes Júnior A.L.; Islam M.T.; Nicolau L.A.D.; de Souza L.K.M.; Araújo T.S.L.; Lopes de Oliveira G.A.; de Melo Nogueira K.; da Silva Lopes L.; Medeiros J.V.R.; Mubarak M.S.; Melo-Cavalcante A.A.C. 2020. Anti-inflammatory, antinociceptive, and antioxidant properties of anacardic acid in experimental models. *ACS Omega*, 5(31):19506-19515.

Himejima, M., Kubo, I. 1991. Antibacterial agents from the cashew Anacardium occidentale (Anacardiaceae) nut shell oil. *J. Agric. Food Chem, 39:* 418–421.

Kubo, I., Ha, T.J., Tsujimoto, K., Tocoli, E.F., Green, I.R, 2008. Evaluation of lipoxygenase inhibitory activity of anacardic acids. *Z. Naturforsch*, 63(7-8):7539–7546.

Malik, M.A.; O'Brien, P.; Tuna, F.; Pritchard, R.; Buchweishaija, J.; Elianaso, K.; Mubofu, E.B. 2013. The synthesis, spectroscopy and X-ray single crystal structure of catena-[(μ-anacardato)-copper (II) bipyridine] $[Cu_2\{(\mu\text{-}O_2CC_6H_3(o\text{-}OH)\ (o\text{-}C_{15}H_{31}(NC_5H_5)_2]$. *Dalton Trans, 42:*14438–14444.

Morais, S.M., Silva, K.A., Araujo, H., Vieira, I.G., Alves, D.R., Fontenelle, R.O., Silva, A.M. 2017. Anacardic acid constituents from cashew nut shell liquid: NMR characterization and the effect of unsaturation on its biological activities. *Pharmaceuticals*, 10 (1):31.

Rajesh, N.P, Santanu, B, Anuradha, G. 2006. Extraction of cashew (Anacardium occidentale) nut shell liquid using supercritical carbon dioxide. *Bioresource Technology*, 97:847-853.

Renaud-Young, M., Riabowol, K., Cobb, J. 2016. Chromatin Modifications in DNA Repair and Cancer, *Elsevier Inc*, Pages 487-509.

Roland, E., Kremers, Summit, N.J. 1991, Process of treating cashew nut shell liquid, US2431127A.

Sriram, S, Sai Kumar, M, Shourie, G.K, Palukurthi, A, Kadam, S, Srikanth, T.M, 2024. Ninety-day toxicity and genotoxic effects of synthetically derived fully saturated forms of anacardic acid in mice, Regulatory Toxicology and Pharmacology, 147: 105538

Zinuo Chen, Qinghua Cui1, Laura Cooper, Pin Zhang, Hyun Lee, Zhaoyu Chen, Yanyan Wang, Xiaoyun Liu, Lijun Rong and Ruikun Du, 2021. Ginkgolic acid and anacardic acid are specifc covalent inhibitors of SARS-CoV-2 cysteine proteases. *Cell Biosci*, 11:45-53.

ABSTRACT

Biological and pharmacological activities of anacardic acid extract from cashew shells nut

Vu Thi Minh Hong, Le Thi Vinh
Hanoi University of Mining and Geology

Vietnam is one of the top five countries in the world in cashew nut production, in which cashew kernel exports have always ranked No. 1 for nearly two decades. On average, each cashew contains 35-45% of its weight as kernels and about 55-65% as shell. The shells of cashew nuts are often used as fuel, causing a lot of waste because the shells contain 15-30% oil, one ton of nuts contains about 200 kg of cashew kernels and 180 kg of oil (cashew oil or cashew shell oil). Anacardic acid is a phenolic compound found naturally in different parts of the cashew plant (Anacardium occidentale L.) but makes up a larger proportion in cashew nutshell liquid (CNSL). Anacardic acid has anti-inflammatory activity; Antioxidant; Antimicrobial; treat diabetes; analgesic and antihypertensive effects, etc. This article will summarize the analysis and studies on biological activities as well as pharmacological effects of anacardic acid extracted from cashew shells

Keywords: cashew nut shell liquid (CNSL); Anacardic acid; biological activities

Tìm hiểu về tác dụng giảm đau, chống viêm của dịch cây điều *Anacardium occidentale*

Vũ Thị Minh Hồng*, Nguyễn Thu Hà
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Viêm là phản ứng bình thường của cơ thể trước sự hiện diện của các tác nhân lạ, đau là cảm giác khó chịu xuất hiện cùng với tổn thương. Nguyên nhân gây viêm rất đa dạng, từ nhiễm vi sinh vật, tác nhân vật lý, hóa chất đến các phản ứng miễn dịch, còn nguyên nhân gây đau là do các yếu tố kích hoạt các tế bào thần kinh cảm giác để gửi thông điệp đến não thông qua tủy sống. Việc điều chỉnh hoạt động của thụ thể đau hoặc các chất trung gian hóa học đóng vai trò quan trọng trong giảm đau và kháng viêm. Các sản phẩm chiết xuất từ *Anacardium occidentale* (Điều hay còn gọi là đào lộn hột) giàu các chất hoạt động như alkaloid, flavonoid, tannin, terpenoid và steroid có thể can thiệp và điều chỉnh các phản ứng trung gian của cơ chế truyền tải cơn đau và gây viêm. Bài báo này sẽ tóm tắt các nghiên cứu về các sản phẩm chiết xuất từ dịch cây điều *Anacardium occidentale* có tác dụng giảm đau và chống viêm.

Từ khóa: Anacardium occidentale; chống viêm; giảm đau

1. Đặt vấn đề

Cây điều (còn gọi là đào lộn hột) có tên khoa học là *Anacardium occidentale* được trồng chủ yếu ở vùng Đông Nam Bộ và Tây Nguyên của nước ta, trong đó diện tích trồng lớn nhất ở tỉnh Bình Phước. Cây thân gỗ cành rộng, tán nhiều, lá thường tập trung ở đầu cành, loại lá đơn thân có gân hình mạng, quả điều có hình quả lê hoặc hình trụ, hình nón cụt hay thậm chí là hình thoi, hạt không nằm bên trong mà lộ ra bên ngoài, phần cuống phình ra là quả giả. Điểm thú vị nhất của cây điều là không lãng phí bất cứ bộ phận nào, nhân, táo điều dùng làm thực phẩm, vỏ của hạt ép lấy dầu, làm thuốc, chiết xuất của lá, vỏ thân, rễ có thể chữa bệnh. Về nhân điều có giá trị dinh dưỡng cao chứa rất nhiều vitamin và khoáng chất, chất chống oxy hóa như vitamin E, K, B6 và khoáng chất đồng, photpho, kẽm, magie, sắt và selen; thịt táo điều cũng ăn được, chúng chứa nhiều các hợp chất sinh học khác như flavonoid, carotenoid và vitamin (C và A) có thể dùng làm nước ép, nước ép này còn có có thể chữa loét do ung thư, phù chân voi và mụn cóc. Chất nhờn từ vỏ quả được dùng để chữa các vết nứt ở chân. Trong y học dân gian, lá già được đắp lên các vết thương ngoài da và bỏng, thuốc sắc từ lá dùng chữa đau răng, tiêu chảy, nhựa từ lá non và quả đang nảy chồi dùng diệt nấm và xua đuổi côn trùng. Vỏ cây để điều trị nhiễm trùng tiểu đường, xuất huyết, phù nề, viêm họng, lao, viêm ở phụ nữ, chống oxy hóa và các bệnh thoái hóa thần kinh, thuốc sắc từ vỏ cây dùng để chữa hen suyễn, cảm lạnh và nghẹt mũi, đồng thời làm thuốc giải độc rắn độc. Dầu hạt được cho là có tác dụng chống viêm và diệt amip, được dùng để điều trị viêm nướu, sốt rét và loét giang mai. Quả để chữa ung thư, stress oxy hóa, chống giun sán, kích thích tình dục, báng bụng, ho ra máu, kiết lỵ, sốt, chán ăn, bệnh bạch tạng, trĩ và loét cứng đầu và tăng đường huyết (Sassi và nnk, 2022; Olajide và nnk, 2004).

Nhiều tác dụng dược lý như hoạt tính kháng khuẩn, chống viêm, giảm đau, chống oxy hóa, … của các chiết xuất từ các bộ phận không ăn được của cây điều đã được xác định. Các chiết xuất của lá, vỏ thân hay vỏ hạt điều đều chứa nhiều các hợp chất axit phenolic, flavonoid, alkaloid và tannin là các chất chịu trách nhiệm trong đặc tính giảm đau chống viêm của cây điều thông qua con đường điều chỉnh và ức chế các chất trung gian gây viêm và gây đau (Olajide và nnk, 2013; Pham, 2023; Gautier Roko và nnk, 2024). Bài báo này sẽ hướng tới giới thiệu tóm tắt các thành phần hóa học trong các chiết xuất đó và nguyên nhân các tác dụng dược lý có hiệu quả của các chiết xuất đó.

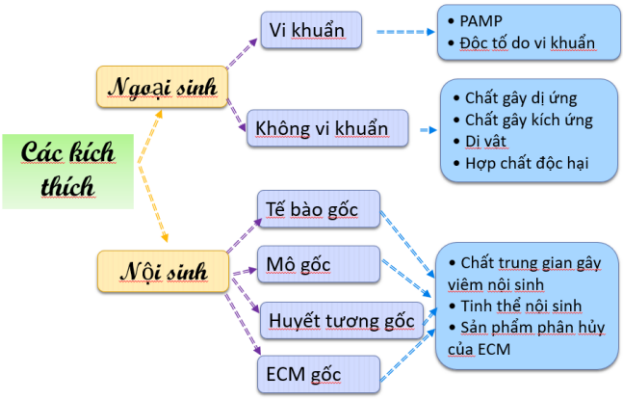
* *Tác giả liên hệ*
Email: vuthiminhhong@humg.edu.vn



Hình 1. Hình ảnh thân, lá và quả điều

2. Cơ chế giảm đau và chống viêm

Viêm là một chuỗi các phản ứng phức tạp của hệ miễn dịch đối với các kích thích của mầm bệnh hoặc yếu tố khác, với nỗ lực loại bỏ các tác nhân có hại, bảo vệ các tổ chức cơ quan và chữa lành các tổn thương. Phản ứng viêm là sự kích hoạt phối hợp của các con đường truyền tín hiệu điều chỉnh mức độ sản sinh các chất trung gian gây viêm hay chống viêm và các bạch cầu được tuyển dụng từ máu. Mặc dù các quá trình phản ứng viêm phụ thuộc vào bản chất và vị trí của yếu tố kích thích ban đầu (ngoại sinh hay nội sinh, vi khuẩn hay không vi khuẩn), nhưng tất cả chúng đều có cơ chế chung như sau: Đầu tiên là các thụ thể trên bề mặt tế bào nhận ra các kích thích có hại; tiếp theo các con đường gây viêm được kích hoạt, cảm biến viêm; xuất hiện các chất trung gian gây viêm; và các mô bị tổn thương. Phản ứng viêm có kiểm soát là có lợi nhưng nó cũng trở nên bất lợi nếu rối loạn điều hòa (Oishi và nnk, 2018).



Hình 2. Các con đường gây viêm

Các chất trung gian gây viêm được sản xuất bởi các bạch cầu chuyên biệt (đặc biệt là các đại thực bào cư trú tại mô và tế bào mast) hoặc bởi các tế bào có trong các mô có thể chia thành 7 nhóm: amin vận mạch (như histamine và serotonin), peptide vận mạch, các mảnh bổ thể (C3a, C4a và C5a), chất trung gian lipid, các cytokine gây viêm (IL-6, TNFα, IL-1β, IL-2, v.v.), chemokine (IL-8, mcp-1, RANTES, v.v.) và enzyme phân giải protein như cyclooxygenase (COX). Các chất trung gian tạo ra do các tế bào đáp ứng miễn dịch bẩm sinh như đại thực bào sản xuất có thể ảnh hưởng sâu sắc đến khả năng miễn dịch thích ứng trong phản ứng viêm. Các cytokine như interleukin-1β (IL-1β), interleukin-6 (IL-6) và yếu tố hoại tử khối u-α (TNF-α), làm trung gian cho tình trạng viêm thông qua tương tác với TLR, thụ thể IL-1 (IL-1R), thụ thể IL-6 (IL-6R) và thụ thể TNF (TNFR). Yếu tố hạt nhân kappa B (NF-κB) là một yếu tố phiên mã được coi là chất điều hòa trung tâm quan trọng của quá trình viêm (Di Maio và nnk, 2023).

Theo NH Nam (Nam NH, 2006) NF-κB kiểm soát biểu hiện của các gen mã hóa các cytokine tiền viêm (ví dụ: IL-1, IL-2, IL-6, TNF-α, v.v.), chemokine (ví dụ: IL-8, MIP-1α, MCP1, RANTES, eotaxin, v.v.), các phân tử bám dính (ví dụ: ICAM, VCAM, E-selectin), các enzyme có thể cảm ứng (COX-2 và iNOS), các yếu tố tăng trưởng, một số protein giai đoạn cấp tính và các thụ thể miễn dịch, tất cả đều đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát hầu hết các quá trình viêm. Cyclooxygenase (COX) là một loại enzyme cần thiết cho quá trình tổng hợp prostaglandin, có hai phân nhóm của enzyme là COX-1 và COX-2. COX-1 được biểu hiện liên tục trong hầu hết các loại tế bào, trong khi biểu hiện của COX-2 được kích thích bởi nhiều yếu tố bao gồm các cytokine gây viêm và chịu trách nhiệm duy trì quá trình viêm. Axit

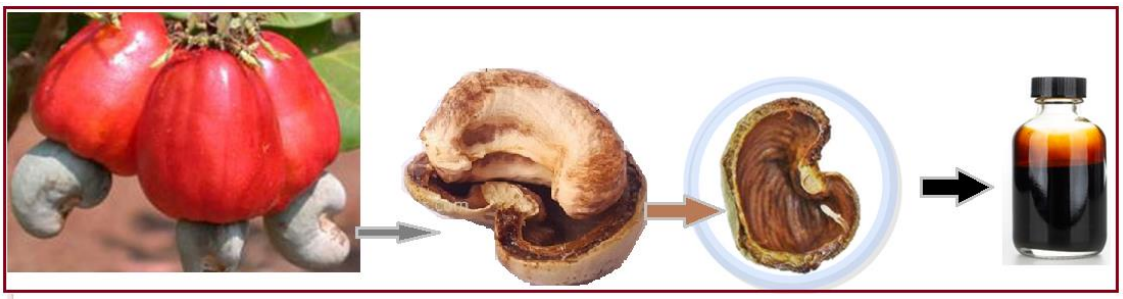
arachidonic được chuyển hóa để tạo thành eicosanoids nhờ COX, tạo ra prostaglandin và thromboxan, hoặc bởi lipoxygenase, tạo ra leukotrien và lipoxin. Các prostaglandin PGE2 và PGI2 gây giãn mạch, và PGE2 cũng gây tăng cảm giác đau và là chất gây sốt mạnh. Viêm cũng dẫn đến sự nhạy cảm của các tế bào thần kinh cảm giác chính, về cơ bản dẫn đến đau do viêm. Thông qua điều chỉnh chức năng tạo ra các chất trung gian gây viêm là vai trò điều trị tiềm năng chống lại viêm và các bệnh liên quan tới viêm (Chen và nnk, 2018).

Đau là cảm giác cục bộ với tính chất khó chịu và mức độ nghiêm trọng khác nhau ở một bộ phận cơ thể cụ thể. Khi có các các kích thích gây tổn thương các tế bào tại chỗ giải phóng ra các chất trung gian hóa học như các kinin (bradykinin, serotonin, histamin), một số prostaglandin E2, chất P... các chất trung gian này sẽ tác động lên thụ thể cảm nhận đau, làm khử cực các thụ cảm thể và gây ra cảm giác đau. Thông qua sợi trục của thụ thể đau (có ở ở da, mô dưới da, mô mạc, các mô liên kết khác, phúc mạc, màng xương và bao khớp) truyền cảm giác đau từ ngoại vi vào tủy sống rồi từ tủy sống đến hệ thần kinh trung ương. Cơ chế giảm đau có thể thực hiện bằng khả năng ngăn chặn sự truyền dẫn truyền thần kinh qua khớp thần kinh, hoặc làm giảm cảm giác đau thông qua điều chỉnh và làm suy yếu các chất trung gian hóa học gây đau như prostaglandin E2 (ức chế sản sinh ra các chất trung gian hóa học gây đau) (Di Maio và nnk, 2023).

3. Tác dụng giảm đau, chống viêm của các chiết xuất từ điều

3.1. Tác dụng giảm đau, chống viêm của chiết xuất vỏ hạt điều

Quả điều là loại quả có cấu tạo đặc biệt do phần cuống quả phình to (quả giả hay còn gọi là táo điều) đính vào phần quả thật (hạt điều còn nguyên vỏ) nhỏ phía dưới nên còn có tên là đào lộn hột (tức đào có hột nằm ngoài quả). Quả điều thô là loại quả khô, không tự mở, có chiều dài trung bình 2,5 - 3,5 cm, rộng khoảng 2cm và dày từ 1 - 1,5 cm, có trọng lượng từ 5 - 9 gam, gồm hai phần chính là lớp vỏ bên ngoài và nhân điều bên trong, vỏ hạt điều gồm 3 lớp. Lớp vỏ ngoài cùng thường rất cứng (dày khoảng 2- 3 mm), thường có màu nâu, lớp vỏ giữa dày nhất, xốp, cấu trúc tổ ong chứa chất lỏng nhớt, màu nâu đỏ bị sậm màu khi tiếp xúc với không khí, gọi là chất lỏng vỏ hạt điều (còn gọi là CNSL - Cashew nut Shell liquid) (Akinhanmi và nnk, 2018).



Hình 3. Hình ảnh quả điều, quả điều thô, vỏ hạt điều và dịch chiết CNSL

Ước tính cần 3,3 kg vỏ hạt điều để tạo ra 1 kg CNSL và khoảng 20% dầu vỏ hạt được tìm thấy trong hạt điều thô. CNSL có thành phần chính là các hợp chất phenolic tự nhiên không bão hòa bao gồm axit anacardic (chiếm khoảng 70%), cardanol và cardol. Theo Gautier Roko và cs [Gautier Roko và nnk, 2024] chiết xuất anacardium occidentale chứa axit anacardic, cardanol và cardol, có đặc tính chống viêm, giảm đau mà không gây độc tế bào ở đại thực bào, làm ức chế quá trình tổng hợp các chất trung gian gây viêm bằng cách ngăn chặn hoạt động của 5-lipoxygenase (5-LOX) hoặc cyclooxygenase COX-2, COX-1 và TLR4 trong các tế bào hoạt hóa. Làm giảm đáng kể biểu hiện cytokine gây viêm (TNF-α, IL-1β, IL-6,…) và ngược lại, làm tăng biểu hiện chống viêm của IL-10, tác dụng giảm đau của chiết xuất có lẽ được điều hòa thông qua cả cơ chế gây viêm (do ức chế sản sinh ra các chất gây đau như prostaglandin E2 (PGE2), serotonin. Ngoài ra, axit anacardic (AA) chiết xuất từ chất lỏng vỏ hạt điều ức chế sự hình thành các chất trung gian gây viêm (histamine, serotonia và prostaglandin). Trong các quá trình viêm, NO là chất đóng vai trò quan trọng trong tổn thương mô, AA có thể ức chế sản sinh NO (Roko và nnk, 2024).

3.2. Tác dụng giảm đau, chống viêm của chiết xuất vỏ thân cây điều

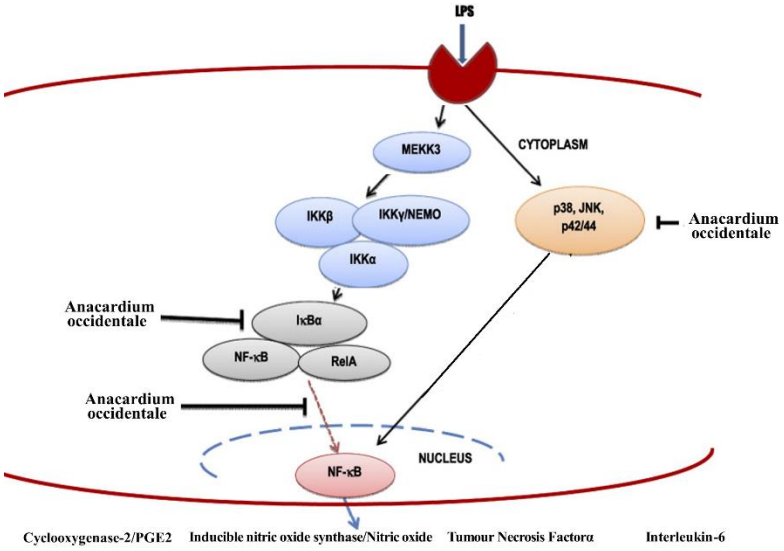
Cây điều là loại cây thân gỗ, cao khoảng 8 đến 12 mét, tán cây rộng nhiều cành, số lượng cành sơ cấp và thứ cấp nhiều, bên ngoài thân cây điều được bao bọc bởi một lớp vỏ xù xì và cứng. Chiết xuất vỏ cây điều chứa nhiều hợp chất axit phenolic, axit gallic, galloyl hexoside, axit protocatechuic, …, flavonoid và

tannin. Chiết xuất vỏ cây có hoạt tính kháng viêm và giảm đau, ngoài ra còn có thể gây độc tế bào mạnh hơn đối với tế bào khối u (Olajide và nnk, 2004; Olajide và nnk, 2013).



Hình 4. Hình ảnh cây điều, vỏ thân và lá cây điều

Olajide và cộng sự (Olajide và nnk, 2013) nghiên cứu chiết xuất vỏ thân cây điều trong tế bào vi giao của chuột tiết lộ ở cơ chế chống viêm và giảm đau của dịch chiết vỏ thân cây điều. Dịch chiết ức chế sản xuất cytokine liên quan đến viêm cũng như biểu hiện gen nitric oxide synthase iNOS và cyclooxygenase-2 COX-2 bằng cách chặn các con đường truyền tín hiệu yếu tố hạt nhân kappa-light-chain-enhancer của tế bào B hoạt hóa (NF-κB) và protein kinase hoạt hóa mitogen (MAPK) trong tế bào microglia. Mặt khác, sự ức chế synthase microsomal mPGES-1 góp phần vào tác dụng lên sản xuất PGE 2 trong tế bào microglia cũng được quan sát.



Hình 5. Cơ chế phân tử về tác dụng chống viêm của chiết xuất vỏ thân cây điều trong tế bào microglia được kích thích bằng LPS

Ngoài ra một số các bệnh nhiễm trùng cũng được điều trị bằng vỏ cây cây điều như bệnh nấm candida, một trong những nguyên nhân chính gây bệnh tật và tử vong trên thế giới, với biểu hiện lâm sàng khác nhau, từ nhiễm trùng nông trên da, hoặc trên niêm mạc, thậm chí là nhiễm trùng lan rộng, chẳng hạn như nhiễm trùng máu, trong quá trình viêm, bệnh nấm candida âm đạo có thể hình thành và dai dẳng. Chiết xuất từ vỏ cây điều có tác dụng kháng nấm Candida, tăng cường tác dụng của thuốc chống nấm Fluconazole. Một số tác giả phát hiện hợp chất axit gallic trong chiết xuất làm giảm phản ứng viêm bằng cách giảm giải phóng các cytokine gây viêm, chemokine, phân tử bám dính và thâm nhiễm tế bào thông qua các con đường truyền tín hiệu MAPK và NF-κB. Ngoài ra, axit gallic còn ức chế sản xuất oxit nitric (NO), PGE2 và interleukin 6 (IL-6) trong các đại thực bào RAW267.4 do LPS gây ra. Đặc tính chống viêm của axit protocatechuic là do chống lại sự hình thành ROS quá mức do LPS gây ra và lão hóa tế bào (Sofia Encarnação và nnk, 2024).

3.3. Tác dụng giảm đau, chống viêm của chiết xuất lá hạt điều

Lá điều thường tập trung ở đầu cành, loại lá đơn thân, nguyên, mọc so le, gân hình mạng. Lá điều có

chiều dài trung bình từ 6 đến 24 cm, rộng từ 4 đến 15 cm, lá có hình thuỗn hay hình trừng ngược, đuôi lá thường hơi tròn hoặc hơi lõm, mặt trên nhẵn bóng. Nhiều nghiên cứu cho thấy dịch chiết xuất lá hạt điều rất hữu ích trong điều trị các tình trạng viêm, giảm đau, điều trị đau răng, chữa lành vết thương, điều trị bệnh thấp khớp và kiết lỵ cùng nhiều công dụng chữa bệnh khác (Awakan và nnk, 2018; Sassi và nnk, 2022).

Theo DC Phạm (Pham, 2023) tổng cộng có 31 hợp chất thuộc nhóm ankan, hydrocarbon, iốt, terpenoid, phenolic và flavonoid được tìm thấy trong dịch chiết lá điều trồng tại Việt Nam. Dịch chiết lá điều cho thấy sự có mặt của nhiều hợp chất phenolic khác nhau như quercetin, myricetin, kaempferol, catechin, epicatechin, amentoflavone, tetramer của proanthocyanidin và quercetin glycoside theo Ajileye và cs [Nadira Ajileye và nnk, 2022] các hợp chất này được biết là có đặc tính giảm đau và chống viêm. Tương tự như các dịch chiết từ vỏ hạt điều và vỏ thân điều, dịch chiết lá điều có thể ức chế bài tiết các cytokine tiền viêm như TNF- α, IL-1 và IL-6, và ngăn chặn và điều hòa hoạt động của các enzyme gây viêm như 5-lipoxygenase (5-LOX) hoặc cyclooxygenase 2 (Cox-2), sự giảm mức độ sản xuất và biểu hiện của các cytokine cũng như sự điều biến các yếu tố phiên mã, chẳng hạn như yếu tố hạt nhân κ-chất tăng cường chuỗi ánh sáng của các tế bào B đã hoạt hóa (NF-κB) và kích hoạt protein-1 (AP-1). Các tác dụng này được thể hiện qua các hoạt tính của các hợp chất phenolic và flavonoid,… có trong dịch chiết.

Tương tự các thuốc giảm đau và chống viêm không steroid tạo ra tác dụng điều trị thông qua việc ức chế tổng hợp tuyến tiền liệt và các chất chiết xuất tạo ra tác dụng chống viêm tương tự như indomethacin, do đó Anacardium occidentalis có thể ức chế tổng hợp tuyến tiền liệt bằng cách ức chế cyclo-oxygenase 2 (COX- 2). Tác dụng chống viêm của chiết xuất đối với tình trạng phù chân do histamine gây ra ở chuột, tình trạng viêm do carageenan gây ra liên quan đến việc giải phóng từng bước các chất hoạt mạch như histamine, bradykinin và serotonin trong giai đoạn đầu và prostaglandin trong giai đoạn muộn cấp tính. Kết quả cho thấy dịch chiết có thể chứa các chất bảo vệ chống lại tác động của histamine, serotonin và các enzyme được tạo ra trong giai đoạn đầu của chứng phù nề. Các thành phần hoạt tính sinh học có hoạt tính chống lại sự giải phóng prostaglandin và các tác nhân gây viêm khác bằng cách ức chế các chất trung gian gây viêm. Sự hiện diện của flavonoid, alkaloid, cardenolide và saponin trong các sản phẩm thực vật có đặc tính giảm đau và chống viêm đã được chứng minh (Fernanda và nnk, 2002).

4. Kết luận

Tóm lại, qua các nghiên cứu đã được công bố về các dịch chiết liên quan tới vỏ hạt, vỏ thân và lá điều đã cho thấy rằng các các dịch chiết này có tác dụng giảm đau và chống viêm rất mạnh và liên quan đến thành phần các chất có trong dịch chiết như các hợp chất phenolic và flavonoid, … Đây là lí do cho việc dân gian đã sử dụng cây điề trong điều trị các tình trạng đau và viêm, đồng thời thấy rằng nó có tác dụng giảm đau và chống viêm rất mạnh. Hiệu suất và hàm lượng của các hợp chất có trong dịch chiết sẽ phụ thuộc vào các phương pháp chiết khác nhau, do vậy nghiên cứu về các thành phần và tác dụng của các chiết xuất qua quá trình đánh giá kinh tế-kỹ thuật và đánh giá các giá trị dược lý của sản phẩm thu được từ đó tối ưu hóa các điều kiện sản xuất để có được các sản phẩm chất lượng tốt hơn, hiệu quả và chi phí thấp hơn góp phần xây dựng một công nghệ bền vững là điều kiện tiên quyết để bảo trợ các ứng dụng thương mại của các sản phẩm thuốc.

Tài liệu tham khảo

Akinhanmi, T.F, Atasie. V.N, Akintokun, P.O, 2008. Chemical composition and physicochemical properties of cashew nut (Anacardium occidentale) oil and cashew nut shell liquid. *J Agric Food Environ Sci*, 2(1):1–10.

Awakan, O. J, Malomo, S.O, Adejare, A. A, Igunnu, A, Atolani, O, Adebayo, A. H, Owoyele, B. V. 2018. Anti-inflammatory and bronchodilatory constituents of leaf extracts of Anacardium occidentale L. in animal models. *Journal of Integrative Medicine, 16: 62-70.*

Chen, L, Deng, H, Cui, H, Fang, J, Zuo, Z, Deng, J. 2018. Inflammatory Responses and Inflammation-Associated Diseases in Organs. Oncotarget, 9, 7204-7218.

Di Maio, G, Villano, I, Ilardi, C.R, Messina, A, Monda, V, Iodice, A.C, Porro, C, Panaro, M.A, Chieffi, S, Messina, G. 2023. Mechanisms of Transmission and Processing of Pain: A Narrative Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 20: 3064.

FAOSTART.FAO.ORG. Số liệu thống kê sản xuất, xuất nhập khẩu nông sản các nước trên thế giới - cây điều.

Fernanda, L.B, Victor, A.K, Amelia, T.H, Elisabetsky, E. 2002. Analgesic properties of Umbellatine from Psychotria umbellate. *Pharm. Biol*, 44:54-56.

Nadira, P.P, Abdul Mujeeb, V.M, Rahman, P.M, Muraleedharan, K. 2022. Effects of cashew leaf

extract on physicochemical, antioxidant, and antimicrobial properties of N, O–Carboxymethyl chitosan films, *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 3:100191.

Nam. N.H. 2006. Naturally occurring NF-kappaB inhibitors. *Mini Rev Med Chem*, 6:945–951.

Pham, D.C, Truong, D.H, Tran, Q. H, Ho, Q. T, Nguyen, T. A. D, Nguyen, T. N. H, Nguyen, T. V., Nguyen, T. T. V, Cao, T. S, Barrow, C. J, & Nguyen, H. C. 2023. Fractionation, identification of chemical constituents, and biological properties of cashew (*Anacardium occidentale* L.) leaf extracts. *Food Science & Nutrition*, 11:7996–8008.

Roko, G, Porada, R, Gdula-Argasińska, J, Piekoszewski, W, Chabi-Sika, K, KrakowskaSieprawska, A, Buszewski, B, Librowski, T, Baba-Moussa, L. 2024. Comparison of supercritical CO2 extraction and pressurized fluid extraction for isolation of alkaloids from *Anacardium occidentale* with the study of its anti-inflammatory activity. *J Pharm Biomed Anal*, 13;241:115982.

Olajide, O. A, Aderogba, M. A, and B. L. Fiebich. 2013. "Mechanisms of anti-inflammatory property of Anacardium occidentale stembark: InhibitionofNF-*κ*B and MAPK signalling in the microglia," *Journal of Ethnopharmacology*, 145 (1): 42 – 49.

Olajide, O. A, Aderogba, M. A, Adedapo, A. D. A, Makinde, J. M. 2004. Effects of Anacardium occidentale stem bark extract on in vivo inflammatory models, *Journal of Ethnopharmacology*, 95 (2-3): 139–142.

Oishi, Y, Manabe, I, 2018. Đại thực bào trong Viêm, Sửa chữa và Tái tạo. *Int. Immunol*, 30: 511–528.

Sassi, A, Haron, N, Khattak, M. M. A. K, Hanapi, M. J. 2022. Analysis of phenolic profile, total phenolic content and antioxidant activity in *Anacardium occidentale* leaves. *Food Research*, 6, 20–26.

Sofia Encarnação, Katelene Lima, Quintino Malú, Gonçalo I. Caldeira, Maria Paula Duarte and João Rocha, 2024. An Integrated Approach to the Anti-Inflammatory, Antioxidant, and Genotoxic Potential of Portuguese Traditional Preparations from the Bark of Anacardium occidentale L. *Plants*, *13*(3): 420.

ABSTRACT

Analgesic and anti-inflammatory properties of the extract from *Anacardium occidentale*

Vu Thi Minh Hong[1,*] , Nguyen Thu Ha
Hanoi University of Mining and Geology

Inflammation is the body's normal response to the presence of foreign agents, pain is an unpleasant feeling that appears along with damage. The causes of inflammation are diverse, ranging from microbial infections, physical agents, chemicals to immune reactions, and the cause of pain is due to factors that activate sensory neurons to send messages to the brain through the spinal cord. Modulating the activity of nociceptor or chemical mediators plays an important role in the treament of pain and anti-inflammation. Products extracted from *Anacardium occidentale* are rich in active substances such as alkaloids, flavonoids, tannins, terpenoids and steroids that can interfere and regulate the intermediate reactions of the transmit pain and inflammatory responses. This article will summarize research on products extracted from *Anacardium occidentale* that have analgesic and anti-inflammatory effects.

Keywords: Anacardium occidentale, anti-inflammatory, analgesic effects

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Hạt nano vàng: nghiên cứu chế tạo và tính chất

Nguyễn Mạnh Hùng[1,2,*], Đào Việt Thắng[1,2]

[1]*Bộ môn Vật lý, Khoa Khoa học cơ bản, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm nghiên cứu BSASD, Khoa Khoa học cơ bản, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Các kim loại quý như Ag, Au, Pt ở kích thước nano mét có những hiệu ứng đặc biệt và các tính chất nổi trội. Có thể kể đến sự thay đổi màu sắc của của chúng ở các kích thước nano khác nhau; Hiệu ứng plasmon ở bề mặt các hạt nano làm tăng mạnh khả năng hấp thụ và tán xạ ánh sáng khả kiến; Khả năng tương thích sinh học tốt, tổng hợp dễ dàng và có thể liên hợp với nhiều loại phối tử sinh học, kháng thể và các nhóm chức để ứng dụng chúng trong cảm biến phát hiện sinh hóa, chẩn đoán y tế. Trong báo cáo này, chúng tôi chế tạo hạt nano vàng bằng phương pháp khử hóa học và đã tạo được các hạt vàng đồng đều, kích thước nano mét; nghiên cứu sự thay đổi kích thước hạt nano theo tỉ lệ chất khử cũng như khảo sát sự hấp thụ đặc trưng của vàng nano.

Keywords: Nano vàng; Au; plasmon

1. Giới thiệu

Hạt nano vàng không độc, có các tính chất quang học và điện tử đặc biệt do hiệu ứng kích thước lượng tử (quantum-sized effect) tạo nên. Ở kích thước nano mét, vàng thay đổi màu sắc, chuyển từ màu vàng sang màu đỏ hoặc tím nhạt (Wang, 2013). Sự chuyển màu này có được là do trong phân tử nano vàng không hấp thụ ánh sáng có bước sóng nằm trong vùng quang phổ hấp thụ như ở vàng khối. Các nghiên cứu thực nghiệm và lý thuyết đã cho thấy, sự cộng hưởng plasmon của hạt nano kim loại rất nhạy với kích thước, hình dạng hạt nano và tính chất điện môi của môi trường. Do đó, đặc tính quang học của hạt nano vàng có thể được điều chỉnh dễ dàng bằng cách thay đổi kích thước và hình dạng của chúng (McConnell et al., 2000). Nghiên cứu gần đây chỉ ra rằng, nhiều nano kim loại với cấu trúc thập diện, lập phương tâm khối… đều cho cộng hưởng plasmon bề mặt đặc trưng (Pham, Jackson, Halas, & Lee, 2002).

Do có hiệu ứng cộng hưởng plasmon bề mặt được tăng cường mạnh đối với các hạt kim loại quý như Au, Ag, Pt ở tần số quang làm cho chúng trở thành các chất tán xạ và hấp thụ tốt ánh sáng khả kiến. Ngoài khả năng hấp thụ và tán xạ được tăng cường của các hạt nano vàng, khả năng tương thích sinh học tốt, tổng hợp dễ dàng và có thể liên hợp với nhiều loại phối tử sinh học, kháng thể và các nhóm chức khiến chúng phù hợp để sử dụng trong cảm biến và phát hiện sinh hóa, chẩn đoán y tế (Riboh, Haes, McFarland, Ranjit Yonzon, & Van Duyne, 2003; Shafer-Peltier, Haynes, Glucksberg, & Duyne, 2003; Storhoff, Elghanian, Mucic, Mirkin, & Letsinger, 1998) và ứng dụng điều trị (Chen et al., 2005; Rosi & Mirkin, 2005).

Có thể kể đến một ứng dụng đáng chú ý của hạt nano vàng là làm chất tương phản trong việc ghi nhận hình ảnh tế bào và sinh học. Độ tương phản của hình ảnh tế bào và sinh học sẽ giúp làm tăng độ chính xác, khả năng chẩn đoán ung thư hoặc các rối loạn bằng cách đánh dấu và gán nhãn cho mô hoặc tế bào cần xác định ở những vị trí cụ thể cụ thể (Jain, Lee, El-Sayed, & El-Sayed, 2006). Các chất tương phản và đánh dấu hình ảnh truyền thống được sử dụng là các thuốc nhuộm quang hấp thụ và huỳnh quang như Malachite Green và Rhodamine-6G. Lý thuyết Mie chỉ ra rằng, hiệu suất hấp thụ của các hạt nano tỉ lệ với tiết diện hấp thụ cắt ngang (tiết diện quang) của chúng. Với các hạt nano vàng có dạng hình cầu, tiết diện quang của chúng cao hơn hẳn so với tiết diện quang của các phân tử thuốc nhuộm quang thông thường (Jain et al., 2006). Chẳng hạn như, các hạt nano vàng dạng cầu đường kính 40 nm có tiết diện hấp thụ $2{,}93\times10^{-15}$ m^2 (ứng với hệ số hấp thụ mol khoảng $\varepsilon \sim 7{,}66\times10^{9}$ $M^{-1}cm^{-1}$) ở bước sóng cộng hưởng plasmon 528 nm. Giá trị này cao hơn 5 bậc so với Indocyanine Green ($\varepsilon = 1{,}08\times10^{4}$ $M^{-1}cm^{-1}$ ở bước sóng 778 nm), đây là thuốc nhuộm cận hồng ngoại (Near InfraRed-NIR) thường dùng trong điều trị khối u bằng nhiệt laser. Giá trị này

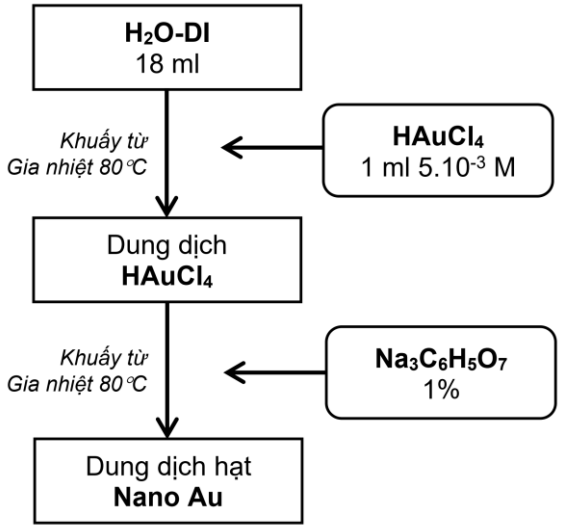
Tác giả liên hệ:
E-mail: nguyenmanhhung@humg.edu.vn

cũng cao hơn 4 bậc so với các thuốc nhuộm quang có hệ số hấp thụ mạnh như Rhodamine 6G ($\varepsilon = 1{,}16\times10^5$ $M^{-1}cm^{-1}$ tại bước sóng 530 nm) và Malachite Green ($\varepsilon = 1{,}49\times10^5$ $M^{-1}cm^{-1}$ ở 617 nm) (Jain et al., 2006).

Trong báo cáo này, chúng tôi chế tạo hạt nano vàng bằng phương pháp khử đơn giản, thay đổi tỉ phần chất khử nhằm tạo ra các hạt nano với kích thước khác nhau.

2. Thực nghiệm

Hóa chất chính được sử dụng trong nghiên cứu là axit chloroauric ($HAuCl_4.3H_2O$; độ tinh khiết 99%) và muối Sodium citrate ($Na_3C_6H_5O_7$; độ tinh khiết 99%).Quy trình chế tạo hạt nano vàng được mô tả trên Hình 1.



Hình 1. Quy trình chế tạo hạt nano vàng

Lấy 1 ml dung dịch $HAuCl_4$ nồng độ 5.10^{-3} M cho vào 18 ml nước khử ion (Deionized water-DI), khuấy mạnh và gia nhiệt ở 80°C. Cho dung dịch $Na_3C_6H_5O_7$ nồng độ 1% (w/v) vào dung dịch $HAuCl_4$ đang khuấy. Lượng $Na_3C_6H_5O_7$ khác nhau cho mỗi mẫu để khảo sát theo tỉ phần $HAuCl_4/Na_3C_6H_5O_7$ khác nhau. Sau một khoảng thời gian, phản ứng có sự chuyển màu sang màu đỏ đậm, khi đó hạt nano vàng đã hình thành, đây chính là màu của dung dịch hạt nano vàng. Dung dịch hạt nano vàng được để nguội về nhiệt độ phòng và bảo quản tránh sáng ở nhiệt độ 4°C.

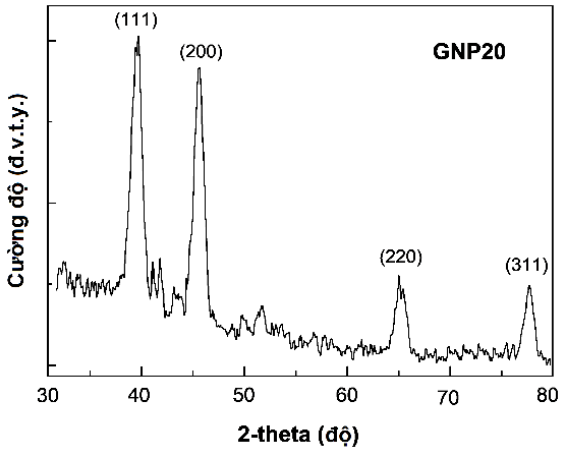
Bảng 1. Kí hiệu các mẫu đã chế tạo trong điều kiện tỉ lệ dung dịch chất khử $Na_3C_6H_5O_7$ khác nhau.

Kí hiệu mẫu	$HAuCl_4$	$Na_3C_6H_5O_7$	Tỉ lệ $HAuCl_4$/ $Na_3C_6H_5O_7$
GNP5	1 ml	0,65 ml	1/5
GNP10	1 ml	1,30 ml	1/10
GNP20	1 ml	2,60 ml	1/20
GNP50	1 ml	6,50 ml	1/50

3. Kết quả và thảo luận

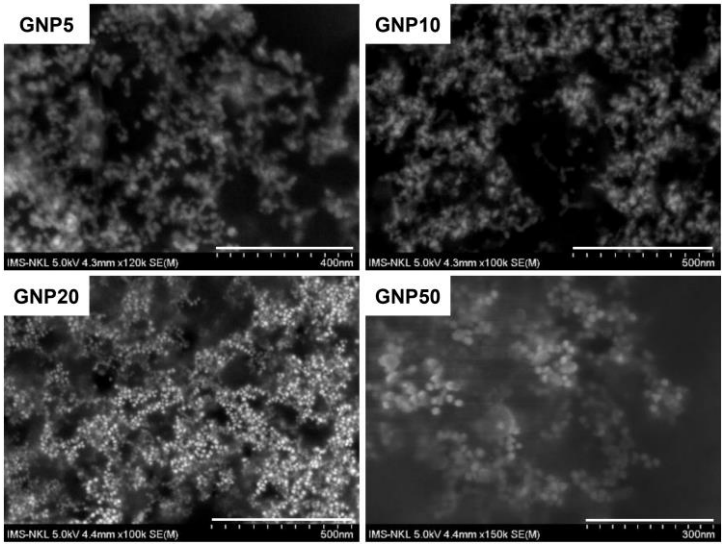
Hệ hạt nano vàng sau khi được chế tạo được đem đo giản đồ nhiễu xạ tia X (XRD), chụp ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) và đo phổ hấp thụ tử ngoại-khả kiến (UV-Vis). Giản đồ XRD được thực hiện trên hệ đo D8 Advance diffractometer (Bruker, Billerica, MA, USA) sử dụng bức xạ Cu-Kα. Ảnh SEM được chụp trên kính hiển vi điện tử quét S-4800 NIHE microscope (Hitachi, Tokyo, Japan). Phổ hấp thụ UV-Vis được đo bởi quang phổ kế Jasco V670 UV-vis.

Hình 2 là giản đồ XRD của mẫu GNP20. Kết quả trên Hình 2 cho thấy, có 4 peak nhiễu xạ Bragg đặc trưng của vàng tinh thể tại các vị trí 38,2°; 44,7°; 64,7° và 77,7°. Cường độ các peak khá mạnh tương ứng với các họ mặt phẳng (111), (200), (220) và (311). Vị trí và tỉ lệ cường độ các đỉnh nhiễu xạ XRD của mẫu GNP20 hoàn toàn phù hợp với thẻ chuẩn JCPDS số 00-001-1172. Điều đó chứng tỏ, trong dung dịch thu được sau quá trình tổng hợp là các hạt nano vàng, với cấu trúc lập phương tâm mặt.



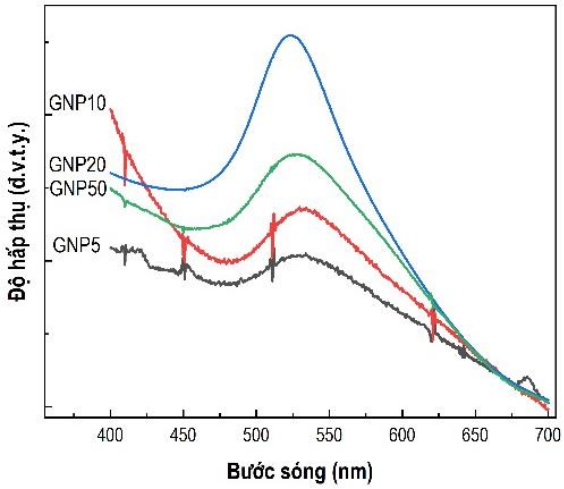
Hình 2. Giản đồ XRD của hạt vàng mẫu GNP20

Hình 3 là ảnh SEM của các mẫu hạt nano vàng. Các hạt nano vàng có dạng hình cầu với độ đồng đều cao và kích thước hạt nano vàng phụ thuộc vào điều kiện chế tạo. Theo Hình 3, khi tăng tỉ phần chất khử $Na_3C_6H_5O_7$, kích thước hạt nano vàng tăng lên, tương ứng tăng từ mẫu GNP5 đến GNP50. Điều này có thể giải thích từ cơ chế của quá trình tạo ra hạt keo nano vàng bằng phương pháp hóa học sử dụng chất khử $Na_3C_6H_5O_7$ qua 3 giai đoạn liên tiếp cho quá trình hình thành hạt keo nano vàng bao gồm: tạo mầm, keo tụ và hình thành hình dạng hạt nano vàng (Pei, Mori, & Adachi, 2004; Pong et al., 2007). Giai đoạn ban đầu của phản ứng, các hạt cơ bản nano vàng được hình thành từ các mầm tinh thể để từ đó hình thành lên các hạt keo nano vàng. Sau quá trình tạo mầm, các hạt cơ bản nano vàng kết tụ lại với nhau nhờ lực hút Van Der Waals. Giai đoạn cuối cùng phản ứng, hình dạng cầu của các hạt nano vàng được hình thành từ quá trình kết tụ lại bởi hiện tượng lấn chiếm Ostwald (Biggs, Mulvaney, Zukoski, & Grieser, 1994). Lực đẩy của ion chất khử $Na_3C_6H_5O_7$ làm nhanh quá trình hình thành nhiều các hạt cơ bản, dẫn đến làm tăng quá trình kết tụ và ổn định bề mặt hạt nano vàng. Đây là nguyên nhân làm tăng kích thước hạt và đạt nhanh trạng thái ổn định của dung dịch nano vàng (Biggs et al., 1994).



Hình 3. Ảnh SEM của các mẫu GNP5, GNP10, GNP20 và GNP50.

Kết quả còn cho thấy, các hạt vàng nano ở các mẫu với tỉ phần chất khử $Na_3C_6H_5O_7$ khác nhau đều có dạng cầu, tức là khi thay đổi nồng độ tỉ phần chất khử $HAuCl_4$/ $Na_3C_6H_5O_7$ từ 1/5 đến 1/50 không làm thay đổi hình thái của hạt nano vàng. Tuy nhiên, kích thước trung bình của các hạt nano vàng có sự thay đổi, tương ứng với sự thay đổi của bước sóng hấp thụ cực đại. Hình 4 là phổ hấp thụ UV-Vis của các hạt nano Au chế tạo với tỉ phần chất khử khác nhau tương ứng các mẫu GNP5, GNP10, GNP20 và GNP50. Trên phổ UV-Vis của các mẫu có một đỉnh hấp thụ với vị trí cực đại của đỉnh trong khoảng 521-525 nm. Đây là đỉnh hấp thụ đặc trưng của Au.



Hình 4. Phổ hấp thụ UV-vis của mẫu GNP5, GNP10, GNP20 và GNP50

Khi kích thước hạt nano vàng tăng thì bước sóng hấp thụ cực đại của chúng sẽ có sự dịch chuyển đỏ, tức là dịch chuyển về vùng có bước sóng dài hơn. Đây là hiện tượng cộng hưởng plasmon bề mặt (Surface Plasmon Resonance-SPR). SPR là dao động "tập thể" của các electron dẫn trên bề mặt của các hạt nano khi có ánh sáng chiếu tới. Tần số của dao động của các electron phụ thuộc vào kích thước, hình dạng và môi trường điện môi xung quang các hạt nano. Khi kích thước của các hạt nano vàng tăng, thể tích của hạt nano tăng và mật độ electron hiệu dụng cũng tăng lên. Mật độ electron sẽ ảnh hưởng đến lực phục hồi trên các electron dẫn. Khi kích thước hạt nano vàng lớn hơn, dao động tập thể của các electron trong hạt nano xảy ra ở năng lượng thấp hơn, tần số cộng hưởng sẽ thấp hơn, tương ứng với bước sóng ánh sáng dài hơn, dẫn đến độ dịch chuyển đỏ ở đỉnh hấp thụ. Kết quả này tương tự như nhóm tác giả tổng hợp nano vàng bằng phương pháp chiếu xạ sử dụng poly (N-vinyl pyrrolidone) làm tác nhân ổn định (Huang & Yang, 2004) hoặc sử dụng phương pháp chiếu xạ tia γ-^{60}Co trong quá trình tổng hợp nano vàng với tác nhân ổn định là alginate (Tue Anh, Van Phu, Ngoc Duy, Duy Du, & Quoc Hien, 2010).

Như vậy, có thể thấy rằng tỉ phần chất khử $Na_3C_6H_5O_7$ khác nhau có vai trò khá rõ trong phản ứng khử ion Au^{3+}. Khi tăng tỉ phần chất khử thì tốc độ phản ứng khử có tăng, kích thước hạt thay đổi. Các hạt nano vàng tăng có thể là do các cluster đã kết tụ lại với nhau. Từ kết quả khảo sát, chúng tôi chọn tỉ lệ 1/20 cho các nghiên cứu tiếp sau.

4. Kết luận

Bằng phương pháp khử dung dịch muối vàng $HAuCl_4$, chúng tôi đã tổng hợp được hạt nano vàng khi thay đổi tỉ lệ chất khử $HAuCl_4/Na_3C_6H_5O_7$ từ 1/5 đến 1/50. Kết quả thu được các hạt nano vàng có kích thước phụ thuộc vào các điều kiện chế tạo. Trong khoảng khảo sát, lựa chọn tỉ lệ 1/20 để tổng hợp được hạt nano vàng có dạng cầu, kích thước đồng đều.

References

Biggs, S., Mulvaney, P., Zukoski, C.F., & Grieser, F., 1994. Study of Anion Adsorption at the Gold-Aqueous Solution Interface by Atomic Force Microscopy. *Journal of the American Chemical Society*, 116(20), 9150-9157.

Chen, J., Wiley, B., Li, Z.Y., Campbell, D., Saeki, F., Cang, H.,... Xia, Y., 2005. Gold Nanocages: Engineering Their Structure for Biomedical Applications. *Advanced Materials*, 17(18), 2255-2261.

Huang, H., & Yang, X., 2004. Synthesis of polysaccharide-stabilized gold and silver nanoparticles: A green method. *Carbohydrate Research*, 339(15), 2627-2631.

Jain, P.K., Lee, K.S., El-Sayed, I.H., & El-Sayed, M.A., 2006. Calculated Absorption and Scattering Properties of Gold Nanoparticles of Different Size, Shape, and Composition: Applications in Biological Imaging and Biomedicine. *The Journal of Physical Chemistry B*, 110(14), 7238-7248.

McConnell, W.P., Novak, J.P., Brousseau, L.C., Fuierer, R.R., Tenent, R.C., & Feldheim, D.L., 2000. Electronic and Optical Properties of Chemically Modified Metal Nanoparticles and Molecularly Bridged Nanoparticle Arrays. *The Journal of Physical Chemistry B*, 104(38), 8925-8930.

Pei, L., Mori, K., & Adachi, M., 2004. Formation Process of Two-Dimensional Networked Gold Nanowires by Citrate Reduction of $AuCl_4$- and the Shape Stabilization. *Langmuir*, 20(18), 7837-7843.

Pham, T., Jackson, J.B., Halas, N.J., & Lee, T.R., 2002. Preparation and Characterization of Gold Nanoshells Coated with Self-Assembled Monolayers. *Langmuir*, 18(12), 4915-4920.

Pong, B.-K., Elim, H.I., Chong, J.-X., Ji, W., Trout, B., & Lee, J., 2007. New Insights on the Nanoparticle Growth Mechanism in the Citrate Reduction of Gold(III) Salt: Formation of the Au Nanowire Intermediate and Its Nonlinear Optical Properties. *Journal of Physical Chemistry C*, 111.

Riboh, J.C., Haes, A.J., McFarland, A.D., Ranjit Yonzon, C., & Van Duyne, R.P., 2003. A Nanoscale Optical Biosensor: Real-Time Immunoassay in Physiological Buffer Enabled by Improved Nanoparticle Adhesion. *The Journal of Physical Chemistry B*, 107(8), 1772-1780.

Rosi, N.L., & Mirkin, C.A., 2005. Nanostructures in Biodiagnostics. Chemical Reviews, 105(4), 1547-1562.

Shafer-Peltier, K., Haynes, C., Glucksberg, M., & Duyne, R., 2003. Toward a Glucose Biosensor Based on Surface-Enhanced Raman Scattering. *Journal of the American Chemical Society*, 125, 588-593.

Storhoff, J.J., Elghanian, R., Mucic, R.C., Mirkin, C.A., & Letsinger, R.L., 1998. One-Pot Colorimetric Differentiation of Polynucleotides with Single Base Imperfections Using Gold Nanoparticle Probes. *Journal of the American Chemical Society*, 120(9), 1959-1964.

Tue Anh, N., Van Phu, D., Ngoc Duy, N., Duy Du, B., & Quoc Hien, N., 2010. Synthesis of alginate stabilized gold nanoparticles by γ-irradiation with controllable size using different Au^{3+} concentration and seed particles enlargement. *Radiation Physics and Chemistry*, 79(4), 405-408.

Wang, Z., 2013. Plasmon-resonant gold nanoparticles for cancer optical imaging. *Science China Physics, Mechanics and Astronomy*, 56(3), 506-513.

ABSTRACT

Gold Nanoparticles: Synthesis and Properties

Nguyen Manh Hung[1,2,*], Dao Viet Thang[1,2]
[1]*Department of Physics, Faculty of Basic Sciences, Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*BSASD Research Group, Faculty of Basic Sciences, Hanoi University of Mining and Geology*

Noble metals such as Ag, Au, and Pt at the nanoscale exhibit unique effects and outstanding properties. Notable phenomena include the change in color at different nanoscale sizes; the plasmon effect on the surface of nanoparticles significantly enhances the absorption and scattering of visible light; good biocompatibility, easy synthesis, and the ability to conjugate with various biological ligands, antibodies, and functional groups for applications in biochemical sensors and medical diagnostics. In this report, we synthesized gold nanoparticles using a chemical reduction method and successfully produced uniform nanoparticles at the nanoscale; we studied the change in nanoparticle size according to the ratio of reducing agents and investigated the characteristic absorption of gold nanoparticles.

Keywords: Gold nanoparticles; Au; plasmon

Tổng hợp và đánh giá đặc tính giống thuốc của một số dẫn chất mang khung 2-(5-(pyridin-2-yl)-1*H*-tetrazol-1-yl)acetamid

Nguyễn Viết Hùng[1,2,5,6,*], Trần Phương Thảo[2], Hoàng Văn Hải[3], Trần Đình Hoàng[2], Nguyễn Phương Dung[4], Nguyễn Thị Kim Thoa[1], Công Tiến Dũng[1], Hà Mạnh Hùng[1], Nguyễn Thị Thu Hiền[1]

[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Trường Đại học Dược Hà Nội*
[3] *Trường Đại học Pheninkaa*
[4]*Học viện Y Dược học cổ truyền Việt Nam*
[5] *Nhóm nghiên cứu BSASD, Khoa Khoa học cơ bản, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[6] *Nhóm nghiên cứu mạnh HiTech-CEAE, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Acetylcholinesterase (AChE), một đích tác động quan trọng và tiềm năng trong nghiên cứu và phát triển thuốc mới điều trị và làm chậm quá trình tiến triển của bệnh Alzheimer (AD). Nhiều nghiên cứu đã chứng minh rằng, các dẫn chất chứa vòng tetrazol có khả năng ức chế AChE. Trong nghiên cứu này, các dẫn chất **IVa, IVb** và **IVc** mang khung 2-(5-(pyridin-2-yl)-1*H*-tetrazol-1-yl)acetamid đã được tổng hợp từ nguyên liệu ban đầu là 2-pyridin carbonitril thông qua các phản ứng cộng đóng vòng [3+2], phản ứng *N*-alkyl hoá, phản ứng thuỷ phân ester, phản ứng acid hoá và cuối cùng là amid hoá. Các dẫn chất sau khi tổng hợp, được kiểm tra độ tinh khiết; khẳng định cấu trúc bằng các phương pháp phổ hồng ngoại (IR), phổ khối (MS), phổ cộng hưởng từ hạt nhân proton (^{1}H-NMR), phổ cộng hưởng từ hạt nhân carbon (^{13}C-NMR); Đánh giá đặc tính "giống thuốc" theo quy tắc 5 tiêu chí của Lipinski dựa trên công cụ SwissADME của các dẫn chất. Các kết quả kiểm tra độ tinh khiết, khẳng định cấu trúc cho thấy, cả ba chất được tổng hợp tinh khiết và phù hợp với công thức dự kiến. Đặc biệt, không có chất nào vi phạm quy tắc Lipinski. Kết quả này là cơ sở để có thể tiếp tục tiến hành thử tác dụng ức chế enzym AChE với kỳ vọng góp phần tìm kiếm chất tiềm năng trong điều trị AD.

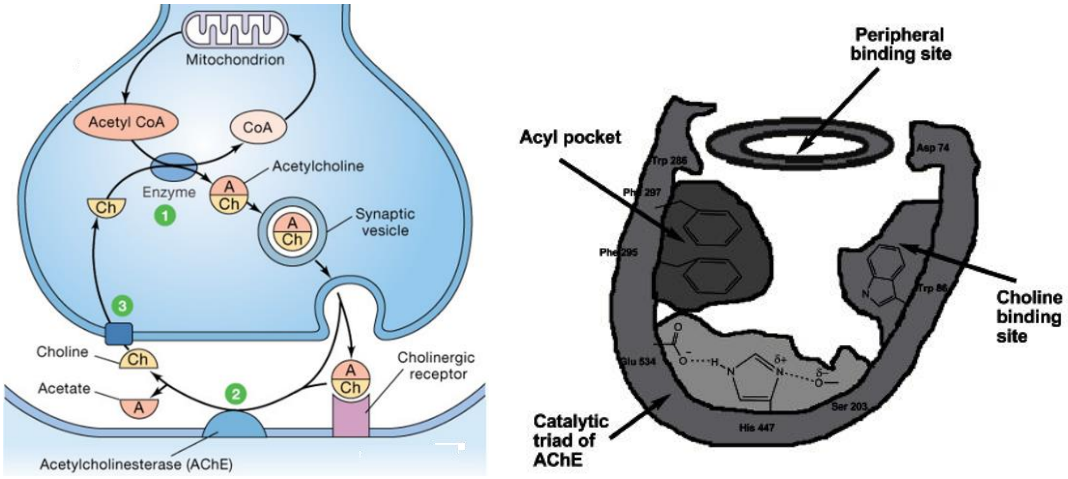
Từ khóa: Tetrazol; Acetylcholinesterase; Alzheimer

1. Đặt vấn đề

Bệnh Alzheimer (AD) lần đầu tiên được Alois mô tả vào năm 1906 (H. Hippius và G. Neundörfer, 2003), là căn bệnh thoái hoá thần kinh không hồi phục gây mất trí nhớ và cho đến nay chưa có phương pháp điều trị hiệu quả (Moreta và nnk, 2021). Tới giữa những năm 1980, các nhà khoa học đã xác định được hai dấu ấn sinh học quan trọng của AD bao gồm sự tích lũy của peptid amyloid beta (Aβ) trong các mảng bám và sự tăng phosphoryl hóa của protein tau trong đám rối sợi thần kinh (NFTs) (Lopez và nnk, 2019). Từ những phát hiện ban đầu này, những nghiên cứu bệnh lý thần kinh của AD đã tiếp tục phát triển và góp phần phát hiện các triệu chứng lâm sàng của AD cũng như bệnh sa sút trí tuệ (Lopez và nnk, 2019; Martins và nnk, 2023). Giả thuyết cholinergic đã chỉ ra rằng Alzheimer có liên quan đến sự thiếu hụt chất dẫn truyền thần kinh quan trọng là acetylcholin (ACh) hoặc butyrylcholin. Hiện nay, các lựa chọn điều trị chính để điều trị AD là thuốc ức chế AChE như donepezil, rivastigmin, galantamin, tacrin (Z. Sang và nnk, 2022). Tuy nhiên cả bốn chất đều có các tác dụng phụ đáng kể (L. Hoffman và J. Bloemer, 2021). Do vậy, nghiên cứu để tìm ra các chất ức chế AChE mới vẫn là một chiến lược có tính cấp thiết.

ACh được tổng hợp ở trong các nơron tiền synap từ cholin và acetyl-coenzym A (acetyl-CoA) bởi enzym cholin acetyltransferase (ChAT), sau đó ACh được chuyển vào trong bọc synap qua kênh vận chuyển ACh. Quá trình khử cực ở tiền synap thúc đẩy quá trình giải phóng ACh từ bọc synap vào khe synap. Tại đây, ACh có thể gắn với các thụ thể nicotinic hoặc muscarinic dẫn đến phản ứng kích thích hay ức chế dẫn truyền thần kinh. Bên cạnh đó, ACh có thể nhanh chóng bị thủy phân và bất hoạt bởi enzym AChE tạo acetat và cholin. Cuối cùng, choline được thu hồi trở lại tiền synap thông qua kênh vận chuyển cholin (CHT1) và tiếp tục tái tổng hợp ACh (*Hình 1*) (H Ferreira-Vieira và nnk, 2016; Stanciu và nnk, 2020).

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenviethung@humg.edu.vn



(a) (b)

Hình 1. (a) Dẫn truyền thần kinh acetylcholin
(1): Tổng hợp acetylcholin; (2): Thủy phân acetylcholin; (3) Thu hồi choline
**Chú thích: mitochondrion: ty thể, synaptic vesicle: bọc dự trữ của synap*
(b) Minh họa cấu trúc của AChE bao gồm: vùng trung tâm hoạt động (CAS), vùng lòng kênh và vùng ngại biên (PAS) (Colovic và nnk, 2013)

Yan Guo và các cộng sự (Yan Guo và nnk, 2020) đã chỉ ra rằng cấu trúc của AChE được chia làm ba hợp phần quan trọng là vùng trung tâm hoạt động (CAS) nằm ở "đáy" kênh enzym, lòng kênh hẹp và vùng ngoại biên (PAS) nằm ở "miệng" kênh enzym. Như vậy, cấu trúc quan trọng của một chất ức chế AChE cần có điều kiện hoặc có khả năng liên kết với vùng CAS hoặc vùng PAS hoặc là cầu nối liên kết với độ dài và cấu trúc thích hợp nối giữa hai phần cấu trúc tương tác lần lượt với vùng CAS và vùng PAS. Các chất ức chế AChE được FDA phê duyệt đều có các liên kết với các amino acid tại vùng PAS và/hoặc CAS của AchE (M. Son và nnk, 2019).

Tetrazol là một hợp chất dị vòng chứa một nguyên tử carbon và bốn nguyên tử nitơ trong hệ vòng thơm năm cạnh. Về mặt hóa học, khung tetrazol có tính acid nhờ sự có mặt của bốn nguyên tử nitơ và được coi là cấu đẳng sinh học của các nhóm acid carboxylic. Nhiều nghiên cứu gần đây đã chỉ ra rằng, các dẫn chất tetrazol có khả năng tương tác với một số đích phân tử tiềm năng trong điều trị Alzheimer, trong đó có nghiên cứu về các dẫn chất tetrazol hướng ức chế AchE (Kaushik và nnk, 2018; Kushwaha và nnk, 2019). Thêm vào đó, nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng dẫn chất pyridin thể hiện khả năng ức chế AChE mạnh thông qua tương tác của chính vòng pyridin với vùng PAS (F. Pandolfi và nnk, 2017).

Trong nghiên cứu này, chúng tôi dựa trên những phân tích xây dựng mối liên hệ giữa cấu trúc và khả năng tương tác của các nhóm chức với AChE để xuất cấu trúc của bốn dẫn chất mang khung 2-(5-(pyridin-2-yl)-1*H*-tetrazol-1-yl)acetamid mới. Các dẫn chất sau khi tổng hợp, được kiểm tra độ tinh khiết bằng hai phương pháp là phương pháp sắc ký lớp mỏng (TLC) và phương pháp đo nhiệt độ nóng chảy; khẳng định cấu trúc qua các phổ IR, MS, ^{1}H-NMR, ^{13}C-NMR và đánh giá đặc tính giống thuốc theo quy tắc 5 tiêu chí của Lipinski dựa trên công cụ SwissADME.

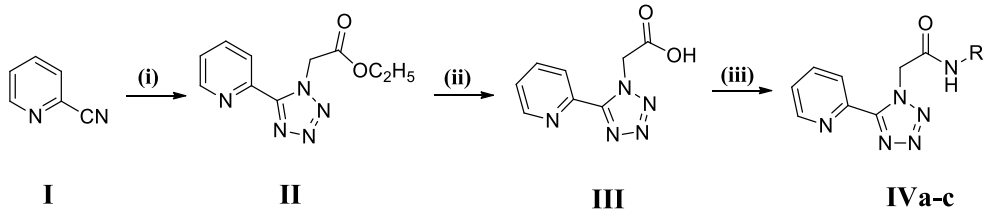
2. Thực nghiệm

2.1. Nguyên liệu và thiết bị

Hoá chất được mua từ các nhà cung cấp trong nước hoặc nước ngoài (Merck, Sigma-Aldrich) được sử dụng trực tiếp không qua tinh chế. Đĩa 96 giếng SPL (Hàn quốc) tip 1000, 200 microlit của AHL (Đức), micropipette 1000, 200 microlit Nichiryo (Nhật). Enzym AChE (Sigma-Aldrich, Mỹ); acetylthiocholin iodid (ATCI, Sigma-Aldrich, Mỹ), acid 5,5′-Dithiobis(2-nitrobenzoic (DTNB, TCI, Nhật); galantamin (TCI, Nhật) được sử dụng trong thí nghiệm đánh giá khả năng ức chế AChE của các chất đã tổng hợp được. Dung môi được mua từ các nhà cung cấp của Merck (Đức), Sigma-Aldrich (Mỹ) và Trung Quốc. Phản ứng được theo dõi bởi sắc ký lớp mỏng (TLC) sử dụng bản mỏng Merck Kieselgel 60F254 và quan sát dưới đèn UV. Phổ hồng ngoại được ghi trên máy FTIR Affinity-1S-Shimadzu (Nhật Bản) với kỹ thuật viên nén KBr trong vùng 4000-600 cm^{-1}. Phổ cộng hưởng từ được đo trên máy Bruker AC-500 MHz với chất chuẩn nội tetramethylsilan (TMS). Phổ khối được ghi bằng máy Agilent 6530 Accurate-Mass QTOF LC/MS (United States) theo phương pháp ion hóa phun mù điện tử (ESI). Khả năng ức chế AChE được đọc trên máy đọc đĩa 96 giếng VarioskanLux.

2.2. Tổng hợp hoá học

Từ chất đầu 2-pyridin carbonitril, các dẫn chất **IVa, IVb, IVc** mang khung 2-(5-(pyridin-2-yl)-1*H*-tetrazol-1-yl)acetamid theo *Sơ đồ 1*:

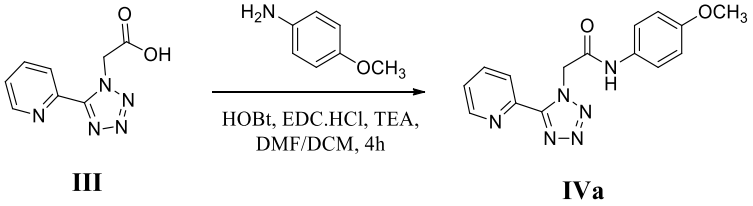


(i) 1. NaN_3, $ZnCl_2$, DMF, 120^{o}C, 3h; 2. ethyl 2-cloroacetat, 60^{o}C, 3h; (ii) 1. NaOH, MeOH, nhiệt độ phòng, 30 phút; 2. HCl đặc, pH=1-2; (iii) amin devices, HOBt, EDC.HCl, TEA, DCM, DMF, nhiệt độ phòng, 4h.

Sơ đồ 1. *Quy trình tổng quát tổng hợp các dẫn chất* ***IVa-c***

Hợp chất trung gian ethyl 2-(5-(pyridin-2-yl)-1*H*-tetrazol-1-yl)acetat **(II)** được tổng hợp thông qua hai phản ứng liên tiếp trong một bình phản ứng gồm phản ứng cộng đóng vòng [3+2] từ aryl nitril và azid vô cơ tạo vòng tetrazol, sau đó là phản ứng *N*-alkyl hóa giữa muối tetrazoat trung gian với tác nhân là 2-chloroethyl acetat. Cụ thể như sau: hòa tan 2-pyridin carbonitril **(I)** (1,0 đương lượng) trong DMF, thêm tiếp NaN_3 (1,5 đương lượng) và $ZnCl_2$ (0,1 đương lượng) vào bình phản ứng, đun hồi lưu ở 120^{o}C trong 3 giờ. Sau 3 giờ, hạ nhiệt độ của phản ứng xuống 60^{o}C, thêm vào hỗn hợp phản ứng ethyl 2-cloroacetat (1,5 đương lượng), duy trì phản ứng ở 60^{o}C trong 3 giờ. Làm nguội hỗn hợp phản ứng, thêm từ từ Na_2CO_3 bão hoà cho kết tủa hoàn toàn rồi lọc qua phễu lọc Buchner có chất trợ lọc là Celite. Chiết dịch lọc với ethylacetat (EA), thu pha EA làm khan bằng Na_2SO_4 khan sau đó cô quay dưới áp suất thấp để loại dung môi và tinh chế bằng sắc ký cột silica gel sử dụng pha động là EA:*n*-hexan (2:3) thu được hai đồng phân N1 và N2. Sử dụng đồng phân N1 **(II)** để thực hiện các phản ứng tiếp theo.

Hợp chất trung gian **III** được tổng hợp bằng cách: hoà tan NaOH (2,0 đương lượng) bằng lượng nước tối thiểu, thêm vào hệ dung dịch chất **II** trong methanol (MeOH). Hỗn hợp phản ứng được khuấy trong khoảng 30 phút ở nhiệt độ phòng. Sau đó điều chỉnh về pH = 1-2 bằng acid HCl đặc, cô quay dưới áp suất thấp để thu được cắn bao gồm hỗn hợp chất **III** và muối NaCl. Tiếp theo, thêm hỗn hợp methanol:diclomethan (MeOH:DCM, 2:1) để hoà tan **III**. Lọc loại muối NaCl, sau đó cô quay loại bỏ dung môi, làm khô trong tủ sấy chân không thu được chất **III**.



Sơ đồ 2. *Quy trình tổng hợp dẫn chất* ***IVa*** *từ chất* ***III***

Tổng hợp N-(4-methoxyphenyl)-2-(5-(pyridin-2-yl)-1*H*-tetrazol-1-yl)acetamid **(IVa)** từ chất trung gian **III** được tổng quát theo *Sơ đồ 2* ở trên.

Hoà tan chất **III** trong lượng vừa đủ DCM, thêm lần lượt vào bình phản ứng hydroxybenzotrizol (HOBt) (1,0 đương lượng), *N*-(3-dimethylaminopropyl)-*N'*-ethylcarbodiimid hydrochlorid (EDC.HCl) (1,0 đương lượng), 4-methoxyanilin (1,2 đương lượng), TEA (2,0 đương lượng) vào bình phản ứng. Thêm tiếp một lượng dung môi DCM vừa đủ, khuấy trộn trong 4 giờ ở nhiệt độ phòng. Cô quay loại dung môi và thêm $NaHCO_3$ 10% để trung hoà hệ phản ứng, chiết hệ với EA thu lớp hữu cơ. Làm khan lớp hữu cơ bằng Na_2SO_4 sau đó cô quay loại EA. Tinh chế bằng sắc ký cột silica gel với pha động là EA:*n*-hexan, cô quay dưới áp suất giảm, sấy cắn đến khô trong tủ sấy chân không thu được chất **IVa**.

Quá trình tổng hợp các chất **IVb**, **IVc** từ chất trung gian **III** thực hiện tương tự như chất **IVa** nhưng thay bằng những nguyên liệu khác, cụ thể như sau:

Tổng hợp *N*-(2,4-dimethoxyphenyl)-2-(5-(pyridin-2-yl)-1*H*-tetrazol-1-yl)acetamid **(IVb)** từ chất trung gian **III** với nguyên liệu 2,4-dimethoxyanilin (1,2 đương lượng).

Tổng hợp *N*-(pyridin-2-yl)-2-(5-(pyridin-2-yl)-1*H*-tetrazol-1-yl)acetamid **(IVc)** từ chất trung gian **III** tương tự chất **IVa** với nguyên liệu 4-methoxyanilin bằng pyridin-2-amin (1,2 đương lượng).

2.3. Thử độ tinh khiết

Các chất mục tiêu sau khi được tổng hợp và tinh chế được kiểm tra các chỉ tiêu hoá lý, độ tinh khiết bằng hai phương pháp là phương pháp sắc ký lớp mỏng TLC và phương pháp đo nhiệt độ nóng chảy.

2.4. Khẳng định cấu trúc

Các phương pháp phổ IR, MS, ^{1}H-NMR và ^{13}C-NMR được sử dụng để khẳng định cấu trúc của các dẫn chất **IVa-c** đã được tổng hợp.

2.5. Nghiên cứu đặc tính giống thuốc

Dựa trên quy tắc 5 Lipinski (M. P. Pollastri, 2010) và phương pháp thẩm thấu BOILED-Egg (Daina A. và nnk, 2017) tiến hành dự đoán đặc tính "giống thuốc" của các chất **IVa-c** thông qua các thông số MW (Molecular weight), HBD (Num. H-bond donors), HBA (Num. H-bond acceptors), LogP, N.RB (Num. rotatable bonds), TPSA (Topological polar surface area), BBB (Blood-brain barrier) từ công cụ đánh giá độ giống thuốc SwissADME. Trong đó các chất có hấp thu hoặc thấm kém khi chất có: nhiều hơn 5 nhóm cho hydro; phân tử lượng lớn hơn 500; lgP lớn hơn 5; nhiều hơn 10 nhóm nhận hydro.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Thử độ tinh khiết

Các kết quả về chỉ tiêu hoá lý, hệ số lưu giữ R_f và nhiệt độ nóng chảy (T^o_{nc}) của các chất **IVa-c** được trình bày ở **Bảng 1**.

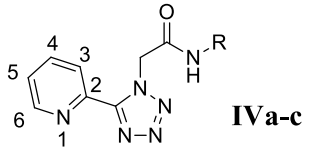
*Bảng 1. Chỉ số hóa lý và hiệu suất tổng hợp của các dẫn chất **IVa-c***

Dẫn chất	CTPT	KLPT	Màu sắc	Hiệu suất tổng hợp (%)	R_f EA:n-hexan (2:1)	T^o_{nc}(^{o}C)
IVa	$C_{15}H_{14}N_6O_2$	310.32	Trắng	66	0,53	195,1-196,4
IVb	$C_{16}H_{16}N_6O_3$	340.34	Trắng	56	0,41	193,5-194,6
IVc	$C_{13}H_{11}N_7O$	281.28	Trắng	68	0,35	198,6-199,2

Dựa trên kết quả xác định R_f và nhiệt độ nóng chảy trên có thể sơ bộ khẳng định tất cả các dẫn chất **IVa-c** đều tinh khiết và đủ điều kiện để thực hiện các bước khẳng định cấu trúc bằng các phương pháp phổ.

3.2. Khẳng định cấu trúc

Các dẫn chất **IVa-c** thiết kế tổng hợp theo sơ đồ 1. Độ tinh khiết của chúng được xác nhận bằng cách đo nhiệt độ nóng chảy và sử dụng phương pháp TLC; cấu trúc của chúng được xác định bằng phổ IR, HR-MS, NMR. Thông tin chi tiết về quang phổ của chúng được đưa ra dưới đây.



IVa-c

IVa. R = 4-methoxyphenyl
IVb. R = 2,4-dimethoxyphenyl
IVc. R = pyridyn-2-yl

Dẫn chất IVa. ***IR (KBr, cm-1)***: 3333 (NH amide); 3004 (CH aromtic); 1686 (C=O); 1612 (C=N); 1534, 1446 (C=C aromatic). ***1H-NMR (500 MHz, DMSO-d6, ppm)***: δ 10,51 (s, 1H, NH), 8,76 (d, J = 4,0 Hz, 1H, H6), 8,17 (d, J = 8,0 Hz, 1H, H3), 8,03 (td, J_1 = 7,5 Hz, J_2 = 1,5 Hz, 1H, H4), 7,57 (t, J = 6,0 Hz, 1H, H5), 7,51 (d, J = 9,0 Hz, 2H, H2', H6'), 6,92 (d, J = 9,0 Hz, 2H, H3', H5'), 5,76 (s, 2H, CH_2-CO), 3,73 (s, 3H, OCH_3). ***^{13}C-NMR (125 MHz, DMSO-d6, ppm)***: δ 164,7 (C=O), 162,8 (N=C-N), 156,2 (C4'), 150,7 (C2), 146,6 (C6), 138,2 (C4), 131,7 (C1'), 125,8 (C3), 122,9 (C5), 121,4 (C2', C6'), 114,5 (C3', C5'), 55,9 (OCH_3), 55,6 (CH_2-CO). ***HR-MS (ESI) m/z $C_{15}H_{14}N_6O_2$***: $[M+H]^+$ dự kiến = 311,1251, kết quả thực nghiệm = 311,1256.

Dẫn chất IVb. ***IR (KBr, cm-1)***: 3277 (NH amide); 3067 (CH aromtic); 1673 (C=O); 1617 (C=N); 1555, 1418 (C=C aromatic). ***1H-NMR (500 MHz, DMSO-d6, ppm)***: δ 9,82 (s, 1H, NH), 8,76 (d, J = 4,5 Hz, 1H, H6), 8,17 (d, J = 8,0 Hz, 1H, H3), 8,03 (td, J_1 = 8,0 Hz, J_2 = 1,5 Hz, 1H, H4), 7,72 (d, J = 14.0 Hz, 1H, H6'), 7,57 (t, J = 6,0 Hz, 1H, H5), 6,66 (d, J = 2,5 Hz, 1H, H3'), 6,49 (dd, J_1 = 8.5 Hz, J_2 = 2,5 Hz, 1H, H5'), 5,84 (s, 2H, CH_2-CO), 3,87 (s, 3H, 2-OCH_3), 3,76 (s, 3H, 4-OCH_3). ***^{13}C-NMR (125 MHz, DMSO-d6, ppm)***: δ 164,7 (C=O), 163,3 (N=C-N), 157,7 (C4'), 151,9 (C2), 150,7 (C2'), 146,6 (C6),

138,2 (C4), 125,8 (C3), 123,9 (C5), 122,9 (C2'), 119,9 (C1'), 104,6 (C5'), 99,4 (C3'), 56,3 (2-O$\underline{C}H_3$, 4-O$\underline{C}H_3$), 55,8 ($\underline{C}H_2$-CO). ***HR-MS (ESI) m/z $C_{16}H_{16}N_6O_3$***: $[M+H]^+$ dự kiến = 341,1357, kết quả thực nghiệm = 341,1360.

Dẫn chất IVc. ***IR (KBr, cm-1)***: 3232 (NH amide); 3055 (CH aromtic); 1719 (C=O); 1600; 1577 (C=N); 1546; 1437 (C=C aromatic). ***1H-NMR (500 MHz, DMSO-d6, ppm)***: δ 11,19 (s, 1H, N$\underline{H}$), 8,76 (d, J = 4,5 Hz, 1H, H6), 8,39 (d, J = 4,0 Hz, 1H, H3'), 8,18 (d, J = 7,5 Hz, 1H, H3), 8,05-7,99 (m, 2H, H4, H6'), 7,82 (t, J = 8,0 Hz, 1H, H5'), 7,57 (t, J = 6,0 Hz, 1H, H5), 7,18 (t, J = 6,5, 1H, H4'), 5,89 (s, 2H, C$\underline{H}_2$-CO). ***^{13}C-NMR (125 MHz, DMSO-d6, ppm)***: δ 164,7 (C=O), 164,3 (N=C-N), 151,7 (C2), 150,7 (C1'), 148,7 (C6), 146,6 (C5'), 139,0 (C3'), 138,2 (C4), 125,8 (C4'), 122,9 (C3), 120,6 (C5), 114,1 (C6'), 55,9 ($\underline{C}H_2$-CO). ***HR-MS (ESI) m/z $C_{13}H_{11}N_7O$***: $[M+H]^+$ dự kiến = 282,1098, kết quả thực nghiệm = 282,1099.

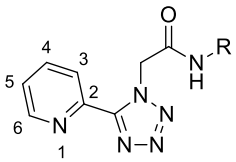
Ghi chú: δ: độ dịch chuyển hóa học (ppm); s: mũi đơn (singlet); d: mũi đôi (doublet); t: mũi ba (triplet); m: mũi đa (multiplet)

Kết quả phổ đồ của các dẫn chất **IVa-c** cho thấy đều xuất hiện các pic ion có giá trị bằng $[M+H]^+$ với cường độ mạnh. Độ dịch chuyển hóa học, độ bội của pic và các hằng số cộng hưởng phù hợp với các proton và nguyên tử carbon trong phổ ^{1}H-NMR, ^{13}C-NMR phù hợp với công thức dự kiến của 3 dẫn chất đã tổng hợp.

3.3. Đánh giá đặc tính "giống thuốc"

Các thông số về đặc tính "giống thuốc" dựa trên công cụ SwissADME (Hình 3) được trình bày tóm tắt ở **Bảng 2**.

*Bảng 2. Các thông số tính chất giống thuốc dựa trên công cụ SwissADME của dẫn chất **IVa-c***

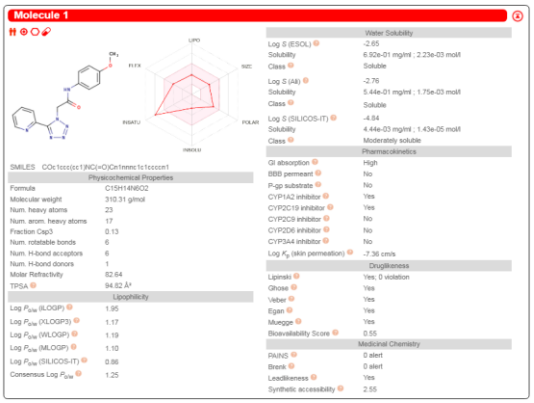


IVa-c

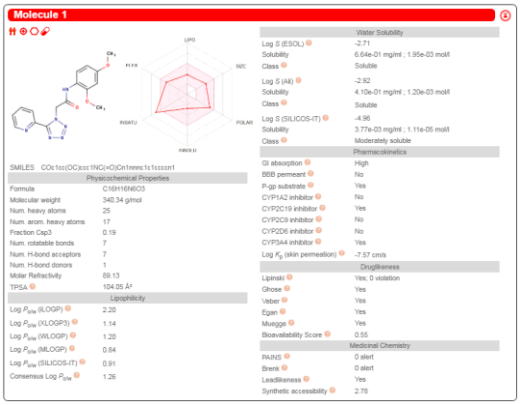
IVa. R = 4-methoxyphenyl
IVb. R = 2,4-dimethoxyphenyl
IVc. R = pyridine-2-yl

Dẫn chất	IVa	IVb	IVc
Molecular weight (g/mol)	310,31	340,34	281,27
Num. H-bond donors (HBD)	1	1	1
Num. H-bond acceptors (HBA)	6	7	6
LogP	1,19	1,20	0,58
Num. rotatable bonds	6	7	5
Topological polar surface area (TPSA) (Å²)	94,82	104,05	98,48
Blood-brain barrier (BBB) permeant	No	No	No
Gastrointestinal absorption	High	High	High

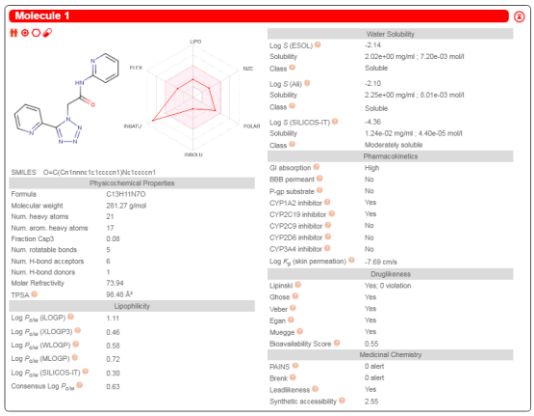
Như vậy, cả 3 chất đều có tính chất giống thuốc theo quy luật Lipinski và có khả năng hấp thu cao qua đường tiêu hóa nhưng khả năng hấp thu qua hàng rào máu não còn hạn chế. Đặc biệt, hai thông số logP và TPSA của **IVc** có giá trị tương đối gần với giá trị của thuốc có thể hấp thu qua hàng rào máu não theo phương pháp thẩm thấu Não hoặc Ruột (BOILED-Egg) (0,4 < logP < 6,0 và TPSA < 79 Å²). Qua đó cho thấy tiềm năng nghiên cứu sâu hơn về nhóm naphthalene và pyridine trong chất ức chế AChE ở não của bệnh nhân Alzheimer.



IVa



IVb



IVc

*Hình 3. Thông số giống thuốc theo công cụ SwissADME cho dẫn chất **IVa-c***

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã tổng hợp thành công 3 dẫn chất mang khung 2-(5-(pyridin-2-yl)-1*H*-tetrazol-1-yl)acetamid từ nguyên liệu ban đầu là 2-pyridin carbonitril thông qua hai phản ứng liên tiếp trong một bình phản ứng gồm phản ứng cộng đóng vòng [3+2] từ aryl nitril và azid vô cơ tạo vòng tetrazol, sau đó là phản ứng *N*-alkyl hóa giữa muối tetrazoat trung gian với tác nhân là 2-cloroethyl acetat. Các chất tổng hợp đảm bảo độ tinh khiết, phù hợp với công thức dự kiến thông qua khẳng định cấu trúc bằng các phương pháp phổ IR, MS, NMR. Kết quả thử đặc tính giống thuốc theo công cụ SwissADME, quy tắc 5 Lipinski và phương pháp thẩm thấu BOILED-Egg cho thấy, cả 3 chất đều có tính chất giống thuốc và có khả năng hấp thu cao qua đường tiêu hóa nhưng khả năng hấp thu qua hàng rào máu não còn hạn chế. Đặc biệt, hai thông số logP và TPSA của **IVc** có giá trị tương đối gần với giá trị của thuốc có thể hấp thu qua hàng rào máu não. Qua đó cho thấy tiềm năng của những khung cấu trúc này trong việc tổng hợp các dẫn chất ức chế AChE trong não của bệnh nhân Alzheimer.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Đổi mới sáng tạo Vingroup (VINIF) trong Dự Án mã số VINIF.2022.DA00061.

Tài liệu tham khảo

Colovic, Mirjana B, et al, 2013. Acetylcholinesterase inhibitors: pharmacology and toxicology. *Current neuropharmacology*. 11(3), pp. 315-335.

Daina A., Michielin O., Zoete V, 2017. SwissADME: a free web tool to evaluate pharmacokinetics, drug-likeness and medicinal chemistry friendliness of small molecules. *Sci Rep*, DOI: 10.1038/srep42717.

F. Pandolfi, D. De Vita, M. Bortolami, A. Coluccia, R. Di Santo, R. Costi, et al , 2017. New pyridine derivatives as inhibitors of acetylcholinesterase and amyloid aggregation. *Eur J Med Chem*, Vol. 14, pp. 197-210. https://10.1016/j.ejmech.2017.09.022.

H Ferreira-Vieira, Talita, et al, 2016. *Alzheimer's disease: targeting the cholinergic system*. 14(1), pp. 101-115.

H. Hippius, G. Neundörfer , 2003. The discovery of Alzheimer's disease. *Dialogues Clin Neurosci* Vol. 5, No. 1, pp. 101-108.

Kaushik, Niranjan, et al, 2018. Tetrazoles: Synthesis and biological activity. 18(1), pp. 3-21.

Kushwaha, Pragati, et al, 2019. Synthesis, biological evaluation and molecular dynamic simulations of novel Benzofuran-tetrazole derivatives as potential agents against Alzheimer’s disease. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, 29(1), pp. 66-72.

L. Hoffman, J. Bloemer, 2021. Side effects of drugs used in the treatment of Alzheimer's disease. *Side effects of drugs annual*, 43: Elsevier, p. 71-77.

Lopez, Jose A Soria, González, Hector M, and Léger, Gabriel C, 2019. Alzheimer's disease. *Handbook of clinical neurology*. 167, pp. 231-255.

M. P. Pollastri, 2010. Overview on the Rule of Five. *Current protocols in pharmacology*, Vol. 49, No. 1, pp. 9.12. 11-19.12.18.

M. Son, C. Park, S. Rampogu, A. Zeb, K. W. Lee, 2019. Discovery of Novel Acetylcholinesterase Inhibitors as Potential Candidates for the Treatment of Alzheimer's Disease. *Int J Mol Sci*, Vol. 20, No. 4.

https://10.3390/ijms20041000.

Martins, M Margarida, Branco, Paula S, and Ferreira, Luísa M, 2023. Enhancing the Therapeutic Effect in Alzheimer's Disease Drugs: The role of Polypharmacology and Cholinesterase inhibitors. *ChemistrySelect*, 8(10), p.e202300461.

Moreta, Marta Pérez-Gómez, et al, 2021. Efficacy of acetylcholinesterase inhibitors on cognitive function in Alzheimer's disease. *Review of reviews*, 9(11), p. 1689.

Stanciu, Gabriela Dumitrita, et al, 2020. Alzheimer's disease pharmacotherapy in relation to cholinergic system involvement. *Biomolecules* 10(40), doi:10.3390/biom10010040.

Z. Sang, K. Wang, J. Dong, L. Tang, 2022. Alzheimer's disease: Updated multi-targets therapeutics are in clinical and in progress. *Eur J Med Chem*, Vol. 238, No., pp. 114464.

ABSTRACT

Synthesis and evaluation of drug-like properties of some derivatives bearing 2-(5-(pyridine-2-yl)-1*H*-tetrazol-1-yl)acetamide scaffold

Nguyen Viet Hung[1,2,5,6,*], Tran Phuong Thao[2], Hoang Van Hai[3], Tran Dinh Hoang[2], Nguyen Phuong Dung[4], Nguyen Thi Kim Thoa[1], Cong Tien Dung[1], Ha Manh Hung[1], Nguyen Thi Thu Hien[1]

[1] *Hanoi University of Mining and Geology*

[2] *Hanoi University of Pharmacy*

[3] *Pheninkaa University*

[4] *Viet Nam University of Traditional Medicine*

[5]*BSASD research group, Faculty of Basic sciences, Hanoi University of Mining and Geology*

[6]*HiTech-CEAE Research Team, Hanoi University of Mining and Geology*

Acetylcholinesterase (AChE) has become an important and potential target in the research and development of new drugs for treating and slowing the progression of Alzheimer's disease (AD). Many studies have demonstrated that derivatives containing the tetrazole heterocycles have the ability to inhibit AChE. In this study, derivatives **IVa, IVb** and **IVc** bearing the 2-(5-(pyridine-2-yl)-1*H*-tetrazol-1-yl)acetamide scaffold were synthesized from the starting material 2-pyridine carbonitrile through [3+2] cycloaddition reactions, *N*-alkylation reactions, ester hydrolysis reactions, acidification reactions and finally amidation. After synthesis, the derivatives are tested for purity; Confirming the structure by infrared spectroscopy (IR), mass spectrometry (MS), proton nuclear magnetic resonance spectroscopy (^{1}H-NMR), carbon 13 nuclear magnetic resonance spectroscopy (^{13}C-NMR); Evaluate drug-like properties according to Lipinski's Rule of Five, BioLed-Egg methood based on the SwissADME tool's results of derivatives. The results showed that all three synthesized substances were pure and consistent with the expected formula and there are no substances that violate the Lipinski Rule of Five. In particular, the **IVc** derivative have values relatively close to the values of drugs that can be absorbed through the blood-brain barrier. Thereby showing the potential of these structural frameworks in synthesizing AChE inhibitor derivatives in the brains of Alzheimer's patients.

Keywords: Alzheimer; Acetylcholinesterase; Tetrazol

Khảo sát tính chất của vật liệu nano phát quang chuyển đổi ngược chứa Er^{3+} và Tm^{3+}

Hà Thị Phượng[1], Lê Thị Vinh[2], Phan Diệu Hằng[1], Nguyễn Thu Thuỷ[1], Đào Thị Ngoãn[1], Từ Anh Phong[1], Nguyễn Thị Nguyệt[1], Hoàng Xuân Cường[1], Nguyễn Thị Lệ[3], Hoàng Thị Thu Trang[3], Chu Nông Quân Huấn[3], Trần Thu Hương[4,*]

[1]*Trường Đại học Y Hà Nội*
[2] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[3] *Trường THPT Nà Bao*
[4]*Viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

TÓM TẮT

Vật liệu nano phát quang chuyển đổi ngược $NaYF_4$: Yb^{3+}/ (Er^{3+}, Tm^{3+}) được tổng hợp bằng phương pháp thuỷ nhiệt. Cấu trúc, hình thái học và tính chất quang của vật liệu được quan sát trên thiết bị phân tích nhiễu xạ tia X, phổ hồng ngoại, kính hiển vi điện tử phát trường và phổ huỳnh quang. Vật liệu có dạng hạt cầu với đường kính khoảng 100 ÷ 300 nm, phát quang mạnh trong vùng đỏ. Các kết quả khảo sát cho thấy, vật liệu nano $NaYF_4$: Yb^{3+}/ (Er^{3+}, Tm^{3+}) có triển vọng làm tác nhân phát hiện tế bào ung thư ứng dụng trong y sinh.

Từ khóa: $NaYF_4$: Yb^{3+}/(Er^{3+}, Tm^{3+}); vật liệu nano; phương pháp thủy nhiệt; phát quang

1. Đặt vấn đề

Các nhà khoa học trên thế giới đã và đang quan tâm nghiên cứu các vật liệu nano phát quang chứa đất hiếm do những tính chất quang vật lý hấp dẫn của chúng (Y. Li và nnk, 2022; T. Grzyb và nnk, 2021; H. Chen và nnk, 2022; S. Balabhadra và nnk, 2020). Ưu điểm của các hợp chất phát quang chứa đất hiếm là: Thời gian sống huỳnh quang dài, thân thiện với môi trường và con người nên chúng là vật liệu cơ sở và rất hữu ích cho việc chế tạo các công cụ đánh dấu huỳnh quang (phát hiện và nhận dạng tế bào ung thư), làm cảm biến cho việc xét nghiệm và chẩn đoán ảnh huỳnh quang (E. Hong và nnk, 2019; J. Grube và nnk, 2023; J. Grube và nnk, 2022; J. Chen và nnk, 2012). Hơn nữa, các vật liệu phát quang chứa đất hiếm kích thước nano có độ ổn định cao, dễ chế tạo, dễ chức năng hóa bề mặt. Đặc biệt, vật liệu có hiệu ứng chuyển ngược được ứng dụng trong phát hiện, nhận dạng tế bào đang là vấn đề nóng được nhiều nhà khoa học trên thế giới quan tâm (D. Vennerberg và nnk, 201; S. Cui và nnk, 2022; ; Y. Ma, 2015). Một trong những ứng dụng chính của loại vật liệu này là làm công cụ phát hiện tế bào, xác định sớm bệnh ung thư. Vật liệu được lựa chọn là vật liệu chứa ion đất hiếm (Er^{3+}, Tm^{3+})/Yb^{3+} có hiệu ứng chuyển đổi ngược cao, có khả năng ứng dụng hiệu quả trong y sinh.

Ở Việt Nam, một số nhóm các nhà khoa học cũng đã tập trung nghiên cứu hệ vật liệu phát quang chuyển đổi ngược $NaYF_4$ chứa Yb^{3+}/ Er^{3+} và đã đạt được những kết quả ban đầu (T.T. Huong và nnk, 2021; L.Q. Minh, 2012; T.T Hương, 2020). Tuy nhiên, hệ vật liệu có mặt đồng thời cả hai ion kích hoạt (Er^{3+} và Tm^{3+}) /Yb^{3+} còn chưa được đề cập nhiều. Theo bài báo này, chúng tôi tiến hành tổng hợp và khảo sát tính chất của vật liệu nano phát quang chuyển đổi ngược chứa đồng thời Er^{3+} và Tm^{3+} trên nền $NaYF_4$ nhằm đánh giá khả năng ứng dụng của vật liệu để phát hiện, đánh dấu một vài loại tế bào ung thư *in vitro*.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Hóa chất và phương pháp chuẩn bị mẫu

Hóa chất: Các hóa chất dùng để chế tạo vật liệu $NaYF_4$: (Er^{3+}, Tm^{3+})/Yb^{3+} gồm : $Y(NO_3)_3.6H_2O$ (Sigma, 99,9%); $Yb(NO_3)_3.5H_2O$ (Sigma, 99,9%); $Er(NO_3)_3.5H_2O$ (Sigma, 99,9%); $Tm(NO_3)_3.5H_2O$ (Sigma, 99,9%); NaF (Merck, 99%); NaOH (Merck, 99%); C_2H_5OH (Sigma, 99,9%); $C_2H_4(OH)_2$ (Merck, 99,9%); nước khử ion.

* *Tác giả liên hệ*
Email: lethivinh@humg.edu.vn

Các phép đo mẫu

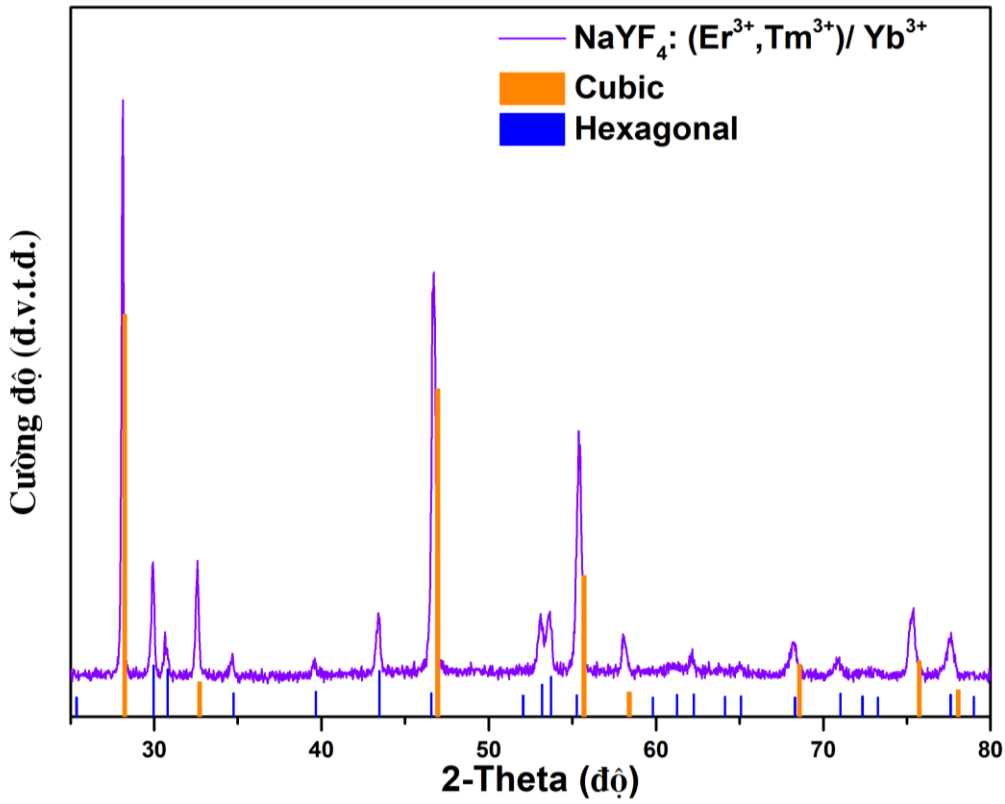
Kích thước, hình thái học của vật liệu được quan sát trên kính hiển vi điện tử (FESEM, Hitachi - field emission scanning electron microscopy). Cấu trúc của vật liệu được xác định bằng phương pháp đo nhiễu xạ tia X trên hệ nhiễu xạ kế D5000 Siemens với λ= 1,5406 Å. Phổ hồng ngoại được khảo sát trên máy đo phổ hồng ngoại FTIR - IMPACT 410-Nicolet. Phổ huỳnh quang của vật liệu được đo trên hệ đo phổ kế phân giải cao, Model: Microspec-2356 (Mỹ), với bước sóng laser kích thích tại 980 nm.

2.2. Quá trình thực nghiệm

Vật liệu nano $NaYF_4$: (Er^{3+}, Tm^{3+})/Yb^{3+} được tổng hợp theo phương pháp thủy nhiệt. Quy trình tổng hợp vật liệu được mô tả như sau: Cho vào bình phản ứng các dung dịch: NaOH, C_2H_5OH, $C_2H_4(OH)_2$, $Y(NO_3)_3$; $Yb(NO_3)_3$; $Er(NO_3)_3$; $Tm(NO_3)_3$ và nước. Khuấy đều hỗn hợp dung dịch này trong 15 phút rồi nhỏ từ từ dung dịch NaF vào và khuấy tiếp trong 6 giờ ở 150 ^oC. Hỗn hợp thu được chuyển vào bình teflon đựng trong Autoclave và tiến hành ủ nhiệt ở 200 ^oC trong 8 giờ. Sản phẩm thu được được li tâm, rửa sạch bằng nước khử ion rồi đem sấy ở 60 ^oC trong 24 giờ.

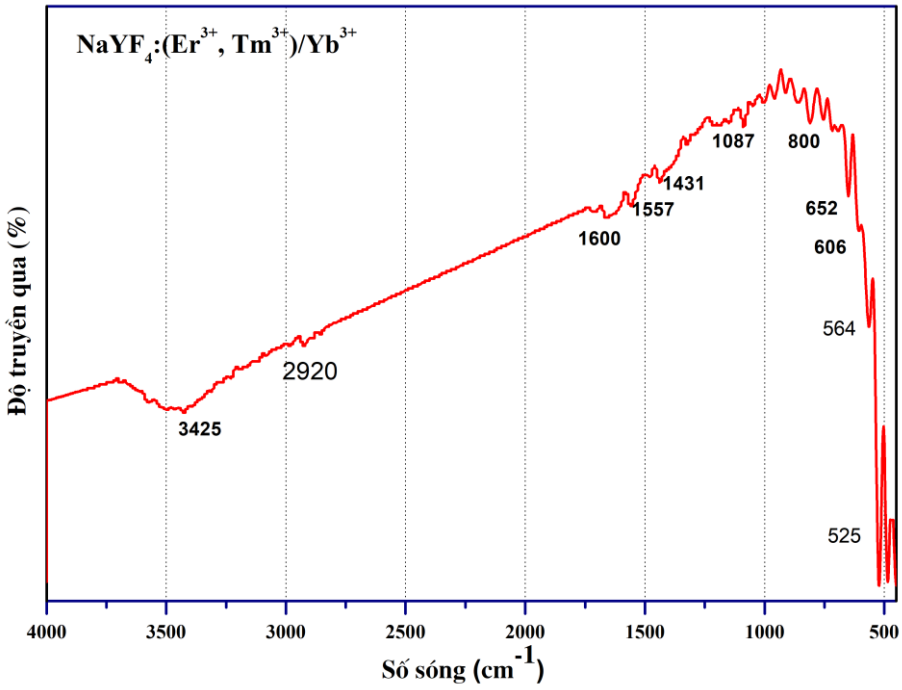
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Cấu trúc tinh thể và hình thái học



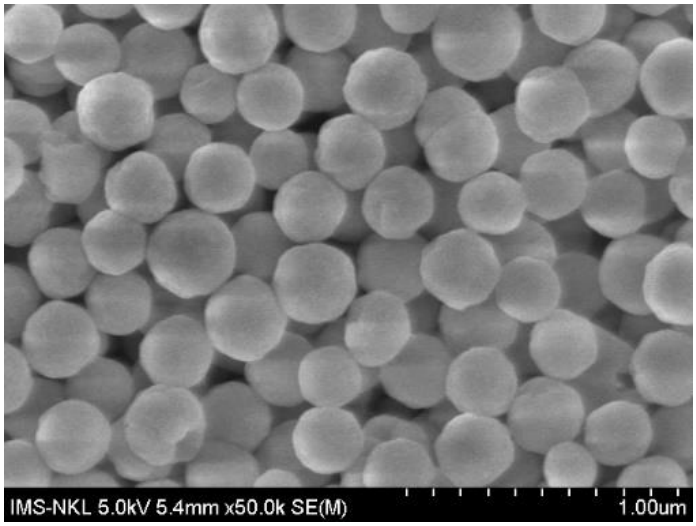
Hình 1. Giản đồ nhiễu xạ tia X của mẫu $NaYF_4$: Yb^{3+}/ (Er^{3+}, Tm^{3+}) ủ nhiệt ở 200℃ trong 8 giờ

Để xác định cấu trúc của vật liệu $NaYF_4$: Yb^{3+}/(Er^{3+}, Tm^{3+}) tổng hợp được, chúng tôi đã tiến hành phân tích giản đồ nhiễu xạ tia X thông qua phương pháp đo nhiễu xạ tia X (Hình 1). Từ giản đồ nhiễu xạ tia X cho thấy vị trí của các vạch nhiễu xạ chính có cấu trúc pha cubic α -$NaYF_4$ (phù hợp với thẻ chuẩn JCPDS số 77-2042) và một số vạch có cấu trúc pha hexagonal β -$NaYF_4$ (phù hợp với các kết quả trên thẻ chuẩn JCPDS số 28-1192). Theo thẻ chuẩn cho thấy, mẫu $NaYF_4$: Yb^{3+}/(Er^{3+}, Tm^{3+}) là hỗn hợp của pha cubic α -$NaYF_4$ và pha hexagonal β -$NaYF_4$. Ngoài ra, nhận thấy các đỉnh nhiễu xạ sắc nét và cao trong giản đồ XRD có thể suy luận rằng các mẫu được kết tinh tốt.



Hình 2. Phổ hồng ngoại của mẫu $NaYF_4$: Yb^{3+}/ (Er^{3+}, Tm^{3+}) ủ nhiệt ở 200℃ trong 8 giờ

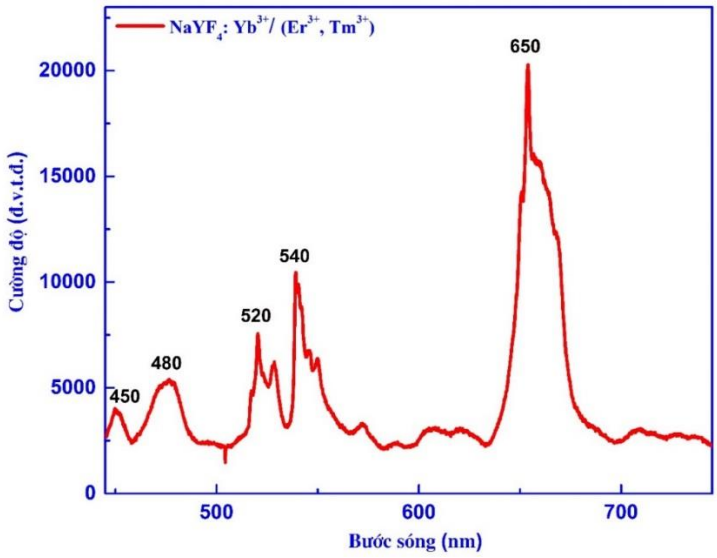
Phổ hồng ngoại của vật liệu phát quang chuyển ngược $NaYF_4$: Yb^{3+}/ (Er^{3+}, Tm^{3+}) được trình bày trên Hình 2. Kết quả phân tích phổ hồng ngoại thu được cho thấy, trên mẫu vật liệu $NaYF_4$: Yb^{3+}/ (Er^{3+}, Tm^{3+}) xuất hiện đỉnh hấp thụ tại 3490 cm^{-1} (đặc trưng cho dao động hoá trị liên kết O-H của hơi nước hấp thụ) và đỉnh hấp thụ tại 2920 cm^{-1} (đặc trưng cho dao động hoá trị liên kết -C-H). Các đỉnh hấp thụ nằm trong khoảng 1100 cm^{-1} - 1600 cm^{-1} là dao động biến dạng của liên kết -C-H, -C=O. Mặt khác, các nguyên tử đất hiếm Er, Tm, Yb liên kết với vật liệu nền $NaYF_4$ thể hiện qua các dao động ở các tần số thấp tương ứng với các số sóng trong khoảng 400 cm^{-1} - 800 cm^{-1}.



Hình 3. Ảnh FESEM của mẫu $NaYF_4$: Yb^{3+}/ (Er^{3+}, Tm^{3+}) ủ nhiệt ở 200℃ trong 8 giờ

Hình thái học của các mẫu được trình bày trên Hình 3. Qua ảnh FESEM cho thấy, vật liệu $NaYF_4$: Yb^{3+}/(Er^{3+}, Tm^{3+}) tổng hợp được có dạng hạt cầu với đường kính khoảng 100 nm ÷ 300 nm. Các hạt khá đồng đều và không bị kết dính.

3.2. Tính chất phát quang



Hình 4. Phổ huỳnh quang của mẫu $NaYF_4$: Yb^{3+}/ (Er^{3+}, Tm^{3+}) ủ nhiệt ở 200℃ trong 8 giờ.

Điều kiện để vật liệu ứng dụng được trong y sinh là chúng phải có cấu trúc ổn định, kích thước nano và phát quang tốt. Kết hợp các nghiên cứu về cấu trúc, hình thái học, chúng tôi tiến hành khảo sát tính chất phát quang của vật liệu nano $NaYF_4$: Yb^{3+}/ (Er^{3+}, Tm^{3+}) bằng cách đo phổ huỳnh quang (Hình 4). Kết quả cho thấy vật liệu phát quang chuyển đổi ngược trong vùng đỏ ứng với các đỉnh phát xạ nằm trong vùng có bước sóng từ 300 đến 800 nm. Tại bước sóng 450 nm, 480 nm ứng với chuyển dời $^1D_2 \rightarrow {}^3F_4$, $^1G_4 \rightarrow {}^3H_6$ của ion Tm^{3+}; tại các bước sóng 520 nm, 540 nm và 650 nm ứng với các chuyển dời $^2H_{11/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$, $^4S_{3/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ và $^4F_{9/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ tương ứng của ion Er^{3+} khi kích thích tại bước sóng 980 nm.

4. Kết luận

Đã tổng hợp thành công vật liệu nano phát quang $NaYF_4$: Yb^{3+}/(Er^{3+}, Tm^{3+}) bằng phương pháp thủy nhiệt. Vật liệu tổng hợp được có dạng hạt cầu với đường kính khoảng 100 ÷ 300 nm, có cấu trúc hỗn hợp pha cubic α và pha hexagonal β. Vật liệu phát huỳnh quang tốt ở ánh sáng đỏ ứng với các chuyển dời đặc trưng $^1D_2 \rightarrow {}^3F_4$, $^1G_4 \rightarrow {}^3H_6$ của ion Tm^{3+}; $^2H_{11/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$, $^4S_{3/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ và $^4F_{9/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ tương ứng của ion Er^{3+} khi kích thích tại bước sóng 980 nm. Kết quả cho thấy vật liệu nano $NaYF_4$: Yb^{3+}/(Er^{3+}, Tm^{3+}) thích hợp dùng để tạo công cụ phát hiện, đánh dấu tế bào ung thư ứng dụng trong y sinh.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được hỗ trợ kinh phí từ Đề tài mã số VAST 03.03/23-24 thuộc Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Các tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Y Hà Nội đã tạo điều kiện để thực hiện đề tài cấp cơ sở theo quyết định số 698/QĐ-ĐHYHN về việc phê duyệt nhiệm vụ khoa học công nghệ cấp cơ sở của Trường Đại học Y Hà Nội năm 2024.

Tài liệu tham khảo

D. Vennerberg and Z. Lin, 2011. Upconversion Nanocrystals: Synthesis, Properties, Assembly and Applications. *Science of Advanced Materials*, Vol. 3, 26–40.

E. Hong, L. Liu, L. Bai, C. Xia, L. Gao, L. Zhang, & B. Wang, 2019. Control Synthesis, Subtle Surface Modification of Rare-Earth-Doped Upconversion Nanoparticles and their Applications in Cancer Diagnosis and Treatment. *Materials Science and Engineering C, 105*, 110097. https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.110097.

H. Chen, W. Tang, Y. Liu, & L. Wang, 2022, Quantitative Image Analysis Method for Detection of Nitrite with Cyanine Dye-$NaYF_4$:Yb,Tm@$NaYF_4$ Upconversion Nanoparticles Composite Luminescent Probe. *Food Chemistry, 367*, 130660. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130660.

J. Chen and J. X. Zhao, 2012. Upconversion Nanomaterials: Synthesis, Mechanism, and Applications in Sensing. *Sensors* 12, 2414-2435.

J. Grube, 2022. Up-Conversion Luminescence Processes in $NaLaF_4$ Doped with Tm^{3+} and Yb^{3+} and Dependence on Tm^{3+} Concentration and Temperatue". *Appl Spectrosc*, 76(2), 189-198.

J. Grube, J. Butikova, 2023. Thermal Effects in Up-Conversion Luminescence $NaYF_4$: Tm^{3+}, Yb^{3+} Core-Shell Nanoparticles in the Temperature Range of 18-312 K. *Appl Spectrosc*, 77(12), 1344 - 1350.

L. Q. Minh, T. T. Huong, N. T. Huong, H. T. Khuyen, N. T. Binh, D. K. Tung, T. K. Anh, N. D. Hien, L. T. Luan, N. T. Quy, D. M. Dung, N. N. A. Thu and N. V. Man, 2012. Development of a fluorescent label tool based on lanthanide nanophosphors for viral biomedical application. *Nanosci. Nanotechnol.* 3, 2043-6254.

S. Balabhadra, M. F. Reid, V. Golovko & J. P. R. Wells, 2020. A Comparison of the Yb^{3+} Absorption and Upconversion Excitation Spectra for Both the Cubic and Hexagonal Phases of NaYF4:Yb^{3+}/Er^{3+} Nanoparticles. *Optical Materials*, *107*, 110050. https://doi.org/10.1016/j.optmat.2020.110050.

S. Cui, L. Tao, W. K. Chan, D. Zhou, Z. Yu, W. Xu, 2022. Tunable concentration-dependent upconversion and downconversion luminescence in NaYF4: Yb^{3+}, Er^{3+}@ $NaYF_4$: Yb^{3+}, Nd^{3+} core-shell nanocrystals for a dual-mode anti-counterfeiting imaging application. *Opt Lett.* 1;47(11), 2814-2817.

T. Grzyb, P. Kamiński, D. Przybylska, A. Tymiński, F. Sanz-Rodríguez, P. Haro Gonzalez, 2021. Manipulation of up-conversion emission in $NaYF_4$ core@shell nanoparticles doped by Er^{3+}, Tm^{3+}, or Yb^{3+} ions by excitation wavelength-three ions-plenty of possibilities. *Nanoscale*, 13(15), 7322-7333.

T. T. Huong, H. T. Phuong, L. T. Vinh, H. T. Khuyen, D. T. Thao, L. D. Tuyen, T. K. Anh, and L. Q. Minh, 2021. Upconversion $NaYF_4$:Yb^{3+}/Er^{3+}@silica-TPGS bio-nano complexes: synthesis, characterization, and in vitro test for labelling cancer cells. *The Journal of Physical Chemistry B*, 125, 34, 9768-9775.

T. T. Hương, H. T. Phượng, L. T. Vinh, P. D. Hằng, H. T. Khuyên, 2020. Tổng hợp vật liệu nano $NaYF_4$: Yb^{3+}, Er^{3+} nhằm ứng dụng trong đánh dấu tế bào ung thư phổi Lu-1. *Vietnam J. Chem.*, 58(5E12), 255-261.

Y. Ma, M. Chen, M. Li, 2015. Hydrothermal synthesis of hydrophilic $NaYF_4$:Yb,Er nanoparticle with bright upconversion luminescence as biological label. *Materials Letters*, 139, 22–25.

Y. Li, C. Chen, F. Liu, J. Liu, 2022. Engineered lanthanide-doped upconversion nanoparticles for biosensing and bioimaging application. *Mikrochim Acta*, 189(3), 109. doi: 10.1007/s00604-022-05180-1.

ABSTRACT

Survey on the properties of upconversion luminescent materials containing Er^{3+} and Tm^{3+}

Ha Thi Phuong[1], Le Thi Vinh[2], Phan Dieu Hang[1], Nguyen Thu Thuy[1], Dao Thi Ngoan[1], Tu Anh Phong[1], Nguyen Thi Nguyet[1], Hoang Xuan Cuong[1], Nguyen Thi Le[3], Hoang Thi Thu Trang[3], Chu Nong Quan Huan[3], Tran Thu Huong[4,*]

[1]Hanoi Medical University
[2]Faculty of Basic Science, Hanoi University of Mining and Geology
[3]Na Bao High School
[4]Institute of Materials Science, Vietnam Academy of Science and Technology

In this report, we present several results on the synthesis of $NaYF_4$: Er^{3+}/Tm^{3+} nanomaterials using the hydrothermal method. We find suitable conditions to control the particle size of the material. The morphology, structure, and optical properties of the nanomaterials were observed using field emission electron microscopy, infrared spectroscopy, X-ray diffraction analysis, and fluorescence spectroscopy. The $NaYF_4$: Yb^{3+}/ (Er^{3+}, Tm^{3+}) material has a particle shape with a diameter of about 100 to 300 nm, emits strong fluorescence in the red region. The survey results show that $NaYF_4$: Yb^{3+}/(Er^{3+}, Tm^{3+}) nanomaterials have potential as agents for detecting cancer cells in biomedical applications.

Keywords: "$NaYF_4$: Yb^{3+}/(Er^{3+}, Tm^{3+})"; "nanomaterials"; "hydrothermal method"; "fluorescence"

Ảnh hưởng của hạt nano TiO_2 tới quá trình kết tủa điện hoá của niken

Lê Thị Phương Thảo[1,2,3*], Nguyễn Mạnh Hà[1]

[1]Bộ môn Hoá học, Khoa Khoa học cơ bản, Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[2]Nhóm nghiên cứu BSASD, Khoa Khoa học Cơ bản, Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[3]Nhóm nghiên cứu mạnh HiTech-CEAE, Trung tâm Phân tích, Thí nghiệm Công nghệ cao, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Lớp mạ niken và lớp mạ tổ hợp Ni-nano TiO_2 đã được tạo thành trên nền đồng từ dung dịch niken clorua bằng kỹ thuật điện phân. Lớp mạ tổ hợp kết hợp được tính chất của hạt nano TiO_2 và tính chất của kim loại nền Ni nên thể hiện độ bền, độ cứng và khả năng chống ăn mòn cao hơn lớp mạ niken nguyên chất. Ảnh hưởng của hạt TiO_2 đến quá trình hình thành lớp mạ niken đã được đánh giá thông qua kết quả đo đường cong phân cực của đồng trong dung dịch niken clorua và ảnh chụp FE-SEM bề mặt các lớp mạ theo thời gian mạ khác nhau. Kết quả cho thấy, hạt TiO_2 được đồng kết tủa một cách cơ học vào lớp mạ niken nhưng có ảnh hưởng tới sự tạo mầm của tinh thể niken dẫn đến vừa có thể làm tăng cường tính chất cho lớp mạ niken vừa làm thay đổi hình thái học bề mặt lớp mạ, do đó làm tăng tính kỵ nước và tăng khả năng chống ăn mòn của lớp mạ.

Từ khóa: "TiO_2"; "lớp mạ tổ hợp"; "niken"; "điện phân"; "tính kỵ nước"

1. Đặt vấn đề

Lớp mạ tổ hợp điện hoá (composite electroplating - CEP) thu được bằng phương pháp điện phân có chứa các hạt rắn phân bố đồng đều trong toàn bộ thể tích lớp mạ. Sự có mặt của hạt rắn trong thành phần lớp mạ sẽ làm tăng cường cơ tính, độ bền ăn mòn, độ bền mài mòn (Sknar, Sknar et al. 2023) cũng như đem đến các tính chất mới cho lớp mạ tổ hợp so với lớp mạ kim loại ban đầu như tính kỵ nước, tự làm sạch, diệt khuẩn ...(Zhao, Zhao et al. 2022; Sknar, Sknar et al. 2023). Những tính chất trên chủ yếu phụ thuộc vào đặc tính và hàm lượng hạt tổ hợp trong lớp mạ (Alireza et al. 2021).

Các hạt rắn nhờ sự khuấy trộn trong dung dịch điện phân, di chuyển tới bề mặt điện cực và được đồng kết tủa cùng với kim loại mạ. Sự có mặt của các hạt tổ hợp ở gần khu vực catốt cũng như sự đồng kết tủa vào lớp mạ có thể có ảnh hưởng tới quá trình mạ như ảnh hưởng đến tốc độ mạ, tốc độ tạo mầm tinh thể, dẫn đến ảnh hưởng đến hình thái học bề mặt và tính chất lớp mạ (Protsenko and Danilov 2022).

Để đánh giá ảnh hưởng của hạt tổ hợp tới quá trình mạ có thể sử dụng các phương pháp điện hoá như phương pháp đo đường cong phân cực, đo tổng trở, đo thế zeta; để đánh giá ảnh hưởng của hạt rắn đến tính chất lớp mạ có thể sử dụng kết hợp các phương pháp và kỹ thuật đánh giá tính chất của lớp mạ như phương pháp đo SEM, đo phổ nhiễu xạ tia X (XRD), đo độ cứng lớp mạ, đo độ bền ăn mòn, độ bền mài mòn,...

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày kết quả đánh giá ảnh hưởng của hạt nano TiO_2 đến quá trình hình thành và phát triển của lớp mạ niken tạo thành từ dung dịch niken clorua thông qua kết quả đo đường cong phân cực và các hình ảnh SEM chụp bề mặt lớp mạ.

2. Thực nghiệm

2.1. Điều kiện tạo lớp mạ tổ hợp

Lớp mạ tổ hợp Ni-TiO_2 trên nền đồng thu được từ dung dịch mạ có thành phần: $NiCl_2.6H_2O$ 1 M, H_3BO_3 0,5 M, natri lauryl sunphat 0,1 g/L, TiO_2 6 g/L. Hạt TiO_2 (dạng anatase, 8 ÷ 10 nm) được phân tán đều trong dung dịch mạ nhờ sự khuấy trộn bằng máy khuấy từ nhiệt trước khi mạ 2 giờ và liên tục trong quá trình mạ. Nhiệt độ quá trình mạ là 55 - 60^{o}C, pH dung dịch được duy trì là 4.

* *Tác giả liên hệ*
Email: lethiphuongthao@humg.edu.vn

Catôt là các tấm đồng đỏ diện tích 2 cm × 2 cm × 0,3 mm được mài bóng nhẹ, tẩy dầu mỡ và hoạt hóa bằng dung dịch H_2SO_4 10% trong 20 giây trước khi mạ. Mẫu mạ xong được rửa sạch dưới vòi nước rồi rửa bằng axeton và sấy khô ở 60°C. Điện cực anốt là các tấm niken mỏng có diện tích lớn hơn catốt 3 - 4 lần.

2.2. Điều kiện đo đạc

Đường cong phân cực (ĐCPC) catôt khảo sát quá trình mạ Ni được đo trên thiết bị Autolab PG302 tại Viện Hóa học - Vật liệu, Viện Khoa học và Công nghệ Quân sự: Dung dịch khảo sát là dung dịch chứa $NiCl_2$ 1 M, H_3BO_3 0,5 M, natri lauryl sunphat 0,1 g/L với hàm lượng TiO_2 thay đổi từ 0 ÷ 10 g/L. Điện cực làm việc là điện cực Cu cố định diện tích 1 cm^2; điện cực đối là điện cực Ni; điện cực so sánh là điện cực bạc – bạc clorua bão hòa Ag/AgCl; vùng quét thế: từ thế mạch hở (OCP) đến -1,2 V; tốc độ quét 5 mV/s; nhiệt độ 55°C.

Hình thái cấu trúc bề mặt lớp mạ được xác định thông qua ảnh hiển vi điện tử quét SEM chụp trên thiết bị Hitachi S-4800 tại Viện Khoa học Vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, độ phóng đại tới 100.000 lần.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả đo đường cong phân cực

Kết quả đo đường cong phân cực catôt của điện cực Cu trong dung dịch $NiCl_2$ 1 M + H_3BO_3 0,5 M + natri lauryl sunphat 0,1 g/L (dung dịch D1) đo ở 55°C được thể hiện trên hình 1.

Kết quả từ hình 1 cho thấy, điện thế phóng điện của Ni^{2+} trong dung dịch khảo sát là khoảng -0,67 V (Ag/AgCl), âm hơn điện thế phóng điện của hiđrô nên trong quá trình mạ niken luôn luôn có sự thoát khí H_2. Tuy nhiên, trong dung dịch niken clorua, sự khử ion Ni^{2+} xảy ra trước rồi sau đó hiđrô nguyên tử mới được tạo thành và bám vào bề mặt điện cực đã được kết tủa niken. Cả hai quá trình này chỉ xảy ra sau khi ion Cl^- được giải phóng khỏi bề mặt điện cực ở một điện thế đủ âm (Oriňáková, Strečková et al. 2006). Theo các tác giả này thì quá trình mạ trong dung dịch niken clorua diễn ra theo cơ chế sau:

$$Ni^{2+} + Cl^- \rightleftharpoons NiCl^+ \quad (1)$$

$$NiCl^+ \rightleftharpoons NiCl^+_{(hấp\ phụ)} \quad (2)$$

$$NiCl^+_{(hấp\ phụ)} + e^- \rightarrow NiCl_{(hấp\ phụ)} \quad (3)$$

$$NiCl_{(hấp\ phụ)} + e^- \rightleftharpoons Ni + Cl^- \quad (4)$$

Đầu tiên, xảy ra phản ứng (1) trong dung dịch, sau đó các ion $NiCl^+$ khuếch tán từ trong dung dịch tới bề mặt điện cực và hấp phụ trên bề mặt điện cực theo phản ứng (2). Ở điện thế âm ít, phản ứng (3) xảy ra chậm và quyết định tốc độ của quá trình, phản ứng (4) xảy ra với tốc độ nhanh hơn. Ở điện thế âm nhiều xảy ra sự giải phóng khí H_2; các phản ứng (1)-(4) xảy ra đồng thời với các phản ứng (5)-(7):

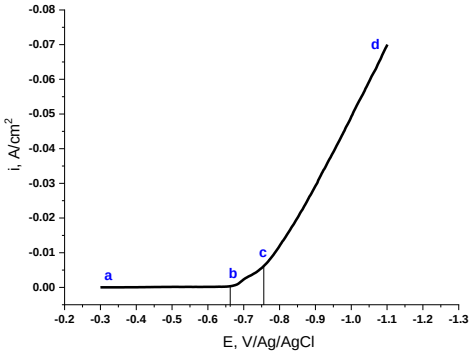
$$Ni + H^+ + e \rightarrow Ni\text{-}H_{(hấp\ phụ)} \quad (5)$$

$$2Ni\text{-}H_{(hấp\ phụ)} \rightarrow 2Ni + H_2 \quad (6)$$

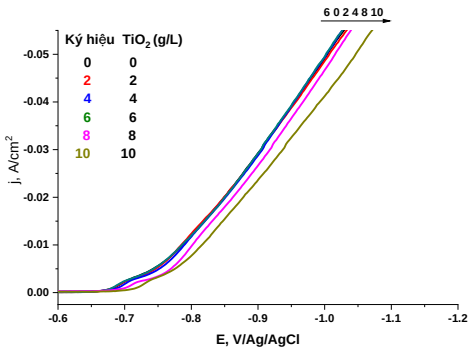
$$Ni\text{-}H_{(hấp\ phụ)} + H^+ + e \rightarrow Ni + H_2 \quad (7)$$

Ở điện thế âm nhiều hơn nữa, tốc độ của quá trình được quyết định đồng thời bởi sự khuếch tán của các phần tử trong dung dịch tới bề mặt điện cực và sự hấp phụ của chúng trên bề mặt điện cực, tương ứng với các phản ứng (5), (7), (2).

Trong dung dịch nghiên cứu, các khoảng thế trên ứng với các giai đoạn a-b, b-c, c-d trên hình 1. Ở giai đoạn c-d, mật độ dòng tăng mạnh chứng tỏ sự kết tủa Ni rõ rệt. Tuy nhiên, cùng với quá trình này còn có sự khử ion H^+ mạnh mẽ tạo ra nhiều khí H_2 ở điện cực.



Hình 1. ĐCPC catôt của điện cực Cu trong dung dịch D1, 55°C, khuấy dung dịch, tốc độ quét 5 mV/s

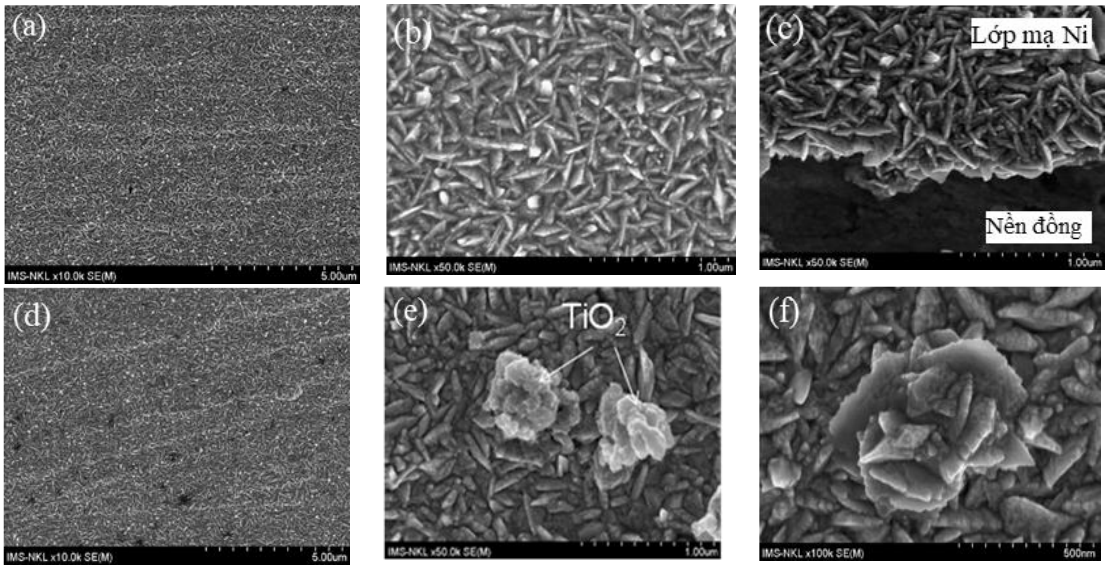


Hình 2. ĐCPC catôt của điện cực Cu trong dung dịch D1 chứa TiO_2 0 ÷ 10 g/L, 55°C, khuấy dung dịch, tốc độ quét 5 mV/s

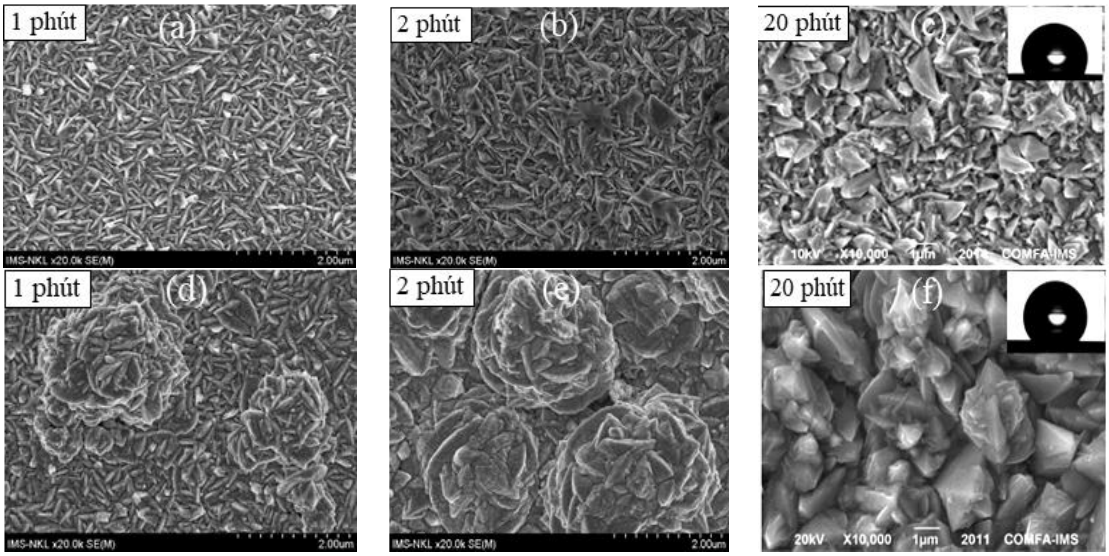
Đường cong phân cực của niken khi trong dung dịch mạ có thêm hạt TiO_2 (hình 2) vẫn có cùng hình dạng như khi đo trong dung dịch D1 ban đầu (hình 1) với các vùng thế tương ứng a-b, b-c, c-d, chứng tỏ các giai đoạn xảy ra trong quá trình mạ không thay đổi. Phân cực catôt hầu như không thay đổi khi có thêm hạt TiO_2 trong dung dịch với nồng độ 2 - 6 g/L nhưng tăng nhẹ khi nồng độ TiO_2 trong dung dịch tăng từ 6 g/L đến 10 g/L (hình 2). Hiện tượng này là do khi lượng hạt trong dung dịch tăng lên đến 8 – 10 g/L, các hạt trơ nano TiO_2 được hấp phụ nhiều vào bề mặt catôt làm giảm số lượng ion đến điện cực dẫn đến làm giảm tốc độ phóng điện và kết tủa của ion kim loại mạ, nên phân cực catôt tăng. Tuy nhiên, sự thay đổi này rất ít, hơn nữa lượng hạt rất nhỏ so với nồng độ ion Ni^{2+} trong dung dịch. Do vậy, thực tế ảnh hưởng của TiO_2 đến độ phân cực là không đáng kể, các hạt rắn chỉ bám cơ học lên điện cực mà không tham gia vào quá trình phóng điện trên điện cực và không ảnh hưởng tới quá trình mạ Ni.

3.2. Kết quả chụp SEM bề mặt lớp mạ

Ảnh FE-SEM chụp bề mặt lớp mạ Ni và lớp mạ tổ hợp Ni-nano TiO_2 (mạ từ dung dịch D1 chứa 6 g/L TiO_2) ở mật độ dòng 3 A/dm^2, thời gian từ 30 giây đến 2 phút với các độ phóng đại khác nhau được thể hiện trên hình 3 - 4 cho thấy sự phát triển tinh thể của từng lớp mạ.



Hình 3. Ảnh FE-SEM các mẫu mạ Ni (a, b, c) và Ni-nano TiO_2 (d, e, f) với thời gian mạ 30 giây



Hình 4. Ảnh FE-SEM các mẫu mạ Ni (a, b, c) và Ni-nano TiO_2 (d, e, f) với thời gian mạ 1 phút, 2 phút, 20 phút

Với thời gian mạ rất ngắn, 30 giây, lớp mạ mặc dù chưa che phủ đều toàn bộ bề mặt nền (hình 3, lớp mạ Ni, độ phóng đại 50.000) nhưng bề mặt lớp mạ khá đồng đều, sự phát triển tinh thể ổn định, định hình hình thái học bề mặt lớp mạ. Đây là một lớp mạ không mịn gồm các hạt như cây gai với chiều dài cỡ 2 - 3 µm. Khi trong dung dịch mạ có thêm hạt nano TiO_2 thì sự gắn bám và đồng kết tủa trên lớp mạ của các hạt nano TiO_2 đã ảnh hưởng tới sự phát triển tinh thể và tạo mầm tinh thể, dẫn đến làm xuất hiện hình dạng như bông hoa trên bề mặt lớp mạ.

Khi thời gian mạ tăng lên 1 phút, hình thái học bề mặt lớp mạ Ni hầu như không thay đổi (hình 4), các tinh thể tiếp tục phát triển tạo ra hình thái học bề mặt như mẫu mạ trong 30 giây. Trong khi đó, trên bề mặt lớp mạ tổ hợp Ni-nano TiO_2 đã xuất hiện thêm rất nhiều các "bông hoa" với kích thước lớn hơn so với mẫu mạ mạ trong thời gian 30 giây. Hiện tượng này là do, trên nền cấu trúc không phẳng của lớp mạ Ni, sự có mặt các hạt TiO_2 đã làm ảnh hưởng đến tốc độ tạo mầm và tốc độ phát triển tinh thể của niken, nhưng khả năng hạn chế sự phát triển tinh thể là nhiều hơn, nên dẫn đến tạo ra lớp mạ có dạng nhánh, trên các nhánh lớn có các nhánh nhỏ hơn phát triển theo các hướng khác nhau tạo nên cấu trúc có dạng như cánh hoa hồng. Thời gian mạ tiếp tục tăng lên (hình 4), các "hạt" của các lớp mạ tiếp tục phát triển lớn hơn, trong đó nhiều hạt hình cây gai trên bề mặt lớp mạ Ni phát triển to lên dần chuyển sang dạng hình phiến.

Ảnh SEM chụp bề mặt lớp mạ Ni và lớp mạ tổ hợp Ni-nano TiO_2 ở mật độ dòng 3 A/dm^2, thời gian 20 phút được thể hiện trên hình 4. Ảnh chụp này cho thấy, hình thái học bề mặt của các lớp mạ này tương tự như các lớp mạ tương ứng ở thời gian mạ 2 phút. Lớp mạ tổ hợp Ni-nano TiO_2 tạo thành ở điều kiện này có 10,53% (về khối lượng) TiO_2 trong lớp mạ, hình thái học bề mặt đồng đều và có độ nhám lớn hơn so với lớp mạ Ni nguyên chất ở cùng điều kiện, do đó tính kỵ nước cao hơn (góc tiếp xúc tương ứng là 164,7^o và 125,7^o).

Các lớp mạ tổ hợp thường có cấu trúc tinh thể mịn hạt hơn so với lớp mạ kim loại nguyên chất (Low, Wills et al. 2006). Tuy nhiên, khi lượng hạt trong dung dịch mạ tăng đến một giá trị nhất định thì lại làm tăng độ nhám của lớp mạ. Một số lớp mạ tổ hợp có độ nhám lớn hơn lớp mạ kim loại nguyên chất và độ nhám của lớp mạ tăng theo hàm lượng hạt trên lớp mạ (Daemi, Mahboubi et al. 2011). Đối với các lớp mạ niken được khảo sát, lớp mạ kim loại niken nguyên chất được tạo thành từ dung dịch niken clorua không phải là lớp mạ mịn hạt nhưng có độ nhám chưa cao với dạng hình phiến, cấu trúc bề mặt không đồng đều, nên tính kỵ nước thấp với góc tiếp xúc chỉ đạt 125,7^o. Trên nền cấu trúc này, sự có mặt các hạt TiO_2 đã ảnh hưởng tới sự phát triển tinh thể, tạo ra lớp mạ có dạng nhánh, trên các nhánh lớn (kích thước micro) có các nhánh nhỏ hơn (kích thước nano) phát triển theo các hướng khác nhau tạo ra cấu trúc có dạng như cánh hoa hồng. Do vậy, lớp mạ tổ hợp tạo thành tuy gồm các hạt có kích thước lớn hơn nhưng đồng đều hơn, độ thô nhám lớn hơn, góc tiếp xúc đạt 164,7^o.

Để đạt được tính chất siêu kỵ nước thì bề mặt rắn cần hai yếu tố là cấu trúc có thứ bậc và năng lượng bề mặt thấp. Tuy nhiên, các bề mặt rắn phẳng dù có năng lượng bề mặt thấp nhất thì góc tiếp xúc cũng chỉ đạt 120^o, do vậy cấu trúc có thứ bậc gồm hai tỉ lệ micro/nano là yếu tố quyết định tính siêu kỵ nước của bề mặt rắn (Barati Darband, Aliofkhazraei et al. 2020). Với lớp mạ Ni-nano TiO_2, sự có mặt của các hạt nano TiO_2 đã giúp tạo ra cấu trúc có thứ bậc dẫn đến làm tăng tính kỵ nước so với lớp mạ niken.

4. Kết luận

Kết quả đo đường cong phân cực cho thấy, ảnh hưởng của TiO_2 đến độ phân cực là không đáng kể, các hạt rắn TiO_2 chỉ bám cơ học lên điện cực mà không tham gia vào quá trình phóng điện trên điện cực và không làm thay đổi cơ chế của quá trình mạ niken. Tuy nhiên, sự đồng kết tủa của các hạt nano TiO_2 vào lớp mạ niken đã ảnh hưởng tới sự phát triển của các tinh thể niken, dẫn đến hình thái học của bề mặt lớp mạ thay đổi, theo hướng làm tăng độ nhám của lớp mạ, do vậy tính kỵ nước của lớp mạ tổ hợp Ni-TiO_2 cao hơn hẳn so với lớp mạ niken nguyên chất.

Tài liệu tham khảo

Alireza, D. T., et al, 2021. Electrodeposition of Nickel matrix composite coatings via various Boride particles: A review. *Journal of Composites and Compounds* 3: 106-113.

Barati Darband, G., M. Aliofkhazraei, S. Khorsand, S. Sokhanvar and A. Kaboli, 2020. Science and Engineering of Superhydrophobic Surfaces: Review of Corrosion Resistance, Chemical and Mechanical Stability. *Arabian Journal of Chemistry* 13(1): 1763-1802.

Daemi, N., F. Mahboubi and H. Alimadadi, 2011. Effect of plasma nitriding on electrodeposited Ni–Al composite coating. *Materials & Design* 32(2): 971-975.

Low, C. T. J., R. G. A. Wills and F. C. Walsh, 2006. Electrodeposition of composite coatings containing nanoparticles in a metal deposit. *Surface and Coatings Technology* 201(1-2): 371-383.

Oriňáková, R., M. Strečková, L. Trnková, R. Rozik and M. Gálová, 2006. Comparison of chloride and

sulphate electrolytes in nickel electrodeposition on a paraffin impregnated graphite electrode. *Journal of Electroanalytical Chemistry* 594(2): 152-159.

Protsenko, V. S. and F. I. Danilov, 2022. Kinetic model of composite coatings electrodeposition assuming irreversible adsorption of dispersed particles on a growing metal substrate. *Journal of Electroanalytical Chemistry* 918: 116463.

Sknar, Y. E., I. V. Sknar, O. O. Savchuk, T. V. Hrydnieva and O. D. Butyrina, 2023. Electrodeposition of Ni-zirconia or Ni-titania composite coatings from a methanesulfonic acid bath. *Surface and Coatings Technology* 452: 129120.

Zhao, G., M. Zhao and W. Zhang, 2022. "Preparation of Ni-TiO_2 Composite Coatings on Q390E Steel by Pulse Electrodeposition and their Photocatalytic and Corrosion Resistance Properties. *International Journal of Electrochemical Science* 17(8).

ABSTRACT

Effect of TiO_2 nanoparticles on the electrochemical precipitation of nickel

Le Thi Phuong Thao[1,2,3*], Nguyen Manh Ha[1]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*BSASD research group, Faculty of Basic sciences, Hanoi University of Mining and Geology*
[3]*HiTech-CEAE Research Team, Hanoi University of Mining and Geology*

Nickel plating and Ni-nano TiO_2 composite plating were created on copper from nickel chloride solution using an electrolysis process. Compared to pure nickel plating, the composite plating has greater durability, hardness, and corrosion resistance because it combines the qualities of TiO_2 nanoparticles and the Ni base metal. The effect of TiO_2 particles on the creation of the nickel plating layer was assessed using the results of measuring the polarization curve of copper in nickel chloride solution and FE-SEM images of the plating layers' surfaces at various plating times. The findings demonstrate that while TiO_2 particles mechanically co-precipitate into the nickel plating layer, they also have an impact on the nucleation of nickel crystals, which can modify the surface morphology of the plating layer and improve its characteristics, including its hydrophobicity and corrosion resistance.

Keywords: “TiO_2”; “composite electroplating”; “nickel”; “electrolysis”; “hydrophobicity”

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Nghiên cứu khả năng hấp phụ của khoáng sét haloysit đối với Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}

Lê Thị Phương Thảo[1,2,3], Nguyễn Viết Hùng[1,2], Hà Mạnh Hùng[1,2], Công Tiến Dũng[1,2], Bùi Hoàng Bắc[3,4], Lê Thị Thu[4], Nguyễn Thị Lan Anh[5], Lê Thị Duyên[1,2,3*]

[1]Bộ môn Hoá học, Khoa Khoa học cơ bản, Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[2]Nhóm nghiên cứu BSASD, Khoa Khoa học Cơ bản, Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[3]Nhóm nghiên cứu mạnh HiTech-CEAE, Trung tâm Phân tích, Thí nghiệm Công nghệ cao, Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[4]Bộ môn Tìm kiếm thăm dò, Khoa Khoa học Kỹ thuật Địa chất, Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[5]Khoa Kỹ thuật phân tích, Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì

TÓM TẮT

Khả năng hấp phụ của khoáng sét haloysit vùng Thạch Khoán, Phú Thọ đối với các ion kim loại nặng Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+} trong môi trường nước đã được khảo sát. Ảnh hưởng của các yếu tố: thời gian hấp phụ, pH dung dịch, khối lượng vật liệu, nồng độ ion ban đầu đến khả năng hấp phụ của haloysit đối với các ion Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+} đã được nghiên cứu. Kết quả cho thấy, ở điều kiện tối ưu, hiệu suất hấp phụ của haloysit đối với Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+} tương ứng đạt 85,59%, 76,36%, 85,79%. Đẳng nhiệt hấp phụ được đánh giá theo 2 mô hình là mô hình Langmuir và mô hình Freunlich. Động học hấp phụ được đánh giá theo mô hình giả động học bậc 1 và giả động học bậc 2. Kết quả cho thấy quá trình hấp phụ phù hợp nhất với mô hình đẳng nhiệt Langmuir và tuân theo quy luật giả động học bậc 2.

Từ khóa: "hấp phụ"; "haloysit"; "kim loại nặng"

1. Đặt vấn đề

Đồng, coban, niken là những nguyên tố kim loại có nhiều ứng dụng trong công nghiệp, đời sống, đồng thời cũng là những nguyên tố có vai trò quan trọng đối với cơ thể người. Đồng là một nguyên tố vi lượng và là kim loại được sử dụng nhiều trong sản xuất đồ dùng, dây điện, đường ống, sản xuất đồng thau (Corami A. và nnk, 2008); coban là một nguyên tố vi lượng thiết yếu, có mặt trong tất cả các cơ quan và tế bào của cơ thể, cũng là một thành phần quan trọng trong quá trình tổng hợp vitamin B12 và một số enzym (Ma F.Q. và nnk, 2023); niken đóng vai trò quan trọng trong quá trình tổng hợp hồng cầu và là kim loại có ứng dụng nhiều, đặc biệt trong luyện thép, pin sạc, làm chất xúc tác và đúc tiền (Raval N.P. và nnk, 2016). Tuy nhiên, nếu con người tiếp xúc hoặc hấp thụ các kim loại này ở mức nồng độ cao hơn lượng cho phép thì sẽ gây nhiều ảnh hưởng đến sức khoẻ: đồng có thể gây độc hại nghiêm trọng, ảnh hưởng đến thận và tổn thương dạ dày, gây nôn mửa, tiêu chảy hoặc mất sức; coban làm xuất hiện các triệu chứng hô hấp, làm tổn thương phổi, suy giáp, viêm da, bệnh tim, mất thính giác và thị lực; niken có thể gây ra các tác hại như gây phá hủy tế bào, làm hỏng gan và tim, làm giảm sự tăng trưởng tế bào, gây ung thư và khiến hệ thần kinh bị ảnh hưởng.

Để xử lý các ion kim loại nặng trong nước có thể sử dụng các phương pháp như kết tủa hoá học, chiết, trao đổi ion,…, trong đó hấp phụ là một phương pháp hiệu quả, chi phí thấp, vận hành đơn giản, có thể sử dụng nhiều loại chất hấp phụ khác nhau tuỳ theo mục tiêu và mục đích sử dụng (Amal M. Badran và nnk, 2023). Các chất hấp phụ có nguồn gốc tự nhiên hiện nay rất được quan tâm nghiên cứu, như các vật liệu sinh học (mai cua, càng tôm, vảy cá, vỏ trứng, mùn cưa, ngô, vỏ cam) (Anastopoulos I. và nnk, 2016), các khoáng sét như montmorillonit (Zhou F. và nnk, 2021), kaolinit (Zhang A. và nnk, 2023),…

Haloysit (HAL) là một trong những khoáng vật tự nhiên thuộc nhóm kaolin (gồm có khoáng vật kaolinit, dickit, nacrit và haloysit). Công thức hóa học của haloysit khi ngậm nước là $Al_2Si_2O_5(OH)_4.2H_2O$ và khi ở dạng khử nước là $Al_2Si_2O_5(OH)_4$. HAL có thể tồn tại dưới nhiều dạng hình thái khác nhau như dạng ống, dạng cầu và dạng lớp. HAL dạng ống được cho là phổ biến nhất, trong khi đó các khoáng vật kaolinit, dickit

* *Tác giả liên hệ*
Email: lethiduyen@humg.edu.vn

và nacrit chủ yếu có hình thái dạng tấm và lớp. Do có những đặc tính ưu việt như cấu trúc siêu nhỏ dạng ống, không độc, độ bền cơ học cao, giá thành rẻ nên gần đây HAL được các nhà khoa học quan tâm và áp dụng nhiều trong các lĩnh vực ứng dụng khác nhau như trong dược phẩm, y học, thực phẩm, vật liệu cao cấp, nông nghiệp và môi trường (Durguta, E. và nnk, 2023). HAL được đánh giá là một loại vật liệu hấp phụ tiềm năng với giá thành rẻ và có hiệu quả trong việc loại bỏ các ion kim loại nặng và hợp chất hữu cơ gây ô nhiễm (Mohamed A. Abdel-Fadeel và nnk, 2018).

Vật liệu haloysit vùng Thạch Khoán, Phú Thọ đã được nghiên cứu về đặc trưng hoá lý (Bùi Hoàng Bắc và nnk, 2018) và nghiên cứu khả năng ứng dụng trong xử lý kim loại ô nhiễm trong môi trường nước cho kết quả khả quan (Bùi Hoàng Bắc và nnk, 2022; Lê Thị Phương Thảo và nnk, 2023). Bài báo này sẽ trình bày kết quả nghiên cứu khả năng hấp phụ của vật liệu haloysit này với 3 ion kim loại nặng là Cu^{2+}, Co^{2+} và Ni^{2+} (ký hiệu chung là M^{2+}).

2. Thực nghiệm

2.1. Lấy mẫu haloysit và nghiên cứu đặc trưng hóa lý của vật liệu

Mẫu haloysit nghiên cứu được lấy sau công đoạn tuyển của mỏ kaolin Láng Đồng, Thạch Khoán, Phú Thọ. Các mẫu sau đó được trộn đều và được tách lọc sử dụng phương pháp sàng rây ướt có kích cỡ mắt lưới 32 µm. Mẫu dưới mắt sàng được gạn lọc và được đem đi sấy khô ở nhiệt độ 60^{o}C. Mẫu sau khi khô được sử dụng để thí nghiệm và phân tích trong các bước tiếp theo. Để kiểm tra sự tồn tại của haloysit trong các mẫu, các phương pháp phân tích kính hiển vi điện tử quét (SEM) kết hợp đo phổ tán xạ năng lượng tia X (EDS) (Quanta 450 - FEI) và kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM) (máy TEM 1010 - Jeol) được sử dụng. Thành phần pha của haloysit được xác định bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD) (D5005 Siemens) (Bùi Hoàng Bắc và nnk, 2018).

2.2. Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ M^{2+} bằng haloysit

Khả năng hấp phụ M^{2+} của haloysit được nghiên cứu bằng cách cho một lượng vật liệu haloysit vào bình chứa 50 mL dung dịch chứa ion M^{2+} ở các điều kiện cần nghiên cứu. Hỗn hợp sau đó được khuấy bằng máy khuấy từ với tốc độ 400 vòng/phút. Sau khi hấp phụ, lọc tách chất rắn, lấy phần dung dịch để định lượng ion M^{2+} còn lại bằng phương pháp khối phổ Plasma cao tần cảm ứng (ICP-MS) (ICAP Q ICP-MS - Thermo Scientific (Đức)). Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ được khảo sát gồm: thời gian tiếp xúc (10 ÷ 120 phút), pH (2,3 ÷ 6,9), khối lượng HAL (0,3 ÷ 1,2 g), nồng độ dung dịch M^{2+} ban đầu (10 ÷ 80 mg/L).

Dung lượng hấp phụ và hiệu suất hấp phụ được xác định bằng phương trình (1) và (2):

$$Q = (C_o - C).V/m \quad (1)$$

$$H = (C_o - C).100/C_o \quad (2)$$

Với: Q (mg/g) và H (%) là dung lượng hấp phụ và hiệu suất hấp phụ; C_o (mg/L) và C (mg/L) là nồng độ ion M^{2+} ban đầu và còn lại sau hấp phụ; V (L) là thể tích dung dịch hấp phụ; m (g) là khối lượng HAL.

Khả năng hấp phụ M^{2+} của haloysit được tính toán dựa trên đường hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir và Freundlich (R.R. Sheha, 2007).

Phương trình tuyến tính Langmuir: $$\frac{C_e}{Q} = \frac{C_e}{Q_m} + \frac{1}{K_L.Q_m} \quad (3)$$

Phương trình tuyến tính Freundlich: $$LnQ = LnK_F + \frac{1}{n}.LnC_e \quad (4)$$

Với C_e (mg/L) là nồng độ ion M^{2+} còn lại ở trạng thái cân bằng, Q (mg/g) là dung lượng hấp phụ ở trạng thái cân bằng, Q_m (mg/g) là dung lượng hấp phụ cực đại, K_L là hằng số Langmuir, K_F và n là các hằng số Freundlich.

Động học của quá trình hấp phụ được nghiên cứu theo mô hình động học giả bậc 1 (phương trình 5) và mô hình động học giả bậc 2 (phương trình 6) (Sheha R.R., 2007).

$$\ln(Q_e - Q_t) = \ln Q_e - k_1.t \quad (5)$$

$$t/Q_t = t/Q_e + 1/(k_2.Q^2_e) \quad (6)$$

Trong đó, Q_e (mg/g) và Q_t (mg/g) tương ứng là dung lượng hấp phụ ở trạng thái cân bằng và ở thời điểm t, k_1 (phút^{-1}) và k_2 (g/mg/phút) lần lượt là các hằng số tốc độ bậc 1 và bậc 2.

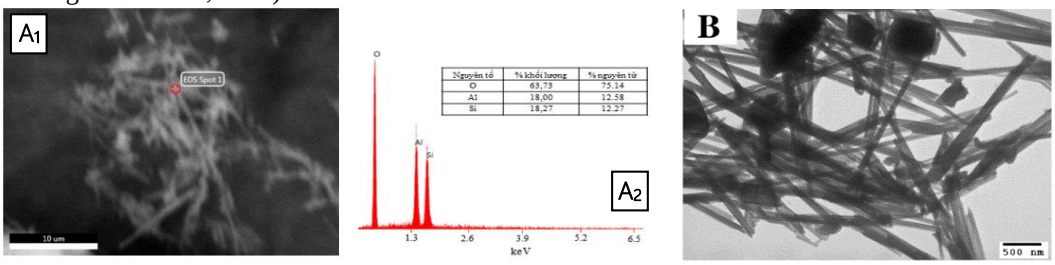
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Vật liệu haloysit

Đặc điểm của haloysit

Hình ảnh phân tích SEM (hình 1) của mẫu haloysit sấy khô cho thấy trong mẫu phân tích có các khoáng

vật dạng hình que nằm chồng lẫn lên nhau tạo thành những lớp bông. Kết quả phân tích EDS ghi nhận sự có mặt của các nguyên tố chính trong khoáng vật này là Al, Si và O, tương ứng với công thức hóa học của khoáng vật nhóm kaolin ($Al_2Si_2O_5(OH)_4.nH_2O$). Kết quả phân tích TEM cho thấy haloysit có dạng hình ống, chiều dài ống biến đổi từ 250 đến 1250 nm, đường kính ngoài của ống khoảng 50 ÷ ≥100 nm, đường kính trong của ống phân bố chủ yếu ở kích thước 4,3 nm. Diện tích bề mặt (S_{BET}) của vật liệu haloysit được xác định nằm trong khoảng 15,7434 m^2/g - 22,0211 m^2/g. Giá trị pH mà tại đó bề mặt vật liệu trung hoà điện tích (pH_{PZC}) được xác định bằng phương pháp đo độ lệch pH. Kết quả cho thấy, HAL có pH_{PZC} = 5,99 (Bùi Hoàng Bắc và nnk, 2018).

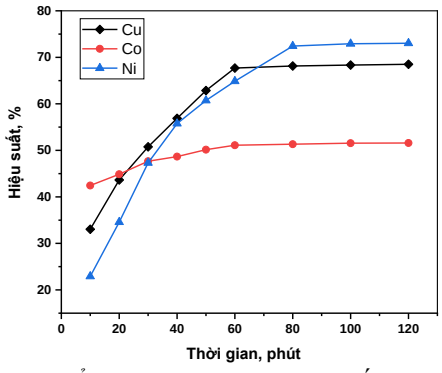


Hình 1. Hình ảnh SEM (A_1), kết quả EDS (A_2) và ảnh TEM (B) của haloysit

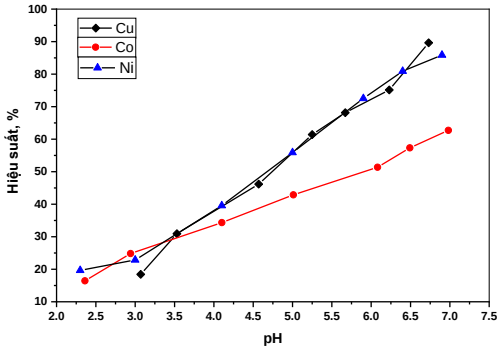
3.2. Ảnh hưởng của các yếu tố đến khả năng hấp phụ các ion kim loại M^{2+} của haloysit

3.2.1. Ảnh hưởng của thời gian hấp phụ

Ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc đến hiệu suất và dung lượng hấp phụ M^{2+} của haloysit theo thời gian được thể hiện trên hình 2. Kết quả cho thấy, khi thời gian tiếp xúc tăng, hiệu suất hấp phụ tăng. Trong khoảng thời gian khảo sát từ 10 phút đến 120 phút, hiệu suất hấp phụ tăng nhanh ở 60 phút đầu, sau đó tăng chậm và ổn định từ 60 – 80 phút đối với quá trình hấp phụ Cu^{2+} và Co^{2+}. Đối với quá trình hấp phụ Ni^{2+} thì hiệu suất tăng dần khi thời gian tăng đến 80 phút, sau đó gần như ổn định. Hiệu suất hấp phụ của HAL đối với Cu^{2+} và Ni^{2+} cao hơn và tăng theo thời gian nhanh hơn so với Co^{2+}. Tuy nhiên, sau 80 phút thì quá trình hấp phụ cả 3 ion đều đã đạt trạng thái cân bằng. Do vậy, thời gian 80 phút là phù hợp để lựa chọn cho các nghiên cứu tiếp theo của quá trình hấp phụ M^{2+}.



Hình 2. Ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc đến hiệu suất hấp phụ
$C_o(M^{2+})$ = 50 mg/L; m_{HAL} = 0,5 g;
pH (Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}) = 5,25; 6,09; 5,9



Hình 3. Ảnh hưởng của pH đến hiệu suất hấp phụ
$C_o(M^{2+})$ = 50 mg/L; m_{HAL} = 0,5 g; t = 80 phút

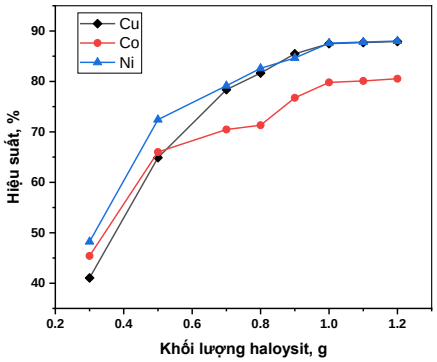
3.2.2. Ảnh hưởng của pH

Việc loại bỏ ion M^{2+} phụ thuộc nhiều vào pH của dung dịch vì pH làm thay đổi tính chất bề mặt của chất hấp phụ. Để đảm bảo hiệu suất hấp phụ được xác định chính xác, không bị ảnh hưởng do sự kết tủa các $M(OH)_2$ thì ảnh hưởng của pH tới quá trình hấp phụ các M^{2+} đã được khảo sát xung quanh giá trị pH_{PZC} của HAL (5,99) và ≤ 7. Kết quả biến thiên dung lượng và hiệu suất hấp phụ theo pH được thể hiện trên hình 3. Kết quả cho thấy, trong khoảng pH khảo sát, hiệu suất hấp phụ tăng khi pH tăng. Kết quả này được giải thích là do trong môi trường axit, HAL bị proton hóa, khi đó bề mặt của hạt sẽ tích điện dương dẫn đến làm giảm số lượng tâm hấp phụ của HAL và xảy ra sự hấp phụ cạnh tranh giữa ion H^+ và ion M^{2+}, do đó làm giảm khả năng hấp phụ. Khi pH tăng, mật độ điện tích dương của bề mặt giảm dần, khả năng hấp phụ M^{2+} sẽ tăng dần cho đến khi pH > pH_{PZC} thì bề mặt của hạt tích điện âm sẽ thuận lợi cho sự hấp phụ M^{2+}. Tuy nhiên, để có thể xử lý lượng lớn mà không phải điều chỉnh pH, giá trị pH ban đầu của dung dịch Cu^{2+}

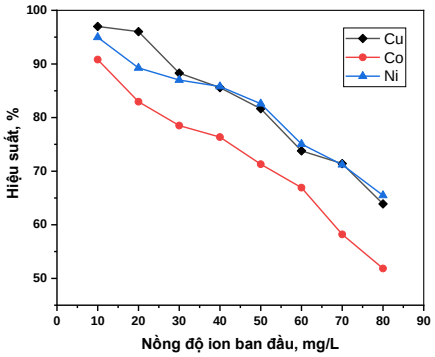
(5,25); Co^{2+} (6,09); Ni^{2+} (5,9) gần bằng hoặc lớn hơn so với pH_{PZC} được lựa chọn cho quá trình hấp phụ các ion M^{2+} ở những nghiên cứu tiếp theo.

3.2.3. Ảnh hưởng của khối lượng haloysit

Hình 4 thể hiện kết quả khảo sát ảnh hưởng của khối lượng HAL đến hiệu suất hấp phụ các ion M^{2+} với điều kiện sử dụng 50 mL dung dịch M^{2+} 50 mg/L, khối lượng HAL thay đổi trong khoảng từ 0,3 đến 1,2 g. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi khối lượng chất hấp phụ tăng từ 0,3 g lên 0,8 g thì hiệu suất hấp phụ tăng nhanh tương ứng với sự tăng của các tâm hấp phụ. Tuy nhiên, khi khối lượng vật liệu tiếp tục tăng lên đến 1,2 g thì hiệu suất hấp phụ tăng chậm và giữ gần như ổn định do quá trình hấp phụ tiến tới trạng thái cân bằng. Để đạt được hiệu suất hấp phụ tương đối cao nhưng không sử dụng lượng vật liệu nhiều, khối lượng 0,8 g HAL được chọn để nghiên cứu xử lý các ion kim loại nặng M^{2+}.



Hình 4. Ảnh hưởng của khối lượng HAL đến hiệu suất hấp phụ
$C_o(M^{2+})$ = 50 mg/L; t = 80 phút; pH (Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}) = 5,25; 6,09; 5,9



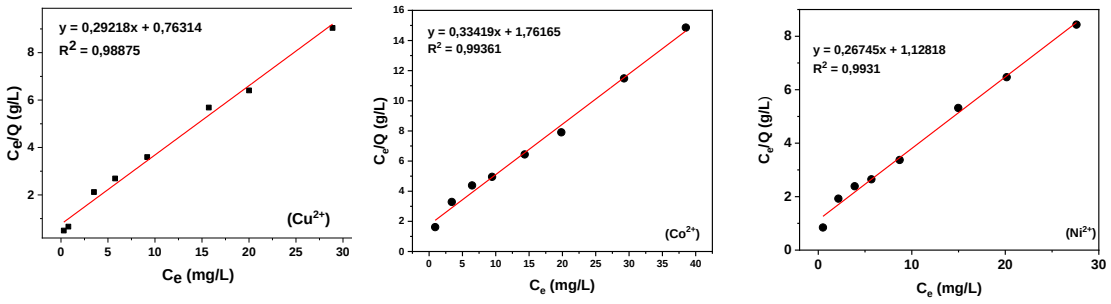
Hình 5. Ảnh hưởng của nồng độ ion ban đầu đến hiệu suất hấp phụ
t = 80 phút; m_{HAL} = 0,8 g; pH (Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}) = 5,25; 6,09; 5,9

3.2.4. Ảnh hưởng của nồng độ ion ban đầu

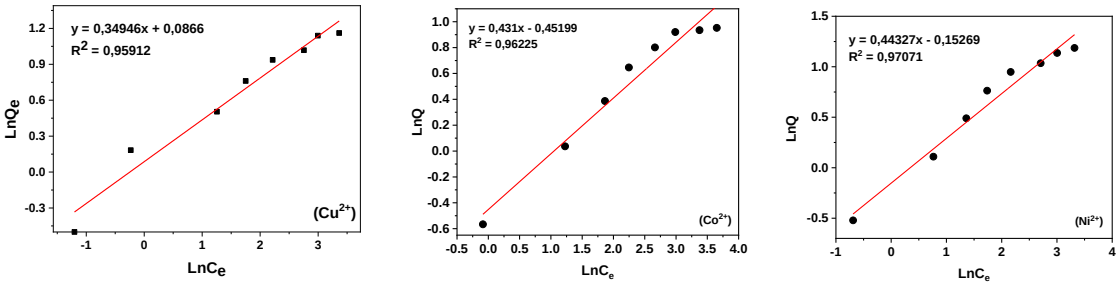
Kết quả khảo sát quá trình hấp phụ với nồng độ M^{2+} ban đầu thay đổi từ 10 mg/L đến 80 mg/L (hình 5) cho thấy, khi nồng độ M^{2+} tăng, hiệu suất hấp phụ giảm dần. Khi nồng độ ion M^{2+} ban đầu thấp, diện tích tiếp xúc giữa dung dịch M^{2+} và pha rắn haloysit lớn, khả năng hấp phụ ion M^{2+} lên haloysit thuận lợi. Tuy nhiên khi nồng độ dung dịch tăng lên, lượng ion M^{2+} tăng nhưng khả năng hấp phụ của haloysit đã bão hoà và không tăng lên nữa, do vậy hiệu suất hấp phụ sẽ giảm. Để đạt được hiệu quả hấp phụ cao, nồng độ M^{2+} thích hợp được chọn trong khoảng 20 ÷ 40 mg/L. Tại nồng độ M^{2+} 40 mg/L, hiệu suất hấp phụ Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+} tương ứng đạt 85,59%, 76,36%, 85,79%. Như vậy, hiệu suất hấp phụ của HAL đối với Cu^{2+} và Ni^{2+} gần tương đương nhau và cao hơn so với Co^{2+}.

3.3. Đường đẳng nhiệt hấp phụ

Tiến hành hấp phụ M^{2+} ở điều kiện thích hợp đã được nghiên cứu: 0,8 g haloysit/50 mL dung dịch M^{2+} có nồng độ ban đầu thay đổi, thời gian tiếp xúc 80 phút ở pH tự nhiên (pH ban đầu), nhiệt độ phòng (25°C), sau đó xác định nồng độ M^{2+} còn lại ở trạng thái cân bằng (C_e), từ đó có thể tính được các giá trị lnC_e, lnQ, tỉ số C_e/Q và xây dựng phương trình đẳng nhiệt Langmuir (hình 6) và Freundlich (hình 7).



Hình 6. Đường đẳng nhiệt hấp phụ M^{2+} theo Langmuir



Hình 7. Đường đẳng nhiệt hấp phụ M^{2+} theo Freundlich

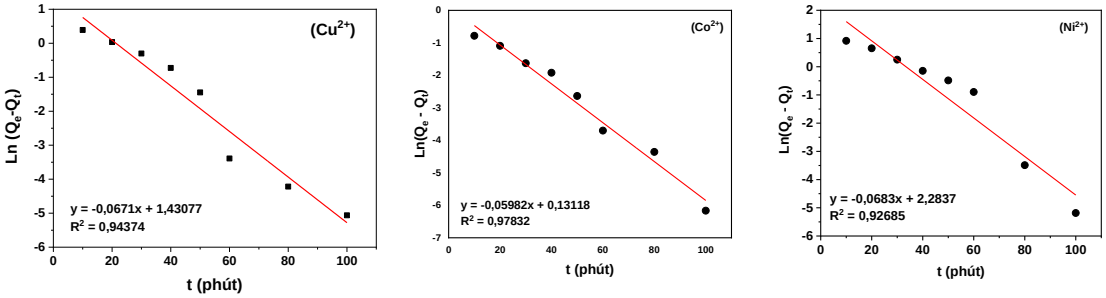
Dựa vào đồ thị của đường hấp phụ đẳng nhiệt, xác định được các hằng số thực nghiệm. Kết quả thu được đưa ra trên bảng 1 cho thấy, sự hấp phụ M^{2+} trên haloysit tuân theo mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir, phù hợp với nhiều kết quả dùng vật liệu haloysit hấp phụ kim loại, chất màu hữu cơ đã được công bố (Ma F. Q., 2023).

Bảng 1. Các hằng số thực nghiệm Q_m, K_L, K_F, n trong phương trình Langmuir và Freundlich của quá trình hấp phụ M^{2+}

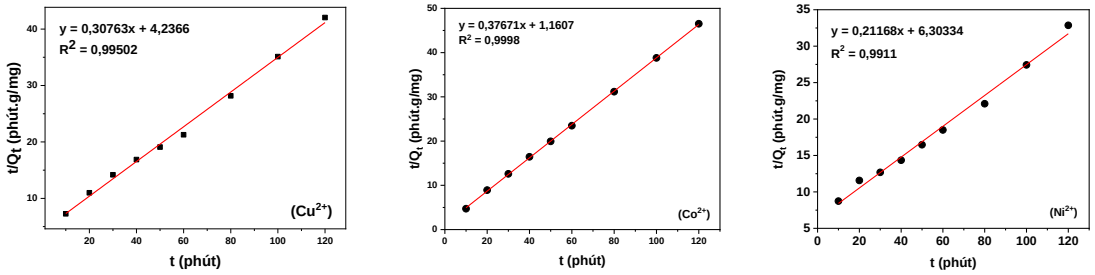
M^{2+}	Langmuir			Freundlich		
	Q_m	K_L	R^2	n	K_F	R^2
Cu^{2+}	3,42	0,38315	0,98875	2,8615	1,09046	0,95912
Co^{2+}	2,992	0,190	0,9936	2,320	0,636	0,9623
Ni^{2+}	3,739	0,237	0,9931	2,25596	0,85847	0,97071

3.4. Động học của quá trình hấp phụ

Dựa vào kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian hấp phụ tới dung lượng hấp phụ M^{2+} trong điều kiện: nồng độ M^{2+} ban đầu 40 mg/L, khối lượng haloysit 0,8 g ở pH ban đầu và tại nhiệt độ phòng (25°C) xây dựng được đồ thị của phương trình động học hấp phụ giả bậc một (theo phương trình 5) và giả bậc hai (theo phương trình 6), kết quả thể hiện ở hình 8 và hình 9. Dựa vào các đồ thị thu được trên hình 8 và 9 tính được các hằng số tốc độ hấp phụ (k) và dung lượng hấp phụ ở trạng thái cân bằng (Q_e). Kết quả tính toán được trình bày trong bảng 2.



Hình 8. Mô tả số liệu thực nghiệm hấp phụ M^{2+} bằng phương trình động học hấp phụ giả bậc 1



Hình 9. Mô tả số liệu thực nghiệm hấp phụ M^{2+} bằng phương trình động học hấp phụ giả bậc 2

Kết quả cho thấy, đối với cả 3 ion kim loại, giá trị hệ số hồi quy của phương trình động học giả bậc 2 (R^2) đều cao hơn hẳn so với hệ số hồi quy của phương trình động học giả bậc 1, đạt xấp xỉ 1. Hơn nữa, theo kết quả ở bảng 2, giá trị Q_e tính theo phương trình động học hấp phụ giả bậc 2 của 3 kim loại đều gần với giá trị Q_e xác định từ thực nghiệm hơn so với giá trị Q_e tính theo phương trình động học hấp phụ giả bậc 1. Các kết quả thực nghiệm này chứng tỏ quá trình hấp phụ M^{2+} bằng haloysit tuân theo phương trình động học hấp phụ giả bậc 2. Hằng số tốc độ hấp phụ xác định đối với Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+} lần lượt có giá trị bằng 0,0223; 0,122; 0,00711 g/mg/phút.

Bảng 2. Các giá trị k và Q_e tính theo phương trình động học giả bậc một và giả bậc hai

M^{2+}	Phương trình động học giả bậc một			Phương trình động học giả bậc hai			Q_e thực nghiệm (mg/g)
	Q_e (mg/g)	k_1 (phút $^{-1}$)	R^2	Q_e (mg/g)	k_2 (g/mg/phút)	R^2	
Cu^{2+}	4,182	0,0671	0,94374	3,251	0,0223	0,99502	2,854
Co^{2+}	1,118	0,059	0,9783	2,655	0,122	0,9998	2,580
Ni^{2+}	9,813	0,0683	0,92685	4,724	0,00711	0,9911	3,651

4. Kết luận

Khả năng hấp phụ của khoáng sét haloysit vùng Thạch Khoán, Phú Thọ đối với các ion kim loại nặng Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+} trong môi trường nước đã được khảo sát. Kết quả nghiên cứu cho thấy, thời gian tiếp xúc, pH dung dịch, khối lượng vật liệu haloysit, nồng độ ion ban đầu đều có ảnh hưởng tới hiệu suất hấp phụ. Khả năng hấp phụ của HAL đối với Cu^{2+} và Ni^{2+} có cao hơn so với Co^{2+} một chút, với hiệu suất hấp phụ đạt được tương ứng là 85,59%, 85,79% và 76,36% ở điều kiện tối ưu trong điều kiện khảo sát: thời gian tiếp xúc 80 phút, khối lượng HAL 0,8 g/50 mL dung dịch M^{2+} nồng độ 40 mg/L, pH tự nhiên, nhiệt độ phòng. Quá trình hấp phụ của cả 3 ion kim loại đều phù hợp với mô hình đẳng nhiệt Langmuir và tuân theo quy luật giả động học bậc 2 với hằng số tốc độ tương ứng đối với quá trình hấp phụ của Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+} lần lượt có giá trị bằng 0,0223; 0,122; 0,00711 g/mg/phút.

Tài liệu tham khảo

Amal M. Badran, Uthumporn Utra, Nor Shariffa Yussof and Mohammed J. K. Bashir, 2023. Advancements in Adsorption Techniques for Sustainable Water Purification: A Focus on Lead Removal *Separations*, 10(11): 565.

Anastopoulos, I., Bhatnagar, A., Lima, E. C., 2016. Adsorption of rare earth metals: A review of recent literature. *Journal of Molecular Liquids*, 221: 954-962.

Bui Hoang Bac, Nguyen Thi Thanh Thao, Vo Thi Hanh, Le Thi Duyen, Nguyen Tien Dung, Phan Viet Son, Do Manh An, 2022. Removal of Pb^{2+} from Aqueous Solution using Thach Khoan Kaolin from Phu Tho Province. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, 38: 71-79.

Bùi Hoàng Bắc, Nguyễn Tiến Dũng, Lê Thị Duyên, Võ Thị Hạnh, 2018. Đặc điểm khoáng vật haloysit dạng ống vùng Thạch Khoán và khả năng ứng dụng trong xử lý ô nhiễm môi trường nước. *ERSD*, tr. 1-7.

Corami, A. D'Acapito, F. Mignardi, S. Ferrini, V. 2008. Removal of Cu from aqueous solutions by synthetic hydroxyapatite: EXAFS investigation. *Materials Science and Engineering: B*, 149: 209–213.

Durguta, E., Cınarb, M., Özdemir, O., 2023. An Overview of Halloysite Mineral. *Madencilik - Mining*, 62(4): 175-182.

Lê Thị Phương Thảo, Võ Thị Hạnh, Bùi Hoàng Bắc, Trần Thị Thu Hương, Chu Minh Hiếu, Nguyễn Ngọc Tính, Nguyễn Thị Phượng, Lê Thị Duyên, 2023. Nghiên cứu khả năng hấp phụ La^{3+} của khoáng sét haloysit. *Vietnam Journal of Catalysis and Adsorption*, 12(4): 62-69.

Ma F. Q, et al, 2023. Removal of cobalt ions (II) from simulated radioactive effluent by electrosorption on potassium hydroxide modified activated carbon fiber felt. *Journal of Water Process* Engineering, 53:103635.

Mohamed A. Abdel-Fadeel, et al, 2022, A simple method for removal of toxic dyes such as Brilliant Green and Acid Red from the aquatic environment using Halloysite nanoclay. *Journal of Saudi Chemical Society*, 26(3): 101475.

Raval, N.P., Shah, P.U., Shah, N.K., 2016. Adsorptive removal of nickel(II) ions from aqueous environment: A review. *Journal of Environmental Management*, 179: 1–20.

Sheha, R.R., 2007. Sorption behavior of Zn(II) ions on synthesized hydroxyapatites. *Journal of Colloid and Interface Science*, 310(1): 18-26.

Zhang, A., Liu, J., Yang, Y., Yu, Y. Wu, D., 2023. Experimental and theoretical studies on the adsorption performance of lead by thermal pre-activation and phosphate modified kaolin sorbent. *Chemical*

Engineering Journal, 451(2): 138762.

Zhou F., Huang S., Liu X., Feng J., Liu Q., Wang Z. W., Li C. C., Xu Y., 2021. Asorption kinetics and thermodynamics of rare earth on Montmorillonite modified by sulfuric acid. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 627: 127063.

ABSTRACT

Research on the adsorption capacity of haloysite clay mineral for Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+} ions

Le Thi Phuong Thao[1,2,3], Nguyen Viet Hung[1,2], Ha Manh Hung[1,2], Cong Tien Dung[1,2], Le Thi Thu[4], Bui Hoang Bac[4], Nguyen Thi Lan Anh[5], Le Thi Duyen[1,2,3*]

[1]Faculty of Basic sciences, Hanoi University of Mining and Geology
[2]BSASD research group, Faculty of Basic sciences, Hanoi University of Mining and Geology
[3]HiTech-CEAE Research Team, Hanoi University of Mining and Geology
[4]Faculty of Geosciences and Geology Engineering, Hanoi University of Mining and Geology
[5]Viet Tri University of Industry

The adsorption capacity of haloysite clay mineral in Thach Khoan, Phu Tho area for heavy metal ions Cu^{2+}, Co^{2+}, and Ni^{2+} in aqueous environment was studied. The effects of adsorption period, solution pH, material mass, and initial ion concentration on halloysite's capacity to adsorb Cu^{2+}, Co^{2+}, and Ni^{2+} ions were investigated. The results demonstrate that, under ideal conditions, haloysite's adsorption efficiencies for Cu^{2+}, Co^{2+}, and Ni^{2+} were 81.66%, 76.36%, and 82.59%, respectively. The adsorption isotherm was assessed using two models: the Langmuir model and the Freunlich model. The adsorption kinetics were assessed using the pseudo-first-order and pseudo-second-order kinetic models. The results indicated that the adsorption processes were best suited to the Langmuir isotherm model and obeyed the pseudo-second-order kinetic rule.

Keywords: “haloysite”; “adsorption”; “heavy metal ion”

Ảnh hưởng của Sr lên cấu trúc tinh thể và tính chất vật lí của vật liệu $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ ($x = 0 \div 0,4$)

Đào Việt Thắng[1,2,3,*], Nguyễn Mạnh Hùng[1,2]

[1]*Bộ môn Vật lý, Khoa Khoa học cơ bản, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm nghiên cứu BSASD, Khoa Khoa học cơ bản, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[3]*Nhóm nghiên cứu mạnh HiTech-CEAE, Trung tâm Phân tích, Thí nghiệm Công nghệ cao, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

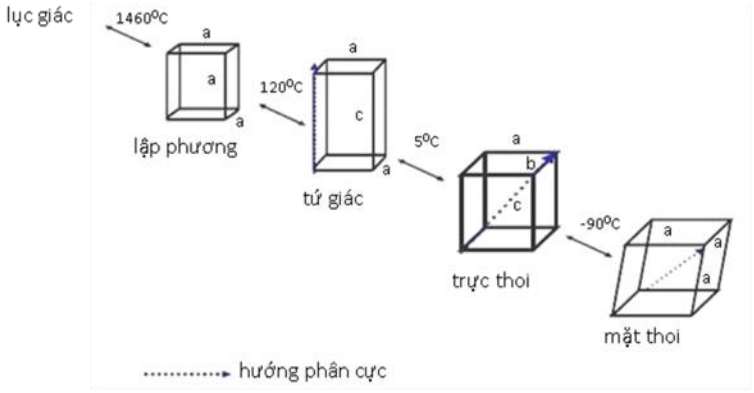
TÓM TẮT

Vật liệu $BaTiO_3$ pha tạp Sr được chế tạo bằng phương pháp phản ứng pha rắn. Các đặc trưng về cấu trúc, tính chất quang học, tính chất điện của vật liệu được khảo sát bằng các kỹ thuật khác nhau như: Giản đồ nhiễu xạ tia X (XRD), phổ tán xạ Raman, phổ hấp thụ quang học, phổ trở kháng. Kết quả phân tích XRD và phổ tán xạ Raman cho thấy Sr đã được thay thế vào vị trí Ba. Sự thay thế Sr vào vị trí Ba trong cấu trúc mạng tinh thể đã làm giảm hằng số mạng. Phân tích phổ hấp thụ cho thấy khi tăng nồng độ Sr, bờ hấp thụ dịch về phía bước sóng ngắn, độ rộng vùng cấm quang học (E_g) tăng. Pha tạp Sr vào vật liệu $BaTiO_3$ cũng làm cải thiện tính chất điện môi của vật liệu này. Tính chất điện môi của vật liệu được cải thiện khi nồng độ pha tạp Sr tăng. Trong báo cáo này, ảnh hưởng của nồng độ pha tạp Sr^{2+} lên cấu trúc, tính chất quang học và tính chất điện cũng được thảo luận chi tiết.

Từ khóa: Vật liệu $BaTiO_3$; XRD; Raman; hấp thụ; trở kháng

1. Đặt vấn đề

$BaTiO_3$ là một vật liệu thuộc họ perovskite ABO_3 với Ba^{2+} ở vị trí A, vị trí B là Ti^{4+}. Tùy thuộc nhiệt độ mà $BaTiO_3$ tồn tại ở các cấu trúc thuộc nhóm không gian khác nhau (Mi, Zhang *et al.*, 2020). Các kiểu cấu trúc tinh thể của $BaTiO_3$ được mô tả trên Hình 1.



Hình 1. Các dạng cấu trúc của tinh thể $BaTiO_3$

Có thể thấy ở nhiệt độ lớn hơn 1460 °C, $BaTiO_3$ tồn tại ở cấu trúc lục giác, không có tính áp điện. Ở nhiệt độ nhỏ hơn 1460 °C, $BaTiO_3$ chuyển thành dạng lập phương và có tính áp điện (Horchidan, Padurariu *et al.*, 2020; Jaffari, Zafar *et al.*, 2021). Khi giảm nhiệt độ xuống đến 120 °C, cấu trúc tinh thể bị kéo dài theo một cạnh làm cho mạng tinh thể từ lập phương trở thành tứ giác $c/a > 1$. Sự chuyển pha cấu trúc thường kèm theo biến đổi bất thường của hằng số điện môi, làm phát sinh phân cực điện theo

* *Tác giả liên hệ*
Email: daovietthang@humg.edu.vn

phương [001]. Khi nhiệt độ giảm xuống 5 °C, cấu trúc tinh thể thay đổi theo hướng kéo dài khối lập phương dọc theo đường chéo của một mặt bên và sự phân cực điện xảy ra theo phương [011]. Ở nhiệt độ thấp hơn khoảng (-90 °C) có sự kéo dài theo đường chéo của khối lập phương tạo thành khối mặt thoi, sự phân cực điện được xảy ra theo theo phương [111] của tinh thể. Như vậy, ở nhiệt độ phòng vật liệu $BaTiO_3$ có cấu trúc tứ giác.

Các nghiên cứu trước đây đã cho thấy cấu trúc tinh thể và đặc tính điện môi của $BaTiO_3$ phụ thuộc vào nhiều yếu tố như kích thước, loại tạp chất, khuyết tật và ứng suất (Cortés-Vega, Montero-Tavera *et al.*, 2023; Ismail, Osman *et al.*, 2016; Khan, Riaz *et al.*, 2022). Do vậy, khi thay thế một phần các ion khác vào vật liệu nền $BaTiO_3$ sẽ làm thay đổi một số tính chất vật lý của chúng (Muhammad, Khalil *et al.*, 2020).

Trong báo cáo này, vật liệu $BaTiO_3$ pha tạp Sr^{2+} với các nồng độ khác nhau ($x = 0,0 \div 0,4$). Báo cáo cũng chỉ ra ảnh hưởng của nồng độ pha tạp lên cấu trúc, tính chất quang học và tính chất điện của vật liệu nền $BaTiO_3$.

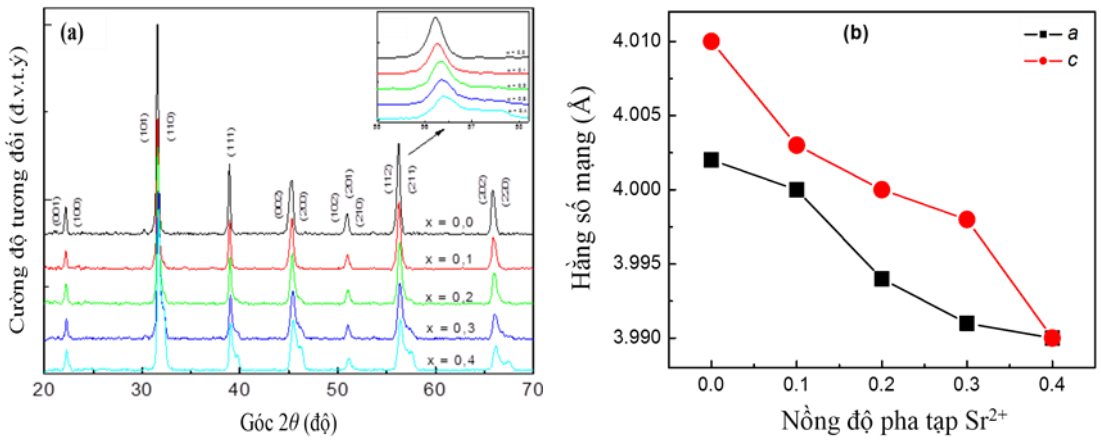
2. Thực nghiệm

Vật liệu $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ được chế tạo bằng phương pháp phản ứng pha rắn. Các hóa chất được sử dụng gồm có $BaCO_3$ 99,33%; TiO_2 97%; $SrCO_3$ 95%; Fe_2O_3 99,99% và etanol 96%. Đầu tiên, các hóa chất được cân khối lượng với tỷ phần tương ứng. Tiếp theo, hỗn hợp hóa chất được nghiền trong cồn etanol trong thời gian 2 giờ mỗi mẫu. Sau đó, mẫu được ép thành viên nén đường kính 10 mm, ở áp suất 8 MPa. Bước tiếp theo, hệ mẫu được nung sơ bộ ở nhiệt 800 °C trong thời gian 6 giờ. Sản phẩm thu được tiếp tục nghiền trong cồn etanol trong thời gian 2 giờ mỗi mẫu. Các bước tiếp theo lặp lại như trên. Cuối cùng, hệ mẫu được nung thiêu kết ở nhiệt 900 °C trong thời gian 8 giờ ta thu được hệ mẫu vật liệu $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$.

Cấu trúc tinh thể của hệ vật liệu được khảo sát bằng phép đo giản đồ nhiễu xạ tia X (trên hệ đo D8-Advanced, sử dụng bước sóng CuKα), phổ tán xạ Raman (trên hệ đo Labram-1B, bước sóng kính thích 514 nm), phổ hấp thụ quang học (thực hiện trên hệ đo Jaco V670 UV-Vis), phổ trở kháng được thực hiện trên hệ đo Le Croy.

3. Kết quả và thảo luận

Hình 1a là giản đồ nhiễu xạ tia X của hệ vật liệu $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ ($x = 0,0 \div 0,4$). Như quan sát thấy trên Hình 1a, các đỉnh nhiễu xạ xuất hiện tại các vị trí có góc 2θ vào khoảng 22, 32, 39, 45, 51, 56 và 66°. Các đỉnh nhiễu xạ xuất hiện phù hợp với thẻ chuẩn JCPDS số 01-089-1428. Theo thẻ chuẩn này, các đỉnh tương ứng với họ mặt phẳng mạng (001), (100), (101), (110), (111), (002), (200), (102), (201), (210), (112), (211), (202) và (220).

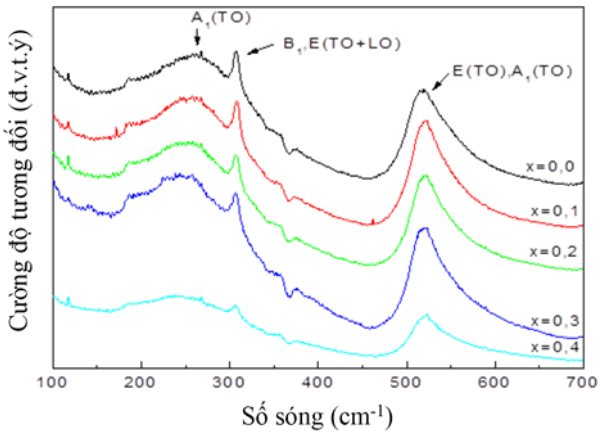


Hình 1. (a) Giản đồ nhiễu xạ tia X của hệ vật liệu $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ ($x = 0,0 \div 0,4$); (b) Hằng số mạng tinh thể thay đổi theo nồng độ pha tạp Sr^{2+}

Phân tích giản đồ nhiễu xạ tia X (XRD) cho thấy các mẫu $x = 0,0 \div 0,3$ kết tinh đơn pha trong cấu trúc tứ giác thuộc nhóm không gian P_{4mm}. Giản đồ XRD của mẫu $x = 0,3$ cho thấy có sự mở rộng các đỉnh nhiễu xạ. Khi nồng độ pha tạp Sr tăng tới $x = 0,4$ có sự chuyển pha cấu trúc từ tứ giác sang lập phương. Ngoài ra, trên giản đồ XRD ta còn quan sát thấy các đỉnh nhiễu xạ có xu hướng dịch về phía góc 2θ lớn khi nồng độ Sr^{2+} tăng, tức là có sự co ô mạng. Hằng số mạng tinh thể được xác định bằng phần mềm UnitCell, kết quả được chỉ ra trong Hình 1b. Kết quả cho thấy khi nồng độ Sr^{2+} tăng từ $x = 0,0$ tới $x = 0,3$

thì hằng số mạng *a* và *c* đều giảm, khi nồng độ Sr^{2+} tăng đến *x* = 0,4 có sự chuyển pha cấu trúc từ tứ giác sang lập phương nên *a* = *c*. Nguyên nhân dẫn tới hằng số mạng giảm là do bán kính ion Sr^{2+} (1,44 Å) nhỏ hơn bán kính ion Ba^{2+} (1,61 Å).

Hình 2 biểu diễn phổ tán xạ Raman của hệ $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ ở nhiệt độ phòng. Từ phổ Raman của mẫu *x* = 0,0 đem so sánh với kết quả nghiên cứu trước đây cho thấy đỉnh rộng ở số sóng 264 cm^{-1} tương ứng với mode dao động A_1 (TO), đỉnh nhọn ở số sóng 307 cm^{-1} ứng với mode dao động B_1 và *E*(TO + LO), các đỉnh trong khoảng số sóng 470 ÷ 600 cm^{-1} là sự chồng chập của mode *E*(TO) và A_1 (TO), trong đó A_1(TO) nằm ở phía số sóng cao hơn so với *E*(TO). Vị trí các đỉnh phổ tán xạ Raman của các mẫu được chỉ ra trong Bảng 1.



Hình 2. Phổ tán xạ Raman của hệ vật liệu $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ (x = 0,0 ÷ 0,4)

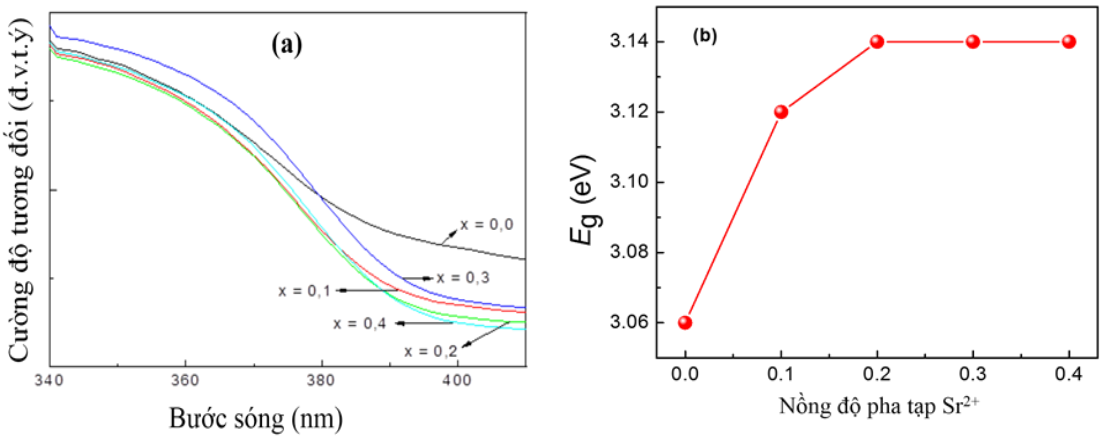
Bảng 1. Vị trí các đỉnh phổ tán xạ Raman của hệ vật liệu $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$

Mẫu	A_1(TO) (cm^{-1})	B_1 và *E*(TO+LO) (cm^{-1})	*E*(TO) và A_1(TO) (cm^{-1})
x = 0,0	263	307	518
x = 0,1	258	308	521
x = 0,2	252	307	521
x = 0,3	243	307	519
x = 0,4	239	307	521

Phổ tán xạ Raman có sự thay đổi khi nồng độ Sr^{2+} tăng và thay đổi mạnh ở *x* = 0,4. Khi nồng độ Sr^{2+} tăng thì đỉnh phổ ở vị trí số sóng 264 cm^{-1} dịch về phía số sóng nhỏ hơn, các đỉnh còn lại dịch không đáng kể về phía số sóng lớn hơn. Với mẫu ứng với nồng độ pha tạp *x* = 0,4, cường độ của các đỉnh giảm mạnh, đặc biệt là đỉnh ở vị trí số sóng 307 cm^{-1} gần như biến mất. Theo các nghiên cứu trước đây cho thấy đỉnh ở vị trí số sóng 307 cm^{-1} được ký hiệu B_1 là đỉnh này đặc trưng của tinh thể $BaTiO_3$ trong cấu trúc tứ giác (Kadhane, Baraskar *et al.*, 2020). Đỉnh này có cường độ giảm mạnh (hoặc biến mất) khi tinh thể có cấu trúc lập phương. Do đó, đỉnh này được dùng để phân biệt giữa pha cấu trúc lập phương và tứ giác. Do đó, căn cứ vào sự thay đổi cường độ đỉnh ở vị trí số sóng 307 cm^{-1} trong phổ tán xạ Raman của các mẫu, ta có thể kết luận rằng có sự chuyển pha cấu trúc ở khi nồng độ pha tạp Sr^{2+} tăng đến *x* = 0,4. Điều này cũng phù hợp với kết quả phân tích giản đồ XRD như đã đề cập tới ở trên.

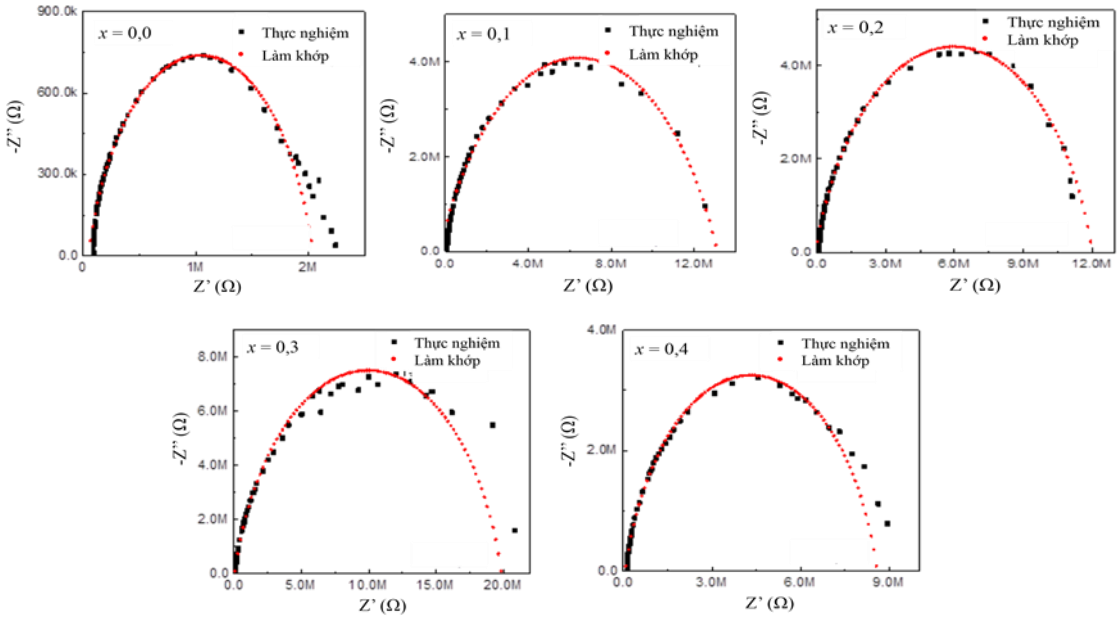
Hình 3a là phổ hấp thụ của hệ vật liệu $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ được đo trong khoảng bước sóng 340 ÷ 420 nm. Như quan sát thấy trên Hình 3a, bờ hấp thụ ít thay đổi khi nồng độ Sr^{2+} tăng. Kết quả phân tích cho thấy độ rộng vùng cấm quang học của mẫu chưa pha tạp (*x* = 0,0) là 3,06 eV, kết quả này là phù hợp với các các nghiên cứu trước đây (Dang, Thanh *et al.*, 2011; Kato, Nakajima *et al.*, 2021). Sự phụ thuộc độ rộng vùng cấm quang học của vật liệu $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ theo nồng độ pha tạp Sr^{2+} được chỉ ra trong Hình 3b. Kết quả phân tích cho thấy các mẫu có bờ hấp thụ trong khoảng từ 406 đến 395 nm, ứng với độ rộng vùng

cấm quang học thay đổi từ 3,06 đến 3,14 eV. Ta thấy độ rộng vùng cấm quang học tăng khi nồng độ Sr^{2+} tăng từ $x = 0,1$ đến $x = 0,2$, sau đó hầu như không thay đổi khi tăng nồng độ pha tạp Sr^{2+}.



Hình 3. (a) Phổ hấp thụ của hệ vật liệu $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ ($x = 0,0 \div 0,4$); (b) Độ rộng vùng cấm quang học thay đổi theo nồng độ pha tạp Sr^{2+}

Bề rộng vùng cấm quang học của các mẫu được xác định là khoảng cách giữa mức năng lượng 2*p*-O và mức 3*d*(t_{2g})-Ti (Kato, Nakajima *et al.*, 2021). Bờ hấp thụ cơ bản thu được khi electron dịch chuyển từ 2*p* của O^{2-} lên t_{2g} của Ti^{4+}. Bờ hấp thụ thay đổi không đáng kể là do orbital *s*, *p* của nguyên tử A (Sr, Ba) hầu như không ảnh hưởng đến bề rộng dải hoá trị ABO_3. Sự thay đổi nhỏ này là do sự khác nhau giữa năng lượng ion hoá của Sr^{2+} và Ba^{2+}.



Hình 4. Phổ trở kháng của hệ vật liệu $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ ($x = 0,0 \div 0,4$)

Hình 4 là kết quả đo phổ trở kháng và đường làm khớp của hệ $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ trong dải tần số khảo sát từ 10 Hz đến 5,3 MHz ở nhiệt độ phòng. Kết quả làm khớp số liệu thực nghiệm cho thấy phổ trở kháng của các mẫu có dạng cung tròn. Các cung này đều có tâm nằm dưới trục thực. Kết quả cũng cho thấy ở tần số cao thì giá trị trở kháng của các mẫu hầu như không thay đổi, nó chỉ thay đổi mạnh khi ở tần số thấp.

Phổ trở kháng của mẫu $x = 0,0$ có dạng cung tròn không đi qua gốc tọa độ mà cắt trục thực Z' tại một điểm cách gốc tọa độ một khoảng 10^5 Ω. Với mẫu này, sự đóng góp của biên hạt và nội hạt vào trở kháng là chủ yếu (Kadira, Sayouri *et al.*, 2019). Khi thay thế một phần vị trí Ba^{2+} bởi Sr^{2+} thì phổ trở kháng của

các mẫu có dạng cung tròn đi qua gốc toạ độ. Như vậy, trong khoảng tần số khảo sát thì sự đóng góp nội hạt vào trở kháng của các mẫu này là chủ yếu. Ta thấy bán kính cung tròn tăng khi nồng độ pha tạp Sr^{2+} tăng từ x = 0,1 đến 0,3 và có giá trị lớn hơn nhiều so với mẫu x = 0,0. Khi nồng độ pha tạp tăng đến x = 0,4 thì bán kính cung tròn giảm nhưng vẫn lớn so với mẫu x = 0,0. Kết hợp với kết quả đo phổ hấp thụ, chúng tôi cho rằng một phần Sr^{2+} đã thay thế vào vị trí của Ba^{2+}, làm hằng số điện môi của các mẫu tăng. Bán kính cung tròn của mẫu x = 0,3 lớn nhất và giảm mạnh với mẫu ứng với nồng độ x = 0,4, điều này chứng tỏ có sự biến đổi mạnh về hằng số điện môi ở nồng độ x = 0,4. Kết quả này hoàn toàn phù hợp các kết quả thu khi phân tích về giản đồ XRD và phổ Raman ở trên. Như vậy, bằng cách thay thế một phần Sr^{2+} vào Ba^{2+} đã cải thiện tính chất điện môi của $BaTiO_3$, từ đó cho phép dự đoán tính chất điện của vật liệu được cải thiện ở nhiệt độ phòng.

4. Kết luận

Vật liệu $BaTiO_3$ pha tạp Sr với nồng độ (x = 0,0 ÷ 0,4) được chế tạo thành công bằng phương pháp phản ứng pha rắn. Ở nhiệt độ phòng vật liệu $BaTiO_3$ có cấu trúc tứ giác với hằng số mạng tinh thể $a = b$ = 4,002 Å, c = 4,010 Å. Hằng số mạng tinh thể a và c giảm khi nồng độ pha tạp tăng từ x = 0,0 đến x = 0,3. Có sự chuyển pha từ cấu trúc tứ giác sang lập phương khi nồng độ pha tạp tăng đến x = 0,4. Khi ion Sr^{2+} được thay thế vào vị trí Ba^{2+} trong mạng nền $BaTiO_3$ làm độ rộng vùng cấm quang học tăng từ E_g = 3,06 eV đến 3,14 eV, tính chất điện môi của vật liệu này cũng được cải thiện.

Tài liệu tham khảo

Cortés-Vega, F.D., C. Montero-Tavera, and J.M. Yañez-Limón, 2023. Study of the structural, ferroelectric and dielectric properties of $BaTiO_3$ co-doped with Sn^{4+} and Cr^{3+}. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* 62(3): 284-291.

Dang, N.V., T.D. Thanh, L.V. Hong, V.D. Lam, and T.-L. Phan, 2011. Structural, optical and magnetic properties of polycrystalline $BaTi_{1-x}Fe_xO_3$ ceramics. *J. Appl. Phys.* 110(4): 043914.

Horchidan, N., L. Padurariu, C.E. Ciomaga, L. Curecheriu, M. Airimioaei, F. Doroftei, F. Tufescu, and L. Mitoseriu, 2020. Room temperature phase superposition as origin of enhanced functional properties in $BaTiO_3$ - based ceramics. *Journal of the European Ceramic Society* 40(4): 1258-1268.

Ismail, F.A., R.A.M. Osman, and M.S. Idris, 2016. Review on dielectric properties of rare earth doped barium titanate. 1756: 090005.

Jaffari, G.H., A. Zafar, and A. Ali, 2021. Domain relaxation exhibited by ferroelectric low symmetry polymorphs in $BaTiO_3$. *Physica B: Condensed Matter* 604: 412750.

Kadhane, P.S., B.G. Baraskar, T.C. Darvade, A.R. James, and R.C. Kambale, 2020. Ferroelectric and piezoelectric properties of Ca^{2+} and Sn^{4+} substituted $BaTiO_3$ lead-free electroceramics on the emphasis of phase coexistence. *Solid State Communications* 306: 113797.

Kadira, L., S. Sayouri, A. Elmesbahi, and A. Salhi, 2019. Investigation of Complex Impedance and Modulus Properties of La or/and Ca Doped $BaTiO_3$. *Materials Today: Proceedings* 13: 1238-1247.

Kato, S., N. Nakajima, S. Yasui, S. Yasuhara, D. Fu, J. Adachi, H. Nitani, Y. Takeichi, and A. Anspoks, 2021. Dielectric response of $BaTiO_3$ electronic states under AC fields via microsecond time-resolved X-ray absorption spectroscopy. *Acta Materialia* 207: 116681.

Khan, S., S. Riaz, F. Arshad, M. Azhar, N. Ahmad, H. Noor, S. Atiq, and S. Naseem, 2022. Role of Ca doping on oxygen vacancy production in modulating dielectric, ferroelectric and magnetic polarization in $BaTiO_3$ thin films. *Journal of Materials Research and Technology* 16: 993-1007.

Mi, L., Q. Zhang, H. Wang, Z. Wu, Y. Guo, Y. Li, X. Xiong, K. Liu, W. Fu, Y. Ma, B. Wang, and X. Qi, 2020. Synthesis of $BaTiO_3$ nanoparticles by sol-gel assisted solid phase method and its formation mechanism and photocatalytic activity. *Ceramics International* 46(8): 10619-10633.

Muhammad, R., M.A. Khalil, and M.S. Castro, 2020. Structure and dielectric characteristics of $Ba_{1-x}Ca_xTi_{1-x}Ca_xO_{3-\delta}$ ceramics. *Ceramics International* 46(1): 1059-1064.

ABSTRACT

Effect of Sr on the crystal structure and physical properties of $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ materials ($x = 0 \div 0.4$)

Dao Viet Thang[1,2,3,*], Nguyen Manh Hung[1,2]

[1]*Department of Physics, Faculty of Basic Sciences, Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*BSASD Research Group, Faculty of Basic Sciences, Hanoi University of Mining and Geology*
[3]*HiTech-CEAE Research Team, Hanoi University of Mining and Geology*

Sr-doped $BaTiO_3$ material was synthesized by solid state reaction method. The structural characteristics, optical properties, and electrical properties of materials are investigated using different techniques such as: X-ray diffraction (XRD) pattern, Raman scattering spectrum, optical absorption spectrum, impedance spectrum. The results of XRD analysis and Raman scattering spectrum show that Sr has been replaced at the Ba position. The substitution of Sr at the Ba position in the crystal lattice structure reduced the lattice constant. Absorption spectrum analysis shows that the absorption edge shifts toward short wavelengths, and the optical band gap (E_g) increases as concentration of Sr increases. Sr-doping into $BaTiO_3$ material also improves the dielectric properties of this material. The dielectric properties of the material improve as the concentration of Sr increases. In this report, the effects of the concentration of Sr on the structure, optical properties and electrical properties are also discussed in detail.

Keywords: $BaTiO_3$ material; XRD; Raman; absorption; impedance

Chiết xuất và đánh giá hoạt tính sinh học của polyphenol trong thực vật

Nguyễn Thị Kim Thoa[1], Nguyễn Mạnh Hà[1], Nguyễn Văn Thắng[2], Trần Đức Trung[2],
Lê Thị Phương Thảo[1,3,4*]
[1]*Bộ môn Hoá học, Khoa Khoa học cơ bản, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Lớp Hóa dược K68 - Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[3]*Nhóm nghiên cứu BSASD, Khoa Khoa học Cơ bản, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[4]*Nhóm nghiên cứu mạnh HiTech-CEAE, Trung tâm Phân tích, Thí nghiệm Công nghệ cao, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Polyphenol là chất chuyển hóa thứ cấp được thực vật tổng hợp và có cấu trúc đa dạng. Các polyphenol tự nhiên đã thu hút được sự quan tâm lớn trong y học, thực phẩm và mỹ phẩm nhờ tác dụng chống oxy hóa, chống viêm, chống ung thư và điều hòa miễn dịch. Các hợp chất này phân bố trong thực vật không đồng đều với độ ổn định khác nhau, do đó, cần lựa chọn phương pháp chiết thích hợp để thu hồi polyphenol mục tiêu từ các nguyên liệu ban đầu khác nhau. Các phương pháp chiết xuất thông thường hay được sử dụng để chiết xuất các hợp chất phenolic gồm chiết lỏng - rắn, chiết lỏng - lỏng, chiết soxhlet hoặc ngâm chiết. Bài báo này sẽ giới thiệu một số kết quả chiết xuất polyphenol từ thực vật và đánh giá hoạt tính sinh học của dịch chiết thu được.

Từ khóa: polyphenol; chiết xuất; kháng khuẩn; chống oxy hoá

1. Đặt vấn đề

Các hợp chất thiên nhiên đã và đang chiếm vị trí quan trọng trong ngành sản xuất dược phẩm và nhiều lĩnh vực khác. Nhiều hợp chất này có thể được dùng làm nguyên mẫu hoặc các cấu trúc mở đường cho việc phát triển dược phẩm cũng như các sản phẩm khác đáp ứng nhu cầu cuộc sống. Theo ước tính của Tổ chức Y tế thế giới, hiện có khoảng trên 80% dân số thế giới sử dụng nguồn dược liệu để điều trị bệnh và chăm sóc sức khỏe.

Polyphenol (hay còn gọi là phenolic compounds) là một nhóm hợp chất hữu cơ mà trong phân tử có chứa nhiều nhóm phenol. Các polyphenol có nhiều ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Trong công nghiệp thuộc da, polyphenol được sử dụng làm tannin để kết tủa protein trong da và làm cho da bền và dai. Trong công nghiệp thực phẩm, polyphenol được sử dụng làm chất bảo quản, chất tạo màu, chất tạo mùi và chất tăng cường hương vị. Trong y học và dược phẩm, polyphenol được sử dụng làm chất trị liệu hoặc chất phòng ngừa cho nhiều bệnh lý như bệnh tim mạch, bệnh tiểu đường, viêm, ung thư và bệnh Alzheimer.

Bài báo này sẽ giới thiệu các đặc điểm chung của polyphenol, phương pháp ngâm chiết và đánh giá hoạt tính sinh học của dịch chiết polyphenol từ thực vật.

2. Giới thiệu về polyphenol

Polyphenol là một nhóm hợp chất hữu cơ có nguồn gốc từ thiên nhiên hoặc tổng hợp, có chứa nhiều nhóm phenol (hay còn gọi là hydroxyphenol) trong phân tử. Polyphenol có hơn 8000 loại đã được xác định. Có nhiều cách phân loại các polyphenol, trong đó cách phân loại được chấp nhận rộng rãi nhất là chia polyphenol thành hai nhóm: flavonoid và polyphenol không flavonoid. Các polyphenol không chứa flavonoid bao gồm axit phenolic (phenolic acids), tannin và stilben (Anand và nnk, 2022). Flavonoid và các axit phenolic là phổ biến nhất, chiếm tương ứng khoảng 60% và 30% tổng số polyphenol tự nhiên (Zhou và nnk, 2016).

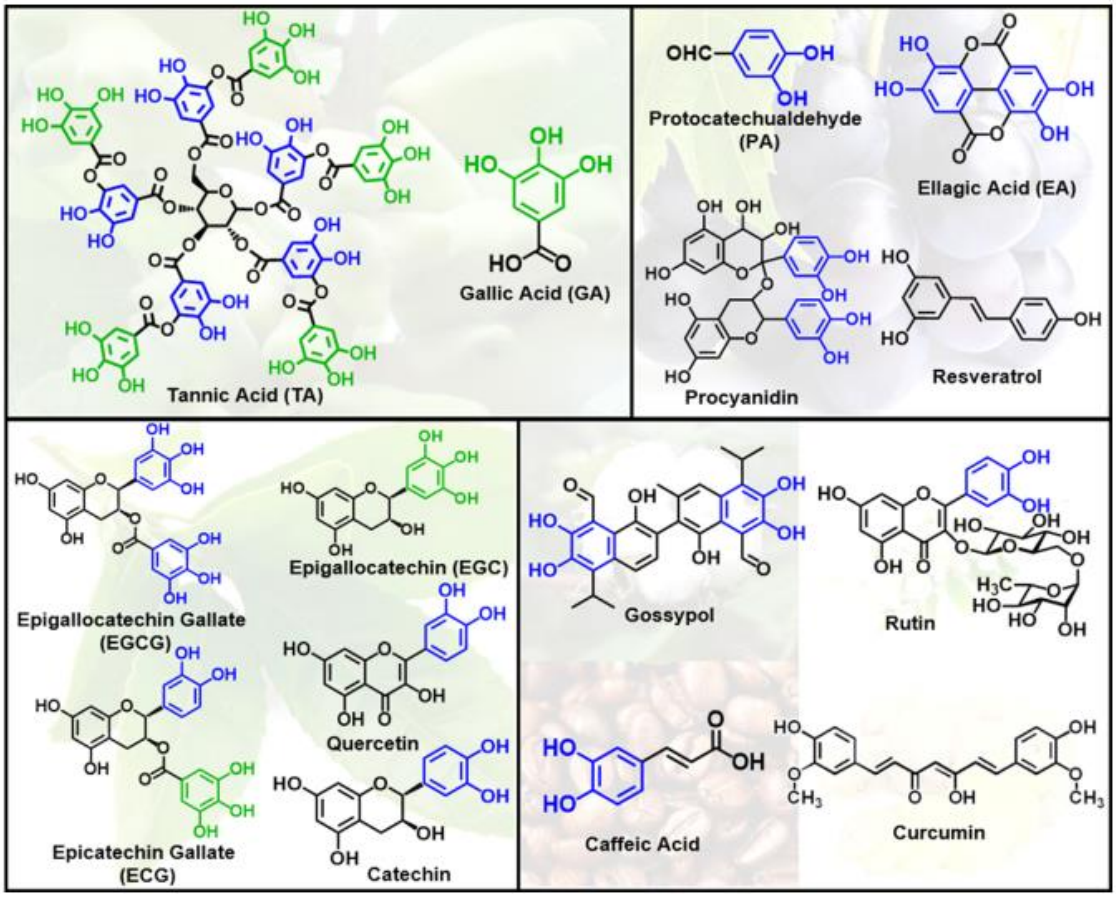
Các tính chất vật lý của polyphenol phụ thuộc vào số lượng và đặc điểm của các nhóm phenol trong phân tử.

- Polyphenol thường có trọng lượng phân tử từ 500 đến 4000 Da (đơn vị Dalton), tan trong nước vừa phải, có 5-7 vòng thơm trên 1000 Da.
- Polyphenol có khả năng hấp thụ ánh sáng trong vùng tử ngoại - khả kiến (UV-Vis) và tự phát huỳnh quang do có nhân thơm.

* *Tác giả liên hệ*
Email: lethiphuongthao@humg.edu.vn

Bảng 1. Các loại polyphenol (Zhou và nnk, 2016)

Phân loại		Chất đại diện	Nguồn
flavonoids	anthocyanins	delphinidin, pelargonidin, cyanidin, malvidin	quả mọng, nho, anh đào, mận, lựu
	flavanols	epicatechin, epigallocatechin, epigallocatechin gallate (EGCG), procyanidins	táo, lê, các loại đậu, chè, ca cao, rượu vang
	flavanones	hesperidin, naringenin	trái cây họ cam quýt
	flavones	apigenin, chrysin, luteolin	mùi tây, cần tây, cam, hành tây, trà, mật ong, gia vị
	flavonols	quercetin, kaempferol, myricetin, isorhamnetin, galangin	quả mọng, táo, bông cải xanh, đậu, trà
	isoflavonoids	genistein, daidzein	đậu
phenolic acids	hydroxybenoic acid	ellagic acid, gallic acid	lựu, nho, quả mọng, quả óc chó, sô cô la, rượu vang, trà xanh
	hydroxycinnamic acid	ferulic acid, chlorogenic acid	cà phê, hạt ngũ cốc
lignans		sesamin, secoisolariciresinol diglucoside	hạt lanh, vừng
stilbenes		resveratrol, pterostilbene, piceatannol	nho, quả mọng, rượu vang đỏ



Hình 1. Cấu trúc hóa học của một số polyphenol (Wang và nnk, 2020)

Các tính chất hóa học của polyphenol liên quan đến sự tham gia của các nhóm phenol vào các phản ứng oxy hóa - khử, tạo liên kết hydro, tạo liên kết cộng hóa trị (Waterman, Peter G., and Simon Mole, 1994):

- Polyphenol có vai trò là chất chống oxy hóa mạnh, có thể bắt các gốc tự do và ngăn ngừa sự oxy hóa của các chất khác.
- Polyphenol cũng có thể tạo liên kết hydro với các phân tử nước hoặc các nhóm hydroxyl khác, làm tăng độ tan và ổn định của phân tử.
- Polyphenol tạo liên kết cộng hóa trị với các nhóm phenol khác hoặc các nhóm hydroxyl khác, tạo thành các phân tử lớn hơn và phức tạp hơn.
- Polyphenol có thể tạo liên kết hydro với các ion kim loại, tạo thành các phức kim loại có màu sắc khác nhau.
- Polyphenol cũng có khả năng tạo phức với các protein, các chất hữu cơ chứa amin.

Các polyphenol có nhiều ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Trong công nghiệp thuộc da, polyphenol - tannin được sử dụng để kết tủa protein trong da và làm cho da bền và dai. Một số polyphenol thường được sử dụng làm thuốc nhuộm. Ở Ấn Độ, vỏ quả lựu có nhiều tannin và các polyphenol khác, hoặc nước ép của nó, được sử dụng trong nhuộm vải phi tổng hợp. Trong công nghiệp thực phẩm, polyphenol được sử dụng làm chất bảo quản, chất tạo màu, chất tạo mùi và chất tăng cường hương vị. Polyphenol có khả năng chống oxy hóa bởi các gốc tự do, kháng viêm, kháng khuẩn nên được ứng dụng trong y học làm chất trị liệu hoặc chất phòng ngừa cho nhiều bệnh lý như bệnh tim mạch, bệnh tiểu đường, viêm, ung thư và bệnh Alzheimer (Anand và nnk, 2022).

3. Nghiên cứu chiết xuất polyphenol và đánh giá hoạt tính sinh học của dịch chiết

Quá trình trích ly được biết đến rộng rãi như là một quá trình tách chiết chất có hoạt tính sinh học từ nguyên liệu thực vật. Dung môi acetone, ethanol và methanol đã được sử dụng rộng rãi để chiết xuất các thành phần polyphenol từ nguyên liệu thực vật, đặc biệt là các loại thảo mộc và cây thuốc. Hiệu suất trích ly không chỉ phụ thuộc vào dung môi mà còn về phương pháp trích ly. Phương pháp trích ly phải đảm bảo trích ly được các hợp chất mục tiêu mà không làm biến đổi tính chất hóa học của chúng. Một số yếu tố có thể ảnh hưởng đến tốc độ trích ly và chất lượng của các hợp chất polyphenol mang hoạt tính sinh học được chiết xuất, bao gồm phương pháp trích ly, loại dung môi, nồng độ dung môi, thời gian tiếp xúc hai pha, nhiệt độ, tỷ lệ nguyên liệu và dung môi cùng với kích thước hạt nguyên liệu (Dai, J., R. J. Mumper, 2010). Phương pháp chiết xuất các hợp chất polyphenol khác nhau cho từng loại nguyên liệu thực vật và một phương pháp trích ly hợp chất phenol lý tưởng cho một nguồn nguyên liệu riêng biệt phải được thiết kế riêng và tối ưu hóa (Silva, E. và nnk, 2007). Với quá trình trích ly polyphenol từ đậu nành (*Glycine max L.*) thì dung môi acetone 70% là phù hợp nhất. Các polyphenol thu được có khả năng trung hòa gốc tự do DPPH (1,1–diphenyl–2–picrylhydrazyl) đạt 78,96 ± 0,34% (Dương Thị Phượng Liên và nnk, 2014). Khi sử dụng dung môi ethanol thì hàm lượng polyphenol của dịch chiết tô mộc (*Caesalpinia sappan*), cúc hoa vàng (*Chrysanthemum indicum*) và sài đất (*Wedelia chinensis* Osb. Merr) tương ứng thu được là 5,817 ± 0,055; 5,034 ± 0,046 và 4,625 ± 0,069 mg axit chlorogenic/100 mg dược liệu; hoạt tính chống oxy hóa tương ứng là 0,512 ± 0,012; 0,424 ± 0,006 và 0,312 ± 0,009 mg Vitamin E/100 mg dược liệu, tác dụng ức chế sự phát triển của vi khuẩn *E. coli* ATCC25922 đạt (với đường kính vòng vô khuẩn của dịch chiết ethanol nồng độ 1.000 mg/mL) tương ứng là 25,15 ± 0,45; 23,25 ± 0,35 và 22,35 ± 0,65 mm) (Nguyễn Thị Thanh Hà và nnk, 2021). Dung môi ethanol cũng được sử dụng để chiết xuất polyphenol từ cây sa kê. Cao chiết thu được từ dịch chiết này ở điều kiện: dung môi ethanol 69% kết hợp siêu âm, nhiệt độ 69^{o}C, thời gian 15,98 phút và tỷ lệ nguyên liệu/dung môi 1/30 (w/v) có hàm lượng polyphenol, flavonoid lần lượt là 227,38 ± 1,27 mg GAE/g cao chiết (GAE: gallic acid) và 113,36 ± 2,07 mg QE/g cao chiết (QE: quercetin), có khả năng trung hòa tốt các gốc tự do 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (EC_{50} = 56,57 ± 0,10 µg/mL) và 2,2-diphenyl-1-picrylrylhydrazyl (EC_{50} = 68,85 ± 0,53 µg/mL) và nitric oxide (EC_{50} = 77,21 ± 0,84 µg/mL) (Nguyễn Thị Ái Lan, Trần Chí Linh, 2022). Đối với lá cây dâu tằm (*Morus alba* L.), điều kiện tối ưu để chiết xuất là: nồng độ dung môi ethanol 80%; tỷ lệ dung môi/dược liệu 34 (mL/g); nhiệt độ chiết xuất 49^{o}C; thời gian chiết xuất 49 phút. Tại điều kiện chiết tối ưu, hàm lượng tổng polyphenol và tổng flavonoid thu được lần lượt là 170,06 ± 1,97 (mg Gallic Acid/g chất khô) và 26,11 ± 0,49 (mg Rutin/g chất khô). Khả năng chống oxy hóa (mẫu thử là 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl - DPPH) của dịch chiết ở điều kiện tối ưu có giá trị IC_{50} = 42,07 µg/mL (Đoàn Thị Ái Nghĩa và nnk, 2024). Các nghiên cứu trên mô hình động vật thí nghiệm cho thấy chiết xuất lá trầu có khả năng chống lại chất gây ung thư có trong thuốc lá, ức chế sự phát triển ung thư tiền liệt tuyến. Kết quả nghiên cứu các cao chiết lá trầu không (Nguyễn Thị Kim Anh và nnk, 2024) cho thấy, hàm lượng flavonoid của các cao chiết ethanol, hexan, ethyl acetate lần lượt là 49,71, 37,40, 21,34 mg QE/g và hàm lượng phenolic lần lượt là 684,23, 368,34, 318,82 GAE/g. Ở nồng độ 25 µg/mL, cả 2 loại cao chiết ethanol và ethyl acetate đều gây độc mạnh, ức chế hầu hết tế bào ung thư vú 4T1 nhưng không có ảnh hưởng gì tới khả năng phát triển của tế bào bình

thường fibroblast. Khi sử dụng dung môi methanol (điều kiện chiết: 120 phút, 65°C, tỉ lệ vật liệu/dung môi 1/36 (w/v)) thu được chiết xuất giàu polyphenol và saponin từ quả *Musa balbisiana* (một loại chuối) cho thấy có hoạt tính kháng lipase và hoạt tính ức chế tế bào ung thư vú MCF-7 cao (Nguyen Thi Thu Huyen và nnk, 2024). Hoạt tính kháng lipase của dịch chiết được đánh giá thông qua xét nghiệm lipase tuyến tụy, hoạt tính chống ung thư của dịch chiết được đánh giá thông qua khả năng chống tăng sinh trên tế bào ung thư vú MCF-7 bằng xét nghiệm sulforhodamine B. Kết quả cho thấy, dịch chiết có khả năng ức chế tế bào lipase và MCF-7 với giá trị IC_{50} là lần lượt là 48,82 ± 1,21 µg/mL và 289,5 ± 8,7 µg/mL. Những kết quả này cho thấy dịch chiết thu được từ quả *M. balbisiana* có tiềm năng được sử dụng như một tác nhân để hỗ trợ giảm béo phì và ức chế sự tăng sinh tế bào ung thư vú.

Với xu hướng sử dụng các quy trình hoá học xanh nhằm nâng cao hiệu suất chiết tách, giảm thời gian phản ứng, tiết kiệm năng lượng, sử dụng dung môi thân thiện môi trường, các nghiên cứu chiết xuất polyphenol đã sử dụng dung môi ethanol ít độc hại mà lại hiệu quả thay thế cho dung môi methanol hay n-hexan (Nguyễn Thị Ái Lan, Trần Chí Linh, 2022; Nguyễn Thị Kim Anh và nnk, 2024; Nguyễn Đào Thanh Hương và nnk, 2022 ; Nguyen Thi Thu Huyen và nnk, 2024; Võ Mộng Thắm và Xuân Phương Nguyễn Trần, 2023). Bên cạnh đó, kết hợp với kỹ thuật siêu âm sẽ cho hiệu quả chiết cao hơn. Nhóm tác giả (Lê Huy Hoàng và nnk, 2023) đã nghiên cứu điều kiện chiết xuất trên cơ sở 3 phương pháp (phương pháp ngâm, phương pháp đun hồi lưu, phương pháp chiết xuất hỗ trợ siêu âm) để thu nhận các dịch chiết toàn phần của quả màng tang khô *Litsea cubeba* (Lour.) Pers và khảo sát hoạt tính kháng khuẩn, chống oxi hóa *in vitro* và khả năng hạn chế sự hỏng thịt tươi. Kết quả nghiên cứu cho thấy, các cao chiết quả màng tang có hoạt tính chống oxi hóa và có khả năng kháng các vi khuẩn *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus* và *Salmonella typhi*. Trong đó, cao chiết toàn phần bằng phương pháp chiết xuất hỗ trợ siêu âm có hàm lượng polyphenol và flavonoid tổng số là cao nhất (hàm lượng TPC là 276,38 ± 11,88 mg GAE/g, hàm lượng TFC là 72,53 ± 6,43 mg QE/g) với hoạt tính chống oxi hóa là cao nhất (giá trị IC_{50} là 114,46 µg/mL) và hoạt tính kháng khuẩn (đường kính vòng kháng khuẩn ở các vi khuẩn *B. subtilis*, *B. cereus*, *S. typhi* lần lượt là 16,8 ± 0,5 mm; 13,5 ± 0,4 mm; 13,3 ± 0,4 mm) là mạnh nhất. Ngoài ra, cao chiết quả màng tang bằng phương pháp chiết xuất hỗ trợ siêu âm ở nồng độ 0,5% có khả năng hạn chế sự hỏng thịt tươi trong thời gian dự trữ lạnh 7 ngày. Khi nghiên cứu ảnh hưởng của phương pháp chiết và thời gian chiết của quá trình chiết xuất polyphenol từ cây ngải cứu (*Artemisia vulgaris* L.) (lấy phần trên mặt đất của Ngải cứu khô), nhóm nghiên cứu (Nguyen Thi Thu Huyen và nnk, 2024) nhận thấy, với cả 2 phương pháp chiết ngâm và siêu âm, khi tăng thời gian chiết thì đều cho hàm lượng polyphenol tổng số tăng. Trong đó, độ chênh lệch của phương pháp siêu âm đáng kể hơn so với độ chênh lệch của phương pháp ngâm, cụ thể: khi chiết bằng cách ngâm thì khi tăng thời gian ngâm thêm 20 giờ (từ 16 lên 36 giờ) thì hàm lượng polyphenol tổng số chỉ tăng gấp 1,3 lần; còn khi chiết bằng siêu âm thì khi tăng thời gian chiết thêm 45 phút (từ 15 lên 60 phút) thì có sự tăng hàm lượng polyphenol tổng số vượt trội - xấp xỉ 2 lần. Như vậy, chiết xuất ngải cứu bằng phương pháp chiết có hỗ trợ siêu âm là phương pháp chiết tốt hơn, hàm lượng polyphenol thu được cao hơn và thời gian chiết nhanh hơn đáng kể. Sử dụng dung môi ethanol (> 99,8%) kết hợp siêu âm, nhóm tác giả (Nguyễn Thị Kim Anh và nnk, 2024) thu được hàm lượng phenolic đạt 368.34 GAE/g cao chiết. Hàm lượng phenolic thu được trong nghiên cứu này khi sử dụng sóng siêu âm cao hơn các kết quả của những nghiên cứu khác khi chỉ sử dụng phương pháp chiết ngâm. Các kết quả tổng hàm lượng phenolic từ lá trầu đã được báo cáo từ nhiều nghiên cứu với phương pháp chiết ngâm cho kết quả hàm lượng phenolic thấp, chỉ dao động từ 31,25 - 47,48 mg CAE/g, từ 0,29 - 2,62 mg GAE/g, từ 49,89 - 55,35 mg GAE/g (có hỗ trợ loại khí oxy bằng xả khí nitrogen). Trong khi đó, khi sử dụng phương pháp chiết sóng siêu âm thì thu được tổng phenolic cao hơn, đạt 289,63 - 320,65 GAE/g, 124,42 mg GAE/g. Sóng siêu âm với năng lượng cao có khả năng phá vỡ các cấu trúc của tế bào thực vật, từ đó giải phóng các hợp chất phenolic. Do đó, khi sử dụng sóng siêu âm thì hàm lượng polyphenol tổng trong dịch chiết từ quả khổ qua rừng cho kết quả cao hơn so với phương pháp chiết thông thường, kể cả đối với đối tượng quả chín và quả xanh, hay đối với cả 2 loại dung môi là ethanol và methanol (Võ Thị Bích Ngọc và nnk, 2023). Nói chung, khi sử dụng phương pháp chiết ngâm kết hợp sóng siêu âm sẽ chiết xuất được polyphenol từ các dược liệu khác với hiệu quả cao nhất (Nguyễn Thị Ái Lan, Trần Chí Linh, 2022; Nguyen Tan Thanh và nnk, 2023; Võ Mộng Thắm và Xuân Phương Nguyễn Trần, 2023; Medina-Torres và nnk, 2017).

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày các đặc điểm về cấu trúc, tính chất và một số ứng dụng điển hình của các polyphenol tự nhiên; kết quả chiết xuất polyphenol và đánh giá hoạt tính sinh học dịch chiết chứa polyphenol của một số loài thực vật. Các kết quả cho thấy, với phương pháp ngâm chiết, các yếu tố như loại dung môi, nồng độ dung môi, thời gian ngâm chiết, tỉ lệ dung môi/nguyên liệu, nhiệt độ đều ảnh hưởng tới hiệu suất quá trình. Khi kết hợp với kỹ thuật siêu âm thì hiệu quả chiết xuất sẽ tăng lên đáng kể. Hoạt tính sinh học của dịch chiết được đánh giá thông qua khả năng kháng khuẩn, chống oxy hoá.

Tài liệu tham khảo

Anand, S., et al., 2022. Polyphenols and Their Nanoformulations: Protective Effects against Human Diseases, *Life (Basel)*, 12(10).

Dai, J., and R. J. Mumper. 2010. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties, *Molecules*, 15: 7313-52.

Dương Thị Phượng Liên, Phan Thị Bích Trâm và Hà Thanh Toàn. 2014. Ảnh hưởng quá trình trích ly đến hàm lượng polyphenol và khả năng chống oxy hóa từ đậu nành, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, Số chuyên đề: Nông nghiệp*, 1: 8-15.

Đoàn Thị Ái Nghĩa, Lê Trọng Nhân, Đặng Thị Quỳnh Hoa, Trần Xuân Phú, Phạm Thị Hiền Thư. 2024. Tối ưu hóa quy trình chiết xuất polyphenol, flavonoid và đánh giá hoạt tính chống oxy hóa của lá dâu tằm thu hái tại Thừa Thiên Huế, *TNU Journal of Science and Technology*, 229(05): 160 - 167.

Lê Huy Hoàng, Lê Thúy Anh, Nghiêm Ngọc Hoa, and Phạm Kiên Cường. 2023. Chiết xuất và khảo sát thành phần hóa học, hoạt tính sinh học của các cao chiết từ quả màng tang [*Litsea Cubeba* (Lour.) Pers], *TNU Journal of Science and Technology*, 228: 222-31.

Nguyễn Đào Thanh Hương, Hồ Thị Nguyệt, Trương Minh Ngọc. 2022. Ảnh hưởng của một số điều kiện chiết xuất đến hàm lượng polyphenols và flavonoids thu được trong dịch chiết lá cây *Costus pictus* D. Don trồng tại Việt Nam, *Tạp chí Khoa học Công nghệ và Thực phẩm*, 22 (4): 55-63.

Nguyen Thi Thu Huyen, Dinh Khanh Dieu, Nguyen Huynh Tram, Hoang Thi Ngoc Nhon. 2024. Anti-lipase and MCF-7 breast cancer cell proliferation inhibition in vitro of the extract-enriched polyphenols and saponins from *Musa Balbisiana* fruit, *HUIT Journal of Science* 24(1): 93-99.

Nguyễn Thị Ái Lan, Trần Chí Linh. 2022. Tối ưu hóa quy trình chiết xuất polyphenol và flavonoid từ lá cây sa kê (*Artocarpus altilis*), *TNU Journal of Science and Technology*, 227: 47-55.

Medina-Torres, Nelly, Teresa Ayora-Talavera, Hugo Espinosa-Andrews, Angeles Sánchez-Contreras, and Neith Pacheco. 2017. Ultrasound Assisted Extraction for the Recovery of Phenolic Compounds from Vegetable Sources, 7: 47.

Neelavathi, P., P. Venkatalakshmi, and Pemaiah Brindha. 2013. Antibacterial activities of aqueous and ethanolic extracts of Terminalia Catappa leaves and bark against some pathogenic bacteria, *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5: 114-20.

Nguyen Tan Thanh, Thi Uyen Nhi Nguyen, Thi Truong Giang Dinh, Chien Thang Truong, and Xuan Hung Bui. 2023. Ultrasonic extraction of total phenolics, total flavonoids, and antioxidant activities from Gymnema sylvestre, *Ministry of Science and Technology, Vietnam*, 65: 6-11.

Nguyễn Thị Kim Anh và. 2024. Khảo sát hàm lượng flavonoid, phenolic và khả năng gây chết tế bào ung thư vú 4T1 của cao chiết lá trầu không, *Journal of Science and Technology - IUH*, 65.

Nguyễn Thị Thanh Hà, et al. 2021. Khảo sát hàm lượng polyphenol, hoạt tính chống oxy hóa và kháng khuẩn trên vi khuẩn *Escherichia coli* ATCC 25922 của một số loài thảo dược, *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 19(12): 1628-1639

Silva, E., H. Rogez, and Yvan Larondelle. 2007. Optimization of extraction of phenolics from Inga edulis leaves using response surface methodology, *Separation and Purification Technology*, 55: 381-87.

Võ Mộng Thắm, and Xuân Phương Nguyễn Trần. 2023. Bào chế và đánh giá hoạt tính sinh học của cao khô vỏ quả măng cụt (*Garcinia Mangostana L.*) tại Việt Nam, *VietNam Military Medical Unisversity*, 48: 5-14.

Võ Thị Bích Ngọc, Lê Thị Tường Vi, Trần Trung Trĩnh, Lý Hồng Hương Hạ, and Phạm Cảnh Em. 2023. Đánh giá hoạt tính kháng khuẩn, kháng nấm của cao chiết quả Khổ qua rừng (*Momordica charantia L. Var. Abbreviata ser.)* thu hái ở tỉnh Bến Tre, Việt Nam, *Tạp Chí Khoa Học Trường Đại Học Quốc Tế Hồng Bàng*: 43-50.

Wang, H., et al., 2020. Natural polyphenols in drug delivery systems: Current status and future challenges, *Giant*, 3:100022.

Waterman, Peter G., and Simon Mole. 1994. *Analysis of Phenolic Plant Metabolites*.

Yin, Z., et al., 2022. Improving the stability and bioavailability of tea polyphenols by encapsulations: a review, *Food Science and Human Wellness*, 11: 537-56.

Zhou, Y., J. Zheng, Y. Li, D. P. Xu, S. Li, Y. M. Chen, and H. B. Li. 2016. Natural Polyphenols for Prevention and Treatment of Cancer, *Nutrients*, 8.

ABSTRACT

Extraction and evaluation of biological activity of polyphenols in plants

Nguyen Thi Kim Thoa[1], Nguyen Manh Ha[1], Nguyen Van Thang[2], Tran Duc Trung[2],
Le Thi Phuong Thao[1,3,4*]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Student of Pharmaceutical chemistry - Hanoi University of Mining and Geology*
[3]*BSASD research group, Faculty of Basic sciences, Hanoi University of Mining and Geology*
[4]*HiTech-CEAE Research Team, Hanoi University of Mining and Geology*

Polyphenols are secondary metabolites synthesized by plants and have diverse structures. Natural polyphenols have attracted great interest in medicine, food and cosmetics due to their antioxidant, anti-inflammatory, anti-cancer and immunomodulatory effects. These compounds are unevenly distributed in plants with different stabilities, hence an adequate extraction process is required to recover target polyphenols from various starting materials. The most frequent extraction procedures for phenolic compounds are liquid-solid extraction, liquid-liquid extraction, soxhlet extraction or leaching. This article introduces some results of polyphenol extraction from plants.

Keywords: polyphenols; extraction; antioxidant; anti-microbial

Các hợp chất triterpenoid phân lập từ lá loài xoan đào *Melia Toosenden*

Nguyễn Thị Kim Thoa*, Nguyễn Thị Thu Hiền
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Bằng các phương pháp sắc ký kết hợp, ba hợp chất triterpenoid, 1-acetyltrichilinin (**1**), trichilinin B (**2**)**,** and l-cinnamoyltrichilinin **(3)** đã được phân lập từ cặn chiết methanol của lá cây xoan đào *Melia toosenden*. Cấu trúc của các hợp chất này được xác định bằng phương pháp phổ cộng hưởng từ hạt nhân NMR cũng như kết hợp so sánh với các hợp chất tham khảo.

Từ khóa: Melia toosenden; triterpenoids; 1-acetyltrichilinin; trichilinin B; l-cinnamoyltrichilinin

1. Mở đầu

Chi Xoan (*Melia)* thuộc họ Xoan (Meliaceae), phân bố nhiều ở khu vực châu Á, phần lớn là cây gỗ, lá thường kép một lần lông chim (Hui Chang và nnk, 2023). Loài xoan đào *Melia toosendan* được tìm thấy nhiều ở vùng Tây Bắc Việt Nam, Tây Nam của Trung Quốc, có quả và rễ trong dân gian thường được dùng để trị các bệnh giun sán, lá sắc diệt côn trùng (Yi Zhang và nnk, 2010; Chi, 2021). Các nghiên cứu hóa học đã công bố thành phần hóa học được phân lập từ lá, quả của *Melia toosendan* bao gồm limonoid, triterpenoid, steroid, lignan,… (G. Y. Zhu và nnk, 2014; Lee, 2023). Bài báo này thông báo kết quả về việc phân lập và xác định cấu trúc của ba hợp chất triterpenoid tách từ dịch chiết methanol của lá loài *Melia toosendan.*

2. Thực nghiệm và phương pháp nghiên cứu

2.1. Mẫu thực vật

Mẫu lá loài xoan đào *Melia toosendan* được thu hái tại tỉnh Sơn La, Việt Nam. Tên khoa học được TS. Nguyễn Thế Cường, Viện Sinh thái và Tài nguyên Sinh vật, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam giám định. Mẫu tiêu bản được lưu tại phòng Nghiên cứu cấu trúc, Viện Hóa sinh biển, Viện Sinh thái và Tài nguyên sinh vật, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

2.2. Hóa chất thiết bị

Sắc ký lớp mỏng (TLC): Thực hiện trên bản mỏng tráng sẵn DC-Alufolien 60 F_{254} (0,25 mm, Merck), RP-18 F_{254s} (0,25 mm, Merck); phát hiện chất bằng đèn tử ngoại ở hai bước sóng 254 nm và 365 nm hoặc dùng thuốc thử là dung dịch H_2SO_4 10% được phun đều lên bản mỏng, sấy khô rồi hơ nóng từ từ đến khi hiện màu.

Sắc ký cột (CC): Được tiến hành với chất hấp phụ là Silica gel có cỡ hạt là 0,040 - 0,063 mm (230 - 400 mesh), pha đảo RP-18 (30 - 50 µm, Fuji Silysia Chemical Ltd.), diaion HP-20 (Misubishi Chemical Indutries Co., Ltd.)

Phổ cộng hưởng từ hạt nhân (NMR): Đo trên máy Bruker DRX 500 (^{1}H-NMR, 500 MHz; ^{13}C-NMR, 125 MHz) của Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

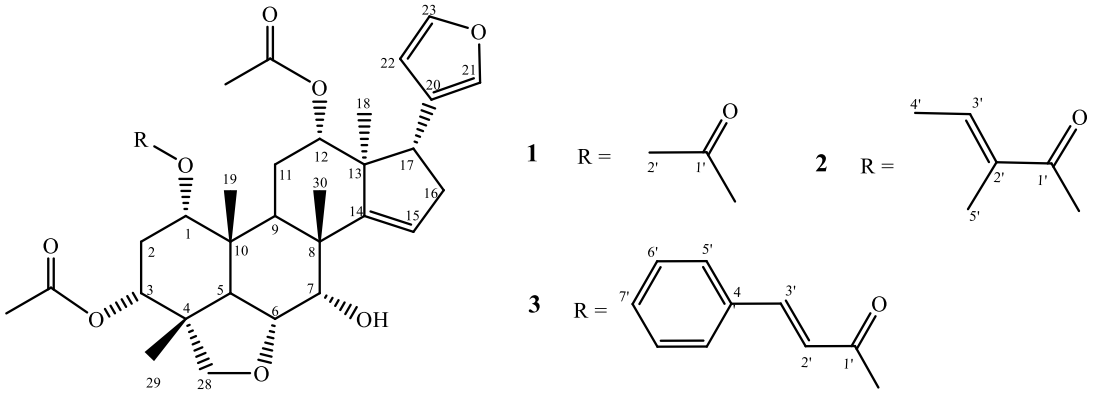
2.3. Phân lập các chất

Lá loài xoan đào *Melia toosendan* sau khi phơi khô, nghiền thành bột mịn (4,0 kg), được ngâm chiết với methanol (3 lần × 10 L) bằng thiết bị siêu âm (ở 50^{o}C, mỗi lần 1 giờ). Các dịch chiết được gom lại, lọc qua giấy lọc và cất thu hồi dung môi dưới áp suất giảm thu được 450 g cặn chiết methanol. Cặn chiết này được hòa vào nước cất ấm và tiến hành chiết phân bố lần lượt với *n*-hexan, ethyl acetate, thu được cặn *n*-hexan (MTH, 100 g), ethyl acetate (MTE, 150 g) và lớp nước (MTW, 350 g).

Phần nước MTW được cất loại bỏ dung môi hữu cơ, sau đó đưa lên cột sắc ký trao đổi ion Diaion HP-

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthikimthoa@humg.edu.vn

20 với hệ dung môi tăng dần nồng độ methanol trong nước (25, 50, 75, 100 %) thu được ba phân đoạn chính, MTW1-MTW3. Phân đoạn MTW3 tiếp tục được chạy sắc ký trên cột silica gel với hệ dung môi gradien CH_2Cl_2:MeOH (20:1→ 0:1, v/v) thu được 4 phân đoạn nhỏ hơn, MTW3A-MTW3D. Phân đoạn MTW3B được phân tách trên sắc ký cột RP-18 với hệ dung môi rửa giải acetone:H_2O (1:1) thu được hợp chất **2**. Hợp chất **1** và **3** thu được từ phân đoạn MTW3C khi tiến hành sắc ký cột RP-18 với hệ dung môi rửa giải acetone:H_2O (1:1).



*Hình 1. Cấu trúc hóa học của các hợp chất **1-3***

1-Acetyltrichilinin (1): chất bột vô định hình, màu trắng; $C_{32}H_{42}O_9$; khối lượng phân tử: 570; ^{1}H- và ^{13}C-NMR (DMSO-d_6): xem bảng 1.

Trichilinin B (2): chất bột vô định hình màu vàng; $C_{35}H_{46}O_9$; khối lượng phân tử: 610; ^{1}H- và ^{13}C-NMR (DMSO-d_6): xem bảng 1.

l-Cinnamoyltrichilinin (3): chất bột vô định hình, màu trắng; $C_{39}H_{46}O_9$; khối lượng phân tử: 658; ^{1}H- và ^{13}C-NMR (DMSO-d_6): xem bảng 1.

3. Kết quả và thảo luận

Hợp chất **1** thu được dưới dạng chất bột màu trắng. Trên phổ ^{1}H-NMR của **1** xuất hiện tín hiệu của bốn nhóm methyl tại δ_H 0,97 (s), 1,05 (s), 1,09 (s) và 1,17 (s), ba nhóm acetyl tại δ_H 1,89 (s), 2,02 (s) và 2,09 (s), 5 proton oxymethine tại δ_H 4,12 (m), 4,18 (m), 4,59 (m), 4,90 (m) và 5,06 (m), một proton olefine tại δ_H 5,68 (d, J =1,2 Hz). Ngoài ra, trên phổ này xuất hiện bộ ba proton thơm tại δ_H 6,24 (brs), 7,20 (s), 7,33 (brs) gợi ý sự xuất hiện dị vòng thơm. Trên phổ ^{13}C-NMR và HSQC của hợp chất **1** xuất hiện tín hiệu cộng hưởng của 32 nguyên tử carbon, bao gồm 7 carbon methyl, 4 carbon metylene, 12 carbon methine và 9 carbon không liên kết với hydro. Trong đó, có ba carbon carbonyl tại δ_C 170,0, 170, 2 và 170,6, sáu carbon olefine tại δ_C 111,6, 123,0, 124,4, 140,2, 142,1 và156,8, năm carbon oxymethine tại δ_C 71,7, 72,2, 72,5, 77,2 và 78,0. Phân tích phổ ^{1}H-NMR và ^{13}C-NMR của hợp chất **1** gợi ý đây là hợp chất khung triterpenoid với 3 nhóm thế acetyl và một dị vòng furan. Đồng thời so sánh dữ liệu phổ NMR của **1** với số liệu phổ của 1-acetyltrichilinin (Mohamed.S R và nnk, 1988) thì thấy phù hợp về các giá trị của δ_C tại các vị trí tương ứng.

Trên phổ HMBC của **1,** dựa vào các tương tác HMBC giữa H-18 (δ_H 1,05) với C-12 (δ_C 77,2)/C-13 (δ_C 51,4)/C-14 (δ_C 156,8)/C-17 (δ_C 50,3) và tương tác HMBC giữa H-12 (δ_H 5,06) với nhóm carbony (δ_C 170,8) cho phép xác định vị trí nhóm acetyl tại C-12. Tương tự, tương tác HMBC giữa H-19 (δ_H 0,97) với C-1 (δ_C 72,5)/C-9 (δ_C 34,3)/C-10 (δ_C 38,9), giữa H-29 (δ_H 1,17)/H-28 (δ_H 3,58) với C-3 (δ_C 71,7)/C-4 (δ_C 42,2)/C-5 (δ_C 39,6) và tương tác giữa H-3 (δ_H 4,90) với nhóm carbonyl (δ_C 170,2) chứng tỏ vị trí hai nhóm acetyl còn lại tại C-1 và C-3.

Tương tác HMBC giữa H-30 (δ_H 1,09) với C-6 (δ_C 72,2)/C-7(δ_C 73,9)/C-8 (δ_C 45,2)/C-14 (δ_C 156,8) và tương tác giữa H-15 (δ_H 5,68)/H-18 (δ_H 1,05) với C-14 (δ_C 156,8) đã chứng minh vị trí liên kết đôi tại C-14/C-15 và nhóm hydroxyl tại vị trí C-7. Ngoài ra, tương tác HMBC giữa H-17 (δ_H 3,02) với C-20 (δ_C 124,4)/C-21 (δ_C 140,2)/C-22 (δ_C 111,6) của vòng furan cho phép xác định vị trí liên kết của vòng furan tại C-17. Từ những phân tích phổ NMR của **1** như trên, xác định được hợp chất **1** là 1-acetyltrichilinin.

Hợp chất **2** thu được dưới dạng chất bột màu trắng. Trên phổ ^{1}H-NMR của **2** xuất hiện tín hiệu của 4 nhóm methyl tại δ_H 0,92 (s, H-18), 0,99 (s, H-19), 1,09 (s, H-30) và 1,19 (s, H-29), 4 nhóm methyl liên kết với nhóm hút electrone tại δ_H 1,73 (d, J = 7,2, H-4′), 1,81 (s, H-5′), 1,86 (s, 12-Ac (Me)), 1,88 (s, 3-Ac (Me)), 5 proton oxymethine tại δ_H 4,13 (m, H-7), 4,19 (d, J = 2,4, H-1), 4,63 (brs, H-6), 4,91 (brs, H-3) và 5,03 (td, J = 1,6, 8,0, H-12), hai proton olefine tại δ_H 5,67 (d, J =1,2 Hz, H-15), 6,94 (m, H-3′). Trên phổ ^{13}C-NMR và HSQC của hợp chất **2** xuất hiện tín hiệu cộng hưởng của 35 nguyên tử carbon.

*Bảng 1. Số liệu phổ ^{1}H- và ^{13}C-NMR của hợp chất **1**- **3** và các hợp chất tham khảo*

C		**1**			**2**			**3**	
	δ_C[#]	**δ_C[a,b]**	**δ_H[a,c] (*J* in Hz)**	**δ_C[¥]**	**δ_C[a,b]**	**δ_H[a,c] (*J* in Hz)**	**δ_C[$]**	**δ_C[a,b]**	**δ_H[a,c] (*J* in Hz)**
1	72,5	72,5	4,18 (m)	72,5	72,4	4,19 (d, 2,4)	72,6	72,5	4,25 (m)
2	27,5	27,50	2,14 (m)	27,4	27,3	2,15 (m)	27,3	27,3	2,22 (m)
3	71,6	71,7	4,90 (m)	71,8	71,7	4,91 (brs)	71,7	71,6	4,93 (brs)
4	42,2	42,2	-	42,4	42,4	-	42,3	42,3	-
5	39,6	39,6	2,64 (d, 12,4)	39,6	39,5	2,73 (d, 12,4)	39,6	39,6	2,80 (d, 12,4)
6	72,2	72,2	4,59 (br s)	71,9	71,8	4,63 (brs)	72,2	72,2	4,69 (brs)
7	73,9	73,9	4,12 (d, 2,4)	74,0	73,9	4,13 (m)	74,0	73,9	4,16 (d, 2,4)
8	45,2	45,2	-	45,4	45,4	-	45,3	45,3	-
9	34,3	34,3	2,76 (m)	34,4	34,3	2,77 (m)	34,4	34,4	2,91 (m)
10	39,0	38,9	-	39,5	39,4	-	39,4	39,3	-
11	24,4	24,4	1,04 (m)/ 2,14 (m)	24,3	24,2	1,05 (m)/ 2,13 (m)	24,3	24,2	1,10 (m)/ 2,15 (m)
12	77,0	77,2	5,06 (m)	77,2	77,1	5,03 (td, 1,6, 8,0)	77,1	77,2	5,04 (t, 7,6)
13	51,4	51,4	-	51,4	51,3	-	51,4	51,4	-
14	156,6	156,8	-	157,4	157,3	-	157,2	157,2	-
15	122,9	123,0	5,68 (d, 3,0)	122,7	122,7	5,67 (d, 1,2)	122,7	122,8	5,70
16	36,6	36,6	2,47 (m)	36,7	36,6	2,44 (m)/ 2,51 (m)	36,6	36,6	2,50 (m)
17	50,3	50,3	3,02 (m)	50,4	50,3	2,99 (m)	50,4	50,3	2,99 (m)
18	26,6	26,6	1,05 (s)	28,9	26,8	0,92 (s)	26,8	26,8	0,95 (s)
19	15,2	15,3	0,97 (s)	15,3	15,2	0,99 (s)	15,2	15,2	1,03 (s)
20	124,3	124,4	-	124,5	124,4		124,4	124,4	-
21	140,1	140,2	7,20 (s)	140,3	140,2	7,18 (s)	140,2	140,2	7,14 (s)
22	111,5	111,6	6,24 (brs)	111,7	111,7	6,21 (d, 0,4)	111,6	111,6	6,17 (d, 0,4)
23	142,0	142,1	7,33 (brs)	142,1	142,0	7,30 (brs)	142,0	142,0	7,25 (brs)
3-Ac (CO)	170,0	170,2	-	170,2	170,2	-	170,1	170,2	-
12-Ac (CO)	170,6	170,8	-	170,8	170,8		170,8	170,9	
3-Ac (Me)	21,0	21,1	2,02 (s)	20,9	20,9	1,88 (s)	21,0	21,1	1,84 (s)
12-Ac (Me)	21,3	21,3	1,89 (s)	21,3	21,3	1,86 (s)	21,2	21,1	1,95 (s)
28	77,9	78,0	3,58 (m)	78,1	78,0	3,58 (m)	77,9	78,0	3,63 (dd, 7,6, 22,0)
29	19,5	19,5	1,17 (s)	19,7	19,7	1,19 (s)	19,6	19,6	1,22 (s)
30	15,7	15,8	1,09 (s)	15,3	15,1	1,09 (s)	15,2	15,2	1,12 (s)
1′	170,0	169,8	-	166,0	166,4	-	165,4	165,5	-
2′	21,2	21,2	2,09 (s)	128,7	128,4	-	118,0	117,9	6,37 (d, 16,0)
3′				137,9	137,9	6,94 (m)	145,5	145,5	7,71 (d, 16,0)
4′				14,4	14,4	1,73 (d, 7,2)	134,1	134,0	-
5′				11,9	11,9	1,81 (s)	128,0	128,0	7,45 (d, 3,6)
6′							129,0	129,0	7,37 (brs)
7′							130,5	130,6	7,36 (brs)

[a]Đo trong DMSO-*d*$_6$, [b]125MHz, [c]500MHz, [#]δ_C của 1-acetyltrichilinin (Mohamed.S và nnk, 1988) đo trong DMSO-*d*$_6$, [£]δ_C của trichilinin B (Mohamed.S và nnk, 1988) đo trong DMSO-*d*$_6$, [$]$\delta_C$ của l-cinnamoyltrichilinin (Mohamed.S và nnk, 1988) đo trong DMSO-*d*$_6$

So sánh phổ cộng hưởng từ NMR của hợp chất **2** so với **1** thấy có sự tương đồng ở nhiều vị trí, chỉ khác ở chỗ trên phổ ^{13}C-NMR của **2** xuất hiện thêm 3 tín hiệu carbon, và trên phổ ^{1}H-NMR có thêm tín hiệu của 1 nhóm methyl, 2 proton olefine so với hợp chất **1**. Đồng thời, sự dịch chuyển tín hiệu cộng hưởng từ của nguyên tử C-1′ (δC 166,4) trên phổ ^{13}C-NMR của hợp chất **2** so với hợp chất **1** (δC 169,8, C-1′) gợi ý về

sự thay đổi nhóm thế tại vị trí C-1′. Thêm vào đó, trên phổ HMBC của hợp chất **2**, tương tác giữa H-4′ (δ_H 1,73)/H-5′ (δ_H 1,81) với C-2′ (δ_C 128,4)/C-3′ (δ_C 137,9) và tương tác giữa H5′ (δ_H 1,81) với C-1′ (δ_C 166,4) đã xác định sự thay thế nhóm acetate bằng nhóm tiglate tại C-1. So sánh số liệu phổ NMR của **2** với số liệu đã công bố của hợp chất trichilinin B (Mohamed.S R và nnk, 1988) thấy có sự tương đồng. Do vậy, có thể khẳng định hợp chất **2** là trichilinin B.

Hợp chất **3** thu được dưới dạng chất bột màu trắng. Phân tích dữ liệu phổ ^{1}H- và ^{13}C-NMR của hợp chất **3** cho thấy khá tương đồng với hợp chất **1** gợi ý hợp chất này cũng là một triterpenoid. Sự khác biệt giữa dữ liệu phổ NMR của hai hợp chất này, đó là trên phổ ^{13}C-NMR của **3** xuất hiện thêm tín hiệu của tám nguyên tử carbon olefine tại δ_C 117,9, 128,0 (x2), 129,0 (x2), 130,5, 134,1 và 145,5; trên phổ ^{1}H-NMR của **3** khi so sánh với dữ liệu phổ của **1** cũng xuất hiện thêm tín hiệu của một bộ proton thơm tại δ_H 7,36 (1H, brs), 7,36 (2H, brs) và 7,45 (2H, d, J = 3,6 Hz) và hai proton olefine tại δ_H 6,37 (d, J = 16,0 Hz) và 7,71 (d, J = 16,0 Hz). Điều này gợi ý sự thay đổi nhóm acetate tại vị trí C-1 của hợp chất **1** thành nhóm cinamate ở hợp chất **3**. So sánh số liệu phổ NMR của **3** với số liệu phổ của l-cinnamoyltrichilinin (Mohamed.S R và nnk, 1988) thấy có sự tương đồng. Dựa vào những phân tích trên, hợp chất **3** được xác định là l-cinnamoyltrichilinin

Các hợp chất **1**, **2**, **3** đã được phân lập trước đây từ quả của loài *Melia toosendan* (Zhang và nnk, 2012; Zhu và nnk, 2014).

4. Kết luận

Từ lá loài xoan đào (*Melia toosendan)* sử dụng các phương pháp sắc ký kết hợp đã phân lập được ba hợp chất triterpenoid, 1-acetyltrichilinin (**1**), trichilinin B (**2**)**,** and l-cinnamoyltrichilinin **(3).** Cấu trúc của các hợp chất này được xác định bằng phương pháp phổ cộng hưởng từ hạt nhân một chiều và hai chiều (1D-, 2D- NMR) kết hợp đồng thời so sánh với dữ liệu phổ của các hợp chất đã công bố trước đây.

Tài liệu tham khảo

V. V. Chi, 2021. Từ điển cây thuốc Việt Nam, Nhà xuất bản Y học.

Hui Chang, Chao Wang, Lili Gong, Yinghan Zhang, Conglian Liang, Hongyan Liu, 2023. An overview of Fructus *Meliae Toosendan*: Botany, traditional uses, phytochemistry, pharmacology and toxicology. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, Vol 157, https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113795.

Jin Woo Lee, 2023. Meliasendanins E-J, Nor-neolignan Constituents from Melia toosendan and their Anti-inflammatory Activity. *Natural Product Sciences* ,29 (1), pp.17-23.

Mohamed.S R., Michaed L. B., 1988. Tetranortriterpenes from *Melza Volkenszz*. *Journal of Natural Products* Vol.51, pp. 840-844.

Qiong Zhang, Yao Shi, Xue-Ting Liu, Jing-Yu Liang, Nancy Y Ip, Zhi-Da Min, 2007. Minor limonoids from *Melia toosendan* and their antibacterial activity. *Planta Medicine*, 73(12), 1298-303, doi: 10.1055/s-2007-981618

Yi Zhang, Chun-Ping Tang, Chang-Qiang Ke, Sheng Yao, Yang Ye, 2010. Limonoids and Triterpenoids from the Stem Bark of *Melia toosendan*. *Journal of Natural Products*, 73, 664–668.

Yi Zhang, Chun-Ping Tang, Chang-Qiang Ke, Xi-Qiang Li, Hua Xie, Yang Ye, 2012. Limonoids from the fruits of *Melia toosendan*. Phytochemistry, Vol 73, p 106-113.

Guo-Yuan Zhu, Li-Ping Bai, Liang Liu, Zhi-Hong Jiang, 2014. Limonoids from the fruits of *Melia toosendan* and their NF-κB modulating activities. *Phytochemistry*, Vol 107, 175-181.

ABSTRACT

Triterpenoids from leaves of *Melia toosendan*

Nguyen Thi Kim Thoa*, Nguyen Thi Thu Hien
Hanoi University of Mining and Geology

Using combined chromatographic methods, three triterpenoids, 1-acetyltrichilinin (**1**), trichilinin B (**2**)**,** and l-cinnamoyltrichilinin **(3)** were isolated from the methanol extract of the leaves of *Melia toosendan.* Their structures were established on the basis of NMR spectroscopic evidence and comparison with those reported in the literature.

Keywords: *Melia toosenden;* triterpenoids; 1-acetyltrichilinin; trichilinin B; l-cinnamoyltrichilinin

Các hợp chất serquiterpenoid được phân lập từ hoa cúc trắng *Chrysanthemum sinense*

Vũ Kim Thư*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Hoa cúc trắng *Chrysanthemum sinense* được sử dụng trong nhiều bài thuốc dân gian, trong đó lớp chất terpenoid thể hiện nhiều hoạt tính tốt. Bài báo này công bố kết quả nghiên cứu phân lập và xác định cấu trúc hóa học của bốn hợp chất sesquiterpenoid thuộc dẫn xuất bisabolene là indicumeone (**1**), indicumone 11-methyl ether (**2**), (9*E*)-4-oxo-7-hydroxy-11-hydroperoxy-bisabola-2,9-diene (**3**) và (-)-delobanone (**4**) được phân lập từ hoa của loài *Chrysanthemum sinense*. Cấu trúc hóa học của bốn hợp chất xác đinh bằng phân tích số liệu phổ NMR và so sánh với tài liệu tham khảo.

Từ khóa: *Chrysanthemum sinense*; hoa cúc trắng; sesquiterpenoid; terpenoid; bisabolene

1. Đặt vấn đề

Chi Cúc (*Chrysanthemum*) thuộc họ Cúc (Asteraceae) có nguồn gốc từ Đông Á và đông bắc châu Âu gồm các loài thân thảo, tiểu mộc. Hoa cúc trắng có tên khoa học là *Chrysanthemum sinense* Sabine. được sử dụng như dược liệu trong một số bài thuốc dân gian để trị gout, sốt, thấp khớp, viêm nhiễm, đau đầu, rối loạn thị lực và ung thư. Các nghiên cứu hóa học đã công bố thành phần hóa học của *Chrysanthemum sinense* gồm các flavonoid, dẫn xuất của acid caffeoyl quinic, phenolic, terpenoid và hoạt tính ức chế enzyme xanthine oxidase giúp ngăn ngừa và điều trị các bệnh liên quan đến bệnh gout, hoạt tính ức chế gốc tự do NO liên quan đến phát triển thuốc chống viêm, chống ung thư và bảo vệ tế bào khỏi tổn thương do oxy hóa của các hợp chất phân lập (Bùi Hữu Trung, 2009; Nguyen MTT, 2006; Ton Quang That, 2024). Bài báo này thông báo kết quả nghiên cứu việc phân lập và xác định cấu trúc bốn hợp chất serquiterpenoid được phân lập từ hoa cúc trắng *Chrysanthemum sinense* bằng phân tích số liệu phổ NMR và so sánh với tài liệu tham khảo.

2. Phương pháp nghiên cứu và thực nghiệm

2.1. Mẫu thực vật

Hoa cúc trắng *Chrysanthemum sinense* Sabine. được thu hái tại huyện Mê Linh, Hà Nội vào tháng 10 năm 2021 và được giám định bởi Tiến sĩ Nguyễn Thế Cường, Viện Sinh thái và Tài nguyên Sinh vật. Mẫu sau khi được làm sạch, sấy khô, xay nhỏ thu được 2,8 kg bột.

2.2. Phương pháp chiết tách

Dung môi sử dụng là n-hexane, chloroform, ethyl acetate, acetone, methanol, ethanol.

Sắc ký lớp mỏng được thực hiện trên bản mỏng tráng sẵn DC-Alufolien 60 F_{254} (Merck), RP18 F_{254S} (Merck). Phát hiện vệt chất bằng cách phun dung dịch H_2SO_4 10% trên bản mỏng và sấy nóng bằng súng nhiệt khoảng 1 phút đến khi hiện màu.

Sắc ký cột pha thường sử dụng chất hấp phụ là Silica gel (cỡ hạt 0,040 – 0,063 mm, 230 - 400 Mesh) và chất hấp phụ RP-18 (30 - 50 µm, YMC Co., Ltd) hay Diaion HP-20 (MilliporeSigma™ Supelco) dùng cho sắc ký cột pha đảo.

2.3. Các phép đo phổ

Phổ NMR sử dụng máy Bruker 600 MHz tại Viện Hoá học. Phổ khối lượng phun mù điện ESI-MS được đo trên máy Agilent 1100 LC-MSD Trap của Viện Hoá sinh biển. Độ quay cực được đo trên máy JASCO P-2000 Polarimeter của Viện Hóa sinh biển thuộc Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

* *Tác giả liên hệ*
Email: vukimthu@humg.edu.vn

2.4. Phân lập các hợp chất

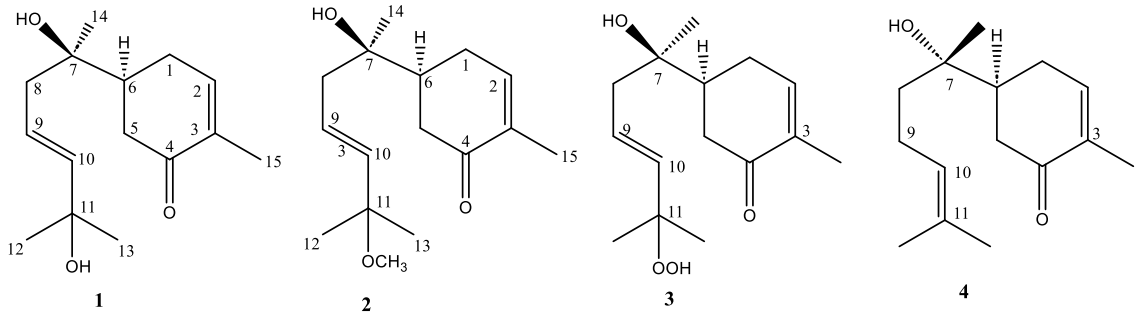
Bột khô hoa cúc trắng *Chrysanthemum sinense* (2,8 kg) được ngâm chiết xuất bằng sóng siêu âm với ethanol ba lần (mỗi lần 10 L, 30 phút ở nhiệt độ phòng). Sau khi loại bỏ dung môi thu được 600 gam dịch chiết tổng CS. Hòa tan CS với 1,0 L nước và lần lượt chiết với dung môi n-hexane, ethyl acetate thu được các phân đoạn n-hexane (CS1, 50,0 gam), ethyl acetate (CS2, 55,0 g) và lớp nước (CS3).

Phân đoạn CS1 được tách thô trên cột sắc ký silica gel (CC) (5×15 cm), sử dụng hệ dung môi n-hexane/acetone (50/1, 20/1, 10/1, 2/1, v/v, mỗi lần 500 mL) thu được bốn phân đoạn, CS1A (8,0 g), CS1B (7,0 g), CS1C (15,0 g) và CS1D (5,0 g). CS1C được tách trên cột silica gel CC (3×10 cm) bằng hệ n-hexane/EtOAc (tăng dần độ phân cực: 4/1, 2/1, 1/1 và 0/1, mỗi lần 200 mL) thu được bốn phân đoạn CS1C1 (2,0 g), CS1C2 (3,0 g), CS1C3 (1,5 g) và CS1C4 (1,7 g). Phân đoạn CS1C3 được đưa lên cột RP-18 (2×25 cm) rửa giải bằng acetone/nước (3/1, v/v, 800 mL) thu được bốn phân đoạn CS1C3A (100 mg), CS1C3B (600 mg), CS1C3C (110 mg) và CS1C3D (2,0 g). CS1C3A được tách trên cột silica gel pha đảo rửa giải bằng acetone/nước (4/1, v/v, 800 mL) thu được hợp chất **1** (5,0 mg). CS1C3B được tách trên cột silica gel pha thường với hệ dung môi chlroform/methanol (4/1, v/v, 800 mL) thu được hợp chất **4** (10,0 mg). Phân đoạn CS1C3C được tách trên cột YMC với hệ dung môi methanol/acetone/nước (4/1/0,5, v/v/v, 700 mL) thu được hợp chất **2** (4,0 mg). Hợp chất **3** (15 mg) thu được từ phân đoạn CS1C3D khi chạy sắc kí cột pha đảo rửa giải bằng hệ dung môi acetone/nước (3/1, v/v, 600 mL).

- **Indicumenone** (**1**): dạng dầu không màu, ESI-MS: $[M+H]^+$ tại m/z 253,2, công thức phân tử $C_{15}H_{24}O_3$ (M = 252). Số liệu phổ ^{1}H- và ^{13}C-NMR ($CDCl_3$), xem *Bảng 1*.
- **Indicumenone 11-methyl ether** (**2**): dạng dầu không màu, ESI-MS: $[M+H]^+$ tại m/z 267,3, công thức phân tử $C_{16}H_{26}O_3$ (M = 266). Số liệu phổ ^{1}H- và ^{13}C-NMR ($CDCl_3$), xem *Bảng 1*.
- **(9*E*)-4-oxo-7-hydroxy-11-hydroperoxy-bisabola-2,9-diene** (**3**)**:** dạng dầu không màu, ESI-MS: $[M+H]^+$ tại m/z 269,1, công thức phân tử $C_{15}H_{24}O_4$ (M = 268). Số liệu phổ ^{1}H- và ^{13}C-NMR ($CDCl_3$), xem *Bảng 1*.
- **(-)-Delobanone** (**4**): dạng dầu không màu, ESI-MS: $[M+H]^+$ tại m/z 237,4, công thức phân tử: $C_{15}H_{24}O_2$ (M = 236). Số liệu phổ ^{1}H- và ^{13}C-NMR ($CDCl_3$), xem *Bảng 1*.

3. Kết quả và thảo luận

Hợp chất **1** thu được dưới dạng chất dầu, không màu. Trên phổ ^{1}H-NMR của hợp chất **1** xuất hiện tín hiệu của 3 proton olefin tại δ_H 5,68* (1H), 5,72* (1H), 6,75 (1H, br d, J = 5,4 Hz), tín hiệu của 4 nhóm methyl bậc ba tại δ_H 1,16 (3H, s), 1,31 (3H, s), 1,31 (3H, s), 1,78 (3H, s), proton của 3 nhóm methylene tại δ_H 2,13 (1H, m)/2,21* (1H), 2,24* (1H)/2,66 (1H, br d, J = 16,0 Hz), 2,27* (1H)/2,39 (1H, dd, J = 1,2, 15,0 Hz). Ngoài ra, còn có sự xuất hiện của proton nhóm methine tại δ_H 2,24* (1H). Phổ ^{13}C-NMR của hợp chất **1** cho biết sự có mặt của 15 nguyên tử carbon, trong đó có 1 carbon carbonyl tại δ_C 200,6 (C-4), 4 carbon olefin tại δ_C 121,1 (C-9), 135,3 (C-3), 142,9 (C-10), 145,0 (C-2), 8 carbon aliphatic tại δ_C 15,6 (C-15), 23,8 (C-14), 27,3 (C-1), 29,8 (C-12, C-13), 38,9 (C-5), 42,4 (C-8) và 44,2 (C-6) và 2 carbon rượu bậc ba tert tertiary alcohol tại δ_C 70,7 (C-11) và 72,9 (C-7). So sánh với tài liệu tham khảo có sự trùng khớp về mặt số liệu phổ, do vậy hợp chất **1** là một sesquiterpenoid được xác định là indicumenone (Trifunović S, 2006).



Hình 1. Cấu trúc hóa học của các hợp chất 1 ÷ 4

Hợp chất **2** thu được dưới dạng chất dầu không màu. Phổ NMR của hợp chất **2** tương tự như hợp chất **1** với các tín hiệu đặc trưng của 2 nối đôi (3 proton olefin), 1 nhóm carbonyl, 4 nhóm methyl. Tuy nhiên hợp chất **2** có 16 nguyên tử carbon do sự xuất hiện thêm một nhóm methoxy -OCH_3 tại C-11 thay thế cho nhóm hydroxyl trong hợp chất **1**. Nhóm methoxy được thể hiện tại tín hiệu δ_H 3,14 (3H, s) và δ_C 50,4 (11-

OCH_3) làm tín hiệu δ_C của C-11 di chuyển về 72,8 ppm. Kết hợp so sánh với tài liệu tham khảo, số liệu phổ của hợp chất **2** và số liệu phổ của indicumenone 11-methyl ether có sự trùng khớp. Do đó, hợp chất **2** được xác định là indicumenone 11-methyl ether (Smitt O, 2002).

Bảng 1. Số liệu phổ ^{1}H- và ^{13}C-NMR của các hợp chất 1 ÷ 4

C	1		2		3		4	
	$\delta_C^{a,b}$	$\delta_H^{a,c}$ (mult., *J* = Hz)	$\delta_C^{a,b}$	$\delta_H^{a,c}$ (mult., *J* = Hz)	$\delta_C^{a,b}$	$\delta_H^{a,c}$ (mult., *J* = Hz)	$\delta_C^{a,b}$	$\delta_H^{a,c}$ (mult., *J* = Hz)
1	27,3	2,27* 2,39 (dd, 1,2, 15,0)	27,2	2,30* 2,40 (dt, 1,2, 15,0)	27,3	2,27* 2,40	27,2	2,23* 2,40
2	145,0	6,75 (br d, 5,4)	144,7	6,75 (br d, 5,4)	145,3	6,76 (br d, 6,0)	145,0	6,75 (br d, 6,6)
3	135,3	-	135,4	-	135,3	-	135,3	-
4	200,6	-	200,1	-	200,9	-	200,4	-
5	38,9	2,24* 2,66 (br d, 16,0)	39,0	2,24* 2,66 (br d, 16,0)	38,9	2,24* 2,67 (br d, 16,0)	39,0	2,25* 2,63 (br d, 19,2)
6	44,2	2,24*	44,3	2,25*	42,7	2,24*	44,4	2,25*
7	72,9	-	74,8	-	73,0	-	73,3	-
8	42,4	2,13* 2,21*	42,8	2,11 (m) 2,21*	44,4	2,12 (m) 2,23*	39,5	2,20* 2,24*
9	121,1	5,68*	124,0	5,60*	125,3	5,69*	22,3	2,03* 2,06*
10	142,9	5,72*	140,5	5,63*	138,7	5,70*	123,9	5,12 (t, 6,6)
11	70,7	-	72,8	-	81,8	-	132,3	-
12	29,8	1,31 (s)	25,9	1,26 (s)	24,4	1,33 (s)	25,7	1,69 (s)
13	29,8	1,31 (s)	25,9	1,26 (s)	24,3	1,31 (s)	17,7	1,62 (s)
14	23,8	1,78 (s)	24,0	1,78 (s)	23,9	1,77 (s)	24,0	1,78 (s)
15	15,6	1,16 (s)	15,6	1,17 (s)	15,6	1,18 (s)	15,6	1,18 (s)
11-OCH_3			50,4	3,14 (s)				

*[a] Đo trong $CDCl_3$, [b]150MHz, [c]600MHz, * tín hiệu chập.*

Hợp chất **3** là chất dầu không màu. Phổ NMR của hợp chất **3** có các tín hiệu đặc trưng tương tự hợp chất **1** và hợp chất **2** gồm 2 nối đôi, 1 nhóm carbonyl, 4 nhóm methyl phù hợp với CTPT là $C_{15}H_{24}O_4$ (M = 268). Hợp chất **3** là một sesquiterpenoid có 15 nguyên tử carbon, sự khác biệt với hợp chất **1** và **2** là tín hiệu carbon không liên kết với H của C-11 đã dịch chuyển về hằn trường thấp tại δ_C 81,8 ppm phù hợp với sự có mặt của nhóm hydroperoxy –OOH. Kết hợp so sánh với tài liệu tham khảo, hợp chất **3** được xác định là (9*E*)-4-oxo-7-hydroxy-11-hydroperoxy-bisabola-2,9-diene (Trifunović S, 2006).

Hợp chất **4** thu được dưới dạng chất dầu không màu. Hợp chất **4** cũng là một sesquiterpenoid khung bisabolene tương tự như hợp chất **1**, **2** và **3** có 2 liên kết đôi, 4 nhóm methyl bậc một, 1 nhóm carbonyl. Tuy nhiên phổ ^{1}H-NMR chỉ có 2 proton olefin tại δ_H 5,12 (1H, t, *J* = 6,6 Hz), 6,75 (1H, br d, *J* = 6,6 Hz) chứng tỏ đã có sự dịch chuyển của 1 nối đôi. Kết hợp với tín hiệu của 2 nhóm methyl đã dịch chuyển về trường thấp hơn tại δ_H 1,62 (3H, s) và 1,69 (3H, s) gợi ý một liên kết đôi đã dịch chuyển về vị trí gắn 2 nhóm methyl tại C10-C11. Kết hợp với so sánh tài liệu tham khảo, hợp chất **4** được xác định là (-)-delobanone (Smitt O, 2002).

4. Kết luận

Bài báo này công bố kết quả nghiên cứu phân lập bốn hợp chất từ cặn chiết n-hexan của hoa loài hoa cúc trắng *Chrysanthemum sinense.* Cấu trúc hóa học của bốn hợp chất được xác định là bốn hợp chất sesquiterpenoid thuộc dẫn xuất bisabolene: indicumeone (**1**), indicumone 11-methyl ether (**2**), (9*E*)-4-oxo-7-hydroxy-11-hydroperoxy-bisabola-2,9-diene (**3**) và (-)-delobanone (**4**). Các hợp chất sesquiterpenoid được biết đến có nhiều hoạt tính sinh học quí báu do đó loài hoa cúc trắng *Chrysanthemum sinense* hứa hẹn là dược liệu tiềm năng để tiếp tục nghiên cứu hoạt tính sinh học theo hướng tạo ra sản phẩm chăm sóc sức khỏe cộng đồng.

Tài liệu tham khảo

Bùi Hữu Trung, Nguyễn Thị Thanh Mai, 2009. Nghiên cứu mối quan hệ giữa hoạt tính ức chế gốc tự do NO với cấu trúc của các hoạt chất cô lập từ hoa cúc trắng. *Science & technology Development*, Vol 12, No.10, 48 – 56.

Nguyen MTT, Awale S, Tezuka Y, Ueda J-y, Tran QL, Kadota S, 2006. Xanthine oxidase Inhibitors from the flowers of *Chrysanthemum sinense*. *Planta Med*, 72, 46-51. https://doi.org/10.1055/s-2005-873181.

Smitt O, Högberg H-E, 2002. Syntheses of a prenylbisabolane diterpene, a natural insecticide from *Croton linearis*, and of the bisabolane sesquiterpenes (−)-delobanone and (−)-epi-delobanone. *Tetrahedron*, 58, 7691–7700. https://doi.org/10.1016/S0040-4020(02)00821-9.

Ton Quang That, Mai Thanh Thi Nguyen, Tho Huu Le, Truong Nhat Van Do, Vu Mai Thao, Duong Thi Hai Yen, Phan Van Kiem, Bui Huu Tai, Nguyen Thi Minh Hang, and Nguyen Xuan Nhiem, 2024. A New Guaianolide-type Sesquiterpenoid and Xanthine Oxidase Inhibitory Activity from *Chrysanthemum sinense* Flowers. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 1-6.

Rifunović S, Vajs V, Juranić Z, Žižak Ž, Tešević V, Macura S, Milosavljević S, 2006. Cytotoxic constituents of *Achillea clavennae* from Montenegro. *Phytochemistry*, 67, 887–893. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.02.026.

ABSTRACT

Sesquiterpenoid compounds isolated from the flowers of *Chrysanthemum sinense*

Vu Kim Thu*
Hanoi University of Mining and Geology

The flowers of *Chrysanthemum sinense* are used in some folk medicines, with terpenoid compounds showing numerous beneficial activities. This paper reports the results of the isolation and chemical structure determination of four sesquiterpenoid compounds belonging to bisabolene derivatives: indicumeone (**1**), indicumone 11-methyl ether (**2**), (9*E*)-4-oxo-7-hydroxy-11-hydroperoxy-bisabola-2,9-diene (**3**), and (-)-delobanone (**4**) isolated from the flowers of *Chrysanthemum sinense*. The chemical structures of these four compounds were determined by NMR spectral analysis and comparison with reference data.

Keywords: *Chrysanthemum sinense*; hoa cúc trắng; sesquiterpenoid; terpenoid; bisabolene

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Xây dựng thí nghiệm ảo: "Khảo sát hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng" bằng ngôn ngữ lập trình Python

Tống Bá Tuấn*, Lê Đắc Tuyên, Bùi Hữu Nguyên, Hồ Quỳnh Anh, Đào Việt Thắng
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Gần đây, việc ứng dụng khoa học máy tính để mô phỏng trong giáo dục và đào tạo đã và đang thu hút được sự quan tâm của cộng đồng các nhà khoa học. Một trong những lĩnh vực được quan tâm nghiên cứu là xây dựng các thí nghiệm vật lí ảo. Ngoài những ưu điểm là tiết kiệm thời gian, kinh phí, nguyên vật liệu, tránh rủi ro nguy hiểm trong điều kiện thực, thí nghiệm ảo còn giúp chúng ta quan sát trực quan những quá trình vật lí gần đúng quá trình thực tế. Trong bài báo này chúng tôi tập trung giới thiệu lý thuyết về hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng và nghiên cứu xây dựng ứng dụng Khảo sát hiện tượng nhiễu xạ của ánh sáng bằng ngôn ngữ lập trình Python. Giao diện của ứng dụng được xây dựng đơn giản, dễ tương tác, có thể mang lại hiệu quả cao trong quá trình dạy học Vật lí đại cương tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

Từ khóa: Mô phỏng; thí nghiệm vật lí ảo; nhiễu xạ ánh sáng; python

1. Giới thiệu

Mô phỏng là kết quả của sự kết hợp giữa công nghệ và lí thuyết. Trên thế giới, việc sử dụng các mô hình vật lí mô phỏng giải phẫu sinh học đã có từ nhiều thế kỷ, trước cả thời kỳ máy tính điện tử ra đời. Các nhà khoa học đã sử dụng máy tính để nghiên cứu thiết kế mô phỏng trong các lĩnh vực y khoa (Rosen, 2008), hàng không (Caliskan và nnk, 2009), thiên văn học (Norman và nnk, 1980). Sự phát triển không ngừng của công nghệ máy tính và nền giáo dục dẫn đến xuất hiện nhiều các trung tâm nghiên cứu mô phỏng trong hai giai đoạn 1990 - 2000 và 2001 - 2009 (Forbus, 1996), thể hiện sự phát triển mạnh mẽ của mô phỏng trong khoa học, đời sống và giáo dục.

Hiện nay các phần mềm thí nghiệm ảo đã và đang được nhiều nhóm tác giả trong và ngoài nước xây dựng bằng nhiều ngôn ngữ khác như Java, Mathlap, C#...(Design Simulation Technologies, 2024; Python Software Foundation, 2024; Hunter, 2007). Tuy nhiên khi xây dựng các thuật toán mô phỏng bằng các ngôn ngữ trên thì tương đối phức tạp, khó tùy biến. Sự ra đời và phát triển của ngôn ngữ lập trình Python (Python Software Foundation, 2004) là một ngôn ngữ lập trình mã nguồn mở, rất linh hoạt đã trở thành một công cụ hữu ích để các nhà nghiên cứu xây dựng các ứng dụng mô phỏng các hiện tượng vật lý, hóa học… Qua thực tế đã chứng minh thí nghiệm ảo đóng góp vai trò rất hiệu quả vào quá trình dạy học nói chung, và đặc biệt trong giảng dạy vật lí, là một môn học khoa học tự nhiên có nhiều hiện tượng không thể thấy trong phòng thí nghiệm nhưng nhờ kỹ thuật mô phỏng người học có thể dễ dàng tiếp cận với các hiện tượng đó một cách trực quan. Thay vì thực hiện thí nghiệm trong phòng với thiết bị và vật liệu thực, người dùng có thể tương tác với các mô hình và tình huống thông qua máy tính. Thí nghiệm vật lí ảo có nhiều ưu điểm là tiết kiệm chi phí, thời gian, nguyên vật liệu, an toàn và dễ dàng tiếp cận. Hơn nữa, thí nghiệm vật lí ảo tương cho phép người dùng điều chỉnh các biến số và quan sát kết quả ngay lập tức, cung cấp hình ảnh và giải thích rõ ràng giúp người học hiểu sâu hơn về các khái niệm vật lí. Trong khuôn khổ của báo cáo này nhóm tác giả báo cáo kết quả xây dựng thí nghiệm ảo: "Khảo sát hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng bằng ngôn ngữ lập trình python" phục vụ cho công tác giảng dạy môn Vật lí đại cương tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

2. Cơ sở lý thuyết

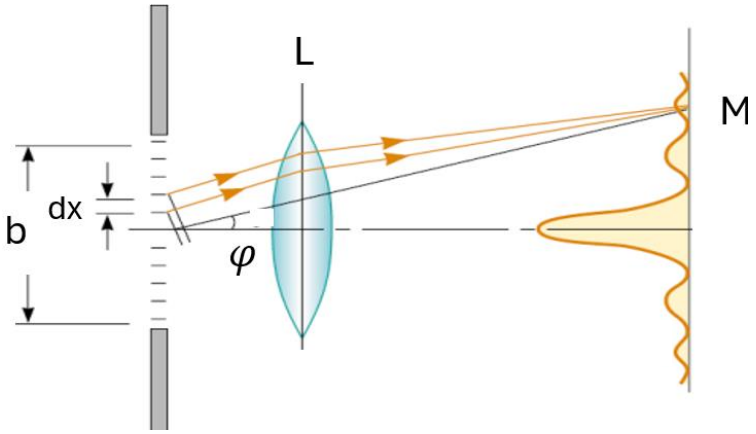
Nhiễu xạ ánh sáng là hiện tượng ánh sáng bị thay đổi phương truyền khi đi qua khe hẹp tương đương bước sóng hoặc gần mép các vật cản. Hiện tượng này cùng với hiện tượng giao thoa là một trong các hiện tượng chứng tỏ ánh sáng có bản chất sóng và nó thể hiện sự tương tác giữa ánh sáng và các vật thể mà nó

* *Tác giả liên hệ*
Email: tongbatuan208@gmail.com

gặp phải. Vật cản có thể là các vật chắn sáng nhỏ, hoặc các màn chắn trên đó có rạch các khe hẹp hoặc lỗ tròn. Khi kích thước của lỗ tròn hoặc khe hẹp lớn thì trên màn đặt phía sau có vùng bóng tối và vùng bóng sáng phân biệt rất rõ rệt. Tuy nhiên khi kích thước các chướng ngại vật thu nhỏ cỡ vài lần bước sóng ánh sáng thì ranh giới này không còn rõ ràng như trước, trong vùng tối xuất hiện các vành sáng và trong vùng sáng xuất hiện các vành tối tùy thuộc vào kích thước khe hẹp.

2.1. Nhiễu xạ qua một khe hẹp

Có một nguồn sáng đơn sắc, bước sóng λ, thấu kính L_0, khe K có bề rộng: AB = b. Thấu kính L cho ảnh hội tụ của chùm tia song song qua khe. Kết quả của thí nghiệm trên màn thu được hệ vân sáng tối, có tính chất đối xứng, ở giữa là vân sáng nhất, hai phía đến vân tối và vân sáng có cường độ yếu hơn vân chính giữa.



Hình 1. Mô hình thí nghiệm nhiễu xạ qua khe

Tuỳ thuộc vào góc nhiễu xạ φ mà điểm M trên mặt phẳng tiêu của L có thể là vân tối hoặc sáng.

Nếu $\varphi = 0$: Tiêu điểm ảnh F là hội tụ của chùm tia song song, giao thoa với nhau, do chúng đồng pha tăng cường lẫn nhau nên tại F là vân sáng gọi là cực đại giữa.

Nếu $\varphi \neq 0$: Chia khe AB thành những dải vô cùng có độ rộng dx, song song với các cạnh AB của khe. Các dải này là các nguồn sáng thứ cấp (theo nguyên lí Huyghen - Fresnel). Dưới đây chúng ta sẽ áp dụng nguyên lí chồng chất ánh sáng đã tìm được cường độ sóng tại M trên màn.

Biên độ dao động của sóng thứ cấp phát ra từ dải này là: $\frac{E_0}{b}dx$

$$dE = \frac{E_0}{b}dx.\cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x.sin\,\varphi) \rightarrow E = \int_0^b dE = \int_0^b \frac{E_0}{b}.\cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x.\sin\,\varphi)dx$$

Đặt $k = \frac{2\pi}{\lambda}\sin\varphi$, ta có:

$$E = \int_0^b \frac{E_0}{b}.\cos(\omega t - k\,x)dx = \frac{E_0}{bk}[\sin(\omega t - kb) - \sin(\omega t)]$$

$$E = \frac{E_0 \sin(\frac{\pi b}{\lambda}\sin\varphi)}{\frac{\pi b}{\lambda}\sin\varphi}\cos(\,\omega t - \frac{\pi b}{\lambda}\sin\varphi)$$

Đặt $u = \frac{\pi b}{\lambda}\sin\varphi$, ta có biên độ sóng tại điểm M là $E_{0M} = E_0\frac{\sin u}{u}$ nên cường độ sóng ánh sáng tại M là

$$I_\varphi = I_0\frac{sin^2u}{u^2} \qquad (1)$$

Tìm điều kiện cho cực đại và cực tiểu nhiễu xạ

Điều kiện để tại M xuất hiện cực tiểu nhiễu xạ là cường độ sáng tại đó bị triệt tiêu, ta có:

$$I_\varphi = 0 \rightarrow u = k\pi \rightarrow \frac{\pi b sin\varphi}{\lambda} = k\pi$$

$$\rightarrow sin\varphi = k\frac{\lambda}{b} \qquad (2)$$

Với $k = \pm1'\pm2$ ...; ($k = 0$ trùng với vân chính giữa cực đại, nên không được chọn)

Điều kiện để tại M xuất hiện cực đại nhiễu xạ là cường độ sáng tại đó đạt giá trị lớn nhất, ta có:

$$I_\varphi = I_0 \leftrightarrow \left|\frac{\sin\frac{\pi b \sin\varphi}{\lambda}}{\frac{\pi b \sin\varphi}{\lambda}}\right| = 1 \rightarrow \frac{\pi b \sin\varphi}{\lambda} = \frac{\pi}{2} + k\pi \rightarrow sin\varphi = (k + \frac{1}{2})\frac{\lambda}{b}$$

Với $k = 1; \pm 2$ ...; ($k = 0, -1$ nằm trong khoảng chính giữa cực đại, nên không được chọn)

Biểu thức cường độ sáng bậc I_k của cực đại bậc k

$$I_k = \frac{I_0}{\left(\frac{\pi b \sin\varphi}{\lambda}\right)^2} = \frac{I_0}{\left(\frac{\pi b}{\lambda}(k+\frac{1}{2})\frac{\lambda}{b}\right)^2} = \frac{4}{\pi^2(2k+1)^2} I_0 \quad (3)$$

Vậy tại tiêu điểm F của thấu kính ta có cường độ sáng là lớn nhất được gọi là cực đại chính (ứng với góc nhiễu xạ $\varphi = 0$). Xen giữa các cực tiểu nhiễu xạ còn có các cực đại khác nhưng có cường độ nhỏ hơn cực đại chính rất nhiều và giảm rất nhanh. Vị trí cực đại được xác định gần đúng từ điều kiện:

$$sin\varphi = (k + \frac{1}{2})\frac{\lambda}{b} \quad (4)$$

với $k = 1; \pm 2$ ...

Trên màn quan sát đặt tại tiêu diện của thấu kính L, hai cực tiểu đó cách nhau 1 khoảng

$$\Delta l = \frac{2\lambda}{b} f \quad (5)$$

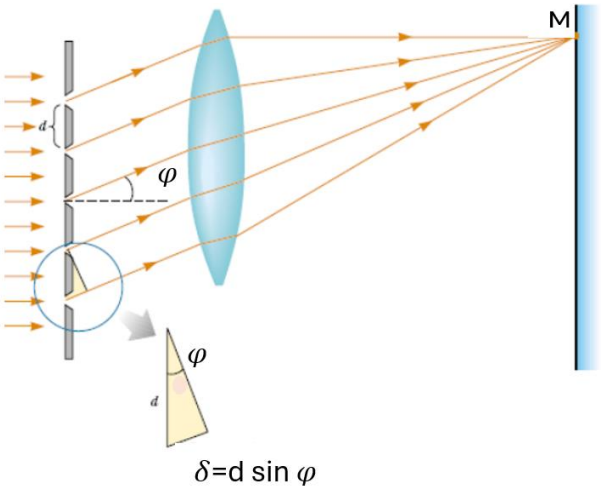
Hình ảnh vân sáng và vân tối không phụ thuộc vào vị trí của khe. Nếu dịch chuyển khe song song với chính nó thì hình ảnh nhiễu xạ không thay đổi. Nếu thay nguồn sáng O bằng một khe sáng đặt vuông góc với mặt phẳng hình vẽ thì mỗi điểm của khe sáng sẽ cho ta một hệ thống các điểm sáng trên màn quan sát. Hình ảnh nhiễu xạ là các vân sáng, tối song song với nhau và song song với khe.

Công thức (5) thấy rằng nếu bề rộng b của khe AB giảm thì độ rộng của ảnh nhiễu xạ của cực đại chính tăng lên dần dần và trải rộng ra. Ngược lại nếu tăng dần độ rộng b thì vị trí các cực tiểu càng dịch lại gần tâm F, vân giữa hẹp dần và sáng hơn và khi độ rộng của khe đáng kể $b \square \lambda$ ta thấy tại F một ảnh rõ nét của nguồn sáng O. Vậy hiện tượng nhiễu xạ không còn quan sát được nữa, ảnh nhiễu xạ trùng với ảnh quang hình học.

Chỉ khi mặt sóng là lớn vô hạn thì định luật truyền thẳng mới là đúng. Như vậy thuyết sóng không những không mâu thuẫn với với định luật truyền thẳng mà còn chỉ ra giới hạn áp dụng của định luật. Định luật chỉ áp dụng khi giữa nguồn và màn không có màn chắn, tức là mặt sóng lớn vô hạn và khi mặt sóng bị giới hạn bởi một lỗ O thì hiện tượng nhiễu xạ bắt đầu ảnh hưởng khi tỉ số kích thước lỗ so với bước sóng trong khoảng cỡ vài chục đến vài trăm lần.

2.2. Nhiễu xạ qua nhiều khe hẹp

Nhiễu xạ qua nhiều khe hẹp. Bề rộng mỗi khe là b, khoảng cách giữa các khe là d. Các khe hẹp là các nguồn kết hợp có hai hiện tượng cùng xảy ra: Nhiễu xạ qua các khe và giao thoa trên màn nên hình ảnh trên màn rất phức tạp.Ta phân tích từng ảnh hưởng của nguồn.



Hình 2. Nhiễu xạ qua nhiều khe hẹp

Theo kết quả của phần trước, các tia sáng với góc nhiễu xạ φ thỏa mãn $sin\varphi = k\lambda/b$ thì các khe đều cho cực tiểu nhiễu xạ có cường độ sáng bị triệt tiêu hoàn toàn. Các điểm này gọi là các Cực tiểu chính trong đó $k = \pm1, \pm2$ ... với $k = \pm1$ gọi là cực tiểu chính thứ nhất, $k = \pm2$ gọi là các cực tiểu chính thứ hai…

Tiếp sau đây chúng ta đi tìm đặc điểm phân bố cường độ sáng giữa hai cực tiểu chính qua hệ nhiều khe hẹp, các khe hẹp cách nhau khoảng cách d (thỏa mãn điều kiện b < d < λ).

Xét hiện tượng xảy ra với hai khe hẹp liên tiếp nhau. Ta có hiệu quang lộ của hai tia sáng nhiễu xạ theo phương lệch góc φ so với phương ngang là: $\delta = \text{d} \sin \varphi$

Nếu tại M là các vân sáng thì $\delta = k\lambda \rightarrow \text{d} \sin \varphi = k\lambda$

$$\rightarrow sin\varphi = k\lambda/d \quad (6)$$

trong đó $k = 0, \pm1, \pm2$ ...

Với $k = 0$ ứng với các tia nhiễu xạ theo phương $\varphi = 0$ gọi cực đại chính giữa.

Mặt khác vì d > b nên $-\frac{\lambda}{b} < \frac{k\lambda}{d} < \frac{\lambda}{b}$ do đó giữa hai cực tiểu chính có nhiều các cực đại chính ứng với $k = \pm1, \pm2$ ...

Cuối cùng chúng ta xét sự phân bố cường độ sáng giữ hai cực đại chính liên tiếp. Tại điểm chính giữa của hai cực đại chính ta có cực tiểu giao thoa do hai khe gây ra. Do đó hiệu quang lộ của hai tia sáng xuất phát từ hai khe này là: $\delta = (k + 1/2)\lambda \rightarrow \text{d} \sin \varphi = (k + 1/2)\lambda$

$$\rightarrow sin\varphi = (2k + 1)\lambda/2d \quad (7)$$

Tuy nhiên tại điểm này chưa chắc đã là điểm tối vì còn phụ thuộc vào số khe hẹp.

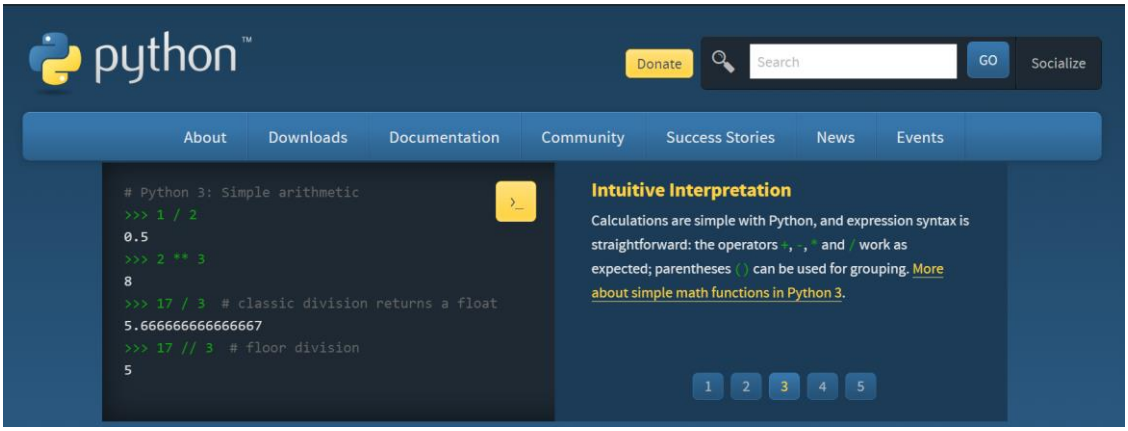
+ N=2 khe: Điểm chính giữa hai cực đại chính là điểm tối gọi là một cực tiểu.

+ N=3 khe: Còn dao động do tia khe thứ 3 gây ra không bị khử. Giữa hai cực đại chính là một cực đại, cực đại này kém sáng hơn nhiều nên gọi là các cực đại phụ, giữa các cực đại phụ là cực tiểu phụ.

+ N bất kì người ta đã chứng minh được rằng giữa hai cực đại chính kế tiếp có (N-1) cực tiểu phụ và (N-2) cực đại phụ (Dương Hải Triều, 2006). Nếu số khe lớn thì bề rộng cực đại chính thu hẹp và các cực đại chính càng sáng và thanh nét. Ảnh nhiễu xạ của hệ nhiều khe là các vạch sáng song song cách đều nhau.

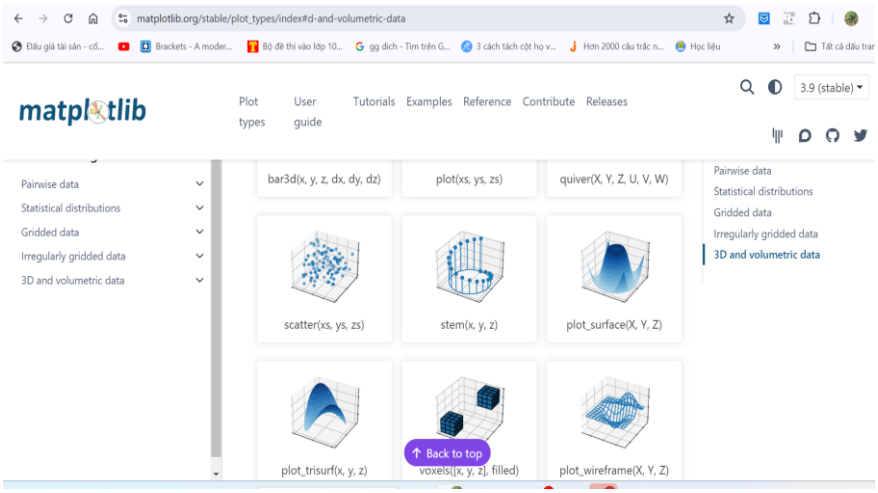
2.3. Giới thiệu ngôn ngữ lập trình Python

Python là một ngôn ngữ lập trình mạnh mẽ và phổ biến trong nhiều lĩnh vực khoa học, bao gồm cả vật lý. Nhờ cú pháp đơn giản và thư viện phong phú, Python đã trở thành công cụ hữu ích trong việc giải quyết các bài toán vật lí, mô phỏng, xử lý dữ liệu, và trực quan hóa kết quả.



Hình 3. Giao diện website www.python.org

Các nhà nghiên cứu đã xây dựng được nhiều thư viện tính toán khoa học và mô phỏng như Numpy, Matplotlib, Vpython… làm công cụ để tạo ra các mô hình ảo, hỗ trợ phân tích hiện tượng phức tạp như chuyển động Brown, vật lí lượng tử… Trong phạm vi đề tài, sẽ xây dựng thí nghiệm ảo "Khảo sát hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng". Ứng dụng sẽ tích hợp các thanh tác vụ và trường nhập dữ liệu như số khe hẹp (N), độ rộng các khe hẹp (b), khoảng cách các khe (d), khoảng cách từ các khe hẹp đến màn ảnh. Khi tham số đầu vào thay đổi thì hình ảnh phân bố độ sáng và hình ảnh phổ nhiễu xạ được minh họa ngay trên giao diện bằng cách sử dụng các thư viện Matplotlib (Hunter, 2007). Từ hình ảnh trực quan này sẽ giúp cho việc dạy học về hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng rất trực quan và sinh động.

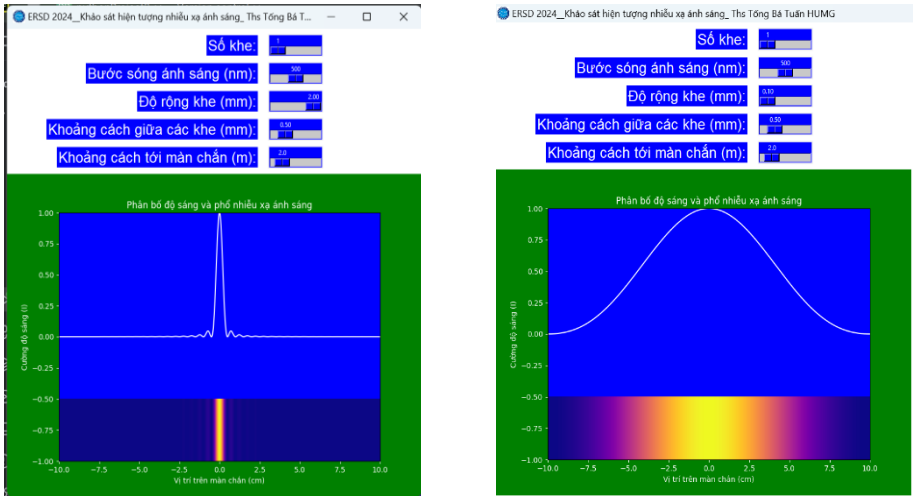


Hình 4. Giao diện website www.Matplotlib.org

Tóm lại, Python là một công cụ linh hoạt và dễ học, giúp các nhà vật lí thực hiện các mô phỏng, tính toán và phân tích một cách hiệu quả. Nhờ các thư viện và cộng đồng hỗ trợ mạnh mẽ, Python đã và đang trở thành lựa chọn phổ biến cho các nhà vật lí trong nghiên cứu và giảng dạy.

3. Mô phỏng và thảo luận

Dựa trên cơ sở lí thuyết ở trên và phân tích sự phụ thuộc của phổ nhiễu xạ vào hình dáng của các chướng ngại vật như kích thước của khe hẹp, khoảng cách của các khe, khoảng cách từ các khe đến màn. Chúng tôi đã nghiên cứu và xây dựng ứng dụng " Khảo sát hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng" bằng cách sử dụng ngôn ngữ lập trình Python. Ứng dụng được viết với ngôn ngữ mã nguồn mở đơn giản, tự nhiên nên có thể cải tiến, bổ sung theo nhu cầu của từng học phần. Trên giao diện có tích hợp các trường, thanh điều chỉnh độ rộng của khe, khoảng cách các khe đến màn ảnh. Khi thay đổi các thông số bằng cách kéo và thả chuột, nhập thông số đầu vào (số khe bất kỳ). Từ đó thấy quá trình hình ảnh phổ nhiễu xạ trên màn hình kèm theo đồ thị phân bố độ sáng trên màn. Dưới đây là một số kết quả khi chạy ứng dụng với các thông số đầu vào hiển thị trên màn hình.



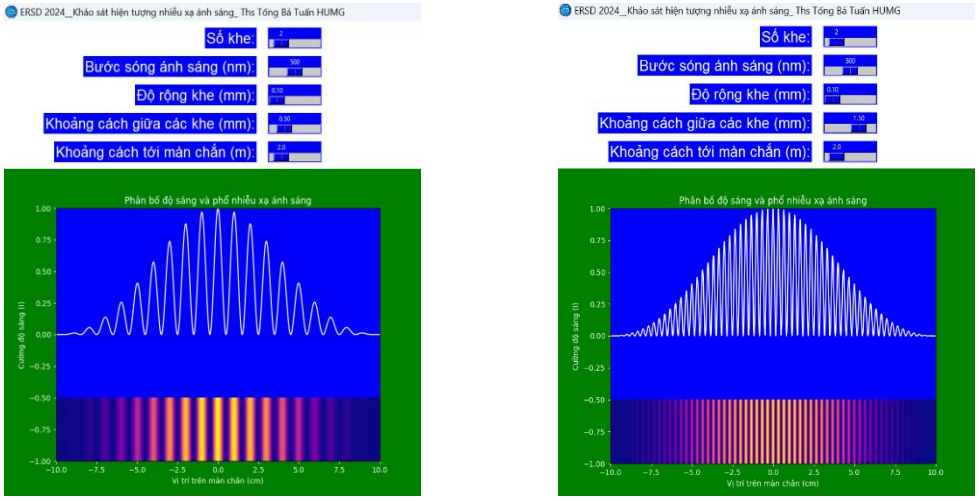
Hình 5. Phân bố cường độ sáng và phổ nhiễu xạ ánh sáng của ánh sáng có bước sóng 500 nm, khoảng cách tới màn chắn 2 m qua 1 khe có bề rộng khe hẹp (a) 2mm và (b) 0.1 mm

Trên hình 5a là hình ảnh giao diện của ứng dụng "Khảo sát hiện tượng nhiễu xạ của ánh sáng" qua một khe hẹp có bước sóng là 500 nm, bề rộng khe là 2 mm, khoảng cách tới màn chắn 2 m. Ứng với kích thước lỗ tròn bằng 4000 lần bước sóng thì hiện tượng nhiễu xạ thể hiện chưa rõ ràng, hình ảnh phổ là một vùng vạch sáng có kích thước gần bằng kích thước của khe hẹp.Tuy nhiên, nếu giữ nguyên khoảng cách từ khe hẹp tới màn và bước sóng ánh sáng chiếu tới màn đồng thời giảm kích thước của khe hẹp xuống 0.1 mm (kích thước so với bước sóng là 200 lần độ dài bước sóng) thì thấy ở trung tâm sáng nhất và cường độ giảm

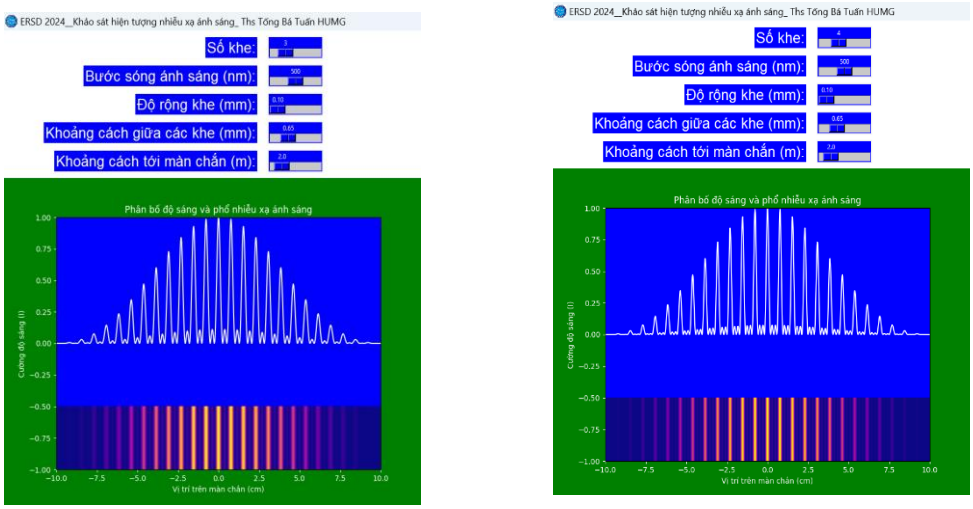
dần về hai phía (hình 5b), đó là hình hiện tượng nhiễu xạ qua một khe hẹp, tính chất sóng của ánh sáng đã biểu hiện rất rõ hơn trong trường hợp này.

Tiếp theo chúng ta thay đổi số khe hẹp và thu được một số kết quả dưới đây. Kết quả này có thể giải thích trên có thể giải thích sau khi bị nhiễu xạ qua khe hẹp, các chùm tia lại giao thoa với nhau, nên phổ nhiễu xạ phức tạp hơn. Trong hình 6 là hình ảnh phân bố cường độ sáng và phổ nhiễu xạ ánh sáng qua 2 khe hẹp của ánh sáng có bước sóng 500 nm, bề rộng khe hẹp 0.1 mm, khoảng cách tới màn chắn là 2m: Khoảng cách khe (hình 6a) 0.5 mm và (hình 6b) 1.5 mm. Khi tăng khoảng cách giữa các khe chúng ta thấy hình ảnh vân sáng sít lại gần nhau hơn. Nếu giữ nguyên khoảng cách các khe tới màn, khoảng cách của các khe, bước sóng, đồng thời thay đổi số khe trên màn thì ta thấy giữa các cực đại chính lại xuất hiện các cực đại phụ. Trường hợp có 3 khe (hình 7a) thì hình ảnh cho thấy, giữa 2 cực đại chính liên tiếp xuất hiện 1 cực đại phụ và 2 cực tiểu phụ, cường độ của cực đại phụ rất nhỏ so với cực đại chính. Trên hình 7b xuất hiện 3 cực đại phụ và 4 cực tiểu phụ giữa hai cực đại liên tiếp.

Các hình ảnh thu được khi chạy chương trình rất phù hợp với cơ sở lý thuyết ở trên vì vậy các kết quả này có rất đáng tin cậy và có thể áp dụng để nâng cao hiệu quả của quá trình giảng dạy hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng.



Hình 6. Phân bố cường độ sáng và phổ nhiễu xạ ánh sáng qua 2 khe hẹp của ánh sáng có bước sóng 500nm, bề rộng khe hẹp 0.1 mm, khoảng cách tới màn chắn là 2m: Khoảng cách khe (a) 0.5 mm và (b) 1.5 mm



Hình 7. Phân bố cường độ sáng và hình ảnh phổ nhiễu xạ của ánh sáng có bước sóng 500 nm, bề rộng khe hẹp 0.1 nm, khoảng cách khe là 0.5 nm, khoảng cách tới màn là 2 m, qua :(a) 3 khe hẹp, (b) 4 khe

4. Kết luận

Trong bài báo này chúng tôi đã báo cáo kết quả xây dựng thí nghiệm ảo: " Khảo sát hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng bằng ngôn ngữ lập trình Python". Giao diện của ứng dụng được xây dựng đơn giản, dễ tương tác. Các kết quả thu được khi thay đổi các tham số đầu vào, cho hình ảnh phổ nhiễu xạ và đồ thị phân bố cường độ sáng rất phù hợp với cơ sở lý thuyết của hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng, vì vậy có khả năng mang lại hiệu quả cao trong quá trình dạy học Vật lí Đại cương tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tuy nhiên vẫn còn một số vấn đề chưa được đề cập đến như các chướng ngại vật là đĩa tròn, vật có các hình dạng khác nhau. Chúng tôi tiếp tục mở rộng và nghiên cứu sâu hơn những vấn đề này trong thời gian tới.

Tài liệu tham khảo

Rosen, K. R, 2008. The History of Simulation in Medical Education and Its Impact on Patient Safety. *Journal of Critical Care*, 23(2), 157-166.

Caliskan, F., & Stroeve, S. H, 2009. Agent-Based Modeling in Air Traffic Management: Simulation of Aircraft Conflict Resolution. *Journal of Aerospace Engineering*, 22(3), 256-265.

Norman C. and Silk J,1980. *Astrophys. J*., 238 (3)**,** 158.

Forbus, K. D., 1996. Why computer modeling should become a popular hobby. *D-Lib Magazine*, 2(10).

Dương Hải Triều, 2006, *Vật lý Đại cương*, NXB Giao thông vận tải, trang 216.

Design Simulation Technologies, 2024. *Welcome to Design Simulation*. 2024, from https://design-simulation.com.

Python Software Foundation, 2024. Welcome to Python.org. *Python.org*. https://www.python.org/.

Hunter, J. D. 2007. *Matplotlib: A 2D graphics environment*. *Computing in Science & Engineering*, 9(3), 90–95. doi:10.1109/MCSE.2007.55

ABSTRACT

Building a Virtual Experiment: "Investigating the phenomenon of light diffraction" based on the Python programming language

Tong Ba Tuan*, Le Dac Tuyen, Bui Huu Nguyen, Ho Quynh Anh, Dao Viet Thang
Hanoi University of Mining and Geology

The scientific community has recently become interested in the use of computer science for simulation in teaching and training. The creation of virtual physics experiments is one field of study that has attracted interest. Virtual experiments not only help us avoid hazardous situations in real life and save time, money, and resources, but they also enable us to visually study physical processes that closely resemble real-world processes. In this article, our focus is on the theoretical foundations of the phenomenon of light diffraction and the building of an application based on the Python programming language to research this phenomenon. The application's user interface is made to be straightforward and simple to use, which might result in high impact.

Keywords: Simulation; virtual physics experiments; light diffraction; python

Tổng hợp và đánh giá đặc trưng vật liệu nano $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}@SiO_2$

Lê Thị Vinh[1], Hà Thị Phượng[2], Trần Thu Hương[3,*]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Bộ môn Hóa học, Trường Đại học Y Hà Nội*
[3]*Viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

TÓM TẮT

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày một số kết quả nghiên cứu về tổng hợp và khảo sát tính chất quang của vật liệu nano $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}@SiO_2$. Sau khi được tổng hợp bằng phương pháp thủy nhiệt, vật liệu nano $NaYF_4: Yb^{3+}/Er^{3+}$ (dạng hạt, đường kính 100 ÷ 200 nm, cấu trúc tinh thể hexagonal) được tiếp tục bọc bằng lớp SiO_2 rồi tiến hành khảo sát tính chất quang. Kết quả thu được cho thấy, vật liệu $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}@SiO_2$ phát huỳnh quang trong vùng màu ánh sáng đỏ ứng với các chuyển dời $^2H_{11/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ (520 nm), $^4S_{3/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ (550 nm) và $^4F_{9/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ (650 nm) của ion Er^{3+}. Vật liệu này rất có triển vọng để nhận dạng tế bào, đặc biệt là một số loại tế bào ung thư.

Từ khóa: Phương pháp thủy nhiệt; phát quang chuyển đổi ngược; $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$

1. Đặt vấn đề

Các vật liệu nano phát quang chuyển đổi ngược có ưu thế so với vật liệu phát quang thông thường: sử dụng nguồn kích thích hồng ngoại thân thiện với cơ thể người, không gây biến đổi tế bào, có thể xuyên được vài milimet vào mô người nên sẽ tác dụng sâu hơn vào vùng tổn thương. Trong số các loại vật liệu phát quang chuyển đổi ngược, vật liệu nền $NaYF_4$ pha tạp ion đất hiếm Er^{3+}, Yb^{3+}, Tm^{3+}, Ho^{3+} sẽ tạo hiệu ứng phát quang chuyển đổi ngược với hiệu suất phát quang cao, bền trong các điều kiện khác nhau (N. Niu và nnk, 2012; J.H. Lin và nnk; S. Abbasi-Moayed và nnk, 2020).

Việc sử dụng các vật liệu này trong sinh - y học đã đạt những thành công nhất định cả về chẩn đoán và điều trị *in vitro* và *in vivo* với một số thành tựu nổi bật như: Chụp hình ảnh tế bào ung thư, phát hiện virut, nhận dạng tế bào, ... (P.P. Nampi và nnk, 2022; M.Huang và nnk, 2017; W. Li và nnk, 2022; V.T. Vera và nnk, 2021; M. Lin và nnk, 2012; G. Chen và nnk, 2014). Trong nước, một số nhóm các nhà khoa học đã nghiên cứu hệ vật liệu phát quang chuyển đổi ngược chứa nguyên tố đất hiếm ở các hình thái học khác nhau và bước đầu đã thu được một số kết quả khả quan (Ha Thi Phuong và nnk, 2019). Để tiếp tục phát triển theo hướng nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành tổng hợp vật liệu nano $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$ với lớp bọc SiO_2 với mục đích tăng cường khả năng phát quang của vật liệu nhằm ứng dụng trong nhận dạng một số tế bào ung thư.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Hóa chất và phương pháp chuẩn bị mẫu

Hóa chất: Các muối đất hiếm $Y(NO_3)_3.6H_2O$; $Yb(NO_3)_3.5H_2O$; $Er(NO_3)_3.5H_2O$ đều có độ sạch 99,9% của hãng Sigma); Tetraethyl orthosilicate (99%, Merck); acetic acid (99%, Merck); NaF (99,5%, Merck); NaOH (99%, Merck); C_2H_5OH (99,9%, Sigma); $C_2H_4(OH)_2$ (99,9%, Merck,); nước khử ion.

Các phép đo mẫu

Kích thước, hình thái học của vật liệu được quan sát trên kính hiển vi điện tử (FESEM, Hitachi - field emission scanning electron microscopy). Cấu trúc của vật liệu được xác định trên hệ đo nhiễu xạ tia X (Siemens D5000 với $\lambda = 1.5406$ Å trong khoảng $10^o \leq \theta \leq 80^o$). Phổ hồng ngoại được khảo sát trên máy đo phổ hồng ngoại FTIR - IMPACT 410-Nicolet. Phổ huỳnh quang của vật liệu được đo trên hệ đo phổ kế phân giải cao, Model: Microspec-2356 (Mỹ), với bước sóng laser kích thích tại 980 nm.

2.2. Quá trình tổng hợp vật liệu

2.2.1. Tổng hợp vật liệu

* *Tác giả liên hệ:*
Email: huongtt.ims@gmail.com

Vật liệu $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$ được tổng hợp bằng cách:

Cho từ từ lần lượt các dung dịch NaOH, C_2H_5OH, $Y(NO_3)_3$, NaF vào bình phản ứng rồi khuấy từ 30 phút thu được dung dịch A. Sau đó, cho Ethylene glycol, đất hiếm $Yb(NO_3)_3$; $Er(NO_3)_3$ vào dung dịch A.

Hỗn hợp dung dịch được khuấy từ 120 phút và đặt nhiệt độ 100^oC, thu được dung dịch B. Dung dịch B đem thủy nhiệt 200 ^oC trong 6 giờ. Sau đó đem dung dịch đã thủy nhiệt ly tâm 5000v/5 phút, lọc rửa 3 lần bằng H_2O/EtOH (1:1), sấy ở 70^0C trong 24 giờ, thu được chất bột $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$.

2.2.2. Bọc lớp SiO_2 trên vật liệu chuyển đổi ngược $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$

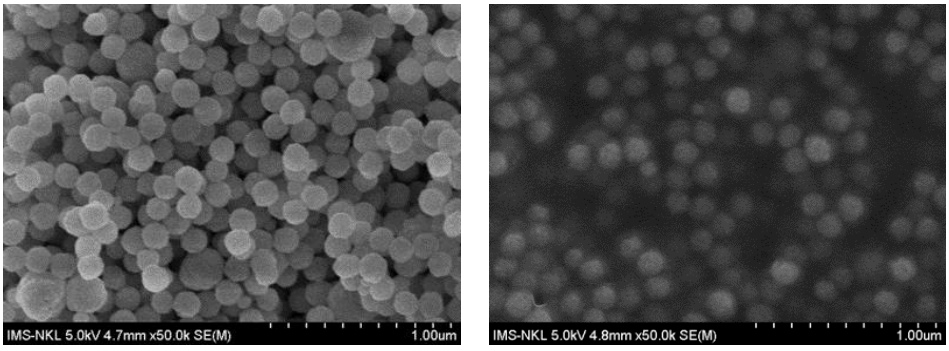
Cho một lượng Tetraethyl orthosilicate, Ethanol vào bình, khuấy từ trong 10 phút. Cho tiếp H_2O và acetic acid vào dung dịch trên và khuấy trong vòng 1giờ được dung dịch C.

Tiếp theo cho vật liệu $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$ đã tổng hợp được ở trên cùng với Ethanol và nhỏ từ từ vào dung dịch C, tiếp tục khuấy từ trong 24 giờ. Dung dịch thu được đem đi ly tâm, rửa, lọc 3 lần bằng H_2O/EtOH =1/1. Vật liệu thu được là $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$ @SiO_2.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hình thái học của vật liệu

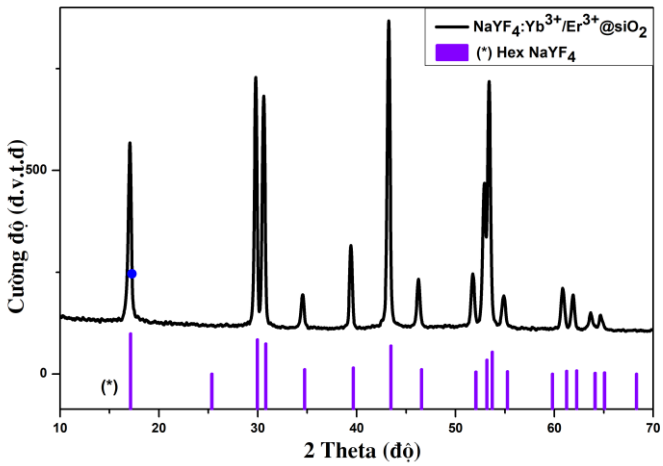
Hình thái học của các mẫu $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$ và $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$@SiO_2, được thể hiện trên Hình 1, cho thấy, các hạt đồng đều, có khả năng phân tán tốt trong môi trường nước. Các hạt của mẫu $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$ (hình 1a) có đường kính khoảng 100 ÷ 200 nm. Kính thước hạt của mẫu $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$@SiO_2 (hình 1b) tăng nhẹ (khoảng 5 ÷ 20 nm) so với mẫu (a). Kết quả này có thể là do đã tạo được lớp vỏ silica lên vật liệu $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$.



(a) $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$ (b) $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$@SiO_2

Hình 1. Ảnh FESEM của (a) $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$, (b) $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$@SiO_2 ủ nhiệt ở 200℃ trong 6 giờ.

3.2. Cấu trúc của vật liệu

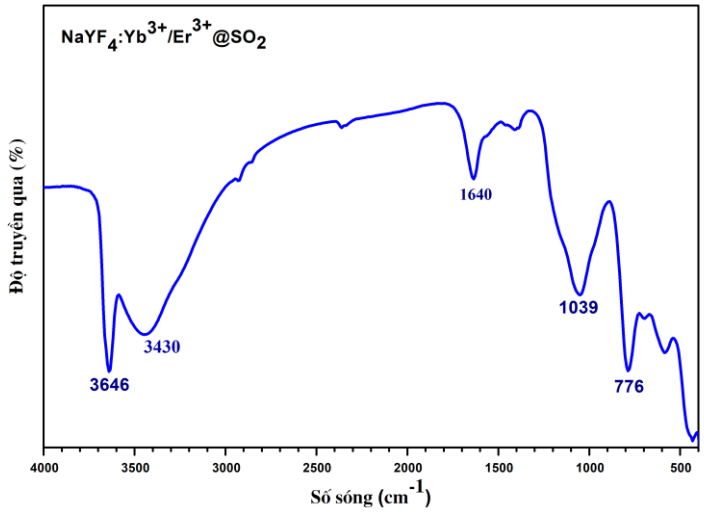


Hình 2. Giản đồ nhiễu xạ tia X mẫu nano $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$@SiO_2 ủ nhiệt ở 200℃ trong 6 giờ

Hình 2 là giản đồ nhiễu xạ tia X của $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}@SiO_2$ ủ nhiệt ở 200°C trong 6 giờ. Kết quả cho thấy mẫu xuất hiện các đỉnh nhiễu xạ đặc trưng ở các góc 2θ: 17,0°; 29,9°; 30,8°; 34,7°; 39°; 43,5°; 46,5°; 53,2°; 55,3°; 62,3° tương ứng trùng với vị trí các đỉnh nhiễu xạ của thẻ chuẩn JCPDS số 28-1192 của pha tinh thể β -$NaYF_4$ (hexagonal) của thư viện ICDD và không quan sát thấy các đỉnh lạ của các tạp chất khác trên giản đồ XRD của mẫu. Do đó, vật liệu $NaYF_4:Er^{3+}/Yb^{3+}$ kết tinh, tinh thể có cấu trúc đơn pha β -$NaYF_4$ (hexagonal).

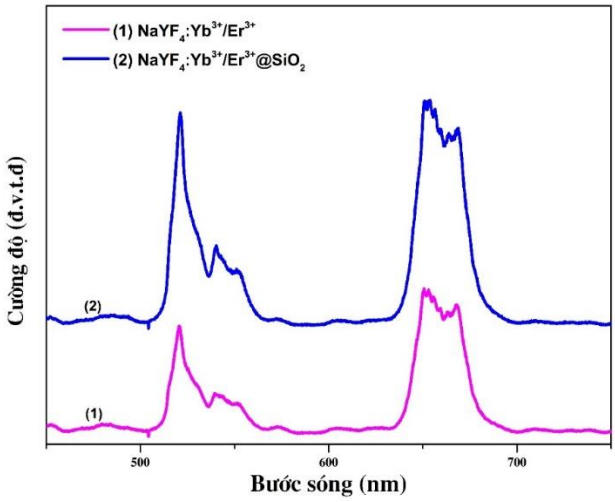
3.3. Phổ hồng ngoại

Việc kiểm tra xem vật liệu $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}@SiO_2$ được bọc SiO_2 thành công hay không được xác định bằng phổ hồng ngoại biến đổi Fourie, trên đường phổ của vật liệu (Hình 3) có các pic đỉnh lần lượt tại các số sóng 3646, 1640, 1039 và 776 cm^{-1} tương ứng với dao động - C = C -, dao động đối xứng của - CH_3 , - Si - O - Si -và dao động uốn của - C - OH. Các dao động trên tương ứng với các liên kết - C = C -, - CH_3, - Si - O - Si - , - C - OH của mẫu. Điều này chứng tỏ mẫu vật liệu đã được bọc thành công lớp vỏ SiO_2. Các dao động trong khoảng < 700 cm^{-1} tương ứng với các liên kết của các đất hiếm Yterbi (Yb), Erbi (Er), Yttri (Y) của mẫu nano.



Hình 3. Phổ hồng ngoại mẫu nano $NaYF_4:Yb^{3+}/ Er^{3+}@SiO_2$ ủ nhiệt ở 200℃ trong 6 giờ

3.4. Tính chất phát quang của vật liệu



Hình 4. Phổ huỳnh quang của các mẫu nano $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$(1); $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}@SiO_2$ (2) ủ nhiệt ở 200℃ trong 6 giờ.

Kết hợp các nghiên cứu về hình thái học, cấu trúc, chúng tôi tiến hành khảo sát tính chất phát quang của các vật liệu đã được tổng hợp thông qua phổ huỳnh quang. Tại bước sóng kích thích λ_{ex} = 980 nm, cả 2 mẫu $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$ và $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}@SiO_2$ ủ nhiệt ở 200°C trong 6 giờ đều phát quang tốt, tại các đỉnh phát xạ từ 510 - 570 nm và từ 630 - 700 nm, ứng với các chuyển dời $^2H_{11/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ (520 nm), $S_{3/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ (550 nm) và $^4F_{9/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ (650 nm) của ion Er^{3+}. Như vậy, các mẫu vật liệu tổng hợp đều phát xạ ở vùng ánh sáng màu đỏ tại các bước sóng của ion Er^{3+}. Hơn nữa, cường độ phát quang của vật liệu được bọc lớp SiO_2 cao hơn mẫu không bọc 35% (Tran Thu Huong và nnk, 2009)

4. Kết luận

Đã tổng hợp thành công vật liệu phát quang chuyển đổi ngược $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$ phát quang trong vùng đỏ, vật liệu có dạng hạt, đường kính từ 100 nm đến 200 nm, cấu trúc pha hexagonal β-$NaYF_4$.

Đã bọc thành công vật liệu trên bằng lớp SiO_2 tạo tổ hợp nano y sinh $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}@SiO_2$ với cường độ phát quang được tăng cường. Do đó, vật liệu có triển vọng ứng dụng phát hiện và nhận dạng một số tế bào ung thư.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được hỗ trợ kinh phí từ Đề tài mã số VAST 03.03/23-24 thuộc Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

A.B. Chinen, C.M. Guan, J.R. Ferrer, S.N. Barnaby, T.J. Merkel, and C.A. Mirkin, 2015. Nanoparticle Probes for the Detection of Cancer Biomarkers, Cells, and Tissues by Fluorescence. *Chem Rev*, *115(19)*, 10530-10574.

G. Chen, H. Qiu, P.N. Prasad, and X. Chen, 2014. Upconversion nanoparticles: Design, nano chemistry and applications in theranostics, *Chem. Rev*,114, 5161-5214.

Ha Thi Phuong, Tran Thu Huong, Hoang Thi Khuyen, Le Thi Vinh, Do Thi Thao, Nguyen Thanh Huong, Pham Thi Lien and Le Quoc Minh, 2019. Synthesis and structural characterization of $NaYF_4:Yb^{3+}$, Er^{3+}@silica-N=Folic acide nanophosphors for bioimaging. *Journal of Rare earth*, *37(11)*, pp.1183-1187.

J. H. Lin, H. Y. Liou, C. D. Wang, C. Y. Tseng, C. T.Lee, C. C. Ting, H. C. Kan and C. C. Hsu, 2015. Giant Enhancement of Upconversion Fluorescence of $NaYF_4$: Yb^{3+}, Tm^{3+} Nanocrystals with Resonan Waveguide Grating Substrate. *ACS Photonics*, *2(4)*, 530-536.

J. Wang, J. Hao and P. A. Tanner, 2011. Upconversion luminescence of an insulator involving a band to band multiphoton excitation process. *OPTICS EXPRESS*, Vol. 19, No. 12, pp.11753-11758.

M. Huang, L. Wang, X. Zhang, J. Zhou, and L. Liu, 2017. Synthesis and Characterization of Folic Acid Labeled Upconversion Fluorescent Nanoprobes for in vitro Cancer Cells Targeted Imaging. *Brief reports*, *15(5)*, pp. 1-9.

M. Lin, Y. Zhao, S. Wang, M. Liu, Z. Duan, Y. Chen, F. Li, F. Xu and T. Lu, 2012. Recent advances in synthesis and surface modification of lanthanidedoped upconversion nanoparticles for biomedical applications. *Biotechnol. Adv, 30*,1551-1561.

N. Niu, F. He, S. Gai, C. Li, X. Zhang, S. Huanga and P. Yang, 2012. Rapid microwave reflux process for thesynthesis of pure hexagonal $NaYF_4:Yb^{3+,}$ Ln^{3+}, Bi^{3+} (Ln^{3+} 1/4 Er^{3+}, Tm^{3+}, Ho^{3+}) and its enhanced UC luminescence. *J. Mater. Chem, 22*, 21613-21623.

P. Du, L. Luo and J. S. Yu, 2016. Facile synthesis of Er^{3+}/Yb^{3+} codoped $NaYF_4$ nanoparticles: apromising multifunctional upconverting luminescent material for versatile applications. *RSC Adv, 6*, 94, pp. 94539 -94546.

P. P. Nampi, A. Vakurov, S. Saha, G. Jose, P. A. Millner, 2022. Surface modified hexagonal upconversion nanoparticles for the development of competitive assay fr biodetection. *Biomaterials Advances*, 136, 212763, pp. 1-8.

S.Abbasi-Moayed, A. Bigdeli and M.R. Hormozi-Nezhad, 2020. Application of $NaYF_4$:Yb/Er/Tm UCNPs in Array-BasedSensing of Neurotransmitters: From a SingleParticle to a Multichannel Sensor Array. *ACSAppl. Mater. Interfaces***,** 12, 47, pp.52976–52982.

Tran Thu Huong, Tran Kim Anh và Le Quoc Minh, 2009. Liên hợp hóa sinh vật liệu nano phát quang $YVO_4:Eu^{3+}$ nhằm ứng dụng đánh dấu huỳnh quang y sinh. *Hội nghị Vật lý chất rắn và Khoa học vật liệu toàn quốc lần thứ 6 (SPMS-2009)*, No 32, pp. 887- 891.

V.T. Vera, D.M. Golzalez, D. J. R. Ramos, A. Igalla, M. Laurenti R.C. Caceres, E. L. Cabarcos, E. Díaz, J. R. Retama, S.Melle and O. G. Calderón, 2021. The effects of dopant concentration and excitationintensity on the upconversion and downconversion emission processes of β-$NaYF_4:Yb^{3+}$, Er^{3+} nanoparticles. *J. Mater.Chem*, 9, pp. 8902-8911.

W. Zheng, P. Huang, D. Tu, E. Ma, H. Zhuab, and X. Chen, 2015. Lanthanide-doped upconversion nano bioprobes: electronic structures, optical properties and biodetection. *Chem. Soc. Rev, 44*, pp. 1379-1415.

W. Li, L. Hu, W. Chen, S. Sun, M. Guzik, G. Boulon, 2022. Enhanced red up-conversion of β-$NaYF_4$:Er^{3+}/Tm^{3+}microcrystals for bio-imagingapplications. *Journal of Alloys and Compounds*, 926, 166743.

ABSTRACT

Synthesis and Characterization of $NaYF_4$:Yb^{3+}/Er^{3+}@SiO_2 nanomaterials

Le Thi Vinh[1] Ha Thi Phuong[2] Trần Thu Huong[3,*]
[1] *Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Department of Chemistry, Hanoi Medical University*
[3]*Institute of Materials Science, Vietnam Academy of Science and Technology*

In this paper, we report several findings on the synthesis of the luminescent nanomaterial $NaYF_4$:Yb^{3+}/Er^{3+}@SiO_2. The $NaYF_4$: Yb^{3+}/Er^{3+} nanomaterials in the form of particles with diameters ranging from 100 to 200 nm, were synthesized using the hydrothermal method. These materials were then coated with a SiO_2 layer and possess a hexagonal crystal structure (β). An investigation of the optical properties of $NaYF_4$:Yb^{3+}/Er^{3+}@SiO_2 shows that the material emits fluorescence in the red region, corresponding to the transitions $^2H_{11/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ (520 nm), $^4S_{3/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ (550 nm) and $^4F_{9/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ (650 nm) of Er^{3+} ion. These results hold potential for identifying cancer cells and applications in biomedical fluorescence labeling.

Keywords: Hydrothermal method; upconversion luminescence; $NaYF_4$:Yb^{3+}/Er^{3+}

TIỂU BAN
TOÁN HỌC, CƠ HỌC VÀ ỨNG DỤNG

MỤC LỤC

Rèn luyện tư duy sáng tạo cho sinh viên thông qua lớp bài toán tìm vết của mặt phẳng
Hoàng Văn Tài, Đỗ Việt Anh 1515

Áp dụng mô hình A-SIR đánh giá dịch covid-19 ở Việt Nam
Lê Thị Hương Giang 1521

Ứng dụng các định lý trung bình để chứng minh công thức sai số của phương pháp parabol tính xấp xỉ tích phân xác định
Hoàng Ngự Huấn 1527

Một vài phương pháp tính định thức ma trận vuông cấp n và ứng dụng
Nguyễn Thuỳ Linh 1532

Kiểm định trung bình hai tổng thể trong phần mềm R
Phạm Ngọc Anh 1537

Một cách sáng tác bài toán Giải tích cho kỳ thi Olympic Toán sinh viên
Phạm Tuấn Cường 1542

Tính toán dao động của ô tô có chứa đạo hàm cấp ba sử dụng phương pháp Newmark
Bùi Thị Thúy 1547

Mô phỏng động lực học robot song song Hexel
Trần Thị Trâm 1552

Ước lượng xác suất đuôi cho một lớp biến ngẫu nhiên khả vi Malliavin
Nguyễn Thu Hằng 1557

Ước lượng xác suất không trả được nợ tín dụng cá nhân bằng mô hình hồi quy logistic
Nguyễn Thị Hằng 1561

Error analysis for a fractional Adams method
Nguyen Thi Hong, Dao Xuan Hung 1567

Nhóm tự đẳng cấu của mô hình kiểu hữu hạn
Nguyễn Thị Lan Hương 1573

Xấp xỉ phân phối nhị thức bằng phân phối chuẩn
Nguyễn Thế Lâm 1578

ChatGPT trong Trường Đại học: Cơ hội và thách thức
Lê Bích Phượng 1582

Xấp xỉ phân phối chuẩn: Từ nền tảng lý thuyết đến ứng dụng thực tiễn
Lê Bích Phượng 1587

Phương pháp tính và ứng dụng kinh tế của tích phân
Nguyễn Thị Kim Sơn 1592

Thuật toán phân tích thành phần chính và ứng dụng trên phần mềm R
Hoàng Thuỳ Linh 1598

Bài toán vận tải và ứng dụng trong Python
Nguyễn Hà Trang.....1604

Định lý Cayley-Hamilton và ứng dụng
Dư Thị Hòa Bình.....1610

Vai trò của Hình họa - Vẽ kỹ thuật đối với các ngành kỹ thuật trong thời đại khoa học công nghệ phát triển
Lê Thị Thanh Hằng 1615

A remark on robustness of exponential dichotomy
Bui Xuan Quang 1619

Massera-typed theorem for a class of delayed differential equations
Nguyen Thi Loan.....1624

Hàm sinh mô-men: Một công cụ đắc lực trong phân tích xác suất và thống kê
Lê Bích Phượng, Hà Hữu Cao Trình.....1629

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Rèn luyện tư duy sáng tạo cho sinh viên thông qua lớp bài toán tìm vết của mặt phẳng

Hoàng Văn Tài*, Đỗ Việt Anh
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Mục đích nghiên cứu: Rèn luyện khả năng sáng tạo cho sinh viên.
Phạm vi nghiên cứu: Sinh viên năm nhất và năm hai các ngành Cơ điện, Xây dựng và Mỏ.
Phương pháp nghiên cứu: Nghiên cứu lý thuyết về tư duy sáng tạo và các biểu hiện Tư duy sáng tạo trong quá trình dạy giải bài tập tìm vết của mặt phẳng.
Các kết quả chính: Nêu bật các biểu hiện của Tư duy sáng tạo, qua đó đề xuất biện pháp rèn luyện Tư duy sáng tạo cho sinh viên.

Từ khóa: Tư duy sáng tạo; Hình học Họa hình; Vết.

1. Đặt vấn đề

Ngày nay, cách dạy học Toán nói riêng và các môn Khoa học cơ bản nói chung của một bộ phận giáo viên đã làm giảm đi hứng thú, say mê tìm tòi, khám phá, sáng tạo ở người học. Giảng viên chỉ lo truyền thụ kiến thức cho người học mà chưa chú ý đến việc rèn luyện tư duy sáng tạo cho họ. Nhiều người nghĩ rằng học Toán là để có các kiến thức Toán học ứng dụng trong đời sống hàng ngày và để học các môn học khác, nhất là các môn khoa học tự nhiên và kĩ thuật. Trong thời đại mới, giáo dục đào tạo đòi hỏi có những yêu cầu cao về việc rèn luyện trí thông minh, sáng tạo, tính năng động thích nghi với những thay đổi nhanh của xã hội.

Bài viết này trình bày một số biểu hiện của tư duy sáng tạo và cách rèn luyện tư duy sáng tạo của sinh viên qua dạy học giải bài tập Hình học họa hình tại trường Đại học Mỏ - Địa chất.

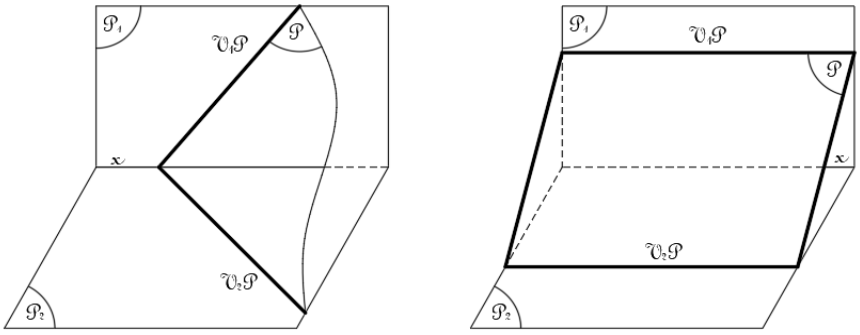
2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.2. Vết và thuộc tính cơ bản về Vết của mặt phẳng

+ Khái niệm vết của mặt phẳng: Vết của mặt phẳng (P) là giao tuyến của mặt phẳng (P) với các mặt phẳng hình chiếu (P_1), (P_2). (Nguyễn Đình Điện, Đỗ Mạnh Môn, 2006).

Ta kí hiệu:
- x là giao tuyến của hai mặt phẳng hình chiếu (P_1), (P_2).

(P) $\cap$ **(P_1)** = $\mathbf{V_1P}$ -vết đứng.
(P) $\cap$ **(P_2)** = $\mathbf{V_2P}$ - vết bằng (Hình 1)



Hình 1. Minh họa vết đứng và vết bằng của mặt phẳng.

* *Tác giả liên hệ*
Email: hoangvantai@humg.edu.vn

- Đường bằng b của mặt phẳng **(P)** là đường thẳng thuộc **(P)** và song song với **(P_2)**.

+ Một số (thuộc tính) đặc điểm cơ bản về vết của mặt phẳng (Nguyễn Đình Điện và nnk, 2006).

(1) $\mathbf{V_1P}$, $\mathbf{V_2P}$, x hoặc song song, hoặc đồng quy.

(2) $M \in \mathbf{V_1P} \Leftrightarrow \begin{cases} M_1 \in \mathbf{V_1P} \\ M_2 \in x \end{cases}$ (3) $N \in \mathbf{V_2P} \Leftrightarrow \begin{cases} N_1 \in x \\ N_2 \in \mathbf{V_2P} \end{cases}$

(4) Giả sử đường thẳng $d \subset (P) \Rightarrow V_1d \in \mathbf{V_1P}$, $V_2d \in \mathbf{V2P.}$

(5) Đường bằng b có hình chiếu b_1 song song với x, hình chiếu b_2 song song $\mathbf{V_2P}$.

2.2. Nghiên cứu thực nghiệm

- Mục đích thực nghiệm: Chúng tôi thực hiện các phân tích, tổng hợp, đánh giá để thấy được tiềm năng phát triển tư duy sáng tạo cho sinh viên trong dạy học giải bài tập Hình học họa hình, đặc biệt trong lớp các bài toán về vết của mặt phẳng.

- Phương pháp thực nghiệm: Thực nghiệm được chúng tôi sử dụng phương pháp đánh giá định tính. Qua quá trình dạy giải bài tập Hình họa, chúng tôi đưa ra một số thuật toán cơ bản liên quan tới vết của đường thẳng, vết của mặt phẳng, sau đó tích hợp với hai phiếu học tập và phát cho sinh viên. Sau đó, chúng tôi tiến hành thực nghiệm trên 60 sinh viên, Trường ĐH Mỏ - Địa chất (chia làm 4 nhóm, mỗi nhóm 15 sinh viên). Người học được giới thiệu về các thuật toán cơ bản trong Hình họa (Xác định giao điểm, giao tuyến, độ lớn thật của đoạn thẳng). Giảng viên phát lần lượt hai phiếu học tập để sinh viên thực hiện các nhiệm vụ trong mỗi phiếu, các em thực hành khảo sát trên bài toán cụ thể Giảng viên đặt ra và thảo luận để giải quyết vấn đề. Sau khi sinh viên hoàn thành hai phiếu học tập, chúng tôi phát phiếu điều tra, thu thập dữ liệu bằng cách quay phim quá trình sinh viên thực hành, thu lại phiếu học tập của các nhóm và phiếu điều tra của mỗi sinh viên.

- Công cụ nghiên cứu: Các công cụ nghiên cứu bao gồm các bài toán liên quan tới vết của mặt phẳng (Xác định vết; xác định giao điểm, giao tuyến,…) cùng với phiếu học tập với các nhiệm vụ tương ứng; phiếu điều tra, bảng khảo sát thu thập thông tin phản hồi về tầm quan trọng Vết mặt phẳng, về tư duy thuật toán trong quá trình giải bài tập Hình họa. Trong khuôn khổ của bài báo, chúng tôi chỉ trình bày 3 trong 5 biểu hiện của tư duy sáng tạo thông qua các bài toán liên quan tới vết của mặt phẳng.

2.3. Tư duy sáng tạo

Tư duy sáng tạo (TDST) là sự vận dụng các kinh nghiệm giải quyết vấn đề này cho các vấn đề khác, TDST tạo nên các kinh nghiệm mới dựa trên các kinh nghiệm cũ và do đó làm phong phú thêm kinh nghiệm và tạo nên sự thay đổi về chất cho các sự vật mà nó giải quyết. Các nghiên cứu đã chỉ ra: "TDST là một loại tư duy độc lập tạo ra ý tưởng mới, độc đáo và có hiệu quả cao trong giải quyết vấn đề" (Tôn Thân, 1995).

TDST được hiểu là sự kết hợp ở đỉnh cao, hoàn thiện nhất của tư duy tích cực và tư duy độc lập, tạo ra những cái mới có tính giải quyết vấn đề một cách hiệu quả và chất lượng. TDST là tư duy độc lập vì nó không bị gò bó, phụ thuộc vào những cái đã có. Tính độc lập của nó được bộc lộ vừa trong việc đạt được mục đích vừa trong việc tìm giải pháp. Mỗi sản phẩm của TDST đều mang đậm dấu ấn của mỗi cá nhân tạo ra nó.

2.4. Một số biểu hiện của Tư duy sáng tạo (TDST)

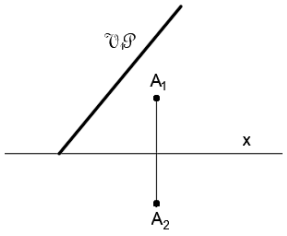
TDST bao gồm 5 thành tố cơ bản (Phan Thị Phương Thảo, 2007): Tính mềm dẻo; Tính nhuần nhuyễn; Tính độc đáo; Tính hoàn thiện và Tính nhạy cảm vấn đề. Trong các thành tố này thì tính mềm dẻo, tính nhuần nhuyễn, tính độc đáo là 3 tính chất cơ bản của TDST.

2.4.1. Tính mềm dẻo

Biểu hiện đầu tiên của TDST là tính mềm dẻo, được hiểu là khả năng thay đổi linh hoạt trật tự của hệ thống tri thức, chuyển từ góc độ quan niệm này sang góc độ quan niệm khác; định nghĩa lại sự vật, hiện tượng, xây dựng phương pháp tư duy mới, tạo ra sự vật mới trong những mối quan hệ mới hoặc chuyển đổi quan hệ và nhận ra bản chất của sự vật và điều phán đoán; làm thay đổi một cách linh hoạt các thái độ đã có cố hữu trong hoạt động trí tuệ của con người. Tính mềm dẻo của TDST có các đặc trưng như:

- Chuyển từ hoạt động trí tuệ này sang hoạt động trí tuệ khác, vận dụng linh hoạt các hoạt động phân tích, tổng hợp, so sánh, trừu tượng hóa, cụ thể hóa và các phương pháp suy luận như quy nạp, suy diễn, tương tự, linh hoạt chuyển từ giải pháp này sang giải pháp khác, điều chỉnh kịp thời hướng suy nghĩ nếu gặp trở ngại.

Ví dụ 1: Xác định $\mathbf{V_2P}$ biết $\mathbf{V_1P}$ và các hình chiếu A_1, A_2 của điểm $A \in$ **(P)** (Hình 2)



Hình 2. Điểm A thuộc mặt phẳng (P) – Cho trước vết đứng.

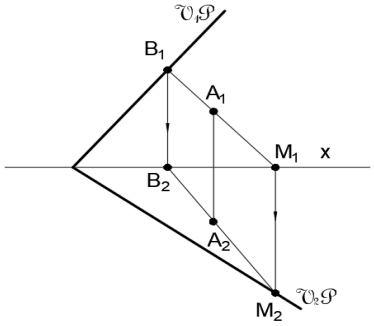
Quy trình 1: Xác định vết bằng của mặt phẳng nhờ lấy thêm một điểm thuộc vết đứng với các bước cụ thể như sau (Hình 3):

Bước 1: Lấy điểm $B \in V_1P \Rightarrow$ có $B_1 \in V_1P$, B_2 là hình chiếu của B trên x (tính chất (2)).

Bước 2: Xác định hình chiếu của đường thẳng AB trên (P_1) và (P_2) (A_1B_1 chính là đường thẳng nối A_1 với B_1, A_2B_2 chính là đường thẳng nối A_2 với B_2).

Bước 3: Xác định hình chiếu M của giao điểm AB với **(P_2)**: M_1 là giao điểm của A_1B_1 với x, M_2 là giao điểm của A_2B_2 với đường thẳng qua M_1 và vuông góc với x (tính chất (3)).

Bước 4: Xác định **V_2P**: là đường thẳng nối M_2 và giao điểm của x với **V_1P**. (tính chất (1).



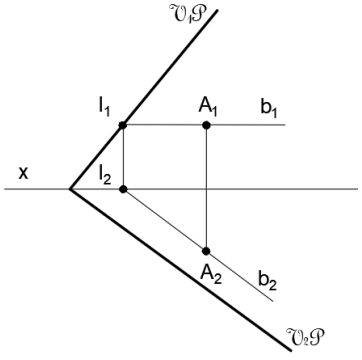
Hình 3. Xác định vết bằng của mặt phẳng thông qua vết bằng của đường thẳng thuộc mp.

Cũng có thể xác định **V_2P** bằng quy trình 2 nhờ một đường bằng của **(P)**, với các bước cụ thể như sau (Hình 4):

Bước 1: Xác định một đường bằng b của mặt phẳng **(P)**, đi qua A,(b_1 qua A_1 và song song x (tính chất (5)).

Bước 2: Xác định đường b_2: nối A_2 với hình chiếu I_2 của giao điểm I giữa b và **V_1P**.

Bước 3: Xác định V_2P: là đường thẳng qua giao điểm của **V_1P** và x, song song b_2 (tính chất (5).



Hình 4. Xác định vết bằng của mp thông qua phương.

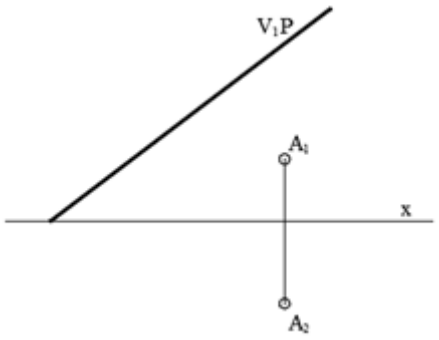
So sánh hai quy trình nêu trên, có thể thấy: quy trình 2 đơn giản hơn quy trình 1.

2.4.1. Tính nhuần nhuyễn

Thực tế đã cứng minh khả năng của con người là vô hạn, tùy thuộc vào hoàn cảnh, môi trường giáo dục, môi trường hoat động,… Khả năng tạo ra một số lượng nhất định các ý tưởng đặc trưng cho tính nhuần nhuyễn của TDST. Số ý tưởng nghĩ ra được càng nhiều thì có nhiều khả năng xuất hiện ý tưởng độc đáo. Trong trường hợp này có thể nói số lượng làm nảy sinh chất lượng. Tính nhuần nhuyễn có các đặc trưng sau:

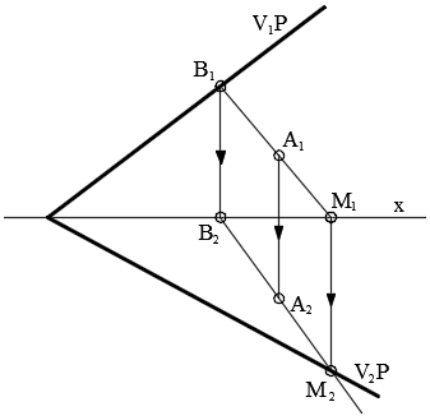
- Tính đa dạng của các cách xử lí khi giải toán, khả năng tìm được nhiều giải pháp trên nhiều góc độ và tình huống khác nhau. Trước một vấn đề cần giải quyết, người có tư duy nhuần nhuyễn sẽ nhanh chóng tìm, đề xuất nhiều phương án khác nhau và từ đó có thể tìm được phương án tối ưu.

Ví dụ 2. Bài toán xác định vết bằng V_2P của mặt phẳng khi đã biết một vết đứng V_1P và có điểm A (A_1, A_2) thuộc (P). (Hình 5)

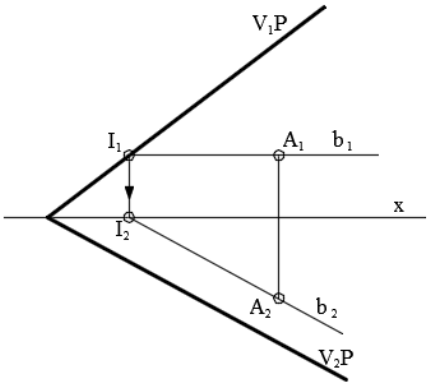


Hình 5. Điểm A thuộc mặt phẳng (P) – Cho trước vết đứng.

Phân tích: Trong bài toán này, giao điểm của V_1P và x là điểm thuộc V_2P (Điểm đồng quy), do vậy lời giải bài toán được thực hiện theo hai cách:



Hình 6a
Xác định V_2P nhờ quan hệ liên thuộc.



Hình 6b
Xác định V_2P nhờ tính chất đặc trưng.

Cách 1. (Hình 6a)

Bước 1. Xác định điểm B thuộc mặt phẳng (P) có $B_1 \in V_1P$, $B_2 \in x$;

Bước 2. Xác định đường thẳng AB;

Bước 3. Xác định V_2AB;

Bước 4. Xác định V_2P.

Cách 2. (Hình 6b)

Bước 1. Qua điểm A, xác định đường bằng b của mặt phẳng (P);

Bước 2. Xác định hình chiếu bằng b_2 của đường b;

Bước 3. Xác định V_2P // b_2.

Nhận xét:

- Trong cách giải thứ hai, do sử dụng tính chất vết bằng của mặt phẳng song song với đường bằng, nên cách giải thứ hai ngắn gọn hơn cách giải thứ nhất.

- Trong ví dụ trên, nếu ta thay đổi vị trí mặt phẳng (P) (chẳng hạn cho (P) // x) ta sẽ được bài toán tương tự và có thể đặt ra yêu cầu sinh viên thảo luận, đề xuất quy trình thuật toán để giải bài toán này.

2.4.3. Tính độc đáo

Tính độc đáo là khả năng tìm kiếm và quyết định phương thức giải quyết mới lạ hoặc duy nhất. Tính độc đáo của tư duy được đặc trưng bởi:

- Khả năng tìm ra những liên tưởng và kết quả mới.

- Khả năng nhìn ra những mối liên hệ trong những sự kiện bên ngoài tưởng như không có liên quan với nhau.

- Khả năng tìm ra những giải pháp mới lạ tuy đã biết những giải pháp khác.

Ví dụ 3. (Nguyễn Quang Cự, Nguyễn Mạnh Dũng, 2004). Tìm giao điểm của đường cạnh AB với mặt phẳng (P) = (V_1P, V_2P).

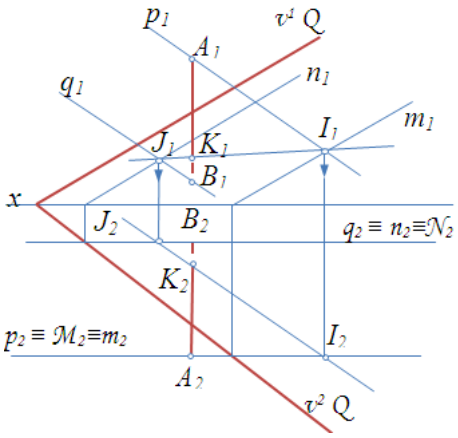
Phương pháp chung:

- Gắn đường AB vào mặt phẳng phụ trợ (R), xác định giao tuyến phụ g của (R) và (P).
- Xác định giao điểm K của g và AB, ta được giao điểm K cần tìm.

Cùng tìm hiểu và khai thác lời giải bài toán theo những cách giải khác nhau:

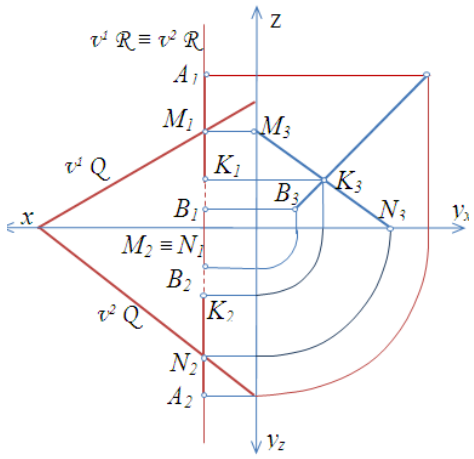
Cách 1 : (H7a) Trong cách giải này, mặt phẳng phụ trợ (R) xác định bằng hai đường thẳng song song p và q, với p qua A, q qua B; ở đây ta lấy p và q là hai đường thẳng mặt.

Cách 2 : (H7b) Dựng mặt phẳng phụ trợ (R) là mặt phẳng cạnh: $v^1R \equiv v^2R \equiv A_1B_1 \equiv A_2B_2$.



Hình 7a

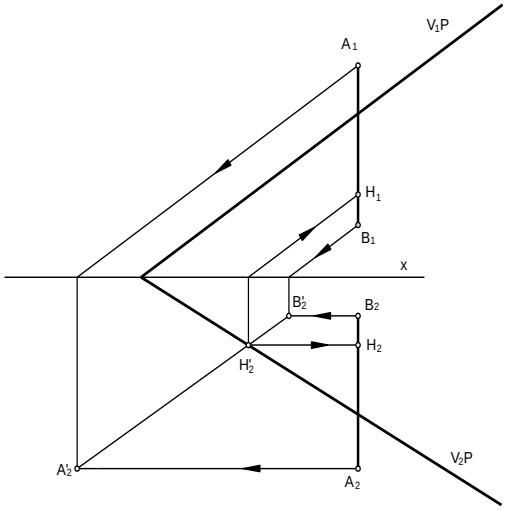
PP xác định giao điểm của đt và mp.



Hình 7b

Vận dụng hình chiếu cạnh để tìm giao điểm đt và mp.

Cách 3: Dùng phép chiếu phụ chiếu mặt phẳng P và đường cạnh AB lên mặt phẳng P theo hướng V_1P xuống mặt phẳng P_2 (Hình 8).



Hình 8. Minh họa sử dụng phép chiếu phụ tìm giao điểm.

Nhận xét: Cùng một bài toán đặt ra với 3 cách giải khác nhau, có thể nhận thấy việc sử dụng phép chiếu phụ cho ta lời giải ngắn gọn, độc đáo trong lời giải thứ 3.

3. Đề xuất biện pháp rèn luyện tư duy sáng tạo cho sinh viên thông qua dạy giải bài tập Hình học họa hình

Ẩn tàng trong mỗi lời giải hầu hết các bài toán Hình họa là cơ hội để rèn luyện, phát triển tư duy cho người học, đặc biệt là tư duy thuật toán và tư duy sáng tạo. Tuy vậy qua quá trình giảng dạy, chúng tôi nhận thấy người học chưa thực sự biết cách vận dụng tư duy thuật toán một cách linh hoạt để giải quyết các vấn đề đặt ra và điều đó cản trở rất nhiều tính sáng tạo của người.

Qua nghiên cứu lí thuyết và thực tế giảng dạy, nhóm tác giả đề xuất giải pháp nhằm giúp người học nhận thức đúng đắn về vai trò, tầm quan trọng của TDST, qua đó góp phần nâng cao chất lượng giảng dạy môn học.

Giải pháp được chia thành các bước:

Bước 1: Trao đổi, phân tích các biểu hiện của TDST qua lời giải của mỗi bài toán, dạng toán.

Bước 2: Đề xuất các bài toán, dạng toán tương tự, hoặc tổng quát hóa bài toán để người học tìm tòi.

Bước 3: Người học báo cáo lại sản phẩm, phân tích ngược để tìm ra ưu điểm cũng như hạn chế trong sản phẩm.

4. Kết luận

Các tính chất cơ bản của TDST không tách rời nhau mà trái lại, chúng có mối quan hệ mật thiết, hỗ trợ và bổ sung cho nhau. Khả năng linh hoạt chuyển từ hoạt động trí tuệ này sang hoạt động trí tuệ khác (tính mềm dẻo) tạo điều kiện cho việc tìm được nhiều giải pháp trên nhiều góc độ, tình huống khác nhau (tính nhuần nhuyễn) và nhờ đề xuất được nhiều phương án khác nhau mà có thể tìm được phương án mới lạ và đặc sắc (tính độc đáo).

Qua việc phân tích, chỉ rõ các biểu hiện của TDST thông qua các bài toán cụ thể, người học được trải nghiệm, tìm tòi nhiều lời giải cho cùng một bài toán, biết vận dụng linh hoạt các kiến thức đã học để giải quyết vấn đề đặt ra. Sinh viên thấy được kiến thức không được truyền một chiều từ giáo viên sang người học và nhận thức đúng đắn vai trò của mình trong quá trình lĩnh hội tri thức.

Trên thực tế, không chỉ lớp bài toán về Vết mới chứa đựng trong đó cơ hội để rèn luyện và phát triển TDST, mà các bài toán Hình học họa hình đều có các thuộc tính đó (Bài toán về vị trí, bài toán về lượng, bài toán giao hai mặt,…). Do vậy, trong quá trình giảng dạy, với vai trò là người hướng dẫn, điều khiển quá trình nhận thức của người học, người Giảng viên cần biết và quan tâm tới các biểu hiện của tư duy sáng tạo của người học thì sẽ bồi dưỡng TDST của các em, từ đó hiệu quả của việc giảng dạy sẽ được nâng cao hơn rất nhiều.

Tài liệu tham khảo

Nguyễn Quang Cự, Nguyễn Mạnh Dũng, 2004. *Hướng dẫn giải bài toán hình học họa hình*. NXB Xây dựng.

Nguyễn Đình Điện, Đỗ Mạnh Môn, 2006. *Hình học Họa hình – Tập 1*. NXB Giáo Dục.

Tôn Thân, 1995. *Xây dựng hệ thống câu hỏi và bài tập nhằm bồi dưỡng một số yếu tố của TDST cho HS khá và giỏi toán ở trường THCS Việt Nam. Luận án Phó Tiến sĩ khoa học Sư phạm – Tâm lí, Viện Khoa học Giáo dục*

Phan Thị Phương Thảo, 2007. *Phát triển tư duy sáng tạo cho HS THPT qua dạy học hình học không gian lớp 11*. Luận văn Thạc sĩ Khoa học giáo dục.

ABSTRACT

Fostering Creative Thinking in Students through Plane Trace Problems

Hoang Van Tai, Do Viet Anh

Hanoi University of Mining and Geology

Research purpose: Cultivate students' creative abilities.

Scope of research: First and second year students in the fields of Electrical Engineering, Construction and Mining.

Research method: Research on the theory of creative thinking and the manifestations of creative thinking in the process of teaching and solving exercises on finding traces of planes.

Main results: Highlight the manifestations of Creative Thinking, thereby proposing measures to train Creative Thinking for students.

Keywords: Creative thinking; Descriptive geometry; Trace.

Áp dụng mô hình A-SIR đánh giá dịch covid-19 ở Việt Nam

Lê Thị Hương Giang
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Mô hình SIR là mô hình toán học cơ bản để nghiên cứu tốc độ lan truyền của một dịch bệnh. Tuy nhiên mô hình SIR coi tốc độ nhiễm bệnh và bình phục là các hằng số nên trong thời gian dài, mô hình SIR sẽ không dự đoán được chính xác đường cong dịch bệnh. Trong bài báo này, tôi nghiên cứu một mô hình mới, mô hình A-SIR, ở đó tốc độ nhiễm bệnh và phục hồi thay đổi theo thời gian. Dữ liệu trong bài báo là dữ liệu covid-19 tại các tỉnh Việt Nam được dùng để xác định các chỉ số lây nhiễm bằng phương pháp nghịch đảo, từ đó xây dựng mô hình A-SIR mô phỏng sự lan truyền của dịch bệnh. Bài báo cũng so sánh mô hình SIR cổ điển và mô hình A-SIR, cho thấy mô hình A-SIR mô phỏng đường cong dịch bệnh chính xác hơn.

Từ khóa: phương pháp nghịch đảo; mô hình A-SIR; tốc độ nhiễm bệnh và phục hồi; COVID-19.

1. Đặt vấn đề

Ngày nay, khi khoa học và công nghệ ngày càng phát triển thì con người cũng tác động làm thay đổi môi trường và tự nhiên, dẫn đến xuất hiện các chủng bệnh lạ và mới. Các mô hình toán học phát triển để dự đoán sự lây lan của dịch bệnh. Một trong những mô hình kinh điển, đó là mô hình SIR (Susceptible-Infected-Recovered), bắt nguồn từ nghiên cứu của Kermack và McKendrick (Kermack, W., & McKendrick, A., 1927) vào năm 1921. Mô hình này là cơ sở của tất cả các mô hình hiện tại về sự phát triển của các bệnh truyền nhiễm. Đã có rất nhiều các dẫn xuất của mô hình SIR này, như mô hình SEIR (Kabir, K. A., & Tanimo, J., 2020), SIUR (Liu và nnk, 2020), A-SIR (Dos Santos, I., Almeida, G., & de Moura, F., 2021). Mô hình A-SIR được xây dựng dựa trên các thông số dịch bệnh thay đổi theo thời gian, và các thông số này được lấy từ dữ liệu có sẵn bằng phương pháp nghịch đảo. Định nghĩa của bài toán nghịch đảo liên quan đến các phương trình vi phân theo (Bellomo, N., & Preziosi, L., 1995) là: "Một bài toán giá trị biên ban đầu là nghịch đảo nếu một số thông tin về điều kiện ban đầu và biên cần thiết cho giải pháp và các thông số đặc trưng cho mô hình bị thiếu và được thay thế bằng thông tin phù hợp về giải pháp của vấn đề toán học". Bài toán nghịch đảo được gọi là bài toán xác định tham số: điều chỉnh các tham số để tái tạo dữ liệu đo lường. Trong bài báo này, chúng tôi áp dụng mô hình A-SIR để điều tra dịch COVID-19 cho các tỉnh ở Việt Nam. Điều này cung cấp cho chúng ta cái nhìn sâu sắc về mức độ hiệu quả của phương pháp này.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Mô hình A-SIR

Mô hình SIR là một mô hình toán học cơ bản về dịch bệnh, được giới thiệu trong bài báo kinh điển của Kermack và McKendrick (Kermack, W., & McKendrick, A., 1927). Trong mô hình này, dân số được chia thành 3 nhóm, dựa theo trạng thái đối với bệnh: 1) những người có khả năng mắc bệnh (Susceptible), 2) những người đang nhiễm bệnh và có thể lây cho người khác (Infected) và 3) những người không còn khả năng mắc bệnh, bao gồm hồi phục và đã chết (Removed hay Recovered). Số người thuộc mỗi nhóm tại một thời điểm t được ký hiệu lần lượt là $S(t)$, $I(t)$ và $R(t)$. Trong mô hình SIR đơn giản, tổng dân số được coi là không đổi, có nghĩa $S(t) + I(t) + R(t) = N$ không phụ thuộc vào t. Trong mô hình SIR cổ điển, tốc độ lây nhiễm β và tốc độ hồi phục γ được giả định không đổi. Tuy nhiên, thực tế các tốc độ này cũng thay đổi theo thời gian do chính phủ thực hiện các chính sách công như cách ly xã hội hay tiêm vắc xin phòng bệnh. Ngoài ra, mô hình SIR cổ điển còn không xét đến các trường hợp nhiễm bệnh không có triệu chứng hay những trường hợp bị tái nhiễm. Chính vì vậy, nếu sử dụng mô hình SIR cổ điển trong thời gian dài sẽ không mô phỏng chính xác đường cong dịch bệnh. Bài báo này sử dụng mô hình A-SIR (Dos Santos, I., Almeida, G., & de Moura, F., 2021) là một biến thể của mô hình SIR, trong đó tốc độ lây nhiễm β và tốc độ hồi phục γ được xét cũng thay đổi theo thời gian, $\beta = \beta(t), \gamma = \gamma(t)$. Mô hình A-SIR gồm 3 phương trình:

* *Tác giả liên hệ*
Email: lethihuonggiang@humg.edu.vn

$$\frac{dS(t)}{dt} = -\beta(t)S(t)I(t) \quad (1)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = \beta(t)S(t)I(t) - \gamma(t)I(t) \quad (2)$$

$$\frac{dR(t)}{dt} = \gamma(t)I(t) \quad (3)$$

Nếu có người nhiễm bệnh thì $\frac{dI(t)}{dt} > 0$ hoặc $\beta(t)S(t)I(t) - \gamma(t)I(t) > 0$, điều này tương đương với $R_e(t) = \frac{\beta(t)S(t)}{\gamma(t)} > 1$. Biến $R_e(t)$ được gọi là hệ số tái tạo hiệu quả. Dịch bệnh xảy ra nếu $R_e(t) > 1$, nghĩa là, một người bệnh có thể lây nhiễm cho người khác. Khi số lượng người được tiêm chủng tăng lên, thì hệ số $R_e(t) < 1$, Khả năng miễn dịch của dân số sẽ được tạo ra và số ca mắc bệnh sẽ giảm xuống 0. Một đặc điểm quan trọng khác là hệ số tái tạo cơ bản [9] $R_0(t) = \frac{\beta(t)N}{\gamma(t)}$. Trong mô hình SIR cổ điển, số tái tạo cơ bản $R_0(t)$ là hằng số. Tuy nhiên, trong thực tế, hệ số này luôn thay đổi theo thời gian, và chúng ta sẽ coi hệ số này như một hàm số. Bài toán giá trị ban đầu gồm các quan hệ (1)-(3) với các hệ số đã biết $\beta(t)$ và $\gamma(t)$, với các điều kiện rút ra từ dữ liệu đã cho. Việc giải bài toán nghịch đảo sẽ giúp chúng ta xác định chính xác các hệ số từ dữ liệu có sẵn.

2.2. Bài toán nghịch đảo

Giả sử cho $S(t)$ và $I(t)$ tại hai thời điểm, thời điểm bắt đầu $t = T_I$ và thời điểm kết thúc $t = T_F$.

$$S(T_I) = S_I, I(T_I) = I_I \quad (4)$$

$$S(T_F) = S_F, I(T_F) = I_F \quad (5)$$

Mô hình SIR cổ điển giả định rằng tốc độ lây nhiễm và tốc độ phục hồi là không đổi. Các phương trình (1), (2) và điều kiện ban đầu (4) cho phép xác định $I(t)$ và $S(t)$ nếu các hệ số là hằng số đã biết. Tuy nhiên, trong trường hợp này, điều kiện cuối cùng (5) có thể không được thỏa mãn chính xác vì bài toán có thể thay đổi theo thời gian do các điều kiện khách quan. Phương pháp giải bài toán nghịch đảo cho mô hình SIR cổ điển đã được trình bày trong (Kabir, K. A., & Tanimo, J., 2020), trong đó các điều kiện được xác định theo Tikhonov. Bài toán nghịch đảo tiếp cận mô hình thích ứng A-SIR, coi tốc độ lây nhiễm là một tham số phụ thuộc vào thời gian và tốc độ phục hồi là một hàm không đổi với bước nhảy phụ thuộc vào thời gian: $\beta(t) = \beta_k$ và $\gamma(t) = \gamma_k$với $t_{k-1} < t < t_k$. Một tập dữ liệu các giá trị tại các thời điểm nhất định $t_1, t_2, \ldots$:$D = \{(S(t_k), I(t_k)), k = 1,2, \ldots\}$. Khi đó, các hệ số$\beta_k$và γ_k được tính toán bằng hệ các phương trình (1), (2), (4), (5) , từ đó suy ra$S_I = S(t_{k-1}), S_F = S(t_k), I_I = I(t_{k-1}), I_F = I(t_k), k = 2,3, \ldots$ Nếu β_k,γ_k là các hằng số chưa biết, thì nghiệm tổng quát của hệ phương trình (1), (2) phụ thuộc vào 4 hằng số: hai hằng số từ phương trình vi phân và hai hằng số là hệ số chưa biết. Tuy nhiên, hệ phương trình (4), (5) bao gồm bốn phương trình với bốn ẩn số là giải được.

3. Kết quả

Tất cả các biểu đồ bên dưới là kết quả của mô hình A-SIR dựa trên số liệu COVID-19 tại Việt Nam trong 2 khoảng thời gian, từ 1/1/2022 đến 31/5/2022 (đợt dịch thứ 4 cao điểm) và từ 21/10/2023 đến 18/12/2023 (giai đoạn Covid đã trong tầm kiểm soát) (Covid-19 data in Vietnam) bằng cách giải các hệ phương trình vi phân bằng phần mềm Microsoft Excel. Tốc độ truyền nhiễm và bình phục được xác định bằng phương pháp nghịch đảo trình bày ở mục 2.2, được thể hiện ở bảng 1-3. Các chỉ số này được tính toán tại các bước nhảy P=7,10 và 14 ngày trong tổng thời gian 220 ngày. Trong mục này, tôi xây dựng mô hình A-SIR cho 3 tỉnh đại diện là Hà Nội, Hồ Chí Minh, và Nghệ An. Ở các Hình 1-3, đường cong liền màu đen biểu diễn số người nhiễm bệnh thực tế, đường cong đứt màu đỏ, xanh lá cây, xanh da trời lần lượt biểu diễn số người nhiễm bệnh theo mô hình A-SIR với bước nhảy P=7 ngày, P=10 ngày và P=14 ngày. Ở các Hình 4-6, đường cong liền màu đen biểu diễn số người nhiễm bệnh thực tế, đường cong liền màu đỏ biểu diễn số người nhiễm bệnh dự đoán theo mô hình A-SIR, còn đường cong liền màu xám biểu diễn số người nhiễm bệnh dự đoán theo mô hình SIR.

Bảng 1. Tốc độ nhiễm bệnh βN , tốc độ bình phục γ , và hệ số tái tạo R_e cho Hà Nội.

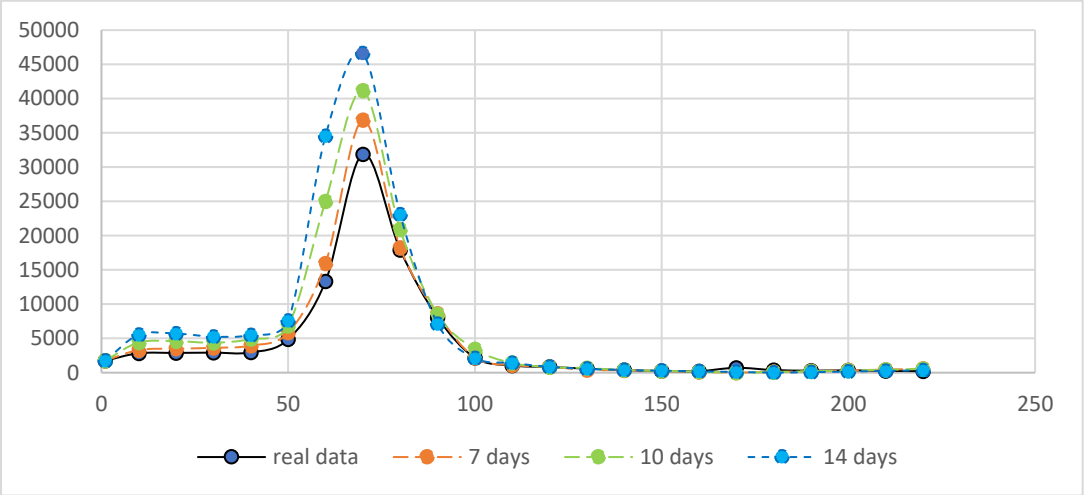
Số ngày	βN	γ	R_e
7	0.0188256	0.0185147	1.0012964
10	0.0191726	0.0188515	1.0015377
14	0.0184895	0.0187628	0.9704194

Bảng 2. Tốc độ nhiễm bệnh βN , tốc độ bình phục γ , và hệ số tái tạo R_e cho TP. Hồ Chí Minh.

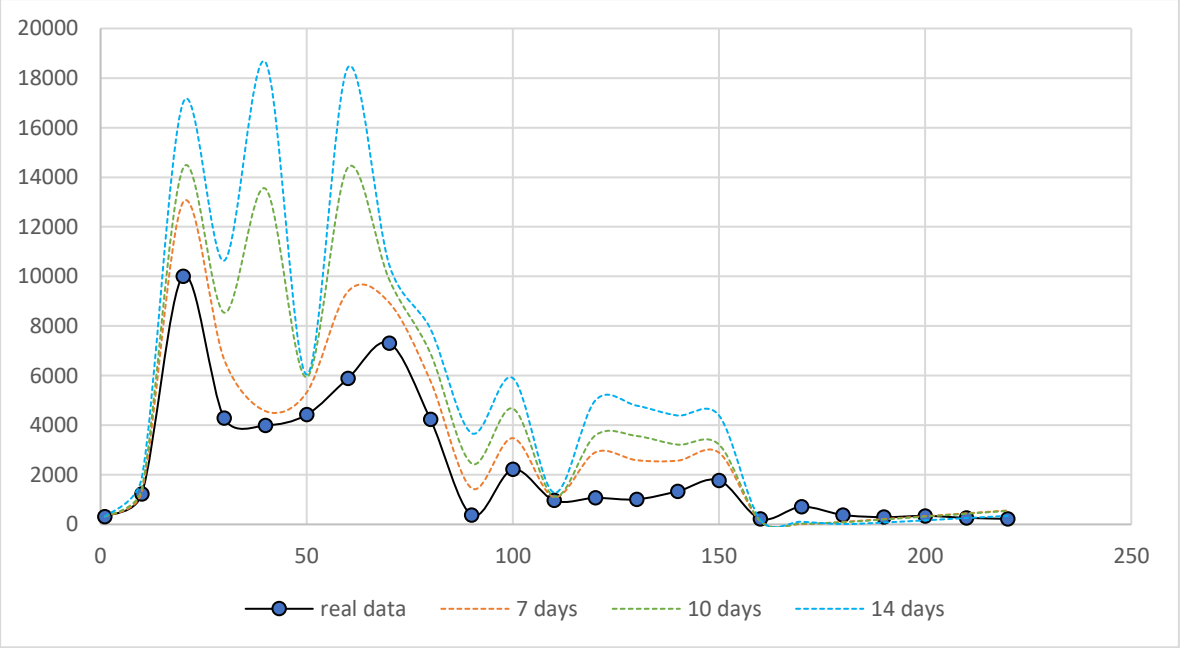
Số ngày	βN	γ	R_e
7	0.0741	0.0458993	1.5301279
10	0.0721	0.0529085	1.2914299
14	0.0717	0.0495303	1.3717887

Bảng 3. Tốc độ nhiễm bệnh βN , tốc độ bình phục γ , và hệ số tái tạo R_e cho Nghệ An.

Số ngày	βN	γ	R_e
7	0.0407199	0.0391513	0.9903510
10	0.0420083	0.0387259	1.0329091
14	0.0406791	0.0382816	1.0118355

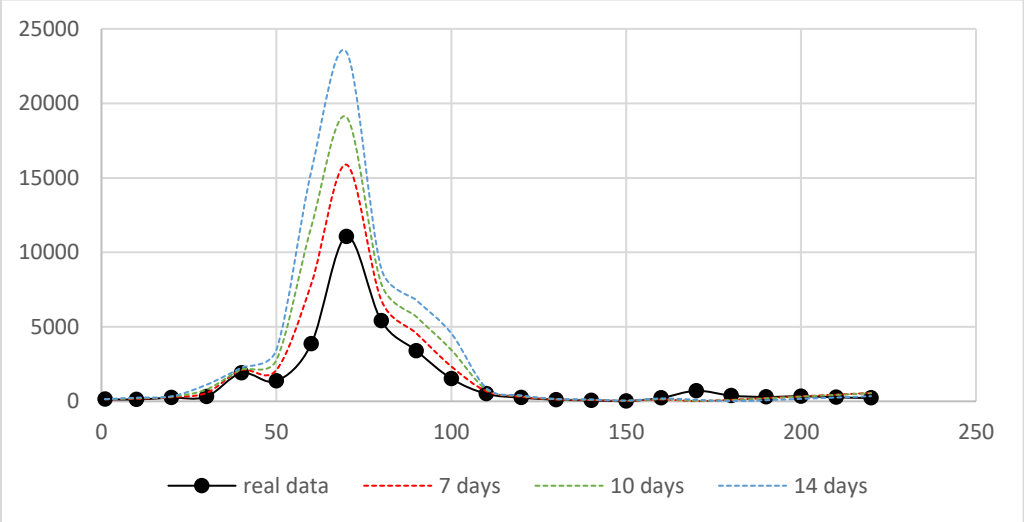


Hình 1. Mô hình A-SIR cho Hà Nội với khoảng cách P = 7, 10, 14 ngày.

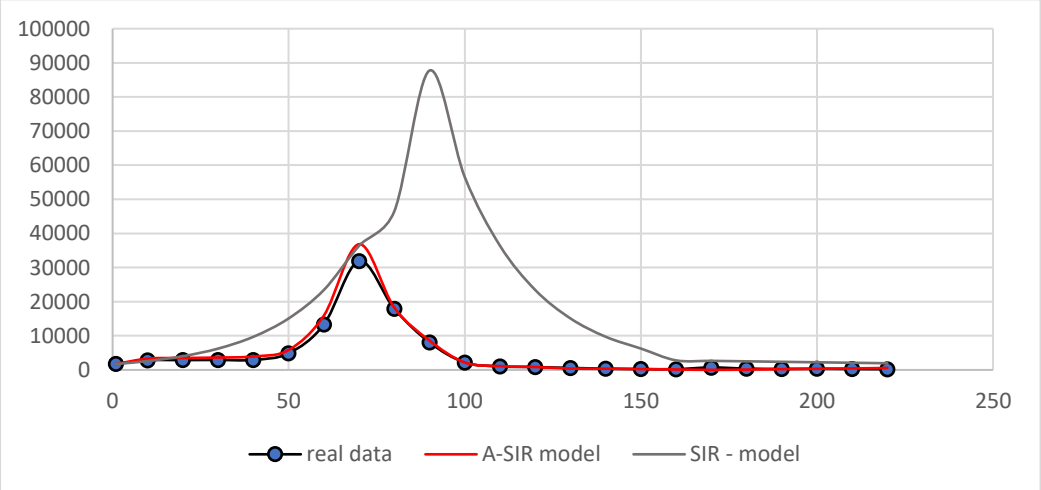


Hình 2. Mô hình A-SIR cho TP Hồ Chí Minh với khoảng cách P = 7, 10, 14 ngày.

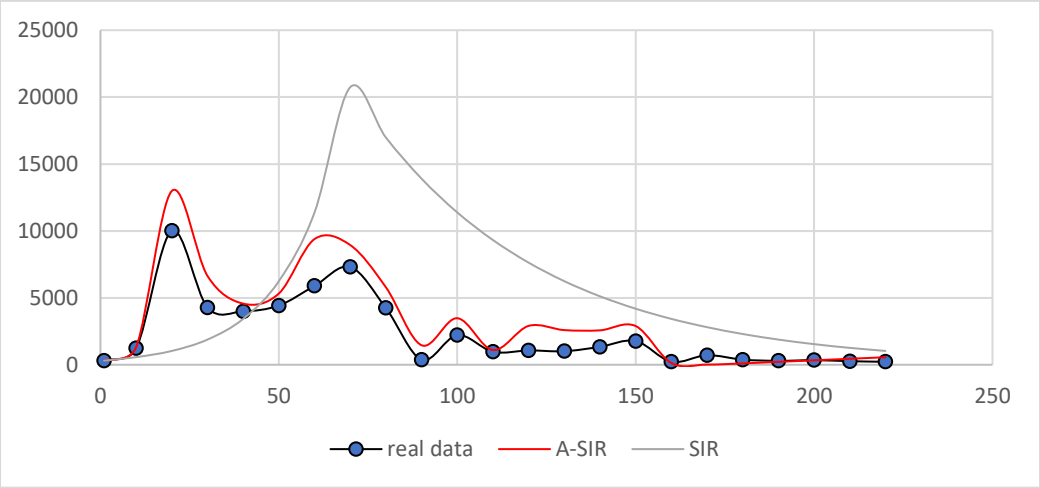
Ở các Hình 1÷3, mô hình A-SIR về cơ bản phản ánh tốt đường cong dịch bệnh, tuy nhiên có thể thấy mô hình A-SIR được xây dựng với bước nhảy thời gian càng ngắn thì độ chính xác càng cao, cụ thể đường cong ứng với P = 7 ngày tốt hơn 2 đường cong ứng với P = 10 ngày và 14 ngày. Ở các Hình 4÷6, so sánh độ tin cậy giữa mô hình A-SIR và mô hình SIR cổ điển, có thể thấy sự khác biệt rõ rệt, mô hình A-SIR biểu diễn rất tốt so với mô hình SIR cổ điển, điều đó là hiển nhiên, vì các chỉ số của mô hình A-SIR được hiệu chỉnh theo thời gian. Tất nhiên, mô hình A-SIR cũng không tránh khỏi các lỗi hay nhiễu sai số, nhưng về cơ bản thì đáp ứng mô phỏng tốt đường cong dịch bệnh trong thực tế.



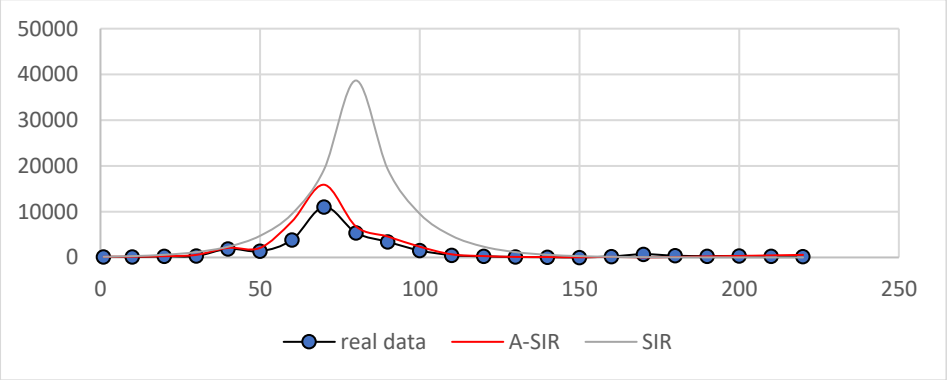
Hình 3. Mô hình A-SIR cho TP Nghệ An với khoảng cách P = 7, 10, 14 ngày.



Hình 4. So sánh dữ liệu thật và mô hình SIR, A-SIR cho Hà Nội.



Hình 5. So sánh dữ liệu thật và mô hình SIR, A-SIR cho TP Hồ Chí Minh.



Hình 6. So sánh dữ liệu thật và mô hình SIR, A-SIR cho TP Nghệ An.

4. Kết luận

Bài báo này nghiên cứu một mô hình toán học mới để đánh giá quá trình phát triển một dịch bệnh bằng cách sử dụng phương pháp nghịch đảo để ước tính tỷ lệ lây truyền và loại bỏ phụ thuộc vào thời gian trong mô hình dịch A-SIR. Giải quyết vấn đề nghịch đảo, giúp chúng ta giảm thiểu số lượng dữ liệu, thay vì phải sử dụng toàn bộ dữ liệu của dân số. Các kết quả và mô hình nghiên cứu cho thấy, mô hình A-SIR biểu diễn tốt hơn nhiều so với mô hình SIR cổ điển. Mặc dù kết quả tạo ra rất thuyết phục, nhưng mô hình A-SIR vẫn chưa phải là mô hình hoàn hảo, vì nó vẫn còn chứa lỗi do bị nhiễu thông tin nếu nghiên cứu trong một khoảng thời gian dài. Còn nếu giả định, dữ liệu được thu thập và báo cáo trong thời gian không quá dài thì tôi tin rằng những sai số nhỏ trong dữ liệu cũng sẽ không ảnh hưởng đáng kể đến kết quả.

Tài liệu tham khảo

Covid-19 data in Vietnam provided by the Health ministry, https://covid19.ncsc.gov.vn/graph.

Bellomo, N., & Preziosi, L. (1995). Modelling mathematical methods and scientific computation. *CRC Press Inc*.

Dos Santos, I., Almeida, G., & de Moura, F. (2021). Adaptive SIR model for propagation of SARS-CoV-2 in Brazil. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 569, Article 125773*. https://doi.org/10.1016/j.physa.2021.125773.

Kabir, K. A., & Tanimo, J. (2020). Evolutionary game theory modelling to represent the behavioral dynamics of economic shutdowns and shield immunity in the COVID-19 pandemic. *Royal Society Open Science, 7, Article 201095*. https://doi.org/10.1098/rsos.201095.

Kermack, W., & McKendrick, A. (1927). A contribution to the mathematical theory of epidemics. *Proc. R. Soc. Lond. Ser. A, 115, 700e721*. https://doi.org/10. 1098/rspa.1927.0118.

Liu, Z., Magal, P., Seydi, O., & Webb, G. (2020). Predicting the cumulative number of cases for the COVID-19 epidemic in China from early data. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 17, 3040e3051. https://doi.org/10.3934/mbe.2020172.

ABSTRACT

Application adaptive sir model to evaluate Covid-19 infection in Vietnam

Le Thi Huong Giang
Hanoi University of Mining and Geology

If the classical Susceptible – Infected – Removed (SIR) model considers the infection and removal rates as constants, in this paper, we study a new model, the Adaptive Susceptible – Infected – Removed (A-SIR) model, where the infection and removal rates change over time. Covid-19 data from January 2022 in Vietnamese provinces was used to determine infection indicators by inverse problem method, thereby building an A-SIR model to simulate the spread of the disease. The paper also compares the classical SIR model and the A-SIR model in case of Vietnam, showing that the A-SIR model simulates the epidemic curve more accurately.

Keywords: Inverse problem; Adaptive SIR model; time-dependent infection and removal rates; COVID-19.

Ứng dụng các định lý trung bình để chứng minh công thức sai số của phương pháp parabol tính xấp xỉ tích phân xác định

Hoàng Ngự Huấn*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Như đã biết phép tính tích phân đóng một vai trò quan trọng trong các tính toán của kỹ thuật. Tuy nhiên việc tính chính xác giá trị của nó theo công thức Newton-Lepnhits gặp khó khăn do không thể tìm được nguyên hàm trong phần lớn các trường hợp. Chính vì vậy các phương pháp xấp xỉ (hình thang, Simpson) được giảng dạy trong bộ môn Phương pháp tính. Tuy nhiên, trong phần lớn các tài liệu giảng dạy hiện nay chỉ trình bày về phương pháp tính xấp xỉ, công thức sai số, ví dụ minh họa chứ không hề đề cập tới cách chứng minh công thức sai số. Lỗ hổng đó tạo nên một sự khập khiễng cho sinh viên và giảng viên - những người luôn có những câu hỏi chuyên sâu.

Một câu hỏi đơn giản xuất hiện ngay khi nhìn thấy công thức sai số của phương pháp Simpson là: có sự xuất hiện giá trị đạo hàm cấp 4 của hàm dưới dấu tích phân. Mặc dù trong công thức xấp xỉ không có. Điều đó có nghĩa là, khi tiến hành đánh giá sai số, chúng ta phải sử dụng tới các định lý về giá trị trung bình (các định lý này vốn tạo ra mối liên hệ giữa hàm số và đạo hàm của nó).

Trong nội dung bài báo này, tác giả muốn trình bày bằng 2 cách tiếp cận khác nhau. Cách thứ nhất: một lần áp dụng định lý trung bình Lagrange, kết hợp với đánh giá hàm dưới dấu tích phân. Cách thứ hai: bốn lần sử dụng định lý trung bình Rolle. Trong cả hai cách đều cần phải khéo léo xây dựng hàm số riêng, phù hợp với điều kiện của từng định lý.

Từ khóa: phương pháp parabol; công thức sai số; định lý về giá trị trung bình Lagrange; Rolle.

1. Phương pháp Simpson

Đầu tiên, ta sẽ trình bày phương pháp Simpson (parabol) để tính tích phân xác định $\int_a^b f(x)dx$. Chia đoạn $[a,b]$ thành $2n$ đoạn nhỏ bằng nhau bằng các điểm chia

$$a = x_0 < x_1 < x_2 < \cdots < x_{2n} = b.$$

Bước nhảy tương ứng là $h = \Delta x_i = x_i - x_{i-1} = \frac{b-a}{2n}$.

Đi từ trái sang phải, bắt đầu từ điểm $a = x_0$, cứ ba điểm liền nhau ta lập một parabol nôi suy đi qua ba điểm của đồ thị hàm số đã cho $y = f(x)$.

Trước tiên, ta lập đa thức nội suy đi qua ba điểm đầu (Bảng 1) như sau:

Bảng 1. Bảng tỷ hiệu cho đa thức Newton.

STT	x_i	y_i	Tỷ hiệu cấp 1	Tỷ hiệu cấp 2
0	x_0	y_0		
1	$x_1 = x_0 + h$	y_1	$\frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} = \frac{y_1 - y_0}{h}$	
2	$x_2 = x_0 + 2h$	y_2	$\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{y_2 - y_1}{h}$	$\frac{\frac{y_2 - y_1}{h} - \frac{y_1 - y_0}{h}}{x_2 - x_0} = \frac{y_2 - 2y_1 + y_0}{2h^2}$

Đa thức Newton nội suy qua ba điểm nói trên có phương trình như sau:

$$p_0(x) = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{h}(x - x_0) + \frac{y_2 - 2y_1 + y_0}{2h^2}(x - x_0)(x - x_0 - h). \quad (1)$$

Khi đó, ta có xấp xỉ như sau:

* *Tác giả liên hệ*
Email: huanhoangngu2021@gmail.com

$$\int_{x_0}^{x_0+2h} f(x)dx \approx \int_{x_0}^{x_0+2h} p_0 dx = \frac{h}{3}(y_0 + 4y_1 + y_2). \quad (2)$$

Tương tự như vậy với các đoạn $[x_2, x_4], [x_4, x_6], \dots, [x_{2n-2}, x_{2n}]$. Công thức xấp xỉ trên cả đoạn $[a, b]$ là (Cao Quyết Thắng, 1998; Dương Thủy Vỹ, 2001; Đặng Quốc Lương, 2001; Phan Văn Hạp, 1990; Phan Văn Hạp, 1978; Ralston A, 1965; Tạ Văn Đĩnh, 1994.):

$$\begin{aligned}\int_{x_0=a}^{x_{2n}=b} f(x)dx &\approx \int_{x_0}^{x_2} p_0(x)dx + \int_{x_2}^{x_4} p_2(x)dx + \cdots + \int_{x_{2n-2}}^{x_{2n}} p_{2n-2}(x)dx \\ &= \frac{h}{3}[y_0 + y_{2n} + 4(y_1 + y_3 + \cdots + y_{2n-1}) + 2(y_2 + y_4 + \cdots + y_{2n-2})] \\ &= \frac{h}{3}\Big[\sum y_{biên} + 4\sum y_{lẻ} + 2\sum y_{chẵn}\Big].\end{aligned} \quad (3)$$

2. Sai số của phương pháp Simpson

2.1. Đánh giá sai số qua các đạo hàm

Trong một số cuốn sách ít ỏi, có trình bày phương pháp như sau:

$$R = \int_a^b f(x)dx - \frac{h}{3}\sum_{i=0}^{n-1}(y_{2i} + 4y_{2i+1} + y_{2i+2}) = \sum_{i=0}^{n-1} r_i \quad (4)$$

Từ công thức này suy ra:

$$|R| \le \sum_{i=0}^{n-1} |r_i| \quad (5)$$

Xét một sai số thành phần:

$$r_i = \int_{x_{2i}}^{x_{2i+2}} f(x)dx - \frac{h}{3}(y_{2i} + 4y_{2i+1} + y_{2i+2}). \quad (6)$$

Ta sẽ đánh giá sai số này bằng hàm phụ:

$$r(t) = \int_{\gamma-t}^{\gamma+t} f(x)dx - \frac{t}{3}[f(\gamma - t) + 4f(\gamma) + f(\gamma + t)], t \in [0, h] \quad (7)$$

Khi $\gamma = x_{2i} + h$ và $t = h$ thì hàm số này trùng với r_i. Ngoài ra $r(0) = 0$. Ta sẽ đi tìm các đạo hàm của $r(t)$. Vì:

$$\psi(t) = \int_{\gamma-t}^{\gamma+t} f(x)dx = \int_{\gamma-t}^{0} f(x)dx + \int_0^{\gamma+t} f(x)dx \quad (8)$$

Lấy vi phân của biểu thức trên ta được:

$$\psi'(t) = f(\gamma - t) + f(\gamma + t) \quad (9)$$

Tương tự ta có:

$$\begin{aligned}r'(t) &= f(\gamma - t) + f(\gamma + t) \\ &\quad - \Big[\frac{1}{3}\big(f(\gamma - t) + 4f(\gamma) + f(\gamma + t)\big) + \frac{t}{3}\big(f'(\gamma + t) - f'(\gamma - t)\big)\Big] \\ &= \frac{2}{3}[f(\gamma - t) + f(\gamma + t)] - \frac{4}{3}f(\gamma) - \frac{t}{3}[f'(\gamma + t) - f'(\gamma - t)] \\ r'(0) &= 0\end{aligned} \quad (10)$$

Tiếp tục lấy vi phân, ta thu được:

$$\begin{aligned}r''(t) &= \frac{2}{3}[f'(\gamma + t) - f'(\gamma - t)] - \frac{1}{3}[f'(\gamma + t) - f'(\gamma - t)] \\ &\quad - \frac{t}{3}[f''(\gamma + t) + f''(\gamma - t)] \\ &= \frac{1}{3}[f'(\gamma + t) - f'(\gamma - t)] - \frac{t}{3}[f''(\gamma + t) + f''(\gamma - t)] \\ r''(0) &= 0.\end{aligned} \quad (11)$$

$$r'''(t) = \frac{1}{3}[f''(\gamma + t) + f''(\gamma - t)] - \frac{1}{3}[f''(\gamma + t) + f''(\gamma - t)] - \frac{t}{3}[f'''(\gamma + t) - f'''(\gamma - t)] \quad (12)$$

$$= -\frac{t}{3}[f'''(\gamma + t) - f'''(\gamma - t)]$$

$$r'''(0) = 0.$$

Áp dụng định lý Lagrange cho hàm $f'''(t)$:

$$f'''(\gamma + t) - f'''(\gamma - t) = f^{(4)}(\xi)2t, \quad \xi \in [\gamma - t, \gamma + t]. \quad (13)$$

Từ đó suy ra:

$$r'''(t) = -\frac{2t^2}{3} f^{(4)}(\xi) \quad (14)$$

Đặt M_4 là giá trị lớn nhất của trị tuyệt đối của đạo hàm cấp bốn của $f(x)$ trên đoạn $[a, b]$:

$$M_4 = \max_{x \in [a,b]} \left| f^{(4)}(x) \right| \quad (15)$$

Từ đó, ta có đánh gias của hàm $r(t)$: $|r'''(t)| \leq \frac{2}{3} M_4 t^2$.

Bởi vì:

$$r''(t) = r''(t) - r''(0) = \int_0^t r'''(x)dx \quad (16)$$

Nên:

$$|r''(t)| \leq \int_0^t |r'''(x)|dx \leq \int_0^t \frac{2}{3} M_4 x^2 dx = \frac{2}{9} M_4 t^3 \quad (17)$$

Tương tự như vậy:

$$r'(t) = r'(t) - r'(0) = \int_0^t r''(x)dx \quad (18)$$

Cho nên:

$$|r'(t)| \leq \int_0^t |r''(x)|dx \leq \int_0^t \frac{2}{9} M_4 x^3 dx = \frac{2}{36} M_4 t^4 \quad (19)$$

Cuối cùng là đối với hàm $r(t)$:

$$r(t) = r(t) - r(0) = \int_0^t r'(x)dx \quad (20)$$

$$|r(t)| \leq \int_0^t |r'(x)|dx \leq \int_0^t \frac{2}{36} M_4 x^4 dx = \frac{2}{180} M_4 t^5.$$

Vì $r_i = r(h)$ nên đối với sai số r_i có đánh giá sau:

$$|r_i| \leq \frac{2}{180} M_4 = \frac{2}{180} M_4 \frac{(b-a)^5}{(2n)^5} \quad (21)$$

Biểu thức (5) có n số hạng nên ta có đánh giá chung đối với công thức Simpson như sau:

$$|R| \leq \sum_{i=0}^{n-1} |r_i| \leq \frac{2}{180} M_4 \frac{(b-a)^5}{(2n)^5} = \frac{2M_4}{180} \frac{(b-a)^4}{(2n)^4} \frac{b-a}{2n} = \frac{M_4}{180} h^4 (b-a). \quad (22)$$

2.2. Bằng cách chọn hàm thích hợp

Đặt $q_i(x) = (x - x_{2i})(x - x_{2i+1})(x - x_{2i+2})$ và gọi ξ là điểm nào đó nằm giữa hai điểm $[x_{2i}, x_{2i+2}]$: $\xi \in [x_{2i}, x_{2i+2}]$. Dễ dàng thấy:

$$\int_{x_{2i}}^{x_{2i+2}} q_i(x)dx = \frac{1}{4} x(-x + 2h + 2x_{2i})[-x^2 + 2x(h + x_{2i}) - 4x_{2i}h - 2x_{2i}^2] = 0 \quad (23)$$

Bây giờ ta đặt hàm mới:

$$\Phi(x) = f(x) - p_i(x) - kq_i(x) - \frac{r_i}{\int_a^b x q_i(x)dx} \cdot x \cdot q_i(x) \quad (24)$$

Trong đó k là số thực, đóng vai trò là tham số điều khiển.

Theo nguyên tắc của đa thức nội suy f và p_i sẽ có giá trị như nhau ở các nút $x_{2i}, x_{2i+1}, x_{2i+2}$. Và vì thế mà $\Phi(x)$ cũng đạt giá trị 0 tại các nút này. Ta đi tính tích phân của $\Phi(x)$ trên đoạn $[a, b]$:

$$\int_{x_{2i}}^{x_{2i}+2h} \Phi(x)dx = \int_{x_{2i}}^{x_{2i}+2h} \left[f(x) - p_i(x) - kq_i(x) - \frac{r_i}{\int_{x_{2i}}^{x_{2i}+2h} xq_i(x)dx} \cdot x \cdot q_i(x) \right] dx$$

$$= \int_{x_{2i}}^{x_{2i}+2h} [f(x) - p_i(x)]dx - k\int_{x_{2i}}^{x_{2i}+2h} q_i(x)dx - r_i \frac{\int_{x_{2i}}^{x_{2i}+2h} xq_i(x)dx}{\int_{x_{2i}}^{x_{2i}+2h} xq_i(x)dx}$$

$$= r_i - k\int_{x_{2i}}^{x_{2i}+2h} q_i(x)dx - r_i = 0. \quad (25)$$

Ta có thể chọn tham số k sao cho tích phân của hàm $\Phi(x)$ trên đoạn nhỏ $[x_{2i}, x_{2i}+h]$ bằng không $\int_{x_{2i}}^{x_{2i}+h} \Phi(x)dx = 0$.

Mặt khác:

$$0 = \int_{x_{2i}}^{x_{2i}+2h} \Phi(x)dx = \int_{x_{2i}}^{x_{2i}+h} \Phi(x)dx + \int_{x_{2i}+h}^{x_{2i}+2h} \Phi(x)dx. \quad (26)$$

Từ đây suy ra:

$$\int_{x_{2i}+h}^{x_{2i}+2h} \Phi(x)dx = 0. \quad (27)$$

Vì $\Phi(x)$ là hàm liên tục mà tích phân trên các đoạn con $[x_{2i}, x_{2i+h}]$, $[x_{2i+h}, x_{2i+2h}]$ của nó bằng 0 nên tồn tại các giá trị $u \in [x_{2i}, x_{2i+h}]$, $v \in [x_{2i+h}, x_{2i+2h}]$ sao cho $\Phi(x)$ đạt giá trị 0 tại các giá trị này:

$$\Phi(u) = 0, \qquad \Phi(v) = 0. \quad (28)$$

Như vậy có tất cả 5 điểm phân biệt trên đoạn $[x_{2i}, x_{2i}+2h]$ mà tại đó hàm $\Phi(x)$ đạt giá trị 0. Áp dụng định lý Rolle cho hàm $\Phi(x)$ trên các đoạn $[x_{2i}, u], [u, x_{2i}+h], [x_{2i+h}, v], [v, x_{2i}+2h]$ lần lượt có

Tồn tại:

$$\xi_1 \in (x_{2i}, u): \quad \Phi'(\xi_1) = 0$$
$$\xi_2 \in (u, x_{2i}+h): \quad \Phi'(\xi_2) = 0$$
$$\xi_3 \in (x_{2i+h}, v): \quad \Phi'(\xi_3) = 0$$
$$\xi_4 \in (v, x_{2i}+2h): \quad \Phi'(\xi_4) = 0.$$

Tiếp tục áp dụng định lý Rolle cho hàm $\Phi'(x)$ trên các đoạn mới $[\xi_1, \xi_2], [\xi_2, \xi_3], [\xi_3, \xi_4]$. Tồn tại các giá trị η_1, η_2, η_3:

$$\eta_1 \in (\xi_1, \xi_2): \quad \Phi''(\eta_1) = 0$$
$$\eta_2 \in (\xi_2, \xi_3): \quad \Phi''(\eta_2) = 0$$
$$\eta_3 \in (\xi_3, \xi_4): \quad \Phi''(\eta_3) = 0.$$

Tiếp theo, ta lại áp dụng định lý Rolle cho hàm $\Phi''(x)$ trên các đoạn mới $[\eta_1, \eta_2], [\eta_2, \eta_3]$. Tồn tại các giá trị ω_1, ω_2:

$$\omega_1 \in (\eta_1, \eta_2): \quad \Phi'''(\omega_1) = 0$$
$$\omega_2 \in (\eta_1, \eta_2): \quad \Phi'''(\omega_2) = 0.$$

Cuối cùng, áp dụng định lý Rolle cho đoạn $[\omega_1, \omega_2]$: tồn tại giá trị $\xi \in (\omega_1, \omega_2)$ thỏa mãn $\Phi^{(IV)}(\xi) = 0$. Tức là:

$$f^{(IV)}(\xi) - \frac{4!\, r_i}{\int_{x_{2i}}^{x_{2i}+2h} xq_i(x)dx} = 0. \quad (29)$$

Lưu ý: $q_i(x)$ là đa thức bậc 3 với hệ số cao nhất bằng 1 nên khi lấy đạo hàm cấp 4 nó sẽ triệt tiêu còn hàm $xq_i(x)$ khi lấy đạo hàm cấp 4 sẽ được 4!. Từ đó suy ra

$$r_i = \frac{f^{(IV)}(\xi)}{4!} \int_{x_{2i}}^{x_{2i}+2h} xq_i(x)dx. \quad (30)$$

Thế mà:

$$\int_{x_{2i}}^{x_{2i}+2h} xq_i(x)dx = -\frac{4}{15}h^5. \quad (31)$$

Vì thế:

$$r_i = -\frac{f^{(IV)}(\xi)}{90}h^5 \quad (32)$$

Tức là ta cũng thu được đánh giá (20).

Tài liệu tham khảo

Cao Quyết Thắng, 1998. *Phương pháp tính và Lập trình Turbo Pascal*. Nhà XB giáo dục.

Dương Thủy Vỹ, 2001. *Phương pháp tính*. Nhà XB khoa học & kỹ thuật.

Đặng Quốc Lương, 2001. *Phương pháp tính trong kỹ thuật*, Nhà xuất bản xây dựng Hà Nội.

Phan Văn Hạp, 1990. *Giáo trình Cơ sở phương pháp tính tập I, II*. Trường ĐH Tổng hợp Hà Nội.
Phan Văn Hạp, 1978. *Bài tập phương pháp tính và lập chương trình cho máy tính điện tử*. Nhà XB đại học và trung học chuyên nghiệp.
Ralston A, 1965. *A first course in numberical analysis*. McGraw – Hill, New York.
Tạ Văn Đĩnh, 1994. *Phương pháp tính*. Nhà XB giáo dục,

ABSTRACT

Applications of the mean value theorems to prove the error formula of the parabolic method integral approximation determination

Hoang Ngu Huan
Hanoi University of Mining and Geology

As you know, integral calculus plays an important role in engineering calculations. However, it is not always possible to use the Newton and Leibniz formula to find the exact value. Because in most cases it is impossible to find a primitive one. Therefore, approximation methods (trapezoidal rule, Simpson's rule) are taught in the course of numerical methods. However, in most modern educational materials containing only approximation methods, error formulas, example for illustrations, and their proof is not provided. This disadvantage creates difficulties for students and teachers – people who always have professional questions.

A simple question that arises as soon as we see the error formula of the Simpson method is as follows: there is a 4th-order derivative of a subintegrative function. Although it is not in the approximate formula. This means that when making an erroneous estimate, we must resort to theorems about the mean value (those theorems that establish a connection between a function and its derivative).

In this article, the author wants to present 2 different approaches. The first way is to apply the Lagrange's mean value theorem once, estimating the subintegral function. The second way is to use Rolle's mean value theorem four times. In both cases, it is necessary to skillfully construct a suitable function, in accordance with the conditions of each theorem.

Keywords: parabolic method; error formula; mean value theorems Lagrange; Rolle.

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Một vài phương pháp tính định thức ma trận vuông cấp n và ứng dụng

Nguyễn Thuỳ Linh*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Trong báo cáo tôi trình bày một số phương pháp tính định thức của ma trận vuông cấp cao: phương pháp đưa về dạng ma trận tam giác, phương pháp truy hồi, phương pháp đồng dư, phương pháp biểu diễn định thức dưới dạng tổng các định thức. Mỗi phương pháp đều có ví dụ. Ngoài ra tôi còn đưa ra một vài ví dụ ứng dụng của định thức bài toán thực tế.

Từ khóa: Định thức; ma trận; ma trận Hess; đồng dư; truy hồi.

1. Giới thiệu

Năm 1696, Leibnitz là người đầu tiên nghiên cứu định thức và đến năm 1801 Gauss lần đầu tiên sử dụng định thức trong tác phẩm Arithmaticase. Thế kỉ *XVIII* và thế kỉ *XIX* định thức được sử dụng rộng rãi vì tầm quan trọng của chúng trong hình học và dự đoán hành vi trong tương lai của một số sự việc. Định thức là một công cụ hữu hiệu để giải các hệ phương trình, góp phần giải quyết hầu hết các bài toán định lượng cũng như định tính trong Đại số tuyến tính. Ngày nay, định thức cũng được ứng dụng vào các lĩnh vực như khoa học máy tính, kinh tế và kinh doanh, vật lý, hình học,... (Nguyễn Văn Ngọc, 2021)

Trong chương trình toán của các trường cao đẳng và đại học tại nước ta, tính định thức của một ma trận vuông là kiến thức thuộc môn học Đại số tuyến tính hoặc Toán cao cấp dành cho sinh viên năm thứ nhất. Phần tiếp theo, tác giả trình bày một số phương pháp tính định thức giúp sinh viên tính một định thức cấp cao dễ dàng hơn.

2. Một số cách tính định thức cấp n

Định nghĩa: Cho ma trận vuông $A = (a_{ij})_n$ cấp n với $a_{ij} \in \mathbb{R}$. Định thức của ma trận A, ký hiệu là $\det A$ hoặc $|A|$, được định nghĩa $\det A = \sum(-1)^{N(j_1,j_2,\dots,j_n)} a_{1j_1}a_{2j_2}\dots a_{nj_n}$.

Tổng được lấy theo mọi hoán vị $\{1, 2, 3, \dots, n\}$.

Để tính định thức của ma trận vuông cấp n ta có thể dùng định nghĩa hoặc sử dụng các phép biến đổi sơ cấp (cộng, trừ, nhân vô hướng) theo hàng (cột) để đưa định thức có một hàng (cột) gồm nhiều số 0 rồi khai triển theo hàng hay cột đó (Nguyễn Huy Hoàng, 2018). Cách này thường áp dụng với định thức cấp 2, cấp 3, cấp 4,… còn với định thức cấp cao hay định thức chứa tham số thì sẽ thấy phức tạp và cồng kềnh. Trong phần sau đây, tôi sẽ đưa ra một số phương pháp tính định thức và ví dụ minh hoạ để có thêm cách tính định thức cấp cao được đơn giản hơn.

2.1. Phương pháp đưa về dạng ma trận tam giác

Phương pháp: dùng các phép biến đổi sơ cấp đưa định thức đã cho về dạng tam giác. Khi đó, định thức bằng tích của các phần tử nằm trên đường chéo chính.

Bài 1. (Kỉ yếu kì thi Olympic Toán học sinh viên học sinh, 2024)

Cho ma trận $A = \begin{pmatrix} a_1 + c & a_2 & \cdots & a_n \\ a_1 & a_2 + c & \cdots & a_n \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_1 & a_2 & \cdots & a_n + c \end{pmatrix}$. Tính định thức của ma trận A.

Lời giải.

Ta có $\det A = \begin{vmatrix} a_1 + c & a_2 & \cdots & a_n \\ a_1 & a_2 + c & \cdots & a_n \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_1 & a_2 & \cdots & a_n + c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \sum_{i=1}^n a_i + c & a_2 & \cdots & a_n \\ \sum_{i=1}^n a_i + c & a_2 + c & \cdots & a_n \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \sum_{i=1}^n a_i + c & a_2 & \cdots & a_n + c \end{vmatrix}$

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthuylinhbmtoan@humg.edu.vn

$$= \begin{vmatrix} \sum_{i=1}^{n} a_i + c & a_2 & \cdots & a_n \\ & & \cdots & a_n \\ 0 & & c & \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & c \end{vmatrix} = \left(\sum_{i=1}^{n} a_i + c \right) c^{n-1}.$$

2.2. Phương pháp biểu diễn định thức dưới dạng tổng các định thức

Phương pháp: Tách định thức thành tổng các định thức có cùng bậc đối với các hàng (các cột).

Bài 2. (Kỉ yếu kì thi Olympic Toán học sinh viên học sinh, 1993)

Cho $2n$ số nguyên $a_1, a_2, \dots, a_n;\ b_1, b_2, \dots, b_n$ thoả mãn điều kiện: $a_1b_1 + a_2b_2 + \cdots + a_nb_n = 0$

Đặt $A = \begin{pmatrix} 1 + a_1b_1 & a_1b_2 & \cdots & a_1b_{n-1} & a_1b_n \\ a_2b_1 & a_2b_2 & \cdots & a_2b_{n-1} & a_2b_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ a_{n-1}b_1 & a_{n-1}b_2 & \cdots & 1 + a_{n-1}b_{n-1} & a_nb_n \\ a_nb_1 & a_nb_2 & \cdots & a_nb_{n-1} & 1 + a_nb_n \end{pmatrix}$

Tính $\det A$.

Lời giải.

Đặt $D_n = \det A$.

Ta có $D_n = \begin{vmatrix} 1 + a_1b_1 & a_1b_2 & \cdots & a_1b_{n-1} & a_1b_n \\ a_2b_1 & a_2b_2 & \cdots & a_2b_{n-1} & a_2b_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ a_{n-1}b_1 & a_{n-1}b_2 & \cdots & 1 + a_{n-1}b_{n-1} & a_nb_n \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 \end{vmatrix} +$

$$\begin{vmatrix} 1 + a_1b_1 & a_1b_2 & \cdots & a_1b_{n-1} & a_1b_n \\ a_2b_1 & a_2b_2 & \cdots & a_2b_{n-1} & a_2b_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ a_{n-1}b_1 & a_{n-1}b_2 & \cdots & 1 + a_{n-1}b_{n-1} & a_nb_n \\ a_nb_1 & a_nb_2 & \cdots & a_nb_{n-1} & a_nb_n \end{vmatrix}$$

hay $D_n = D_{n-1} + B$.

Trong đó $B = \begin{vmatrix} 1 + a_1b_1 & a_1b_2 & \cdots & a_1b_{n-1} & a_1b_n \\ a_2b_1 & a_2b_2 & \cdots & a_2b_{n-1} & a_2b_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ a_{n-1}b_1 & a_{n-1}b_2 & \cdots & 1 + a_{n-1}b_{n-1} & a_nb_n \\ a_nb_1 & a_nb_2 & \cdots & a_nb_{n-1} & a_nb_n \end{vmatrix}$

$$= a_n \begin{vmatrix} 1 + a_1b_1 & a_1b_2 & \cdots & a_1b_{n-1} & a_1b_n \\ a_2b_1 & a_2b_2 & \cdots & a_2b_{n-1} & a_2b_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ a_{n-1}b_1 & a_{n-1}b_2 & \cdots & 1 + a_{n-1}b_{n-1} & a_nb_n \\ b_1 & b_2 & \cdots & b_{n-1} & b_n \end{vmatrix}$$

Nhân hàng cuối với a_i rồi cộng với hàng thứ i với $i = 1,2, \dots, n-1$.

Khi đó, $B = a_n \begin{vmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 \\ b_1 & b_2 & \cdots & b_{n-1} & b_n \end{vmatrix} = a_nb_n.$

Do đó $D_n = D_{n-1} + a_nb_n$. Áp dụng quy nạp ta có $D_n = D_1 + a_2b_2 + \cdots + a_nb_n = 1 + \sum_{i=1}^{n} a_ib_i = 1$.

2.3. Phương pháp truy hồi

Phương pháp: Định thức sẽ được khai triển theo hàng hoặc cột sao cho nhận được có một biểu thức liện hệ giữa định thức đã cho với định thức cùng dạng nhưng bậc nhỏ hơn.

Giả sử chúng ta có:

$$D_n = pD_{n-1} + qD_{n-2,}(n > 2) \quad (1)$$

Trong đó p, q là hai hằng số độc lập với n.

Nếu $q = 0$ thì $D_n = pD_{n-1}$. Áp dụng công thức tính số hạng tổng quát trong cấp số nhân ta có $D_n = p^{n-1}D_1$, trong đó D_1 là một hằng số. Xét $q \neq 0$ và a, b là hai nghiệm của phương trình $x^2 - px - q = 0$. Khi đó $p = a + b,\ q = a.b$ thì phương trình (1) có thể viết lại:

$$D_n - bD_{n-1} = a(D_{n-1} - bD_{n-2}) \quad (2)$$

Hoặc:
$$D_n - aD_{n-1} = b(D_{n-1} - aD_{n-2}) \quad (3)$$

Giả sử $a \neq b$. Tương tự $D_n - bD_{n-1} = \alpha^{n-2}(D_{n-1} - bD_{n-2})$; $D_n - aD_{n-1} = b^{n-2}(D_{n-1} - aD_{n-2})$

Suy ra: $D_n = \frac{a^{n-2}(D_2 - bD_1) - b^{n-2}(D_2 - aD_1)}{a-b}$ (4)

Xét trường hợp $a = b$. Từ (2) và (3) ta có $D_n - aD_{n-1} = a(D_{n-1} - bD_{n-2})$

Do đó $D_n - aD_{n-1} = Aa^{n-2}$ với $A = D_2 - aD_1$.

Thay n bằng $n-1$ ta có $D_n - aD_{n-1} = Aa^{n-3}$.

Suy ra $D_n = a^2 D_{n-2} + 2Aa^{n-2}$.

Tương tự ta có $D_n = a^{n-1}D_1 + (n-1)A\, a^{n-2}$ trong đó $A = D_2 - aD_1$.

Bài 3. Tính định thức $D_{n+1} = \begin{vmatrix} a_0 & -1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ a_1 & x & -1 & \cdots & 0 & 0 \\ a_2 & 0 & x & \cdots & 0 & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n-1} & 0 & 0 & \cdots & x & -1 \\ a_n & 0 & 0 & \cdots & 0 & x \end{vmatrix}$.

Lời giải.

Ta có $D_{n+1} = (-1)^{1+1}a_0 \begin{vmatrix} x & -1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & x & -1 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & x & \cdots & 0 & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & x & -1 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & x \end{vmatrix} + (-1)^{1+2}(-1) \begin{vmatrix} a_1 & -1 & 0 & \cdots & 0 \\ a_2 & x & -1 & \cdots & 0 \\ a_3 & 0 & x & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_n & 0 & 0 & \cdots & x \end{vmatrix}$

$= a_0x^n + D_n = a_0x^n + a_1x^{n-1} + D_{n-1} = a_0x^n + a_1x^{n-1} + a_2x^{n-2} + D_{n-2}$

$= a_0x^n + a_1x^{n-1} + a_2x^{n-2} + \cdots + a_{n-2}x^2 + D_2$

Mà $D_2 = \begin{vmatrix} a_{n-1} & -1 \\ a_n & x \end{vmatrix} = a_{n-1}x + a_n$.

Vậy $D_{n+1} = a_0x^n + a_1x^{n-1} + a_2x^{n-2} + \cdots + a_{n-2}x^2 + a_{n-1}x + a_n$.

2.4. Phương pháp đồng dư

Phương pháp: Sử dụng lý thuyết đồng dư đưa tất cả phần tử trong ma trận này đồng dư với một ma trận mới đơn giản hơn. Khi đó, định thức của chúng cũng đồng dư với nhau theo cùng một modulo.

Tính chất: Cho $A = [a_{ij}]$ và $B = [b_{ij}]$ là hai ma trận vuông cấp n có các phần tử nguyên. Cho m là một số nguyên dương thoả mãn $a_{ij} \equiv b_{ij}\ (mod\ m)$, $\forall i,j\ ,\ 1 \leq i,j \leq n.$ Khi đó $\det A \equiv \det B\ \ (mod\ m)$.

Bài 4. (Kỉ yếu kì thi Olympic Toán học sinh viên học sinh, 2023)

Cho ma trận $A = \left(a_{ij}\right)_{6\times 6}$ trong đó $a_{ij} = \begin{cases} 0 & nếu\ i = j \\ 1\ hoặc\ 2023 & nếu\ i \neq j \end{cases}$.

Chứng minh rằng định thức của ma trận A khác 0.

Lời giải:

Ta xét phép đồng dư với 2 ta có:

$$\det A \equiv \begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} (mod\ 2) \equiv \begin{vmatrix} 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 \\ 5 & 0 & 5 & 5 & 5 & 5 \\ 5 & 5 & 0 & 5 & 5 & 5 \\ 5 & 5 & 5 & 0 & 5 & 5 \\ 5 & 5 & 5 & 5 & 0 & 5 \\ 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 0 \end{vmatrix} (mod\ 2)$$

$$\equiv 5^6 \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} (mod\ 2) \equiv 5 \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} (mod\ 2)$$

$$\equiv \mathbf{5} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{vmatrix} (mod\ 2) \equiv -5(mod\ 2) \equiv 1(mod\ 2)$$

Suy ra $\det A$ là một số nguyên lẻ. Vậy $\det A \neq 0$.

3. Ứng dụng của định thức

Trong phần này tôi sẽ trình bày ứng dụng của định thức trong việc tìm lời giải tối ưu lợi nhuận hoặc tìm cách giảm chi phí trong sản xuất là các bài toán quan trọng (Lê Đình Thuý, 2010). Giả sử chúng được thiết lập bởi một hàm $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ phụ thuộc vào hàm nhiều biến (vốn, công nhân, phí dịch vụ,…).

Giả sử f có đạo hàm cấp 2 và điểm $(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$ thoả mãn $\frac{\partial f}{\partial x_i}(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0) = 0, \forall\, i = 1,2, \dots, n.$

Ma trận Hess của hàm f được xác định $H(f) = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_2} & \cdots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_n} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 x_2^2} & \cdots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_2} & \cdots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n^2} \end{pmatrix}$

$H(f)$ có các định thức con chính sau: $det\left(\frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2}\right), \det\begin{pmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_2} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 x_2^2} \end{pmatrix}, \dots, \det\big(H(f)\big)$.

-Nếu các định thức con $H_i > 0, \forall\, i = 1, .. n$ thì $(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$ là điểm cực tiểu của hàm f.

-Nếu $H_1 < 0, H_2 > 0, H_3 < 0, H_4 > 0, \dots$ thì $(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$ là điểm cực đại của hàm f.

Bài 5. Một doanh nghiệp sản xuất và độc quyền tiêu thụ bộ ga giường tại hai thị trường khác nhau với đơn giá mỗi sản phẩm tại từng thị trường lần lượt là $p_1 = 650, p_2 = 550$ (đơn vị tính: nghìn VNĐ). Giả sử tổng chi phải sản xuất của doanh nghiệp đó là $C = Q_1^2 + Q_1Q_2 + Q_2^2 + 30Q_2 + 250; \quad (Q_1 \geq 0, Q_2 \geq 0)$. Ở đây Q_1, Q_2 lần lượt là lượng sản phẩm tiêu thụ ở từng thị trường. Hỏi doanh nghiệp đó cần tiêu thụ bao nhiêu sản phẩm ở mỗi thị trường để tối ưu hoá lợi nhuận?

Lời giải.

Doanh thu của doanh nghiệp: $R = 650Q_1 + 550Q_2; \quad Q_1 \geq 0, Q_2 \geq 0.$

Tổng chi phí sản xuất là: $C = Q_1^2 + Q_1Q_2 + Q_2^2 + 30Q_2 + 250.$

Do đó, lợi nhuận của doanh nghiệp là: $\pi = R - C = 650Q_1 + 520Q_2 - Q_1^2 - Q_1Q_2 - Q_2^2 - 250.$

Việc xác định mức tiêu thụ sản phẩm của doanh nghiệp tại mỗi thị trường để tối ưu hoá lợi nhuận ta đưa về bài toán tìm cực trị như sau: Tìm $Q_1, Q_2 \geq 0$ sao cho hàm π đạt cực đại.

Ta có $\pi'_{Q_1} = 650 - 2Q_1 - Q_2; \pi'_{Q_2} = 520 - 2Q_2 - Q_1.$

Xét $\begin{cases} \pi'_{Q_1} = 0 \\ \pi'_{Q_2} = 0 \end{cases} \leftrightarrow \begin{cases} 650 - 2Q_1 - Q_2 = 0 \\ 520 - 2Q_2 - Q_1 = 0 \end{cases} \leftrightarrow \begin{cases} Q_1 = 260 \\ Q_2 = 130 \end{cases}$. Điểm dừng $M(260,130)$.

Ta có $\pi''_{Q_1^2} = -2;\ \pi''_{Q_1Q_2} = -1;\ \pi''_{Q_2^2} = -2$. Khi đó, $H = \begin{pmatrix} \pi''_{Q_1^2} & \pi''_{Q_1Q_2} \\ \pi''_{Q_2Q_1} & \pi''_{Q_2^2} \end{pmatrix}$

$H_1 = -2 < 0, H_2 = \begin{vmatrix} -2 & -1 \\ -1 & -2 \end{vmatrix} = 2 > 0$ nên hàm số đạt cực đại tại $M(260,130)$ và $\pi_{max} = 118050.$

Vậy khi doanh nghiệp tiêu thụ $Q_1 = 260$ sản phẩm ở thị trường thứ nhất, $Q_2 = 130$ sản phẩm ở thị trường thứ hai thì sẽ đạt lợi luận tối đa là 118050 nghìn VNĐ.

Nhận xét. Trong thực tế việc tìm ra phương án tối ưu với các ràng buộc nhất định luôn xuất hiện. Đó là bài toán tìm cực trị mà các biến không độc lập mà ràng buộc với nhau bởi các điều kiện phụ thuộc nào đó (phương trình hay bất phương trình) gọi là cực trị có điều kiện (Nguyễn Văn Ngọc, 2021). Một trong các phương pháp làm là Phương pháp nhân tử Lagrange. Phương pháp này chuyển bài toán cực trị của hàm nhiều biến $z = f(x,y)$ với điều kiện $g(x,y) = 0$ về bài toán cực trị tự do thông qua hàm Lagrange.

Bước 1. Tìm miền xác định (nếu cần) của hàm $z = f(x,y)$ và hàm $g(x,y)$. Lập hàm Lagrange

$$L = L(x,y) = f(x,y) - \lambda g(x,y)$$

trong đó λ gọi là nhân tử Lagrange.

Bước 2. Tính các đạo hàm riêng L'_x, L'_y, L'_λ và giải hệ phương trình $\begin{cases} L'_x = 0 \\ L'_y = 0 \\ L'_\lambda = 0 \end{cases}$ tìm các điểm dừng M_i và các giá trị λ tương ứng.

Bước 3. Kiểm tra điều kiện có cực trị tại điểm dừng M_i và nhân tử λ_i tương ứng.

Tính $\det H$ với $H = \begin{pmatrix} 0 & g'_x & g'_y \\ g'_x & L''_{xx} & L''_{xy} \\ g'_y & L''_{yx} & L''_{yy} \end{pmatrix}$.

Bước 4. Kết luận

-Nếu $\det H > 0$ thì M_i là điểm cực đại

-Nếu $\det H < 0$ thì M_i là điểm cực tiểu.

-Nếu $\det H = 0$ thì chưa thể kết luận gì về M_i.

Bài 6. Một cửa hàng đồ gỗ dùng 130 triệu VNĐ để nhập hai mặt hàng A và B. Biết giá 1 sản phẩm của mặt hàng A, B lần lượt là 2triệu VNĐ và 3 triệu VNĐ. Khi mua x sản phẩm mặt hàng A và y sản phẩm mặt hàng B thì hàm lợi ích tiêu dùng là $U(x,y) = x^{0,4}y^{0,6}$. Hãy xác định số lượng sản phẩm mỗi mặt hàng mà cửa hàng cần mua để sự hữu dụng cao nhất.

Lời giải.

Gọi x, y lần lượt là số lượng mặt hàng A và B cần mua ($x \geq 0, y \geq 0$).

Bài toán tìm x, y để hàm số $U(x,y) = x^{0,4}y^{0,6}$ đạt cực đại với điều kiện $g(x,y) = 2x + 3y = 130$.

Lập hàm Lagrange $L(x,y,\lambda) = U(x,y) - \lambda g(x,y) = x^{0,4}y^{0,6} - \lambda(2x + 3y - 130)$.

Ta có $L'_x = 0{,}4x^{-0,6}y^{0,6} - 2\lambda$; $L'_y = 0{,}6x^{0,4}y^{-0,4} - 3\lambda$; $L'_\lambda = 130 - 2x - 3y$.

Xét hệ $\begin{cases} L'_x = 0 \\ L'_y = 0 \\ L'_\lambda = 0 \end{cases} \leftrightarrow \begin{cases} 0{,}4x^{-0,6}y^{0,6} - 2\lambda = 0 \\ 0{,}6x^{0,4}y^{-0,4} - 3\lambda = 0 \\ 130 - 2x - 3y = 0 \end{cases} \leftrightarrow \begin{cases} x^{-0,6}y^{0,6} = 5\lambda \\ x^{0,4}y^{-0,4} = 5\lambda \\ 130 - 2x - 3y = 0 \end{cases} \leftrightarrow \begin{cases} x = 26 \\ y = 26. \\ \lambda = 0{,}2 \end{cases}$

Điểm dừng $M(26{,}26)$ với $\lambda = 0{,}2$.

Ta có: $L''_{xx} = -0{,}24x^{-1,6}y^{0,6}$; $L''_{xy} = 0{,}24x^{-0,6}y^{-0,4}$; $L''_{yy} = -0{,}24x^{0,4}y^{-1,4}$

$g_1 = g'_x(M) = 2$; $g_2 = g'_y(M) = 3$; $L_{11} = L''_{xx}(26;26;0{,}2)9 = -\frac{3}{325} < 0$;

$L_{22} = L''_{yy}(26;26;0{,}2) = -\frac{3}{325} < 0$; $L_{12} = L_{21} = L''_{xy}(26;26;0{,}2) = \frac{3}{325} > 0$.

Xét $|H| = \begin{vmatrix} 0 & 2 & 3 \\ 2 & L_{11} & L_{12} \\ 3 & L_{21} & L_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & 2 & 3 \\ 2 & -\frac{3}{325} & \frac{3}{325} \\ 3 & \frac{3}{325} & -\frac{3}{325} \end{vmatrix} = \frac{3}{13} > 0.$

Do đó $M(26{,}26)$ là điểm cực đại.

Vậy để sự hữu dụng cao nhất thì văn phòng cần mua mỗi loại 26 sản phẩm.

4. Kết luận

Trong bài tôi đã trình bày một số phương pháp tính định thức cấp cao và ứng dụng của định thức tìm lời giải cho bài toán tối thiểu hóa chi phí và tối đa hóa lợi nhuận trong kinh doanh thông qua tính định thức của ma trận Hesse.

Tài liệu tham khảo

Nguyễn Văn Ngọc, Nguyễn Thị Lan Hương, Đào Xuân Hưng, Lê Bích Phượng, Hà Hữu Cao Trình, Lê Thị Hương Giang, Nguyễn Thị Hiền, 2021. *Giáo trình Đại số tuyến tính*, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội.

Lê Đình Thuý, 2010. *Toán cao cấp cho các nhà kinh tế*, NXB Giáo dục.

Nguyễn Huy Hoàng, Nguyễn Trung Đông, 2018. *Giáo trình Toán giành cho kinh tế và quản trị*, NXB ĐHKTQD.

Kỉ yếu kì thi Olympic Toán học sinh viên học sinh, 1993, 2023, 2024.

ABSTRACT

Some methods for calculation of n-level square matrix determinants and applications

Nguyễn Thuỳ Linh

Ha Noi University of Mining and Geology

In this article, I present a number of methods for calculating the determinant of a high-level square matrix: the method of converting it into a triangular matrix, the method of recurrence, the method of congruence, the method of representing the determinant as a sum of numbers. determinant. Each method has examples. In addition, I also give a few application examples of the determinant in real problems.

Keywords: Determinant; matrix; Hess matrix; congruence; recurrence.

Kiểm định trung bình hai tổng thể trong phần mềm R

Phạm Ngọc Anh*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

R là một ngôn ngữ lập trình hoàn thiện định hướng cho tính toán thống kê và phân tích dữ liệu. R cho phép giải quyết một khối lượng lớn các bài toán trong phân tích thống kê và đồ thị. Hơn nữa R chạy trên nhiều hệ điều hành: Windows, Linux, Mac OS,... Bộ cài cũng như tài liệu hướng dẫn cài đặt và sử dụng đều tải miễn phí từ trang chủ CRAN của R. Việc sử dụng R trong nghiên cứu và phân tích dữ liệu là một xu hướng và ngày càng phổ biến trong nhiều lĩnh vực thực tiễn. Trong bài báo này, tác giả trình bày về phương pháp nghiên cứu dấu hiệu hiệu tổng thể bằng phương pháp kiểm định giả thuyết thống kê, cụ thể tôi giải quyết bài toán kiểm định giả thuyết về tham số trung bình của hai tổng thể bằng phần mềm R. Tác giả trình bày lí thuyết chúng của bài toán kiểm định, sau đó giới thiệu những quy trình và gói lệnh dùng để thực hiện bài toán kiểm định giả thuyết về trung bình của hai tổng thể.

Từ khóa: phần mềm R; kiểm định giả thuyết; trung bình hai tổng thể.

1. Đặt vấn đề

Trong thực tế, các vấn đề thường gặp trong khoa học và kĩ thuật không chứa nhiều sự ước lượng các tham số, nhưng cần thiết thành lập một cơ sở thủ tục quyết định mà để từ đó có thể đưa ra kết luận về vấn đề khoa học nào đó. Ví dụ, một kỹ sư có thể khẳng định dựa trên cơ sở các mẫu số liệu để đánh giá có sự khác biệt giữa độ chính xác của hai loại máy đo; hoặc một nhà xã hội học có thể chọn một mẫu thích hợp cho phép họ khẳng định nhóm máu, màu tóc của một người là độc lập nhau. Trong các trường hợp trên, nhà xã hội học, hay kỹ sư đã nhận định đưa ra kết luận về một vấn đề. Hơn nữa, nó đòi hỏi việc sử dụng dữ liệu thực nghiệm và đưa ra quyết định trên cơ sở các dữ liệu ấy. Các nhận định đó được đặt dưới dạng một giả thuyết thống kê.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở lí thuyết

2.1.1. Giả thuyết thống kê

Giả thuyết thống kê là một sự xác nhận hay phỏng đoán liên quan tới một hay nhiều tổng thể.
Giả thuyết mà ta muốn kiểm tra được kí hiệu là H_0 – gọi là giả thuyết gốc.
Mệnh đề mâu thuẫn với giả thuyết muốn kiểm tra, gọi là giả thuyết đối, kí hiệu là H_1.

2.1.2. Tiêu chuẩn kiểm định giả thuyết thống kê

Từ các thông tin mẫu $x_1, x_2, \dots, x_n$, ta chọn một thống kê:

$$G = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (1)$$

Có thể phụ thuộc vào tham số đã biết trong giả thuyết gốc. Nếu giả thuyết gốc đúng thì quy luật phân phối của G hoàn toàn xác định. Một thống kê như vậy được gọi là tiêu chuẩn kiểm định.

2.1.3. Miền bác bỏ giả thuyết

Ta tìm miền W_α sao cho với điều kiện giả thuyết H_0là đúng xác suất để G nhận giá trị thuộc miền W_α bằng α:

$$P(G \in W_\alpha | H_0) = \alpha \quad (2)$$

Ở đây xác suất α bé và cho trước (thường lấy α bằng 0,05 hoặc 0,01).

Do α khá bé nên theo nguyên lý xác suất nhỏ coi như biến cố ($G \in W_\alpha$) không xảy ra trong một phép thử.

Giá trị α gọi là mức ý nghĩa của kiểm định.

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamngocanhbmtoan@humg.edu.vn

Miền W_α gọi là miền bác bỏ giả thuyết H_0 với mức ý nghĩa α.

2.1.4. Giá trị quan sát của tiêu chuẩn kiểm định.

Thực hiện một phép thử đối với mẫu ngẫu nhiên $W = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ thu được một mẫu cụ thể $w = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ và qua đó tính được một giá trị cụ thể của tiêu chuẩn kiểm định G.

$$G_{qs} = f(x_1, x_2, \dots, x_n, \theta) \quad (3)$$

Giá trị trên gọi là giá trị quan sát của tiêu chuẩn kiểm định.

2.1.5. Quy tắc kiểm định

Nếu G tính trên mẫu có giá trị thuộc miền bác bỏ $G_{qs} \in W_\alpha$ thì ta bác bỏ H_0 thừa nhận H_1.

Ngược lại, nếu G tính trên mẫu có giá trị không thuộc miền bác bỏ thì ta chấp nhận H_0.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp kiểm định với mức ý nghĩa cố định

Phương pháp chung để kiểm định một giả thuyết thống kê như sau: Trước hết giả sử H_0 đúng và từ đó dựa thông tin của mẫu rút ra từ tổng thể tìm được một biến cố A nào đó sao cho xác suất xảy ra biến cố A bằng α bé đến mức có thể sử dụng nguyên lí xác suất nhỏ tức là có thể coi A không xảy ra trong một phép thử về biến cố này. Lúc đó trên một mẫu cụ thể thực hiện một phép thử đối với biến cố A, nếu A xảy ra thì điều đó chứng tỏ H_0 sai và bác bỏ nó, còn nếu A không xảy ra thì ta chưa có cơ sở bác bỏ H_0 (Đặng Hùng Thắng, Trần Mạnh Cường, 2019).

2.2.2. Phương pháp P-value

Trong những năm gần đây nhiều nhà nghiên cứu thường sử dụng một cách tiếp cận khác. Thay vì kiểm định giả thuyết với một giá trị α định trước thì họ cho rằng ta nên định rõ các giả thuyết cơ sở H_0 và đối thuyết H_1, sau đó thu thập các số liệu mẫu và xác định mức độ khẳng định việc bác bỏ giả thuyết H_0.

Mức độ khẳng định này thường được gọi là giá trị xác suất $p - value$ của kiểm định. Hay nói cách khác $p - value$ *chính là mức ý nghĩa thấp nhất mà ta có thể bác bỏ* H_0. (Đặng Hùng Thắng, Trần Mạnh Cường, 2019).

Kết luận dựa vào $p - value$ được đưa ra theo quy tắc: nếu $p - value$ nhỏ hơn α thì kết luận có đủ bằng chứng thống kê để bác bỏ giả thuyết H_0 (do đó chấp nhận H_1); ngược lại nếu $p - value$ lớn hơn hoặc bằng α thì kết luận có đủ bằng chứng thống kê để chấp nhận giả thuyết H_0 (Nguyễn Văn Tuấn, 2020).

Quy trình làm một bài toán kiểm định giả thuyết trong R thường được tiến hành theo các bước sau:

Bước 1: Thiết lập cặp giả thuyết H_0 và H_1;

Bước 2: Xác định hàm kiểm định cùng với các tham số thích hợp;

Bước 3: Thực hiện kiểm định;

Bước 4: Đọc kết quả và đưa ra kết luận.

3. Kết quả và thảo luận

Để thực hiện bài toán kiểm định giả thuyết về trung bình của hai tổng thể trong R ta dùng các hàm $z.test, t.test$ hoặc $zsum.test, tsum.test$. Tùy theo mẫu chọn là độc lập hay ghép cặp và dữ liệu là thứ cấp hay sơ cấp mà ta lựa chọn hàm cùng với những tham số cho thích hợp. Khi mẫu được chọn độc lập, việc chọn hàm và tham số được xét theo phương sai của hai tổng thể đã biết hay chưa biết và có bằng nhau hay không bằng nhau.

Bảng 1. Bảng hàm sử dụng để kiểm định giả thuyết trung bình hai tổng thể trong R.

Chọn mẫu độc lập		
	Dữ liệu	
Phương sai	Sơ cấp	Thứ cấp
Đã biết	$z.test$	$zsum.test$
Chưa biết	$t.test$	$tsum.test$
Chọn mẫu ghép cặp		
Dữ liệu sơ cấp		Dữ liệu thứ cấp
$t.test$		$tsum.test$

Hàm $t.test$ có sẵn trong gói cơ bản của R, ba hàm còn lại phải sử dụng gói BSDA.

3.1. Kiểm định trung bình hai tổng thể khi đã biết phương sai của hai tổng thể, chọn mẫu độc lập và dữ liệu sơ cấp

Khi phương sai của hai tổng thể đã biết, chọn mẫu độc lập và dữ liệu sơ cấp, kiểm định trung bình hai tổng thể được tìm qua hàm $z.test$ với các tham số cần thiết:

$$z.test(x, y, sigma.x, sigma.y, mu, alternative)$$

Trong đó: x - véc tơ dữ liệu mẫu thứ nhất; y - véc tơ dữ liệu mẫu thứ hai; $sigma.x$ - độ lệch chuẩn của tổng thể thứ nhất; $sigma.y$ - độ lệch chuẩn của tổng thể thứ hai; $alternative$ - Chuỗi kí tự chỉ giả thuyết đối, $alternative = c("two.sided", "less", "greater")$ tương ứng là giả thuyết đối là hai bên, bên trái, bên phải, mặc định là "$two.side$"; m - Hiệu chênh lệch của hai giá trị trung bình xác định theo giả thuyết không, mặc định bằng 0.

Ví dụ: Một nhà phân tích thị trường muốn xét xem có sự khác biệt về giá trung bình của một gallon sữa ở hai thành phố A và B không. Để thực hiện điều này, nhà phân tích đã điều tra được từ mỗi thành phố 31 người đã mua sữa trong vòng hai tuần gần đây và thu được bảng số liệu như sau:

Bảng 2.Kết quả điều tra giá sữa.

Thành phố A ($)			Thành phố B ($)		
2.55	2.36	2.43	2.25	2.40	2.39
2.67	2.54	2.43	2.30	2.33	2.40
2.50	2.54	2.38	2.19	2.29	2.23
2.61	2.80	2.49	2.41	2.18	2.29
3.10	2.61	2.57	2.39	2.59	2.53
2.86	2.56	2.71	2.26	2.38	2.19
2.50	2.64	2.97	2.19	2.25	2.45
2.47	2.72	2.65	2.42	2.61	2.33
2.76	2.73	2.80	2.60	2.25	2.51
2.65	2.83	2.69	2.38	2.29	2.36
		2.71			2.44

Cho biết giá một gallon sữa ở thành phố A tuân theo phân phối chuẩn với độ lệch chuẩn là 0.2 và giá sữa của một gallon sữa ở thành phố B tuân theo phân phối chuẩn với độ lệch chuẩn là 0.1. Tại mức ý nghĩa $\alpha = 5\%$, hãy xét xem có sự khác biệt về giá trung bình của một gallon sữa ở hai thành phố trên không?

Lời giải:

Bước 1: Gọi μ_1, μ_2 tương ứng là giá trị trung bình của một gallon sữa ở hai thành phố A và B. Khi đó ta kiểm định cặp giả thuyết sau:

Xét bài toán : $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0; H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Bước 2: Ta sử dụng hàm z.test với các tham số cần thiết được cho như sau:

- x là véc tơ dữ liệu giá sữa thành phố A;
- y là véc tơ dữ liệu giá sữa thành phố B;
- Độ lệch chuẩn giá sữa sữa thành phố A là 0.2 nên $sigma.x = 0.2$;
- Độ lệch chuẩn giá sữa sữa thành phố B là 0.1 nên $sigma.y = 0.1$;
- Giả thuyết không : $\mu_1 - \mu_2 = 0$ nên $mu = 0$ hoặc không cần đánh tham số này vào;
- Giả thuyết đối : $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$ dạng hai bên nên $alternative = "two.side"$ hoặc không cần đánh tham số này vào.

Bước 3: Ta thực hiện trong R.

```
> library(BSDA)
> A =c(2.55,2.67, 2.50, 2.61, 3.10, 2.86, 2.50, 2.47, 2.76, 2.65, 2.36, 2.54, 2.54, 2.5
4, 2.80, 2.61, 2.56, 2.64, 2.72, 2.73, 2.83, 2.43, 2.43, 2.38, 2.49, 2.57, 2.71, 2.97,
2.65, 2.80, 2.69, 2.71)
>
> B=c(2.25, 2.30, 2.19, 2.41, 2.39, 2.26, 2.19, 2.42, 2.60, 2.38, 2.40, 2.33, 2.29, 2.1
8, 2.59, 2.38, 2.25, 2.61, 2.25, 2.29, 2.39, 2.40, 2.23, 2.29, 2.53, 2.19, 2.45, 2.33,
2.51, 2.36, 2.44)
>
> z.test(A,B,sigma.x = 0.2,sigma.y = 0.1,mu=0,alternative = "two.side")

        Two-sample z-Test

data:  A and B
z = 7.0392, p-value = 1.934e-12
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.2014193 0.3568670
sample estimates:
mean of x mean of y
 2.636563  2.357419
```

Bước 4: Đọc kết quả:

Để kết luận bác bỏ H_0 ta có thể dựa vào giá trị thống kê $z = 7.0392$ lớn hơn giá trị tới hạn $z_{0.025} = 1.96$ hoặc sử dụng $p - value = 1.934e - 12$ nhỏ hơn mức ý nghĩa $\alpha = 0.05$

Vậy tại mức ý nghĩa $\alpha = 5\%$, ta có đủ bằng chứng thống kê để cho rằng giá sữa trung bình của hai thành phố có sự khác biệt.

3.2. Kiểm định trung bình hai tổng thể, phương sai đã biết, chọn mẫu độc lập, dữ liệu thứ cấp

Khi phương sai tổng thể đã biết, chọn mẫu độc lập, dữ liệu thứ cấp, kiểm định trung bình hai tổng thể được tìm qua hàm $zsum.test$ với các tham số cần thiết.

$$zsum.test(mean.x, sigma.x, n.x, mean.y, sigma.y, n.y, mu, alternative)$$

Trong đó: $mean.x$ - trung bình mẫu thứ nhất; $n.x$ - cỡ mẫu thứ nhất; $mean.y$ - trung bình mẫu thứ hai; $n.y$ - cỡ mẫu thứ hai.

Ví dụ: Cục thống kê lao động muốn tìm hiểu chi phí bảo hiểm trung bình mà một công ti chi trả trên một giờ cho những nhân viên được thuê để quản lí và những nhân viên là công nhân lành nghề. Để xem xét vấn đề này, họ đã điều tra 35 nhà quản lí và 41 công nhân lành nghề thấy chi phí bảo hiểm trung bình mà công ti của họ trả tương ứng là 1.84$ và 1.99$. Giả sử chi phí chi trả cho các nhân viên quản lí tuân theo phân phối chuẩn với độ lệch chuẩn là 0.4$ và chi phí trả cho các công nhân lành nghề tuân theo phân phối chuẩn với độ lệch chuẩn là 0.5$. Với mức ý nghĩa $\alpha = 5\%$, hãy kiểm định xem có sự khác biệt về chi phí bảo hiểm trung bình trên một giờ giữa các nhân viên quản lí và các công nhân lành nghề hay không?

Lời giải:

Gọi μ_1, μ_2 là chi phí bảo hiểm trung bình trên một giờ của các nhân viên quản lí và các công nhân lành nghề. Khi đó ta kiểm định cặp giả thuyết sau:

Xét bài toán : $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0; \quad H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Thực hiện kiểm định trên R

```
> library(BSDA)
> zsum.test(mean.x = 1.84,mean.y =1.99,sigma.x=0.4,sigma.y=0.5,n.x=35,n.y=41)

        Two-sample z-Test

data:  Summarized x and y
z = -1.4522, p-value = 0.1464
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.35244625  0.05244625
sample estimates:
mean of x mean of y
     1.84      1.99
```

Đọc kết quả:

Giá trị thống kê $z = -1.4522$ thỏa mãn $-z_{0.025} = -1.96 < -1.4522 < z_{0.025} = 1.96$ hoặc sử dụng $p - value = 0.1464$ lớn hơn mức ý nghĩa $\alpha = 0.05$ nên ta kết luận chấp nhận H_0

Vậy với mức ý nghĩa 5% ta không có đủ bằng chứng thống kê để cho rằng có sự khác biệt giữa chi phí chi trả trung bình trên một giờ của các nhân viên quản lí và các công nhân lành nghề.

3.3. Kiểm định trung bình hai tổng thể, phương sai chưa biết nhưng được giả thiết bằng nhau, chọn mẫu độc lập, dữ liệu sơ cấp.

Để kiểm định trung bình hai tổng thể khi chưa biết phương sai của tổng thể nhưng có giả thiết bằng nhau, chọn mẫu độc lập, dữ liệu sơ cấp, ta dùng hàm $t.test$ với tham số $val.equal = TRUE$

$$t.test(x, y, mu, \ alternative \ , var.equal = TRUE)$$

Trong đó: $var.equal = TRUE$ - Tham số chỉ phương sai của hai tổng thể bằng nhau.

Ví dụ: Một nhà nghiên cứu đang muốn so sánh chi phí chi trả trong một năm để nuôi sống một gia đình gồm bốn người Việt sống ở những thành phố nước ngoài khác nhau. Nhà nghiên cứu đã chọn ra hai thành phố A và B để nghiên cứu. Nhà nghiên cứu chọn ra trong mỗi thành phố 11 gia đình để điều tra và thu được bảng số liệu:

Bảng 3.Kết quả điều tra chi phí nuôi sống gia đình trong một năm.

A($/năm)	69000	64500	67500	64500	66700	68000	65000	69000	71000	68500	67500
B($/năm)	65000	64000	66000	64900	62000	60500	62500	63000	64500	63500	62400

Cho biết chi phí chi tiêu hàng năm của gia đình bốn người Việt ở hai thành phố trên tuân theo phân phối chuẩn với phương sai bằng nhau. Tại mức ý nghĩa $\alpha = 5\%$ hãy kiểm định xem có sự khác biệt về chi phí chi trả của các gia đình gồm bốn người Việt sống ở hai thành phố A và B không?

Lời giải

Gọi μ_1, μ_2 là chi phí chi trả trung bình trong một năm để nuôi sống gia đình gồm bốn người Việt ở hai thành phố A và B. Khi đó ta kiểm định cặp giả thuyết sau:

Xét bài toán :$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$; $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Ta dùng hàm $t.test$ với tham số $var.equal = TRUE$ do phương sai của hai tổng thể được giả thiết bằng nhau.

```
> A = c(69000,64500,67500,64500,66700,68000,65000,69000,71000,68500,67500)
> B=c(65000,64000,66000,64900,62000,60500,62500,63000,64500,63500,62400)
> t.test(A,B,var.equal = T)
        Two Sample t-test

data:  A and B
t = 4.9547, df = 20, p-value = 7.627e-05
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 2258.08 5541.92
sample estimates:
mean of x mean of y
 67381.82  63481.82
```

Giá trị thống kê $t = 4.9547$

Bậc tự do (df: degree freedom) của phân phối t là $n - 1 = 20$

$$p - value = 7.627e - 05$$

Để bác bỏ H_0, ta có thể dựa vào giá trị thống kê $t = 4.9547$ lớn hơn giá trị tới hạn $t_{20,0.025} = 2.09$ hoặc sử dụng $p - value = 7.627e - 05$ nhỏ hơn mức ý nghĩa $\alpha = 0.05$.

Vậy với mức ý nghĩa 5% ta có đủ bằng chứng thống kê để cho rằng có sự khác biệt về chi phí chi trả trung bình trong một năm để nuôi sống một gia đình gồm bốn người ở hai thành phố A và B.

4. Kết luận

Bài báo có những đóng góp sau đây:

- Dùng các lệnh trong R để kiểm định được tham số giá trị trung bình hai tổng thể nghiên cứu.
- Giải quyết được một số ví dụ thực tiễn mới, áp dụng được cho giảng dạy môn học học xác suất thống kê tại trường Đại học Mỏ - Địa chất theo hướng đổi mới.

Tài liệu tham khảo

Đặng Hùng Thắng(chủ biên), Trần Mạnh Cường, 2019. *Thống kê cho khoa học xã hội và khoa học sự sống (với phần mềm R)*. Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia Hà Nội, trang 109-137.

Nguyễn Văn Tuấn, 2020. *Phân Tích Dữ Liệu với R.* Nhà xuất bản tổng hợp Thành phố Hồ Chí Minh, trang 143-149.

ABSTRACT

R statistics in parameters testing problem

Pham Ngoc Anh
Hanoi University of Mining and Geology

R is a mature programming language oriented toward statistical computing and data analysis. R allows solving a large number of problems in statistical and graphical analysis. Furthermore, R runs on many operating systems: Windows, Linux, Mac OS,... The installer as well as installation and usage instructions are all free to download from R's CRAN homepage. Using R in research Data research and analysis is a trend and increasingly popular in many practical fields. In this report, I present the method of studying the overall signal using the statistical hypothesis testing method. Specifically, I solve the problem of testing the hypothesis about the average parameter of two populations using the section R software. I present the general theory of the testing problem, then introduce the processes and command packages used to perform the problem of testing the hypothesis about the average of two populations.

Keywords: R statistics; statistical hypothesis testing; overall average calculation.

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Một cách sáng tác bài toán Giải tích cho kỳ thi Olympic Toán sinh viên

Phạm Tuấn Cường*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Olympic toán Giải tích sinh viên là cuộc thi học thuật thường niên được tổ chức bởi Hội toán học Việt Nam, Bộ Giáo dục và Đào tạo dành cho sinh viên yêu toán trong cả nước. Cuộc thi góp phần quan trọng trong việc thúc đẩy phong trào dạy và học toán trong các trường Đại học và Cao đẳng. Tuy nhiên để sinh viên các trường không chuyên về toán có thể tiếp cận được với các bài tập trong đề thi Olympic là chuyện không hề dễ dàng nếu không có sự phân tích giảng dạy của các giảng viên có kinh nghiệm thực tế ôn luyện đội tuyển. Báo cáo trình bày cách sáng tác bài toán Giải tích trong các kì thi Olympic toán toàn quốc nhằm giúp sinh viên không những nắm bắt được phương pháp giải mà còn giúp sinh viên rèn luyện được phương pháp suy nghĩ logic và tư duy sáng tạo trong các dạng bài toán giải tích mở rộng và tổng quát.

Từ khóa: Bài toán Giải tích; Đạo hàm; Vi phân; Tích phân.

1. Mở đầu

Trong báo cáo này chúng tôi giới thiệu những định lý giá trị trung bình cho lớp các hàm khả vi, gồm các định lý quen thuộc và một số định lý mới được phát triển trong thời gian gần đây và một số bài toán liên quan đến tích phân. Từ đó chúng tôi đưa ra một vài cách phát triển mở rộng ra bài toán mới, trong đó đặc biệt quan tâm tới dạng bài tập nâng cao dành cho đối tượng dự thi Olympic toán quốc gia.

2. Các định lý cơ bản với lớp hàm khả vi

2.1. Định lý Fermat

Giả sử hàm $f:[a,b]\to R$ liên tục trên đoạn [a,b], đạt cực trị tại điểm $x_0\in(a,b)$ và khả vi tại điểm x_0 khi đó $f'(x_0)=0$ (Vũ Tiến Việt, 2021).

2.2. Định lý Rolle

Giả sử hàm $f:[a,b]\to R$ iên tục trên đoạn [a,b], khả vi trong khoảng (a,b) và có $f(a)=f(b)$ khi đó tồn tại $c\in(a,b)$ sao cho $f'(c)=0$ (Vũ Tiến Việt, 2021).

2.3. Định lý Lagrange

Giả sử hàm $f:[a,b]\to R$ liên tục trên đoạn [a,b], khả vi trong khoảng (a,b) khi đó tồn tại $c\in(a,b)$ sao cho $f'(c)=\dfrac{f(b)-f(a)}{b-a}$ (Hội Toán học Việt Nam).

2.4. Định lý Cauchy

Giả sử hàm $f,g:[a,b]\to R$ liên tục trên đoạn [a,b], khả vi trong khoảng (a,b) đồng thời $g'(x)\neq 0,\forall x\in(a,b)$. Khi đó tồn tại $c\in(a,b)$ sao cho $\dfrac{f'(c)}{g'(c)}=\dfrac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)}$ (Nguyễn Văn Mậu, Lê Ngọc Lăng, Phạm Thế Long, Nguyễn Minh Tuấn, 2006).

2.5. Định lý Meyer

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamtuancuong@humg.edu.vn

Cho hàm $f:[a,b]\to R$ liên tục và khả vi trên [a,b], thỏa mãn điều kiện $f'(a)=f'(b)$ khi đó tồn tại $c\in(a,b)$ sao cho $f'(c)=\dfrac{f(b)-f(c)}{b-c}$ (Vũ Tiến Việt, 2017).

3. Áp dụng định lý trên giải và mở rộng cho một số đề thi Olympic toán sinh viên.

3.1. Cho hàm f khả vi trên $[0,1]$ và thoả mãn điều kiện $f(0)=0, f(1)=1$. Chứng minh rằng với $\alpha,\beta>0$ tồn tại các số $c_1,c_2\in(0,1), c_1\neq c_2$ sao cho $\dfrac{\alpha}{f'(c_1)}+\dfrac{\beta}{f'(c_2)}=\alpha+\beta$.

Lời giải. Xét hàm $g(x)=f(x)-\dfrac{\alpha}{\alpha+\beta}$.

Dễ thấy $g(0)=-\dfrac{\alpha}{\alpha+\beta}<0,\ g(1)=\dfrac{\beta}{\alpha+\beta}>0.$

Suy ra tồn tại số $c\in(0,1)$ để $g(c)=0$, tức $f(c)=\dfrac{\alpha}{\alpha+\beta}$.

Dùng định lý Lagrange cho hàm f trên $(0,c)$ thì tồn tại $c_1\in(0,c)$ sao cho $f'(c_1)=\dfrac{f(c)-f(0)}{c-0}+\dfrac{\beta}{f'(c_2)}=\dfrac{\alpha}{(\alpha+\beta)c}$.

Dùng định lý Lagrange cho hàm f trên $(c,1)$ thì tồn tại $c_2\in(c,1)$ sao cho $f'(c_2)=\dfrac{f(1)-f(c)}{1-c}+\dfrac{\beta}{f'(c_2)}=\dfrac{\beta}{(\alpha+\beta)(1-c)}$.

Từ đó ta có $\dfrac{\alpha}{f'(c_1)}=(\alpha+\beta)c,\ \dfrac{\beta}{f'(c_2)}=(\alpha+\beta)(1-c).$

Từ đó dễ thấy $c_1,c_2\in(0,1), c_1\neq c_2$ và thoả mãn điều phải chứng minh $\dfrac{\alpha}{f'(c_1)}+\dfrac{\beta}{f'(c_2)}=(\alpha+\beta).$

+ Lấy $\beta=1-\alpha$ ta sẽ có bài thi OLP-2008 tại Nha Trang. (OLP-2008, Nha Trang). Cho hàm f liên tục trên $[0,1]$, khả vi trong $(0,1)$ và thoả mãn $f(0)=0, f(1)=1.$ Chứng minh rằng với $\alpha\in(0,1)$ tồn tại các số $x_1,x_2\in(0,1), x_1\neq x_2$ sao cho $\dfrac{\alpha}{f'(x_1)}+\dfrac{1-\alpha}{f'(x_2)}=1.$

Có thể mở rộng bài toán trên thành bài toán tổng quát như sau:

+ Cho hàm f khả vi trong $(0,1)$ và thoả mãn $f(0)=0, f(1)=1.$ Chứng minh rằng với các số dương $\alpha_1,\alpha_2,\alpha_3...\alpha_k$ cho trước, tồn tại các điểm phân biệt $x_1,x_2,...x_k\in[0,1]$ sao cho $\sum_{k=1}^{n}\dfrac{\alpha_k}{f'(x_k)}=\sum_{k=1}^{n}\alpha_k.$

+ Cho hàm f liên tục trên $[0,1]$, khả vi trong $(0,1)$ và thoả mãn $f(0)=0, f(1)=1.$ Chứng minh rằng với mỗi $n\in N$ tồn tại các điểm phân biệt $x_1,x_2,...x_k\in[0,1]$ sao cho $\dfrac{1}{f'(x_1)}+\dfrac{1}{f'(x_2)}+...+\dfrac{1}{f'(x_n)}=n.$

3.2. Cho hàm f liên tục trên $[a,b]$ khả vi trong (a,b). Chứng minh rằng tồn tại $\alpha,\beta,\gamma\in(a,b)$ sao cho

$$f'(\alpha)=\frac{a+b}{4}\frac{f'(\beta)}{\beta}+\frac{a^2+ab+b^2}{6}\frac{f'(\gamma)}{\gamma^2}.$$

Lời giải. Theo định lý Lagrange với hàm $f(x)$ trên [a,b] thì tồn tại $\alpha\in(a,b)$ sao cho $f'(\alpha)=\dfrac{f(b)-f(a)}{b-a}$.

Dùng định lý Cauchy cho $f(x)$ và $g(x)=x^2$ trên [a,b] thì tồn tại $\beta\in(a,b)$ sao cho

$\dfrac{f'(\beta)}{g'(\beta)}=\dfrac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)}$ hay $\dfrac{f'(\beta)}{2\beta}=\dfrac{f(b)-f(a)}{b^2-a^2}$ nên suy ra $f'(\alpha)=\dfrac{a+b}{2}\dfrac{f'(\beta)}{\beta}$.

Dùng định lý Cauchy cho $f(x)$ và $h(x)=x^3$ trên [a,b] thì tồn tại $\gamma\in(a,b)$ sao cho

$\frac{f'(\gamma)}{h'(\gamma)} = \frac{f(\mathrm{b}) - f(\mathrm{a})}{h(b) - h(a)}$ hay $\frac{f'(\gamma)}{3\gamma^2} = \frac{f(\mathrm{b}) - f(\mathrm{a})}{b^3 - a^3}$ nên suy ra $f'(\alpha) = \frac{a^2 + ab + b^2}{3}\frac{f'(\gamma)}{\gamma^2}$.

Từ đó ta thu được điều cần phải chứng minh.

+ Lấy $[a, \mathrm{b}] \equiv [0,1]$ ta sẽ thu được bài toán của kỳ thi OLP-2015 tại Huế.

(OLP-2015, Huế) Cho hàm số $f : [0,1] \to \mathrm{R}$ là một hàm khả vi liên tục. Chứng minh rằng tồn tại $\mathrm{x}_1, \mathrm{x}_2, \mathrm{x}_3 \in (0,1)$ sao cho $f'(\mathrm{x}_3) = \frac{f'(\mathrm{x}_1)}{4\mathrm{x}_1} + \frac{f'(\mathrm{x}_2)}{\mathrm{x}_2^{\,2}}$.

3.3. Cho hàm $f : [0,1] \to \mathrm{R}$ liên tục và thoả mãn điều kiện $\int_0^1 f(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} = \int_0^1 xf(\mathrm{x})\,\mathrm{dx}$.

a) Chứng minh rằng tồn tại điểm $\alpha \in (0,1)$ sao cho $\int_0^{\alpha} f(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} = 0$. Từ đó suy ra với mỗi số thực $a \in R$ tồn tại $c \in (0,1)$ sao cho $f(\mathrm{c}) = \mathrm{a}\int_0^{c} f(\mathrm{x})\,\mathrm{dx}$.

b) Chứng minh rằng với mỗi số thực $a \in R$ tồn tại $c \in (0,1)$ sao cho $cf(\mathrm{c}) + \mathrm{a}\int_0^{c} f(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} = 0$.

Lời giải:

a) Xét hàm $g(\mathrm{t}) = t\int_0^{t} f(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} - \int_0^{t} xf(\mathrm{x})\,\mathrm{dx},\ t \in [0,1]$.

Ta có $g(0) = \mathrm{g}(1) = 0$ và $g'(t) = \int_0^{t} f(x)dx$.

Theo định lý Rolle tồn tại $\alpha \in (0,1)$ sao cho $g'(\alpha) = 0$ hay $\int_0^{\alpha} f(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} = 0$. Lại xét hàm $\mathrm{h}(\mathrm{t}) = e^{-at}\int_0^{t} f(\mathrm{x})\,\mathrm{dx},\ t \in [0,1]$.

Ta có $\mathrm{h}(0) = h(\alpha) = 0$ và $\mathrm{h}'(\mathrm{t}) = e^{-at}\left[f(\mathrm{t}) - a\int_0^{t} f(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} \right]$.

Theo định lý Rolle tồn tại $c \in (0,\alpha) \subset (0,1)$ sao cho $\mathrm{h}'(\mathrm{c}) = 0$ hay $f(\mathrm{c}) = \mathrm{a}\int_0^{c} f(\mathrm{x})\,\mathrm{dx}$. b) Xét hàm số $F(\mathrm{x}) = \int_0^{x} f(\mathrm{t})\,\mathrm{dt},\ x \in [0,1]$. Ta có $\mathrm{F}(0) = 0$ và $\mathrm{F}'(\mathrm{x}) = f(\mathrm{x})$ và

$$F(1) = \int_0^1 f(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} = \int_0^1 xf(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} = \int_0^1 xF'(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} = xF(\mathrm{x})\big|_0^1 - \int_0^1 F(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} = F(1) - \int_0^1 F(\mathrm{x})\,\mathrm{dx}$$

Do đó $\int_0^1 \mathrm{F}(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} = 0.(*)$

Hàm số $F(\mathrm{x})$ liên tục trên [0,1]. Ta nhận thấy $F(\mathrm{x}) > 0, \forall\, \mathrm{x} \in (0,1)$ thì $\int_0^1 \mathrm{F}(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} > 0$, nếu $F(\mathrm{x}) < 0, \forall\, \mathrm{x} \in (0,1)$ thì $\int_0^1 \mathrm{F}(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} < 0$, đều trái với (*).

Do đó phải tồn tại điểm $b \in (0,1)$ để $F(\mathrm{b}) = 0$.

Lại xét hàm số $g(\mathrm{x}) = \mathrm{x}^{\alpha} F(\mathrm{x})$. Ta có $g'(\mathrm{x}) = \alpha x^{\alpha-1} F(\mathrm{x}) + \mathrm{x}^{\alpha} f(\mathrm{x})$ và $g(0) = \mathrm{g}(\mathrm{b}) = 0$. Theo định lý Rolle tồn tại $c \in (0,\mathrm{b}) \subset (0,1)$ sao cho $\mathrm{g}'(\mathrm{c}) = 0$. Từ đó $\mathrm{ac}^{\alpha-1}\int_0^{c} f(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} + c^{a} f(\mathrm{c}) = 0$ hay

$cf(c)+a\int_0^c f(x)dx=0.$

+ Chọn các giá trị a thích hợp ta sẽ được các bài thi Olympic.

3.4. Cho hàm $f:[0,1]\to\mathbf{R}$ ***liên tục và thoả mãn điều kiện*** $\int_0^1 f(x)\,dx=\int_0^1 xf(x)\,dx$. ***Chứng minh rằng mỗi số thực*** $a\in R$ ***tồn tại điểm*** $c\in(0,1)$ ***sao cho*** $f(c)=af'(c)\int_0^c f(x)\,dx.$

Lời giải: Xét hàm số $g(t)=e^{-af(t)}\int_0^t f(x)\,dx,\ t\in[0,1].$ Theo bài 3 tồn tại $\alpha\in(0,1)$ để $\int_0^\alpha f(x)\,dx=0.$

Ta có $g(0)=g(\alpha)=0$ và $g'(t)=e^{-af(t)}\left[f(t)+af'(t)\int_0^t f(x)\,dx\right].$

Theo định lý Rolle tồn tại $c\in(0,\alpha)\subset(0,1)$ sao cho $g'(c)=0.$

Từ đó ta có điều phải chứng minh $f(c)=af'(c)\int_0^c f(x)\,dx.$

+ Chọn a thích hợp sẽ được các bài thi Olympic. Chẳng hạn chọn a=2018 lài bài thi OLP-2018 (bảng A) tại Quảng Bình.

3.5. Cho hàm $f:[0,1]\to\mathbf{R}$ ***khả vi và thoả mãn điều kiện*** $\int_0^1 f(x)\,dx=\int_0^1 xf(x)\,dx=k.$

Chứng minh rằng tồn tại điểm $c\in(0,1)$ sao cho $f'(c)=6k.$

Lời giải: Xét hàm số $g(x)=6kx-2k.$ Dễ dàng thấy $\int_0^1 g(x)\,dx=\int_0^1 xg(x)\,dx=k.$

Suy ra $\int_0^1[f(x)-g(x)]\,dx=0.$ Hàm $h(x)=f(x)-g(x)$ liên tục trên [0,1] và có tích phân $\int_0^1 h(x)\,dx=0$ nên không thể xảy ra trường hợp $h(x)>0,\ \forall x\in(0,1)$ hoặc trường hợp $h(x)<0,\ \forall x\in(0,1).$

Như vậy phương trình $h(x)=0$ phải có ít nhất một nghiệm trong $(0,1).$

Giả sử rằng $h(x)=0$ chỉ có một nghiệm $x=a\in(0,1).$ Xảy ra hai khả năng sau:

i) Nếu $h(x)<0,\ \forall x\in(0,a),$ thì $h(x)>0,\ \forall x\in(a,1).$ Khi đó:

$$\int_0^1 xf(x)\,dx-k=\int_0^1 xf(x)\,dx-\int_0^1 xg(x)\,dx=\int_0^1 x[f(x)-g(x)]dx$$

$$=\int_0^1 xh(x)\,dx=\int_0^a xh(x)\,dx+\int_a^1 xh(x)\,dx>\int_0^a ah(x)\,dx+\int_a^1 ah(x)\,dx=a\left[\int_0^a h(x)\,dx+\int_a^1 h(x)\,dx\right]=a\int_0^1 h(x)\,dx=0.$$ Suy ra $\int_0^1 xf(x)\,dx>k,$ mâu thuẫn với giả thiết của đầu bài!

ii) Nếu $h(x)>0,\ \forall x\in(0,a),$ thì $h(x)<0,\ \forall x\in(a,1).$ Khi đó

$$\int_0^1 xf(x)\,dx-k=\int_0^1 xf(x)\,dx-\int_0^1 xg(x)\,dx=\int_0^1 x[f(x)-g(x)]dx$$

$$=\int_0^1 xh(x)\,dx=\int_0^a xh(x)\,dx+\int_a^1 xh(x)\,dx<\int_0^a ah(x)\,dx+\int_a^1 ah(x)\,dx$$

$$=a\left[\int_0^a h(x)\,dx+\int_a^1 h(x)\,dx\right]=a\int_0^1 h(x)\,dx=0.$$ Suy ra $\int_0^1 xf(x)\,dx<k,$ mâu thuẫn với giả thiết của đầu bài!

Như vậy phương trình $h(x)=0$ phải có ít nhất hai nghiệm trong $(0,1).$ Giả sử rằng $h(x)=0$ chỉ có hai nghiệm $a,b\in(0,1)$ $a<b$. Theo định lý Lagrange tồn tại $c\in(a,b)\subset(0,1)$ sao cho

$f'(c) = \dfrac{f(\mathrm{b}) - f(\mathrm{a})}{b-a} = \dfrac{\mathrm{g}(\mathrm{b}) - g(\mathrm{a})}{b-a} = 6k.$

+ Chọn k thích hợp sẽ được các bài thi Olympic. Chẳng hạn chọn k=1 là bài thi OLP-2010 tại Huế.

3.6. Cho hàm $f:[0,1]\to\mathbf{R}$ ***khả tích với*** $\int_0^1 f(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} = \int_0^1 xf(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} = \mathrm{k}$. ***Chứng minh rằng*** $\int_0^1 [f(\mathrm{x})]^2\,\mathrm{dx} \geq 4k^2$.

Lời giải: Xét hàm số $\mathrm{g}(\mathrm{x}) = 6kx - 2k$. Ta có $\int_0^1 [f(\mathrm{x}) - g(\mathrm{x})]^2\,\mathrm{dx} \geq 0$. Mặt khác

$$\int_0^1 [f(\mathrm{x}) - g(\mathrm{x})]^2\,\mathrm{dx} = \int_0^1 [f(\mathrm{x})]^2\,\mathrm{dx} - 2\int_0^1 f(\mathrm{x})g(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} + \int_0^1 [\mathrm{g}(\mathrm{x})]^2\,\mathrm{dx}$$

$$= \int_0^1 [f(\mathrm{x})]^2\,\mathrm{dx} - 2\int_0^1 f(\mathrm{x})[6\mathrm{kx}\text{-}2\mathrm{k}]\,\mathrm{dx} + \int_0^1 [6kx - 2k]^2\,\mathrm{dx}$$

$$= \int_0^1 [f(\mathrm{x})]^2\,\mathrm{dx} - 12k\int_0^1 xf(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} + 4k\int_0^1 f(\mathrm{x})\,\mathrm{dx} + \int_0^1 (36\mathrm{k}^2\mathrm{x}^2 - 24\mathrm{k}^2\mathrm{x} + 4\mathrm{k}^2)\,\mathrm{dx} = \int_0^1 [f(\mathrm{x})]^2\,\mathrm{dx} - 4\mathrm{k}^2.$$

Như vậy ta có $\int_0^1 [f(\mathrm{x})]^2\,\mathrm{dx} \geq 4k^2$.

+ Chọn k thích hợp sẽ được các bài thi Olympic. Chẳng hạn chọn k=1 là bài thi OLP-2004 của Kiev.

4. Kết luận

Báo cáo này cung cấp một số dạng toán từ các kì thi học sinh giỏi toán quốc gia, Olympic Toán các trường đại học và Olympic toán sinh viên toàn quốc những năm gần đây. Để giải quyết các dạng toán này cần đến các kiến thức bổ trợ: sự liên tục, đạo hàm, tích phân, đơn ánh, toàn ánh và song ánh,… Hy vọng nội dung của báo cáo sẽ giúp các thầy, cô giáo cùng với các bạn sinh viên đang giảng dạy và học tập có thêm nguồn tài liệu hữu ích, bổ sung thêm phương pháp mới để tiếp cận vấn đề, nhằm nâng cao khả năng tiếp thu bài giảng hướng tới đạt thành tích cao trong các kì thi .

Tài liệu tham khảo

Hội Toán học Việt Nam. *Tuyển tập và Kỷ yếu thi Olympic Toán sinh viên từ năm 1993 đến nay.*

Nguyễn Văn Mậu, Lê Ngọc Lăng, Phạm Thế Long, Nguyễn Minh Tuấn, 2006. *Tuyển tập Olympic Toán sinh viên toàn quốc 1993 - 2005.* Hà Nội.

Vũ Tiến Việt, 2017. *Tài liệu ôn tập Olympic Toán sinh viên.* Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội.

Vũ Tiến Việt (chủ biên), Phan Thế Hải, 2021. *Một số chuyên đề ôn tập thi Olympic Toán sinh viên - Phần 2. Giải tích.* Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội.

ABSTRACT

A way to compose Calculus problems for National Student Mathematics Olympiad

Pham Tuan Cuong

Hanoi University of Mining and Geology

Student Calculus Math Olympiad is an annual academic competition organized by the Vietnam Mathematical Association and the Ministry of Education and Training for students who love math throughout the country. The contest makes an important contribution to promoting the movement of teaching and learning mathematics in universities and colleges. However, it is not easy for students of non-math schools to be able to access the exercises in the Olympic exam without the teaching analysis of instructors with practical experience in team training recruitment. In this paper, we present a way to compose Calculus problems in the national math Olympiads to help students not only grasp the solution method but also help them practice logical thinking and Creative thinking in general

Keywords: Calculus problem, Derivative, Differential, Integral.

Tính toán dao động của ô tô có chứa đạo hàm cấp ba sử dụng phương pháp Newmark

Bùi Thị Thúy*
* *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Dao động của ô tô sinh ra trong quá trình chuyển động ảnh hưởng đến đường, bản thân xe và người ngồi trên xe. Báo cáo nghiên cứu phương trình vi phân dao động có chứa đạo hàm cấp ba của ô tô sử dụng phương pháp Newmark (Newmark,1959). Trong báo cáo, phương trình vi phân dao động được thiết lập và nghiệm số được xác định. Sau đó, khảo sát dao động của ô tô dưới tác động của lực kích động điều hòa.

Từ khóa: đạo hàm cấp ba; dao động ô tô; phương pháp Newmark

1. Mở đầu

Ô tô là một trong các phương tiện vận tải có vai trò rất quan trọng trong tất cả các lĩnh vực kinh tế và đời sống. Dao động ô tô không những ảnh hưởng tới con người (lái xe và hành khách), hàng hóa chuyên chở, độ bền, độ an toàn chuyển động của ô tô mà còn ảnh hưởng đến tuổi thọ của đường. Đặc biệt trong quá trình chuyển động, khi ô tô dao động làm phát sinh tải trọng động rất lớn tác động lên hệ thống khung vỏ của ô tô, các chi tiết, cơ cấu tổng thành… ảnh hưởng đến độ bền và tuổi thọ của chúng (Hồ Quốc Khánh, 2019; M . Géradin and D. Rixen, 1994; Nguyễn Văn Khang, 2023). Do đó, việc nghiên cứu dao động của ô tô là cần thiết và hữu ích. Một trong những công việc quan trọng của nghiên cứu dao động ô tô là thiết lập và giải phương trình vi phân để xác định các thông số dao động.

Báo cáo gồm 5 phần. Phần 2 trình bày phương pháp Newmark cho phương trình vi phân cấp ba. Dựa trên định luật II Newton và phương pháp Newmark, phương trình vi phân chuyển động của ô tô được thiết lập và nghiệm số được xác định trong phần 3. Phần 4 trình bày ví dụ số và đồ thị dao động của ô tô dưới tác dụng của lực kích động điều hòa. Phần 5 bao gồm các kết luận chính của báo cáo.

2. Phương pháp Newmark giải phương trình vi phân cấp 3

Ta xây dựng phương pháp giải hệ phương trình vi phân cấp ba dựa trên phương pháp Newmark đã có giải hệ phương trình vi phân cấp hai (N.M. Newmark, 1959; Bùi Thị Thuý, 2017; Đinh Văn Phong, 2006). Trong đó véc tơ trạng thái của hệ ở thời điểm $t_{n+1} = t_n + h$ được suy ra từ véc tơ trạng thái đã biết ở thời điểm t_n qua các khai triển Taylor của dịch chuyển, vận tốc và gia tốc.

Sử dụng khai triển Taylor đối với độ dịch chuyển, vận tốc và gia tốc tại thời điểm t_{n+1} ta có các công thức:

$$\dddot{x}_{n+1} = \dddot{x}_n + (1-\alpha) h \ddot{x}_n + \alpha h \ddot{x}_{n+1} \tag{1}$$

$$\dot{x}_{n+1} = \dot{x}_n + h \ddot{x}_n + \left(\frac{1}{2} - \gamma\right) h^2 \dddot{x}_n + \gamma h^2 \ddot{x}_{n+1} \tag{2}$$

$$x_{n+1} = x_n + h \dot{x}_n + \frac{h^2}{2} \ddot{x}_n + \left(\frac{1}{6} - \beta\right) h^3 \dddot{x}_n + \beta h^3 \ddot{x}_{n+1} \tag{3}$$

Với α, β, γ là các tham số liên quan đến sơ đồ cầu phương.

Giả sử ta có phương trình dao động tuyến tính của vật có dạng

$$a_1 \dddot{x} + a_2 \ddot{x} + a_3 \dot{x} + a_4 x = f(t)$$

Trong đó a_1, a_2, a_3, a_4 là các hằng số. Áp dụng các công thức (1-3) vào phương trình trên tại thời

* *Tác giả liên hệ*
Email: buithithuy@humg.edu.vn

điểm t_{n+1} ta tính được $\dddot{x}_{n+1}$

$$\left[a_1+\alpha h a_2+\gamma h^2 a_3+\beta h^3 a_4\right]\ddot{x}_{n+1}=f_{n+1}-a_2\left[\ddot{x}_n+(1-\alpha)h\dddot{x}_n\right]-a_3\left[\dot{x}_n+h\ddot{x}_n+\left(\frac{1}{2}-\gamma\right)h^2\dddot{x}_n\right]$$
$$-a_4\left[x_n+h\dot{x}_n+\frac{h^2}{2}\ddot{x}_n+\left(\frac{1}{6}-\beta\right)h^3\dddot{x}_n\right] \quad (4)$$

Giải phương trình (4) ta được $\dddot{x}_{n+1}$. Sử dụng các công thức Newmark (1) - (3) ta nhận được giá trị của gia tốc, vận tốc và độ dịch chuyển $\ddot{x}_{n+1}$, $\dot{x}_{n+1}$ và x_{n+1}.

Xác định điều kiện ban đầu của $\dddot{x}(t_0)$ từ điều kiện ban đầu của $x(t_0)$, $\dot{x}(t_0)$ và $\ddot{x}(t_0)$ đã cho:

$$\dddot{x}(t_0)=\frac{1}{a_1}\left[f(t_0)-a_2\ddot{x}(t_0)-a_3\dot{x}(t_0)-a_4 x(t_0)\right] \quad (5)$$

3. Tính toán dao động của ô tô có chứa đạo hàm cấp ba sử dụng phương pháp Newmark

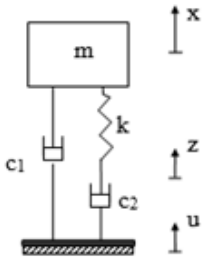
3.1. Thiết lập phương trình vi phân dao động của ô tô

Gọi *x* và *u* là dịch chuyển của vật và bánh xe. Giả thiết độ cứng của lót trục có thể được biểu diễn bằng một lò xo tương đương với độ cứng *k* với độ dịch chuyển được ký hiệu là *z*.

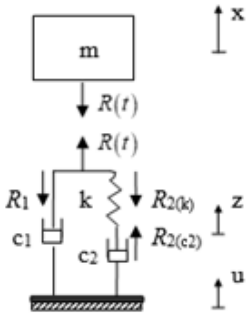
Ta có định luật 2 Newton:

$$m\ddot{x}=-R(t), \quad (6)$$

Trong đó *m* là khối lượng của vật, $x(t)$ là độ dịch chuyển, $R(t)$ là nội lực sinh ra bên trong vật thể đàn nhớt.



Hình 1. Mô hình ô tô cấp nguyên.



Hình 2. Phân tích lực.

Giá trị lực $R(t)$ bằng tổng giá trị lực R_1 tác dụng lên giảm chấn c_1 và lực R_2 tác dụng lên lò xo *k* hay giảm chấn c_2:

$$R(t)=R_1+R_2, \quad (7)$$

$$R_2=R_{2(k)}=R_{2(c_2)}, \quad (8)$$

Trong đó:

$$R_1=c_1(\dot{x}-\dot{u}), \qquad R_{2(k)}=k(x-z), \qquad R_{2(c)}=c_2(\dot{z}-\dot{u}), \quad (9)$$

$$\Rightarrow R(t)=R_1+R_2=R_1+R_{2(k)}=c_1(\dot{x}-\dot{u})+k(x-z), \quad (10)$$

Từ phương trình (8) và (9) ta có: $k(x-z)=c_2(\dot{z}-\dot{u})$ (11)

Thay (10) vào (1) ta có phương trình chuyển động:

$$m\ddot{x}=-c_1(\dot{x}-\dot{u})-k(x-z), \quad (12)$$

Rút *z* từ phương trình trên:

$$z=\frac{m\ddot{x}+c_1(\dot{x}-\dot{u})}{k}+x=\frac{m\ddot{x}+c_1\dot{x}+kx-c_1\dot{u}}{k}, \quad (13)$$

Từ phương trình (13) và (11) ta được phương trình vi phân:

$$k\left(x-z\right)=c_2\left(\dot{z}-\dot{u}\right),$$

$$\Leftrightarrow -m\ddot{x}-c_1\dot{x}+c_1\dot{u}=c_2\left(\frac{m\ddot{x}+c_1\ddot{x}+k\dot{x}-c_1\ddot{u}}{k}\right)-c_2\dot{u},$$

$$\Leftrightarrow \frac{c_2}{k}m\ddot{x}+m\ddot{x}+\frac{c_1c_2}{k}\ddot{x}+\left(c_1+c_2\right)\dot{x}=\frac{c_1c_2}{k}\ddot{u}+\left(c_1+c_2\right)\dot{u},$$

$$\Leftrightarrow \dddot{x}+\left(\frac{k}{c_2}+\frac{c_1}{m}\right)\ddot{x}+\frac{k\left(c_1+c_2\right)}{mc_2}\dot{x}=\frac{c_1}{m}\ddot{u}+\frac{k\left(c_1+c_2\right)}{mc_2}\dot{u}. \tag{14}$$

3.2. Phương pháp Newmark giải phương trình vi phân dao động

Ta có phương trình vi phân dao động cấp nguyên của ô tô:

$$\dddot{x}+\left(\frac{k}{c_2}+\frac{c_1}{m}\right)\ddot{x}+\frac{k\left(c_1+c_2\right)}{mc_2}\dot{x}=\frac{c_1}{m}\ddot{u}+\frac{k\left(c_1+c_2\right)}{mc_2}\dot{u}. \tag{15}$$

Áp dụng phương pháp Newmark đối với phương trình vi phân cấp 3 ở phần 2, ta giải phương trình vi phân dao động trên.

Tại thời điểm t_n phương trình chuyển động của hệ có dạng:

$$\dddot{x}\left(t_n\right)+\left(\frac{k}{c_2}+\frac{c_1}{m}\right)\ddot{x}\left(t_n\right)+\frac{k\left(c_1+c_2\right)}{mc_2}\dot{x}\left(t_n\right)=\frac{c_1}{m}\ddot{u}\left(t_n\right)+\frac{k\left(c_1+c_2\right)}{mc_2}\dot{u}\left(t_n\right). \tag{16}$$

Với $x\left(t_n\right),\dot{x}\left(t_n\right)$ và $\ddot{x}\left(t_n\right)$ lần lượt là độ dịch chuyển, vận tốc và gia tốc tại thời điểm t_n.

Từ phương trình (1), (2) và (3), ta có các xấp xỉ Newmark của $\dot{x}_n,\ddot{x}_n,\dddot{x}_n$ như sau:

$$\dot{x}_n=\frac{\gamma}{\beta h}\left(x_n-x_{n-1}\right)+\left(1-\frac{\gamma}{\beta}\right)\dot{x}_{n-1}+\left(1-\frac{\gamma}{2\beta}\right)h\ddot{x}_{n-1}+\left(\frac{1}{2}-\frac{\gamma}{6\beta}\right)h^2\dddot{x}_{n-1}, \tag{17}$$

$$\ddot{x}_n=\frac{\alpha}{\beta h^2}\left(x_n-x_{n-1}\right)-\frac{\alpha}{\beta h}\dot{x}_{n-1}+\left(1-\frac{\alpha}{2\beta}\right)\ddot{x}_{n-1}+\left(1-\frac{\alpha}{6\beta}\right)h\dddot{x}_{n-1}, \tag{18}$$

$$\dddot{x}_n=\frac{1}{\beta h^3}\left(x_n-x_{n-1}\right)-\frac{1}{\beta h^2}\dot{x}_{n-1}-\frac{1}{2\beta h}\ddot{x}_{n-1}-\left(\frac{1}{6\beta}-1\right)\dddot{x}_{n-1}, \tag{19}$$

Thay các phương trình (11), (12), (13) vào phương trình (10):

$$\begin{aligned}&\frac{1}{\beta h^3}\left(x_n-x_{n-1}\right)-\frac{1}{\beta h^2}\dot{x}_{n-1}-\frac{1}{2\beta h}\ddot{x}_{n-1}-\left(\frac{1}{6\beta}-1\right)\dddot{x}_{n-1}+\left(\frac{k}{c_2}+\frac{c_1}{m}\right)\left[\frac{\alpha}{\beta h^2}\left(x_n-x_{n-1}\right)-\frac{\alpha}{\beta h}\dot{x}_{n-1}+\left(1-\frac{\alpha}{2\beta}\right)\ddot{x}_{n-1}\right.\\&\left.+\left(1-\frac{\alpha}{6\beta}\right)h\dddot{x}_{n-1}\right]+\frac{k\left(c_1+c_2\right)}{mc_2}\left[\frac{\gamma}{\beta h}\left(x_n-x_{n-1}\right)+\left(1-\frac{\gamma}{\beta}\right)\dot{x}_{n-1}+\left(1-\frac{\gamma}{2\beta}\right)h\ddot{x}_{n-1}+\left(\frac{1}{2}-\frac{\gamma}{6\beta}\right)h^2\dddot{x}_{n-1}\right]\\&=\frac{c_1}{m}\ddot{u}\left(t_n\right)+\frac{k\left(c_1+c_2\right)}{mc_2}\dot{u}\left(t_n\right)\end{aligned} \tag{20}$$

Ta tính toán vế trái của phương trình (20):

$$\begin{aligned}VT_{(20)}=&\left[\frac{1}{\beta h^3}+\left(\frac{k}{c_2}+\frac{c_1}{m}\right)\frac{\alpha}{\beta h^2}+\frac{k\left(c_1+c_2\right)}{mc_2}\frac{\gamma}{\beta h}\right]x_n-\left[\frac{1}{\beta h^3}x_{n-1}+\frac{1}{\beta h^2}\dot{x}_{n-1}+\frac{1}{2\beta h}\ddot{x}_{n-1}+\left(\frac{1}{6\beta}-1\right)\dddot{x}_{n-1}\right]\\&-\left(\frac{k}{c_2}+\frac{c_1}{m}\right)\left[\frac{\alpha}{\beta h^2}x_{n-1}+\frac{\alpha}{\beta h}\dot{x}_{n-1}+\left(\frac{\alpha}{2\beta}-1\right)\ddot{x}_{n-1}+\left(\frac{\alpha}{6\beta}-1\right)h\dddot{x}_{n-1}\right]\\&-\frac{k\left(c_1+c_2\right)}{mc_2}\left[\frac{\gamma}{\beta h}x_{n-1}+\left(\frac{\gamma}{\beta}-1\right)\dot{x}_{n-1}+\left(\frac{\gamma}{2\beta}-1\right)h\ddot{x}_{n-1}+\left(\frac{\gamma}{6\beta}-\frac{1}{2}\right)h^2\dddot{x}_{n-1}\right],\end{aligned} \tag{21}$$

Giả sử kích động mặt đường u được biểu diễn bởi hàm điều hòa

$$u=U\sin\left(\omega t+\varphi\right) \tag{22}$$

Với U,ω,φ là các hằng số.

Ta có đạo hàm cấp 1, cấp 2 của u

$$\dot{u} = U\omega\cos(\omega t + \varphi), \tag{23}$$

$$\ddot{u} = -U\omega^2 \sin(\omega t + \varphi), \tag{24}$$

Thay (23), (24) và (21) vào phương trình (20) ta được:

$$\begin{aligned}
&\left[\frac{1}{\beta h^3} + \left(\frac{k}{c_2} + \frac{c_1}{m}\right)\frac{\alpha}{\beta h^2} + \frac{k(c_1+c_2)}{mc_2}\frac{\gamma}{\beta h}\right]x_n \\
&= -\frac{c_1}{m}U\omega^2 \sin(\omega t_n + \varphi) + \frac{k(c_1+c_2)}{mc_2}U\omega\cos(\omega t_n + \varphi) + \left[\frac{1}{\beta h^3}x_{n-1} + \frac{1}{\beta h^2}\dot{x}_{n-1} + \frac{1}{2\beta h}\ddot{x}_{n-1}\right. \\
&\left. + \left(\frac{1}{6\beta} - 1\right)\dddot{x}_{n-1}\right] + \left(\frac{k}{c_2} + \frac{c_1}{m}\right)\left[\frac{\alpha}{\beta h^2}x_{n-1} + \frac{\alpha}{\beta h}\dot{x}_{n-1} + \left(\frac{\alpha}{2\beta} - 1\right)\ddot{x}_{n-1} + \left(\frac{\alpha}{6\beta} - 1\right)h\dddot{x}_{n-1}\right] \\
&+ \frac{k(c_1+c_2)}{mc_2}\left[\frac{\gamma}{\beta h}x_{n-1} + \left(\frac{\gamma}{\beta} - 1\right)\dot{x}_{n-1} + \left(\frac{\gamma}{2\beta} - 1\right)h\ddot{x}_{n-1} + \left(\frac{\gamma}{6\beta} - \frac{1}{2}\right)h^2\dddot{x}_{n-1}\right].
\end{aligned} \tag{25}$$

Như vậy ta đã tìm được nghiệm số x_n của phương trình vi phân dao động (16) theo các giá trị của $x_{n-1}, \dot{x}_{n-1}, \ddot{x}_{n-1}, \dddot{x}_{n-1}$ với $\dot{x}_{n-1}, \ddot{x}_{n-1}$ và $\dddot{x}_{n-1}$ được tính như sau:

$$\begin{cases}
\dddot{x}_n = \dfrac{1}{\beta h^3}(x_n - x_{n-1}) - \dfrac{1}{\beta h^2}\dot{x}_{n-1} - \dfrac{1}{2\beta h}\ddot{x}_{n-1} - \left(\dfrac{1}{6\beta} - 1\right)\dddot{x}_{n-1} \\
\ddot{x}_n = \ddot{x}_{n-1} + (1-\alpha)h\dddot{x}_{n-1} + \alpha h\dddot{x}_n \\
\dot{x}_n = \dot{x}_{n-1} + h\ddot{x}_{n-1} + \left(\dfrac{1}{2} - \gamma\right)h^2\dddot{x}_{n-1} + \gamma h^2\dddot{x}_n
\end{cases} \tag{26}$$

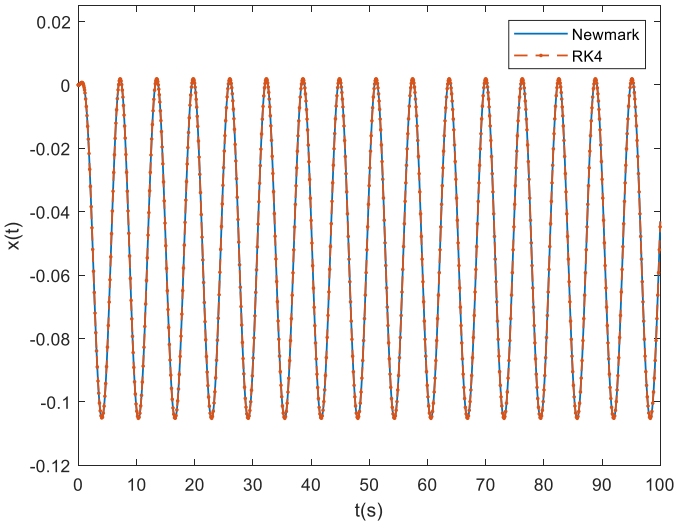
Giả thiết rằng điều kiện ban đầu của các công thức trên $x(0)$, $\dot{x}(0)$ và $\ddot{x}(0)$ đã cho.

4. Ví dụ số

Lấy các số liệu $m = 5000kg, k = 10000\,N/m, c_1 = 8000\,Ns/m, c_2 = 10000\,Ns/m$ với $h = 0.01, \alpha = 1/2,$ $\gamma = 1/4, \beta = 1/12$. Trong trường hợp $u = 0.05\sin\left(t + \dfrac{\pi}{3}\right)$, phương trình vi phân dao động có dạng:

$$\dddot{x} + 2.6\ddot{x} + 3.6\dot{x} = -0.08\sin\left(t + \frac{\pi}{3}\right) + 0.18\cos\left(t + \frac{\pi}{3}\right) \tag{27}$$

Với các điều kiện đầu $x(0) = 0, \dot{x}(0) = 0, \ddot{x}(0) = 0.01 \Rightarrow \quad \dddot{x}(0) = -0.0053$, đồ thị biên độ dao động được biểu diễn trong Hình 3.



Hình 3. Đồ thị biên độ dao động của ô tô.

5. Kết luận

Trong báo cáo này, tác giả đã nghiên cứu xây dựng chương trình tính toán số dựa trên phương pháp Newmark giải hệ phương trình vi phân cấp hai, tìm nghiệm của phương trình vi phân có chứa đạo hàm cấp ba. Sau đó sử dụng chương trình thiết lập được để tính toán dao động của ô tô. Kết quả thu được là đồ thị mô tả biên độ dao động của ô tô trên mặt đường mấp mô có dạng một hàm điều hòa.

Báo cáo cũng so sánh kết quả tính toán bằng phương pháp Newmark và phương pháp Runge-Kutta. Trong ví dụ, có sự thống nhất giữa các kết quả bằng phương pháp Newmark và phương pháp Runge-Kutta. Thuật toán tích phân số Newmark một bước được trình bày cho các hệ cấp ba là hiệu quả và phù hợp. Theo thuật toán này, một chương trình máy tính được phát triển bằng phần mềm Matlab.

Tài liệu tham khảo

Bùi Thị Thuý, 2017. *Dao động phi tuyến yếu của hệ cấp ba có đạo hàm cấp phân số*. Luận án tiến sỹ cơ học, Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn Lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Đinh Văn Phong, 2006. *Phương pháp số trong cơ học*. NXB Khoa học và kỹ thuật Hà Nội.

Hồ Quốc Khánh, 2019. *Nghiên cứu ứng dụng logic mờ trong điều khiển hệ thống treo cho ô tô*. Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Sư pham kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh.

M . Géradin, D. Rixen, 1994. *Mechanical Vibrations*. Wiley, Chichester.

Nguyễn Văn Khang, 2023. *Dao động kỹ thuật*. NXB Bách Khoa Hà Nội.

N.M. Newmark, 1959. A Method of Computation for structural Dynamics. *ASCE Journal of Engineering Mechanics Division*, Vol. 85, pp 67 – 94.

ABSTRACT

Calculating the vibration of a car containing the third derivative using the Newmark method

Bui Thi Thuy

Hanoi University of Mining and Geology

The car's vibrations generated during movement affect the road, the car itself and the people sitting in the car. In this paper, the vibrational differential equation containing the third order derivative of a car is researched by the Newmark method. The vibrational differential equation is established and the numerical solution is determined. Then, investigate the car's vibrations under the influence of harmonic excitation force.

Keywords: third order derivative; car vibration; Newmark method.

Mô phỏng động lực học robot song song Hexel

Trần Thị Trâm*
* *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Công nghệ Robot cơ cấu song song tạo cho các máy có thể thực hiện được các thao tác phức tạp, tự thích ứng giống như của con người một cách hoàn thiện. Tác giả đã bước đầu thực hiện mô phỏng động lực học Robot cơ cấu song song với việc: Giải bài toán ngược động học theo quỹ đạo chuyển động x cho trước của Robot trong không gian, xác định toạ độ suy rộng q. Với q đã biết, giải bài toán động lực học Robot, để tính lực suy rộng Q, từ đó xác định các thông số động cơ cần thiết cho việc điều khiển Robot. Một số Robot cơ cấu song song được mô phỏng với các thông số động học (kích thước, khối lượng,...) đã thông số hoá. Do đó, có thể thay đổi số liệu đầu vào một cách dễ dàng trong việc mô phỏng động lực học Robot với các công việc khác nhau. Công cụ dùng để mô phỏng là phần mềm alaska, kết quả tính toán là thông số cần thiết cho việc thiết kế và điều khiển Robot.

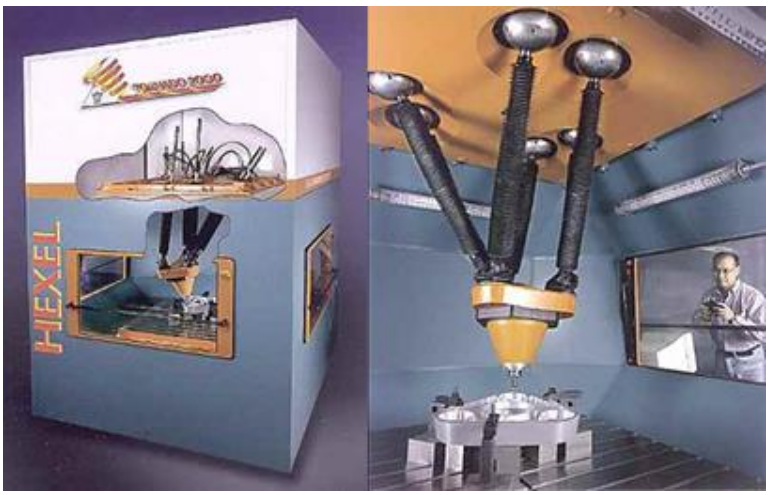
Từ khóa: Robot song song; Hexel; Mô phỏng động lực học.

1. Đặt vấn đề

1.1. Tình hình nghiên cứu robot trên thế giới

Việc nghiên cứu và ứng dụng Robot truyền thống (cơ cấu chuỗi) vào các ngành công nghiệp tại các nước công nghiệp tiên tiến đã được triển khai mạnh mẽ từ những năm 1980 và đã hình thành nền công nghiệp với một số công ty hàng đầu (FanucRobotics, Kuka, Motoman, Kawasaki Robotics,...) chuyên chế tạo hàng loạt các Robot công nghiệp. Việc sử dụng Rôbốt ngày càng phổ biến trong các dây chuyền tự động như sơn, hàn,… Robot trở thành mặt hàng thương phẩm. Các ứng dụng Robot đang có ngày càng lớn.

Trong các thập niên gần đây, sự chú ý tới việc ứng dụng của Robot cơ cấu song song đã được khởi động bởi Steward vào năm 1965, ông là người cho ra mắt một buồng mô phỏng tập lái máy bay dựa trên cơ cấu song song. Hiện nay cơ cấu song song được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực.



Hình 1. Hexel Tornado 2000.

* *Tác giả liên hệ*
Email: tranthitram@humg.edu.vn

1.2. Tình hình nghiên cứu robot ở Việt Nam

Ở Việt Nam việc áp dụng Robot còn ít, tuy nhiên đã có một số sản phẩm Robot đã được nghiên cứu và chế tạo mẫu như:

- Robot công nghiệp cho việc cấp phôi;
- Robot cấp than cho máy nghiền;
- Robot đóng chai dùng trong công nghiệp sản xuất dược phẩm, thuốc trừ sâu;
- Robot 6 bậc tự do dùng trong công nghệ bảo vệ bề mặt;
- Robot mini 4 bậc tự do dùng trong dân dụng, học tập và lắp ráp nhỏ.

Các sản phẩm này đã đưa vào ứng dụng nhưng vẫn là tình trạng đơn chiếc nên giá thành trên mỗi sản phẩm chưa thật cạnh tranh. Tại một số công ty liên doanh đã có Robot trong một số dây chuyền sản xuất hiện đại như việc lắp ráp, sản xuất xe máy, ôtô,… như hệ thống hàn tại Công ty Honda Việt Nam.

Một trong những nguyên nhân chính cho việc ít áp dụng kỹ thuật Robot ở Việt Nam là giá thành của robot nhập ngoại rất cao, trong khi giá thuê công nhân Việt Nam còn rất rẻ.

Tại Việt nam có thể ứng dụng Robot song song trong một số lĩnh vực:

- Ngành Vật lý: Giá đỡ kính hiển vi, giá đỡ thiết bị đo chính xác,...
- Ngành Cơ khí: máy gia công cơ khí chính xác, máy công cụ,...
- Ngành Bưu chính viễn thông: Giá đỡ ăngten vệ tinh địa tĩnh,...
- Ngành chế tạo Ôtô: Hệ thống thử tải lốp ôtô, buồng tập lái ôtô,...
- Ngành quân sự: Robot cơ cấu song song được dùng làm bệ đỡ ổn định được đặt trên tầu thuỷ, các công trình thuỷ, trên xe, trên máy bay, trên chiến xa và tầu ngầm,... để giữ cân bằng cho ăngten, camera theo dõi mục tiêu, cho rada, cho các thiết bị đo laser, bệ ổn định cho pháo và tên lửa, buồng tập lái máy bay, xe tăng, tầu chiến.

1.3. Ưu nhược điểm của Robot song song

- Ưu điểm:

Công nghệ Robot cơ cấu song song tạo cho các máy có thể thực hiện được các thao tác phức tạp, tự thích ứng giống như của con người một cách hoàn thiện. Thêm vào đó các cơ cấu song song không trực giao có nhiều chức năng hữu dụng trong các công việc sản xuất hiện đại.

Các Robot cơ cấu song song có nhiều ưu điểm như: có độ cứng cao, khối lượng nhỏ, gia tốc làm việc lớn hơn so với các Robot truyền thống hiện nay.

+ Khả năng về kích thước: Các cơ cấu song song có thể thiết kế ở các kích thước khác nhau. Tầm hoạt động của chúng rất rộng từ việc lắp ráp các chi tiết cực nhỏ hoặc sử dụng trong phẫu thuật tới các chuyển động 6 bậc tự do thực hiện các chức năng như: nghiền, cán, khoan, tiện, hàn, kiểm tra, lắp ráp ...

+ Tốc độ: Với việc giảm nhỏ khối lượng của các phần tham gia chuyển động làm cho Robot cơ cấu song song có thể đạt được gia tốc lớn và tốc độ làm việc lên tới 1 m/giây.

+ Giá thành: Giá thành của các Robot cơ cấu song song ứng dụng trong gia công cơ khí ít hơn so với các máy CNC có tính năng tương đương. Thêm vào đó Robot được lắp ráp dễ dàng và đơn giản, vì kích thước của các Robot cơ cấu song song rất dễ phù hợp với không gian làm việc thật sự.

+ Độ cứng: Các Robot cơ cấu song song luôn có độ cứng cao vì kết cấu hình học của chúng.

+ Khả năng về lắp đặt: Các Robot cơ cấu song song làm việc không cần bệ đỡ và có thể di chuyển tới mọi nơi trong môi trường sản xuất. Chúng có thể làm việc ngay cả khi trên thuyền và treo trên trần, tường,...

- Điểm yếu của Robot cơ cấu song song:

So với các Robot cơ cấu dạng chuỗi, các Robot cơ cấu song song có một vài yếu điểm, các điểm yếu này cần phải phân tích trước và cần được lưu ý khi thiết kế Robot cơ cấu song song:

+ Có thể tồn tại một số điểm kỳ dị (điểm chết) trong không gian làm việc của Robot cơ cấu song song làm cho Robot không hoạt động được.

+ Không gian làm việc bị giới hạn hơn so với các Robot dạng chuỗi.

+ Công suất tính toán của máy tính cần được nâng lên để điều khiển Robot cơ cấu song song.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Bài toán và cơ sở lý thuyết

2.1.1. Bài toán đặt ra

- Giải bài toán ngược động học theo quỹ đạo chuyển động thực của robot trong không gian.
- Giải bài toán động lực học robot từ đó xác định lực suy rộng để tính toán các thông số động cơ cho việc điều khiển.
- Mô phỏng chuyển động của Robot theo quỹ đạo cho trước.

2.1.2. Cơ sở lý thuyết về động lực học Robot (Vũ Liêm Chính, Phan Nguyên Di, Nguyễn Văn Khang, 2001)

Bài toán thuận động học.

Phương trình động học của Robot:

$$x = f(q) \quad (1)$$

Trong đó: x - quỹ đạo chuyển động của Robot trong không gian; q - toạ độ suy rộng của Robot.

Từ quỹ đạo chuyển động cho trước của Robot ta có hàm:

$$q = f^{-1}(x) \quad (2)$$

Từ phương trình (2) biết x sẽ xác định được dịch chuyển q, vận tốc $\dot{q}$, gia tốc $\ddot{q}$.

Bài toán động lực học Robot.

Bài toán động lực học Robot được mô tả theo phương trình Lagrange loại II:

$$g_{ab}\ddot{q}^b + \Gamma_{abc}\dot{q}^b\dot{q}^c = Q_a \quad (3)$$

Trong đó: q - Toạ độ suy rộng; Q_a - Lực suy rộng; g_{ab} - Ma trận khối lượng suy rộng; Γ_{abc} - Các lực Criolis và lực ly tâm suy rộng.

Từ bài toán động học theo phương trình (2) ta tìm được $\dot{q}$, $\ddot{q}$ thế vào phương trình (3) sẽ xác định được Q_a.

Từ giá trị Q_a tìm được để tính các thông số động cơ (chế độ điều khiển) cho robot.

2.1.3. Chương trình mô phỏng động lực học hệ nhiều vật Alaska

Alaska là phần mềm chuyên dùng để mô phỏng động lực học cơ hệ hệ nhiều vật (Multibody System) MBS.

2.1.4.Các kiểu bài toán giải được trong Alaska (Nguyễn Phùng Quang, 2007)

Chuyển động hệ nhiều vật được mô tả bằng các phương trình chuyển động phi tuyến. Trong một số trường hợp, để giải được bài toán động lực học chỉ cần tuyến tính hoá phương trình chuyển động là đủ. Điều đó có nghĩa là chỉ xét đến những dao động nhỏ quanh vị trí cân bằng tĩnh. alaska cung cấp cả hai kiểu tính toán tuyến tính và phi tuyến.

*2.1.5.Các phân tích phi tuyến (*Ahmed A. Shabana, 2020)

- Tạo ra các phương trình chuyển động phi tuyến.
- Giải các phương trình chuyển động phi tuyến theo tích phân số.

Giải bài toán động lực học ngược. Tức là tính toán các lực và mômen liên kết cần thiết để thực hiện chuyển động cho trước của MBS.

Tính vị trí cân bằng của hệ nhiều vật.

Giải bài toán điều kiện đầu động học.

Thực hiện các phân tích động lực học và động học cho hệ không bậc tự do.

Tính toán và đưa ra các kết quả theo yêu cầu của người dùng để nghiên cứu chuyển động của hệ thống, chẳng hạn như các lực liên kết, lực tác động lên lò xo và các phần tử giảm chấn, các toạ độ, vận tốc, gia tốc của các điểm, phép quay các hệ toạ độ, vận tốc góc.

Thực hiện phân tích tần số và tính các thông số thống kê của bất kỳ một kết quả nào được tính toán theo miền thời gian

2.1.6. Các phân tích tuyến tính (Lung-wen Tsai, 1999)

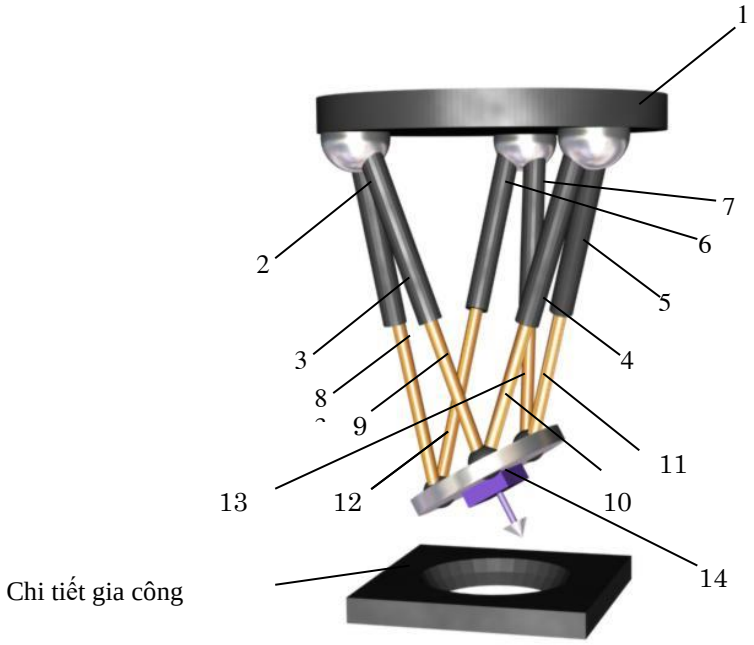
- Tạo ra các phương trình được tuyến tính hoá dạng số mô tả các chuyển động nhỏ quanh vị trí cân bằng tĩnh.
- Thực hiện phân tích giá trị riêng các phương trình tuyến tính hoá để xác định các tần số và dao động tự nhiên của MBS.
- Giải các phương trình tuyến tính hoá theo thời gian đối với các kích động ban đầu được cho trước.

2.2. Tính toán và mô phỏng động lực học robot song song Hexel

Xây dựng mô hình và tính toán cho một cấu trúc robot song song Hexel ứng dụng trong việc gia công khuân mẫu, với các thông số thực tế và công cụ sử dụng để tính toán là phần mềm Alaska.

Xây dựng mô hình.

Các vật 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 ta lấy kích thước chiều dài bằng 50 cm.

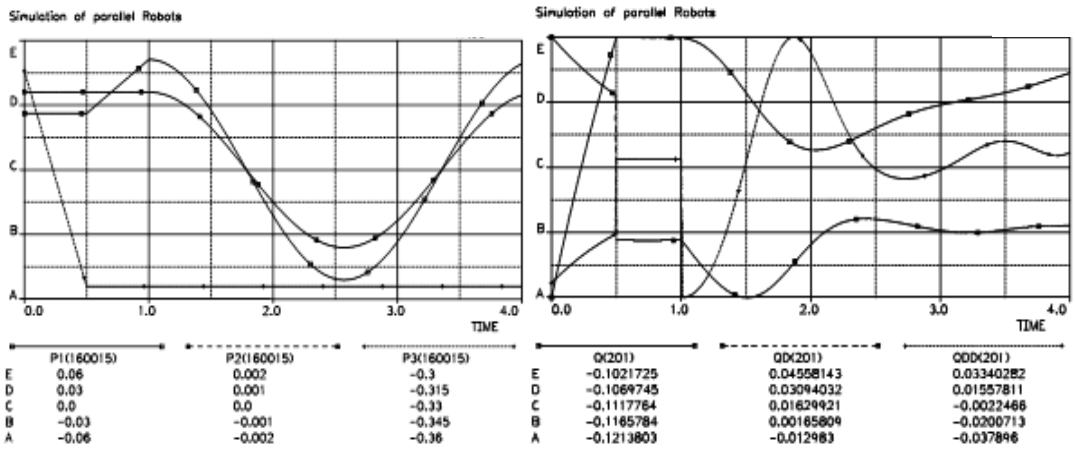


Hình 2.Mô hình robot song songHexel.

- Vật 1: giá đỡ, được gắn chặt hoặc trượt so với nền cố định.
- Vật 2, 3, 4, 5, 6, 7: Liên kết với giá bằng các khớp cầu.
- Vật 8, 9, 10, 11, 12, 13: Liên kết với các vật 2, 3, 4, 5, 6, 7 bằng khớp trượt.
- Vật 14: Chuyển động 6 bậc tự do so với giá đỡ, liên kết với các vật 8, 9, 10, 11, 12, 13 bằng khớp không liên kết. Khi gia công bàn dao được gắn trên vật, và điều khiển quỹ đạo sao cho gia công được chi tiết yêu cầu.

Các thông số về khối lượng, kích thước hình học đã được thông số hoá và dễ dàng có thể thay đổi cho phù hợp với mỗi loại cấu trúc, công việc khác nhau.

Quỹ đạo chuyển động:Ở phần này tôi mô phỏng chuyển động của robot trong không gian, quỹ đạo điển hình là việc gia công một phần của chi tiết khuân mẫu (Hình 2).



Hình 3. Quỹ đạo chuyển động của vật 14.

Hình 4. Dịch chuyển, vận tốc và gia tốc của vật 2 theo trục 1.

3. Kết quả và thảo luận

Dựa trên mô hình động học Robot song song Hexel xây dựng mô hình và mô phỏng bằng chương trình Alaska. Với một quỹ đạo chuyển động giả định trong không gian của Robot, đi giải bai toán cụ thể:

- Giải bài toán ngược động học xác định dịch chuyển, vận tốc, gia tốc của các khớp.

- Giải bài toán động lực học xác định được mo men quay cần thiết tại khớp, là những thông số cần thiết cho việc điều khiển động cơ.

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày cơ sở lý thuyết cho bài toán động lực học robot song song. Xây dựng mô hình và mô phỏng bằng chương trình Alaska cho robot song song Hexel.

Từ mô hình Robot, trong chương Alaska đã thông số hoá các dữ liệu (kích thước, khối lượng,...) do đó dễ dàng thay đổi thông số của robot ứng với mỗi trường hợp cụ thể trong quá trình tính toán, thiết kế.

Tài liệu tham khảo

Ahmed A. Shabana, 2020. *Dynamics of MultiBody Systems*. University of Illinois at Chicago.

Lung-wen Tsai, 1999. *Robot analysis- The Mechanics of Serial and Parallel Manipulators*. Department of Mechanical Engineering and Institute for System Research University of Maryland.

Nguyễn Phùng Quang, 2007. Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo bộ phát điện bằng sức gió có công suất 10-30kW phù hợp với điều kiện Việt Nam. *Báo cáo tổng kết đề tài cấp nhà nước*. Mã số KC 06.20CN.

Vũ Liêm Chính, Phan Nguyên Di, Nguyễn Văn Khang, 2001.*Giáo trình Động lực học máy*. NXB KHKT Hà Nội.

ABSTRACT

Robot dynamics simulation parallel Hexel

Tran Thi Tram
Hanoi University of Mining and Geology

Parallel structure robot technology enables machines to perform complex, self-adaptive operations perfectly like those of humans.Dynamic simulation of the parallel Robot is realized by author about: Solving the inverse kinetic problem with given motion trajectory x of Robots in working space to determine generalized coordinates q . Using the computed q to solve the problem of dynamic of Robots and find out generalized forces Q for computing the necessary parameters of the driving motors of Robots. Some models of the parallel Robot (Hexapod, hexaglide,...) was modeled with kinematic parameters(dimensions, mass, etc) which was parameterized. Hence, the input datas can be changed easily for the modelling of Robots in different tasks. Program alaska was used to computation and simulation. The computed results will be the parameters for design and control of Robots.

Keywords: Parallel robot; Hexel; Dynamic simulation.

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Ước lượng xác suất đuôi cho một lớp biến ngẫu nhiên khả vi Malliavin

Nguyễn Thu Hằng*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Trong báo cáo này, chúng tôi giới thiệu lại một phương pháp ước lượng xác suất đuôi cho biến ngẫu nhiên sử dụng công cụ của giải tích Malliavin và Bổ đề 2.2 (N.T. Dung, 2018). Sau đó, chúng tôi áp dụng để tìm ước lượng xác suất đuôi cho một lớp biến ngẫu nhiên là nghiệm của phương trình vi phân ngẫu nhiên cơ bản. Cuối cùng, chúng tôi minh họa rõ ràng hơn những kết quả thu được bằng một ví dụ cụ thể.

Từ khóa: Giải tích Malliavin; phân phối xác suất đuôi; phương trình vi phân ngẫu nhiên.

1. Đặt vấn đề

Phương trình vi phân ngẫu nhiên xuất hiện từ đầu thế kỉ 20, được nhiều nhà toán học phát triển liên tục cho đến ngày nay. Phương trình vi phân ngẫu nhiên có nhiều ứng dụng trong toán học thuần túy và được sử dụng để mô hình hóa các quá trình ngẫu nhiên khác nhau như giá cổ phiếu, mô hình tăng trưởng ngẫu nhiên hoặc các hệ thống vật lý chịu biến động nhiệt,… (Bernt Øksendal, 2003).

Tuy nhiên, chúng ta thường gặp khó khăn trong việc tìm nghiệm đúng của phần lớn các phương trình vi phân ngẫu nhiên. Do đó, việc nghiên cứu tính chất nghiệm trở thành bài toán được các nhà toán học trong và ngoài nước quan tâm nghiên cứu. Trong đó, phân phối xác suất đuôi là một phần không thể thiếu khi nghiên cứu về biến ngẫu nhiên. Việc tính toán phân phối xác suất đuôi của các biến ngẫu nhiên đóng vai trò quan trọng trong nhiều lĩnh vực, chẳng hạn như trong quản lý rủi ro tài chính, bảo hiểm hay trong các bài toán về dự báo về thiên tai, thảm họa,... Các phương pháp tham số và phi tham số đã được sử dụng để ước lượng phân phối xác suất đuôi (Joanna Kołodziej and Horacio González-Vélez, 2019). Sử dụng công cụ của giải tích Malliavin cũng là một phương pháp hữu hiệu trong nghiên cứu luật xác suất của biến ngẫu nhiên. Rất nhiều kết quả thú vị ta có thể tìm thấy của các nhà toán học trong và ngoài nước (D. Nualart, 2006; N. T. Dung, 2018; N. T. Dung và T. C. Son, 2019; N. T. Dung và nnk, 2022).

Trong báo cáo này, chúng tôi xét phương trình vi phân ngẫu nhiên cơ bản có dạng:

$$X_t = X_0 + \int_0^t b\,(s, X_s)ds + \int_0^t \sigma\,(s, X_s)dW_s, \tag{1}$$

Trong đó: các hệ số b, σ: $[0,T] \times \mathbb{R} \to \mathbb{R}$ thỏa mãn các điều kiện Lipschitz và tăng trưởng tuyến tính. Thêm nữa b, σ có các đạo hàm riêng theo biến thứ hai bị chặn và $\sup_{(t,x)\in[0,T]\times\mathbb{R}} |\sigma(t,x)| < \infty$.Với điều kiện này, bằng công cụ giải tích Malliavin và cách thức tương tự trong (N. T. Dung và T. C. Son, 2019), chúng tôi thu được ước lượng:

$$P(X_t \geq x) \leq exp\left\{-\frac{(x-E[X_t])^2}{2Cte^{Ct}}\right\}, \forall x > E[X_t]. \tag{2}$$

Các khái niệm cơ bản của giải tích Malliavin được trình bày tại mục 2, các kết quả chính của báo cáo cùng ví dụ minh họa cụ thể được trình bày tại mục 3.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

Giả sử $(B_t)_{t\in[0,T]}$ là chuyển động Brown xác định trên không gian xác suất đầy đủ $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{F}, P)$, trong đó $\mathbb{F} = (\mathcal{F}_t)_{t\in[0,T]}$ là bộ lọc tự nhiên của quá trình B. Cho $h \in L^2[0,T]$, ta kí hiệu $B(h)$ là tích phân Weiner $B(h) = \int_0^T h\,(t)dB_t$.

Gọi $\mathcal{S}$là tập con trù mật của $L^2(\Omega, \mathcal{F}, P)$ bao gồm những biến ngẫu nhiên có dạng:

$$F = f\big(B(h_1), B(h_2), \ldots, B(h_n)\big), \tag{3}$$

Trong đó, $n \in \mathbb{N}, f \in C_0^\infty(\mathbb{R}^n), h_1, h_2, \ldots, h_n \in L^2[0,T]$. Nếu F có dạng (2), ta định nghĩa đạo hàm Malliavin là quá trình $DF := D_tF, t \in [0,T]$ cho bởi:

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthuhangbmtoan@humg.edu.vn

$$D_tF = \sum_{k=1}^{n} \frac{\partial f}{\partial x_k}(B(h_1), B(h_2), \dots, B(h_n)). \quad (4)$$

Tổng quát hơn, với mỗi $k \geq 1$, ta định nghĩa đạo hàm Malliavin cấp cao hơn bởi:

$$D^k_{t_1,\dots,t_k}F = D_{t_1}\dots D_{t_k}F. \quad (5)$$

Với mọi $1 \leq p, k < \infty$, kí hiệu $\mathbb{D}^{k,p}$ là bao đóng của $\mathcal{S}$ đối với chuẩn:

$$||F||^p_{\{k,p\}} := E|F|^p + E\left[\left(\int_0^T |D_{uF}|^2 du\right)^{\frac{p}{2}}\right] + \dots + E\left[\left(\int_0^T \dots \int_0^T |D^k_{t_1,\dots,t_k}F|^2 \, dt_1 \dots dt_k\right)^{\frac{p}{2}}\right]. \quad (6)$$

Biến ngẫu nhiên F được gọi là khả vi Malliavin nếu nó thuộc lớp $\mathbb{D}^{1,2}$. Nếu $F \in \mathbb{D}^{1,2}$ thì ta có biểu diễn Clark-Ocone sau đây:

$$F = E[F] + \int_0^\infty E[D_tF|\mathcal{F}_t]dB_t, \; F \in \mathbb{D}^{1,2}. \quad (7)$$

Chi tiết hơn về giải tích Malliavin, chúng ta có thể xem trong (D. Nualart, 2006).

Để thu được kết quả ước lượng như trong Định lí 3.1, chúng tôi sử dụng kết quả sau đây:

Bổ đề 2.1. *Cho $F \in \mathbb{D}^{1,2}$ thỏa mãn $EF = 0$. Giả sử rằng tồn tại hằng số M thỏa mãn:*

$$\int_0^T E[|D_rF|^2|\mathcal{F}_r]\, dr \leq M^2 \;\; h.k.n. \quad (8)$$

Khi đó, ta có ước lượng:

$$P(|F| \geq x) \leq 2\exp\left(\frac{-x^2}{2M^2}\right), x \geq 0. \quad (9)$$

Chứng minh cụ thể thể của Bổ đề 2.1 có thể xem Mệnh đề 3.7 trong (N.T.Dung và nnk, 2019).

3. Kết quả và thảo luận

Tiếp theo, chúng tôi sử dụng phương pháp nêu trong mục 2 để ước lượng xác suất đuôi cho nghiệm của phương trình (1). Ở đây, để phương trình tồn tại duy nhất nghiệm, chúng tôi cần giả thiết (A_1) cho các hệ số như sau: (A_1) Các hệ số b, σ thỏa mãn các điều kiện Lipschitz và tăng trưởng tuyến tính. Tức là, tồn tại các số $K, L > 0$ sao cho:

$$|b(t,x) + \sigma(t,x)| \leq K|x-y|, \; \forall x, y \in \mathbb{R}, \; t \in [0,T], \quad (10)$$

Và:

$$|b(t,x)|^2 + |\sigma(t,x)|^2 \leq L(1+|x|^2), \; \forall x \in \mathbb{R}, \; t \in [0,T]. \quad (11)$$

Khi đó, theo Định lí 2.2.1 (D.Nualar, 2006), phương trình (1) tồn tại duy nhất nghiệm X_t khả vi Malliavin. Hơn nữa:

$$D_rX_t = \sigma(r, X_r) + \int_r^t b'(s, X_s)D_rX_s ds + \int_r^t \sigma'(s, X_s)D_rX_s dB_s, \quad (12)$$

Trong đó: kí hiệu $b'(t,x) = \frac{\partial b(t,x)}{\partial x}$ và $\sigma'(t,x) = \frac{\partial \sigma(t,x)}{\partial x}$.

Ta có định lí sau đây:

Định lí 3.1. *Giả sử X_t là nghiệm của phương trình (1). Giả sử thêm rằng $\sigma(t,x)$ thỏa mãn $||\sigma||_\infty := \sup_{(t,x)\in[0,T]\times\mathbb{R}} |\sigma(t,x)| < \infty$ cùng với các đạo hàm riêng $b'(t,x), \sigma'(t,x)$ bị chặn với mọi $x \in \mathbb{R}, t \in [0,T]$.*

Khi đó, ta có ước lượng xác suất đuôi:

$$P(|X_t| \geq x) \leq 2\exp\left(-\frac{(x-E|X_t|)^2}{2Cte^{Ct}}\right), \forall x > E|X_t|. \quad (13)$$

Chứng minh.

Từ tính chất đẳng cự Ito, ta có:

$$E\left[\left(\int_r^t \sigma'(s, X_s)D_rX_s dB_s\right)^2 \middle| \mathcal{F}_r\right] = \int_r^t E(|\sigma'(s, X_s)D_rX_s|^2|\mathcal{F}_r)\, ds. \quad (14)$$

Theo bất đẳng thức Cauchy, suy ra:

$$E(|D_rX_t|^2|\mathcal{F}_r) \leq 3\left(\|\sigma\|^2_\infty + E\left(\left(\int_r^t b'(s, X_s)D_rX_s ds\right)^2 \middle| \mathcal{F}_r\right) + \int_r^t E(|\sigma'(s, X_s)D_rX_s|^2|\mathcal{F}_r)\, ds\right). \quad (15)$$

Vì tính bị chặn của b' và σ' nên:

$$E(|D_rX_t|^2|\mathcal{F}_r) \le 3\|\sigma\|_\infty^2 + C\int_r^t E\,(|D_rX_s|^2|\mathcal{F}_r)ds + C\int_r^t E\,(|D_rX_s|^2|\mathcal{F}_r)ds \quad (16)$$

$$\le 3\|\sigma\|_\infty^2 + C\int_r^t E\,(|D_rX_s|^2|\mathcal{F}_r)ds,\ 0 \le r \le t.$$

Chú ý rằng, hằng số C ở các vị trí khác nhau có thể khác nhau. Ở đây, để đơn giản, chúng tôi dùng chung một kí hiệu, nó đại diện cho một hằng số hữu hạn, xác định.

Từ (16), áp dụng bổ đề Gronwall ta được:

$$E(|D_rX_t|^2|\mathcal{F}_r) \le 3\|\sigma\|_\infty^2 e^{C(t-r)} \le Ce^t,\ 0 \le r \le t. \quad (17)$$

Từ đó suy ra:

$$\int_0^T E(|D_rX_t|^2|\mathcal{F}_r)dr = \int_0^t E(|D_rX_t|^2|\mathcal{F}_r)dr \le Cte^t,\ \ 0 \le \mathrm{r} \le t \le T. \quad (18)$$

Đặt $Y_t = X_t - E[X_t]$ ta được $E[Y_t] = 0$ và $D_rY_t = D_rX_t$. Do đó:

$$\int_0^T E\,[D_rY_t|\mathcal{F}_r]^2 \le Cte^{Ct}. \quad (19)$$

Áp dụng Bổ đề 2.1 ta được:

$$P(|X_t| \ge x) \le P(|X_t - E[X_t]| \ge x - E|X_t|) = P(|Y_t| \ge x - E|X_t|)$$
$$\le 2\exp\left(-\frac{(x-E|X_t|)^2}{2Cte^{Ct}}\right), \forall x > E|X_t|. \quad (20)$$

Ta có điều phải chứng minh.

Ví dụ 3.1. Với $t \in (0,T]$, ta xét biến ngẫu nhiên:

$$X_t = \int_0^t (2 + \sin X_s)dB_s. \quad (21)$$

Trong trường hợp này, $b(t,x) = 0$ và $\sigma(t,x) = 2 + \sin x$. Do đó, $b'(t,x) = 0, \sigma'(t,x) = \cos x$ và $||\sigma||_\infty \le 3$. Hơn nữa, $E[X_t] = 0$; $D_rX_t = 2 + \sin X_r + \int_r^t \cos X_s D_rX_s dB_s$. Suy ra:

$$\int_0^T E(|D_rX_t|^2|\mathcal{F}_r)dr \le 2\left(9 + \int_r^t E\,(|D_rX_s|^2|\mathcal{F}_r)ds\right),\ 0 \le r \le t. \quad (22)$$

Theo bổ đề Gronwall ta được:

$$E(|D_rX_t|^2|\mathcal{F}_r) \le 18e^{2(t-r)} \le 18e^{2t},\ 0 \le r \le t. \quad (23)$$

Theo Định lí 3.1 ta có ước lượng:

$$P(|X_t| \ge x) \le 2\exp\left(-\frac{x^2}{36te^{2t}}\right),\ x > 0. \quad (24)$$

Suy ra:

$$\lim_{x\to\infty} \frac{\ln(P(|X_t|>x))}{x^2} \le \frac{-1}{36te^{2t}} \quad (25)$$

Ta lại có X_t là biến ngẫu nhiên Gauss với $E[X_t] = 0$ và:

$$Var[X_t] = \int_0^t E[(2 + \sin X_s)^2]ds := \sigma_X^2 \le 9t. \quad (26)$$

Mặt khác, với Z có phân phối chuẩn tắc và $t \ge 0$ thì:

$$P(Z > t) = \int_t^\infty \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}dz = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_t^\infty \frac{1}{z}.ze^{-\frac{z^2}{2}}dz = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_t^\infty \frac{-1}{z}de^{-\frac{z^2}{2}}$$

$$= \frac{1}{z\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}\Big|_t^\infty - \int_t^\infty \frac{e^{-\frac{z^2}{2}}}{z^2}dz \le \frac{1}{t\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}. \quad (27)$$

Tiếp tục tích phân từng phần tích phân $\int_t^\infty \frac{e^{-\frac{z^2}{2}}}{z^2}dz$ ta thu được:

$$P(Z > t) \ge \left(\frac{1}{t} - \frac{1}{t^3}\right)\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}. \quad (28)$$

Với $t \leq 0$ ta thu được kết quả tương tự. Tóm lại ta thu được:

$$\left(\frac{1}{t}-\frac{1}{t^3}\right)\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{t^2}{2}} \leq P(|Z|>t) \leq \frac{1}{t\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{t^2}{2}},\ t>0. \tag{29}$$

Áp dụng với X_t ta thu được:

$$\left(\frac{\sigma_X}{x}-\frac{\sigma_X^3}{x^3}\right)\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_X^2}\right) \leq P(|X_t|>x) = P\left(\frac{|X_t|}{\sigma_X}>\frac{x}{\sigma_X}\right) \leq \frac{1}{\frac{x}{\sigma_X}\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_X^2}\right). \tag{30}$$

Suy ra $\lim\limits_{x\to\infty}\frac{\ln\left(P(|X_t|>x)\right)}{x^2}=\frac{-1}{2\sigma_X^2}\leq\frac{-1}{162t^2}$. So sánh với ước lượng (25), ta thấy rằng ước lượng (25) là chấp nhận được trong trường hợp này, nhất là khi t nhỏ.

4. Kết luận

Báo cáo đã trình bày phương pháp ước lượng xác suất đuôi cho nghiệm của một lớp phương trình vi phân ngẫu nhiên cơ bản và đưa ra được ví dụ minh họa cho phương pháp đã sử dụng. Đây chỉ là một trường hợp nhỏ với các điều kiện ràng buộc về hệ số tương đối chặt. Hiện nay, các nghiên cứu đã và đang được mở rộng cho nhiều lớp phương trình khác nhau cũng như các trường hợp phức tạp hơn như hệ số không bị chặn, hệ số không Lipschitz hay tăng trưởng tuyến tính,...

Tài liệu tham khảo

D. Nualart, 2006. *The Malliavin Calculus and Related Topics, Probability and Its Applications*. Second Edition, Springer-Verlag, Berlin, 380p.

Joanna Kołodziej, Horacio González-Vélez, 2019. *High-Performance Modelling and Simulation for Big Data Applications*. Springer open, p68-79.

N. T. Dung, 2018. Tail Estimates for Exponential Functionals and Applications to SDEs. *Stochastic Process, Appl.* Vol. 128, No. 12, pp. 4154-4170.

N.T. Dung, T. C. Son, 2019. Tail distribution estimates for one-dimensional diffusion processes. *J. Math. Anal. Appl*, No. 2, 2119—2138.

N. T. Dung, N. T. Hang, P. T. P. Thuy, 2022. Density estimates for the exponential functionals of fractional Brownian motion. *Comptes Rendus Mathematique*, vol.360, 151-159.

N. T. Dung, T. C. Son, T. M. Cuong, N. V. Tan, T. N. Quynh, 2019. Density estimates for solutions of stochastic functional differential equations. *Acta Mathematica Scientia*, 39B(4): 955-970.

N.T.Hang, N.V.Tan, 2022. Tail Distribution Estimates of Fractional CIR Model. *VNU Journal of Science: Mathematics – Physics*, Vol. 38, No. 3, 70-78.

Øksendal, Bernt K., 2003. *Stochastic Differential Equations: An Introduction with Applications.* Berlin: Springer, sixth edition, 360p.

ABSTRACT

Tail distribution estimates of a class of Malliavin differentiable random variables

Nguyen Thu Hang

Hanoi University of Mining and Geology

In this report, we present a method for estimating tail probabilities of random variables using Malliavin analysis and Lemma 2.2 (N.T. Dung, 2018). We then apply this method to determine the tail probability estimate for a specific class of random variables that are solutions to a basic stochastic differential equation. Finally, we provide a clear illustration of our results through a specific example.

Keywords: Malliavin calculus; tail distribution; stochastic differential equations.

Ước lượng xác suất không trả được nợ tín dụng cá nhân bằng mô hình hồi quy logistic

Nguyễn Thị Hằng*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Hệ thống ngân hàng được coi là một trong các tổ chức tài chính quan trọng nhất của nền kinh tế, đóng vai trò vô cùng quan trọng trong sự phát triển kinh tế toàn cầu. Hoạt động tín dụng (quan hệ vay mượn gồm cho vay và đi mượn) là hoạt động sinh lời lớn nhất, song đi kèm với nó điều không thể tránh khỏi là rủi ro tín dụng. Trong bài báo này chúng tôi đi nghiên cứu mô hình hồi quy logistic, mô hình này cho phép ước lượng xác suất không trả được nợ của khách hàng thông qua các nhân tố liên quan đến các đặc trưng được điều tra trên khách hàng. Bài báo sử dụng phương pháp K – Medoids giúp phân nhóm khách hàng dựa trên thông tin (điểm xếp hạng tín dụng) của khách hàng- đây chính là đóng góp mới của bài báo. Khi đó dựa vào kết quả phân nhóm này và tùy thuộc vào mức độ rủi ro mà các ngân hàng có thể chủ động trong việc đưa ra các biện pháp hạn chế rủi ro và tổn thất sao cho phù hợp nhất đối với mình.

Từ khóa: rủi ro tín dụng; xác suất không trả được nợ; phân nhóm khách hàng; hồi quy logistic điểm xếp hạng tín dụng; K – Medoids.

1. Đặt vấn đề

Đối với hệ thống ngân hàng, hoạt động chính là huy động vốn để sử dụng nhằm thu lợi nhuận, trong đó hoạt động tín dụng (là quan hệ vay mượn gồm cho vay và đi mượn) là hoạt động sinh lời lớn nhất, song đi kèm với nó thì rủi ro tín dụng là điều không thể tránh khỏi. Do đó, có thể nhận thấy trong thời điểm hiện nay cùng với sự tăng trưởng của tín dụng thì việc nhận dạng và phân nhóm khách hàng theo rủi ro tín dụng là việc làm cấp bách. Việc phát hiện sớm các nguy cơ rủi ro tín dụng giúp ngân hàng có thể chủ động điều chỉnh chính sách tín dụng cũng như ứng xử phù hợp với từng khách hàng cụ thể, nhằm hạn chế rủi ro và giảm thiểu tổn thất khi rủi ro xảy ra.

Từ thực tiễn nêu trên, việc xây dựng được một mô hình cho phép ước lượng xác suất không trả được nợ tín dụng của khách hàng cá nhân là rất cần thiết, không những thế dựa trên xác suất này ta có thể phân nhóm khách hàng theo nguy cơ không trả được nợ sẽ giúp cho các ngân hàng có những quyết sách chiến lược hợp lý cho từng nhóm đối tượng khách hàng khác nhau.

Bài báo gồm 4 phần: phần 1: Đặt vấn đề; phần 2: Ước lượng xác suất không trả được nợ tín dụng cá nhân bằng hồi quy logistic; phần 3: Phân nhóm khách hàng theo nguy cơ không trả được nợ tín dụng cá nhân; phần 4: Kết luận.

2. Ước lượng xác suất không trả được nợ tín dụng cá nhân bằng hồi quy logistic

2.1. Khái quát về tín dụng cá nhân và khả năng trả nợ của khách hàng cá nhân

Tín dụng cá nhân là hình thức tín dụng mà trong đó ngân hàng đóng vai trò là người chuyển nhượng quyền sử dụng vốn của mình cho khách hàng cá nhân sử dụng trong một thời hạn nhất định phải hoàn trả cả gốc và lãi.

Để xác định và định hướng các nhân tố ảnh hưởng đến khả năng trả nợ của khách hàng ta phải làm rõ các quan điểm liên quan đến khả năng trả nợ của khách hàng. Phương pháp xác định khả năng trả nợ của khách hàng thường được dựa trên một tiêu chuẩn nhất định do ngân hàng lựa chọn như: năng lực tài chính, thiện chí trả nợ của khách hàng khi chưa phát sinh nghĩa vụ nợ hoặc dựa trên đặc điểm của khoản nợ như lịch sử thanh toán nợ, tình trạng trả nợ thực tế của khách hàng (H. Coolian, 2018).

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthihang@humg.edu.vn

Kết quả đánh giá khả năng trả nợ của khách hàng luôn thay đổi, cho nên mô hình đo lường khả năng trả nợ thường được giới hạn dự báo kết quả trong ngắn hạn (trong 1 năm). Thông qua phương pháp nhận diện, khách hàng chia làm hai loại "không có khả năng trả nợ và "có khả năng trả nợ".

2.2. Mô hình hồi quy logistic

Mô hình hồi quy logistic là mô hình định lượng trong đó biến phụ thuộc là biến giả, chỉ nhận hai giá trị là 0 hoặc 1. Mô hình này được ứng dụng rộng rãi trong phân tích kinh tế nói chung và rủi ro tín dụng nói riêng. Mô hình hồi quy logistic xem xét mối liên hệ giữa biến biến phụ thuộc Y và tất cả các biến còn lại là biến độc lập X (Nguyễn Văn Hữu, Nguyễn Hữu Dư, 2003).

Y đóng vai trò là biến phụ thuộc và là biến nhị phân chỉ nhận hai giá trị 0 hoặc 1, cụ thể: 0 nếu khách hàng không vỡ nợ (trả được nợ), 1 nếu khách hàng vỡ nợ (không trả được nợ).

X là biến độc lập, thể hiện các nhân tố ảnh hưởng tới khách hàng. Giả sử p_k là xác suất không trả được nợ của khách hàng thứ k, thì mô hình ước lượng p_k như sau: $p_k = \frac{1}{1+e^{-(b_0+b_1X_1+...+b_DX_D)}}$

Trong đó: b_0 - hệ số chắn. $b_j, j\epsilon\{1, \dots, D\}$ được gọi là hệ số hồi quy của mô hình; $X_j, j\epsilon\{1, \dots, D\}$ - các biến độc lập; D - số biến độc lập điều tra trên khách hàng.

Để ước lượng được xác suất không trả được nợ của khách hàng ta thực hiện theo các bước sau:

- Ước lượng các hệ số hồi quy β của mô hình, dùng phương pháp ước lượng hợp lý cực đại MLE.
- Kiểm định để xem xét mô hình hồi quy đó đã hợp lý chưa, ta tiến hành một số kiểm định sau:
- Kiểm định ý nghĩa thống kê của hệ số hồi quy: Với giả thiết rằng các hệ số hồi quy là bằng 0, đối thiết là các hệ số hồi quy là khác 0. Để kiểm tra điều này, ta dùng kiểm định Wald.
- Kiểm định độ phù hợp của hệ số hồi quy: Ta xem xét tổ hợp liên hệ tuyến tính của toàn bộ các hệ số trong mô hình trừ hằng số được kiểm định xem có thực sự có ý nghĩa trong việc giải thích biến phụ thuộc (Y) hay không. Ta sử dụng kiểm định Chi – bình phương để kiểm tra điều này.
- Kiểm định độ phù hợp của mô hình với dữ liệu quan sát: Để kiểm tra mô hình có phù hợp với dữ liệu quan sát hay không, ta dùng thống kê Peason's Chi – bình phương.

Nếu mô hình thỏa mãn các kiểm định trên thì mô hình có thể dùng để ước lượng xác suất không trả được nợ. Ngược lại, nếu không thỏa mãn ta cần hồi quy lại mô hình với các biến độc lập khác hoặc tiến hành một số hiệu chỉnh cần thiết như tăng cỡ mẫu.

Khi xây dựng một mô hình, ta cần đánh giá mô hình hoạt động tốt như thế nào hay mô hình phân lớp tốt như thế nào. Để làm được điều đó, ta sử dụng đường cong ROC (Receiver Operating Characteristic) xem xét các độ đo (độ tin cậy (accuracy), độ nhạy (sensitive), độ đặc hiệu (specificity)) của mô hình qua từng điểm cắt và ước tính diện dích dưới đường cong ROC (AUC) để đánh giá mô hình phân lớp tốt như thế nào (Cox và Titterington, 1991; Cox và Solomon, 2003).

2.3. Mô hình hồi quy logistic trong ước lượng xác suất không trả được nợ tín dụng cá nhân

Gọi Y_k là một biến ngẫu nhiên tuân theo phân phối nhị thức. Ta xét y_k là giá trị quan sát thực thứ k của biến ngẫu nhiên Y_k. Khi đó y_k chỉ nhận hai giá trị 1 hoặc 0.

Nếu $Y_k = y_k = 0$ thì khách hàng thứ k trả được nợ (không vỡ nợ), ngược lại $Y_k = y_k = 0$ thì khách hàng thứ k không trả được nợ (hay vỡ nợ).

Đối với bất kỳ khoản vay cụ thể nào, ta sẽ có một véc tơ biến $X = (X_1, X_2, ..., X_D)$ được điều tra trên đặc điểm của khách hàng. Ta gọi những biến này là biến dự báo và các biến này được giả sử là độc lập với nhau.

Gọi x_{kj} là giá trị của biến X_j trên quan sát thứ k, $\forall k \in \{1, 2, ..., n\}$; $\forall j \in \{1, 2, ..., D\}$. Khi đó, ma trận của các biến dự báo $C = (x_{kj})$ với n dòng và $D + 1$ cột. Trong đó D là số biến dự báo của mô hình và cột đầu tiên $x_{k1} = 1$.

Ta giả sử p_k là xác suất không trả được nợ của khách hàng thứ k (còn $1 - p_k$ là xác suất trả được nợ của khách hàng thứ k) và n là số lần quan sát. Khi đó:

$$Y_k \sim \mathcal{B}(1, p_k), \forall k \in \{1, 2, ..., n\}; P(Y_k = y_k = 1) = p_k; P(Y_k = y_k = 0) = 1 - p_k.$$

Hàm phân phối xác suất của biến Y_k được cho bởi: $F(Y_k = y_k) = \binom{1}{y_k} p_k^{y_k}(1 - p_k^{1-y_k})$, trong đó $p_k^{y_k}(1 - p_k^{1-y_k})$ là xác suất xảy ra của quan sát y_k.

Giá trị kì vọng và phương sai của biến Y_k là: $E(Y_k) = m_k = p_k$; $D(Y_k) = s_k = p_k(1 - p_k)$

Khi đó ta có tỉ lệ $odds_k = \frac{p_k}{1 - p_k}$ được định nghĩa là tỉ lệ của xác suất không trả được nợ với phần bù của nó. Nếu xác suất không trả được nợ (hay vỡ nợ) $p_k = \frac{1}{2}$ thì tỉ lệ $odds$ là 1: 1. Nếu $p_k = \frac{1}{3}$ thì tỉ lệ $odds$ là 1: 2. Nếu xác suất không trả được nợ rất nhỏ thì tỉ lệ $odds$ xấp xỉ bằng 0. Hàm $logit$ của $odds$ hay $log - odds$ được định nghĩa như sau: $h_k = logit(p_k) = log\frac{p_k}{1 - p_k}$

Chú ý rằng: Điểm số $log - odds$ thường là cơ sở của điểm tín dụng, được các ngân hàng và các cơ sở tín dụng dùng để xếp hạng tín dụng cho khách hàng.

• Điểm tín dụng thường được công bố cho cộng đồng là một số nguyên dương trong một khoảng nào đấy (ví dụ điểm Experian từ 0 đến 999). Tuy nhiên điểm này thường dựa trên điểm $log - odds$ "thô".

• Thông thường điểm $log - odds$ cao biểu thị rủi ro tín dụng thấp, điểm $log - odds$ thấp biểu thị rủi ro tín dụng cao hơn (xác suất không trả được nợ cao).

Ta thấy khi xác suất không trả được nợ tiến dần về 0 thì tỉ lệ $odds$ xấp xỉ bằng 0 và η ($log - odds$) tiến dần đến $-\infty$. Mặt khác, khi xác suất suất không trả được nợ tiến dần về 1 thì tỉ lệ $odds$ và η ($log - odds$) tiến dần đến $+\infty$. Do đó hàm $logit$ là ánh xạ từ (0, 1) sang toàn bộ đường thẳng thực R. Tức là điểm số $log - odds$ nằm trong khoảng $(-\infty, +\infty)$ (Badr Missaoui, 2009).

Ta giả sử thêm rằng $logit$ của tỉ lệ $odds$ ($log - odds$) là một hàm tuyến tính của các biến dự báo. Ta có $h_k = log\frac{p_k}{1 - p_k} = X_k b¢$, trong đó: $x_k = (1, x_{k1}, x_{k2}, ..., x_{kD}), k \hat{I} \{1, 2, ..., n\}$; $b¢ = (b_0, ..., b_D)^T$ được gọi là các hệ số hồi quy của mô hình cần ước lượng.

Giải p_k trong phương trình trên ta được: $p_k = logit^{-1}(h_k) = \frac{e^{h_k}}{1 + e^{h_k}} = \frac{1}{1 + e^{-h_k}}$. Như vậy $p_k \epsilon [0, 1]$, do đó để ước lượng xác suất vỡ nợ của một khách hàng nào đó ta cần phải ước lượng các hệ số hồi quy b_k từ dữ liệu nghiên cứu.

3. Phân nhóm khách hàng theo nguy cơ không trả được nợ tín dụng cá nhân

3.1. Phương pháp K – Medoids

Phương pháp K – Medoids là phương pháp mở rộng của phương pháp K – trung bình (Hoàng Thị Minh Châu, 2010), thay vì sử dụng các trọng tâm, K – Medoids sử dụng các đối tượng medoid để biểu diễn cho các cụm dữ liệu, một đối tượng đặt tại vị trí trung tâm nhất bên trong mỗi cụm. Vì vậy, các đối tượng medoid ít khi bị ảnh hưởng của các đối tượng ở rất xa trung tâm, trong khi đó các trọng tâm của thuật toán K – trung bình lại bị tác động bởi các điểm xa trung này.

Ban đầu, K – Medoids khởi tạo k đối tượng medoid và phân phối các đối tượng còn lại vào các cụm với các đối tượng medoid đại diện tương ứng sao cho chúng tương tự với đối tượng medoid trong cụm nhất.

Ý tưởng chính của thuật toán K – Medoids như sau:

- Để tìm ra k cụm với n đối tượng thì K – Medoids chọn ngẫu nhiên k đối tượng vào k cụm, coi mỗi đối tượng này là trọng tâm của cụm.

- Phân bổ các đối tượng còn lại vào cụm mà có sự khác nhau của nó với đối tượng trọng tâm của cụm là ít nhất (còn gọi là gần nhất). Sau đó lặp lại quá trình: Thay đổi đối tượng trọng tâm của mỗi cụm sao cho chất lượng cụm được cải thiện.

Chất lượng của cụm được đánh giá bởi một hàm đo sự khác biệt giữa một đối tượng với đối tượng trọng tâm chứa nó. Quá trình lặp cho đến khi không còn sự thay đổi nào về lực lượng cũng như hình dáng của các cụm.

Để xác định được các medoid, K – Medoids bắt đầu bằng cách lựa chọn k đối tượng medoid bất kỳ. Sau mỗi thực hiện, ta cố gắng hoán chuyển giữa đối tượng medoid O_m và mội đối tượng O_p không phải là

medoid, miễn là sự hoán đổi này nhằm cải tiến chất lượng của phân cụm, quá trình này kết thúc khi chất lượng phân cụm không thay đổi. Chất lượng phân cụm được đánh giá qua hàm tiêu chuẩn, chất lượng phân cụm tốt nhất khi hàm tiêu chuẩn đạt giá trị nhỏ nhất.

Sau đây là một số khái niệm được sử dụng cho phương pháp K – Medoids:

O_m là đối tượng medoid hiện thời cần được thay thế.

O_p là đối tượng medoid thay thế cho O_m.

O_j là đối tượng dữ liệu (không phải là medoid) có thể di chuyển sang cụm khác

O_i là đối tượng medoid hiện thời gần đối tượng O_j nhất.

Ta tính giá trị hoán chuyển C_{jmp} cho tất cả các đối tượng O_j (C_{jmp} ở đây nhằm để làm căn cứ cho việc hoán chuyển giữa O_m và O_p).

Ta xét 4 trường hợp tính C_{jmp} như sau:

Trương hợp 1:

Giả sử O_j hiện thời thuộc về cụm có đại diện là O_m và O_j tương tự với O_i hơn O_p ($d(O_j,O_p) \geq d(O_j,O_i)$). Trong khi đó, O_i là đối tượng medoid tương tự thứ 2 tới O_j trong số các medoid. Trong trường hợp này, chúng ta thay thế O_m bởi đối tượng medoid mới O_p và O_j sẽ thuộc về cụm có đối tượng đại diện là O_i . Vì vậy, giá trị hoán đổi C_{jmp} được xác định như sau:

$$C_{jmp} = d(O_j,O_i) - d(O_j,O_m)$$, giá trị C_{jmp} là không âm.

Trường hợp 2:

Giả sử O_j hiện thời thuộc về cụm có đại diện O_m nhưng O_j ít tương tự với O_i so với O_p (nghĩa là $d(O_j,O_p) < d(O_j,O_i)$). Nếu O_m được thay thế bởi O_p thì O_j sẽ thuộc về cụm có đại diện O_p . Vì vậy, giá trị C_{jmp} được xác định như sau:

$$C_{jmp} = d(O_j,O_p) - d(O_j,O_m)$$, giá trị C_{jmp} ở đây có thể là âm hoặc dương.

Trường hợp 3:

Giả sử O_j hiện thời không thuộc về cụm có đối tượng đại diện là O_m mà thuộc về cụm có đại diện là O_i . Mặt khác, giả sử O_j tương tự với O_i hơn so với O_p . Khi đó, nếu O_m được thay thế bởi O_p thì O_j vẫn ở lại trong cụm có đại diện O_i . Do đó $C_{jmp} = 0$.

Trường hợp 4:

Giả sử O_j hiện thời thuộc về cụm có đại diện là O_i nhưng O_j ít tương tự với O_i hơn so với O_p . Vì vậy, nếu ta thay thế O_m bởi O_p thì O_j sẽ chuyển từ O_i sang O_p . Do đó:

$$C_{jmp} = d(O_j,O_p) - d(O_j,O_i)$$, giá trị C_{jmp} ở đây luôn âm.

Kết hợp cả bốn trường hợp trên, tổng giá trị hoán đổi O_m bằng O_p được xác định như sau:

$$TC_{jmp} = \sum_j C_{jmp} .$$

Ta có thể mô tả thuật toán K – Medoids bằng các bước sau:

Đầu vào: Tập dữ liệu có *n* phần tử, số cụm *k*.

Đầu ra: *k* cụm dữ liệu sao cho chất lượng phân bố là tốt nhất.

Bước 1: Chọn *k* đối tượng medoid bất kỳ.

Bước 2: Tính TC_{jmp} cho tất cả các cặp đối tượng O_m, O_p . Trong đó O_m là đối tượng medoid và O_p là đối tượng không phải medoid.

Bước 3: Chọn cặp đối tượng O_m và O_p . Tính $minO_m$, $minO_p$, TC_{jmp} . TC_{jmp} là âm, thay thế O_m bởi O_p và quay lại bước 2. Nếu TC_{jmp} dương, thì chuyển sang bước 4.

Bước 4: Với mỗi đối tượng không phải là medoid, xác định đối tượng medoid tương tự với nó nhất đồng thời gán nhãn cụm cho chúng.

3.2. Phương pháp K – Medoids trong phân nhóm khách hàng theo nguy cơ không trả được nợ tín dụng cá nhân

Phân nhóm khách hàng là việc chúng ta cần phân loại, xắp xếp một đối tượng vào các nhóm khách hàng trên cơ sở đo lường rủi ro tín dụng. Đôi khi việc nhóm khách hàng theo loại rủi ro chung lại rất hữu ích:

- Nó cung cấp mức độ rủi ro cho bên cấp tín dụng, tùy thuộc vào mức độ chấp nhận rủi ro mà bên cấp tín dụng sẽ ra quyết định cho vay hay không.
- Cho phép đánh giá rủi ro của toàn bộ danh mục sản phẩm bằng cách tổng kết các trường hợp trong mỗi nhóm.
- Xác suất của biến dự báo trong mỗi nhóm có thể sử dụng để tính toán rủi ro vỡ nợ cho cả nhóm.

Để phân nhóm khách hàng ta sử dụng phương pháp phân cụm dữ liệu, tức là dựa trên số liệu đã thu thập được từ các khách hàng, ta chia tập dữ liệu ban đầu thành các cụm dữ liệu sao cho các phần tử trong một cụm "tương tự" với nhau và các phần tử trong các cụm khác nhau sẽ "phi tương tự" với nhau. Số các cụm dữ liệu được phân ở đây có thể được xác định trước theo kinh nghiệm hoặc có thể tự động xác định theo phương pháp phân cụm.

Sau khi xác định các đặc tính của dữ liệu, người ta đi tìm cách thích hợp để xác định khoảng cách giữa các đối tượng, hay là xây dựng phép đo tương tự dữ liệu. Đây chính là các hàm để đo sự giống nhau gữa các cặp đối tượng dữ liệu, thông thường các hàm này hoặc là để tính độ tương tự (Similar) hoặc là tính độ đo phi tương tự (Dissimilar) giữa các đối tượng dữ liệu.

Cụ thể: Từ tập dữ liệu, ta có thể phân tích các thuộc tính (biến độc lập) thành hai nhóm bao gồm:

1. Nhóm thuộc tính (biến) thông tin của khách hàng (ví dụ: Tuổi, nghề nghiệp,…) hay nhóm thuộc tính (biến) tĩnh.
2. Nhóm đặc điểm của sản phẩm tín dụng (ví dụ: Tên sản phẩm, loại khoản vay,…) hay nhóm thuộc tính (biến) động và có thể thay đổi với mỗi lần vay của khách hàng.

Mục tiêu cần đạt được là nhóm các khách hàng có cùng đặc điểm chung về các thuộc tính tĩnh, khi đó ta biết những khách hàng có đặc điểm giống nhau thì sẽ có những rủi ro tín dụng chung.

Để làm được điều này ta sử dụng phương pháp K – Medoids để phân nhóm cho khách hàng. Ta có thể mô tả thuật toán theo các bước sau:

Đầu vào: Số các nhóm G cần nhóm và tập các thuộc tính thông tin (biến độc lập) của n khách hàng. ***Đầu ra:*** G nhóm đã được phân phối.

Bước 1: Chọn G đối tượng khách hàng ngẫu nhiên là tâm của nhóm

Bước 2: Gán từng khách hàng còn lại vào nhóm có tâm gần khách hàng đó nhất.

Bước 3: Chọn ngẫu nhiên một khách hàng không phải là đối tượng tâm, thay thế một trong các nhóm đó bằng nó nếu nó làm thay đổi khách hàng trong nhóm (gán khách hàng cho nhóm có tâm gần nhất).

Bước 4: Nếu gán tâm mới thì quay lại bước 2, ngược lại thì dừng (Nguyễn Văn Tuấn, 2007).

4. Kết luận

Sử dụng số liệu thu thập từ khách hàng chúng ta đã xây dựng mô hình hồi quy logistic để ước lượng xác suất không trả được nợ tín dụng của khách hàng. Bằng phương pháp hợp lý cực đại (MLE) và giảm gradient ta ước lượng được các hệ số hồi quy của mô hình từ đó ước lượng điểm số $log - odds$ và ước lượng xác suất không trả được nợ của khách hàng. Dựa trên các đặc điểm của khách hàng, phương pháp K – Medoids cho phép ta phân nhóm khách hàng theo nguy cơ không trả được nợ tín dụng cá nhân. Ứng dụng thuật toán K – Medoids cho phép ta phân nhóm cho các khách hàng theo hạng rủi ro tín dung.

Các kết quả của bài báo còn một số hạn chế và cũng là bài toán mở đối với sự tiếp tục nghiên cứu bài toán phân nhóm khách hàng. Một trong những hướng nghiên cứu tiếp theo đó là tính xác suất hiệu chỉnh (Probability Calibration), xác suất này sẽ cho ta cái nhìn về ước lượng xác suất theo từng nhóm rủi ro với tỉ lệ quan sát được, nếu hai đại lượng này có cùng phân phối tức là có không có sự khác biệt giữa xác suất ước lượng và tỉ lệ quan sát được. Tiếp đó ta có thể tính hệ số đo lường theo chi phí giúp ta tìm được một điểm cắt sao cho tối đa hóa lợi nhuận kỳ vọng.

Tài liệu tham khảo

Hoàng Thị Minh Châu, 2010, *Bài toán phân cụm*, Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Khoa học tự nhiên.

Nguyễn Văn Hữu, Nguyễn Hữu Dư, 2003, *Phân tích thống kê và dự báo*, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội.

Nguyễn Văn Tuấn, 2007, *Phân tích số liệu và biểu đồ bằng R*, NXB Khoa học và kỹ thuật.

H. Coolian, 2018, *Research methods and statisics in psychology*, Routledge .

D. R. Cox and D. M. Titterington, 1991, *Complex Stochastic Systems*, Royal Society, ISBN 0-85403-453-6.

D. R. Cox and P. J. Solomon, 2003, *Components of variance*, Chapman & Hall/CRC.

Badr Missaoui, 2009, *Statistics in Retail Finance*, Room 545, Huxley Building.

ABSTRACT

Estimating the probability of personal credit default using logistic regression

Nguyen Thi Hang
Hanoi University of Mining and Geology

The banking system is considered one of the most important financial institutions of the economy, playing an extremely important role in the development of the global economy. Credit activities (borrowing relationships including lending and borrowing) are the most profitable activities, but the inevitable thing that comes with it is credit risk. In this article, we study the logistic regression model, which allows estimating the probability of customers not being able to repay their debts through factors related to the characteristics investigated on the customers. The article uses the K-Medoids method to help group customers based on information (credit rating scores) of the customers - this is the new contribution of the article. Then, based on the results of this grouping and depending on the level of risk, banks can proactively take measures to limit risks and losses in the most appropriate way for them.

Keywords: credit risk; probability of default; customer grouping; logistic regression; credit rating scores; K – Medoids.

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Error analysis for a fractional Adams method

Nguyen Thi Hong[1], Dao Xuan Hung[2,*]
[1]*Department of Foundation, Academy of Cryptography Techniques*
[2]*Ha noi University of Mining and Geology*

ABSTRACT

This report, we investigate a method for the numerical solution of the nonlinear fractional differential equation $D_*^{\propto}y(t) = f(t, y(t))$, equipped with initial conditions $y^{(k)}(0) = y_0^{(k)}$, $k = 0, 1, ..., \lceil \propto \rceil - 1$; Here α may be an arbitrary positive real number, and the differential operator is the Caputo derivative. In this report, firstly the numerical method (the Adams method) is given, then we further study the error analysis of this method for the fractional differential equations in the cases: (i) the error estimates for $\alpha \in (0,1), f \in C^2(G)$, (ii) the solution $y(t)$ having some special forms.

Keywords: Fractional calculus; Caputo derivative; fractional differential equations.

1. Introduction

The generalized Adams-Bashforth-Moulton method, often simply called "the fractional Adams method", is a useful numerical algorithm for solving a fractional ordinary differential equation: $D_*^{\alpha}y(t) = f(t, y(t)), y^{(k)}(0) = y_0^{(k)}, k = 0,1, \dots, n-1$, where $\alpha > 0, n = \lceil \alpha \rceil$ is the first integer not less than α, and $D_*^{\alpha}y(t)$ is the α th-order fractional derivative of $y(t)$ in the Caputo sense (Oldham và Spanier, 1974; Renewed, 2006; Miller và Ross, 1993; Podlubny, 1999; Kilbas và nnk, 2006). Although error analyses for this fractional Adams method have been given for (a) $0 < \alpha, D_*^{\alpha}y(t) \in C^2[0,T]$, (b) $\alpha > 1, y \in C^{1+\lceil \alpha \rceil}[0,T]$, (c) $0 < \alpha < 1, y \in C^2[0,T]$, (d) $\alpha > 1, f \in C^3(G)$, there are still some unsolved problems (i) the error estimates for $\alpha \in (0,1), f \in C^2(G)$, (ii) the solution $y(t)$ having some special forms. In this report, we mainly study the error analyses of the fractional Adams method for the fractional ordinary differential equations for the three cases (i)-(ii).

2. The Adams method

Let the fractional initial value problem:

$$\begin{cases} D_*^{\alpha}y(t) = f(t, y(t)) \\ y^{(k)}(0) = y_0^{(k)}, k = 0,1, \dots, n-1 \end{cases} \quad (1)$$

Where the $y_0^{(k)}$ may be arbitrary real numbers, $\alpha > 0$ and $n := \lceil \alpha \rceil$ is the smallest integer $\geq \alpha$. $D_*^{\alpha}y(t)$ is the Caputo fractional derivative of order α of function y(t), which is defined by:

$$D_*^{\alpha}z(t) = \frac{1}{\Gamma(n-\alpha)} \int_0^t (t-\tau)^{n-\alpha-1} z^{(n)}(\tau) d\tau \ (0 \leq n-1 < \alpha < n \in Z^+)$$

In this part, the our purpose is to give a numerical method for (1) - the fractional Adams-Bashforth-Moulton method, simply called "the fractional Adams method". Firstly, we have the initial value problem (1) is equivalent to the Volterra integral equation (Li, 2005):

$$y(t) = \sum_{k=0}^{n-1} y_0^{(k)} \frac{t^k}{k!} + \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^t (t-u)^{\alpha-1} f(u, y(u)) du \quad (2)$$

In the sense that a continuous function is a solution of (1) if and only if it is a solution of (2).

Here, we assume the function f to be such that a unique solution exists on some interval [0, T]. we also assume that we are working on a uniform grid $\{t_j = jh: j = 0,1, \dots, N\}$ with some integer N and $h = T/N$. The basic idea is, assuming that we have already calculated approximations $y_j \approx y(t_j) (j = 1,2, \dots, k)$, that we try to obtain the approximation y_{k+1} by means of the equation:

* *Tác giả liên hệ*
Email: daoxuanhung@humg.edu.vn

$$y(t_{k+1}) = \sum_{k=0}^{n-1} y_0^{(k)} \frac{t^k}{k!} + \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{t_{k+1}} (t_{k+1} - u)^{\alpha-1} f(u, y(u)) du \tag{3}$$

To construct the required formula, we use the product trapezoidal quadrature formula with respect to the weight function $(t_{k+1} - .)^{\alpha-1}$ to replace the integral. In other words, we apply the approximation:

$$\begin{aligned} \int_0^{t_{k+1}} (t_{k+1} - t)^{\alpha-1} f(t, y(t)) &= \sum_{j=0}^{k} \int_{t_j}^{t_{j+1}} (t_{k+1} - t)^{\alpha-1} f(t, y(t)) dt \\ &\approx \sum_{j=0}^{k} \int_{t_j}^{t_{j+1}} (t_{k+1} - t)^{\alpha-1} \Big[f\left(t_j, y(t_j)\right) \\ &\quad + \frac{1}{h}\Big(f\left(t_{j+1}, y(t_{j+1})\right) - f\left(t_j, y(t_j)\right)\Big)(t - t_j)\Big] dt \end{aligned} \tag{4}$$

Where, by simple calculations we have:

$$a_{j,k+1} = \frac{h^\alpha}{\alpha(\alpha+1)} \times \begin{cases} (k^{\alpha+1} - (k-\alpha)(k+1)^\alpha) & \text{if } j = 0 \\ ((k-j+2)^{\alpha+1} + (k-j)^{\alpha+1} & \\ -2(k-j+1)^{\alpha+1}) & \text{if } 1 \le j \le k \\ 1 & \text{if } j = k+1 \end{cases} \tag{5}$$

This then gives us our corrector formula (i.e., the fractional variant of the one-step Adams-Moulton method), which is:

$$y_{k+1} = \sum_{k=0}^{n-1} y_0^{(k)} \frac{t^k}{k!} + \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \left(\sum_{j=0}^{k} a_{j,k+1} f(t_j, y_j) + a_{k+1,k+1} f(t_{k+1}, y_{k+1}^p) \right) \tag{6}$$

The remaining problem is the determination of the predictor formula required to calculate y_{k+1}^P. To do this, we replace the integral on the right-hand side of equation (3) by the product rectangle rule:

$$\begin{aligned} \int_0^{t_{k+1}} (t_{k+1} - t)^{\alpha-1} f(t, y(t)) \mathrm{d}t &= \sum_{j=0}^{k} \int_{t_j}^{t_{j+1}} (t_{k+1} - t)^{\alpha-1} f(t, y(t)) dt \\ &= \sum_{0}^{k} b_{j,k+1} f\left(t_j, y(t_j)\right) \end{aligned}$$

Where now:

$$b_{j,k+1} = \frac{h^\alpha}{\alpha} ((k+1-j)^\alpha - (k-j)^\alpha) \tag{8}$$

Thus, the predictor y_{k+1}^P is determined by the fractional Adams- Bashforth method:

$$y_{k+1}^P = \sum_{k=0}^{n-1} y_0^{(k)} \frac{t^k}{k!} + \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \sum_{j=0}^{k} b_{j,k+1} f(t_j, y_j) \tag{9}$$

Finally, we have the fractional Adams-Bashforth-Moulton method, which is written as following:

$$\begin{cases} y_{k+1} = \sum_{j=0}^{n-1} \frac{t_{k+1}^j}{j!} y_0^{(j)} + \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \left(\sum_{j=0}^{k} a_{j,k+1} f(t_j, y_j) + a_{k+1,k+1} f(t_{k+1}, y_{k+1}^p) \right) \\ y_{k+1}^p = \sum_{j=0}^{n-1} \frac{t_{k+1}^j}{j!} y_0^{(j)} + \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \sum_{j=0}^{k} b_{j,k+1} f(t_j, y_j) \end{cases} \tag{10}$$

In which, the weights $a_{j,k+1}$ and $b_{j,k+1}$ being defined according to (5) and (8), respectively.

We have thus completed the description of our numerical algorithm. The remainder of this report will be devoted to the error analysis for this scheme.

3. Error analyses for the fractional Adams method

In this section, we give and prove theorems below.

Lemma. If $\psi \in C^1[0,T], 0 < \alpha < 1$, then:

$$E_{k+1}\left[\int_0^t (t - \tau)^{-\alpha} \psi'(\tau) \mathrm{d}\tau \right] \le \frac{2}{\alpha(1-\alpha)} \|\psi'\| t_{k+1}^\alpha h^{1-\alpha}$$

And: $$F_{k+1}\left[\int_0^t (t-\tau)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau\right] \le \frac{A}{1-\alpha}\|\psi'\|\infty t_{k+1}^{\alpha}h^{1-\alpha}$$

Where A is a constant independent of k and h.

Proof. Using the expressions for E_{k+1}, we have:

$$\begin{aligned}
&E_{k+1}\left[\int_0^t (t-\tau)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau\right] = \\
&= \left|\sum_{j=0}^{k}\int_{t_j}^{t_{j+1}}\left\{\int_0^t (t-\tau)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau - \int_0^{t_j}\left(t_j-\tau\right)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau\right\}(t_{k+1}-t)^{\alpha-1}\,\mathrm{d}t\right| \\
&\le \sum_{j=0}^{k}\int_{t_j}^{t_{j+1}}\left|\int_0^t (t-\tau)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau - \int_0^{t_j}\left(t_j-\tau\right)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau\right|(t_{k+1}-t)^{\alpha-1}\,\mathrm{d}t \\
&\left|\int_0^t (t-\tau)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau - \int_0^{t_j}\left(t_j-\tau\right)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau\right| \\
&\le \|\psi'\|_{\infty}\left(\int_0^{t_j}\left(t_j-\tau\right)^{-\alpha}\mathrm{d}\tau - \int_0^{t_j}(t-\tau)^{-\alpha}\mathrm{d}\tau + \int_{t_j}^{t}(t-\tau)^{-\alpha}\mathrm{d}\tau\right) \\
&\le \frac{1}{1-\alpha}\|\psi'\|_{\infty}\left(t_j^{1-\alpha} + \left(t-t_j\right)^{1-\alpha} - t^{1-\alpha} + \left(t-t_j\right)^{1-\alpha}\right) \\
&\le \frac{2}{1-\alpha}\|\psi'\|_{\infty}\left(t-t_j\right)^{1-\alpha} \le \frac{2}{1-\alpha}\|\psi'\|_{\infty}h^{1-\alpha}.
\end{aligned}$$

So, one has:

$$\begin{aligned}
E_{k+1}\left[\int_0^t (t-\tau)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau\right] &\le \frac{2}{1-\alpha}\|\psi'\|_{\infty}h^{1-\alpha}\sum_{j=0}^{k}\int_{t_j}^{t_{j+1}}(t_{k+1}-t)^{\alpha-1}\,\mathrm{d}t \\
&= \frac{2}{1-\alpha}\|\psi'\|_{\infty}h^{1-\alpha}\int_0^{t_{k+1}}(t_{k+1}-t)^{\alpha-1}\,\mathrm{d}t = \frac{2}{\alpha(1-\alpha)}\|\psi'\|_{\infty}t_{k+1}^{\alpha}h^{1-\alpha}
\end{aligned}$$

Applying the expression for F_{k+1} gives:

$$\begin{aligned}
&F_{k+1}\left[\int_0^t (t-\tau)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau\right] = \Big|\sum_{j=0}^{k}\int_{t_j}^{t_{j+1}}(t_{k+1}-t)^{\alpha-1}\left\{\int_0^t (t-\tau)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau\right. \\
&\left. - \int_0^{t_j}\left(t_j-\tau\right)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau - \frac{1}{h}\left[\int_0^{t_{j+1}}\left(t_{j+1}-\tau\right)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau - \int_0^{t_j}\left(t_j-\tau\right)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau\right]\left(t-t_j\right)\right\}\mathrm{d}t\Big| \\
&\le \Big|\sum_{j=0}^{k}\int_{t_j}^{t_{j+1}}(t_{k+1}-t)^{\alpha-1}\Big|\int_0^t (t-\tau)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau \\
&- \int_0^{t_j}\left(t_j-\tau\right)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau - \frac{1}{h}\left[\int_0^{t_{j+1}}\left(t_{j+1}-\tau\right)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau - \int_0^{t_j}\left(t_j-\tau\right)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau\right]\left(t-t_j\right)\Big|\,\mathrm{d}t.
\end{aligned}$$

By tedious calculations, one gets:

$$\begin{aligned}
&\Big|\int_0^t (t-\tau)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau - \int_0^{t_j}\left(t_j-\tau\right)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau \\
&- \frac{1}{h}\left[\int_0^{t_{j+1}}\left(t_{j+1}-\tau\right)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau - \int_0^{t_j}\left(t_j-\tau\right)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau\right]\left(t-t_j\right)\Big| \\
&\le \left|\int_0^{t_j}\left[(t-\tau)^{-\alpha} - \left(t_j-\tau\right)^{-\alpha} - \frac{1}{h}\left(\left(t_{j+1}-\tau\right)^{-\alpha} - \left(t_j-\tau\right)^{-\alpha}\right)\left(t-t_j\right)\right]\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau\right|
\end{aligned}$$

$$
\begin{aligned}
&+\left|\int_{t_j}^{t}\left[(t-\tau)^{-\alpha}-\frac{1}{h}\left(t_{j+1}-\tau\right)^{-\alpha}\left(t-t_j\right)\right]\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau\right|+\left|\frac{1}{h}\int_{t}^{t_{j+1}}\left(t_{j+1}-\tau\right)^{-\alpha}\left(t-t_j\right)\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau\right| \\
\leq&\frac{1}{1-\alpha}\|\psi'\|_{\infty}\left\{\left|-\left(t-t_j\right)^{1-\alpha}+t^{1-\alpha}-t_j^{1-\alpha}-\frac{1}{h}\left(t-t_j\right)\left[-\left(t_{j+1}-t_j\right)^{1-\alpha}+t_{j+1}^{1-\alpha}-t_j^{1-\alpha}\right]\right|\right. \\
&\left.+\left|\left(t-t_j\right)^{1-\alpha}-\frac{1}{h}\left(t-t_j\right)\left[-\left(t_{j+1}-t\right)^{1-\alpha}+\left(t_{j+1}-t_j\right)^{1-\alpha}\right]\right|+\frac{1}{h}\left(t_{j+1}-t\right)^{1-\alpha}\left(t-t_j\right)\right\} \\
\leq&\frac{1}{1-\alpha}\|\psi'\|_{\infty}\left\{t^{1-\alpha}-t_j^{1-\alpha}-\frac{1}{h}\left(t_{j+1}^{1-\alpha}-t_j^{1-\alpha}\right)\left(t-t_j\right)\right. \\
&\left.+\left(\left(t-t_j\right)^{1-\alpha}-h^{-\alpha}\left(t-t_j\right)\right)+\left(t-t_j\right)^{1-\alpha}-h^{-\alpha}\left(t-t_j\right)+\frac{2}{h}\left(t_{j+1}-t\right)^{1-\alpha}\left(t-t_j\right)\right\} \\
=&\frac{1}{1-\alpha}\|\psi'\|_{\infty}\left\{t^{1-\alpha}-t_j^{1-\alpha}-\frac{1}{h}\left(t_{j+1}^{1-\alpha}-t_j^{1-\alpha}\right)\left(t-t_j\right)\right. \\
&\left.+2\left[h^{-1}\left(t_{j+1}-t\right)^{1-\alpha}\left(t-t_j\right)+\left(t-t_j\right)^{1-\alpha}-h^{-\alpha}\left(t-t_j\right)\right]\right\} \\
\leq&\frac{1}{1-\alpha}\|\psi'\|_{\infty}\left\{t^{1-\alpha}-t_j^{1-\alpha}-\frac{1}{h}\left(t_{j+1}^{1-\alpha}-t_j^{1-\alpha}\right)\left(t-t_j\right)+4h^{1-\alpha}\right\}.
\end{aligned}
$$

Utilizing the above inequalities, we have:

$$
\begin{aligned}
F_{k+1}\left[\int_0^t(t-\tau)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau\right]&\leq\frac{1}{1-\alpha}\|\psi'\|_{\infty}\left\{F_{k+1}[t^{1-\alpha}]+4h^{1-\alpha}\sum_{j=0}^{k}\int_{t_j}^{t_{j+1}}\left(t_{k+1}-t\right)^{\alpha-1}\,\mathrm{d}t\right\} \\
&\leq\frac{1}{1-\alpha}\|\psi'\|_{\infty}\left\{C_{\alpha,1-\alpha}^{\mathrm{Tr}}t_{k+1}^{\alpha-1}h^{2-\alpha}+\frac{4}{\alpha}t_{k+1}^{\alpha}h^{1-\alpha}\right\}\leq\frac{A}{1-\alpha}\|\psi'\|_{\infty}t_{k+1}^{\alpha}h^{1-\alpha}
\end{aligned}
$$

The proof is completed.

Theorem 1. Let $0<\alpha<1$. Then, if $f\in C^2(G)$,

$$\max_{t_j\in[\epsilon,T]}\left|y\left(t_j\right)-y_j\right|=O(h^{1-\alpha})$$

For every $\epsilon>0$, and:

$$\max_{0\leq j\leq N}\left|y\left(t_j\right)-y_j\right|=O(1)$$

Proof. Since $f\in C^2(G)$, using Theorem 2.1(a) in (Diethelm và nnk, 2004), we have:

$$y(t)=\sum_{\nu=1}^{\nu_1}c_\nu t^{\alpha\nu}+\psi(t)$$

In which $\nu_1=\lceil 1/\alpha\rceil-1,\psi(t)\in C^1[0,T]$.

Now, using the Caputo fractional derivative definition yields:

$$D_*^{\alpha}y(t)=\sum_{\nu=1}^{\nu_1}\frac{\Gamma(\alpha\nu+1)}{\Gamma(\alpha\nu+1-\alpha)}c_\nu t^{\alpha\nu-\alpha}+\frac{1}{\Gamma(1-\alpha)}\int_0^t(t-\tau)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau \tag{11}$$

Set $g(t)=\frac{1}{\Gamma(1-\alpha)}\int_0^t(t-\tau)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau$. Next we estimate $E_{k+1}[g(t)]$ and $F_{k+1}[g(t)]$.

$$
\begin{aligned}
E_{k+1}[g(t)]&=\frac{1}{\Gamma(1-\alpha)}E_{k+1}\left[\int_0^t(t-\tau)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau\right] \\
&\leq\frac{1}{\Gamma(1-\alpha)}\frac{2}{\alpha(1-\alpha)}\|\psi'\|t_{k+1}^{\alpha}h^{1-\alpha}
\end{aligned}
\tag{12}
$$

Also,

$$
\begin{aligned}
F_{k+1}[g(t)]&=\frac{1}{\Gamma(1-\alpha)}F_{k+1}\left[\int_0^t(t-\tau)^{-\alpha}\psi'(\tau)\mathrm{d}\tau\right] \\
&\leq\frac{A}{\Gamma(2-\alpha)}\|\psi'\|_{\infty}t_{k+1}^{\alpha}h^{1-\alpha}
\end{aligned}
\tag{13}
$$

From Theorem 2.4(b) in (K. Diethelm và nnk, 2004) we have:

$$
\begin{aligned}
E_{k+1}\left[\sum_{\nu=1}^{\nu_1}\frac{\Gamma(\alpha\nu+1)}{\Gamma(\alpha\nu+1-\alpha)}c_\nu t^{\alpha\nu-\alpha}\right]&\leq\sum_{\nu=1}^{\nu_1}\frac{\Gamma(\alpha\nu+1)}{\Gamma(\alpha\nu+1-\alpha)}|c_\nu|E_{k+1}[t^{\alpha\nu-\alpha}] \\
&\leq\sum_{\nu=1}^{\nu_1}\frac{\Gamma(\alpha\nu+1)}{\Gamma(\alpha\nu+1-\alpha)}|c_\nu|C_{\alpha,\alpha\nu-\alpha}^{\mathrm{Re}}t_{k+1}^{\alpha+\alpha\nu-\alpha-1}h\leq C^{Re}t_{k+1}^{\alpha-1}h
\end{aligned}
\tag{14}
$$

And from Theorem 2.4(c) in (K. Diethelm và nnk (2004), we have:

$$\boldsymbol{F_{k+1}}\left[\sum_{v=1}^{v_1}\frac{\Gamma(\alpha v+1)}{\Gamma(\alpha v+1-\alpha)}\boldsymbol{c_v t^{\alpha v-\alpha}}\right] \le \sum_{v=2}^{v_1}\frac{\Gamma(\alpha v+1)}{\Gamma(\alpha v+1-\alpha)}|\boldsymbol{c_v}|\boldsymbol{F_{k+1}}[\boldsymbol{t^{\alpha v-\alpha}}]$$
$$\le \sum_{v=2}^{v_1}\frac{\Gamma(\alpha v+1)}{\Gamma(\alpha v+1-\alpha)}|\boldsymbol{c_v}|\boldsymbol{C}_{\alpha,\alpha v-\alpha}^{\mathrm{Tr}}\boldsymbol{t}_{k+1}^{\alpha+\alpha v-\alpha-\sigma_v}\boldsymbol{h}^{\sigma_v} \le \boldsymbol{C}^{Tr}\boldsymbol{t}_{k+1}^{\alpha-1}\boldsymbol{h}^{\alpha+1} \quad (15)$$

Where: $\sigma_v = \min(2, \alpha v - \alpha + 1)$.

Thus, from (11), (12) and (14), we get:

$$E_{k+1}[D_*^\alpha y(t)] \le 2\max\left\{\frac{2}{\alpha\Gamma(2-\alpha)}\|\psi'\|t_{k+1}^\alpha h^{1-\alpha}, C^{\mathrm{Re}}t_{k+1}^{\alpha-1}h\right\} \quad (16)$$

And from (11), (13) and (15), we also get:

$$F_{k+1}[D_*^\alpha y(t)] \le 2\max\left\{\frac{A}{\Gamma(2-\alpha)}\|\psi'\|t_{k+1}^\alpha h^{1-\alpha}, C^{\mathrm{Tr}}t_{k+1}^{\alpha-1}h^{\alpha+1}\right\} \quad (17)$$

Now, by using (16) and (17), we obtain:

$$\left|y(t_j) - y_j\right| \le Ct_j^{\alpha-1}h^q,\ (q = \min(1,1-\alpha))$$

So, if $\epsilon \in (0,T]$ and $t_j \in [\epsilon, T]$, then:

$$\left|y(t_j) - y_j\right| \le Ct_j^{\alpha-1}h^{1-\alpha} \le C\epsilon^{\alpha-1}h^q$$

Or:

$$\max_{t_j\in[\epsilon,T]}\left|y(t_j) - y_j\right| = O(h^{1-\alpha})$$

And:

$$\max_{0\le j\le N}\left|y(t_j) - y_j\right| = O(1)$$

The proof is completed.

According to Theorems 2.1, 3.2 in (K. Diethelm và nnk (2004)), the smooth condition of $\psi(t)$ plays an important role in error estimates. If this term is removed, what will happen? We will give an answer.

Theorem 2. Suppose that the solution y of (1) is expressed in the form:

$$y(t) = \sum_{v=0}^{v_0} c_v t^{\alpha v} \quad (18)$$

In which $v_0 \in Z^+$, with the constants $c_1, c_2, \dots, c_{v_0} \in \mathbf{R}$. Then, for $\epsilon \in (0,T]$,

$$\max_{t_j\in[\epsilon,T]}\left|y(t_j) - y_j\right| = \begin{cases} O(h^2) & \text{if } 1 < \alpha \\ O(h^{1+\alpha}) & \text{if } 0 < \alpha < 1 \end{cases}$$

And moreover,

$$\max_{0\le j\le N}\left|y(t_j) - y_j\right| = \begin{cases} O(h^2) & \text{if } 1 < \alpha \\ O(h^{2\alpha}) & \text{if } 0 < \alpha < 1 \end{cases}$$

Proof. Using (18) and the Caputo fractional derivative definition yields:

$$D_*^\alpha y(t) = \sum_{v=1}^{v_0}\frac{\Gamma(v\alpha+1)}{\Gamma(v\alpha+1-\alpha)}c_v t^{v\alpha-\alpha} \quad (19)$$

If $\alpha > 1$, it follows from (19) and Theorems 2.3 and 2.4 in (K. Diethelm và nnk, 2004) that:

$$E_{k+1}[D_*^\alpha y(t)] \le \sum_{v=1}^{v_0}\frac{\Gamma(v\alpha+1)}{\Gamma(v\alpha+1-\alpha)}|c_v|E_{k+1}[t^{v\alpha-\alpha}] \le C_1 t_{k+1}^\alpha h \quad (20)$$

And:

$$F_{k+1}[D_*^\alpha y(t)] \le \sum_{v=1}^{v_0}\frac{\Gamma(v\alpha+1)}{\Gamma(v\alpha+1-\alpha)}|c_v|F_{k+1}[t^{v\alpha-\alpha}] \le C_2 t_{k+1}^{2(\alpha-1)}h^2 \quad (21)$$

Now, by using (20) and (21) and Lemma 3 in K9. (Diethelm và nnk, 2004), we get:

$$\left|y(t_j) - y_j\right| \le Ch^q,\ (q = \min(2,1+\alpha))$$
$$\max_{0\le j\le N}\left|y(t_j) - y_j\right| = O(h^2)$$

If $0 < \alpha < 1$, by almost the same reasoning, we again have:

$$E_{k+1}[D_*^\alpha y(t)] \le \sum_{v=1}^{v_0}\frac{\Gamma(v\alpha+1)}{\Gamma(v\alpha+1-\alpha)}|c_v|E_{k+1}[t^{v\alpha-\alpha}] \le C_3 t_{k+1}^{\alpha-1}h \quad (22)$$

And:

$$F_{k+1}[D_*^\alpha y(t)] \le \sum_{v=1}^{v_0}\frac{\Gamma(v\alpha+1)}{\Gamma(v\alpha+1-\alpha)}|c_v|F_{k+1}[t^{v\alpha-\alpha}] \le C_4 t_{k+1}^{\alpha-1}h^{\alpha+1} \quad (23)$$

By using (22) and (23), we obtain:

$$\left|y(t_j) - y_j\right| \le C_5 t^{\alpha-1}h^q,\ (\text{ here } q = 1+\alpha)$$

So, for arbitrary $\epsilon > 0$ and $t_j \in [\epsilon, T]$,

$$\left|y(t_j) - y_j\right| \le C_5 \epsilon^{\alpha-1} h^{1+\alpha}$$

i.e., $\max_{t_j \in [\epsilon, T]} \left|y(t_j) - y_j\right| = O(h^{1+\alpha})$

And for $0 \le j \le N$, $\left|y(t_j) - y_j\right| \le Ch^{2\alpha}$.

This ends the proof.

Compared to DFF Theorem (b) (the case with $\alpha > 1$ and $\in C^{\lceil\alpha\rceil+1}[0,T]$), here the order of the estimate is much higher but $y \in C^{\lceil\alpha\rceil-1}[0,T]$, except for the special form of $y(t)$. The error estimates are actually the posterior estimates. A more general case relating to the posterior error estimates is given below.

Theorem 3. Suppose that the solution y of (1) is expressed in the form

$$y(t) = \sum_{\nu=0}^{\nu_0} c_{0,\nu} t^{\alpha\nu} + \sum_{\nu=1}^{\nu_1} c_{1,\nu} t^{1+\alpha\nu} + \sum_{\nu=1}^{\nu_2} c_{2,\nu} t^{2+\alpha\nu} + \cdots + \sum_{\nu=1}^{\nu_l} c_{l,\nu} t^{l+\alpha\nu} \qquad (24)$$

In which $\nu_0, \nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_l, l \in Z^+$, all $c_{0,\nu}, c_{1,\nu}, \ldots, c_{l,\nu}$ are real numbers. Then, for $\epsilon \in (0,T]$,

$$\max_{t_j \in [\epsilon, T]} \left|y(t_j) - y_j\right| = \begin{cases} O(h^2) & \text{if } 1 < \alpha \\ O(h^{1+\alpha}) & \text{if } 0 < \alpha < 1 \end{cases}$$

And moreover, $\max_{0 \le j \le N} \left|y(t_j) - y_j\right| = \begin{cases} O(h^2) & \text{if } 1 < \alpha \\ O(h^{2\alpha}) & \text{if } 0 < \alpha < 1 \end{cases}$

The proof of this theorem is the same as that of Theorem 2 and so is omitted here. It is worthy of note that the last l terms on the right hand side of Eq. (24) cannot begin with $\nu = 0$; otherwise, the above conclusion does not hold yet.

4. Conclusion

In this report, we first introduce the fractional Adams method, then present and prove one lemma and three important theorems on the errors of this fractional Adam method. These results help improve the theory of fractional differential equations and are widely applied in other fields.

References

K.B. Oldham, J. Spanier, 1974, renewed 2006. The Fractional Calculus, Academic Press, New York.

K.S. Miller, B. Ross, 1993. An Introduction to the Fractional Calculus and Fractional Differential Equations, Wiley-Interscience (John Wiley & Sons), New York.

I. Podlubny, 1999. Fractional Differential Equations, Academic Press, New York.

A.A. Kilbas, H.M. Srivastava, J.J. Trujillo, 2006. Theory and Applications of Fractional Differential Equations, Elsevier, New York.

Diethelm, N.J. Ford, A.D. Freed, 2004. Detailed error analysis for a fractional Adams method, *Numer. Algorithms* 36, 31-52.

C.P. Li, 2005. Synchronization in fractional-order differential systems. *Physica D* 212, 111-125.

TÓM TẮT

Phân tích sai số cho phương pháp Adams cấp phân số

Nguyễn Thị Hồng[1], Đào Xuân Hưng[2]

[1]Học viện kĩ thuật Mật Mã

[2]Đại học Mỏ - Địa chất

Báo cáo này, chúng tôi nghiên cứu phương pháp số để giải phương trình vi phân cấp phân số phi tuyến $D_*^{\propto}$y(t) = f(t, y(t)), với các điều kiện ban đầu $y^{(k)}(0) = y_0^{(k)}$, k = 0, 1, ..., $\lceil\propto\rceil - 1$; ở đây α có thể là một số thực dương tùy ý và toán tử vi phân là đạo hàm Caputo. Trong báo cáo này, trước hết phương pháp số (phương pháp Adams) được đưa ra, sau đó chúng tôi nghiên cứu sâu hơn về phân tích sai số của phương pháp này cho các phương trình vi phân cấp phân số trong các trường hợp: (i) ước lượng sai số trong trường hợp $\alpha \in (0,1), f \in C^2(G)$, (ii) nghiệm y(t) có một số dạng đặc biệt.

Từ khóa: Phép tính phân số; Đạo hàm Caputo; phương trình vi phân cấp phân số.

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Nhóm tự đẳng cấu của mô hình kiểu hữu hạn

Nguyễn Thị Lan Hương*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Cho W là một miền trong C^n. Tập tất cả các tự đẳng cấu (song chỉnh hình từ W vào W) của W, ký hiệu bởi Aut(W) lập thành một nhóm với phép toán hợp thành. Hơn nữa, Aut(W) cũng là một nhóm tôpô hội tụ đều trên các tập con compact (tức là tôpô compact-mở). Các nghiên cứu trong mấy thập kỷ qua chỉ ra rằng, hình học của miền được xác định bởi cấu trúc của nhóm tự đẳng cấu, tức là biết được nhóm Aut(W) ta có thể suy ra được một số tính chất hình học của miền W. Vì vậy, việc tính hoặc mô tả nhóm tự đẳng cấu là cần thiết. Bằng phương pháp nghiên cứu lý thuyết giải tích phức nhiều chiều, trong báo cáo này, tác giả đưa ra một số kết quả nghiên cứu về nhóm tự đẳng cấu của mô hình kiểu hữu hạn và một số ví dụ áp dụng cho kết quả nghiên cứu.

Từ khóa: Tự đẳng cấu; miền; hữu hạn.

1. Đặt vấn đề

Với hầu hết các miền, việc tính các nhóm tự đẳng cấu không đơn giản và mới chỉ thực hiện được trong một số trường hợp cụ thể.

Cụ thể, trong mặt phẳng phức, nhóm tự đẳng cấu đơn vị được tính toán dễ dàng. Đối với các miền trong không gian phức với chiều ≥ 2, đa đĩa Δ^n và hình cầu đơn vị B^n cũng được mô tả chi tiết. Từ việc hai nhóm này không đẳng cấu với nhau (chẳng hạn, chiều của hai nhóm tự đẳng cấu khác nhau), ta suy ra ngay Δ^n và B^n không song chỉnh hình với nhau mặc dù chúng đồng phôi với nhau.

Năm 1931, P. Thullen (A. Zimmer, 2018) đã mô tả nhóm tự đẳng cấu của miền ellipsoid (miền Thullen):

$$D = \{(w, z) \in C^2: |w|^2 + |z|^p < 1\}, 1 < p \neq 2. \quad (1)$$

Sau đó, các nhà toán học như H. Cartan, I. Naruti, T. Sunada, R. E. Green, S. Krantz,… (Do Duc Thai and Ninh Van Thu, 2009) đã thành công trong việc mô tả nhóm tự đẳng cấu của một số lớp miền Thullen tổng quát trong C^n.

Báo cáo này dành để mô tả nhóm tự đẳng cấu của mô hình đa kiểu hữu hạn (theo nghĩa của D. Catlin (Ninh Van Thu, 2009)) trong C^n sau đây:

$$M_p = \{z = (z', z_n) \in C^n: \mathrm{Re}(z_n) + P(z') < 0\} \quad (2)$$

Trong đó P(z') là đa thức giá trị thực, đa điều hòa dưới, thuần nhất theo trọng và không chứa hạng tử đa điều hòa.

2. Cơ sở lý thuyết

Với mỗi điểm $z = (z_1,\ldots, z_n) \in C^n$, ta ký hiệu $z' = (z_1,\ldots, z_{n-1}) \in C^{n-1}$.

Cố định các số nguyên dương $m_1, m_2, \ldots, m_{n-1}$.

Khi đó, theo tứ tự ta gán trọng: $\frac{1}{2m_1}, \ldots, \frac{1}{2m_{n-1}}$ cho các biến $z_1,\ldots, z_{n-1}$.

Với đa chỉ số $K = (k_1,\ldots, k_{n-1}) \in Z_{\geq 0}^{n-1}$, ta ký hiệu $wt(K) := \sum_{j=1}^{n-1} \frac{k_j}{2mj}$ là trọng của nó.

Xét đa thức P theo biến z' giá trị thực, đa điều hòa dưới, không chứa hạng tử đa điều hòa, cho bởi:

$$(*) \qquad P(z') = \sum_{wt(K)+wt(L)=1/2} a_{KL} z'^K \overline{z'}^K \text{ với } a_{KL} \in C \text{ với } a_{KL} = \bar{a}_{KL}. \quad (3)$$

Chú ý rằng đa thức P là đa thức thuần nhất theo trọng $(\frac{1}{m_1}, \ldots, \frac{1}{m_{n-1}})$, tức là:

$$P\left(t^{\frac{1}{2m_1}} z_1, \ldots, t^{\frac{1}{2m_{n-1}}} z_{n-1}\right) = t.P(z_1, \ldots, z_{n-1}) \quad \text{với mọi } z' \in C^{n-1} \text{ và } t > 0. \quad (4)$$

Xét hai lớp miền đặc biệt là D_P và Q_P trong C^n ($n \geq 2$), được xác định lần lượt như sau:

$$D_p = \{z = (z', z_n) \in C^n: |z_n|^2 + P(z') < 1\};$$

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthilanhuong@humg.edu.vn

$$Q_P = \{z = (z', z_n) \in C^n: \mathrm{Re}(z_n) + P(z') < 0\}. \quad (5)$$

Đặt $S_\lambda(\lambda > 0), T_s(s \in R)$ là nhóm tự đẳng cấu của of M_P mà lần lượt được xác định bởi:

$$S_\lambda(z) = \left(\lambda^{1/2m_1} z_1, \dots, \lambda^{1/2m_{n-1}} z_{n-1}, \lambda z_n\right);\ T_s(z) = (z', z_n + is). \quad (6)$$

Định nghĩa 1.1. Một mô hình M_P được gọi là ống (hoặc tròn xoay) nếu M_P là song chỉnh hình tương đương với mô hình $M_{\tilde{P}}$, trong đó đa thức thuần nhất có trọng $\tilde{P}$ thỏa mãn:

$$\tilde{P}(z_1, \dots, z_{n-1}) = \tilde{P}(Im\, z_1, z_2, \dots, z_{n-1}) \text{ (resp.} \tilde{P}(z_1, z_2, \dots, z_{n-1}) = \tilde{P}(|z_1|, z_2, \dots, z_{n-1}))$$

với mọi $z' \in \mathbb{C}^{n-1}$.

Định nghĩa 1.2. Mô hình M_P được gọi là tổng quát nếu nó không song chỉnh hình tương đương với mô hình tròn xoay hoặc mô hình ống nào.

Bằng cách khai triển P thành chuỗi Taylor tại $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_{n-1}) \in \mathbb{C}^{n-1}$, ta có:

$$P(z') = \sum_{wt(K)=wt(L)=1/2} a_{KL} z'^K z'^{-L},$$

$$= P(\alpha) + 2\,Re \sum_{|p|>0} \frac{D^p P(\alpha)}{p!}(z' - \alpha)^p + \sum_{|p|>0,|q|>0} \frac{D^p \overline{D}^q P(\alpha)}{p!q!}(z' - \alpha)^p (\overline{z}' - \overline{\alpha})^q, \quad (7)$$

Trong đó D^p và $\overline{D}^q$ lần lượt ký hiệu cho các toán tử vi phân đạo hàm riêng:

$$\frac{\partial^{|p|}}{\partial z_1^{p_1} \dots \partial z_{n-1}^{p_{n-1}}} \text{ and } \frac{\partial^{|q|}}{\partial z_1^{-q_1} \dots \partial z_{n-1}^{-q_{n-1}}} \quad (8)$$

Bằng cách đổi biến:

$$\begin{cases} w_n = z_n + P(\alpha) + 2\sum_{|p|>0} \frac{D^p P(\alpha)}{p!}(z' - \alpha)^p \\ w' = z' - \alpha \end{cases} \quad (9)$$

Hàm xác định biên cho M_P được cho bởi:

$$\rho(z) = Re\, w_n + \sum_{|p|>0,|q|>0} \frac{D^p \overline{D}^q P(\alpha)}{p!q!}(w')^p (\overline{w}')^q$$

$$= Re\, w_n + \sum_{|p|>0,|q|>0;wt(p)+wt(q)<1} \frac{D^p \overline{D}^q P(\alpha)}{p!q!}(w')^p (\overline{w}')^q \quad (10)$$

$$+ \sum_{|p|>0,|q|>0;wt(p)+wt(q)=1} \frac{D^p \overline{D}^q P(\alpha)}{p!q!}(w')^p (\overline{w}')^q$$

Từ nay về sau, chúng ta giả thiết rằng M_P là tổng quát. Hơn nữa, chúng tôi đưa ra các ký hiệu sau đây:

$$P_{2m_1 \dots 2m_{n-1}}(\partial M_P) := \{z \in \partial M_P: M(z) = (2m_1, 2m_2, \dots, 2m_{n-1}, 1)\};\ \Gamma := \{(0', it): t \in \mathbb{R}\}. \quad (11)$$

Bổ đề 1.1 Cho P là đa thức thuần nhất có trọng với trọng $(m_1, \dots, m_{n-1})$ cho bởi (*) sao cho $P(z') > 0$ với mọi $z' \in \mathbb{C}^{n-1}\backslash\{0\}$. Giả sử M_P là tổng quát. Nếu tồn tại ít nhất một số nguyên trong các số $m_1, \dots, m_{n-1}$ lớn hơn 2, thì $P_{2m_1,\dots,2m_{n-1}}(\partial M_P) = \Gamma := \{(0', it): t \in \mathbb{R}\}$.

Bây giờ chúng tôi chuẩn bị định lý sau như là một phần chính trong chứng minh của định lý 2.1.

Định lý 1.1 Cho P là đa thức thuần nhất có trọng với trọng $(m_1, \dots, m_{n-1})$ cho bởi (*) sao cho $P(z') > 0$ với mọi $z' \in \mathbb{C}^{n-1}\backslash\{0\}$. Giả sử M_P là một mô hình tổng quát mà không song chỉnh hình với Q_P. Giả sử $f \in \mathrm{Aut}(M_P), f(0) = 0$ và tồn tại các lân cận U_1, U_2 của $0 \in \mathbb{C}^n$ sao cho f thác triển thành đồng phôi địa phương giữa $U_1 \cap \overline{M_P}$ và $U_2 \cap \overline{M_P}$. Khi đó, sau khi hợp thành với $S_t(t > 0)$ hoặc với một phần tử của G_P nếu cần thiết, thì ta có $f = \mathrm{Id}$.

Chứng minh.

Chúng ta xác định tập H bằng cách đặt $H := \{z \in \mathbb{C}: Re\, z < 0\}$ và biết rằng $\Gamma := \{(0', it): t \in \mathbb{R}\}$.

Khi đó, ta định nghĩa $g_j(z_n) := f_j(0', z_n)(1 \le j \le n-1)$ và $g_n(z_n) := f_n(0', z_n)$ với mọi $z_n \in H$.

Do đa kiểu Catlin là CR-bất biến nên từ bổ đề suy ra rằng, sau khi thu nhỏ các lân cận U_1, U_2 nếu cần thiết, $f(U_1 \cap \Gamma) = U_2 \cap \Gamma$.

Do đó, với mỗi $1 \le j \le n-1$ chúng ta có $g_j(it) = 0$ với mọi $-\varepsilon_0 < t < \varepsilon_0$ với $\varepsilon_0 > 0$ đủ nhỏ.

Khi đó, từ định lý đồng nhất suy ra rằng $g_j(z_n) = 0$ với mọi $z_n \in H$.

Hơn nữa, do $P(z') > 0$ với mọi $z' \in \mathbb{C}^{n-1}\backslash\{0\}$, chúng ta có $g_n \in Aut(H)$.

Do $g_n(0) = 0$ nên ta có thể chỉ ra rằng $g_n(z_n) = \frac{\alpha z_n}{1 + i\beta z_n}$ với $\alpha > 0$ và $\beta \in \mathbb{R}$ nào đó.

Thêm nữa, do $f_n(M_P) \subset H$ và f là song chỉnh hình nên ta thu được:

$f_n(z) = f_n(0', z_n) = \frac{\alpha z_n}{1 + i\beta z_n}$ với $\alpha > 0$ và $\beta \in \mathbb{R}$.

Bây giờ ta xét các trường hợp sau:

Trường hợp 1: $\beta \neq 0$.

Trong trường hợp này, bằng cách khai triển f_n thành chuỗi Taylor, ta thu được:

$$f_n(z) = \frac{\alpha z_n}{1 + i\beta z_n} = \alpha z_n - i\beta\alpha z_n^2 + \cdots \quad (12)$$

Trong đó các dấu "…" ký hiệu cho các hạng tử có bậc theo trọng lớn hơn 2.

Hơn nữa, do tính không bất biến của $\overline{M_P}$ dưới ánh xạ $S_t(t>0)$, chúng ta có:

$$Re\left(f_n\left(t^{\frac{1}{2m_1}}z_1,\dots,t^{\frac{1}{2m_{n-1}}}z_{n-1},tz_n\right)\right)$$
$$+P\left(f_1\left(t^{\frac{1}{2m_1}}z_1,\dots,t^{\frac{1}{2m_{n-1}}}z_{n-1},tz_n\right),\dots,f_{n-1}\left(t^{\frac{1}{2m_1}}z_1,\dots,t^{\frac{1}{2m_{n-1}}}z_{n-1},tz_n\right)\right)\le 0 \quad (13)$$

Với mọi $(z',z_n)\in U_1\cap\overline{M_P}$ và $t\in(0,1)$.

Do đó, ta có:

$$Re\left(\alpha t z_n - i\beta\alpha t^2 z_n^2 + o(t^2)\right)$$
$$+P\left(f_1\left(t^{\frac{1}{2m_1}}z_1,\dots,t^{\frac{1}{2m_{n-1}}}z_{n-1},tz_n\right),\dots,f_{n-1}\left(t^{\frac{1}{2m_1}}z_1,\dots,t^{\frac{1}{2m_{n-1}}}z_{n-1},tz_n\right)\right)\le 0 \quad (14)$$

Với mọi $(z',z_n)\in U_1\cap\overline{M_P}$ và $t\in(0,1)$.

Không mất tính tổng quát, ta giả thiết rằng $m_1\ge m_2\ge\dots\ge m_{n-1}$.

Từ sau đây, ký hiệu $h_s(z)$ được ký hiệu cho các mầm hàm chỉnh hình tại gốc với bậc theo trọng lớn hơn s $(s>0)$.

Chúng ta sẽ chứng minh rằng $df=$ Id tại gốc tọa độ, sai khác một phép hợp thành với một phần tử của G_P.

Để chứng minh điều này, chúng ta chia ra hai trường hợp sau đây:

Trường hợp con 1: $m_1>m_2>\dots>m_{n-1}$.

Cố định $z\in U_1\cap\partial M_P$.

Khi đó, do $Re\left(f_n\left(t^{\frac{1}{2m_1}}z_1,\dots,t^{\frac{1}{2m_{n-1}}}z_{n-1},tz_n\right)\right)=\alpha t\,Re\,z_n+o(t)$ nên ta suy ra rằng:

$$P\left(f_1\left(t^{\frac{1}{2m_1}}z_1,\dots,t^{\frac{1}{2m_{n-1}}}z_{n-1},tz_n\right),\dots,f_{n-1}\left(t^{\frac{1}{2m_1}}z_1,\dots,t^{\frac{1}{2m_{n-1}}}z_{n-1},tz_n\right)\right)$$
$$=\alpha t\,Re\,z_n+o(t). \quad (15)$$

Hơn nữa, do $t^{\frac{1}{2m_1}}>t^{\frac{1}{2m_2}}>\dots>t^{\frac{1}{2m_{n-1}}}$ với mọi $t\in(0,1)$ nên ta có với mỗi $1\le j\le n-1$ thì:

$$f_j(z)=a_{j,j}z_j+h_{1/2m_j}(z),\text{ trong đó } a_{1,1},\dots,a_{n-1,n-1}\neq 0. \quad (16)$$

Tiếp đến, thay f bởi $S_{1/\alpha}\circ f$, chúng ta có thể giả thiết rằng $\alpha=1$.

Lấy đạo hàm riêng cấp 1 cả 2 vế của bất đẳng thức trên theo t và sau đó tính giới hạn khi $t\to 0^+$, ta thu được:

$$Re\,z_n+P\left(a_{1,1}z_1,a_{2,2}z_2,\dots,a_{n-1,n-1}z_{n-1}\right)<0,\text{ với mọi } (z',z_n)\in M_P. \quad (17)$$

Tính toán tương tự cho f^{-1} ta cũng thu được:

$$Re\,z_n+P\left(a_{1,1}^{-1}z_1,a_{2,2}^{-1}z_2,\dots,a_{n-1,n-1}^{-1}z_{n-1}\right)<0,\text{ với mọi } (z',z_n)\in M_P. \quad (18)$$

Hơn nữa, chúng ta cũng có thể kết luận rằng:

$$Re\,z_n+P\left(a_{1,1}z_1,a_{2,2}z_2,\dots,a_{n-1,n-1}z_{n-1}\right)<0. \quad (19)$$

Khi và chỉ khi $Re\,z_n+P(z')<0$, và do đó:

$$g(z):=\left(a_{1,1}z_1,a_{2,2}z_2,\dots,a_{n-1,n-1}z_{n-1},z_n\right). \quad (20)$$

Là tự đẳng cấu của M_P, tức là $g\in G_P$.

Thay thế f bởi $f\circ g^{-1}$, ta suy ra rằng $a_{1,1}=\dots=a_{n-1,n-1}=1$.

Vì vậy ta thu được $df=$ Id tại gốc tọa độ.

Trường hợp con 2: $m_1\ge m_2\ge\dots\ge m_{n-1}$.

Theo chứng minh ở trường hợp con 1, ta có thể viết $f(z)=(Az'+g(z),z_n)$, trong đó $g=(g_1,\dots,g_{n-1})$ là hàm chỉnh hình trong lân cận của gốc tọa độ C^n sao cho mỗi g_j có bậc theo trọng lớn hơn $\frac{1}{2m_j},j=1,\dots,n-1$.

Nhóm các hạng tử có bậc theo trọng bằng 1, từ trên ta suy ra ánh xạ $(z',z_n)\mapsto(Az',z_n)$ thuộc G_P.

Do đó, sau khi lấy hợp với $(z',z_n)\mapsto(A^{-1}z',z_n)$, ta có thể giả sử $df=$ Id tại gốc tọa độ.

Bây giờ chúng ta sẽ chứng minh $f=$ Id.

Giả sử ngược lại, $f\neq$ Id.

Chúng ta cũng giả thiết thêm là $f(z)=z+g(z)$, tức là với mọi $1\le j\le n-1$, $f_j=z_j+g_j(z)$,

trong đó $g=(g_1,\dots,g_{n-1})$ là chỉnh hình trong lân cận của gốc tọa độ trong $\mathbb{C}^n$ sao cho mỗi g_j có bậc theo trọng lớn hơn $1/2m_j,j=1,\dots,n-1$.

Do đó chúng ta có:

$$Re(z_n-i\beta z_n^2+\dots)+P\left(z_1+g_1(z),z_2+g_2(z),\dots,z_{n-1}+g_{n-1}(z)\right)-0 \quad (21)$$

Với mọi $z \in U_1 \cap \partial M_P$, hoặc tương đương:

$$Re\, z_n + Re(-i\beta z_n^2) + P(z') + 2\, Re\left(\sum_{j=1}^{n-1} \frac{\partial P}{\partial z_j}(z') g_j(z)\right) + h_2(z) = 0 \text{ với mọi } z \in U_1 \cap \partial M_P. \quad (22)$$

Điều này suy ra:

$$Re(-i\beta z_n^2) + 2\, Re\left(\sum_{j=1}^{n-1} \frac{\partial P}{\partial z_j}(z') g_j(z)\right) + h_2(z) = 0 \text{ , với mọi } z \in U_1 \cap \partial M_P. \quad (23)$$

Bây giờ, nếu chúng ta đặt $z_n = -P(z') + it$ với $t \in R$, thì $z_n^2 = P^2(z') - t^2 - 2itP(z')$, và do đó $Re(-i\beta z_n^2) = -2\beta t P(z')$.

Đổi biến số ta thu được:

$$-2\beta t P(z') + 2\, Re\left(\sum_{j=1}^{n-1} \frac{\partial P}{\partial z_j}(z') g_j(z', -P(z') + it)\right) + h_2(z) = 0. \quad (23)$$

Đặt hệ số của t^k bằng 0 với $k \in \mathbb{N}$, chúng ta kết luận rằng $g_j(z) = a_j z_n z_j + \ldots$ với $j = 1, \ldots, n-1$, trong đó các dấu "…" là biểu diễn cho các hạng tử có bậc theo trọng cao hơn.

Lấy đạo hàm các hạng tử có bậc theo trọng bằng 1 theo t tại $t = 0$, ta có:

$$P(z') = \frac{1}{\beta} Re\left(\sum_{j=1}^{n-1} \frac{\partial P}{\partial z_j}(z')\, i a_j z_j\right). \quad (24)$$

Do đó, theo bổ đề, chúng ta có $a_j = -i\beta/m_j$ với $j = 1, \ldots, n-1$.

Nhóm các số hạng có bậc theo trọng bằng 1 tại $t = 0$ và sử dụng bổ đề, chúng ta có:

$$P(z') = \sum_{wt(K)=wt(L)=1/2} a_{KL} z'^K z'^L, \text{ trong đó } a_{KL} \in \mathbb{C} \text{ với } a_{KL} = \bar{a}_{KL} . \quad (25)$$

Khi đó, nếu $\beta \neq 0$ thì M_P là song chỉnh hình với Q_P, điều đó dẫn tới mâu thuẫn.

Trường hợp 2: $\beta = 0$

Trong trường hợp này, chúng ta có ngay $f_n(z) = \alpha z_n$ với $\alpha > 0$.

Không mất tính tổng quát, chúng ta giả sử rằng $\alpha = 1$.

Do f có thể thác triển trơn tới biên của M_P nên chúng ta thu được:

$$Re\, z_n + P\big(f_1(z), \ldots, f_{n-1}(z)\big) \leq 0 \text{khi và chỉ khi } Re\, z_n + P(z') \leq 0. \quad (26)$$

Chúng ta lưu ý rằng $f_1, \ldots, f_{n-1}$ là độc lập với các biến z_n bởi vì tính bất biến của biên dưới tác động của nhóm tự đẳng cấu. Hơn nữa, $f_1, \ldots, f_{n-1}$ có thể thác triển tới hàm chỉnh hình trong lân cận của $0 \in \mathbb{C}^{n-1}$.

Điều này suy ra $P\big(f_1(z'), \ldots, f_{n-1}(z')\big) = P(z')$ với mọi z' trong một lân cận của $0 \in \mathbb{C}^{n-1}$.

Do đó từ bổ đề suy ra rằng $f \in G_P$ và do đó chứng minh được hoàn thành.

3. Kết quả nghiên cứu chính

Định lý 2.1 Cho M_P là một mô hình tổng quát thỏa mãn M_P không song chỉnh hình với Q_P và $P(z') > 0$ với mọi $z' \in C^{n-1}\backslash\{0\}$. Nếu M_P là miền WB thì $Aut(M_P)$ được sinh bởi:

$$\{T_t, S_\lambda : t \in R, \lambda > 0\} \cup G_P. \quad (27)$$

Chứng minh.

Lấy $f \in Aut(M_P)$ tùy ý.

Khi đó, tồn tại $p \in \Gamma$ và $q \in \Gamma$ sao cho f và f^{-1} lần lượt thác triển tới hàm chỉnh hình trong lân cận của p và q và $f(p) = q$.

Thay f bởi hàm hợp của nó với phép tịnh tiến T_t phù hợp, ta giả sử rằng $p = q = (0,0)$, và tồn tại lân cận U_1 và U_2 của $(0,0)$ sao cho $U_2 \cap \partial M_P = f(U_1 \cap \partial M_P)$, và f, f^{-1} lần lượt là chỉnh hình trong U_1 và U_2. Hơn nữa, f là CR- vi phôi giữa $U_1 \cap \partial M_P$ và $U_2 \cap \partial M_P$. Vì vậy, từ định lý 1.1 ta thu được điều cần chứng minh.

4. Ví dụ áp dụng

Ví dụ. Cho Ω_{HKL} là miền Kohn-Nirenbeg xác định bởi:

$$\Omega_{HKL} := \left\{(z,w) \in \mathbb{C}^2 : Re\, w + |z|^8 + \frac{15}{7}|z|^2\, Re(z^6) < 0\right\}. \quad (28)$$

Trong trường hợp này, đa thức P được cho bởi: $P(z) = |z|^8 + \frac{15}{7}|z|^2\, Re(z^6)$.

Chúng ta thấy rằng P là thuần nhất bậc 8 và $P\big(f(z)\big) \equiv P(z)$ khi và chỉ khi $f(z) = e^{k\pi i/3} z$ với $k \in \{0,1, \ldots, 5\}$.

Do đó, theo định lý 2.1 chúng ta có:

$$Aut(\Omega_{HKL}) := \left\{(z,w) \mapsto \left(\sqrt[8]{\lambda} e^{k\pi i/3} z, \lambda w + it\right) : k = 0, \ldots, 5; t \in \mathbb{R}, \lambda > 0\right\}. \quad (28)$$

5. Kết luận

Báo cáo đã giới thiệu một kết quả nghiên cứu về nhóm tự đẳng cấu của mô hình kiểu hữu hạn trong C^n và ứng dụng của kết quả đó. Hướng nghiên cứu có thể được tiếp tục phát triển cho các mô hình khác trong C^n.

Tài liệu tham khảo

A. Zimmer, 2018. A gap theorem for the complex geometry of convex domains, *Trans. Amer. Math*. Soc. 370 (10), 7489-7509.

Do Duc Thai and Ninh Van Thu, 2009. Characterization of domains in C^n by their noncompact automorphirsm groups, *Nagoya Math*, J, 196, 135-160.

Ninh Van Thu, 2009. Characterization of linearly convex domains in C^n by their noncompact automorphirsm groups, *Vietnam J. Math.* 37, no. 1, 67-79.

ABSTRACT

Automorphic group of finite type model

Nguyen Thi Lan Huong
Hanoi University of Mining and Geology

In the few past decades, studies have shown that the geometry of the domain is determined by the structure of the auto-isomorphic group, that is, knowing the aut(Ω) group, we can infer some geometric properties of the domain Ω. Therefore, it is necessary to calculate or describe the autoisomorphic group. In this report, the author gives some research results on automorphic groups of finite type models and some examples applying to the research results.

Keywords: Automorphism; domain; finite.

Xấp xỉ phân phối nhị thức bằng phân phối chuẩn

Nguyễn Thế Lâm*
* *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Xấp xỉ phân phối nhị thức bằng phân phối chuẩn là một kỹ thuật quan trọng trong thống kê, giúp đơn giản hoá các phép tính và phân tích. Khi phân phối nhị thức được xấp xỉ bằng phân phối chuẩn, chúng ta có thể áp dụng các kỹ thuật thống kê ngay cả trong các bài toán liên quan đến phân phối nhị thức. Phân phối nhị thức là phân phối rời rạc. Phân phối chuẩn thường là một xấp xỉ tốt đối với phân phối rời rạc khi các số liệu của phân phối rời rạc tạo nên một đường gấp khúc có hình dáng giống với một quả chuông. Mục đích của báo cáo này là để chỉ ra khi nào thì phân phối chuẩn là một xấp xỉ tốt của phân phối nhị thức. Việc minh hoạ cho sự xấp xỉ chuẩn của phân phối nhị thức là dựa vào vẽ biểu đồ của phân bố nhị thức và phân bố chuẩn có cùng trung bình và phương sai đối với biến ngẫu nhiên nhị thức X và đây cũng là một cách giảng dạy mới giúp các em sinh viên dễ hiểu hơn. Báo cáo đã chỉ ra sự xấp xỉ này là rất chính xác khi n lớn và khá chính xác khi n nhỏ và p gần đáng kể với 0.5 dựa vào 4 biểu đồ minh hoạ và Bảng 1.

Từ khóa: Phân phối nhị thức; phân phối chuẩn; rời rạc; xấp xỉ chuẩn.

1. Đặt vấn đề

Để hiểu được phần chứng minh định lý về " xấp xỉ chuẩn của phân phối nhị thức" là rất khó đối với sinh viên. Việc chứng minh định lý này khá phức tạp, ta phải sử dụng đến các định lý trung gian. Hơn nữa việc giải các bài toán về phân phối nhị thức mà sử dụng công thức xấp xỉ chuẩn, nếu sinh viên chỉ máy móc lắp công thức tính toán thì chẳng có ý nghĩa gì. Tuy nhiên nếu trong quá trình giảng dạy, giảng viên đưa thêm phần biểu đồ vào thì sinh viên sẽ dễ hình dung hơn và dựa vào các biểu đồ các em cũng tự rút ra được khi nào thì xấp xỉ là tốt hơn. Xác suất liên quan đến các thực nghiệm nhị thức được tính bởi công thức $b(x;n,p)=C_n^x p^x(1-p)^{n-x}$ (Đào Hữu Hồ, 2001) trong phân phối nhị thức hoặc được tra từ Bảng khi n nhỏ. Thêm vào đó, xác suất nhị thức cũng được tính sẵn trong một số phần mềm máy tính. Tuy nhiên, chúng ta cũng nên tìm hiểu về mối quan hệ giữa phân phối nhị thức và phân phối chuẩn. Phân phối nhị thức là phân phối rời rạc. Phân phối chuẩn thường là một xấp xỉ tốt đối với phân phối rời rạc khi các số liệu của phân phối rời rạc tạo nên một đường gấp khúc có hình dáng giống với một quả chuông. Theo lý thuyết, một số phân phối hội tụ tới phân phối chuẩn khi các tham số của nó tiến tới một giá trị xác định. Phân phối chuẩn là một phân phối xấp xỉ thuận tiện vì hàm phân phối của nó rất dễ lập bảng. Phân phối nhị thức được xấp xỉ một cách khá tốt bởi phân phối chuẩn trong các bài toán thực hành khi mà người ta làm việc với hàm phân phối. Bây giờ chúng ta sẽ phát biểu định lý mà nó cho phép chúng ta dùng diện tích hình bên dưới đường cong chuẩn để xấp xỉ cho xác suất nhị thức khi n đủ lớn.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

Định lý 2.1 (Đặng Hùng Thắng, 2009)

Giả sử X là đại lượng ngẫu nhiên rời rạc có phân phối nhị thức với tham số n, p. Khi đó X có phân bố xấp xỉ phân bố chuẩn với giá trị trung bình $\mu = n.p$ và độ lệch tiêu chuẩn $\sigma = \sqrt{np(1-p)}$ với điều kiện $np \geq 5, n(1-p) \geq 5$.

Việc chứng minh định lý trên có dựa vào định lý giới hạn trung tâm và lí thuyết hàm đặc trưng. Tuy nhiên nó phức tạp và cũng không phải là mục đích của bài báo nên sẽ không trình bày ở đây.

Người ta còn thấy rằng phân phối chuẩn với $\mu = np$ và $\sigma^2 = np(1-p)$ không chỉ là một xấp xỉ rất chính

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthelam@humg.edu.vn

xác của phân phối nhị thức khi n lớn và p không quá gần với 0 và 1 mà nó còn là một xấp xỉ khá tốt ngay cả khi n nhỏ và p gần bằng $\frac{1}{2}$ (Walpole- Raymond. H. Myers và Sharon L. Myers, 2016).

Để minh họa cho sự xấp xỉ chuẩn của phân phối nhị thức, đầu tiên chúng ta vẽ biểu đồ của $b(x;n,p)$ và vẽ lên trên cùng hình đó đường cong chuẩn đặc biệt có cùng trung bình và phương sai đối với biến ngẫu nhiên nhị thức X .

3. Kết quả và thảo luận

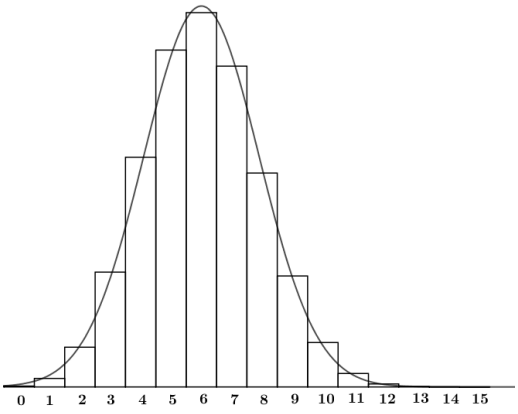
Để minh họa cho sự xấp xỉ chuẩn của phân phối nhị thức, đầu tiên chúng ta vẽ biểu đồ của $b(x;15,0.4)$ và vẽ lên trên cùng hình đó đường cong chuẩn đặc biệt có cùng trung bình và phương sai đối với biến ngẫu nhiên nhị thứ X . Tức là chúng ta vẽ đường cong chuẩn với $\mu = np = 15(0.4) = 6$ và $\sigma^2 = npq = 15(0.4)(0.6) = 3.6$.

Biểu đồ của $b(x;15,0.4)$ và đường cong chuẩn tương ứng trên cùng một hình được minh họa bởi Hình 1. Xác suất chính xác của biến ngẫu nhiên nhị thức X tương ứng với giá trị x cho trước bằng diện tích của hình mà có tâm đáy là x . Ví dụ, xác suất chính xác để X nhận giá trị bằng 4 bằng diện tích của hình chữ nhật có tâm đáy là 4. Dùng Bảng , chúng ta tìm ra diện tích của hình này xấp xỉ bằng với diện tích của hình được bôi đen nằm bên dưới đường cong chuẩn giữa hai trục $x_1 = 3.5$ và $x_2 = 4.5$ trong Hình 2. Giá trị của z tương ứng là $z_1 = \frac{3.5-6}{1.897} = -1.32$ và $z_2 = \frac{4.5-6}{1.897} = -0.79$.

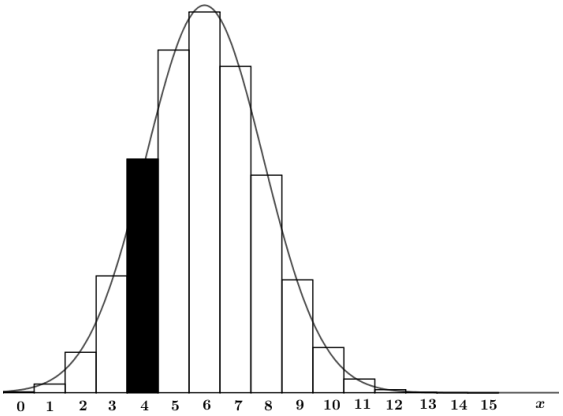
Nếu X là biến ngẫu nhiên nhị thức và Z là biến ngẫu nhiên có phân phối chuẩn tắc thì

$$P(X = 4) = b(4;15,0.4) \approx P(-1.32 < Z < -0.79)$$
$$= P(Z < -0.79) - P(Z < -1.32) = 0.2148 - 0.0934 = 0.1214. \quad (1)$$

Thực tế, kết quả này rất gần với kết quả chính xác là 0.1268.



Hình 1. Xấp xỉ chuẩn của b(x;15,0.4).



Hình 2. Xấp xỉ chuẩn của b(4;15,0.4)

Xấp xỉ chuẩn có tác dụng nhiều nhất trong việc tính tổng xác suất nhị thức đối với giá trị n lớn. Nhờ vào Hình 2, chúng ta có thể tính xác suất để X nhận giá trị từ 7 đến 9. Xác suất chính xác được cho bởi:

$$P(7 \le X \le 9) = \sum_{x=7}^{9} b(x;15,0.4) = \sum_{x=0}^{9} b(x;15,0.4) - \sum_{x=0}^{7} b(x;15,0.4)$$
$$= 0.9662 - 0.6098 = 0.3564$$

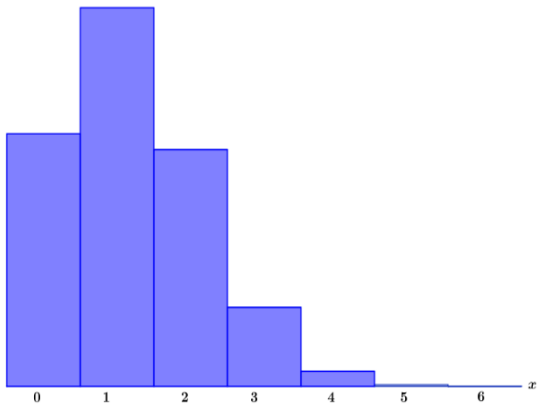
Giá trị này bằng tổng diện tích của các hình chữ nhật với đáy đặt tại $x = 7, 8$ và 9. Đối với xấp xỉ chuẩn chúng ta tìm thấy diện tích của phần bên dưới đường cong chuẩn giữa hai trục $x_1 = 6.5$ và $x_2 = 9.5$ trong Hình 2.

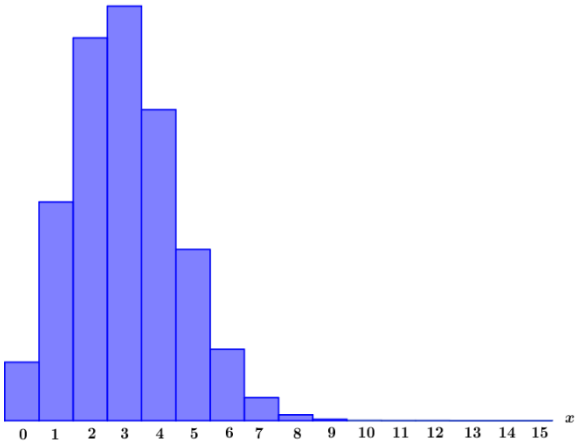
Các giá trị của z tương ứng là: $z_1 = \frac{6.5-6}{1.897} = 0.26$ và $z_1 = \frac{9.5-6}{1.897} = 1.85$.

Khi đó:

$$P(7 \le X \le 9) \cong P(0.26 < Z < 1.85)$$
$$= P(Z < 1.85) - P(Z < 0.26) = 0.9678 - 0.6026 = 0.3652. \quad (2)$$

Một lần nữa, đường cong chuẩn xấp xỉ cung cấp một giá trị rất gần với giá trị chính xác 0.3564. Độ chính xác dựa vào mức độ mà đường cong chuẩn nằm gần biểu đồ, độ chính xác này sẽ tăng khi n tăng. Điều này cũng đúng đặc biệt khi p không thực gần $\frac{1}{2}$ và biểu đồ không có tính đối xứng. Hình 3 và 4 chỉ ra hai biểu đồ của $b(x;6,0.2)$ và $b(x;15,0.2)$. Nó là một bằng chứng cho thấy đường cong chuẩn sẽ nằm sát biểu đồ khi $n=15$ hơn là khi $n=6$.





Hình 3. Biểu đồ của b(x;6,0.2)

Hình 4. Biểu đồ của b(x;15,0.2)

Bảng 1. Xấp xỉ chuẩn và xác suất chính xác của nhị thức tích lũy.

	$p=0.05$	$n=10$	$p=0.10$	$n=10$	$p=0.50$	$n=10$
r	**Nhị thức**	**Chuẩn**	**Nhị thức**	**Chuẩn**	**Nhị thức**	**Chuẩn**
0	0.5987	0.5000	0.3487	0.2981	0.00010	0.0022
1	0.9139	0.9265	0.7361	0.7019	0.0107	0.0136
2	0.9885	0.9981	0.9298	0.9429	0.0547	0.0571
3	0.9990	1.0000	0.9872	0.9959	0.1719	0.1711
4	1.0000	1.0000	0.9984	0.9999	0.3770	0.3745
5			1.0000	1.0000	0.6230	0.6255
6					0.8281	0.8289
7					0.9453	0.9429
8					0.9893	0.9894
9					0.9990	0.9978
10					1.0000	0.9997
			$p=0.05$			
	$n=20$		$n=50$		$n=100$	
r	**Nhị thức**	**Chuẩn**	**Nhị thức**	**Chuẩn**	**Nhị thức**	**Chuẩn**
0	0.3585	0.3015	0.0769	0.0968	0.0059	0.0197
1	0.7358	0.6985	0.2794	0.2578	0.0371	0.0537
2	0.9245	0.9382	0.5405	0.5000	0.1183	0.1251
3	0.9841	0.9948	0.7604	0.7422	0.2278	0.2451
4	0.9974	0.9998	0.8964	0.9032	0.4360	0.4090
5	0.9997	1.0000	0.9622	0.9744	0.6160	0.5910
6	1.0000	1.0000	0.9882	0.9953	0.7660	0.7549
7			0.9968	0.9994	0.8720	0.8749
8			0.9992	0.9999	0.9369	0.9463
9			0.9998	1.0000	0.9718	0.9803
10			1.0000	1.0000	0.9885	0.9941

Trong Bảng 1 (Bộ môn toán, trường Đại học Thủy Lợi, 2010) ở trên khi $p = 0{,}05$ và $p = 0{,}1; n = 10$ thì kết quả xấp xỉ khá thô. Tuy nhiên nếu tăng $p = 0{,}5$ thì kết quả xấp xỉ ít chênh lệch hơn. Chất lượng xấp xỉ được cải thiện khi $n = 20$ đến $n = 100$.

Trong Bảng 1 cột "nhị thức" chính là $\sum_{x=0}^{r} b(x,n,p)$; cột "chuẩn" chính là $P(Z < \frac{r+0{,}5-np}{\sqrt{np(1-p)}})$ với Z có phân bố chuẩn tắc.

4. Kết luận

Tóm lại, chúng ta sử dụng xấp xỉ chuẩn để tính xác suất nhị thức khi p không quá gần 0 hoặc 1. Sự xấp xỉ này là rất chính xác khi n lớn và khá chính xác khi n nhỏ và p gần đáng kể với 0.5. Một cách nữa để xác định xem khi nào nên dùng xấp xỉ chuẩn là tính giá trị của np và nq. Nếu cả hai giá trị này đều lớn hơn hoặc bằng 5 thì kết quả xấp xỉ là tốt.

Như chúng ta đã chỉ ra ở phần đầu, chất lượng của xấp xỉ là khá tốt khi giá trị n lớn. Nếu p gần với $\frac{1}{2}$, một mẫu nhỏ hoặc vừa phải cũng đủ cho một xấp xỉ hợp lí.

Tài liệu tham khảo

Bộ môn toán, trường Đại học Thủy Lợi, 2010. *Xác suất và thống kê*, NXB Khoa Học Tự Nhiên Và Công nghệ Hà nội, trang 181 – 194.

Đặng Hùng Thắng, 2009. *Thống kê và ứng dụng*, NXB Giáo dục, trang 57 – 60 .

Đào Hữu Hồ, 2001. *Xác suất thống kê*, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, trang 57 – 62.

Walpole- Raymond. H. Myers and Sharon L. Myers, 2016. *Probability and statistics for Engineers and scientists* (xuất bản lần thứ 9 tại Hoa Kỳ), trang 188 – 191.

ABSTRACT

Normal approximation of the binomial distribution

Nguyen The Lam

Hanoi University of Mining and Geology

Approximating the binomial distribution by the normal distribution is an important technique in statistics, helping to simplify calculations and analysis. Since the binomial distribution is approximated by the nomal distribution, we can apply statistical techniques even in problems involving binomial distributions. The binomial distribution is a discrete distribution. The normal distribution is often a good approximation to the discrete distribution when the figures of the discrete distribution form a kink shaped like a bell. The purpose of this report is to show when the normal distribution is a good approximation of the binomial distribution. The illustration of the normal approximation of the binomial distribution is based on plotting the binomial distribution and the normal distribution with the same mean and variance for the binomial random variable X and this is also a new way of teaching to help students learn more easily. The report pointed out the This approximation is very accurate when n is large and quite accurate when n is small and p is significantly close to 0.5 based on four illustrative plots and table 1.

Keywords: Binomial distribution; normal distribution; discrete; approximately normal.

ChatGPT trong Trường Đại học: Cơ hội và thách thức

Lê Bích Phượng*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Trong thời đại công nghiệp 4.0, sự phát triển của trí tuệ nhân tạo đã mở ra nhiều cánh cửa mới trong lĩnh vực giáo dục đại học, nghiên cứu khoa học và tranh biện. ChatGPT là một mô hình ngôn ngữ tiên tiến của OpenAI, không chỉ là một công cụ giải trí mà còn có ứng dụng rộng rãi trong việc hỗ trợ các nhà nghiên cứu và tranh biện viên. Bài viết này sẽ tập trung trình bày về những ứng dụng quan trọng của ChatGPT trong các lĩnh vực này.

Từ khóa: Giáo dục đại học; chatGPT; nghiên cứu; tranh biện.

1. Đặt vấn đề

Trong thời kỳ chuyển đổi số, giáo dục đang trải qua những thay đổi sâu sắc nhờ sự phát triển nhanh chóng của công nghệ thông tin và truyền thông. ChatGPT là một mô hình ngôn ngữ mạnh mẽ, có tiềm năng lớn trong việc hỗ trợ các hoạt động giáo dục, đặc biệt trong các trường đại học (Dempere và nnk, 2023). Việc ứng dụng ChatGPT trong môi trường đại học không chỉ giúp tối ưu hóa quá trình thu thập và xử lí thông tin mà còn cải thiện hiệu quả giảng dạy và học tập (Chinedu Wilfred Okonkwo và Abejide Ade-Ibijola, 2021).

Mặc dù ChatGPT mang lại nhiều lợi ích nhưng vẫn còn một số thách thức và tồn tại cần được giải quyết: ChatGPT cần phải được điều chỉnh để phù hợp với ngữ cảnh và nội dung học thuật đặc thù của từng môn học. Đảm bảo độ chính xác và đáng tin cậy của thông tin mà ChatGPT cung cấp. Cần phát triển các phương pháp đánh giá hiệu quả của việc sử dụng ChatGPT trong giảng dạy và học tập.

Những công việc chủ yếu đã thực hiện trong nghiên cứu: Khảo sát và phân tích tiềm năng ứng dụng của ChatGPT trong môi trường giáo dục đại học. Nghiên cứu các phương pháp và công nghệ liên quan đến xử lí ngôn ngữ tự nhiên của ChatGPT. Thực hiện các thí nghiệm để đánh giá hiệu quả của ChatGPT trong việc hỗ trợ giảng dạy và học tập.

Các kết quả chính đạt được: ChatGPT cho thấy khả năng hỗ trợ hiệu quả trong việc so sánh và tổng hợp ý kiến từ nhiều nguồn khác nhau, giúp sinh viên và giảng viên có cái nhìn toàn diện về các chủ đề nghiên cứu. Mô hình này cũng giúp xây dựng các mô hình dự đoán trong nghiên cứu khoa học, từ đó tối ưu hóa quá trình nghiên cứu và phát triển. Khả năng tạo lập luận và kiểm soát thông tin của ChatGPT góp phần nâng cao chất lượng tranh biện và thảo luận trong môi trường học thuật.

2. Cơ sở lí thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở lí thuyết

Trong bối cảnh chuyển đổi số hiện nay, việc ứng dụng các công nghệ tiên tiến vào giảng dạy đang ngày càng trở nên phổ biến và cần thiết. Một trong những công nghệ đáng chú ý là ChatGPT - một mô hình ngôn ngữ tự nhiên mạnh mẽ của OpenAI. ChatGPT có khả năng hỗ trợ và cải thiện quá trình học tập và giảng dạy thông qua việc cung cấp thông tin, giải đáp thắc mắc, và hỗ trợ nghiên cứu. Việc ứng dụng ChatGPT trong giảng dạy các môn học tại trường đại học, đặc biệt là acác môn yêu cầu tính toán và phân tích như xác suất và thống kê, có thể mang lại nhiều lợi ích và tiềm năng (Adiguzel và nnk, 2023).

Cơ sở lí thuyết của nghiên cứu này dựa trên các khái niệm và lí thuyết về trí tuệ nhân tạo (AI), xử lí ngôn ngữ tự nhiên (NLP) và giáo dục số. Các công nghệ AI, đặc biệt là mô hình ngôn ngữ như ChatGPT, đã chứng minh được khả năng hỗ trợ hiệu quả trong nhiều lĩnh vực bao gồm cả giáo dục (Miguel và nnk, 2023).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

* *Tác giả liên hệ*
Email: lebichphuong@humg.edu.vn

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp nghiên cứu hỗn hợp, bao gồm cả nghiên cứu định tính và định lượng để đánh giá hiệu quả của việc ứng dụng ChatGPT trong giảng dạy tại trường đại học. Các bước thực hiện nghiên cứu bao gồm:

Khảo sát và phân tích nhu cầu: Tiến hành khảo sát để thu thập dữ liệu về nhu cầu và mong muốn của sinh viên và giảng viên trong việc sử dụng các công cụ hỗ trợ học tập như ChatGPT. Dữ liệu này giúp xác định các khía cạnh cụ thể cần cải thiện và phát triển trong quá trình giảng dạy.

Thử nghiệm và đánh giá: Tiến hành các thử nghiệm ứng dụng ChatGPT trong các lớp học và khóa học cụ thể. Các thử nghiệm này bao gồm việc sử dụng ChatGPT để giải đáp thắc mắc của sinh viên, hỗ trợ bài tập, và cung cấp thông tin tham khảo. Sau các thử nghiệm, tiến hành thu thập phản hồi từ sinh viên và giảng viên để đánh giá hiệu quả của ChatGPT.

Phân tích dữ liệu: Sử dụng các phương pháp phân tích định lượng và định tính để xử lí và phân tích dữ liệu thu thập được. Phân tích định lượng bao gồm các phương pháp thống kê để đánh giá mức độ cải thiện trong kết quả học tập của sinh viên. Phân tích định tính bao gồm việc mã hóa và phân loại các phản hồi từ sinh viên và giảng viên để rút ra những kết luận về ưu điểm và hạn chế của ChatGPT trong giảng dạy.

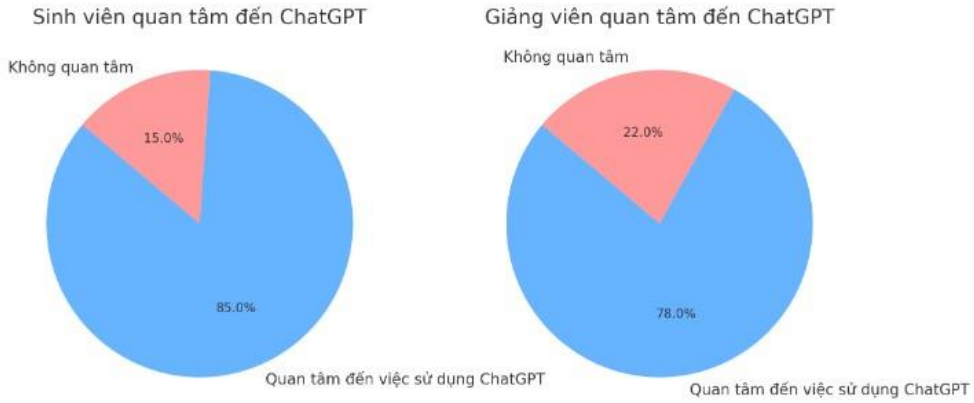
Tổng kết và đề xuất: Dựa trên các kết quả phân tích, tổng kết lại những điểm mạnh và yếu của việc ứng dụng ChatGPT trong giảng dạy, từ đó đề xuất các giải pháp và chiến lược cải thiện. Các đề xuất này nhằm tối ưu hóa việc sử dụng ChatGPT để nâng cao chất lượng giảng dạy và học tập tại trường đại học trong thời kỳ chuyển đổi số.

Việc thực hiện nghiên cứu theo các bước trên không chỉ giúp xác định được hiệu quả của ChatGPT mà còn cung cấp những cơ sở thực tiễn để phát triển và ứng dụng các công nghệ AI khác trong giáo dục.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả

Phản hồi từ sinh viên và giảng viên (Hình 1): Khảo sát đã thu thập được phản hồi từ 200 sinh viên và 50 giảng viên tại các trường đại học khác nhau. Kết quả cho thấy 85% sinh viên và 78% giảng viên quan tâm đến việc sử dụng ChatGPT như một công cụ hỗ trợ học tập và giảng dạy. Đa số sinh viên cho rằng ChatGPT có thể giúp họ giải đáp thắc mắc nhanh chóng và cung cấp thông tin bổ ích. Giảng viên nhận định rằng ChatGPT có thể giảm tải công việc và giúp họ tập trung vào những nhiệm vụ quan trọng hơn.



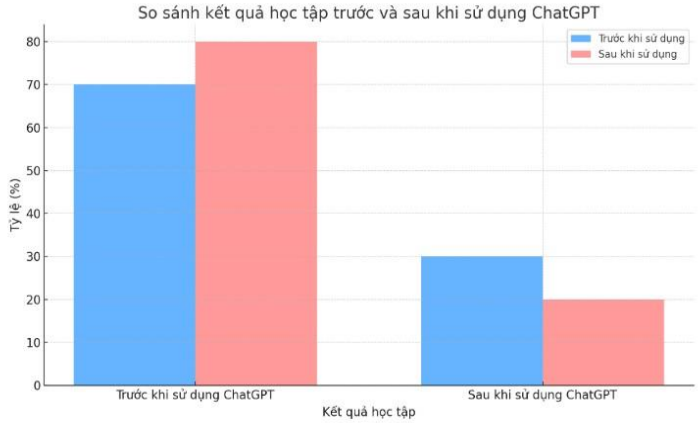
Hình 1. Thống kê tỷ lệ quan tâm đến chat GPT của giảng viên và sinh viên.

Hiệu quả của ChatGPT trong các lớp học: Trong các lớp học thử nghiệm, ChatGPT được sử dụng để giải đáp thắc mắc, hỗ trợ bài tập và cung cấp thông tin tham khảo. Kết quả cho thấy sự cải thiện rõ rệt trong kết quả học tập của sinh viên. Cụ thể, số lượng điểm kiểm tra từ 5 trở lên của sinh viên tăng từ 70% lên 80% sau khi sử dụng ChatGPT.

Phản hồi sau thử nghiệm: Sinh viên và giảng viên đã đưa ra nhiều phản hồi tích cực về ChatGPT. Sinh viên cho biết họ cảm thấy tự tin hơn khi có ChatGPT hỗ trợ, và giảng viên nhận thấy rằng ChatGPT giúp họ tiết kiệm thời gian trong việc giải đáp thắc mắc và chấm bài tập.

Phân tích định lượng: Phân tích thống kê cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0.05$) giữa kết quả học tập của sinh viên trước và sau khi sử dụng ChatGPT. Điều này khẳng định rằng ChatGPT đã đóng góp tích cực vào quá trình học tập của sinh viên.

Phân tích định tính: Các phản hồi từ sinh viên và giảng viên được mã hóa và phân loại theo các chủ đề chính. Các chủ đề nổi bật bao gồm: tính tiện lợi của ChatGPT, khả năng giải đáp thắc mắc nhanh chóng, và sự hỗ trợ trong việc chuẩn bị bài giảng.



Hình 2. Biểu đồ so sánh kết quả học tập trước và sau khi sử dụng chat GPT.

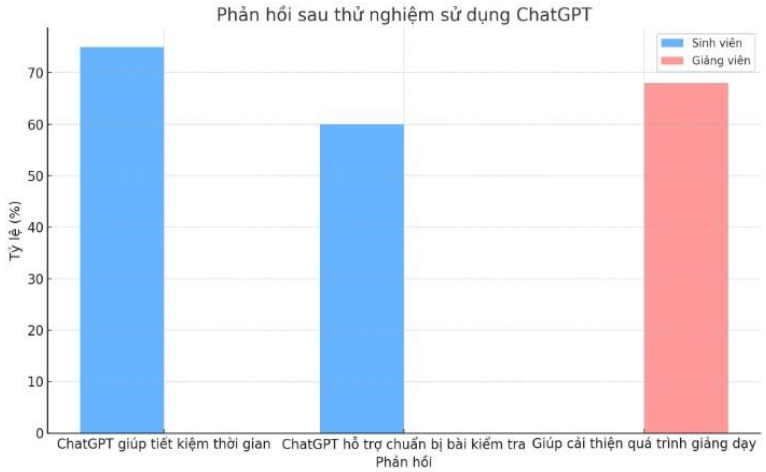
Phản hồi sau thử nghiệm sử dụng ChatGPT (Hình 2).

Sinh viên: 75% cho biết ChatGPT giúp họ tiết kiệm thời gian và 60% sử dụng ChatGPT để chuẩn bị bài kiểm tra.

Giảng viên: 68% cho rằng ChatGPT giúp cải thiện quá trình giảng dạy.

3.2 Thảo luận

3.2.1 Ưu điểm của ChatGPT



Hình 3. Biểu đồ phản hồi thử nghiệm sử dụng chat GPT.

Hỗ trợ kịp thời và hiệu quả: ChatGPT cung cấp khả năng tiếp cận thông tin và giải đáp thắc mắc ngay lập tức, giúp sinh viên tiết kiệm thời gian và nâng cao hiệu quả học tập. Thay vì phải chờ đến giờ giảng hoặc buổi gặp mặt với giảng viên, sinh viên có thể nhanh chóng giải quyết các thắc mắc của mình, giữ cho việc học tập không bị gián đoạn. Việc có một công cụ như ChatGPT cũng giúp giảm bớt áp lực cho giảng viên, khi họ không cần phải liên tục sẵn sàng giải đáp mọi câu hỏi từ sinh viên. Thay vào đó, giảng viên có thể tập trung vào các khía cạnh chiến lược hơn trong việc giảng dạy.

Tăng cường sự tự tin cho sinh viên: Đối với nhiều sinh viên, việc đối mặt với các môn học phức tạp có thể gây ra nhiều khó khăn và thiếu tự tin. ChatGPT đóng vai trò quan trọng trong việc thu hẹp khoảng cách này bằng cách cung cấp sự hỗ trợ đáng tin cậy mà sinh viên có thể dựa vào bất cứ khi nào họ gặp khó khăn. Khi biết rằng họ có một nguồn tài nguyên tin cậy để giải đáp các thắc mắc, sinh viên sẽ cảm thấy tự tin hơn, đặc biệt là trong các môn học đòi hỏi tư duy cao như xác suất và thống kê, nơi mà chỉ một sai sót nhỏ cũng có thể dẫn đến sự nhầm lẫn lớn hơn. Với ChatGPT, sinh viên có thể tự mình làm rõ các khái niệm, từ đó hình thành một phong cách học tập độc lập và chủ động hơn.

Tiết kiệm thời gian cho giảng viên: Việc tích hợp ChatGPT vào môi trường học thuật có thể giúp giảng viên tiết kiệm đáng kể thời gian. Nhờ khả năng tự động trả lời các câu hỏi thường gặp và thậm chí hỗ trợ

trong việc chấm bài, ChatGPT cho phép giảng viên dành nhiều thời gian hơn cho việc thiết kế các hoạt động giảng dạy chất lượng cao, thực hiện các nghiên cứu có ý nghĩa và cung cấp sự hướng dẫn cá nhân hóa cho sinh viên. Sự chuyển hướng từ các công việc lặp đi lặp lại sang các công việc có giá trị hơn có thể cải thiện trải nghiệm giáo dục tổng thể, mang lại lợi ích cho cả sinh viên và giảng viên. Bên cạnh đó, bằng cách xử lí các câu hỏi thông thường, ChatGPT giúp tạo ra một hệ thống giao tiếp hiệu quả hơn trong lớp học, đảm bảo rằng thời gian của giảng viên được sử dụng đúng nơi, đúng chỗ.

3.2.2. Thách thức

Khả năng hiểu ngữ cảnh còn hạn chế: Mặc dù ChatGPT được đánh giá cao về khả năng xử lí ngôn ngữ tự nhiên, nhưng nó vẫn gặp khó khăn khi phải xử lí các ngữ cảnh phức tạp hoặc những câu hỏi có tính mơ hồ. Hệ thống này dựa trên các mô hình học sâu, nhưng đôi khi không thể nắm bắt hết ý nghĩa sâu xa hoặc các sắc thái ngôn ngữ trong một cuộc trò chuyện. Ví dụ, khi sinh viên đặt câu hỏi với nhiều tầng nghĩa hoặc câu hỏi yêu cầu hiểu biết sâu sắc về một chủ đề cụ thể, ChatGPT có thể cung cấp câu trả lời không đầy đủ hoặc thậm chí là sai lệch. Điều này không chỉ gây ra sự nhầm lẫn cho sinh viên mà còn có thể dẫn đến việc hiểu sai hoặc giải quyết vấn đề không hiệu quả. Khả năng hiểu ngữ cảnh là một yếu tố quan trọng trong giáo dục và hạn chế này của ChatGPT đặt ra thách thức lớn khi triển khai công cụ này vào môi trường giảng dạy, đòi hỏi sự thận trọng và cân nhắc kỹ lưỡng từ phía giảng viên.

Phụ thuộc vào dữ liệu đầu vào: ChatGPT hoạt động dựa trên các dữ liệu mà nó đã được huấn luyện trước đó, và chất lượng của dữ liệu đầu vào có ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng của kết quả đầu ra. Nếu dữ liệu đầu vào không chính xác, thiếu sót hoặc không đầy đủ, ChatGPT có thể tạo ra các phản hồi không chính xác hoặc thậm chí gây hiểu lầm. Ví dụ, nếu sinh viên cung cấp một câu hỏi với thông tin không rõ ràng hoặc sai lệch, ChatGPT có thể không thể sửa chữa hoặc nhận ra lỗi đó mà thay vào đó sẽ cung cấp câu trả lời dựa trên thông tin không chính xác. Điều này đòi hỏi giảng viên phải thường xuyên giám sát và kiểm tra các phản hồi của ChatGPT để đảm bảo tính chính xác và phù hợp của thông tin. Hơn nữa, các giảng viên cần phải hướng dẫn sinh viên cách đặt câu hỏi một cách rõ ràng và chính xác để tối đa hóa lợi ích của việc sử dụng ChatGPT.

Vấn đề bảo mật và quyền riêng tư: Khi triển khai ChatGPT trong môi trường giảng dạy, vấn đề bảo mật và quyền riêng tư trở thành một mối quan tâm hàng đầu. Việc sử dụng công nghệ này đòi hỏi phải thu thập và xử lí dữ liệu cá nhân của sinh viên và giảng viên, bao gồm thông tin về tiến trình học tập, phản hồi và các cuộc trò chuyện. Nếu không được quản lí và bảo vệ đúng cách, dữ liệu này có thể bị lạm dụng hoặc bị rò rỉ, gây ra các rủi ro về bảo mật và vi phạm quyền riêng tư. Do đó, cần có các biện pháp bảo vệ chặt chẽ như mã hóa dữ liệu, quản lí quyền truy cập và tuân thủ các quy định về bảo mật thông tin. Ngoài ra, sinh viên và giảng viên cần được thông báo rõ ràng về cách thức dữ liệu của họ được sử dụng và bảo vệ khi sử dụng ChatGPT. Điều này không chỉ giúp bảo vệ quyền lợi của các bên liên quan mà còn tạo ra một môi trường học tập an toàn và đáng tin cậy. Việc đảm bảo bảo mật và quyền riêng tư là yếu tố then chốt để xây dựng lòng tin trong việc ứng dụng các công nghệ tiên tiến như ChatGPT vào giáo dục.

3.2.3. Đề xuất

a) Tăng cường đào tạo và hướng dẫn

Tăng cường đào tạo và hướng dẫn: Để tận dụng tối đa lợi ích mà ChatGPT mang lại, việc triển khai các chương trình đào tạo và hướng dẫn chi tiết cho cả sinh viên và giảng viên là vô cùng cần thiết. Đối với sinh viên, việc nắm bắt cách thức sử dụng ChatGPT một cách hiệu quả không chỉ giúp họ khai thác tối đa các tính năng của công cụ mà còn giúp họ biết cách đặt câu hỏi một cách thông minh, rõ ràng để nhận được những câu trả lời chính xác và hữu ích nhất. Chương trình đào tạo nên bao gồm các nội dung như cách xác định nguồn thông tin, cách đặt câu hỏi chính xác và cách đánh giá các phản hồi của ChatGPT. Điều này sẽ giúp sinh viên phát triển khả năng tự học và nâng cao kỹ năng nghiên cứu.

Về phía giảng viên, các chương trình đào tạo nên tập trung vào cách tích hợp ChatGPT vào kế hoạch giảng dạy và cách sử dụng công cụ này để hỗ trợ việc kiểm tra, đánh giá cũng như hướng dẫn sinh viên. Giảng viên cần hiểu rõ các giới hạn của ChatGPT để biết cách xử lí các tình huống mà công cụ này không thể giải quyết. Hơn nữa, việc đào tạo còn cần bao gồm các nguyên tắc về bảo mật và quyền riêng tư, đảm bảo rằng việc sử dụng ChatGPT diễn ra an toàn và tuân thủ các quy định pháp lí. Ngoài ra, giảng viên cần được trang bị các kỹ năng để theo dõi và đánh giá hiệu quả của việc sử dụng ChatGPT trong lớp học, từ đó điều chỉnh phương pháp giảng dạy sao cho phù hợp nhất với nhu cầu của sinh viên.

b) Kết hợp với các phương pháp giảng dạy truyền thống

Kết hợp với các phương pháp giảng dạy truyền thống: Mặc dù ChatGPT mang lại nhiều lợi ích trong việc hỗ trợ học tập, nó không nên được coi là một giải pháp thay thế hoàn toàn cho các phương pháp giảng dạy truyền thống. Thay vào đó, ChatGPT nên được sử dụng như một công cụ bổ trợ để tăng cường hiệu quả giảng dạy và học tập. Các phương pháp giảng dạy truyền thống, như thảo luận nhóm, thực hành trực

tiếp, và hướng dẫn cá nhân, vẫn đóng vai trò quan trọng trong việc phát triển các kỹ năng mềm, khả năng tư duy phản biện, và tương tác xã hội của sinh viên.

Việc kết hợp giữa ChatGPT và các phương pháp giảng dạy truyền thống có thể tạo ra một môi trường học tập đa dạng và phong phú hơn. Ví dụ, ChatGPT có thể hỗ trợ sinh viên chuẩn bị trước cho các buổi thảo luận, cung cấp các tài liệu tham khảo và giải thích các khái niệm khó. Sau đó, trong các buổi học trực tiếp, giảng viên có thể sử dụng thời gian để đào sâu vào các khía cạnh phức tạp hơn của chủ đề, khuyến khích sinh viên tham gia thảo luận và ứng dụng kiến thức vào thực tiễn. Sự kết hợp này không chỉ giúp nâng cao chất lượng giảng dạy mà còn tạo ra một trải nghiệm học tập toàn diện hơn, đáp ứng nhu cầu đa dạng của sinh viên.

c) Đánh giá và cải tiến liên tục

Đánh giá và cải tiến liên tục: Để đảm bảo rằng ChatGPT luôn đáp ứng tốt nhất nhu cầu của người dùng và tiếp tục phát huy hiệu quả trong môi trường giáo dục, cần có các cơ chế đánh giá và cải tiến liên tục. Việc này bao gồm không chỉ việc theo dõi hiệu suất của ChatGPT mà còn cần phản hồi từ sinh viên và giảng viên để xác định các điểm mạnh và yếu của công cụ này trong thực tế sử dụng. Các buổi khảo sát định kỳ, thảo luận nhóm, và các công cụ đánh giá trực tuyến có thể được sử dụng để thu thập ý kiến từ người dùng, từ đó cung cấp thông tin quý giá cho quá trình cải tiến.

Ngoài ra, các nhà phát triển và quản lí giáo dục cần cập nhật liên tục các tính năng và dữ liệu của ChatGPT để đảm bảo rằng nó luôn phù hợp với các yêu cầu học tập mới nhất. Việc tối ưu hóa ChatGPT cũng cần xem xét đến sự thay đổi trong nội dung giáo dục, phương pháp giảng dạy, và nhu cầu của sinh viên. Điều này đòi hỏi một quá trình phối hợp chặt chẽ giữa các nhà phát triển công nghệ và các chuyên gia giáo dục, để đảm bảo rằng ChatGPT không chỉ là một công cụ hỗ trợ học tập mà còn là một phần tích hợp hữu ích trong hệ thống giáo dục hiện đại.

Bên cạnh đó, cần có các biện pháp để đảm bảo rằng ChatGPT được sử dụng một cách có trách nhiệm và hiệu quả, tránh việc lạm dụng hoặc phụ thuộc quá mức vào công cụ này. Đánh giá liên tục và cải tiến thường xuyên sẽ giúp tối ưu hóa vai trò của ChatGPT trong giảng dạy, đảm bảo rằng nó luôn là một trợ thủ đắc lực cho cả giảng viên và sinh viên.

4. Kết luận

Việc ứng dụng ChatGPT trong giảng dạy tại trường đại học đã mang lại nhiều lợi ích rõ rệt, từ việc cải thiện kết quả học tập của sinh viên đến việc giảm tải công việc cho giảng viên. Tuy nhiên, để tận dụng tối đa tiềm năng của ChatGPT, cần có các biện pháp đảm bảo tính chính xác, bảo mật và sự kết hợp với các phương pháp giảng dạy truyền thống. Việc nghiên cứu và phát triển các công nghệ AI trong giáo dục hứa hẹn sẽ mở ra những cơ hội mới và tiềm năng vô hạn cho cả người dạy và người học trong thời đại số hóa.

Tài liệu tham khảo

Dempere J, Modugu K, Hesham A and Ramasamy LK, 2023. The impact of ChatGPT on higher education. *Front. Educ*.

Chinedu Wilfred Okonkwo, Abejide Ade-Ibijola, 2021. Chatbots applications in education: A systematic review. *Computers and Education: Artificial Intelligence.* Volume 2.

Adiguzel, T., Kaya, M. H., & Cansu, F. K., 2023. Revolutionizing education with AI: Exploring the transformative potential of ChatGPT. *Contemporary Educational Technology*.

Miguel A. Cardona, Ed.D., Roberto J. Rodríguez, Kristina Ishmael, 2023. U.S. Department of Education, Office of Educational Technology, *Artificial Intelligence and Future of Teaching and Learning: Insights and Recommendations*, Washington, DC.

ABSTRACT

ChatGPT in Universities: Opportunities and Challenge

Le Bich Phuong
Hanoi University of Mining and Geology

In the era of Industry 4.0, the development of artificial intelligence has opened many new doors in the field of higher education, scientific research, and debate. ChatGPT, an advanced language model by OpenAI, is not just a tool for entertainment but also has extensive applications in supporting researchers and debaters. This article will focus on presenting the important applications of ChatGPT in these fields.

Keywords: Higher education; ChatGPT; research; debate.

Xấp xỉ phân phối chuẩn: Từ nền tảng lý thuyết đến ứng dụng thực tiễn

Lê Bích Phượng*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Phân phối chuẩn, hay phân phối Gauss, là một công cụ quan trọng trong xác suất - thống kê. Đặc điểm nổi bật của phân phối chuẩn là khả năng xấp xỉ nhiều loại phân phối khác nhau trong các điều kiện nhất định. Bài viết này sẽ xem xét các phân phối thường được xấp xỉ bởi phân phối chuẩn, đi kèm với ví dụ minh họa qua số liệu cụ thể và biểu đồ trực quan.

Từ khóa: xấp xỉ phân phối chuẩn; phân phối nhị thức; phân phối Poission; phân phối chi-bình phương.

1. Đặt vấn đề

Trong lĩnh vực xác suất và thống kê, việc hiểu rõ và mô tả chính xác các phân phối xác suất đóng vai trò quan trọng trong phân tích dữ liệu, ra quyết định và phát triển các mô hình dự đoán. Tuy nhiên, khi đối mặt với các phân phối phức tạp như phân phối nhị thức, phân phối Poisson hay phân phối Chi-bình phương, việc tính toán các xác suất cụ thể hoặc ước lượng các tham số phân phối có thể trở nên rất phức tạp.

Phân phối chuẩn, với tính chất đơn giản và các tính chất toán học dễ áp dụng, đã trở thành một công cụ mạnh mẽ để xấp xỉ các phân phối khác. Điều này không chỉ giúp đơn giản hóa các tính toán mà còn mở ra nhiều ứng dụng thực tiễn trong các lĩnh vực như học máy, kinh tế lượng và phân tích rủi ro.

Mặc dù các định lý kinh điển như Định lý De Moivre-Laplace đã chứng minh sự hiệu quả của xấp xỉ phân phối chuẩn trong nhiều trường hợp (Grinstead và Snell's, 2006). Câu hỏi đặt ra là khi nào và với điều kiện nào thì xấp xỉ này là hợp lý? Hơn nữa, việc hiểu rõ hơn về những hạn chế và tiềm năng cải tiến của phương pháp này có thể dẫn đến những bước tiến mới trong nghiên cứu và ứng dụng.

Trong bối cảnh đó, bài báo này sẽ trình bày các cơ sở lý thuyết của việc xấp xỉ các phân phối nhị thức, Poisson và Chi-bình phương bằng phân phối chuẩn. Đồng thời, bài viết sẽ đưa ra các số liệu minh họa và đề xuất hướng nghiên cứu tiếp theo để mở rộng và nâng cao tính ứng dụng của xấp xỉ này trong thực tiễn.

2. Cơ sở lí thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở lí thuyết

Phân phối chuẩn (Normal Distribution), thường được ký hiệu là $N(\mu, \sigma^2)$ đóng vai trò trung tâm trong lý thuyết xác suất và thống kê. Phân phối này mô tả một tập hợp dữ liệu với hình chuông đặc trưng, có kì vọng bằng μ và phương sai bằng σ^2 . Một trong những tính chất quan trọng nhất của phân phối chuẩn là Định lý Giới hạn trung tâm (Central Limit Theorem), định lý này chỉ ra rằng tổng của một số lượng lớn các biến ngẫu nhiên độc lập, với phân phối giống nhau và có phương sai hữu hạn, sẽ tiệm cận phân phối chuẩn khi kích thước mẫu tăng.

Định lý De Moivre-Laplace là một trường hợp đặc biệt của Định lí giới hạn trung tâm, cho phép xấp xỉ phân phối nhị thức bằng phân phối chuẩn khi số lần thử n đủ lớn. Cụ thể, nếu $X \sim B(n,p)$ (tức là X tuân theo quy luật phân phối nhị thức, với n là số lần thử và p là xác suất xảy ra A trong một lần thử), với kì vọng là np và phương sai là $np(1-p)$, thì khi n đủ lớn, phân phối của X có thể được xấp xỉ bởi phân phối chuẩn: $X \approx N(np; \sqrt{np(1-p)})$.

Tương tự, các phân phối Poisson và Chi-Bình phương cũng có thể được xấp xỉ bằng phân phối chuẩn khi các tham số của chúng đạt đến các giá trị lớn. Với phân phối Poisson $X \sim P(\lambda)$ thì khi λ lớn, X có thể được xấp xỉ bởi phân phối chuẩn $X \approx N(\lambda; \sqrt{\lambda})$. Phân phối Chi-Bình phương với k bậc tự do $X \sim \chi^2(k)$ có thể được xấp xỉ bằng $X \approx N(k, \sqrt{2k})$ khi k lớn.

* *Tác giả liên hệ*
Email: lebichphuong@humg.edu.vn

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Chứng minh toán học

Bài báo sẽ xây dựng các chứng minh toán học chi tiết cho việc xấp xỉ phân phối nhị thức, Poisson và Chi-Bình phương bằng phân phối chuẩn (Grinstead và Snell's, 2006; Montgomery và Runger, 2014). Cụ thể là:

- Chứng minh định lý De Moivre-Laplace: Sử dụng xấp xỉ Stirling và lý thuyết giới hạn để chứng minh phân phối nhị thức có thể được xấp xỉ bằng phân phối chuẩn khi số lần thử lớn.
- Sử dụng Định lý Giới hạn trung tâm để chỉ ra rằng các phân phối Poisson và Chi-Bình phương cũng có thể được xấp xỉ bởi phân phối chuẩn trong những điều kiện nhất định.

2.2.2. Mô phỏng và phân tích dữ liệu

Sử dụng các công cụ phần mềm như Python, tiến hành mô phỏng các phân phối nhị thức, Poisson, và Chi-Bình phương với các giá trị tham số khác nhau. Các bước thực hiện bao gồm:

- Tạo mẫu từ các phân phối nhị thức, Poisson, và Chi-bình phương: Chọn các tham số cụ thể và tạo mẫu ngẫu nhiên từ các phân phối này.
- Xấp xỉ bằng phân phối chuẩn: Chuyển đổi các mẫu này thành các biến ngẫu nhiên chuẩn hóa, sau đó so sánh phân phối thực tế của mẫu với phân phối chuẩn tương ứng.
- Phân tích sự khác biệt: Sử dụng các chỉ số như khoảng tin cậy và kiểm định Kolmogorov-Smirnov để đánh giá mức độ tương đồng giữa phân phối thực tế và phân phối chuẩn xấp xỉ.
- Biểu thị kết quả: Kết quả của các phân tích trên sẽ được trình bày dưới dạng bảng số liệu và đồ thị minh họa. Các bảng số liệu sẽ thể hiện các tham số phân phối, giá trị kì vọng và phương sai, cùng với độ lệch chuẩn của các phân phối xấp xỉ. Đồ thị minh họa sẽ trực quan hóa sự so sánh giữa phân phối thực tế và phân phối chuẩn, giúp làm rõ mức độ chính xác của các xấp xỉ trong từng trường hợp cụ thể.

3. Kết quả và thảo luận

Định lý 1. Cho một biến ngẫu nhiên X có phân phối nhị thức với tham số n và p, tức là $X \sim B(n,p)$. Khi n lớn, phân phối nhị thức có thể được xấp xỉ bởi phân phối chuẩn với kì vọng np và phương sai np(1−p).

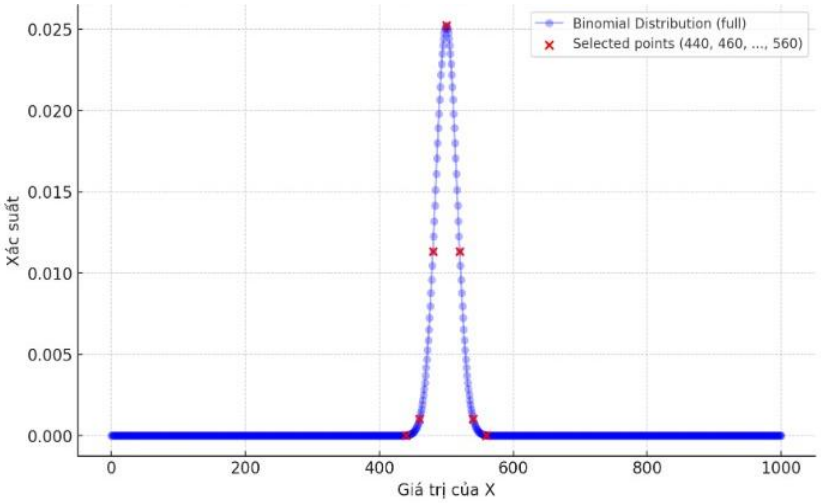
Cụ thể: với a và b là hai số thực xác định thì $\lim_{n\to\infty} P\left(a \le \frac{X-np}{\sqrt{np(1-p)}} \le b\right) = \int_a^b \Phi(x)dx$, trong đó $\Phi(x)$ là hàm phân phối tích lũy của hàm phân phối chuẩn tắc, tức là $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$.

Định lý này được chứng minh bằng cách sử dụng xấp xỉ Stirling (Grinstead và Snell's, 2006; Johnson và Kotz, 1970).

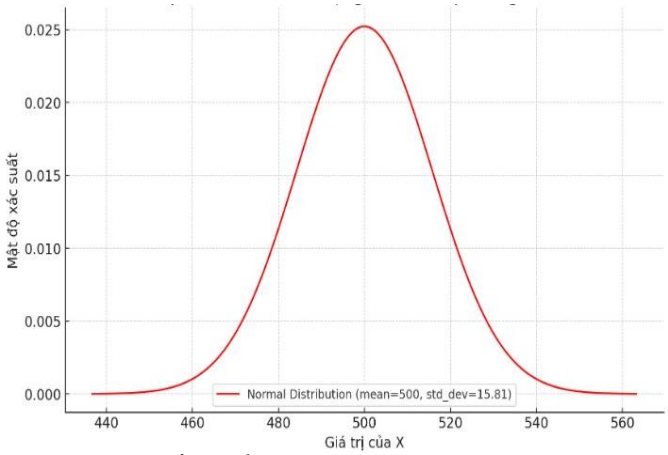
Mô phỏng các phân phối nhị thức, Poisson và Chi-bình phương

3.1. Phân phối nhị thức

- Tham số: n = 1000 và p = 0,5 (Hình 1).
- Kì vọng: np = 500 Phương sai: np(1−p) = 250 (Hình 2).



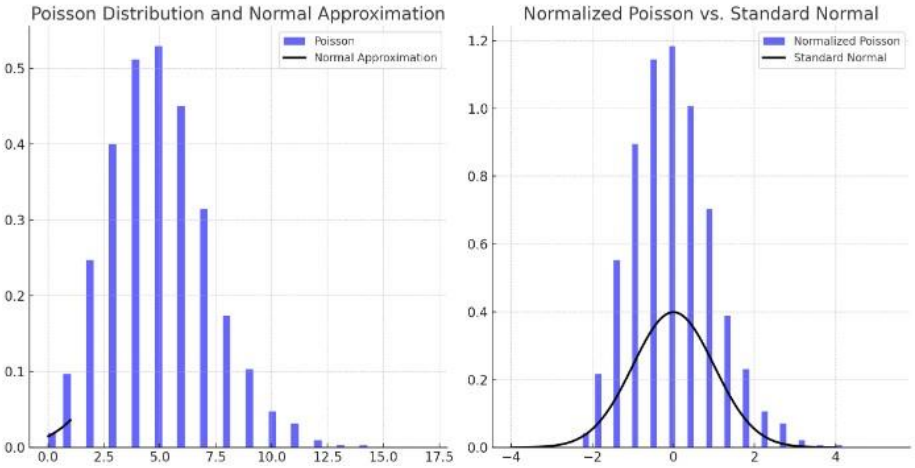
Hình 1. Phân phối nhị thức với các mốc cụ thể (440, 460, 480, 500, 520, 540, 560).



Hình 2. Phân phối chuẩn với kì vọng = 500 và phương sai = 250.

3.2. Phân phối Poisson

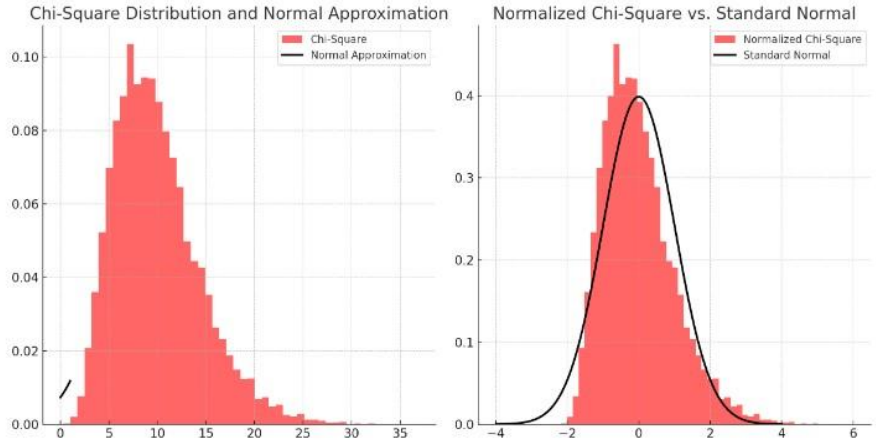
- Tham số: λ=5
- Kì vọng: λ=5
- Phương sai: λ=5



Hình 3. Phân phối Poisson.

3.3. Phân phối Chi-bình phương

- Tham số: df=10
- Kì vọng: df=10
- Phương sai: 2×df=20



Hình 4. Phân phối Chi-bình phương.

Kết quả kiểm định Kolmogorov-Smirnov (Bảng 1).

Bảng 1. Kết quả kiểm định Kolmogorov-Smirnov.

Phân phối	Thống kê KS	Giá trị p
Nhị thức	0.0157	0.0142
Poisson	0.1135	$1{,}13.10^{-112}$
Chi-bình phương	0.0662	$1{,}53.10^{-38}$

4. Phân tích và thảo luận

4.1. Phân phối nhị thức

- Xấp xỉ phân phối nhị thức bằng phân phối chuẩn cho kết quả khá chính xác. Biểu đồ của phân phối nhị thức và đường cong phân phối chuẩn trùng khớp khá tốt.
- Giá trị kiểm định KS cho thấy sự khác biệt không đáng kể giữa phân phối nhị thức và phân phối chuẩn xấp xỉ.

4.2. Phân phối Poisson

- Xấp xỉ phân phối Poisson bằng phân phối chuẩn cho thấy một số khác biệt. Biểu đồ của phân phối Poisson và đường cong phân phối chuẩn không trùng khớp hoàn toàn.
- Giá trị kiểm định KS cao cho thấy sự khác biệt đáng kể giữa phân phối Poisson và phân phối chuẩn xấp xỉ. Điều này có thể do λ không đủ lớn để xấp xỉ tốt bằng phân phối chuẩn.

4.3. Phân phối Chi-Bình phương

- Xấp xỉ phân phối Chi-Bình phương bằng phân phối chuẩn có kết quả tốt hơn so với Poisson nhưng vẫn có một số khác biệt.
- Giá trị kiểm định KS cho thấy sự khác biệt giữa phân phối Chi-Bình phương và phân phối chuẩn xấp xỉ là có nhưng không quá lớn.

4.4. Điều kiện áp dụng các xấp xỉ trên

- Xấp xỉ phân phối nhị thức bằng phân phối: thường áp dụng khi $np \geq 5; n(1-p) \geq 5$. Đây là điều kiện để đảm bảo rằng phân phối nhị thức đủ "cân đối" để có thể xấp xỉ bằng phân phối chuẩn.
- Xấp xỉ phân phối Poisson bằng phân phối chuẩn: thường áp dụng khi $\lambda \geq 10$
- Xấp xỉ phân phối Chi-bình phương bằng phân phối chuẩn: thường áp dụng khi số bậc tự do $df > 20$.

4.5. Một số bài toán thực tế

4.5.1. Xấp xỉ phân phối nhị thức

Bài toán 1: Một nhà máy sản xuất bóng đèn có tỷ lệ bóng đèn hỏng là 1%. Nếu một lô hàng có 2000 bóng đèn, hãy tính xác suất để có ít nhất 30 bóng đèn hỏng trong lô hàng này.

Bài toán 2: Trong một cuộc khảo sát với 1000 người, 60% cho biết họ ủng hộ một chính sách mới. Tính xác suất để trong một mẫu ngẫu nhiên 100 người từ khảo sát này có từ 50 đến 70 người ủng hộ chính sách.

4.5.2. Xấp xỉ phân phối Poisson

Bài toán 3: Một phòng cấp cứu bệnh viện nhận trung bình 5 ca cấp cứu mỗi giờ. Hãy tính xác suất nhận được hơn 8 ca cấp cứu trong một giờ.

Bài toán 4: Một trung tâm chăm sóc khách hàng nhận được trung bình 10 cuộc gọi mỗi giờ. Hãy tính xác suất trung tâm này sẽ nhận được từ 7 đến 13 cuộc gọi trong một giờ nhất định.

4.5.3. Xấp xỉ phân phối Chi-bình phương

Bài toán 5: Một nhà nghiên cứu muốn kiểm tra giả thuyết về sự phù hợp của một mô hình lý thuyết với dữ liệu thực nghiệm. Dữ liệu có 10 mức độ tự do, và giá trị thống kê Chi-bình phương thu được là 12. Hãy ước tính xác suất để có giá trị Chi-bình phương lớn hơn hoặc bằng 12.

4.6. Hướng nghiên cứu tiếp theo

- Thử nghiệm với các tham số khác nhau: Tiến hành thử nghiệm với các giá trị tham số khác nhau để xem xét mức độ ảnh hưởng của chúng đến sự xấp xỉ phân phối chuẩn.

- Sử dụng các phương pháp xấp xỉ khác: Áp dụng các phương pháp xấp xỉ khác như xấp xỉ Gamma hoặc xấp xỉ Poisson bằng phân phối siêu bội để so sánh hiệu quả.

- Phân tích sự ảnh hưởng của kích thước mẫu: Nghiên cứu sự ảnh hưởng của kích thước mẫu đến kết quả xấp xỉ và độ chính xác của các xấp xỉ này.

- Mô phỏng thêm các phân phối khác: Tiến hành mô phỏng và xấp xỉ các phân phối khác như phân phối Beta, phân phối Gama, và phân phối Student's t để mở rộng phạm vi nghiên cứu.

5. Kết luận

Bài báo đề cập đến khả năng xấp xỉ phân phối chuẩn đối với các phân phối khác như phân phối nhị thức, phân phối Poisson và phân phối Chi-bình phương, từ nền tảng lý thuyết đến ứng dụng thực tiễn. Các kết quả phân tích cho thấy phân phối chuẩn, với những đặc tính toán học rõ ràng và dễ áp dụng, đóng vai trò quan trọng trong việc đơn giản hóa các tính toán phức tạp liên quan đến các phân phối khác. Bài viết cũng đã cung cấp những ví dụ minh họa và biểu đồ trực quan, chứng minh hiệu quả của phương pháp xấp xỉ này trong thực tiễn. Tuy nhiên, bài báo cũng nhận diện những hạn chế của phương pháp xấp xỉ phân phối chuẩn, đặc biệt là khi các điều kiện cần thiết không được đảm bảo. Việc hiểu rõ hơn về những hạn chế này sẽ là nền tảng cho các nghiên cứu tiếp theo nhằm cải thiện độ chính xác và mở rộng ứng dụng hơn.

Tài liệu tham khảo

Grinstead and Snell's, 2006. *Introduction to Probability*, New York: Wiley.

Johnson, N. L., & Kotz, S., 1970. *Distributions in Statistics: Continuous Univariate Distributions*. New York: Wiley.

Montgomery, D. C., & Runger, G. C., 2014. *Applied Statistics and Probability for Engineers*. Hoboken, NJ: Wiley.

ABSTRACT

Normal distribution approximation: From theoretical foundation to practical application

Le Bich Phuong
Hanoi University of Mining and Geology

The normal distribution, also known as the Gaussian distribution, is a crucial tool in statistics and probability. One of its prominent features is the ability to approximate various types of distributions under certain conditions. This paper examines distributions commonly approximated by the normal distribution, accompanied by illustrative examples through specific data and visual charts.

Keywords: normal distribution approximation; binomial distribution; Poisson distribution; Chi-distribution.

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Phương pháp tính và ứng dụng kinh tế của tích phân

Nguyễn Thị Kim Sơn*
Trường Đại học Hà Nội

TÓM TẮT

Mục đích thứ nhất của chúng tôi trong bài báo này là trình bày hai phương pháp tính tích phân, đó là phương pháp đổi biến và phương pháp tích phân từng phần. Mục đích thứ hai là chúng tôi đưa ra một số ứng dụng trong kinh tế của tích phân.

Từ khóa: Phương pháp đổi biến; phương pháp tích phân từng phần; ứng dụng của tích phân; tích phân.

1. Đặt vấn đề

Tích phân là phép tính ngược của phép tính đạo hàm. Tuy nhiên, việc tính tích phân thường sẽ khó thực hiện hơn. Nếu một hàm số là một biểu thức liên quan đến các hàm cơ bản (ví dụ các hàm x^r, $\sin x$, e^x,K) thì đạo hàm của nó cũng là các hàm cơ bản. Ngoài ra, chúng ta có thể phát triển các phương pháp tính cho phép chúng ta có thể đạo hàm hầu hết mọi hàm mà chúng ta có một cách dễ dàng. Nhiều bài toán tích phân cũng có đặc điểm này nhưng một số thì không. Có những hàm số là hàm số cơ bản (chẳng hạn e^{x^2}) nhưng nguyên hàm của nó lại không thể biểu diễn được dưới dạng hàm số cơ bản. Ngay cả khi nguyên hàm cơ bản tồn tại thì kỹ thuật tìm ra nó lại quá phức tạp.

Vì lí do này nên chúng ta cần phải có nhiều công cụ để giải các bài toán tính tích phân. Trong bài báo này, chúng tôi tập trung trình bày hai phương pháp tính tích phân, đó là phương pháp đổi biến và phương pháp tích phân từng phần.

Trước tiên, chúng tôi sẽ nhắc lại kiến thức cơ bản nhất về tích phân.

Tích phân bất định $\int f(x)dx$, theo định nghĩa, là một hàm số mà đạo hàm của nó là $f(x)$. Nếu $F(x)$ là một hàm số như vậy thì mọi hàm số có đạo hàm là $f(x)$ đều có dạng $F(x)+C$, trong đó C là một hằng số tùy ý. Ta viết:

$$\int f(x)dx = F(x) + C.$$

Mỗi lần đạo hàm một hàm số, ta cũng suy ra một công thức cho tích phân. Chẳng hạn, $\frac{d}{dx}(3x^2) = 6x$ có thể chuyển thành công thức tích phân $\int 6xdx = 3x^2 + C$.

Một số công thức có thể được suy ra trực tiếp từ công thức đạo hàm dựa vào bảng các nguyên hàm cơ bản.

Từ bảng các nguyên hàm cơ bản ta thấy sự cần thiết của các kỹ thuật tính tích phân. Vì mặc dù $\sin x$, $\cos x$ tồn tại như là đạo hàm của các hàm số lượng giác đơn giản nhưng hàm $\tan x$, $\cot x$ lại không có trong bảng. Trong thực tế, nếu chúng ta thực hiện các phép kết hợp cơ bản của các hàm số lượng giác thì ta sẽ thấy rằng nguyên hàm của $\tan x$, $\cot x$ không dễ để tính được. Vì vậy, trong bài báo này, chúng tôi sẽ phát triển các kỹ thuật để tính các nguyên hàm như vậy (và các nguyên hàm khác nữa) (Larry và nnk, 2018).

Bố cục của bài viết như sau: Trong Phần 2, chúng tôi chúng tôi trình bày hai phương pháp tính tích và các bài toán áp dụng của chúng. Trong Phần 3, chúng tôi trình bày một số ứng dụng của trong kinh tế của tích phân.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp đổi biến số

Giả sử $f(x)$ và $g(x)$ là hai hàm số cho trước, và giả sử $F(x)$ là một nguyên hàm của $f(x)$. Theo quy tắc hàm hợp ta có:

$$\frac{d}{dx}[F(g(x))] = F'(g(x))g'(x) = f(g(x))g'(x).$$

* *Tác giả liên hệ*
Email: sonntk@hanu.edu.vn

Trở lại công thức tích phân, ta có $\int f(g(x))g'(x)dx=F\left(g\left(x\right)\right)+C$, trong đó C là hằng số tùy ý (Nguyễn Đình Trí và nnk, 2006).

2.2. Phương pháp tích phân từng phần

Giả sử $f(x)$ và $g(x)$ là hai hàm số và $G(x)$ là một nguyên hàm của $g(x)$. Theo quy tắc tính đạo hàm của một tích ta có:

$$\frac{d}{dx}[f(x)G(x)] = f(x)G'(x) + f'(x)G(x) = f(x)g(x) + f'(x)G(x).$$

Do đó, $f\left(x\right)G\left(x\right)=\int f(x)g(x)dx+\int f'\left(x\right)G\left(x\right)dx$.

Công thức cuối cùng này có thể được viết lại ở dạng hữu ích hơn như sau.

$$\int f(x)g(x)dx = f\left(x\right)G\left(x\right)-\int f'\left(x\right)G\left(x\right)dx \quad (1)$$

Nếu đặt $\begin{cases} u = f(x) \\ dv = g(x) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} du = f'(x), \\ v = \int g(x)dx = G(x)+C. \end{cases}$

Khi đó, công thức (1.1) trở thành $\int f(x)g(x)dx = uv - \int vdu$ (Nguyễn Đình Trí và nnk, 2006).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Các bài toán ôn luyện cho Kỳ thi Olympic sinh viên toàn quốc

Bài toán 1. (OLP-1993). Tính tích phân $I = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{dx}{1+(\tan x)^{\sqrt{2}}}$.

Lời giải.

Đổi biến $t = \tan x$ ta có: $I = \int_0^{\infty} \frac{dt}{(1+t^2)(1+t^{\sqrt{2}})} = \int_0^1 \frac{dt}{(1+t^2)(1+t^{\sqrt{2}})} + \int_1^{\infty} \frac{dt}{(1+t^2)(1+t^{\sqrt{2}})} = I_1 + I_2.$

Với I_2, ta đổi biến $u = \frac{1}{t}$. Khi đó, $I_2 = \int_0^1 \frac{u^{\sqrt{2}}du}{(1+u^2)(1+u^{\sqrt{2}})} = \int_0^1 \frac{du}{1+u^2} - \int_0^1 \frac{du}{(1+u^2)(1+u^{\sqrt{2}})} = \frac{\pi}{4} - I_1$.

Do đó, $I = \frac{\pi}{4}$.

Bài toán 2. (OLP-1994). Tìm nguyên hàm $\int \frac{dx}{x+\sqrt{x^2+x+1}}$.

Lời giải.

Đặt $\sqrt{x^2+x+1} = x+t$, ta có: $x = \frac{1-t^2}{2t-1}\left(t \neq \frac{1}{2}\right), dx = \frac{-2(t^2-t+1)}{(2t-1)^2}dt.$

Khi đó,

$$\int \frac{dx}{x+\sqrt{x^2+x+1}} = \int \frac{-2(t^2-t+1)dt}{(2t-1)^2\left(2\frac{1-t^2}{2t-1}+t\right)} = \int \frac{-2(t^2-t+1)dt}{(2t-1)(2-t)} = \int \frac{2t^2-2t+2}{2t^2-5t+2}dt$$

$$= \int \left(1+\frac{3t}{2t^2-5t+2}\right)dt = t + \int \frac{3t}{(2t-1)(t-2)}dt$$

$$= t + \int \left(\frac{2}{t-2} - \frac{1}{2t-1}\right)dt = t + 2\,ln|t-2| - \frac{1}{2}ln|2t-1| + C$$

$$= \sqrt{x^2+x+1} - x + 2\,ln\left|\sqrt{x^2+x+1} - x - 2\right| - \frac{1}{2}ln\left|2\sqrt{x^2+x+1} - 2x - 1\right| + C.$$

Bài toán 3. Tính tích phân $I = \int \frac{\ln x}{(x+1)^2}$ (Vũ Tiến Việt và Phan Thế Hải, 2021).

Lời giải.

+) Cách giải thông thường:

Đặt $\begin{cases} u=\ln x \\ dv=\dfrac{1}{(x+1)^2}dx \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} du=\dfrac{1}{x}dx \\ v=-\dfrac{1}{x+1} \end{cases} \Rightarrow I=-\ln x\cdot\dfrac{1}{x+1}+\int\dfrac{1}{x(x+1)}dx.$

Đến đây để thực hiện nguyên hàm hữu tỉ ta cần tách thành dạng $\dfrac{a}{x}+\dfrac{b}{x+1}$ và để làm được điều này thì ta phải tốn thêm thời gian đồng nhất thức.

+) Khi cộng thêm hằng số C:

Đặt $\begin{cases} u=\ln x \to du=\dfrac{1}{x}dx \\ dv=\dfrac{1}{(x+1)^2}dx \to v=-\dfrac{1}{x+1}+1=\dfrac{x}{x+1} \end{cases}$

Do đó, $I=\ln x\cdot\dfrac{x}{x+1}-\int\dfrac{x}{x(x+1)}dx=\ln x\dfrac{x}{x+1}-\int\dfrac{1}{x+1}dx$.

Đến đây ta có thể dễ dàng sử dụng nguyên hàm cơ bản để tính.

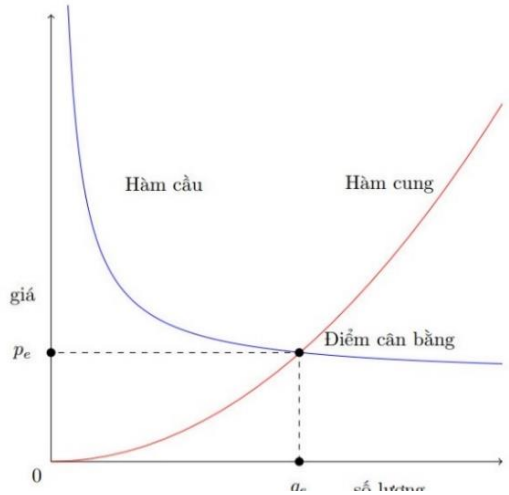
Bài toán 4. Cho hàm $f(x)$ liên tục trên $[a,b]$, khả vi trong (a,b), thỏa mãn $f(a)=f(b)=0$ và $\int_a^b[f(x)]^2dx=1$. Chứng minh rằng: $\int_a^b xf(x)f'(x)dx=-\dfrac{1}{2}$ (Vũ Tiến Việt và Phan Thế Hải, 2021).

Lời giải.

Sử dụng tích phân từng phần, ta có: $\int_a^b xf(x)f'(x)dx=\dfrac{x}{2}[f(x)]^2\Big|_a^b-\dfrac{1}{2}\int_a^b[f(x)]^2dx=-\dfrac{1}{2}.$

3.2. Thặng dư của người tiêu dùng và nhà sản xuất

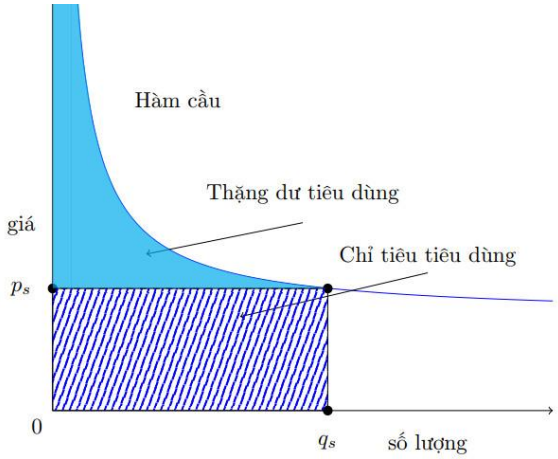
Khi nhìn vào đường cung và cầu, chúng ta thấy điểm cân bằng tại đó số lượng được bán bằng với số lượng mọi người muốn mua.



Hình 1. Quan hệ cung và cầu.

Tuy nhiên, trong mô hình đó, có những người sẵn sàng bán với giá thấp hơn giá cân bằng và có những người sẵn sàng mua với giá cao hơn giá cân bằng. Những người này có được một thỏa thuận đặc biệt tốt trong giao dịch. Chúng ta muốn đo lường lợi ích đó vì chúng ta có thể coi nó là lợi nhuận tăng thêm mà nhà cung cấp và người mua có được từ giao dịch. Chúng ta lưu ý rằng mỗi bên sẽ có mong muốn để tối đa hóa lợi ích đó.

Đầu tiên, ta tập trung về phía người tiêu dùng. Vùng bên dưới hàm cầu, từ 0 đến số lượng bán ra, đo lường mức độ sẵn lòng chi tiêu của người tiêu dùng. Diện tích trong hình chữ nhật có cùng đáy và chiều cao bằng giá bán đo lường mức chi tiêu thực tế của người tiêu dùng. Sự khác biệt giữa hai giá trị này là số lượng mà chúng ta gọi là thặng dư tiêu dùng.

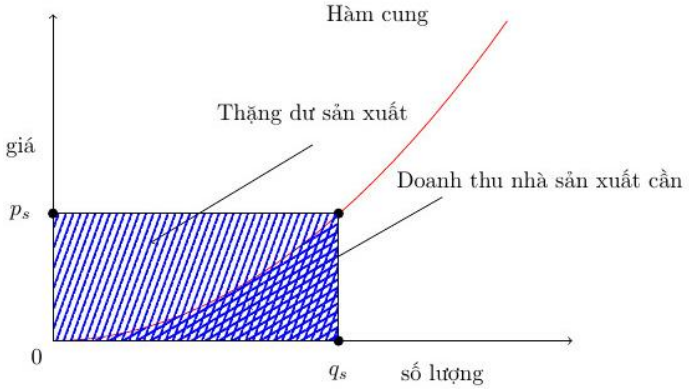


Hình 2. Thặng dư tiêu dùng.

Về mặt tính toán, thặng dư tiêu dùng $= \int_0^{q_s}$ (hàm cầu (q) - p_s) dq.

Miễn là giá vẫn nằm trên đường hàm cầu, giá thấp hơn có nghĩa là số lượng bán ra nhiều hơn và thặng dư tiêu dùng lớn hơn.

Theo cách tương tự, chúng ta có thể tập trung vào phía nhà sản xuất. Diện tích dưới hàm cung, từ 0 đến số lượng bán ra, đo lường nhu cầu doanh thu của nhà sản xuất. Diện tích trong hình chữ nhật có cùng đáy và chiều cao bằng giá bán đo lường doanh thu thực tế của nhà sản xuất. Sự khác biệt giữa hai giá trị này là một đại lượng mà chúng ta gọi là thặng dư sản xuất.



Hình 3. Thặng dư sản xuất.

Về mặt tính toán, thặng dư sản xuất $= \int_0^{q_s}$ (p_s - hàm cung (q)) dq.

Miễn là giá vẫn nằm trên đường cung, giá cao hơn có nghĩa là lượng bán ra lớn hơn và thặng dư của nhà sản xuất lớn hơn.

Sau đây, ta xem xét một ví dụ trong đó hàm cung và hàm cầu đơn giản để việc tính toán có thể thực hiện được bằng tay.

Bài toán 1. Giả sử giá cung $(q) = 30 + q$ và giá cầu $(q) = 170 - q$.

a) Tìm thặng dư tiêu dùng, thặng dư sản xuất và tổng lợi ích xã hội tại điểm cân bằng thị trường.

b) Nếu các nhà sản xuất có thể thành lập một cartel và giới hạn số lượng sẵn có ở mức 50, bán với giá cung là 50 thì thặng dư tiêu dùng, thặng dư nhà sản xuất và tổng lợi ích xã hội là bao nhiêu?

c) Tìm mức giá mà một cartel sản xuất sẽ tối đa hóa thặng dư nhà sản xuất. Tìm thặng dư sản xuất ở mức giá đó.

Lời giải.

a) Hai đường cong cắt nhau tại điểm cân bằng thị trường, $(70, 100)$.

Thặng dư sản xuất $= \int_0^{70}[100 - (30 + q)]dq = 2450;$

Thặng dư tiêu dùng $= \int_0^{70}[(170 - q) - (100)]dq = 2450;$

Tổng lợi ích xã hội = Thặng dư sản xuất + Thặng dư tiêu dùng = 4 900.

b) Giá cầu $(50) = 120$

Thặng dư sản xuất $= \int_0^{50}[(120) - (30 + q)]dq = 3250;$

Thặng dư tiêu dùng $= \int_0^{50}[(170 - q) - (120)]dq = 1250;$

Tổng lợi ích xã hội = Thặng dư sản xuất + Thặng dư tiêu dùng = 4500.

c) Công thức thặng dư sản xuất x là $\int_0^x \left(\text{Giá cầu } (t) - \text{Giá cung } (x)\right) dt.$

Trong trường hợp này, ta có $\int_0^x[(170 - t) - (30 + x)]dt = \int_0^x(140 - t - x)dt.$

Do đó, $\left(140t - \frac{t^2}{2} - xt\right)\Big|_0^x = 140x - \frac{3x^2}{2}.$

Thặng dư sản xuất tối đa là 3266.67 khi $x =$ 46.67 .

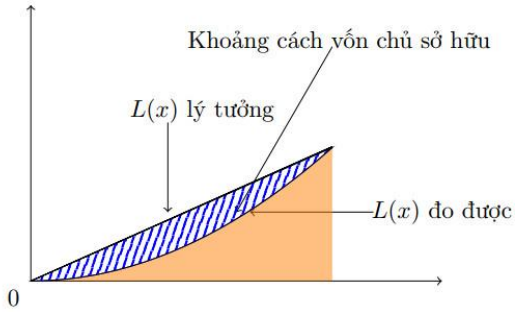
3.3. Đường cong Lorenz và chỉ số Gini

Một câu hỏi đặt ra trong kinh tế học là xem xét sự công bằng trong thu nhập hoặc phân phối của cải trong một quốc gia. Trong các lý thuyết kinh tế tiêu chuẩn, quá nhiều hoặc quá ít vốn chủ sở hữu đều cho thấy thiếu cơ hội và là trở ngại cho tăng trưởng. Tuy nhiên, trước khi có thể giải quyết những thuận lợi hay khó khăn của mức độ bất bình đẳng, chúng ta cần có khả năng định lượng mức độ công bằng hoặc bất bình đẳng. Phương pháp tiêu chuẩn là sử dụng đường cong Lorenz và chỉ số Gini.

Đường cong Lorenz được xác định bởi một hàm $L(x)$ với $0 \leq x \leq 1$, đo lường tỷ lệ của một thứ gì đó được nắm giữ bởi x tỷ lệ dưới cùng của dân số. Do đó, nếu $L(0.2) = 0.1$, đối với hàm Lorenz về thu nhập ở một quốc gia, thì 20% phần dân số ở dưới cùng kiếm được 10% thu nhập ở quốc gia đó. Vì theo định nghĩa thông thường, một người không thể có thu nhập âm nên hàm Lorenz không âm và tăng dần. Vì hàm Lorenz được tính từ dưới lên nên ta cũng có $L(x) \leq x$ với mọi x.

Chúng ta có thể thực hiện thêm một vài quan sát nữa. Toàn bộ dân số có toàn bộ thu nhập của người dân. Một tập hợp dân số trống không có thu nhập nào bằng thu nhập của dân số. Bất kỳ phân khúc dưới cùng nào cũng sẽ có thu nhập không âm. Trong các công thức, những quan sát này lần lượt trở thành $L(1) = 1, L(0) = 0,$ và $L(x) \geq 0$ với mọi x.

Nếu có vốn chủ sở hữu hoàn hảo thì hàm Lorenz sẽ là $L(x) = x$. Bất kỳ đường cong Lorenz nào chúng ta tìm được cho một dân số thực sẽ nằm dưới đường cong này. Chỉ số Gini (hoặc hệ số Gini) đo tỷ lệ phần trăm mà đường cong Lorenz thực nằm dưới đường cong lý tưởng.



Hình 4. Đường cong Lorenz.

Về mặt tính toán, $G = \frac{\int_0^1 (x - L(x))dx}{\int_0^1 x\,dx} = 2\int_0^1 (x - L(x))dx.$

Trong thực tế, con số này thường được nhân với 100, cho biết tỷ lệ phần trăm (từ 0 đến 100) thay vì tỷ lệ (từ 0 đến 1) của diện tích dưới hàm lý tưởng và phía trên hàm đo được.

Bài toán 2. Chỉ số Gini với công thức phân phối thu nhập.

Đường cong Lorenz về thu nhập của một quốc gia được cho bởi $L(x) = 0.8x^3 + 0.2x$. Tỷ lệ thu nhập của nửa dưới dân số là bao nhiêu? Tìm chỉ số Gini.

Lời giải.

Để tìm tỷ lệ thu nhập của nửa dưới cùng của dân số, chúng ta thay $x =$ 0.5 vào phương trình của $L(x)$ và được:

$$L(0.5) = (0.8)(0.5)^3 + (0.2)(0.5) = 0.1 + 0.1 = 0.2.$$

Do đó, 50% dưới cùng của dân số chiếm 20% tổng thu nhập. Để tính chỉ số Gini, ta có:

$$G = 2\int_0^1 (x - 0.8x^3 - 0.2x)dx = 2(0.4x^2 - 0.2x^4)|_0^1 = 0.4.$$

Vậy chỉ số Gini ở quốc gia giả định này là 40.

4. Kết luận

Chúng tôi đã trình bày hai kỹ thuật quan trọng có thể sử dụng tính tích phân cho các hàm phức tạp. Bên cạnh đó, một số ứng dụng trong kinh tế của tích phân đã được đưa ra qua các bài toán về tính thặng dư tiêu dùng, thặng dư sản xuất và tính chỉ số Gini.

Tài liệu tham khảo

Larry J. G., David C. L. and David I. S., 2018. *Calculus and Its Applications* (14th ed), Pearson.

Vũ Tiến Việt và Phan Thế Hải, 2021. *Một số chuyên đề ôn tập thi Olympic toán sinh viên*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội.

Nguyễn Đình Trí, Tạ Văn Vĩnh và Nguyễn Hồ Quỳnh, 2006. *Toán học cao cấp tập hai*, Nhà xuất bản Giáo dục.

ABSTRACT

Methods of integration and economic applications of integration

Nguyen Thi Kim Son*
Hanoi University

Our first purpose in this paper is to present two methods of calculating integration which are integration by substitution and integration by parts. Then we present some economic applications of calculus.

Keywords: Integration by substitution; integration by parts; application of integration; integral.

Thuật toán phân tích thành phần chính và ứng dụng trên phần mềm R

Hoàng Thuỳ Linh*
Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT

Phương pháp phân tích thành phần chính (tên Tiếng Anh: Principal Component Analysis, viết tắt là PCA) từ lâu đã là một trong những công cụ phổ biến nhất trong việc phân tích dữ liệu thống kê, nhất là khi các nhà thống kê phải đối mặt với các bộ dữ liệu có số chiều lớn. Phương pháp PCA giúp giảm số chiều của bộ dữ liệu mà không làm mất đi những thông tin cần thiết cho việc xây dựng mô hình và đưa ra kết luận. Đây là phương pháp được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực nghiên cứu như khoa học máy tính, kinh tế, sinh hoá,... Trong bài báo này, tác giả đưa ra cơ sở lý thuyết và một ứng dụng vô cùng quan trọng của phương pháp PCA là phân tích dữ liệu. Song hành cùng PCA, nhiều phần mềm được phát triển để thực hiện phương pháp này trong việc tiền xử lý dữ liệu và phân tích dữ liệu. Trong đó, phần mềm R là một phần mềm dễ sử dụng, có tính ứng dụng cao và rất thân thiện với người dùng. Bài viết dưới đây trình bày về nội dung của phương pháp phân tích thành phần chính PCA và sử dụng ngôn ngữ R để hỗ trợ lập trình.

Từ khóa: Xử lý dữ liệu; Phân tích thành phần chính; PCA; Tiền xử lý dữ liệu.

1. Đặt vấn đề

Ngày nay, dữ liệu đang trở thành trung tâm của thế giới hiện đại, không chỉ là thông tin mà còn là nguồn lực quan trọng thay đổi cả ngành công nghiệp và xã hội. Tuy nhiên, với một lượng dữ liệu khổng lồ hiện tại thì đa phần các bộ dữ liệu đều chưa thực sự hoàn thiện và cần nhiều bước tiền xử lý cũng như sau đó người làm khoa học cần rút ra được các kết luận và ý nghĩa của bộ dữ liệu đó.

Phương pháp phân tích thành phần chính (PCA) được xem là một kỹ thuật phân tích dữ liệu đa chiều lâu đời và được biết đến nhiều nhất. Phương pháp này được giới thiệu lần đầu bởi Karl Pearson năm 1901 và được phát triển bởi Hotelling vào năm 1933 (Jolliffe, 2002). Giống như các phương pháp đa biến khác, PCA không được sử dụng rộng rãi cho đến khi máy tính ra đời, nhưng hiện nay nó đã có mặt trong hầu hết mọi gói thống kê. Ý tưởng chính của phương pháp PCA là giảm số chiều của bộ dữ liệu trong đó có một số lượng lớn các biến có mối quan hệ với nhau, mà vẫn giữ lại được nhiều thông tin nhất có thể trong bộ dữ liệu. PCA được nhắc đến một cách ngắn gọn bởi Fisher và MacKenzie, đây là phương pháp phù hợp hơn so với việc phân tích phương sai cho mô hình hóa dữ liệu phản hồi (Fisher and MacKenzie, 1923).

Kể từ đó, tiện ích của PCA đã được khám phá lại trong nhiều lĩnh vực khoa học đa dạng, dẫn đến vô số thuật ngữ khác được ra đời. Phương pháp PCA hiện tại được gọi bằng nhiều tên khác nhau. Ngoài những điều đã được đề cập bên trên, phương pháp phân tích suy biến (SVD) cũng có mối quan hệ chặt chẽ với PCA, được sử dụng trong giải tích số (Gdub, VanLoan, 1983; Mandel, 1982) và khai triển Karhunen-Loéve (Karhunen, 1947; Loéve, 1948) trong kỹ thuật điện. Ngoài ra, phương pháp PCA còn có rất nhiều ứng dụng. Vectơ riêng và vectơ đặc trưng thường được sử dụng trong khoa học vật lý. Trong kỹ thuật phân tích hình ảnh, thuật ngữ phép biến đổi Hotelling thường được sử dụng cho phép chiếu thành phần chính. Ngoài ra, phân tích thư từ là một biến thể kép đặc biệt của PCA được ưa chuộng ở các nước nói tiếng Pháp và Canada cũng như trong một số lĩnh vực khoa học.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Tiền xử lý dữ liệu

Dữ liệu nhiều chiều được biểu diễn dưới dạng một ma trận gồm n hàng và p cột, trong đó n là số quan trắc (observations) và p là số biến (variables) khảo sát, được biểu diễn qua ma trận dữ liệu như sau:

**Tác giả liên hệ*
Email: linhht@utc.edu.vn

$$\boldsymbol{X}_{n\times p} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{np} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1' \\ x_2' \\ \vdots \\ x_n' \end{pmatrix} \quad (1)$$

Trong đó: $\boldsymbol{x}_i' = (x_{i1} \quad x_{i2} \quad \cdots \quad x_{ip}), i = \overline{1,n}.$

Tức là, mỗi véc-tơ hàng $\boldsymbol{x}_i'$ biểu diễn quan trắc thứ *i* trong không gian *p*-chiều.

Đối với một ma trận dữ liệu $\boldsymbol{X}_{n\times p}$, ta thường quan tâm tới các đại lượng sau:

- Véc-tơ trung bình (mean vecto);
- Ma trận hiệp phương sai (covariance matrix);
- Ma trận hệ số tương quan (correlation matrix).

Tiền xử lý dữ liệu (data pre-processing) là một bước quan trọng để làm sạch dữ liệu, biến đổi dữ liệu về dạng phù hợp cho bước phân tích, xử lý hình thức. Có nhiều kỹ thuật tiền xử lý dữ liệu khác nhau tuỳ thuộc vào tính chất của bộ dữ liệu, phương pháp phân tích,… Một số kỹ thuật tiền xử lý thường dùng bao gồm:

- Xử lý dữ liệu khuyết thiếu;
- Mã hoá các biến nhóm;
- Chuẩn hoá dữ liệu: co giãn và quy tâm dữ liệu;
- Phát hiện và xử lý các giá trị ngoại lai.

2.2. Phương pháp phân tích thành phần chính

Phương pháp phân tích thành phần chính (*Principal Component Analysis – PCA*) là phương pháp được dùng để giảm số chiều của một bộ dữ liệu mà trong đó có một số lượng lớn các biến có tương quan với nhau, trong khi vẫn giữ được lượng thông tin nhiều nhất có thể của bộ dữ liệu gốc.

Việc giảm số chiều được thực hiện bởi việc biến đổi tập hợp các biến gốc sang một tập hợp các biến mới, gọi là các "thành phần chính". Các thành phần mới này không tương quan với nhau và có thứ tự sao cho một vài thành phần đầu tiên giữ lại được nhiều nhất thông tin có thể của bộ dữ liệu.

Có hai cách tiếp cận phương pháp PCA:

- **Tiếp cận theo hình học:** ta thực hiện phép xoay để chuyển về một hệ trục toạ độ mới có khả năng biểu diễn dữ liệu tốt hơn, cho phép khám phá được những liên kết tiềm ẩn trong bộ dữ liệu cũ mà ta không thể thấy rõ trên hệ trục toạ độ cũ. Các trục toạ độ mới phải được đảm bảo là luôn trực giao đôi một với nhau.

Nói cách khác, các thành phần chính sẽ biểu diễn một hệ trục toạ độ mới thu được bằng cách xoay các trục gốc tới một tập hợp các trục mới:

- Thành phần chính thứ nhất có hướng mà mô tả được lớn nhất sự biến thiên của dữ liệu;
- Thành phần chính thứ hai có hướng mà mô tả được lớn nhất sự biến thiên của dữ liệu và trực giao với thành phần chính thứ nhất;
- Cứ tiếp tục như vậy cho đến khi thành phần chính cuối cùng có hướng mà mô tả được ít nhất sự biến thiên của dữ liệu và trực giao với tất cả các thành phần chính khác.

- **Tiếp cận theo đại số:** các thành phần chính là các tổ hợp tuyến tính của *p* biến gốc $X_1, \dots, X_p$ sao cho:
- Thành phần chính thứ nhất có phương sai lớn nhất có thể;
- Thành phần chính thứ hai có phương sai lớn nhất có thể và trực giao với thành phần chính thứ nhất; ...

Phần dưới đây của bài báo sẽ trình bày phân tích thành phần chính mẫu (Sample PCA) theo **hướng tiếp cận đại số.**

2.2.1. Phân tích thành phần chính mẫu (Sample PCA)

Ta xét bộ dữ liệu gồm *n* quan sát (véc tơ) độc lập $\boldsymbol{x}_1, \boldsymbol{x}_2, \dots, \boldsymbol{x}_n$ được chọn từ một quần thể *p*-chiều, quần thể này có véc tơ trung bình (population mean) $\boldsymbol{\mu}$ và ma trận hiệp phương sai (population covariance matrix) $\boldsymbol{\Sigma} = Cov(\boldsymbol{x}_i)$. Giả sử bộ dữ liệu được chọn có véc tơ trung bình mẫu (sample mean) $\overline{\boldsymbol{x}}_{1\times p} = n^{-1}\sum_{i=1}^{n} x_i$ và ma trận hiệp phương sai mẫu (sample covariance matrix) $\boldsymbol{S}_{p\times p}$ với:

$$\boldsymbol{S} = (n-1)^{-1}\sum_{i=1}^{n}(\boldsymbol{x}_i - \overline{\boldsymbol{x}})(\boldsymbol{x}_i - \overline{\boldsymbol{x}})^T \quad (2)$$

Để hình dung đơn giản, ta xét duy nhất một véc tơ ngẫu nhiên $\boldsymbol{x}' = (x_1, x_2, \dots, x_p)$ (ta tạm bỏ qua chỉ số *i*, chú ý phân biệt với các quan sát). Ý tưởng của phương pháp PCA là mô tả sự biến thiên của dữ liệu trong một tập hợp các biến có tương quan với nhau $x_1, x_2, \dots, x_p$ bởi một tập hợp các biến mới không tương quan với nhau $y_1, y_2, \dots, y_p$. Mỗi biến $y_1, y_2, \dots, y_p$ là một tổ hợp tuyến tính của các biến $x_1, x_2, \dots, x_p$, tức là:

$$y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1p}x_p = \boldsymbol{a}_1'\boldsymbol{x},$$
$$y_2 = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2p}x_p = \boldsymbol{a}_2'\boldsymbol{x},$$
$$\vdots \quad \vdots$$

$$y_p = a_{p1}x_1 + a_{p2}x_2 + \cdots + a_{pp}x_p = \boldsymbol{a}_p'\boldsymbol{x}.$$

Dạng ma trận:

$$\boldsymbol{y} = \boldsymbol{A}_{p\times p}\boldsymbol{x} \quad (3)$$

Với $\boldsymbol{S}$ là ma trận hiệp phương sai, từ tổ hợp tuyến tính $\boldsymbol{y} = \boldsymbol{Ax}$ trên, ta có kết quả (Richard, Wichern, 2007):

$$Cov(\boldsymbol{y}) = Cov(\boldsymbol{Ax}) = \boldsymbol{ASA}' \quad (4)$$

Tập hợp các biến mới $y_1, y_2, \dots, y_p$ được xây dựng sao cho:

- y_1 có thể mô tả được nhiều nhất có thể sự biến thiên (phương sai) của dữ liệu gốc trong số tất cả các tổ hợp tuyến tính tạo từ $x_1, x_2, \dots, x_p$.
- Tiếp theo, y_2 được chọn sao cho có thể mô tả được nhiều nhất có thể sự biến thiên của dữ liệu còn lại và không tương quan với y_1.
- …

Các biến $y_1, y_2, \dots, y_p$ được xây dựng như trên gọi là các thành phần chính. Các thành phần chính này tạo thành một hệ toạ độ trực giao mới.

Với cách xây dựng như trên, ta chỉ cần sử dụng $y_1, y_2, \dots, y_q$, với $q << p$, là có thể mô tả được hầu hết sự biến thiên của bộ dữ liệu từ các biến gốc $x_1, x_2, \dots, x_p$, từ đó dẫn tới mục tiêu giảm số chiều của bộ dữ liệu. Xét $y_j = a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + \cdots + a_{jp}x_p = \boldsymbol{a}_j'\boldsymbol{x}, j = 1, \dots, p$. Sử dụng kết quả của tổ hợp tuyến tính bên trên ta có:

$$Cov(y_j, y_i) = Var(y_j) = \boldsymbol{a}_j'\boldsymbol{S}\boldsymbol{a}_j \quad (5)$$

$$\text{và } Cov(y_j, y_k) = \boldsymbol{a}_j'\boldsymbol{S}\boldsymbol{a}_k, \forall k \neq j \quad (6)$$

Do đó, để xây dựng các thành phần chính $y_1, y_2, \dots, y_p$, ta đi tìm các véc-tơ hệ số $\boldsymbol{a}_1, \boldsymbol{a}_2, \dots, \boldsymbol{a}_p$ sao cho:

- Thành phần chính thứ 1 là tổ hợp tuyến tính $\boldsymbol{a}_1'\boldsymbol{x}$ mà làm cực đại:

$Var(y_1) = \boldsymbol{a}_1'\boldsymbol{S}\boldsymbol{a}_1$ với ràng buộc $\boldsymbol{a}_1'\boldsymbol{a}_1 = 1$

Một lưu ý ở đây về lý do xuất hiện của ràng buộc $\boldsymbol{a}_1'\boldsymbol{a}_1 = 1$ là do ta mong muốn $Var(y_1) = \boldsymbol{a}_1'\boldsymbol{S}\boldsymbol{a}_1$ đạt giá trị lớn nhất, tuy nhiên giá trị phương sai này có thể tăng khi ta nhân $y_1 = \boldsymbol{a}'\boldsymbol{x}$ với một hằng số $|c| > 1$, khiến phép tính trở thành: $Var(cy_1) = Var(c\boldsymbol{a}'\boldsymbol{x}) = c^2 Var(\boldsymbol{a}'\boldsymbol{x})$. Do đó, để ngăn việc này xảy ra, ta cần chuẩn hoá tổ hợp véc-tơ: $\boldsymbol{a}'\boldsymbol{a} = \boldsymbol{1}$.

Tương tự:

-Thành phần chính thứ hai là tổ hợp tuyến tính $\boldsymbol{a}_2'\boldsymbol{x}$ mà làm cực đại:

$Var(y_2) = \boldsymbol{a}_2'\boldsymbol{S}\boldsymbol{a}_2$ với ràng buộc $\boldsymbol{a}_2'\boldsymbol{a}_2 = 1$

và $Cov(y_1, y_2) = Cov(\boldsymbol{a}_1'\boldsymbol{x}, \boldsymbol{a}_2'\boldsymbol{x}) = \boldsymbol{a}_1'\boldsymbol{S}\boldsymbol{a}_2 = 0$

…

-Thành phần chính thứ j là tổ hợp tuyến tính $\boldsymbol{a}_j'\boldsymbol{x}$ mà làm cực đại:

$Var(y_j) = \boldsymbol{a}_j'\boldsymbol{S}\boldsymbol{a}_j$ với ràng buộc $\boldsymbol{a}_j'\boldsymbol{a}_j = 1$

và $Cov(y_j, y_k) = Cov(\boldsymbol{a}_j'\boldsymbol{x}, \boldsymbol{a}_k'\boldsymbol{x}) = \boldsymbol{a}_j'\boldsymbol{S}\boldsymbol{a}_k = 0, \forall k < j.$

Như vậy, tiêu chuẩn cực đại hoá ta cần xét là: max($\boldsymbol{a}'\boldsymbol{S}\boldsymbol{a}$). Ta cần tìm $\boldsymbol{a}_1$ sao cho:

$$\max_a \frac{\boldsymbol{a}'\boldsymbol{S}\boldsymbol{a}}{\boldsymbol{a}'\boldsymbol{a}} = Var(y_1) \quad (7)$$

Giả sử ma trận hiệp phương sai $\boldsymbol{S}$ có các giá trị riêng là $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \cdots \geq \lambda_p \geq 0$ và tương ứng với các véc-tơ riêng đã chuẩn hoá $e_1, e_2, \dots, e_p$.

Khi đó, ta có thể chỉ ra được rằng (Richard and Wichern, 2007):

$$\max_a \frac{\boldsymbol{a}'\boldsymbol{S}\boldsymbol{a}}{\boldsymbol{a}'\boldsymbol{a}} = \lambda_1 \quad (8)$$

Giá trị này đạt được khi $\boldsymbol{a} = \boldsymbol{e_1}$.

2.2.2. Phương sai mẫu toàn phần

Xét $y_1 = e_1'x, y_2 = e_2'x, \dots, y_p = e_p'x$, ta có:

Phương sai mẫu toàn phần của dữ liệu gốc là: $\sum_{i=1}^{p} s_{ii} = \lambda_1 + \lambda_2 + \cdots + \lambda_p$, với $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \cdots \geq \lambda_p \geq 0$ là các giá trị riêng của ma trận hiệp phương sai mẫu $\boldsymbol{S}$. Khi đó:

- Tỷ lệ phương sai mẫu toàn phần được giải thích bởi thành phần chính thứ *k* là:

$$\frac{\lambda_k}{\lambda_1+\lambda_2+\cdots+\lambda_p} = \frac{\lambda_k}{\sum_{i=1}^{p}\lambda_i}, k = 1, \dots, p. \quad (9)$$

- Đóng góp của biến x_k vào thành phần chính y_j:

$$r_{y_j,x_k} = \frac{e_{jk}\sqrt{\lambda_j}}{s_{kk}}, \quad j, k = 1,2, \dots, p. \quad (10)$$

Nếu các thành phần chính được xây dựng từ ma trận hệ số tương quan $\boldsymbol{R}$ (tức là $s_{kk} = 1$) ta có:

$$r_{y_j,x_k} = e_{jk}\sqrt{\lambda_j}. \quad (11)$$

2.2.3. Ma trận các hệ số tải và ma trận chứa các điểm thành phần

Ta xét ma trận dữ liệu:

$$\boldsymbol{X}_{n\times p} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n1} & \cdots & x_{np} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1' \\ x_2' \\ \vdots \\ x_n' \end{pmatrix}$$

Đặt $P = (e_1 \quad e_2 \quad \cdots \quad e_p)$ với $e_j' = (e_{j1}, \quad \cdots, \quad e_{jp}), j = 1, \dots, p$ là các véc-tơ riêng của ma trận hiệp phương sai $\boldsymbol{S}$. Với $i = 1, \dots, n, , j = 1, \dots, p$ thì y_{ij} (là hình chiếu của quan trắc thứ *i* trên thành phần chính thứ *j*) xác định bởi:

$$y_{ij} = e_{j1}x_{i1} + e_{j2}x_{i2} + \cdots + e_{jp}x_{ip}.$$

Ta có:

$$\boldsymbol{Y}_{n\times p} = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1p} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{n1} & y_{n1} & \cdots & y_{np} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_1' \\ y_2' \\ \vdots \\ y_n' \end{pmatrix} = \boldsymbol{X}_{n\times p}\boldsymbol{P}.$$

Và: $$\boldsymbol{X}_{n\times p} = \boldsymbol{Y}_{n\times p}\,\boldsymbol{P}'. \quad (12)$$

Khi đó, $\boldsymbol{P}$ được gọi là ma trận các hệ số tải (loadings matrix) và $\boldsymbol{Y}$ là ma trận chứa các điểm thành phần (scores matrix). Cụ thể,

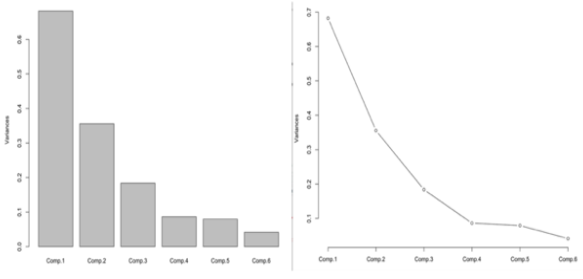
• Ma trận các điểm thành phần (Scores): ứng với mỗi quan trắc (x_{ij}), ta có một điểm thành phần (score) (y_{ij}). Cột đầu tiên của ma trận các điểm thành phần $\boldsymbol{Y}$ (tương ứng với thành phần chính thứ nhất) mô tả nhiều nhất sự biến thiên của dữ liệu, tiếp theo đến cột thứ hai, …. Đồ thị các điểm thành phần cho phép ta xác định được các quan trắc tương tự nhau, cụm (clusters), các điểm ngoại biên (outliers) hay các giá trị cực biên (extreme values).

• Ma trận các hệ số tải (Loadings): mô tả trọng số/sự quan trọng của mỗi biến trong dữ liệu gốc. Từ các hệ số tải ta có thể: xác định biến nào có ý nghĩa lớn nhất đối với mỗi thành phần chính, sự tương quan giữa các biến, xác định các biến nào tạo nên sự hình thành cụm của các điểm thành phần.

2.2.4. Xác định số thành phần chính cần giữ lại bằng biểu đồ Scree-plot

Có rất nhiều tiêu chuẩn để xác định số thành phần chính cần giữ lại. Bài báo này trình bày về một trong các phương pháp phổ biến nhất để xác định số thành phần chính được giữ lại, biểu đồ scree-plot (Hình 1). Biểu đồ scree-plot là một biểu đồ phân đoạn đơn giản, nó cho biết các giá trị riêng đối với từng thành phần chính riêng lẻ. Biểu đồ hiển thị các giá trị riêng trên trục *y* và số lượng các thành phần chính trên trục *x*. Hình ảnh của biểu đồ luôn là một đường cong đi xuống. Hầu hết các biểu đồ này đều có hình dáng tương tự nhau, bắt đầu ở vị trí cao ở bên trái, rơi xuống khá nhanh và sau đó bắt đầu trải phẳng ra ở một điểm nào đó. Điều này do thành phần chính đầu tiên thường đã giải thích phần lớn độ biến thiên, một số thành phần chính tiếp theo giải thích một lượng vừa phải và các thành phần chính sau cùng chỉ giải thích một phần nhỏ trong tổng thể độ biến thiên. Ta tìm kiếm "khuỷu tay" trong đường cong và chọn tất cả các thành phần ngay trước khi đường thẳng bắt đầu. Như trong hình 1 gồm 6 thành phần chính, ta thấy phần "khuỷu tay" rơi vào Comp.4 tức là thành phần chính thứ 4, vì vậy ta có thể giảm số chiều của bộ dữ liệu xuống còn 4 thành phần chính.

Hình 1. Ví dụ minh hoạ phần "khuỷu tay" trong PCA.



3. Ứng dụng phương pháp phân tích thành phần chính bằng phần mềm R

3.1. Mô tả dữ liệu

- **Nguồn dữ liệu:** Bộ dữ liệu về rượu (*wines dataset*), R. Wehrens. *Chemometrics with R: Multivariate Data Analysis in the Natural Science and Life Sciences*. Heidelberg, Germany: Springer, 2011.

- Bộ dữ liệu mô tả về 3 loại rượu (Barbera, Barolo và Grignolino) ở vùng Piedmont nước Ý. Trong đó, rượu Barolo được làm từ nho Nebbiolo, hai loại rượu còn lại được làm từ loại nho có cùng tên với chúng. Bộ dữ liệu gồm 14 biến (variables) và 177 quan trắc (observations).

```
setwd("/Users/hoanglinh/Downloads/3. GTVT/6. NCKH/ERSD2024")
wines <- read.csv("wines.csv", header = T, sep = ";")
colnames(wines) #cho biết tên các biến
##  [1] "alcohol"           "malic.acid"        "ash"
##  [4] "ash.alkalinity"    "magnesium"         "tot..phenols"
##  [7] "flavonoids"        "non.flav..phenols" "proanth"
## [10] "col..int."         "col..hue"          "OD.ratio"
## [13] "proline"           "vintages"
```

Trong 14 biến, biến thứ 14 là *vintages* là biến nhãn cho biết tên loại rượu của từng quan trắc tương ứng. Ta có $col..int$ = color intensity, $col..hue$ = color hue và $OD.ration$ = tỷ số giữa sự hấp thụ (absorbance) tại các bước sóng 280 và 315 nm. Ngoại trừ các biến $col..int$, $col..hue$, $OD.ratio$, các biến còn lại đều là các biến mô tả nồng độ (concentration).

Trước tiên, ta tạo một data.frame mới gồm 13 cột đầu tiên từ bộ dữ liệu ban đầu *wines* (gồm các biến định lượng) để thực hiện thống kê mô tả (biến thứ 14 là *vintages* là biến định tính).

```
dat_wines <- wines[ , 1:13] # chỉ giữ lại 13 biến định lượng
head(dat_wines)
```

	alcohol	malic.acid	ash	ash.alkalinity	magnesium	tot..phenols	flavonoids	non.flav..phenols	proanth	col..int.	col..hue	OD.ratio	proline
1	13.20	1.78	2.14	11.2	100	2.65	2.76	0.26	1.28	4.38	1.050	3.40	1050
2	13.16	2.36	2.67	18.6	101	2.80	3.24	0.30	2.81	5.68	1.030	3.17	1185
3	14.37	1.95	2.50	16.8	113	3.85	3.49	0.24	2.18	7.80	0.860	3.45	1480
4	13.24	2.59	2.87	21.0	118	2.80	2.69	0.39	1.82	4.32	1.040	2.93	735
5	14.20	1.76	2.45	15.2	112	3.27	3.39	0.34	1.97	6.75	1.050	2.85	1450
6	14.39	1.87	2.45	14.6	96	2.50	2.52	0.30	1.98	5.25	1.020	3.58	1290

Hình 2. 6 quan trắc đầu của bộ dữ liệu dat_wines.

3.2. Thống kê mô tả

```
# Tính phạm vi biến thiên của dữ liệu (range)
apply(dat_wines, 2, range)
##      alcohol malic.acid  ash ash.alkalinity magnesium tot..phenols flavonoids
## [1,]   11.03       0.74 1.36           10.6        70         0.98       0.34
## [2,]   14.83       5.80 3.23           30.0       162         3.88       5.08
##      non.flav..phenols proanth col..int. col..hue OD.ratio proline
## [1,]              0.13    0.41      1.28     0.48     1.27     278
## [2,]              0.66    3.58     13.00     1.71     4.00    1680
# Đồ thị boxplot biểu diễn bộ dữ liệu ban đầu
boxplot(dat_wines)
```

Nhận xét: từ đồ thị boxplot (Hình 3) và kết quả tính phạm vi biến thiên của dữ liệu, ta thấy rằng đơn vị và phương sai của các biến rất khác biệt. Do đó, ta cần thực hiện chuẩn hóa dữ liệu (standardizing data) trước khi xử lý. Ta có thể thực hiện quy tâm (mean-centering) hoặc/và co giãn (scaling) dữ liệu.

```
# Quy tâm và co dãn dữ liệu (chuẩn hoá dữ liệu)
sc_wines <- as.data.frame(scale(dat_wines))
boxplot(sc_wines)
```

3.3. Phân tích thành phần chính

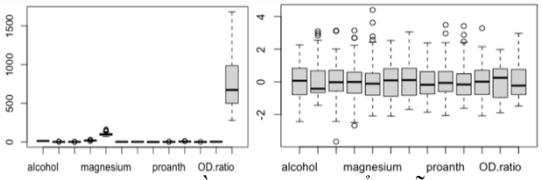
Ta thực hiện PCA từ bộ dữ liệu đã được chuẩn hóa *sc_wines*.

```
pca_wines <- princomp(sc_wines)
summary(pca_wines)
z# Importance of components:
##                           Comp.1    Comp.2    Comp.3     Comp.4     Comp.5
## Standard deviation     2.1567037 1.5770968 1.2021310 0.95876028 0.92567174
## Proportion of Variance 0.3598307 0.1924128 0.1117946 0.07111109 0.06628744
## Cumulative Proportion  0.3598307 0.5522435 0.6640381 0.73514919 0.80143663
##                            Comp.6     Comp.7     Comp.8     Comp.9    Comp.10
## Standard deviation     0.80075246 0.74085307 0.59055673 0.53623338 0.49539305
## Proportion of Variance 0.04960367 0.04246014 0.02697991 0.02224462 0.01898528
## Cumulative Proportion  0.85104030 0.89350044 0.92048035 0.94272497 0.96171025
##                           Comp.11    Comp.12     Comp.13
## Standard deviation     0.47346227 0.40917666 0.321500291
## Proportion of Variance 0.01734155 0.01295206 0.007996133
## Cumulative Proportion  0.97905180 0.99200387 1.000000000
```

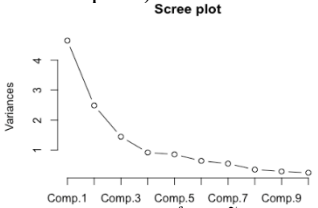
Xác định số thành phần chính bằng đồ thị scree-plot.

```
screeplot(pca_wines, type = "lines", main = "Scree plot")
```

Nhận xét: từ Hình 4, ta thấy rằng có thể giữ lại 4 thành phần chính đầu (giải thích được 73.51 phương sai toàn phần) hoặc 5 thành phần chính đầu (giải thích được 80.14 phương sai toàn phần).



Hình 3. So sánh đồ thị boxplot biểu diễn bộ dữ liệu ban đầu (trái) và bộ dữ liệu sau khi chuẩn hoá (phải).



Hình 4. Đồ thị scree-plot biểu diễn các thành phần chính và phương sai tương ứng.

3.3. Áp dụng các thành phần chính để phân cụm và tìm các điểm ngoại lai

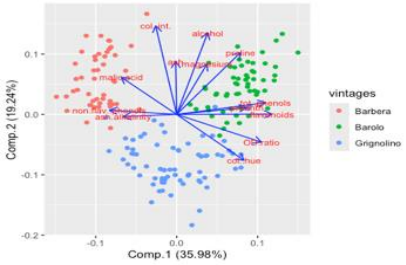
Để xác định chùm (clusters) để phân loại các loại rượu, ta vẽ các scores tương ứng với hai thành phần chính đầu tiên.

```
autoplot(pca_wines, loadings = TRUE, loadings.colour = 'blue', loadings.label = TRUE, loadings.label.size = 3,
         colour = "vintages", data = wines)
```

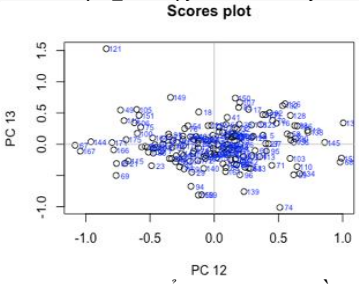
Sau khi làm PCA, khi vẽ đồ thị ta thấy có 3 cụm màu đỏ, xanh lá và xanh dương lần lượt tương ứng với 3 loại rượu Barbera, Barolo và Grignolino. Đồng thời, ta cũng có thể thấy những chất nào đặc trưng cho từng loại rượu (Hình 5).

Ngoài ra, để xác định các điểm ngoại lai (outliers), ta vẽ các scores tương ứng với các thành phần chính cuối (Hình 6).

```
plot(wines_scores[,12:13], xlab = "PC 12", ylab = "PC 13", main = "Scores plot")
abline(h = 0, v = 0, col = "gray")
text(wines_scores[, 12] + 0.07, wines_scores[, 13], label = rownames(sc_wines), col="blue", cex = 0.6)
```



Hình 6. Phân cụm dữ liệu bằng PCA.



Hình 7. Xác định điểm ngoại lai bằng PCA.

4. Kết luận

Bài viết bước đầu tìm hiểu chung về thuật toán phân tích thành phần chính PCA và ứng dụng của nó trong việc tiền xử lý dữ liệu và phân tích một bộ dữ liệu cho trước. Phương pháp phân tích thành phần chính sử dụng phép biến đổi trực giao biến đổi một bộ dữ liệu từ một không gian nhiều chiều sang một không gian mới ít chiều hơn nhằm tối ưu hóa việc thể hiện sự biến thiên của dữ liệu. Một điểm thuận lợi của phương pháp này là các code lập trình đều được khai thác và thực hiện trên nhiều ngôn ngữ như R, Python,…, đó là các ngôn ngữ lập trình mở, được phát triển gần đây khi mà xu hướng kỹ thuật số, công nghệ 4.0 ngày càng phát triển. Đây là một hướng nghiên cứu thú vị cho tác giả cũng như cho sinh viên ngành Toán và Công nghệ thông tin trong thời gian tới.

Tài liệu tham khảo

Fisher, R; MacKenzie, W. 1923. Studies in crop variation,II, The manurial response of different potato varieties. *Journal of Agricultural Science*, 13: 311-320.

Gdub, G; VanLoan, C.1983. *Matrix Computations*. The Johns Hopkins University Press, Oxford.

Jolliffe, I.T. 2002. *Principal Component Analysis, Second Edition*. Springer, p.9.

Karhunen, K. 1947. Uber lineare Methoden in der Wahrscheinlichkeitsrechnung, *Annales Acudemiae Scientiarum Fennicae*, Series A, p.137.

Loéve, M. 1948. Fonctions aleatoires de seconde ordre, in P. Levy (Editor). *Processes Stochastiques et Mouvement Brownien*. Hermann, Paris.

Mandel, J. 1982. Use of the singular value decomposition in regression analysis. *American Statistician*, 36: 15-24.

Richard, A.J; Wichern D.W. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis (6th Edition)*. Prentice Hall, p.76, 432.

ABSTRACT

Principal Component Analysis and application in R

Hoang Thuy Linh

University of Transport and Communications

Principal Component Analysis (PCA) is one of the most popular tools in data analysis. The PCA method helps reduce the dimensionality of a dataset without losing essential information. It is widely used in many research fields. In this paper, the author presents the theoretical basis of PCA and an important application of the method: data analysis. The paper also uses the R programming language to demonstrate how to support this process. This program shows the number of principal components that need to be retained, as well as other important information from the given dataset.

Keywords: Data processing; Principal component analysis; PCA; Data pre-processing.

Bài toán vận tải và ứng dụng trong Python

Nguyễn Hà Trang*
Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT

Lý thuyết tối ưu hóa là một trong những nội dung quan trọng của Toán học, gắn liền với các nhánh hiện đại của lý thuyết Toán học. Đặc biệt trong xã hội hiện nay, xu hướng ứng dụng của các vấn đề nghiên cứu, tính tối ưu của các giải pháp đang được đề cao, lý thuyết tối ưu hóa đang rất được quan tâm. Một trong những nội dung của liên quan đến lý thuyết tối ưu hóa là bài toán vận tải. Vấn đề cần giải quyết trong bài toán này là xác định một kế hoạch vận chuyển tối ưu giữa các kho và các cửa hàng, tùy thuộc vào các nguồn cung cấp và nhu cầu xác định. Bài viết này sẽ trình bày mô hình toán học của bài vận chuyển. Bên cạnh đó, bài viết trình bày ứng dụng và thư viện hỗ trợ tính toán nghiệm của bài toán trên ngôn ngữ lập trình Python.

Từ khóa: Bài toán vận tải; Tối ưu hóa; Python; OR-Tools.

1. Đặt vấn đề

Bài toán vận tải là một trong những bài toán cơ bản, gắn với thực tế, đóng vai trò quan trọng trong logistics và chuỗi cung ứng, của lý thuyết tối ưu hóa, đặc biệt là bài toán quy hoạch tuyến tính. Nó giúp giải quyết các vấn đề vận chuyển từ nơi xuất phát đến nơi đến phù hợp. Mục tiêu cơ bản của bài toán là giảm thiểu chi phí vận chuyển từ điểm đi đến điểm đến. Chúng ta có bài toán quy hoạch tuyến tính trong trường hợp mô hình hệ tuyến tính và hàm mục tiêu đều là phương trình tuyến tính. Vì vận tải là yếu tố then chốt rất quan trọng nên rất nhiều nhà khoa học trong và ngoài nước đã tham gia nghiên cứu và mở rộng bài toán. Nhiều nhà khoa học như : Ahmed và cộng sự năm 2017, Abdul và cộng sự năm 2012, Nigus và Tripti năm 2013 (V. Prifti, 2020) đã đưa ra những phương pháp giải khác. Bên cạnh đó, Toán ứng dụng là một trong những chủ đề thu hút sự hứng thú của sinh viên, rất nhiều ngành học (logistics, cung ứng, vận tải, kinh tế,…) ở Việt Nam có các học phần liên quan đến tối ưu hóa, quy hoạch tuyến tính và bài toán vận tải. Vì vậy, bài báo này đã trình bày bài toán vận tải cùng với những kiến thức căn bản nhằm giúp những người mới tiếp xúc với Toán ứng dụng có cái nhìn dễ hiểu mà vẫn nắm được kiến thức.

Thiết bị máy tính hiện đại từ lâu đã được áp dụng vào việc tìm nghiệm của bài toán vận tải. Tuy nhiên, phương pháp phổ biến trước giờ là dùng Excel (A.Vamsikrishna, 2021). Xu hướng hiện nay, Python là ngôn ngữ mã nguồn mở, có các thư viện đa dạng, mà lại dễ cài đặt và sử dụng. Bên cạnh đó, một trong những công cụ đắc lực để giải quyết bài toán quy hoạch tuyến tính là phần mềm OR-Tools. Đây là một phần mềm nguồn mở nhằm tối ưu hóa tổ hợp, tìm kiếm giải pháp tốt nhất cho một vấn đề trong số rất nhiều các giải pháp có thể có. Bài viết này tập trung nghiên cứu về mô hình hóa bài vận tải và ứng dụng tính toán trên ngôn ngữ Python với gói thư viện OR-Tools.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Bài toán quy hoạch tuyến tính nguyên

2.1.1. Bài toán quy hoạch tuyến tính

Một bài toán quy hoạch tuyến tính là một bài toán tối ưu hóa. Trong đó, ta có một tập hợp các biến, nhận giá trị thực, thỏa mãn các ràng buộc là một tập hợp bất đẳng thức tuyến tính và làm một hàm tuyến tính cho trước nhận giá trị lớn nhất hoặc nhỏ nhất.

Một bài toán quy hoạch tuyến tính được xác định dưới dạng sau:

$$\max\ (hoặc\ \min)\ f(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_n \quad (1)$$

Thỏa mãn:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n &\le b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n &\le b_2 \\ &\vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n &\le b_m \\ x_1, x_2, \dots, x_n &\ge 0 \end{aligned} \quad (2)$$

* *Tác giả liên hệ*
Email: trangnh@utc.edu.vn

Hoặc ta có thể biểu diễn dưới dạng vector và ma trận như sau (Krasimira và nnk, 2011):

$$\max(hoặc\ \min)\ c^T\vec{x}$$

Thỏa mãn $A\vec{x} \leq \vec{b}$, $\vec{x} \in \mathbb{R}_{+}^{n}$.

Trong đó A là ma trận cấp $m \times n$, c là ma trận cấp $1 \times n$ và b là ma trận cấp $m \times 1$.

Hàm tuyến tính f mà ta muốn tối ưu hóa ở trên được gọi là hàm mục tiêu. Nghiệm khả dĩ của bài toán là các giá trị thực thỏa mãn các bất đẳng thức.

2.1.2. Bài toán quy hoạch tuyến tính nguyên

Theo (Krasimira và nnk, 2011), một bài toán quy hoạch tuyến tính nguyên là một bài toán quy hoạch tuyến tính mà tất cả các biến của bài toán là nguyên. Bài toán quy hoạch tuyến tính nguyên có thể được trình bày dưới dạng sau:

$$\max(hoặc\ \min)\ c^T\vec{x}$$

Thỏa mãn $A\vec{x} \leq b$, $\vec{x} \in \mathbb{Z}^n$.

Trong đó A là ma trận cấp $m \times n$, c là ma trận cấp $1 \times n$ và b là ma trận cấp $m \times 1$.

Nếu chỉ có một bộ phận các biến là nguyên (ví dụ $x_i \in \mathbb{Z}^+\ \forall i \in \{1,2,\dots,k\} \subset \{1,2,\dots,n\}$) thì bài toán trở thành bài toán quy hoạch tuyến tính hỗn hợp.

Có rất nhiều thuật toán được nghiên cứu để giải bài toán quy hoạch tuyến tính nguyên. Trong đó, có 2 thuật toán phổ biến là thuật toán cắt Glomory và thuật toán nhánh cận (Branch and bound). Trong bài báo này, ta không đi vào chi tiết 2 thuật toán, độc giả có thể xem thêm tại (Krasimira và nnki, 2011; Ping-Qi PAN, 2023).

2.2. Bài toán vận tải

Bài toán vận tải là vấn đề cần giải quyết trong cung ứng hàng hóa. Ta cần xác định một kế hoạch vận chuyển tối ưu sao cho chi phí vận chuyển là thấp nhất giữa các kho hàng và các cửa hàng, tùy thuộc vào các nguồn cung cấp và nhu cầu của mỗi cửa hàng, xem thêm tại (Engr. Dr. Uzorh, 2014).

Giả sử một công ty cung cấp có m kho và n cửa hàng bán lẻ, với một loại sản phẩm duy nhất được vận chuyển từ kho đến các cửa hàng. Mỗi kho có mức độ cung cấp cố định và mỗi cửa hàng có một mức độ nhu cầu cho trước. Ta cũng nắm được chi phí vẫn chuyển giữa mỗi cặp kho và cửa hàng, những chi phí này được giả định là tuyến tính. Cụ thể, ta xét các giả định như sau:

- Tổng nguồn cung của các sản phẩm từ kho i có được là $a_i, i = 1,2,\dots,m$.
- Tổng nhu cầu cho các sản phẩm tại cửa hàng j là $b_j, j = 1,2,\dots,n$.
- Chi phí của việc gửi một đơn vị sản phẩm từ kho i tới cửa hàng j là c_{ij} với $i = 1,2,\dots,m$ và $j = 1,2,\dots,n$. Tổng chi phí của một lô hàng là tuyến tính trong các số lượng của lô hàng.

Bảng 1. Số liệu cung–cầu của mỗi kho và cửa hàng

Kho	Cửa hàng		
	b_1	...	b_n
a_1	c_{11}	...	c_{1n}
⋮	...		
a_m	c_{m1}	...	c_{mn}

Để chuyển bài toán trên về bài toán quy hoạch tuyến tính (Engr. Dr. Uzorh, 2014), ta xây dựng các biến quyết định như sau.

Một phương án vận chuyển là số đơn vị sản phẩm cần phải được vận chuyển từ mỗi kho đến từng cửa hàng. Do đó, các biến quyết định là:

x_{ij} = số lượng đơn vị hàng cần chuyển từ kho i đến cửa hàng j

Với $i = 1,2,\dots,m$ và $j = 1,2,\dots,n$.

Dễ thấy, đây là một tập $m \times n$ biến.

Khi đó, bài toán vận tải sẽ được chuyển thành bài toán quy hoạch tuyến tính nguyên như sau:

$$\min \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_{ij} \tag{3}$$

Trong đó:

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leq a_i, i = 1,2,\dots,m \tag{4}$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} \geq b_j, j = 1,2,\dots,n \tag{5}$$

$$x_{ij} \geq 0, x_{ij} \in \mathbb{Z}^+, i = \overline{1,m}, j = \overline{1,n} \quad (6)$$

Dễ thấy rằng:

- Bài toán sẽ có nghiệm nếu tổng số lượng sẵn có của kho đáp ứng toàn bộ nhu cầu:

$$\sum_{i=1}^{m} a_i \geq \sum_{j=1}^{n} b_j \quad (7)$$

- Nghiệm sẽ là không tối ưu nếu tại cửa hàng j ta chuyển đến nhiều hơn b_j đơn vị. Vì thế, có thể thay thế ràng buộc (3) bởi ràng buộc:

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = b_j, j = \overline{1,n} \quad (8)$$

- Ngoài ra, ta có thể thêm một cửa hàng giả $n+1$ với chi phí vận chuyển tới đó là 0, cửa hàng giả này dùng để nhận những sản phẩm còn dư:

$$b_{n+1} = \sum_{i=1}^{m} a_i - \sum_{j=1}^{n} b_j \quad (9)$$

Khi đó, bài toán có thể viết lại như sau:

$$\min \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n+1} c_{ij} x_{ij} \quad (10)$$

Trong đó:

$$\sum_{j=1}^{n+1} x_{ij} = a_i, i = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = b_j, j = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

$$x_{ij} \geq 0, x_{ij} \in \mathbb{Z}^+, i = \overline{1,m}, j = \overline{1,n+1} \quad (13)$$

Không mất tính tổng quát, ta có thể giả sửa rằng mọi bài toán vận chuyển có tổng cung bằng tổng cầu. khi đó, ta có bài toán cân bằng cung–cầu sau:

$$\min \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij} \quad (14)$$

Trong đó:

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = a_i, i = 1, 2, \dots, m \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = b_j, j = 1, 2, \dots, n \quad (16)$$

$$x_{ij} \geq 0, x_{ij} \in \mathbb{Z}^+, i = \overline{1,m}, j = \overline{1,n} \quad (17)$$

Với giả thiết:

$$\sum_{i=1}^{m} a_i = \sum_{j=1}^{n} b_j \quad (18)$$

2.3. Ứng dụng trong Python và ví dụ

2.3.1. Ứng dụng trong Python

Theo (Google OR-Tools, 2023), để sử dụng ngôn ngữ Python giải bài toán vận tải trên, ta cần làm theo các bước sau:

- Khai báo các giá trị cung–cầu của kho và cửa hàng;
- Khai báo giá vận chuyển một đơn vị sản phẩm từ mỗi kho đến các cửa hàng;
- Định nghĩa biến quyết định;
- Khai báo hàm mục tiêu;
- Khai báo các điều kiện ràng buộc.

Để cho đơn giản, dễ hiểu đối với những người mới tiếp xúc với Python, ta có thể sử dụng ma trận (Google OR-Tools, 2023) để khai báo các giá trị a_i, b_j, c_{ij} với: $A = (a_i)_{1\times m}, B = (b_j)_{1\times n}, C = (c_{ij})_{m\times n}$

Nhớ lại rằng, bài toán vận tải là bài toán nghiệm nguyên. Vì thế, ta cần định nghĩa các biến quyết định là biến nguyên như sau:

x[i, j] = solver.IntVar(0, solver.infinity(), '')

Để khai báo các điều kiện ràng buộc (10), (11) ta dùng các lệnh tương ứng sau:

```
for i in range(num_kho):                                    #điều kiện (10)
    solver.Add(solver.Sum([x[i, j] for j in range(num_ch)]) <= kho[i])
for j in range(num_ch):                                     #điều kiện (11)
    solver.Add(solver.Sum([x[i, j] for i in range(num_kho)]) >= ch[j])
```

Trong đó: *num_ch* là số cửa hàng

num_kho là số kho

Lệnh khai báo hàm mục tiêu (9) như sau:

```
objective_terms = []
for i in range(num_kho):
    for j in range(num_ch):
        objective_terms.append(costs[i][j] * x[i, j])
solver.Minimize(solver.Sum(objective_terms))
```

2.3.2. Ví dụ

Ví dụ 1: Xét bài toàn vận tải ở mục 2 với số liệu cung–cầu của mỗi kho, cửa hàng và chi phí vận chuyển được cho với Bảng 2 dưới đây:

Bảng 2. Số liệu cung–cầu của các kho và cửa hàng.

Kho	Cửa hàng			
	25	38	25	30
30	15	10	9	12
50	13	21	14	8
38	10	11	16	12

Ta có code Python tương ứng như sau:

```
from ortools.linear_solver import pywraplp
def main():
    costs = [  [15, 10, 9, 12],
               [13, 21, 14, 8],
               [10, 11, 16, 12],  ]
    kho = [30,50,38]
    ch = [25,38,25,30]
    num_kho = len(kho)
    num_ch = len(ch)
    solver = pywraplp.Solver.CreateSolver('SCIP') #Giải bài toán quy hoạch tuyến tính nguyên
    if not solver:
        return
    x = {}
    for i in range(num_kho):
        for j in range(num_ch):
            x[i, j] = solver.IntVar(0, solver.infinity(), '')
    for i in range(num_kho):
        solver.Add(solver.Sum([x[i, j] for j in range(num_ch)]) <= kho[i])
    for j in range(num_ch):
        solver.Add(solver.Sum([x[i, j] for i in range(num_kho)]) >= ch[j])
    objective_terms = []
    for i in range(num_kho):
        for j in range(num_ch):
            objective_terms.append(costs[i][j] * x[i, j])
    solver.Minimize(solver.Sum(objective_terms))
    status = solver.Solve()
    if status == pywraplp.Solver.OPTIMAL or status == pywraplp.Solver.FEASIBLE:
        print(f'Tổng chi phí = {solver.Objective().Value()}\n')
        for i in range(num_kho):
            for j in range(num_ch):
                if x[i, j].solution_value() > 0.5:
                    print(f'Vận chuyển từ kho {i} đến cửa hàng {j}: {x[i, j].solution_value()}')
    else:
        print('Không có phương án vận chuyển.')
if __name__ == '__main__':
```

main()

Cho chạy chương trình, ta có được phương án vận chuyển tối ưu như sau:

Tổng chi phí = 1188.0

Vận chuyển từ kho 0 đến cửa hàng 1: 5.0; đến cửa hàng 2: 25.0

Vận chuyển từ kho 1 đến cửa hàng 0: 20.0; đến cửa hàng 3: 30.0

Vận chuyển từ kho 2 đến cửa hàng 0: 5.0; đến cửa hàng 1: 33.0

Như vậy với mức chi phí là 1188 đơn vị, ta có phân phối sản phẩm từ các kho đến các cửa hàng như sau (Bảng 3):

Bảng 3. Phương án vận chuyển tối ưu từ mỗi kho đến các cửa hàng.

Kho	Cửa hàng				Tổng cung
	1	2	3	4	
1	0	5	25	0	30
2	20	0	0	30	50
3	5	33	0	0	38
Tổng cầu	25	38	25	30	

Ví dụ 2: Xét bài toàn vận tải ở mục 2 với số liệu cung–cầu của mỗi kho, cửa hàng và chi phí vận chuyển được cho với Bảng 4 dưới đây:

Bảng 4. Số liệu cung–cầu của các kho và cửa hàng.

Kho	Cửa hàng			
	25	38	25	30
30	15	10	9	12
50	13	21	14	8
40	10	11	16	12

Khác với Ví dụ 1: cung=cầu, Ví dụ 2, ta xét trường hợp cung>cầu ($120 > 118$). Khi đó, vẫn với cấu trúc code trên (thay đổi số liệu ở vector *kho = [30,50,40]*), ta có nghiệm tối ưu của bài toán như sau:

Tổng chi phí = 1182.0

Vận chuyển từ kho 0 đến cửa hàng 1: 5.0; đến cửa hàng 2: 25.0

Vận chuyển từ kho 1 đến cửa hàng 0: 18.0; đến cửa hàng 3: 30.0

Vận chuyển từ kho 2 đến cửa hàng 0: 7.0; đến cửa hàng 1: 33.0

Tức là, ta có phương án vận chuyển tối ưu như sau (Bảng 5):

Bảng 5. Phương án vận chuyển tối ưu từ mỗi kho đến các cửa hàng

Kho	Cửa hàng				Tổng cung
	1	2	3	4	
1	0	5	25	0	30
2	**18**	0	0	30	**48**
3	**7**	33	0	0	40
Tổng cầu	25	38	25	30	

Như vậy, do kho thứ 3 có số lượng cung ứng lớn nên bằng cách tăng số hàng đi từ kho 3 đến cửa hàng 1 (do chi phí thấp hơn từ kho 2) ta đã giảm thiểu được chi phí vận chuyển và có được phương án tốt hơn.

Ví dụ 3: Xét bài toàn vận tải ở mục 2 với số liệu cung–cầu của mỗi kho và chi phí vận chuyển được cho với bảng dưới đây (Bảng 6):

Bảng 6. Số liệu cung–cầu của các kho và cửa hàng

Kho	Cửa hàng			
	25	**40**	25	30
30	15	10	9	12
50	13	21	14	8
38	10	11	16	12

Nhập code như đã trình bày ở Ví dụ 1 (thay đổi số liệu ở vector *ch = [25,40,25,30]*), ta có kết quả chạy chương trình như sau: Không có phương án vận chuyển tối ưu.

Dễ thấy điều này xảy ra do cung<cầu ($118 < 120$)

3. Kết quả và thảo luận

Như vậy, với các trường hợp cung=cầu, cung>cầu, cung<cầu, code Python trên đều cho ra nghiệm tối ưu của bài toán. Code Python được trình bày trong bài báo là dễ áp dụng, thích hợp cho những người mới

tiếp xúc với bài toán vận tải và Python.

Mặc dù việc khai báo dữ liệu đầu vào bằng ma trận giúp ta dễ hình dung, dễ áp dụng cho những người mới tiếp xúc với Python; nhưng chưa thích hợp với lượng dữ liệu lớn, ta có thể kết hợp thêm một số lệnh khác như *pd.read_excel*, ... Code Python này mới chỉ giải quyết được bài toán cơ bản là vận chuyển một loại hàng hóa, với trường hợp cần vận chuyển nhiều hơn một loại, phức tạp hơn, ta cần nghiên cứu thêm.

4. Kết luận

Bài toán vận tải là một phần không thể thiếu của quy hoạch tuyến tính, nó đồng hành cùng chúng ta trong các hoạt động hàng ngày trong cuộc sống và chủ yếu liên quan đến lĩnh vực hậu cần. Bài toán vận tải được chuyển thành bài toán quy hoạch tuyến tính trong trường hợp hệ ràng buộc và hàm mục tiêu đều là phương trình tuyến tính. Hơn nữa, các thuật toán quy hoạch tuyến tính được sử dụng để giải quyết các vấn đề tối ưu hóa khó khăn nhất. Trong bài toán vận chuyển, nhà máy sản xuất được xác định và cung cấp số lượng sản phẩm cần thiết cho một số điểm đến nhất định. Mục tiêu của bài toán vận tải là đáp ứng đầy đủ nhu cầu về hàng hóa đến đích trong giới hạn năng lực sản xuất với chi phí thấp nhất có thể. Bài báo đã trình bày những nghiên cứu về mô hình bài toán vận chuyển và ứng dụng code Python để cho ra nghiệm tối ưu. Code được trình bày trong bài báo là đơn giản, dễ tiếp cận với những người mới tiếp xúc với Toán ứng dụng và Python. Code Python trên đã giải quyết được cả 3 trường hợp: cung=cầu, cung>cầu, cung<cầu. Tuy nhiên, do code được trình bày là đơn giản nên với những dữ liệu phức tạp hơn, ta cần tiếp tục nghiên cứu để xây dựng code phù hợp trong những nghiên cứu tiếp theo.

Tài liệu tham khảo

A. Vamsikrishna, Vigneshwar Raj, S. G. Divya Sharma, 2021. Cost Optimization for TransportationUsing Linear Programming. Recent Advances in Sustainable Technologies, pp.11-20.

Engr. Dr. Uzorh, A.C, Nnanna Innocent, 2014. Supply Chain Management Optimization Problem. The International Journal Of Engineering And Science vol3 (Issue 6), pp.01-09.

Google OR-Tools, 2023. https://developers.google.com/optimization/flow/mincostflow?hl=vi, truy cập ngày 12 tháng 2 năm 2023.

Krasimira Genova, Vassil Guliashki, 2011. Linear Integer Programming Methods and Approaches – A Survey. CYBERNETICS AND INFORMATION TECHNOLOGIES Vol 11, pp.03-05.

Ping-Qi PAN, 2023. Linear Programming Computation. Second ed., pp.275-294.

V. Prifti, I. Dervishi, K. Dhoska, I. Markja and A. Pramono, 2020. Minimization of transport costs in an industrial company through linear programming. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 909, Ebook.

ABSTRACT

Transportation problems and applications in Python

Nguyen Ha Trang
University of Transport and Communications

Optimization theory is one of the important contents of Mathematics, associated with modern branches of Mathematical theory. Especially in today's society, the application trend of research problems, the optimality of solutions is being promoted, optimization theory is of great interest. One of the contents related to optimization theory is the transportation problem. The problem to be solved is to determine an optimal transportation plan between warehouses and stores, depending on the supply sources and the determined demand. This report will present the mathematical model of the transportation problem. In addition, the report presents the application and library to support the calculation of the solution of the problem on the Python programming language.

Keywords: Transportation problem; Optimization; Python; OR-Tools.

Định lý Cayley-Hamilton và ứng dụng

Dư Thị Hòa Bình*
Trường Đại học Hà Nội

TÓM TẮT

Trong bài báo này, tác giả sẽ trình bày Định lý Cayley-Hamilton và một số ứng dụng. Cụ thể, tác giả sẽ trình bày cách tính ma trận mũ, các hàm giải tích của ma trận và tìm lời giải cho hệ phương trình vi phân. Để minh hoạ, tác giả lựa chọn các bài toán liên quan trong các kỳ thi Olympic sinh viên Toán toàn quốc và bài toán thực tế.

Từ khóa: Định lý Cayley-Hamilton; Hàm giải tích; Hệ phương trình vi phân; Ma trận.

1. Đặt vấn đề

Cho A là một ma trận thực vuông cấp n. Đa thức đặc trưng của A được xác định:

$$P_A(\lambda) = det|A - \lambda I|, \quad I \text{ là ma trận đơn vị.}$$

Định lý Cayley-Hamilton khẳng định rằng: Ma trận A là nghiệm của đa thức đặc trưng của nó, tức là:

$$P_A(A) = 0.$$

Đây là một kết quả quan trọng về sự thiết lập mối quan hệ giữa một ma trận và đa thức đặc trưng của nó.

Định lý Cayley-Hamilton được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực không chỉ toán học mà còn các ngành khoa học khác. Định lý đưa ra một phương pháp tìm ma trận nghịch đảo đơn giản hơn. Định lý cũng đóng một phần quan trọng trong việc giải hệ phương trình vi phân thuần nhất (Shepley L. Ross, 2004). Bên cạnh đó, Định lý Cayley-Hamilton có nhiều ứng dụng trong khoa học và kỹ thuật như hệ thống điều khiển, mạch điện, hệ thống có độ trễ, hệ thống đơn, hệ thống tuyến tính đa chiều,...(T. Kaczorek, 2005). Do đó, nghiên cứu Định lý Cayley-Hamilton là cần thiết trong chương trình học Đại học cho sinh viên các ngành khoa học và kỹ thuật.

Bài viết trình bày Định lý Cayley-Hamilton và một số ứng dụng của nó.

2. Định lý Cayley-Hamilton

Giả sử đã cho đa thức với hệ số trong trường số **F**

$$h(X)=a_k X^k + \ldots + a_1X + a_0 \in \mathbf{F}[X].$$

Định nghĩa 1. ([2]) Ma trận vuông A∈ M(n x n, F) được gọi là một nghiệm của $h(X)$ nếu $h(A) = 0$.

Định lý 2. *(Cayley-Hamilton,* [2]*). Mỗi ma trận vuông A đều là một nghiệm của đa thức đặc trưng của chính nó.*

- Nếu A là ma trận vuông cấp 2:

$$A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}.$$

Khi đó đa thức đặc trưng của ma trận A là

$$P_A(\lambda) = det(A - \lambda I) = det\begin{bmatrix} a-\lambda & b \\ c & d-\lambda \end{bmatrix} = \lambda^2 - (a+d)\lambda + (ad - bc).$$

Suy ra, $P_A(A) = A^2 - (a+d)\cdot A + \det(A)\cdot I = 0$.

- Giả sử A là ma trận vuông cấp 3:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}.$$

Khi đó đa thức đặc trưng của ma trận A là:

$$P_A(\lambda) = det(A - \lambda I) = det\begin{bmatrix} a_{11}-\lambda & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22}-\lambda & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33}-\lambda \end{bmatrix}.$$

* *Tác giả liên hệ*
Email: binhdth@hanu.edu.vn

Do đó, $P_A(\lambda) = -[\lambda^3 - (a_{11} + a_{22} + a_{33})\lambda^2 + \alpha\lambda - \det(A)]$.

• Trường hợp A là ma trận vuông cấp n. Khi đó, đa thức đặc trưng $P_A(\lambda)$ của ma trận A có thể viết dưới dạng:

$$P_A(\lambda) = (-1)^n[\lambda^n + a_{n-1}\lambda^{n-1} + a_{n-2}\lambda^{n-2} + \cdots + a_1\lambda + a_0].$$

Bằng quy nạp ta chỉ ra:

$$a_{n-1} = (-1)^{n-1}(a_{11} + a_{22} + \cdots + a_{nn}); a_0 = (-1)^n\det(A).$$

3. Một số ứng dụng của Định lý Cayley - Hamilton

Trong phần này, chúng ta sẽ xem xét ứng dụng của Định lý Cayley-Hamilton về tính ma trận nghịch đảo (nếu ma trận khả nghịch), tìm ma trận mũ, hàm của một ma trận và tìm nghiệm của hệ phương trình vi phân tuyến tính thuần nhất với điều kiện ban đầu.

Cho A là một ma trận vuông cấp n với các hệ số thực (hoặc phức). Áp dụng Định lý Cayley-Hamilton ta có,

$$P_A(A) = 0 \quad \Leftrightarrow \quad A^n + a_{n-1}A^{n-1} + a_{n-2}A^{n-2} + \cdots + a_1A + a_0I = 0. \tag{1}$$

3.1. Tính ma trận nghịch đảo

Giả sử A là một ma trận có nghịch đảo. Khi đó, ta có thể viết lại (1) như sau

$$A(A^{n-1} + a_{n-1}A^{n-2} + \cdots + a_1I) = (-1)a_0I. \tag{2}$$

Do $a_0 = (-1)^n\det(A)$, nên $det(A) \neq 0$ nếu A khả nghịch. Suy ra

$$A^{-1} = \frac{(-1)^{n-1}}{\det(A)}(A^{n-1} + a_{n-1}A^{n-2} + \cdots + a_1I).$$

Chúng ta xem xét bài toán dưới đây.

Bài toán 1. (N. H. V. Hưng, 2019**)** Tìm ma trận nghịch đảo của ma trận:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & -1 & -2 \\ 3 & 8 & 0 & -4 \\ 2 & 2 & -4 & -3 \\ 3 & 8 & -1 & -6 \end{pmatrix}.$$

Lời giải. Xét đa thức đặc trưng của ma trận A:

$$P_A(\lambda) = |A - \lambda \cdot I| = \begin{vmatrix} 1-\lambda & 2 & -1 & -2 \\ 3 & 8-\lambda & 0 & -4 \\ 2 & 2 & -4-\lambda & -3 \\ 3 & 8 & -1 & -6-\lambda \end{vmatrix}.$$

Suy ra:

$$P_A(\lambda) = \lambda^4 + \lambda^3 - 27\lambda^2 - 44\lambda + 2.$$

Áp dụng Định lý Cayley-Hamilton, ta có:

$$A^4 + A^3 - 27A^2 - 44A + 2I = 0 \quad \text{hay} \quad A(A^3 + A^2 - 27A - 44I) = -2I.$$

Ta có:

$$A^2 = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 5 & 5 \\ 15 & 38 & 1 & -14 \\ -9 & -12 & 17 & 18 \\ 7 & 20 & 7 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^3 = \begin{pmatrix} 24 & 48 & -24 & -43 \\ 89 & 224 & -5 & -101 \\ 43 & 64 & -77 & -93 \\ 84 & 196 & -36 & -121 \end{pmatrix}.$$

Như vậy ma trận khả nghịch của ma trận A là:

$$A^{-1} = \frac{-1}{2}(A^3 + A^2 - 27A - 44I) = \begin{pmatrix} 24 & 3 & -4 & -8 \\ -11.5 & -1 & 2 & 3.5 \\ 10 & 1 & -2 & -3 \\ -5 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

3.2. Luỹ thừa bậc m của một ma trận vuông

Trong phần này chúng ta có thể tính ma trận với số mũ cao. Để tính ma trận A^m với số tự nhiên m bất kỳ, trước hết thực hiện phép chia Euclide của đa thức bị chia λ^m và đa thức chia $P_A(\lambda)$. Khi đó, có duy nhất đa thức thương $Q(\lambda)$ và đa thức dư $R(\lambda)$ được xác định bởi đẳng thức

$$\lambda^m = P_A(\lambda)Q(\lambda) + R(\lambda),$$

Trong đó $0 \leq deg(R) < deg\big(P_A(\lambda)\big)$. Lúc đó $A^m = R(A)$.

Để rõ hơn cách làm trên chúng ta xem xét bài toán sau.

Bài toán 2. (Olympic Toán Sinh Viên Toàn Quốc, 2011)

Cho ba dãy số $\{x_n\}, \{y_n\}, \{z_n\}$ xác định như sau: $x_0 = y_0 = z_0$ và:

$$\begin{cases} x_{n+1} &= 4x_n - y_n - 5z_n \\ y_{n+1} &= 2x_n - 2z_n \\ z_{n+1} &= x_n - 2z_n. \end{cases}$$

Tính x_{2011}.

Lời giải. Đặt:

$$X_n = \begin{bmatrix} x_n \\ y_n \\ z_n \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} 4 & -1 & -5 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -2 \end{bmatrix}.$$

Khi đó, $X_{n+1} = AX_n$. Bằng quy nạp ta chỉ ra rằng:

$$X_n = A^n X_0, \quad n \geq 1.$$

Đa thức đặc trưng của ma trận A là:

$$P_A(\lambda) = |\lambda I - A| = \lambda^3 - 2\lambda^2 - \lambda + 2.$$

Suy ra,

$$P_A(\lambda) = 0 \leftrightarrow \lambda = \pm 1 \text{ hoặc } \lambda = 2.$$

Xét đa thức $g(\lambda) = \lambda^{2011}$. Thực hiện phép chia Euclide $g(\lambda)$ cho $P_A(\lambda)$ ta có,

$$\lambda^{2011} = g(\lambda) = P_A(\lambda).q(\lambda) + a\lambda^2 + b\lambda + c. \quad (*)$$

Theo Định lý Cayley-Hamilton, ta có:

$$P_A(A) = 0 \leftrightarrow A^3 - 2A^2 - A + 2I = 0.$$

Suy ra,

$$A^{2011} = a.A^2 + b.A + c.I.$$

Hơn nữa, thay các giá trị ± 1 và 2 vào phương trình (*) ta được hệ phương trình:

$$\begin{cases} 1 &= a + b + c \\ -1 &= a - b + c \\ 2^{2011} &= 4a + 2b + c \end{cases} \leftrightarrow \begin{cases} a = \dfrac{2^{2011} - 2}{3} \\ b = 1 \\ c = \dfrac{2 - 2^{2011}}{3} \end{cases}.$$

Do đó,

$$A^{2011} = \left(\frac{2^{2011} - 2}{3}\right)\begin{bmatrix} 4 & -1 & -5 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -2 \end{bmatrix}^2 + \begin{bmatrix} 4 & -1 & -5 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -2 \end{bmatrix} + \left(\frac{2 - 2^{2011}}{3}\right)\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Hay:

$$\begin{bmatrix} x_{2011} \\ y_{2011} \\ z_{2011} \end{bmatrix} = A^{2011}X_0 = \begin{bmatrix} \dfrac{2}{3}(1 - 2^{2012})x_0 \\ (2 - 2^{2011})x_0 \\ \dfrac{-1}{3}(1 + 2^{2011})x_0 \end{bmatrix}.$$

Do vậy, $x_{2011} = \frac{2}{3}(1 - 2^{2012})x_0$.

3.3. Tính hàm của một ma trận

Giả sử rằng một hàm vô hướng $f(s)$ là giải tích trong một miền của mặt phẳng phức. Trong miền đó $f(s)$ có thể được biểu diễn dưới dạng đa thức:

$$f(s) = \sum_{k=0}^{\infty} \beta_k s^k.$$

Cho A là ma trận vuông cấp n với đa thức đặc trưng $P_A(\lambda)$ và các giá trị riêng λ_i. Khi đó $f(s)$ có thể viết

$$f(\lambda) = P_A(\lambda)Q(\lambda) + R(\lambda),$$

trong đó bậc của đa thức $R(\lambda)$ không quá $n - 1$. Cụ thể, cho $s = \lambda_i$

$$f(\lambda_i) = R(\lambda_i) = \sum_{k=0}^{n-1} \alpha_k \lambda_i^k. \quad (3)$$

Từ các giá trị riêng đã biết $\lambda_i, i = 1, \ldots, n$, thế vào phương trình (3) ta có một hệ phương trình tuyến tuyến với các hệ số $\alpha_0, \ldots, \alpha_{n-1}$. Hàm ma trận $f(A)$ được định nghĩa có cùng khai triển chuỗi của đa thức $f(s)$, tức là:

$$\text{f(A)} = \sum_{k=0}^{\infty} \beta_k A^k = \text{P}_\text{A}\text{(A)Q(A)+R(A)}$$

Áp dụng Định lý Cayley-Hamilton $P_A(A) = 0$ suy ra:

$$f(A) = R(A) = \sum_{k=0}^{n-1} \alpha_k A^k \quad (4)$$

Trong đó các giá trị α_i được xác định từ (3).

Do vậy mọi hàm giải tích của một ma trận A, có bậc n, biểu diễn được dưới dạng đa thức bậc không quá $(n-1)$.

Bài toán 3. (Olympic Toán Sinh Viên Toàn Quốc, 2023)

Với mỗi ma trận vuông A có phần tử là các số phức, ta định nghĩa:

$$\sin A = \lim_{k\to\infty}\sum_{n=0}^{k}(-1)^n\frac{A^{2n+1}}{(2n+1)!} \qquad e^A = \lim_{k\to\infty}\sum_{n=0}^{k}(-1)^n\frac{A^n}{n!}.$$

Cho ma trận $A = \begin{bmatrix}1 & -1\\ 0 & 2\end{bmatrix}$.

a. Tìm ma trận $\sin(A)$ (Bài A.4., phần a).

b. Tìm ma trận e^A (Bài B.4., phần b).

Lời giải. Đa thức đặc trưng của ma trận A là:

$$P_A(\lambda) = |A - \lambda I| = (1-\lambda)(2-\lambda).$$

Khi đó, các giá trị riêng của ma trận A là $\lambda_1 = 1$ và $\lambda_2 = 2$.

a. Thực hiện phép chia $\sin(\lambda)$ cho $P_A(\lambda)$ nhận được đa thức dư có bậc không quá 1 vì ma trận A có cấp 2. Giả sử đa thức dư là $R(\lambda) = \alpha_0 + \alpha_1\lambda$. Ta có,

$$\begin{cases}\sin(\lambda_1) = & \alpha_0 + \alpha_1\lambda_1\\ \sin(\lambda_2) = & \alpha_0 + \alpha_1\lambda_2.\end{cases}$$

Thế giá trị λ_1 và λ_2 vào hệ trên ta nhận được:

$$\begin{cases}\alpha_0 = & 2\sin 1 - \sin 2\\ \alpha_1 = & \sin 2 - \sin 1.\end{cases}$$

Dựa vào (4) suy ra:

$$\sin(A) = (2\sin 1 - \sin 2)I + (\sin 2 - \sin 1)A = \begin{bmatrix}\sin 1 & \sin 1 - \sin 2\\ 0 & \sin 2\end{bmatrix}.$$

b. Để tìm e^A, hoàn toàn tương tự, đa thức dư của chia đa thức e^λ cho đa thức $P_A(\lambda)$ là $R(\lambda) = \beta_0 + \beta_1\lambda$. Ta có:

$$\begin{cases}e^{\lambda_1} = & \beta_0 + \beta_1\lambda_1\\ e^{\lambda_2} = & \beta_0 + \beta_1\lambda_2\end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases}e = & \beta_0 + \beta_1\\ e^2 = & \beta_0 + 2\beta_1\end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases}\beta_0 = & 2e - e^2\\ \beta_1 = & e^2 - e.\end{cases}$$

Do đó,

$$e^A = (2e - e^2)I + (e^2 - e)A = \begin{bmatrix}e & e - e^2\\ 0 & e^2\end{bmatrix}.$$

3.4. Hệ phương trình vi phân tuyến tính thuần nhất

Trong phương trình vi phân chúng ta có bài toán:

$$x'^{(t)} = Ax(t), \quad x(0) = x_0. \tag{5}$$

Trong đó A là ma trận với hệ số thực. Định lý dưới đây khẳng định tính duy nhất nghiệm của bài toán trên.

Định lý 3. (Shepley L. Ross, 2004) *Cho A là một ma trận thực vuông cấp n và x(0) là một vector. Khi đó bài toán (5) có nghiệm duy nhất* $x(t) = e^{At}x(0)$ *với mọi* t ∈ **R**..

Giả sử $\{v_k\}_{k=1}^n$ là các véc tơ riêng của ma trận A ứng với các giá trị riêng $\lambda_k, k = 1,..,n$. Tức là $Av_k = \lambda_k v_k$ với mọi $k = 1,..,n$. Gọi S là ma trận của các véc tơ riêng. Khi đó:

$$e^{At} = S\begin{bmatrix}e^{\lambda_1 t} & 0 & \cdots & 0\\ 0 & e^{\lambda_2 t} & \cdots & 0\\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\ 0 & 0 & \cdots & e^{\lambda_n t}\end{bmatrix}S^{-1}.$$

Chúng ta xét bài toán thực tế sau.

Bài toán 4. ((https://www.math.utah.edu/~gustafso/2250systems-de.pdf**)**

Để điều trị căn bệnh rối loạn nhịp tâm thất hoặc nhịp tim không đều các nhà nghiên cứu đã điều trị lâm sàng trên một số người bằng cách sử dụng thuốc lidocain. Để có hiệu quả, thuốc phải được duy trì ở nồng độ trong máu là 1.5 miligam mỗi lít, nhưng nồng độ trên 6 miligam mỗi lít được coi là gây chết người ở một số bệnh nhân. Liều lượng thực tế phụ thuộc vào trọng lượng cơ thể. Liều tối đa dành cho người lớn đối với nhịp nhanh nhất được báo cáo là 3 mg/kg. Thuốc được cung cấp ở dạng dung dịch 0.5%, 1% và 2%, được bảo quản ở nhiệt độ phòng. Một mô hình phương trình vi phân cho động lực học của điều trị bằng thuốc sử dụng:

$$\begin{cases}x'(t) & = -0.09x(t) + 0.038y(t)\\ y'(t) & = 0.066x(t) - 0.038y(t)\end{cases}$$

Trong đó:

$$\begin{cases} x(t) &= \text{lượng lidocain trong máu,} \\ y(t) &= \text{lượng lidocain trong mô cơ thể.} \end{cases}$$

Giả sử dữ kiện ban đầu là trong máu không có thuốc $x(0) = 0$ và liều lượng tiêm $y(0) = y_0$. Tìm lượng lidocain trong máu và trong mô cơ thể tại thời điểm t.

Lời giải.

Xét ma trận:

$$A = \begin{bmatrix} -0.09 & 0.038 \\ 0.066 & -0.038 \end{bmatrix}.$$

Đa thức đặc trưng của ma trận A là:

$$P_A(\lambda) = |A - \lambda I| = \begin{vmatrix} -0.09 - \lambda & 0.038 \\ 0.066 & -0.038 - \lambda \end{vmatrix}.$$

Do đó,

$$P_A(\lambda) = 0 \Leftrightarrow \begin{bmatrix} \lambda = -0.1204 \\ \lambda = -0.0076 \end{bmatrix}$$

Do đa thức đặc trưng có bậc 2 nên ma trận e^{At} có dạng:

$$e^{At} = \alpha I + \beta A$$

Trong đó α và β được xác định bởi hệ phương trình:

$$e^{\lambda_i t} = \alpha + \beta\lambda_i, \quad i = 1,2.$$

Thay lần lượt các giá trị riêng vào phương trình trên, ta được:

$$\begin{cases} e^{-0.1204t} &= \alpha + \beta(-0.1204) \\ e^{-0.0076t} &= \alpha + \beta(-0.0076) \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} x(t) &= -0.3367y_0e^{-0.1204t} + 0.3367y_0e^{-0.0076t}, \\ y(t) &= 0.2696y_0e^{-0.1204t} + 0.7304y_0e^{-0.0076t}. \end{cases}$$

Như vậy tại thời điểm t, lượng lidocain trong máu và trong mô cơ thể lần lượt là $x(t) = -0.3367y_0e^{-0.1204t} + 0.3367y_0e^{-0.0076t}$ và $y(t) = 0.2696y_0e^{-0.1204t} + 0.7304y_0e^{-0.0076t}$.

Tài liệu tham khảo

T. Kaczorek, 2005. New extensions of the Cayley-Hamilton theorem with applications. *In: Proceeding of the 19th European Conference on Modelling and Simulation*.

N. H. V. Hưng, 2019. *Đại số tuyến tính*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội, trang 200-205.

Shepley L. Ross, 2004. *Differential Equation*. Third Edition, John Wiley & Sons, Inc., trang 264-277.

https://www.molympiad.net/2018/02/de-thi-olympic-toan-sinh-vien-toan-quoc-2011-dai-so.html

https://www.vms.org.vn/post/ky-yeu-cua-ky-thi-olympic-toan-hoc-sinh-sinh-vien-2023

https://www.math.utah.edu/~gustafso/2250systems-de.pdf.

ABSTRACT

Cayley – Hamilton theorem and its applications

Du ThiHaa Binh

Hanoi University

In this paper, I present Cayley-Hamilton Theorem and some applications. Specifically, I will show how to calculate exponential matrices, determine analytic functions of matrices and find solutions to systems of differential equations. For illustration, I choose related problems in the National Math Olympiad for Students and real problems.

Keywords: Cayley-Hamilton; Analytic functions; Systems of differential equations; Matrix.

Vai trò của Hình hoạ - Vẽ kỹ thuật đối với các ngành kỹ thuật trong thời đại khoa học công nghệ phát triển

Lê Thị Thanh Hằng*
* *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Mục đích nghiên cứu: Đánh giá vai trò của hình họa trong việc phát triển các kỹ năng và phẩm chất cần thiết cho sinh viên ngành kỹ thuật.
Mục tiêu nghiên cứu: Xác định mức độ ảnh hưởng của hình họa đến khả năng tư duy không gian, khả năng sáng tạo và kỹ năng giải quyết vấn đề của sinh viên. Đề xuất các phương pháp giảng dạy hình họa phù hợp với đặc thù của ngành kỹ thuật.
Nội dung nghiên cứu: Tổng quan về hình họa - vẽ kỹ thuật và vai trò của nó trong đào tạo kỹ thuật. Thực trạng giảng dạy hình họa trong các trường đại học kỹ thuật. Đề xuất phương pháp giảng dạy hình họa vẽ kỹ thuật phù hợp.
Phương pháp nghiên cứu: Sử dụng kết hợp phương pháp định lượng và định tính. Phương pháp định lượng: Thu thập dữ liệu qua khảo sát, phân tích kết quả học tập sinh viên. Phương pháp định tính: Phỏng vấn giảng viên, sinh viên, quan sát lớp học, phân tích tài liệu.
Các kết quả nghiên cứu: Đánh giá vai trò của hình họa trong đào tạo kỹ sư ở Việt Nam. Xác định các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả giảng dạy và học tập hình họa. Đề xuất cải tiến phương pháp giảng dạy hình họa tại các trường đại học kỹ thuật.

Từ khóa: Hình hoạ; vẽ kỹ thuật; hình học hoạ hình; đồ họa kỹ thuật.

1. Đặt vấn đề

Kỷ nguyên số mang tới bước tiến vượt bậc trong lĩnh vực công nghệ, đặc biệt là sự phát triển của các phần mềm thiết kế hỗ trợ máy tính (CAD). AutoCAD, Revit, SolidWorks,… trở thành công cụ không thể thiếu của các nhà thiết kế, giúp họ ra những bản vẽ kỹ thuật chính xác, chi tiết và nhanh chóng hơn bao giờ hết. Tuy nhiên, sự tiện lợi này cũng đặt ra câu hỏi về vai trò của hình họa vẽ kỹ thuật trong thời đại số. Liệu môn học này còn giữ được vị thế quan trọng trong đào tạo kỹ sư hay đã là một di sản lạc hậu?

Trong bối cảnh công nghệ phát triển không ngừng, đòi hỏi về chất lượng nguồn nhân lực kỹ thuật ngày càng cao. Kỹ sư không chỉ cần kiến thức chuyên môn vững vàng mà còn phải có khả năng tư duy sáng tạo, giải quyết vấn đề linh hoạt và kỹ năng giao tiếp hiệu quả (Đỗ Xuân Thảo, 2015). Hình họa, với vai trò là một công cụ hỗ trợ đắc lực trong quá trình học tập và làm việc, cần được nghiên cứu một cách bài bản để hiểu rõ hơn về tác động của nó đến quá trình đào tạo kỹ sư.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Các khái niệm Hình hoạ, vẽ kỹ thuật trong các ngành kỹ thuật

Hình họa: Là cơ sở lý thuyết của vẽ kỹ thuật, tập trung vào việc biểu diễn các vật thể ba chiều trên mặt phẳng hai chiều (giấy vẽ, màn hình máy tính). Mục tiêu là tạo ra hình ảnh trực quan, dễ hiểu về hình dáng, kích thước, và kết cấu của vật thể. Hình hoạ sử dụng các kỹ thuật như phối cảnh, bóng đổ, và đường nét để tạo ảo giác về chiều sâu và không gian ba chiều (Nguyễn Văn Hùng, 2010; Trần Hồng Hải, 2019).

Vẽ kỹ thuật: Là ngôn ngữ kỹ thuật sử dụng các quy ước, ký hiệu, tiêu chuẩn để biểu diễn chính xác các vật thể, chi tiết máy, kết cấu,…. Mục tiêu là truyền đạt thông tin kỹ thuật một cách rõ ràng để phục vụ cho quá trình thiết kế, sản xuất và lắp ráp (Trần Hồng Hải, 2019). Vẽ kỹ thuật sử dụng các phép chiếu (song song, vuông góc, phối cảnh), tỉ lệ, kích thước, và các ký hiệu kỹ thuật để tạo ra các bản vẽ chi tiết, mặt cắt,…(Nguyễn Văn Hùng, 2010; Trần Hồng Hải, 2019).

2.2. Thực trạng đáng báo động

* *Tác giả liên hệ*
Email: lethithanhhang@humg.edu.vn

Sự xuất hiện của các phần mềm vẽ như CAD đã tạo ra làn sóng xem nhẹ hình họa trong sinh viên. Nhiều bạn tin rằng việc thành thạo các phần mềm này là đủ đáp ứng yêu cầu công việc và kỹ năng vẽ tay không còn cần thiết. Điều này dẫn đến tình trạng nhiều sinh viên kỹ thuật ra trường thiếu hụt kiến thức hình họa cơ bản, gặp khó khăn trong việc vẽ, đọc hiểu, phân tích các bản vẽ kỹ thuật (Đỗ Xuân Thảo, 2015).

Không chỉ có sinh viên, một số trường đại học và một số ngành đào tạo kỹ thuật cũng đã giảm thời lượng giảng dạy môn hình họa, thậm chí bỏ hoàn toàn môn học này khỏi chương trình đào tạo. Điều này càng làm gia tăng sự xem nhẹ của sinh viên đối với hình họa vẽ kỹ thuật và tạo ra một khoảng trống lớn trong kiến thức và kỹ năng của các kỹ sư tương lai. Các thực trạng này đến từ nguyên nhân:

(i) Sự xuất hiện của các phần mềm vẽ như CAD đã tạo ra làn sóng xem nhẹ hình họa trong sinh viên. Nhiều bạn tin rằng việc thành thạo các phần mềm này là đủ đáp ứng yêu cầu công việc và kỹ năng vẽ tay không còn cần thiết. Điều này dẫn đến tình trạng nhiều sinh viên kỹ thuật ra trường thiếu hụt kiến thức hình họa cơ bản, gặp khó khăn trong việc vẽ, đọc hiểu, phân tích các bản vẽ kỹ thuật (Đỗ Xuân Thảo, 2015).

(ii) Thay đổi trong chương trình đào tạo: Nhiều trường đại học đã cắt giảm thời lượng giảng dạy môn hình họa vẽ kỹ thuật để dành thời gian cho các môn học khác. Điều này dẫn đến việc sinh viên ra trường thiếu kỹ năng vẽ kỹ thuật cơ bản (Đỗ Xuân Thảo, 2015).

(iii) Thiếu nhận thức về tầm quan trọng: Nhiều doanh nghiệp và kỹ sư chưa nhận thức đầy đủ về tầm quan trọng của hình họa vẽ kỹ thuật trong quá trình thiết kế và sản xuất. Họ cho rằng chỉ cần sử dụng phần mềm CAD là đủ, không cần thiết phải có kỹ năng vẽ kỹ thuật tốt.

(iv) Tính chất "cổ điển" và "khó học" (Bertoline và Wiebe, 2012): Hình họa vẽ kỹ thuật thường được coi là môn học "cổ điển", "khó học". Điều này khiến nhiều sinh viên và kỹ sư trẻ không hứng thú với môn học.

Thực trạng xem nhẹ hình họa vẽ kỹ thuật đặt ra thách thức lớn cho đào tạo các ngành kỹ thuật. Tuy nhiên, đây cũng là cơ hội để chúng ta nhìn nhận lại và đổi mới phương pháp giảng dạy môn học này.

Thách thức: Sinh viên thiếu hụt kiến thức và kỹ năng vẽ tay cơ bản. Giảng viên gặp khó khăn trong truyền đạt kiến thức và kỹ năng vẽ tay cho sinh viên. Chương trình đào tạo chưa đáp ứng được nhu cầu của thị trường lao động.

Cơ hội: Tận dụng công nghệ hỗ trợ dạy, học hình họa vẽ kỹ thuật như phần mềm mô phỏng 3D, thực tế ảo,… giúp sinh viên dễ hình dung không gian và các đối tượng kỹ thuật. Phát triển phương pháp giảng dạy mới, tập trung vào thực hành và ứng dụng thực tế như các dự án thiết kế sản phẩm để sinh viên có cơ hội áp dụng kiến thức vào thực tế.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Vai trò quan trọng của Hình hoạ, vẽ kỹ thuật đối với ngành kỹ thuật

Vai trò thứ nhất: Phát triển tư duy không gian và khả năng hình dung vật thể:

- Hiểu rõ cấu trúc và hình dáng: Hình họa – vẽ kỹ thuật giúp sinh viên nắm bắt chính xác hình dáng, tỷ lệ, cấu trúc không gian của các vật thể, từ đó hình dung rõ ràng về sản phẩm cuối cùng.
- Truyền đạt ý tưởng thiết kế: Thông qua các bản vẽ hình họa - vẽ kỹ thuật, sinh viên có thể diễn đạt ý tưởng của mình một cách trực quan, dễ hiểu.
- Phân tích và giải quyết vấn đề: Hình họa hỗ trợ quá trình phân tích, tìm ra các vấn đề tiềm ẩn trong thiết kế và đề xuất giải pháp khắc phục (Earle, 2016).

Vai trò thứ hai: Nâng cao kỹ năng thiết kế và sáng tạo:

- Rèn luyện khả năng quan sát và diễn đạt: Hình họa yêu cầu sự tỉ mỉ, chính xác trong việc quan sát và tái hiện lại các chi tiết, từ đó nâng cao khả năng diễn đạt bằng hình ảnh.
- Phát triển tư duy thẩm mỹ: Việc làm quen với các nguyên tắc bố cục, màu sắc, ánh sáng trong hình họa giúp sinh viên có cái nhìn thẩm mỹ tốt hơn, áp dụng vào thiết kế sản phẩm.
- Khơi nguồn cảm hứng sáng tạo: Hình họa là một cách để thể hiện sự sáng tạo, thử nghiệm các ý tưởng mới và tìm ra những giải pháp thiết kế độc đáo.

Vai trò thứ ba: Hỗ trợ các môn học kỹ thuật khác:

- Mô hình hóa 3D: Kỹ năng hình họa là nền tảng để sinh viên có thể xây dựng các mô hình 3D trên máy tính, giúp hình dung sản phẩm một cách toàn diện hơn.
- Bản vẽ kỹ thuật: Hình họa giúp sinh viên đọc hiểu và vẽ các bản vẽ kỹ thuật một cách chính xác, đảm bảo tính khả thi của thiết kế.
- Thuyết trình và báo cáo: Các bản vẽ hình họa là công cụ hỗ trợ đắc lực trong việc thuyết trình, báo cáo về dự án, giúp người nghe dễ dàng nắm bắt thông tin.

Vai trò thứ tư: Hình họa vẽ kỹ thuật : Rèn luyện khả năng từ duy và nhận thức không gian

Mặc dù công nghệ CAD và các phần mềm vẽ khác mang lại nhiều lợi ích, hình họa - vẽ kỹ thuật vẫn giữ vai trò quan trọng không thể thay thế trong ngành kỹ thuật. Nó không chỉ đơn thuần là kỹ năng vẽ mà còn là một quá trình rèn luyện tư duy không gian, khả năng quan sát, phân tích và sáng tạo (Bertoline, G. R., &

Wiebe, E. N., 2012).

•Tư duy không gian: Hình họa vẽ kỹ thuật giúp sinh viên hình dung và tái tạo các vật thể trong không gian ba chiều. Đây là kỹ năng quan trọng để đọc hiểu bản vẽ, hình dung hình dạng và cấu trúc của các đối tượng, từ đó đưa ra các quyết định thiết kế chính xác và hiệu quả.

•Khả năng quan sát và phân tích: Vẽ tay đòi hỏi sự tập trung cao độ và khả năng quan sát tỉ mỉ các chi tiết của vật thể. Quá trình này giúp sinh viên rèn luyện khả năng phân tích và đánh giá, từ đó đưa ra những giải pháp tối ưu cho các vấn đề kỹ thuật.

•Sáng tạo và linh hoạt: Hình họa vẽ kỹ thuật khuyến khích sinh viên tư duy sáng tạo và tìm tòi các giải pháp mới (Ching, F. D. K., 2015). Việc phác thảo ý tưởng bằng tay giúp sinh viên nhanh chóng thể hiện và thử nghiệm các ý tưởng khác nhau, từ đó tìm ra giải pháp tối ưu nhất.

•Khả năng giao tiếp: Bản vẽ kỹ thuật là ngôn ngữ chung của các kỹ sư. Việc nắm vững hình họa vẽ kỹ thuật giúp sinh viên giao tiếp hiệu quả với đồng nghiệp, khách hàng,… thông qua các bản vẽ kỹ thuật rõ ràng, dễ hiểu (Ching, 2015).

3.2. Các giải pháp khắc phục

3.2.1. Cải cách giáo dục

Tăng cường thời lượng giảng dạy hình họa vẽ kỹ thuật trong chương trình đào tạo ở bậc đại học. Điều này bao gồm việc bổ sung các tiết học lý thuyết và thực hành, giúp sinh viên nắm vững các nguyên tắc, quy tắc và kỹ thuật vẽ kỹ thuật cơ bản.

Cải tiến phương pháp giảng dạy: Để môn hình họa vẽ kỹ thuật không còn là nỗi ám ảnh của sinh viên, cần sự chuyển đổi mạnh mẽ phương pháp giảng dạy, tập trung vào các yếu tố như tích hợp phương pháp giảng dạy truyền thống với các công cụ và phần mềm hiện đại như CAD, giúp sinh viên làm quen với cả hai phương pháp và tận dụng ưu điểm của từng phương pháp. Áp dụng các phương pháp học tập tích cực như học tập dựa trên các đồ án, video hướng dẫn, bài giảng tương tác,… tạo môi trường học tập cởi mở và khuyến khích sự tương tác giữa giảng viên và sinh viên.

Đổi mới phương pháp giảng dạy theo hướng tăng cường tính thực tiễn, ứng dụng công nghệ, tích cực chú trọng phát triển kỹ năng mềm, giúp sinh viên yêu thích môn học và phát triển các kỹ năng cần thiết. Thoải mái đặt câu hỏi, bày tỏ ý kiến giúp họ nắm được kiến thức, khuyến khích sự sáng tạo và tư duy phản biện. Thay vì tập trung vào lý thuyết, hãy giao các đồ án vẽ kỹ thuật, các sản phẩm, công trình thực tế, sinh viên sẽ hiểu rõ hơn ứng dụng của môn học, thêm động lực học tập.

Ứng dụng công nghệ thực tế ảo (VR) và thực tế tăng cường (AR) để tạo ra các môi trường học tập tương tác, cho phép người học trải nghiệm các bản vẽ kỹ thuật một cách chân thực nhất (Earle, 2016).

3.2.2. Khuyến khích tính chủ động học tập và rèn luyện của sinh viên

Để sinh viên không còn xem nhẹ hình họa vẽ kỹ thuật, cần khuyến khích họ thay đổi cách tiếp cận môn học này, từ bị động sang chủ động, từ lý thuyết sang thực hành:

Tự học và khám phá:

Tìm hiểu ứng dụng thực tế: Thay vì học theo giáo trình, khuyến khích sinh viên chủ động tìm hiểu ứng dụng của môn học trong các lĩnh vực khác (kiến trúc, cơ khí, thiết kế,...) để thấy sự liên quan của môn học với thực tế và thêm động lực học tập.

Sử dụng đa dạng nguồn tài liệu: Ngoài sách chính, hướng dẫn sinh viên tìm kiếm tài liệu tham khảo trên mạng, các video hướng dẫn, các khóa học trực tuyến để mở rộng kiến thức, kỹ năng.

Thực hành thường xuyên: Khuyến khích sinh viên luyện tập mỗi ngày, bắt đầu từ bài tập cơ bản rồi nâng dần độ khó để sinh viên nắm vững kiến thức và phát triển kỹ năng một cách tự nhiên.

Học tập cộng tác:

Thành lập nhóm học tập: Cùng nhau học tập, trao đổi ý kiến, giải đáp thắc mắc và thực hiện các dự án vẽ kỹ thuật sẽ giúp sinh viên học hỏi lẫn nhau, tăng cường động lực, đạt hiệu quả cao hơn.

Tham gia các diễn đàn, cộng đồng trực tuyến: Chia sẻ kinh nghiệm, học hỏi từ những người có cùng đam mê,nhận được sự hỗ trợ và góp ý từ các chuyên gia, giảng viên.

Tận dụng công nghệ:

Sử dụng các ứng dụng học tập: Các ứng dụng SketchAR, Concepts, Morpholio Trace,... cung cấp các công cụ vẽ kỹ thuật, bài tập thực hành, hướng dẫn chi tiết để học tập mọi lúc mọi nơi.

Tham gia khóa học trực tuyến: Các nền tảng học trực tuyến Coursera, Udemy, Skillshare,... cung cấp khóa học với các bài giảng chất lượng, giúp sinh viên tiếp cận kiến thức một cách linh hoạt.

Sử dụng công cụ hỗ trợ: Các phần mềm AutoCAD, SolidWorks, Revit,... là công cụ vẽ kỹ thuật mà và nguồn tài liệu tham khảo quý, giúp sinh viên tìm hiểu các tiêu chuẩn, quy tắc vẽ kỹ thuật.

Phát triển tư duy sáng tạo:

Vẽ tự do: Tăng cường vẽ tự do để sinh viên phát triển khả năng quan sát, tưởng tượng, sáng tạo.

Tham gia các cuộc thi: Đây là cơ hội để sinh viên thể hiện tài năng, học hỏi kinh nghiệm và nhận được sự công nhận từ cộng đồng.

Áp dụng hình họa vẽ kỹ thuật vào các lĩnh vực khác: Sử dụng kỹ năng vẽ kỹ thuật để thiết kế sản phẩm, sáng tạo nghệ thuật, làm video,...

Bằng cách thay đổi phương pháp học tập truyền thống, sinh viên có thể biến môn hình họa vẽ kỹ thuật khô khan thành công cụ hữu ích, giúp phát triển tư duy sáng tạo mở ra cơ hội nghề nghiệp trong tương lai.

4. Kết luận

Trong bối cảnh công nghệ số phát triển mạnh mẽ, hình họa vẽ kỹ thuật vẫn giữ một vai trò không thể thay thế trong đào tạo kỹ sư. Mặc dù các phần mềm CAD mang lại nhiều tiện ích và hiệu quả, chúng không thể thay thế hoàn toàn những giá trị mà hình họa vẽ kỹ thuật truyền thống mang lại.

Hình họa vẽ kỹ thuật không đơn thuần là kỹ năng vẽ mà còn là một quá trình rèn luyện tư duy không gian, khả năng quan sát, phân tích và sáng tạo. Nó giúp phát triển khả năng hình dung, tưởng tượng và tái tạo các vật thể trong không gian ba chiều - kỹ năng không thể thiếu trong quá trình thiết kế, chế tạo. Đồng thời, môn học còn giúp kỹ sư rèn luyện khả năng đọc hiểu, phân tích bản vẽ - ngôn ngữ của kỹ thuật.

Việc xem nhẹ hình họa vẽ kỹ thuật trong đào tạo kỹ sư là một xu hướng đáng báo động. Nó không chỉ ảnh hưởng đến chất lượng đào tạo mà còn cản trở sự phát triển của ngành kỹ thuật. Để khắc phục tình trạng này, cần có sự chung tay của cả nhà trường, giảng viên, sinh viên.

Cần đảm bảo thời lượng giảng dạy hình họa vẽ kỹ thuật, đổi mới phương pháp giảng dạy theo hướng tích hợp công nghệ và thực tiễn. Giảng viên cần nâng cao trình độ chuyên môn, cập nhật kiến thức và phương pháp giảng dạy mới, đồng thời tạo hứng thú và động lực học tập cho sinh viên. Sinh viên cần nhận thức rõ tầm quan trọng của hình họa vẽ kỹ thuật và tích cực học tập, rèn luyện kỹ năng.

Phải xây dựng một nền tảng vững chắc cho sự phát triển bền vững của ngành kỹ thuật trong tương lai, nơi hình họa vẽ kỹ thuật, công nghệ số cùng tồn tại bổ trợ nhau. Hình họa vẽ kỹ thuật sẽ tiếp tục là công cụ quan trọng để thể hiện ý tưởng, giao tiếp, cộng tác hiệu quả, trong khi công nghệ số sẽ là đòn bẩy giúp hiện thực hóa những ý tưởng đó nhanh chóng chính xác. Sự kết hợp hài hòa giữa truyền thống và hiện đại sẽ tạo ra những kỹ sư tài năng, sáng tạo, có khả năng thích ứng với sự tiến bộ của công nghệ.

Tài liệu tham khảo

Bertoline, G. R., & Wiebe, E. N., 2012. *Fundamentals of graphics communication*. McGraw-Hill Higher Education.

Ching, F. D. K.,2015. *Design drawing*. John Wiley & Sons.

Đỗ Xuân Thảo, 2015. *Phương pháp dạy và học hình họa*. Nhà xuất bản Đại học Sư phạm.

Earle, J. H., 2016. *Engineering design graphics*. Pearson Education.

Nguyễn Văn Hùng, 2010. *Hình họa và vẽ kỹ thuật*, Nhà xuất bản Đại học Xây dựng.

Trần Hồng Hải, 2019. *Hình họa và vẽ kỹ thuật* . Nhà xuất bản Xây dựng.

ABSTRACT

The role of Drawing - Technical Drawing with engineering majors when science and technology develop

Le Thi Thanh Hang

Hanoi University of Mining and Geology

This study aims to explore and elucidate the indispensable role of drawing, particularly technical drawing, in the comprehensive development of essential skills for engineering students. We are interested in delving deeper into the impact of drawing on spatial reasoning, creativity, and problem-solving abilities among students. Consequently, this research will propose effective teaching methods for drawing that align with the specific characteristics of each engineering discipline. The study content includes examining the role of drawing in engineering education, the current state of teaching practices, and suggesting innovative teaching methods. To achieve this goal, we will employ both quantitative and qualitative research methods. Ultimately, this study aspires to contribute to enhancing the quality of engineering education in Vietnam by evaluating the role of drawing, identifying factors affecting teaching effectiveness, and proposing improvement solutions.

Keywords: Descriptive geometry; Technical drawing; Technical graphics.

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

A remark on robustness of exponential dichotomy

Bui Xuan Quang*
Faculty of Fundamental Sciences, PHENIKAA University, Hanoi 12116, Vietnam

ABSTRACT

In this note, we introduce a new concept of Yosida distance between two linear operators in a Banach space and then study the robustness of exponential dichotomy of evolution equations. An application to exponential dichotomy of linear partial functional differential equations is also discussed. Finally, we will present a generation theorem for the perturbation of strongly continuous semigroups by unbounded operators and establish a relationship with robustness of an exponential dichotomy. Our main methods are based on semigroup theory combining with the techniques in ordinary differential equations.

Keywords: Yosida distance; exponential dichotomy; robustness; generation theorem; partial functional differential equation.

1. Introduction

Consider the evolution equation:

$$u'(t) = Au(t), \quad u \in \mathbb{X} \tag{1.1}$$

Where $\mathbb{X}$ is a Banach space. In the case of $\mathbb{X} = \mathbb{R}^n$ and $\mathbb{X} = \mathbb{R}^{n\times n}$, it is well known that for linear system (1.1) under "small perturbation" some asymptotic behavior like exponential dichotomy persists (Coppel 1978; Engel and Nagel, 2000), that is, the perturbed evolution equation:

$$u'(t) = (A + B)u(t) \tag{1.2}$$

Also has an exponential dichotomy if B is small. In this case the small perturbation's size can be determined by the norm of $\|B\|$. Many results from the dynamical systems in the finite-dimensional case could be extended to the infinite-dimensional case.

In this note, assuming that the evolution equation (1.1) where $\mathbb{X}$ is a Banach space, generates a C_0-semigroup in $\mathbb{X}$ that has an exponential dichotomy, we consider the perturbed evolution equation (1.2) where B is (generally unbounded) linear operator in $\mathbb{X}$. One of the most complicated steps in studying this equation is related to understanding how to measure the size of the perturbation B. It is naturally easy to extend the persistence of exponential dichotomy under small perturbation B in the sense of its norm, that is, $\|B\|$ is sufficiently small. Certain specific classes of unbounded perturbation B are also studied (Chow and Leiva, 1996; Engel and Nagel, 2000).

As for partial functional differential equation:

$$u'(t) = Au(t) + Bu_t, \quad t \geq 0 \tag{1.3}$$

Under reasonable conditions on A and B, it generates a C_0-semigroup (called solution semigroup) in the phase space $\mathcal{C}$, so its asymptotic behavior is studied via this semigroup. It is expected that many results of the non-delayed equation (1.1) could be easily extended to the delayed equations (1.3). That means, if the unperturbed equation (1.3) has an exponential dichotomy, then under "small perturbation" A_1 and B_1, the perturbed equation:

$$u'(t) = (A + A_1)u(t) + (B + B_1)u_t \tag{1.4}$$

Also has an exponential dichotomy. Even when $A_1 = 0$ and B_1 is bounded and $\|B_1\|$ is small, the study of the persistence of exponential dichotomy, to the best of our knowledge, has yet to be complete. In fact, the problem is that the Variation-of-Constants Formula in the phase space $\mathcal{C}$ is not available for the solution semigroups by (1.3) and (1.4).

To our knowledge, the persistence of exponential dichotomy of Eq. (1.4) under unbounded perturbations A_1 and B_1 is not been studied yet. The idea of applying the method by (Chow and Leiva, 1996) or Dunford and Schwartz, 1988) to study the persistence of exponential dichotomy of the solution semigroup generated by Eq. (1.3) in the phase space $\mathcal{C}$ is impossible. In fact, the very first condition on

**Tác giả liên hệ*
Email: quang.buixuan@phenikaa-uni.edu.vn

the domain for the generator of solution semigroups is not satisfied for delayed equations as shown in (Bui and Minh, 2024a, Corollary 4.2 and Example 4.3).

In this note, we will study the persistence of exponential dichotomy of evolution equations via the concept of Yosida distance (Bui and Minh, 2024a, 2024b). Using general results, we give an effort into studying the exponential dichotomy of the solution semigroup generated by Eq. (1.3) where both A and/or B are perturbed by unbounded operators A_1 and B_1 from some classes. The first results on the Yosida distance (Bui and Minh, 2024a, 2024b) lead to a question about the generation of perturbed semigroups. We will discuss a result about the generation in Theorem 4.1 and its relation to exponential dichotomy. These results, on the one hand, give us a criterion for robustness of an exponential dichotomy, and on the other hand, establish a relationship with known classical results (Chow and Leiva, 1996; Dunford and Schwartz, 1988).

2. Preliminaries

2.1. Notations

In this note, we will denote by $\mathbb{X}$ and $\mathbb{Y}$ Banach spaces with corresponding norms. The symbols $\mathbb{R}$ and $\mathbb{C}$ stand for the fields of real and complex numbers, respectively. Denote by $\mathcal{L}(\mathbb{X},\mathbb{Y})$ the Banach space of all bounded linear operators from a Banach space $\mathbb{X}$ to a Banach space $\mathbb{Y}$. We will denote the domain of an operator T by $D(T)$ and its range by $R(T)$. The resolvent set of a linear operator T in a Banach space will be denoted by $\rho(T)$ while its spectrum is denoted by $\sigma(T)$. For $\lambda \in \rho(T)$, we denote the inverse $(\lambda I - T)^{-1}$ by $R(\lambda, T)$ and call it the resolvent (at λ) of linear operator T. Let P be a linear operator in a Banach space $\mathbb{X}$, $\ker(P)$ and $\mathrm{Im}(P)$ are the notations of kernel and image of P.

2.2. Exponential Dichotomy

Definition 2.1 (Exponential dichotomy) A linear semigroup $(\mathrm{T(t)})_{\mathrm{t}\geq 0}$ in a Banach space $\mathbb{X}$ is said to have an *exponential dichotomy* or to be *hyperbolic* if there exist a bounded projection P on $\mathcal{X}$ and positive constants N and α satisfying:

1. $\mathrm{T(t)P} = \mathrm{PT(t)}$, for $\mathrm{t} \geq 0$;
2. $T(t)|_{\ker(\mathrm{P})}$ is an isomorphism from $\ker(P)$ onto $\ker(P)$, for all $t \geq 0$, and its inverse on $\ker(\mathrm{P})$ is defined by $T(-t) \coloneqq \left(T(t)|_{\ker(P)}\right)^{-1}$;
3. The following estimates hold:

$$\|T(t)x\| \leq \mathrm{Ne}^{-\alpha \mathrm{t}}\|x\|, \quad \text{for all } \mathrm{t} \geq 0, \mathrm{x} \in \mathrm{Im(P)}, \tag{2.1}$$

$$\|T(-t)x\| \leq \mathrm{Ne}^{-\alpha \mathrm{t}}\|x\|, \quad \text{for all } \mathrm{t} \geq 0, \mathrm{x} \in \ker(\mathrm{P}). \tag{2.2}$$

3. Yosida Distance and Robustness of Exponential Dichotomy of Evolution Equations

3.1. The Concept of Yosida Distance and Robustness of Exponential Dichotomy

Given operator A in a Banach space $\mathbb{X}$ with $\rho(A) \supset [\omega, \infty)$, where ω is a given number, the *Yosida approximation* A_λ is defined as $A_\lambda \coloneqq \lambda^2 R(\lambda, A) - \lambda I$ for sufficiently large λ (Pazy, 1983; Yosida, 1995)

Definition 3.1 (Yosida distance (Bui and Minh, 2024a, 2024b)) The *Yosida distance* between two linear operators A and B satisfying $\rho(\mathrm{A}) \supset [\omega, \infty)$ and $\rho(\mathrm{B}) \supset [\omega, \infty)$, where ω is a given number, is defined to be

$$d_Y(A, B) \coloneqq \limsup_{\mu \to \infty} \|A_\mu - B_\mu\|. \tag{3.1}$$

The following theorem is the main result of this section on the robustness of exponential dichotomy under Yosida perturbation.

Theorem 3.2 (Bui and Minh, 2024a, 2024b)) *Let A be the generator of a C_0-semigroup that has an exponential dichotomy. Then, the C_0-semigroup generated by an operator B also has an exponential dichotomy, provided that $d_Y(A, B)$ is sufficiently small.*

The following lemma will show that the concept of Yosida distance allows us to recover important cases of perturbation under this persistent domain condition. A detailed proof of this result can be found in (Bui and Minh, 2024a, 2024b) and (Bui *et al.*, 2024).

Lemma 3.3 *The following assertions are valid:*

1. Let A, B be the generators of contraction semigroups. Assume further that $D(A) = D(B)$. Then, $A = B$, provided that $d_Y(A, B) = 0$.

2. Let $A, B \in \mathcal{L}(\mathbb{X})$. Then

$$d_Y(A, B) = \| A - B \|. \tag{3.2}$$

3. If A is the generator of a C_0-semigroup $(T(t))_{t\geq 0}$ such that $\| T(t) \| \leq Me^{\omega t}$, and C is a bounded operator, then $d_Y(A, A+C)$ is finite. Moreover,

$$d_Y(A, A+C) \leq M^2 \| C \| \tag{3.3}$$

4. Let A be the generator of an analytic semigroup $(T(t))_{t\geq 0}$ such that $\| T(t) \| \leq Me^{\omega t}$, and C be an operator in the class $\mathcal{P}(A)$, that is, C satisfies the following conditions (Dunford and Schwartz, 1988, Definition 18)

(a) $D(C) \supset D(A)$;

(b) For each $t > 0$, there exists a constant $K_t < \infty$ such that

$$\| CT(t) \| \leq K_t \| x \|, \quad for\ each\ x \in D(A);$$

(c) The constant K_t in (3.3) *may be chosen so that $K := \int_0^1 K_t dt$ exists and finite.*

Then,

$$d_Y(A, A+C) \leq K. \tag{3.4}$$

According to Lemma 3.3, the Yosida distance can measure the perturbation of a closed operator A by an linear operator C such that the domain of $A+C$ contains that of A. In the next subsection, we will study a situation where the concept of Yosida distance is applicable when the inclusion conditions of the domain $D(A) \subset D(A+C)$ are removed.

3.2. Robustness of Exponential Dichotomy of Linear Partial Functional Differential Equations

In this subsection, we consider the linear partial functional differential equation:

$$u'(t) = A_i u(t) + B_i u_t, \tag{3.5}$$

Where A_i generates a C_0-semigroup $(T_i(t))_{t\geq 0}$ in $\mathcal{X}$, and B_i is a bounded operator from $\mathcal{C} := \mathrm{C}([-1,0], \mathbb{X})$ to $\mathbb{X}$ and $i = 0, 1$ and $u_t(\theta) := u(t+\theta)$, $\theta \in [-1,0]$. This partial functional differential equation generates a solution semigroup $(\mathcal{T}_i(t))_{t\geq 0}$ that is strongly continuous in the phase space $\mathcal{C}$ with the generator $\mathcal{G}_i$ defined as (Travis and Webb, 1974)

$$\mathcal{G}_i\phi = \phi^{'},$$
$$D(\mathcal{G}_i) = \{\phi \in \mathcal{C}: \phi(0) \in D(A_i), \phi^{'-}(0) = A_i\phi(0) + B_i\phi\}.$$

Corollary 3.4 (Bui and Minh, 2024b) *Assume that $A_0 = A_1 = A$, and $B_i D(A) \subset D(A)$, for $i = 0, 1$. Then, $D(\mathcal{G}_0) \subset D(\mathcal{G}_1)$ if and only if $B_1 = B_0$.*

Below we will demonstrate the usefulness of the concept of Yosida distance as it still works in this case when the persistent domain condition is not satisfied to apply the previously known perturbation theory. In fact we study the Yosida distance between the generators of the solution semigroups of partial functional differential equations of the form Eq. (3.5).

Consider partial functional differential equation (3.5) where A is the generator of a C_0-semigroup $(T_i(t))_{t\geq 0}$ satisfying $\| T_i(t) \| \leq e^{\omega t}$ and $B_i \in \mathcal{L}(\mathbb{X})$ for a certain (fixed) positive constant ω. For simplicity we will drop the index "i" in the following paragraph. A detailed calculation in (Bui and Minh, 2024b, Lemma 4.1) gives an explicit formula for the resolvent of generator $\mathcal{G}$, and we obtain the following result.

Lemma 3.5 (Bui and Minh, 2024b) *Let $\mathcal{G}_i$ be the generators of the solution semigroups generated by Eq.* (3.5) *in the phase space $\mathcal{C} := C([-1,0], \mathbb{X})$. Assume further that*

$$d_Y(A_0, A_1) < \infty, \quad \|B_i\| < \infty, \qquad i = 0,1. \tag{3.6}$$

Then,

$$d_Y(\mathcal{G}_0, \mathcal{G}_1) \leq 2d_Y(B_0, B_1) + d_Y(A_0, A_1). \tag{3.7}$$

As an immediate consequence of Lemma 3.5 we have the following:

Theorem 3.6 (Bui and Minh, 2024b) *Let A_i generate a C_0-semigroup $(T_i(t))_{t\geq 0}$, $i = 0,1$, in a Banach space $\mathbb{X}$ that satisfies $\|T_i(t)\| \leq Me^{\omega t}$, $t \geq 0$, and $B_0, B_1 \in \mathcal{L}(\mathcal{C}, \mathbb{X})$. Assume that the partial functional differential equation*

$$u'(t) = A_0 u(t) + B_0 u_t, \quad t \geq 0, \tag{3.8}$$

Has an exponential dichotomy. Then, the partial functional differential equation

$$u'(t) = A_1 u(t) + B_1 u_t, \quad t \geq 0, \tag{3.9}$$

Also has an exponential dichotomy if the Yosida distances $d_Y(A_0, A_1)$ and $d_Y(B_0, B_1)$ are sufficiently small.

Remark 3.7 In the case of equation (1.1) under nonlinear perturbations, the existence of invariant (stable and unstable) manifolds has been proven in (Bui and Minh, 2024a).

4. A Generation Theorem and its Relation to the Exponential Dichotomy

Theorem 4.1 (Bui *et al.*, 2024) *Let A be the generator of a C_0-semigroup $\left(T_A(t)\right)_{t\geq 0}$ in $\mathbb{X}$ such that*

For all $t \geq 0$

$$\|T_A(t)\| \leq Me^{\omega t}, \quad t \geq 0,$$

Where ω *is a given real number. Assume further that* C *is a linear operator in* $\mathbb{X}$ *such that:*

1. $D(A) \subset D(C)$*;*

2. There exist a constant $K > 0$ *such that if* $\mu > \omega$*, then*

$$\|CR(\mu, A)\| \leq \frac{K}{\mu - \omega}. \tag{4.1}$$

Then, $A + C$ *generates a* C_0*-semigroup, denoted by* $\left(T_{A+C}(t)\right)_{t\geq 0}$ *that satisfies:*

$$\|T_{A+C}(t)\| \leq Me^{(\omega + MK)t}, \quad t \geq 0. \tag{4.2}$$

Theorem 4.1 leads to the quantity:

$$\|C\|_A := \frac{1}{M} \sup_{\mu > \omega} \|(\mu - \omega)CR(\mu, A)\| \tag{4.3}$$

Being used to measure the size of the perturbation C to the generator of a C_0-semigroup $\left(T_A(t)\right)_{t\geq 0}$ with $\|T_A(t)\| \leq Me^{\omega t}$, $t \geq 0$. We will define the set of all linear operator C in $\mathbb{X}$ with $D(C) = D(A)$ and $\|C\|_A < \infty$ by $\mathcal{GL}_A(\mathbb{X})$. By (Bui *et al.*, 2024, Lemma 3.1), $(\mathcal{GL}_A(\mathbb{X}), \|\cdot\|_A)$ is a normed space.

Proposition 4.2 (Bui et al., 2024) *Let* A *be the generator of a* C_0*-semigroup. Then,* $\mathcal{P}(A) \subset \mathcal{GL}_A(\mathbb{X})$*, and:*

$$d_Y(A + C_1, A + C_2) \leq \|C_1 - C_2\|_A \leq \frac{1+M}{M} d_A(C_1, C_2), \tag{4.4}$$

Where:

$$d_A(C_1, C_2) := \int_0^1 \|(C_1 - C_2)T(t)\| dt$$

For $C_1, C_2 \in \mathcal{P}(A)$*, see (Chow and Leiva, 1996; Dunford and Schwartz, 1988, Definition 18)).*

Corollary 4.3 (Bui *et al.*, 2024) *Let* A *be the generator of a* C_0*-semigroup* $\left(T_A(t)\right)_{t\geq 0}$ *in* $\mathbb{X}$ *satisfying* $\|T_A(t)\| \leq Me^{\omega t}$*. Assume further that for a given* $C_1 \in \mathcal{GL}_A(\mathbb{X})$*, the semigroup* $\left(T_{A+C_1}(t)\right)_{t\geq 0}$ *generated by* $A + C_1$ *has an exponential dichotomy. Then, for any* $C_2 \in \mathcal{GL}_A(\mathbb{X})$*, the semigroup* $\left(T_{A+C_2}(t)\right)_{t\geq 0}$ *generated by* $A + C_2$ *has also an exponential dichotomy provided that either* $\|C_1 - C_2\|_A$*, or* $d_A(C_1, C_2)$ *is sufficiently small.*

Acknowledgements

The author would like to thank Professor Nguyen Van Minh (University of Arkansas at Little Rock, USA) for his suggestion and stimulating discussion on the subject of the paper. This work is supported by the PHENIKAA University.

References

Bui, X.-Q. and Minh, N.V., 2024. Yosida distance and existence of invariant manifolds in the infinite-dimensional dynamical systems. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 152: 4285-4300 (arXiv preprint, 2023: https://arxiv.org/abs/2301.12080).

Bui, X.-Q. and Minh, N.V., 2024. Unbounded perturbation of linear partial functional differential equations via Yosida distance. Submitted. arXiv preprint, https://arxiv.org/pdf/2310.04873.

Bui X.-Q., Huy, N.D., Luong, V.T., and Minh, N.V., 2024. A generation theorem for the perturbation of strongly continuous semigroups by unbounded operators. Submitted. arXiv preprint https://arxiv.org/abs/2405.06812.

Chow, S.-N. and Leiva, H., 1996. Unbounded perturbation of the exponential dichotomy for evolution equations. *Journal of Differential Equations*, 129: 509-531.

Coppel, W.A., 1978. *Dichotomies in Stability Theory*. Lecture Notes in Mathematics, 629, Springer-Verlag, Berlin-New York.

Dunford, N. and Schwartz, J.T., 1988. *Linear Operators General Theory, Part I*. Wiley, New York.

Engel, K.J. and Nagel, R., 2000. *One-Parameter Semigroups for Linear Evolution Equations*. Graduate Texts in Mathematics, 194, Springer.

Pazy, A., 1983. *Semigroups of Linear Operators and Applications to Partial Differential Equations*. Applied Mathematical Sciences, 44, Springer-Verlag, New York.

Travis, C.C. and Webb, G.F., 1974. Existence and stability for partial functional differential equations. *Transactions of the American Mathematical Society*, 200: 394-418.

Yosida, K., 1995. *Functional Analysis*. Springer-Verlag, Berlin.

TÓM TẮT

Một nhận xét về tính bền vững của nhị phân mũ

Bùi Xuân Quang
Khoa Khoa học cơ bản, Trường Đại học PHENIKAA

Trong báo cáo này, chúng tôi giới thiệu một khái niệm mới là khoảng cách Yosida giữa hai toán tử tuyến tính trong một không gian Banach và sau đó nghiên cứu tính bền vững của nhị phân mũ của phương trình tiến hoá. Một ứng dụng vào nhị phân mũ của phương trình vi phân hàm riêng tuyến tính cũng sẽ được thảo luận. Cuối cùng, chúng tôi trình bày một định lí toán tử sinh đối với nửa nhóm liên tục mạnh chịu nhiễu không bị chặn và khảo sát một mối quan hệ với tính bền vững của nhị phân mũ. Các phương pháp chính của chúng tôi là dựa vào lý thuyết nửa nhóm kết hợp với các kỹ thuật của phương trình vi phân thường.

Từ khoá: khoảng cách Yosida; nhị phân mũ; tính bền vững; định lí toán tử sinh; phương trình vi phân hàm riêng

Massera-typed theorem for a class of delayed differential equations

Nguyen Thi Loan*
Faculty of Fundamental Sciences, PHENIKAA University, Hanoi 12116, Vietnam,

ABSTRACT

In this article, by using Massera-typed theorem, we establish a result of existence and uniqueness of periodic solutions for the class of delayed differential equations of the form:

$$\begin{cases}\frac{\partial u}{\partial t} - A(t)u(t) = F(u)(t) + G(t)(u_t),\ t \in \mathbb{R}_+; \\ u(0) = \phi \in X; \end{cases} \quad (1)$$

Where the mapping $t \to A(t)$ is α -periodic and is a possibly unbounded operator on a Banach space X such that the family $(A(t))_{t\geq 0}$ generates an evolution family $(U(t,s))_{t\geq s\geq 0}$; the operator $F: BC(\mathbb{R}_+, X) \to BC(\mathbb{R}_+, X)$ is locally Lipshitz and map α -periodic functions to α -periodic functions; $G(t) \in L(P, X)$ and is α -periodic; u_t is the history function defined by $u_t(s) := u(t+s)\ for\ s \in [-r, 0]$. The obtained results by combining the Massera method with the use of assessments in Banach spaces and the fixed-point argument.

Keywords: Massera theorem; periodic solution; delayed differential equations.

1. Introduction

The partial differential equations are an important area of the mathematics. There are many patterns in nature as well as in engineering described by their equations, such as:

- Propagation of waves along a string equation:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = f(x,t), u = u(x,t), (x,t) \in [0, L] \times (0, +\infty);$$

- Heat transfers a long bar equation:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + f(x,t), u = u(x,t), (x,t) \in \mathbb{R} \times (0, +\infty).$$

Finding conditions for the existence and uniqueness of a periodic solution to these equations is one of the key research directions related to the asymptotic behavior of the solution.

Generally, for functional differential equations, there are several methods used to find conditions for the existence, uniqueness of a periodic solution. Such as Massera's principle (Massera, 1950), special fixed-point methods (Hale, 1966; Benkhalti, 2001,...) The most popular approaches used in this direction are the ultimate boundedness of solution and the compactness of Poincare' map realized through some compact embeddings. However, if unbounded domains or equations that have unbounded solutions, such compact embeddings do not hold, and the choice of appropriate initial vectors is not easy.

One may invoke to the so-called Massera-type theorem to overcome such difficulties. That theorem roughly saying that if a differential equation has a bounded solution, then it has a periodic one. Actually, in (Huy, 2016a) this methodology has been invoked in combination with use the Cesa'ro limit to prove the existence and uniqueness of a periodic solution whose sup-norm can be controlled by the norm of the input function Nemytskii in a bounded function space, or the input function in a admissibility function space (Huy, 2016b). Furthermore, a Massera-type theorem has proposed for the case of partial neutral functional differential equation (i.e., the case u(t) is replaced by Fu_t), has also been invoked to prove the existence and uniqueness of a periodic solution to delay equations (Ha, 2021).

This methodology has been used in conjunction with the admissibility of function spaces to demonstrate the existence and uniqueness of periodic solutions to linear equations and the fixed-point argument is then used to show these findings for the semi-linear delay equation in the current study.

* *Tác giả liên hệ*
Email: loan.nguyenthi2@phenikaa-uni.edu.vn

2. Theoretical basic

Before going into the main results section, we will now provide the essential information required for this study

For Banach space X with a norm $\|\circ\|$, we denote by$K:=C([-r,0],X)$ the Banach space all continuous functions ϕ from [-r, 0] in to X, with the norm:

$$\| \phi \|_K := \sup_{s\in[-r,\,0]} \| \phi(s) \| \text{ for } \phi \in K.$$

For a continuous function$v:[-r,\infty] \to X$, the history function$v_t \in K$is defined by$v_t(s):=v(t+s)$ for$s \in [-r,0]$. Now, some preliminaries are recalled for late uses. First, the spaces of bounded continuous functions with values in the Banach space X is defined as:

$$BC(\mathbb{R}_+,X):=\{v:\mathbb{R}_+ \to X | v \text{ is continuous and } \sup_{t\in\mathbb{R}_+} \| v(t) \| < \infty,$$

Endowed with the norm $\| v \|_{BC(\mathbb{R}_+,X)}:=\sup_{t\in\mathbb{R}_+} \| v(t) \|$. The Banach space $BC([-r,\infty);X)$ is defined similarly. Furthermore, in this study we also use space the Banach function space (Massera, 1966).

$$H=H(\mathbb{R}_+):=\{h\in L_{1,loc}(\mathbb{R}_+): \sup_{t\in\mathbb{R}_+} \int_t^{t+1} |h(\tau)|\,d\tau < \infty\},$$

Endowed with the norm $\| h \|_H:=\sup_{t\in\mathbb{R}_+} \int_t^{t+1} |h(\tau)|\,d\tau$ is recalled. Moreover, the space denotes by:

$$\Re:=\{h:\mathbb{R}_+ \to X | \| h(\cdot) \| \in H\},$$

Endowed with the norm $\| k \|_{\Re}:=\| \| k(\cdot) \| \|_H$. Clearly, $\Re$ is a Banach space.

Next, a notion of evolution families is explained in the following definition.

Definition 2.1. A family of bounded linear operator $(U(t,s))_{t\geq r\geq 0}$ on a Banach space X is a (strongly continuous, exponentially bounded) evolution family if:

i) The map $(t,s)\mapsto U(t,s)x$ is continuous for every $x\in X$, where $(t,s)\in\{(t,s)\in\mathbb{R}^2: t\geq s\geq 0\}$;

ii) $U(t,t)=Id, U(t,w)U(w,s)=U(t,s)$ for all $t\geq w\geq s\geq 0$;

iii) exists $M,\lambda\geq 0$ such that $\| U(t,r)x \| \leq Me^{\lambda(t-r)} \| x \|, \forall t\geq r\geq 0, x\in X$.

The notion of an evolution family arrises naturally from the theory of well-posed, non-autonomous evolution equations. Namely, if the abstract Cauchy problem:

$$\begin{cases} \frac{du}{dt} - A(t)u(t) = 0, t\geq s\geq 0; \\ u(s)=u_s\in X; \end{cases} \tag{2}$$

Is well-posed, there exist an evolution family $(U(t,s))_{t\geq s\geq 0}$ such that the solution of the Cauchy problem (2) is given by $u(t)=U(t,s)u(s)$. For more details on the notion of evolution family's condition for the existence of such families and application to partial differential equations we refer the readers to Pazy (Pazy, 1983).

Assumption 2.1. Suppose that $A(t)$ is α -periodic, i.e., $A(t+\alpha)=A(t)$ for a fixed constant $\alpha>0$ and all $t\in\mathbb{R}_+$. Then $(U(t,s))_{t\geq s\geq 0}$ become α -periodic in the sense that $U(t+\alpha,s+\alpha)=U(t,s)$, for all $t\geq s\geq 0$.

Assumption 2.2. With γ is a non-negative constant**,** the map $F:BC(\mathbb{R}_+,X)\to BC(\mathbb{R}_+,X)$ satisfies:

i) $\| F(0) \|_{BC(\mathbb{R}_+,X)}\leq\gamma$ and $F(v)(t)$ is α -periodic for each α -periodic function$v\in BC(\mathbb{R}_+,X)$;

ii)For all $v_1,v_2\in BC(\mathbb{R}_+,X)$, $\| v_1 \|_{BC(\mathbb{R}_+,X)}\leq b, \| v_2 \|_{BC(\mathbb{R}_+,X)}\leq b$there exist positive constants b, N such that $\| F(v_1)-F(v_2) \|_{BC(\mathbb{R}_+,X)}\leq N \| v_1-v_2 \|_{BC(\mathbb{R}_+,X)}$.

Assumption 2.3. The map $G:\mathbb{R}_+\to L(P,X)$ satisfies $\| G(t) \|$ belong to H *and* $G(t)(v_t)$ is α -periodic for each α -periodic function $v\in BC([-r;\infty];X)$.

3. Results

For a Banach space X, possesses a separable predual Y, (i.e., $X=Y^{'}$), where Y is a separable Banach space, consider for the class of delayed differential equations (DDE):

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} - A(t)u(t) = F(u)(t) + G(t)(u_t), t\in\mathbb{R}_+; \\ u(0)=\phi\in X; \end{cases} \tag{3}$$

Here $A(t)$ is a (possible unbounded) linear operator on a Banach space X for every fixed $t\geq 0$and satisfy the Assumption 2.1, the term$F$and$G$satisfies Assumption 2.2 and Assumption 2.3, sequence.

To prove the existence and uniqueness of the periodic solutions instead of equation (3), we consider the following integral equation:

$$u(t)=U(t,0)u(0)+\int_0^t U(t,\tau)[F(u)(\tau)+G(\tau)(u_\tau)]d\tau, \text{ for all } t\geq 0. \tag{4}$$

Note that, if the evolution family $(U(t,s))_{t\geq s\geq 0}$ arises from the well-posed Cauchy problem (2), then the

function $u:[-r,\infty)\to X$, which satisfies (4) is called a mild solution of semilinear problem (3). More detailed treatment on the relations beween classical and mild solutions of DDE are refered the readered to Pazy (Pazy, 1983). Coresponding to equation (4), the linear DDE:

$$\begin{cases}\frac{\partial u}{\partial t}-A(t)u(t)=f(t), \text{for all } t\geq 0;\\ u(0)=\phi\in X;\end{cases} \tag{5}$$

Is consider. Where, the function f belongs to Banach space $\Re$. By the mild solution to (5), a function u satisfying the following integral equation

$$u(t)=U(t,0)u(0)+\int_0^t U(t,\tau)f(\tau)d\tau, \text{for all } t\geq 0; \tag{6}$$

Is called mild solution to (5).

Theorem 2.1. For the Banach space *X*, possesses a separable predual *Y*. Assume that the space *Y* considered as a subspace of $Y^{'}$(through the canonical embedding) is invariant under the operator $U'(w,0)$ which is the dual of $U(w,0)$. The evolution family $(U(t,s))_{t\geq s\geq 0}$ satisfy the Assumption 2.1 and for $x\in X$ such that $U(t,0)x$ is bounded in $\mathbb{R}_+$ then $\lim_{t\to\infty}\| U(t,0)x \|=0$. If f is α -periodic and belong to $\Re$ then there exists $u_0\in X$ such that the mild solution u to equation (5) satisfy $\| u \|_{BC(\mathbb{R}_+,X)}\leq R\| f \|_{\Re}$then exists $v_0\in X$ such that the equation (5) has a unique α -periodic mild solution *v(t)* satisfying:

$$\| v(t) \|\leq M(R+\alpha)e^{\lambda\alpha}\| f \|_{\Re}. \tag{7}$$

Proof. The proof is similar to that of (Huy, 2016, Theorem 2.3).

Theorem 2.2. For the Banach space *X* and assumptions such as Theorem 2.1. Suppose that *F* satisfies Assumption 2.2, *G* satisfies Assumption 2.3. Put $\beta=\| G \|_{\Re}$, then if N,γ,β are small enough, the equation (3) has a unique α -periodic mild solution u^* in a small ball of radius *a* of $BC([-r,\infty],X)$ satisfying:

$$\| u^* \|_{BC([-r,\infty],X)}\leq M(R+\alpha)[(N+\beta)b+\gamma]e^{\lambda\alpha}. \tag{8}$$

Proof. Let closed set $B_b^\alpha\subset BC([-r,\infty],X)$ is defined by:

$$B_b^\alpha:=\{x\in BC([-r,\infty],X): x \text{ is } \alpha\text{ -periodic},\| x \|_{BC([-r,\infty],X)}\leq b\}, \tag{9}$$

Here $\| x \|_{BC([-r,\infty],X)}:=\sup_{t\in[-r,\infty]}\| x(t) \|$, for all $x\in BC([-r,\infty],X)$. For given v belong to $BC([-r,\infty],X)$, the equation:

$$u(t)=U(t,0)u(0)+\int_0^t U(t,\tau)[F(v)(\tau)+G(\tau)(v_\tau)]d\tau\,,\forall t\geq 0; \tag{10}$$

Is consider. A operator $F:BC([-r,\infty],X)\to BC([-r,\infty],X)$ is defined by:

$$F(v)(t):=\begin{cases}u(t) & for \quad t\geq 0;\\ \hat{u}(t) & for\ -r\leq t<0;\end{cases}$$

Where $v\in B_b^\alpha, u\in BC(\mathbb{R}_+,X)$ is the unique α -periodic solution to (10), and $\hat{u}(t), t\in[-r,0)$ is the α -periodic extension of *u* on the interval $[-r,0)$. Fixing any $v\in B_b^\alpha$, since *F* and G satisfy Assumption 2.2. and Assumption 2.3, we have:

$$\begin{aligned}\| F(v) \|_{BC(\mathbb{R}_+,X)}&\leq\| F(v)-F(0) \|_{BC(\mathbb{R}_+,X)}+\| F(0) \|_{BC(\mathbb{R}_+,X)}\\ &\leq N\| v \|_{BC(\mathbb{R}_+,X)}+\gamma=Nb+\gamma;\end{aligned}$$

And:

$$\begin{aligned}\| G(\cdot)(v_\cdot) \|_{\Re}&=\sup_{t\in\mathbb{R}_+}\int_t^{t+1}\| G(\tau)(v_\tau) \|\, d\tau\\ &\leq\sup_{t\in\mathbb{R}_+}\int_t^{t+1}\| G(\tau) \|\| v_\tau \|_K\, d\tau\\ &\leq b\| G \|_K=b\beta.\end{aligned}$$

By Theorem 2.1 for the right-hand side $F(v)(t)+G(t)(v_t)$ instead of $f(t)$ in formula of the mild solution, implies for $v\in B_b^\alpha$ there exists a unique α -periodic solution u to (9) satisfying:

$$\| f(v) \|_{BC([-r,\infty],X)}=\| u \|_{BC(\mathbb{R}_+,X)}\leq M(R+\alpha)[(N+\beta)b+\gamma]e^{\lambda\alpha},\ \forall t\geq 0. \tag{11}$$

And for $-r\leq t<0,\hat{u}(t)$ is the α -periodic extension of u to the interval $[-r,0)$, then the above formulas hold true. Therefore, if N,γ and β are small enough such that:

$$M_1=M(R+\alpha)[(N+\beta)b+\gamma]e^{\lambda\alpha}\leq b; \tag{12}$$

Then the transformation Φacts from B_b^α into itself. Hence, the operator Φ is obtained that the following representation:

$$\Phi(v)(t)=\begin{cases}u(t)=U(t,0)u(0)+\int_0^t U(t,\tau)[F(v)(\tau)+G(\tau)(v_\tau)]d\tau & for \quad t\geq 0\,;\\ \hat{u}(t) & for\ -r\leq t<0;\end{cases} \tag{13}$$

Here $\hat{u}(t)$ is the α -periodic extension to interval $[-r,0)$ of $u(t)$.

Next, for condition (12) the map Φ is a contraction will prove. Indeed, for v, w belong to B_b^α and $u_1=\Phi(v),u_2=\Phi(w)$ by the representation (13), then $u=u_1-u_2=\Phi(v)-\Phi(w)$ is the unique α -periodic

mild solution to the equation:

$$\begin{cases} u(t) = U(t,0)u(0) + \int_0^t U(t,\tau)[F(v)(\tau) + G(\tau)(v_\tau) - F(w)(\tau) - G(\tau)(w_\tau)]d\tau \quad for \quad t \geq 0; \\ u(t) = \hat{u}(t) = \hat{u}_1(t) - \hat{u}_2(t) \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad for \ -r \leq t < 0; \end{cases}$$

Where $\hat{u}_1(t), \hat{u}_2(t)$ are the α -periodic extension to interval $[-r, 0)$ of $u_1(t), u_2(t)$.

Since, $u(t), (t \geq 0)$ is α -periodic and for $-r \leq t < 0$, the function $\hat{u}(t)$ is a α -periodic extension of u to interval $[-r, 0)$, then:

$$\| \Phi(v) - \Phi(w) \|_{BC([-r,\infty],X)} = \sup_{t\in[-r,\infty)} \| u(t) \| = \sup_{t\in[0,\infty)} \| u(t) \|.$$

Therefore, applying Theorem 2.1 and from Assumption 2.2, Assumption 2.3, we have:

$$\| F(v) - F(w) \|_{BC([-r,\infty],X)} \leq N \| v - w \|_{BC([-r,\infty],X)};$$

$$\begin{aligned} \| G(\cdot)(v_\cdot) - G(\cdot)(w_\cdot) \|_K &= \sup_{t\in\mathbb{R}_+} \int_t^{t+1} \| G(\tau)(v_\tau) - G(\tau)(w_\tau) \| \, d\tau \\ &\leq \sup_{t\in\mathbb{R}_+} \int_t^{t+1} \| G(\tau) \| \| v_\tau - w_\tau \|_K \, d\tau \\ &\leq \| G \|_K \| v - w \|_{BC([-r,\infty],X)} \\ &= \beta \| v - w \|_{BC([-r,\infty],X)}. \end{aligned}$$

Hence,

$$\| \Phi(v) - \Phi(w) \|_{BC([-r,\infty],X)} \leq M(R+\alpha)(N+\beta)e^{\lambda\alpha} \| v - w \|_{BC([-r,\infty],X)}.$$

Put $M_2 = M(R+\alpha)(N+\beta)e^{\lambda\alpha}$, we have if $M_1 \leq b$ then $M_2 < 1$. Thus, if N and γ, β are small enough such that $M_1 \leq b$ then $\Phi: B_b^\alpha \to B_b^\alpha$ is a contraction. Therefore, according to the contraction mapping principles there exists a unique fixed point u^* in B_b^α of Φ. By definition of Φ, this function u^* is the unique α -periodic mild solution to equation (3) and satisfy (8).

4. Conclusion

Massera's method, roughly says that if a differential equation has a bounded solution, then it has a periodic one. Our study established necessary conditions for the class of delayed functional differential equation (3) to have α -periodic mild solution, bounded and unique by combining the Massera method with the fixed-point argument in Banach spaces. However, the stability and existence of manifolds around such a periodic solution have yet to be established. This is one of the areas where more research could be conducted. These issues, on the other hand, can be expanded to semi-linear equations with infinite delay.

References

R. Benkhalti, H. Bouzahir, K. Ezzinbi, 2001. Existence of a periodic solution for some partial functional differential equations with infinite delay. *J. Math. Anal. Appl.* 256, 257-280.

V.T.N. Ha, N.T. Huy, N.T. Loan, 2021. Periodic Solutions to Partial Neutral Functional Differential Equations in Admissible Spaces on a Half-Line. *Vietnam J. Math.* 49, 1043–1064.

J.K. Hale, O. Lopes, 1966. Fixed point theorems and dissipative processes, *J. Diff. Equ.* 13, 391-402.

N.T. Huy, N.Q. Dang, 2016. Existence, uniqueness and conditional stability of periodic solutions to evolution equations. J. *Math. Anal. Appl.* 433, 1190–1203.

N.T. Huy, N.Q. Dang, 2016. Periodic solutions to evolution equations: existence, conditional stability and admissibility of function spaces. *Ann. Pol. Math.* 116, 173–195.

J.L. Massera, 1950. The existence of periodic solutions of systems of differential equations. *Duke Math. J.* 17, 457- 475.

J.L. Massera, Sch¨affer J.J., 1966. *Linear Differential Equations and Function Spaces*, Academic Press, NewYork.

A. Pazy, 1983. *Semigroup of Linear Operators and Application to Partial Differential Equations*. Springer, Berlin.

TÓM TẮT

Định lý dạng Massera cho một lớp phương trình vi phân có trễ

Nguyễn Thị Loan

Khoa Khoa học cơ bản, Đại học PHENIKAA, Hà Nội 12116, Việt Nam,

Trong nghiên cứu này, bằng việc sử dụng định lý dạng Massera, chúng tôi đã chứng minh sự tồn tại và duy nhất nghiệm tuần hoàn cho một lớp phương trình vi phân có trễ có dạng:

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} - A(t)u(t) = F(u)(t) + G(t)(u_t), \ t \in \mathbb{R}_+ \\ u(0) = \phi \in X, \end{cases} \quad (1)$$

Ở đây, ánh xạ $t \to A(t)$ có thể không bị chặn trên không gian Banach X và tuần hoàn chu kì α,với họ toán tử$(A(t))_{t\geq 0}$ sinh ra họ tiến hóa$(U(t,s))_{t\geq s\geq 0}$; toán tử $F: BC(\mathbb{R}_+, X) \to BC(\mathbb{R}_+, X)$ liên tục Lipshitz và là ánh xạ biến hàm tuần hoàn chu kì αthành hàm tuần hoàn chu kì α; $G(t) \in L(P, X)$ và tuần hoàn chu kì α; u_t là hàm lịch sử được định nghĩa bởi $u_t(s) := u(t+s)$ với $s \in [-r, 0]$. Kết quả nghiên cứu có được nhờ sử dụng kết hợp phương pháp Massera và các đánh giá trong không gian Bannach, cùng nguyên lý điểm bất động.

Từ khóa: Định lý dạng Massera; nghiệm tuần hoàn; phương trình vi phân có trễ.

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Hàm sinh mô-men:
Một công cụ đắc lực trong phân tích xác suất và thống kê

Lê Bích Phượng*, Hà Hữu Cao Trình
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Trong bài báo này, chúng tôi giới thiệu một công cụ hữu ích để chứng minh các định lý liên quan đến biến ngẫu nhiên, gọi là hàm sinh mô-men. Công cụ này giúp chuyển các bài toán về xác suất và kỳ vọng thành các bài toán giải tích liên quan đến giá trị và đạo hàm của hàm số. Chúng tôi sẽ giải thích cách hàm sinh mô-men xác định các mô-men và cách sử dụng các mô-men để tái lập hàm sinh mô-men.

Từ khóa: hàm mô-men sinh; xác suất thống kê; mô men; phân phối xác suất.

1. Đặt vấn đề

Hàm sinh của biến ngẫu nhiên là một công cụ toán học được sử dụng để mô tả và phân tích các tính chất của phân phối xác suất của biến đó. Nói một cách đơn giản, hàm sinh là giá trị kỳ vọng của một phép biến đổi cụ thể áp dụng lên biến ngẫu nhiên. Có nhiều loại hàm sinh khác nhau, như hàm sinh mô-men (Mô-men Generating Function - MGF), hàm sinh xác suất (Probability Generating Function - PGF), và hàm sinh đặc trưng (Characteristic Function), hàm sinh tích lũy (Cumulant Generating Function). Mỗi loại hàm sinh có một công thức cụ thể và được sử dụng cho các mục đích khác nhau trong lý thuyết xác suất và thống kê (Ross, 2012; Feller, 1971).

Hàm sinh mô-men của một biến ngẫu nhiên X được định nghĩa là: $M_X(t) = E(e^{tX})$.

Trong đó, $E(e^{tX})$ là giá trị kỳ vọng của e^{tX}. Hàm này có thể được sử dụng để tìm các mô-men (như trung bình và phương sai) của biến ngẫu nhiên, và cũng có thể giúp xác định phân phối xác suất của biến đó trong những điều kiện nhất định. Thường thì một biến ngẫu nhiên được chứng minh là có một phân phối nhất định bằng cách chỉ ra rằng hàm sinh của nó có một dạng cụ thể đã biết. Có một quá trình khôi phục phân phối từ một hàm sinh, và quá trình này được gọi là phép đảo ngược. Tính chất quan trọng là các mô-men của biến ngẫu nhiên có thể được xác định từ các đạo hàm của hàm sinh. Tính chất này vô cùng hữu ích vì việc thu được các mô-men từ hàm sinh thường dễ dàng hơn so với việc tính trực tiếp các mô-men từ định nghĩa của chúng.

Một thuộc tính quan trọng khác là hàm sinh của tổng các biến ngẫu nhiên độc lập là tích của các hàm sinh tương ứng. Thuộc tính này rất hữu ích vì hàm mật độ xác suất của tổng các biến độc lập là tích chập của các hàm mật độ riêng lẻ, và phép toán này phức tạp hơn nhiều. Thuộc tính quan trọng cuối cùng được gọi là định lý liên tục, khẳng định rằng sự hội tụ của dãy các hàm sinh tương ứng với sự hội tụ của các phân phối tương ứng. Thường thì việc chứng minh sự hội tụ của các hàm sinh dễ dàng hơn so với chứng minh sự hội tụ của các phân phối trực tiếp.

Tại sao cần phải nghiên cứu phân phối xác suất? Các quan sát mẫu thường được biểu diễn dưới dạng các sự kiện số học tương ứng với các giá trị của các biến ngẫu nhiên. Một số loại biến ngẫu nhiên thường xuất hiện trong thực tế, do đó việc biết xác suất cho mỗi giá trị của một biến ngẫu nhiên là rất hữu ích. Biết xác suất của một mẫu quan sát được là rất cần thiết để đưa ra các suy luận về một tổng thể.

2. Cơ sở lí thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Phân phối rời rạc và liên tục

Một biến ngẫu nhiên là một hàm số X có thể nhận giá trị một cách ngẫu nhiên và phụ thuộc vào một sự kiện ngẫu nhiên nào đó. Không gian hoặc miền giá trị của X là tập hợp S các giá trị có thể có của X. Một biến ngẫu nhiên X được gọi là rời rạc nếu tập hợp này có một số lượng hữu hạn hoặc vô hạn đếm được các giá trị khác biệt (tức là có thể liệt kê thành một dãy). Biến ngẫu nhiên X được gọi là có phân phối liên tục nếu nó có thể nhận bất kì mọi giá trị trong một khoảng thực nào đó.

Thông thường thì có các hàm số gán xác suất cho tất cả các sự kiện trong một không gian mẫu. Những

* *Tác giả liên hệ*
Email: lebichphuong@humg.edu.vn

hàm số này được gọi là hàm khối xác suất (*probability mass functions*) nếu biến ngẫu nhiên có phân phối rời rạc, hoặc hàm mật độ xác suất *(probability density functions)* nếu biến ngẫu nhiên có phân phối liên tục. Tất cả các giá trị có thể có của một biến ngẫu nhiên và các giá trị xác suất tương ứng của chúng tạo thành phân phối xác suất của biến ngẫu nhiên đó (Feller, 1971; Gupta và Kumar, 2023).

Phân phối của một biến ngẫu nhiên X có thể được mô tả bằng hàm phân phối tích lũy: $F_X(x) = P(X < x)$. Cũng có những cách khác để đặc trưng hóa các phân phối xác suất. Do đó, các phân phối xác suất cũng có thể được xác định bằng nhiều phép biến đổi khác nhau, tức là bằng các hàm số nào đó mà mã hóa các thuộc tính của phân phối thành một dạng thuận tiện hơn cho các loại tính toán xác suất nhất định. Đối với một biến ngẫu nhiên rời rạc X, với hàm khối xác suất $p(x) = P(X = x)$, ta có $0 \le p(x) \le 1 \; \forall x$ và $\sum_x p(x) = 1$. Hàm khối xác suất hoặc hàm mật độ xác suất của một biến ngẫu nhiên X chứa tất cả thông tin mà ta cần về biến này.

2.2. Dãy các mô-men của một biến ngẫu nhiên

Ta biết rằng trung bình $\mu = EX$ và phương sai $\sigma^2 = E((X-EX)^2)=E(X^2)-(EX)^2$ của một biến ngẫu nhiên đóng vai trò quan trọng trong các định lí cơ bản của xác suất, cũng như trong nhiều loại tính toán thực tế khác nhau. Những thuộc tính quan trọng này của một biến ngẫu nhiên chứa đựng những thông tin về hàm phân phối của biến đó. Tuy nhiên, trung bình và phương sai không chứa đựng tất cả thông tin có sẵn về hàm mật độ của một biến ngẫu nhiên (Chen và Zhang, 2024).

Ngoài hai đại lượng μ và σ, định vị trung tâm và mô tả độ phân tán của các giá trị của một biến ngẫu nhiên, chúng ta còn định nghĩa một tập hợp các đại lượng khác, gọi là các mô-men, những đại lượng này xác định duy nhất phân phối xác suất của một biến ngẫu nhiên.

Đối với một biến ngẫu nhiên rời rạc hoặc liên tục X, mô-men bậc k của X là một số được định nghĩa là $\mu_k = E(X^k)$ với k=1, 2, 3,... với điều kiện các giá trị là tính được.

Ta có một dãy các mô-men gắn liền với một biến ngẫu nhiên X. Trong nhiều trường hợp, dãy này xác định phân phối xác suất của X. Tuy nhiên, các mô-men của X có thể không tồn tại. Dựa trên các mô-men này, trung bình và phương sai của X được tính đơn giản bằng $\mu_1 = EX$ và $\sigma^2 = E((X-EX)^2)=E(X^2)-(EX)^2 = \mu_2 - (\mu_1)^2$. Khi bậc k tăng lên, thì các mô-men bậc cao hơn có ý nghĩa và trở nên phức tạp hơn Gupta và Kumar, 2023).

Các mô-men cung cấp nhiều thông tin hữu ích về phân phối của X. Kiến thức về hai mô-men đầu tiên của X cho chúng ta biết trung bình và phương sai của nó, nhưng kiến thức về tất cả các mô-men của X xác định hoàn toàn hàm xác suất của nó. Các phân phối khác nhau không thể có các mô-men giống hệt nhau. Đây chính là điểm then chốt, là lý do tại sao các mô-men lại quan trọng.

2.3. Hàm sinh

Nói một cách đơn giản, hàm sinh chuyển đổi các bài toán về chuỗi số thành các bài toán về hàm số. Bằng cách này, chúng ta có thể sử dụng hàm sinh để giải quyết các bài toán đếm số lượng khác nhau.

Giả sử rằng $a_0, a_1, a_2 ...$ là một dãy số thực hữu hạn hoặc vô hạn. Hàm sinh thông thường của dãy này là chuỗi lũy thừa:

$$G(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + ... = \sum_{k=0}^{\infty} a_k z^k \; . \tag{1}$$

Để khôi phục lại dãy ban đầu từ một hàm sinh thông thường đã cho, công thức sau được sử dụng:

$$a_k = \frac{1}{k!}\left[\frac{d^k G(z)}{dz^k}\right]_{z=0}, k = 0,1,2... \tag{2}$$

Giả sử rằng $a_0, a_1, a_2 ...$ là một dãy số thực hữu hạn hoặc vô hạn. Hàm sinh lũy thừa của dãy này là chuỗi lũy thừa:

$$G(z) = a_0 + \frac{a_1 z}{1!} + \frac{a_2 z^2}{2!} + ... = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{a_k z^k}{k!} \; . \tag{3}$$

Để khôi phục lại chuỗi số thực ban đầu từ hàm sinh lũy thừa đã cho, công thức sau được sử dụng:

$$a_k = \left.\frac{d^k G(z)}{dz^k}\right|_{z=0}, k = 0,1,2... \tag{4}$$

Đối với một biến ngẫu nhiên X chỉ nhận các giá trị nguyên không âm k, với xác suất $p_k = P(X = k)$,

hàm sinh xác suất được định nghĩa là:

$$G(z) = E(z^X) = \sum_{k=0}^{\infty} p_k z^k, 0 \le z \le 1. \quad (5)$$

Bởi công thức:

$$E(X^k) = \left[\frac{d^k G(z)}{dz^k} \right]_{z=1}, k = 0,1,2,... \quad (6)$$

Ta khôi phục các mô-men của X. Một hàm sinh xác suất chính xác sẽ xác định duy nhất một phân phối, và một hàm sinh xác suất xấp xỉ sẽ xác định xấp xỉ một phân phối xác suất.

2.4. Hàm sinh mô-men

Vẻ đẹp của các hàm sinh mô-men là chúng mang lại nhiều kết quả một cách dễ dàng. Các chứng minh sử dụng hàm sinh mô-men thường dễ dàng hơn nhiều so với việc chứng minh cùng một kết quả bằng cách sử dụng các hàm mật độ xác suất (hoặc các phương pháp khác).

Hàm sinh mô-men (MGF) được định nghĩa bởi công thức sau:

$$M_X(t) = E(e^{tX}), \quad (7)$$

Trong đó kì vọng này tồn tại với t thuộc lân cận của 0.

Trong trường hợp X là biến rời rạc thì: $M_X(t) = \sum e^{tx} p(x)$.

Trong trường hợp X là biến liên tục thì: $M_X(t) = \int e^{tx} f(x)\,dx$.

Ở đây, điều quan trọng là kì vọng phải hữu hạn đối với tất cả các giá trị t trong một khoảng nào đó của t_0 (với t_0> nào đó). Nếu kỳ vọng không tồn tại trong một lân cận của 0, ta nói rằng hàm sinh mô-men không tồn tại. Vì hàm mũ luôn dương, $E(e^{tX})$ luôn tồn tại, hoặc là một số thực hoặc là dương vô cùng.

Các hàm sinh mô-men có thể không được xác định đối với tất cả các giá trị của t, và một số phân phối nổi tiếng không có hàm sinh mô-men (ví dụ như phân phối Cauchy).

Hàm sinh mô-men là một hàm của t, không phải của X. Hàm sinh mô-men của một biến ngẫu nhiên gói gọn tất cả các mô-men của biến ngẫu nhiên đó vào một biểu thức đơn giản. Về mặt hình thức, hàm sinh mô-men được tạo ra bằng cách thay e^t vào hàm sinh xác suất.

Có thể thay thế hàm sinh mô-men để định nghĩa cho mọi phân phối, đó là phiên bản số phức của hàm sinh mô-men, gọi là hàm đặc trưng.

3. Kết quả và thảo luận

Giả sử rằng hàm sinh mô-men tồn tại trong một lân cận của gốc tọa độ. Ta có một số kết quả sau:

a. Nếu $g_X(t)$ là hàm sinh mô-men của một biến ngẫu nhiên X, thì: $g_X(0) = 1$.

Thật vậy ta có, $g_X(0) = 1 = E(e^{0.X}) = E(1) = 1$.

b. Các mô-men của biến ngẫu nhiên X có thể được tìm bằng cách khai triển chuỗi lũy thừa. Hàm sinh mô-men của một biến ngẫu nhiên X là hàm sinh lũy thừa của chuỗi mô-men của nó:

$$g_X(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\mu_k t^k}{k!}. \quad (8)$$

Hàm mũ có khai triển lũy thừa: $e^t = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{t^k}{k!}$, nên nên bằng cách khai triển chuỗi của hàm e^{tX}, ta có:

$$e^{tX} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(tX)^k}{k!}. \quad (9)$$

Lấy kì vọng hai vế ta có:

$$E\left(e^{tX}\right) = E\left(\sum_{k=0}^{\infty} \frac{(tX)^k}{k!}\right) = \sum_{k=0}^{\infty} E\left(\frac{X^k t^k}{k!}\right) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{t^k}{k!} E\left(X^k\right). \quad (10)$$

c. Tính toán các mô-men

Ta gọi hàm $g_X(t)$ là hàm sinh mô-men của biến ngẫu nhiên X do tất cả các mô-men của X có thể thu được bằng cách lấy đạo hàm rồi thay t=0.

Đạo hàm bậc k của $g_X(t)$ tại điểm t=0 là mô-men bậc k (μ_k) của X, cụ thể là:

$$\mu_k = g^{(k)}(0) \quad (11)$$

Trong đó:

$$g^{(k)}(t) = \left.\frac{d^k g(t)}{dt^k}\right|_{t=0}. \quad (12)$$

Bằng cách này, các mô-men của X cũng có thể được tìm thấy thông qua việc lấy đạo hàm.

$$\frac{d^k}{dt^k} g_X(t) = \frac{d^k}{dt^k} E(e^{tX}) = E(\frac{d^k}{dt^k} e^{tX}) = E(X^k e^{tX}) \quad (13)$$

Do vậy ta có:

$$\left.\frac{d^k}{dt^k} g_X(t)\right|_{t=0} = \mu_k . \quad (14)$$

Nói cách khác, hàm sinh mô-men sinh ra tất cả các mô-men của X thông qua việc lấy đạo hàm. Ta có thể tìm các mô-men của X bằng cách tính hàm sinh mô-men và sau đó lấy đạo hàm. Đôi khi, việc lấy các mô-men theo cách này dễ dàng hơn so với cách tính trực tiếp. Tất cả các mô-men của một phân phối hầu như xác định phân phối đó. Ngoài việc tạo ra các mô-men của X, hàm sinh mô-men còn hữu ích trong việc xác định phân phối của X.

d. Nếu $g_X(t)$ tồn tại trong một lân cận của t=0, thì việc biết hàm sinh mô-men của một biến ngẫu nhiên tương đương với việc biết hàm mật độ xác suất của nó. Điều này có nghĩa là ***hàm sinh mô-men xác định duy nhất hàm mật độ xác suất.*** Trong trường hợp tổng quát, chuỗi $g_X(t)$ sẽ không hội tụ với mọi t. Nhưng trong trường hợp đặc biệt quan trọng khi X bị chặn (tức là khi miền giá trị của X nằm trong một khoảng hữu hạn), ta có thể chứng minh rằng chuỗi này hội tụ với mọi giá trị của t. Hàm phân phối được xác định hoàn toàn bởi các mô-men của nó.

Định lý 1: Giả sử X à một biến ngẫu nhiên liên tục với phạm vi nằm trong khoảng thực $[-M, M]$. Khi đó, chuỗi mô-men $g_X(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\mu_k t^k}{k!}$ hội tụ với mọi giá trị của t thành một hàm khả vi vô hạn $g_X(t)$ và $g_X^{(k)}(0) = \mu_k$.

Chứng minh. Ta biết rằng $\mu_k = \int_{-M}^{M} x^k f_X(x)dx$. Do vậy, với mọi n ta có $\sum_{k=0}^{n} \left|\frac{\mu_k t^k}{k!}\right| \le \sum_{k=0}^{n} \frac{(M|t|)^k}{k!} \le e^{M|t|}$.

Bất đẳng thức này cho thấy chuỗi mô-men hội tụ với mọi giá trị của t và tổng của nó là một hàm khả vi vô hạn, vì nó là một chuỗi lũy thừa. Bằng cách này, chúng ta đã chứng minh rằng chuỗi mô-men μ_k xác định hàm $g_X(t)$. Ngược lại, $\mu_k = g_X^{(k)}(0)$, ta thấy rằng $g_X(t)$ xác định các mô-men μ_k.

Nếu X là một biến ngẫu nhiên bị chặn, thì chúng ta có thể chứng minh rằng hàm sinh mô-men $g_X(t)$ của X xác định duy nhất hàm mật độ xác suất $f_X(t)$ của X. Điều này quan trọng vì đôi khi việc thao tác với các hàm sinh mô-men dễ dàng hơn so với việc thao tác với các hàm mật độ xác suất.

e. Tính duy nhất: Hai biến ngẫu nhiên có cùng hàm sinh mô-men thì sẽ có cùng phân phối.

Định lí 2: Giả sử X và Y là hai biến ngẫu nhiên với các hàm sinh mô-men tương ứng là $g_X(t)$ và $g_Y(t)$ và các hàm phân phối xác suất lần lượt là $F_X(x)$ và $F_Y(y)$. Nếu $g_X(t) = g_Y(t)$, thì

Điều này đảm bảo rằng phân phối của một biến ngẫu nhiên có thể được xác định bởi hàm sinh mô-men của nó. Hệ quả của định lý trên là nếu tất cả các mô-men của một biến ngẫu nhiên X tồn tại, chúng sẽ hoàn toàn xác định hàm sinh mô-men (vì các mô-men là các đạo hàm của hàm sinh mô-men trong khai triển Taylor của nó) và các mô-men này cũng hoàn toàn xác định phân phối, cũng như hàm phân phối tích lũy, hàm mật độ xác suất và hàm khối xác suất.

Khi hàm sinh mô-men tồn tại, sẽ có một phân phối duy nhất tương ứng với hàm sinh mô-men đó. Do đó, có một đơn ánh giữa các hàm sinh mô-men và các phân phối xác suất. Điều này cho phép ta sử dụng các hàm sinh mô-men để tìm các phân phối của các biến ngẫu nhiên biến đổi trong một số trường hợp. Kỹ thuật này thường được sử dụng cho các tổ hợp tuyến tính của các biến ngẫu nhiên độc lập.

f. Khi hàm sinh mô-men tồn tại, nó xác định một tập hợp vô hạn các mô-men

Câu hỏi hiển nhiên đặt ra là liệu hai phân phối khác nhau có thể có cùng một tập hợp mô-men vô hạn hay không. Câu trả lời là, khi hàm sinh mô-men tồn tại trong một lân cận quanh 0, dãy mô-men vô hạn sẽ xác định duy nhất phân phối. Điều này cho phép chúng ta xác định phân phối giới hạn của một dãy các biến ngẫu nhiên bằng cách xem xét các hàm sinh mô-men liên quan.

Phân tích và thảo luận

Các hướng nghiên cứu tiếp theo: Nghiên cứu mở rộng: Đề xuất các lĩnh vực khác mà MGF có thể được áp dụng, chẳng hạn như trong các mô hình dự đoán nâng cao hoặc phân tích dữ liệu lớn. Khám phá các công cụ bổ sung: Khuyến khích nghiên cứu thêm các công cụ bổ sung hoặc các phương pháp khác có thể kết hợp với MGF để cải thiện khả năng phân tích và ứng dụng.

4. Kết luận

Hàm sinh mô-men là một công cụ quan trọng và hữu ích trong phân tích xác suất và thống kê. Nó giúp giải quyết các bài toán thực tế bằng cách cung cấp thông tin chi tiết về các mô-men của phân phối, cho phép tính toán các thuộc tính quan trọng và tái lập phân phối từ các mô-men.

Tài liệu tham khảo

Ross, S. M., 2012. *A First Course in Probability (9th Edition).* Pearson.

Feller, W., 1971. *An Introduction to Probability Theory and Its Applications (Vol. 2*). Pearson.

Gupta, A., & Kumar, S., 2023. Moment Generating Functions and Their Applications in Modern Statistical Theory. *Journal of Applied Probability and Statistics*, 18(2), 134-150.

Chen, L., & Zhang, Y., 2024. Exploring the Role of Moment Generating Functions in Stochastic Processes. *Probability and Mathematical Statistics*, 22(1), 45-63.

ABSTRACT

Moment generating functions: A powerful tool in probability and statistical analysis

Le Bich Phuong, Ha Huu Cao Trinh
Hanoi University of Mining and Geology

In this paper, we introduce a useful tool for proving theorems related to random variables, called the moment-generating function. This tool helps to transform problems involving probability and expectation into analytical problems related to the value and derivatives of the function. We will explain how the moment-generating function determines moments and how to use moments to reconstruct the moment-generating function. The paper also presents how to use the moment-generating function to find the distribution of functions related to random variables.

Keywords: moment-generating function, statistical probability, moments, probability distribution.

TIỂU BAN
NGÔN NGỮ HỌC

MỤC LỤC

Dịch câu có chứa danh từ hóa (nominalization) trong tài liệu địa chất bằng phương thức dịch biến đổi từ loại (transposition)
Nguyễn Thị Cúc 1637

Nghiên cứu tổng quan về việc sử dụng từ đồng nghĩa (synonyms) trong dạy và học từ vựng tiếng Anh
Nguyễn Thị Cúc 1641

Nghiên cứu việc áp dụng chiến lược nghe hiểu tiếng Anh của sinh viên Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Lê Thị Thúy Hà 1645

Thực trạng học kỹ năng nói tiếng Anh của sinh viên tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Lê Thị Thúy Hà 1651

ESP Teachers' perspectives on the TPACK framework
Duong Thuy Huong 1657

The Distinction of ESP and EMI
Duong Thuy Huong 1663

Giảng dạy tiếng Anh chuyên ngành tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất nhìn từ góc độ của giảng viên
Vũ Thái Linh 1669

Sử dụng sơ đồ tư duy (mind-map) trong lớp học ngoại ngữ nhằm phát triển kĩ năng nói cho sinh viên Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Đặng Thanh Mai 1675

Using extensive reading to improve vocabulary for students at Hanoi University of Mining and Geology
Dang Thanh Mai 1681

The application of concept-based teaching towards improving HUMG students' speaking skills
Nguyen Dao Ly Nhan Phuc 1686

Challenges and solutions in self-learning English listening skills for engineering students at Hanoi University of Mining and Geology
Vu Thanh Tam 1692

Implementing integrated teaching methods in English language education at Hanoi University of Mining and Geology
Vu Thanh Tam 1697

An investigation into modern British and Vietnamese etiquette
Nguyen Thi Thao 1703

Translation of animal idioms in English into Vietnamese
Nguyen Thi Thao 1709

A study on using language learning strategies at Hanoi University of Mining and Geology
Truong Thi Thanh Thuy 1715

Learner autonomy in learning English: A case study at Hanoi University of Mining and Geology
Truong Thi Thanh Thuy 1719

Improving speaking skills through presentation activities among the students of Advanced program at Hanoi University of Mining and Geology: a case study
Nguyen Hong Van.....1725

Is bilingualism an asset or burden among children?
Nguyen Hong Van.....1729

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Dịch câu có chứa danh từ hóa (*nominalization*) trong tài liệu địa chất bằng phương thức dịch biến đổi từ loại (*transposition*)

Nguyễn Thị Cúc*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Trong các văn bản chuyên ngành tiếng Anh, danh từ hóa (*nominalization*) là một đặc điểm ngữ pháp nổi bật, gây không ít khó khăn cho dịch giả khi dịch những văn bản này sang tiếng Việt. Dựa trên khung lý thuyết dịch thuật do Vinay và Darbelnet đề xuất, tác giả tiến hành khảo sát, phân tích các văn bản địa chất bằng tiếng Anh và văn bản tương đương tiếng Việt nhằm tìm ra phương thức dịch phù hợp để dịch các câu có chứa danh từ hóa. Kết quả nghiên cứu cho thấy người dịch thường áp dụng phương thức dịch biến đổi từ loại (*transposition*) để chuyển cụm danh từ tiếng Anh sang cụm danh từ (chiếm 84%), đặc biệt khi cụm danh từ xuất hiện trong các định nghĩa, các cụm tách rời, và trong câu có chủ ngữ giả *There*. Ngoài ra, cũng với phương thức dịch biến đổi từ loại, danh từ hóa cũng được dịch bằng cụm động từ tương ứng trong tiếng Việt. Tuy được sử dụng ít hơn (chỉ với 16%), nhưng cách dịch này lại phù hợp với lối diễn đạt trong tiếng Việt là ưu tiên sử dụng cụm động từ hơn cụm danh từ.

Từ khóa: danh từ hóa; tài liệu địa chất thủy văn; phương thức dịch biến đổi từ loại

1. Đặt vấn đề

Danh từ hóa (nominalization) là một trong những đặc điểm ngữ pháp nổi bật của các văn bản chuyên ngành tiếng Anh, thường gây không ít khó khăn cho dịch giả khi dịch những văn bản này sang tiếng Việt. Trong nghiên cứu này, tác giả khảo sát các phương pháp và phương thức dịch do Vinay và Darbelnet đề xuất, và các văn bản địa chất tiếng Anh cũng như văn bản tương đương bằng tiếng Việt nhằm tìm ra phương thức phù hợp để dịch danh từ hóa từ tiếng Anh sang tiếng Việt.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở lý thuyết

Quan điểm về dịch thuật có nhiều góc nhìn khác nhau, dẫn đến có nhiều định nghĩa về dịch thuật nhưng điểm chung vẫn là tìm ra sự tương đương (*equivalence*) gần nhất về nghĩa bằng cách lựa chọn cấu trúc từ vựng, ngữ pháp, tình huống giao tiếp và ngữ cảnh văn hóa phù hợp. Các nhà lý luận dịch đã đề xuất nhiều phương pháp/phương thức dịch thuật khác nhau, dựa trên cơ sở hai đường hướng dịch thuật chính là dịch ngữ nghĩa (*sematic translation*) và dịch thông báo (*commnicative translation*).

Trước hết, ta cần phân biệt hai khái niệm phương pháp dịch thuật (*translation methods*) và phương thức dịch thuật (*translation procedures*). Peter Newmark (1988, tr. 81-93) cho rằng "phương pháp dịch liên quan đến toàn bộ văn bản, trong khi phương thức dịch được sử dụng cho câu và các đơn vị ngôn ngữ nhỏ hơn". Khi dịch các văn bản, các nhà dịch thuật sử dụng nhiều phương thức dịch khác nhau. Những phương thức dịch này là các kỹ thuật được các nhà dịch thuật áp dụng để đạt được sự tương đương khi chuyển đổi ý nghĩa từ ngôn ngữ gốc (NNG) sang ngôn ngữ dịch (NND).

Hai nhà lý luận dịch thuật Vinay và Darbelnet (1989, tr.61-69) đã giới thiệu hai phương pháp dịch là dịch trực tiếp (*direct translation procedures*) gồm ba phương thức dịch vay mượn (*borrowing*), dịch sao phỏng (*calque*), dịch nguyên văn (*literal translation*) và dịch gián tiếp (*oblique translation procedures*) với bốn phương thức dịch biến đổi từ loại (*transposition*), dịch biến đổi cấu trúc (*modulation*), dịch tương đương (*equivalence*) và dịch thoát (*adaptation*).

Dịch biến đổi từ loại (*transposition*) là hình thức dịch không làm thay đổi ý nghĩa của từ, nhưng thay đổi từ loại, từ vựng của NNG sang từ loại, từ vựng khác của NND (Vinay và Darbelnet, 1989). Có hai dạng biến đổi từ loại là biến đổi từ loại bắt buộc, ví dụ: *You are surprised as though the ghost appeared*. / *Anh bất ngờ cứ như có ma xuất hiện ý* và biến đổi từ loại tự do, ví dụ: *There are many girls in the classroom*. / *Trong lớp học có nhiều nữ.* Dịch biến đổi từ loại bắt buộc được áp dụng khi chỉ tồn tại một ngữ pháp duy

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthicuc.nn@humg.edu.vn

nhất còn với dịch biến đổi từ loại tự do, người dịch có thể biến đổi từ loại tự do để lời nói được tự nhiên (Vinay và Darbelnet, 1989, tr. 61-69).

Danh từ hóa (hay cụm danh từ) là một trong những đặc điểm ngữ pháp nổi bật của các văn bản kỹ thuật (Newmark, 1988). Danh từ hóa (*nominalization*) thường được dùng để đảm bảo tính khách quan (*objectivity*) và tránh tính chủ quan (*subjectivity*) cho các văn bản kỹ thuật; từ đó, tạo nên tính hình thức (*formality*), tính rõ ràng (*clarity*) và sự chính xác (*precision*) cho văn bản chuyên ngành. Ngoài ra, Halliday (2004) coi danh từ hóa là tài nguyên ngữ pháp mạnh nhất để tạo ra ẩn dụ ngữ pháp.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, 70 câu tiếng Anh có chứa danh từ hóa được trích dẫn từ giáo trình tiếng Anh chuyên ngành địa chất thủy văn có tên là *Applied Hydrogeology* của tác giả C.W. Fetter, trường Đại học Tổng hợp Wisconsin - Oshkosh, Hoa Kỳ; do nhà xuất bản Waveland Press, Inc. tái bản lần thứ 5 vào năm 2018. Văn bản tương đương trong tiếng Việt được trích từ bản dịch *Địa chất thủy văn ứng dụng* (tập 1 và tập 2) của các dịch giả Nguyễn Uyên, Phạm Thanh Hiền và Phạm Hữu Sỹ, được tái bản năm 2006 bởi NXB Xây dựng. Nhóm dịch giả Nguyễn Uyên, Phạm Thanh Hiền và Phạm Hữu Sỹ nguyên là cán bộ giảng dạy của trường Đại học Thủy lợi.

Tác giả kết hợp các phương pháp nghiên cứu định tính và định lượng để thu thập, so sánh tài liệu hay văn bản chuyên ngành địa chất tiếng Anh và các bản dịch tương đương trong tiếng Việt; từ đó, phân tích, tổng hợp để tìm ra phương thức hay thủ thuật dịch được áp dụng để dịch câu có chứa danh từ hóa trong tài liệu được nghiên cứu.

3. Kết quả và thảo luận

Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng trong các tài liệu tiếng Anh địa chất được khảo sát, thay vì dùng động từ hoặc cụm động từ, người viết thường sử dụng danh từ hóa *(nominalization)* (danh từ hay cụm danh từ) để đảm bảo tính khách quan và tránh tính chủ quan vì như thế tác giả sẽ không cần đề cập đến tác nhân hay người thực hiện hành động trong câu. Chính những danh từ và cụm danh từ này đã tạo nên tính hình thức (*formality*), tính rõ ràng (*clarity*), cũng như sự chính xác (*precision*) cho văn bản chuyên ngành địa chất.

Khảo sát cho thấy người dịch thường áp dụng phương thức dịch biến đổi từ loại (*transposition*) để chuyển cụm danh từ tiếng Anh sang cụm danh từ (84%) hoặc cụm động từ (16%) tương đương trong tiếng Việt khi dịch danh từ hóa (*nominalization*) trong tài liệu tiếng Anh chuyên ngành địa chất.

Với phương thức dịch biến đổi từ loại (*transposition*), phần lớn cụm danh từ (*nominalization*) trong văn bản tiếng Anh (84%) được dịch bằng một cụm danh từ tương đương trong tiếng Việt.

> *The peds have a specific **orientation** that forms the soil structure.*
>
> *Các hợp thể có **sự định hướng** riêng hình thành nên cấu trúc đất.*

Cụ thể, dịch danh từ hóa bằng một cụm danh từ tương đương trong tiếng Việt thường được áp dụng khi danh từ hóa xuất hiện trong ba trường hợp chính sau đây:

Trường hợp thứ nhất là khi danh từ hóa xuất hiện trong các câu đưa ra định nghĩa về các khái niệm hay thuật ngữ chuyên ngành địa chất như trong ví dụ sau:

> *The force potential is the driving impetus behind ground-water flow, and is equal to the product of hydraulic head and **the acceleration of gravity**.*
>
> *Thế lực là nguồn lực của dòng nước ngầm và bằng tích của cột nước thủy lực và **gia tốc trọng lực**.*
>
> *Excess vadose water is pulled downward by gravity, a process known as **gravity drainage**.*
>
> *Khi nước ẩm của đất dư thừa thì bị kéo xuống dưới do trọng lực. Đó là **quá trình thoát nước trọng lực**.*

Trường hợp thứ hai là khi danh từ hóa có trong các mệnh đề phụ thuộc đứng tách rời các bộ phận khác của câu bởi dấu phẩy. Cụ thể, hãy cùng xem ví dụ sau để hiểu rõ thêm hiện tượng này.

> *A flow net is especially useful in isotropic media; however, with **certain transformations**, it can be used with anisotropic aquifers.*
>
> *Lưới thấm đặc biệt hữu dụng trong môi trường đẳng hướng. Tuy nhiên, với **một số biến đổi nhất định**, nó có thể dùng cho các tầng chứa nước dị hướng.*

Cuối cùng là trường hợp danh từ hóa xuất hiện trong các câu có chủ ngữ giả *There* như ví dụ sau đây:

> *There may be **some physical manifestation** of the discharging ground water, which can take the form of a spring, seep, lake, or stream.*
>
> *Có thể có **nhiều biểu hiện vật lý** của nước ngầm thoát ra, như một mạch nước, chỗ rò rỉ, hồ hay sông.*

Cũng với phương thức dịch biến đổi từ loại (*transposition*), cụm danh từ tiếng Anh còn được dịch thành các cụm động từ tương đương trong tiếng Việt dù không phổ biến như dịch bằng cụm danh từ nêu ở trên (chỉ khoảng 16%).

> *Fresh-water heads can then be calculated and used for **the determination** of hydraulic gradients and flow directions.*
>
> *Sau đó có thể xác định các cột nước ngọt và dùng **để xác định** gradient thủy lực và hướng dòng thấm.*
>
> *Cedergren (1989) presents a complete discussion of **the construction** of flow nets, including those in anisotropic media.*
>
> *Cedergren (1989) đưa ra một số phương pháp hoàn chỉnh **để thành lập** các lưới thấm, kể cả trong môi trường dị hướng.*
>
> *The meter can be calibrated for the soil type and, once calibrated, can be used for **repeated measurements** at the same location.*
>
> *Dụng cụ đo có thể được hiệu chuẩn cho loại đất và một khi đã được hiệu chuẩn có thể dùng **để đo lặp lại** tại cùng vị trí.*
>
> *The gravimetric water content of a soil sample can be measured directly by **excavation** of a soil sample.*
>
> *Độ ẩm khối lượng của một mẫu đất có thể đo trực tiếp bằng cách **đào lấy** một mẫu đất.*

Trong các ví dụ trên, thay vì dịch các danh từ "*determination"* và *"construction"* trong thành "*sự/việc xác định/ thành lập/đo đạc/đào lấy*" thì dịch giả lại dịch thành các cụm động từ tương đương trong tiếng Việt là "*xác định/thành lập/đo/đào lấy*". Tuy chỉ xuất hiện với tỷ lệ thấp (16%) nhưng cách dịch này lại phù hợp với cách diễn đạt thông thường trong tiếng Việt.

Ngoài ra, khi nghiên cứu quá trình dịch câu có chứa danh từ hóa (*nominalization*), đặc biệt là khi các cụm danh từ tiếng Anh được dịch bằng cụm danh từ tương ứng trong tiếng Việt, thì tác giả đã tìm thấy một số lỗi sai khi dịch giả xác định sai danh từ chính (*head noun*) của cụm danh từ. Cụ thể, trong ví dụ sau đây, cụm danh từ "*the steady movement of ground water*" nên được dịch là "*sự chuyển động ổn định của nước ngầm*" thay vì "*chuyển động của nước ngầm ổn định*", vì tính từ "*steady*" bổ nghĩa cho danh từ "*movement*" chứ không bổ sung ý nghĩa cho cụm từ "*ground water*". Do đó, cần đọc kỹ các cụm danh từ để xác định các thành phần và vai trò của các thành phần này trong cụm danh từ để có được các bản dịch chính xác nhất.

> *If there is **the steady movement of ground water** in a confined aquifer, there will be gradient or slope to the potentiometric surface of the aquifer.*
>
> *Nếu trong tầng chứa nước bị chặn có **chuyển động của nước ngầm ổn định** thì có gradient hay độ dốc mặt thế của tầng chứa nước.*

Tóm lại, trong hầu hết các trường hợp (84%), danh từ hóa trong tài liệu tiếng Anh địa chất được dịch bằng cụm danh từ tiếng Việt qua phương thức dịch biến đổi từ loại (*transposition*), đặc biệt khi cụm danh từ xuất hiện trong các định nghĩa, các cụm tách rời, và trong câu có chủ ngữ giả *There*. Ngoài ra, danh từ hóa xuất hiện trong tài liệu được nghiên cứu cũng được dịch bằng cụm động từ tương ứng trong tiếng Việt. Tuy được sử dụng ít hơn, nhưng cách dịch này lại phù hợp với lối diễn đạt trong tiếng Việt là ưu tiên sử dụng cụm động từ hơn cụm danh từ.

4. Kết luận

Để dịch các tài liệu tiếng Anh chuyên ngành địa chất, dịch giả cần phải nâng cao kiến thức về từ vựng

và ngữ pháp của tiếng Anh và tiếng Việt. Khi dịch thuật ngữ chuyên ngành địa chất, cần thiết phải sử dụng từ điển chuyên ngành địa chất có chất lượng cao, đặc biệt là đối với những thuật ngữ đặc thù trong lĩnh vực địa chất. Đôi khi, dịch giả nên tham khảo ý kiến, kinh nghiệm thực tế của các chuyên gia địa chất để có được những bản dịch chính xác nhất.

Trong việc dịch các câu có chứa danh từ hóa, dịch giả nên đọc toàn bộ câu một cách cẩn thận rồi xác định các thành phần khác nhau của câu, để tránh việc hiểu lầm rồi tạo ra các bản dịch sai hoặc không đầy đủ. Nên dịch các cụm danh từ hóa tiếng Anh trong tài liệu chuyên ngành địa chất bằng các cụm động từ trong tiếng Việt bằng phương thức dịch biến đổi từ loại (*transposition*) để phù hợp với cách diễn đạt thông thường của Tiếng Việt. Tuy nhiên, các cụm danh từ hóa xuất hiện trong các định nghĩa, các cụm từ riêng biệt và các câu có chủ ngữ giả *There* nên được dịch bằng các cụm danh từ tương ứng trong Tiếng Việt.

Tài liệu tham khảo

Fetter, C.W., 2018. *Applied Hydrogeology* (5th Ed.). Prentice Hall, New York.

Fetter, C.W., 2000. *Địa chất thủy văn ứng dụng 1, 2*. (Translators: Nguyễn Uyên, Phạm Thanh Hiền & Phạm Hữu Sỹ). Education Publisher, Hanoi.

Halliday, M.A.K., 2004. *Notes on transitivity and theme in English (Part 1 and 2)*. Journal of Linguistics 3, 37-81; 199-244.

Newmark, P., 1988. *Approaches to Translation*, Prentice Hall, Hertfordshire.

Vinay, R. J. & Darbelnet, J., 1995. *Comparative Stylistics of French and English*. John Benjamins, the Netherlands.

Vinay J.P. & Darbelnet J., 1989. Translation Procedures. Chesterman.A., *Readings in Translation Theory* (p.p 61-69). Loimaan Kirjapaino Oy.

ABSTRACT

Translating nominalizations in English geological documents by transposition procedure

Nguyen Thi Cuc

Hanoi University of Mining and Geology

In English specialized texts, *nominalization*, a prominent grammatical feature, causes many difficulties for translators. Based on the translation theoretical framework proposed by Vinay and Darbelnet, the author investigated and analysed geological texts in English and equivalent Vietnamese texts to find a suitable translation method to translate sentences containing nominalization. The study results show that translators often apply the *transposition* procedure to convert English noun phrases into Vietnamese noun phrases (accounting for 84%), especially when noun phrases appear in definitions, isolated phrases, and in sentences with the empty subject *There*. Additionally, with the *transposition* procedure, nominalization is also translated using corresponding verb phrases in Vietnamese. Although less frequently (only 16%), this method aligns well with Vietnamese expression, which tends to favor verb phrases over noun phrases.

Keywords: nominalizations; English geological documents; transposition procedure

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Nghiên cứu tổng quan về việc sử dụng từ đồng nghĩa (*synonyms*) trong dạy và học từ vựng tiếng Anh

Nguyễn Thị Cúc*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu tổng quan này, tác giả sử dụng phương pháp phân tích tài liệu để tổng hợp các định nghĩa, quan điểm của các nhà nghiên cứu ngôn ngữ về hiện tượng đồng nghĩa (*synonymy*), các phân loại của từ đồng nghĩa như đồng nghĩa tuyệt đối (*absolute synonyms*), đồng nghĩa nhận thức (*cognitive synonyms*) và việc sử dụng từ đồng nghĩa trong dạy và học từ vựng tiếng Anh. Việc sử dụng từ đồng nghĩa trong dạy và học từ vựng tiếng Anh đã được chứng minh là một phương pháp hiệu quả; đặc biệt là với các đối tượng người học trung cấp và cao cấp. Ngoài ra, phương pháp này sẽ mang lại hiệu quả cao nhất nếu được kết hợp với các quá trình phát triển kỹ năng ngôn ngữ khác như nghe, nói, đọc, viết. Cuối cùng, bài báo đưa ra những đề xuất, kiến nghị để nâng cao hiệu quả của việc sử dụng từ đồng nghĩa trong dạy và học từ vựng tiếng Anh.

Từ khóa: từ đồng nghĩa; từ vựng tiếng Anh; đồng nghĩa nhận thức; đồng nghĩa tuyệt đối

1. Đặt vấn đề

Từ đồng nghĩa (*synonyms*) thường được hiểu là những từ có cùng nghĩa từ vựng, nghĩa đen, nghĩa gốc, nhưng khác nhau về nghĩa biểu cảm gắn với ngữ cảnh sử dụng. Ví dụ: *frugal* và *stingy* là 2 từ đồng nghĩa vì đều mang ý nghĩa là rất cẩn thận với tiền bạc, nhưng trong khi *frugal* mang nghĩa biểu cảm tích cực là tằn tiện, thì *stingy* lại mang ý nghĩa biểu cảm tiêu cực là bần tiện. Các nhà nghiên cứu về ngôn ngữ cho rằng từ đồng nghĩa là một phương tiện hữu ích để phát triển vốn từ vựng của người học tiếng Anh, đặc biệt là nhóm người học trung cấp và cao cấp (*immediate/advanced learners*) (Higa, 1963, Laufer, 1990, & Webb, 2007).

2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu định tính, cụ thể là rà soát, phân tích tài liệu đã được sử dụng trong nghiên cứu tổng quan này nhằm tổng hợp các định nghĩa, quan điểm của nhiều nhà nghiên cứu ngôn ngữ về hiện tượng đồng nghĩa, các phân loại của từ đồng nghĩa như đồng nghĩa tuyệt đối, đồng nghĩa nhận thức và việc sử dụng từ đồng nghĩa trong dạy và học từ vựng tiếng Anh. Từ đó, tác giả đưa ra những đề xuất, kiến nghị để nâng cao hiệu quả dạy và học từ vựng tiếng Anh khi sử dụng từ đồng nghĩa.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Định nghĩa về từ đồng nghĩa (synonyms)

Khái niệm về từ đồng nghĩa đã được nhiều nhà nghiên cứu về ngôn ngữ như John Lyon, W. Kreidler, Michael McCarthy, Norbert Schmitt… đề cập tới. Theo Kreidler (1998:97), quan hệ đồng nghĩa (*synonym*) là một ví dụ về sự kế thừa lẫn nhau (*mutual entailment*), và từ đồng nghĩa (*synonyms*) là những ví dụ của sự bao hàm nghĩa (*hyponymy*).

Từ đồng nghĩa phụ thuộc vào ngữ cảnh (*context - dependent*) và các từ đồng nghĩa có mối quan hệ đối đoạn (*paradigmatic relation*) với nhau nên chúng có thể thay thế cho nhau trong một bối cảnh cụ thể (Palmer, 1981: 93; Bolinger & Sears, 1981: 123). Cruse (1986: 266) cho rằng "các từ đồng nghĩa phải có mức độ trùng lặp ngữ nghĩa (*semantic overlap*) cao và mức độ tương phản tiềm ẩn (*implicit contrastiveness*) thấp". Hai từ *truthful* và *honest* là đồng nghĩa vì chúng có mức độ trùng lặp về ngữ nghĩa tương đối cao. Cruse (1986: 267) cũng đề cập đến hai cách sử dụng từ đồng nghĩa là (1) sử dụng để giải thích hoặc làm rõ nghĩa của một từ khác, chẳng hạn như trong câu "*he was cashiered, that is to say, dismissed*"; và sử dụng theo cách tương phản, chẳng hạn như câu "*he was murdered, or rather executed".*

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthicuc.nn@humg.edu.vn

3.2. Đồng nghĩa tuyệt đối (absolute synonyms)

Cruse (1986:265) đề cập đến khái niệm "thang đo từ đồng nghĩa" (*scale of synonymity*) mà đứng ở điểm cuối của thang đo này là những từ đồng nghĩa tuyệt đối (*absolute synonyms*).

Theo Lyons (1995:61), đồng nghĩa tuyệt đối (*absolute synonymy)* rất hiếm gặp và phải đáp ứng đủ ba điều kiện sau: (1) tất cả các sắc thái ý nghĩa giống hệt nhau, (2) đồng nghĩa trong mọi ngữ cảnh và (3) tương đương về mặt ngữ nghĩa trên mọi khía cạnh ý nghĩa, cả khi chúng mang tính mô tả và không mô tả.

Collinson liệt kê 09 điểm khác biệt có thể tồn tại giữa các từ đồng nghĩa, như được trích dẫn trong Harris (1973: 14-15):

- Một thuật ngữ thì tổng quát (*general*), thuật ngữ khác thì cụ thể (*specific*) về khả năng áp dụng, ví dụ: *refuse*/*reject.*
- Một thuật ngữ có cường độ cao (*intense*) hơn thuật ngữ khác, ví dụ: *immense*/*great.*
- Một thuật ngữ mang tính biểu cảm cao hơn thuật ngữ khác, ví dụ: *louring*/*threatening.*
- Một thuật ngữ có thể hàm ẩn sự tán thành hoặc chỉ trích trong khi thuật ngữ khác mang tính trung lập, ví dụ: *thrifty*/*economical.*
- Một thuật ngữ "chuyên nghiệp" hơn thuật ngữ khác, ví dụ: *decease*/*death.*
- Một thuật ngữ thuộc về ngôn ngữ viết nhiều hơn một thuật ngữ khác, ví dụ: *passing*/*death.*
- Một thuật ngữ thông tục hơn thuật ngữ khác, ví dụ: *turn down*/*refuse.*
- Một thuật ngữ mang tính địa phương (*dialectical*) hơn thuật ngữ khác, ví dụ: *Scots flesher*/*butcher.*
- Một thuật ngữ được trẻ em sử dụng hoặc dùng khi nói chuyện với trẻ em, ví dụ: *teeny*/*tiny.*

3.3. Đồng nghĩa nhận thức (cognitive synonyms)

Cruse (1986: 270) chỉ ra rằng nếu hai từ có những đặc tính ngữ nghĩa chung nhất định thì chúng có thể được coi là từ đồng nghĩa nhận thức (*absolute synonyms*). Nhiều nhà ngôn ngữ học đã đưa ra khái niệm về nghĩa nhận thức (*cognitive meaning*) và nghĩa biểu cảm (*emotive meaning*); trong đó, nghĩa nhận thức có chức năng thiết yếu trong giao tiếp ngôn ngữ (Webb, 2007).

Lyons (1968:449) cho rằng các từ mang tính biểu cảm giống nhau thì sẽ đồng nghĩa về mặt nhận thức. Ý nghĩa biểu cảm có thể ảnh hưởng đến việc lựa chọn từ đồng nghĩa trong một ngữ cảnh cụ thể. Do đó, nhiều nhà ngữ nghĩa học thường dùng thuật ngữ "từ đồng nghĩa nhận thức" thay vì "từ đồng nghĩa". Hơn nữa, Cruse (1986: 273) nhận định rằng "nếu hai từ đồng nghĩa về mặt nhận thức thì chúng phải giống nhau về đặc điểm mệnh đề (*propositional traits*), nhưng chúng có thể khác nhau về đặc điểm biểu đạt (*expressive traits*)". Ví dụ, *father* và *daddy* là những từ đồng nghĩa về mặt nhận thức vì cả hai từ đều có nghĩa giống nhau, nhưng từ *daddy* mang tính biểu cảm hơn.

Cruse (1986:271) cho rằng nghĩa mệnh đề (*propositional meaning*) là ý nghĩa quyết định các điều kiện chân lý (*truth conditions*) của câu. Nếu trong câu hỏi, nghĩa mệnh đề xác định phạm vi phát ngôn tạo thành câu trả lời trung thực; thì trong câu mệnh lệnh, nó xác định phạm vi hành động được coi là tuân thủ theo mệnh lệnh (Cruse, 1986:271). Trong khi đó, nghĩa biểu đạt (*expressive meaning*) truyền tải biểu cảm, thái độ hoặc "trải nghiệm nội tâm" (*inner experience*) (Alexander, 1969: 4). Alexander cũng phân biệt ba loại ý nghĩa: khái niệm (*conceptual*), biểu cảm (*emotive*) và chủ động (*active),* tương ứng với các khía cạnh nhận thức, tình cảm và hành động trải nghiệm (Alexander, 1969:3).

3.4. Ý nghĩa của việc học từ đồng nghĩa trong việc nâng cao vốn từ vựng tiếng Anh

Theo Tinkham (1993) và Waring (1997), việc học các nhóm từ có liên kết về ngữ nghĩa khó hơn việc học các từ không có liên kết về mặt ý nghĩa và việc học các từ đồng nghĩa có thể làm giảm khả năng tiếp thu từ vựng. Higa (1963) cũng cho rằng việc học các nhóm từ đồng nghĩa tốn nhiều thời gian và hay gây nhầm lẫn nhiều cho người học (như được trích dẫn trong Webb, 2007).

Mối quan hệ ngữ nghĩa giữa các từ càng chặt chẽ bao nhiêu thì việc học các từ này càng khó khăn hơn (Higa, 1963). Cũng theo Higa (1963), giáo viên khó có thể dạy các cặp từ đồng nghĩa cùng nhau vì điều đó gây nhầm lẫn cho người học và người học khó có thể học các từ đồng nghĩa cùng nhau vì họ thiếu động lực để học các từ truyền đạt thông tin tương tự. Do đó, học từ đồng nghĩa nên áp dụng với đối tượng người học trung cấp hoặc cao cấp (*immediate/advanced learners*).

Đồng ý với quan điểm của Higa (1963), Laufer (1990) nhận định rằng từ đồng nghĩa là một trong bảy yếu tố liên từ (*interlexical factors*) có thể làm giảm cơ hội tiếp thu từ vựng vì hai lý do. Lý do thứ nhất là người học thường mắc lỗi khi sử dụng từ đồng nghĩa vì một số từ có thể được thay thế cho nhau một cách hiệu quả trong một số ngữ cảnh nhưng lại không hiệu quả trong những ngữ cảnh khác. Ví dụ, hai từ *strong* và *powerful* là đồng nghĩa, nhưng chúng ta thường đặt câu là *the engines are powerful* chứ hiếm khi đặt câu như *the engines are strong*; do đó, hai từ *strong* và *powerful* chỉ đồng nghĩa với nhau trong một số bối

cảnh nhất định (Webb, 2007). Lý do thứ hai là người học ở trình độ thấp khó có thể học các từ đồng nghĩa tiếng Anh vì họ cần phải học các nghĩa của từ.

Webb cho biết thêm rằng học từ có từ đồng nghĩa đã biết sẽ nhanh hơn học các từ không có đồng nghĩa vì người học có thể chuyển kiến thức về cách sắp xếp ngữ đoạn, liên kết mô hình và ngữ pháp của từ các từ đồng nghĩa đã biết sang từ mới cần học (Webb, 2007). Ông giải thích rằng khi học một từ mới không có từ đồng nghĩa, người học thường sử dụng kiến thức của tiếng mẹ đẻ về từ và thông tin ngữ cảnh để học từ đó. Mặc dù trong một số trường hợp, sự kết hợp kiến thức về từ giữa hai ngôn ngữ có thể giúp học từ một cách nhanh chóng, nhưng quá trình này thường mất thời gian vì gắn liền với ngữ cảnh (Webb, 2007). Ví dụ, học từ *revolver* (súng lục) sẽ dễ hơn từ *spear* (giáo) vì *revolver* có từ đồng nghĩa *gun* (súng) được sử dụng với tần suất cao, thể hiện kiến thức từ vựng có thể áp dụng để học từ *revolver*. Từ *revolver* có thể được thay thế cho từ *gun* trong nhiều câu (Webb, 2007). Bởi vì *spear* không có từ đồng nghĩa nào quen thuộc nên có thể cần phải tiếp thu lượng kiến thức từ vựng lớn và do đó, việc học cách diễn đạt từ này trong câu sẽ khó khăn hơn.

Để giải thích cho ý trên, Nation (2001) sử dụng khái niệm "gánh nặng học tập" (*learning burden*). Tác giải này cho rằng nỗ lực học tập đối với các từ khác nhau và người học khác nhau là không giống nhau: "Nguyên tắc chung của gánh nặng học tập là một từ càng thể hiện các khuôn mẫu và kiến thức quen thuộc đối với người học bao nhiêu thì gánh nặng học tập của người học càng nhẹ bấy nhiêu" (Nation, 2001: 23).

Nghiên cứu tác động của từ đồng nghĩa đối với việc học từ vựng, Web (2007) chỉ ra rằng từ đồng nghĩa có thể tạo điều kiện thuận lợi cho việc học từ vựng vì điểm số của người học đối với những từ có từ đồng nghĩa đã biết cao hơn đáng kể so với những từ không có từ đồng nghĩa. Kết quả chỉ ra rằng gánh nặng học tập đối với từ có đồng nghĩa đã biết ít hơn so với các từ không có đồng nghĩa vì các đồng nghĩa có kiến thức giống nhau về liên kết ngữ đoạn. Ông coi kết quả này là một "phát hiện rất hữu ích, cho thấy gánh nặng học tập có thể là một tiêu chí quan trọng khi dạy và học từ vựng" (Webb, 2007).

3.5. Một số đề xuất, kiến nghị khi sử dụng từ đồng nghĩa trong dạy và học từ vựng tiếng Anh

Từ những nghiên cứu về từ đồng nghĩa và tác dụng của từ đồng nghĩa trong việc dạy và học từ vựng tiếng Anh, có thể rút ra một số đề xuất, kiến nghị như sau:

Đầu tiên, sử dụng từ đồng nghĩa như một phương tiện dạy từ vựng tiếng Anh nên được các giáo viên tiếng Anh khai thác để phát triển và mở rộng vốn từ vựng của người học một cách hiệu quả. Tuy nhiên, phương pháp này đặc biệt phù hợp với người học tiếng Anh ở trình độ trung cấp hoặc cao cấp, vì đối tượng này đã học được rất nhiều từ tiếng Anh và đã có hiểu biết nhất định về các khía cạnh khác nhau của từ như ý nghĩa, hình thức, liên kết ngữ đoạn và chức năng ngữ pháp, v.v. Nhóm người học này có thể phân biệt được sự khác nhau giữa các từ đồng nghĩa, để sử dụng hiệu quả trong nhiều ngữ cảnh khác. Ví dụ, với vốn từ vựng phong phú, người học ở trình độ trung cấp hoặc cao cấp có thể phân biệt các từ đồng nghĩa – *father, dad, daddy* và sử dụng chúng đúng theo ngữ cảnh (trang trọng hoặc thân mật).

Ngoài ra, giáo viên nên khai thác từ đồng nghĩa một cách thích hợp để mở rộng vốn từ vựng tiếng Anh của người học nhằm mang lại kết quả tối ưu. Giáo viên nên tăng dần lượng từ đồng nghĩa cần học theo lứu tuổi của người học. Do người học nhỏ tuổi thường cảm thấy khó hiểu khi học từ đồng nghĩa và sẽ chuyển sang sử dụng ngôn ngữ mẹ đẻ thay vì từ đồng nghĩa để giải thích nghĩa của từ mới; do vậy, trong giai đoạn bắt đầu học tiếng Anh, giáo viên chỉ nên khuyến khích người học học các từ đồng nghĩa về mặt hình thức và ngữ nghĩa. Ví dụ: từ *nice* có rất nhiều các từ đồng nghĩa như *incredible, super, wonderful, stunning, brilliant, beautiful, fantastic, fabulous*, v.v. Với người học nhỏ tuổi, giáo viên chỉ nên cung cấp một số từ đồng nghĩa của *nice* dưới dạng trò chơi hoặc câu đố để thu hút sự chú ý. Trong khi đó, đối tượng người học trung cấp hoặc cao cấp nên được khuyến khích sử dụng càng nhiều từ đồng nghĩa càng tốt với sự tập trung đặc biệt vào các đặc điểm ngữ nghĩa, cú pháp, ngữ pháp và phong cách bằng cách đặt các câu khác nhau để thể hiện sự khác biệt về ý nghĩa của các từ đồng nghĩa tức là học các từ đồng nghĩa theo ngữ cảnh.

Cuối cùng, việc dạy và học từ đồng nghĩa nên được tích hợp vào các kỹ năng ngôn ngữ khác nhau như nghe, nói, đọc và viết và được coi là một quá trình diễn ra liên tục trong quá trình tiếp thu ngôn ngữ. Ví dụ, trong giờ đọc tiếng Anh, giáo viên hỏi người học những câu hỏi như: "*What kind of **revolver or gun** is used in the reading text?*" or "*What does the word resolver mean?*" ...v.v. Bằng cách đó, giáo viên đang sử dụng các từ đồng nghĩa tiếng Anh đã biết để giải thích nghĩa của các từ mới cần học mà không cần giải thích nghĩa tiếng Việt của từ để giúp người học mở rộng vốn từ vựng. Tình huống tương tự có thể xảy ra ở bất kỳ giờ học tiếng Anh nào nhằm phát triển vốn từ vựng của người học. Quá trình này được nhiều nhà ngữ nghĩa học gọi là "học từ vựng ngẫu nhiên", đây là quá trình tiếp thu từ vựng thường xuyên và hiệu quả nhất vì người học có thể làm quen với các bối cảnh sử dụng khác nhau của các từ đồng nghĩa.

4. Kết luận

Bài nghiên cứu tổng quan lý thuyết này nhằm mục đích tìm hiểu từ đồng nghĩa trong tiếng Anh, một

công cụ mạnh mẽ trong việc xây dựng vốn từ vựng và ảnh hưởng của nó đến việc dạy và học từ vựng. Phương pháp rà soát, phân tích tài liệu đã được sử dụng để tổng hợp các định nghĩa, quan điểm của nhiều nhà nghiên cứu ngôn ngữ về hiện tượng đồng nghĩa, các phân loại của từ đồng nghĩa như đồng nghĩa tuyệt đối, đồng nghĩa nhận thức và việc sử dụng từ đồng nghĩa trong dạy và học từ vựng tiếng Anh. Việc sử dụng từ đồng nghĩa trong dạy và học từ vựng tiếng Anh đã được chứng minh là một phương pháp hiệu quả; đặc biệt là với các đối tượng người học trung cấp và cao cấp. Hơn nữa, phương pháp này sẽ mang lại hiệu quả cao nhất nếu được kết hợp với các quá trình phát triển kỹ năng khác.

Tài liệu tham khảo

Alexander, Hubert G., 1969. *Meaning in Language*. Glenview: Scott, Foresman and Company.

Bolinger, Dwight and Sears, Donald A., 1981. *Aspects of Language*. Orlando: Hartcourt Brace Jovanovich.

Cruse, D. A., 1986. *Lexical Semantics*. Cambridge: CUP.

Harris, R., 1973. *Synonymy and Linguistic Analysis*. Toronto: University of Toronto Press.

Higa, M., 1963. Interference effects of intralist word relationships in verbal learning. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 2: 170-175.

Higa, M., 1965. The psycholinguistic concept of "difficulty" and the teaching of foreign language vocabulary. *Language Learning*, 15:167-179.

Katz, Jerrold J., 1972. *Semantic Theory*. New York: Harper & Row.

Kempson, R., 1977. *Semantic Theory*. London: CUP.

Laufer, B., 1990. *Words you know: How they affect the words you learn. In J. Fisiak (Ed.), Further insights into contrastive linguistics* (pp. 573–593). Amsterdam: John Benjamins.

Laufer, B., 1997. *What's in a word that makes it hard or easy? Intralexical factors affecting the difficulty of vocabulary acquisition. In N. Schmitt & M. McCarthy (Eds.), Vocabulary: Description, acquisition and pedagogy* (pp. 140–155). Cambridge: Cambridge University Press.

Leech, G., 1981. *Semantics*: The Study of Meaning. London: Penguin Books.

Lyons, J., 1968. *Introduction to Theoretical Linguistics*. Cambridge: CUP.

Lyons, J., 1995. *Linguistic Semantics: An Introduction. Cambridge*: CUP.

Lyons, J., 1977. *Semantics*. Cambridge: CUP.

McCarthy, M., 1990. *Vocabulary*. New York: OUP.

Nation, I. S. P., 1990. *Teaching and learning vocabulary*. MA: Newbury House.

Nation, I. S. P., 2001. *Learning vocabulary in another language*. Cambridge: Cambridge University Press.

Palmer, F., 1981. *Semantics*, 2nd edition. Cambridge: CUP.

Tinkham, T., 1993. The effect of semantic clustering on the learning of second language vocabulary. *System*, 21: 371-380.

Webb, S., 2007. The effects of synonymy on second-language vocabulary learning. *Reading in a Foreign Language*, 19: .

Waring, R, 1997. The negative effects of learning words in semantic sets: A replication. *System*, 25: 261-274.

ABSTRACT

Using synonyms in teaching and learning English vocabulary - A literature review

Nguyen Thi Cuc

Hanoi University of Mining and Geology

In this literature review study, the author uses a document analysis method to synthesize definitions, views of language researchers on synonymy, classifications of synonyms such as absolute synonyms, cognitive synonyms, and the use of synonyms in teaching and learning English vocabulary. The use of synonyms in teaching and learning English vocabulary has been proven to be an effective method; especially for intermediate and advanced learners. Furthermore, this method will be most effective if combined with other English skills such as listening, speaking, reading, and writing. On that basis, the author makes suggestions and recommendations to improve the effectiveness of the use of synonyms in teaching and learning English vocabulary.

Keywords: synonymy; English vocabulary; cognitive synonyms; absolute synonyms.

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Nghiên cứu việc áp dụng chiến lược nghe hiểu tiếng Anh của sinh viên Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Lê Thị Thúy Hà*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu này là khảo sát các chiến lược học nghe hiểu mà sinh viên đã và đang áp dụng tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Dữ liệu khảo sát thu được qua 187 sinh viên cho thấy hầu hết sinh viên nhận thức tầm quan trọng trong việc phát triển kỹ năng nghe nên có xu hướng sử dụng tất cả các chiến lược trong quá trình học. Nhóm chiến lược nhận thức được sử dụng với tần suất cao nhất là 3,52, thấp nhất là nhóm chiến lược xã hội tình cảm, giá trị trung bình chỉ đạt 3,33. Sự khác biệt ở tần suất sử dụng các nhóm chiến lược giữa sinh viên nam và nữ. Sinh viên nữ có xu hướng sử dụng nhóm chiến lược siêu nhận thức nhiều trong khi đó sinh viên nam lại sử dụng nhiều ở nhóm chiến lược nhận thức. Kết quả nghiên cứu cũng giúp cho nhóm nghiên cứu đề xuất luyện tập áp dụng chiến lược tóm tắt bài nghe phần 3 bộ luyện tập kiểm tra Preliminary English Test (PET).

Từ khóa: nghe hiểu; các chiến lược học tiếng Anh; chiến lược tóm tắt

1. Đặt vấn đề

Học tiếng Anh như một ngoại ngữ hiện đang là một trong những ưu tiên hàng đầu trong hệ thống giáo dục của Việt Nam, đặc biệt là tại các trường Đại học và Cao đẳng. Việc rèn luyện kỹ năng giao tiếp hiệu quả cho sinh viên được coi là mục tiêu cốt lõi trong việc dạy và học tiếng Anh, thu hút sự quan tâm của nhiều nhà nghiên cứu và giáo dục. Một số nghiên cứu tại các trường Đại học và Cao đẳng không chuyên trong nước cho thấy, phần lớn sinh viên có đủ vốn từ vựng và ngữ pháp cơ bản để hiểu các bài đọc liên quan đến cuộc sống hàng ngày ở trình độ A2-B1. Tuy nhiên, kỹ năng nghe nói của các em thường không đạt yêu cầu trình độ A2 theo khung đánh giá của Châu Âu. Vì vậy, để nâng cao khả năng giao tiếp, trước tiên cần cải thiện kỹ năng nghe của người học ngoại ngữ.

Tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất, các giảng viên tiếng Anh đều nhận thức rõ tầm quan trọng của kỹ năng nghe hiểu và đã áp dụng nhiều chiến lược học ngoại ngữ để tăng cường hứng thú và hiệu quả dạy học kỹ năng nghe cho sinh viên. Dù vậy, kết quả từ các bài kiểm tra kỹ năng nghe vẫn chưa đạt yêu cầu mong đợi của giáo viên. Để xác định nguyên nhân, nhóm tác giả đã tiến hành khảo sát các chiến lược nghe hiểu mà sinh viên trong trường đang áp dụng. Giảng viên tiếng Anh tại trường sẽ sử dụng kết quả nghiên cứu này thiết kế các chiến lược học tập phù hợp với trình độ của từng nhóm lớp.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Hoạt động nghe hiểu

Nghe hiểu là một quá trình phức tạp mà con người tiếp nhận và xử lý thông tin từ âm thanh ngôn ngữ để hiểu ý nghĩa của thông điệp. Quá trình này bao gồm nhiều giai đoạn và hoạt động tâm lý, trong đó người nghe sử dụng các kỹ năng ngôn ngữ và nghe để giải mã âm thanh thành ý nghĩa ngôn ngữ. Các bước chính trong quá trình nghe hiểu bao gồm: xác định mục đích nghe, tạo hình ảnh trong trí nhớ ngắn hạn, tổ chức thông tin qua việc nhận diện thể loại và chức năng, dự đoán và hồi tưởng thông tin nền tảng, xác định ý nghĩa, kiểm tra thông tin để lưu vào trí nhớ dài hạn, và loại bỏ thông tin gốc đã lưu trong trí nhớ ngắn hạn.

Kỹ năng nghe được phân loại thành hai loại dựa trên tình huống: nghe tương hỗ và nghe không tương hỗ. Nghe tương hỗ xảy ra khi người nghe tham gia vào quá trình tương tác, như trong các cuộc hội thoại trực tiếp hoặc qua điện thoại, nơi người nghe có thể yêu cầu người nói làm rõ, nhắc lại hoặc nói chậm hơn. Nghe không tương hỗ diễn ra khi người nghe tiếp nhận một đoạn độc thoại, bài diễn văn, hoặc một cuộc

* *Tác giả liên hệ*
Email: lethithuyha@humg.edu.vn

hội thoại không tương tác.

Người học ngoại ngữ tiếng Anh thường nhận thấy nhiều trở ngại trong quá trình phát triển kỹ năng nghe hiểu, chẳng hạn như không kiểm soát được tốc độ người nói, không lặp lại được phần đã nghe, vốn từ hạn chế, không nhận ra các tín hiệu gợi ý, không hiểu thông tin, thiếu tập trung và thiếu thói quen học tập thường xuyên. Để khắc phục những khó khăn này, người học cần xây dựng nền tảng kiến thức vững về ngôn ngữ và văn hóa của các nước nói tiếng Anh, từ đó suy đoán và tìm ra thông điệp của người nói. Đồng thời, việc áp dụng các chiến lược nghe phù hợp với từng cấp độ và loại bài nghe sẽ giúp cải thiện kỹ năng nghe rất nhiều.

2.2. Chiến lược nghe hiểu

Sử dụng chiến lược nghe là một phần quan trọng trong việc học ngoại ngữ, giúp nâng cao hiệu quả và cải thiện khả năng nghe hiểu giao tiếp của người học, vì thế nhiều học giả ngôn ngữ đã đưa ra các định nghĩa về chiến lược nghe hiểu dựa trên quan điểm nghiên cứu của họ. Oxford (1990) định nghĩa chiến lược nghe là các hành động có ý thức mà người học thực hiện để thuận lợi hóa việc tiếp nhận, lưu trữ, và sử dụng thông tin. O'Malley và Chamot (1990) mô tả chiến lược nghe là các hành động cụ thể mà người học áp dụng để hỗ trợ quá trình tiếp nhận và xử lý thông tin. Vandergrift (2008) định nghĩa chiến lược nghe là các hoạt động tinh thần có ý thức nhằm cải thiện khả năng hiểu khi nghe. Mặc dù mỗi nhà nghiên cứu có cách tiếp cận khác nhau, nhưng họ đều đồng quan điểm rằng chiến lược nghe bao gồm các phương pháp và kỹ thuật cụ thể giúp người học nâng cao khả năng nghe hiểu.

Để tạo ra một khung lý thuyết rõ ràng giúp giáo viên thiết kế các bài giảng, hoạt động nghe khoa học, đồng thời giúp người học chọn lựa và áp dụng các chiến lược nghe phù hợp, nhiều học giả đã nghiên cứu phân loại các chiến lược nghe. Brown (1988) chia chiến lược nghe thành hai nhóm chính: chiến lược nhận thức và chiến lược siêu nhận thức. Việc áp dụng linh hoạt và thích hợp các chiến lược này có thể giúp người học cải thiện khả năng nghe hiểu, hiểu rõ thông tin truyền đạt, và nâng cao kỹ năng tự học và tự đánh giá. Oxford (1990) đã xây dựng một hệ thống phân loại chi tiết cho các chiến lược học ngôn ngữ, trong đó chiến lược nghe bao gồm cả chiến lược nghe trực tiếp và chiến lược nghe gián tiếp, cùng với nhiều chiến lược phụ như chiến lược ghi nhớ, chiến lược nhận thức, chiến lược bù đắp, chiến lược siêu nhận thức, chiến lược tình cảm và chiến lược xã hội.

Tương tự, Vandergrift (2008) phân chia các chiến lược nghe thành ba nhóm chính và hai mươi hoạt động cụ thể, bao gồm:

- Nhóm chiến lược siêu nhận thức: Các hoạt động trí óc giúp quản lý quá trình học ngôn ngữ, như lập kế hoạch, chú ý trực tiếp, chú ý có chọn lọc, kiểm soát, đánh giá, và nghe ý chính.
- Nhóm chiến lược nhận thức: Các hành động xử lý ngôn ngữ để thực hiện nhiệm vụ nghe, bao gồm suy diễn, tận dụng kiến thức có sẵn, tóm tắt, dịch, lặp lại, tham khảo nguồn, ghi chú, quy nạp - diễn dịch, và thay thế.
- Nhóm chiến lược xã hội/tình cảm: Các hoạt động tương tác và cảm xúc giúp phục vụ mục đích học tập, như yêu cầu giải thích, hợp tác, giảm lo lắng, và khích lệ bản thân.

Phân loại chiến lược nghe của Vandergrift rất chi tiết và phù hợp để khảo sát các chiến lược nghe mà sinh viên trong trường đang sử dụng khi học tiếng Anh, do đó nhóm nghiên cứu đã chọn phương pháp phân loại này làm khung lý thuyết cho nghiên cứu của mình.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu được tiến hành bằng phương pháp định lượng để khảo sát các chiến lược mà sinh viên đang áp dụng trong quá trình học kỹ năng nghe tiếng Anh. Bảng câu hỏi để thu thập số liệu cho phần nghiên cứu dựa trên SILL (The Strategy Inventory for Language Learning) được xây dựng bởi Oxford (1990).

Để phù hợp với tình hình thực tại trong trường, nhóm nghiên cứu xây dựng lại bảng câu hỏi bao gồm 30 câu liên quan đến mục đích học, thời gian học, các chiến lược nghe mà sinh viên áp dụng và các hình thức tự luyện. 187 sinh viên từ 4 nhóm đang học tiếng Anh tại trường (kỳ 2 năm học 2023-2024) được mời tham gia khảo sát. Với những câu hỏi liên quan mục đích học, người tham gia khảo sát có nhiều hơn một sự lựa chọn và kết quả được tính theo tỷ lệ %,. Câu hỏi được thiết kế theo dạng yêu cầu người tham gia khảo sát trả lời các câu hỏi về tần suất sử dụng các chiến lược học của mình theo thang điểm Likert ở 5 mức độ: không bao giờ (1 điểm), hiếm khi (2 điểm), thỉnh thoảng (3 điểm), khá thường xuyên (4 điểm), thường xuyên (5 điểm). Sau khi nhận lại phiếu điều tra, nhóm nghiên cứu sử dụng ứng dụng Excel truy cập dữ liệu và xử lý các chỉ số theo tỷ lệ % và tính giá trị trung bình. Giá trị này sẽ tính theo 3 cấp độ: 3,5 - 5 (sử dụng ở mức độ cao), 2,5 – 3,4 (mức độ trung bình), 1,0 – 2,4 (mức độ thấp).

Trong số sinh viên được mời tham gia khảo sát có 100 sinh viên nam, 87 sinh viên nữ, 33% sinh viên học tiếng Anh từ 5-10 năm, 46% sinh viên học tiếng Anh từ hơn 10 năm trở lên, 21% sinh viên học tiếng

Anh từ dưới 5 năm. Điều này cho thấy sinh viên học tiếng Anh từ khá sớm, tuy nhiên trình độ đầu vào của các em mới dừng ở cấp độ A2 theo khung tham chiếu châu Âu.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Mục đích và nhận thức về tầm quan trọng học tiếng Anh của sinh viên

Dữ liệu khảo sát cho thấy 61,4% sinh viên học tiếng Anh chủ yếu vì nhu cầu xin việc sau khi tốt nghiệp, 44,9% học để giao tiếp với người nước ngoài, và 42,2% học để vượt qua môn học bắt buộc trong chương trình học. Tỷ lệ sinh viên học tiếng Anh với mục đích nghe, xem phim và đọc tài liệu tiếng Anh là thấp nhất, chỉ đạt 35,2%. Khoảng 18,7% sinh viên học tiếng Anh vì cả bốn mục đích nêu trên, trong khi khoảng 10% học vì nhu cầu xin việc và giao tiếp bằng tiếng Anh khi cần thiết. Rất ít sinh viên học tiếng Anh vì cả hai mục đích là vượt qua môn học bắt buộc và nhu cầu xin việc. Kết quả này cho thấy phần lớn sinh viên nhận thức rõ tầm quan trọng của tiếng Anh đối với tương lai và cơ hội việc làm sau khi tốt nghiệp, thay vì chỉ học để đạt điểm qua môn học.

Dù nhiều sinh viên hiểu rõ rằng tiếng Anh có thể cần thiết cho công việc sau khi tốt nghiệp, phần lớn các em lại không dành đủ thời gian để nâng cao khả năng nghe và nói. Hầu hết sinh viên chỉ luyện tập tiếng Anh trong các giờ học chính khóa hoặc các buổi học thêm tại trung tâm tiếng Anh và không tự luyện tập nếu không có yêu cầu từ giáo viên. Thời lượng học tiếng Anh tại trường thường chỉ là 3 - 4 tiết mỗi tuần, phân bổ đều cho tất cả các kỹ năng như nghe, nói, đọc, và viết, trong đó kỹ năng nghe là trở ngại lớn nhất. 73% sinh viên tham gia khảo sát cho rằng kỹ năng này là khó hoặc rất khó, và không có sinh viên nào cho là dễ hoặc rất dễ. Theo nhà nghiên cứu Rost (1994), kỹ năng nghe là một yếu tố quan trọng trong việc đào tạo người học ngoại ngữ và có thể dự đoán khả năng thành công trong việc học ngôn ngữ. Điều này có nghĩa là nếu sinh viên không đầu tư thời gian nhiều vào việc luyện tập kỹ năng nghe, năng lực tiếng Anh của các em sẽ khó có sự cải thiện đáng kể.

3.2. Tần suất sử dụng các nhóm chiến lược nghe

Bảng 1 thống kê về tần suất sử dụng các nhóm chiến lược nhận thức, nhóm chiến lược siêu nhận thức, nhóm chiến lược xã hội/tình cảm. Nhìn chung các nhóm chiến lược đều được sinh viên sử dụng ở mức trung bình và cao.

Bảng 1. Tần suất sử dụng các nhóm chiến lược

STT	Nhóm chiến lược	Giá trị trung bình	Tần suất sử dụng
1	Chiến lược nhận thức	3,52	Cao
2	Chiến lược siêu nhận thức	3,48	Trung bình
3	Chiến lược xã hội/ tình cảm	3,33	Trung bình

Dữ liệu từ bảng trên cho thấy với kỹ năng nghe, sinh viên áp dụng nhóm chiến lược nhận thức nhiều nhất với GTTB = 3,52, thấp nhất là nhóm chiến lược xã hội, GTTB = 3,33. Trong nhóm chiến lược nhận thức, Chiến lược nghe ý chính, hiểu nội dung, ghi chép nhanh từ khóa, tóm tắt nội dung bài sau khi nghe có mức độ sử dụng thấp nhất, chỉ 3,254) trong khi đó chiến lược cố gắng hiểu từng từ trong quá trình nghe lại được sinh viên dùng nhiều nhất. GTTB là 3,789. Kết quả khảo sát này cũng chứng minh rất rõ về kết quả không cải thiện nhiều sau mỗi lần kiểm tra đánh giá ở các bài kiểm tra giữa kỳ và cuối kỳ vì áp dụng chiến lược không phù hợp mặc dù đã sử dụng chiến lược siêu nhận thức tập trung cao độ khi nghe. Chiến lược siêu nhận thức tự kiểm tra đánh giá sau khi đã kết thúc phần nghe có tần suất sử dụng thấp nhất trong nhóm. Chỉ đạt GTTB: 3.22. Kết quả này sát với thực tế khi nhóm nghiên cứu điều tra về thời gian tự ôn luyện của sinh viên. Hầu hết các em trả lời chỉ học trên lớp và về nhà không tự thực hành, luyện tập. Điều này trở thành thói quen không tốt cho việc học ngoại ngữ và cũng có nghĩa là bước tự kiểm tra đánh giá sẽ được rất ít sinh viên thực hiện. Với nhóm chiến lược Xã hội/ tình cảm, chiến lược cần hỗ trợ từ phía bạn bè và thầy cô được các em mong muốn nhiều nhất, GTTB = 3,839, thấp nhất vẫn là sinh viên thiếu tự tin khi cho rằng khó có thể hiểu nội dung chính của bài nghe. Kết quả nghiên cứu này giúp nhóm nghiên cứu khẳng định rằng yếu tố tâm lý có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình học tiếng Anh. Suy nghĩ tích cực về việc học ngôn ngữ thì có thể làm tăng động lực, niềm tin vào khả năng học tập và sẽ tiến bộ nhanh chóng, ngược lại, suy nghĩ tiêu cực có thể gây ra sự tự ti và bỏ cuộc.

Bảng 2. Tỷ lệ % chiến lược nghe hiểu được sử dụng nhiều nhất và ít nhất

STT	Chiến lược	Tỷ lệ %
1	Em cố gắng dịch từng từ hoặc câu sang tiếng Việt khi nghe bài.	72%
2	Em mong thầy cô cung cấp nhiều kỹ năng để nâng cao khả năng nghe hiểu.	66%
3	Em tập trung cao độ khi nghe.	66%
4	Em cố gắng hiểu từng từ trong quá trình nghe.	64%

5	Em tìm thông tin ý chính bằng cách trả lời câu hỏi.	42%
6	Em kiểm tra lại phần không hiểu trong quá trình nghe.	41%
7	Em tự kiểm soát độ tập trung trong quá trình nghe.	30%
8	Em thường xuyên nghe băng đài, xem phim, nghe nhạc tiếng Anh trên các phương tiện truyền thông.	18%
9	Em tự tin khi có thể hiểu toàn bộ nội dung bài nghe.	17%

Kết quả khảo sát ở bảng 2 cho thấy số sinh viên sử dụng chiến lược cố gắng dịch từ trong quá trình nghe có tỷ lệ cao nhất, tiếp đến chiến lược tập trung cao độ khi nghe, tỷ lệ tương ứng cho mỗi chiến lược là: 72%, 66%. Điều này chứng tỏ đa phần sinh viên không tự tin, thiếu vốn từ vựng, kiến thức về cấu trúc câu và sự sắp xếp từ trong câu chưa chắc, chưa nắm bắt được cách tư duy theo ngôn ngữ đang học. Quan trọng hơn nữa là do thói quen dịch từ tiếng Anh sang tiếng Việt trong quá trình học nên các em tiếp tục áp dụng chiến lược này trong quá trình nghe. Nhận định này trùng khớp chiến lược tự tin có thể hiểu toàn bộ nội dung bài nghe với tỷ lệ thấp nhất: 17%. 66% số sinh viên khảo sát mong muốn sự hỗ trợ từ phía giáo viên để cải thiện kỹ năng nghe trong khi đó gần 60% sinh viên lại không tự luyện tập, kiểm tra mức độ hiểu bài sau mỗi lần nghe. Theo nhóm nghiên cứu, cho dù phía người dạy liên tục bổ sung trang bị các kỹ năng chiến lược cần thiết để nâng cao kỹ năng nghe nhưng phía người học không tự luyện tập, kiểm tra thì kết quả vẫn không cải thiện nhiều. Điều cuối cùng và cũng rất quan trọng là hầu hết sinh viên không tự tạo cho mình cơ hội đắm chìm trong không gian ngôn ngữ, có nghĩa là các em không thường xuyên nghe băng đài, xem phim, nghe nhạc tiếng Anh trên các nền tảng ứng dụng. Chỉ có 18% sinh viên sử dụng chiến lược này.

3.3. Sự khác biệt trong cách sử dụng các nhóm chiến lược của nhóm sinh viên nam và nữ

Bảng 3 – Tần suất sử dụng các nhóm chiến lược nghe hiểu của sinh viên theo giới tính

STT	**Nhóm chiến lược**	**GTTB**	**TSSD**	**GTTB**	**TSSD**
		Nam		**Nữ**	
1	Chiến lược nhận thức	3,5	Cao	3,58	Cao
2	Chiến lược siêu nhận thức	3,37	Trung bình	3,62	Cao
3	Chiến lược xã hội/tình cảm	3,26	Trung bình	3,4	Trung bình

Từ bảng 3 có thể thấy rằng, sinh viên nữ có xu hướng sử dụng nhiều ở nhóm chiến lược siêu nhận thức, sinh viên nam sử dụng nhiều ở nhóm chiến lược nhận thức. Sinh viên nữ sử dụng tất cả nhóm chiến lược cao hơn nhóm sinh viên nam, trong đó, nhóm chiến lược siêu nhận thức được sử dụng cao nhất với GTTB (giá trị trung bình): 3,62. Nhóm chiến lược xã hội/tình cảm có TSSD (tần suất sử dụng) thấp nhất ở cả hai nhóm sinh viên. GTTB của nhóm chiến lược này đối với sinh viên nam là 3,26 và sinh viên nữ là 3,4. Trong nhóm chiến lược nhận thức, sinh viên nam ít sử dụng chiến lược ghi chép nhanh từ khóa trong quá trình nghe hơn sinh viên nữ. GTTB của chiến lược này tương ứng với giới tính nam nữ là 3,33 và 3,6. Tương tự, mức độ chăm chỉ thể hiện rất rõ ở bước kiểm tra đánh giá sau mỗi phần nghe giữa hai nhóm sinh viên. GTTB của chiến lược tự kiểm tra đánh giá, sữa chữa lỗi của nhóm nữ là 3,4 trong khi đó nhóm nam chỉ đạt: 3,1. Nhìn chung, sinh viên nữ có xu hướng sử dụng các chiến lược học tập hiệu quả hơn và chăm chỉ hơn trong quá trình học so với sinh viên nam.

3.4. Đề xuất dạng bài nghe tóm tắt bằng sơ đồ tư duy nâng cao hiệu quả học kỹ năng nghe

Sau khi khảo sát các chiến lược nghe mà sinh viên trong trường đã và đang sử dụng, nhóm nghiên cứu nhận thấy rằng rất ít sinh viên áp dụng chiến lược nghe tóm tắt. Chiến lược này có thể mang lại nhiều lợi ích cho sinh viên, đặc biệt là khi họ có vốn từ còn hạn chế. Bằng cách sử dụng chiến lược tóm tắt, sinh viên có thể tập trung vào việc nắm bắt nội dung chính, phân tích, đánh giá, chọn lọc, và ghi lại thông tin một cách dễ hiểu và dễ nhớ, từ đó phát triển tư duy phản biện. Hơn nữa, qua việc tóm tắt, sinh viên có thể nhận diện những phần chưa rõ và cần tìm hiểu thêm.

Để tăng cường hiệu quả dạy học trên lớp và khuyến khích sinh viên tự luyện tập theo cặp hoặc nhóm, tôi đã thử nghiệm chiến lược luyện tập nghe tóm tắt bằng sơ đồ tư duy với hai nhóm sinh viên trong 8 tuần (khoảng 40 sinh viên). Mặc dù chưa có số liệu thống kê cụ thể về hiệu quả, tôi đã nhận được phản hồi khá tích cực từ phía sinh viên. Dữ liệu tôi sử dụng là phần 3 trong cuốn PET 1, 2, 3, với các bài nghe dài khoảng 500 – 600 từ. Những bài nghe này thường là đoạn độc thoại có chủ đề đa dạng liên quan đến cuộc sống hàng ngày và các tình huống thường gặp, giúp sinh viên thực hành kỹ năng và hiểu ngôn ngữ trong các ngữ cảnh khác nhau.

Quy trình các bước tôi hướng dẫn như sau:

1. Chia lớp thành các nhóm nhỏ khoảng 4 sinh viên mỗi nhóm, với một sinh viên làm trưởng nhóm (trưởng nhóm sẽ luân phiên).
2. Giới thiệu chủ đề bài nghe và yêu cầu sinh viên đọc kỹ hướng dẫn bài nghe. Đặt khoảng 5 câu hỏi về nội dung liên quan để giúp sinh viên tập trung vào các thông tin cần thiết và dự đoán nội dung chính qua từ khóa và chủ đề.
3. Mở file nghe. Sinh viên chú ý đến từ khóa và cụm từ chính liên quan đến các câu hỏi để dự đoán nội dung tiếp theo, duy trì sự chú ý và hiểu sâu hơn.
4. Ghi chú nhanh các điểm chính nếu sinh viên gặp khó khăn trong việc nhớ toàn bộ thông tin, giúp họ trả lời các câu hỏi sau khi đoạn băng kết thúc.
5. Hiểu ngữ cảnh của đoạn văn, bao gồm ai đang nói và nói về điều gì.
6. Tóm tắt và ghi nhớ các điểm chính đã nghe theo nhóm.
7. Gửi file nghe trên nhóm ZALO để các nhóm nghe lại nội dung, kiểm tra đáp án và làm bản tóm tắt bằng sơ đồ tư duy. Mỗi thành viên lần lượt trình bày nội dung tóm tắt sau khi cả nhóm đã thống nhất.
8. Trình bày bản tóm tắt: Các trưởng nhóm sẽ lên trình bày bản tóm tắt của nhóm mình, và giáo viên sẽ đánh giá kết quả.

Trong giai đoạn thử nghiệm, nhóm nghiên cứu chỉ thực hiện các bước mẫu trong 2 tuần đầu. Các tuần tiếp theo, sinh viên tiếp tục thực hiện trên ứng dụng ZALO, và giáo viên kiểm tra mức độ chuyên cần và hiệu quả công việc qua ứng dụng này. Dưới đây là kết quả một bài tập thực hiện bởi một nhóm sinh viên, với phần làm mẫu được trích từ phần nghe trong cuốn PET 1.



4. Kết luận

Dựa trên khảo sát về chiến lược nghe hiểu tiếng Anh của sinh viên tại trường, nhóm nghiên cứu đã rút ra một số kết luận chính:

- **Yếu tố tâm lý** có ảnh hưởng lớn đến kết quả học tập của sinh viên. Suy nghĩ tích cực về việc học có thể nâng cao động lực và niềm tin vào khả năng học tập.
- **Thiếu cơ hội luyện tập**: Sinh viên không chủ động tạo điều kiện để đắm chìm trong môi trường sử dụng tiếng Anh, dẫn đến cơ hội và thời gian luyện tập kỹ năng nghe còn hạn chế.
- **Ảnh hưởng của giới tính**: Cách thức sử dụng chiến lược nghe có sự khác biệt giữa nam và nữ. Sinh viên nam có xu hướng sử dụng nhiều chiến lược nhận thức hơn, trong khi sinh viên nữ thường áp dụng chiến lược siêu nhận thức.
- **Khả năng sử dụng chiến lược học tập**: Sinh viên nữ có xu hướng áp dụng các chiến lược học tập hiệu quả hơn so với sinh viên nam.

Kết quả nghiên cứu đã dẫn đến đề xuất áp dụng chiến lược tóm tắt bài nghe từ phần 3 cuốn PET cho các nhóm lớp đang học tiếng Anh ở các học phần 2 và 3 tại trường.

Mặc dù nghiên cứu được thiết kế theo phương pháp định lượng, nhưng đối tượng khảo sát chỉ bao gồm

4 nhóm sinh viên đang học các học phần tiếng Anh 1, 2, 3 trong năm học 2023-2024. Do đó, kết quả nghiên cứu có thể không hoàn toàn đại diện cho toàn bộ sinh viên học tiếng Anh trong trường. Nhóm nghiên cứu hy vọng sẽ có cơ hội khảo sát sâu hơn về vấn đề này trong các học kỳ tiếp theo.

Tài liệu tham khảo

Harmer. J., 2012. *The practice of English Language Teaching*. Pearson Education Press.

Oxford, R.J., 1990. *Language Learning Strategies: What Every Teacher Should Know*. New York: Newbury House.

O'Malley& Chamot, 1990. *Learning Strategies in Second Language Acquisition*. Cambridge University Press.

Vandergrift, L., 1997. *Teaching and Learning Second Language Listening: Metacognition in Action*. Routledge Press

Cambridge, 2003. *Preliminary English Test 1-3.* Cambridge University Press.

ABSTRACT

A study on the application of English listening strategies by students at Hanoi University of Mining and Geology

Le Thi Thuy Ha

Hanoi University of Mining and Geology

This study was conducted to survey the listening comprehension strategies employed by students at the University of Mining and Geology. Data collected from 187 students indicated that the majority recognize the importance of developing listening skills and tend to various strategies in their learning process. The most frequently used cognitive strategy group scored 3.52, while the least used was the socio-affective strategy group, averaging 3.33. There were notable differences in strategy use frequencies between male and female students: females tended to utilize metacognitive strategies more, whereas males favored cognitive strategies. The research findings also suggested implementing strategy of summarizing listening passages in the set of PET exams.

Keywords: listening comprehension; English learning strategies; summarizing.

Thực trạng học kỹ năng nói tiếng Anh của sinh viên tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Lê Thị Thúy Hà*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu này là tìm hiểu thực trạng việc học kỹ năng nói tiếng Anh của sinh viên tại trường Đại học Mỏ Địa chất Hà Nội. Cuộc khảo sát đã được thực hiện với 187 sinh viên đang theo học môn tiếng Anh tại trường. Kết quả cho thấy thiếu từ vựng, kiến thức về phát âm và ngữ pháp còn hạn chế, thiếu tự tin và lựa chọn chiến lược học không phù hợp là nguyên nhân dẫn đến hiệu quả học tiếng Anh còn hạn chế. Bài viết cũng đưa ra những gợi ý nhằm cải thiện kỹ năng này cho sinh viên.

Từ khóa: kỹ năng nói tiếng Anh; động cơ; chiến lược

1. Đặt vấn đề

Nhận thức rõ về tầm quan trọng của kỹ năng nói việc học ngoại ngữ, nhiều nghiên cứu đã được thực hiện để nâng cao kỹ năng này. Stephen Krashen (1998) đã nghiên cứu sâu về các phương pháp nâng cao hiệu quả học kỹ năng nói. Ông khuyến khích việc tạo ra môi trường học tập thú vị và không áp lực, giúp người học tiếp nhận ngôn ngữ một cách tự nhiên, tương tự như cách họ học ngôn ngữ mẹ đẻ, thông qua tiếp xúc với ngữ cảnh thực tế và giao tiếp hàng ngày. Ông cũng nhấn mạnh rằng việc tiếp xúc với nhiều ngữ liệu tiếng Anh, như đọc sách, báo, xem phim, hoặc nghe các chương trình phát thanh, sẽ giúp người học phát triển kỹ năng nói một cách tự tin và hiệu quả. Paul Nation (2001) cho rằng để có thể nói trôi chảy và tự tin, người học cần xây dựng một vốn từ vựng phong phú, điều này giúp họ diễn đạt ý tưởng rõ ràng và hiệu quả hơn. Trong nước, Huyền (2000) chỉ ra rằng số lượng sinh viên đông, trình độ không đồng đều, ảnh hưởng của tiếng mẹ đẻ, phương pháp học tập không phù hợp là những khó khăn khi dạy kỹ năng nói. Tác giả đề xuất giải pháp cải thiện kỹ năng này như luyện tập theo nhóm và tham gia các câu lạc bộ tiếng Anh. Trương Trần Nhật Minh (2018) cũng đồng tình với Huyền, cho rằng số lượng lớp học đông và trình độ không đồng đều khiến giảng viên chỉ có thể tập trung vào việc dạy từ vựng và ngữ pháp, rất khó khăn trong việc tổ chức luyện tập kỹ năng nói.

Như vậy, các nghiên đều chỉ ra rằng cải thiện kỹ năng nói tiếng Anh cần xem xét cả yếu tố từ người học lẫn người dạy. Nhận thấy năng lực nói tiếng Anh của sinh viên trong trường còn yếu, tác giả đã thực hiện khảo sát thực trạng học kỹ năng nói của sinh viên trong các học phần tiếng Anh 1, 2, 3 vào kỳ II năm học 2023-2024 nhằm xác định yếu tố ảnh hưởng đến kết quả học tập của các em. Kết quả khảo sát sẽ giúp nhóm nghiên cứu đề xuất các giải pháp khắc phục.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Kỹ năng nói

Kỹ năng nói tiếng Anh được hiểu ở nghĩa rộng là khả năng diễn đạt ý tưởng, truyền đạt thông tin, là khả năng tương tác hiệu quả bằng tiếng Anh. Theo Scott (2005), nói là một kỹ năng nhận thức, trong đó kiến thức được tích lũy tự động qua việc thực hành liên tục. Tương tự, Mazouzi (2013) nhấn mạnh rằng "các hoạt động dành cho người học nên được thiết kế dựa trên hai tiêu chí quan trọng: khả năng nói lưu loát và độ chính xác của lời nói. Khả năng nói lưu loát là khả năng trình bày vấn đề một cách rõ ràng và mạch lạc, bằng cách kết hợp các từ và cụm từ một cách hợp lý, phát âm chính xác và sử dụng trọng âm cùng ngữ điệu để duy trì sự liên tục trong giao tiếp, từ đó giữ cho người nghe không cảm thấy nhàm chán. Độ chính xác, ngược lại, là mức độ mà câu nói đáp ứng đúng các quy tắc ngữ pháp, ngữ nghĩa và từ vựng phù hợp trong ngữ cảnh cụ thể". Vì vậy, giáo viên nên chú trọng cả yếu tố chính xác và lưu loát khi giảng dạy kỹ năng này.

* *Tác giả liên hệ*
Email: lethithuyha@humg.edu.vn

2.2. Một số yếu tố ảnh hưởng đến việc học kỹ năng nói tiếng Anh

2.2.1. Động cơ học tập

Động cơ học tập đóng vai trò quan trọng và có ảnh hưởng sâu rộng đến kết quả học tập của sinh viên. Theo Gi Willis J. Edmondson (1997), động cơ học tập là "sự sẵn sàng đầu tư thời gian, công sức và các nguồn lực khác trong một khoảng thời gian dài để đạt được mục tiêu đã đề ra." Trong khi đó, Vũ Dũng (2000) mô tả động cơ học tập của sinh viên là "sức mạnh tinh thần" xuất phát từ nhu cầu hoàn thành xuất sắc nhiệm vụ học tập và rèn luyện. Động cơ này không chỉ thúc đẩy sự tích cực trong hoạt động học tập và nghiên cứu mà còn giúp sinh viên vượt qua khó khăn để đạt được kết quả tốt nhất có thể. Những sinh viên nhận thức rõ giá trị của việc học ngoại ngữ thường có thái độ học tập nghiêm túc hơn. Họ sẽ nỗ lực và chủ động tham gia vào các hoạt động giao tiếp và thực hành, đồng thời sẵn sàng đối mặt với những thử thách. Ngược lại, những em chỉ học để đối phó thường chỉ học qua loa, đến lớp chỉ để điểm danh mà không thực sự chú trọng vào việc học.

2.2.2. Môi trường học tập

Môi trường học tập là yếu tố thứ hai ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng dạy và học trong nhà trường. Một môi trường học tập tốt có thể kích thích sự sáng tạo, sự chủ động, và niềm đam mê học tập, từ đó giúp người học khai thác và phát triển các tiềm năng sẵn có. Theo Lightbown (2000), việc học ngoại ngữ là 3 tiết hay 5 tiết mỗi tuần trên lớp là không đủ. Để học ngoại ngữ hiệu quả, người học cần ba điều kiện chính: thường xuyên tiếp xúc với ngôn ngữ qua việc nghe và đọc, có cơ hội giao tiếp bằng ngôn ngữ với người bản ngữ hoặc những người có trình độ cao hơn, và có nhiều cơ hội để thực hành nói và viết bằng ngoại ngữ. Để đảm bảo ba điều kiện này, nhà trường cần chú trọng đến việc trang bị đầy đủ sách tài liệu, phòng học và thiết bị hiện đại, hệ thống âm thanh rõ nét, cùng với hệ thống mạng ổn định để sinh viên có thể truy cập và tìm kiếm thông tin phục vụ cho việc học một cách dễ dàng. Bên cạnh cơ sở vật chất và trang thiết bị, cách giao tiếp giữa giáo viên và sinh viên cũng ảnh hưởng đáng kể đến quá trình học ngoại ngữ, đặc biệt là kỹ năng nói. Kabian (2000) cho rằng giáo viên nên xây dựng mối quan hệ thân thiện và tôn trọng với sinh viên, hiểu rõ điểm mạnh và điểm yếu của từng lớp học, từ đó thiết kế chương trình học phù hợp, hấp dẫn và thú vị. Điều này giúp sinh viên hứng thú, say mê, và chủ động học tập hơn.

2.2.3. Kiến thức về ngôn ngữ

Kiến thức về ngôn ngữ, bao gồm từ vựng, ngữ âm, ngữ pháp và kiến thức xã hội, có ảnh hưởng trực tiếp đến kết quả học ngoại ngữ. Để giao tiếp hiệu quả, người học cần có một lượng từ vựng phong phú để diễn đạt linh hoạt trong các tình huống khác nhau. Schmitt (2000) nhấn mạnh rằng "kiến thức từ vựng là cốt lõi của khả năng giao tiếp và việc nắm vững ngôn ngữ thứ hai." Nation (2001) mô tả rằng mối quan hệ giữa kiến thức từ vựng và việc sử dụng ngôn ngữ là tương hỗ; nghĩa là, kiến thức từ vựng không chỉ giúp cải thiện việc sử dụng ngôn ngữ mà việc sử dụng ngôn ngữ cũng góp phần làm giàu vốn từ vựng.

Tiếp theo, ngữ âm là yếu tố quan trọng giúp người học tiếng Anh nói lưu loát như người bản xứ, từ đó làm cho việc giao tiếp trở nên dễ dàng hơn. Hoàng Trọng Phiến (2008) cho rằng: "Kiến thức ngữ âm học rất cần thiết cho việc dạy và học ngoại ngữ. Nếu người dạy nắm vững ngữ âm và người học có hiểu biết cơ bản về môn học này, kết quả học tập sẽ tốt hơn. Người học không chỉ 'bắt chước' phát âm mà còn tiếp thu một cách có ý thức, so sánh cấu âm của tiếng ngoại quốc với tiếng mẹ đẻ." Điều này có nghĩa là phát âm chính xác giúp người học tự tin hơn trong giao tiếp. Rèn luyện ngữ âm và phát âm cũng nâng cao khả năng phán đoán từ vựng và hiểu rõ hơn khi giao tiếp.

Ngữ pháp tiếng Anh cũng đóng vai trò thiết yếu trong việc giao tiếp và viết. Ngữ pháp tạo nền tảng cho cấu trúc câu, giúp người học biết cách sắp xếp từ ngữ và các thành phần ngữ pháp khác để truyền đạt ý nghĩa một cách rõ ràng. Các loại câu như câu đơn, câu phức, câu hỏi đều có cấu trúc và mục đích sử dụng khác nhau. Hiểu rõ về cấu trúc câu giúp người học tránh nhầm lẫn khi giao tiếp, đồng thời nắm vững các nguyên tắc về thì, từ loại và mệnh đề. Như vậy, hệ thống ngữ pháp không chỉ là khung sườn giúp sinh viên diễn đạt ý nghĩ chính xác mà còn đảm bảo sự mạch lạc và logic trong ngôn ngữ.

2.2.4. Chiến lược học ngôn ngữ

Chiến lược học ngôn ngữ đóng vai trò thiết yếu trong quá trình học tập. Theo Macaro (2001), chiến lược học tập là phương pháp và quy trình mà người học sử dụng để cải thiện khả năng nắm vững ngôn ngữ mà họ đang học. Gani (2015) cho rằng có rất nhiều chiến lược và phương pháp học khác nhau, và học viên nên chọn những chiến lược phù hợp với trình độ và khả năng tư duy ở từng thời điểm cụ thể sẽ giúp việc học một ngôn ngữ mới trở nên dễ dàng hơn, tự chủ hơn và hiệu quả hơn. Các chiến lược học tập ngôn ngữ thường được phân loại thành hai nhóm chính: chiến lược trực tiếp và chiến lược gián tiếp. Nhóm chiến lược trực tiếp bao gồm các phương pháp mà người học sử dụng trực tiếp trong quá trình học ngôn ngữ đích.

Nhóm chiến lược gián tiếp: gồm những thủ thuật trợ giúp nhóm chiến lược trực tiếp.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu được tiến hành bằng phương pháp định lượng để khảo sát những yếu tố ảnh hưởng và các chiến lược mà sinh viên đang áp dụng trong quá trình học kỹ năng nói tiếng Anh ở trường Đại học Mỏ - Địa chất. Bảng câu hỏi để thu thập số liệu cho phần nghiên cứu dựa trên SILL (The Strategy Inventory for Language Learning) được xây dựng bởi Oxford (1990).

Để phù hợp với tình hình thực tại trong trường, nhóm nghiên cứu xây dựng lại bảng câu hỏi bao gồm 30 câu hỏi liên quan đến động cơ, mục đích, chiến lược học mà sinh viên áp dụng cho kỹ năng nói tiếng Anh. 187 sinh viên từ 4 nhóm đang học tiếng Anh tại trường (kỳ 2 năm học 2023-2024) được mời tham gia khảo sát. Với những câu hỏi liên quan đến động cơ, mục đích học tiếng Anh và khó khăn trong kỹ năng nói, người tham gia khảo sát có thể lựa chọn nhiều hơn một phương án trả lời, kết quả chỉ tính đến %. Câu hỏi về chiến lược học kỹ năng nói được thiết kế theo dạng yêu cầu người tham gia khảo sát trả lời các câu hỏi về tần suất sử dụng các chiến lược học của mình theo thang điểm Likert ở 5 mức độ: không bao giờ (1 điểm), hiếm khi (2 điểm), thỉnh thoảng (3 điểm), khá thường xuyên (4 điểm), thường xuyên (5 điểm). Sau khi nhận lại phiếu điều tra, nhóm nghiên cứu sử dụng ứng dụng Excel truy cập dữ liệu và xử lý các chỉ số theo tỷ lệ % và tính giá trị trung bình. Giá trị này sẽ tính theo 3 cấp độ: 3,5 - 5 (sử dụng ở mức độ cao), 2,5 - 3,4 (mức độ trung bình), 1,0 - 2,4 (mức độ thấp).

3. Kết quả và thảo luận

Trong số các sinh viên tham gia nghiên cứu, 54% là nam và 46% là nữ. Về thời gian học tiếng Anh, 33% sinh viên đã học từ 5-10 năm, 46% học trên 10 năm, và 21% học dưới 5 năm. Rõ ràng, sinh viên học tiếng Anh từ khá sớm, nhưng trình độ hiện tại của các em chỉ đạt đến cấp độ A2 theo khung tham chiếu châu Âu.

3.1. Mục đích học tiếng Anh của sinh viên

61,4% sinh viên học tiếng Anh với mục tiêu tìm việc làm sau khi ra trường, 44,9% học để giao tiếp với người nước ngoài, và 42,2% học để vượt qua môn học bắt buộc tại trường. Tỷ lệ sinh viên học tiếng Anh với mục đích nghe, xem phim và đọc tài liệu tiếng Anh thấp nhất, chỉ đạt 35,2%. Khoảng 18,7% sinh viên học vì cả 4 mục đích nêu trên, trong khi khoảng 10% học vì nhu cầu xin việc và giao tiếp khi cần thiết. Rất ít sinh viên học vì cả hai mục đích: vượt qua môn học bắt buộc và nhu cầu xin việc. Kết quả này cho thấy phần lớn sinh viên nhận thức được tầm quan trọng của tiếng Anh cho sự nghiệp tương lai thay vì chỉ học để đạt điểm qua môn học.

Kết quả khảo sát cũng phản ánh nhận thức của sinh viên về tầm quan trọng của kỹ năng nói tiếng Anh. Cụ thể, 67,9% cho rằng kỹ năng nói rất quan trọng, 32,1% là quan trọng, và không có sinh viên nào đánh giá thấp. Tuy nhiên, dù nhận thức được sự quan trọng của kỹ năng nói, sinh viên lại dành rất ít thời gian cho việc luyện tập. Phần lớn chỉ luyện tập trong giờ học chính khóa hoặc tại các lớp học thêm ở trung tâm tiếng Anh và hầu như không tự luyện tập ở nhà nếu không có yêu cầu từ giáo viên. Thời lượng học tiếng Anh trên lớp thường chỉ khoảng 2-3 tiết mỗi tuần, phân bổ đều cho các kỹ năng nghe, nói, đọc và viết. Rõ ràng, mặc dù nhận thức được tầm quan trọng của kỹ năng nói, nhưng thiếu thời gian luyện tập phù hợp dẫn đến hiệu quả học tập chưa thu được nhiều.

3.2. Khó khăn khi học kỹ năng nói của sinh viên

Khi được khảo sát về khó khăn trong việc học kỹ năng nói tiếng Anh, 46,5% và 44,9% cho rằng từ vựng hạn chế và sự khác biệt về phát âm so với ngôn ngữ mẹ đẻ là những nguyên nhân chính. Chỉ 27,2% sinh viên cảm thấy gặp khó khăn với ngữ điệu. Điều này cho thấy không phải ngữ điệu tiếng Anh khó mà do thiếu từ vựng và dữ liệu cần thiết, khiến sinh viên không thể hoàn thiện một câu nói một cách đầy đủ. Thậm chí, ngay cả khi đã có đủ từ vựng, 60,9% sinh viên cho biết họ vẫn gặp khó khăn trong việc sắp xếp từ thành câu hoàn chỉnh với ngữ pháp, phát âm và ngữ điệu đúng. Khoảng 15,5% sinh viên cho biết họ gặp từ 3 đến 4 vấn đề khác nhau cản trở việc học kỹ năng nói tiếng Anh.

Với những cản trở như trên nên khi nhóm nghiên cứu khảo sát về hình thức luyện tập kỹ năng nói ở nhà thì gần như không nhận được kết quả. Nếu có thì số ít các em luyện tập bằng cách nghe nhạc và hát theo, sử dụng app ESLA để luyện tập phát âm nhưng dành rất ít thời gian cho các hoạt động tự học.

Với bộ câu hỏi về tâm lý trong quá trình học, kết quả cho thấy gần 36% sinh viên cảm thấy xấu hổ hay không thoải mái đứng trước lớp khi trả lời câu hỏi hay thuyết trình một đoạn văn ngắn bằng tiếng Anh. 29,4% thấy hào hứng sẵn sàng thực hiện các hoạt động khi giáo viên yêu cầu.

3.3. Những chiến lược học kỹ năng nói sinh viên đang áp dụng

Bảng 1. Tần suất sử dụng các chiến lược học kỹ năng nói

STT	Nhóm chiến lược	Giá trị trung bình	Tần suất sử dụng
1	Chiến lược cảm xúc	3,508	Cao
2	Chiến lược nhận thức	3,285	Trung bình
3	Chiến lược siêu nhận thức	3,226	Trung bình
4	Chiến lược xã hội	3,203	Trung bình
5	Chiến lược bù đắp	3,2	Trung bình
6	Chiến lược ghi nhớ	2,944	Trung bình

Số liệu thống kê ở bảng 1 cho thấy sinh viên sử dụng tất cả các chiến lược học kỹ năng nói nhưng phần lớn chỉ ở mức trung bình. Biện pháp giải tỏa tâm lý khi lo lắng sợ hãi bằng cách nghe một bản nhạc yêu thích nào đó trong nhóm chiến lược cảm xúc được sử dụng với tần suất cao nhất (3,508). Điều này rất dễ hiểu là, kỹ năng nói, thuyết trình trước nhiều người thường làm sinh viên có tâm lý rụt rè lo lắng, ngại ngùng, đặc biệt với các bạn sinh viên khi mà vốn kiến thức chưa đủ để tự tin trình bày và chưa được luyện tập thường xuyên. Để trấn an tâm lý tinh thần các em mở đoạn nhạc mình yêu thích trước khi thực hiện nhiệm vụ bài nói của mình. Chiến lược ghi nhớ, gợi lại những gì đã học trước đó được sử dụng với tần suất thấp nhất, 2,999. Thông thường các bài nói của sinh viên trên lớp ở trình độ A2-B1 chỉ là hội thoại theo chủ đề trong cuộc sống hàng ngày, trả lời câu hỏi bằng cách nêu quan điểm ở những đoạn văn ngắn nên lượng từ chỉ cần đến khoảng 50-60 từ. Ngoài ra, đa phần các em thường được giảng viên hướng dẫn chuẩn bị rất kỹ lưỡng trước khi nói nên chiến lược ghi nhớ dùng hình ảnh, vẽ sơ đồ tư duy, viết ý chính, tự luyện tập từ câu trong ngữ cảnh ít được các em sử dụng. Các chiến lược nhận thức, siêu nhận thức, xã hội, bù đắp đều có tần suất sử dụng ngang nhau dao động từ 3,2 đến 3,285.

Bảng 2. Chiến lược học kỹ năng nói được sử dụng nhiều nhất và ít nhất

STT	Tiểu chiến lược	Giá trị trung bình	Tần suất sử dụng
1	Sử dụng từ điển điện thoại để tra cứu từ vựng.	4,081	Cao
2	Em tra cứu từ vựng liên quan đến chủ đề nói.	3,694	Cao
3	Em tập trung cao độ, luyện tập hết khả năng vốn có của mình trong giờ học.	3,626	Cao
4	Em tập trung vào ý chính, từ khi nói.	3,568	Cao
5	Em sẵn sàng nhờ giáo viên hỗ trợ khi không hiểu rõ vấn đề mình cần làm.	3,364	Trung bình
6	Em lên kế hoạch sắp xếp ý trước khi nói và tự đánh giá phát hiện lỗi sửa sai ngay sau khi nói.	3,137	Trung bình
7	Em tìm các âm vần giống nhau để luyện phát âm.	2,371	Thấp
8	Em luyện tập kỹ năng nói theo cặp nhóm.	2,354	Thấp

Bảng 2 thống kê tần suất sử dụng nhiều nhất và ít nhất của các tiểu chiến lược. Nhìn chung vốn từ vựng thiếu cho phát triển kỹ năng nói tiếng Anh dẫn đến chiến lược sinh viên bổ sung bằng cách sử dụng điện thoại để tra cứu từ vựng có tần suất sử dụng cao nhất, 4,081. Các chiến lược tập trung cao trong giờ học thực hành và khi nói cần tập trung vào ý chính của bài được sử dụng với tần suất cao thứ hai: 3,694 và 3,626. Do thiếu động lực, thiếu tự tin trong giao tiếp nên sinh viên vẫn còn ngại ngùng khi tự tạo nhóm, cặp để thực hành. Đây chính là lý do chiến lược tìm âm vần giống nhau để luyện tập phát âm và luyện tập theo căp, nhóm được sử dụng với tần suất thấp nhất dao động từ 2,354 đến 2,371.

Tóm lại thực trạng học kỹ năng nói tiếng Anh của sinh viên tại trường Đại học Mỏ Địa chất xuất phát từ nhiều phía, có cả nguyên nhân chủ quan và khách quan. Để khắc phục những vấn đề này, nhóm tác giả cho rằng cần có sự nỗ lực hợp tác từ các bên như nhà trường, giảng viên và các em sinh viên.

3.4. Một số gợi ý giúp cải thiện kỹ năng nói tiếng Anh

Dựa trên kết quả khảo sát, nhóm nghiên cứu xin đưa ra một số đề xuất nhằm cải thiện kỹ năng này:

Thứ nhất, về chương trình đào tạo:

- Tăng cường giáo trình và tài liệu học tập: Hiện tại, các giáo trình tại trường chủ yếu tập trung vào kỹ năng nghe, đọc và viết, trong khi kỹ năng nói chưa được chú trọng đủ. Để cải thiện điều này, chúng tôi đề xuất bổ sung các giáo trình như *English Pronunciation in Use* để luyện phát âm, *Effortless English* để nói tiếng Anh như người bản ngữ, và *Oxford Word Skills* để mở rộng vốn từ vựng.
- Đổi mới các học phần tín chỉ: Các học phần như Tiếng Anh 3 và Tiếng Anh 4 nên tập trung vào kỹ năng nghe và nói, với yêu cầu thi vấn đáp cuối học phần. Điều này sẽ tạo áp lực tích cực giúp sinh viên chủ động luyện tập kỹ năng nói hơn cả trong và ngoài lớp.

Thứ hai, về đội ngũ giảng viên:

- Ứng dụng các chiến lược học hiệu quả: Giảng viên nên linh hoạt lồng ghép các chiến lược học vào các bài giảng để làm tăng sự hứng thú cho sinh viên. Việc chia lớp thành các nhóm nhỏ (khoảng 3-4 sinh viên) để thực hành kỹ năng nói qua các hoạt động như đóng vai, phỏng vấn, thuyết trình, kể truyện, và tóm tắt nội dung sẽ giúp sinh viên rèn luyện sự tự tin và cải thiện kỹ năng giao tiếp.
- Sử dụng các nền tảng trực tuyến: Giảng viên nên tạo các diễn đàn trên Zalo để sinh viên có thể trao đổi và gửi bài nói thu âm, từ đó tạo cơ hội cho các em học hỏi lẫn nhau và nhận phản hồi từ giáo viên một cách thuận tiện hơn.
- Cập nhật phương pháp giảng dạy: Giảng viên cần liên tục tham gia các hội thảo và cập nhật các phương pháp giảng dạy mới nhất trong xu thế toàn cầu hóa. Việc áp dụng công nghệ mới để dạy kỹ năng nói và phát âm cũng sẽ tạo ra một môi trường học tập hứng thú và hiệu quả hơn.
- Tổ chức câu lạc bộ tiếng Anh: Kết hợp với Hội sinh viên và Đoàn thanh niên để tổ chức các câu lạc bộ tiếng Anh miễn phí, mời các giảng viên từ các ngành khác hoặc sinh viên từ các nước nói tiếng Anh để tham gia và tạo cơ hội cho sinh viên mở rộng khả năng giao tiếp chuyên ngành.

Thứ ba, về phía sinh viên:

- Cải thiện vốn từ vựng và ngữ pháp: Sinh viên nên áp dụng các chiến lược học từ mới theo chủ đề hoặc nhóm từ, học từ trong các ngữ cảnh khác nhau và bổ sung kiến thức về ngữ pháp để hình thành câu đúng. Đồng thời, việc luyện phát âm qua các từ, cụm từ, và câu cũng rất quan trọng. Sinh viên có thể sử dụng các trang web học tiếng Anh phổ biến hiện nay.
- Tham gia các câu lạc bộ và hội nhóm: Sinh viên nên chủ động tham gia các câu lạc bộ và nhóm yêu thích tiếng Anh để luyện tập thường xuyên. Áp dụng kiến thức từ lớp học vào các tình huống thực tế sẽ giúp mở rộng từ vựng và cải thiện sự tự tin khi giao tiếp.

4. Kết luận

Khảo sát thực trạng học kỹ năng nói tiếng Anh của sinh viên tại trường, nhóm nghiên cứu đã rút ra kết luận rằng, mặc dù đã được tiếp xúc với ngoại ngữ này từ cấp 2, nhưng sinh viên vẫn chưa hình thành thói quen nói tiếng Anh. Nguyên nhân chính là do sinh viên chưa xác định rõ mục đích và động cơ học tập kỹ năng nói tiếng Anh; lượng từ vựng cần thiết ở trình độ A2 vẫn chưa đủ; kiến thức về ngữ âm, ngữ điệu, cũng như ngữ pháp còn hạn chế.

Số liệu khảo sát cũng cho thấy sinh viên nhưng chưa áp dụng chiến lược học một cách hiệu quả. Chiến lược cảm xúc được sử dụng với tần suất cao, trong khi chiến lược bù đắp và ghi nhớ ít được chú trọng. Điều này dẫn đến năng lực nói tiếng Anh viên không được cải thiện nhiều.

Để khắc phục vấn đề này, giảng viên cần hướng dẫn các em sử dụng các chiến lược học kỹ năng nói phù hợp với trình độ. Đồng thời, nhà trường nên phối hợp với Hội sinh viên và Đoàn thanh niên mở một môi trường học tiếng Anh phong phú, bao gồm cả hỗ trợ tinh thần và vật chất, nhằm giúp sinh viên có trải nghiệm học tập gần gũi với môi trường nói tiếng Anh như ở các nước.

Tài liệu tham khảo

Đỗ Thị Huyền, Nguyễn Thị Hoa, 2020. Những khó khăn trong việc dạy và học kỹ năng nói tiếng Anh của giảng viên và sinh viên năm thứ nhất trường Đại học Nông - Lâm Bắc Giang và một số biện pháp khắc phục. *Tạp chí Giáo dục*, số Đặc biệt (kỳ 2-5/2020).

Gi Willis. J. Edmondson, 1997. *Twelve lectures on Second Language Acquisition*. Gunter Nar Verlag Tubingen.

Oxford. R, 1990. *Language learning strategies*. New York: Newbury House

Paul Nation, 2012. *Learning Vocabulary in Another Language*. Cambridge University Press.

Zoltan Dornyei, 2001. *Motivational Strategies in the Language Classroom*. Cambridge University Press.
Stephen Krashen, 1985. *The Input Hypothesis: Issues and Implications*. Longman Group UK Ltd.
Scoot.T, 2005. *How to teach speaking*. Longman Group UK Ltd.
Trương Trần Nhật Minh, 2018. Thực trạng kỹ năng nói tiếng Anh và đề xuất một số hoạt động tự rèn luyện nói tiếng Anh ngoài lớp cho sinh viên chuyên ngành kỹ thuật trường Đại học công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh. *Tạp chí Giáo dục*, số 435, (kỳ 1-8/2018).
Schmitt. N, 2000. *Vocabulary learning strategies*. Cambridge University Press
Vũ Dũng, 2000. *Tâm lý học xã hội*. Nhà xuất bản Khoa học xã hội.

ABSTRACT

Students' reality of studying English speaking skill at Hanoi University of Mining and Geology

Le Thi Thuy Ha
Hanoi University of Mining and Geology

The study, conducted with 187 students at Hanoi University of Mining and Geology, aimed to examine the current state of English-speaking skills among students. The findings reveal that many students struggle with English speaking due to deficiencies in vocabulary, pronunciation, and grammar. Additionally, some students face challenges such as a lack of confidence and poor strategies for learning English speaking skills. The paper also offers recommendations to enhance students' English-speaking abilities.

Keywords: English speaking skill; motivation; strategy

ESP Teachers' perspectives on the TPACK framework

Duong Thuy Huong*
Hanoi University of Mining and Geology

ABSTRACT

In the rapidly growing landscape of language education, the integration of technology has become increasingly popular. This paper investigates the perspectives of English for Specific Purposes (ESP) teachers regarding the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) framework. TPACK, a theoretical construct that emphasizes the intersection of technological, pedagogical, and content knowledge, has gained attention as a guiding framework for effective technology integration in teaching. This study investigates how ESP teachers perceive and utilize the TPACK framework in their instructional practices. Through qualitative analysis of interviews with ESP educators, the research explores teachers' understanding of TPACK, its application in ESP contexts, challenges encountered, and perceived benefits. The findings shed light on the complexities of technology integration in ESP instruction, providing valuable insights for teacher training, curriculum development, and educational policy.

Keywords: TPACK framework; ESP teaching; technology integration

1. Introduction

The integration of technology in education has fundamentally transformed teaching and learning processes, necessitating new frameworks to effectively exploit its potential. Among these, the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) framework has emerged as a critical tool for understanding and implementing technology in educational settings. Originally developed by Mishra and Koehler (2006), TPACK emphasizes the interplay between technology, pedagogy, and content knowledge, providing a comprehensive approach to integrating technology in teaching. In the context of English for Specific Purposes (ESP), where language instruction is tailored to meet the specific needs of learners in professional or academic fields, the application of TPACK presents unique opportunities and challenges. ESP teachers are required not only to impart specialized language skills but also to incorporate relevant technological tools that enhance learning outcomes and prepare students for real-world professional scenarios. However, the effective implementation of TPACK in ESP instruction depends on teachers' understanding and perspectives on its applicability and impact.

This study aims to explore ESP teachers' perspectives on the implications of the TPACK framework within university settings. By examining their views on how TPACK influences their teaching practices, this paper seeks to identify the benefits and challenges associated with its implementation in ESP courses. Furthermore, it aims to provide insights into the professional development needs of ESP teachers to enhance their competency in integrating technology into their pedagogical practices. Through a comprehensive review of existing literature and empirical data, this paper will highlight the current state of TPACK implementation in ESP instruction, uncover gaps in knowledge and practice, and propose recommendations for effective integration. Understanding ESP teachers' perspectives on TPACK is crucial for informing curriculum design, teacher training programs, and policy decisions aimed at optimizing technology use in language education. Ultimately, this research will contribute to the broader discourse on the role of technology in specialized language instruction and its implications for teaching and learning in higher education.

2. An overview of the TPACK framework

2.1. The definition and development of the TPACK framework

The integration of technology in education has revolutionized the teaching and learning processes across various disciplines, including language teaching. Among the frameworks developed to facilitate effective

*Tác giả liên hệ
Email: duongthuyhuong@humg.edu.vn

technology integration is the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) framework. Initially conceptualized by Mishra and Koehler (2006), TPACK has been instrumental in providing a comprehensive approach to understanding the relationship between technology, pedagogy, and content knowledge.

The TPACK framework extends Shulman's (1986) concept of Pedagogical Content Knowledge (PCK) by incorporating technology as an essential component of teaching knowledge. According to Mishra and Koehler (2006), TPACK is the intersection of three primary forms of knowledge: Content Knowledge (CK), Pedagogical Knowledge (PK), and Technological Knowledge (TK). This intersection represents a teacher's ability to effectively integrate technology into their teaching practices in ways that enhance student learning.

Content Knowledge (CK): CK refers to the teacher's understanding of the subject matter that they are teaching. In language teaching, this includes knowledge of linguistic structures, vocabulary, grammar, and the specific content related to the language's use in various contexts (Mishra & Koehler, 2006).

Pedagogical Knowledge (PK): PK encompasses the methods and practices of teaching. This includes understanding how students learn, classroom management techniques, lesson planning, and assessment strategies. PK is crucial for designing effective instructional activities that facilitate learning (Shulman, 1986).

Technological Knowledge (TK): TK involves the understanding and application of various technological tools and resources. This includes digital literacy, familiarity with educational software, and the ability to integrate these tools into teaching practices (Mishra & Koehler, 2006).

Pedagogical Content Knowledge (PCK): The intersection of PK and CK, PCK represents the understanding of how to teach specific content effectively. This involves knowing what teaching approaches fit particular content areas and how to make the subject matter accessible to learners (Shulman, 1986).

Technological Content Knowledge (TCK): The intersection of TK and CK, TCK involves understanding how technology can support and enhance the learning of specific content. This includes using technology to represent and convey content in innovative ways (Mishra & Koehler, 2006).

Technological Pedagogical Knowledge (TPK): The intersection of TK and PK, TPK is the understanding of how teaching and learning can change when specific technologies are used. This involves knowing how to integrate technology into pedagogical strategies to enhance learning outcomes (Mishra & Koehler, 2006).

Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): At the center of the framework, TPACK represents the comprehensive understanding of how to integrate technology into teaching in a way that enhances learning across all content areas. It requires a nuanced understanding of the complex relationships between technology, pedagogy, and content (Mishra & Koehler, 2006).

The development of TACK in language teaching is a response to the evolving digital landscape, which necessitates that teachers are not only proficient in their subject matter and pedagogy but also in using technological tools to facilitate learning. Research by Graham (2011) indicates that successful integration of technology in language teaching requires teachers to develop an understanding of how technology interacts with pedagogy and content. This integration helps design learning experiences that are engaging, interactive, and relevant to the digital age. In general language teaching, tools such as language learning apps, online collaborative platforms, and multimedia resources have become integral in creating dynamic and interactive learning environments. Studies have shown that when teachers effectively integrate these tools using the TPACK framework, students benefit from improved language skills and greater motivation (Chai, Koh, & Tsai, 2013). The TPACK framework thus provides a structured approach for teachers to develop and refine their technological, pedagogical, and content knowledge, enabling them to design effective technology-enhanced language learning experiences.

The application of the TPACK framework in ESP teaching presents unique opportunities and challenges. ESP, which focuses on teaching English tailored to specific professional or academic contexts, requires a specialized approach to language instruction. The integration of TPACK in ESP teaching necessitates that teachers possess a deep understanding of the specific content areas, relevant pedagogical strategies, and the appropriate technological tools that can enhance learning in those contexts.

In ESP, technology can play a crucial role in simulating real-world professional environments and providing authentic language practice. For example, using industry-specific software, online simulations, and virtual collaboration tools can help ESP students develop the language skills needed for their specific fields. According to Fălăuș (2017), integrating technology in ESP teaching can significantly enhance the learning experience by making it more relevant and practical. However, the successful implementation of TPACK in ESP teaching also depends on teachers' ability to navigate the complexities of combining technological, pedagogical, and content knowledge. Studies by Kırkgöz and Dikilitaş (2018) highlight that

many ESP teachers face challenges in this regard due to a lack of professional development opportunities and insufficient resources tailored to specific contexts. Therefore, ongoing professional development and support are crucial for ESP teachers to effectively integrate TPACK in their teaching practices.

2.2. The TPACK framework in language teaching

The application of the TPACK framework in ESP teaching has gained attention as educators seek to tailor language instruction to specific professional and academic contexts. ESP teaching requires a specialized approach, as it focuses on language use in particular fields such as business, engineering, or medicine. Studies by different scholars have highlighted the benefits and challenges of integrating TPACK in ESP teaching. Research by Kırkgöz and Dikilitaş (2018) emphasizes that ESP teachers need to develop specific technological skills relevant to their fields to effectively integrate TPACK. They found that teachers often face challenges in aligning technological tools with the specific content and pedagogical needs of ESP courses. Chai, Koh, and Tsai (2013) reviewed 74 journal papers investigating ICT integration using the TPACK framework. They found that TPACK is a promising area of research, particularly in North America, yielding positive results in enhancing teachers' capability to integrate ICT for instructional practice. However, gaps remain in understanding how TPACK can facilitate deeper educational changes. In language teaching, TPACK provides a structured approach for teachers to integrate technology into their curriculum. For instance, language teachers can use multimedia tools to create interactive and engaging lessons that cater to diverse learning styles. The use of digital platforms for language practice, such as online discussion forums and language learning apps, exemplifies how TPACK can transform traditional teaching methods.

Studies on TPACK in ESP teaching highlight its potential to address the specific needs of ESP learners. Koh and Chai (2014) emphasize that TPACK enables ESP teachers to design a curriculum that incorporates industry-specific tools and technologies, preparing students for real-world applications. By aligning technological tools with pedagogical strategies and content requirements, ESP teachers can create more relevant and engaging learning experiences.

In Vietnam, the application of TPACK in ESP teaching is gaining momentum, although research remains limited. Nguyen and Le (2017) conducted a study on the integration of TPACK in ESP courses for business students at Vietnamese universities. Their findings indicate that while teachers recognize the importance of technology, there are significant challenges in implementation due to limited resources and training. Another study by Tran (2019) explored the perceptions of ESP teachers regarding TPACK in Vietnamese higher education. The research revealed that while teachers were generally positive about the potential of TPACK, they faced difficulties in aligning technological tools with pedagogical practices and content requirements. The study called for more comprehensive professional development programs to equip ESP teachers with the necessary skills and knowledge to implement TPACK effectively.

The TPACK framework represents a significant advancement in understanding how technology can be integrated into teaching and learning. Its application in general language teaching and ESP teaching offers numerous benefits, from enhancing student engagement to preparing learners for specific professional contexts. However, successful implementation requires addressing various challenges, including resource limitations and the need for ongoing professional development. Future research should focus on exploring innovative strategies to overcome these challenges and fully realize the potential of TPACK in diverse educational settings.

3. Findings and discussions on ESP teachers' perspectives on the TPACK framework

3.1. Data collection and procedure

To gain insights into ESP teachers' perspectives on the implementation of the TPACK framework in ESP teaching at universities, a qualitative research approach was adopted. Data were collected through semi-structured interviews with five ESP teachers from different faculties in a technical university. The interview protocol was designed to elicit detailed responses regarding their experiences, challenges, and views on integrating technology, pedagogy, and content knowledge in their teaching practices. Each interview lasted approximately 60 minutes and was conducted in a private setting to ensure confidentiality and encourage open communication. Participants were selected based on their extensive experience in ESP teaching and familiarity with the TPACK framework. The interviews were audio-recorded with participants' consent and later transcribed verbatim for analysis. The data collection procedure followed ethical guidelines, ensuring that participants were fully informed about the study's purpose and their rights, including the right to withdraw at any time. The transcriptions were analyzed thematically to identify common patterns and themes related to the teachers' perspectives on TPACK. This process involved coding

the data, categorizing the codes into themes, and interpreting the findings to provide a comprehensive understanding of the ESP teachers' views on the integration of technology, pedagogy, and content in their teaching contexts.

3.2. Findings and Discussions

The qualitative data analysis of the interviews with five ESP teachers from the technical university provides a rich understanding of their perspectives on ESP teaching, particularly concerning the TPACK framework. This analysis focuses on four main areas: their understanding of TPACK, its application in ESP contexts, the challenges encountered, and the perceived benefits.

3.2.1. Understanding of TPACK

All five ESP teachers demonstrated a clear understanding of the TPACK framework. They acknowledged that TPACK represents the intersection of Technological Knowledge (TK), Pedagogical Knowledge (PK), and Content Knowledge (CK). This understanding underscores the necessity for teachers to integrate technology seamlessly with pedagogy and content to enhance the learning experience. One teacher remarked, "TPACK is about how we can use technology not just as an add-on but as an integral part of our teaching methods and content delivery." This viewpoint was echoed by others who emphasized the importance of balancing these three knowledge domains to create an effective teaching environment.

The teachers highlighted that their understanding of TPACK had evolved through professional development programs and practical teaching experiences. They noted that initial exposure to TPACK often came through workshops and seminars, but a deeper understanding was achieved through trial and error in the classroom. As Teacher 3 put it, "The more I experimented with different technologies in my classes, the better I understood how to integrate them with my teaching methods and subject matter."

3.2.2. Application of TPACK in ESP Contexts

The application of TPACK in ESP teaching at technical universities varied among the teachers, reflecting their teaching styles and the available resources. Most teachers reported using a range of digital tools to facilitate language learning specific to their students' professional and technical fields. For instance, one teacher described using simulation software to create realistic work scenarios that required students to use English in context. "By simulating real-world situations," the teacher explained, "students can practice their language skills in a setting that closely resembles their future workplace." (Teacher 4)

Another common application of TPACK was the use of online platforms and collaborative tools to enhance student engagement and interaction. Teachers used platforms like Moodle and Google Classroom to provide resources, assignments, and feedback, as well as to facilitate discussions and group projects. One teacher noted, "These platforms allow me to extend learning beyond the classroom and give students more opportunities to practice their English skills in a collaborative environment." (Teacher 2)

However, the teachers also pointed out that the application of TPACK was not without challenges. They highlighted issues such as limited access to technology, insufficient technical support, and the need for ongoing professional development to stay updated with the latest technological advancements.

3.2.3. Challenges Encountered

Despite their enthusiasm for integrating technology into ESP teaching, the teachers encountered several challenges. One major issue was the difference in students' technological proficiency. While some students were skillful at using digital tools, others struggled, which created a gap in the classroom. "It can be difficult to ensure that all students are on the same page when it comes to using technology," one teacher explained. "I often have to spend extra time helping those who are less familiar with the tools." (Teacher 1)

Another significant challenge was the lack of institutional support. Teachers reported that their universities often lacked the necessary infrastructure and resources to fully implement TPACK. This included outdated hardware, unreliable internet connections, and a lack of dedicated technical staff. One teacher said, "We are expected to use technology in our teaching, but the university doesn't provide us with the tools or support we need to do it effectively." (Teacher 4)

Furthermore, the teachers noted that integrating technology into their teaching required a considerable investment of time and effort. Preparing digital materials, learning new software, and troubleshooting technical issues all added to their workload. "It's a lot of extra work," one teacher admitted. "Sometimes it feels like I'm spending more time dealing with technology than actually teaching." (Teacher 2)

3.2.4. Perceived Benefits

Despite these challenges, the interviewed teachers agreed that the benefits of integrating TPACK into ESP teaching outweighed the difficulties. They identified several key advantages, including increased student engagement, enhanced learning outcomes, and better preparation for the professional world.

One of the most frequently mentioned benefits was the ability of technology to make learning more engaging and interactive. Teachers observed that students were more motivated and involved when they

could use digital tools to explore and apply language skills in dynamic ways. "Technology allows us to create interactive and immersive learning experiences," Teaacher 1 explained. "Students are more engaged when they can participate actively rather than just passively listening to lectures."

Another significant benefit was the potential for personalized learning. Digital tools enabled teachers to tailor their instruction to meet the individual needs of their students. For instance, teachers could use online assessments to identify areas where students need additional support and provide targeted exercises to help them improve. "With technology, I can offer more personalized feedback and support. This helps students to progress at their own pace and address their specific weaknesses.", Teacher 4 noted.

The teachers also emphasized that integrating technology into ESP teaching helps students with a better professional world. Many technical fields require proficiency in both English and digital tools, and the use of technology in the classroom helped students develop these essential skills. "By using technology in our teaching," Teacher 3 explained, "we are preparing students for the realities of the modern workplace, where they will need to use both English and various digital tools."

The qualitative data analysis reveals that ESP teachers at the studied university have a nuanced understanding of the TPACK framework and its application in their teaching contexts. While they encounter significant challenges, including disparities in students' technological proficiency and a lack of institutional support, they also recognize substantial benefits. These include increased student engagement, personalized learning, and better preparation for the professional world. The findings suggest that with adequate support and resources, the integration of TPACK into ESP teaching has the potential to enhance the learning experience and outcomes for students. Future research could explore strategies to overcome the challenges identified by the teachers and further investigate the impact of TPACK on student learning in ESP contexts.

4. Conclusion

In conclusion, exploring ESP teachers' perspectives on the TPACK framework in language teaching reveals a nuanced landscape where technological, pedagogical, and content knowledge intersect dynamically. The insights gathered underscore the importance of integrating technology purposefully to enhance language instruction tailored to specific professional contexts. While acknowledging varying degrees of familiarity and comfort with digital tools among educators, the study suggests several actionable recommendations. First, targeted professional development programs can foster deeper TPACK integration, equipping teachers with the skills to leverage technology effectively. Second, collaborative platforms and communities of practice can provide ongoing support and resource sharing, enriching both teaching practices and student learning experiences. Finally, further research is encouraged to explore evolving technologies and their impact on ESP instruction, ensuring that educators remain adept and responsive to the evolving needs of learners in specialized domains.

References

Barnard, R., & Campbell, L., 2014. Using TPACK to develop ESP curriculum for healthcare professionals. *Journal of English for Academic Purposes*, 16(2), 45-58.

Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C. C., 2013. A review of technological pedagogical content knowledge. *Educational Technology & Society*, 16(2), 31-51.

Fălăuș, A., 2017. The role of technology in ESP. *Language Learning Journal*, 45(4), 477-491.

Graham, C. R., 2011. Theoretical considerations for understanding technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Computers & Education*, 57(3), 1953-1960.

Huong, T. T., 2018. Challenges and effectiveness of ESP courses in Vietnamese universities. *Journal of Asia TEFL*, 15(2), 35-52.

Hutchinson, T., & Waters, A., 1987. *English for Specific Purposes: A learning-centred approach*. Cambridge University Press.

Kırkgöz, Y., & Dikilitaş, K., 2018. Key issues in English for specific purposes curriculum development. *New Trends in Language Teaching and Learning*, 17(2), 32-45.

Koh, J. H. L., & Chai, C. S., 2014. Technological pedagogical content knowledge in ESP teaching: Challenges and strategies. *Asian ESP Journal*, 10(3), 23-37.

McCormick, R., & Scrimshaw, P., 2001. Information and Communications Technology, Knowledge and Pedagogy. *Education, Communication & Information*, 1(1), 37-57.

Mishra, P., & Koehler, M. J., 2006. Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.

Nguyen, T. T., & Le, Q. T., 2017. Integrating TPACK in ESP courses: A case study in Vietnam. *International Journal of Language Education*, 5(2), 78-92.

Paltridge, B., & Starfield, S., 2016. The Handbook of English for Specific Purposes. Wiley-Blackwell.

Shulman, L. S., 1986. Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.

Tran, D. H., 2019. ESP teachers' perceptions of TPACK in Vietnamese higher education. *Journal of English for Specific Purposes*, 18(1), 61-75.

Yamamoto, T., & Yamaguchi, K., 2016. The impact of TPACK on ESP courses for engineering students. *Journal of Technical Writing and Communication*, 46(4), 415-431.

TÓM TẮT

Nhận thức của giáo viên dạy tiếng Anh chuyên ngành về khung tích hợp công nghệ trong giảng dạy (TPACK)

Dương Thuý Hường
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Trong bối cảnh giáo dục ngôn ngữ đang phát triển nhanh chóng, việc tích hợp công nghệ ngày càng trở nên phổ biến. Bài viết này tìm hiểu quan điểm của giáo viên dạy tiếng Anh chuyên ngành (ESP) về khung TPACK. TPACK là một mô hình giáo dục mô tả sự giao thoa giữa công nghệ, phương pháp sư phạm và nội dung để tích hợp hiệu quả công nghệ vào giảng dạy. Đây là một khung lý thuyết giúp các nhà giáo dục và quản lý thiết kế những hệ thống dạy-học và đào tạo hiệu quả hơn. Trước hết, mô hình TPACK chỉ ra sự kém hiệu quả của những mô hình đào tạo mà giáo viên chỉ đơn giản tập trung vào một loại năng lực nào đó. Mô hình này chính là cơ sở cho việc phân tích kiến thức, năng lực giáo viên và từ đó có những giải pháp đào tạo giáo viên đáp ứng yêu cầu dạy-học của thế kỉ. Bài viết này tìm hiểu về nhận thức và cách giáo viên TACN sử dụng khung TPACK trong thực tiễn giảng dạy của họ thông qua việc phân tích dữ liệu từ việc phỏng vấn với giáo viên dạy TACN, từ đó phát hiện ra những thách thức, khó khăn mà giáo viên dạy TACN phải đối mặt cũng như những mong muốn của họ. Kết quả nghiên cứu có thể làm rõ hơn sự phức tạp của việc tích hợp công nghệ trong giảng dạy TACN, cung cấp những thông tin hữu ích và thực tế cho các nhà quản lý, giảng viên, việc đào tạo giáo viên cũng như việc phát triển chương trình giảng dạy và chính sách giáo dục.

Từ khoá: Khung TPACK; dạy và học TACN; tích hợp công nghệ

The Distinction of ESP and EMI

Duong Thuy Huong*
Hanoi University of Mining and Geology

ABSTRACT

This paper compares two approaches to English language teaching: English for Specific Purposes (ESP) and English as a Medium of Instruction (EMI). While both approaches involve using English in educational settings, their objectives, target audiences, and instructional methodologies differ. ESP focuses on teaching English tailored to learners' specific needs and goals within certain professional or academic contexts. On the other hand, EMI uses English as the primary language of instruction across various academic disciplines, aiming to facilitate content learning in addition to language development. This paper reveals the similarities and differences between ESP and EMI approaches through a comparative examination of key characteristics, pedagogical principles, and practical implications. Furthermore, it discusses the implications of these distinctions for language teaching and learning in diverse educational settings, offering insights for educators, curriculum designers, and policymakers.

Keywords: English as a Medium of Instruction; English for Specific Purposes; English teaching approaches; Pedagogical principles; learners' needs

1. Introduction

In the globalized world of academia and professional development, English has established itself as the lingua franca. Two prominent approaches in the field of English language teaching have emerged to offer diverse educational and occupational needs: English for Specific Purposes (ESP) and English as a Medium of Instruction (EMI). While both aim to enhance English proficiency, their objectives, methodologies, and target audiences differ significantly. ESP focuses on equipping learners with the language skills required for specific professional, academic, or technical domains. It adapts instruction to the unique linguistic and communicative demands of business, engineering, medicine, and law. By emphasizing relevant vocabulary, genre-specific structures, and contextual language use, ESP courses prepare students to function effectively within their chosen specializations. EMI, on the other hand, represents a pedagogical approach where English is used as the medium of instruction in academic subjects, rather than being taught as a separate language course. This approach is increasingly prevalent in non-English-speaking countries, particularly higher education institutions aiming to attract international students and increase global competitiveness. EMI seeks to provide students with the content knowledge of their disciplines while improving their English proficiency. The distinctions between these two approaches are important to higher educational institutions in building the training program and designing appropriate courses for their students.

This paper aims to reveal the distinctions between ESP and EMI by exploring their definitions, pedagogical strategies, and outcomes. Understanding these differences is crucial for educators, policymakers, and curriculum developers seeking to implement effective English language programs tailored to specific educational contexts.

2. An overview of ESP and EMI

2.1. An overview of ESP

Development and Definitions of ESP

English for Specific Purposes (ESP) is a subfield of English language teaching (ELT) that focuses on teaching English tailored to specific disciplines, professions, or occupational needs. ESP emerged in the 1960s in response to the increasing demand for English language skills that catered to the specialized needs of various fields such as business, science, technology, and medicine.

* *Tác giả liên hệ*
Email: duongthuyhuong@humg.edu.vn

The development of ESP was driven by several factors. The first was the rise of global commerce and communication, which necessitated a more specialized form of English instruction. Traditional English language teaching methods were found to be insufficient for learners who needed English for specific vocational or academic purposes. The second factor was the growth of linguistics, particularly the branch of applied linguistics, which emphasized the analysis of language use in specific contexts. This led to the creation of syllabi and teaching materials tailored to the specific linguistic needs of different professional and academic fields.

ESP is different from general English language teaching (ELT) in several ways. Hutchinson and Waters (1987:19) define ESP as "an approach to language teaching in which all decisions as to content and method are based on the learner's reason for learning." This definition highlights the pragmatic, learner-centered approach of ESP, which prioritizes the specific needs and goals of the learners over a one-size-fits-all curriculum. Another key definition by Strevens (1988) describes ESP as designed to meet the "specific needs of the learner" and make use of "the underlying methodology and activities of the discipline it serves," which underlines the tailored nature of ESP in terms of both content and pedagogical approach.

Current Situation of ESP in Higher Education in Vietnam

In Vietnam, the implementation of ESP in higher education is becoming increasingly prevalent as the country seeks to enhance the employability of its graduates and meet the demands of its growing economy. The Vietnamese government and educational institutions recognize the importance of English proficiency in specific professional and academic contexts and have thus incorporated ESP into their curricula. Several universities in Vietnam have developed and implemented ESP programs across various disciplines. Some universities offer ESP courses tailored to fields such as tourism, business, and information technology. Technical universities have implemented several ESP courses related to their typical majors. These programs are designed to provide students with the language skills necessary for their future careers, focusing on both linguistic competence and the specific vocabulary and conventions of their chosen fields.

However, the adoption of ESP in Vietnam is not without its challenges. One significant issue is the lack of adequately trained teachers who are proficient in both English and the specific subject matter of the ESP courses. Many English language teachers may not have adequate background knowledge in the fields they are teaching, which can affect the quality of instruction. To address this, some institutions have started to invest in professional development programs that provide ESP teachers with the necessary subject matter expertise and pedagogical skills.

Another challenge is the development of appropriate teaching materials. While there are some textbooks and resources available, many of them may not be fully relevant to the Vietnamese context or the specific needs of Vietnamese students. As a result, teachers often need to adapt or create their own materials, which can be time-consuming and require additional support.

Research on the effectiveness of ESP in Vietnam indicates mixed results. According to a study by Huong (2018), students in ESP programs generally show improved English proficiency and better preparation for their professional lives. However, the study also notes that the success of ESP programs largely depends on the quality of teaching and the relevance of the materials used (Huong, 2018, p. 45). This highlights the need for ongoing support and investment in ESP to ensure its effectiveness.

ESP represents a critical approach in English language education, focusing on the specific linguistic needs of learners in various professional and academic fields. In Vietnam, the adoption of ESP in higher education is part of a broader strategy to enhance the employability of graduates and meet the demands of a growing economy. Despite the challenges related to teacher training and material development, ESP programs in Vietnam are making strides in improving students' English proficiency and readiness for the workforce. Continued investment and support in this area are essential to maximize the benefits of ESP and contribute to the overall development of the country's education system.

2.2. An overview of EMI

Development and Definitions of EMI

English as a Medium of Instruction (EMI) refers to the use of the English language to teach academic subjects in countries where English is not the first language of most of the population. This educational approach has gained substantial traction globally due to the increasing demand for English proficiency, which is often linked to better career opportunities and access to global knowledge and networks.

The roots of EMI can be traced back to colonial and post-colonial education systems, where English was introduced as a medium of instruction by colonial powers. However, the modern wave of EMI is driven more by globalization and the perception of English as the lingua franca of international business, science, and technology. In higher education, EMI is seen as a means to internationalize universities, attract foreign students, and improve the employability of graduates.

Various definitions of EMI emphasize different aspects of its implementation. Dearden (2014) defines EMI as "the use of the English language to teach academic subjects in countries where the first language of the majority of the population is not English." This definition underscores the non-native context of EMI. Another perspective is offered by Macaro et al. (2018:19), who describe EMI as "a multilingual education policy in which English is used for the teaching of content subjects, to students who are not native speakers of English." This definition highlights EMI as a policy decision and its role in multilingual education settings.

Current Situation of EMI in Higher Education in Vietnam

In recent years, Vietnam has embraced EMI as part of its broader strategy to enhance the quality and international competitiveness of its higher education system. The Vietnamese government and educational institutions recognize the importance of English proficiency in fostering economic development and integrating into the global economy. Consequently, there has been a significant push towards implementing EMI programs in universities across the country.

Several leading universities in Vietnam have adopted EMI to varying extents. For example, the Vietnam National University, Hanoi, and the Vietnam National University, Ho Chi Minh City, have introduced numerous EMI programs in fields such as business, engineering, and information technology. These programs are designed to attract both learners, improve the quality of education, and align with international standards.

Despite these efforts, the implementation of EMI in Vietnam faces several challenges. One of the primary issues is the language proficiency of both students and faculty. Many students, particularly those from rural areas, may struggle with the English language, which can impede their understanding of complex academic content. Similarly, faculty members may lack sufficient English proficiency to effectively deliver lectures and engage in academic discourse.

Moreover, there are concerns about the adequacy of resources and support for EMI programs. Effective EMI implementation requires substantial investment in language training, teaching materials, and infrastructure. There is also a need for continuous professional development for faculty to enhance their English language skills and teaching methodologies.

Research on EMI in Vietnam suggests mixed outcomes. While some studies indicate improvements in students' English proficiency and academic performance, others highlight difficulties related to language barriers and the quality of education. Vu and Burns (2014) found that students in EMI programs exhibited higher levels of motivation and perceived benefits in terms of language skills and global awareness. However, they also noted that students faced significant challenges in comprehension and participation due to limited English proficiency.

EMI represents a strategic approach in higher education aimed at leveraging English language proficiency to enhance educational quality and global competitiveness. In Vietnam, the adoption of EMI is part of a broader effort to internationalize higher education and improve graduates' employability. While there are notable advancements in EMI implementation, challenges related to language proficiency, resource allocation, and teaching quality remain. Addressing these challenges requires a coordinated effort from policymakers, educational institutions, and stakeholders to ensure that EMI programs can achieve their intended outcomes and contribute to the overall development of the education system in Vietnam.

3. The Distinction between ESP and EMI in educational system

3.1. Definitions

ESP is an approach to language teaching designed to meet the specific needs of learners in particular professional or academic fields. As aforementioned, Hutchinson and Waters (1987:19) stated that ESP is "an approach to language teaching in which all decisions as to content and method are based on the learner's reason for learning". This definition emphasizes the pragmatic and goal-oriented nature of ESP, where the curriculum is tailored to the specific linguistic and communicative needs of learners in fields such as business, engineering, medicine, and tourism.

EMI, on the other hand, EMI refers to using English to teach academic subjects in countries where it is not the predominant language spoken by the majority of the population. Dearden (2014) defines EMI as "the use of the English language to teach academic subjects in countries where the first language of the majority of the population is not English." This definition highlights EMI's role in content delivery, where English is used as the medium for teaching subjects like mathematics, science, and humanities, rather than focusing on language acquisition itself.

3.2. Pedagogical Strategies

The pedagogical strategies in ESP are highly specialized and context-specific. They include:

- Needs Analysis: Conducting detailed needs analysis to identify the specific language requirements of learners in their respective fields.
- Tailored Curriculum: Designing a curriculum that addresses the specific vocabulary, genres, and communicative practices of the target field.
- Task-Based Learning: Using tasks and activities that simulate real-world professional scenarios to enhance practical language use.
- Contextualized Materials: Developing or selecting teaching materials that are relevant to the learners' field of study or work.

EMI, in contrast, focuses on integrating language and content instruction. Key strategies include:

- Content-Based Instruction: Emphasizing the teaching of subject matter content through English, with language learning occurring incidentally.
- Scaffolding: Providing linguistic support to help students understand complex academic content in English, such as using visual aids, glossaries, and simplified texts.
- Interactive Lectures: Encouraging active student participation through discussions, group work, and problem-solving activities in English.
- Professional Development: Training subject teachers in effective EMI methodologies and enhancing their English language proficiency.

3.3. The outcomes

The outcomes of ESP are primarily focused on language proficiency within specific professional or academic contexts. These include:

- Enhanced Job Performance: Improved ability to use English in specific job-related tasks and professional communication.
- Field-Specific Language Proficiency: Mastery of terminology, genres, and communicative practices relevant to the learners' fields.
- Increased Employability: Greater competitiveness in the job market due to specialized language skills.

EMI outcomes are broader, encompassing both language and content mastery. They include:

- Bilingual Competence: Improved English proficiency alongside mastery of academic content in various subjects.
- Academic Achievement: Enhanced understanding and performance in academic subjects taught through English.
- Global Competitiveness: Better preparation for participation in global academic and professional environments.

3.4. Practical Implications

- Curriculum Development: Teachers and curriculum developers can use the findings from the comparative analysis to design ESP and EMI courses that fit the specific needs of learners in various contexts. By taking into account the goals, target learners, and teaching methods of each approach, they can create courses that effectively address both the language and academic requirements of students.
- Teacher Training: Teacher training programs can include instruction in ESP and EMI methodologies to prepare educators for teaching in specialized settings. By providing teachers with the knowledge and skills needed to successfully apply ESP and EMI strategies, these programs help ensure that educators are ready to address the needs of diverse learners.
- Policy Development: Policymakers can use the findings of the comparative analysis to inform policy decisions related to language education and language policy. By recognizing the importance of both ESP and EMI in promoting language proficiency and academic achievement, policymakers can support the implementation of programs and initiatives that prioritize the development of communicative competence and language fluency in specialized contexts.

The distinction between ESP and EMI can be synthesized in Table 1 below:

Table 1. The Distinction of ESP & EMI
(Adapted from Unterberger & Wihelmer, 2011; and Howard Brown, 2016)

Criteria	ESP	EMI
Definition	An approach to teaching English that focuses on teaching language skills that are specific to a particular field or profession.	An approach to teaching that involves using English as the language of instruction in academic subjects that are not traditionally taught in English.
Language focus	Terminologies and grammar structures related to a specific field or profession.	English as the language of instruction.
Target Groups	Nonnative English learners	Nonnative English speakers, native English speakers
Teaching staff	Language teacher who has specialized training and expertise in the particular field or discipline for which they are providing language instruction	Subject teachers; sometimes subject teacher and language one in collaboration
Goal	Developing students' ability to communicate effectively in English in the context of their field.	Developing students' ability to understand and communicate academic subjects in English.
Pedagogical approaches and teaching formats	Focus on the development of learners' language skills in the context of their professional or academic fields.	Focus on developing subject knowledge, with teaching methods determined by the preferences of the discipline and instructor; an expert-led lecture is often the primary approach.
The role of language	Language as a subject (The language instruction is highly contextualized and tailored to the specific needs of learners in their fields.	Language as a tool (vehicular function)
Expected learning outcomes	Language used in specific context (professional field)	Subject knowledge acquisition
Assessment	Assess learners' ability to use the language (skills) in professional/ academic contexts	Students assessed on subject content knowledge
Context	Academic, professional, or vocational settings.	Academic subjects that are not traditionally taught in English.
Challenges	Balancing language instruction with technical instruction.	Students may struggle to understand complex academic concepts in a foreign language.
Examples of application	English for engineering, English for medicine.	Teaching university courses in English in non-English speaking countries.

4. Conclusion

In tertiary education settings, ESP and EMI serve distinct roles that cater to different educational objectives and student needs. ESP is tailored to equip students with specialized language skills appropriate to their academic or professional fields, emphasizing the practical application of English within specific contexts. This approach ensures that learners are proficient in the terminology and communication practices necessary for their careers. On the other hand, EMI focuses on delivering subject matter content through English, aiming to enhance students' overall language proficiency while ensuring they acquire comprehensive knowledge in their academic disciplines. The pedagogical strategies employed in ESP and EMI reflect these divergent goals, with ESP prioritizing needs analysis and contextualized materials, and EMI emphasizing content-based instruction and scaffolding. The target audience for EMI is broader, encompassing all students enrolled in English-taught courses, regardless of their field of study Consequently, the outcomes of these approaches differ, with ESP leading to field-specific language competence and EMI fostering content mastery. Recognizing these distinctions is vital for educators and policymakers to effectively design and implement curricula that meet the varied linguistic and academic needs of university students.

References

Brown, H., & Bradford, A., 2014. *EMI, CLIL, & CBI: Differing approaches and goals*. The use of English, 37.

Dearden, J., 2014. *English as a medium of instruction – a growing global phenomenon.* British Council.

Dudley-Evans, T., & St. John, M. J., 1998. *Developments in English for Specific Purposes: A multi-disciplinary approach*. Cambridge University Press.

Huong, D.T., 2018. *Current challenges of teaching ESP at a technical university in Vietnam* [Conference presentation]. Graduate Research Symposium, Hanoi, Vietnam.

Huong, T. T., 2018. *Challenges and effectiveness of ESP courses in Vietnamese universities*. Journal of Asia TEFL, 15(2), 35-52.

Hutchinson, T., & Waters, A., 1987. *English for Specific Purposes: A learning-centred approach*. Cambridge University Press.

Macaro, E., Curle, S., Pun, J., An, J., & Dearden, J., 2018. *A systematic review of English medium instruction in higher education. Language Teaching*, 51(1), 36-76.

Nha, V.T.T., & Burns, A., 2014. *English as a medium of instruction: Challenges for Vietnamese tertiary lecturers*. The Journal of Asia TEFL, 11(3), 1-31.

Strevens, P., 1988. *ESP after twenty years: A re-appraisal*. In M. Tickoo (Ed.), ESP: State of the Art (pp. 1-13). SEAMEO Regional Language Centre.

Unterberger, B., and N. Wilhelmer, 2011. *English-medium Education in Economics and Business Studies: Capturing the Status quo at Austrian Universities*. ITL - International Journal of Applied Linguistics 161: 90–110.

TÓM TẮT

Sự khác biệt giữa Tiếng Anh chuyên ngành và Dạy chuyên ngành bằng tiếng Anh

Dương Thuý Hường

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Bài viết so sánh hai phương pháp tiếp cận khác nhau trong việc giảng dạy tiếng Anh: Tiếng Anh chuyên ngành (ESP) và Dạy chuyên ngành bằng tiếng Anh (EMI). Mặc dù cả hai phương pháp đều liên quan đến việc sử dụng tiếng Anh trong môi trường giáo dục nhưng chúng khác nhau về mục tiêu, đối tượng và phương pháp giảng dạy. Tiếng Anh chuyên ngành tập trung vào việc giảng dạy tiếng Anh phù hợp với nhu cầu và mục tiêu cụ thể của người học trong bối cảnh nghề nghiệp hoặc học thuật nhất định. Ngược lại, Dạy chuyên ngành bằng tiếng Anh sử dụng tiếng Anh làm ngôn ngữ giảng dạy chính trong nhiều ngành học khác nhau, nhằm mục đích truyền tải nội dung bên cạnh việc phát triển ngôn ngữ cho người học. Bài viết này chỉ ra những điểm tương đồng và khác biệt giữa hai phương pháp tiếp cận là Tiếng Anh chuyên ngành và Dạy chuyên ngành bằng tiếng Anh thông qua việc xem xét so sánh các đặc điểm chính, nguyên tắc sư phạm và ý nghĩa thực tiễn. Đồng thời, bài viết cũng thảo luận về ý nghĩa của những khác biệt này đối với việc dạy và học ngôn ngữ trong các môi trường giáo dục đa dạng, cung cấp cho các nhà giáo dục, người thiết kế chương trình giảng dạy và các nhà hoạch định chính sách có cái nhìn sâu hơn và thực tế hơn đối với hai hướng tiếp cận này.

Từ khoá: Dạy chuyên ngành bằng tiếng Anh; Tiếng Anh chuyên ngành; các hướng tiếp cận giảng dạy tiếng Anh; các nguyên tắc sư phạm; nhu cầu người học.

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Giảng dạy tiếng Anh chuyên ngành tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất nhìn từ góc độ của giảng viên

Vũ Thái Linh*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Với xu thế toàn cầu hóa hiện nay, Tiếng Anh có vai trò quan trọng trong giao tiếp và là "chìa khóa" cho việc tiếp cận tri thức, thành công trong công việc và cuộc sống. Trong trường đại học, môn học Tiếng Anh chuyên ngành (TACN) trang bị những kiến thức cơ bản và cần thiết để người học có khả năng tiếp thu các kiến thức chuyên sâu về lĩnh vực nghề nghiệp và các kiến thức hàn lâm. Vì vậy, giảng viên (GV) phụ trách giảng dạy TACN đóng vai trò quan trọng trong việc trang bị cho sinh viên (SV) những kỹ năng ngôn ngữ cần thiết trong chuyên môn nghề nghiệp thực tiễn. Bài báo phân tích những số liệu thực tiễn về thực trạng giảng dạy TACN tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất qua việc thu thập số liệu và khảo sát 21 giảng viên dạy TACN tại trường, qua đó đề xuất những giải pháp để cải thiện công tác giảng dạy TACN hiệu quả, cũng như giúp cho việc hoạch định chính sách, xây dựng cải thiện việc dạy và học TACN hệ thống, bài bản hơn, đáp ứng thực tiễn nhu cầu xã hội.

Từ khóa: tiếng Anh chuyên ngành; dạy TACN; góc độ của giảng viên

1. Đặt vấn đề

Trong xu hướng chung về đào tạo tiếng Anh như một ngoại ngữ (Teaching English as a Foreign Language - TEFL), nhiều nghiên cứu đề cập việc dạy và học TACN (English for Specific Purposes - ESP) như là một bộ phận không thể tách rời và có vai trò quan trọng. TACN có vị trí quan trọng đối với một đối tượng rộng lớn và đa dạng SV, học viên của tất cả các ngành khoa học khác hơn là một ngôn ngữ đơn thuần. Với sự phát triển không ngừng của khoa học và công nghệ, khả năng sử dụng TACN thành thạo giúp SV tiếp cận nhanh chóng với các tài liệu quốc tế, giao tiếp và làm việc hiệu quả trong môi trường đa quốc gia. Tuy nhiên, việc giảng dạy TACN tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất vẫn gặp nhiều thách thức và hạn chế.

Để nâng cao chất lượng dạy và học TACN tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất, việc đánh giá thực trạng giảng dạy TACN đứng từ góc nhìn của GV là một yêu cầu cần thiết và tất yếu. Từ đó có những đề xuất giải pháp cải thiện chất lượng giáo trình, đổi mới phương pháp giảng dạy, nâng cao trình độ tiếng Anh cho SV.

Bài viết trình bày kết quả khảo sát 21 GV TACN tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất, nhằm xác định sơ bộ thực trạng giảng dạy TACN tại trường, từ đó làm cơ sở để đề xuất những giải pháp để cải thiện công tác giảng dạy TACN hiệu quả hơn, cũng như góp phần giúp cho việc hoạch định chính sách, xây dựng chương trình giảng dạy tiếng Anh chuyên ngành tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất hệ thống, bài bản hơn.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở lý thuyết

2.1.1. Lý thuyết về giảng dạy ngôn ngữ thứ hai

Các lý thuyết giảng dạy ngôn ngữ thứ hai chính bao gồm lý thuyết tiếp nhận ngôn ngữ của Stephen Krashen và lý thuyết tương tác của Michael Long. Krashen (1985) đề xuất rằng người học tiếp thu ngôn ngữ qua đầu vào hiểu được, nhấn mạnh sự cần thiết của "đầu vào dễ hiểu" (input comprehensible) trong quá trình học tập. Ông cho rằng người học không cần phải sử dụng ngôn ngữ mục tiêu một cách chủ động để học, mà chỉ cần tiếp xúc với đầu vào ngôn ngữ đủ phong phú và thách thức ở mức vừa phải.

Michael Long (1981, 1983) với lý thuyết tương tác, nhấn mạnh vai trò của tương tác trong việc tiếp thu ngôn ngữ. Long cho rằng tương tác tạo điều kiện cho người học đàm thoại, đặt câu hỏi và nhận phản hồi,

* *Tác giả liên hệ*
Email: vuthailinh@humg.edu.vn

từ đó cải thiện khả năng ngôn ngữ. Ông cũng đề cập đến khái niệm "sửa lỗi" (corrective feedback) như một phần quan trọng trong việc học thông qua tương tác.

2.1.2. Giảng dạy TACN

TACN là một lĩnh vực tập trung vào việc cung cấp kiến thức ngôn ngữ và kỹ năng ngôn ngữ cần thiết cho các ngành nghề cụ thể. Theo Hutchinson và Waters (1987), TACN không chỉ đơn thuần là việc giảng dạy tiếng Anh mà là việc đáp ứng các nhu cầu cần thiết, cụ thể của học viên trong các ngữ cảnh chuyên ngành. TACN bao gồm các khóa học tiếng Anh dành cho mục đích học thuật và tiếng Anh cho mục đích nghề nghiệp.

Trong giảng dạy TACN, các phương pháp giảng dạy hiện đại như phương pháp dạy dựa trên các nhiệm vụ (GDNV) và phương pháp giảng dạy tích hợp nội dung và ngôn ngữ (GDTH) được áp dụng rộng rãi. GDNV tập trung vào việc học ngôn ngữ thông qua các nhiệm vụ thực tế. Trong ngữ cảnh tiếng Anh kỹ thuật và công nghệ, các nhiệm vụ này có thể bao gồm việc viết báo cáo kỹ thuật, thuyết trình dự án, hoặc đọc và hiểu tài liệu chuyên ngành. Phương pháp này giúp học viên phát triển các kỹ năng ngôn ngữ cần thiết thông qua việc hoàn thành các nhiệm vụ liên quan trực tiếp đến lĩnh vực chuyên ngành của họ (Ellis, 2003). Trong khi đó, GDTH tích hợp giảng dạy ngôn ngữ và nội dung chuyên ngành, giúp học viên phát triển đồng thời kỹ năng ngôn ngữ và kiến thức chuyên môn. Trong giảng dạy tiếng Anh kỹ thuật và công nghệ, GDTH có thể được áp dụng bằng cách giảng dạy các môn học kỹ thuật bằng tiếng Anh, qua đó học viên không chỉ học ngôn ngữ mà còn làm quen với thuật ngữ và khái niệm chuyên ngành (Coyle, Hood, & Marsh, 2010).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp thu thập dữ liệu

- Khảo sát GV: Sử dụng bảng câu hỏi để thu thập ý kiến của GV về tình hình giảng dạy TACN.

2.2.2. Phương pháp phân tích dữ liệu

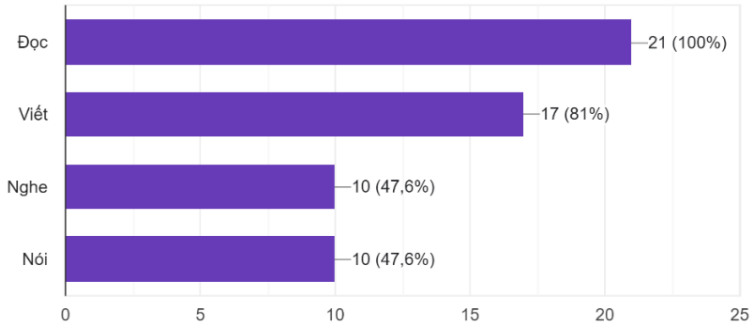
- Phân tích định lượng: Sử dụng các phương pháp thống kê để phân tích dữ liệu khảo sát, đánh giá mức độ hài lòng và khó khăn của GV.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả

Nhằm thu thập dữ liệu để đánh giá thực trạng giảng dạy tiếng Anh dưới góc nhìn của các GV giảng dạy TACN, bảng câu hỏi Google forms được gửi trực tuyến đến các GV dạy TACN trong 8 khoa của trường Đại học Mỏ - Địa chất vào tháng 7 năm 2024. Kết quả thu được phản hồi từ 21 GV đang phụ trách giảng dạy học phần TACN được trình bày dưới đây.

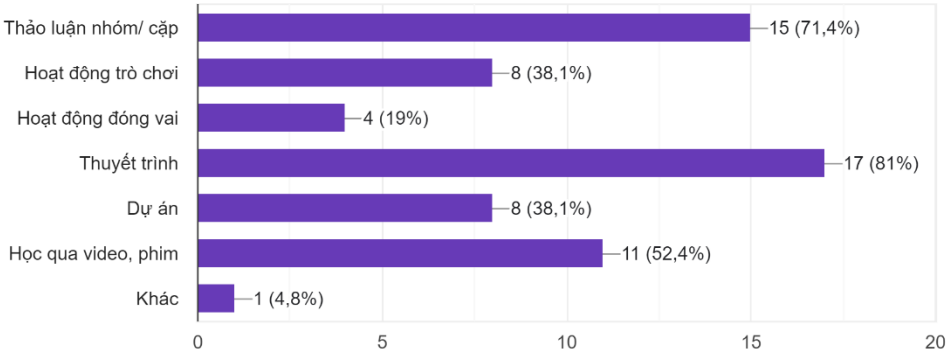
Về giáo trình, bài giảng và tài liệu giảng dạy. Số liệu khảo sát thu được cho thấy 65% GV cho rằng chất lượng và nội dung của giáo trình/bài giảng đang sử dụng là tốt, và số GV cho rằng chất lượng và nội dung của giáo trình/bài giảng đang sử dụng là trung bình và rất tốt lần lượt là 25% và 10%. Kết quả này cũng khá tương đồng khi 66,7% số GV nhận thấy giáo trình/bài giảng hiện tại đang sử dụng đã đáp ứng đủ nhu cầu thực tế của SV, và có một số ý kiến khác cho rằng, cần bổ sung thêm các kỹ năng viết hay kỹ năng nói dưới dạng các bài nói theo chủ đề, hoặc cần cập nhật thêm kiến thức chuyên môn. Kết quả khảo sát về các kỹ năng được đánh giá trong giáo trình/bài giảng của các Thầy/Cô ở biểu đồ 1 cho thấy phần lớn các giáo trình/ bài giảng chủ yếu đánh giá kỹ năng đọc và viết của SV, còn các giáo trình/bài giảng đánh giá kỹ năng nghe, nói chỉ chiếm gần một nửa (47,6%).



Hình 1. Tỷ lệ các giáo trình/bài giảng TACN đánh giá các kỹ năng nghe, nói, đọc, viết

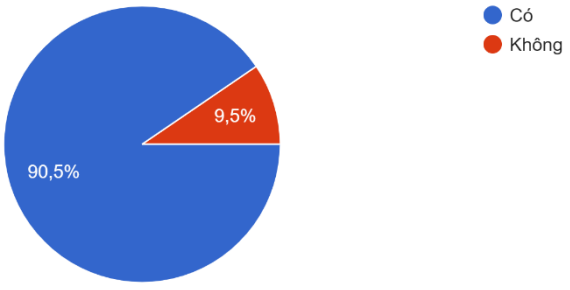
Trong khi đó, khi được hỏi là "Thầy/Cô có sử dụng tài liệu bổ trợ hoặc tài liệu tham khảo bên ngoài nào không?" thì 100% số GV được khảo sát đều trả lời là "có". Điều này cho thấy, dù cho rằng giáo trình/bài giảng tương đối tốt và đáp ứng được nhu cầu của SV, nhưng các Thầy/Cô vẫn thấy việc sử dụng thêm tài liệu bên ngoài là cần thiết để có những bài giảng thú vị, hiệu quả và bổ sung thêm vào tài liệu chính bắt buộc.

Về phương pháp giảng dạy. Kết quả khảo sát thu được cho thấy 85,7% số GV sử dụng phương pháp kết hợp giữa giảng dạy truyền thống và giảng dạy hiện đại để giảng dạy TACN và 90,5% số GV công nhận phương pháp này là hiệu quả nhất cho SV của mình khi học TACN. Rõ ràng là với sách giáo trình/bài giảng đa phần tập trung vào kỹ năng đọc và viết, các GV phải sử dụng thêm các tài liệu bên ngoài để bổ sung thêm các kỹ năng nghe, nói cho SV. Điều này thể hiện qua tỷ lệ cao các GV lựa chọn các hoạt động thuyết trình (81%), thảo luận nhóm/cặp (71%), học qua video, phim (52,4%).



Hình 2. Tỷ lệ phần trăm các hoạt động áp dụng các phương pháp giảng dạy hiện đại vào TACN

Về trình độ và động lực học tập của SV. Kết quả khảo sát thu được cho thấy 57,1% số GV cho rằng SV tham gia học TACN chỉ có trình độ trung bình, và con số này lần lượt là 28,6% và 14,3% đối với trình độ SV kém và tốt. Không có GV nào cho rằng SV tham gia học TACN có trình độ rất tốt. Kết quả này càng khẳng định rõ hơn khi có đến 90,5% số GV đồng tình rằng SV gặp khó khăn đối với môn TACN. Cụ thể là các SV gặp khó khăn về kiến thức ngữ pháp chiếm tỷ lệ cao nhất (73,7%), sau đó là khó khăn với kỹ năng đọc hiểu (68,4%), kỹ năng nói (57,9%), từ vựng khó (52,6%) và kỹ năng nghe (47,4%), các khó khăn về thiếu kỹ năng chuyên môn của ngành học chỉ chiếm tỷ lệ rất nhỏ (5,3%). Trước những khó khăn như vậy của SV, hầu hết các thầy cô đã tạo môi trường học tập tích cực cho SV (71,4%) và cung cấp tài liệu học tập bổ trợ (71,4%) hay sử dụng phương pháp giảng dạy hấp dẫn (57,1%) để cải thiện TACN cho SV.



Hình 3. Tỷ lệ SV gặp khó khăn trong việc học TACN theo nhận định của GV

Về đào tạo và phát triển bản thân. Một thực tế đáng ngạc nhiên là 61,9% các GV được khảo sát chưa từng tham gia các khóa đào tạo hoặc hội thảo về giảng dạy TACN. Ngoài ra, kết quả khảo sát còn cho thấy 90,5% số GV cho rằng GV dạy TACN cần có kiến thức về ngành học. Đại đa số GV (trên 60%) cho rằng kỹ năng chuyên môn và kỹ năng sư phạm là những kỹ năng quan trọng, cần thiết mà một GV TACN cần có. Trên cơ sở đó, 71,4% GV đề xuất công tác tăng cường đào tạo, 66,7% GV cho rằng họ cần được tạo cơ

hội học hỏi kinh nghiệm quốc tế và 61,9% GV cho rằng công tác cập nhật giáo trình là cần thiết để nâng cao chất lượng đào tạo và phát triển cho GV dạy TACN.

3.2. Thảo luận

3.2.1. Về giáo trình, bài giảng và tài liệu giảng dạy

Mặc dù có đến hai phần ba các GV được khảo sát cho rằng giáo trình/bài giảng đang sử dụng là tốt và đáp ứng được nhu cầu của SV, tuy vậy có một chút mâu thuẫn khi cũng cùng tỷ lệ số GV như vậy lại cho rằng cần cập nhật giáo trình/bài giảng để nâng cao chất lượng giảng dạy TACN. Hình thức giáo trình/bài giảng chủ yếu là chữ in trên nền đen trắng, một số giáo trình có hình ảnh minh hoạ nhưng hình ảnh dưới dạng hình vẽ đen trắng còn sơ sài, nét vẽ đơn giản hoặc dưới dạng 2D, khiến cho người đọc khó nhìn, khó hình dung, chưa có nhiều giáo trình có hình ảnh thật, thực tế, hay những minh hoạ sinh động, trực quan. Những đặc điểm này là vô cùng quan trọng đối với việc học TACN, đặc biệt đối với những ngành học chuyên biệt, có nhiều khái niệm trừu tượng, hay những đặc thù liên quan đến thực tế và hiện trường như Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Vì vậy, không tránh khỏi nhiều SV cảm thấy không hứng thú với giáo trình/bài giảng như thế (Nguyễn Hoàng Tuấn, 2007).

Chủ yếu các giáo trình, bài giảng TACN tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất do đội ngũ GV đang giảng dạy tiếng Anh chuyên ngành là các GV chuyên môn của ngành đó biết tiếng Anh hoặc được tu nghiệp chuyên ngành tại nước ngoài nên các GV TACN nắm kiến thức chuyên môn tốt nhưng còn chưa được đào tạo bài bản về mặt giảng dạy ngôn ngữ. Điều này khiến các giáo trình, bài giảng hiện có bước đầu cung cấp cho SV từ vựng chuyên ngành, và chưa có các phần bổ trợ hướng dẫn SV về mặt phát triển kỹ năng ngôn ngữ (nghe, nói, đọc, viết) hay các phần kiểm tra, đánh giá để đáp ứng nhu cầu của công việc sau khi tốt nghiệp ra trường.

3.2.2. Về phương pháp giảng dạy

Trong giảng dạy TACN, các phương pháp giảng dạy hiện đại như phương pháp dạy dựa trên các nhiệm vụ (GDNV) được áp dụng rộng rãi và thành công. GDNV tập trung vào việc học ngôn ngữ thông qua các nhiệm vụ thực tế như viết báo cáo kỹ thuật, thuyết trình dự án, hoặc đọc và hiểu tài liệu chuyên ngành… Phương pháp này giúp học viên phát triển các kỹ năng ngôn ngữ cần thiết thông qua việc hoàn thành các nhiệm vụ liên quan trực tiếp đến lĩnh vực chuyên ngành của họ (Ellis, 2003). Kết quả khảo sát thu được khá tích cực khi cho thấy các GV đã áp dụng phương pháp giảng dạy hiện đại qua các hoạt động thuyết trình, thảo luận nhóm/cặp, học qua video/phim…, tuy nhiên hơn một nửa số GV tham gia khảo sát cho rằng họ gặp khó khăn với các phương pháp giảng dạy hiện đại bởi các nguyên nhân như thiếu thời gian, thiếu kỹ năng hay tài liệu tham khảo còn hạn chế Một phần khó khăn nữa cũng là vì phương pháp giảng dạy được phần lớn GV áp dụng vẫn đang chịu ảnh hưởng từ giáo trình cũ, chủ yếu chú trọng kĩ năng đọc và chưa có nhiều kĩ năng giao tiếp. Các phương pháp giảng dạy nhằm kích thích ở SV tính khám phá, sáng tạo, giao tiếp thực tế dường như chỉ mới được thử nghiệm mà chưa được áp dụng rộng rãi (Nguyễn Hoàng Tuấn, 2007). Điều này thật sự khó khăn hơn, khi lớp học thực tế tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất có sỹ số còn cao (tối đa 45 SV/ lớp). Chính vì vậy, việc quan tâm, phát triển kĩ năng giao tiếp của GV đối với từng SV là rất hạn chế. Tạo ra các hoạt động trên lớp là hoạt động khá tốn thời gian, thêm vào đó việc áp dụng các hoạt động giảng dạy trong phương pháp giảng dạy hiện đại, và việc quản lý và bao quát các SV trong lớp học có sỹ số lớn, là trở ngại không nhỏ đối với người dạy. Kết quả là, nhiều SV đặc biệt là SV nhút nhát, chưa tự tin về khả năng tiếng Anh của bản thân chưa được thực hành, phát triển các kỹ năng, đặc biệt là kỹ năng giao tiếp.

Ngoài ra, mặc dù kết quả khảo sát thu được cho thấy 85,7% số GV sử dụng phương pháp kết hợp để giảng dạy TACN và 90,5% số GV công nhận phương pháp này là hiệu quả nhất cho SV của mình khi học TACN. Tuy nhiên, việc áp dụng phương pháp giảng dạy kết hợp thật sự khó khăn khi thời lượng học trên lớp của học phần TACN thường chỉ có 2-3 tín chỉ. Việc truyền đạt kiến thức mới song hành với rèn luyện kỹ năng có thể dẫn đến thiếu sót, đặc biệt đối với SV thiếu chủ động trong việc tìm hiểu, nghiên cứu tài liệu. Mặc dù có sự quan tâm, hướng dẫn học ngoài giờ của các GV nhưng do SV còn thiếu chủ động và tính tự giác, dẫn đến kết quả không như mong đợi.

3.2.3. Về trình độ và động lực học tập của SV

Mặc dù các SV tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất đều trải qua hai học phần tiếng Anh cơ bản (6 tín chỉ) để được trang bị nền tảng ngữ pháp, từ vựng và các kỹ năng thực hành tiếng ở những năm học đầu từ đó làm cơ sở để tiếp tục học phần TACN ở 2 năm học cuối. Tuy vậy, hơn 2/3 số GV cho rằng, trình độ tiếng Anh của các SV này là trung bình-kém. Thời lượng thiết kế cho các học phần Tiếng Anh cơ bản tại bậc đại học hiện nay chưa thật sự đủ để trang bị kiến thức và kỹ năng ngôn ngữ cho SV để tiếp tục theo học học phần TACN, đặc biệt là khi số lượng SV có trình độ tiếng Anh yếu, kém tại thời điểm nhập học là khá

nhiều. Thiếu sự chủ động tự học, SV khó lòng đáp ứng được yêu cầu về kỹ năng ngôn ngữ cần thiết để có thể học tiếp học phần TACN. Thực trạng đáng lưu tâm là nhiều SV vẫn chưa hoàn thành các học phần tiếng Anh cơ bản khi bước vào học học phần TACN. Điều này tạo nên một trở ngại lớn trong việc tiếp thu kiến thức và rèn luyện kỹ năng ngôn ngữ cho SV trong quá trình giảng dạy các học phần TACN. Trong thực tế, các SV đến từ nhiều địa phương có điều kiện học tập khác nhau và động cơ học tập không giống nhau nên tất yếu có sự phân hóa đa dạng về trình độ và kỹ năng sử dụng tiếng Anh. Nhiều SV chưa nhận thức được tầm quan trong của tiếng Anh, đặc biệt là TACN - chìa khóa của công việc và tương lai sau này. Do trình độ ngôn ngữ, khả năng tiếp thu cũng như thực hành của SV có sự phân hóa rõ rệt trong một lớp học sỹ số lớn ở Trường Đại học Mỏ - Địa chất nên GV và SV gặp nhiều khó khăn trong quá trình dạy và học TACN.

3.2.4. Về đào tạo và phát triển bản thân

Phần lớn các GV TACN tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất là các GV chuyên môn của ngành đó biết tiếng Anh hoặc được tu nghiệp chuyên ngành tại nước ngoài nên các GV TACN nắm chuyên môn tốt nhưng chưa được đào tạo bài b về mặt giảng dạy ngôn ngữ. Trong tổng số 21 GV được khảo sát, 13 GV chưa từng tham gia khóa đào tạo hay hội thảo về TACN, vì vậy 71,4% các GV đề xuất được tăng cường đào tạo thêm về giảng dạy ngôn ngữ và 66,7% các GV có nguyện vọng được tạo cơ hội tham gia học hỏi kinh nghiệm quốc tế.

Một điểm cần đáng chú ý nữa là 90,5% số GV TACN được khảo sát cho rằng kiến thức về ngành học là quan trọng. Điều này hoàn toàn hợp lý khi thế mạnh đào tạo tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất là các chuyên ngành hẹp, vì vậy có rất nhiều từ vựng chuyên ngành sâu, đảm bảo GV TACN cần nắm được kiến thức về chuyên ngành mới có thể hiểu, giải thích và truyền đạt được cho SV. Tuy nhiên tỷ lệ thấp hơn số GV (66,7%) quan niệm rằng GV TACN cần có kỹ năng sư phạm. Nếu GV TACN sử dụng phương pháp dạy tích cực, ví dụ sử dụng phương pháp giáo dục dựa trên các nhiệm vụ (phương pháp được nhiều nhà chuyên môn áp dụng và GV đánh giá cao tính hiệu quả trong việc giảng dạy tiếng Anh, đặc biệt là TACN) thì các GV TACN cũng cần có những kiến thức về ngôn ngữ và kỹ năng sư phạm tốt để đảm bảo xây dựng các bài giảng theo hướng nhiệm vụ hóa, nhờ đó phương pháp giáo dục dựa trên các nhiệm vụ không chỉ giúp người học nắm vững vốn từ vựng cũng như xử lý các tình huống bằng tiếng Anh, mà còn giúp họ phát triển nhanh chóng vốn ngoại ngữ để giải quyết các nhu cầu cụ thể trong học tập và cuộc sống (Nguyễn Đình Như Hà, 2021).

4. Kết luận

Khảo sát lấy ý kiến 21 GV TACN đang trực tiếp giảng dạy tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất cho thấy tình hình dạy và học TACN dựa trên góc nhìn của các GV TACN, từ đó nhà trường cần có kế hoạch cập nhật, cải thiện giáo trình/bài giảng TACN hiện có tại trường cũng như sản xuất thêm các giáo trình/bài giảng TACN mới của những ngành còn thiếu giáo trình/bài giảng TACN, bổ sung thêm các nguồn tài liệu tham khảo cho GV TACN cũng như tạo điều kiện cho GV TACN tham gia các khóa học bồ trợ chuyên môn, hội thảo trong nước và quốc tế để có cơ hội trau dồi kiến thức và kỹ năng chuyên môn và ngoại ngữ.

Từ những thực tiễn trình bày ở trên và trong dựa vào hiểu biết của tác giả, tác giả đề xuất giải pháp nâng cao chất lượng giảng dạy TACN như sau:

- Trước hết, trong điều kiện hiện tại của Trường Đại học Mỏ - Địa chất việc sắp xếp các lớp TACN có sỹ số nhỏ hơn hiện tại, trong các phòng học ngoại ngữ chuyên dụng là vô cùng cần thiết để có thể tạo ra lớp học TACN hiệu quả, đáp ứng nhu cầu của người học cũng như yêu cầu của ngành nghề, xã hội sau khi SV tốt nghiệp. Điều này giúp GV có thể thiết kế bài giảng trọng tâm hơn, tổ chức các hoạt động ngôn ngữ được tốt hơn; SV sẽ học tập trung hơn, cởi mở trao đổi và chia sẻ kiến thức với nhau, thực hành ngôn ngữ tích cực, từ đó giúp giờ học ngôn ngữ đạt hiệu quả cao.
- Thứ hai là cần có kế hoạch và tổ chức các nghiên cứu sâu hơn về công tác xây dựng giáo trình/bài giảng TACN, cũng như đưa ra được những yêu cầu chung, cơ bản để có sự thống nhất trong thiết kế giáo trình, bài giảng TACN giữa các chuyên ngành khác nhau, ví dụ: cần có hướng dẫn cụ thể về độ dài, trình độ, yêu cầu về các kỹ năng ngôn ngữ cần đạt được cho người biên soạn tài liệu giảng dạy... Từ đó cải thiện, cập nhật chương trình giảng dạy, giáo trình để đáp ứng được nhu cầu xã hội.
- Thứ ba là nhà trường cần có những chính sách hỗ trợ, tạo điều kiện cho GV được tham gia các khóa học, hội thảo để bồi dưỡng, tăng cường đào tạo nâng cao cho GV về kỹ năng giảng dạy TACN và các phương pháp giảng dạy hiện đại, cũng như bổ sung thêm các nguồn tài liệu chính thống trong thư viện về TACN để GV và SV tham khảo để tạo điều kiện thiết kế và đa dạng hóa bài giảng cũng như phong phú các nguồn học liệu giúp SV học tiếng Anh chuyên nghiệp và hiệu quả hơn.

Những đề xuất trong bài viết này mới chỉ là những bước đầu cho việc cải thiện tình hình dạy và học

tiếng Anh chuyên ngành tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất, và để chính thức thực hiện cần phải có nhiều nghiên cứu sâu rộng hơn đặc biệt là phải tiến hành khảo sát các nhu cầu thực tế của người học, của nhà tuyển dụng cũng như chuẩn bị kỹ các khâu từ tài liệu giảng dạy đến đào tạo tập huấn đội ngũ GV.

Lời cảm ơn

Tác giả trân trọng cảm ơn các Thầy/Cô đang giảng dạy học phần TACN tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất đã tham gia khảo sát để cung cấp thông tin cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

Coyle, D., Hood, P., & Marsh, D., 2010. CLIL: Content and Language Integrated Learning. Cambridge University Press.

Ellis, R., 2003. Task-based Language Learning and Teaching. Oxford University Press.

Krashen, S. D., 1985. *The Input Hypothesis: Issues and Implications*. Longman.

Long, M. H.,1981. Input, interaction, and second-language acquisition. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 379(1), 259-278.

Long, M. H., 1983. Native speaker/non-native speaker conversation and the negotiation of comprehensible input. *Applied Linguistics*, 4(2), 126-141.

Hà Nguyễn Đình Như, 2021. *Áp dụng tiếp cận dựa vào nhiệm vụ trong việc giảng dạy tiếng Anh*. NXB Khoa học giáo dục, số 47, trang 8-12.

Hutchinson, T., & Waters, A., 1987. *English for Specific Purposes: A learning-centred approach*. Cambridge University Press.

Thomas, J. W., 2000. *A Review of Research on Project-Based Learning*. Autodesk Foundation.

Tuấn Nguyễn Hoàng, 2007. *Một vài suy nghĩ về việc dạy TACN ở bậc đại học. Giảng dạy tiếng Anh bậc đại học ở VN: vấn đề và giải pháp*. Nhà xuất bản đại học quốc gia Tp HCM.

ABSTRACT

Teaching English for specific purposes at Hanoi University of Mining and Geology from teachers' perspectives

Vu Thai Linh

Hanoi University of Mining and Geology

With the current trend of globalization, English plays an important role in communication and is the "key" to accessing knowledge, achieving success in work, and in life. In universities, the subject of English for Specific Purposes (ESP) equips students with the basic and necessary knowledge to acquire in-depth knowledge in their professional fields and academic disciplines. Therefore, the lecturers responsible for teaching ESP play a crucial role in equipping students with the essential language skills needed for practical professional careers. This paper analyzes practical data regarding the current status of ESP teaching at the University of Mining and Geology by collecting data and surveying 21 lecturers teaching ESP at the institution, from which it proposes solutions to improve the effectiveness of ESP teaching, as well as assisting in policy-making and constructing better systems for teaching and learning ESP, meeting the actual social needs.

Keywords: ESP; ESP teaching; teachers' perspectives

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Sử dụng sơ đồ tư duy (mind-map) trong lớp học ngoại ngữ nhằm phát triển kĩ năng nói cho sinh viên Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Đặng Thanh Mai*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Sơ đồ tư duy được biết đến với khả năng đưa ra cái nhìn tổng hợp về vấn đề và mối liên kết giữa các ý tưởng đã được xem như một công cụ hỗ trợ sáng tạo để cải thiện kỹ năng nói. Nghiên cứu khởi đầu bằng cách nêu rõ sự quan trọng của kỹ năng nói, đặc biệt là yếu tố then chốt cho sự thành công trong lĩnh vực nghề nghiệp tương lai. Nghiên cứu sau đó mô tả cách thức áp dụng sơ đồ tư duy trong lớp học nhằm mục đích cung cấp một công cụ giúp sinh viên tổ chức và trình bày ý tưởng một cách rõ ràng và đầy đủ. Quy trình nghiên cứu bao gồm một nhóm thử nghiệm sử dụng sơ đồ tư duy trong quá trình chuẩn bị và thực hiện các bài nói, và một nhóm đối chứng không sử dụng công cụ này. Kết quả cho thấy kỹ năng nói của nhóm thử nghiệm đã cải thiện đáng kể. Để tăng độ tin cậy cho nghiên cứu, tác giả đã triển khai một cuộc khảo sát. Nhìn chung, các câu trả lời đều mang tính tích cực, đa phần các em đều thích thú với áp dụng này. Rõ ràng rằng, áp dụng sơ đồ tư duy đã có tác động tích cực đến kỹ năng nói của sinh viên, cải thiện cách trình bày ý tưởng, giúp các em cảm thấy tự tin và ít căng thẳng hơn khi thực hiện các bài nói trước lớp.

Từ khóa: sơ đồ tư duy; kỹ năng nói; tự tin

1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh toàn cầu hóa hiện nay, tiếng Anh trở thành công cụ giao tiếp thiết yếu. Trên thị trường lao động, ứng viên có nền tảng chuyên môn vững cùng với khả năng sử dụng tiếng Anh thành thạo thường gây ấn tượng đối với các nhà tuyển dụng. Tuy nhiên, ở Việt Nam kỳ thi tốt nghiệp phổ thông quốc gia đã và đang thực hiện dưới hình thức viết. Do vậy, học sinh phổ thông đa phần chỉ tập trung vào từ vựng, ngữ pháp, đọc hiểu và viết. Đó là lý do tại sao phần lớn sinh viên năm thứ nhất ở nhiều trường đại học nói chung cũng như tại trường Đại học Mỏ - Địa chất nói riêng gặp không ít khó khăn khi nói tiếng Anh. Là một giáo viên giảng dạy, tác giả luôn trăn trở và tìm tòi giải pháp tốt nhất để giúp các em nâng cao khả năng nói tiếng Anh. Trong bài báo này, tác giả xin trình bày cách áp dụng sơ đồ tư duy trong lớp học ngoại ngữ nhằm nâng cao kỹ năng nói tiếng Anh cho sinh viên trường Đại học Mỏ - Địa chất.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Định nghĩa sơ đồ tư duy

Sơ đồ tư duy được phổ biến lần đầu tiên bởi Tony Buzan, một tác giả và nhà tư vấn giáo dục. Ông cho rằng sơ đồ tư duy là một kỹ thuật động não được sử dụng để sắp xếp thông tin một cách trực quan thành một hệ thống phân cấp. Chúng nêu bật một ý chính làm điểm trung tâm của sơ đồ, với các chủ đề phụ được phân nhánh và kết nối với các ý tưởng hỗ trợ. Sơ đồ tư duy tuân theo cấu trúc phân cấp, trong đó các ý tưởng quan trọng nhất nằm ở vị trí gần trung tâm và mỗi cấp bổ sung sẽ được xếp lên cấp trước nó.

Buzan, T. (2006) còn nhấn mạnh rằng, sơ đồ tư duy là một phương pháp hiệu quả để tổ chức và hệ thống hóa thông tin và kiến thức. Với sự sắp xếp hợp lý, sơ đồ tư duy hỗ trợ não bộ trong việc tổ chức và ghi nhớ thông tin một cách hiệu quả và dễ hiểu. Phương pháp này không chỉ hữu ích cho việc học tập và nghiên cứu mà còn giúp chúng ta phát triển ý tưởng một cách sáng tạo.

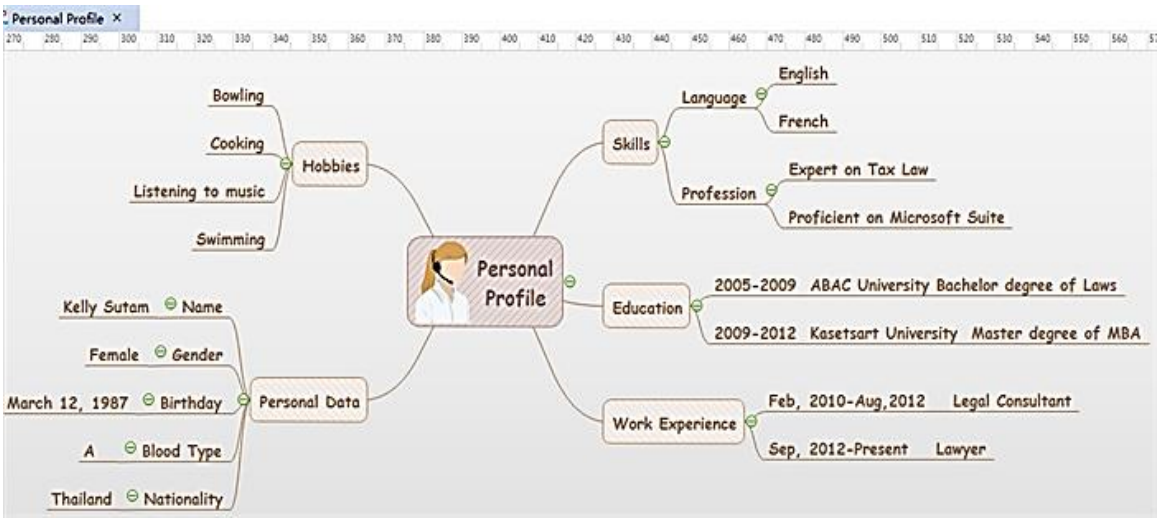
Nasution, D. S. (2020) cho rằng sơ đồ tư duy bản chất là một cấu trúc phân nhánh xuất phát từ một chủ đề hoặc từ khóa chính. Từ từ khóa này, các nhánh nhỏ dần được mở rộng, và các nhánh nhỏ này có thể tiếp tục phân nhánh mà không bị giới hạn, tùy thuộc vào số lượng ý tưởng và thông tin. Sơ đồ tư duy không tuân theo một khuôn mẫu cố định mà linh hoạt theo sự sáng tạo của người thiết kế.

* *Tác giả liên hệ*
Email: dangthanhmai@humg.edu.vn

2.2. Gợi ý một số loại sơ đồ tư duy

2.2.1. Sơ đồ tư duy thư viện (Library Mind Maps)

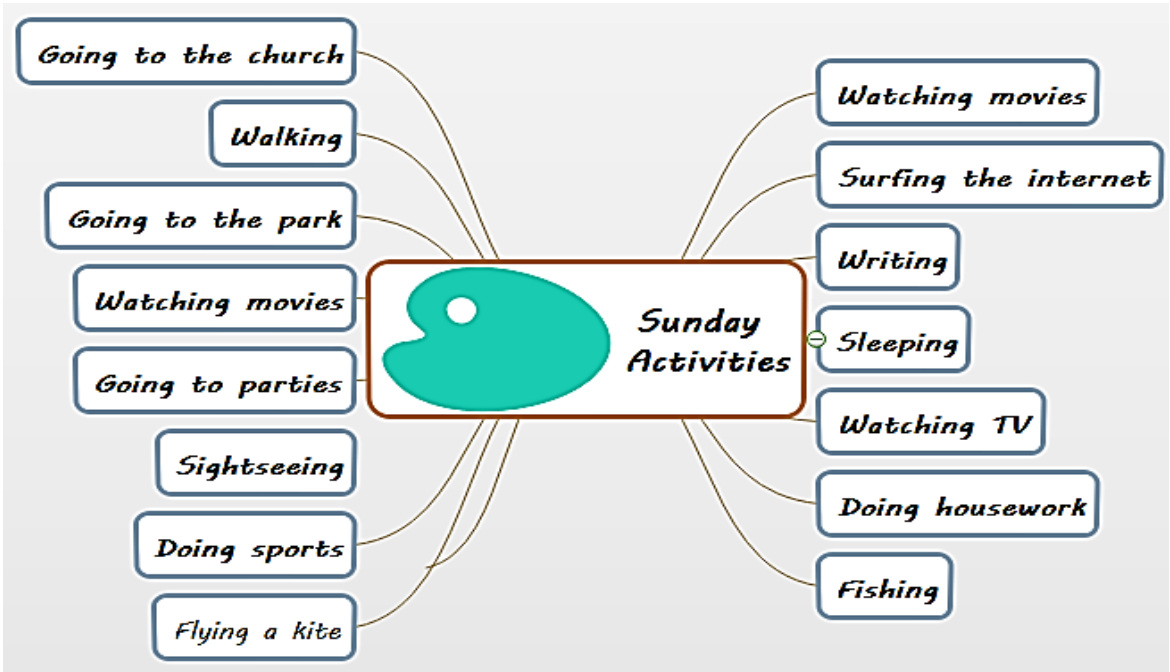
Sơ đồ tư duy thư viện chủ yếu được sử dụng để sắp xếp thông tin. Khi tạo sơ đồ này, bước đầu tiên là tập hợp tất cả thông tin và sắp xếp nó thành cây sơ đồ. Sơ đồ sẽ cho thấy mỗi thông tin được liên kết với nhau để phục vụ ý chính. Loại sơ đồ tư duy này có thể được sử dụng để tổ chức thông tin về một chủ đề cụ thể theo cách trực quan. Sau đây là một ví dụ sơ đồ tư duy hồ sơ cá nhân:



2.2.2. Sơ đồ tư duy thuyết trình (Presentation Mind Maps)

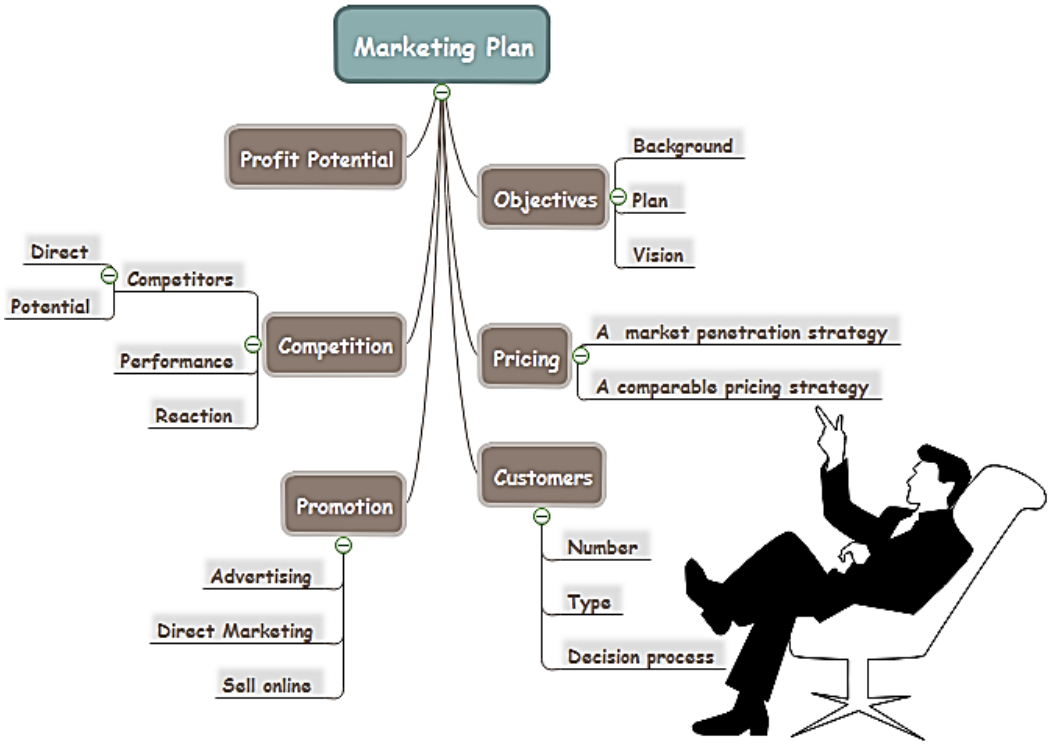
Sơ đồ tư duy này được sử dụng để trình bày quá trình nảy sinh ý tưởng. Do đó, trọng tâm của sơ đồ tư duy thuyết trình là khán giả . Thông tin nên được định vị như thế nào trên bản đồ để khán giả có thể hiểu dễ dàng. Nếu khán giả có thể theo dõi và hiểu cách trình bày thì sơ đồ sẽ có cấu trúc tốt. Vì vậy, bài thuyết trình sẽ được khán giả đón nhận nồng nhiệt.

Loại sơ đồ tư duy này có thể được sử dụng để giải thích một hoạt động hoặc một buổi đào tạo. Dưới đây là ví dụ minh họa.



2.2.3. Sơ đồ tư duy theo dòng thời gian đường hầm (Tunnel Timeline Mind Maps)

Loại sơ đồ tư duy này thường được áp dụng trong việc lập chiến lược dự án hoặc kế hoạch chương trình. Mục tiêu chính của sơ đồ là giúp hình dung ra sự thành công. Tại trung tâm của sơ đồ là kết quả mà chúng ta đang hướng tới, và mỗi nhánh phụ đại diện cho một con đường dẫn đến kết quả đó. Sơ đồ này cho phép chúng ta theo dõi tiến độ và từng bước tiến gần đến mục tiêu cuối cùng. Dưới đây là ví dụ minh họa của sơ đồ tư duy kế hoạch tiếp thị.



2.3. Những ưu điểm và nhược điểm của sơ đồ tư duy

2.3.1. Ưu điểm

Theo Hopper, Carolyn H. (2007) thay vì sử dụng đoạn văn bản dài và phức tạp, sơ đồ tư duy cung cấp một cách tiếp cận trực quan hơn để sắp xếp và tổng hợp thông tin một cách hợp lý, từ gốc rễ vấn đề đến các vấn đề liên quan, tạo ra hình ảnh dễ hiểu ngay khi nhìn vào.

Nhìn chung, sơ đồ tư duy linh hoạt và không bị ràng buộc bởi cấu trúc cố định.Người dùng có thể thỏa sức sáng tạo khi vẽ sơ đồ, tự do thêm vào màu sắc, hình ảnh, ký hiệu và trình bày theo phong cách riêng của mình.

Nasution, D. S. (2020 liệt kê lợi ích của sơ đồ tư duy như sau:

- **Tổ chức thông tin:** Sơ đồ tư duy giúp các thông tin được tổ chức một cách rõ ràng và logic. Thay vì một dãy các câu văn, sơ đồ tư duy sắp xếp thông tin thành các biểu đồ. Điều này giúp người sử dụng nhìn thấy mối quan hệ giữa các ý tưởng dễ dàng.
- **Tăng khả năng ghi nhớ và dễ hiểu:** Sơ đồ tư duy kích thích trí tưởng tượng và gợi nhớ. Việc biểu diễn thông tin dưới dạng hình ảnh và biểu đồ giúp não bộ kích hoạt. Điều này làm tăng khả năng ghi nhớ thông tin và hiểu sâu hơn về vấn đề.
- **Hỗ trợ tư duy sáng tạo:** Sơ đồ tư duy khuyến khích sự sáng tạo. Bằng cách biểu diễn thông tin một cách trực quan và linh hoạt, sơ đồ tư duy cho phép người sử dụng tự do tạo ra những liên kết giữa các ý tưởng.
- **Giao tiếp hiệu quả:** Sơ đồ tư duy là một công cụ giao tiếp mạnh mẽ. Thay vì diễn đạt thông tin bằng văn bản dài và phức tạp, sơ đồ tư duy cho phép người sử dụng trình bày thông tin một cách đơn giản và trực quan.

2.3.2. Nhược điểm

Bên cạnh những lợi ích nêu trên, Romance, Nancy R.;Vitale, Michael R. (Spring 1999) chỉ ra một số

nhược điểm của sơ đồ tư duy như sau:

- Sơ đồ tư duy có thể tiêu tốn thời gian khi tổng hợp thông tin và dữ liệu do sự phức tạp trong việc quan sát. Quá trình xây dựng sơ đồ tư duy có thể yêu cầu nhiều thời gian và nỗ lực.
- .Việc truyền tải sơ đồ tư duy cho người khác có thể gặp trở ngại do đây là sản phẩm của tư duy cá nhân, và mỗi người lại có cách tổ chức thông tin khác nhau. Nếu người vẽ không trình bày một cách dễ hiểu, người khác có thể gặp khó khăn trong việc nắm bắt ý nghĩa của sơ đồ.

2.4. Quy trình tiến hành nghiên cứu sử dụng sơ đồ tư duy trong lớp học ngoại ngữ cho sinh viên trường đại học Mỏ- Địa chất

2.4.1. Đối tượng tham gia thực nghiệm

Tác giả chọn 2 nhóm tiếng Anh 1: nhóm 30 và nhóm 31. Mỗi nhóm gồm 45 sinh viên. Giáo trình trên lớp là cuốn New English File –Pre intermediate của Clive Oxenden và Christina Latham-Koening, Oxford University Press. Các em học 4 bài: bài 1, bài 2, bài 3, và bài 4. Ngoài ra tài liệu thêm trên lớp là cuốn Practice Tests 1 và cuốn đọc thêm ở nhà là KET 4, KET 5

2.4.2. Quy trình thực hiện nghiên cứu

Tác giả đã tiến hành nghiên cứu dựa trên so sánh đối chiếu 2 nhóm sinh viên. Nhóm 30 đã được học bởi phương pháp dạy truyền thống. Đối với nhóm 31, tác giả áp dụng sơ đồ tư duy trong lớp học. Quy trình thực hiện trong vòng 7 tuần qua những bước sau :

Bước 1: Trước khi tiến hành thực nghiệm, tác giả đã yêu cầu cả 2 nhóm làm bài kiểm tra nói số 1. Đề bài như sau:

1. Talk about the person you like best.
2. Describe your ideal house.

Bước 2: Tác giả đã tiến hành dạy song song 2 nhóm trong vòng 7 tuần với cùng nội dung chương trình. Tuy nhiên , nhóm 31 đã được đổi mới phương pháp giảng dạy bằng cách sử dụng sơ đồ tư duy trong các phần dạy từ vựng , ngữ pháp cũng như dạy nói. Sau đây là một số minh họa đã được áp dụng sơ đồ tư duy:

Ví dụ 1: Sử dụng sơ đồ tư duy nhằm ôn lại kiến thức đã học trong phần REVIEW TENSES - UNIT 3D trang 35 trong cuốn NEW ENGLISH FILES PRE-INTERMEDIATE

Bước 1: Giáo viên vẽ 1 sơ đồ tư duy trên bảng với từ khóa TENSES

Bước 2: Gọi một số sinh viên lần lượt liệt kê 6 thì đã học (Present simple; Present continuous; Past simple; Past continuous; Going to + infinitive; will/won't + infinitive). Giáo viên vẽ tiếp 6 nhánh tương đương 6 thì và nối với từ khóa trung tâm.

Bước 3: Yêu cầu các em làm việc theo cặp/ nhóm vẽ tiếp sơ đồ diễn đạt ý nghĩa sử dụng từng thì và đưa ra ví dụ minh họa tương ứng.

Bước 4: Yêu cầu từng cặp/ nhóm thực hành nói theo sơ đồ. Giáo viên đi quanh lớp quan sát chung, trợ giúp nếu cần.

Bước 5: Gọi vài em lần lượt lên bảng hoàn thành sơ đồ.

Bước 6: Giáo viên yêu cầu cả lớp nhìn lên bảng, chữa và tổng kết.

Qua hoạt động này, việc sử dụng sơ đồ không chỉ giúp người học củng cố ngữ pháp mà còn tạo cơ hội để các em thực hành nói tiếng Anh và tư duy ngôn ngữ một cách hiệu quả.

Ví dụ 2: Sử dụng sơ đồ tư duy trong phần VOCABULARY– UNIT 1B trang 6 trong cuốn NEW ENGLISH FILES PRE-INTERMEDIATE

Bước 1: Giáo viên vẽ 1 sơ đồ tư duy trên bảng với từ khóa FAMILY
Bước 2: Yêu cầu sinh viên làm việc theo cặp/ nhóm vẽ tiếp sơ đồ để liệt kê tất cả các từ chỉ về FAMILY
Bước 3: Các cặp/ nhóm thực hành nói theo sơ đồ. Giáo viên đi quanh lớp quan sát và trợ giúp nếu cần.
Bước 4: Gọi một vài em lần lượt lên bảng vẽ tiếp hoàn thành sơ đồ.
Bước 5: Giáo viên chữa và tổng kết.

Qua từng bước này, việc sử dụng sơ đồ không chỉ giúp sinh viên mở rộng vốn từ vựng mà còn tạo cơ hội thuận lợi để các em phát triển kỹ năng giao tiếp, cụ thể là thực hành nói tiếng Anh, cũng như tư duy ngôn ngữ một cách hiệu quả và giúp các em có tinh thần học tập chủ động.

Ví dụ 3: Sử dụng sơ đồ tư duy trong phần SPEAKING - UNIT 1B trang 7 trong cuốn NEW ENGLISH FILES PRE-INTERMEDIATE

Bước 1: Giáo viên vẽ 1 sơ đồ tư duy trên bảng với từ khóa A PERSON với những nhánh xung quanh tương ứng những từ chỉ thông tin sau. (name; age; job/ studies; lives in; physical appearance; personality; likes; dislikes)

Bước 3: Giáo viên yêu cầu từng em vẽ tiếp sơ đồ để đưa thông tin cho từng nhánh.

Bước 4: Yêu cầu từng cặp hỏi và trả lời (dựa theo thông tin trong sơ đồ)

Bước 5: Gọi một vài sinh viên thuyết trình trước lớp theo sơ đồ với chủ đề "*Talk about a person you know well*".

Bước 6: Giáo viên đưa ra nhận xét

Qua hoạt động này, sơ đồ tư duy đươc sử dụng như một bản kế hoạch chi tiết, giúp người học dễ dàng tự hướng dẫn mình trong việc luyện tập kỹ năng nói tại lớp. Sơ đồ cung cấp một hình ảnh tổng quan về cấu trúc và từ vựng, giúp người học tổ chức thông tin để xây dựng một bài nói hoàn chỉnh. Thêm vào đó, sơ đồ tạo cơ hội cho sinh viên tự do sáng tạo và thể hiện mình. Bằng cách này, các em có thể bổ sung hoặc chỉnh sửa thông tin trong quá trình luyện tập dễ dàng.

Bước 3: Sau 7 tuần, cả 2 nhóm đã làm bài kiểm tra số 2. Cấu trúc giống bài kiểm tra số 1 nhưng khác khác nội dung. Và đây là bài kiểm tra số 2.

1. *Talk about your last holiday.*
2. *Talk about your typical day.*

Bước 4: Thu thập dữ liệu và đánh giá thực nghiệm

Trong phần này tác giả đã dựa vào kết quả của bài kiểm tra số 1 và số 2 của 2 nhóm để so sánh đối chiếu, cộng với quá trình quan sát khi các em thực hành nói nói theo sơ đồ và đồng thời dựa vào bảng khảo sát để đánh giá quá trình thực nghiệm.

3. Kết quả và thảo luận

Đây là kết quả 2 bài kiểm tra của 2 nhóm sau khi áp dụng sơ đồ tư duy trong lớp học:

	Bài kiểm tra số 1 của nhóm 30	Bài kiểm tra số 2 của nhóm 30	Bài kiểm tra số 1 của nhóm 31	Bài kiểm tra số 2 của nhóm 31
Tổng điểm	138	202	142	292
Trung bình	**3.08**	**4.5**	**3.16**	**6.5**

Qua bảng trên, ta thấy rằng kết quả bài kiểm tra số 1 của 2 nhóm khá tương đương nhau, và điểm trung bình không khác là mấy. Trong khi đó, ta thấy sự khác biệt khá lớn ở tổng điểm của bài kiểm tra số 2 giữa 2 nhóm. Điểm trung bình của bài kiểm tra số 2 của nhóm 31 cao hơn hẳn điểm trung bình của nhóm 30. Vậy, dựa theo kết quả này, rõ ràng rằng việc áp dụng sơ đồ tư duy trong lớp học ngoại ngữ đã nâng cao khả năng nói tiếng Anh của sinh viên nhóm 31.

Kết quả của bảng khảo sát thu được từ người học như sau:

Câu hỏi	Rất nhiều	Khá nhiều	Một chút	Hoàn toàn không
1. Sử dụng sơ đồ tư duy để thực hành nói tiếng Anh có khiến bạn thấy thú vị không?	38	3	2	2
2. Bạn có cảm thấy kỹ năng nói tiếng Anh của mình được cải thiện nhờ vào việc áp dụng sơ đồ tư duy không?	30	10	3	2
3. Khi tham gia vào thực hành nói theo nhóm, bạn có thấy việc sử dụng sơ đồ tư duy gặp trở ngại không?	2	3	5	35
4. Bạn có muốn tiếp tục sử dụng sơ đồ tư duy để cải thiện khả năng nói trong kỳ học tới không?	37	5	1	2

Bảng khảo sát này được hoàn thành bởi nhóm 31 sau khi các em áp dụng sơ đồ tư duy trong lớp học. Mục đích của việc khảo sát là nhận biết thái độ của các em đối với việc sử dụng sơ đồ tư duy trong lớp học. Con số thu

thập từ bảng trên chỉ ra rằng hầu hết các em thích thú với áp dụng này.

Quan sát từ phía giáo viên cũng mang lại một số kết quả đáng lưu ý sau đây:

Trong quá trình các em áp dụng sơ đồ tư duy theo cặp/ nhóm, tác giả đã đi quanh lớp, quan sát và nhận ra rằng hầu hết các em tham gia một cách thích thú. Các em háo hức sử dụng sơ đồ tư duy khi thuyết trình trước lớp. Các em thể hiện thái độ vui và hào hứng làm việc nhóm.

Rõ ràng rằng, sau khi so sánh đối chiếu kết quả của 2 bài kiểm tra của 2 nhóm và kết quả trong bảng khảo sát của nhóm thử nghiệm, cộng với quan sát từ phía tác giả trong khi các em sử dụng sơ đồ tư duy trong giờ thực hành thì việc áp dụng sơ đồ tư duy trong lớp hoc ngoại ngữ đã nâng cao kỹ năng nói cho sinh viên trường Đại học Mỏ-Địa chất.

4. Kết luận

Nhìn chung, việc sử dụng sơ đồ tư duy trong giảng dạy ngoại ngữ đã đem lại hiệu quả đáng kể trong việc cải thiện kỹ năng tổ chức thông tin và diễn đạt của sinh viên trường Đại học Mỏ - Địa chất. Thông qua việc kết nối từ vựng và thông tin bằng sơ đồ tư duy, sinh viên không chỉ mở rộng vốn từ mà còn phát triển khả năng tư duy, sáng tạo, và kỹ năng nói. Quá trình tự lập sơ đồ tư duy kết hợp với các hoạt động như thảo luận nhóm, thuyết trình đã tạo ra một môi trường học tập tích cực và khuyến khích tinh thần tự học, tự tìm tòi của sinh viên.

Tài liệu tham khảo

Buzan, T., 2006. *The mind map book. London*: Pearson Education.

Ellis, R., 2008. *The study of second language acquisition. Oxford:* Oxford University Press.

Hopper, Carolyn H., 2007. Mapping. *Practicing College Learning Strategies (4th ed.)*. Boston: Houghton Mifflin. pp. 139–143. ISBN 978-0618643783. OCLC 70880063.

Nunan, D. (1999). *Second language teaching and learning*. Boston, Massachusetts: Heinle & Heinle.

Nasution, D. S., 2020. Mind Mapping to Improve Students' Speaking Skill. *English Education: English Journal for Teaching and Learning*, 8(1), 1-12.

Romance, Nancy R.; Vitale, Michael R., 1999. Concept mapping as a tool for learning: broadening the framework for student-centered instruction. *College Teaching*. 47 (2): 74–79.

Shumin, K., 2002. Factors to consider: Developing adult EFL students' speaking abilities. In J. C. Richards, & W. A. Renandya (Eds.), *Methodology in Language Teaching* (pp. 204-211). New York: Cambridge University Press.

ABSTRACT

Using mind maps in foreign language classes to develop speaking skills for students at Hanoi University of Mining and Geology

Dang Thanh Mai

Hanoi University of Mining and Geology

Mind maps, known as their ability to provide overviews and connections between ideas, have been used as a creative tool to improve speaking skills. The study began with the importance of speaking skills as a key to success in job interviews. It described how mind maps were applied in the classroom as a tool to help students organize and present ideas clearly. The study included an experimental group that used mind maps in the classroom, and another group that did not use this tool. The results showed that the speaking skills of the experimental group improved significantly. To increase the reliability of the research, the author conducted a survey. In general, the answers are positive, most of the students were interested in this application. It is clear that applying mind maps has had a positive impact on students' speaking skills, improving their speaking skill, helping them feel more confident and less stressed when giving talks. before class.

Keywords: mind map; speaking skills

Using extensive reading to improve vocabulary for students at Hanoi University of Mining and Geology

Dang Thanh Mai*
Hanoi University of Mining and Geology

ABSTRACT

Lack of vocabulary is one of the barriers for foreign language learners in reading, speaking and writing English. The range of vocabulary that students acquire from the lessons in the textbook seems not enough. Therefore, research on extensive reading was conducted to help learners improve their vocabulary. The experimental research was conducted with 45 students studying English in a class at Hanoi University of Mining and Geology for 7 weeks. Before conducting the experiment, the group of students did a pre-test in vocabulary. Then, they chose short stories from the list provided by the teacher. Each week, they completed reading 2 books. After reading, they wrote a summary of the content of each story within 50 words and also stated their opinions about it in 50 words. After 7 weeks, they took a post-test. It can be clearly seen that students have achieved a considerable improvement in vocabulary after the experiment. The average score showed that the post-test's results are higher than the pre-test's. To increase the reliability of the research, students continued to participate in the survey and most of them responded positively to this activity. The results of the study showed that extensive reading not only helps students develop vocabulary but also gain other benefits such as expanding knowledge, improving their vocabulary and forming their reading habits.

Keywords: extensive reading; improving vocabulary; forming reading habit

1. Introduction

Dagiima (2009) defined: "Vocabulary as a basic set of words which foreign language learners need to master in order to read, speak and write. Limited vocabulary has proved to be an obstacle in mastering languages in general and English in particular". It means that without basic vocabulary there is little they can do. Wallace (2007) also emphasized: "The need for attention towards vocabulary development because students must acquire sufficient vocabulary in order to read effectively. In fact, foreign language readers often find reading difficult because of the lack of vocabulary". Students at Hanoi University of Mining and Geology (HUMG) are not exception. The scope of vocabulary taught in reading and vocabulary lessons is believed to be inadequate for comprehension of diverse texts. Additionally, it is recognized that relying only on classroom lessons to build vocabulary might leave students ill- equipped to comprehend longer and more difficult texts as they progress in their language skills.

This brings up the question of what other methods which can be used to help students improve their vocabulary outside of the classroom reading and vocabulary lessons. The answer might be be found through the practice of extensive reading (Grabe, 2001)

For a considerable time, extensive reading has been viewed as an essential and inspiring way to improve general language proficiency in the teaching of a second language (Green, 2005). Powell (2005) also said: "Extensive reading did help students improve their vocabulary to read better".

The goal of this innovation is to investigate the use of extensive reading as a tool for developing students' vocabulary at Hanoi University of Mining and Geology, with following research questions:

- *Do extensive reading activities contribute to the vocabulary development of 1st year students at HUMG?*
- *How does extensive reading support the growth of students' vocabulary?*

2. Literature review and research methodology

2.1. Literature review

According to Robb & Susser (1990), extensive reading as a language teaching or learning procedure is:

* *Tác giả liên hệ:*
Email: dangthanhmai@humg.edu.vn

"…reading (a) of large quantities of material or long texts; (b) for global or general understanding; (c) with the intention of obtaining pleasure for the text. Further, because (d) reading is individualized, with students choosing the books they want to read; (e) the books are not discussed in class".

The advantages of extensive reading have been confirmed through various research studies, as reflected in language education studies.

According to common belief, students' reading proficiency is improved through extensive reading. (Lituanas, Jacobs & Renandya, 2001). By reading regularly, students can enhance their reading speed and become more familiar with the formats and content of different texts. Lituanas et al. (2001) and Lao and Krashen (2000) found that groups involved in extensive reading for duration of six months and four months, respectively, had better post-test results in reading than the control groups who did not take part in extra reading outside of class.

Extensive reading helps students not only to develop their reading proficiency but also to improve their language skills in numerous ways. Students can expand their access to language that they can easily comprehend. (Krashen & Bribbons, 2004). Extensive reading is thought to be the most immediately available form of input. Continuous and repeated exposure to the input helps students strengthen what they already know and enhance their input.

Additionally, students have opportunities to expand their vocabulary and improve their word knowledge. Clearly, vocabulary is rarely learned from just a single exposure to words. Extensive reading allows students to see words and phrases multiple times, especially since these terms often appear in consistent contexts. Like comprehensible input, consistent exposure to vocabulary can enhance the quantity of words a student knows. (Hoey, 2005).

According to Nagy and Herman (1987), children are capable of learning around 3,000 words each year. The direct teaching of vocabulary in class accounted for a negligible amount of the total vocabulary learned. On the other hand, extensive reading was the primary source for acquiring most of the vocabulary. Developing a larger vocabulary helps students improve not only their reading but also their listening, writing, and speaking abilities.

To summarize, extensive reading not only boosts students' reading skills but also provides a range of additional advantages. Students are expected to see improvements in their language abilities, and their reading habits and interests will also be established and heightened. Other aspects of language, such as vocabulary, grammar, and sentence structures, are also advanced.

2.2. Research methodology

An experimental with 45 students from an English class at HUMG was conducted. They started the first English course at HUMG, so It would be advantageous for the change agent to assess vocabulary growth after introducing the innovation, as the existing vocabulary is somewhat limited. The course book used for English 1 is the New English File – Pre-intermediate by Clive Oxenden and Christina Latham-Koenig, Oxford University Express. They learn the first 4 units: unit 1, unit 2, unit 3 and unit 4. Practice Tests 1 and KET 4, KET 5 are their reference books. At HUMG, students primarily expand their vocabulary through classroom lessons and homework assigned in workbooks by their teachers. A limited number of students actively pursue vocabulary improvement through self-study.

The innovation took place in 7 weeks.

In the first week, guidance was provided to these students on how to perform extensive reading activities. 20 short stories were introduced to them. They were online stories at pre- intermediate level with a variety of topics. The students could choose the stories of their favourite topic to read. Every week they were asked to read 2 stories. After finishing one story, the students were tasked with giving their views on the story they read, noting whether they found it enjoyable or not. A brief summary of the story's content was another requirement for the students. Each of the two requests was written in 50 words. The response logs were collected and marked to make sure that students really did their readings as required.

Data for the innovation was collected from three main sources: the pre-test's result, the post-test's result and the survey. In response to the first research question—whether extensive reading would help students expand their vocabulary—vocabulary and reading assessments were designed and carried out. Before the innovation was introduced, students completed a pre-test designed to evaluate their vocabulary. After the 7-week period of innovation, a post-test was performed using the same format as before but with new content. To see if there was progress in students' scores, the results of the two tests were evaluated against each other. Any changes in scores between the two tests would reflect possible advancements in students' vocabulary after the innovation.

Data for the third source was collected through the survey. 45 students wrote down the answers for the questions on the paper. They were explained about the survey. Its objective was to measure the efficiency

of extensive reading in expanding their vocabulary. Students were invited to honestly discuss their thoughts on the extensive reading activities, including the suitability of the activities, the appeal and effectiveness of the materials, and any noticeable gains in their vocabulary obtain the most detailed information from students, the researcher made it clear that she valued all types of feedback, including criticism, and was open to both positive and negative comments about the innovation.

Students answered in their first language, Vietnamese. Because the participants were new to English 1, their English may not yet be developed enough to clearly convey their thoughts on this issue. As a result, communicating in their native language proved to be the most appropriate method for obtaining extensive feedback from the participants.

3. Findings and discussions

To see if there was any progress in students' vocabulary after the innovation, the scores from both tests were analyzed. You can find the comparison of these scores in the table provided:

	Pre- tests score	Post- tests score
Total score	158	293
Average	**3.51**	**6.51**

It is evident from the table that there was a marked enhancement in students' vocabulary skills after the innovation, as indicated by a much higher average score on the post-test compared to the pre-test. To better understand the effects of extensive reading on vocabulary, a detailed analysis of the survey data is needed.

As mentioned earlier, the researcher had clearly explained the survey's purpose to the participants before it was conducted. She guaranteed the students that the results would be unbiased and expressed her willingness to accept all constructive feedback, regardless of whether it was positive or negative.

The survey's first question focused on students' attitudes towards extensive reading, asking if they liked it and if the activities were enjoyable for their language learning. Forty out of forty-five students shared positive feedback, noting their interest in the short stories. For example:

"I have never thought of reading any stories in English because I think my vocabulary is not enough to comprehend the stories; however, in the list of short stories, I could find a lot of stories that are easy to understand. The content of them is simple and interesting to me. I had a lot of fun reading the stories in English and seeing the pictures in the story".

"At first, I found no interest in doing the reading. I saw the new words everywhere and could not understand the meaning of the whole story. After being helped by my teacher, I found much more pleasure in doing the reading…"

Out of 45 students, two expressed no enjoyment in the activities. They stated that they only read the stories because their teacher required them to. They felt that the stories on the provided list were uninteresting and were overwhelmed by the number of new words.. "I would prefer to read some comics, which are of much more fun".

Although a few students had a negative view of extensive reading, the majority clearly found the activities interesting.

The second question aimed to gather more specific details about the positive outcomes students observed after participating in extensive reading. When some students didn't fully understand the questions, the teacher had to offer more detailed explanations. She advised them to consider the benefits of extensive reading on their background knowledge, grammar, or vocabulary. Surprisingly, each student identified at least one benefit they gained. Even the two students who said extensive reading didn't interest them admitted that it had been somewhat beneficial. Most participants reported that their background knowledge, reading skills, and vocabulary improved thanks to extensive reading, with 39 out of 45 students recognizing vocabulary enhancement after the innovation.

As the second research question aimed to explore the impact of extensive reading on vocabulary development, participants were asked to provide more detailed explanations of their vocabulary improvement.

The interview's third question addressed the advantages of extensive reading for vocabulary development. Similar to their responses to the second question, students expressed positive views on how their vocabulary had improved through extensive reading. For example:

"I think my vocabulary range has been broadened. I have learnt many more new words…"

"I could memorize the new words much better through extensive reading than through learning vocabulary in the lessons in class. I learnt how to use the words in specific context. Unlike when I learnt vocabulary in class, I just focus on learning by heart the meaning and pronunciation of a word. When reading stories, I saw how the words were used and I could learn that…"

. "New words are everywhere". However, by the end of week 5, he had found it much more confident in reading. "New words were still found but I realized many of the words which occurred in the previous reading texts. I remember some of them, some of the words looked familiar but I could not remember the meaning. I checked in the dictionary once again and the next time, I no longer forget."

"Of course, my vocabulary increased as I had to read every day. However, I can't say how much it increased. It's just my feeling that my vocabulary is developed. I think six weeks was a bit short to say how much vocabulary is developed…One problem is that I looked up a lot of new words when I read, but I could not remember them all. Or to be honest, I remember quite few. I would like the teacher to show us the way to memorize new words when reading…"

In conclusion, students valued the vocabulary benefits gained from extensive reading. It helped them expand their vocabulary range, improve their memory of new words, and understand how to use words in context. However, given the short duration of the innovation, some students were uncertain about the degree of vocabulary growth they experienced. A longer study might be necessary to determine the long-term effects of extensive reading on vocabulary development.

In response to questions four and five, which asked about the limitations of the extensive reading activities and suggestions for improvement, students found it difficult to identify many shortcomings. Forty-three out of forty-five students mentioned that the limited time and resources were issues, suggesting that the seven weeks were not sufficient for them to fully appreciate the benefits of extensive reading. "I would like this activity to be applied in 2 courses". "I think the teacher have had good support for us during the reading. However, at the beginning of the course, she should have given us some tips on reading extensively; for example, how to memorize new words well, how to deal with new words during the reading…".

4. Conclusion

The success of the extensive reading innovation in developing students' vocabulary is clear. The benefits were substantial, as indicated by the pre-test and post-test results and the survey feedback. Students improved their vocabulary and also enjoyed additional gains, including increased background knowledge, better reading comprehension, enhanced writing ideas, and improved grammar and structural understanding.

References

Dagiima. S, 2009. *Enrichment of students' vocabulary in teaching foreign languages*. Retrieved July 20, 2011,from: http://www.google.com/books?hl=vi&lr=&id=x0fHku4djycC&oi=fnd&pg=PA32&dq=Dagiima,+s+&ots=UbZHrhZ2aM&sig=iwPj2ZDcDcBAOgfhRY5iYUHzGZk#v=onepage&q&f=false

Grabe. W, 2001. Dilemmas for the development of second language reading abilities. In J.C.Richards & W.A. Renandya (Eds), *Methodology in language teaching : An anthropology of current practice*, pp. 276-286. London: Cambridge University Press.

Green. C, 2005. Integrating extensive reading in the task-based curriculum. *ELT journ*J.C. Richards*al*, *59*(4), 306-311. Retrieved August 9, 2011, from: http://203.72.145.166/ELT/files/59-4-4.pdf

Hoey. M. P, 2005. *Lexical priming: A new theory of words and language*. London: Routledge.

Lao, C.Y. & Krashen. S, 2000. The impact of popular literature study on literacy development in EFL: More evidence for the power of reading. *System, 28,* 261-270. Retrieved October 4, 2011 from http://www.elsevier.com/locate/system

Lituanas. P.M., Jacobs, G.M. & Renandya, W.A, 2001. An investigation of extensive reading with remedial students in a Philippines secondary school. *International Journal of Educational Research, 35*, 217-225. Retrieved October 4, 2011 from http://www.elsevier.com/locate/ijedures

Nagy. W., & Herman, P., 1987. Breadth and depth of vocabulary knowledge: Implications for acquisition and instruction. In M. Mckeown & M. Curtis (Eds.), *The Nature of Vocabulary Acquisition* (pp. 19-35). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.

Powell. S, 2005**.** Extensive reading and its role in Japanese high school. *The reading matrix*, *5*(2), 28-42. Retrieved July 29, 2011, from: http://www.readingmatrix.com/articles/powell/aricle.pdf

Robb. T.N, & Susser. B, 1990. EFL extensive reading instruction: research and procedure. *JALT Journal*,

12(2). Retrieved August 3, 2011, from: http://www.kyoto.su.ac.jp/~trobb/susserobb.htlm

Rodrigo. T.N., Krashen, S., & Bribbons. B, 2004. The effectiveness of two comprehensible-input approaches to foreign language instruction at the intermediate level. *System*, 32, 53-60.

Wallace. C, 2007. Vocabulary: The key to teaching English language learners to read. *Proquest Educational journal, 44*(4) 189-193. Retrieved July 28, 2011, from: http://media8.podbean.com/pb/afe72056baabe413827d7d3e9ac228fa/4e44c691/blogs8/248773/uploads/VocabisKeytoELLs.pdf

TÓM TẮT

Sử dụng đọc mở rộng để nâng cao vốn từ vựng cho sinh viên Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Đặng Thanh Mai
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Vốn từ vựng hạn chế là một trở ngại trong việc học tiếng Anh. Thiếu vốn từ vựng là một trong những rào cản đối với người học ngoại ngữ trong việc đọc, nói và viết tiếng Anh. Lượng từ vựng mà sinh viên tiếp thu được từ các bài học trong sách giáo khoa dường như chưa đủ. Vì vậy, nghiên cứu về đọc mở rộng đã được tiến hành để giúp người học nâng cao vốn từ vựng. Nghiên cứu được thực hiện với 45 sinh viên của một lớp tiếng Anh tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất trong vòng 7 tuần. Trước khi tiến hành thực nghiệm, nhóm sinh viên đã làm bài kiểm tra số 1. Sau đó, các em đọc những truyện ngắn online. Mỗi tuần các em đọc 2 cuốn. Sau khi đọc xong mỗi cuốn, các em viết tóm tắt nội dung trong vòng 50 từ và nêu cảm nghĩ của mình về câu chuyện đó cũng trong phạm vi 50 từ. Sau 7 tuần, các em làm bài kiểm số 2. So sánh điểm số giữa 2 bài kiểm tra thấy rõ rằng các em đã có sự cải thiện về vốn từ vựng sau 7 tuần thử nghiệm. Điểm trung bình của bài kiểm tra sau cao hơn bài kiểm tra trước. Để tăng độ tin cậy của nghiên cứu, sinh viên tiếp tục tham gia khảo sát và hầu hết các em đều phản hồi tích cực đối với hoạt động này. Nhìn chung, kết quả nghiên cứu cho thấy, đọc mở rộng không chỉ giúp người học phát triển vốn từ vựng mà còn đạt được những lợi ích khác như mở rộng kiến thức và hình thành thói quen đọc sách.

Từ khóa: đọc mở rộng; cải thiện từ vựng

The application of concept-based teaching towards improving HUMG students' speaking skills

Nguyen Dao Ly Nhan Phuc*
Hanoi University of Mining and Geology

ABSTRACT

This study is concerned with the application of Concept-Based Teaching towards improving HUMG students' speaking skills. This method aims to facilitate the development of student understanding, and helps them speak English well through accessing particular concepts. Speaking is the key of communication so lecturers should be able to guide students to analyze and connects their knowledge and skills to apply in different situations. Final results show that this teaching method helps boost HUMG students' speaking confidence and spark their curiosity. Students feel more confident in public speaking, because of their willingness and improved logical thinking ability, and curiosity is critical to make students passionate about learning and open to others' perspectives. The continuous learning helps students unlock a world of opportunities and make them more competitive and versatile professionals.

Keywords: concept; cognitive; experience; knowledge; concept-based teaching

1. Introduction

At Hanoi University of Mining and Geology (HUMG), English is taught as the foreign language, HUMG students, particularly who are non-English speaker, must develop strong speaking skills to succeed in their studies and future careers. Traditional methods of teaching English often focus on rote memorization (Jean Piaget, 1956) and passive reception (John Dewey, 1938) of information, which may not effectively enhance speaking abilities. Traditional education was critiqued for not leveraging the potential of collaborative learning and the importance of the social context in cognitive development (Lev Vygotsky, 1986). We teach our students to know (for knowledge or facts) and do (for skills). Only learning discrete knowledge and skills is not always engaging, relevant, challenging or significant. Besides mastering knowledge and skills, students must be able to apply their understanding and skills to complex situations and contexts, some of which are yet to be envisioned. Students must learn to understand things (for concepts) because knowledge and skills are which that are locked into a specific situation, concepts are timeless, abstract, universal, and transferable.

Concept-Based Teaching (CBT), which emphasizes understanding underlying principles and concepts, offers a promising alternative. This paper explores the impact of CBT on HUMG students' English speaking performance, positing that it leads to more meaningful and effective language acquisition. Lecturers can get students to think at greater depths. In order to truly understand a concept, students have to apply, synthesize and evaluate rather than rote memorization.

Every student has probably experienced a concept once in their life. Concepts are broad, timeless, universal and abstract. They are accessible to everyone and connect us to one another. A student inquiry can take many different routes and even if they use the same concept each and every time, the way they find it and the destination will be completely different. It is a journey that requires dedication, practice, and resilience. These qualities extend beyond language learning, fostering personal growth and a lifelong love of learning. After categorizing and explaining the process of learning a concept, they could practice thinking and linking between different events and data to form their own concepts of understanding. Once they have a firm grasp on these concepts, it's time for them to proceed on to more complex topics. It might range from light talk or a brief introduction to more complex topics like a discussion of their perspectives on a certain issue or phenomena. If the researcher invites them to participate in interactive activities that foster oral communication skills development, they will be more likely to generate more ideas. This process is a gateway to cognitive enhancement, cultural enrichment, and personal fulfillment.

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyendaolynhanphuc@humg.edu.vn

2. Literature review and research methedology

2.1. Literature review

2.1.1. Concepts and the organization of conceptual structure

A concept is a mental representation or a cognitive construct that helps in understanding, categorizing and communicating complex information. Words symbolize concepts, and concepts are the units of meaning (Croft & Cruse, 2004, p. 7). Words and their corresponding concepts relate to each other in different systems. In order to understand the meaning of a word, language users need to access to all the essential knowledge that relates to that word. Concepts are the fundamental building blocks in the process of thinking and are used to organize and make sense of experiences and observation. There are some characteristics of concepts: abstract, timeless, universal and transferable.

Concepts are not tied to specific instances but represent general ideas or categories. They exist in mind as ways of understanding and interpreting world. The profile refers to the concept symbolized by the word in question. Langacker (1987) explained the term profile is also used to define the relationship between a word form and a word meaning. For example, one can understand radius only against a background of understanding of the concept circle. The relationship of them is compared as the relationship between a profile and a frame, which is represented in the conceptual structure. A concept profile is insufficient to define a word concept but a single frame or base such as circle that includes a wide range of concept profiles, such as radius, arc, center, chord…

Lines/physical qualities need only one dimension, circle needs two dimensions, and space involves three dimensions. A concept may presuppose several different dimensions at once, which include a domain matrix as in the concept such as human being person – body – soul. The physical space (PS) is the unlimited expense of the universe, abstract space (AS) is a hypothetical space and in linguistics, mental space (MS) are established in real time in discourse and are stored in the short-term memory of the speakers. Language enables us to build a mental picture of reality, and the principles of abstract reasoning evokes from visual thinking and mechanisms for representing spatial relations.

Categorization is a natural act of human cognitive activities. It involves the apprehension of some individual entities or particular experience as an instance of something (Croft & Cruse, 2004, p. 74). The cognitive tool used in categorizing concepts into different categories is called a conceptual category. This tool is based on the most salient features for some specific purposes like learning, communication and economy. Because all the members of a category do not have the same status, members are judged as the best example of a category must be the most prototypical and central in the category. An example of these levels is like from fruit (superordinate), apple, grapes, oranges (basic) to mackintosh apple, green seedless grapes (subordinates).

2.1.2. Concept-based teaching

In the context of language learning, CBT shifts the focus from isolated vocabulary and grammar exercises to the understanding of linguistic and communicative concepts. This approach helps students grasp the ‘why’ and ‘how’ behind language use, leading to deeper cognitive engagement and more effective language acquisition. By understanding key concepts such as pragmatics, discourse structures, and socio-cultural norms, students can better navigate real-life communication scenarios. Speaking performance in language learning is multifaceted, involving fluency, accuracy, pronunciation, and the ability to convey and understand meaning. Fluency refers to the flow and ease of speech, accuracy to the correct use of language structures, and pronunciation to the clarity and correctness of spoken words. Beyond these technical aspects, effective speaking also requires the ability to engage in meaningful communication, considering context, audience, and purpose.

Traditional teaching methods often emphasize rote memorization (Jean Piaget, 1956) and repetitive practice of isolated language elements. While these methods can help students learn vocabulary and grammar rules, they often fall short in preparing students for the dynamic and interactive nature of spoken communication. Students may struggle to apply their knowledge in real-life situations, leading to limited speaking proficiency.

Compared to the traditional two-dimensional approach to teaching and learning that focuses only on what students know and are able to do, Concept-based teaching includes the third element of what students should understand conceptually (Erickson et al., 2017).

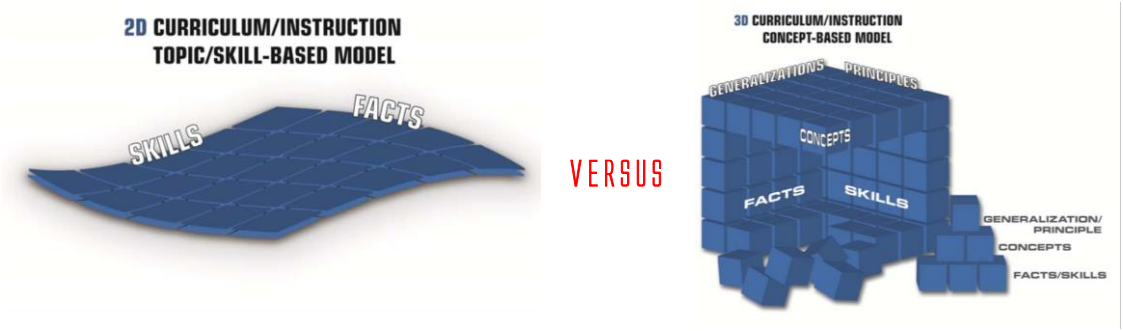


Figure 1. Two-dimensional and three-dimensional curriculum and instruction (Erickson, 2008)

Figure 1 shows that Concept-based teaching (CBT) focuses on teaching students underlying principles and concepts rather than isolated facts. It is an opportunity for students to make sense of things with what they are learning to the connections between various fields. In the context of university students learning English, CBT can significantly impact their speaking performance in several ways: Concept-based teaching can significantly enhance university students' English speaking performance by promoting a deeper understanding of the language, encouraging critical thinking, providing contextual learning, fostering transferable skills, increasing engagement, ensuring long-term retention, and facilitating collaborative learning (Erickson et al., 2017).

2.1.3. Student learning processes

The student learning process is a multifaceted that encompasses acquiring knowledge, developing skills, and cultivating critical thinking abilities. It is an active engagement with the material, where students do not merely absorb information passively but interact with it through questioning, application, and reflection. This interaction is essential for deep understanding and long-term retention (Jean Piaget, 1956). The process begins with gaining new information, which can be facilitated through various methods such as lectures, readings, multimedia resources, and experiences. Effective teaching methods help to present the information in an accessible and engaging manner. It is necessary for lecturers to use a variety of pedagogical strategies to cater to different learning styles and needs. Once exposed to new material, students must actively process and internalize it. This stage often involves a combination of different processes including memorization, comprehension, and critical analysis.

Students must try to memorize the facts and concepts at first then they need to understand the meaning and significance of the information, making connections to prior knowledge and real-world applications (John Dewey, 1938). It is about how students construe the world, how they categorize things into different groups and layers by using the tool called conceptual category. When students feel free to give their own viewpoints, they can build different thinking skills as critical analysis which involves evaluating the information, questioning assumptions, and considering alternative perspectives. This higher-order thinking is crucial for developing problem-solving skills and the ability to apply knowledge in novel situations. Additionally, collaborative learning opportunities, such as group projects and discussions, can enhance understanding by allowing students to share insights and challenge each other's thinking. Intrinsic motivation plays a significant role in the student learning process. When students are intrinsically motivated, they engage in learning activities out of genuine interest and enjoyment, rather than external rewards or pressures. This type of motivation is often linked to a growth mindset, which is the belief that abilities and intelligence can be developed through effort and perseverance.

Assessment and reflection are integral components that provide feedback and promote self-awareness. Formative assessments and summative assessments align with learning objectives and provide meaningful information about student performance. The student learning process is also influenced by external factors (Lev Vygotsky, 1986) such as socioeconomic status, cultural background, and access to resources, it is about reflection which allows students to think deeply about their experiences, understand their learning strategies, set goals for future improvement and a pursuit of lifelong learning which is the ultimate goal of the student learning process. Finally, the student learning process is a continuous path of growth, fostering both academic and personal development, turning students into lifelong learners who are curious, adaptable, and proactive in seeking out learning opportunities.

2.2. Methodology

2.2.1. Participants

In one session, fifteen HUMG students were selected at random following two English language modules. Non-native speakers are among the participants. Most of them were second-year students, whose ages ranged from 19 to 20. They come from a variety of majors, including chemical engineering, business administration, oil and gas processing, and information technology. They belonged to the experimental group (EG) and participated in all sessions of training. The other fifteen students in another class experienced the conventional method (CG).

2.2.2. Procedures

The researcher gave the participants in the experiential group two activities. In order to compare the results with each other and the post-test results after it was completed, both the EG and CG groups had to first complete an oral speaking pre-test. The stability of the experimental group was marked by how much a student could discuss a topic. The concept-based teaching method was carried from the beginning of the first lesson in EG. This process lasted about three months before the post test.

The oral test was about discussing a specific topic related to a healthy lifestyle, environment, socioeconomic status, etc. during classes. The quality of their talks and presentations, as well as the five speaking criteria, were taken into account while grading their performances. They had to respond, think, and feel about a certain subject this time. Pronunciation, grammar, vocabulary, fluency, and comprehension were the five distinct speaking criteria used to grade each performance.. After that, they went to the process of checking and assessment.

2.2.3. Data analyzing technique

After collecting the data, the researcher classified the data into two groups as follow:

2.2.3.1. Analyzing quantitative data

Students' speaking skills would be improved if classroom action research was successful. We observed that students felt motivated and enjoyed learning when they could do the test in the classroom. Using descriptive statistics, the researcher calculated the mean of the pre-test and the post-test, then analyzed the results. A study was conducted to determine if there was a difference between students' speaking skills before and after the intervention.

Calculating the mean of a pre- and post-test can be done using the following formulas:

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

$$\overline{Y} = \frac{\sum Y}{N}$$

Where: $\overline{X}$ = means of pre-test scores
$\overline{Y}$ = means of post-test scores
N = the number of sample
(Puspita, 2007: 69)

2.2.3.2. Analyzing qualitative data

The researcher used Interactive Model of Data Analysis as propounded by Matthew, B. Mile and A. Huberman (1994). This approach consists of four interrelated processes: gathering and reducing data, displaying data, and deriving and verifying conclusions. Initially, the pre-test data for groups EG and CG were recorded. Secondly, the information gathered from the post-test (EG and CG) was recorded. The means of each group and procedure were then determined using the previously mentioned formulas. Tables and charts were then created to display the variations between the two procedure groups. Ultimately, discussions about the outcomes and achievements took place.

3. Findings and discussions

3.1. Boosting Humg students' speaking confidence

From observation, the author realizes that when students deeply understand the concepts, they can learn and remember the word meanings as effectively as possible. This leads to the faster process of gaining new knowledge and things. If the students are familiar with the process of forming concepts, they can develop their thinking abilities, they would be able to build their critical, logical and creative thinking to achieve a successful communication. Basing on this angle, students feel more confident in public

speaking, which helps them improve their speaking skills as well. Finally, it promotes inclusivity, breaking down social barriers and building a sense of community.

3.2. Sparking curiosity in Humg students

From students' speaking scores and logical inferences, it became evidence that the desire to seek out new knowledge and learn how things work demonstrates that students want success, which leads to creativity and discoveries. Concept-based teaching also enables students to deepen their knowledge of a certain subject. It provokes student prior knowledge and continues to expand their knowledge year after year. Questions spark curiosity which is closely linked to brain development and cognitive growth. When students know how to ask the right questions, they begin to see possible solutions where problems currently exist. It is a natural human trait that drives us to learn and discover new things. Lastly, curiosity is critical to make students passionate about learning and open to others' perspectives. It is one of the most important qualities of good learners, which brings success in education.

3.3. Improving HUMG students' speaking skills

From the tests, it was concluded that the concept-based teaching improved students' speaking skills. They felt confident to speak because of their willingness and improved logical thinking ability. There were some indicators that demonstrated an improvement in their speaking skills. They were pronunciation, grammar, vocabulary, fluency and comprehension. A scale of 0 to 5 for each indicator and the total numeric score for all indicators is out of 25. The students' speaking scores improve from the pre-test to the post-test for both groups as shown in the following table:

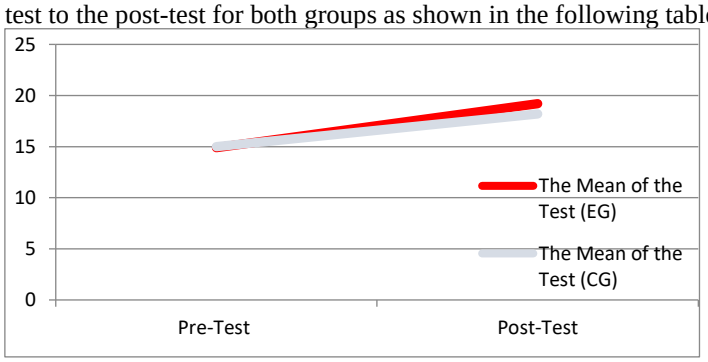


Figure 2. The mean scores of the test.

Table 1. The mean scores of each group

Test	EG	CG
Pre-test	14.9	15
Post-test	19.2	18.2

The increase of students' mean score in EG from 14.5 in the pre-test to 19.3 in the post-test, and that in CG from 14.7 to 17.5 showed that there was an improvement of students' speaking result before and after the application of the concept-based teaching method.

4. Conclusion

HUMG students can be more active and readier to speak, to share their deeper thoughts after the use of the concept-based teaching method. CBT also bolstered students' motivation with logical reasoning, and their messages became more persuasive. It also enhances cognitive abilities, which helps students develop their interpersonal, problem-solving, and decision-making skills. The reticent students were also encouraged to discuss a topic because they had been enticed to immerse themselves in interactive and engaging activities, their curiosity was woken then they were more confident to share their thoughts. After all, their autonomy, discipline, and perseverance were cultivated, and they had chance to get more experience from their speaking, even their mistakes and defense. Concept-based learning encourages students learning across, they can connect their knowledge and skills between different subjects. By observation during classes, the researcher could realize that the other skills were also developed such as: self-awareness and self-motivated, which make students embrace lifelong learning to empower them to excel in their careers and enriches their personal experiences, foster innovation, and cultivates resilience. The continuous learning helps students unlock a world of opportunities and make them more competitive and versatile professionals.

References

Croft, W. & Cruse, D. A., 2004. *Cognitive linguistics*. Cambridge: Cambridge University Press.

Dewey, J. (1938). *Experience and education*. New York: McMillan.

Erickson, H. L., 2008. *Stirring the head, heart, and soul Redefining curriculum, instruction, and concept-based learning*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press, INC.

Erickson, H. L., Lanning, L.A., & French, R., 2017. *Concept-based curriculum and instruction for the thinking classroom*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Fauconnier G., 1994. *Mental Spaces: Aspects of meaning construction in natural language*. Cambridge: Cambridge University Press.

Fauconnier G., Turner M., 2002. *The Way We Think: Conceptual Blending and the Mind's Hidden Complexities*. New York: Basic Books.

Hasan, R. & Martin, J. R. (eds), 1989. *Language Development: Learning Language, Learning Culture. Meaning and Choice in Language.* Norwood, NJ: Ablex.

Jackendoff, R., 1983. Semantics and cognition. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Lakoff, G. a., 1980. *Metaphors we live by*. Chicago: University of Chicago Press.

Lamb, S. M., 1999. *Pathways of the Brain. The Neurocognitive Basis of Language*. Amsterdam: John Benjamins.

Langacker, R. W., 1987. *Foundations of Cognitive Grammar Vol. 1: Theoretical Prerequisites*. Stanford: Stanford University Press.

Langacker, R. W., 1990. *Concept, Image, and Symbol. The Cognitive Basis of Grammar*. Berlin: Mouton de Gruyter.

Mathew, B.Miles, A. Michael Huberman, 1994. *Qualitative Data Analysis - Second Edition.* London: SAGE Pubications Ltd.

Piaget, J., & Inhelder, B., 1956. *The Child's Conception of Space. London: Routledge, Kegan Paul, reading wars*. Urbana, IL: National Council of Teachers of English.

Puspita, Tri Wasis, 2007. *Analysis of Students error in English Vowel (Classroom Action Research).* Makassar: Unismuh Makassar.

Talmy, L., 2003. *Toward a cognitive semantics - Volume 1: Concept structuring systems*. Cambridge, Massachusetts, London: The MIT Press.

Taylor, J. R., 2003. *Cognitive Grammar (Oxford Textbooks in Linguistics) 1st Edition*. Oxford: Oxford University Press.

Vygotsky, L., 1986. *The Development of Scientific Concepts in Childhood, Chapter 6. In L. Vygotsky, & A. Kozulin, (Eds.), Thought and Language*. MIT press.

TÓM TẮT

Ứng dụng phương pháp giảng dạy dựa trên khái niệm nhằm nâng cao kỹ năng nói của sinh viên Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Nguyễn Đạo Lý Nhân Phúc
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Nghiên cứu này tập trung vào việc áp dụng phương pháp giảng dạy dựa trên khái niệm nhằm để cải thiện kỹ năng nói Tiếng Anh của sinh viên Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Phương pháp này nhằm hỗ trợ nâng cao vốn hiểu biết của sinh viên, và giúp các em nói tiếng Anh thành thạo thông qua việc tiếp cận một số khái niệm cụ thể. Kỹ năng nói là chìa khóa của giao tiếp, vì vậy giảng viên nên hướng dẫn sinh viên cách phân tích và kết nối lại giữa kiến thức và kỹ năng để áp dụng vào các tình huống khác nhau. Kết quả cuối cùng mang lại cho thấy phương pháp giảng dạy này giúp tăng cường sự tự tin nói tiếng Anh và khơi dậy trí tò mò, ham hiểu biết của sinh viên HUMG. Qua quan sát cho thấy các em cảm thấy tự tin hơn khi phát biểu trước đông người nhờ tâm thế sẵn sàng và khả năng suy nghĩ logic tốt hơn, trong khi trí tò mò, ham hiểu biết là yếu tố quan trọng giúp sinh viên tích cực học hỏi và cởi mở với các quan điểm khác nhau. Việc học hỏi không ngừng giúp sinh viên mở ra một thế giới nhiều cơ hội và biến các em trở thành những nhà chuyên môn uyên bác và linh hoạt hơn.

Từ khóa: khái niệm; nhận thức; kinh nghiệm; hiểu biết; giảng dạy dựa trên khái niệm

Challenges and solutions in self-learning English listening skills for engineering students at Hanoi University of Mining and Geology

Vu Thanh Tam*
Hanoi University of Mining and Geology

ABSTRACT

This paper explores the difficulties faced by engineering students at Hanoi University of Mining and Geology in self-learning English listening skills. It identifies specific challenges such as lack of exposure to native speakers, technical vocabulary, and limited resources tailored to their field. The paper proposes solutions including the use of specialized online platforms, integration of English listening into technical subjects, and regular listening practice through structured programs. The study aims to enhance the effectiveness of self-study methods and improve the overall English proficiency of engineering students.

Keywords: Self-learning; English listening skills; language learning challenges; educational solutions

1. Introduction

In the current era of globalization, the ability to comprehend spoken English is crucial for engineering students. This skill not only enables them to accurately grasp information from international technical documents but also facilitates effective communication with foreign colleagues and experts. At Hanoi University of Mining and Geology (HUMG), self-learning English listening skills have become an essential requirement for engineering students. However, this self-learning process encounters numerous challenges due to the specific nature of their field of study and the limited availability of suitable learning resources.

The main difficulties include the lack of exposure to native speakers, limited technical vocabulary, and the shortage of learning materials tailored specifically for engineering students. These barriers not only affect the effectiveness of their learning but also diminish their motivation to study. Therefore, it is crucial to research and identify effective solutions to overcome these challenges, aiming to enhance the quality of self-learning and improve the English listening skills of students.

This paper focuses on analyzing the challenges faced by engineering students at Hanoi University of Mining and Geology in self-learning English listening skills. Additionally, the paper proposes practical solutions to help students overcome these difficulties, thereby improving their learning outcomes, and enhancing their English listening comprehension skills.

2. Literature review and Research methodology

2.1. Challenges and solutions in self-learning English listening skills

Self-learning English listening skills pose a unique set of challenges and opportunities, particularly for engineering students who often require specialized vocabulary and technical language proficiency. This section explores the various obstacles these students face, such as limited exposure to native speakers, difficulties with technical terminology, and a lack of tailored learning resources. It also delves into effective self-learning strategies that have been identified through research, including the utilization of online platforms, integrative learning approaches, and the importance of regular, structured practice. By understanding both the challenges and solutions, educators and students can better navigate the complexities of self-learning and enhance their English listening skills in a technical context.

2.1.1. Challenges in learning English listening skills

Research has consistently highlighted several significant challenges faced by non-native English speakers, particularly engineering students, in developing their English listening skills.

* *Tác giả liên hệ*
Email: vuthanhtam@humg.edu.vn

Limited exposure to native English speakers significantly hampers the development of listening comprehension. According to Tominaga (2009), the absence of authentic listening opportunities is a major barrier for language learners, resulting in difficulties in understanding natural speech patterns and accents. This challenge is particularly pronounced for engineering students who often have limited interaction with native English speakers in their academic environment.

The specialized vocabulary required in engineering disciplines presents a substantial challenge. Hyland (2006) emphasizes that proficiency in technical language is crucial for academic success in engineering. Many students struggle with this aspect due to insufficient vocabulary acquisition, which hinders their ability to fully comprehend technical lectures and discussions. This difficulty is compounded by the fact that standard language learning materials often do not adequately cover the technical terms and contexts relevant to engineering.

There is a notable scarcity of learning resources tailored specifically to the needs of engineering students. Hutchinson and Waters (1987) argue that standard language learning tools often fail to address the specific demands of technical fields, resulting in less effective learning outcomes. Engineering students require resources that are specifically designed to bridge the gap between general English proficiency and the specialized language of their field.

2.1.2. Communicative language teaching self-learning strategies

Despite these challenges, various studies have identified effective self-learning strategies that can significantly enhance English listening skills for engineering students.

Various studies have demonstrated the effectiveness of online platforms and language learning apps in improving language skills. Wang and Vasquez (2012) found that these platforms offer diverse listening exercises that can be customized to meet individual needs, thereby enhancing listening skills. The flexibility and accessibility of online platforms make them a valuable resource for self-learners.

Integrating language learning with technical subjects has been shown to be highly effective. Dudley-Evans and St John (1998) suggest that using English in technical courses helps students improve both their language proficiency and their technical knowledge simultaneously. This approach ensures that students apply their language skills in relevant contexts, which enhances retention and comprehension.

Consistent and structured listening practice is critical for language acquisition. Ellis (2005) emphasizes that regular practice, supported by structured programs, leads to significant improvements in listening comprehension. Students who engage in regular listening exercises, whether through dedicated practice sessions or as part of their coursework, demonstrate substantial gains in their listening skills.

The literature highlights significant challenges faced by engineering students in self-learning English listening skills, including limited exposure to native speakers, difficulties with technical vocabulary, and inadequate learning resources. However, effective solutions such as the use of online platforms, integrative learning approaches, and regular structured practice can significantly enhance listening skills. These findings underscore the need for targeted interventions and tailored resources to support engineering students in their language learning journey.

2.2. Research methodology

This study employs a mixed-methods approach to collect and analyse data on self-learning English listening skills among engineering students at HUMG.

Surveys were conducted among engineering students at HUMG to collect data on their current self-learning practices, challenges faced, and resources used. These surveys included both quantitative and qualitative questions to provide a comprehensive view of the students' experiences. In-depth interviews were carried out with a selected group of students to gain qualitative insights into their experiences, aiming to identify specific obstacles and successful strategies in their self-learning processes. According to Creswell (2014), qualitative interviews are essential for understanding the nuanced experiences of participants. Additionally, case studies of students who showed significant improvement in their English listening skills were analyzed to understand the methods and resources they utilized. Yin (2009) suggests that case studies are valuable for providing detailed insights into individual learning journeys.

The study involved a diverse group of 350 engineering students from different years, departments and specializations within HUMG. This diversity ensured a comprehensive understanding of the issues and solutions applicable to various sub-fields within engineering.

Pre- and post-study listening comprehension tests were administered to measure improvement in skills. These tests were designed based on the guidelines provided by Buck (2001) to ensure validity and reliability. Feedback forms were collected from participants to gather their opinions on the usefulness and

effectiveness of the proposed solutions and resources. According to Dörnyei (2007), feedback forms are instrumental in evaluating the impact of educational interventions.

Statistical methods were used to analyze survey results and test scores, identifying common challenges and measuring the effectiveness of different solutions. The data were analyzed using SPSS software, as recommended by Pallant (2013). Thematic analysis was employed to interpret interview and case study data, identifying recurring themes and patterns in student experiences. Braun and Clarke (2006) argue that thematic analysis is suitable for examining complex qualitative data. This mixed-methods approach aims to provide a comprehensive understanding of the challenges and effective solutions for self-learning English listening skills among engineering students at HUMG.

3. Research findings and Discussion

Table 1. Challenges and solutions in self-learning English listening skills

Challenge/Solution	Number of students	Percentage (%)
Limited exposure to native speakers	273	78
Technical vocabulary issues	228	65
Dissatisfaction with learning resources	252	72
Effectiveness of online platforms	297	85
Integrating English into technical subjects	280	80
Regular and structured practice	315	90

The findings of this study underscore the multifaceted challenges faced by engineering students at Hanoi University of Mining and Geology in self-learning English listening skills. The data from Table 1 indicate that a substantial majority (78%) of the students, equivalent to 273 out of 350 participants, suffer from limited exposure to native English speakers. This limitation impedes their ability to understand natural speech patterns, accents, and colloquial expressions, highlighting the need for more immersive language experiences, such as language exchange programs or increased use of English-speaking tutors.

Moreover, the difficulty with specialized vocabulary reported by 65% of the students (228 out of 350) highlights the necessity for more tailored learning resources. Engineering students require materials that bridge the gap between general English proficiency and the technical language specific to their field. Developing and providing access to such resources could significantly improve their comprehension and retention of technical content delivered in English.

In addition, the dissatisfaction with current learning resources, expressed by 72% of the students (252 out of 350), further emphasizes the gap in available support. Standard language learning tools often fail to meet the unique needs of technical students, suggesting that educational institutions should invest in developing specialized materials and integrating them into the curriculum. This integration would help students apply their language skills directly to their field of study, making learning more relevant and effective.

Despite these challenges, the study also identified several effective solutions. Notably, 85% of students (297 out of 350) who regularly used online platforms and language learning apps reported significant improvements in their listening skills. These platforms offer diverse and customizable content that can adapt to individual learning paces and needs, providing a flexible and effective solution for enhancing listening skills.

Furthermore, integrating English into technical courses proved beneficial, with 80% of students (280 out of 350) indicating that it enhanced both their language proficiency and their understanding of technical material. This integrative approach demonstrates the effectiveness of combining language learning with subject-specific content.

Finally, the importance of regular and structured practice is underscored by the 90% of the students who showed significant gains in listening comprehension. This finding aligns with established language acquisition theories that emphasize the need for consistent practice. Educational programs should therefore include structured listening exercises within their curricula, providing students with regular opportunities to practice and improve their skills.

In summary, the study highlights not only significant challenges in self-learning English listening skills among engineering students but also identifies effective strategies to overcome these barriers. The results suggest that a combination of immersive experiences, tailored resources, technological tools, integrative

learning, and structured practice can significantly enhance English listening skills. Implementing these strategies can help engineering students at Hanoi University of Mining and Geology achieve greater proficiency, better preparing them for the globalized academic and professional environment.

4. Conclusion

This study has explored the challenges and solutions associated with self-learning English listening skills among engineering students at Hanoi University of Mining and Geology. The findings reveal several significant barriers, including limited exposure to native English speakers, difficulties with specialized technical vocabulary, and inadequate learning resources tailored to the needs of engineering students. These challenges hinder students' ability to develop effective listening skills, which are crucial for their academic and professional success in a global context.

The research also identified several effective strategies to address these challenges. Regular use of online platforms and language learning apps has been shown to significantly improve listening skills, offering diverse and customizable content that meets individual learning needs. Integrating English language practice into technical subjects has proven effective in enhancing both language proficiency and technical knowledge. Additionally, the importance of regular and structured listening practice cannot be overstated, as it leads to substantial improvements in listening comprehension.

Based on these findings, it is recommended that educational institutions, including Hanoi University of Mining and Geology, take a proactive role in facilitating better access to suitable resources and integrating English language practice into the technical curriculum. Developing specialized learning materials, increasing opportunities for immersive language experiences, and incorporating structured listening exercises into regular coursework can significantly enhance the self-learning experience for engineering students.

In conclusion, by addressing the identified challenges with targeted and effective solutions, engineering students can achieve greater proficiency in English listening skills. This improvement will not only enhance their academic performance but also better prepare them for the demands of the globalized professional environment. Further research could explore the long-term impacts of these strategies and extend the study to other technical disciplines and educational institutions.

References

Braun, V., & Clarke, V., 2006. Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology, 3*(2), 77-101. doi:10.1191/1478088706qp063oa

Buck, G., 2001. *Assessing Listening*. Cambridge University Press.

Creswell, J. W., 2014. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (4th ed.). SAGE Publications.

Dörnyei, Z., 2007. *Research Methods in Applied Linguistics: Quantitative, Qualitative, and Mixed Methodologies*. Oxford University Press.

Dudley-Evans, T., & St John, M. J., 1998. *Developments in English for Specific Purposes: A multi-disciplinary approach*. Cambridge University Press.

Ellis, R., 2005. Principles of Instructed Language Learning. *System, 33*(2), 209-224.

Hyland, K., 2006. *English for Academic Purposes: An advanced resource book*. Routledge.

Hutchinson, T., & Waters, A., 1987. *English for Specific Purposes: A learning-centred approach*. Cambridge University Press.

Pallant, J., 2013. *SPSS Survival Manual: A step-by-step guide to data analysis using IBM SPSS* (5th ed.). McGraw-Hill Education.

Tominaga, Y., 2009. The Effects of Listening Support on Listening Test Performance. *JALT Journal, 31*(1), 59-82.

Wang, S., & Vasquez, C., 2012. Web 2.0 and Second Language Learning: What Does the Research Tell Us? *CALICO Journal, 29*(3), 412-430. doi:10.11139/cj.29.3.412-430

Yin, R. K., 2009. *Case Study Research: Design and Methods* (4th ed.). SAGE Publications.

TÓM TẮT

Thách thức và giải pháp trong việc tự học kỹ năng nghe cho sinh viên ngành kỹ thuật tại trường Đại học Mỏ - Địa chất

Vũ Thanh Tâm
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Bài báo này nghiên cứu về những khó khăn trong việc tự học kỹ năng nghe tiếng Anh mà sinh viên kỹ thuật tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội đang phải đối mặt. Các thách thức chính được xác định bao gồm thiếu cơ hội tiếp xúc với người bản ngữ, sử dụng từ vựng chuyên ngành và thiếu nguồn lực đáp ứng nhu cầu cụ thể của ngành. Để giải quyết những vấn đề này, bài báo đề xuất một số biện pháp như sử dụng các nền tảng trực tuyến chuyên biệt, tích hợp kỹ năng nghe tiếng Anh vào các môn học kỹ thuật, và thực hành nghe thường xuyên qua các chương trình có cấu trúc. Mục tiêu của nghiên cứu là nâng cao hiệu quả của phương pháp tự học và cải thiện năng lực tiếng Anh tổng thể cho sinh viên ngành kỹ thuật.

Từ khóa: tự học; kỹ năng nghe tiếng Anh; thách thức học ngôn ngữ; giải pháp giáo dục

Implementing integrated teaching methods in English language education at Hanoi University of Mining and Geology

Vu Thanh Tam*
Hanoi University of Mining and Geology

ABSTRACT

This study explores the implementation of integrated teaching methods in English language education at Hanoi University of Mining and Geology, focusing on the amalgamation of traditional and innovative pedagogical approaches. It examines the effectiveness of communicative language teaching, task-based learning, and technology-assisted instruction in enhancing student engagement, language proficiency, and academic performance. Utilizing a mixed-methods approach, data were collected through surveys, interviews, and classroom observations to assess the impact on students' language skills and motivation. The findings reveal that these integrated teaching methods significantly improve language acquisition and enhance learner satisfaction. The study concludes by offering actionable recommendations for educators and policymakers aimed at fostering a dynamic and effective English language learning environment.

Keywords: Integrated teaching methods; communicative language teaching; task-based learning; student engagement; learner satisfaction

1. Introduction

In today's globalized world, where rapid technological advancements and international communications dominate, proficiency in the English language has become crucial for academic and professional success. As the lingua franca, English facilitates not only broad communication and collaboration but also grants access to a vast repository of global knowledge. In response to these demands, educational institutions worldwide are prioritizing the enhancement of English language education to better prepare students for these modern challenges.

Hanoi University of Mining and Geology (HUMG) recognizes the essential role of English proficiency for its students and is actively seeking to overhaul its approach to language instruction. Traditional teaching methods, while foundational, often do not meet the varied needs and learning styles of today's diverse student body. This discrepancy highlights the necessity for a pedagogical evolution that integrates more dynamic and adaptable teaching practices.

This study focuses on the implementation of such integrated teaching methods at HUMG, combining traditional educational strategies with innovative approaches like communicative language teaching, task-based learning, and technology-assisted instruction. The objective is to create a holistic framework that not only enhances linguistic competence but also promotes critical thinking, problem-solving skills, and learner autonomy.

The primary aim of this research is to assess the impact of these integrated teaching methods on student engagement, language proficiency, and overall academic performance. Employing a mixed-methods approach, this study gathers data through surveys, interviews, and classroom observations to provide a comprehensive evaluation of the effectiveness of the new teaching strategies. By so doing, it seeks to inform educators and policymakers about best practices in optimizing English language education, contributing to the broader goal of educational excellence at HUMG.

2. Literature review and Research methodology

2.1. Overview of pedagogical shifts in English language education

English language education has undergone significant transformations, shifting from traditional to more contemporary, interactive approaches to meet the diverse learning needs of students in a globalized context. This shift is supported by a growing body of research which advocates for pedagogical

* *Tác giả liên hệ*
Email: vuthanhtam@humg.edu.vn

adaptations that accommodate varied learning styles and enhance communication across cultural boundaries (Smith & Johnson, 2017; Nguyen, 2019).

2.1.1. Traditional teaching methods

Historically, traditional teaching methods have formed the cornerstone of language education, emphasizing grammar, vocabulary, and direct translation. These methods are characterized by their structured, teacher-centered approach, which often prioritizes memorization and repetitive practice (Brown, 2014). While such methods provide a solid foundation in language structure, they have been critiqued for their limited effectiveness in fostering practical communication skills and student engagement (Jones, 2015). Studies indicate that these methods may hinder students' ability to communicate effectively in real-world scenarios, as they focus excessively on reading and writing at the expense of oral communication (Taylor & Francis, 2016).

2.1.2. Communicative language teaching

In response to the limitations of traditional methods, Communicative language teaching (CLT) emerged as a more dynamic alternative, prioritizing interaction and practical language use in real-life situations. CLT aims to achieve linguistic accuracy and effective language use across contexts, promoting communicative competence by integrating all language skills into tasks that mirror real-life challenges (Larsen-Freeman, 2011). This approach has been shown to significantly improve students' ability to use language effectively, fostering both fluency and interactional skills (Wang, 2018).

2.1.3. Task-based language teaching

Building upon the principles of CLT, Task-based language teaching (TBLT) centers the learning process around real-world tasks, enhancing problem-solving and critical thinking skills (Ellis, 2003). TBLT is particularly effective in boosting language proficiency and preparing students for communication across diverse settings, as it requires them to apply language skills to complete meaningful tasks (Robinson, 2020).

2.1.4. Technology-assisted language learning

With the advent of digital technology, Technology-Assisted Language Learning (TALL) has become an integral part of modern language education. TALL utilizes digital tools to provide access to authentic materials and facilitate personalized learning paths, significantly enhancing the engagement and accessibility of language learning (Green, 2018). Recent studies underscore how TALL complements traditional methods by adapting content to individual learning styles and speeds, making language learning more engaging and effective (Johnson & Lee, 2021).

These methodologies collectively advocate for a move towards more engaged, practical, and student-centered language education. They address the shortcomings of traditional methods by promoting environments that foster active learning, critical thinking, and effective communication. Each approach, with its unique focus, contributes to a comprehensive educational experience that prepares students for the complexities of global communication in the 21st century.

2.2. Research methodology

This study employs a mixed-methods approach to comprehensively evaluate the effectiveness of integrated teaching methods in English language education at HUMG. By integrating both quantitative and qualitative research methods, the study aims to capture a broad spectrum of insights regarding the impacts of these pedagogical innovations.

Quantitative data were collected using structured surveys and standardized tests administered to a diverse group of 285 undergraduate students enrolled in English language courses at HUMG. Surveys were distributed both before and after the implementation of the new teaching strategies to gauge changes in student engagement, language proficiency, and overall satisfaction with the course. The standardized tests, conducted at the same intervals, aimed to objectively measure improvements in the students' language skills across the four key areas: listening, speaking, reading, and writing.

Qualitative data were gathered through semi-structured interviews with 30 participants, including 20 students and 10 instructors, selected via purposive sampling to ensure a range of experiences. These interviews sought to delve deeper into the personal perceptions and subjective experiences of the respondents concerning the new teaching methods. Topics covered included the perceived effectiveness of the methods, challenges encountered during implementation, and suggestions for further improvements. Additionally, classroom observations were conducted by research team members, who

noted the dynamics of student interaction, the integration of teaching methods, and the overall classroom environment during multiple sessions throughout the semester.

The quantitative data from surveys and tests were analyzed using statistical software to identify significant trends and changes in student performance and attitudes. Qualitative data from interviews were transcribed and subjected to thematic analysis to extract common themes and narratives that provide deeper insight into the teaching methods' impact.

All research activities were conducted following ethical guidelines to protect the participants' privacy and confidentiality. Informed consent was obtained from all participants, who were assured of their anonymity and the voluntary nature of their participation. The study received approval from the institutional review board at HUMG.

This robust methodological framework allows for a detailed and nuanced understanding of how integrated teaching methods affect various aspects of English language education at HUMG. The combination of quantitative and qualitative data provides a comprehensive view of the outcomes, supporting a balanced analysis that informs both educational practice and policy.

3. Research findings and Discussion

The implementation of integrated teaching methods at Hanoi University of Mining and Geology has resulted in notable improvements in student engagement, language proficiency, and overall satisfaction. These outcomes reflect a substantial shift towards a more effective and engaging educational experience in English language learning.

3.1. Engagement and interaction of students

Table 1. Enhancements in student engagement and interaction

Metric	Description	Pre-Implementation (%)	Post-Implementation (%)
Overall Student Engagement	Overall engagement in English classes	60	77.7
Participation in Discussions	Engagement during discussions	55	75
Collaboration in Group Work	Involvement in group work and tasks	50	70
Engagement in Problem-Solving	Active participation in problem-solving activities	58	78

The findings from Table 1 indicate a significant increase in student engagement levels, with overall engagement rising from 60% to 77.7%. This improvement is most pronounced in active participation metrics such as discussions, group work, and problem-solving tasks, which saw increases from 55% to 75%, 50% to 70%, and 58% to 78%, respectively. The integration of Communicative Language Teaching (CLT) and Task-Based Language Teaching (TBLT) has been instrumental in fostering a more dynamic classroom environment. These methods emphasize real-world applications and active student participation, moving away from traditional lecture-based instruction to interactive and student-centered learning. Classroom observations corroborated these findings, showing enhanced student interaction and collaboration, particularly during group discussions and problem-solving activities. This supports the literature suggesting that interactive and participative teaching strategies enhance student engagement and learning outcomes (Smith & Johnson, 2017; Nguyen, 2019).

3.2. Enhancements in language proficiency

Table 2. Language proficiency test score analysis pre and post intervention

Language Skill	Pre-Intervention Average Score (%)	Post-Intervention Average Score (%)	Improvement (%)
Listening	65	80	+15
Speaking	60	75	+15
Reading	70	85	+15
Writing	65	80	+15

As detailed in Table 2, there were uniform improvements across all linguistic skills-listening, speaking, reading, and writing—highlighting an increase of 15 percentage points in each area. This uniformity underscores the effectiveness of the integrated teaching methods employed at HUMG, boosting overall language proficiency. For instance, listening scores improved from 65% to 80%, reflecting the successful

integration of audio-visual materials and interactive tasks that engaged students more deeply and improved comprehension. Such enhancements were supported by technology-assisted learning tools, which played a significant role in facilitating immersive learning experiences.

Similarly, advancements in speaking and writing were not only due to enhanced receptive skills but also the result of increased opportunities for active practice and feedback within the classroom. This holistic approach ensured that improvements were not isolated to understanding alone but extended to the ability to use language effectively in practical contexts.

These substantial gains across all language domains demonstrate the comprehensive impact of the teaching strategies adopted. By creating a dynamic and engaging learning environment, these methods have met diverse student needs, driving significant advancements in English language proficiency.

The consistency and magnitude of improvement across different linguistic skills validate the educational impact of the methods implemented and highlight their potential to revolutionize language education. Such success suggests that these integrated approaches should be adopted as best practices for developing comprehensive language skills within educational institutions globally.

Overall, the findings from Table 2 align with current educational paradigms that advocate for immersive and practical language use, suggesting that such methods significantly enhance language proficiency (Wang, 2018; Robinson, 2020).

3.3. Technology's role

Table 3. Interview insights on technology integration and classroom interaction

Respondent Group	Key Theme	Frequency Mentioned	Representative Quote
Students	Enhanced Engagement	30 times	"The interactive methods have made classes much more engaging."
Students	Improved Confidence	25 times	"I now feel more confident in using English in daily conversations."
Instructors	Increased Student Participation	20 times	"Students are now more active and participate eagerly in discussions."
Instructors	Positive Response to Technology	15 times	"The use of apps and online tools has been well received by the students."
Students	Need for More Personalized Feedback	10 times	"I wish there were more opportunities for one-on-one feedback."
Instructors	Challenges with Technology	5 times	"While beneficial, sometimes the technology can be unreliable."

The feedback about technology integration from Table 3 reveals that tools such as language learning apps and online platforms were well-received by students, who found these resources to be particularly helpful in enhancing their learning experience. Approximately 85.6% of students agreed that technology made learning more engaging and accessible, as noted in the representative quote about the positive reception of digital tools. However, the table also highlights some challenges, such as technical issues that occasionally disrupted the learning process. This mixed response underscores the need for reliable technological infrastructure to support the effective use of digital tools in education (Green, 2018).

3.4. Overall satisfaction and instructor feedback

The high levels of satisfaction reported by 90% of students, who appreciated the variety of teaching methods and their alignment with different learning styles and positive instructor feedback suggest that the integrated teaching methods not only improved educational outcomes but also enhanced the overall teaching and learning environment. Instructors noted greater creativity and responsiveness to student needs, which facilitated more engaging and effective instruction. These observations are consistent with constructivist learning theories, which emphasize that effective learning occurs when students are actively involved in constructing their knowledge through meaningful activities (Ellis, 2003).

3.5. Constructivist approaches

The findings support constructivist learning theories, which emphasize that learners construct knowledge through active participation and social interaction. By encouraging students to engage in meaningful communication and collaborative tasks, integrated teaching methods align well with these pedagogical principles, promoting deeper learning and greater retention of knowledge.

The study's findings provide robust support for the effectiveness of integrated teaching methods at

HUMG. They highlight the potential of such approaches to significantly improve student engagement, language proficiency, and satisfaction, thereby contributing to the broader goals of educational excellence and innovation in language teaching.

4. Conclusion

The study on integrating various teaching methodologies in the English language program at Hanoi University of Mining and Geology has demonstrated significant improvements in student engagement, language proficiency, and overall educational satisfaction. The incorporation of Communicative language teaching, Task-based language teaching, and Technology-assisted language learning has not only transformed the learning environment but also catalyzed a substantial increase in student participation, collaboration, and linguistic skills across listening, speaking, reading, and writing.

These findings vividly illustrate the efficacy of integrated teaching methods in responding to the diverse needs and preferences of contemporary students. By fostering an interactive, dynamic, and engaging educational atmosphere, these approaches have succeeded in enhancing both the acquisition of language skills and the overall student experience. This is particularly evident in the marked improvement in communicative competencies and the active application of language skills in realistic contexts, underpinning the practical benefits of these pedagogical strategies.

The results further validate the theoretical frameworks of communicative competence, task-based learning, and constructivist approaches, showcasing their relevance and applicability in enhancing modern educational practices. The successful integration of technology within these frameworks supports personalized learning pathways and enriches the interaction within the classroom, thereby boosting the overall quality and effectiveness of language education.

Given these positive outcomes, it is recommended that HUMG, along with other similar institutions, continue to embrace and expand the implementation of these integrated teaching methods. Additionally, future research should investigate the long-term effects of these methodologies and assess their scalability and effectiveness in diverse educational settings. By continually refining and adapting these innovative teaching strategies, educators will be better equipped to prepare students for the complexities of a globalized professional landscape, ensuring they develop the essential language skills needed for academic and career success.

In conclusion, the effective implementation of these integrated teaching methods at HUMG serves as an exemplary model for advancing English language education. This approach provides valuable insights for educators and policymakers striving to create highly effective and engaging learning environments, ultimately contributing to the broader goal of educational excellence and student success.

References

Brown, H. D., 2014. *Principles of Language Learning and Teaching* (6th ed.). Pearson Education.

Ellis, R., 2003. *Task-Based Language Learning and Teaching*. Oxford University Press.

Green, A., 2018. *Technology and Language Learning: Integrating Technology in Language Instruction*. Cambridge University Press.

Jones, R., 2015. *Understanding Communication in Second Language Classrooms*. Routledge.

Johnson, M., & Lee, A., 2021. The Impact of Digital Tools on Modern Language Learning. *Journal of Educational Technology*, 34(2), 150-165.

Larsen-Freeman, D., 2011. *Techniques and Principles in Language Teaching* (3rd ed.). Oxford University Press.

Nguyen, H., 2019. Global Trends in Language Learning in the 21st Century. *International Journal of Linguistics and Education*, 12(3), 22-35.

Robinson, P., 2020. *Task-Based Language Teaching: Theory and Practice*. Cambridge University Press.

Smith, J., & Johnson, K., 2017. Educational Paradigms in the 21st Century. *Academic Press*.

Taylor, E., & Francis, L., 2016. Revisiting Traditional Language Teaching: Effects on Communication Skills. *Language and Pedagogical Studies Journal*, 5(1), 45-60.

Wang, Y., 2018. Communicative Language Teaching in Action: Putting Principles to Work. *International Journal of Language Studies*, 22(5), 76-92.

TÓM TẮT

Áp dụng các phương pháp giảng dạy tích hợp trong việc giảng dạy tiếng Anh tại trường Đai học Mỏ - Địa chất

Vũ Thanh Tâm
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Nghiên cứu này đi sâu vào việc áp dụng các phương pháp giảng dạy tích hợp trong giáo dục tiếng Anh tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội, nhằm mục đích kết hợp các phương pháp giảng dạy truyền thống và sáng tạo. Các phương pháp bao gồm phương pháp giảng dạy ngôn ngữ thông qua giao tiếp, dựa trên các nhiệm vụ, và giảng dạy có sự hỗ trợ công nghệ đã được áp dụng đánh giá về mức độ hiệu quả trong việc cải thiện sự tham gia, trình độ ngôn ngữ, và thành tích học tập của sinh viên. Bằng cách sử dụng phương pháp nghiên cứu tiếp cận hỗn hợp, dữ liệu được thu thập qua khảo sát, phỏng vấn và quan sát lớp học để đánh giá tác động của các phương pháp dạy học tích hợp đến kỹ năng ngôn ngữ và động lực học tập của sinh viên. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng các phương pháp giảng dạy tích hợp này đã mang lại sự cải thiện đáng kể trong khả năng tiếp thu ngôn ngữ và tăng cường sự hài lòng của người học. Cuối cùng, nghiên cứu đưa ra các khuyến nghị hữu ích cho giáo viên và các nhà hoạch định chính sách nhằm phát triển một môi trường học tiếng Anh linh hoạt và hiệu quả.

Từ khóa: phương pháp giảng dạy tích hợp; phương pháp giảng dạy ngôn ngữ thông qua giao tiếp; học tập dựa trên nhiệm vụ; sự tham gia của sinh viên; sự hài lòng của người học

An investigation into modern British and Vietnamese etiquette

Nguyen Thi Thao*
Hanoi University of Mining and Geology

ABSTRACT

Language proficiency is a crucial factor for cross-cultural communication to be achieved successfully, yet it is not sufficient. Additionally, speakers of a foreign language are supposed to know how to act appropriately in social situations, which is regarded as etiquette. When it comes to the United Kingdom, a western country with rich history and sophisticated culture, it becomes more challenging for the learners of English since the British have conventionally been believed to attach enormous significance to their strict etiquette rules. The study intends to investigate modern British etiquette regarding popular social interaction compared to modern Vietnamese manners. Five fundamental features to be investigated involves: Time and punctuality, Greetings and meetings, Body language and dress code, Communication style, and Table manners. To achieve the targeted outcomes, analytical technique is applied aiming at analyzing fundamental features of modern British and Vietnamese etiquette, and contrastive technique aiming at exploring similarities and differences between the two cultures. It is manifested that Vietnamese manners have substantially been influenced by Western culture since globalization has gradually led to the transmission of modern ways of life in Vietnam. This proposes a plausible explanation as to why the two presumed opposite cultures share a great deal of significant resemblance in social etiquette despite certain dissimilarities.

Keywords: cross-cultural communication; etiquette; social interaction; resemblance

1. Introduction

For the past few decades, the process of globalization has resulted in the increasing needs for communication in foreign languages. Among the core components of language, culture has gradually been recognized as a fundamental part and given considerable concentration, the significance of which is highlighted in the United States' National Standards in Foreign Language Education Project 1999.

Etiquette, which is the code of polite behaviour in society, represents a fundamental part of every culture; as a result, cultural awareness of British etiquette in contrast with Vietnamese one will help learners of English ensure that their behaviour is polite and appropriate whilst they communicate with British people. With such an interest in the domain of culture, the study aims at analyzing and comparing the etiquette norms between British and Vietnamese cultures and exploring similarities and differences between the two cultures to prepare English language learners for cross-cultural communication in their upcoming future careers.

2. Literature review and research method

2.1. Definition and significance of etiquette

According to the Oxford English Dictionary, ***etiquette*** is defined as *'the customary code of polite behaviour in society or among members of a particular profession or group'*. Every culture has its own form of etiquette, which is distinguished from other cultures' and can be changed over the years. In other words, ***etiquette*** refers to the social norms and expectations regarding how one is expected to behave in various interactions in society. These norms provide a set of principles that subtly regulate the expected attitudes, behaviours, and manners of all members of society. Examples of etiquette include behaviours such as using proper greetings in conversations and thanking service personnel in shops or restaurants. It also includes more subtle behaviours such as adopting an appropriate dress code and being punctual.

'Manners make the man' was a popular proverb which was originated in Britain in the late 15th century. This proverb appreciates the real significance of good manners in the sense that people, despite having intelligence, friendliness, kindness or talent, could be misunderstood and disrespected if they do not have good manners since their true character might not be seen.

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthithao@humg.edu.vn

Etiquette holds a central position in social interactions in every culture. Following the rules and principles of etiquette is significant for healthy social interactions for several reasons. Etiquette provides a system through which each member of society can observe and exhibit respectful behaviour. It also enables the expression of empathy and consideration for the rights and boundaries of other people. In the fullness of time, proper etiquette helps to prevent unnecessary tension and conflict and therefore maintains order, peace, and harmony in a community.

2.2. Research methods

The research adopts qualitative methods. The techniques to be applied in this study involve analytical technique, which is intended to analyze fundamental features of modern British and Vietnamese etiquette, and contrastive technique, which aims at exploring and explaining the similarities and differences in modern etiquette between the two cultures.

3. Results and discussion

3.1. Similarities between modern British and Vietnamese etiquette

Both British and Vietnamese cultures place great importance on observing etiquette norms, although the specific practices may differ since etiquette serves to maintain harmony and show respect for others in both societies. Both cultures emphasize politeness and respect in social interactions. Formalities such as using appropriate titles and expressions of gratitude are common.

A detailed comparison between British and Vietnamese etiquette is designed to examine social etiquette in both cultures in terms of 5 aspects as follows: (1) Time and punctuality; (2) Greetings and meetings; (3) Body language and dress code; (4) Communication style, and (5) Table Manners.

3.1.1. Time and punctuality

Though the British have always had a great reputation for a strict attitude towards punctuality, both of the two cultures highly appreciate punctuality since being on time on social occasions remains a fundamental value, which is to respect other people, ensure smooth event flow and maintain a positive impression. It reflects responsibility, consideration and professionalism, enhancing social interactions and fostering relationships. Late arrivals disrupt schedules, cause inconvenience and convey a lack of regard for others' time and effort. Those who are late are expected to say a few words of apology and explanation. Thanks to the process of globalization. the significance of punctuality to Vietnamese people has considerably increased in the past few decades, and it has become a compulsory practice in social interaction.

3.1.2. Greetings and meetings

Handshaking, which has been a long-term custom in British culture, has become a common ritual in both formal and informal interactions in Vietnam. The significance and practice of handshaking are interpreted and carried out in almost exactly the same way in British and Vietnamese culture. A strong handshake is a standard method of greeting in both business and social settings. Your handshake can influence others' perceptions of you; for instance, a weak handshake might lead people to think you are uninterested or lacking in confidence.

A good handshake normally involves the following features:

- Grip the other person's hand confidently.
- Adjust the pressure appropriately—avoid squeezing too hard, but ensure your grip isn't weak.
- Avoid shaking hands if your hands are sweaty; discreetly pat them dry on your clothing first if necessary.
- Keep the handshake short and shake hands two or three times before releasing.
- Combine your handshake with steady eye contact and a smile.

Gentlemanliness

Gallantry is often regarded as a quintessentially British characteristic and a hallmark of a gentleman. While it remains a respected aspect of British etiquette today, men need to ensure that their chivalrous actions don't come across as arrogant to contemporary, independent women. Examples of modern chivalry in the 21st century include giving up your seat on the train for a woman who is standing, holding the door open for her, offering to carry a heavy bag if she appears to be struggling, or giving her your jacket if she is cold. These courtesies are also gradually becoming customary during social interactions in modern time

in Vietnamese culture.

Queuing

Queuing represents an essential trait in modern life for both British and Vietnamese people. Contemporary etiquette dictates that upon arrival, you should join the end of the queue to ensure that everyone is served in the order they arrived. We follow a system of "waiting our turn" in lines. The fairness of this system depends on everyone in the queue agreeing to this practice. It's considered unfair if someone bypasses the queue. However, a common British tendency is that, despite general irritation with someone who has cut in, only a few people will actually ask them to return to the end of the line.

Apologising

Ritualized expressions such as *'Please', 'thank you'* and *'I'm sorry'* are frequent expressions in use in both cultures, though British people have a tendency to over-apologize**,** *i.e.* they even apologize when they have done nothing wrong. For example, if you tell someone about something unfortunate which has happened to you, it's quite likely that they will apologise. For example, '*I'm so sorry* to hear that you have been unwell'. British people even apologize if someone accidentally bumps into them as though they are sorry for being in the other's way. If somebody is sitting on the seat that they have reserved a a train, it would be common to say: *'I'm so sorry but you appear to be sitting in my seat'.* In British culture, it's common for the person at fault to apologize, but it's also typical for the victim to apologize as well. Nonetheless, when someone has caused upset or offense, it's crucial that a sincere apology is given. Needless to say, a half-hearted apology is unlikely to be gladly accepted.

3.1.3. Body language and dress code

Non-verbal cues play a significant role in both British and Vietnamese etiquette. Gestures, facial expressions and body language convey meanings that supplement verbal communication. Some typical features such as hugging, kissing and touching are generally reserved for family members and very close friends; speaking loudly in public or using excessive hand gestures during conversations should be inappropriate; a certain amount of personal space should be maintained - standing too close to another person or putting your arm around someone's shoulder should be avoided.

As for clothing, there are no strict rules on how to dress although it is important to adhere to general guidelines in formal settings. People in larger cities tend to dress more formally, so for formal events, choose an outfit that matches the dress code. For occasions like holiday dinners or cultural events, such as concerts or theatre performances, formal dressing is advisable.

3.1.4. Communication style

In both cultures, speakers need to be careful about what are acceptable and unacceptable topics to talk about. Good topics for conversation at social gatherings may include hobbies and interests, favourite books or films, food and drink recommendations, upcoming events or activities in the area. It is advisable to ask open-ended questions about these topics can keep the conversation flowing and create a friendly atmosphere.

Take the weather, for example. Discussing the weather is a common way to break the ice, as it is considered a 'safe' topic. Its primary role is to initiate interaction between people. Once a common interest is found, the conversation typically shifts, but the UK's varied weather offers a useful starting point for this initial exchange.

During the communication process, people are advised to be cautious when talking about some topics, especially with people that they have only just met, people who are older, people who appear to have strong religious or political views, or people who may have some personal problems or sensitivities. Personal questions about salary, relationship status, weight or age (particularly in the case of more 'mature' ladies) is also disapproved of. Additionally, sensitive topics related to someone's personal life or health should be approached with care and only if the individual brings them up first. Contentious topics that should be avoided also include politics, religions, personal finances and gossip about somebody you know, money, sex, previous or current relationships, criticism and complaints.

Take money as an example. When conversing with someone new, it's best to steer clear of topics like money and personal wealth. Only bring up financial matters if the other person introduces them, as this indicates they are comfortable discussing such topics. It is considered impolite to ask someone about their salary. Talking about your own financial situation and purchases may come across as bragging, especially

if it highlights a disparity between your finances and theirs. However, attitudes are evolving, and British people are increasingly open to discussing topics like house prices or holiday expenses, particularly when they consider the purchase a bargain—such as buying a house below market value or getting a great deal on a vacation.

3.1.5. Table manners

Despite huge difference between dining customs, the two cultures share common specific norms regarding dining etiquette. Table manners, use of utensils, and seating arrangements reflect cultural values and social hierarchy.

Both cultures share the same values of dining etiquette as follows:

- Wait until everyone at the table has been served and your host begins eating or gives you a signal to start.
- Prioritize others' needs over your own when dining in a group with shared dishes.
- Eat very quietly and with discretion. Take small bites, keep your mouth closed while chewing, and swallow gently. Just as yawning or coughing is considered impolite, so is chewing with your mouth open or talking with food still in your mouth.
- Eat at a slow pace. Eating too quickly or overindulging can make you seem greedy. Avoid speaking with food in your mouth and take breaks between bites.
- Wait until everyone has finished eating or you are instructed to leave the table. If you must leave before everyone is done, politely ask for permission to do so.

3.2. Differences between modern British and Vietnamese etiquette

3.2.1. Greetings and meetings

According to Ly (2017), Vietnamese people, in informal social contexts, tend to use informal greetings in the form of questions, such as: *'Anh đi đâu thế?' (Where are you going?), 'Bồ làm gì đó?' (What are you doing?), 'Ăn cơm chưa?' (Have you had lunch), 'Khoẻ không mày?'(How are you doing?)*. This way of greetings conveys concerns and consideration to the addressee, and their purposes are not necessarily to ask for information, so the addressee does not necessarily answer straight to the point or reply in other ways. Obviously, these ways of greetings are unpopular in British culture, and thus remain the most outstanding difference between British and Vietnamese cultures.

There also exists a slight difference in greeting style between the two cultures. For British people, handshakes are common in formal and informal settings, accompanied by maintaining eye contact and a smile, while in Vietnam, greetings often involve bowing (slight nod or full bow depending on the relationship) and can be accompanied by verbal expressions of respect.

With regards to addressing people, it is becoming more common to use first names, even in professional settings in Britain. For instance, many people now refer to their doctors by their first names, whereas previously, doctors were addressed by their surnames. However, there are still situations where using someone's first name without an invitation is considered inappropriate, such as with teachers or older individuals, for whom first-name usage might seem overly familiar. In contrast, Vietnamese people typically use first names, even with titles, and rarely use surnames independently.

3.2.2. Body language

Specifically, Vietnamese people favor non-verbal communication for certain feelings. In some cases, verbal expressions such as *'thank you'* or *'I am sorry' are not used to* express feelings of thankfulness or apology, instead, non-verbal means such as a slight bow or a smile can be employed. In Vietnamese culture, when someone gives a compliment, they should not expect a verbal "thank you" in return, as such a response might be seen as lacking modesty from the person receiving the compliment. Instead, a smile plays a crucial role in Vietnamese culture as a non-verbal means of communication. It can signify respect, serve as an apology, or express embarrassment for a minor mistake. For Vietnamese people, a smile is often the appropriate response in situations where verbal responses are either unnecessary or unsuitable.

The Vietnamese tend only to apologize or thank a person when they truly believe that one's actions have indebted them or deserve gratitude. This reflects sincerity and virtuousness. On the contrary, ritualized phrases like *'thank you', 'excuse me', and 'sorry'* in western cultures are often used automatically and frequently to acknowledge minor incidents and show courtesy. However, Vietnamese people might view these expressions as insincere in some contexts, as they may not always reflect a genuine apology or

heartfelt gratitude. Additionally, saying *'thank you'* in response to a compliment might be seen as lacking humility. Not recognizing this cultural difference can lead to misunderstandings when Vietnamese individuals interact with people from Britain.

3.2.3. Table Manners

A significant difference can be clearly observed between British and Vietnamese dining etiquette. In British culture, meals are often structured around individual servings with distinct courses whereas in Vietnamese culture, meals are often communal, with shared dishes and the use of chopsticks.

British meals are typically divided into three courses, namely starter, main course and dessert. Typically, all dishes for a meal are usually served all at once and shared among everyone during a Vietnamese meal. All dishes, except for individual bowls of rice, are placed in the center of the table for communal sharing. British people use knives, forks and spoons for eating, whereas Vietnamese utensils include bowls, chopsticks and spoons. When not being used, cutlery should be rested on the edges of the plate between bites, whereas chopsticks should be placed on a bone plate or side dish; besides, chopsticks should be rested after every mouthful or when breaking to drink or speak. In order to signify that they have finished eating, British people should put knives together in the centre while Vietnamese people put chopsticks set on the bowl. In addition, it is customary for Vietnamese people to serve food for each other as a gesture of care, but this is definitely not the case in the United Kingdom. Last but not least, British people always use a napkin during the meals, which should be placed on their lap as soon as they are seated; when they leave the table, they are supposed to leave their napkin loose and unfolded on the table, to the left of their place setting. Napkin has become popular in Vietnam recently, but it is mostly used for formal parties. It can be concluded that dining etiquette reflects the clearest distinction between the two cultures, thus the understanding of these distinction emphasizes a profound significance for Vietnamese learners of English.

4. Conclusion

Representing completely different cultures, it is certain that there exists a huge dissimilarity between modern British and Vietnamese etiquette. Understanding cultural differences in etiquette helps Vietnamese learners of English enhance intercultural communication and fosters mutual understanding. A detailed scientific study on British and Vietnamese etiquette would highlight the specific practices and customs and the underlying values and cultural contexts that shape these behaviors. Understanding these similarities and differences can facilitate effective cross-cultural communication and foster mutual respect in diverse social settings. In other words, a general knowledge of similarities and differences between British and Vietnamese etiquette is proved to be an urgent need for learners of English to be well-prepared for successful cross-cultural communication.

References

Clayton, N., 2007. *A Butler's Guide to Table Manners*. Pavilion Books.

The british school of excellence, 2024. *Nine Tips to Dine with Style*. https://thebritishschoolofexcellence.com/social-etiquette/9-tips-to-dine-with-style/.

Ly, T.H., 2017. *Văn hoá giao tiếp của người Việt dưới góc nhìn văn hoá học.* Traditional Culture Magazine, Vol.6/2017.

Rudd, S., 2013. *British Table Manners*. Kindle

The Oxford English Dictionary. Oxford: Oxford University Press.

Tower, J., 2016. *Table Manners: How to Behave in the Modern World and Why Bother*. Farrar, Straus and Giroux.

TÓM TẮT

Nghiên cứu quy tắc ứng xử trong văn hoá Anh và văn hoá Việt hiện đại

Nguyễn Thị Thảo

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Để giao tiếp liên văn hóa đạt được thành công, trình độ ngôn ngữ là yếu tố quan trọng nhưng chưa đủ. Những người sử dụng ngoại ngữ cần phải biết cách ứng xử phù hợp trong các tình huống xã hội được coi là phép xã giao. Khi nói đến Vương quốc Anh, một quốc gia phương Tây có lịch sử lâu đời và nền văn hóa

phức tạp, và người Anh thường được cho là rất coi trọng các quy tắc nghi thức nghiêm ngặt của họ thì việc giao tiếp ứng xử cho phù hợp với văn hoá trở nên khó khăn hơn đối với người Việt Nam. Nghiên cứu này nhằm mục đích tìm hiểu các nghi thức xã giao hiện đại của người Anh đối chiếu với với nghi thức hiện đại của người Việt Nam. Nghiên cứu tập trung so sánh đối chiếu vào năm hướng chính: Quan điểm về thời gian và sự đúng giờ; Chào hỏi và gặp mặt; Ngôn ngữ cử chỉ và cách ăn mặc; Phong cách giao tiếp; và Nghi thức ăn uống. Nghiên cứu áp dụng phương pháp phân tích để phân tích những đặc điểm cơ bản trong quy tắc ứng xử hiện đại trong văn hoá Anh và Việt Nam, và phương pháp so sánh đối chiếu để tìm ra những điểm giống nhau và khác nhau giữa hai nền văn hoá. Có thể thấy, văn hoá ứng xử của người Việt Nam trong xã hội hiện đại dần dần chịu ảnh hưởng tương đối sâu sắc của văn hóa phương Tây trong quá trình toàn cầu hóa trong những thập kỷ vừa qua. Điều này có thể lý giải một phần lý do tại sao hai nền văn hóa được cho là đối lập nhau lại có rất nhiều điểm tương đồng đáng kể về nghi thức xã hội mặc dù có những khác biệt nhất định.

Từ khóa: giao tiếp đa văn hóa; nghi thức; tương tác xã hội; đặc điểm tương đồng

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT
VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

Translation of animal idioms in English into Vietnamese

Nguyen Thi Thao*
Hanoi University of Mining and Geology

ABSTRACT

Idioms represent a substantial section in any language, and the acquisition of idioms definitely demonstrates the foreign language learner's proficiency in using the language. Apparently, the names of animals appear abundantly in English idioms, and it is the translation of these idioms into the student's mother tongue that may pose enormous obstacles owing to huge dissimilarities between the two languages and cultures. The study used the qualitative methods to analyze different feasible strategies towards translating English idioms with animals into Vietnamese on the basis of the range of equivalences between the two languages. Statistical technique is applied with the aim of collecting English idioms with animals and their translation in Vietnamese; analytical technique is used for the analysis of the semantic-cultural properties of the idioms; contrastive technique is employed aiming at classifying different strategies towards translating English idioms in to Vietnamese. The study employs the idiom translation strategies proposed by Baker; namely, using idioms that are completely equivalent in meaning and structure, using idioms that are equivalent in meaning but different in structure, and translation by paraphrase. The analysis and contrast of idioms in the two languages reveal that there exist very few idioms that are absolutely identical in the two languages; while the majority of English idioms with animals have partial equivalents or even none equivalents in Vietnamese. In such cases, different images can be used to convey the same meaning or the meaning of English idioms must be paraphrased to ensure accurate understanding of Vietnamese learners' of English.

Keywords: English animals idioms; equivalence; translation strategy

1. Introduction

In the linguistic treasure of a nation, idioms serve a significant role in expressing the material and spiritual aspects of that nation. For foreign language learners, mastering the idioms of that foreign language is somewhat synonymous with the ability to understand and use that foreign language as fluently as a native speaker. The transference of idioms poses a significant challenge in the field of translation studies, due to their intrinsic cultural and linguistic nuances. Idioms are deeply rooted in the cultural and social contexts of their languages. Among these, animal idioms, which reference animals to convey specific meanings, present unique translation difficulties due to the symbolic meanings that animals carry in different cultures. This paper is intended to investigate the strategies towards translating animal idioms from English into Vietnamese, aiming to analyse the strategies employed by translators and the cultural implications of these translations.

2. Literature review and research method

2.1. Literature review

2.2.1. Definition of an idiom

The concept of *Idiom* has been approached from a variety of aspects. According to the Longman Dictionary of Contemporary English (2003) an idiom is defined as *"a phrase which means something different from the meanings of the separate words; the way of statement typical of a person or a people in their use of language."* According to the Vietnamese Dictionary of the Institute of Linguistics, an idiom is *"a set of fixed words that are used in common use and whose meaning cannot usually be explained simply by the meaning of the words that make it up."*

Larson (1998) defined an idiom as *"an ambiguous term, used in conflicting ways. In lay or general use, idiom has two main meanings. First, an idiom is a particular means of expressing something in*

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthithao@humg.edu.vn

language, music, art, and so on, which characterizes a person or group. Secondly, an idiom is a particular lexical collocation or phrasal lexeme, peculiar to a language".

Baker (2018) distinguished idioms from collocation by the transparency of meaning and flexibility patterning. According to her, idioms are *"frozen patterns of language which allow little or no variation in form and often carry meanings which cannot be deduced from their individual components*". Five actions that may result in the loss of the meaning of an idiom includes: changing the order of the words in an idiom, deleting a word from it, adding word to it, replacing one word by another one, and changing its grammatical structure.

2.1.2. Translation of idioms

Behind the language of a nation there always exists the culture of that nation. The history of language and the history of culture always go together, cooperating and complementing each other. This explains why the meaning of a word contains specific information about the geographical, natural, historical, economic, social, artistic aspects and other features of that nation. Klaudy (2003) states that 'translators should be not only linguistic but also cultural mediators', and it should be part of their professional competence to know the two cultures and be able to 'compare and assess the geographical, historical, social and cultural aspects of two language communities and develop strategies to bridge the gaps between different cultures.' For this reason, Baker (2003) asserts that an idiom in one language may or may not have an equivalent idiom in another language.

English, being a language rich in idiomatic expressions, often uses animals to convey characteristics or situations metaphorically. For instance, English idioms like *'let the cat out of the bag'* or '*a butterfly in one's stomach'* carry specific connotations that may not have direct equivalents in other languages. Vietnamese, on the other hand, has its own set of idiomatic expressions and cultural references to animals. The translation of these idioms requires not just linguistic proficiency but also a deep understanding of the cultural contexts of both languages. Baker (1992) states that 'The main problems that idiomatic or expressions pose in translation relate to two main areas: the ability to recognize and interpret an idiom correctly and the difficulties in rendering various aspects of meaning that an idiom or fixed expression conveys into the target language.'

Obviously, animals can carry similar or different metaphorical meanings in different cultures, which can complicate the translation process. For example, in both cultures, a fox is often associated with cunning and deceit (*as sly as a fox*) and a wolf symbolizes fierce and cruelty ('*a wolf in a sheep's clothing'*). On the contrary, an owl in British culture represents seniority and wisdom (*as wise as an owl*) whereas in Vietnamese culture, it is considered as a symbol of bad luck, death and ugliness. Understanding these cultural differences is crucial for effective translation. Newmark (1988) introduces the notion of cultural equivalence, a notable procedure in which a word in the source language can be substitted by another word in the target language with the same stylistic function, but possibly with different meanings, for example *Don Juan* in English can be translated into *Sở Khanh* in Vietnamese. Another clear evidence can be seen in the English idiom: *'Birds of the same feather flock together'* whereas Vietnamese people have this one: *'Ngưu tầm ngưu, mã tầm mã'*. The image of *birds* in English is transfered into the image of *ngưu* (buffalos) and *mã* (horses) in Vietnamese. This procedure results from the substitution of an idiom with another with corresponding communicative value. The use of cultural equivalence in translation conveys familiar impression on readers because it refers to familiar concepts with target readership. Such transference, however, is not always applicable since one popular concept or idiom in one culture may be totally unfamiliar to people from another.

Baker (2018) propses 5 principal strategies towards translating idioms as follow:

Strategy 1: 'Using an idiom of similar meaning and form. This strategy involves using an idiom in the target language which conveys roughly the same meaning as that of the source-language idiom, and, in addition, consists of equivalent lexical items.'

Strategy 2: 'Using an idiom of similar meaning but dissimilar form. It is often possible to find an idiom in the target language which has a meaning similar to that of the source idiom but consists of different lexical items.'

Strategy 3: 'Borrowing the source language idiom. Just as the use of loan words is a common strategy in dealing with culture-specific items, it is not unusual for idioms to be borrowed in the original form in some contexts.'

Strategy 4: 'Translation by paraphrase. This is by far the most common way of translating idioms when a match cannot be found in the target language or when it seems inappropriate to use idiomatic language in the target text because of differences in stylistic preferences of the source and target languages.'

Strategy 5: 'Translation by omission of entire idioms. As with single words, an idiom may sometimes be omitted altogether in the target text. This may be because it has no close match, its meaning cannot be easily paraphrased, or for stylistic reasons.'

2.2. Research methods

The research adopts qualitative methods. The techniques to be applied in this study involve: statistical technique (aiming at collecting English idioms with animals and their translations into Vietnamese), analytical technique (aiming at analyzing their semantic-cultural properties) and contrastive technique (aiming at figuring out and classifying specific strategies that are appropriate for each idiom). The data for investigation include English idioms presented in *Oxford Dictionary of Idioms*. The analysis of translation strategies of English idioms with animals into Vietnamese will adopt theoretical framework suggested by Baker (2018); namely, using idioms that are completely equivalent in meaning and structure, using idioms that are equivalent in meaning but different in structure, and translation by paraphrase.

3. Findings and discussion

Out of the five strategies towards translating idioms proposed by Baker (2018), strategy 3 regarding borrowing the source language idioms seems to be an impractical way since there exists almost no such idioms in Vietnamese. In addition, strategy 5 will not be mentioned in this research for the reason that the choice remains greatly dependent on each translator's style and context. The research aims to focus on the detailed analysis of the three remaining strategies to towards translating English idioms with names of animals into Vietnamese.

3.1. Using an idiom of similar meaning and form

This approach entails employing an idiom in the target language that closely matches the meaning of the source language idiom and contains equivalent vocabulary. In other words, the idiom in the target language conveys the same meaning and uses the same corresponding words as in the source language.

Take *'crocodile tears'* for example. The literal translation of *'crocodile tears'* maintains both the imagery and the idiomatic meaning, ensuring clarity and cultural relevance. This idiom, understood globally, preserves its connotation of insincerity in both English and Vietnamese contexts. Regarding cultural value, this strategy highlights shared human experiences and expressions, demonstrating how some metaphors transcend cultural boundaries. It reflects a cultural understanding that extends beyond linguistic differences. Some idioms that can be translated using this strategy are listed below:

English Idioms	Meanings	Vietnamese
'Crocodile tears'	Fake or insincere tears.	*Nước mắt cá sấu*
'A wolf in sheep's clothing'	A person who seems benign but is threatening in reality.	*Sói đội lốt cừu*
'Fight like cats and dogs'	Have angry arguments all the time	*Cãi nhau như chó với mèo*
'Fish out of water'	Someone who is in an unfamiliar or uncomfortable situation.	*Như cá mắc cạn*

However, this kind of perfect match between the two cultures can only be achieved occasionally. It can be explained by the fact that the more the two cultures are identical to each other, the more cases of such equivalents can be created; contrarily, when the cultural differences are clearly remarkable, then the possibility of making such an absolute equivalent of the idiom is decreased to its lowest degree. In fact, Britain and Vietnam clearly own dissimilar cultures, so there exists a limited number of absolute equivalents of animal idioms in the two languages.

3.2. Using an idiom of similar meaning but dissimilar form

This strategy involves using an idiom in the target language that conveys a similar meaning to the

source language idiom but does not share the same vocabulary. Put in other words, the lexical elements of the source language idiom are not preserved in the target language; instead, a semantic equivalent replaces the original lexical items. Structural adaptation adjusts the idiom's components to align with the linguistic and cultural conventions of the target language, while maintaining the original meaning.. For example, the English idiom *'Kill two birds with one stone'* can be translated into *'Một mũi tên trúng hai đích'*. This translation preserves the concept of achieving two objectives with a single action. By adapting the structure, the translation remains clear and effective.

Below are some typical English idioms of this type and their Vietnamese equivalents.

English Idioms	**Meanings**	**Vietnamese**
'To kill two birds with one stone'	To accomplish two objectives with one action.	*Một mũi tên trúng hai đích/ Một công đôi việc*
'A leopard can't change its spots'	A human character, particularly if it is flawed, is unlikely to change.	*Chó đen giữ mực*
'Stubborn as a mule'	Very stubborn	*Thân lừa ưa nặng*
'The early bird catches the worm'	People who begin or arrive ahead of others are more likely to achieve success.	*Trâu chậm uống nước đục*
'Teach an old dog new tricks'	Teaching someone new skills or altering their habits or character is extremely challenging.	*Tre già khó uốn*
'To kill the goose that lays the golden eggs'	To undermine or halt the primary source of your income.	*Tham bát bỏ mâm/ Tham thì thâm, lầm thì thiệt*
'Every dog has its day'	Everybody experiences success or happiness at some point in their life.	*Ai giàu ba họ, ai khó ba đời*
'Birds of a feather flock together'	People who share similar interests or traits often group together.	*Ngưu tầm ngưu, mã tầm mã*
'A straw that breaks the camel's back'	The final incident in a series of negative events that makes you feel you can no longer tolerate a bad situation.	*Giọt nước tràn ly/ Già néo đứt dây*
'Don't count your chicken sbefore they hatch'	You shouldn't make plans based on something positive happening until you are certain that it has actually occurred.	*Đừng đếm cua trong hang*

This strategy highlights the significance of cultural context in idiomatic expressions. The adaptation respects Vietnamese linguistic patterns and ensures the idiom's comprehensibility and relevance. Although the animal and imagery differ, the connotative meaning is preserved, ensuring the idiom's relevance in Vietnamese.

3.3. Translation by paraphrase

Paraphrasing can be considered as the most frequent method for translating idioms due to the impossibility to find an equivalent in the target language or variations in stylistic selections. As a matter of fact, there exist a large quantity of English idioms with animals without any equivalences in Vietnamese. Consequently, the translator is supposed to paraphrase the idiom from the source language to make sure the meaning of the idioms is comprehensible to Vietnamese learners of English. This strategy involves omitting of the lexical item denoting animals in the target language and providing an explanation of meaning of the idiom. Take the idiom *'butterflies in one's stomach'* as an example. Due to the fact that there is no equivalent idiom in Vietnamese, it has to be translated to *'lo lắng bồn chồn' (feeling anxious)*, resulting in the disappearance of the lexical item *'butterflies'* in the target language. This procedure trades off specific animal images for a more direct expression of the idiom's meaning in the target language. The phrase communicates the sensation of nervousness or anxiety without relying on the metaphor of *butterflies*. While the visual imagery is lost, the emotional impact is more or less retained. Below are some typical examples of this type.

English Idioms	Meaning	Vietnamese
'Like a bull in a China shop'	Being inattentive in their movements or actions.	*Vụng về lóng ngóng*
'Butterflies in one's stomach'	Feeling nervous or anxious.	*Lo lắng bồn chồn*
'An elephant in the room'	An obvious issue or challenging situation that people prefer to avoid discussing.	*Điều hiển nhiên mà mọi người luôn né tránh*
'The world is your oyster'	You can do what you want or go where you want.	*Bạn có nhiều cơ hội ở phía trước*
'Pigs might fly'	There is no chance at all of something happening/	*Chỉ khi Mặt Trời mọc đằng Tây*
'Let the cat out of the bag'	Accidentally reveal a secret, often without meaning to.	*Bí mật lộ tẩy*
'Put a cat among the pigeons'	To say or do something that stirs up trouble or provokes widespread anger.	*Làm mọi thứ rối tung/ xáo trộn*
'A snake in the grass'	An unpleasant person who cannot be trusted.	*Kẻ thù giấu mặt*
'Let sleeping dogs lie'	Let things be; we shouldn't bring up a negative situation that most people have already moved on from.	*Chuyện đã qua hãy để nó qua*
'To have a bee in one's bonnet'	Keep talking about something again and again because you think it is important.	*Luôn bận tâm/ ám ảnh về điều gì*

Regarding cultural value**,** omission can simplify translation and avoid potential confusion when the metaphorical image is not universally understood. However, this approach might lead to a loss of the idiom's stylistic and cultural richness. Although omitting animal imagery can be practical in certain situations, it may also diminish the idiomatic value and cultural profoundness. This strategy, though effective in conveying the core meaning, might strip the expression of its stylistic richness and cultural identity.

4. Conclusion

The translation of animal idioms from English to Vietnamese manifests the fine balance between maintaining the figurative meaning and adapting to cultural contexts. While some idioms are translated directly, others require substitution of animals or metaphorical constructs to preserve the intended meaning. This analysis reveals the significance of cultural awareness and linguistic creativity in translation practices, highlighting both the challenges and strategies involved. Ultimately, translating idioms involves more than just a linguistic task; it also requires cultural negotiation. By grasping and employing suitable translation strategies, translators can reconcile language differences, providing translations that are both precise and culturally meaningful. This process highlights the broader role of translation in promoting cross-cultural communication and comprehension.

In summary, the translation of animal idioms from English to Vietnamese represents a broad scope of study that intersects linguistic, cultural, and practical considerations. By examining the strategies used and the cultural implications of these translations, this research is hoped to contribute to the broader field of translation studies and enhances Vietnamese learrners' competence in intercultural communication.

References

Baker, M., 2018. *In Other Words: A Coursebook on Translation*. Routledge.

Klaudy, K., 2003. *Languages in Translation*. Budapest, Scholastica.

Larson, M. L., 1998. *Meaning-Based Translation: A Guide to Cross-Language Equivalence*. University Press of America.

Longman Dictionary of Contemporary English. 2003. Pearson Longman.

Newmark, P., 1988. *A Textbook of Translation*. Prentice Hall International, London & New York.

Newmark, P., 2006. *Approaches to Translation*. Cambridge University Press, Cambridge.

Nida, E. A., & Taber, C. R., 2003. *The Theory and Practice of Translation*. Brill Academic Pub.

Siefring, J., 2004. *Oxford Dictionary of Idioms*. Oxford University Press.

TÓM TẮT

Dịch thành ngữ tiếng Anh chứa tên động vật sang tiếng Việt

Nguyễn Thị Thảo

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Thành ngữ luôn chiếm một phần quan trọng trong bất kỳ ngôn ngữ nào và khả năng sử dụng thành ngữ chắc chắn thể hiện trình độ của người học ngoại ngữ. Trong tiếng Anh có nhiều thành ngữ chứa tên các loài động vật, và việc dịch những thành ngữ này sang tiếng Việt có thể gây ra những trở ngại to lớn do sự khác biệt lớn giữa hai ngôn ngữ và nền văn hóa. Bài viết nhằm phân tích các chiến lược khả thi trong việc dịch thành ngữ tiếng Anh có tên động vật sang tiếng Việt trên cơ sở mức độ tương đương giữa hai ngôn ngữ. Các phương pháp được sử dụng cho nghiên cứu bao gồm: phương pháp thống kê với mục đích thống kê các thành ngữ tiếng Anh chứa tên động vật và dịch nghĩa của các thành ngữ này trong tiếng Việt; phương pháp phân tích nhằm phân tích các đặc điểm ngữ nghĩa - văn hoá của các thành ngữ; phương pháp đối chiếu so sánh nhằm mục đích phân loại các thành ngữ theo các chiến lược dịch phù hợp. Nghiên cứu sử dụng các chiến lược dịch thành ngữ đề xuất bởi Baker như sử dụng thành ngữ tương đương hoàn toàn về nghĩa và cấu trúc, sử dụng thành ngữ tương đương về nghĩa nhưng khác về cấu trúc, và phương pháp diễn giải. Qua phân tích và đối chiếu thành ngữ trong hai ngôn ngữ cho thấy chỉ có rất ít thành ngữ giống nhau tuyệt đối trong hai ngôn ngữ; còn phần lớn các thành ngữ tiếng Anh có chứa tên động vật chỉ tương đương một phần hoặc thậm chí không có sự tương đương trong tiếng Việt; trong những trường hợp như vậy, có thể sử dụng các hình ảnh khác nhau để truyền đạt ý nghĩa tương tự hoặc phải diễn giải ý nghĩa của các thành ngữ tiếng Anh để người học có thể hiểu được.

Từ khóa: thành ngữ tiếng Anh chỉ động vật; phương thức dịch tương đương; chiến lược dịch thuật

A study on using language learning strategies at Hanoi University of Mining and Geology

Truong Thi Thanh Thuy*
Hanoi University of Mining and Geology

ABSTRACT

In an increasingly interconnected world, the ability to communicate across languages is more valuable than ever. Language learning is not only a key to unlocking cultural understanding and global opportunities, but it also enhances cognitive abilities and fosters personal growth. However, the journey of acquiring a new language is often fraught with challenges and requires more than just a grasp of vocabulary and grammar. Effective language learning strategies (LLS) play a crucial role in navigating these challenges, enabling learners to optimize their efforts and achieve proficiency. This study was conducted to understand how LLS are utilized by the students at Hanoi University of Mining and Geology and to assess the relationship between the extent of LLS use and students' academic performance. The research team conducted a qualitative study by analyzing data collected from observations of 45 students and conducting in-depth interviews with 3 students enrolled in the English 2 course during the first semester of the 2023-2024 academic year. The observation results indicated that the students in the study group used LLS to a modest extent when learning English. The in-depth interviews revealed that students with good English learning outcomes tended to frequently use LLS.

Keywords: language; strategies; qualitative; learning outcome

1. Introduction

Globally, researchers began to take an interest in language learning strategies (LLS) in the 1980s when the role of the learner was emphasized, and cognitive science saw significant advancements. Researchers have made certain achievements, such as successfully establishing a theoretical framework that includes the definition, classification, and measurement tools for language learning strategies, as well as identifying factors that may influence the use of LLS. Understanding LLS is a fundamental condition for learners to actively engage in training and self-training and to maintain lifelong learning motivation. With the desire to understand how LLS are used by non-English major students at Hanoi University of Mining and Geology, the author conducted research through observation, note-taking, and in-depth interviews, thereby identifying the relationship between the extent of LLS use and English learning outcomes among students. Based on this, the research team made recommendations for improving the English learning experience for non-English major students.

2. Theoretical background and research methods

2.1. Concept of language learning strategies

Rubin (1975) suggests that learning strategies are the techniques or devices that learners use to acquire knowledge. From a more linguistic perspective, Tarone (1983) considers LLS as the intentions aimed at developing language and sociolinguistic skills in the target language. Up to the present time, many researchers around the world highly appreciate Oxford's (1990) definition: "LLS are the activities used by learners to facilitate the perception, storage, retrieval, and use of information, the specific actions taken by learners to make learning easier, faster, more enjoyable, more self-directed, more effective, and more transferable to new situations." Oxford's definition of LLS is truly specific, and clear, and highlights the benefits of using LLS for learners.

2.2. Classification of language learning strategies

* *Tác giả liên hệ*
Email: truongthithanhthuy@humg.edu.vn

According to Liu (2010), Oxford (1990) successfully developed a system of LLS that is easier to understand and more detailed than those of previous authors. Therefore, this article will be based on Oxford's (1990) classification of LLS. According to Oxford (1990), LLS are divided into two main groups: direct strategies and indirect strategies, depending on the roles of these groups in the language learning process.

2.2.1. Direct strategies

The group of direct strategies includes those strategies that learners directly employ during the process of learning the target language. This group is further divided into memory strategies, cognitive strategies, and compensation strategies.

Memory strategies involve techniques that effectively help in memorizing, retrieving, and transforming necessary information to use the target language later. These strategies assist students in storing crucial information gathered during the learning process. When there is a need to use stored information, these strategies help learners recall prior knowledge. An example of a memory strategy is using a semantic map of nouns or verbs to show the relationships between words.

Cognitive strategies are those that help learners use the target language or perform tasks accurately through processes such as reasoning, analyzing, and concluding. Examples include practicing the language and using a dictionary to look up difficult words.

Compensation strategies are used when learners have a limited vocabulary in the target language. These strategies help learners communicate in speaking or writing even when their vocabulary is insufficient. For example, using contextual clues to guess the meaning of a word can compensate for a lack of vocabulary.

2.2.2. Indirect strategies

The group of indirect strategies consists of techniques that assist direct strategies. Although they are not directly involved in acquiring a new language, indirect strategies positively support direct strategies by regulating the learning process. This group includes three subcategories: metacognitive strategies, affective strategies, and social strategies.

Metacognitive strategies help learners coordinate their learning process by focusing, planning, self-managing, and self-evaluating their learning. Learners can also choose learning strategies and make adjustments if they find them unsuitable. For example, learners can review all the materials related to the target language they have encountered and plan which parts to focus on.

Affective strategies help learners manage their emotions, attitudes, motivation, and values that influence their learning process. These strategies have a significant impact on learning. For instance, learners might smile to relax and reward themselves for achieving good results.

Social strategies involve activities that learners participate in to seek opportunities for exposure to environments where they can practice the target language. This group is crucial because language learning inherently involves social interaction. Examples include asking questions, practicing language in pairs, or communicating with native speakers to improve language skills.

2.3. Research methods

The research team conducted a qualitative study that included observing and note-taking the use of LLS in the classroom among 45 students enrolled in English 2 during the first semester of the 2023-2024 academic year. The Strategy Inventory for Language Learning – SILL by Oxford (1990) was used as a measurement tool for the researcher to refer to during the observation period of the study group from September to November 2023. To identify the relationship between the use of LLS and students' academic performance, the research team conducted in-depth interviews with three students who scored above 8.5 in the English 1 course. For this study, the research team proposed two research questions:

- How do non-English major students at the University of Mining and Geology use LLS?
- What is the relationship between students with high exam scores and the extent of their use of LLS?

3. Results and discussion

3.1. Results

The observation and note-taking process in class revealed that most students tend to use some familiar language learning strategies. For example, regarding memory strategies, students have employed strategies such as "I think of relationships between what I already know and new things I learn in English" and "I use new English words in a sentence so I can remember." For cognitive strategies, students have used strategies like "I say or write new English words several times" and "I practice the sounds of English," while some students have also adopted the strategy "I try not to translate word-for-word." The strategy “I first skim an

English passage (read it quickly) then go back and read carefully" is used by only a few students when doing reading. Regarding compensation strategies, many students have applied strategies such as "To understand unfamiliar English words, I make guesses" and "I read English without looking up every new word" when practicing reading comprehension skills. For metacognitive strategies, the research team observed that some students tend to use strategies such as "I have clear goals for improving my English skills," "I think about my progress in learning English," "I plan my schedule so I will have enough time to study English," "I pay attention when someone is speaking English," "I notice my English mistakes and use that information to help me do better," and "I try to find out how to be a better learner of English." Regarding affective strategies, the students commonly used strategies such as "I try to relax whenever I feel afraid of using English" and "I encourage myself to speak English even when I am afraid of making a mistake" during English practice in class. For social strategies, almost all the students employed the strategy "If I do not understand something in English, I ask the other person to slow down or to say it again." Many students used the strategies "I practice English with other students" and "I ask questions in English."

To evaluate the relationship between the extent of using language learning strategies and students' academic performance, the teacher also conducted in-depth interviews with three students who scored above 8.5 in the English 1 course. The interviews included questions about their plans, goals for learning English, and the strategies they employed in learning grammar, vocabulary, pronunciation, and the skills of listening, speaking, reading, and writing. The results revealed the following:

The first student made a detailed plan for his English learning and set specific goals to achieve. For grammar learning, this student frequently reviewed the material, completed grammar exercises, and paid close attention to mistakes to correct them. In learning new vocabulary, the student used online applications, noted new words in a dictionary app on his phone, and memorized words by associating them with the contexts in which they appeared. Regarding pronunciation, the student consulted dictionaries to learn the correct pronunciation, practiced repeatedly to avoid mistakes, and focused on the differences between English and Vietnamese sounds. For reading comprehension, the student emphasized identifying the main idea of the text and focused on questions to find the necessary answers. He also applied the knowledge gained from reading to enhance his speaking and writing skills. As for listening comprehension, the student practiced listening daily, gradually increasing the duration and difficulty of the material. When practicing speaking skills, the student remained confident, unafraid of making mistakes, and regularly practiced speaking English with a friend. Additionally, he tried to communicate in English with friends, teachers, and foreigners. For writing skills, the student practiced frequently, utilizing a diverse vocabulary and appropriate grammar according to the topic's structure. He also incorporated knowledge of natural and cultural social topics to convey content comprehensively and clearly to the reader.

The second student planned her English learning journey with achievable goals. For grammar, she consistently practiced using a systematic grammar book. For vocabulary, she used flashcards and organized vocabulary by synonyms and antonyms. When practicing pronunciation, she memorized the standard phonetic chart, focused on consonants, vowels, and words, and repeatedly listened and read aloud to correct mistakes. In reading comprehension, she regularly practiced by highlighting keywords and sentence structures in the passages. To improve listening skills, she carefully read the questions, listened for keywords, and identified the correct answers. Additionally, in her free time, she often watched English movies or listened to English music. To practice speaking, she recorded her speeches, practiced speaking alone, taught her sibling to speak English, and used the Yeetalk app to practice conversation. For writing, she frequently wrote on various topics, focusing on using correct phrases and sentence structures instead of just stringing individual words together.

The third student also created a very detailed plan for learning English, setting scaffolding goals that gradually increase in difficulty over different stages. For grammar, she focused on memorizing the identifying features of various structures and repeatedly completed similar exercises. Regarding vocabulary, she categorized words to aid memorization, learned new words by writing them repeatedly, placed them on walls for easy visibility, learned through simple songs, and used vocabulary learning apps. In pronunciation practice, she used pronunciation apps and watched pronunciation tutorials by native speakers on YouTube to practice and correct her pronunciation errors. For reading comprehension, she emphasized finding keywords and using the process of elimination to identify the correct answers. When practicing listening skills, she also concentrated on keywords or visual cues (if available) to understand part of the content being discussed. For speaking, she practiced by listening, observing, and practicing speaking along with movies, and songs, and learning how to use words in similar contexts. To develop writing skills, she believed the key was frequent practice, beginning with drafting key ideas and using appropriate structures to develop those ideas into sentences and paragraphs. Continuous practice over time, she believed, would naturally improve one's writing ability.

3.2. Discussion

The results of the first research question indicate that non-English major students at Hanoi University of Mining and Geology do not frequently use LLS. This finding aligns with the research by Erhman and Oxford (1989), which suggests that university students, second language learners, and high school students use various strategies to a limited extent. In other words, these groups do not actively employ the most effective and comprehensive strategies available.

The results of the second research question reveal that students with good academic performance tend to use LLS more frequently. The students who were interviewed in-depth utilized a diverse range of LLS, including metacognitive strategies (Students 1, 2, 3), memory strategies (Students 1, 2, 3), cognitive strategies (Students 1, 2, 3), compensation strategies (Students 1, 2, 3), social strategies (Students 1, 2), and affective strategies (Student 1). These students had explored LLS and successfully applied strategies that were effective for their English learning.

4. Conclusion

Based on the research results, the authors found that although non-English major students at the University of Mining and Geology use learning strategies at a below-average level, they tend to employ metacognitive strategies in their language learning process. Therefore, English teachers can leverage this advantage to enhance the students' language skills, generate interest in language learning, and assist students in planning, adjusting, and evaluating their learning process.

Through in-depth interviews, the authors found that students with good academic performance tend to frequently use a variety of LLS. Therefore, English teachers could consider introducing effective LLS to students or having them complete surveys based on Oxford's questionnaire, allowing them to become familiar with these strategies and gradually learn how to use them effectively in their English.

References

Cotterall, S. & Reinders, H., 2004. Learner Strategies: A guide for teachers. *RELC Portfolio Series 12.*

Ehrman, M., & Oxford, R., 1989. Effects of sex differences, career choice, and psychological type onadult language learning strategies. *The Modern Language Journal*, *73*(1), 1-13.

Liu, J., 2010. Language learning strategies and its training model. *International Education Studies*, 3 (3),p.100.

Oxford, Rebecca, 1990. *Language Learning Strategies: What every Teacher Should know*. Boston, Mass.Heinle & Heinle Publishers.

Qingquan, N., Chatupote, M., & Teo, A., 2008. A deep look into the learning strategy used by successfuland unsuccessful students in the Chinese EFL learning context. *RELC Journal, 39*(3), 338-358.

Rubin, Joan, 1975. What the "good language learner" can teach us. *TESOL Quarterly 9*: 41-51.

Tarone, E., 1983. Some thoughts on the notion of communication strategy. *TESOL Quarterly 15*, No. 3:285-295.

TÓM TẮT

Nghiên cứu về việc sử dụng các chiến lược học ngôn ngữ tại trường Đại học Mỏ - Địa chất

Trương Thị Thanh Thuỷ

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Nghiên cứu được thực hiện với mục đích tìm hiểu cách thức các sinh viên không chuyên tiếng Anh trường đại học Mỏ - Địa chất sử dụng các chiến lược học tập ngôn ngữ (CLHTNN) trong quá trình học tiếng Anh và đồng thời đánh giá mối quan hệ giữa mức độ sử dụng CLHTNN với kết quả học tập của sinh viên. Nhóm tác giả đã tiến hành nghiên cứu định tính, phân tích các dữ liệu thu thập được thông qua việc quan sát và ghi chú đối với 45 sinh viên theo học lớp Tiếng Anh 2 học kỳ 1 năm học 2023 – 2024 và tiếp theo đó tiến hành phỏng vấn sâu 3 sinh viên có kết quả điểm Tiếng Anh 1 trên 8.5. Quá trình quan sát cho thấy các sinh viên không chuyên tiếng Anh trường đại học Mỏ - Địa chất sử dụng các CLHTNN ở mức độ khiêm tốn. Kết quả các cuộc phỏng vấn chỉ ra rằng các sinh viên đạt kết quả cao khi học tiếng Anh có xu hướng thường xuyên áp dụng đa dạng các CLHTNN.

Từ khoá: ngôn ngữ; chiến lược; định tính; kết quả học tập

Learner autonomy in learning English: A case study at Hanoi University of Mining and Geology

Truong Thi Thanh Thuy*
Hanoi University of Mining and Geology

ABSTRACT

In recent years, the issue of Autonomous Learning, also known as Learner Autonomy, has garnered significant attention from researchers in the field of foreign language teaching and learning. Beyond classroom learning, students need to practice the language with friends and those around them. They also need to set learning goals, develop study plans, use their study time effectively, and monitor and evaluate their learning progress. Aiming to understand the level of autonomy among students at the University of Mining and Geology in learning English, the research team conducted a study involving 113 students enrolled in the English 1 course in the 2nd semester of the academic year 2023-2024. The results indicated that the students' autonomy was at an average level among which the learners were the most autonomous in determining the learning goal and the least autonomous in monitoring the learning process. In addition, the more autonomous ones showed better achievement in their study.

Keywords: autonomy; learning process; monitor; goal

1. Introduction

In recent years, the issue of Autonomous Learning, also known as Learner Autonomy, has garnered significant attention from researchers in the field of foreign language teaching and learning. According to Cheng, J.F. (2019), autonomous learning is particularly essential for foreign language learners in general and English learners in particular. Beyond classroom learning, students need to practice the language with friends and those around them. They also need to set learning goals, develop study plans, use their study time effectively, and monitor and evaluate their learning progress. Aiming to understand the level of autonomy among students at the University of Mining and Geology in learning English, the research team conducted a study involving 113 students enrolled in the English 1 course. Based on the study's findings, the team made several proposals to help learners enhance their autonomy in learning, thereby sustaining lifelong learning abilities.

2. Content

2.1. Theoretical background

Holec was a pioneer in using the concept of "learner autonomy" in the field of foreign language teaching research. According to Holec (1981), an autonomous learner is the one who can make decisions related to their learning, whether it is ongoing or planned. Learner autonomy is the capacity to take responsibility for one's learning, which includes making decisions on all aspects of the learning process. This encompasses determining learning objectives, deciding on the content, choosing methods and strategies, monitoring the learning process, and evaluating learning outcomes. After Holec, researchers provided various definitions of learner autonomy from different perspectives. Little (1991) added a psychological dimension to Holec's definition by suggesting that learner autonomy involves a psychological relationship between the learner and the learning process and content. Benson (2001) defined learner autonomy as the ability to manage one's learning, which includes three aspects: managing learning behavior, the learning environment, and the psychological aspects of learning. In summary, regardless of the perspective, researchers emphasize three main aspects of learner autonomy: initiation, organization and monitoring, and evaluation. An autonomous learner needs to have the capacity for self-responsibility, self-decision-making, and independent learning.

2.2. Research method

* *Tác giả liên hệ*
Email: truongthithanhthuy@humg.edu.vn

This report employs a descriptive research approach, using a survey questionnaire to assess the learner autonomy of non-English major students at the University of Mining and Geology. The survey was designed based on Liu's (2012) study and includes 18 questions, utilizing a 5-point Likert scale ranging from "completely untrue for me" to "completely true for me." A total of 113 full-time students enrolled in English 1 courses during the second semester of the 2023-2024 academic year participated in the survey from April 11, 2024, to April 30, 2024. To ensure objective information, students were not required to provide personal information such as names or email addresses on the survey. They were also informed that there were no right or wrong answers, encouraging them to answer the survey confidently. The authors used descriptive statistics through SPSS version 20, including mean (M) and standard deviation (SD), to analyze the quantitative data collected from the questionnaire.

In conducting this study, the authors posed two research questions:

- To what extent do students at the University of Mining and Geology exhibit learner autonomy in their English language studies?
- In which aspect of learner autonomy do students demonstrate the highest proficiency among the three stages: initiation, organization-monitoring, and evaluation?

2.3. Results and discussion

2.3.1. Results

This section presents the survey results on learner autonomy in English language learning among students at the University of Mining and Geology. Learner autonomy is evaluated across three aspects: initiation, organization-monitoring, and evaluation. The content of Table 1 highlights the overall mean values for the three stages. The results indicate that the initiation stage has the highest mean value (Mean=3.6880), followed by the organization-monitoring stage and the evaluation stage, with nearly equal mean values (Mean=3.5849 and Mean=3.5641, respectively). These mean values suggest that the learner autonomy in English language learning among the surveyed students at the University of Mining and Geology is at a moderate level.

Table 1. Student's Autonomy Across Three Aspects

No	Stages	Rank	Mean
1	Initiation	1	3.6880
2	Organizing-Monitoring	2	3.5849
3	Evaluation	3	3.5641

The following section presents the mean values of each item within the three aspects mentioned above. Observations from Table 2, which shows the mean values for the initiation stage, reveal that most students actively use the Internet to resolve their queries (Mean = 4.0885; SD = 0.85102). A considerable number of students believe they can set their own English learning goals (Mean = 3.8053; SD = 0.89501). The number of students who feel confident asking their friends about things they do not understand is average (Mean = 3.4956; SD = 1.09428). However, the standard deviation greater than 1 indicates a significant variance in students' responses for that variable. This suggests that while some students are very confident, others are not confident when asking their peers. The number of students who actively ask teachers about things they do not understand is also average and slightly lower than the response to question 3 (Mean = 3.3628; SD = 0.94550).

Table 2. Student's Autonomy in the Initiation Stage

No	Items	Rank	Mean(M)	Std. Deviation(SD)
1	I have my own English learning goals	2	3.8053	0.89501

2	I actively ask teachers about things I don't understand	4	3.3628	0.94550
3	I feel confident when asking friends about things I don't understand	3	3.4956	1.09482
4	I actively use the Internet to resolve my queries	1	4.0885	0.85102

According to the data in Table 3 on the mean values for the Organization-Supervision stage, surveyed students relatively agree with the opinions related to the organization-supervision process. Specifically, a large number of students have higher learning motivation when they identify suitable learning strategies (M = 3.8938; SD = 0.97617) and appropriate learning methods (M = 3.8761; SD = 0.95555), hence the mean values of these two items are the highest in the group. Ranking third and fourth in the group with mean values of M = 3.6814 and M = 3.6460, listening to English songs and watching English movies outside the classroom are chosen by many students to increase learning interest. However, the standard deviation of these two variables is high (>1), indicating a dispersion in responses. Activities with mean values ranging from 3.4 to 3.5 include selecting learning activities within English lessons (M = 3.5398), choosing classroom activities (M = 3.5044), knowing what to learn next when building and implementing a learning plan (M = 3.5044) and selecting activities outside the classroom (M = 3.4956) to increase learning interest. The standard deviations of these variables are all <1, indicating a high concentration of responses. The two activities with the lowest mean values in the group include choosing to read English newspapers/magazines outside of class (M = 3.3717) and practicing speaking English with friends outside of class (M = 3.363) to increase learning interest. Both of these activities have high standard deviations >1, indicating a significant difference in responses.

Table 3. Student's Autonomy in the Organization-Supervision Stage

No	**Items**	**Rank**	**Mean(M)**	**Std. Deviation(SD)**
5	I know what to study next when I build and execute my study plan.	7	3.5044	0.96477
6	I find it more enjoyable to choose study activities within English lessons.	5	3.5398	0.98230
7	I have higher motivation to study when I determine the appropriate study methods.	2	3.8761	0.95555
8	I have higher motivation to study when I determine the appropriate study strategies.	1	3.8938	0.97617
9	I find it more enjoyable to choose activities such as listening to English songs outside of class.	3	3.6814	1.01124
10	I find it more enjoyable to choose activities such as reading English newspapers/magazines outside of class.	9	3.3717	1.01491

11	I find it more enjoyable to choose activities such as practicing speaking English with friends outside of class.	10	3.3363	1.08241
12	I find it more enjoyable to choose activities such as watching English movies outside of class.	4	3.6460	1.09316
13	I have higher motivation to study when I choose study materials in class.	6	3.5044	0.75739
14	I have higher motivation to study when I choose study materials outside of class.	8	3.4956	0.87754

Below is the presentation of the results from Table 4 regarding the average values in the evaluation stage. A considerable number of students can identify their strengths and weaknesses when studying with friends (M=3.7611) and feel more confident when they see their progress through monitoring their learning process (M=3.7080). These two activities have the highest average values in the group. The opinion that students achieve higher results when they can self-evaluate their abilities has an average value (M=3.5221), indicating a moderate level of agreement among respondents. Ranked last in the group with M=3.2655, it shows that many students do not believe they control their learning better through writing journals or reflecting on what they have learned.

Table 4. Student's Autonomy in the Evaluation Stage

No	Items	Rank	Mean(M)	Std. Deviation(SD)
15	I feel more confident when I see my progress through monitoring my learning process	2	3.7080	0.80934
16	I can identify my strengths and weaknesses when studying with friends.	1	3.7611	0.80483
17	I achieve higher academic results when I can self-evaluate my abilities.	3	3.5221	0.92676
18	I control my learning better through writing a learning journal or reflecting on what I have learned	4	3.2655	0.99119

2.3.2. Discussion

The level of autonomous learning capability in English among students at the University of Mining and Geology is evaluated across three aspects: Initiation, Organization-Supervision, and Evaluation. The discussion of the analysis results is presented based on these three aspects. Regarding the Initiation group, the Internet is considered a useful resource that the majority of students actively consult when they encounter issues they do not understand. Many researchers have pointed out the influence of technology, supported by the Internet, on learning in general and language learning in particular, such as Littlemore (2001). Additionally, friends and teachers are also reliable sources that students should utilize to enhance their autonomous learning.

In the Organization-Supervision stage, students believe that they are more motivated to study when they identify suitable learning strategies and methods. This finding aligns with Littlemore's (2001) research results. Students also find that they are more interested in learning when they choose extracurricular activities that combine entertainment and learning, such as watching movies and listening to songs in English. However, extracurricular activities like reading newspapers and magazines in English and practicing speaking English with friends are the least chosen by students in this stage. This could be because many students who are currently taking English 1 lack the confidence to recreate and use the language materials they have learned to practice speaking English with friends outside of class. They may also lack the necessary vocabulary and reading comprehension skills needed for reading newspapers and magazines in English. Items suggesting that students are more motivated to learn when they choose their materials both inside and outside the classroom, select activities in lessons, or independently create their study plans, also did not receive much agreement from many students. This indicates that students have not yet proactively created their study plans and primarily rely on the classroom study plans provided by teachers. Additionally, they are not proactive in selecting learning materials or activities, still adhering to the curriculum under the guidance of their teachers.

The results in the Evaluation stage show that many students are able to identify their strengths and weaknesses when studying with peers, and they also feel more confident when they notice their progress through monitoring their learning process. However, not many students believe that they achieve higher learning outcomes by self-assessing their abilities, and they are somewhat doubtful about whether reflecting on the learning process or keeping a journal helps them better control their learning process. This suggests that students encounter certain obstacles when performing these two activities during their studies. Therefore, students need specific guidance and the advice of teachers when facing difficulties throughout their learning process. In his research, Scheb-Buenner (2018) concluded that monitoring and evaluating the learning process should be the responsibility of both teachers and students, and specific guidance for students is necessary to achieve the highest effectiveness.

3. Conclusion

Based on the research results, the group of authors found that non-English major students at the University of Mining and Geology demonstrate moderate levels of autonomy in learning English. Among the three aspects of autonomous learning, opinions related to the Initiation aspect received the most consensus. The results show that many students have set learning goals, actively used the Internet, and consulted teachers and friends to help them resolve doubts during their learning process. Regarding opinions in the Organization-Supervision group, the results indicate that the student's level of autonomy is only average; however, many students show higher motivation when they identify suitable learning methods and strategies. Lastly, in the Evaluation group, the results are divided into two smaller groups. While the majority of students feel more confident when monitoring their learning progress and can identify strengths and weaknesses while working with friends, many of them do not yet believe that self-assessment of their learning abilities leads to better academic outcomes. Reflecting on or writing journals about what they have learned helps them better control their learning. Based on the research findings, we propose the following recommendations related to the three aspects of autonomous learning.

For the initiation aspect, teachers should emphasize the importance of autonomy in learning and the practicality of setting learning goals right from the beginning of the course. This helps students identify both short-term and long-term goals for the entire course. For the organization-supervision aspect**,** teachers should guide students on how to create study plans, choose learning methods, strategies, study materials, and practice activities outside the classroom. This guidance helps students organize their learning effectively. For the evaluation aspect, encouraging students to self-assess their abilities or evaluate their peers is a crucial skill for autonomous learning. However, teachers should provide clear grading scales and criteria so that students can reference them and feel more confident in their assessments. Additionally, teachers should encourage students to reflect on what they have learned using various methods such as asking a few short questions at the end of the lesson, answering end-of-lesson questions, keeping a journal, or participating in end-of-session discussions.

References

Benson, P., 2001. *Teaching and researching autonomy in language learning*. London, England: Longman.

Cheng, J.F., 2019. *An investigation of learner autonomy among EFL students in mainland Chinese Universities.* (Unpublished University thesis), Universiti Tunku Abdul Rahman, Malaysia.

Holec, H., 1981. *Autonomy and foreign language learning*. Oxford, UK: Pergamon Press.

Little, D., 1991. *Learner Autonomy: Definitions, issues, and problems*. Dublin, Ireland: Authentik.

Littlemore, J., 2001. Learner autonomy, self-instruction and new technologies in language learning. *ICT and language learning: A European Perspective* (p.39-52): Lisse, Netherlands: Swet and Zeitlinger Publisher.

Scheb-Buenner, P., 2018. University students' perception on autonomous learning: A case of private University, Thailand. *Proceedings of the 1st International Conference on English Studies Organizing Committee* (p321-332). Krabi, Thailand: Thaksin University.

TÓM TẮT

Năng lực tự chủ của người học trong việc học tiếng Anh: Một nghiên cứu trường hợp (*case study*) tại trường Đại học Mỏ - Địa chất

Trương Thị Thanh Thuỷ
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Trong những năm gần đây, vấn đề học tập tự chủ đã thu hút sự quan tâm đáng kể từ các nhà nghiên cứu trong lĩnh vực giảng dạy và học ngoại ngữ. Bên cạnh việc học trên lớp, sinh viên cần thực hành ngôn ngữ với bạn bè và những người xung quanh. Họ cũng cần đặt ra mục tiêu học tập, phát triển kế hoạch học tập, sử dụng thời gian học hiệu quả đồng thời giám sát và đánh giá tiến trình học tập của mình. Nhằm hiểu rõ mức độ tự chủ của sinh viên tại Đại học Mỏ - Địa chất trong việc học tiếng Anh, nhóm nghiên cứu đã tiến khảo sát đối với 113 sinh viên đang theo học khóa tiếng Anh 1, học kỳ II năm học 2023-2024. Kết quả cho thấy mức độ tự chủ của sinh viên ở mức trung bình. Trong số các khía cạnh được nghiên cứu, sinh viên tỏ ra tự chủ nhất trong việc đặt ra mục tiêu học tập và ít tự chủ nhất trong việc giám sát quá trình học tập của mình. Ngoài ra, những sinh viên tự chủ cao hơn thường có thành tích học tập tốt hơn.

Từ khoá: tự chủ; quá trình học tập; giám sát; mục tiêu

Improving speaking skills through presentation activities among the students of Advanced program at Hanoi University of Mining and Geology: a case study

Nguyen Hong Van*
Hanoi University of Mining and Geology

ABSTRACT

The students of the Advanced program at Hanoi University of Mining and Geology (HUMG) have to use English in all the subjects they study, so English is an essential tool for them. Besides Reading, Writing, and Listening skills, the students need to improve their Speaking skills in order to communicate fluently with their lecturers and classmates. In this research, the author conducts a case study about how presentation activities can help to improve the speaking skills of the students of the Advanced program at HUMG and its results.

Keywords: presentation; speaking skills; advanced program

1. Introduction

At HUMG, there is a high-quality training program called the Advanced Program, specializing in training well-rounded engineers majoring in chemical engineering. This training program is a collaborative one with UC - Davis in the US and has existed at HUMG for 13 years. Students of this program study all subjects in English according to the American curriculum framework. Therefore, they must be able to listen, speak, read, and write in English at a minimum pre-intermediate level. In addition to Listening, Reading, and Writing skills, students need to speak fluently in English to be able to exchange and present their ideas with professors and classmates. As an English lecturer in this special program for the past 8 years, the author has assigned students to present topics learned in their textbook to improve their Speaking skills. This paper describes a case study to evaluate the progress of students' speaking skills through presentations.

2. Literature review and methods of study

2.1. The methods of the study

The author uses the methods of observation, diary and case study. The study was applied to students of 3 courses of HUMG's advanced program (The number of students attended in it was 20; 18; and 8 for K63, K64, K67 respectively).

2.2. Review of literature

2.2.1. What is a pesentation?

According to Britanical Dictionary, a presentation is “an activity in which someone shows, describes, or explains something to a group of people”. Therefore, giving a presentation can be understood as delivering a demonstration, illustration, or speech crafted to inform, persuade, inspire, or share a new idea to other people.

2.2.2. The importance of teaching and learning Speaking skills in learning a language

Speaking skills are essential in communication as they enable individuals to interact and exchange information effectively in real-life situations. This ability is crucial for conveying messages clearly and understanding others during conversations. Additionally, speaking skills play a vital role in helping learners improve their grammar and expand their vocabulary. When individuals speak, they naturally utilize sentence structures and vocabulary, which reinforces the knowledge they have acquired. This process of actively using language helps solidify their understanding and retention of grammatical rules and

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenhongvan@humg.edu.vn

vocabulary, (Harmer, 2007). Furthermore, practicing speaking enhances students' pronunciation and intonation, two key elements for being understood clearly by others. Good pronunciation minimizes errors and builds confidence in communication. The clarity in speech that comes from well-developed pronunciation and intonation is essential for effective interaction. Moreover, learning to speak is closely tied to listening skills. As students improve their speaking abilities, they also enhance their capacity to understand language when listening to others. Correct pronunciation and articulation improve one's listening accuracy, which is important for engaging in meaningful and effective conversations.

Krashen (1985) proves that regular practice of speaking skills also boosts students' confidence in communication, particularly when learning a foreign language. This increased confidence is vital, as it helps them overcome shyness or fear when using the language in daily life or professional settings. Speaking skills contribute to the development of social interaction skills, such as listening, expressing opinions, and participating in conversations in a polite and effective manner. These skills are indispensable for engaging in successful social interactions and building relationships. Speaking also provides students with opportunities to practice critical thinking and articulate their opinions in a logical and coherent manner. This aspect is crucial for achieving fluency and effectiveness in language use, as it enables students to structure their thoughts clearly and communicate them persuasively (Brown, 2001).

When students experience success in communicating effectively, it boosts their motivation to continue learning the language. The ability to speak well often serves as a strong indicator of their progress and a source of encouragement, driving them to further improve their language skills. In both academic and professional settings, speaking skills are indispensable for presentations, discussions, and group work. Mastering the ability to speak a new language can significantly enhance students' learning experiences and open up numerous career opportunities, as it allows them to participate more fully and confidently in various contexts,(Lightbown and Spada, 2013).

Lastly, speaking serves as the most direct way for students to immerse themselves in the culture associated with the language they are learning. Through communication, students not only acquire the language itself but also gain a deeper understanding of the culture, customs, and lifestyle of native speakers, enriching their overall learning experience, (Richards & Rodgers, 2001).

2.2.3. The benefits of improving Speaking skills through presentation activity

Giving presentation can help increasing confidence. First, regular presentations help students overcome the fear of speaking in public. As they become more accustomed to presenting, their anxiety decreases, and their confidence grows. Secondly, when students do presentations, they also get feedback from their classmates and instructors which boosts self-assurance and encourages further participation, (Scrivener, 2011).

This activity also improves fluency in speaking. Frequent presentations provide ample opportunities for students to practice speaking. The more they speak, the more fluent they become. This activity also helps real-time adaptation and instant response. Presenting requires thinking on one's feet, which enhances the ability to adapt and respond in real-time, promoting smoother speech.

Furthermore, speaking in front of an audience may enhance clarity and coherence. Giving presentations requires structured speaking. Preparing for presentations teaches students to organize their thoughts clearly and logically. This skill translates into more coherent and understandable speech. Also, students raise their audience awareness. Knowing that they need to communicate effectively to an audience encourages students to be clear and articulate.

In addition, making presentations expands vocabulary and improves grammar of the speaker. Preparing for a presentation often involves researching new topics, which introduces students to new vocabulary and complex sentence structures. Students also get instant feedback in this activity. Speaking in front of an audience and receiving feedback helps students identify and correct grammatical errors, leading to better language use.

This activity is beneficial for pronunciation. Practicing presentations allows students to focus on their pronunciation and work on problem areas. When practicing presenting, students rehearse pronouncing words and reading outloud sentences thus correcting possible errors in intonation and pronunciation. One more benefit is that during the presentation, instructors and peers can point out mispronunciations, providing immediate correction and reinforcement for the presenters.

Making presentations develops non-verbal communication skills. Presenting in front of an audience improves one’s body language and engagement with listeners through non-verbal cues enhances overall speaking skills. Presentations require students to use appropriate gestures, facial expressions, and eye contact, which are crucial components of effective communication.

Listening and critical thinking skills are enabled. Making presentations enables students to interact with classmates and instructors actively. Listening to others present encourages students to think critically about different speaking styles and techniques, which they can incorporate into their own presentations.

Presenting prepares the speakers to adapt to real-life situations. Presentations often mimic real-life situations (e.g., business pitches, academic conferences), providing practical speaking experience that is directly applicable outside the classroom.

3. The results of the study

3.1. The background

The students of the Advanced program have to use English all the time instead of Vietnamese. They listen to lectures, read documents, textbooks, communicate with Vietnamese and American professors and write assignments or exams in English. In the first year, they study English as a subject through an ESP textbook besides learning other subjects.

Since English is an essential tool for students, before attending the first semester at university, they have an intensive course of 300 credit hours in English and take a summative test using the Key English Test - a proficiency test provided by Esol Examination. Applying ACTFL's guidelines (2012), the researcher took the test's results in Speaking skills as reference to compare with those after practising presentation skills in their first semester.

Based on (Council of Europe, 2001), from the beginning of the semester, the students were given a list of 15 topics related to the textbook to prepare at home and present some randomly to the teacher and classmates. They had to make slides in Power Point then speak in front of the classmates and the teacher. This activity took place frequently during the semester so each of them had several chances to make presentations. Their peers listened and gave comments or feedback, ask for more information if necessary. The researcher took notes and wrote comments in every presentation session and at the end of the semester, the students were tested the Speaking skills again by the Key English Test. Then the researcher compared the results of the summative test above with the later one's to see their progress.

3.2. The research's results

3.2.1. Students' progress

Throughout a semester of practising presentation skills, the students in the study proved to get better in their Speaking skills through the test results. Many of them got higher marks (from more than a half to two thirds) in Speaking skills though some still did not. Below is a table showing the percentage of the students' improvement.

Table 1. Summative speaking test results after a semester

Course	Number of students	Number of students got higher marks	Percentage of improvement
K63	20	13	65%
K64	18	10	55%
K67	8	6	75%

3.2.2. Researcher's notes and comments

Here are some noticeable findings from reseacher's observation:

The students made progress in their Speaking skills. They showed their confidence, improvement in pronunciation, intonation, fluency, and coherence.

They gained better communication skills in their body language, interactive skills such as eye - contact, listening actively, asking questions, and giving feedback to their peers.

The students improved their knowledge: They rehearsed the vocabulary and language structures of their field of study that they had learned, understood deeply the lessons and also updated new words. They knew how to make outline for speeches, and slides in Power Point.

Regarding learner's research skills: Students actively looked for necessary information for their presentations, which enabled their research skills. They learned how and where to look for appropriate information, and judge the reliable sources as well.

By brain - storming ideas for presenting performance, asking and giving feed back to their peers, the students raised their critical thinking impressively.

This activity was really a change compared to the common ones of answering teacher's questions or pairwork in class. Students did this enthusiastically and seriously.

Being given a little bit more challenging task, the students invested more efforts and felt rewarded after fulfilling it.

4. Conclusion

The study proved that preparing for and making presentations can be beneficial for students' speaking skills especially for those at the intermediate level of English. This activity also helps upgrade their academic and other communication skills.

Asking students to make presentations encourages them to self – study and do research which are really helpful at the undergraduate level.

Teachers need to apply different teaching methods and design or assign various tasks and activities for their students. Those tasks or activities should be a little more demanding than the students' average level to encourage them to attempt.

References

American Council on the Teaching of Foreign Languages, 2012. *ACTFL proficiency guidelines*. https://www.britannica.com/dictionary/presentation.

Brown, H. D, 2001. *Teaching by principles: An interactive approach to language pedagogy*. Pearson Education.

Council of Europe, 2001. *Common European Framework of Reference for Languages: Learning, teaching, assessment*. Cambridge University Press.

Harmer, J, 2007. *The practice of English language teaching (4th ed.*). Pearson Longman.

Krashen, S. D, 1985. *The input hypothesis: Issues and implications*. Longman.

Lightbown, P. M., & Spada, N, 2013. *How languages are learned (4th ed.*). Oxford University Press.

Richards, J. C., & Rodgers, T. S, 2001. *Approaches and methods in language teaching (2nd ed.).* Cambridge University Press.

Scrivener, J, 2011. *Learning teaching: The essential guide to English language teaching (3rd ed.).* Macmillan Education.

TÓM TẮT

Cải thiện kỹ năng Nói tiếng Anh cho sinh viên chương trình tiên tiến Trường Đại học Mỏ - Địa chất qua hoạt động thuyết trình

Nguyễn Hồng Vân
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất, sinh viên chương trình tiên tiến cần sử dụng tiếng Anh như ngôn ngữ chính thức trong tất cả các môn học. Vì vậy, tiếng Anh của họ cần đạt tối thiểu trình độ tiền Trung cấp để có thể nghe, nói, đọc và viết thành thạo. Trong các kỹ năng trên, sinh viên cần nói tiếng Anh trôi chảy để có thể thảo luận với bạn học và làm việc với các giảng viên. Bài báo này miêu tả một nghiên cứu thực nghiệm để đánh giá tiến bộ trong kỹ năng Nói của sinh viên thông qua hoạt động thuyết trình và các kết quả đã đạt được.

Từ khóa: thuyết trình; kỹ năng nói; chương trình tiên tiến

Is bilingualism an asset or burden among children?

Nguyen Hong Van*

Hanoi University of Mining and Geology

ABSTRACT

Being able to speak more than one language seems to be an advantage to many in a flat world. But is this really true or are bilingual / multilingual children facing some problems in their education and social life? This paper uses document analysis and synthesis to look into the impacts of bilingualism both positively and negatively among children on their literacy development, social interactions and cultural awareness.

Keywords: bilingualism; children, advantages; disadvantages

1. Introduction

Bilingualism is not something strange in a world of globalization and integration today. People who can speak two or even more languages are supposed to have a lot of advantages and previlleges compared to those who can not. Bilingual children may be raised in a family where their parents speak different languages or they are taught two or more languages. Bilingualism facilitates education, travelling, job opportunities and communication. However, bilingual people may encounter with some difficulties in life like the imbalance in using the two languages, confusing and mixing of the two cultures and languages. This article investigates the advantages and disadvantages in bilingual children's development in terms of education, culture, and social interactions.

2. Literature review and methods of study

2.1. Literature review

2.1.1. What is bilingualism?

Bilingualism is defined by Hammers and Blanc (2000:6) as, "the state of an individual or a community characterized by the simultaneous presence of two languages,"

Weinrich (1968:1) states that bilingualism is the practice of alternatively using two languages. When using the two or more languages, the speakers do not need to master them equally. In other words, one language can outweigh the other to some extent. However, the second language's role is only to facilitate the interaction process in conversation. Richards et al., 1992: 34 and Hammers and Blanc (2000) agreed that bilingualism involves society and personal. The detailed definition by Hammer and Blanc (2000:6) including the term bilinguality in bilingualism, confirms that, "bilinguality refers to the psychological state of an individual . . . and bilingualism refer to the state of a linguistic community."

Hammers and Blanc also mention psychological, cognitive, psycholinguistic, social psychological, social psychological, social sociological, sociolinguistic, socio-cultural and linguistic dimensions which form bilingualism.

Bilingualism indicates the ability of using two languages in everyday life. Bilingualism has gained its popularity and is on its continually development in many areas of the world, with approximately one in three people being bilingual or multilingual (Wei, 2000). Contact between two languages is typical in regions of many continents, including Europe (Switzerland, Belgium), Asia (India, Philippines), Africa (Senegal, South by 2035, it is expected that over 50% of children enrolled in kindergarten will have grown up speaking another language besides English (García et al., 1995. Similarly, in some urban areas of Canada such as Toronto, nearly half of students have a native language other than English (Canadian Council on Learning, 2008).

**Tác giả liên hệ*
Email: nguyenhongvan@humg.edu.vn

2.1.2. Children's language learning features

Language affects children and adults in different ways due to their distinct developmental stages, cognitive abilities, and life experiences. Overall, while language is a fundamental aspect of human development and communication across the lifespan, its impact on children and adults varies based on developmental stage, social context, and individual experiences. Children actively acquire language, a process that is essential for their cognitive and social growth. This early language acquisition shapes their understanding of the world and their ability to communicate with others. In contrast, adults typically focus on refining their language skills or learning new languages, with an emphasis on practical use rather than mastering the fundamental structures. (Chomsky, 1959)

According to Vygosky (1986), language plays a crucial role in cognitive development. For children, it helps organize thoughts, solve problems, and grasp abstract concepts. As adults, language continues to support cognitive processes, aiding in complex reasoning, critical thinking, and decision-making.

Social interactions and relationships are deeply influenced by language. In children, language facilitates interactions with peers and helps them build social connections. For adults, language is vital for maintaining relationships and navigating professional communication. (Slobin, 1996)

Proficiency in language is critical for both academic and career success. Children rely on language skills to learn, communicate, and follow instructions in educational settings. For adults, language proficiency can significantly impact job prospects, professional networking, and career advancement. This is written by Collier and Thomas (2004)

Kramsch (1998) states that language also shapes personal identity and cultural expression. Children develop their linguistic identity as they learn and use their native language(s), while adults continue to express their identity and navigate various cultural contexts through language.

Finally, Giles and Clair (1979) claim that language is essential for emotional expression and accessing healthcare. In children, it aids in emotional regulation and self-expression. For adults, language impacts mental health, interpersonal relationships, and the ability to seek and understand health information and support.

2.1.3. Children's effort in language learning and learning language rules

Schumann (1978)'s research indicates that children excel at unconsciously learning new language rules through passive exposure, without being aware of what they are learning. Therefore, their language learning seems to be effortless. In contrast, adults are better at learning when they are fully aware of the process. However, learning with full attention can lead to forgetting new rules and interference with existing knowledge. For example, adults often translate from their first language when learning a new one, trying to apply familiar linguistic rules that may contradict the new ones, resulting in less stable memory consolidation. Children, on the other hand, unconsciously apply new language rules and use new words in daily activities, such as playing or communicating with peers, which helps with long-term memory consolidation. (Krashen, 1982)

2.2. Methods of study

The paper uses document analysis and synthesis.

3. The results of the study

3.1. Advantages of bilingualism on children's development

Bilingual children have been proved to exhibit enhanced cognitive development compared to their monolingual peers. They demonstrate improved cognitive flexibility, better critical thinking, problem-solving skills, and executive function. These cognitive advantages arise from the diverse linguistic environments they navigate. Each language carries a unique mindset and cultural perspective, enabling bilingual children to assess situations from multiple angles and solve problems more effectively (Bialystok and Craik, 2010).

In terms of academic development, bilingual children often perform better academically, particularly in language and reading skills, than those who only speak one language. This is because they have a broader approach and easier access to information in both languages, which enhances their learning experience (Collier and Thomas, 2004), (Cummins, 1981). Growing up in a bilingual environment also fosters open-mindedness in children. They tend to think and behave more flexibly, as they absorb different cultural perspectives and mindsets. This flexibility enhances their ability to understand and appreciate diverse viewpoints. As these bilingual children enter adulthood, they often have greater job opportunities, especially in fields that require deep cultural understanding and language fluency, such as

interpreting, translating, or guiding tours. Their bilingual skills give them a competitive edge in these professions.

Furthermore, bilingual children naturally become more multicultural. From birth, they are exposed to at least one language, usually the one spoken by their parents and community. As they learn a language, they also absorb the associated cultural values, norms, and social practices (Kramsch, 2000). For instance, when a child learns the expression "Good Morning," they also learn its appropriate usage and associated behaviors. In Japanese, saying "Ohayo Gozaimasu" often involves bowing, while in Central Java, Indonesia, a child may nod their head. These cultural practices become ingrained, teaching the child politeness and helping them integrate into their social network. As a result, bilingual children develop a broader cultural awareness, promoting empathy and understanding across different cultures (Hammers and Blanc, 2000).

3.2. Disadvantages of bilingualism

Children who are bilingual often experience language confusion, making it difficult for them to distinguish between the languages they speak. They may mix languages within a sentence, mispronounce words, or sometimes fail to recognize which language they are using. According to Collier and Thomas (2004), bilingual children may take longer to reach language development milestones because they are navigating between two languages. Although it doesn't take twice as long to acquire two languages, it does require more time and effort. Additionally, maintaining a balanced use of both languages can be difficult.

Bilingual children may also encounter learning difficulties. They might struggle with acquiring academic skills in one or both languages because their brains need time to process information and switch between languages. This can result in delayed understanding in their studies (Collier and Thomas, 2004).

Some studies have suggested that bilingualism may reduce cognitive development. Research has indicated that bilingual children tend to have lower IQ scores compared to their monolingual peers (Hakuta, 1986).

Bilingualism can also lead to social and emotional difficulties. Bilingual children might feel caught between two cultures, leading to confusion about their identity. This can result in uncertainty and inconsistent behavior in different cultural situations (Bialystok and Craik, 2010).

4. Conclusion

Bilingualism in child development presents both advantages and challenges. On the positive side, it can enhance cognitive skills like multitasking, problem-solving, and critical thinking. Additionally, bilingualism exposes children to diverse cultural and social experiences, which can broaden their perspectives. This linguistic ability also provides career advantages in a globalized world, where fluency in multiple languages is increasingly valuable. However, bilingualism can sometimes result in language confusion, where children mix languages or have difficulty distinguishing between them. It may also cause delays in language development as children navigate two linguistic systems, potentially leading to learning difficulties, reduced cognitive performance, and social or emotional challenges as they balance multiple cultural identities.

It is important for parents and educators to understand the potential impact of bilingualism on child development and provide support and resources to help children navigate and overcome any challenges they may face. Being in a supportive and educational environment, children can maximize the benefits of bilingualism and develop into well-rounded, bilingual individuals. At home, raising multilingual and bilingual children require ongoing dedication. To foster multilingualism effectively within families, daily actions are essential, alongside long-term planning.

References

Bialystok, E., & Craik, F. I. M., 2010. Cognitive and linguistic processing in the bilingual mind. *Current Directions in Psychological Science*, 19(1), 19-23.

Chomsky, N., 1959. A review of B.F. Skinner's Verbal Behavior. *Language*, 35(1), 26-58.

Collier, V. P., & Thomas, W. P., 2004. The Astounding Effectiveness of Dual Language Education for All. *NABE Journal of Research and Practice*, 2(1), 1-20.

Cummins, J., 1981. *Bilingualism and minority-language children*. Ontario Institute for Studies in Education.

García EE, McLaughlin B, Spodek B, Saracho ON, 1995. Yearbook in early childhood education. Vol. 6: *Meeting the challenge of linguistic and cultural diversity in early childhood education*. New York: Teachers College Press;

Giles, H., & Clair, R. N. (Eds.)., 1979. *Language and Social Psychology (Language in Society 1).* Baltimore: University Park Press

Hakuta, K., 1986. *Mirror of Language: The Debate on Bilingualism*. New York: Basic Books.

Hammers, Josiane, F. & Michael H.A. Blanc, 2000. *Bilinguality and Bilingualism*. Cambridge: Cambridge University Press

Kramsch, C., 1998. *Language and culture*. Oxford University Press.

Kramsch, C., 2000. *Language and Culture*. Oxford University Press.

Krashen, S. D., 1982. *Principles and practice in second language acquisition*. Pergamon Press.

Richards, Jack. C., John Platt, and Heidi Platt., 1992. *Longman Dictionary of Language Teaching and Applied Linguistics (2nd ed.).* Harlow, Essex: Longman.

Schumann, J. H., 1978. The acculturation model for second-language acquisition. *In* R. C. Gingras (Ed.), *Second language acquisition and foreign language teaching* (pp. 27-50). Center for Applied Linguistics.

Slobin, D. I., 1996. From "thought and language" to "thinking for speaking". In J.J. Gumperz & S.C. Levinson (Eds.), *Rethinking linguistic relativity* (pp. 70-96). Cambridge University Press.

Vygotsky, L. S., 1986. *Thought and language*. MIT Press.

Weincrich, Uriel, 1968. *Language in Contact*. The Hauge-Paris: Mouton.

Wei L., 2000. Dimensions of bilingualism. In: Wei L, editor. *The bilingualism reader*. New York: Routledge; 2000. pp. 3–25.

TÓM TẮT

Có khả năng nói song ngữ là tài sản hay gánh nặng với trẻ em?

Nguyễn Hồng Vân
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Việc có khả năng nói nhiều hơn một ngôn ngữ dường như là một lợi thế đối với nhiều người trong một thế giới phẳng. Nhưng liệu những đứa trẻ nói được nhiều ngôn ngữ đang phải đối mặt với các vấn đề trong học tập cũng như đời sống xã hội? Nghiên cứu này sử dụng phương pháp tổng hợp và phân tích tài liệu nhằm tìm hiểu những ảnh hưởng tích cực và tiêu cực của song ngữ đối với quá trình học tập, tương tác xã hội và nhận thức về văn hóa của trẻ em.

Từ khóa: song ngữ; trẻ em; lợi thế; nhược điểm

KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)



ISBN: 978-604-76-3040-0
9786047630400
SÁCH KHÔNG BÁN