

LIÊN HIỆP CÁC HỘI KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT VIỆT NAM  
HỘI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ MỎ VIỆT NAM



HỘI THẢO KHOA HỌC  
**CHUYỂN ĐỔI SỐ  
DOANH NGHIỆP MỎ**



**NHÀ XUẤT BẢN CÔNG THƯƠNG**  
Hà Long, tháng 9 năm 2022



- 17. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ số nhằm nâng cao hiệu quả khai thác trên các mỏ than - khoáng sản lộ thiên Việt Nam** 99  
*Đoàn Văn Thanh, Lê Bá Phúc, Bùi Duy Nam, Đỗ Văn Triều*  
Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin - Email: doanthanh.vimsat@gmail.com  
*Trần Đình Bão, Nguyễn Tuấn Thành*  
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
- 18. Phương pháp tính toán ổn định bờ mỏ lộ thiên với đồng bộ ứng dụng tin học** 109  
*PGS.TS. Kiều Kim Trúc*  
Hội Khoa học Công nghệ Mỏ Việt Nam
- 19. Sử dụng thuật toán trí tuệ nhân tạo nhằm tối ưu hóa quá trình tuyển nổi và khả năng ứng dụng tại Việt Nam** 118  
*Nhữ Thị Kim Dung, Vũ Thị Chinh, Trần Văn Được*  
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
- 20. Hoàn thiện hệ thống thông tin thống kê trong doanh nghiệp mỏ hướng tới chuyển đổi số trong quản lý doanh nghiệp** 125  
*TS. Nguyễn Thị Bích Ngọc; ThS. Nguyễn Trọng Tuyên*  
Trường Đại học Mỏ - Địa chất; Email: nguyenthibichngoc@humg.edu.vn  
*Ban Khoa học, Công nghệ Thông tin và Chiến lược phát triển,*  
Tập đoàn Công nghiệp Than - khoáng sản Việt Nam
- 21. Nghiên cứu quy trình công nghệ thành lập bản đồ thành phố 3D trên nền Web phục vụ quá trình chuyển đổi số** 132  
*Vương Trọng Kha*  
Trường Đại học Mỏ Địa chất  
*Trịnh Lê Hùng*  
Học viện Kỹ thuật Quân sự
- 22. Giải pháp đảm bảo chất lượng thông tin kế toán của doanh nghiệp khai thác than trong thời kỳ chuyển đổi số** 138  
*TS. Phạm Thị Hồng Hạnh, TS. Nguyễn Thị Bích Ngọc*  
Trường Đại học Mỏ - Địa chất  
Email: phamthihonghanh@humg.edu.vn
- 23. Giải pháp công nghệ kỹ thuật số trong công tác quản lý, giám sát và cảnh báo mức độ an toàn đối với đập hồ thải quặng đuôi tại Việt Nam** 146  
*Vũ Đình Trường, Nguyễn Thị Thu*  
Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ - Luyện Kim;  
*Phạm Văn Việt*  
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
- 178 *Hội Khoa học và Công nghệ mỏ Việt Nam*



# NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ SỐ NHẪM NÂNG CAO HIỆU QUẢ KHAI THÁC TRÊN CÁC MỎ THAN - KHOÁNG SẢN LỘ THIÊN VIỆT NAM

ĐOÀN VĂN THANH, LÊ BÁ PHƯỚC

BÙI DUY NAM, ĐỖ VĂN TRIỀU

Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin

TRẦN ĐÌNH BẢO, NGUYỄN TUẤN THÀNH

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Email: doanthanh.vimsat@gmail.com

## Tóm tắt

Chuyển đổi số và ứng dụng khoa học công nghệ thông tin vào sản xuất đang là xu hướng chung cho tất cả các ngành công nghiệp. Ưu điểm khi áp dụng công nghệ số là khả năng tự động hóa, hiệu suất làm việc cao, thời gian xử lý nhanh, chính xác đã và đang khẳng định vị thế và chỗ đứng trong chiến lược phát triển của các ngành. Trên các mỏ lộ thiên hiện đại tại các nước có ngành công nghiệp mỏ phát triển như Úc, Mỹ, Nga,... đã áp dụng rất nhiều thành tựu của khoa học công nghệ số vào hoạt động quản lý, khai thác và vận hành như: Tự động hóa quản lý nguyên, nhiên vật liệu, con người và chất lượng sản phẩm sau khai thác, giám sát hiệu suất hoạt động của máy móc thiết bị, thiết bị tự hành trên mỏ,... Đối với các mỏ lộ thiên Việt Nam, việc giám sát, quản lý hoạt động thiết bị, người lao động, điều động phương tiện,... chưa được đồng bộ hóa dẫn đến hiệu suất làm việc chưa cao và chi phí vận hành chưa tối ưu. Do đó, việc nghiên cứu và ứng dụng các sản phẩm công nghệ trong khai thác trên các mỏ Than - Khoáng sản lộ thiên Việt Nam là cần thiết. Kết quả của nghiên cứu cung cấp giải pháp công nghệ trong các khâu nổ mìn, xúc bốc - vận tải và điều kiện vi khí hậu mỏ, góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất, môi trường làm việc an toàn cho người lao động trên khai trường mỏ lộ thiên.

**Từ khóa:** Chuyển đổi số, phần mềm thiết kế mỏ, mô phỏng nổ mìn, thông gió mỏ lộ thiên, quản lý dữ liệu khai thác.

## 1. Đặt vấn đề

Kỷ nguyên công nghệ số đã và đang định hình lại vị thế và vai trò của tất cả các ngành công nghiệp trong sự phát triển của nền kinh tế quốc dân. Đối với ngành khai khoáng ở nước ta, việc đầu tư khoa học - công nghệ phục vụ sản xuất trên các mỏ lộ thiên thể hiện qua: Đồng bộ thiết bị trên các mỏ đã thay đổi theo xu hướng tăng về dung tích, tải trọng và cơ chế hoạt động như xe ô tô tự đổ có tải trọng lớn từ 96 ÷ 130 tấn, máy xúc dung tích gầu từ 10 ÷ 12 m<sup>3</sup> trên các mỏ than lộ thiên Hà Tu, Cao Sơn, Đèo Nai...; Hệ thống băng tải đá mỏ than Cao Sơn; Các phần mềm Autocad, Topo, Nova, Surpac, Geoslope,... để thiết kế khai thác, tính toán trữ lượng, khối lượng đất đá bóc, ổn định bờ mỏ,

phần mềm ghi biểu, thống kê chuyển xe trực tuyến trên Google Sheets tại mỏ than Đèo Nai; Hệ thống camera trong giám sát hoạt động khai thác, chế biến;... Qua thực tế cho thấy, những công nghệ và thiết bị đang được sử dụng trên các mỏ Than - Khoáng sản lộ thiên Việt Nam chưa mang lại hiệu quả tối ưu về kỹ thuật và an toàn khi điều kiện khai thác càng trở nên phức tạp tại các mỏ xuống sâu. Với mục tiêu nghiên cứu, ứng dụng các sản phẩm khoa học công nghệ để nâng cao hiệu quả sản xuất, giảm thiểu rủi ro cho người và thiết bị, bài báo đưa ra các giải pháp công nghệ mới bao gồm: Đánh giá hiệu quả nổ mìn với phần mềm LSDyna và dự báo sóng chấn động nổ mìn bằng mô hình trí tuệ nhân tạo AI; Công nghệ giám sát mô hình chất

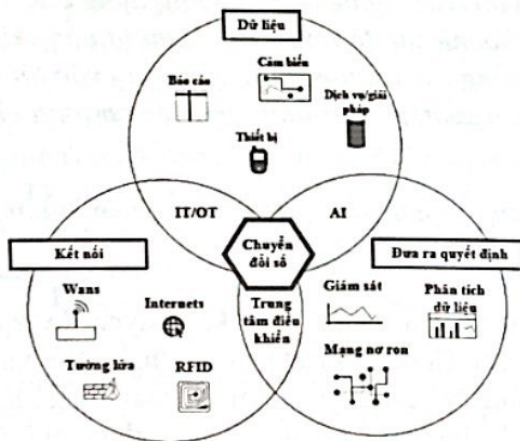


tài bằng máy quét Laser 3D; *Đánh giá điều kiện vi khí hậu* trên khai trường mỏ lộ thiên với phần mềm Ansys - CFD.

## 2. Tổng quan về chuyển đổi công nghệ số trong hoạt động sản xuất của các mỏ lộ thiên trên thế giới và khả năng tiếp cận đối với các đơn vị khai thác khoáng sản trong nước

Cách mạng công nghiệp 4.0, thế giới đã bước vào giai đoạn được gọi là kỷ nguyên kỹ thuật số [18] với hàng triệu dữ liệu được tạo mới và cập nhật mỗi ngày. Đó chính là cơ hội để đổi mới và thực hiện "Chuyển đổi số" ngành khai thác. Thuật ngữ "chuyển đổi số (DT)" được dùng để định nghĩa các cách thực thể thích ứng với những thay đổi kỹ thuật số [15][18][31].

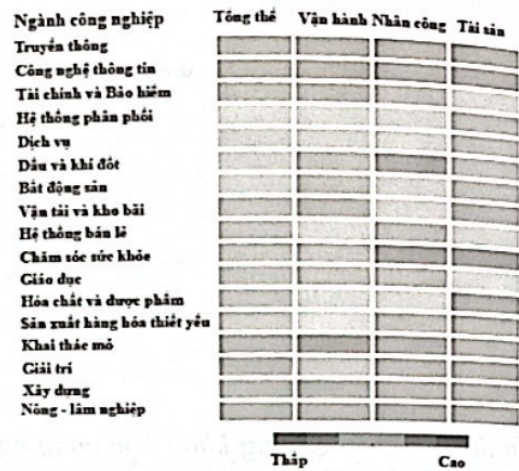
Hình 1 cho thấy DT là tập hợp từ dữ liệu đã có trên mỏ, kết nối thông tin và ra quyết định dựa trên các chi báo [13]. Thực hiện DT thành công, các đơn vị sẽ tăng năng lực quản lý số và phát triển khai thác. Tuy nhiên, việc thực hiện DT của ngành khai khoáng được coi là đi sau hầu hết các ngành khác (Hình 2).



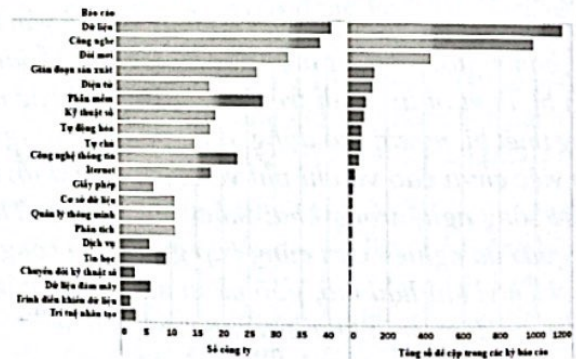
Hình 1. Cấu trúc của chuyển đổi số

Một nghiên cứu năm 2014 về các báo cáo thường niên từ 10 tập đoàn khai thác lộ thiên hàng đầu tại Mỹ, Australia, Đức,... cho thấy, chỉ có 6/10 công ty được đề cập đến DT như một phần trong chiến lược phát triển sản xuất, 3/10 công ty có thể liệt kê các kết quả định tính từ DT và 1/10 công ty có thể đưa ra định lượng giá trị từ lợi ích của DT [32]. Bên cạnh đó, các yếu tố dữ liệu, công nghệ và đổi mới luôn là những ưu tiên chung của các công ty khai thác

lộ thiên hàng đầu để nâng cao hiệu quả sản xuất (Hình 3). Đây là các yếu tố then chốt để chuyển đổi số doanh nghiệp.



Hình 2. Tỷ lệ chuyển đổi số trong các ngành công nghiệp năm 2014 [32]



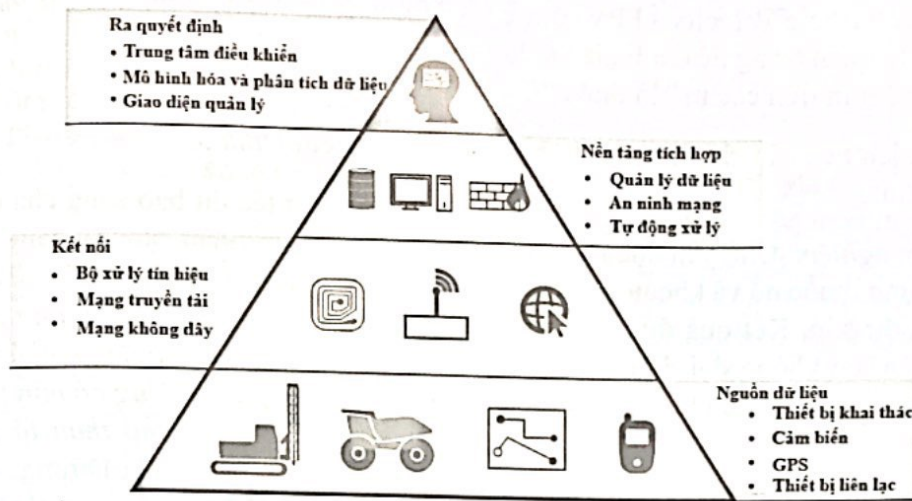
Hình 3. Tần suất xuất hiện các thuật ngữ trong các kỳ báo cáo của các doanh nghiệp khai thác [27][28][33]

Một ví dụ đưa ra trong việc thực hiện DT trên công đoạn khoan nổ, xúc bốc - vận tải trên mỏ lộ thiên (Hình 4) là sự kết nối giữa IoT, dữ liệu số, trung tâm điều khiển, phần mềm hỗ trợ, kết nối không dây và dữ liệu 5G [14][15].

Dựa trên một số các phân tích diễn hình trong việc chuyển đổi số trong hoạt động khai thác của các mỏ lộ thiên lớn trên thế giới cho thấy: Các mỏ khai thác Than - Khoáng sản tại Việt Nam hoàn toàn có thể thực hiện công tác chuyển đổi số trong doanh nghiệp từ các yếu tố chính sau:

- Dữ liệu các khâu Khoan - nổ, xúc bốc, vận tải, đổ thải, tiêu hao nguyên nhiên vật liệu, dữ liệu





Hình 4. Chuyển đổi số trong khâu khoan nổ, xúc bốc - vận tải trên mỏ lộ thiên

ĐCCT, ĐCTV, vi khí hậu được xây dựng thành các báo cáo thường niên có hệ thống, thuận tiện cho việc số hóa, quản lý số và khai thác thông tin;

- Thiết bị khai thác hiện đại có khả năng tích hợp các thiết bị hỗ trợ chuyển đổi, định vị, cảm biến đo lường, thiết bị liên lạc;

- Cơ cấu phân quyền trong điều hành sản xuất đáp ứng được yêu cầu về xây dựng hệ thống quản lý tập trung trong việc đưa ra quyết định của cấu trúc chuyển đổi số doanh nghiệp mỏ;

- Nguồn lực về đội ngũ nghiên cứu, vận hành sản xuất đủ trình độ thực hiện và làm chủ công nghệ trong chuyển đổi số.

Tuy nhiên, việc thực hiện chuyển đổi toàn diện trên các mỏ sẽ dẫn đến chi phí đầu tư, thay thế, đào tạo, tập huấn cán bộ công nhân viên sẽ rất lớn và tiềm ẩn rủi ro cao. Do đó, cần thực hiện theo từng bước, từng công đoạn cụ thể, cần kết hợp giữa nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm hiện trường. Để hướng tới chuyển đổi số trong khai thác than và khoáng sản đạt hiệu quả toàn diện.

### 3. Ứng dụng giải pháp công nghệ để nâng cao hiệu quả sản xuất và giảm thiểu rủi ro

Theo Quyết định số 259/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ [8] và Quyết định số 2355/QĐ-BKH-CN [7] của Bộ trưởng Bộ KH&CN *đều hướng tới đổi mới, hiện đại hóa công nghệ khai thác và chế biến khoáng sản đến năm 2025.*

Đây là một bước quan trọng trong chuyển đổi số doanh nghiệp khai thác. Trên cơ sở đó, Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin đã và đang tiến hành nghiên cứu các giải pháp công nghệ để nâng cao hiệu quả sản xuất và giảm thiểu rủi ro cho các khâu công nghệ, cụ thể như sau:

#### 3.1. Đánh giá hiệu quả nổ mìn với phần mềm ANSYS - LSDyna và mô hình trí tuệ nhân tạo AI

Trong khai thác lộ thiên, nổ mìn là khâu công nghệ ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả công tác khai thác và an toàn của các công trình xung quanh. Hiện nay, có nhiều công trình nghiên cứu đưa ra các giải pháp cải thiện chất lượng đập vỡ đất đá, giảm chấn động bằng cách thay đổi thông số mạng nổ, nổ visai toàn phần, nổ mìn tạo biên, thay đổi chiều dài cột bua, cột thuốc,... sử dụng công thức lý thuyết, phần mềm mô phỏng, mô hình trí tuệ nhân tạo [22][6][24][23][34]. Nắm bắt được điều đó, Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin thực hiện nghiên cứu trên 2 giải pháp chính sau:

- *Ứng dụng mô hình trí tuệ nhân tạo dự báo sóng chấn động nổ mìn*

Tiêu chuẩn tổng quát đánh giá tác dụng chấn động khi nổ mìn là tốc độ dao động riêng của các toà nhà, các công trình dân dụng và công nghiệp. Đây là thông số chủ yếu quyết định tác dụng chấn động của các loại sóng khác nhau đối với công trình. Do đó, tốc độ dao động nền



đất cực đại (Peak Particle Velocity - PPV) được xem là một yếu tố quan trọng để đánh giá và dự báo chấn động nổ mìn trên các mỏ lộ thiên<sup>[6]</sup>.

Hiện nay, có 2 cách tiếp cận chính trong dự báo chấn động nổ mìn:

- **Công thức thực nghiệm:** Chủ yếu dựa trên mối quan hệ giữa lượng thuốc nổ và khoảng cách tác dụng để đưa ra dự báo. Kết quả đưa ra nhanh chóng. Tuy nhiên, nó không đại diện cho toàn bộ phạm vi của mỏ và mức độ chính xác không cao [6][24][25];

- **Mô hình trí tuệ nhân tạo AI:** Sử dụng thuật toán học sâu (Deep learning), máy học (Machine learning) để dự báo trên cơ sở dữ liệu khoan – nổ mìn đã có của các mỏ. Với khả năng xử lý cao trong trích lược đặc trưng, xác định quy luật,... của mô hình AI mang đến kết quả dự báo chấn động đạt mức độ chính xác [12][23][24].

Dựa trên tính vượt trội của mô hình trí tuệ nhân tạo AI, bài báo sử dụng các mô hình học sâu (Deep learning), máy học (Machine learning) và mô hình lai để tiến hành dự báo sóng chấn động nổ mìn như sau:

- **Thuật toán học sâu (Deep learning):** Mạng nơ ron nhân tạo ANN;

- **Thuật toán máy học (Machine learning):** Mô hình vector hỗ trợ (SVM); Độ dốc tăng cường (XGBoost); Cây quyết định (Decision tree), Rừng ngẫu nhiên (Random Forest);

- **Mô hình lai kết hợp giữa thuật toán máy học và học sâu.**

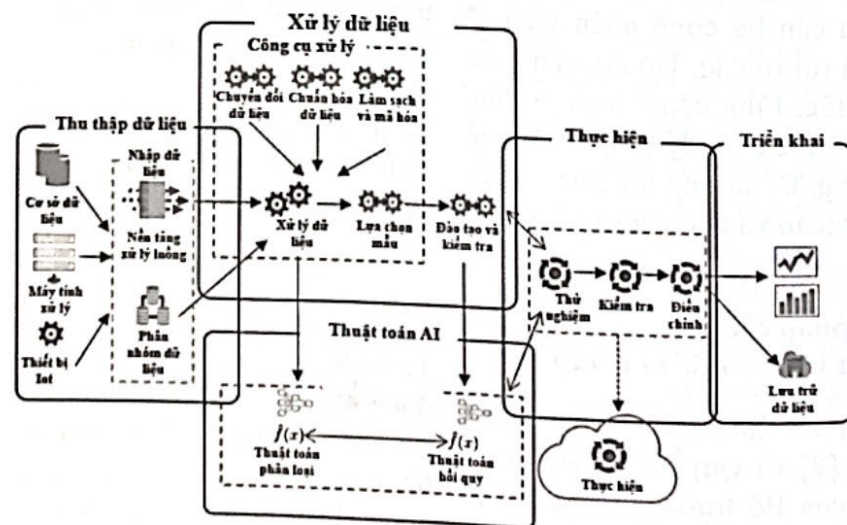
Quy trình thực hiện dự báo với mô hình trí tuệ nhân tạo xem Hình 5.

Hiện tại, công tác dự báo sóng chấn động bằng mô hình trí tuệ nhân tạo AI đang được Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin thực hiện qua Đề tài: “Nghiên cứu ứng dụng trí tuệ nhân tạo dự báo và đề xuất giải pháp giảm thiểu ảnh hưởng sóng chấn động nổ mìn tới các công trình xung quanh các mỏ than lộ thiên thuộc TKV” cho 3 mỏ: Than Na Dương, Khánh Hòa và Cao Sơn với kết quả hướng đến đạt mức độ chính xác trên 95%.

- **Đánh giá hiệu quả nổ mìn với phần mềm LS-Dyna**

Để đánh giá hiệu quả công tác nổ mìn trên mỏ lộ thiên, cần phải hiểu cơ chế phá hủy đất đá bằng phương pháp nổ mìn. Có 3 cơ chế phá hủy đất đá với lượng thuốc bao gồm: Cơ chế phá hủy các loại đất đá mềm, đất đá cứng đồng nhất và đất đá có độ cứng không lớn. Tùy theo mức chênh lệch giữa biên độ sóng đập và độ bền nén của đất đá mà mức độ phá hủy là khác nhau [3][25].

Với hướng nghiên cứu trên, bài báo lựa chọn cách tiếp cận sử dụng phần mềm LS-Dyna mô phỏng 3D quá trình tác động của năng lượng nổ đến đất đá để đánh giá hiệu quả công tác nổ. Đây là cách tiếp cận phổ biến được rất nhiều nhà khoa học trên thế giới sử dụng trong phần



Hình 5. Quy trình dự báo sóng chấn động với mô hình AI



tích, đánh giá công tác nổ mìn [11][25][26][30]. Quá trình mô phỏng được thực hiện dựa trên các phân tích chính sau:

- Phân tích phần tử hữu hạn động (DFEM) kết hợp với thủy động lực học động (SPH)[21][30];
- Đặc tính biến đổi của khối đá dưới tác dụng của năng lượng nổ Riedel-Hiermaier-Thoma (RHT) [30][25];
- Đặc tính lan truyền sóng nổ của thuốc nổ theo Jones - Wilkins - Lee (JWL) [16][21][30].

Tính chất liên kết giữa DFEM - SPH và mô hình 3D bãi nổ được thể hiện trong Hình 6.

Các tính chất cơ lý đá khai báo trong mô hình được lấy theo đặc điểm ĐCCT của mỏ than Cao Sơn với tính chất cơ lý như bảng 1.

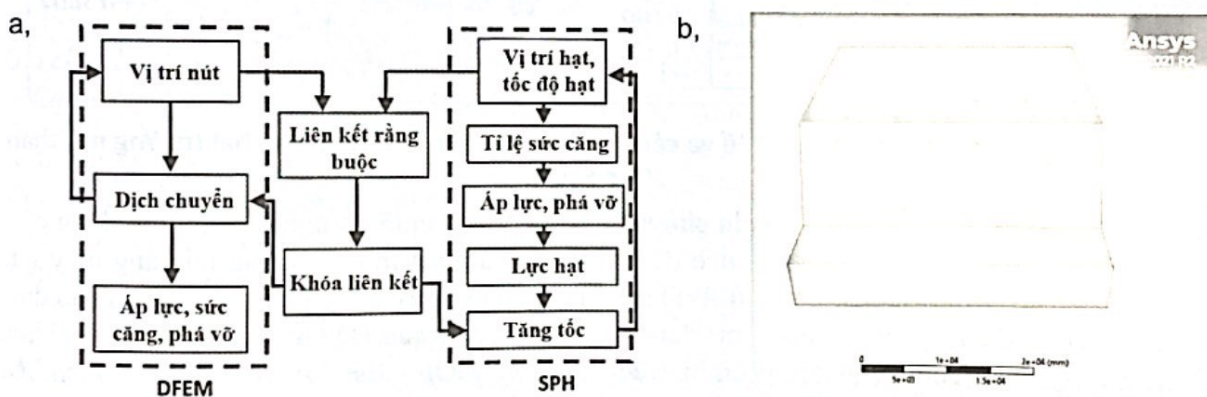
Hình 7 thể hiện trạng thái đập vỡ đất đá dưới tác dụng của lượng thuốc qua block 2 lỗ khoan trong mô hình xây dựng tại hình 6b. Kết quả mô

phòng cho thấy phạm vi đất đá xung quanh và phía trên của lượng thuốc chịu tác động lớn nhất của năng lượng nổ (Hình 7a,b).

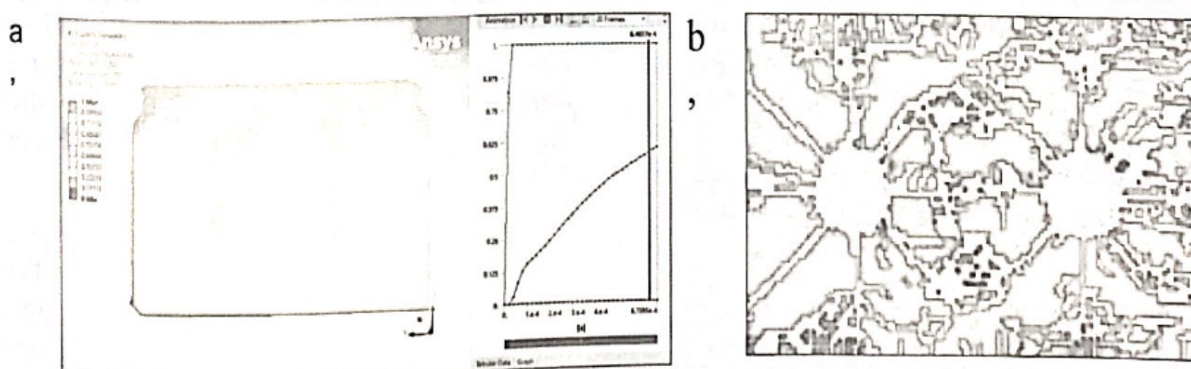
Hiện tại, công tác đánh giá hiệu quả nổ mìn bằng phần mềm mô phỏng 3D LS-Dyna đang Viện KHCN Mỏ - Vinacomin nghiên cứu qua Đề tài trọng điểm: “Nghiên cứu hoàn thiện công nghệ nổ mìn tại khu vực đất đá ngầm nước cho các mỏ than lộ thiên vùng Quảng Ninh”, thử nghiệm cho mỏ than Cao Sơn. Kết quả nghiên cứu hướng đến là bằng phương pháp mô phỏng 3D sẽ xác định được mức độ nứt nẻ thứ phát trong quá trình nổ mìn.

### 3.2. Công nghệ giám sát mô hình chất tải bằng máy quét Laser 3D

Tại các mỏ lộ thiên trong TKV, ngoài mỏ Cao Sơn sử dụng hình vận tải liên hợp ô tô - băng tải với công suất tuyến bằng 20 triệu m<sup>3</sup>/năm, còn lại các mỏ đều sử dụng hình thức vận tải đất đá từ khai trường ra bãi thải bằng ô tô đơn



Hình 6. Tính chất của DFEM - SPH trong mô phỏng nổ mìn (a) và mô hình 3D bãi nổ (b)

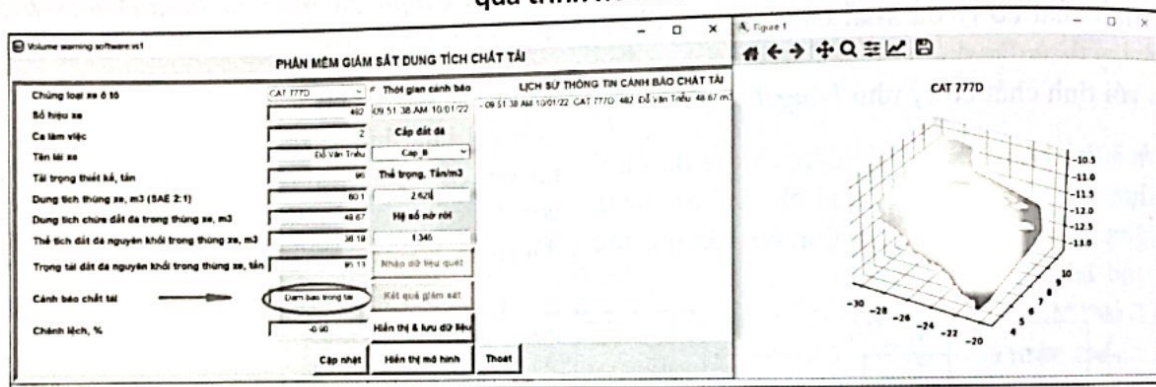


Hình 7. Kết quả mô phỏng quá trình nổ mìn bằng phần mềm LS-Dyna



Lớp đất đá	Lực kháng nén, kG/cm <sup>2</sup>	Lực kháng kéo, kG/cm <sup>2</sup>	Khối lượng thể tích, g/cm <sup>3</sup>	Khối lượng riêng, g/cm <sup>3</sup>	Góc nội ma sát, φ°
Cuội, sạn kết	$\frac{2862,74 - 219,66}{1237,23}$	$\frac{2210,78 - 22,72}{124,58}$	$\frac{2,83 - 2,34}{2,60}$	$\frac{2,93 - 2,58}{2,67}$	$\frac{36^{\circ}06' - 23^{\circ}09'}{34^{\circ}28'}$
Cát kết	$\frac{3215,69 - 71,43}{1023,03}$	$\frac{1313,73 - 1,22}{103,96}$	$\frac{3,18 - 2,26}{2,66}$	$\frac{3,24 - 2,57}{2,72}$	$\frac{37^{\circ}45' - 20^{\circ}00'}{34^{\circ}16'}$
Bột kết	$\frac{3171,74 - 21,12}{480,25}$	$\frac{788,29 - 2,09}{55,95}$	$\frac{3,28 - 1,76}{2,68}$	$\frac{3,35 - 2,36}{2,75}$	$\frac{39^{\circ}15' - 21^{\circ}24'}{32^{\circ}36'}$
Sét kết	$\frac{1485,2 - 20,31}{310,17}$	$\frac{271,03 - 11,36}{42,17}$	$\frac{3,48 - 2,36}{2,67}$	$\frac{3,50 - 2,50}{2,75}$	$\frac{38^{\circ}37' - 25^{\circ}34'}{31^{\circ}48'}$

Bảng 1. Tính chất cơ lý đá mỏ than Cao Sơn được sử dụng làm đầu vào của mô phỏng 3D quá trình nổ mìn



Hình 8. Quét dữ liệu thùng xe thực tế và cảnh báo dung tích chất tải trên khai trường mỏ than Cọc Sáu

thuần (khoảng 150÷180 triệu m<sup>3</sup>) và chi phí vận tải bằng ô tô chiếm tỉ trọng lớn nhất, dao động trong khoảng từ 56÷67% (cung độ từ 4÷8km) trong các công đoạn chính để bốc 1m<sup>3</sup> đất đá của các công đoạn chính (khoan, nổ mìn, xúc bốc, vận tải, đổ thải) trong mỏ lộ thiên [11].

Vật tư tiêu hao chủ yếu của ô tô là lốp, đơn giá một quả lốp cho các loại xe trọng tải từ 55÷130 tấn khoảng 202÷375 triệu VNĐ/quả, tương ứng 1,21÷2,25 tỷ đồng/bộ cho một xe. Chi phí lốp ô tô chiếm khoảng 16%, chi phí sửa chữa chiếm khoảng 8%, tổng chi phí lốp + chi phí sửa chữa chiếm khoảng 30% giá thành vận chuyển 1m<sup>3</sup> đất đá (cung độ từ 4÷7 km). Một trong các nguyên nhân làm tăng chi phí khâu vận tải xuất phát từ việc chất tải không hợp lý và trọng tải chuyển chở không đảm bảo [11].

Hiện nay, công tác giám sát chất tải trên các mỏ chủ yếu bằng trực quan qua hệ thống camera, cho kết quả định tính. Do đó, Viện KHCM

Mỏ - Vinacomin đã nghiên cứu ứng dụng công nghệ giám sát mô hình chất tải bằng máy quét laser 3D và xây dựng phần mềm cảnh báo dung tích chất tải qua Đề tài: “Nghiên cứu xây dựng phương pháp giám sát cảnh báo mô hình chất tải trên các ô tô vận chuyển đất đá tại các mỏ than lộ thiên thuộc TKV”.

Công nghệ quét Laser 3D đa điểm được sử dụng để xác định đặc tính hình dạng chất tải trên thùng xe bằng việc thu nhận tia phản xạ từ đối tượng đến thiết bị quét. Dữ liệu đám mây điểm được xử lý bằng phần mềm cảnh báo dung tích chất tải (Hình 8).

Công nghệ đã được kiểm chứng trong phòng thí nghiệm với mô hình thùng xe CAT 777D và HD465 tỉ lệ 1:25 và thực tế ngoài hiện trường tại mỏ than Cọc Sáu. Kết quả cho thấy, công nghệ giám sát, cảnh báo chất tải với máy quét Laser 3D có độ chính xác cao, sai số < 0,05% [5].

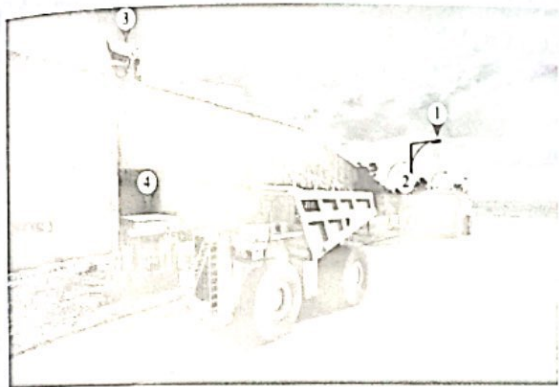


Trên cơ sở đó, nhóm nghiên cứu đã xây dựng quy trình quản lý, vận hành hệ thống giám sát và cảnh báo mô hình chất tải với hệ thống công nghệ quét Laser 3D theo 3 bước chính sau:

- Ô tô có tải di chuyển vào khu vực quét laser 3D;

- Quét laser 3D thùng xe;

- Xử lý dữ liệu trên phần mềm tại Trạm giám sát chất tải.



Hình 9. Hệ thống giám sát, cảnh báo mô hình chất tải trên các ô tô vận chuyển đất đá

(Ghi chú: 1 - Đầu quét Laser; 2 - Hộp điều khiển; 3 - Camera giám sát; 4 - Trạm giám sát).

Hệ thống cung cấp giải pháp giám sát chất tải với mức độ chính xác cao (sai số < 0,05%) [5] và nhanh chóng trên ô tô vận tải đất đá của mỏ lộ thiên.

### 3.3. Đánh giá điều kiện vi khí hậu trên khai trường mỏ lộ thiên với phần mềm Ansys - CFD

Hiện nay, các mỏ than lộ thiên sâu tại Việt Nam có chiều cao bờ mỏ từ 500 ÷ 600 m, cốt cao đáy mỏ từ -140 ÷ -305 m, điển hình mỏ Cọc Sáu

hiện trạng mức -305 m (KTKT -345 m), mỏ than Đèo Nai hiện trạng mức -195 m (KTKT -345 m), mỏ than Cao Sơn hiện trạng mức - 145 m (KTKT -325),... Với khối lượng đất bóc hàng năm rất lớn, việc phát thải khí độc như CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> và bụi mịn từ các khâu công nghệ Khoan - nổ, xúc bốc, vận tải, thải đá là không nhỏ.



Các mỏ lộ thiên càng xuống sâu, thì quá trình phát tán tự nhiên của các khí ô nhiễm và bụi ra môi trường bên ngoài sẽ bị hạn chế bởi ảnh hưởng của yếu tố hình học mỏ và điều kiện khí quyển trong không gian mỏ lộ thiên [17][18][29][35].

Hiểu được điều đó, Viện KHCN Mỏ - Vinacomin đã thực hiện đo đạc điều kiện khí quyển và chất lượng không khí cho mỏ than Cọc Sáu (hình 9) để làm cơ sở dữ liệu phục vụ công tác mô phỏng chất lượng không khí trước và sau khi áp dụng giải pháp lắp đặt trạm quạt thông số cưỡng bức bằng phần mềm mô phỏng Ansys - CFD theo lý thuyết Berliand [4].

Kết quả đo đạc trên hiện trường và mô phỏng hiện trạng chất lượng không khí tại mỏ Cọc Sáu mức -305 m (hình 11) cho thấy [1]:



Hình 10. Công tác đo đạc điều kiện khí quyển và chất lượng không khí trên khai trường mỏ than Cọc Sáu bằng cảm biến cố định và di động UAV



- Nồng độ khí CO tại đáy mỏ so sánh với QCVN 05:2013 (TB 1H), mg/m<sup>3</sup> cho thấy: Nồng độ khí ô nhiễm đã tiệm cận với tiêu chuẩn cho phép, tại một số thời điểm đã vượt qua giới hạn;

- Giới hạn thông gió tự nhiên của mỏ Cọc Sáu nằm trong phạm vi -50 ÷ +50 m.

Từ kết quả phân tích trên, phương án thông gió cưỡng bức được thiết lập theo mùa phù hợp cho mỏ Cọc Sáu như sau [1]:

- Mùa mưa: Đặt 3 trạm quạt với vận tốc gió  $V \geq 30$  m/s trên bờ không công tác và đáy mỏ, hướng thổi của quạt thuận theo hướng gió tự nhiên (hình 12);

- Mùa khô: Đặt 4 trạm quạt với vận tốc gió  $V \geq 30$  m/s trên bờ công tác và đáy mỏ, hướng thổi của quạt thuận theo hướng gió tự nhiên (hình 13).

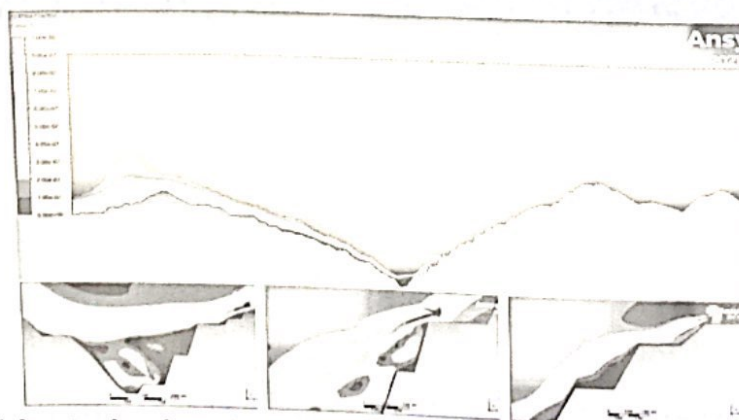
Như vậy, với kết quả mô phỏng bằng phần mềm Ansys-CFD cho thấy hiệu quả của giải pháp thông gió cưỡng bức khi mỏ than Cọc Sáu xuống sâu [1]. Nồng độ khí ô nhiễm trong đáy moong theo kết quả mô phỏng thông gió cưỡng bức đã giảm về dưới mức giới hạn cho phép theo QCVN 05:2013/BTNMT, đảm bảo an toàn cho người lao động.



Hình 11. Hình thái vận động của khí CO sau 24 giờ trong khai trường mỏ Cọc Sáu



Hình 12. Mô phỏng trường hợp thông gió cưỡng bức vào mùa mưa trên khai trường mỏ Cọc Sáu



Hình 13. Mô phỏng trường hợp thông gió cưỡng bức vào khô trên khai trường mỏ Cọc Sáu



#### 4. Kết luận

Các mỏ Than - Khoáng sản với bề dày kinh nghiệm khai thác, thiết bị đầu tư mới hiện đại, hệ thống phân quyền rõ ràng, hệ thống phần mềm, nguồn nhân lực nghiên cứu, thực hiện sản xuất,... Do đó, các mỏ hoàn toàn có thể thực hiện được công tác chuyển số. Tuy nhiên, việc thực hiện cần theo từng bước, từng công đoạn và có nghiên cứu, ứng dụng thực tiễn cụ thể. Trên cơ sở đó, Viện KHCN mỏ - Vinacomin đã và đang thực hiện các giải pháp công nghệ trên từng công đoạn sản xuất sau:

- Sử dụng các phần mềm Autocad, Topo, Nova, Surpac, Geoslope,... để thiết kế khai thác, tính toán trữ lượng, khối lượng đất đá bóc, ổn định bờ mỏ, phần mềm ghi biểu, thống kê chuyển xe trực tuyến trên Google Sheets; Hệ thống camera trong giám sát hoạt động khai thác, chế biến;

- Đánh giá hiệu quả nổ mìn với phần mềm ANSYS – LSDyna và mô hình trí tuệ nhân tạo AI;

- Công nghệ giám sát mô hình chất tải bằng máy quét Laser 3D;

- Đánh giá điều kiện vi khí hậu trên khai trường mỏ lộ thiên với phần mềm Ansys - CFD.

Kết quả của các nghiên cứu sẽ cung cấp giải pháp công nghệ đồng bộ, nâng cao hiệu quả sản xuất và giảm thiểu rủi ro cho các công đoạn sản xuất trên mỏ lộ thiên.

#### Tài liệu tham khảo

[1]. Đỗ Ngọc Tước, tư vấn khảo sát, nghiên cứu lựa chọn giải pháp cải thiện chất lượng không khí tại đáy mỏ Cọc Sáu khi khai thác tới mức 300, thuộc dự toán công trình nghiên cứu giải pháp cải thiện chất lượng không khí tại đáy mỏ cọc sáu khi khai thác tới mức -300, Công ty CP than Cọc Sáu - Vinacomin, 2022.

[2]. Hồ Sĩ Giao, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Anh Tuấn (2009), *Khai thác khoáng sản rắn bằng phương pháp lộ thiên*, Hà Nội.

[3]. Hồ Sĩ Giao, Đàm Trọng Thắng, Lê Văn Quyển, Hoàng Tuấn Chung (2010), *Nổ hóa học lý thuyết và thực tiễn*. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.

[4]. Lê Anh Tuấn (2008), "*Bài giảng môn học Mô hình hóa Môi trường*".

[5]. Nghiên cứu xây dựng phương pháp giám sát cảnh báo mô hình chất tải trên các ô tô vận chuyển đất đá tại các mỏ than lộ thiên thuộc TKV.

[6]. Nguyễn Hoàng, Luận án Tiến sĩ *Nghiên cứu một số mô hình trí tuệ nhân tạo dự báo chấn động nổ mìn trong khai thác mỏ lộ thiên*, Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội, 2020.

[7]. Quyết định số 2355/QĐ-BKHCN ngày 30/08/2017 của Bộ Khoa học và Công nghệ về việc phê duyệt khung "chương trình khoa học và công nghệ trọng điểm cấp quốc gia phục vụ đổi mới, hiện đại hóa công nghệ khai thác và chế biến khoáng sản đến năm 2025".

[8]. Quyết định số 259/QĐ-TTg ngày 22/02/2017 của Thủ tướng chính phủ về việc phê duyệt "Đề án đổi mới và hiện đại hóa công nghệ trong ngành công nghiệp khai khoáng đến năm 2025".

[9]. Tạp chí Thông tin Khoa học công nghệ mỏ, Nghiên cứu khả năng ứng dụng phần mềm mô phỏng điều kiện vi khí hậu và thông gió cho mỏ than Cọc Sáu, số 2 năm 2022.

[10]. Tạp chí Thông tin Khoa học công nghệ mỏ, Nghiên cứu sử dụng mô hình trí tuệ nhân tạo LSTM - NA trong dự báo chất lượng không khí cho các mỏ than lộ thiên sâu, số 3 năm 2022.

[11]. Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, Đơn giá tổng hợp các công đoạn trong sản xuất than, Hà Nội, 2016.