

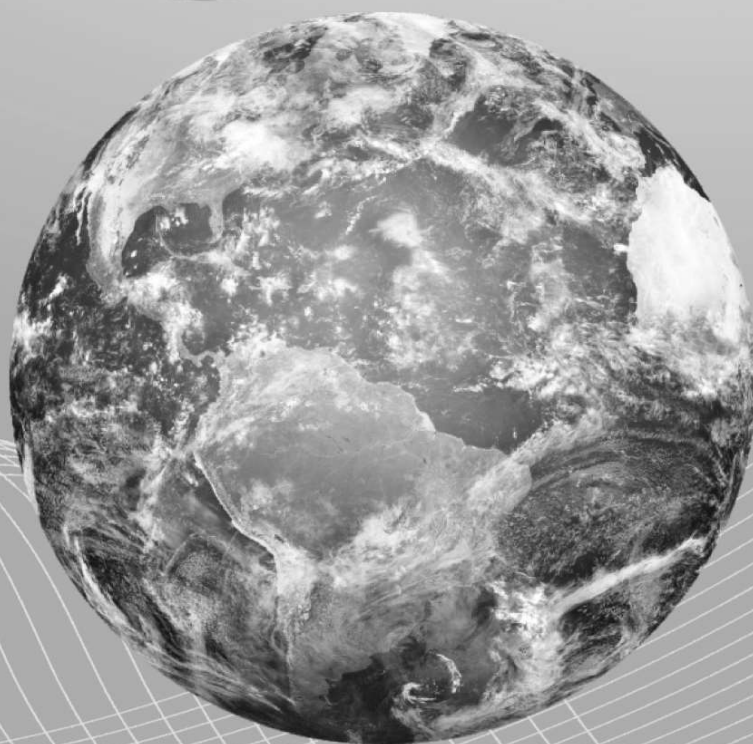


TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC

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

HÀ NỘI 14 - 11 - 2024

ERSD 2024



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

ĐƠN VỊ TỔ CHỨC

Trường Đại học Mở - Địa chất (HUMG)

CÁC ĐƠN VỊ PHỐI HỢP TỔ CHỨC

Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam

Tổng hội Địa chất Việt Nam

Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam

Cục Bản đồ - Bộ Tổng tham mưu

Hội Cơ học Đá Việt Nam

Hội Công trình ngầm Việt Nam

Hội Dầu khí Việt Nam

Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam

Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam

Hội Địa chất Kinh tế Việt Nam

Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam

Hội Khoa học Kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam

Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam

Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

Viện Khoa học Công nghệ Mỏ

BAN TỔ CHỨC

Trưởng ban

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

Phó Trưởng ban

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

Ủy viên

GS.TS Võ Chí Mỹ, *Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam*

GS.TS Bùi Xuân Nam, *Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam*

GS.TS Nguyễn Quang Phích, *Hội Công trình ngầm Việt Nam*

GS.TS Đỗ Như Tráng, *Hội Cơ học Đá Việt Nam*

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

PGS.TS Lê Hồng Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS. TS Đỗ Văn Bình, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Phạm Văn Hòa, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Nguyễn Văn Lâm, *Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam*

PGS.TS Không Cao Phong, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Nguyễn Xuân Thảo, *Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam*

PGS.TS Đặng Trung Thành, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Tạ Đức Thịnh, *Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam*

PGS.TS Lê Đức Tình, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Nguyễn Như Trung, *Hội Khoa học kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam*

PGS.TS Nguyễn Thế Vinh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Trần Thị Phúc An, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Công Tiến Dũng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Tiến Dũng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Đại Đồng, *Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam*

TS Đào Hồng Quảng, *Viện Khoa học Công nghệ Mỏ*

TS Nguyễn Quốc Thập, *Hội Dầu khí Việt Nam*

TS Bùi Thị Thu Thủy, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Lê Ái Thu, *Hội Địa chất Kinh tế Việt Nam*

TS Bùi Yên Tĩnh, *Cục Bản đồ - Bộ Tổng tham mưu*

BAN KHOA HỌC

Trưởng ban

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

Phó trưởng ban

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

Ủy viên

GS.TSKH Hoàng Ngọc Hà, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
GS.TS Võ Trọng Hùng, *Hội Khoa học và Công nghệ Mở Việt Nam*
GS.TS Trương Xuân Luận, *Tổng Hội Địa chất Việt Nam*
GS.TS Bùi Xuân Nam, *Hội Khoa học và Công nghệ Mở Việt Nam*
GS.TS Đỗ Như Tráng, *Hội Cơ học Đá Việt Nam*
PGS.TS Lê Hồng Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Lê Ngọc Ánh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Đỗ Văn Bình, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Phạm Văn Hòa, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Nguyễn Quang Minh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Phạm Xuân Núi, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Khổng Cao Phong, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Ngô Xuân Thành, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Lê Minh Thống, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Tạ Đức Thịnh, *Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam*
PGS.TS Nguyễn Thế Vinh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Nguyễn Văn Xô, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Đỗ Như Ý, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Thị Mai Dung, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Công Tiến Dũng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Đại Đồng, *Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam*
TS Lê Quang Duyệt, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Duy Huy, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Cao Khải, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Văn Phóng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Bách Thảo, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Dương Thành Trung, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

BAN BIÊN TẬP

Trưởng ban

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

Phó Trưởng ban

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

Ủy viên

PGS.TS Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS. TS Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Tô Xuân Bản, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Thị Mai Dung, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Khắc Long, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Dương Thành Trung, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Ngô Thanh Tuấn, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

BAN THƯ KÝ

Trưởng ban

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

Phó Trưởng ban

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

Ủy viên

PGS.TS Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Tô Xuân Bản, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Khắc Long, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Duy Huy, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Ngô Thanh Tuấn, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Dương Thành Trung, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
ThS Hoàng Thu Hằng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
ThS Nguyễn Thanh Hải, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
ThS Phạm Đức Nghiệp, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

WEBSITE HỘI THẢO

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

ĐỊA CHỈ LIÊN HỆ

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

MỤC LỤC

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

LỜI NÓI ĐẦU

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Hà Nội, tháng 11 năm 2024
THAY MẶT BAN TỔ CHỨC



GS.TS Trần Thanh Hải

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



ISBN: 978-604-76-3040-0



9 786047 630400

SÁCH KHÔNG BÁN

**TIỂU BAN
XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH
VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG**

MỤC LỤC

Nghiên cứu thực nghiệm hiện trường gia cố nền đất yếu bằng cọc cát biển - xi măng - tro bay <i>Nguyễn Trọng Dũng, Tạ Đức Thịnh</i>	1043
Nghiên cứu áp dụng kết cấu chống giữ tổ hợp bằng vì thép kết hợp neo cho đường lò dọc vỉa than Công ty than Mạo Khê – TKV <i>Đào Viết Đoàn</i>	1049
Nghiên cứu tính toán lựa chọn bước chống vì thép cho đường lò một đường xe nằm dưới moong mỏ Núi Béo <i>Đào Viết Đoàn</i>	1056
Nghiên cứu chế tạo và xác định một số tính chất cơ học của bê tông cốt sợi polypropylene dưới tác động của nhiệt độ <i>Nguyễn Đình Hải, Lê Thu Trang</i>	1063
Phân vùng quy hoạch ngoại thành các thành phố lớn để quản lý phát triển đô thị theo hướng bền vững <i>Lê Thị Thanh Hằng</i>	1071
Thí nghiệm từ biến đầm đá cho mô hình đàn nhót tuyến tính phân tích biến dạng xung quanh hầm tiết diện tròn theo thời gian <i>Nguyễn Huy Hiệp, Đinh Quang Trung</i>	1077
Nghiên cứu đề xuất giải pháp phòng chữa cháy khi thi công công trình ngầm <i>Đào Huy Hoàng, Trần Anh Tuấn, Tống Anh Tuấn, Nguyễn Viết Thanh, Trần Tuấn Minh, Nguyễn Duyên Phong, Phạm Đức Thọ, Nguyễn Lê Đạt, Đặng Trung Thành</i>	1083
Nghiên cứu tổng quan về phương pháp cọc đá dăm để nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền đất <i>Đặng Quang Huy, Vũ Minh Ngạn, Phạm Văn Hùng</i>	1089
Nghiên cứu một số giải pháp giảm độ lún đường đầu cầu xây dựng trên nền đất yếu <i>Phạm Văn Hùng, Vũ Minh Ngạn, Đặng Quang Huy</i>	1096
Nghiên cứu phương pháp tính toán sức chịu tải và độ lún nền đường đắp trên nền đất yếu gia cố bằng cọc đất xi măng <i>Phạm Văn Hùng</i>	1103
Một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm về bê tông bọt-khí với cấu trúc rỗng thay đổi trong điều kiện phòng thí nghiệm <i>Tăng Văn Lâm, Võ Đình Trọng, Phạm Đức Lương, Vũ Kim Diễm</i>	1109
Nghiên cứu ảnh hưởng của tro xỉ nhà máy điện đốt rác đến tính chất cơ học của bê tông cường độ cao <i>Tăng Văn Lâm, Võ Đình Trọng, Hoàng Anh Cương</i>	1117
Nghiên cứu ứng xử cơ học của kết cấu chống giữ giếng đứng của tổ hợp kho chứa khí ngầm đào trong đá cứng bằng phương pháp số <i>Ngô Hoàng Minh, Đặng Văn Kiên, Vũ Tiến Dũng, Đỗ Ngọc Anh, Trần Tuấn Điệp</i>	1124
Thiết kế cọc khoan nhồi chôn trong nền đá theo tiêu chuẩn Châu Âu EC7 với một ví dụ thiết kế <i>Nguyễn Thành Luân, Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Văn Mạnh, Bùi Văn Đức</i>	1132
Cải tạo và khôi phục các công trình ngầm để phát triển bền vững <i>Trần Tuấn Minh, Nguyễn Duyên Phong</i>	1139

Nghiên cứu ảnh hưởng của khe nứt đến độ ổn định của hai đường hầm giao thông xuyên núi <i>Trần Tuấn Minh, Nguyễn Duyên Phong</i>	1145
Hoàn thiện công tác quản lý chất lượng thi công công trình thuộc Ban Quản lý dự án đầu tư xây dựng thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh <i>Phạm Thị Nhân, Nguyễn Tiến Hiệp, Hoàng Đình Phúc</i>	1151
Lý thuyết phương pháp siêu âm và ứng dụng đánh giá vết nứt trong bê tông <i>Phạm Thị Nhân</i>	1158
Xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán hàng xóm KNN để dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn trong quá trình thi công <i>Phạm Thị Nhân, Nguyễn Chí Thành, Bùi Mạnh Tùng, Đỗ Hoàng Hiệp</i>	1165
Một số vấn đề về quy hoạch hạ tầng khu vực nhà ga đường sắt đô thị tại tuyến metro số 1 thành phố Hồ Chí Minh theo mô hình phát triển đô thị TOD <i>Vũ Minh Ngạn, Nguyễn Chí Đạt, Vũ Thái Linh</i>	1171
Thi công lắp xây lắp đường ống hạ tầng bằng công nghệ khoan guồng xoắn (HAB) <i>Vũ Minh Ngạn, Phạm Văn Hùng, Đặng Quang Huy, Trần Hồng Hạnh</i>	1177
Ảnh hưởng của hạt nano silica đến tính chất cơ học của vùng chuyển tiếp giữa cốt sợi thép và bê tông cường độ cao <i>Đặng Văn Phi, Tăng Văn Lâm, Lê Huy Việt, Lê Văn Đoàn, Phạm Văn Tuấn, Kim Dong Joo</i>	1182
Dự báo, hạn chế, phòng ngừa sự cố trong thi công công trình ngầm <i>Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Quang Minh, Bùi Văn Đức, Trần Tuấn Minh, Đỗ Ngọc Thái</i>	1188
Phân tích số mức độ ổn định đường hầm đào qua phay, được gia cố bằng khoan phụt trước <i>Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Văn Mạnh, Nguyễn Quang Minh, Bùi Văn Đức, Nguyễn Thành Luân, Nguyễn Ngọc Huệ</i>	1194
Quy luật biến đổi cơ học xung quanh đường hầm trong khối đá phân khối <i>Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Văn Mạnh, Trần Tuấn Minh, Nguyễn Duyên Phong</i>	1200
Rủi ro trong dự án xây dựng - Thực trạng và giải pháp quản lý <i>Hoàng Đình Phúc, Phạm Đức Thọ, Vũ Minh Ngạn, Ngô Thị Hương Trang</i>	1206
Phân tích chuyển vị tường vây và đất nền xung quanh khi xây dựng ga tàu điện ngầm bằng phương pháp Topdown <i>Nguyễn Văn Quang, Võ Nhật Luân, Nguyễn Thị Ngọc Bích</i>	1211
Nghiên cứu tính toán lựa chọn bước chống vi thép cho đường lò mức -100÷-150 nằm dưới bãi thải mỏ than Khe Tam <i>Nguyễn Hữu Sà, Đào Viết Đoàn</i>	1217
Nghiên cứu sử dụng năng lượng địa nhiệt tại Việt Nam <i>Nguyễn Chí Thành, Nguyễn Xuân Mãn, Bùi Mạnh Tùng, Phạm Thị Nhân</i>	1225
Nghiên cứu khả năng sử dụng cát nhân tạo thay thế cho cát tự nhiên tại các công trình ở Việt Nam <i>Nguyễn Chí Thành, Nguyễn Viết Nghĩa, Phạm Thị Nhân</i>	1232
Nghiên cứu ảnh hưởng của sơ đồ bố trí hai đường hầm song song đến phân bố nội lực trong vỏ hầm <i>Đỗ Ngọc Thái</i>	1237

Nâng cao hiệu quả sử dụng phương pháp bơm ép vừa xi măng khi thi công giếng đứng qua khối đá nứt nẻ Đỗ Ngọc Thái, Nguyễn Văn Quang	1243
Áp dụng phương pháp tương quan hình ảnh (DIC) trong nghiên cứu ứng xử uốn của dầm bê tông Phạm Đức Thọ	1249
Nghiên cứu biến dạng thể tích tự sinh của bê tông MgO Chu Việt Thức, Nguyễn Văn Chính	1254
Ứng dụng công nghệ cọc đường kính nhỏ micropile D150 làm kết cấu móng dầm cầu trực đặt trên nền sét pha dẻo mềm Chu Việt Thức, Bùi Văn Đức, Nguyễn Văn Mạnh, Vũ Nho Trường	1259
Bê tông cốt sợi tự nhiên: đặc trưng cơ học và khả năng ứng dụng trong xây dựng cơ sở hạ tầng nông thôn Trần Mạnh Tiến, Đỗ Ngọc Tú, Nguyễn Nam Hòa, Nguyễn Việt Thắng, Nguyễn Thị Tuyết Mai	1266
Nghiên cứu lún bề mặt khi thi công đường hầm mặt cắt ngang hình bán chữ nhật bằng phương pháp đường đặc tính Nguyễn Tài Tiến, Phạm Văn Vĩ, Vũ Ngọc Tuấn	1273
Nghiên cứu tổng quan về vật liệu đá thải-xi măng lấp đầy khoảng trống sau khai thác tại mỏ than hầm lò Nguyễn Tài Tiến	1280
Nghiên cứu ảnh hưởng của độ cứng sàn đến chuyển vị đỉnh kết cấu nhà cao tầng bê tông cốt thép Phạm Văn Tuấn, Đặng Văn Phi, Bùi Văn Đức, Bùi Ngọc Tú, Trương Văn Đoàn	1287
Ảnh hưởng hình dạng tiết diện ngang đường hầm đến nội lực trong kết cấu chống đường hầm khi chịu tải trọng động đất Phạm Văn Vĩ, Đỗ Ngọc Anh, Nguyễn Tài Tiến, Đỗ Xuân Hội, Chu Việt Thức, Nguyễn Tiến Dũng	1293

Xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán hàng xóm KNN để dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn trong quá trình thi công

Phạm Thị Nhân¹, Nguyễn Chí Thành^{1,*}, Bùi Mạnh Tùng¹, Đỗ Hoàng Hiệp²

¹Trường Đại học Mỏ-Địa chất

²Công ty 35-Tổng công ty Đông Bắc, Bộ Quốc phòng

TÓM TẮT

Diện tích gương công trình ngầm sau khi thi công là một trong những yếu tố quan trọng có thể đánh giá được hiệu quả của việc thi công các công trình ngầm bằng phương pháp khoan nổ mìn. Diện tích gương công trình ngầm sau khi nổ sẽ quyết định rất nhiều đến khối lượng xây dựng vỏ chống, khối lượng đất đá cần xúc bốc khi thi công, các công tác khoan-nổ và các công tác phụ trợ khác,... Do vậy, việc xác định được chính xác diện tích gương công trình ngầm sau khi nổ sẽ đảm bảo được hiệu quả thi công của công trình ngầm cả về mặt kỹ thuật, an toàn cũng như về hiệu quả kinh tế. Trong bài báo này, mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán hàng xóm gần nhất - KNN (K-nearest neighbors) đã được xây dựng và ứng dụng để dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn. Bằng việc sử dụng bộ dữ liệu thu thập được trong quá trình thi công đường hầm Đèo Cả, Tỉnh Phú Yên, Việt Nam, mô hình trí tuệ nhân tạo đã được xây dựng chứng tỏ được sự chính xác cao trong việc dự báo diện tích gương công trình ngầm sau khi nổ mìn khi so sánh các giá trị dự báo với các giá trị diện tích gương công trình ngầm sau khi nổ mìn thu được trong thực tế. Mô hình có thể được sử dụng để nhằm nâng cao hiệu quả của quá trình thi công các công trình ngầm bằng phương pháp khoan nổ mìn trong các điều kiện tương tự.

Từ khóa: trí tuệ nhân tạo, thuật toán KNN, diện tích gương hầm, nổ mìn, dự báo

1. Tổng quan

Để đáp ứng được sự phát triển về kinh tế và đời sống xã hội của Việt Nam, hệ thống các công trình ngầm, đặc biệt là các công trình ngầm giao thông đang được chú trọng phát triển. Dự tính, đến năm 2025 Việt Nam sẽ cơ bản hoàn thiện được trục chính hệ thống đường cao tốc từ Bắc đến Nam. Trong đó, có rất nhiều các đường hầm giao thông được quy hoạch xây dựng và mở rộng. Phương pháp thi công chủ đạo các đường hầm giao thông hiện nay tại Việt Nam là phương pháp khoan nổ mìn bởi các lý do, bao gồm: giá thành không cao so với các phương pháp thi công khác; đòi hỏi kỹ thuật không cao; có khả năng sử dụng trong hầu hết các điều kiện thi công và sử dụng,... Một trong những yếu tố có thể đánh giá được hiệu quả của quá trình thi công các công trình ngầm bằng phương pháp khoan nổ mìn là giá trị của diện tích gương hầm sau khi nổ mìn. Đây là yếu tố quyết định đến hầu hết khối lượng và tính chất của các công việc khác trong một chu kỳ khoan nổ mìn, thi công các công trình ngầm, như: xúc bốc, chống giữ, công tác phụ trợ,... Tuy nhiên, để có thể dự báo và điều chỉnh sao cho diện tích gương hầm sau khi nổ mìn có giá trị sát với giá trị trong thiết kế lại là một công việc rất khó khăn do yếu tố này phụ thuộc vào rất nhiều các yếu tố khác nhau như điều kiện địa chất khu vực đang thi công, diện tích gương hầm theo thiết kế, chủng loại và đặc tính của các phương tiện trong thi công. Hiện nay, diện tích gương hầm sau khi nổ có thể đạt giá trị sai lệch so với giá trị thiết kế khoảng 3 đến 5 %. Để thực hiện được việc dự báo chính xác diện tích gương hầm sau khi nổ mìn trong quá trình thi công, từ đó, tiến hành điều chỉnh để quá trình thi công đạt kết quả tốt, đã có khá nhiều các nghiên cứu được các nhà khoa học công bố. Một trong những hướng nghiên cứu quan trọng và cho kết quả tốt hiện nay đang được các nhà khoa học nghiên cứu và ứng dụng, đó là sử dụng trí tuệ nhân tạo để dự báo trước diện tích gương hầm. Một số nhà khoa học đã tiến hành nghiên cứu và công bố các kết quả về việc xây dựng, sử dụng mô hình trí tuệ nhân tạo để dự báo trước một số yếu tố trong quá trình thi công đường hầm bằng phương pháp khoan nổ mìn, có thể kể đến Armaghani và nnk, 2014; Jang và Topal, 2013; Esmaeili và nnk, 2014; Mottahedi và nnk, 2018; Chi T.N và nnk, 2022; Nguyễn Chí Thành và nnk, 2022,... Nhìn chung, các kết quả nghiên cứu đã được công bố

* Tác giả liên hệ

Email: nguyenchithanh@humg.edu.vn

theo hướng nghiên cứu này đạt kết quả rất khả quan với độ chính xác cao. Tuy nhiên, vẫn có một số tồn tại cần được giải quyết như: cần đảm bảo độ chính xác của các tập dữ liệu dùng để xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo; cần đa dạng hóa các thuật toán xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo được sử dụng để dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn; cần phân tích rõ ảnh hưởng của các biến dữ liệu đầu vào với các giá trị tham số đầu ra của mô hình....

Bài báo này đã tiến hành phân tích, thu thập các dữ liệu thực tế trong quá trình thi công đường hầm Đèo Cả, Phú Yên, Việt Nam. Sau đó, bài báo đã nghiên cứu và ứng dụng thuật toán hàng xóm gần nhất KNN (K-nearest neighbors) để xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo dự báo diện tích của gương hầm giao thông Đèo Cả sau khi nổ mìn trong quá trình thi công đường hầm. Cuối cùng, bằng việc so sánh các kết quả thu được bằng mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN đã được xây dựng với các kết quả thu được trong thực tế thi công, bài báo đã minh chứng được sự chính xác của mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN để dự báo diện tích gương hầm khi thi công đường hầm bằng phương pháp khoan nổ mìn. Từ đó, khẳng định được tính khả thi trong việc sử dụng các thuật toán để xây dựng các mô hình trí tuệ nhân tạo có khả năng dự báo được diện tích gương hầm sau khi nổ mìn, nhằm nâng cao hiệu quả của quá trình thi công các đường hầm bằng phương pháp khoan nổ mìn.

2. Nội dung của thuật toán KNN

2.1. Tổng quan về thuật toán KNN

K-nearest neighbor (KNN) là một trong những thuật toán học có giám sát (supervised-learning) được coi là đơn giản nhất trong máy học (Machine Learning). Khi được đào tạo (training), thuật toán KNN không học một điều gì từ dữ liệu được sử dụng để training (đây cũng là lý do thuật toán này được xếp vào loại lazy learning), mọi tính toán được thực hiện khi nó cần dự đoán kết quả của dữ liệu mới. K-nearest neighbor có thể sử dụng được vào cả hai loại của các mô hình đào tạo có giám sát (Supervised learning) là phân lớp (Classification) và hồi quy (Regression).

Bản chất của thuật toán KNN là từ tính chất của điểm đang xét và một số các điểm lân cận, dự đoán ra được tính chất của các điểm còn lại. Như vậy, để dự đoán được tính chất của các điểm, cần phải xác định được tính chất của điểm gốc đang xét và từ các tính chất này cùng với số điểm lân cận sẽ tính khoảng cách tương ứng giữa điểm đang xét với các điểm cần dự đoán, từ đó, tiến hành dự đoán các tính chất của các điểm đang dự đoán (Maryam Amiri và nnk, 2016).

Thuật toán KNN có nguyên tắc hoạt động là những dữ liệu tương tự nhau sẽ tồn tại gần nhau trong một không gian, từ đó công việc của thuật toán là sẽ tìm k điểm gần với dữ liệu cần kiểm tra nhất. Việc tìm khoảng cách giữa 2 điểm sẽ có nhiều công thức có thể sử dụng, tùy trường hợp mà sẽ lựa chọn công thức phù hợp. Hiện nay, có 3 công thức cơ bản để tính khoảng cách 2 điểm dữ liệu x, y có k thuộc tính trong thuật toán KNN (Hajihassani M và nnk., 2014; Maryam Amiri và nnk, 2016; Mottahedi A và nnk, 2018):

a, công thức Euclidean

$$k = \sqrt{\sum_{i=1}^k (x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

b, công thức Manhattan

$$k = \sum_{i=1}^k |x_i - y_i| \quad (2)$$

Khoảng cách Manhattan - Khoảng cách này còn được gọi là khoảng cách taxi hoặc khoảng cách khối thành phố, đó là do cách tính khoảng cách này. Khoảng cách giữa hai điểm là tổng của sự khác biệt tuyệt đối của các tọa độ Descartes của chúng.

c, công thức Minkowski

$$k = \left(\sum_{i=1}^k (|x_i - y_i|)^q \right)^{1/q} \quad (3)$$

Khoảng cách Minkowski - Đây là một số liệu dành cho không gian vector có giá trị thực. Chúng ta chỉ có thể tính khoảng cách Minkowski trong không gian vector chuẩn tắc, nghĩa là trong không gian mà khoảng cách có thể được biểu diễn dưới dạng vector có độ dài và độ dài không thể âm.

trong đó:

k - Tham số khoảng cách giữa các điểm đang xét;

i - Số điểm đang xét;

q - Giá trị q trong công thức có thể được sử dụng để cung cấp các khoảng cách khác nhau, bao gồm: q = 1, nhận được khoảng cách Manhattan; q = 2, nhận được khoảng cách Euclidean.

Các bước sử dụng thuật toán KNN trong việc dự đoán với biến phụ thuộc định lượng đối với các tập dữ liệu hồi quy:

Bước 1. Xác định tham số khoảng cách K (số láng giềng gần nhất);

Bước 2. Tính khoảng cách (distance) giữa điểm truy vấn và tất cả các điểm mẫu dùng để đào tạo mô hình;

Bước 3. Sắp xếp khoảng cách và xác định K láng giềng gần nhất với điểm truy vấn;

Bước 4. Lấy giá trị của biến phụ thuộc Y tương ứng của K láng giềng gần nhất;

Bước 5. Sử dụng giá trị trung bình (average) của biến phụ thuộc Y của K láng giềng gần nhất là giá trị dự đoán của điểm truy vấn.

3. Xử lý dữ liệu cho mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN

3.1. Dữ liệu thực tế thu được trong thi công đường hầm Đèo Cả

Các tác giả của bài báo đã tiến hành tổng hợp các dữ liệu thực tế thu được trong quá trình thi công một số đoạn đường hầm giao thông Đèo Cả, Phú Yên. Tập dữ liệu với 100 dữ liệu, trong đó với 04 thành phần đóng vai trò là dữ liệu đầu vào của mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN đã được sử dụng, bao gồm: diện tích gương hầm theo thiết kế S_{tk} ; chiều sâu trung bình của các lỗ khoan trên gương hầm đang thi công theo từng tiến độ thi công L ; chỉ tiêu thuốc nổ đơn vị trong hệ chiếu khoan nổ mìn Q và chỉ số đất đá RMR tại gương hầm đang thi công. Dữ liệu đầu ra và là chỉ số cần dự báo của mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN chính là diện tích của gương hầm sau khi nổ mìn trong quá trình thi công. Tập dữ liệu đã được tổng hợp và sử dụng chia thành 5 phần với tỷ lệ 1:5, trong đó, 01 phần được sử dụng làm tập dữ liệu phục vụ cho quá trình kiểm tra độ chính xác của mô hình được xây dựng (testing database), 04 phần dữ liệu tiếp theo được sử dụng để đào tạo mô hình (training database). Các dữ liệu trong tập dữ liệu này được xử lý để việc xuất hiện trong các phần dữ liệu nói trên là hoàn toàn ngẫu nhiên, đảm bảo độ chính xác và tính khách quan của mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN. Dữ liệu đầu ra chính là diện tích gương hầm sau khi nổ được dự đoán, S .



Hình 1. Đường hầm Đèo Cả, Phú Yên, Việt Nam (Chi T.N và nnk, 2022)

Bảng 1. Các thông số địa chất và thuốc nổ, đường hầm sử dụng trong mô hình (Chi T.N và nnk, 2022)

Các thông số	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất	Giá trị trung bình	Độ lệch trung bình
S (Diện tích gương hầm sau khi nổ mìn, m^2) – Dữ liệu đầu ra của mô hình	51.221	71.049	58.878	6.476
L (Chiều sâu trung bình của các lỗ khoan trên gương hầm, m) – Dữ liệu đầu vào của mô hình	1.0	3.2	1.953	0.644
S_{tk} (Diện tích gương hầm theo thiết kế, m^2) – Dữ liệu đầu vào của mô hình	49.26	64.855	54.55	6.163
Q (Chỉ tiêu thuốc nổ đơn vị, kg/m^3) – Dữ liệu đầu vào của mô hình	0.37	2.32	1.434	0.416
RMR (Chỉ số đánh giá của khối đá nơi đường hầm thi công) – Dữ liệu đầu vào của mô hình	5.0	73	51.33	14.531

3.2. Chuẩn hóa dữ liệu thực tế thu được trong thi công đường hầm Đèo Cả sử dụng cho mô hình KNN

Dữ liệu thu thập, tổng hợp từ dự án thi công đường hầm giao thông Đèo Cả trước khi sử dụng để xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo với thuật toán KNN với khả năng dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn cần được xử lý, chuẩn hóa. Đây là bước rất quan trọng với độ chính xác của mô hình.

Để đảm bảo mô hình sử dụng thuật toán KNN cho kết quả chính xác, chuẩn hóa dữ liệu đầu vào trong khoảng $[-1; 1]$ theo công thức:

$$X_n = \frac{(X - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})} \quad (4)$$

trong đó,

X_n - Giá trị đã được chuẩn hóa của biến;

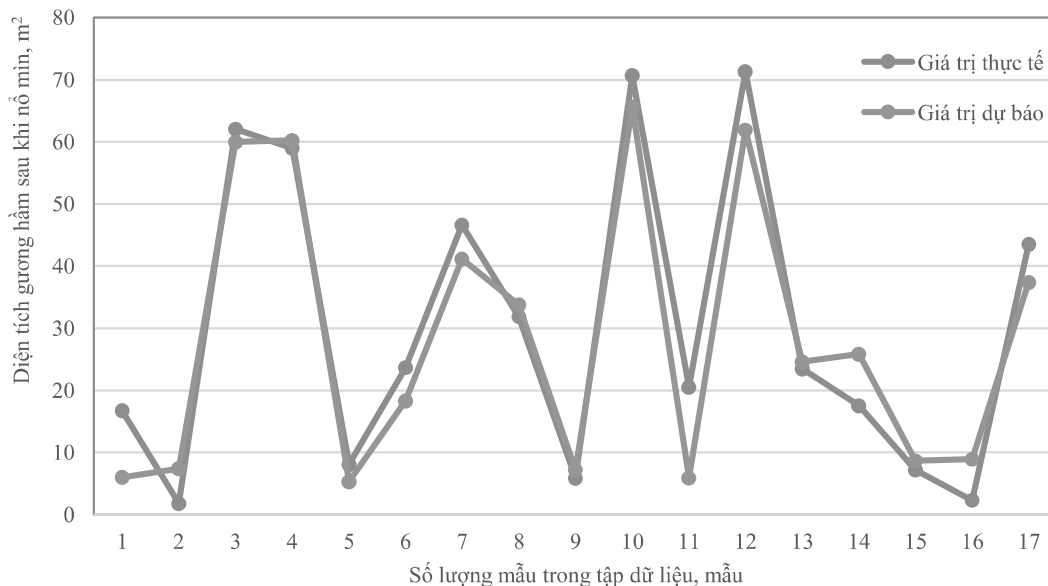
X - Giá trị ban đầu tương ứng của biến;

$X_{\max}$ - Giá trị lớn nhất ban đầu của biến, khi biến chưa được chuẩn hóa;

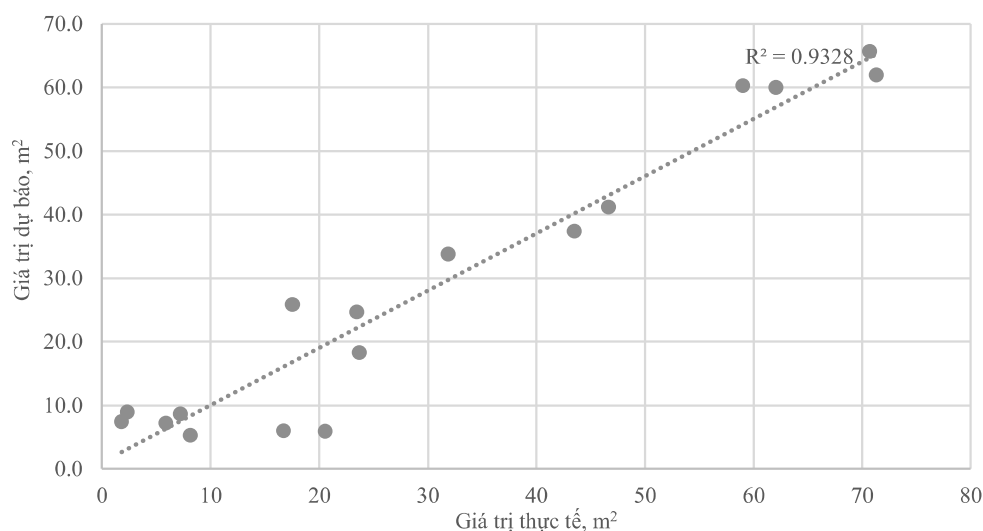
$X_{\min}$ - Giá trị nhỏ nhất lúc đầu của biến khi chưa được tiến hành chuẩn hóa.

4. Dự báo diện tích gương hầm Đèo Cả sử dụng thuật toán KNN

Sử dụng thuật toán KNN để xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo có khả năng dự báo diện tích gương hầm giao thông Đèo Cả. Các tập dữ liệu thu thập từ quá trình thi công thực tế đường hầm giao thông Đèo Cả đã được xử lý, hiệu chỉnh theo phần 3 của bài báo và chia thành 2 tập dữ liệu chính với tỷ lệ 1:4, trong đó 04 phần dữ liệu được sử dụng để đào tạo cho mô hình và 01 phần dữ liệu được sử dụng để kiểm tra độ chính xác của mô hình. Cũng cần lưu ý rằng, trong các mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN với mục đích dự báo các kết quả dạng hồi quy, mô hình không phụ thuộc nhiều vào quá trình đào tạo (training) cũng như các tập dữ liệu đào tạo mà lại chủ yếu phụ thuộc vào các tập dữ liệu sử dụng để kiểm tra (testing), do đó, bài báo sẽ trình bày các kết quả dự báo thu được trong tập dữ liệu kiểm tra testing. Sau khi tiến hành phân tích và lựa chọn, 04 biến đầu vào phục vụ cho việc xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo có khả năng dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn, sử dụng thuật toán KNN đã được sử dụng, bao gồm: diện tích gương hầm theo thiết kế S_k , chỉ tiêu thuốc nổ đơn vị Q , chỉ số khối đá xung quanh đường hầm RMR và chiều dài trung bình của các lỗ khoan trên gương hầm trong 1 chu kỳ tiến gương, L . Mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN với các tham số: hệ số khoảng cách giữa các điểm, $k=5$; loại khoảng cách giữa các điểm: tính theo công thức Euclidean. Đây là các tham số của thuật toán cho kết quả tốt nhất sau khi đã tiến hành chạy nhiều mô hình trên cùng các tập dữ liệu với các giá trị tham số khác nhau (trial and error method). Các kết quả thu được từ mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN có khả năng dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn được biểu diễn trong các hình dưới đây. Dựa vào các kết quả thu được này, có thể thấy mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN có kết quả khá cao trong việc dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn trong quá trình thi công.



Hình 2. Biểu đồ biểu diễn các giá trị diện tích gương hầm sau khi nổ mìn trong tập dữ liệu kiểm tra



Hình 3. Mối tương quan giữa giá trị dự báo và giá trị thực tế của diện tích gương hầm sau khi nổ mìn

5. Kết luận

Trong bài báo này, bằng việc sử dụng thuật toán KNN, một mô hình trí tuệ nhân tạo có khả năng dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn trong quá trình thi công đã được xây dựng. 100 dữ liệu thu thập được trong quá trình thi công thực tế đường hầm giao thông Đèo Cả, Phú Yên, Việt Nam đã được sử dụng để xây dựng, lựa chọn các tham số thích hợp cho mô hình cũng như kiểm tra tính chính xác của mô hình trí tuệ nhân tạo. Một số kết luận có thể được rút ra từ nội dung nghiên cứu của bài báo:

- Trên cơ sở các kết quả thu được bởi mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN, có thể nhận thấy rằng: với hệ số xác định $R^2=0.9328$, sai số bình phương trung bình gốc $RMSE=0.1749$, mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN có thể được sử dụng để dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn với độ chính xác cao;
- Mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN có độ chính xác phụ thuộc rất nhiều vào tập dữ liệu kiểm tra;
- Cần nghiên cứu kỹ lưỡng các tác động của các biến đầu vào trong quá trình xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo với các giá trị của biến đầu ra của mô hình trí tuệ nhân tạo;
- Thuật toán KNN là thuật toán thích hợp cho việc sử dụng với các tập dữ liệu phân lớp, với các dữ liệu dạng hồi quy, cần tiến hành lựa chọn và chuẩn hóa các giá trị dữ liệu thích hợp để thuật toán KNN có thể đạt được độ chính xác cao;
- Phải tiến hành lựa chọn, kiểm tra các giá trị thích hợp của các tham số trong thuật toán KNN, bao gồm: hệ số khoảng cách k, công thức xác định khoảng cách giữa các điểm..., từ đó mới có thể xây dựng được một mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán KNN có độ chính xác cao.

Tài liệu tham khảo

- Nguyễn Chí Thành, Nguyễn Phương Thúy, Nguyễn Văn Thành, 2022. Sử dụng mạng nơ ron thần kinh nhân tạo để tính toán, dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ. *Hội nghị Khoa học toàn quốc ACEA-VIETGEO2021*. Phú Yên, trang: 404 – 412.
- Nguyễn Chí Thành., 2022. Nghiên cứu, xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng mạng thích nghi mờ ANFIS để dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn. *Hội nghị toàn quốc khoa học trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD 2022)*. Hà Nội, trang: 870-876.
- Armaghani, D.J., Mohamad, E.T., Narayanasamy, M.S., Narita, N., 2017. Development of hybrid intelligent models for predicting TBM penetration rate in hard rock condition. *Tunn. Undergr. Space Technol*, vol 63, pp. 29–43.
- Armaghani, D.J., Hajihassani, M., Mohamad, E.T., Marto, A., Noorani, S.A., 2014. Blasting-induced flyrock and ground vibration prediction through an expert artificial neural network based on particle swarm optimization. *Arabian J. Geosci*, vol.7, issue 12, pp. 5383–5396.
- Chi T. N., Do N.A., Pham V. V., Nguyen P.T., Gospodarikov A., 2022. Prediction of Blast-Induced the area of the tunnel face in underground excavations using fuzzy set theory ANFIS and artificial neural network ANN. *International Journal of GEOMATE*, vol. 23, 95, pp. 36-143.

Gordan, B., Armaghani, D.J., Hajihassani, M., Monjezi, M., 2016. Prediction of seismic slope stability through combination of particle swarm optimization and neural network. *Eng. Comput.*, vol 32, issue 1, pp. 85–97.

Hajihassani M, Jahed Armaghani D, Marto A, Tonnizam Mohamad E., 2014. Ground vibration prediction in quarry blasting through an artificial neural network optimized by imperialist competitive algorithm. *Bull Eng Geol Environ*, doi:10.1007/s10064-014-0657-x.

Maryam Amiri, Hassan Bakhshandeh Amnieh, Mahdi Hasanipanah, Leyli Mohammad Khanli., 2016. A new combination of artificial neural network and K-nearest neighbors models to predict blast-induced ground vibration and air-overpressure. *Engineering with Computers*, doi: 10.1007/s00366-016-0442-5

Mohammadi, M., Farouq, M.H., Mirzapour, B., Hajiantilaki, N., 2015. Use of fuzzy set theory for minimizing overbreak in underground blasting operations – a case study of Alborz Tunnel, Iran. *Int. J. Min. Sci. Technol*, vol 25, issue 3, pp. 439–445.

Mohammad E; Morteza O, Rashidinejad F, Aghajani B.A., Mohammad T., 2014. Multiple regression, ANN and ANFIS models for prediction of backbreak in the open pit blasting. *Engineering with Computers*, vol. 30, pp. 549–558.

Mottahedi A, Farhang Sereshki F and Mohammad A., 2018. Overbreak prediction in underground excavations using hybrid ANFIS-PSO model. *Tunnelling and Underground Space Technology*, vol. 80, pp. 1-9.

Jang, H., Topal, E., 2013. Optimizing over break prediction based on geological parameters comparing multiple regression analysis and artificial neural network. *Tunn. Undergr. Space Technol*, vol 38, pp. 161–169.

Thanh C.N., Do N.A., Pham V.V., Gospodarikov A., 2022. Multiple linear regression analysis model and artificial neural network model to calculate and estimate the blast induced area of the tunnel face. A case study Deo Ca tunnel. *Journal of Mining and Earth Sciences*, vol. 63, 3, pp. 43 – 52.

ABSTRACT

An artificial intelligence model uses the KNN neighbor algorithm to predict the area of tunnel face after blasting

Pham Thi Nhan¹, Nguyen Chi Thanh^{1,*}, Bui Manh Tung¹, Do Hoang Hiep²

¹Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

²35 Company, Dong Bac Corporation, The Ministry of Defence of the Socialist Republic of Vietnam

Today, with strong economic and social development, underground works in Vietnam's transportation system are increasingly focused on construction and development. Among the construction methods of underground traffic works, the drilling and blasting method is one of the main methods used to build underground works because of its advantages, including low cost, high requirements, and the technical skills of workers and construction staff are not too high and this method can be used in many construction conditions and environments containing underground works,... The area of the face tunnel after blasting is one of the important factors. On the base of this factor, can be evaluate the effectiveness of underground construction. The area of the face tunnel after blasting will greatly determine the volume of tunnel lining, the volume of soil/rock that needs to be excavated during construction, drilling and blasting work, and other auxiliary works,... Therefore, accurately determining area of the face tunnel after blasting after blasting will ensure the construction efficiency of underground works, both in terms of technique, safety, as well as economic efficiency. In this paper, an artificial intelligence model using the K-nearest neighbors (KNN) algorithm was built and applied to predict the area of face tunnel after blasting. By using 100 databases collected during the construction of Deo Ca tunnel, Phu Yen Province, Vietnam, an artificial intelligence model has been built that demonstrates high accuracy. The area of the face tunnel after blasting when comparing the predicted values with the values of the area of the face tunnel after blasting after blasting obtained in reality. This model can be used to improve the efficiency of the underground construction process using drilling and blasting method under similar conditions.

Keywords: artificial intelligence, KNN algorithm, the area of tunnel face, blasting, predict.