



TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA

PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ VÀ MÔI TRƯỜNG

Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment



NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC KINH TẾ QUỐC DÂN



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, phân biện nghiêm túc, Ban Biên tập đã lựa chọn được 37 báo cáo có chất lượng để 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://khaiithachamlo.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 phân 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



TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP THAN - KHOÁNG SẢN VIỆT NAM

CÁC ĐƠN VỊ TÀI TRỢ CHÍNH



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
UỐNG 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 - CỌC 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 Tuấn ¹ , Nguyễn Minh Tuyên ^{1,*} ¹ Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam	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} ¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất ² Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM) ³ Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam	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 Tùng ¹ , Ngô Thành Tâm ² , Trần Trung Thái ³ , Nguyễn Chí Thành ^{1,*} ¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất ² Sở Nông nghiệp và Môi trường tỉnh Quảng Ninh ³ Công ty Cổ phần Than Cao Sơn - TKV	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 Hùng ³ , Bùi Mạnh Tùng ¹ , Nguyễn Chí Thành ^{1,*} ¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất ² Công ty 35 - Chi nhánh Tổng Công ty Đông Bắc ³ Công ty Cổ phần Tư vấn Đầu tư Mỏ và Công nghiệp - Vinacomin	60
5	MECHANICAL BEHAVIOR OF CFRP-CONFINED HIGH-WATER MATERIAL UNDER DYNAMIC LOADING Feiyang Feng ¹ , Baiyun Yu ¹ , Shuling Meng ² , Hongchao Zhao ^{3,*} ¹ School of Geology and Mining Engineering, Xinjiang University ² China West Construction Group Co., Ltd. ³ State Key Laboratory of Intelligent Construction and Healthy Operation and Maintenance of Deep Underground Engineering	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 Sơn ¹ , Bùi Quang Sáng ¹ , Nguyễn Văn Thịnh ^{2,*} , Nguyễn Viết Thắng ² ¹ Công ty Cảng - Chi nhánh Tổng Công ty Đông Bắc ² Trường Đại học Mỏ - Địa chất	80

7	CƠ GIỚI HÓA TRONG KHAI THÁC HẦM LÒ TẠI MỎ THAN HÀ LÂM: 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 Trương^{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 - VVM</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 LÂM 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 171
Nguyễn Phi Hùng¹, Bùi Mạnh Tùng¹, Phạm Đức Hưng¹, Trần Trung Thái^{2,*}
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
²Công ty Cổ phần Than Cao Sơn - TKV
-
- 16** MECHANISM OF OVERSIZE BLOCK GENERATION AND BLOCK SIZE CONTROL IN LARGE-SCALE OPEN-PIT COAL MINE BLASTING 179
Hongyan Xu¹, Fei Gao², Hui Chen^{2,*}
¹Xuefeng Science and Technology Group, Xinjiang University, Urumqi, 830000, China
²School of Geological and Mining Engineering, Xinjiang University, Urumqi, 830000, China
-
- 17** GIẢI PHÁP KỸ THUẬT NÂNG CAO HIỆU QUẢ THU HỒI THAN NÓC TRONG LÒ CHỢ CƠ GIỚI HÓA ĐỒNG BỘ VĨA 7 MỎ THAN HÀ LÂM 193
Phạm Đức Hưng^{1,*}, Đỗ Anh Sơn¹, Nguyễn Phi Hùng¹, Đào Văn Chi¹, Phạm Văn Quân²
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
²Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin
-
- 18** TỔNG QUAN VỀ HỆ SỐ SỨC CẢN MA SÁT CỦA CÁC LOẠI ĐƯỜNG LÒ TRÊN THẾ GIỚI VÀ VIỆT NAM 204
Đào Văn Chi¹, Phạm Đức Hưng^{1,*}, Đỗ Anh Sơn¹, Phạm Tú Phương², Đàm Huy Tài², Nguyễn Minh Đức³
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
-
- 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 217
Dương Đức Hải^{1,*}, Đào Hồng Quảng¹, Đỗ Văn Hoàng¹
¹Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin
-
- 20** KẾT QUẢ TƯ VẤN THIẾT KẾ CÁC MỎ THAN HẦM LÒ KHAI THÁC TRONG ĐIỀU KIỆN PHỨC TẠP CỦA TKV 226
Phạm Văn Quân^{1,2,*}, Đỗ Văn Hoàng², Thân Văn Duy²
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
²Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin
-
- 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 235
Nguyễn Chí Thành¹, Phạm Quang Nam², Bùi Mạnh Tùng^{1,*}
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
²Trường Đại học Điện lực
-
- 22** GÓC NHÌN VỀ HOÀN THIÊN VĂN HÓA AN TOÀN LAO ĐỘNG TRONG KHAI THÁC THAN HẦM LÒ Ở MỎ THAN VÀNG DANH KHI XUỐNG SÂU 244
Lê Quang Phục^{1,*}, Phạm Đức Thang², Nguyễn Đăng Hiệp³
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
²Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh
³Công ty Than Na Dương - VVM
-

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 <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Nhóm nghiên cứu Địa kỹ thuật, vật liệu và phát triển bền vững, Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	
24	NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN VỀ ẢNH HƯỞNG CỦA ĐÚT GẤY 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 <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Cục Công nghiệp, Bộ Công Thương ³Trường Đại học Điện Lực</i>	
25	ĐÁNH GIÁ NGUỒN PHÁT SINH KHÍ BỤI TẠI MỎ THAN CAO SƠN VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP QUẢN LÝ MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ CHỖ KHU VỰC	271
	Đỗ Mạnh Dũng¹, Trần Thị Thanh Thủy^{2,*}, Trần Anh Quân² <i>¹Công ty Cổ phần Tìn học, Công nghệ, Môi trường - Vinacomin ²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	
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,*} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)</i>	
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 <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin</i>	
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 <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam</i>	
29	NGHIÊN CỨU NGUYÊN NHÂN GÂY MẤT ỔN ĐỊNH HỆ THỐNG ĐỀ BIẾN TỈNH KIÊN GIANG (TRƯỚC KHI SÁP NHẬP)	304
	Nguyễn Tiến Tài¹, Võ Nhật Luân^{2,*} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Trường Đại học Văn Hiến</i>	
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 <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	
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 <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	

-
- 32** NÂNG CAO HIỆU QUẢ ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ CƠ GIỚI HÓA ĐỒNG BỘ TRONG ĐIỀU KIỆN KHAI THÁC VĨA 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 Đông Bắc
-
- 33** ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO DỰ BÁO ĐIỆN NĂNG TIÊU THỤ CỦA BẢNG 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 VĨA: VÍ DỤ CHO MỎ CHÌ - KÉM 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 THIẾN CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ TẠI MẶT BẰNG SẢN 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 ỨNG 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
-

Như kịch bản 4 cho thấy, một trong những nguyên nhân chính khiến đê biển bị phá hoại đó là rừng ngập mặn bị phá, làm cho sóng biển đánh trực tiếp vào đê, dẫn đến đê biển bị xói mòn dần dần và gây mất ổn định thân đê. Khi bị xói lở thân đê, hệ số ổn định của đê giảm từ 2.359 (ở trạng thái không bị bị phá hoại - kịch bản 1) xuống 1.411 khi xói lần 1 và 0.916 khi xói lần 2. Như vậy, một trong những biện pháp hữu hiệu để bảo vệ đê biển là khôi phục rừng ngập mặn hoặc các giải pháp công trình giảm thiểu tác động của sóng biển vào thân đê.

4. Kết luận

Từ kết quả khảo sát thực địa và phân tích mô hình số, có thể rút ra một số kết luận chính về nguyên nhân gây mất ổn định hệ thống đê biển tại tỉnh Kiên Giang như sau:

(1) Tác động của sóng biển là nguyên nhân chủ yếu gây sạt lở đê. Việc thiếu các giải pháp bảo vệ như kè chắn sóng hoặc đai rừng ngập mặn khiến sóng tác động trực tiếp lên thân đê, làm gia tăng nguy cơ mất ổn định.

(2) Hoạt động khai thác đất đắp tại khu vực sát chân đê phía biển đã tạo ra các rãnh xói sâu, kéo dài, làm suy yếu kết cấu mái đê. Đây là một trong những nguyên nhân quan trọng dẫn đến hiện tượng sạt lở tại nhiều vị trí.

(3) Sự suy giảm và mất rừng ngập mặn làm gia tăng đáng kể mức độ xói lở. Rừng ngập mặn đóng vai trò như “vùng đệm” tự nhiên, có khả năng giảm năng lượng sóng và thủy triều. Việc suy giảm thảm rừng này khiến đê biển trở nên dễ bị tổn thương hơn. Bên cạnh đó, tại nhiều vị trí, mái đê chưa được gia cố bằng các giải pháp kỹ thuật phù hợp. Việc áp dụng các giải pháp như vùi địa kỹ thuật, lưới địa kỹ thuật, ống cát Geotube hoặc kè chắn sóng có thể góp phần nâng cao khả năng chống xói và ổn định công trình.

Trên cơ sở các phân tích nêu trên, cần sớm triển khai đồng bộ các giải pháp bảo vệ hệ thống đê biển tỉnh Kiên Giang, bao gồm: (i) khôi phục và bảo vệ rừng ngập mặn tại các khu vực có khả năng tái sinh; (ii) chấm dứt hoạt động khai thác đất gần chân đê phía biển; (iii) nghiên cứu phục hồi địa hình tự nhiên nhằm tăng khả năng tiêu tán năng lượng sóng; đồng thời (iv) kết hợp áp dụng các giải pháp kỹ thuật như ống cát Geotube và kè chắn sóng để bảo vệ mái đê, hạn chế xói mòn.

Tài liệu tham khảo

1. R. Guanche et al. 2009. Pressure distribution around overtopped vertical breakwaters for regular, random and solitary waves, *Coastal Structures*, pp. 841 - 852.
2. Manuel del Jesus et al. 2009. Surface water waves induced hydrodynamics around breakwater heads: 3d navier stokes approach, *Coastal Structures*, pp. 296 - 307.
3. D-S. Jeng et al. 2011. Numerical modelling of wave-induced soil response around breakwater heads, *Asian and Pacific Coasts 2011*, pp. 789 - 796.
4. D-S. Jeng, J. Li, 2007. Numerical model for wave-induced residual pore pressure in a porous seabed around the head of a breakwater, *Coastal Engineering*, pp. 4532 - 4544.
5. Piero Ruol, Luca Martinelli, Barbara Zanuttigh, 2009. Loads on floating breakwaters: effect of layout under irregular waves, *Coastal Engineering*, pp. 3875 - 3887.
6. T. Lykke, K. T. Skals, H. F. Burcharth, 2009. Comparison of homogenous and multi-layered berm breakwaters with respect to overtopping and front slope stability, *Coastal Engineering*, pp. 3298 - 3310.
7. Fellice D'Alessandro, Ferdinando Frega, 2009. A verification of static-equilibrium parabolic formulation at the protected shoreline of Pizzo Calabro (Italy), *Coastal Engineering*, pp. 1217 - 1228.
8. Yann Balouin, Eric Palvadeau, 2019. Relative effect of offshore winds and storm waves on the efficiency of beach nourishment behind breakwaters, the B arcades beach, France, *Coastal Sediments 2019*, pp. 1577 - 1585.
9. Cong VM, Stive MJF, Van Gelder PHAJM, 2009. Coastal protection strategies for the Red River Delta, *Journal of Coastal Research*, 25(1), 105 - 116.
10. Nguyễn Văn Thìn, 2014. *Nghiên cứu sóng tràn qua đê biển có tường đỉnh ở Bắc Bộ*, Luận án Tiến sĩ Kỹ thuật, Trường Đại học Thủy lợi, Hà Nội.
11. Le Hai Trung et al. 2013. Wave overtopping resistance of grassed dike slopes in Vietnam, *Coastal structures*, pp. 191 - 202.

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

Nguyễn Văn Quang^{1,*}, Nguyễn Văn Thịnh¹, Bùi Mạnh Tùng¹

¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, các thuật toán tối ưu khác nhau đã được sử dụng và đánh giá nhằm dự đoán nhiệt độ không khí lò chợ tại mỏ than hầm lò thuộc Công ty Than Nam Mẫu - TKV, khu vực tỉnh Quảng Ninh. Ba thuật toán được áp dụng bao gồm: thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (APSO), thuật toán di truyền (GA), thuật toán đàn ong nhân tạo (ABC). Các thuật toán này được sử dụng để tối ưu hóa mô hình hồi quy vector hỗ trợ (SVR). Chúng được viết tắt thành các mô hình APSO-SVR, GA-SVR và ABC-SVR. Đối với mỗi thuật toán tối ưu sẽ sử dụng dạng hàm: hàm nhân (kernel function) là hàm cơ sở xuyên tâm (RBF) đã được nghiên cứu và phát triển. Tổng cộng có ba mô hình lai được phát triển để dự báo nhiệt độ không khí lò chợ tại mỏ than Nam Mẫu. Có 208 bộ dữ liệu đã được thu thập tại các lò chợ, các mức và các thời điểm khác nhau. Các tiêu chí thống kê như: R^2 , RMSE và MAE được sử dụng và đánh giá các mô hình đã phát triển. Kết quả cho thấy GA là thuật toán tối ưu chiếm ưu thế nhất cho bài toán hiện tại khi kết hợp với mô hình SVR. Mô hình GA-SVR-RBF được đề xuất là kỹ thuật tốt nhất để dự báo nhiệt độ không khí lò chợ mỏ than Nam Mẫu với $RMSE = 0,182$, $R^2 = 0,95$ và $MAE = 0,128$.

Từ khóa: nhiệt độ không khí lò chợ; mô hình lai; thuật toán tối ưu; mỏ than Nam Mẫu

1. Tổng quan

Mỏ than Nam Mẫu, nằm cách phường Uông Bí khoảng 25 km về phía Bắc, được khai thác thông qua cặp giếng nghiêng ở mức +125/-200. Phương pháp khai thác chính là khoan nổ mìn, phương pháp thông gió chủ yếu của mỏ là phương pháp thông gió hút với hai trạm quạt chính gồm 2K56-N018 tại mức +210 và FBCDZ-10-N03.5 tại mức +279, nhằm đảm bảo cung cấp lưu lượng gió sạch phù hợp đến các khu vực tiêu thụ. Tuy nhiên, khi quá trình khai thác xuống các mức sâu hơn, nhiệt độ không khí trong mỏ ngày càng tăng lên, ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe và hiệu suất lao động của công nhân. Nhiệt độ không khí mỏ tăng không chỉ làm giảm khả năng tập trung và hiệu quả làm việc của người lao động (Mazlomi, A và cộng sự, 2017) mà còn tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn lao động, làm tăng khả năng xảy ra tai nạn và sự cố trong quá trình khai thác (Varghese, B.M và cộng sự, 2018).

Do ảnh hưởng trực tiếp của nhiệt độ không khí mỏ đến sức khỏe và hiệu suất lao động, nhiều nhà nghiên cứu đã tập trung phát triển các mô hình dự báo nhiệt độ không khí trong mỏ hầm lò. Các mô hình này không chỉ giúp kiểm soát nhiệt độ không khí lò chợ khi khai thác xuống sâu, mà còn cung cấp cơ sở để đề xuất các giải pháp tối ưu nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực đến người lao động. Khả năng dự báo chính xác nhiệt độ không khí mỏ là yếu tố then chốt để nâng cao an toàn lao động và hiệu quả khai thác.

Trong những năm gần đây, các ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) đã được nghiên cứu và áp dụng trong nhiều lĩnh vực kỹ thuật, bao gồm cả ngành khai thác mỏ. Mặc dù một số mô hình AI đã được sử dụng để dự báo nhiệt độ không khí mỏ, nhưng phạm vi ứng dụng thực tế vẫn còn hạn chế, như hồi quy đa biến đã từng được áp dụng để dự báo nhiệt độ trong hệ thống thông gió (Bascompta M, và cộng sự, 2020), trong khi tác giả (Truong Tien Quan và cộng sự, 2023) đã sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) để dự báo nhiệt độ không khí trong lò chợ. Ngoài ra, một mô hình toán học được triển khai trên nền tảng C++ cũng được đề xuất cho một mỏ vàng hầm lò (Lyu, W và cộng sự, 2017). Tuy nhiên, các kết quả dự báo này chưa đạt độ chính xác cao và chưa được áp dụng cho tất cả các khu vực khai thác. Trong bối cảnh này, mô hình hồi quy vector hỗ trợ (SVR) nổi lên như một công cụ hiệu quả trong việc giải quyết các vấn

*Tác giả liên hệ

Email: quangnv@humg.edu.vn

đề hồi quy phi tuyến tính. Tuy nhiên, hiệu suất của SVR phụ thuộc lớn vào việc lựa chọn hàm Kernel và các siêu tham số quan trọng: hằng số chính quy (c), tham số hạt nhân (γ) và hệ số không nhạy cảm (ϵ) (Zhang, X và cộng sự, 2019). Việc xác định các siêu tham số tối ưu là một thách thức quan trọng. Trong số các phương pháp tối ưu hóa phổ biến, thuật toán lưới và GA thường được sử dụng (Nguyễn, H và cộng sự, 2019), nhưng chúng tiêu tốn nhiều thời gian và tài nguyên tính toán. APSO, ABC mô phỏng hành vi xã hội của các sinh vật, chẳng hạn như: đàn chim hay đàn cá, đàn ong với các ưu điểm nổi bật bao gồm: tính đơn giản, ít tham số và dễ triển khai (Nguyễn, H và cộng sự, 2019). Mặc dù các nghiên cứu trước đây đã đạt được kết quả khả quan nhưng các mô hình vẫn chưa được áp dụng rộng rãi cho tất cả các khu vực khai thác. Do đó, việc phát triển các mô hình lai với độ chính xác cao hơn vẫn là mục tiêu quan trọng. Trong số các mô hình chuẩn, SVR được đánh giá là phương pháp hiệu quả và phổ biến trong nhiều lĩnh vực. Nghiên cứu này nhằm đánh giá hiệu suất tổng thể của các thuật toán tiến hóa khác nhau, bao gồm: APSO, GA và ABC, khi kết hợp với SVR sử dụng hàm cơ sở xuyên tâm (RBF). Tổng cộng ba mô hình lai đã được phát triển, bao gồm: APSO-SVR-RBF, GA-SVR-RBF và ABC-SVR-RBF. Một phân tích so sánh toàn diện về hiệu suất của các mô hình này sẽ được trình bày trong nghiên cứu.

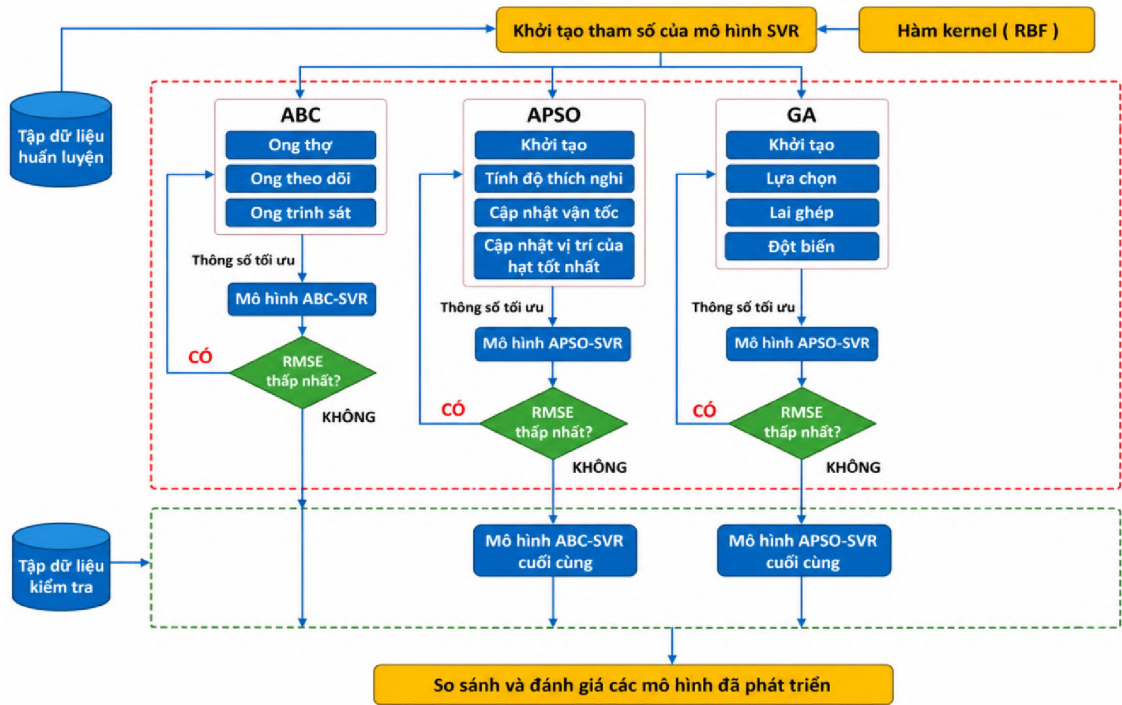
2. Cơ sở lý thuyết các thuật toán tối ưu dựa trên SVR

Như đã đề cập ở phần trước, nghiên cứu này nhằm mục tiêu khảo sát và phát triển các mô hình lai dựa trên SVR kết hợp với các thuật toán tiến hóa như: APSO, GA và ABC. Vì chi tiết về các thuật toán APSO, GA, ABC cũng như SVR đã được trình bày trong nhiều nghiên cứu trước đây (Eberhart, R và cộng sự, 1995; Tang, B và cộng sự, 2018; Kennedy, J và cộng sự, 2011; Carr, J và cộng sự, 2014; Karaboga, D và cộng sự, 2005), nên trong nghiên cứu này sẽ không đi sâu vào phần lý thuyết cơ bản. Thay vào đó, trọng tâm của nghiên cứu là đề xuất các mô hình lai mới nhằm nâng cao hiệu suất dự báo. Trong quá trình phát triển mô hình SVR, hàm Kernel đã được áp dụng là RBF. Hàm này có thể được xây dựng và định nghĩa như sau.

Hàm cơ sở xuyên tâm:

$$G(x, x_i) = \exp \left[\frac{-\|x - x_i\|^2}{\sigma^2} \right] \quad (1)$$

Đối với mỗi hàm Kernel, các tham số đặc trưng của SVR cần được hiệu chỉnh để đạt hiệu suất tối ưu cho mô hình. Trong nghiên cứu này, quá trình tìm kiếm và lựa chọn các siêu tham số của SVR được thực hiện thông qua các thuật toán tối ưu hóa tiến hóa như: APSO, GA và ABC, nhằm đảm bảo mô hình đạt hiệu quả dự báo cao nhất. Khung tổng thể của các mô hình lai được đề xuất trong nghiên cứu này bao gồm ba mô hình chính: APSO-SVR, ABC-SVR và GA-SVR. Trong quá trình phát triển, hàm kernel – RBF – được áp dụng để xây dựng các mô hình SVR. Dựa trên các giá trị này, các thuật toán tối ưu hóa (ABC, APSO và GA) tiến hành tìm kiếm các giá trị siêu tham số tối ưu nhằm giảm thiểu sai số dự báo. Sai số bình phương trung bình gốc (RMSE) được sử dụng làm hàm mục tiêu đánh giá hiệu năng của tất cả các mô hình lai trong quá trình huấn luyện, được tính theo phương trình (2). Đối với mỗi mô hình, tập hợp siêu tham số cho kết quả RMSE thấp nhất được coi là cấu hình tối ưu. Quá trình tối ưu hóa được thực hiện qua nhiều vòng lặp nhằm đảm bảo tìm ra các siêu tham số tốt nhất. Cuối cùng, các mô hình lai hoàn chỉnh – bao gồm ABC-SVR, APSO-SVR và GA-SVR – được xác định. Khung tổng thể của các mô hình lai nhằm dự đoán nhiệt độ không khí lò chợ được minh họa trong Hình 1, phản ánh quy trình huấn luyện, tối ưu hóa tham số và đánh giá hiệu suất của từng mô hình.



Hình 1. Sơ đồ khối mô hình SVR tối ưu bằng ba thuật toán để dự báo nhiệt độ không khí lò chợ

3. Tiêu chí đánh giá hiệu suất của mô hình

Để đánh giá chất lượng cũng như mức độ tin cậy của các mô hình đã đề cập, ba chỉ số hiệu suất đã được sử dụng, bao gồm: RMSE, MAE và R^2 . Các chỉ số này phản ánh mức độ sai lệch giữa giá trị dự báo và giá trị thực tế.

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

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_i (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (3)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (4)$$

Trong đó:

n : Số lượng mẫu;

y_i : Giá trị thực tế tại mẫu thứ i ;

$\hat{y}_i$: Giá trị dự báo tại mẫu thứ i ;

$\bar{y}_i$: Giá trị trung bình của các giá trị thực tế.

Chỉ số RMSE đo lường độ lớn của sai số dự báo, trong đó, các sai số lớn được nhấn mạnh hơn do phép bình phương. Giá trị RMSE càng nhỏ thì độ chính xác của mô hình càng cao.

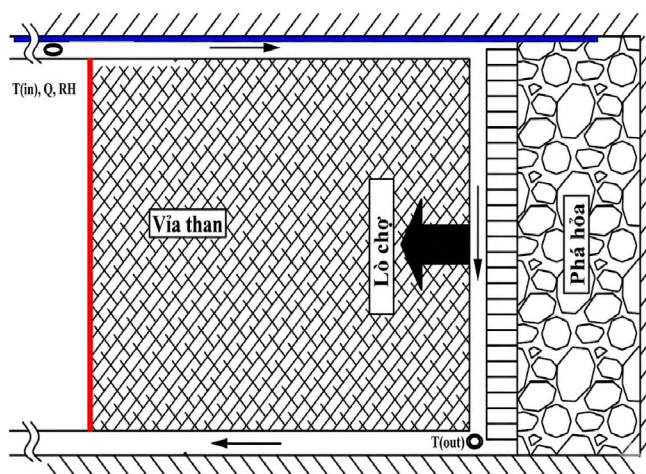
Chỉ số R^2 phản ánh mức độ giải thích của mô hình đối với biến phụ thuộc với giá trị nằm trong khoảng từ 0 đến 1. Giá trị R^2 càng gần 1 cho thấy mô hình càng phù hợp với dữ liệu thực nghiệm.

Chỉ số MAE biểu thị giá trị trung bình của sai số tuyệt đối giữa dự báo và thực tế, phản ánh trực tiếp mức sai lệch mà không làm tăng trọng số của các sai số lớn như RMSE.

4. Khu vực nghiên cứu và dữ liệu sử dụng

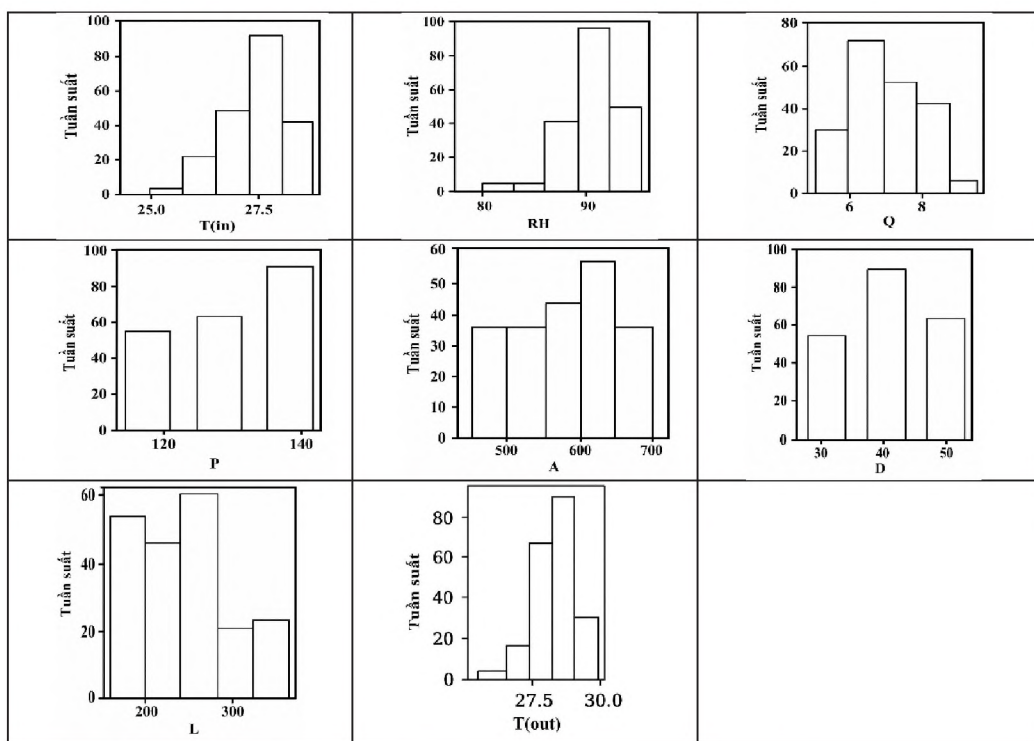
4.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu bao gồm toàn bộ các lò chợ dài, công nghệ khai thác bằng khoan nổ mìn, chống giữ bằng giá thủy lực XDY, ZH và GK. Sản lượng khai thác dao động từ 150.000 - 250.000 tấn/năm. Sơ đồ minh họa lò chợ khoan nổ mìn được thể hiện trên Hình 2.



Hình 2. Khu vực nghiên cứu

4.2. Dữ liệu sử dụng



Hình 3. Biểu đồ tuần suất của tập dữ liệu nghiên cứu

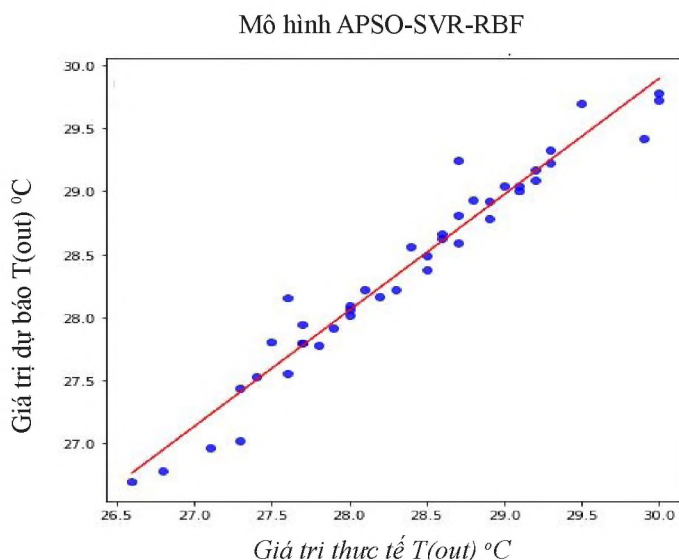
Nhóm nghiên cứu tiến hành thu thập tài liệu từ các thiết bị cảm biến cũng như số liệu đo đạc thực tế tại mỏ. Các số liệu được thu thập tại các lò chợ bao gồm các thông số sau: nhiệt độ đầu vào khu vực lò chợ Tin ($^{\circ}\text{C}$), độ ẩm không khí trung bình RH (%), độ sâu khai thác D(m), chiều dài khu vực khai thác L(m), công suất các thiết bị khai thác P(Kw), sản lượng khai thác A (T/ng-đ) và lưu lượng gió qua khu vực khai thác Q(m^3/s), nhiệt độ đầu ra lò chợ Tout ($^{\circ}\text{C}$) như Hình 3 từ năm 2020 đến 2025.

5. Kết quả và thảo luận

Bộ dữ liệu với 208 dữ liệu được chia thành hai phần dữ liệu ngẫu nhiên với 80% toàn bộ dữ liệu được chọn ngẫu nhiên làm bộ dữ liệu huấn luyện để phát triển mô hình. 20% bộ dữ liệu còn lại được sử dụng để kiểm tra độ chính xác cũng như độ tin cậy của các mô hình được phát triển dựa trên tập dữ liệu huấn luyện. Để tránh hiện tượng quá khớp hoặc thiếu khớp tập dữ liệu đã được chuẩn hóa, kỹ thuật kiểm chứng chéo 5 lần cũng được sử dụng.

5.1. Mô hình APSO-SVR-RBF

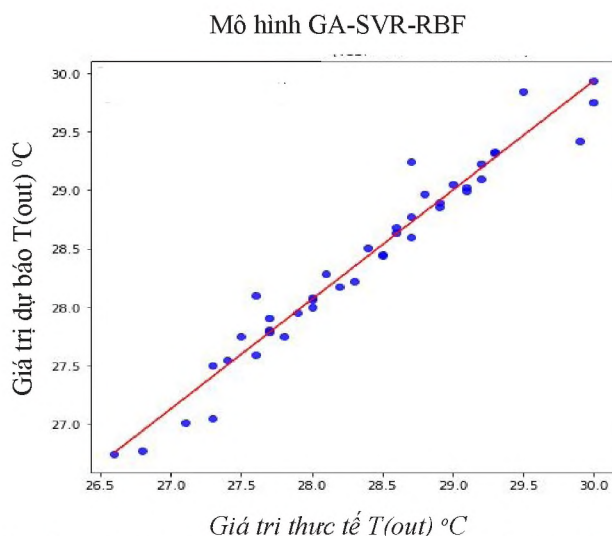
Đối với các mô hình APSO-SVR-RBF, tập dữ liệu huấn luyện được sử dụng để phát triển các mô hình dự đoán nhiệt độ không khí trong mỏ hầm lò. Hàm nhân (RBF) được sử dụng trong việc phát triển mô hình APSO với các siêu tham số khác nhau được đánh giá qua RMSE. Kết quả dự báo được thể hiện trên Hình 4.



Hình 4. Biểu đồ tương quan giữa giá trị dự báo và thực tế nhiệt độ không khí lò chợ

5.2. Mô hình GA-SVR-RBF

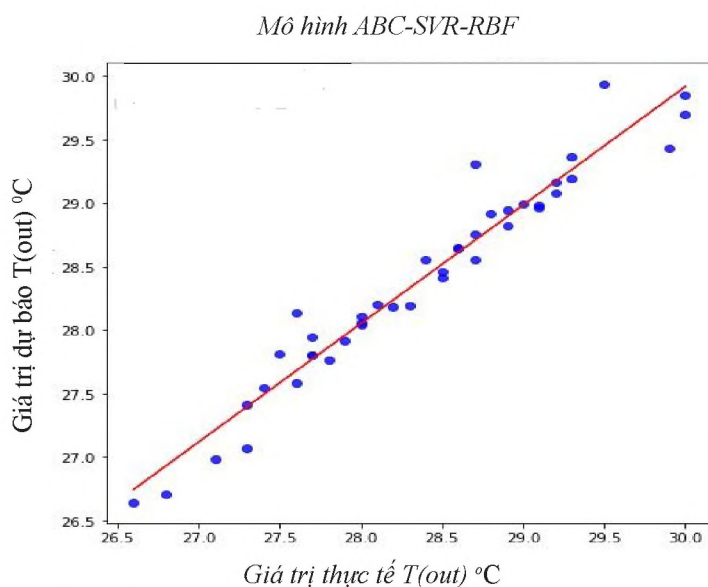
Ban đầu, một mô hình SVR với hàm nhân xác định được thiết lập. Tiếp theo, các tham số của thuật toán di truyền (GA) được khai báo, bao gồm: xác suất đột biến (P_m), xác suất lai ghép (P_c), số lượng biến (n) và kích thước quần thể ($p = 50, 100, 150$). RMSE được dùng làm hàm đánh giá theo phương trình (4). Mỗi mô hình được chạy tối đa 500 vòng lặp nhằm đảm bảo xác định được các giá trị tham số tối ưu. Kết quả được thể hiện trên Hình 5.



Hình 5. Biểu đồ tương quan giữa giá trị dự báo và thực tế nhiệt độ không khí lò chợ

5.3. Mô hình ABC-SVR-RBF

Trong nghiên cứu này, các mô hình ABC-SVR-RBF được phát triển dựa trên tập dữ liệu huấn luyện để dự đoán nhiệt độ. Hàm nhân (RBF) được sử dụng. Thuật toán ABC thực hiện tìm kiếm toàn cục để tối ưu hóa các tham số của mô hình SVR, theo quy trình mô tả trong Hình 1. Số lượng ong được thử nghiệm lần lượt là 50, 100, 150, với số nguồn thức ăn là 50, giới hạn mỗi nguồn là 100 và phạm vi tham số tối ưu là $[-10; 10]$. RMSE được dùng làm hàm mục tiêu để tối thiểu hóa, và quá trình tối ưu hóa lặp lại 1.000 lần nhằm xác định các tham số tối ưu cho mô hình SVR. Kết quả được thể hiện trên Hình 6.



Hình 6. Biểu đồ tương quan giữa giá trị dự báo và thực tế nhiệt độ không khí lò chợ

5.4. Đánh giá các mô hình đã phát triển

Sau khi đạt được các thông số tối ưu của ba mô hình lại, 41 bộ dữ liệu thử nghiệm đã được sử dụng để xác nhận độ chính xác của các mô hình đã phát triển. Bảng 1 trình bày kết quả của ba mô hình lại trên

các bộ dữ liệu huấn luyện và kiểm tra. Kết quả đánh giá mô hình dựa trên ba tiêu chí RMSE, R^2 và MAE như sau.

Bảng 1. Kết quả của ba mô hình lai trên các bộ dữ liệu huấn luyện và kiểm tra

Mô hình lai	Bộ dữ liệu huấn luyện			Bộ dữ liệu kiểm tra		
	RMSE	R^2	MAE	RMSE	R^2	MAE
APSO-SVR-RBF	0.198	0.93	0.156	0.188	0.95	0.134
GA-SVR-RBF	0.199	0.93	0.163	0.182	0.95	0.128
ABC-SVR-RBF	0.2	0.93	0.16	0.2	0.94	0.14

Kết quả đánh giá hiệu suất của các mô hình SVR trên bộ dữ liệu huấn luyện và kiểm tra được trình bày trong Bảng 2. Dựa trên các chỉ số RMSE, R^2 và MAE, mô hình GA-SVR và APSO-SVR đều cho thấy hiệu quả cao, với hệ số xác định R^2 đạt 0.93 trên bộ huấn luyện và 0.95 trên bộ kiểm tra, đồng thời sai số bình phương trung bình gốc (RMSE) và sai số tuyệt đối trung bình (MAE) đều ở mức thấp. Mặc dù ABC-SVR cũng đạt $R^2 = 0.93$ trên bộ huấn luyện, nhưng trên bộ kiểm tra, RMSE của mô hình này cao hơn (0.2 so với 0.182 - 0.188 của GA-SVR và APSO-SVR), cho thấy khả năng tổng quát hóa kém hơn. So sánh giữa GA-SVR và APSO-SVR, mô hình GA-SVR đạt RMSE thấp nhất trên bộ kiểm tra (0.182), kết hợp với MAE thấp nhất (0.128), cho thấy mô hình này có khả năng dự báo nhiệt độ lò chợ chính xác và ổn định nhất. Kết quả này chứng tỏ rằng thuật toán di truyền (GA) khi kết hợp với SVR có khả năng tối ưu hóa các siêu tham số hiệu quả hơn, từ đó nâng cao hiệu suất dự báo so với các thuật toán tiến hóa khác như APSO hoặc ABC.

6. Kết luận

Trí tuệ nhân tạo (AI) ngày càng trở nên phổ biến trong nhiều lĩnh vực, đặc biệt là các ngành kỹ thuật, nhờ khả năng cải thiện hiệu quả và độ chính xác của các giải pháp kỹ thuật. Trong ngành khai thác mỏ, AI đã được áp dụng để tối ưu hóa quá trình dự báo các thông số vi khí hậu, trong đó có nhiệt độ không khí trong lò chợ. Trong nghiên cứu này, ba mô hình lai kết hợp giữa các thuật toán tiến hóa và SVR đã được xây dựng và đánh giá toàn diện. Một số kết luận chính có thể rút ra như sau:

(1) Các thuật toán tiến hóa đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao độ chính xác của các mô hình truyền thống, đặc biệt là SVR, trong dự báo nhiệt độ không khí lò chợ.

(2) Trong số các thuật toán tiến hóa được đánh giá, thuật toán di truyền (GA) cho thấy hiệu quả vượt trội khi kết hợp với SVR sử dụng hàm Kernel RBF, hình thành mô hình GA-SVR-RBF. Mô hình này thể hiện khả năng dự báo nhiệt độ lò chợ với độ chính xác cao và ổn định, khẳng định GA-SVR-RBF là một công cụ mạnh mẽ và đáng tin cậy trong việc dự báo điều kiện vi khí hậu trong mỏ hầm lò.

Tài liệu tham khảo

- Bascompta M, Rossell J. M, Sanmiquel L, i Anticoi H, paž, 2020. *Temperature Prediction Model in the Main Ventilation System of an Underground Mine*, Applied Sciences, Vol. 10, No. 20, p. 7238. 7238.
- Carr, J., 2014. *An introduction to genetic algorithms*, Sr. Project, 1, 40. [Google Scholar].
- Eberhart, R., Kennedy, J., 1995. *A new optimizer using particle swarm theory*, *Proceedings of the Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science*, Nagoya, Japan, 4-6 October, 39-43. [Google Scholar].
- Karaboga, D., 2005. *An Idea based on Honey bee Swarm for Numerical Optimization*, *Technical Report-tr06*, Erciyes University, Engineering Faculty, Computer Engineering Department: Kayseri, Turkey. [Google Scholar].
- Kennedy, J., 2011. Particle swarm optimization, *Encyclopedia of Machine Learning*, Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 760-766. [Google Scholar].
- Lyu, W., Cai, S., Yang, P., Zhang, Y., 2017. *Underground environment parameter prediction in a*

- deep mine*, Deep mining 2017, Proceedings of the Eighth International Conference on Deep and High Stress Mining, Australian Centre for Geomechanics, Perth, 949 960, https://doi.org/10.36487/ACG_rep/1704_65_Lyu.
7. Mazlomi, A., Golbabaei, F., Farhang Dehghan, S., Abbasinia, M., Mahmoud Khani, S., Ansari, M., Hosseini, M. 2017. The influence of occupational heat exposure on cognitive performance and blood level of stress hormones: A field study report, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 23, 431-439.
 8. Nguyen, H., Moayed, H., Foong, L.K., Al Najjar, H.H.A., Jusoh, W.W.A., Rashid, A.S.A., Jamali, J., 2019. *Optimizing ANN models with PSO for predicting short building seismic response*, Eng. Comput [Google Scholar] [CrossRef].
 9. Nguyen, H., Moayed, H., Jusoh, W.A.W., Sharifi, A., 2019, *Proposing a novel predictive technique using M5Rules-PSO model estimating cooling load in energy-efficient building system*, Eng. Comput [Google Scholar] [CrossRef].
 10. Tang, B., Xiang, K., Pang, M., 2018. *An integrated particle swarm optimization approach hybridizing a new self-adaptive particle swarm optimization with a modified differential evolution*, Neural Comput. Appl [Google Scholar] [CrossRef]
 11. Truong Tien Quan, Klaudia Zwolińska-Gładys, Rafał Łuczak, Marek Borowski, 2024. *Application of ANN Artificial Neural Networks to Predict Air Temperature in Longwall Workings of Vietnamese Anthracite Mines*, Inżynieria Mineralna. 10.29227/IM 2023-02-60
 12. Varghese, B.M., Hansen, A., Bi, P., Pisaniello, D., 2018. Are workers at risk of occupational injuries due to heat exposure? A comprehensive literature review, *Safety Science*, 110, 380-392.
 13. Zhang, X., Nguyen, H., Bui, X.-N., Tran, Q.-H., Nguyen, D.-A., Bui, D.T., Moayed, H., 2019. Novel Soft Computing Model for Predicting Blast-Induced Ground Vibration in Open-Pit Mines Based on Particle Swarm Optimization and XGBoost, *Natural Resources Research*, [Google Scholar] [CrossRef].

APPLICATION OF OPTIMIZATION ALGORITHMS IN SUPPORT VECTOR REGRESSION MODELS FOR PREDICTING AIR TEMPERATURE IN WORKING FACES AT NAM MAU COAL MINE

Nguyen Van Quang^{1,*}, Nguyen Van Thinh¹, Bui Manh Tung¹

¹Hanoi University of Mining and Geology

ABSTRACT

In this study, different optimization algorithms were employed and evaluated to predict air temperature in the working faces of underground coal mines operated by Nam Mau Coal Company - TKV, Quang Ninh province. The algorithms considered include Adaptive Particle Swarm Optimization (APSO), Genetic Algorithm (GA), and Artificial Bee Colony (ABC). These algorithms were applied to optimize the Support Vector Regression (SVR) model. The corresponding hybrid models are denoted as APSO-SVR, GA-SVR, and ABC-SVR. For each optimization algorithm, the Radial Basis Function (RBF) kernel was used in the SVR, which has been thoroughly investigated and developed. A total of three hybrid models were developed to forecast the air temperature in the working faces at Nam Mau coal mine. A dataset of 208 samples was collected from various working faces, levels, and time periods. Statistical metrics such as R^2 , RMSE, and MAE were employed to evaluate the developed models. The results indicate that GA is the most effective optimization algorithm for the current problem when combined with SVR. The proposed GA-SVR-RBF model is the most effective technique for predicting air temperature in the longwall coal mine at Nam Mau, achieving RMSE = 0.182, $R^2 = 0.95$ and MAE = 0.128.

Keywords: air temperature in working faces; hybrid model; optimization algorithm; Nam Mau coal mine



TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA

PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ VÀ MÔI TRƯỜNG

Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment



ISBN: 978-632-615-267-8



Sách không bán