



TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA

PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ VÀ MÔI TRƯỜNG



NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC KINH TẾ QUỐC DÂN
2026

LỜI NÓI ĐẦU

Hội nghị khoa học quốc gia “*Phát triển bền vững khoa học công nghệ Mỏ và Môi trường*” - SDM 2026 được Trường Đại học Mỏ - Địa chất phối hợp với Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam cùng các đối tác tổ chức nhân dịp Kỷ niệm 60 năm thành lập Bộ môn Khai thác hầm lò.

Hội nghị là diễn đàn quan trọng để các nhà khoa học, nhà quản lý, chuyên gia và doanh nghiệp gặp gỡ, trao đổi, chia sẻ kinh nghiệm thực tiễn, công bố các kết quả nghiên cứu mới và đề xuất những giải pháp tiên tiến trong quản lý tài nguyên, khai thác và sử dụng hợp lý khoáng sản, bảo vệ môi trường, hướng tới phát triển bền vững ngành công nghiệp khai khoáng.

Trong quá trình chuẩn bị và tổ chức, Hội nghị đã nhận được sự quan tâm, hưởng ứng tích cực của đông đảo các nhà khoa học, chuyên gia và nhà quản lý trong và ngoài nước. Ban Tổ chức đã tiếp nhận 60 bài báo khoa học thuộc các lĩnh vực chuyên môn của Hội nghị. Trên cơ sở đánh giá, phản biện nghiêm túc, Ban Biên tập đã lựa chọn được 37 báo cáo có chất lượng đề xuất bản trong Tuyển tập báo cáo toàn văn, tập trung vào các chủ đề chính:

- Công nghệ và thiết bị khai thác mỏ;
- An toàn, vệ sinh lao động trong ngành mỏ;
- Môi trường mỏ bền vững và có trách nhiệm;
- Chuyển đổi số và xanh trong lĩnh vực quản lý tài nguyên, khai thác khoáng sản;

Toàn bộ thông tin khoa học về Hội nghị, trong đó có Tuyển tập các báo cáo toàn văn, được công bố và đăng tải trên website chính thức của Hội nghị tại địa chỉ: <https://khaithachamlo.humg.edu.vn/>.

Ban Tổ chức trân trọng cảm ơn Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam với vai trò đơn vị đăng cai, cùng các cơ quan, đơn vị đồng tổ chức đã tích cực phối hợp và góp phần quan trọng vào thành công của Hội nghị. Xin chân thành cảm ơn các nhà khoa học đã gửi tới Hội nghị những công trình nghiên cứu có giá trị; cảm ơn Ban Biên tập, các chuyên gia phản biện và Ban Thư ký đã nỗ lực, trách nhiệm trong suốt quá trình chuẩn bị, biên tập và tổ chức.

Ban Tổ chức rất mong tiếp tục nhận được sự quan tâm, hợp tác và những ý kiến đóng góp quý báu của các cơ quan, tổ chức, nhà khoa học và doanh nghiệp để các kỳ Hội nghị ngày càng nâng cao chất lượng, góp phần thúc đẩy sự phát triển bền vững trong lĩnh vực tài nguyên, khai thác mỏ và môi trường.

BAN TỔ CHỨC

ĐƠN VỊ TỔ CHỨC



TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT



VINACOMIN

TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP THAN - KHOÁNG SẢN VIỆT NAM

CÁC ĐƠN VỊ TÀI TRỢ CHÍNH



VINACOMIN

TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP THAN
- KHOÁNG SẢN VIỆT NAM



TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC
- BỘ QUỐC PHÒNG



VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ -
VINACOMIN



CÔNG TY CP TƯ VẤN ĐẦU TƯ MỎ
VÀ CÔNG NGHIỆP - VINACOMIN



CÔNG TY 35 - CHI NHÁNH
TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC



CÔNG TY CẢNG - CHI NHÁNH
TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC



CÔNG TY THAN
MẠO KHÊ - TKV



CÔNG TY CP THAN
HÀ LÂM - VINACOMIN



CÔNG TY THAN
HẠ LONG - TKV



CÔNG TY THAN
HÒN GAI - TKV



CÔNG TY THAN
KHE CHÂM - TKV



CÔNG TY THAN
NAM MẪU - TKV



CÔNG TY THAN
QUANG HANH - TKV



CÔNG TY THAN
DƯƠNG HUY - TKV



CÔNG TY CP THAN
MÔNG DƯƠNG - VINACOMIN



CÔNG TY CP THAN
NÚI BÉO - VINACOMIN



CÔNG TY THAN
THỐNG NHẤT - TKV



CÔNG TY THAN
ƯNG BÍ - TKV



CÔNG TY CP THAN
VÀNG DANH - VINACOMIN



TỔNG CÔNG TY KHOÁNG SẢN TKV - CTCP



TỔNG CÔNG TY CÔNG NGHIỆP
MỎ VIỆT BẮC TKV - CTCP



TỔNG CÔNG TY CÔNG NGHIỆP
HÓA CHẤT MỎ - VINACOMIN



CÔNG TY CP THAN
ĐÈO NAI - CỘC SÁU - TKV



CÔNG TY CP THAN CAO SƠN - TKV



CÔNG TY CP THAN HÀ TU - VINACOMIN



CÔNG TY XÂY LẮP MỎ - TKV



CÔNG TY THAN NA DƯƠNG - VVMI



CÔNG TY THAN NÚI HỒNG - VVMI



CÔNG TY THAN KHÁNH HÒA - VVMI



CÔNG TY CP KINH DOANH THAN
CẨM PHẢ - VINACOMIN



CÔNG TY 91 - CHI NHÁNH
TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC



CÔNG TY 45 - CHI NHÁNH
TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC



CÔNG TY KHE SIM - CHI NHÁNH
TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC



CÔNG TY CỔ PHẦN 397
- TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC

BAN TỔ CHỨC

Họ và tên	Đơn vị công tác	Nhiệm vụ
GS.TS. Trần Thanh Hải	Trường Đại học Mở - Địa chất	Trưởng ban
PGS.TS. Nguyễn Thế Vinh	Trường Đại học Mở - Địa chất	Phó Trưởng ban
PGS.TS. Đỗ Ngọc Anh	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
PGS.TS. Bùi Mạnh Tùng	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
TS. Nguyễn Cao Khải	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
TS. Nguyễn Văn Thịnh	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên

BAN KHOA HỌC VÀ BIÊN TẬP

Họ và tên	Đơn vị công tác	Nhiệm vụ
PGS.TS. Nguyễn Thế Vinh	Trường Đại học Mở - Địa chất	Trưởng ban
PGS.TS. Nguyễn Viết Nghĩa	Trường Đại học Mở - Địa chất	Phó Trưởng ban
PGS.TS. Bùi Mạnh Tùng	Trường Đại học Mở - Địa chất	Phó Trưởng ban
TS. Nguyễn Cao Khải	Trường Đại học Mở - Địa chất	Phó Trưởng ban
GS.TS. Võ Trọng Hùng	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
GS.TSKH. Lê Như Hùng	Hội Khoa học và Công nghệ Mở Việt Nam	Ủy viên
PGS.TS. Trần Xuân Hà	Hội Khoa học và Công nghệ Mở Việt Nam	Ủy viên
PGS.TS. Trần Văn Thanh	Hội Khoa học và Công nghệ Mở Việt Nam	Ủy viên
PGS.TS. Đỗ Mạnh Phong	Hội Khoa học và Công nghệ Mở Việt Nam	Ủy viên
PGS.TS. Phùng Mạnh Đắc	Hội Khoa học và Công nghệ Mở Việt Nam	Ủy viên
TS. Lê Văn Thao	Hội Khoa học và Công nghệ Mở Việt Nam	Ủy viên
PGS.TS. Lê Tiến Dũng	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
PGS.TS. Phạm Văn Hòa	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
PGS.TS. Nguyễn Phi Hùng	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
PGS.TS. Vũ Trung Tiến	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
PGS.TS. Nguyễn Anh Tuấn	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
TS. Đỗ Anh Sơn	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
TS. Nguyễn Văn Thịnh	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
TS. Đào Văn Chi	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên

Họ và tên	Đơn vị công tác	Nhiệm vụ
TS. Phạm Đức Hưng	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
TS. Vũ Thái Tiến Dũng	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
TS. Lê Quang Phục	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
TS. Nguyễn Văn Quang	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
ThS. Phạm Văn Quân	Viện Khoa học Công nghệ Mở	Ủy viên
ThS. Nguyễn Hồng Cường	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên

BAN THƯ KÝ

Họ và tên	Đơn vị công tác	Nhiệm vụ
PGS.TS. Bùi Mạnh Tùng	Trường Đại học Mở - Địa chất	Trưởng ban
PGS.TS. Lê Tiến Dũng	Trường Đại học Mở - Địa chất	Phó Trưởng ban
TS. Vũ Thái Tiến Dũng	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
TS. Nguyễn Văn Quang	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên
ThS. Đinh Thị Thanh Nhân	Trường Đại học Mở - Địa chất	Ủy viên

MỤC LỤC

	LỜI NÓI ĐẦU	3
	BỘ MÔN KHAI THÁC HẦM LÒ: 60 NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN (1966 - 2026) & 70 NĂM ĐÀO TẠO NGÀNH KHAI THÁC MỎ HẦM LÒ (1956 - 2026)	12
1	ĐỊNH HƯỚNG ĐỔI MỚI VÀ PHÁT TRIỂN CÔNG NGHỆ KHAI THÁC THAN HẦM LÒ TẠI TKV GIAI ĐOẠN 2026 - 2030 Vũ Anh Tuấn¹, Nguyễn Minh Tuyên^{1,*} <i>¹Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam</i>	17
2	TÍNH TOÁN THÔNG GIÓ MỎ KHI TỔ CHỨC KHAI THÁC ĐỒNG THỜI 6 LÒ CHỢ CỦA TẦNG -230/-150 CÔNG TY THAN MẠO KHÊ - TKV Nguyễn Cao Khải^{1,2,*}, Vũ Thái Tiến Dũng^{1,2}, Đinh Thị Thanh Nhân^{1,2}, Vũ Đức Nghĩa^{1,3} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM) ³Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam</i>	29
3	ẢNH HƯỞNG CỦA QUÁ TRÌNH NỔ MÌN KHI ĐÀO LÒ ĐẾN ĐỘ ỔN ĐỊNH CỦA ĐƯỜNG LÒ LÂN CẬN: NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP MỘT ĐƯỜNG LÒ TẠI CÔNG TY THAN VÀNG DANH Bùi Mạnh Tùng¹, Ngô Thành Tâm², Trần Trung Thái³, Nguyễn Chí Thành^{1,*} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Sở Nông nghiệp và Môi trường tỉnh Quảng Ninh ³Công ty Cổ phần Than Cao Sơn - TKV</i>	41
4	NGHIÊN CỨU VÀ XÂY DỰNG MÔ HÌNH TRÍ TUỆ NHÂN TẠO DỰ BÁO DIỆN TÍCH GƯƠNG LÒ SAU KHI NỔ MÌN TẠI MỘT SỐ ĐƯỜNG LÒ ĐIỂN HÌNH TRONG KHAI THÁC HẦM LÒ KHU VỰC QUẢNG NINH Đỗ Hoàng Hiệp^{1,2}, Nguyễn Việt Hùng³, Bùi Mạnh Tùng¹, Nguyễn Chí Thành^{1,*} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Công ty 35 - Chi nhánh Tổng Công ty Đông Bắc ³Công ty Cổ phần Tư vấn Đầu tư Mỏ và Công nghiệp - Vinacomin</i>	60
5	MECHANICAL BEHAVIOR OF CFRP-CONFINED HIGH-WATER MATERIAL UNDER DYNAMIC LOADING Feiyang Feng¹, Baiyun Yu¹, Shuling Meng², Hongchao Zhao^{3,*} <i>¹School of Geology and Mining Engineering, Xinjiang University ²China West Construction Group Co., Ltd. ³State Key Laboratory of Intelligent Construction and Healthy Operation and Maintenance of Deep Underground Engineering</i>	70
6	NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP GIẢM THIỂU NỒNG ĐỘ BỤI TẠI MẶT BẰNG CẢNG KHE DÂY THUỘC CÔNG TY CẢNG - CHI NHÁNH TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC Bùi Thanh Sơn¹, Bùi Quang Sáng¹, Nguyễn Văn Thịnh^{2,*}, Nguyễn Việt Thắng² <i>¹Công ty Cảng - Chi nhánh Tổng Công ty Đông Bắc ²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	80

7	CƠ GIỚI HÓA TRONG KHAI THÁC HẦM LÒ TẠI MỎ THAN HÀ LẨM: THỰC TRẠNG VÀ ĐỊNH HƯỚNG CHIẾN LƯỢC PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG GIAI ĐOẠN 2026 - 2030 Nguyễn Hữu Đạt¹, Vũ Ngọc Thắng², Đinh Trung Kiên², Đỗ Trung Thành¹, Vũ Bá Trượng^{1,*} <i>¹Công ty Cổ phần Than Hà Lâm - Vinacomin</i> <i>²Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam</i>	88
8	NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP PHUN ÉP NƯỚC TĂNG ĐỘ LIÊN KẾT CỦA THAN TẠI CÁC GƯƠNG LÒ ĐÀO QUA VỈA THAN MỀM YẾU, BỎ RỜI TẠI CÔNG TY THAN KHE CHÀM - TKV Trần Quốc Đoàn¹, Nguyễn Cao Khải^{2,3,*}, Đặng Văn Kiên², Đỗ Trọng Tấn¹ <i>¹Công ty Than Khe Chàm - TKV</i> <i>²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>³Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)</i>	98
9	GIẢI PHÁP XÂY DỰNG CÔNG VIÊN TRONG KHU VỰC MỎ THAN NA DƯƠNG, CÔNG TY THAN NA DƯƠNG, TỔNG CÔNG TY CÔNG NGHIỆP MỎ VIỆT BẮC TKV - CTCP Nguyễn Đăng Hiệp¹, Nguyễn Cao Khải^{2,3,*}, Nguyễn Quốc Tuấn¹ <i>¹Công ty Than Na Dương - VVMI</i> <i>²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>³Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)</i>	105
10	NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH LƯỢNG GIÓ CẦN ĐƯA VÀO MỎ THAN HẦM LÒ TRONG NGÀY KHÔNG LÀM VIỆC Trần Xuân Hà¹, Đào Văn Chi^{2,*}, Nguyễn Hồng Cường² <i>¹Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam</i> <i>²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	115
11	AN TOÀN TRONG KHAI THÁC THAN HẦM LÒ VÙNG QUẢNG NINH: THỰC TRẠNG CÔNG TÁC AN TOÀN VỆ SINH LAO ĐỘNG, CÁC VẤN ĐỀ CỐT LỖI VÀ ĐỊNH HƯỚNG CHIẾN LƯỢC Phạm Đức Thang^{1,*}, Hoàng Hùng Thắng¹, Nguyễn Ngọc Minh¹, Lê Quang Phục² <i>¹Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh</i> <i>²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	123
12	GIẢI PHÁP NÂNG CAO TỐC ĐỘ ĐÀO LÒ TẠI KHU N.V MỎ THAN KHE TAM, CÔNG TY THAN DƯƠNG HUY - TKV Cao Việt Phương¹, Nguyễn Thế Cường¹, Nguyễn Văn Thịnh^{2,*} <i>¹Công ty Than Dương Huy - TKV</i> <i>²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	135
13	THÀNH LẬP HỘ CHIẾU CHỐNG GIỮ CHO CÁC ĐƯỜNG LÒ DƯỚI KHU VỰC MOONG LỘ THIÊN NÚI BÉO TẠI MỎ THAN HÀ LẨM Vũ Trung Tiến^{1,2,*}, Đào Việt Đoàn¹, Đỗ Anh Sơn¹ <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>²Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)</i>	143
14	COMPUTER-AIDED DESIGN AND PLANNING METHODOLOGY FOR OPEN-PIT AND UNDERGROUND DIMENSION STONE MINES: EUROPEAN EXPERIENCES AND APPLICABILITY IN VIETNAM Nguyen Anh Tuan^{1,2,*}, Pham Van Viet^{1,2}, Pham Van Hoa¹, Ngo Thanh Tuan² Pham Tuan Cuong¹, Tran Trung Anh^{1,2}, Do Anh Son¹ <i>¹Hanoi University of Mining and Geology</i> <i>²Research Centre for Mining and Electro-Mechanical Engineering, HUMG</i>	157

15	TÍNH TOÁN KIỂM ĐỊNH KẾT CẤU TƯỜNG BÊ TÔNG HẦM CHỨA NƯỚC TẠI CÔNG TY CỔ PHẦN THAN MÔNG DƯƠNG - VINACOMIN Nguyễn Phi Hùng¹, Bùi Mạnh Tùng¹, Phạm Đức Hưng¹, Trần Trung Thái^{2,*} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Công ty Cổ phần Than Cao Sơn - TKV</i>	171
16	MECHANISM OF OVERSIZE BLOCK GENERATION AND BLOCK SIZE CONTROL IN LARGE-SCALE OPEN-PIT COAL MINE BLASTING Hongyan Xu¹, Fei Gao², Hui Chen^{2,*} <i>¹Xuefeng Science and Technology Group, Xinjiang University, Urumqi, 830000, China ²School of Geological and Mining Engineering, Xinjiang University, Urumqi, 830000, China</i>	179
17	GIẢI PHÁP KỸ THUẬT NÂNG CAO HIỆU QUẢ THU HỒI THAN NÓC TRONG LÒ CHỜ CƠ GIỚI HÓA ĐỒNG BỘ VỈA 7 MỎ THAN HÀ LÂM Phạm Đức Hưng^{1,*}, Đỗ Anh Sơn¹, Nguyễn Phi Hùng¹, Đào Văn Chi¹, Phạm Văn Quân² <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin</i>	193
18	TỔNG QUAN VỀ HỆ SỐ SỨC CẢN MA SÁT CỦA CÁC LOẠI ĐƯỜNG LÒ TRÊN THẾ GIỚI VÀ VIỆT NAM Đào Văn Chi¹, Phạm Đức Hưng^{1,*}, Đỗ Anh Sơn¹ Phạm Tú Phương², Đàm Huy Tài², Nguyễn Minh Đức³ <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Công ty Cổ phần Tư vấn đầu tư Mỏ và Công nghiệp - Vinacomin ³Cục Công nghiệp, Bộ Công Thương</i>	204
19	ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ CƠ GIỚI HÓA KHAI THÁC TẠI CÁC MỎ THAN HẦM LÒ THUỘC TKV VÀ ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN GIAI ĐOẠN 2026 - 2030 Dương Đức Hải^{1,*}, Đào Hồng Quảng¹, Đỗ Văn Hoàng¹ <i>¹Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin</i>	217
20	KẾT QUẢ TƯ VẤN THIẾT KẾ CÁC MỎ THAN HẦM LÒ KHAI THÁC TRONG ĐIỀU KIỆN PHỨC TẠP CỦA TKV Phạm Văn Quân^{1,2,*}, Đỗ Văn Hoàng², Thân Văn Duy² <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin</i>	226
21	MÔ HÌNH TRÍ TUỆ NHÂN TẠO DỰ BÁO VẬN TỐC HẠT CỤC ĐẠI PPV TẠI ĐƯỜNG LÒ CHỊU ẢNH HƯỞNG CỦA CÔNG TÁC NỔ Mìn Nguyễn Chí Thành¹, Phạm Quang Nam², Bùi Mạnh Tùng^{1,*} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Trường Đại học Điện Lực</i>	235
22	GÓC NHÌN VỀ HOÀN THIỆN VĂN HÓA AN TOÀN LAO ĐỘNG TRONG KHAI THÁC THAN HẦM LÒ Ở MỎ THAN VÀNG DANH KHI XUỐNG SÂU Lê Quang Phục^{1,*}, Phạm Đức Thang², Nguyễn Đăng Hiệp³ <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh ³Công ty Than Na Dương - VVMI</i>	244

23	NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG NGUỒN CÁT NGHIÊN TỪ ĐÁ THẢI MỎ CHẾ TẠO BÊ TÔNG VÀ MỘT SỐ SẢN PHẨM ỨNG DỤNG	252
	Phạm Thị Nhân^{1,2,*}, Huỳnh Linh Chi¹, Đặng Quang Hiếu¹, Đỗ Mạnh Dũng¹ ¹ Trường Đại học Mở - Địa chất ² Nhóm nghiên cứu Địa kỹ thuật, vật liệu và phát triển bền vững, Trường Đại học Mở - Địa chất	
24	NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN VỀ ẢNH HƯỞNG CỦA ĐÚT GẦY ĐẾN QUÁ TRÌNH ĐÀO LÒ CHUẨN BỊ VÀ KHAI THÁC TRONG MỎ THAN HẦM LÒ	261
	Vũ Thái Tiến Dũng¹, Bùi Mạnh Tùng^{1,*}, Nguyễn Minh Đức², Phạm Quang Nam³ ¹ Trường Đại học Mở - Địa chất ² Cục Công nghiệp, Bộ Công Thương ³ Trường Đại học Điện lực	
25	ĐÁNH GIÁ NGUỒN PHÁT SINH KHÍ BỤI TẠI MỎ THAN CAO SƠN VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP QUẢN LÝ MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ CHO KHU VỰC	271
	Đỗ Mạnh Dũng¹, Trần Thị Thanh Thủy^{2,*}, Trần Anh Quân² ¹ Công ty Cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường - Vinacomin ² Trường Đại học Mở - Địa chất	
26	XU THẾ KHAI THÁC BẰNG CÔNG NGHỆ CƠ GIỚI HÓA TẠI CÁC MỎ THAN HẦM LÒ VÙNG QUẢNG NINH THUỘC TKV	279
	Phạm Đức Hưng^{1,2,*} ¹ Trường Đại học Mở - Địa chất ² Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)	
27	TƯ VẤN THIẾT KẾ CHUYỂN ĐỔI CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DƯỚI TRỤ BẢO VỆ ĐƯỜNG LÒ KHU II MỎ NÚI BÉO ĐỂ NÂNG CAO HIỆU QUẢ KINH TẾ	288
	Phạm Văn Quân^{1,2,*}, Phạm Đức Hưng¹, Đào Văn Chi¹, Trương Tiến Quân² ¹ Trường Đại học Mở - Địa chất ² Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin	
28	ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ LÀM VIỆC CỦA CÁC TRẠM QUẠT GIÓ CHÍNH TẠI MỎ THAN NAM MẪU NHẪM ĐÁP ỨNG NHU CẦU SẢN XUẤT THỰC TẾ CỦA MỎ	296
	Đào Văn Chi¹, Vũ Thái Tiến Dũng^{1,*}, Trần Xuân Hà², Nguyễn Hồng Cường¹ ¹ Trường Đại học Mở - Địa chất ² Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam	
29	NGHIÊN CỨU NGUYÊN NHÂN GÂY MẤT ỔN ĐỊNH HỆ THỐNG ĐÊ BIỂN TỈNH KIÊN GIANG (TRƯỚC KHI SÁP NHẬP)	304
	Nguyễn Tiến Tài¹, Võ Nhật Luân^{2,*} ¹ Trường Đại học Mở - Địa chất ² Trường Đại học Văn Hiến	
30	ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN TỐI ƯU TRONG MÔ HÌNH HỒI QUY VECTOR HỖ TRỢ ĐỂ DỰ ĐOÁN NHIỆT ĐỘ KHÔNG KHÍ LÒ CHỢ TẠI MỎ THAN NAM MẪU	313
	Nguyễn Văn Quang^{1,*}, Nguyễn Văn Thịnh¹, Bùi Mạnh Tùng¹ ¹ Trường Đại học Mở - Địa chất	
31	NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH LIÊN KẾT GIỮA CẢI TẠO PHỤC HỒI MÔI TRƯỜNG VỚI TÁI SỬ DỤNG QUỸ ĐẤT SAU KHAI THÁC KHOÁNG SẢN: HƯỚNG TỚI KINH TẾ TUẦN HOÀN	321
	Trần Thị Ngọc^{1,*}, Đào Văn Chi¹, Vũ Thị Lan Anh¹ ¹ Trường Đại học Mở - Địa chất	

-
- 32** NÂNG CAO HIỆU QUẢ ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ CƠ GIỚI HÓA ĐỒNG BỘ TRONG ĐIỀU KIỆN KHAI THÁC VÍA PHỨC TẠP 331
Lê Quang Phục^{1,*}, Phạm Đức Thang², Trần Văn Hưng³
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
²Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh
³Công ty 91 - Chi nhánh Tổng Công ty Đồng Bắc
-
- 33** ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO DỰ BÁO ĐIỆN NĂNG TIÊU THỤ CỦA BĂNG TẢI KHU VỰC QUẢNG NINH ĐỊNH HƯỚNG TIẾT KIỆM ĐIỆN NĂNG 341
Nguyễn Đình Tiến¹, Nguyễn Huyền Trang^{2,*}, Lê Xuân Thành³
¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội
²Trường Đại học Việt - Hung
³Trường Đại học Mỏ - Địa chất
-
- 34** ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG VÀ ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP KỸ THUẬT ỔN ĐỊNH CHẾ ĐỘ THÔNG GIÓ TẠI MỎ THAN MẠO KHÊ 353
Nguyễn Hồng Cường^{1,*}, Đào Văn Chi¹, Lê Văn Thao², Lê Quang Phục¹, Vũ Đức Trọng³
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
²Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam
³Công ty Than Mạo Khê - TKV
-
- 35** NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH CHUỖI TRONG LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN MỞ VÍA: VÍ DỤ CHO MỎ CHÌ - KẼM LŨNG HOÀI, BẮC KẠN 362
Đinh Thị Thanh Nhân^{1,*}, Ngô Thái Vinh¹
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
-
- 36** NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP CẢI THIỆN CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ TẠI MẶT BẰNG SÂN CÔNG NGHIỆP MỎ THAN MÔNG DƯƠNG 371
Hoàng Hùng Thắng¹, Nguyễn Văn Thịnh^{2,*}
¹Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh
²Trường Đại học Mỏ - Địa chất
-
- 37** ỨNG DỤNG MÔ PHỎNG SỐ ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC KHÔNG TRỤ BẢO VỆ DƯỚI ĐÁ VÁCH BỀN VỮNG VÙNG THAN QUẢNG NINH 380
Lê Tiến Dũng^{1,*}, Phạm Trung Nguyên²
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
²Trung tâm Hỗ trợ tiến bộ Kỹ thuật mỏ, Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam
-

TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA

PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ VÀ MÔI TRƯỜNG

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC KINH TẾ QUỐC DÂN

Địa chỉ: 207 đường Giải Phóng, phường Bạch Mai, Hà Nội

Website: <http://nxb.neu.edu.vn> - Email: nxb@neu.edu.vn

Điện thoại/ Fax: (024) 36280280/ Máy lẻ: 5722

Chịu trách nhiệm xuất bản: TS. Đỗ Văn Sang,
Phó Giám đốc phụ trách Nhà xuất bản

Chịu trách nhiệm nội dung: GS.TS. Lê Quốc Hội,
Tổng biên tập Nhà xuất bản

Biên tập: Trịnh Thị Quyên

Sửa bản in và đọc sách mẫu: Trịnh Thị Quyên

Chế bản và thiết kế bìa: Vương Nguyễn

In 150 bản, khổ 19x26.5 cm tại Công ty TNHH Đầu tư Thương mại và Dịch vụ Nam Huế

Địa chỉ: 109 phố Trần Đại Nghĩa, phường Bạch Mai, Hà Nội.

Mã số ĐKXB: 1712-2026/CXBIPH/3-143/ĐHKQTĐ

Mã số ISBN: 978-632-615-267-8

Quyết định xuất bản số: 152/QĐ-NXBĐHKQTĐ ngày 08 tháng 5 năm 2026

In xong và nộp lưu chiểu năm 2026.

NGHIÊN CỨU VÀ XÂY DỰNG MÔ HÌNH TRÍ TUỆ NHÂN TẠO DỰ BÁO DIỆN TÍCH GƯƠNG LÒ SAU KHI NỔ Mìn TẠI MỘT SỐ ĐƯỜNG LÒ ĐIỆN HÌNH TRONG KHAI THÁC HÀM LÒ KHU VỰC QUẢNG NINH

Đỗ Hoàng Hiệp^{1,2}, Nguyễn Việt Hùng³, Bùi Mạnh Tùng¹, Nguyễn Chí Thành^{1*}

¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất

²Công ty 35 - Chi nhánh Tổng Công ty Đông Bắc

³Công ty Cổ phần Tư vấn Đầu tư Mỏ và Công nghiệp - Vinacomin

TÓM TẮT

Trong các yếu tố quyết định hiệu quả của phương pháp khoan - nổ mìn trong thi công, khai thác và xây dựng hầm lò, diện tích gương lò sau khi nổ mìn đóng vai trò đặc biệt quan trọng. Giá trị của thông số này ảnh hưởng trực tiếp đến các công tác trong một chu kỳ đào lò, bao gồm khối lượng đất/đá cần xúc bốc sau nổ, khối lượng kết cấu chống cần lắp dựng, cũng như khối lượng các công tác phụ trợ khác. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng trí tuệ nhân tạo, cụ thể là mạng nơ-ron nhân tạo (Artificial Neural Network - ANN) để xây dựng mô hình dự báo diện tích gương lò sau khi nổ mìn trong điều kiện đào lò tại khu vực Quảng Ninh, với độ chính xác cao (hệ số xác định R^2 là 0,9689 và sai số bình phương trung bình (MSE) là 0,00607 với tập dữ liệu thử nghiệm. Đối với tập dữ liệu huấn luyện, $R^2 = 0,9837$ và $MSE = 0,01194$). Một số thông số đầu vào để xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo này đã được phân tích, lựa chọn để mô hình có thể đạt được độ chính xác cao như mong muốn. Dựa trên kết quả của mô hình, có thể tiến hành điều chỉnh các thông số đầu vào để nâng cao hiệu quả của việc dự báo, tính toán diện tích gương lò khu vực Quảng Ninh sau khi nổ, đẩy cao hiệu quả của việc khai thác, thi công các đường lò bằng phương pháp khoan - nổ mìn.

Từ khóa: nổ mìn; trí tuệ nhân tạo; mô hình; diện tích gương lò sau khi nổ mìn; dự báo

1. Tổng quan

Sự phát triển nhanh của kinh tế, chính trị và đời sống xã hội ở Việt Nam đặt ra yêu cầu bảo đảm nguồn cung điện năng quy mô lớn và ổn định. Trong các nguồn năng lượng điện hiện nay, nhiệt điện than đóng vai trò quan trọng và chiếm tỷ trọng đáng kể trong cơ cấu năng lượng. Dự kiến đến năm 2025, khoảng 48,5% sản lượng điện của Việt Nam sẽ được cung cấp từ nhiệt điện than. Nhằm bảo đảm duy trì và phát triển nguồn điện than, hoạt động khai thác than đang được Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam đẩy mạnh. Tuy nhiên, do trữ lượng than khai thác theo phương thức lộ thiên ngày càng suy giảm, việc phát triển hệ thống khai thác hầm lò trở nên ngày càng cần thiết và được quan tâm nghiên cứu, mở rộng. Thực tế cho thấy, trong các phương pháp đào lò hiện nay, khoan - nổ mìn là phương pháp được sử dụng phổ biến tại Việt Nam do có chi phí tương đối thấp, đã được áp dụng trong thời gian dài nên tích lũy được nhiều kinh nghiệm thực tiễn, đồng thời có tính linh hoạt cao trong nhiều điều kiện địa chất - kỹ thuật khác nhau. Một trong những chỉ tiêu quan trọng để đánh giá hiệu quả của quá trình đào lò bằng phương pháp khoan - nổ mìn là diện tích gương lò sau khi nổ mìn. Thông số này có ảnh hưởng trực tiếp đến hầu hết các khối lượng và đặc điểm công việc trong một chu kỳ khoan - nổ mìn, bao gồm công tác xúc bốc, khối lượng kết cấu chống giữ và các công tác phụ trợ khác.

Tuy nhiên, việc tính toán, dự báo và trên cơ sở đó điều chỉnh các thông số trong hộ chiếu khoan - nổ mìn nhằm đảm bảo diện tích gương lò sau khi nổ mìn đạt giá trị gần với thiết kế vẫn là một công việc rất khó khăn. Nguyên nhân xuất phát từ nhiều yếu tố khách quan và chủ quan, bao gồm điều kiện địa chất tại khu vực thi công, diện tích gương lò theo thiết kế, chủng loại cũng như đặc tính của thuốc nổ và các thiết bị, phương tiện sử dụng trong quá trình đào lò. Hiện nay, diện tích gương lò sau khi nổ mìn có thể sai lệch so với giá trị thiết kế trong khoảng từ 5% đến 25%, tùy thuộc vào các điều kiện nêu trên. Mặc dù có vai

*Tác giả liên hệ

Email: nguyenchithanh@humg.edu.vn

trò quan trọng, nhưng đến nay diện tích gương lò sau khi nổ mìn vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ và chưa có các công thức tính toán chi tiết, mang tính hệ thống. Trong bối cảnh đó, một trong những hướng nghiên cứu quan trọng đang được quan tâm và ứng dụng hiệu quả hiện nay là sử dụng trí tuệ nhân tạo để mô hình hóa và dự báo trước diện tích gương hầm, nhằm hỗ trợ tối ưu hóa thiết kế và tổ chức thi công khoan - nổ mìn. Trên thế giới, có thể kể đến các nghiên cứu của Armaghani và cộng sự (2014; 2017), Chi T. N. và cộng sự (2022), Dey, K. và cộng sự (2009) thông qua việc xác định các hệ số đào thừa tiết diện hoặc hệ số đào hụt tiết diện. Tại Việt Nam, một số nhà khoa học cũng đã có những nghiên cứu và công bố về việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo để dự báo, tính toán diện tích gương lò sau khi nổ mìn, tiêu biểu như Nguyễn Chí Thành và cộng sự (2022; 2023), Đỗ Hoàng Hiệp và cộng sự (2026)... Nhìn chung, các kết quả nghiên cứu theo hướng này đều đạt được kết quả khả quan với độ chính xác cao, đồng thời có khả năng xem xét nhiều yếu tố chủ đạo ảnh hưởng đến giá trị diện tích gương lò sau khi nổ mìn. Tuy nhiên, vẫn còn một số tồn tại cần được tiếp tục nghiên cứu và hoàn thiện, bao gồm: (i) cần mở rộng phạm vi và quy mô của các bộ dữ liệu phục vụ xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo; (ii) cần thử nghiệm và so sánh các thuật toán xây dựng mô hình khác nhau trong dự báo diện tích gương lò sau nổ mìn nhằm lựa chọn thuật toán có hiệu quả tốt nhất; (iii) cần phân tích rõ mức độ ảnh hưởng của các tham số đầu vào đối với biến đầu ra của mô hình, cụ thể là diện tích gương lò sau khi nổ mìn.

Nghiên cứu này đã tiến hành thu thập và phân tích các dữ liệu thực tế trong quá trình đào lò hầm lò tại khu vực Quảng Ninh. Trên cơ sở đó, nghiên cứu ứng dụng thuật toán mạng nơ-ron nhân tạo (Artificial Neural Network - ANN) để xây dựng thành công mô hình trí tuệ nhân tạo có khả năng dự báo diện tích gương lò sau khi nổ mìn tại một đường lò điển hình trong khu vực nghiên cứu. Thông qua việc so sánh kết quả dự báo của mô hình ANN với số liệu thực tế thu được trong quá trình thi công, nghiên cứu đã khẳng định tính khả thi và độ tin cậy của mô hình trong việc dự báo diện tích gương lò sau khi nổ mìn trong phương pháp đào lò bằng khoan - nổ mìn. Từ các kết quả đạt được, nghiên cứu cho thấy tiềm năng ứng dụng của mô hình trí tuệ nhân tạo trong việc hỗ trợ nâng cao hiệu quả thi công đào lò hầm lò tại khu vực Quảng Ninh, góp phần tối ưu quá trình tổ chức và điều hành sản xuất trong khai thác than.

2. Một số yếu tố ảnh hưởng đến diện tích gương lò sau khi nổ mìn

Có nhiều yếu tố liên quan đến khối đất đá (đối tượng của công tác khoan - nổ mìn) có ảnh hưởng trực tiếp đến diện tích gương lò sau khi nổ mìn. Việc phân tích và đánh giá đầy đủ các yếu tố này cho phép điều chỉnh hợp lý các thông số khoan - nổ mìn, qua đó nâng cao hiệu quả nổ và đạt được giá trị diện tích gương lò sau nổ phù hợp với yêu cầu thiết kế. Các yếu tố ảnh hưởng rất đa dạng, song có thể phân loại thành ba nhóm chính như sau: thành phần vật chất; cấu trúc địa chất; các tính chất công nghệ.

2.1. Ảnh hưởng của yếu tố thành phần vật chất

Nhìn chung, kích thước hạt khoáng vật, thành phần khoáng vật và cấu trúc đá là những yếu tố có ảnh hưởng đến diện tích gương lò sau khi nổ mìn. Tuy nhiên, theo các kết quả nghiên cứu gần đây, kích thước hạt khoáng vật chỉ đóng vai trò thứ yếu đối với diện tích gương lò cũng như hiệu quả nổ mìn. Ngược lại, thành phần khoáng vật có ý nghĩa đáng kể hơn. Các khoáng vật có tính tách chế tốt sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình phá vỡ đá. Trong khi đó, khoáng vật càng cứng và càng dai thì càng khó phá vỡ, đòi hỏi năng lượng nổ lớn hơn. Bên cạnh đó, mức độ đan xen giữa các khoáng vật càng cao thì mức độ khó phá nổ càng lớn, do yêu cầu năng lượng phá hủy tăng lên. Chẳng hạn, đá dăm kết thường có mức độ đan xen khoáng vật cao hơn so với đá cuội kết, vì vậy cũng khó phá vỡ hơn.

Trong các mỏ than, đá trầm tích thường chứa các chất gắn kết khác nhau như hydroxyt sắt, thạch cao, canxit, thạch anh... Các thành phần này ảnh hưởng đáng kể đến khả năng phá nổ của khối đá. Thông thường, độ bền nén của đá trầm tích phụ thuộc nhiều vào chất gắn kết: chất gắn kết càng bền thì độ bền đá càng cao, từ đó làm thay đổi đáng kể hiệu quả phá vỡ bằng nổ mìn. Do đó, không phải trong mọi trường hợp sét kết đều có độ bền thấp hơn cát kết. Đây là một đặc điểm cần được đặc biệt lưu ý trong điều kiện địa chất tại các mỏ than.

2.2. Ảnh hưởng của cấu trúc khối đất đá xung quanh đường lò

Các yếu tố cấu trúc trong khối đất/đá xung quanh đường lò được hình thành bởi các mặt phân cách, vốn tạo nên sự gián đoạn trong khối vật liệu. Tùy thuộc vào đặc điểm của các mặt phân cách này, bao gồm thể nằm, kích thước hình học và vật liệu lấp nhét, khối đất/đá sẽ thể hiện những đặc tính ảnh hưởng đa dạng và phức tạp đến quá trình phá hủy bằng nổ mìn. Xét đến hiện tượng lan truyền, phản xạ và khúc xạ của sóng nổ, kết hợp với kinh nghiệm thực tế, có thể thấy rằng thể nằm của các mặt phân cách chính trong khối đất/đá xung quanh đường lò (đặc biệt là các mặt phân cách chủ đạo) cùng với vị trí tương đối của khối thuốc trong lỗ khoan có ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả nổ mìn. Khi các hệ khe nứt phân bố tương đối đều hoặc khối đất/đá gần như không có khe nứt, hình dạng phễu phá hủy ít bị chi phối bởi các mặt phân cách. Ngược lại, trong trường hợp các hệ mặt phân cách phân bố không đồng đều và tồn tại một hệ mặt phân cách chính, kết quả khoan - nổ mìn sẽ phụ thuộc đáng kể vào đặc điểm của hệ này.

Các kết quả thực nghiệm cho thấy ảnh hưởng của các mặt phân cách không chỉ liên quan đến sự lan truyền của sóng nổ mà còn gắn liền với tác động phá hủy của khí nổ và áp lực khí nổ. Khí nổ sinh ra trong quá trình nổ mìn với áp suất lớn có khả năng xâm nhập vào các khe nứt sẵn có hoặc các khe nứt hình thành do tác động của sóng nổ, từ đó gây ra hiệu ứng tách phá khối đất/đá. Do đó, trong trường hợp khối đất/đá ít nứt nẻ hoặc không nứt nẻ, cơ chế phá hủy chủ yếu phụ thuộc vào độ bền của đá và sự hình thành các vết nứt khởi đầu. Khi mức độ nứt nẻ ở mức trung bình, hiệu ứng phá tách bị chi phối mạnh bởi hệ thống khe nứt. Ngược lại, nếu khối đất/đá nứt nẻ mạnh, sự tồn tại của các khe nứt có thể làm giảm hiệu quả nổ do hiện tượng thoát khí nhanh và giảm khả năng tích lũy áp lực trong khối đá.

2.3. Ảnh hưởng của yếu tố tính chất công nghệ

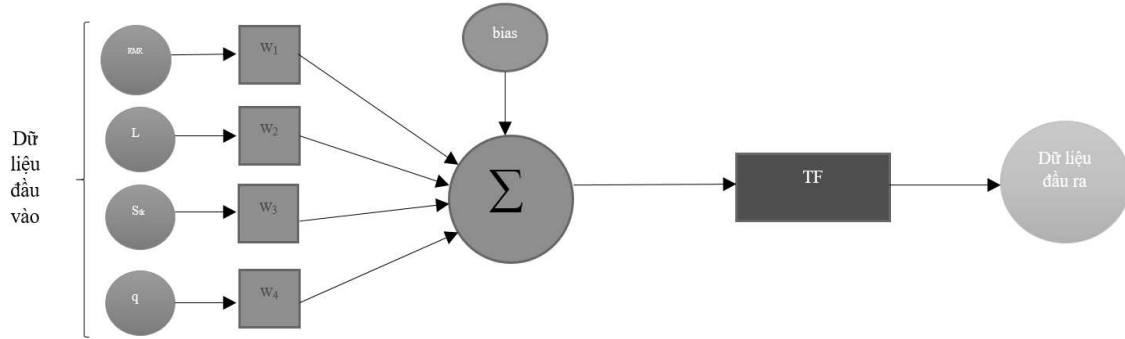
Khi nổ mìn, để phá vỡ đất đá cần tạo ra năng lượng cơ học đủ lớn để vượt qua khả năng chịu tải và độ bền của khối đất đá tại khu vực thi công. Tuy nhiên, đến nay vẫn chưa có kết quả nghiên cứu nào mô tả đầy đủ và chính xác cơ chế phá hủy tổng thể của khối đá bằng phương pháp khoan - nổ mìn. Vì vậy, trong thực tế, việc xác định các thông số hộ chiếu khoan - nổ mìn vẫn chủ yếu dựa trên các công thức và hệ số kinh nghiệm, có xét đến độ bền của đá, đặc điểm khối đá cũng như các “chỉ tiêu công nghệ”. Trong đó, các chỉ tiêu công nghệ nổ mìn như độ nổ hay sức chống phá nổ (đá dễ nổ, khó nổ), khả năng tách phá (dễ tách phá, khó tách phá) mang tính chất định tính. Ngược lại, các chỉ tiêu cơ học như: độ bền nén, độ bền kéo... của đá là các đại lượng định lượng, có thể xác định thông qua thí nghiệm. Tuy nhiên, trong quá trình phá vỡ hoặc tách bóc đất đá nhằm tạo không gian xây dựng đường lò, chỉ riêng các chỉ tiêu cơ học của đá hoặc khối đá chưa phản ánh đầy đủ hiệu quả nổ mìn. Do đó, các nghiên cứu hiện nay đã tiếp cận theo hướng tích hợp nhiều yếu tố, trong đó có các chỉ số chất lượng khối đá như RMR, RQD và phân loại khối đá, nhằm đánh giá toàn diện hơn đặc tính và mức độ phá hủy của khối đất đá khi nổ mìn.

Phá vỡ đất đá bằng phương pháp khoan - nổ mìn là một quá trình phá hủy mang tính động, do đó trước hết cần phân biệt giữa các loại đất đá dẻo và đất đá không dẻo. Trong các đường lò khai thác, một số loại đất đá có biểu hiện dẻo như sét kết. Phần lớn các loại đất đá khác thuộc nhóm không dẻo; trong đó tiếp tục có thể phân biệt thành đất đá giòn và đất đá dai. Trong phá hủy động bằng nổ mìn, các loại đất đá dẻo và dai thường khó phá vỡ hơn so với đất đá giòn. Hiện nay, chưa có một hệ thống quy ước thống nhất về phân loại các nhóm đất đá này. Tuy nhiên, theo kinh nghiệm thực tiễn, có thể sơ bộ phân loại dựa trên tỷ số giữa độ bền nén và độ bền kéo của đất đá. Các biểu hiện phá hủy theo cơ chế giòn, dai (giảm bền) và dẻo cũng được xác định thông qua thí nghiệm với các thiết bị có khả năng điều khiển biến dạng và độ cứng lớn. Đối với đất đá giòn, mặc dù có thể có độ bền cao nhưng công cơ học tại thời điểm phá hủy thường nhỏ do biến dạng tại thời điểm phá hủy rất nhỏ. Ngược lại, đất đá dẻo và dai có thể có độ bền thấp hơn nhưng công cơ học tại thời điểm phá hủy lại lớn do biến dạng đáng kể trước khi phá vỡ. Do đó, để phản ánh đầy đủ đặc tính dai và dẻo của đất đá, có thể xây dựng mối quan hệ giữa công cơ học giới hạn của đất đá với các thông số trong hộ chiếu khoan - nổ mìn, nhằm phục vụ cho việc thiết kế và tối ưu hóa quá trình nổ mìn trong thực tế.

3. Mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo (ANN)

Mạng nơ-ron thần kinh nhân tạo (Artificial Neural Network - ANN) còn được viết là mạng nơ-ron nhân tạo (Nguyễn Chí Thành và nnk., 2022; Gordan, B., 2016) – một mô hình trí tuệ nhân tạo được sử

dụng tương đối phổ biến trên thế giới để giải quyết các bài toán kỹ thuật - chủ yếu là các bài toán kỹ thuật đòi hỏi đưa ra các kết quả là các giá trị dự báo. Mạng nơ-ron thần kinh nhân tạo có cơ chế xử lý thông tin và đưa ra kết quả gồm: mạng nơ-ron có thông tin đầu vào (Input data) và thông tin đầu ra (Output data). Mô hình mạng nơ-ron thần kinh nhân tạo được tạo thành từ một số lượng lớn các nơ-ron trong các lớp ẩn, các nơ-ron này làm việc và kết nối với nhau thông qua các trọng số liên kết. Các nơ-ron trong mô hình làm việc như một thể thống nhất để giải quyết các công việc cụ thể. Cấu trúc của một mạng nơ-ron thần kinh nhân tạo bao gồm các thành phần cơ bản sau: tập các dữ liệu đầu vào của mô hình - Input data; tập các trọng số liên kết liên hệ giữa các nơ-ron với nhau; bộ tổng hay còn gọi là hàm tổng (Summing function); ngưỡng (độ lệch-bias; hàm truyền - Transfer function, hay còn gọi là hàm kích hoạt - Activation function), các tập dữ liệu đầu ra của mô hình - Output data (Hình 1).



Hình 1. Cấu trúc hoạt động của một mạng nơ-ron nhân tạo

Nguồn: Hoang Hiep Do và cộng sự (2026)

Trong nghiên cứu này, thuật toán truyền ngược sai số (Backpropagation - BP) được sử dụng trong mô hình mạng nơ-ron nhân tạo, dựa trên một số kết luận của Chi T. N. và cộng sự (2022). Việc lựa chọn cấu trúc mô hình này xuất phát từ kết quả các thử nghiệm cho thấy BP cho độ chính xác cao, đồng thời tối ưu hơn về thời gian tính toán và mức tiêu thụ tài nguyên phần cứng so với các cấu trúc khác. Trong mạng nơ-ron nhân tạo nói trên, mỗi nơ-ron trong lớp đầu vào sẽ được gán một trọng số tương ứng đối với dữ liệu đầu vào của mạng ANN. Các trọng số này được xác định và hiệu chỉnh thông qua quá trình học của mô hình, dựa trên phương pháp tối ưu hóa sai số theo nguyên lý truyền ngược. Cách xác định trọng số có thể được biểu diễn thông qua phương trình sau (Nguyễn Chí Thành và cộng sự, 2022; Armaghani, D. J. và cộng sự, 2014):

$$X = \sum_{i=1}^n x_i * w_i - \beta \quad (1)$$

Trong đó, X là dữ liệu đầu ra tại lớp ra của mạng nơ-ron thần kinh nhân tạo (ANN) đang xây dựng, x_i là giá trị của đầu vào thứ i của dữ liệu, w_i là trọng số của đầu vào thứ i tương ứng, n là lượng số dữ liệu đầu vào mạng nơ-ron thần kinh (ANN), β là ngưỡng áp dụng cho nơ-ron thần kinh đang xử lý dữ liệu ở trong các lớp của mạng ANN.

Hàm truyền sử dụng trong mô hình là hàm Tansig, với các dữ liệu có giá trị trong khoảng $[-1, 1]$. Để chuẩn hóa các dữ liệu Input data và Output data được đưa vào để xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo ANN, cần sử dụng công thức (2) để đảm bảo sự chính xác của các kết quả dự đoán của mô hình (Gordan, B., và cộng sự, 2016, Nguyễn Chí Thành và cộng sự, 2022):

$$X_n = 2 * \frac{(X - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})} - 1 \quad (2)$$

Trong đó, X_n là giá trị chuẩn hóa của biến, X là giá trị ban đầu tương ứng của biến, $X_{\max}$ là giá trị lớn nhất ban đầu của biến, khi chưa được chuẩn hóa, $X_{\min}$ là giá trị nhỏ nhất lúc đầu của biến chưa chuẩn hóa.

Trên cơ sở giá trị các hệ số xác định R^2 và căn bậc hai sai số bình phương trung bình RMSE của từng loại mô hình với các dữ liệu trong tập dữ liệu có kích thước tương ứng để đào tạo và kiểm tra, tiến hành xác định và lựa chọn cấu trúc tối ưu của các mô hình sử dụng mạng nơ-ron thần kinh nhân tạo ANN. Dựa trên giá trị hệ số xác định R^2 và căn bậc hai của sai số bình phương trung bình RMSE, với mô hình có R^2 lớn và RMSE nhỏ, mô hình tương ứng sẽ có kết quả dự báo, tính toán chính xác cao.

Căn bậc hai của sai số bình phương trung bình RMSE được xác định thông qua công thức (Hajihassani M và cộng sự, 2016):

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - y'_i)^2 \quad (3)$$

Hệ số xác định R^2 được xác định:

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (y - \bar{y})(y' - \bar{y}')}{\sum_{i=1}^N (y - \bar{y})^2 \sum_{i=1}^N (y' - \bar{y}')^2} \right]^2 \quad (4)$$

Trong đó, N là số lượng dữ liệu tại lớp đầu vào của mô hình ANN đang được xây dựng; y_i là giá trị đo trong thực tế thứ i tương ứng thu được trong quá trình thi công đường hầm thực tế; y'_i là giá trị dự báo thứ i tương ứng hay cũng là kết quả dự báo của mô hình mạng nơ-ron thần kinh nhân tạo ANN; $\bar{y}$ và $\bar{y}'$ là giá trị trung bình được đo thực tế và giá trị dự đoán trung bình.

4. Cơ sở dữ liệu và mô hình trí tuệ nhân tạo ANN

Căn cứ dữ liệu thu được từ các công tác khoan - nổ mìn đào lò tại các đường lò hầm lò khu vực Quảng Ninh, nghiên cứu đã tiến hành xây dựng một bộ dữ liệu với 155 điểm dữ liệu, bao gồm các giá trị của bốn tham số đầu vào của mô hình trí tuệ nhân tạo có khả năng dự báo diện tích gương lò sau khi nổ mìn: chỉ số khối đá (RMR), diện tích mặt cắt hầm thiết kế (Stk), chiều dài lỗ khoan trung bình (L) và chỉ tiêu thuốc nổ đơn vị (q). Dữ liệu đầu ra là diện tích gương lò thực tế sau khi nổ mìn (S). Trong số bốn tham số đầu vào, diện tích mặt cắt hầm thiết kế (Stk), chiều dài lỗ khoan trung bình (L) và chỉ tiêu thuốc nổ đơn vị (q) được coi là các tham số có thể kiểm soát được trong quá trình khoan - nổ mìn đào lò, trong khi chỉ số khối đá (RMR) được xếp loại là tham số không thể kiểm soát được vì nó đại diện, đặc trưng cho tính chất địa kỹ thuật của vùng đất, đá trên gương lò đang đào. Giá trị giới hạn và giá trị trung bình của tất cả các tham số được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Đặc tính của các biến đầu vào và biến đầu ra trong mô hình ANN xác định diện tích gương lò sau khi nổ mìn

Tên các biến	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất
S (diện tích gương lò sau khi nổ mìn, m ²) – Output	10,43	21,65
S _{tk} (diện tích gương lò thiết kế, m ²) – Input	10,9	19,6
q (chỉ tiêu thuốc nổ đơn vị, kg/m ³) – Input	0,66	2,38
L (chiều dài trung bình lỗ khoan trên gương lò, m) – Input	0,7	1,6
RMR (chỉ số khối đá trên gương lò đang đào) – Input	21	68

Từ các giá trị trong bộ dữ liệu với các đặc điểm trong Bảng 1, nhóm tác giả đã tiến hành nghiên cứu và xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng mạng nơ-ron thần kinh nhân tạo (ANN) có khả năng dự báo, tính toán diện tích của gương lò sau khi nổ mìn trong quá trình đào lò. Một thực tế có thể nhận thấy trong các nghiên cứu đã được công bố, cấu trúc của mạng nơ-ron nhân tạo đóng vai trò rất quan trọng đối với độ chính xác của mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng mạng nơ-ron thần kinh nhân tạo. Cấu trúc của mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) được xác định bởi số lượng lớp nơ-ron nhân tạo, số lượng nơ-ron nhân tạo trong

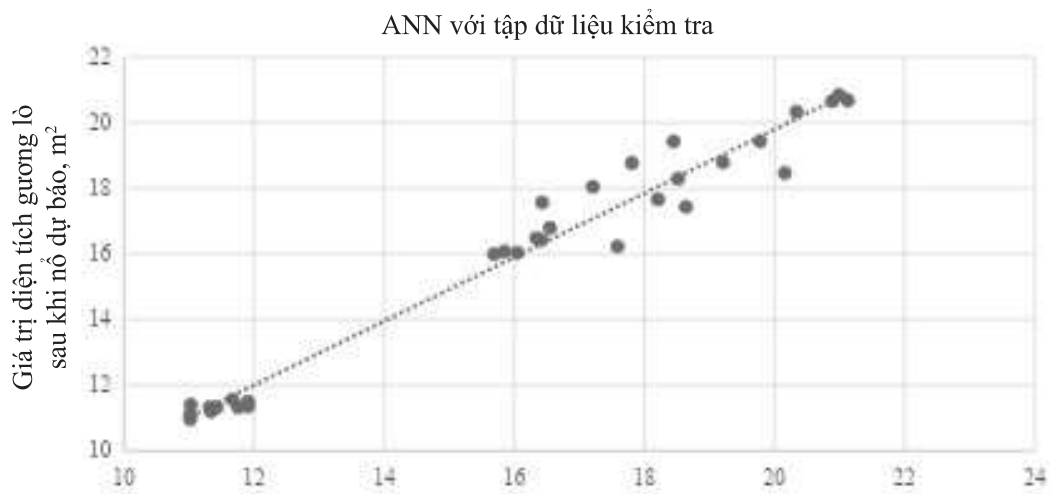
các lớp ẩn, số lượng biến đầu vào và các hàm xử lý được sử dụng. Cấu trúc tối ưu của ANN được xác định thông qua việc xây dựng và so sánh kết quả của các mô hình với các cấu trúc khác nhau trên cùng một tập dữ liệu. Trong nghiên cứu này, 5 biến dữ liệu đầu vào đã được lựa chọn: chỉ số khối đá (RMR), diện tích mặt cắt hầm thiết kế (S_k), chiều dài lỗ khoan trung bình (L) và chỉ tiêu thuốc nổ đơn vị (q). Theo dẫn chứng của các nghiên cứu đã được công bố trên thế giới (Nguyễn Chí Thành và cộng sự, 2023; Đỗ Hoàng Hiệp và cộng sự, 2025), các biến này có tác động rất lớn đến giá trị của biến đầu ra trong mô hình ANN đang được nghiên cứu và xây dựng là diện tích gương lò thực tế sau khi nổ mìn (S). Do mô hình ANN có số lượng biến đầu vào hạn chế cùng với độ lớn của tập dữ liệu giới hạn bởi 155 điểm dữ liệu, do đó, trong nghiên cứu này sử dụng một lớp ẩn. Hàm truyền của lớp ẩn được lựa chọn là TANSIG, với các dữ liệu đầu vào được chuẩn hóa theo công thức (2).

Tập dữ liệu sử dụng để xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo ANN với khả năng dự báo, tính toán diện tích gương lò sau khi nổ mìn tại khu vực Quảng Ninh bao gồm 155 điểm dữ liệu được chia thành 5 tập dữ liệu có kích thước bằng nhau, dữ liệu được xáo trộn tự nhiên, với bốn tập dữ liệu được sử dụng để huấn luyện, đào tạo cho mô hình và một tập dữ liệu còn lại được sử dụng để kiểm tra độ chính xác của mô hình này. Nghiên cứu sử dụng thuật toán kiểm định chéo K-fold để xác định số lượng nơ-ron tối ưu trong các lớp ẩn. Số lượng nơ-ron trong lớp ẩn được giới hạn ở mức tối đa là “ $2*N+1$ ”, với N là số lượng biến đầu vào. Trên nguyên tắc này, nghiên cứu đã xây dựng và đánh giá độ chính xác của các mô hình ANN với số lượng nơ-ron từ 2 đến 9 trong lớp ẩn. Cuối cùng, nghiên cứu đưa ra thông số cấu trúc tối ưu của mô hình ANN dựa trên các kết quả đánh giá, gồm 4 nơ-ron (kiến trúc $4 \times 4 \times 1$) trong lớp ẩn. Với cấu trúc này, mô hình ANN cho kết quả dự báo tốt nhất về giá trị diện tích gương lò sau khi nổ mìn. Điều này được thể hiện thông qua giá trị R^2 - là hệ số xác định của mô hình đạt trị số cao nhất và MSE thấp nhất, so với các mô hình ANN với các cấu trúc khác được thử nghiệm.

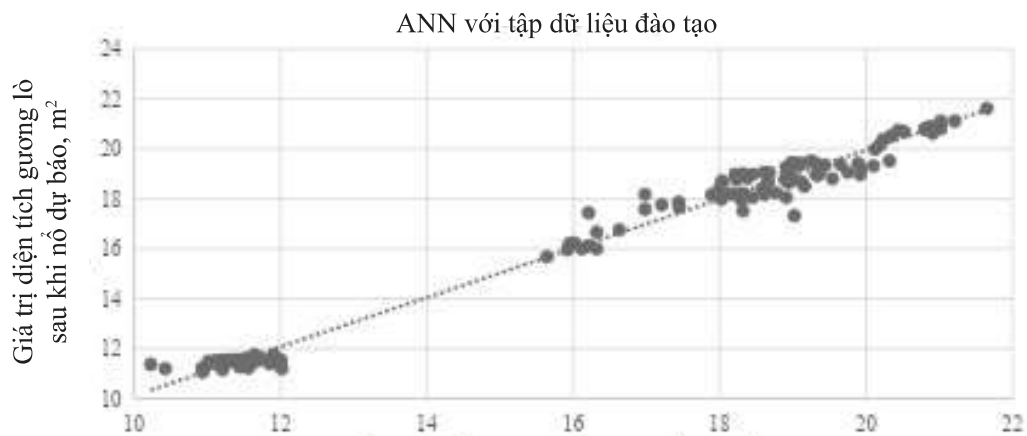
5. Kết quả dự báo của mô hình ANN và thảo luận

Dựa trên các giá trị của tập dữ liệu thu thập được trong quá trình đào lò bằng phương pháp khoan - nổ mìn tại các đường lò khu vực Quảng Ninh, mô hình ANN với cấu trúc tối ưu đã được xác định ở phần trên (cấu trúc $4 \times 4 \times 1$), với bốn biến đầu vào gồm: chiều sâu lỗ khoan trung bình trên gương lò (L), diện tích gương lò thiết kế (S_k), chỉ tiêu thuốc nổ đơn vị (q) và chỉ số khối đá RMR.

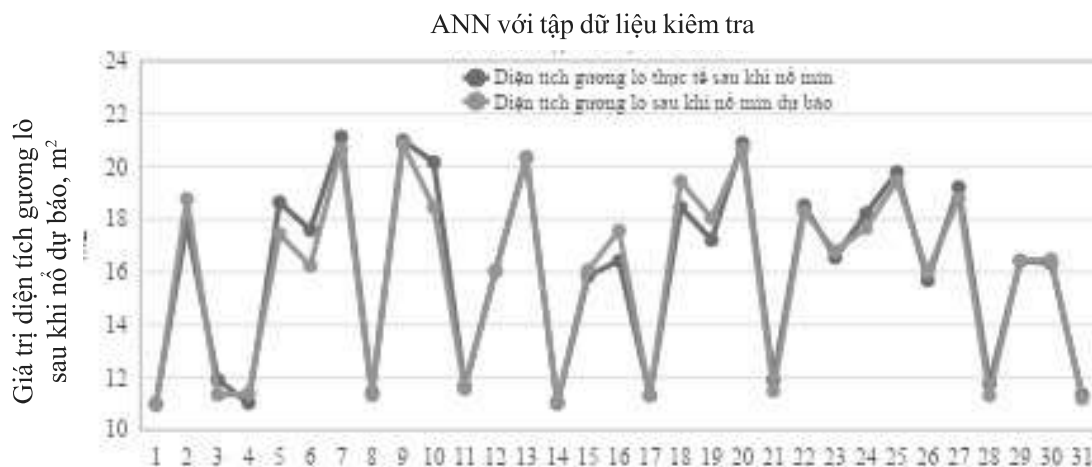
Từ mô hình này, các kết quả dự báo diện tích gương lò sau khi nổ mìn được trình bày trong Hình 2, 3, 4 và 5. Mối tương quan giữa giá trị diện tích gương lò thực tế và giá trị diện tích gương lò dự báo bằng mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) được thể hiện rõ qua các hình này cho thấy mức độ phù hợp và khả năng dự báo của mô hình đã xây dựng.



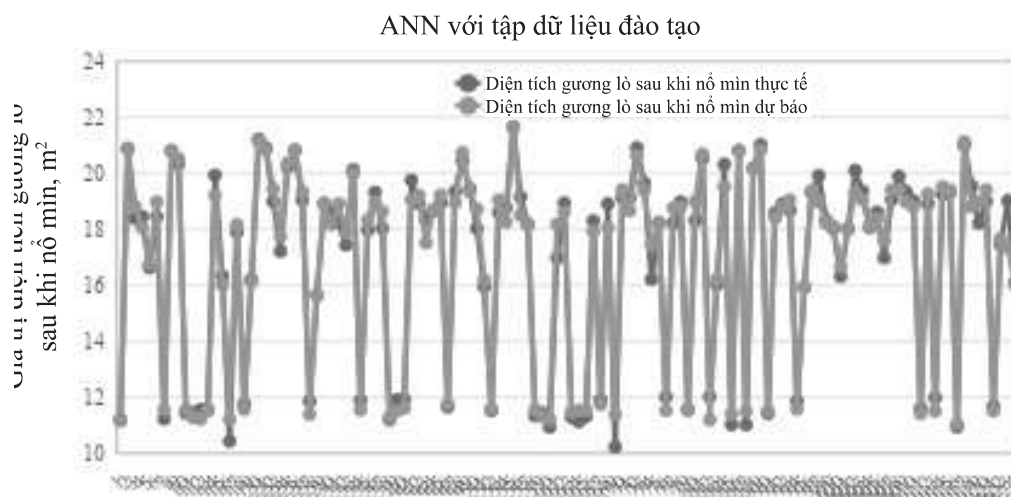
Hình 2. Tương quan giữa diện tích gương lò thiết kế và diện tích gương lò tính toán, dự báo trên tập dữ liệu kiểm tra



Hình 3. Tương quan giữa diện tích gương lò thiết kế và diện tích gương lò tính toán, dự báo trên tập dữ liệu đào tạo

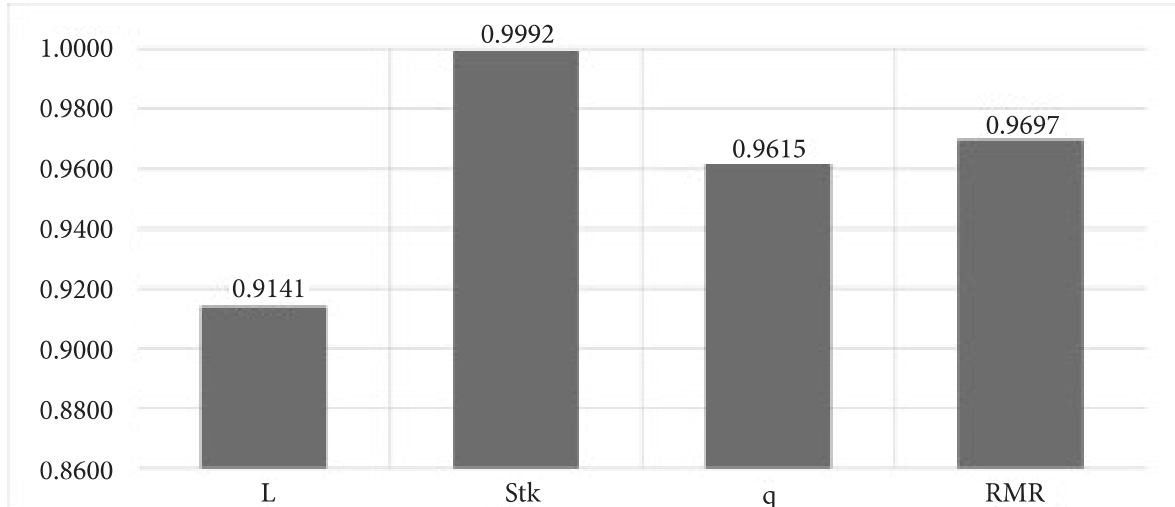


Hình 4. So sánh diện tích gương lò thực tế sau khi nổ với diện tích gương lò dự báo, tính toán bằng ANN sau khi nổ mìn trên tập dữ liệu kiểm tra



Hình 5. So sánh diện tích gương lò thực tế sau khi nổ với diện tích gương lò dự báo, tính toán bằng ANN sau khi nổ mìn trên tập dữ liệu đào tạo

Các tác giả đã tiến hành nghiên cứu và đánh giá tác động của các biến đầu vào (chiều sâu lỗ khoan trung bình trên gương lò L , diện tích gương lò khi thiết kế S_{tk} , chỉ tiêu thuốc nổ đơn vị q và chỉ số khối đá trên gương lò RMR) với biến đầu ra (diện tích gương lò sau khi nổ mìn S). Sử dụng phương pháp của Yang và cộng sự (2009), trên cơ sở các giá trị của các biến đầu vào và đầu ra trong tập dữ liệu thu thập được, nghiên cứu thu được biểu đồ ảnh hưởng của các biến đầu vào tới giá trị của biến đầu ra (Hình 6). Trên biểu đồ này, hệ số ảnh hưởng của từng biến đầu vào trong mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng mạng nơ-ron thần kinh nhân tạo tác động tới giá trị của biến đầu ra của mô hình (diện tích gương lò sau khi nổ mìn S) đã được thiết lập. Cần lưu ý, hệ số ảnh hưởng này có giá trị dương và nằm trong khoảng từ 0 đến 1. Giá trị của hệ số ảnh hưởng càng lớn và tiến gần đến giá trị 1 thì ảnh hưởng của biến đầu vào đang xét tới giá trị của biến đầu ra trong mô hình ANN càng lớn và ngược lại.



Hình 6. Biểu đồ tương quan giữa các biến đầu vào và biến đầu ra trong mô hình ANN đã được xây dựng để dự báo, tính toán giá trị diện tích gương lò sau khi nổ mìn

6. Kết luận

Trong nghiên cứu này, một tập dữ liệu thực tế gồm 155 dữ liệu đã được thu thập trong quá trình đào lò sử dụng phương pháp khoan - nổ mìn tại các đường lò thuộc khu vực Quảng Ninh. Trên cơ sở các giá trị của tập dữ liệu, nghiên cứu tiến hành sử dụng mạng nơ-ron thần kinh nhân tạo ANN để xây dựng thành công một mô hình trí tuệ nhân tạo có khả năng dự báo, tính toán giá trị diện tích gương lò sau khi nổ với độ chính xác cao. Bằng việc chia bộ dữ liệu đã thu thập được thành 5 phần, với 80% bộ dữ liệu thu thập được đã sử dụng để huấn luyện, đào tạo cho mô hình ANN và 20% bộ dữ liệu còn lại được sử dụng để kiểm tra độ chính xác của mô hình ANN có khả năng dự báo, tính toán diện tích gương lò sau khi nổ mìn. Tiến hành phân tích, so sánh các kết quả thu được từ mô hình mạng nơ-ron thần kinh nhân tạo ANN, nghiên cứu rút ra một số kết luận sau đây:

- Mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) với cấu trúc tối ưu gồm: 1 lớp đầu vào với 4 biến đầu vào, gồm chiều sâu lỗ khoan trung bình trên gương lò L , diện tích gương lò khi thiết kế S_{tk} , chỉ tiêu thuốc nổ đơn vị q và chỉ số khối đá trên gương lò RMR; 1 lớp ẩn với 4 nơ-ron thần kinh; 1 lớp đầu ra với biến đầu ra là diện tích gương lò sau khi nổ mìn S . Hàm truyền sử dụng trong mô hình ANN tối ưu là hàm TANSIG.

- Mô hình trí tuệ nhân tạo ANN được xây dựng với cấu trúc tối ưu (4x4x1) có khả năng dự báo, tính toán các giá trị diện tích gương lò sau khi nổ mìn với độ chính xác rất cao (hệ số xác định R^2 là 0,9689 và sai số bình phương trung bình MSE là 0,00607 với tập dữ liệu thử nghiệm. Đối với tập dữ liệu huấn luyện, $R^2=0,9837$ và $MSE=0,01194$). Việc mô hình ANN dự báo, tính toán được các giá trị diện tích gương lò sau khi nổ mìn với độ chính xác cao sẽ giúp ích cho các đơn vị thiết kế, thi công đường lò trong việc kiểm soát, điều chỉnh các thông số nổ mìn nhằm mục đích đảm bảo an toàn, ổn định cho các đường lò cũng như đẩy mạnh được tiến độ và chất lượng thi công cho các đường lò sử dụng phương pháp khoan - nổ mìn.

- Bằng việc đánh giá mức độ ảnh hưởng và tác động của các biến đầu vào tới giá trị của diện tích gương lò trong mô hình ANN, có thể nhận thấy, biến đầu vào có ảnh hưởng lớn nhất đến giá trị dự báo, tính toán của diện tích gương lò sau khi nổ mìn là biến diện tích gương lò khi thiết kế, tiếp theo lần lượt là biến RMR, biến chỉ tiêu thuốc nổ đơn vị q và biến chiều dài trung bình lỗ khoan trên gương lò.

- Cần lưu ý rằng, khi áp dụng mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) đã được xây dựng để dự báo diện tích gương lò sau nổ mìn, mô hình chỉ cho kết quả có độ chính xác cao khi các biến đầu vào nằm trong phạm vi giá trị của tập dữ liệu dùng để huấn luyện mô hình (Bảng 1). Khi các giá trị dữ liệu của các biến đầu vào có sự sai lệch với các giá trị giới hạn trong Bảng 1, cần phải hiệu chỉnh và thay đổi cấu trúc của mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) bằng cách sử dụng dữ liệu cụ thể của các đường lò khác nhau.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (Vinacomin) theo mã số tài trợ: KC.01.Đ06-25/21-25.

Tài liệu tham khảo

1. 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.
2. 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.
3. Bastante, F.G., Alejano, L., González-Cao, J. 2012. Predicting the extent of blast-induced damage in rock masses. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* 56, 44 - 53. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2012.07.023>.
4. 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*, 2022, 23(95), 136 - 143.
5. Chi T.N., Nguyen V.N. 2023. Prediction of Tunnel Cross-Sectional Area After Blasting. *Inżynieria Mineralna. Journal of the Polish Mineral Engineering Society*, 2023, 2, 39 - 47.
6. Dey, K., Murthy, V. M. S. R. 2012. Prediction of blast-induced overbreak from uncontrolled burn-cut blasting in tunnels driven through medium rock class. *Tunn. Undergr. Space Technol.* 28, 49 - 56. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2011.09.004>.
7. 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.
8. Hakan, A.K., Konuk, A. 2008. The effect of discontinuity frequency on ground vibrations produced from bench blasting: a case study. *Soil Dyn. Earthq. Eng.* 28, 686 - 694.
9. Hiep Hoang Do, Manh Tung Bui, Chi Thanh Nguyen, Quang Nam Pham and Gospodarikov Alexandr, 2026. Predicting Blast-Induced Area of Tunnel Face in Tunnel Excavations Using Multiple Regression Analysis and Artificial Intelligence. *Buildings*. 16, 915. <https://doi.org/10.3390/buildings16050915>.
10. Monjezi, M, Bahrami, A., Yazdian, A., Sayadi, A.R. 2009. Prediction and controlling of flyrock in blasting operation using artificial neural network. *Arab. J. Geosci.* doi:10.1007/s12517-009-0091-8.

PREDICTING POST-BLAST FACE AREA IN UNDERGROUND MINES USING AI-BASED MODELS: A CASE STUDY FROM QUANG NINH

Do Hoang Hiep^{1,2}, Nguyen Viet Hung³, Bui Manh Tung¹, Nguyen Chi Thanh^{1,*}

¹*Hanoi University of Mining and Geology*

²*35 Company - Dong Bac Corporation Branch*

³*Vinacomin Industry Investment Consulting Joint Stock Company*

ABSTRACT

Drilling and blasting remains a predominant technique in Vietnam's mining and tunnelling industries due to its cost-effectiveness, operational simplicity, and adaptability to diverse geotechnical conditions. A key factor governing the efficiency of this method is the post-blast tunnel face area, which directly influences subsequent operational parameters, including excavation volume, structural support requirements, and auxiliary activities. Despite the availability of experimental and statistical approaches, achieving high-precision estimation of this parameter remains a challenge. This study addresses this gap by applying artificial intelligence (AI) to develop a high-accuracy predictive model for post-blast tunnel face area, specifically tailored to the Quang Ninh mining region. The input parameters were carefully analysed and selected to optimise model performance. The results demonstrate that appropriate tuning of these parameters significantly improves the accuracy of face area prediction, thereby enhancing the overall efficiency of drilling and blasting operations.

Keywords: *drilling and blasting; artificial intelligence; predictive modeling; tunnel face area; Quang Ninh region*