



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 Mở - 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 Mở - 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 Mở - 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 Mở - 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 Mở - 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 Mở - 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 Mỏ - Địa chất ² Nhóm nghiên cứu Địa kỹ thuật, vật liệu và phát triển bền vững, Trường Đại học Mỏ - 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 Mỏ - 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 Mỏ - 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 Mỏ - 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 Mỏ - 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 Mỏ - Địa chất ² Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam	
29	NGHIÊN CỨU NGUYÊN NHÂN GÂY MẤT ỔN ĐỊNH HỆ THỐNG ĐÈ BIỂN TỈNH KIÊN GIANG (TRƯỚC KHI SÁP NHẬP)	304
	Nguyễn Tiến Tài¹, Võ Nhật Luân^{2,*} ¹ Trường Đại học Mỏ - 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 Mỏ - 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 Mỏ - 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/ĐHKTQD

Mã số ISBN: 978-632-615-267-8

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

In xong và nộp lưu chiểu năm 2026.

MÔ HÌNH TRÍ TUỆ NHÂN TẠO DỰ BÁO VẬN TỐC HẠT CỰC ĐẠI PPV TẠI ĐƯỜNG LÒ CHỊU ẢNH HƯỞNG CỦA CÔNG TÁC NỔ Mìn

Nguyễn Chí Thành¹, Phạm Quang Nam², Bùi Mạnh Tùng^{1,*}

¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất

²Trường Đại học Điện lực

TÓM TẮT

Trong quá trình đào lò, ảnh hưởng của công tác nổ mìn tới các đường lò lân cận là rất lớn. Trong nghiên cứu này, một số mô hình sử dụng trí tuệ nhân tạo với tính năng có thể dự báo được vận tốc dịch chuyển lớn nhất tại biên mặt cắt ngang của các đường lò lân cận đường lò đang đào sử dụng phương pháp khoan nổ mìn khu vực Quảng Ninh với độ chính xác cao đã được nghiên cứu, xây dựng. Các giá trị của một số thông số đầu vào để xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo này đã được phân tích, lựa chọn và sử dụng 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 nhằm mục đích nâng cao hiệu quả của việc dự báo, tính toán vận tốc dịch chuyển lớn nhất tại các đường lò lân cận đường lò đang xây dựng và khai thác sử dụng phương pháp khoan nổ mìn khu vực Quảng Ninh, đảm bảo hiệu quả và an toàn của việc khai thác, thi công các đường lò bằng phương pháp khoan nổ mìn tới các đường lò lân cận. Từ đó, điều chỉnh hệ chiếu khoan - nổ mìn hợp lý cho các đường lò khai thác cũng như lựa chọn được các loại kết cấu chống phù hợp cho các đường lò lân cận nhằm mục đích giữ ổn định cho các đường lò này trong quá trình đào các đường lò đang được nghiên cứu.

Từ khóa: mô hình; trí tuệ nhân tạo; vận tốc hạt cực đại (PPV); nổ mìn; dự báo

1. Đặt vấn đề

Phương pháp khoan - nổ mìn là phương pháp được sử dụng rất nhiều cho công tác thi công, xây dựng các đường lò khai thác hầm lò và các công trình ngầm trên thế giới và tại Việt Nam. Phương pháp khoan - nổ mìn được sử dụng phổ biến trong thi công các đường lò khai thác vì giá thành rẻ, không đòi hỏi kỹ thuật phức tạp khi ứng dụng, có khả năng sử dụng với các điều kiện xây dựng và địa chất khác nhau, và phù hợp với nhiều điều kiện địa chất thủy văn, điều kiện địa chất công trình. Tuy có nhiều ưu điểm như đã nêu ở trên, nhưng nếu không được quản lý cẩn thận, việc ứng dụng phương pháp khoan - nổ mìn trong quá trình thi công, xây dựng các đường lò khai thác có thể ảnh hưởng tiêu cực đến các khu vực xung quanh các đường lò được đào, trong đó, có các công trình đường lò lân cận. Những ảnh hưởng này có thể bao gồm: sụt lún đất/đá quá mức, làm hư hại tính chất khối đất/đá xung quanh các đường lò lân cận, gây ra sự mất ổn định của các kết cấu chống giữ cho các đường lò lân cận hoặc gây hư hỏng cho các kết cấu chống giữ này... Những ảnh hưởng này sẽ là các vấn đề tiềm ẩn gây ra rủi ro, sự cố cho các đường lò lân cận đường lò được đào bằng phương pháp khoan - nổ mìn, do đó, cần có các nghiên cứu để giảm thiểu bằng cách sử dụng các kỹ thuật nổ mìn có kiểm soát.

Nhiều nghiên cứu khoa học đã xem xét tác động của việc xây dựng các đường lò khai thác và các công trình ngầm bằng phương pháp khoan và nổ mìn đối với các công trình lân cận (Bastante, F.G và cộng sự, 2012; Trigueros và cộng sự, 2017; Monjezi & Bahrani, 2009; Cheng & Huang, 2000; Hakan & Konuk, 2008). Các nghiên cứu này chủ yếu dự đoán tác động của các công tác khoan và nổ mìn tới sự ổn định của các công trình lân cận dựa trên các thông số gồm: kích thước của các lỗ khoan sử dụng trong quá trình nổ mìn, tỷ trọng của khối đất/đá xung quanh các đường lò đang thi công và lân cận, vận tốc nổ và năng lượng nổ, lượng thuốc nổ sử dụng trong vụ nổ. Theo các tác giả Dey và Murthy (2012), ảnh hưởng gây ra bởi

*Tác giả liên hệ

Email: buimanhtung@humg.edu.vn

quá trình nổ mìn là kết quả tác động của sóng ứng suất được tạo ra bởi vụ nổ, lan truyền trong các khối đất/đá giữa các công trình. Các tác động của sóng nổ được chia thành các phần, gồm: phần năng lượng giải phóng chuyển hóa thành năng lượng sóng, bao gồm sóng nén (S_p), sóng cắt (S_s) và sóng Rayleigh bề mặt (R_s), lan tỏa ra ngoài từ nguồn nổ. Tác động của các sóng xung kích này được định lượng bằng vận tốc hạt cực đại (PPV - Peak Particle Velocity) tại vị trí bị ảnh hưởng đang xét. Khi các năng lượng này tạo ra ứng suất vượt quá một ngưỡng nhất định trong các điểm đang chịu ảnh hưởng, có thể làm thay đổi hoặc làm hư hại các đặc tính của khối đá hoặc cấu trúc kết cấu chống trong khu vực chịu ảnh hưởng của quá trình nổ mìn. Với các ảnh hưởng, tác động của quá trình đào của các đường lò trong mỏ hầm lò tới các khu vực và công trình lân cận được trình bày ở trên, cần thiết phải tiến hành các nghiên cứu để tính toán và dự đoán tác động của các vụ nổ mỏ trong quá trình đào của các đường lò tới các đường lò gần đó. Những tính toán và dự đoán sự ảnh hưởng nói trên sau đó sẽ cho phép kiểm soát tác động của việc nổ mìn trong quá trình xây dựng và khai thác các đường lò hầm lò sử dụng phương pháp khoan - nổ mìn. Nghiên cứu này trình bày việc xây dựng một mô hình trí tuệ nhân tạo có khả năng tính toán và dự đoán vận tốc hạt cực đại của các phần tử trên biên mặt cắt ngang của một đường lò lân cận với một đường lò khác đang được đào sử dụng phương pháp khoan - nổ mìn. Một mô hình mạng nơ-ron nhân tạo (ANN - Artificial Neural Network) đã được xây dựng bằng cách sử dụng tập dữ liệu gồm 75 cơ sở dữ liệu được thu thập trong quá trình đào các đường lò khai thác tại khu vực Cẩm Phả, Quảng Ninh và vận tốc hạt cực đại đo được trên biên của mặt cắt ngang đường lò lân cận. Mô hình ANN thu được có thể tính toán và dự đoán chính xác vận tốc hạt cực đại tại biên mặt cắt ngang của đường lò lân cận gây ra do quá trình nổ mìn trong quá trình đào đường lò đang được nghiên cứu. Kết quả từ mô hình ANN chứng minh rằng trí tuệ nhân tạo có thể được sử dụng hiệu quả để đánh giá tác động của việc nổ mìn đào lò trong đường lò khai thác hầm lò đến các đường lò lân cận, từ đó, giúp tính toán và điều chỉnh để đảm bảo an toàn cho các đường lò lân cận trong quá trình đào đường lò đang được nghiên cứu bằng phương pháp khoan - nổ mìn.

2. Lý thuyết về vận tốc hạt cực đại

Theo một số nghiên cứu đã được công bố (Langefors & Kihlström, 1963; Holmberg & Persson, 1978; Ghosh & Daemen, 1983), vận tốc dao động cực đại được sinh ra bởi ảnh hưởng của các vụ nổ mìn tại các điểm lân cận khu vực nổ mìn là do khi nổ, năng lượng nổ từ trong lỗ mìn đã được giải phóng, tạo ra các loại sóng rung động (Bảng 1). Sóng nổ có thể chia thành hai nhóm là sóng khối và sóng bề mặt. Các loại sóng này, khi lan truyền sẽ giải phóng năng lượng và gây ra hiện tượng dao động của các hạt đất trong môi trường mà sóng lan truyền (chính là các hạt đất trong môi trường giữa vụ nổ và khu vực lân cận chịu ảnh hưởng của vụ nổ mìn). Các loại sóng cơ học này có thể lan truyền qua môi trường như không khí, đất hoặc đá (môi trường rắn). Chúng xảy ra khi một phần của môi trường bị dịch chuyển khỏi vị trí cân bằng của nó. Sự lan truyền ứng suất trong vùng đàn hồi tạo ra sóng đàn hồi, được gọi là sóng địa chấn. Sóng địa chấn thường được phân loại thành hai loại như đã nhắc đến ở phần trên, gồm: sóng khối và sóng bề mặt. Sóng thân truyền năng lượng qua khối đá và đi qua bên trong nó. Sóng dọc và sóng cắt là hai loại sóng thân. Sóng dọc gây ra sự nén hoặc giãn nở theo cùng hướng với hướng lan truyền của sóng. Ngược lại, sóng cắt là sóng ngang truyền theo hướng vuông góc với hướng lan truyền của sóng. Sóng bề mặt lan truyền dọc theo một bề mặt, chẳng hạn như đất hoặc đá. Hai loại sóng bề mặt là sóng Love và sóng Rayleigh. Sóng Love chuyển động giống như sóng ngang và được phân cực theo chiều ngang. Mặt khác, sóng Rayleigh là sóng trong đó các hạt chuyển động theo chuyển động tròn trong mặt phẳng thẳng đứng của sự lan truyền sóng.

Bảng 1. Một số công thức tính toán vận tốc hạt cực đại PPV

Tên công thức	Nội dung của công thức	Thời gian công bố
Langefors – Kihlström	$PPV = k \left(\sqrt{\frac{Q}{D^{3/2}}} \right)^{\beta}$	1963
Ambraseys – Hendron	$PPV = k \left(\frac{D}{Q^{1/3}} \right)^{-\beta}$	1968
Bureau of Indian Standards	$PPV = k \left(\frac{Q}{D^{2/3}} \right)^{\beta}$	1973
Just – Free	$PPV = k \left(\frac{Q}{D^{1/3}} \right)^{\beta} e^{\frac{-\alpha D}{Q^{1/3}}}$	1980
Ghosh – Daemen	$PPV = k \left(\frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^{-\beta} e^{-\alpha D}$	1983

Nguồn: Nguyễn Chí Thành và cộng sự (2025)

Trong đó: PPV là vận tốc hạt cực đại (mm/s), Q là lượng thuốc nổ được sử dụng trong một vụ nổ (kg), D là khoảng cách giữa điểm quan sát và lỗ khoan (m), còn k, β và α là các hằng số vị trí.

Việc dự đoán vận tốc hạt cực đại (PPV - Peak Particle Velocity (mm/s)) gây ra bởi các sóng nổ tại một vị trí nhất định bị ảnh hưởng bởi rất nhiều các yếu tố, gồm: các điều kiện địa chất tại vị trí đang xác định vận tốc hạt cực đại cũng như môi trường đất/đá/không khí giữa vụ nổ và vị trí đang xác định vận tốc hạt cực đại; tính chất của vụ nổ (lượng thuốc nổ sử dụng trong vụ nổ, các đặc tính của thuốc nổ); độ lớn khoảng cách giữa vụ nổ (tâm nổ) và điểm đang xét vận tốc hạt cực đại gây ra bởi ảnh hưởng của vụ nổ... Do đó, các mô hình tính toán, dự đoán có thể không chính xác đối với các vị trí khác nhau.

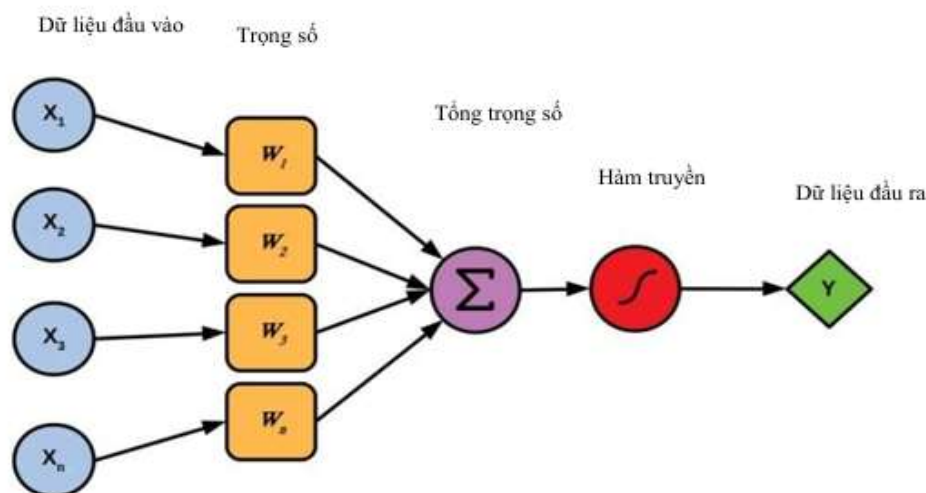
Có thể nhận thấy từ nội dung của Bảng 1, hai yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến việc giảm rung động mặt đất là trọng lượng của khối thuốc nổ và khoảng cách từ vụ nổ đến vị trí cần xác định vận tốc hạt cực đại PPV. Thông thường, vận tốc hạt tại vị trí đang nghiên cứu chịu ảnh hưởng của vụ nổ tăng lên khi trọng lượng khối thuốc nổ tăng và khoảng cách từ khối thuốc nổ giảm. Hơn nữa, các đặc tính vật lý của môi trường đá/đất mà sóng nổ truyền qua giữa vụ nổ và vị trí chịu ảnh hưởng đang tính PPV cũng ảnh hưởng đáng kể đến giá trị vận tốc hạt cực đại (PPV).

3. Mô hình trí tuệ nhân tạo mạng nơ-ron nhân tạo (Artificial Neural Networks - ANN)

Hiện nay, cùng với sự phát triển mạnh mẽ về kinh tế và kỹ thuật, việc ứng dụng các biện pháp khoa học kỹ thuật mới, tiên tiến vào lĩnh vực khai thác mỏ và xây dựng các công trình ngầm đã và đang là một yêu cầu cấp bách cần được thực hiện để có thể nâng cao được hiệu quả trong khai thác các loại khoáng sản và xây dựng các công trình ngầm. Là một bộ phận quan trọng trong nội dung của cuộc cách mạng 4.0, trí tuệ nhân tạo đã và đang ngày một chứng tỏ sự quan trọng của mình trong việc thúc đẩy sự hiệu quả và chất lượng của các lĩnh vực mà nó tham gia. Trong lĩnh vực khai thác khoáng sản và xây dựng các công trình ngầm ở Việt Nam hiện nay, trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence - AI) đang từng bước được nghiên cứu và ứng dụng để từ đó, có thể công nghiệp hóa - hiện đại hóa các bước trong khai thác khoáng sản, đẩy cao được sản lượng và chất lượng của việc khai thác.

Mạng nơ-ron nhân tạo (Artificial Neural Network - ANN), hay còn gọi là mạng nơ-ron (neural network), là một mô hình xử lý thông tin mô phỏng cách thức hoạt động của các hệ nơ-ron sinh học trong bộ não con người (Simpson P. K., 1990). Mạng nơ-ron nhân tạo được cấu thành từ một số lượng lớn các

phần tử xử lý (processing elements, hay còn gọi là nơ-ron nhân tạo). Các phần tử này được kết nối với nhau thông qua các liên kết có trọng số (connection weights) và cùng phối hợp hoạt động như một thể thống nhất nhằm giải quyết một bài toán hoặc nhiệm vụ cụ thể. Mỗi một nơ-ron nhân tạo là một đơn vị xử lý thông tin và là thành phần cơ bản của một mạng nơ-ron nhân tạo. Cấu trúc của một nơ-ron được mô tả trong hình 1 ở dưới đây. Có thể nhận thấy, theo cấu trúc của nơ-ron này, sự làm việc phối hợp giữa các nơ-ron trong các lớp ẩn với các nơ-ron xử lý tín hiệu đầu vào (Input) và các nơ-ron xử lý tín hiệu đầu ra (Output) đã được mô tả. Các thành phần cơ bản của một nơ-ron nhân tạo trong mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) bao gồm (Hình 1):



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

Nguồn: Nguyễn Chí Thành và cộng sự (2025)

+ Tập các tín hiệu đầu vào: Đây là các tín hiệu vào (input signals) của nơ-ron nhân tạo, các tín hiệu này thường được đưa vào dưới dạng một vector có m chiều;

+ Tập các liên kết: Mỗi một liên kết được thể hiện bởi một trọng số (gọi là trọng số liên kết – Synaptic weight). Trọng số có tác dụng là tạo ra liên kết giữa tín hiệu vào thứ j với nơ-ron k thường được ký hiệu là w_{jk} . Các trọng số này được khởi tạo một cách ngẫu nhiên ở thời điểm khởi tạo mạng và được cập nhật liên tục trong quá trình đào tạo cho mạng.

+ Bộ tổng (Summing function): Bộ tổng này thường dùng để tính tổng của tích các đầu vào với trọng số liên kết tương ứng.

+ Ngưỡng (độ lệch - bias): Ngưỡng này được định nghĩa là một thành phần của hàm truyền.

+ Hàm truyền (Transfer function) – còn gọi là Hàm kích hoạt (Activation function): Hàm này được dùng để giới hạn phạm vi đầu ra của mỗi nơ-ron. Hàm truyền sẽ nhận đầu vào là kết quả của hàm tổng và ngưỡng đã cho. Trong nhiều trường hợp, đầu ra của mỗi nơ-ron thần kinh nhân tạo được giới hạn trong đoạn $[0,1]$ hoặc $[-1,1]$. Các hàm truyền rất đa dạng và có thể là các hàm có dạng tuyến tính hoặc hàm có dạng phi tuyến. Loại hàm truyền nào được sử dụng là tùy thuộc vào từng yêu cầu của bài toán và kinh nghiệm của người tạo ra mạng. Cần chú ý rằng, việc sử dụng các hàm truyền tương ứng sẽ làm cho dữ liệu đầu vào và đầu ra trong mô hình được xây dựng phải biến đổi theo.

4. Dữ liệu và mô hình trí tuệ nhân tạo có khả năng dự báo vận tốc hạt cực đại PPV

Bằng các phương pháp đo thực nghiệm được tiến hành trong nhiều đường lò lân cận với các đường lò được đào bằng phương pháp khoan - nổ mìn tại khu vực Cẩm Phả, Quảng Ninh, một bộ dữ liệu gồm 75 bộ dữ liệu bao gồm: vận tốc hạt cực đại tại biên của mặt cắt ngang đường lò chịu ảnh hưởng của nổ mìn tại đường lò lân cận đang đào bằng phương pháp khoan - nổ mìn PPV (mm/s); tổng trọng lượng thuốc nổ sử dụng trong vụ nổ tương ứng Q (kg); khoảng cách từ điểm đang xét PPV tới vụ nổ R (m); chỉ số RQD

của khối đất/đá giữa vụ nổ và điểm đang tính PPV; dung trọng của đất/đá giữa vụ nổ và điểm đang tính vận tốc hạt chịu ảnh hưởng của vụ nổ γ (kN/m³) đã được thu thập, đo đạc (Nguyen Chi Thanh và cộng sự, 2025). Bộ dữ liệu này sẽ được sử dụng để xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo ứng dụng mạng nơ-ron nhân tạo (ANN), có khả năng dự báo và tính toán được vận tốc hạt cực đại của điểm trên biên của mặt cắt ngang đường lò dưới ảnh hưởng của vụ nổ tại đường lò lân cận đang đào với độ chính xác cao.

Dựa trên bộ dữ liệu với các đặc điểm trong Bảng 2, tiến hành xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) có khả năng dự báo, tính toán vận tốc hạt cực đại PPV tại điểm trên biên của đường lò lân cận chịu ảnh hưởng của công tác nổ mìn khi đào đường lò.

Bảng 2. Đặc tính của các biến đầu vào và biến đầu ra trong mô hình ANN xác định PPV

Tên các biến	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất
PPV (Vận tốc hạt cực đại, mm/s) – Output	1,89	70,59
Q (Trọng lượng thuốc nổ sử dụng trong vụ nổ, kg) – Input	0,37	33,9
R (Khoảng cách từ vụ nổ đến điểm đang tính PPV, m) – Input	15	97,5
Gamma γ (Dung trọng của đất/đá giữa vụ nổ và điểm xác định, kN/m ³) – Input	13	27
RQD (Tính chất cơ lý của vùng đất/đá giữa vụ nổ và điểm xác định PPV) – Input	4	90

Trong các nghiên cứu đã được công bố, việc xác định cấu trúc của mạng nơ-ron nhân tạo là rất quan trọng đối với hiệu suất ứng dụng của mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo. Một mạng nơ-ron nhân tạo với cấu trúc hợp lý sẽ cho phép mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo đó đạt được kết quả dự báo chính xác nhất với các tập dữ liệu được sử dụng để xây dựng nên mô hình. Cấu trúc của mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) thường 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. Trong nghiên cứu này, bốn biến dữ liệu đầu vào đã được lựa chọn: dung trọng (γ) của đất/đá giữa vụ nổ và vị trí điểm biên trên mặt cắt ngang của đường lò lân cận chịu ảnh hưởng của vụ nổ tại đường lò đang thi công; chỉ số khối đá (RQD) của vùng đất/đá giữa vụ nổ và vị trí điểm biên trên mặt cắt ngang của đường lò lân cận chịu ảnh hưởng của vụ nổ tại đường lò đang đào; khoảng cách (R) giữa vụ nổ và vị trí điểm biên trên mặt cắt ngang của đường lò lân cận chịu ảnh hưởng của vụ nổ tại đường lò đang đào; tổng lượng thuốc nổ được sử dụng trong một vụ nổ (Q) đang xét ảnh hưởng. Bốn biến này ảnh hưởng đáng kể đến biến đầu ra: vận tốc hạt cực đại trên ranh giới của mặt cắt ngang đường lò liền kề, bị ảnh hưởng bởi hoạt động nổ mìn trong quá trình xây dựng đường lò đang đào bằng phương pháp khoan - nổ mìn. Do mô hình ANN có số lượng biến đầu vào hạn chế, nên trong nghiên cứu này, chỉ sử dụng một lớp ẩn, với hàm truyền là TANSIG. Để đảm bảo độ chính xác của kết quả mô hình ANN, dữ liệu đầu vào và đầu ra được chuẩn hóa trong phạm vi [-1,1] bằng cách sử dụng một công thức cụ thể (Simpson P. K., 1991):

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

Trong đó: X và X_n lần lượt biểu thị giá trị đo được và giá trị chuẩn hóa. X_{min} là giá trị biến số đo được nhỏ nhất và X_{max} là giá trị biến số đo được lớn nhất.

Mô hình trí tuệ nhân tạo có khả năng dự báo, tính toán vận tốc hạt cực đại trên biên của mặt cắt ngang đường lò lân cận với đường lò đang đào sử dụng phương pháp khoan - nổ mìn áp dụng mạng nơ-ron với các trường hợp: một lớp ẩn và hai lớp ẩn, tập dữ liệu thu thập từ dự án đào tại các đường lò hầm lò tại khu vực Cẩm Phả, Quảng Ninh bao gồm 75 điểm dữ liệu được chia thành 5 tập dữ liệu có kích thước bằng nhau, dữ liệu được xáo trộn tự nhiên, trong đó, bốn tập dữ liệu được sử dụng để huấn luyện và một tập dữ liệu được sử dụng để kiểm tra. Nghiên cứu này đã 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 “ $2*N+1$ ”, trong đó N đại diện cho số lượng biến đầu vào. Có 5 mô hình được xây dựng ứng với vị trí khác nhau của các tập dữ liệu. Nghiên cứu này đã đánh giá các mô hình ANN với số lượng nơ-ron từ 2 đến 9 trong lớp ẩn, cuối cùng chọn mô hình 1 với 7 nơ-ron trong lớp ẩn duy nhất (kiến trúc $4 \times 7 \times 1$) là tối ưu. Mô hình này cho kết quả tốt nhất, thể hiện giá trị R^2 cao nhất và MSE thấp nhất, so với các mô hình ANN khác cùng với các cấu trúc khác đã được thử nghiệm. Dựa trên kết quả từ các mô hình khác nhau với số lượng nơ-ron lớp ẩn khác nhau và áp dụng nguyên tắc tối ưu, mô hình 1, với 4 nơ-ron, được tìm thấy là hiệu quả nhất để dự đoán PPV.

Trong đó, sai số bình phương trung bình được xác định với công thức (2) (Nguyễn Chí Thành và cộng sự, 2022), MSE được dùng để đánh giá sự chính xác của mô hình trí tuệ nhân tạo ANN sử dụng để dự báo, tính toán vận tốc hạt cực đại PPV tại điểm trên biên của đường lò lân cận chịu ảnh hưởng của công tác nổ mìn khi đào đường lò:

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

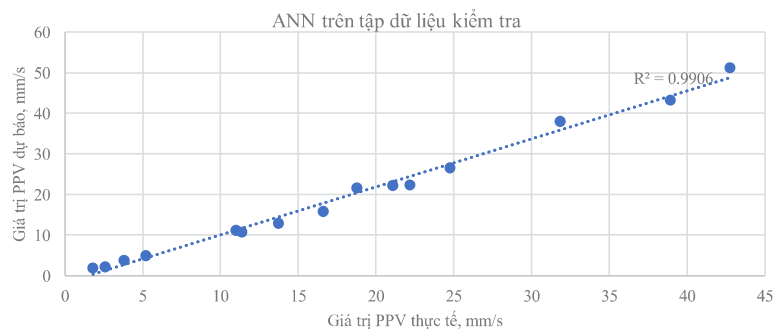
Hệ số xác định R^2 được sử dụng để đánh giá sự tương quan và độ chính xác của mô hình ANN, hệ số xác định này được tính theo công thức (3) (Nguyễn Chí Thành và cộng sự, 2025):

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (y - \bar{y})(y' - \bar{y}')}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (y - \bar{y})^2 \sum_{i=1}^N (y' - \bar{y}')^2}} \right]^2 \quad (3)$$

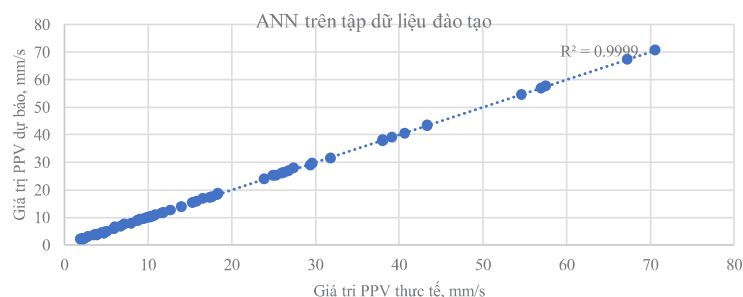
Trong đó, N là số lượng biến dữ liệu ở lớp đầu vào, y_i là giá trị đo thực tế thứ i của biến độc lập tại đầu ra, y'_i là giá trị dự đoán thứ i của biến độc lập tại đầu ra tương ứng, $\bar{y}$ lần lượt là giá trị trung bình đo thực tế và $\bar{y}'$ là giá trị trung bình dự đoán tại đầu ra.

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

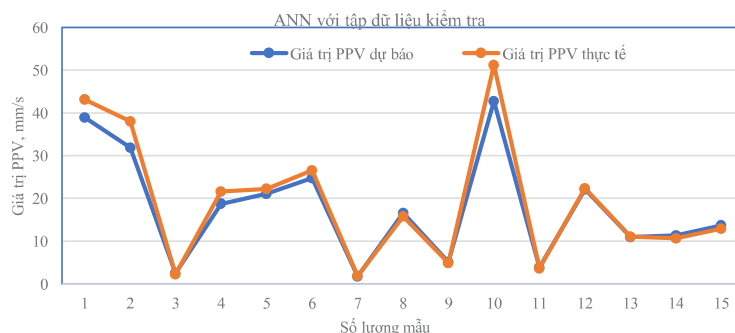
Dựa trên cấu trúc tối ưu của mô hình ANN đã được tìm ra ở mục 4 của nghiên cứu, mạng nơ-ron nhân tạo tối ưu của mô hình số 1 gồm có 1 lớp ẩn với 7 nơ-ron thần kinh trong lớp ẩn này, tiến hành chạy mô hình ANN và đưa ra các kết quả dự báo giá trị vận tốc dịch chuyển lớn nhất tại biên mặt cắt ngang của các đường lò lân cận đường lò đang xây dựng và khai thác sử dụng phương pháp khoan - nổ mìn khu vực Cẩm Phả, Quảng Ninh ứng với bộ dữ liệu đã được thu thập và tổng hợp. Kết quả của các mô hình ANN được so sánh với nhau. Phân tích và so sánh tất cả các tiêu chí (R^2 và MSE) trong từng mô hình chứng minh rằng mô hình ANN số 1, với cấu trúc $4 \times 7 \times 1$ (bao gồm 4 biến đầu vào, 1 biến đầu ra và 1 lớp ẩn với 7 nơ-ron), thể hiện độ chính xác cao trong việc tính toán và dự đoán PPV tại biên mặt cắt ngang của các đường lò lân cận đường lò đang xây dựng và khai thác sử dụng phương pháp khoan - nổ mìn khu vực Quảng Ninh. Dựa trên các giá trị PPV dự báo này, có thể điều chỉnh các thông số khoan và nổ mìn, đảm bảo an toàn và ổn định cho các đường lò tiến hành đào lò lân cận bằng phương pháp khoan - nổ mìn tại khu vực Quảng Ninh. Các giá trị vận tốc hạt cực đại của các phần tử trên biên mặt cắt ngang của đường lò lân cận với vụ nổ mìn xác định trên tập dữ liệu kiểm tra và tập dữ liệu đào tạo được biểu diễn, so sánh trên các hình, từ Hình 2 đến Hình 5.



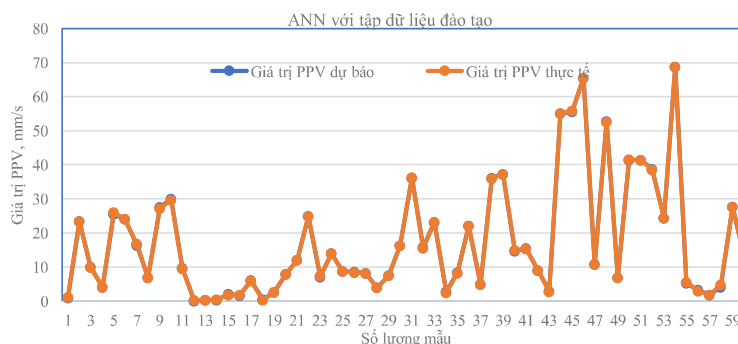
Hình 2. Vận tốc hạt cực đại của các phần tử trên biên mặt cắt ngang của đường lò lân cận với vụ nổ mìn được xác định trên tập dữ liệu kiểm tra



Hình 3. Vận tốc hạt cực đại của các phần tử trên biên mặt cắt ngang của đường lò lân cận với vụ nổ mìn được xác định trên tập dữ liệu huấn luyện



Hình 4. So sánh giữa kết quả dự báo và giá trị thực tế của PPV trên biên gương lò lân cận chịu ảnh hưởng của công tác khoan - nổ mìn khi đào lò trên tập dữ liệu kiểm tra



Hình 5. So sánh giữa kết quả dự báo và giá trị thực tế của PPV trên biên gương lò lân cận chịu ảnh hưởng của công tác khoan - nổ mìn khi đào lò trên tập dữ liệu đào tạo

6. Kết luận

Nghiên cứu này trình bày việc xây dựng và phát triển các mô hình mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) để dự đoán vận tốc hạt cực đại (PPV) tại ranh giới của biên mặt cắt ngang đường lò lân cận với đường lò đang đào bằng phương pháp khoan - nổ mìn. Trong quá trình xây dựng các mô hình trí tuệ nhân tạo có khả năng dự đoán vận tốc hạt cực đại (PPV), nghiên cứu đã sử dụng bốn biến số có ảnh hưởng lớn đến PPV (biến đầu ra) tại ranh giới của biên mặt cắt ngang đường lò lân cận với đường lò đang đào bằng phương pháp khoan - nổ mìn, bao gồm: vận tốc hạt cực đại tại biên của mặt cắt ngang đường lò chịu ảnh hưởng của nổ mìn tại đường lò lân cận đang đào bằng phương pháp khoan - nổ mìn PPV (mm/s); khoảng cách từ điểm đang xét PPV tới vụ nổ R (m); chỉ số RQD của khối đất/đá giữa vụ nổ và điểm đang tính PPV; dung trọng của đất/đá giữa vụ nổ và điểm đang tính vận tốc hạt chịu ảnh hưởng của vụ nổ γ (kN/m³); và tổng lượng thuốc nổ được sử dụng trong một chu kỳ xây dựng (Q). Nghiên cứu đã sử dụng bộ dữ liệu gồm 75 phép đo được thu thập tại các đường lò lân cận với đường lò đang được khai thác, thi công bằng phương pháp khoan - nổ mìn thuộc khu vực Quảng Ninh, Việt Nam. 80% bộ dữ liệu thu thập được đã sử dụng để huấn luyện và 20% bộ dữ liệu còn lại được sử dụng để kiểm tra. Bằng việc phân tích các kết quả thu được từ các mô hình nói trên, nghiên cứu đưa ra các kết luận sau đây:

- Mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) tối ưu cho kết quả dự báo giá trị vận tốc hạt cao nhất tại biên của mặt cắt ngang đường lò chịu ảnh hưởng của nổ mìn tại đường lò lân cận đang đào bằng phương pháp khoan - nổ mìn PPV được xác định có cấu trúc là (4x7x1), bao gồm một lớp đầu vào với 4 nơ-ron, một lớp ẩn với 7 nơ-ron và một lớp đầu ra với 1 nơ-ron;

- Các mô hình dự báo sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) đạt hệ số xác định R^2 là 0,99056 và sai số bình phương trung bình MSE là $7.98e-5$ với tập dữ liệu kiểm tra. Đối với tập dữ liệu đào tạo, $R^2 = 0,99987$ và $MSE = 3.2e-05$. Kết quả cho thấy mô hình trí tuệ nhân tạo ANN có khả năng dự đoán chính xác giá trị vận tốc hạt cực đại (PPV) tại biên của mặt cắt ngang đường lò chịu ảnh hưởng của nổ mìn tại đường lò lân cận đang đào bằng phương pháp khoan - nổ mìn PPV. Các kết quả dự báo vận tốc hạt cực đại này sẽ giúp ích cho các nhà thiết kế, thi công và giám sát trong việc kiểm soát và điều chỉnh hiệu quả các thông số nổ mìn trong quá trình đào các đường lò lân cận, từ đó, đảm bảo an toàn và ổn định cho các đường lò nằm gần đường lò đang đào và chịu ảnh hưởng bởi quá trình nổ mìn nói trên;

- Khi áp dụng mô hình này cho các đường lò lân cận với đường lò đang đào có các điều kiện khác nhau, điều quan trọng là 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.

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. 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>.
2. Cheng, G., & Huang, S. L. 2000. Analysis of ground vibration caused by open pit production blast. In Holmberg (Ed.), *Explosive and Blasting Technique*, Balkema, 63 - 70.
3. 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*, 23(95), pp. 136 - 143.
4. 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>.
5. Dowding, C. H. 1985. Blast Vibration Monitoring and Control. Prentice-Hall Inc. *Englewood's Cliffs*. pp. 288 - 290.

6. Hakan Ak, & Adnan Konuk (2008). The effect of discontinuity frequency on ground vibrations produced from bench blasting: A case study. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 28(9), 686-694.
7. Holmberg, R., & Persson, G. 1978. *Fly Rock and Air Shock Waves in Blasting*. Swedish Detonic Research Foundation, Stockholm.
8. 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.
9. Langefors, U., & Kihlström, B. 1978. *The modern technique of rock blasting*. Wiley.
10. Ghosh A., & Daemen, J. J. K. 1983. A Simple New Blast Vibration Predictor (Based On Wave Propagation Laws). *The 24th U.S. Symposium on Rock Mechanics (USRMS)*, College Station, Texas, USA.
11. Nateghi, R., Kiany, M., & Gholipouri, O. 2009. Control negative effects of blasting waves on concrete of the structures by analyzing of parameters of ground vibration. *Tunn. Undergr. Space Technol*, 24(6), 608 - 616. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2009.04.004>.
12. Nguyen Chi Thanh, Pham Thi Nhan, & Bui Thi Mai, 2025. Predicting The Peak Particle Velocity at Tunnel Linings under The Impact of Blasting in Neighboring Tunnels. *Inżynieria Mineralna. Journal of the Polish Mineral Engineering Society*, 1(2), 363 - 374. <https://doi.org/10.29227/IM-2025-02-30>.
13. Trigueros Emilio, Manuel Cánovas, J. M. Muñoz, & J. Cospedal, 2017. A methodology based on geomechanical and geophysical techniques to avoid ornamental stone damage caused by blast-induced ground vibrations. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 93, 196 - 200.
14. Simpson, P. K. 1990. *Artificial neural system: foundation, paradigms applications and implementations*. Pergamon, New York.

PREDICTING BLAST-INDUCED PEAK PARTICLE VELOCITY IN UNDERGROUND MINING EXCAVATIONS: AN ARTIFICIAL INTELLIGENCE MODEL

Nguyen Chi Thanh¹, Phạm Quang Nam², Bui Manh Tung^{1,*}

¹Hanoi University of Mining and Geology

²Electric Power University

ABSTRACT

This study develops high-accuracy artificial intelligence (AI) models to predict peak particle velocity (PPV) at the cross-sectional boundaries of adjacent mining tunnels in Quang Ninh Province. By systematically analyzing and selecting key blasting and geotechnical input parameters, the proposed AI models demonstrate robust predictive performance. The results enable iterative optimization of blasting parameters and patterns to reduce ground vibration, thereby ensuring the structural integrity and operational safety of adjacent tunnels. This study provides a quantitative basis for optimizing blast design and selecting appropriate support systems, ultimately improving both safety and operational efficiency in complex multi-tunnel mining environments.

Keywords: peak particle velocity (PPV); blasting; artificial intelligence; predictive modeling; underground mining stability