

**PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL WORKSHOP ON ADVANCES IN
SURFACE MINING FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION AND SUSTAINABLE
DEVELOPMENT 17 OCTOBER 2025, HA NOI, VIET NAM**



**THE 60th ANNIVERSARY
OF SURFACE MINING EDUCATION**

ADVANCES IN SURFACE MINING FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT-2025 (ASMES - 2025)



TRANSPORT PUBLISHING HOUSE, HA NOI, VIET NAM

TABLE OF CONTENTS

No.	AUTHORS	PAPER	PAGES
1.	Xuan-Nam Bui, Tran Quang Hieu, Nguyen Anh Tuan, Do Ngoc Hoan, Nguyen Phu Vu, Le Van Quyen	Training and Scientific Research Orientation in Surface Mining: Steadfast Integration, Reaching New Heights in the Modern Era	1-14
• 2.	Nguyen Anh Tuan, Pham Van Viet, Pham Van Hoa, Do Ngoc Hoan, Tran Dinh Bao	Stone in Vietnam: Building stone, rock fill and armourstone in construction for Sustainable Development	15-23
3.	Xuan-Nam Bui, Carsten Drebenstedt, Nguyen Hoang, Nguyen Van Duc, Tran Quang Hieu, Nguyen Quoc Long, Le Ngoc Ninh	Smart Mining - Opportunities and Challenges for Vietnam's Mining Industry	24-41
4.	Lai Hong Thanh, Mai The Toan, Le Ngoc Ninh, Xuan-Nam Bui	Vietnam's 2024 Law on Geology and Minerals: Opportunities and Challenges for the Mining Industry	42-55
• 5.	Le Thi Thu Hoa, Nguyen Hoang, Tran Quang Hieu, Tran Dinh Bao, Le Qui Thao, Nguyen Truc Anh, Atrushkevich Victor, Xuan-Nam Bui	Some Technological Approaches, Optimization Strategies, and Sustainable Development Directions for Selective Mining in Vietnam's Open-Pit Coal Mines	56-66
6.	Le Qui Thao, Do Ngoc Le Dung, Nguyen Thi Thuc Anh, Do Ngoc Hoan, Xuan-Nam Bui	Some Technological Orientations for Safe and Environmentally Friendly Mining Technology of Coastal Placer Titanium Deposits in Vietnam	67-83
7.	Tran Quang Hieu, Nguyen Van Duc, Xuan-Nam Bui, Trinh Hai Son, Bui Hoang Bac	Sustainable Rare Earth Mining Technologies: Global Trends and a Tailored Model for Vietnam's Development	84-98
8.	Tran Quang Hieu, Xuan-Nam Bui, Le Ngoc Ninh, Bui Hong Quang, Nguyen Van Hai	The management and utilization of industrial explosives in Vietnam: Achievements, opportunities, challenges, and future development orientations.	99-110
9.	Thang Dam Trong, Duc Ngo The	Experimental investigation on the influence of water saturation on the propagation velocity of blasting stress waves	111-123
• 10.	Nguyen Dinh An , Tran Dinh Bao	Controlling Harmful Impacts of Rock Blasting for Construction Site Preparation in Ha Giang Province, Vietnam	124-136
11.	Ngo Ngoc Thuy, Dam Trong Thang	A Study on Mitigating Air Shock Wave Intensity in Surface Blasting for Rock Fragmentation Using Sand Cover Layers	137-148
12.	Van-Viet Pham, Pirat Jaroonpattanapong, Nguyen Anh Tuan, Van -Hoa Pham	Prediction of an appropriated powder factor used for blasting under the consideration of blast direction and rock mass quality	149-163
13.	Tung Lam Vu, Quang Hieu Tran, Trong Hieu Vu	Investigation and Analysis for the Selection of an Appropriate Method to determine Rock fragmentation from Experimental Data	164-175
• 14.	Do Ngoc Hoan, Tran Quang Hieu, Tran Dinh Bao	Achievements and Challenges in Occupational Safety and Health Management in the Mineral Mining industry in Vietnam	176-189
15.	Lam Kieu Anh, Tran Quang Hieu, Do Ngoc Hoan, Nguyen Anh Tho, Do Thi Lan Chi	Assessment and Control of Fire and Explosion Risks in Industrial Explosives Storage Facilities	190-209

• 16.	Do Van Trieu, Tran Dinh Bao, Dang Tien Anh, Dinh Ba Lam, Nguyen Van Hoang	Overview of Carbon Storage Technologies in Mine Waste Rock: Opportunities and Challenges for TKV Open-Pit Mines	210-223
17.	Do Thi Lan Chi, Vu Van Thu, Do Ngoc Hoan	Safety Culture In Enterprises: An Assessment And Intervention Framework Based On A Multi-Model Approach	224-233
18.	Xuan-Nam Bui, Thi-Tam Nguyen, Ngoc-Ninh Le, Duc-Tin Quach, Quang-Hieu Tran, Chang-Woo Lee, Van-Trieu Do, Van-Duc Nguyen	Decarbonizing Vietnam's Open-Pit Coal Mining: A Life Cycle Case Study of Emissions and Mitigation Pathways	234-248
19.	Tuan-Ngoc Le, Nguyen Truc Anh, Hoang Nguyen, Xuan-Nam Bui	Predicting PM2.5 Concentrations in an Open-Pit Copper Mine Using Advanced AI Techniques: Insights from the Sin Quyen Copper Mine, Vietnam	249-268
20.	Léopold Dupuy, Nguyen Mai Anh, Hoang Nguyen	Soil Organic Carbon Assessment and Prediction in Rehabilitated Open-Pit Mining Areas Using GIS and Machine Learning: Insights from France	269-290
• 21.	Tran Dinh Bao, Vu Van Thu	Analysis, evaluation, and proposal of solutions to enhance the effectiveness of occupational safety and health practices in Vietnam in the current period	291-312
22.	Do Duc Thanh, Ngo Thanh Tuan	Impact of large capacity solar power sources when connected near high-voltage power system supplying electricity to mining areas	315-320
23.	Nguyen Hoang Long, Xuan-Nam Bui, Tran Thi Hai Van, Dinh Bao Ngoc, Tran Truong Giang	Development of a Management and Monitoring System for Production Activities in Open-Pit Quarries in Vietnam	321-328
24.	Dam Trong Thang, Nguyen Chi Ta, Vu Chong Hieu, Le Hong Hai	Improvement of the Method for Determining the Specific Explosive Consumption for Rock Destruction under Water by a Charge in a Borehole, Based on the Rock Failure Mechanism Induced by Reflected Stress Waves	329-342
25.	Nguyen Van Tinh, Dam Trong Thang, Le Sy Thuong, Tran Quang Hieu	Study of the calculation, design, and fabrication of rational small explosive charges for experimental research on soil and rock blasting using miniature models	343-358
26.	Nguyen V.H, Dam T.T, Nguyen V.I, Tatarinov V.V, Tran V.L	Experimental Study of Noise Reduction Solutions in an Electric Explosion Device Model	359-374
27.	Nguyen Manh Thuong, Dam Trong Thang, Ta Quang Yen	Esearch, Fabrication and Testing of an Assembled Floating Working Platform for Underwater Drilling of Blast Holes in Marine Conditions in Quang Ninh Province	375-385
28.	Nguyen Anh Tuan, Do Ngoc Hoan, Pham Van Viet, Tran Quang Hieu	Proposing fundamental criteria for open-pit mining to ensure efficiency, sustainability, and climate change adaptation in Vietnam	386-395
29.	Tran Quang Hieu, Nguyen Anh Tuan, Do Ngoc Hoan, Xuan -Nam Bui, Nguyen Van Duc	The future of open-pit mining in Vietnam: opportunities, challenges, and pathways to sustainability	396-412
30.	Le Duc Phuong , Do Ngoc Hoan, Phi Trung Kien	Methodology for rational determination of ultimate pit limits for monometallic and polymetallic mines managed by TKV	413-422
• 31.	Nguyen Anh Tuan, Pham Van Viet, Tran Trung Anh, Nguyen Van Tinh, Tran Dinh Bao, Pham Minh Tu, Noelie Escutenaire	Run-of-mine ore quality homogenization: Application for mining conditions of block 24-122, Tan Rai bauxite mine, Tay Nguyen	423-431

- 32. Nguyen Anh Tuan, Pham Van Viet, Tran Trung Anh, Tran Dinh Bao, Pham Van Hoa Hoa, Pham Minh Tu, Noelle Escutenaire
Bauxite ore grade model: construction of a resource and grade distribution map for block 24-122, Tan Rai bauxite mine 432-440
33. Khuong The Hung, Bui Hoang Bac Vu The Thu
Sustainable development of apatite ore at the Coc mine, Lao Cai province based on a comprehensive assessment of geological conditions and mining status 441-447
- 34. Le Ba Phuc, Do Van Trieu, Dang Tien Anh, Tran Dinh Bao
Study on developing a method for monitoring the load model on dump trucks transporting overburden at open-pit mines for digital transformation 448-459
35. Do Ngoc Tuoc, Nhu Viet Tuan, Trinh Thi Phuong
Assessment of the Potential for Microbial Underground Coal Biogasification in the Red River Delta Coal Basin 460-469
36. Dam Quang Sang, Nguyen Van Tinh, Hoang Trung Huu, Nguyen Ngan, Tran Van Dung, Tran Quang Hieu
Method for Determining Detonator Parameters for Blasting in Open-Pit Mines in Vietnam 470-479
- 37. Pham Van Hoa, Tran Van Dung, Hoang Anh Phong, Trinh Quang Trung, Le Van Quyen, Duong Thanh Trung, Tran Dinh Bao, Tran Quang Hieu, Nguyen Anh Tuan, Nguyen Dinh An, Pham Van Vie
Drilling and blasting operations management system – designed to meet digital transformation requirements and adapted to practical conditions of Open-Pit coal mines in Quang Ninh region 480-490
- 38. Doan Van Thanh, Do Van Trieu, Dinh Ba Lam, Tran Dinh Bao
Study on simulating the propagation of blasting stress waves in water-saturated rock and soil conditions at coal mines under TKV 491-500
39. Hoang Manh Thang, Doan Van Thanh, Dinh Ba Lam, Dang Tien Anh
Research on Non-Explosive Rock Breaking Methods for Open-Pit Mines in Vietnam 501-510
40. Luu Van Thuc, Do Van Trieu, Le Ba Phuc, Le Thi Thu Hoa
The necessity of researching and developing a monitoring database and a slope stability warning program for pit walls and waste dumps using digital models integrated with artificial intelligence (AI) for open-pit mines under TKV 511-520
41. Dao Van Chi , Vu Thai Tien Dung, Phan Mai Linh
International experience in mainstreaming environmental protection into mineral resource development and implications for Vietnam 521-527
42. Pham Anh Hai , Nguyen Anh Tuan, Trinh Van Hiep, Pham Hong Thai, Dang Anh Duc
Application of CCUS Technology in TKV Thermal Power Plants: Potentials and Prospects (Part I) 528-538
43. Nguyen Anh Tuan, Nguyen Xuan Tu, Pham Van Viet, Do Anh Son, Ngo Thanh Tuan, Nguyen Tien Hung.
Impact assessment of open-pit mining on underground mine structures: A case study of coking coal mining, Bac Lang Cam, Thai Nguyen provinc 539-556
- 44. Nguyen Dinh An , Nhu Van Bach, Tran Dinh Bao
Real - Time Blasting Plans Generation Using Artificial Intelligence: Improving Efficiency and Safety in Mining Blasting Operations 557-564



ASMES - 2025

www.khaithaclathien.edu.vn



Real - Time Blasting Plans Generation Using Artificial Intelligence: Improving Efficiency and Safety in Mining Blasting Operations

Nguyen Dinh An^{1,2,*}, Nhu Van Bach², Tran Dinh Bao^{1,2}

¹Faculty of Mining, Hanoi University of Mining and Geology (HUMG), Hanoi, Vietnam

²Strong Research Group on Advances in Sustainable and Responsible Mining, Hanoi University of Mining and Geology (HUMG), Hanoi, Vietnam

ABSTRACT:

In the mining industry, particularly in surface mining, the development of effective blasting plans is critical to achieving efficient rock fragmentation, ensuring operational safety, and minimizing environmental impacts. Conventional planning methods, which rely on standard designs and operator experience, often fall short in practice due to the lack of robust data optimization. This paper presents an artificial intelligence (AI)-based approach designed to generate optimized blasting plans for specific sites by leveraging historical data and real-time monitoring results. The proposed AI system also facilitates the optimization of drilling and blasting parameters for each blast event and provides predictive outputs for ground vibration, air overpressure, and flyrock—all of which are consolidated in the final optimized blasting plans.

Keywords:

Blasting Passport; Mining; Artificial Intelligence (AI); Ground Vibration; Blasting Safety

*Corresponding author.

E-mail address: nguyendinhnan@humg.edu.vn 557

Ứng dụng trí tuệ nhân tạo lập hộ chiếu nổ mìn theo thời gian thực nhằm nâng cao hiệu quả và đảm bảo an toàn nổ mìn trong khai thác mỏ

Nguyễn Đình An^{1,2,*}, Nhữ Văn Bách^{1,3}, Trần Đình Bảo^{1,2}

¹ Khoa Mỏ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

² Nhóm Nghiên cứu mạnh Những tiến bộ trong Khai thác mỏ Bền vững và Có trách nhiệm, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

³ Hội kỹ thuật nổ mìn Việt Nam

Tóm tắt: Trong ngành khai khoáng nói chung và khai thác mỏ lộ thiên nói riêng, việc lập hộ chiếu nổ mìn đóng vai trò quan trọng đến hiệu quả phá vỡ đất đá, đảm bảo an toàn và giảm thiểu tác động xấu tới môi trường xung quanh. Hiện nay, việc lập hộ chiếu chủ yếu dựa trên phương án nổ mìn và kinh nghiệm nên chưa đáp ứng yêu cầu thực tế do chưa tối ưu hóa được thông tin có liên quan. Bài báo đề xuất ứng dụng trí tuệ nhân tạo dựa trên dữ liệu nổ mìn lịch sử và kết quả giám sát theo thời gian thực để lập hộ chiếu nổ mìn tối ưu cho từng bãi nổ. Đồng thời, ứng dụng này cũng cho phép tối ưu hóa các thông số khoan – nổ mìn của đợt nổ và đưa ra kết quả dự báo chấn động, sóng và đập không khí, đá văng tương ứng với hộ chiếu nổ mìn được tối ưu.

Từ khóa: Hộ chiếu nổ mìn, Khai thác mỏ, Trí tuệ nhân tạo (AI), Chấn động nổ mìn, An toàn nổ mìn

1. Đặt vấn đề

Trong hoạt động khai thác mỏ, nổ mìn là khâu đầu tiên trong quy trình công nghệ khai thác trên mỏ. Chất lượng của các đợt nổ ảnh hưởng nhiều đến hiệu quả của những khâu công nghệ tiếp theo, đồng thời công tác này cũng luôn tiềm ẩn nhiều rủi ro về an toàn và môi trường. Để có một quy trình nổ mìn tốt phải thiết kế hộ chiếu chuẩn xác trên cơ sở những tài liệu có đầy đủ các thông tin về tính chất cơ-lý của đất đá, độ nứt nẻ và độ ngậm nước, các thông số của hệ thống khai thác và đồng bộ thiết bị mỏ sử dụng, mức độ đập vỡ đất đá hợp lý của mỏ,... Ngoài ra, cần phải có những biện pháp thi công phù hợp, an toàn tuyệt đối, đúng với hộ chiếu đã được phê duyệt, đảm bảo an toàn, hiệu quả và thân thiện với môi trường. Tuy nhiên, hiện nay việc thiết kế hộ chiếu nổ mìn chủ yếu được làm thủ công, thiếu khả năng thích ứng với điều kiện cụ thể của từng bãi nổ, cũng như chưa tận dụng được nguồn dữ liệu đã có (các dữ liệu nổ mìn của các đợt nổ trước, kết quả giám sát nổ mìn theo thời gian thực),...

Trên thế giới, việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence - AI), học máy (Machine learning) và công nghệ số hóa đang dần thay đổi tư duy trong thiết kế và vận hành mỏ, nhất là đối với khâu nổ mìn. Các nghiên cứu tại Úc, Canada, Hoa Kỳ, Việt Nam,... đã chỉ ra tiềm năng của AI trong việc dự đoán tác động có hại của nổ mìn, tối ưu hóa trình tự nổ, xác định quy mô vụ nổ, nâng cao hiệu quả và giảm chi phí nổ mìn (Jhanwar et al., 2020; Raina et al., 2022; Nguyen Dinh An, 2020; Nguyen Hoang, 2021). Đặc biệt, một số mỏ tại Australia đã triển khai hệ thống mô phỏng nổ mìn theo thời gian thực kết hợp với AI, học máy để mô phỏng trình tự nổ mìn theo từng lỗ mìn và điều kiện thực tế của bãi nổ. Các phần mềm nổ mìn thương mại

như BlastIQ, SHOTPlus (Orica), iRing, và Rocscience đã bắt đầu tích hợp dữ liệu kết quả giám sát nổ mìn để điều chỉnh hộ chiếu, tuy nhiên các phần mềm này vẫn chưa hoàn toàn tự động hóa thiết kế hộ chiếu nổ mìn theo thời gian thực.

Tại Việt Nam, việc lập hộ chiếu nổ mìn vẫn chủ yếu do cán bộ kỹ thuật mỏ lập dựa trên phương án nổ mìn, hộ chiếu nổ mìn mẫu và kinh nghiệm thực tế. Một số công ty thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam, Tổng Công ty xi măng,... đã bước đầu ứng dụng phần mềm để thiết kế và lập hộ chiếu nổ mìn, nhưng mới dừng lại ở mức bán tự động mà chưa có hệ thống nào tích hợp trí tuệ nhân tạo, học máy để tự động xây dựng hộ chiếu theo thời gian thực.

Trong những năm gần đây cùng với sự phát triển của đất nước có rất nhiều công trình dân dụng và một số mỏ khai thác gần khu dân cư, khu bảo tồn, cơ sở hạ tầng trọng yếu (đường cao tốc, hồ chứa, nhà máy,...), do đó yêu cầu về độ chính xác và kiểm soát rủi ro trong nổ mìn ngày càng nghiêm ngặt. Chính vì vậy, việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo, học máy thiết kế, lập hộ chiếu nổ mìn theo thời gian thực và cơ sở dữ liệu là rất cấp thiết.

2. Khái niệm và phân loại hộ chiếu nổ mìn

2.1. Hộ chiếu nổ mìn truyền thống

Hộ chiếu nổ mìn truyền thống là một tài liệu kỹ thuật bắt buộc, do cán bộ kỹ thuật lập ra trước mỗi lần nổ mìn, nhằm quy định các thông số thiết kế, biện pháp kỹ thuật – an toàn, sơ đồ tổ chức và nhân sự thực hiện nhằm tuân thủ quy trình, kiểm soát rủi ro, ghi nhận thông tin phục vụ giám sát – nghiệm thu – điều tra khi cần thiết.

Căn cứ để xây dựng hộ chiếu nổ mìn truyền thống là điều kiện tự nhiên, như: tính chất của đất đá mỏ về cơ lý, độ nứt nẻ, tính phân lớp, phương vị các phân lớp, hướng cắm và góc cắm của các phân lớp, vị trí của mặt thoáng (mặt sườn tầng), điều kiện kỹ thuật hiện có, như: loại thuốc nổ (chịu nước, không chịu nước) và mồi nổ, loại phương tiện nổ (dây nổ với rơ le vi sai, kíp điện và các phương tiện nổ điện, phương tiện nổ phi điện) và yêu cầu về mức độ đập vỡ (mức độ đập vỡ hợp lý, tỷ lệ đá quá cỡ), quy mô một bãi nổ; vị trí khu vực nổ trên bình đồ, độ cao khu vực nổ so với các công trình, nhà cửa ở xung quanh cần bảo vệ, bản vẽ mô tả vị trí các công trình cần bảo vệ, mức độ và tính chất quan trọng cũng như độ bền của chúng, tính chất của đất đá ở nền công trình cần bảo vệ.

2.2. Hộ chiếu nổ mìn theo thời gian thực

Hộ chiếu nổ mìn theo thời gian thực là một hệ thống giám sát, quản lý toàn diện mọi hoạt động liên quan đến khâu nổ mìn trong khai thác mỏ, liên tục cập nhật dữ liệu kỹ thuật, môi trường, người lao động, qua hệ thống cảm biến, thiết bị đo, dữ liệu môi trường, mô hình địa chất và hệ thống thông tin địa lý (GIS). Như vậy, hộ chiếu nổ mìn theo thời gian thực là một loại hộ chiếu kỹ thuật số được xây dựng trên nền tảng công nghệ số hóa, cho phép cập nhật, điều chỉnh và tối ưu hóa phương án nổ mìn theo thời gian thực. Khác với hộ chiếu truyền thống chỉ phản ánh các điều kiện giả định trước nổ mìn, hộ chiếu theo thời gian thực có thể tự động điều chỉnh các thông số kỹ thuật như: khối lượng thuốc nổ, trình tự khởi nổ, thời gian vi sai, phương pháp khởi nổ,... nhằm đảm bảo hiệu quả phá vỡ đất đá, đảm bảo an toàn tuyệt đối trong quá trình nổ mìn. Đây là sự phát triển tất yếu, phù hợp với mô hình “mỏ thông minh” (Smart mining) và công nghiệp 4.0.

2.3. Phân tích ưu - nhược điểm của hộ chiếu nổ mìn truyền thống và hộ chiếu nổ mìn theo thời gian thực

Như đã trình bày ở trên hộ chiếu nổ mìn truyền thống là dạng hộ chiếu được lập cố định từ trước khi thi công. Ưu điểm của loại hộ chiếu này là tính ổn định, dễ quản lý, đảm bảo tuân thủ các quy định an toàn. Tuy nhiên, nhược điểm lớn nhất của hộ chiếu truyền thống là không cập nhật theo điều kiện địa chất, địa hình thực tế tại thời điểm nổ, không khai thác hết dữ liệu đã có và kiểm soát, giám sát theo thời gian thực, do vậy không tối ưu được hiệu quả nổ mìn và mức độ an toàn.

Ngược lại, hộ chiếu nổ mìn theo thời gian thực là loại hộ chiếu có khả năng cập nhật dữ liệu tại bãi nổ tức thời, tích hợp dữ liệu từ các lần nổ trước và sử dụng AI phân tích. Ưu điểm nổi bật của hệ thống này là đáp ứng cao, có khả năng đưa ra hộ chiếu phù hợp với từng điều kiện cụ thể, dễ dàng tối ưu hóa hiệu quả nổ mìn, đảm bảo an toàn và giảm thiểu rủi ro do nổ mìn. Tuy nhiên, hạn chế chính của hộ chiếu là chi phí đầu tư ban đầu lớn, yêu cầu nguồn nhân lực kỹ thuật cao, phụ thuộc vào hạ tầng công nghệ,...

Việc so sánh hai loại hộ chiếu không chỉ giúp nhận diện rõ vai trò tổ chức, kỹ thuật, mà còn phản ánh hiệu quả, tính linh hoạt và khả năng ứng phó với sự cố trong thực tế nổ mìn. Bảng 1 trình bày chi tiết những điểm giống và khác biệt giữa hộ chiếu nổ mìn truyền thống và hộ chiếu nổ mìn theo thời gian thực, theo các tiêu chí: tổ chức, kỹ thuật, hiệu quả và an toàn.

Bảng 1: Bảng so sánh ưu - nhược điểm hai loại hộ chiếu nổ mìn

TT	Tiêu chí	Hộ chiếu nổ mìn truyền thống	Hộ chiếu nổ mìn theo thời gian thực
1	Về tổ chức	- Phân công thủ công, dựa vào kinh nghiệm - Dễ mắc sai sót do thiếu liên kết giữa các bộ phận	- Tổ chức đồng bộ, minh bạch - Có thể tích hợp dữ liệu từ nhiều khâu (khoan, nạp, giám sát)
2	Về quản lý kỹ thuật	- Dữ liệu cập nhập ghi tay, thiếu tính chuẩn hóa - Khó kiểm tra và tìm nguồn sai sót	- Quản lý bằng phần mềm, có mã hóa QR - Dữ liệu truy cập nhanh, chính xác
3	Mức độ đáp ứng	- Tốn thời gian ghi chép, tổng hợp - Phụ thuộc người lập	- Tự động hóa cập nhập dữ liệu, báo cáo - Giảm thời gian
4	Về an toàn	- Dễ bỏ sót thông tin - Không có cảnh báo sớm - Không giám sát được từ xa	- Có cảnh báo sai sót kỹ thuật - Giám sát qua camera/IoT, cảnh báo tự động
5	Về kiểm tra giám sát	- Khó kiểm tra sau nổ, chủ yếu dựa vào giấy tờ in	- Dễ truy xuất hồ sơ, lưu trữ lâu dài - Thanh tra, kiểm tra dễ dàng
6	Về mặt pháp lý	- Đáp ứng tối thiểu theo QCVN 01:2019/BCT và các nghị định, thông tư về VLNCN - Thiếu tính chứng minh khi xảy ra sự cố	- Đáp ứng đầy đủ về mặt pháp lý và có khả năng chứng minh rõ ràng quy trình thực hiện theo thời gian thực
7	Về ứng dụng công nghệ	- Ghi tay hoặc nhập Excel - Không đồng bộ với các hệ thống khác	- Tích hợp với hệ thống giám sát nổ mìn, flycam, phần mềm chuyên ngành
8	Về chi phí	- Chi phí thấp - Không cần thiết bị số hóa	- Chi phí đầu tư cao hơn ban đầu (thiết bị, phần mềm, huấn luyện)
9	Về khả năng áp dụng	- Hạn chế, không thể dùng cho dự án lớn hoặc nhiều đơn vị tham gia	- Dễ mở rộng, kết nối với hệ sinh thái mở thông minh (BIM, IoT, AI)
10	Phản hồi và cải tiến	- Không có dữ liệu tổng hợp phục vụ cải tiến kỹ thuật	- Dữ liệu thời gian thực giúp phân tích, học máy, cải tiến liên tục quy trình nổ mìn

3. Phương pháp xây dựng hệ chiếu nổ mìn theo thời gian thực

3.1. Cấu trúc hệ thống hệ chiếu nổ mìn theo thời gian thực

Sử dụng AI, học máy lập hệ chiếu nổ mìn theo thời gian thực là một nền tảng thông minh hoạt động theo kiến trúc mô đun, liên kết chặt chẽ giữa các thành phần thu thập – xử lý – phân tích – ra quyết định – và phản hồi. Cấu trúc hệ thống bao gồm 5 mô đun chính, hoạt động tuần hoàn và tương tác thời gian thực (Hình 1).



Hình 1. Cấu trúc hệ chiếu nổ mìn theo thời gian thực

a. Mô đun thu thập dữ liệu hiện trường

Ghi nhận liên tục các thông tin đầu vào từ hiện trường mở như: Điều kiện địa chất, các thông số của bãi khoan, điều kiện môi trường (nhiệt độ, gió), các dữ liệu giám sát nổ mìn.

b. Mô đun xử lý và chuẩn hóa dữ liệu

Chuẩn hóa và phân loại dữ liệu thu được để sẵn sàng cho việc phân tích AI, học máy để hệ thống hoạt động trên cơ sở dữ liệu thời gian thực, đồng nhất và tin cậy.

c. Mô đun phân tích – học máy – mô phỏng

- Mô hình học máy: Học từ dữ liệu lịch sử các vụ nổ mìn để dự đoán các tác động có hại của nổ mìn (đá bay, chấn động, sóng va đập không khí...).

- Tối ưu hóa các thông số nổ mìn như lượng thuốc nổ tức thời lớn nhất, sơ đồ nổ, trình tự nổ để giảm thiểu rủi ro.

- Mô phỏng kết quả nổ mìn, dự đoán chấn động, sóng va đập không khí, đá bay, mức độ đập vỡ,...

d. Mô đun quản lý và lập hệ chiếu nổ mìn theo thời gian thực

Tự động lập hộ chiếu nổ mìn theo thời gian thực dưới dạng số hóa theo đúng mẫu quy định của pháp luật có tích hợp mã QR để truy cập tại hiện trường bằng điện thoại hoặc máy tính bảng.

e. Mô đun giám sát – phản hồi – học ngược

Sau mỗi vụ nổ mìn, hệ thống tiếp tục thu thập cập nhập dữ liệu đầu ra (chấn động nổ mìn, sóng va đập không khí, đá bay, thông số nổ mìn, mức độ đập vỡ,...) và so sánh kết quả thực tế với hộ chiếu theo thời gian thực để hiệu chỉnh mô hình AI.

3.2. Nguyên lý hoạt động

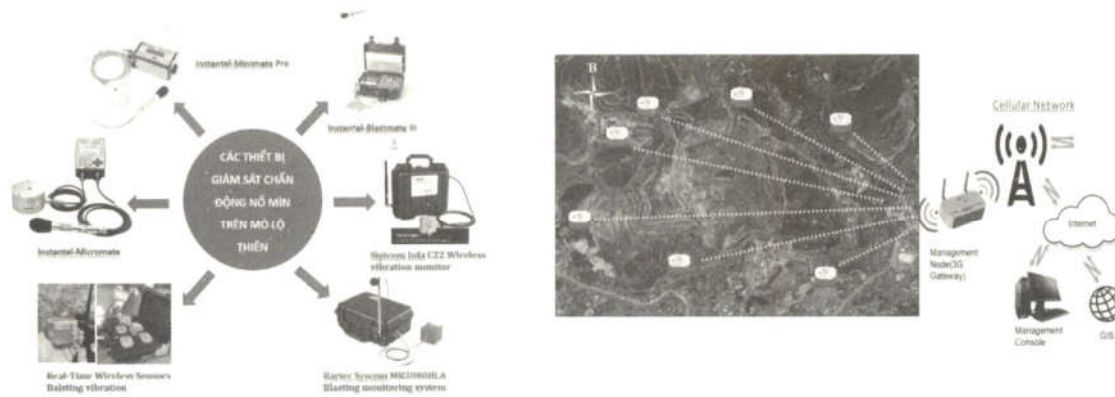
Trên cơ sở cấu trúc hệ thống đã được xây dựng ở mục 3.2, nguyên lý hoạt động của hệ thống hộ chiếu nổ mìn theo thời gian thực được tổ chức theo một chu trình khép kín, bao gồm các bước: thu thập, cập nhập dữ liệu, xử lý – phân tích, lập hộ chiếu, giám sát thực địa, cập nhật và học sâu. Nguyên lý này được mô tả như sau (Hình 2):



Hình 2: Nguyên lý hoạt động hộ chiếu nổ mìn theo thời gian thực

- Bước 1: Thu thập dữ liệu đầu vào

Thông qua hệ thống tích hợp cảm biến đo các tác động có hại của nổ mìn, camera AI giám sát hình ảnh, thu thập được các dữ liệu theo thời gian thực. Ngoài ra, còn có các dữ liệu đã có bao gồm: các thông số nổ mìn, loại thuốc nổ, phương tiện nổ, phương pháp nổ mìn, mức độ đập vỡ và tính chất cơ lý của đất đá. Hình 3 giới thiệu các thiết bị thông minh giám sát nổ mìn để thu thập dữ liệu theo thời thực và Hình 4 giới thiệu hình ảnh giám sát thực tế khi thi công bãi nổ.



Hình 3: Giới thiệu các thiết bị thu thập dữ liệu tại hiện trường theo thời gian thực



Hình 4: Thu thập dữ liệu tại hiện trường theo thời gian thực

- Bước 2: Xử lý và chuẩn hóa dữ liệu

Toàn bộ dữ liệu thu thập được đưa vào hệ thống xử lý sơ bộ để chuẩn hóa và loại bỏ nhiễu. Sau đó, dữ liệu được gán nhãn để phục vụ cho mô hình học máy. Đặc biệt, dữ liệu được phân loại theo từng khu vực tiến hành nổ mìn để đảm bảo độ chính xác cho từng hộ chiếu.

- Bước 3: Phân tích và lập chiếu nổ mìn

Từ dữ liệu đầu vào, AI sử dụng các mô hình học máy để phân tích mối quan hệ giữa thông số đầu vào và kết quả nổ mìn trong quá khứ và dự báo kết quả nổ mìn tương ứng với các tổ hợp thông số khác nhau. Kết quả là một bản hộ chiếu nổ mìn theo thời gian thực đúng theo quy định hiện hành và phù hợp với điều kiện thực tế tại thời điểm tiến hành nổ mìn.

- Bước 4: Triển khai và giám sát thực tế

Sau khi hộ chiếu đã được lập, người quản lý sẽ hiệu chỉnh và ký duyệt theo đúng quy định hiện hành. Trong quá trình nổ mìn được thực hiện dưới giám sát của hệ thống cảm biến theo thời gian thực và các sai lệch so với hộ chiếu sẽ được ghi nhận.

- Bước 5: Phản hồi và học máy liên tục

Dữ liệu kết quả từ vụ nổ được đưa ngược lại vào hệ thống để cập nhật cơ sở dữ liệu. AI sẽ học từ các phản hồi thực tế này để tinh chỉnh thuật toán và cải thiện độ chính xác. Đây là điểm rất quan trọng để hộ chiếu nổ mìn theo thời gian thực có khả năng tự thích nghi theo điều kiện khai thác từng khu vực.

4. Kết luận và kiến nghị

4.1. Kết luận

Việc ứng dụng AI, học máy trong hệ thống giám sát và xây dựng hộ chiếu nổ mìn theo thời gian thực đã đưa ra hướng tiếp cận mới trong công tác đảm bảo an toàn, hiệu quả và hiện đại hóa khâu nổ mìn trong khai thác mỏ. Qua nghiên cứu có thể rút ra các kết luận sau:

- Việc sử dụng trí tuệ nhân tạo, học máy lập hệ chiếu nổ mìn theo thời gian thực cho phép phân tích dữ liệu đầu vào (tính chất cơ lý đất đá, mức độ đập vỡ, điều kiện môi trường,...) và đầu ra (các thông số nổ mìn tối ưu, chấn động, đá bay, mức độ đập vỡ,...) để lập hệ chiếu nổ mìn theo thời gian thực thay thế cho hệ chiếu truyền thống.
- Khi sử dụng trí tuệ nhân tạo, học máy không chỉ ghi nhận và học từ dữ liệu thực tế, mà còn tự tối ưu qua từng vụ nổ mìn, mang lại độ chính xác cao hơn do AI lập cho từng điều kiện thực địa cụ thể.
- Triển khai hệ chiếu nổ mìn theo thời gian thực kiểm soát được các rủi ro do nổ mìn, giảm thiểu sai sót vận hành và nâng cao hiệu quả kinh tế – kỹ thuật, đảm bảo an toàn tuyệt đối khi thi công nổ mìn.

4.2. Kiến nghị

Để hiện thực hóa và nhân rộng ứng dụng hệ chiếu nổ mìn theo thời gian thực trong khai thác mỏ, nhóm tác giả có kiến nghị như sau:

- Tiến hành triển khai thí điểm: Lựa chọn một số mỏ có điều kiện địa chất phức tạp, gần khu dân cư để áp dụng thử nghiệm, đánh giá hiệu quả và điều chỉnh hệ thống theo phản hồi thực tế.
- Để ứng dụng được cần phải đào tạo và nâng cao năng lực cán bộ kỹ thuật về công nghệ số, phân tích dữ liệu và hiểu rõ nguyên lý hoạt động của AI, học máy để vận hành hệ thống lập hệ chiếu nổ mìn.

Tài liệu tham khảo

- Nguyễn, Đ. A., Nhữ, V. B., Trần, Đ. B., Phạm V. H. & Nguyễn A. T. (2020). Xác định quy mô một đợt nổ hợp lý khi nổ mìn thi công đập tràn xả lũ Hồ Núi Một, tỉnh Bình Định. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất
- Nguyễn, Đ. A., Nhữ, V. B., Trần, Q. H., & Nhữ, V. P. (2010). Nghiên cứu các giải pháp nâng cao hiệu quả và giảm những tác động có hại đến môi trường khi nổ mìn ở mỏ đá vôi Văn Xá thuộc Công ty HH xi măng LUKS (Việt Nam). Hội nghị Khoa học kỹ thuật Mỏ lần thứ 19, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 3–9.
- Nhữ, V. B. (2008). Nâng cao hiệu quả phá vỡ đất đá bằng nổ mìn trong khai thác mỏ. Nhà xuất bản Giao thông Vận tải.
- Xuan-Nam Bui, Hoang Nguyen*, Quang-Hieu Tran, Dinh-An Nguyen, Hoang-Bac Bui (2021), Predicting Blast-induced Ground Vibration in Quarries Using Adaptive Fuzzy Inference Neural Network and Moth-Flame Optimization, Natural Resources Research.
- Nhữ, V. B., & nnk. (2015). Công nghệ khoan - nổ mìn hiện đại với lỗ khoan đường kính lớn áp dụng cho các mỏ khai thác đá vật liệu xây dựng Việt Nam. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.
- QCVN 01:2019/BCT. (2019). Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trong sản xuất, thử nghiệm, nghiệm thu, bảo quản, vận chuyển, sử dụng, tiêu hủy vật liệu nổ công nghiệp và bảo quản tiền chất thuốc nổ. Bộ Công Thương.

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

Số 08 Tầng Bạt Hồ, phường Cửa Nam, TP. Hà Nội

ĐT: 024.39424620 - 39423346 * Fax: 024.38224784

Website: www.nxbgtvt.vn * Email: nxbgtvt@fpt.vn

CHỊU TRÁCH NHIỆM XUẤT BẢN, NỘI DUNG:

Giám đốc - Tổng Biên tập: Nguyễn Minh Nhật

BIÊN TẬP: **Trần Anh Thu**

THIẾT KẾ: **Phương Linh**

Đối tác liên kết: Trường Đại học Mở - Địa chất

Địa chỉ: Số 18 phố Viên, phường Đông Ngạc, TP. Hà Nội

In 500 cuốn khổ 20,5 x 29,5cm, tại Công ty cổ phần in Bản Việt

Địa chỉ: Thôn Hậu Ái, xã Sơn Đồng, TP. Hà Nội.

Số xác nhận đăng ký xuất bản: 3108-2025/CXBIPH/2-57/GTVT.

Mã số sách tiêu chuẩn quốc tế - ISBN: 978-604-76-3193-3.

Quyết định xuất bản số: 76 LK/QĐ-XBGT ngày 8/10/2025.

In xong và nộp lưu chiểu năm 2025.

60 Years
1965 - 2025

THE 60th ANNIVERSARY
OF SURFACE MINING EDUCATION

ISBN: 978-604-76-3193-3



9 786047 631933

NOT FOR SALE