Journal of Mining and Earth Sciences

Website: http://jmes.humg.edu.vn

Applicable posssibility of advanced technologies and equipment in surface mines of Vietnam

Hieu Quang Tran [1,*], Nam Xuan Bui [1], Hoang Nguyen [1], Tuan Anh Nguyen [1], Long Quoc Nguyen [2]

[1] *Department of Surface Mining, Mining Faculty, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam*
[2] *Faculty of Geomatics and Land Administration, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam*

ARTICLE INFO

Article history:
Received 08th Sept. 2020
Accepted 24th Sept. 2020
Available online 10th Oct. 2020

Keywords:
Industry 4.0,
Surface mine,
Technology and equipment,
Vietnam.

ABSTRACT

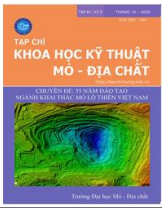
Vietnam has abundant and diversified mineral resources with more than 5, 000 mines of 60 discovered and exploited minerals. Besides of surface coal mines mainly located in Quang Ninh, the types of minerals being exploited by surface mining method consist of metal ores (iron, titanium, manganese, gold, zinc, copper, antimony) and non - metallic ores, and construction materials (stone, sand, gravel, etc.). In the paper, authors researched and proposed the advanced technologies and equipment based on Industry 4.0, that can apply effectively for surface mines in Vietnam in order to ensure safety and enhance surface mining effect.

Copyright © 2020 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

[*]*Corresponding author*
E - mail: tranquanghieu@humg.edu.vn
DOI: 10.46326/JMES.KTLT2020.02

Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: http://tapchi.humg.edu.vn



Đánh giá khả năng áp dụng một số công nghệ và thiết bị tiên tiến cho các mỏ khai thác lộ thiên ở Việt Nam

Trần Quang Hiếu[1*], Bùi Xuân Nam[1], Nguyễn Hoàng[1], Nguyễn Anh Tuấn[1], Nguyễn Quốc Long[2]

[1] *Bộ môn Khai thác lộ thiên, Khoa Mỏ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam*
[2] *Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam*

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:
Nhận bài 08/9/2020
Chấp nhận 24/9/2020
Đăng online 10/10/2020

Từ khóa:
Cách mạng công nghiệp 4.0,
Công nghệ và thiết bị,
Khai thác lộ thiên,
Việt Nam.

TÓM TẮT

Việt Nam có nguồn tài nguyên khoáng sản khá phong phú và đa dạng với hơn 5000 điểm mỏ thuộc 60 loại khoáng sản được phát hiện và khai thác. Ngoài các mỏ than lộ thiên tập trung tại Quảng Ninh, các loại khoáng sản đang được khai thác bằng phương pháp lộ thiên bao gồm: các loại quặng kim loại (sắt, titan, mangan, vàng, kẽm, đồng, antimon), các loại quặng phi kim và vật liệu xây dựng (đá, cát, sỏi,...). Trong bài báo này, các tác giả đã nghiên cứu và đề xuất các công nghệ và thiết bị mới trên nền tảng của cách mạng công nghiệp 4.0 (CMCN 4.0) có khả năng áp dụng để tối ưu hóa các hoạt động khai thác mỏ nhằm đảm bảo an toàn và nâng cao hiệu quả khai thác cho các mỏ khai thác lộ thiên ở Việt Nam.

© 2020 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Hiện nay trên thế giới, các công nghệ khai thác tiên tiến đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững đang được tập trung vào: Công nghệ thông minh cho công tác thăm dò và đánh giá trữ lượng, bao gồm cả việc đánh giá địa cơ học; công nghệ cho phép triển khai hệ thống khai thác liên tục trở thành một phương án khả thi trong khai thác khoáng sản và bóc đất đá; công nghệ sạch và sử dụng chất thải và tái sử dụng chất thải thân thiện với môi trường; công nghệ tuyển khoáng cho phép nâng cao hơn nữa tỉ lệ thu hồi khoáng sản; công nghệ cho phép khai thác trong các điều kiện địa chất phức tạp, đồng thời bảo đảm thân thiện với môi trường (Quyết định 403/QĐ - TTg năm 2016; Hồ Sĩ Giao và nnk., 2006; Trần Thanh Hải, 2018; Bùi Xuân Nam, 2015). So với thế giới, Việt Nam có thể được xếp vào nhóm tiềm năng khoáng sản phong phú. Tổng sản lượng than khai thác hiện nay của Việt Nam khoảng gần 50 triệu tấn, chủ yếu được khai thác bởi Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV), trong đó sản lượng của các mỏ than lộ thiên chiếm gần 50%. Các mỏ than lộ thiên của Việt Nam chủ yếu tập trung tại khu vực Quảng Ninh, bao gồm các mỏ Cọc Sáu, Đèo Nai, Cao Sơn và Tây Nam Đá Mài tại Cẩm Phả và mỏ Hà Tu tại Hòn Gai. Trong những năm tới, TKV đặt mục tiêu sản xuất, tiêu thụ 49 triệu tấn than; doanh thu 138 nghìn tỷ đồng; lợi nhuận khoảng 3.500 tỷ đồng. Đạt được những thành quả to lớn

*Tác giả liên hệ
E - mail: tranquanghieu@humg.edu.vn
DOI: 10.46326/JMES.KTLT2020.02

như ngày hôm nay là do TKV đã áp dụng cơ giới hóa khai thác mỏ; tổ chức lại sản xuất và sắp xếp lao động, hướng đến mô hình "Mỏ xanh, sạch, hiện đại, mỏ ít người" và "Cơ giới hóa, tự động hóa" trên tất cả các khối ngành sản xuất. TKV đã xác định rõ chủ trương đổi mới công nghệ trong Chiến lược phát triển bền vững của TKV tầm nhìn đến năm 2030 là không ngừng đổi mới, hiện đại hóa công nghệ theo hướng nâng cao trình độ cơ giới hóa, tự động hóa, tin học hóa và sản xuất sạch hơn ở các mỏ, xí nghiệp, nhà máy đang hoạt động (Quyết định 403/QĐ - TTg năm 2016); ứng dụng công nghệ hiện đại ngay từ đầu đối với các dự án đầu tư mới. TKV coi đây là "chìa khóa" để tăng năng suất lao động, giảm tổn thất tài nguyên, tiết kiệm chi phí (Nhữ Văn Bách và nnk., 2007; Phạm Văn Hòa, 2018).

Trong bối cảnh điều kiện khai thác tài nguyên khoáng sản ngày càng khó khăn, việc đẩy mạnh phát triển khoa học công nghệ, áp dụng các tiến bộ kỹ thuật vào sản xuất có vai trò hết sức quan trọng cho sự tăng trưởng và phát triển kinh tế bền vững của ngành công nghiệp khai thác khoáng sản Việt Nam. Bên cạnh đó, việc định hướng nghiên cứu trong lĩnh vực khai thác mỏ là cần thiết đối với các nhà khoa học trong việc nghiên cứu một cách bền vững, đáp ứng sự biến đổi khí hậu và cuộc CMCN 4.0. Việc nghiên cứu phát triển và triển khai các ứng dụng về công nghệ và thiết bị mới sử dụng công nghệ nền tảng của CMCN 4.0 để tối ưu hóa các hoạt động khai thác mỏ nhằm nâng cao hiệu quả và chất lượng công việc (Bùi Xuân Nam và nnk., 2018; Phạm Văn Hòa, 2018; Hoang Nguyen nnk., 2018). Bên cạnh đó, cần phát triển và ứng dụng công nghệ và thiết bị mới sử dụng trí tuệ nhân tạo (AI) nhằm nâng cao hiệu quả và độ chính xác trong công việc để dự báo các tác động xấu trong công tác khai thác và nổ mìn trong các điều kiện khai thác phức tạp cho các mỏ lộ khai thác lộ thiên lớn như Cọc Sáu, Đèo Nai, Cao Sơn, Hà Tu,… là cần thiết trong giai đoạn hiện nay.

2. Áp dụng các công nghệ, thiết bị tiên tiến và ứng dung công nghệ thông tin trong khai thác mỏ lộ thiên

2.1. Công nghệ xây dựng bản đồ địa hình mỏ bằng UAV

Một trong những giải pháp nâng cao hiệu quả sản xuất là đẩy mạnh ứng dụng công nghệ thông tin trong các hoạt động khai thác tại các mỏ than lộ thiên. Ứng dụng công nghệ thông tin là một nội dung quan trọng trong Chương trình cải cách hành chính của Chính phủ nói chung và của từng cơ quan nhà nước nói riêng. Phương tiện bay không người lái hay máy bay không người lái, viết tắt là UAV (Unmanned Aerial Vehicle) là tên gọi cho máy bay không có người lái, hoạt động tự lập và thường được điều khiển từ xa bằng trạm điều khiển mặt đất (Lê Văn Cảnh và nnk., 2020; Nguyễn Quốc Long và nnk., 2020).

Trên thế giới, công nghệ bay chụp không người lái (UAV) đã được ứng dụng khá phổ biến trong nhiều lĩnh vực khác nhau như khảo cổ và bảo tồn di sản văn hóa , quan trắc và bảo vệ môi trường, giám sát nông lâm nghiệp, và đo đạc địa hình và công trình (Hình 1).

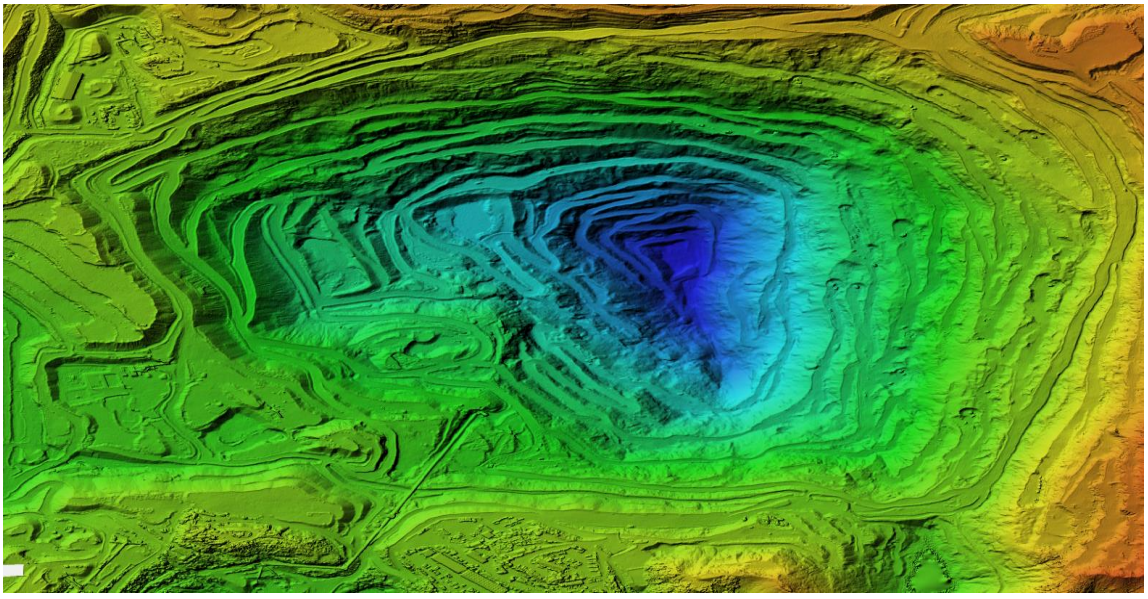
Các nghiên cứu ứng dụng công nghệ UAV trong trắc địa mỏ lộ thiên cũng đã được thực hiện bởi các tác giả do TS. Nguyễn Quốc Long làm trưởng nhóm. Các nghiên cứu tiến hành áp dụng đo đạc cho các mỏ Cọc Sáu, mỏ Đông Đá Mài, mỏ đá Long Sơn (Nguyen Quoc Long, nnk., 2020); cụm mỏ đá Tân Đông Hiệp, cụm mỏ đá khu vực Tân Mỹ - Thường Tân (Bình Dương),... Các kết quả đo vẽ đã khẳng định công nghệ UAV hoàn toàn đáp ứng được các yêu cầu về độ chính xác xây dựng các mô hình số độ cao (DEM) cho các mỏ lộ thiên, phục vụ tốt cho công tác đo vẽ bản đồ địa hình, tính toán khối lượng mỏ cũng như phục vụ tốt cho công tác giám sát, quản lý an toàn từ xa các hoạt động khai thác mỏ (Hình 2). Tuy nhiên, tại Việt Nam, UAV mới được biết đến trong những năm gần đây, đến năm 2017 mới bắt đầu có một số công bố về ứng dụng UAV trong lĩnh vực đo vẽ bản đồ địa hình mỏ lộ thiên. Ứng dụng UAV trong đo vẽ phục vụ tính khối lượng, trữ lượng mỏ cũng được quan tâm nghiên cứu và được dùng để tính trữ lượng mỏ từ mô hình DEM thành lập từ ảnh bay chụp UAV cho độ chính xác. Và đảm bảo yêu cầu thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn cho các mỏ lộ thiên theo qui phạm trắc địa mỏ (Nguyen Quoc Long nnk., 2019; Nguyễn Quốc Long và nnk., 2020).

2.2. Các phần mềm đo vẽ bản đồ, tính khối lượng mỏ

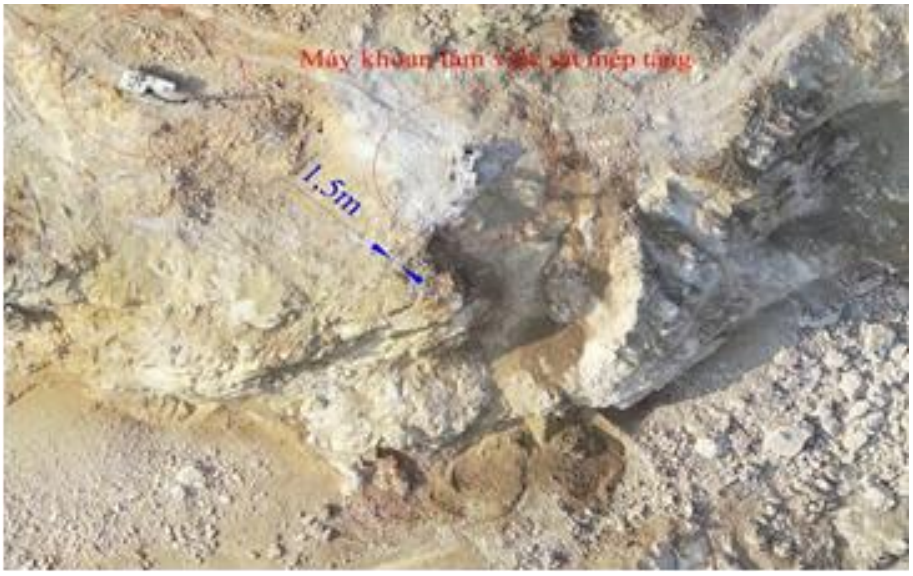
Hiện nay, để phục vụ công tác đo vẽ bản đồ đến công tác lập lịch kế hoạch khai thác, tính khối lượng mỏ,... các mỏ lộ thiên đang sử dụng chương trình phần mềm có tính khả ứng cao áp dụng như:

(a)

(b)



Hình 1. (a) Thiết bị bay không người lái DJI Inspire 2 (DJI, 2020); (b) Ứng dụng UAV đo vẽ bản đồ địa hình tại mỏ than Cọc Sáu với mô hình số độ cao (DEM).



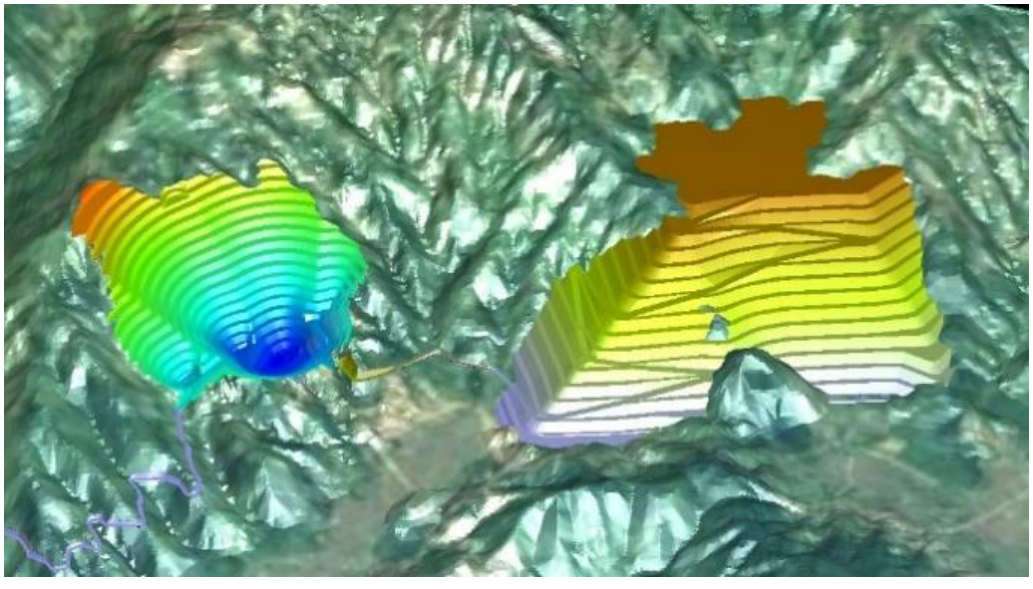
Hình 2. Ứng dụng UAV để giám sát và phát hiện các nguy cơ gây mất an toàn tại mỏ.

phần mềm Mapsite; phần mềm bản vẽ bản đồ TOPO, tính khối lượng HSMO của công ty TNHH Tin học Hài Hoà; phần mềm Micromine; phần mềm MineSight lập thiết kế và quản lý khai thác mỏ lộ thiên. Đặc biệt tiếp cận với ứng dụng công nghệ mới thì sự xuất hiện của phần mềm Surpac Vision (do Công ty Surpac Minex Group của Australia phát triển, nay sát nhập với Công ty Gemcom thành Gemcomsoftware) sử dụng trong công tác kiểm tra, đánh giá trữ lượng khoáng sản, để thiết kế 3D và tính khối lượng mỏ,... Trong qua trình sử dụng các phần mềm này cho thấy được những lợi ích của việc ứng dụng phần mềm trong công tác thiết kế và quản lý khai thác mỏ lộ thiên (Hình 3) với nhiều ưu điểm như mô hình hoá thân khoáng sản sát với điều kiện thực tế của mỏ, tính toán khối lượng mỏ nhanh và chính xác khi đưa vào áp dụng cho thiết kế cho mỏ than Cọc Sáu, Đèo Nai, Cao Sơn và mỏ Đồng Tả Phời,… (Phạm Đại Hải và nnk., 2012). Khi các ứng dụng phần mềm sẽ chuẩn hóa được tất cả các loại hình công việc trong quá trình khai thác mỏ kể khâu thăm dò đến thiết kế, vận hành, giám sát và hoàn nguyên một cách chính xác, nhanh gọn; loại bỏ được những sai sót trong thiết kế, lập kế hoạch, quản lý điều hành sản xuất mỏ, mang lại những hiệu quả đáng kể cho các mỏ than lộ thiên thuộc TKV.

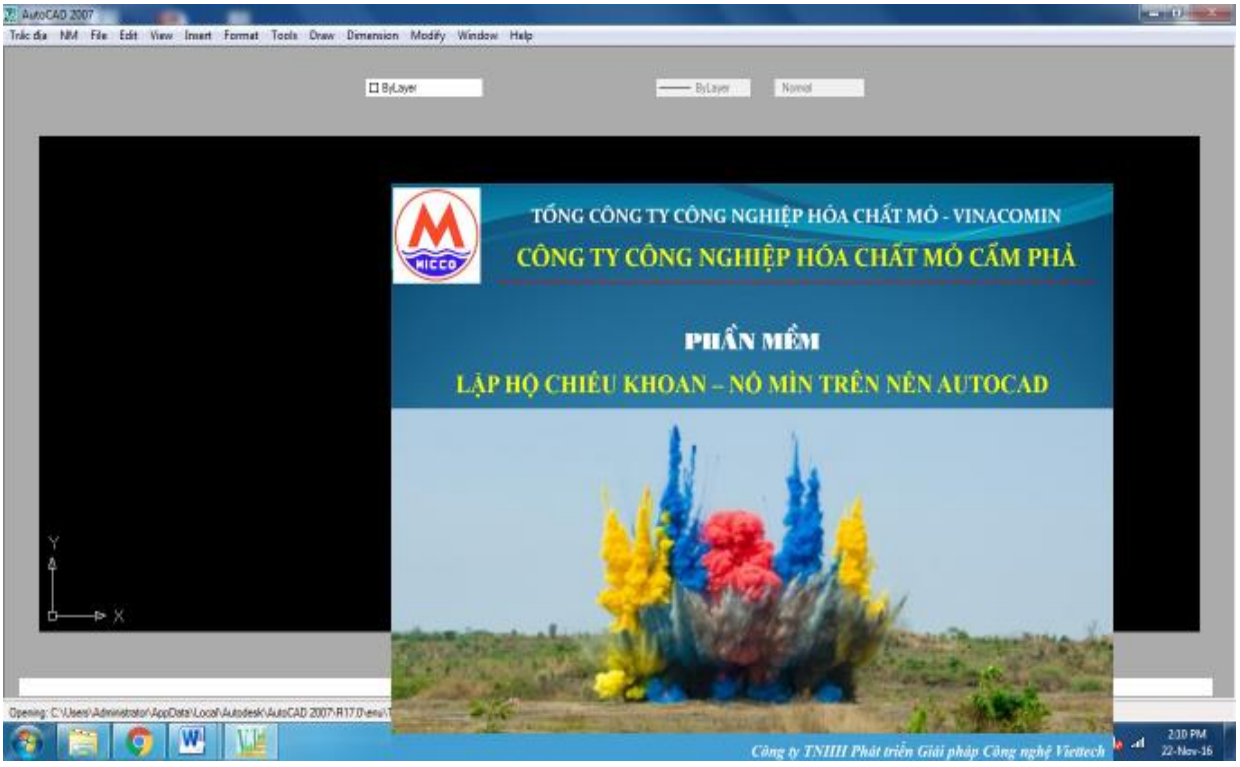
2.3. Các phần mềm lập hộ chiếu khoan - nổ mìn

Hiện nay công tác nổ mìn trên các mỏ khai thác lộ thiên vùng Cẩm Phả (Cọc Sáu, Đèo Nai, Cao Sơn,...) được tiến hành trên cơ sở các hộ chiếu khoan - nổ mìn do Công ty Công nghiệp Hóa chất mỏ Cẩm Phả thuộc Tổng công ty Công nghiệp Hóa chất mỏ - TKV thực hiện. Trước đây công ty đã sử dụng các công cụ sẵn có trong phần mềm AutoCAD, Excel và các hỗ trợ nhỏ phục vụ cho công tác thiết kế, tính toán lập hộ chiếu khoan - nổ mìn. Các thao tác thiết kế còn ở mức thủ công và mất nhiều thời gian, chưa cập nhật công nghệ mới, tính toán các thông số khoan nổ mìn chưa hợp lý, chương trình tính toán chưa tương thích hoàn toàn với định dạng dữ liệu của các công ty thuộc TKV. Chương trình phần mềm lập hộ chiếu khoan - nổ mìn (Hình 4) do nhóm nghiên cứu của TS. Trần Quang Hiếu thiết kế, xây dựng được thực hiện trên nền Autocad với các tính năng sau (Trần Quang Hiếu và nnk., 2017):

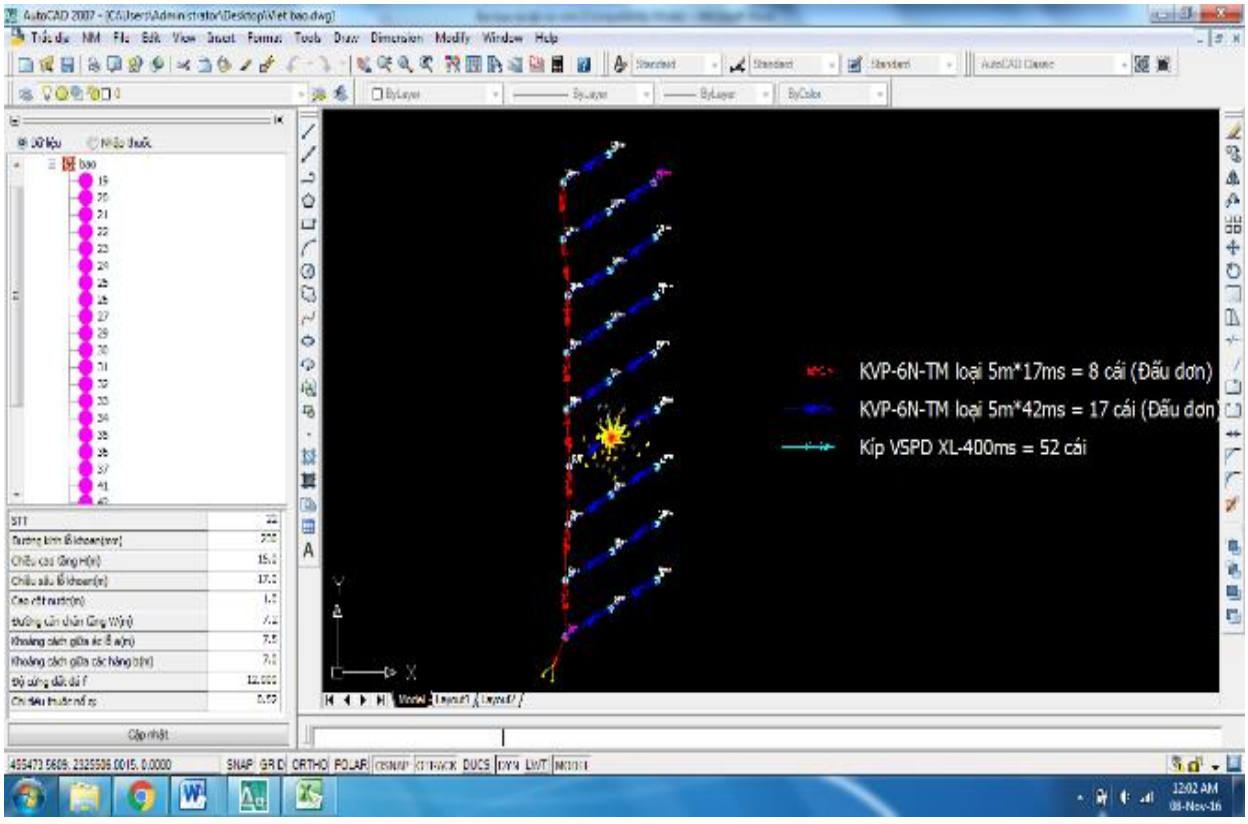
- Xử lý số liệu đo từ máy toàn đạc điện tử, từ máy kinh vĩ, thủy bình ra bản vẽ AutoCAD;
- Đọc và xác định các thông số mạng lỗ khoan (khoảng cách các lỗ khoan trong hàng a, giữa các hàng lỗ khoan *b* và đường cản chân tầng *W*,…) từ bản vẽ AutoCad. Gán và tính toán các cho các loại thuốc nổ, thông số khoan nổ mìn cho các lỗ khoan, phù hợp với từng điều kiện địa chất cụ thể (độ cứng đất đá, độ ngậm nước, độ nứt nẻ,…);
- Tạo bản đồ bố trí mạng nổ mìn vi sai và mô phỏng nổ, tính toán và liệt kê số lượng phương tiện nổ sử dụng (Hình 5);
- Tự động tính toán bảng hộ chiếu khoan - nổ mìn, các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của vụ nổ.



Hình 3. Thiết kế 3D và tính khối lượng mỏ bằng phần mềm chuyên dụng Surpac.



Hình 4. Giao diện phần mềm đọc và xử lý dữ liệu phục vụ công tác lập hộ chiếu nổ mìn trên nền AutoCAD.



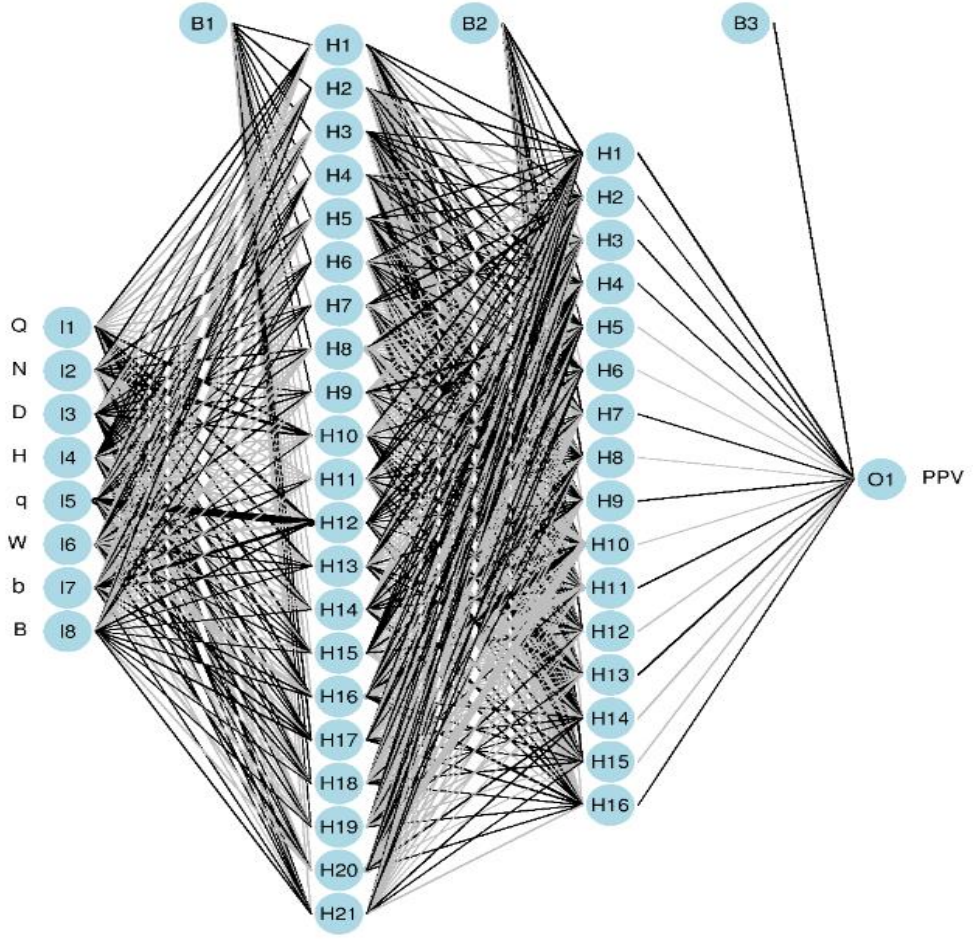
Hình 5. Vẽ sơ đồ đấu ghép mạng nổ và mổ phỏng trình tự mìn vi sai phi điện và tính toán các thông số khoan - nổ mìn cho các mỏ lộ thiên thuộc TKV.

Do vậy, việc đưa vào áp dụng chương trình phần mềm lập hộ chiếu khoan - nổ mìn trên nền AutoCAD trên cơ sở đọc và xử lý dữ liệu đo từ máy toàn đạc điện tử, máy kinh vĩ, máy thủy bình sẽ giúp cho Công ty Công nghiệp Hóa chất mỏ Cẩm Phả và các mỏ lộ thiên lớn của TKV như Cọc Sáu, Đèo Nai, Cao Sơn,... chủ động trong việc lập hộ chiếu khoan - nổ mìn, đẩy nhanh tiến độ lập hộ chiếu khoan - nổ mìn với kết quả nhanh chóng và chính xác các thông số khoan - nổ mìn để nâng cao hiệu quả nổ mìn phá vỡ đất đá.

2.4. Các mô hình trí tuệ nhân tạo dự báo ảnh hưởng của sóng chấn động nổ mìn

Với sự phát triển vượt bậc của khoa học công nghệ trong thế kỷ XXI và cuộc CMCN 4.0, công nghệ thông tin đã thay đổi thế giới. Các ứng dụng của công nghệ thông tin như: trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence), dữ liệu lớn (Big data), cuốn sổ cái (Blockchain), 4G, 5G, máy bay không người lái (UAV),... đã tạo một bước nhảy lớn trong khoa học công nghệ, đưa con người đến với cuộc sống hiện đại hơn, chính xác hơn và tiện nghi hơn. Trong đó, không thể không nói đến ứng dụng của trí tuệ nhân tạo trong ngành mỏ. Trong dự báo chấn động nổ mìn, trí tuệ nhân tạo có khả năng khắc phục các hạn chế và nhược điểm của các mô hình thực nghiệm và cho phép dự báo chính xác chấn động sinh ra do nổ mìn, tuy nhiên chưa được nghiên cứu và áp dụng tại Việt Nam.

Việc nghiên cứu áp dụng một số mô hình trí tuệ nhân tạo dự báo chấn động nổ mìn trong khai thác mỏ lộ thiên đã được nhóm tác giả nghiên cứu tại mỏ than Núi Béo - TKV (Hình 6), các mỏ đá vật liệu xây dựng khu vực tỉnh Bình Dương và các kết quả nghiên cứu đã cho phép cải thiện mức độ chính xác trong dự báo chấn động nổ mìn, góp phần giảm thiểu các tác động tiêu cực tới môi trường xung quanh khi tiến hành nổ mìn tại các mỏ này (Hoang Nguyen nnk., 2018).



Hình 6. Cấu trúc mạng nơ - ron nhân tạo dự báo chấn động nổ mìn cho mỏ than Núi Béo - TKV.

2.5. Các hệ thống kiểm soát chất lượng không khí và an toàn nổ mìn trên mỏ lộ thiên

Trong hoạt động khai thác mỏ lộ thiên, các thiết bị máy xúc, ô tô, máy gạt và người lao động phải trực tiếp làm việc trong điều kiện không khí bị ô nhiễm bởi bụi đá, bụi than, kết hợp với khói bụi thải ra của các thiết bị sử dụng xăng, dầu, cộng với đáy mỏ sâu nên việc thông gió tự nhiên trong một số trường hợp là không thể,… Điều này đã ảnh hưởng không nhỏ tới sức khỏe của người lao động, gây mất an toàn trong quá trình sản xuất và ô nhiễm môi trường không khí. Trong tương lai, khi các mỏ này ngày càng phải khai thác xuống sâu thì việc kiểm soát chất lượng không khí cho các mỏ khai thác than lộ thiên sâu khu vực Quảng Ninh là một vấn đề cấp thiết có tính khoa học và thực tiễn lớn (Bùi Xuân Nam, 2020). Hiện nay, tại các mỏ than lộ thiên mới chỉ có các số liệu quan trắc chất lượng không khí hàng năm, tuy nhiên chỉ mang tính thống kế chưa có dự báo điều kiện vi khí hậu khi các mỏ xuống sâu, đặc biệt chưa cụ thể hóa được các nguồn gây ra ô nhiễm không khí mỏ trong quá trình mỏ hoạt động. Do vậy việc đưa vào áp dụng các thiết bị và công nghệ kiểm soát và giám sát môi trường nhằm đảm bảo sức khỏe cho người lao động làm việc, nâng cao hiệu quả khai thác, an toàn cho người lao động và các phương tiện hoạt động trong mỏ, góp phần phát triển bền vững công nghiệp khai thác than của Việt Nam.

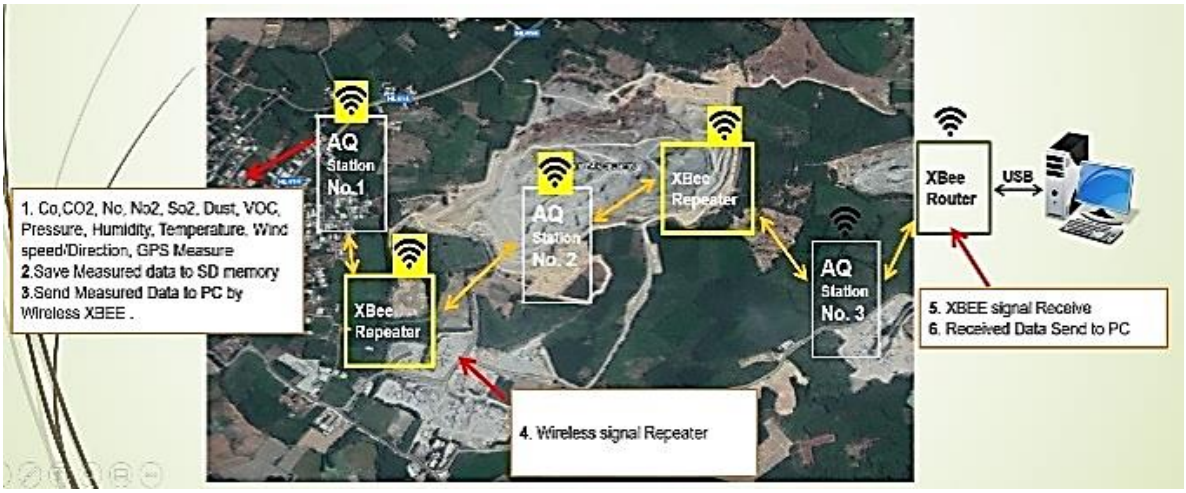
2.5.1. Sử dụng các bộ cảm biến để theo dõi môi trường bên ngoài - Multiple AQ (Air Quality) Monitoring System

Bộ cảm biến để theo dõi môi trường bên ngoài - Multiple AQ do nhóm nghiên cứu của GS.TS. Changwoo Lee (nguyên là chủ tịch của Chương trình kỹ thuật tài nguyên khoáng sản và năng lượng thuộc Bộ Năng lượng - Thương mại và Công nghiệp, Hàn Quốc) phụ trách nghiên cứu chế tạo và phát triển và đã được phối hợp với nhóm nghiên cứu của GS.TS. Bùi Xuân Nam trong giao đoạn từ năm 2018 đến nay để triển khai áp dụng tại một số mỏ than lộ thiên như mỏ Cọc Sáu, Đèo Nai, Cao Sơn… (Lee, C. W. nnk., 2015, 2016; Bùi Xuân Nam, 2020) và mỏ đá khai thác xuống sâu ở khu vực tỉnh Bình Dương và Đồng Nai. Các cảm biến AQ được thiết kế và chế tạo để giám sát chất lượng không khí xung quanh trong không gian rộng lớn khu vực khai thác. Hệ thống giám sát thời gian thực không dây được trang bị công nghệ XBee có khả năng giám sát liên tục trong thời gian dài. Các mô - đun đo khí (CO, CO2, NO, NO2, SO2, VOC) và bụi tích hợp có thể đo hầu hết các chất ô nhiễm nguy hiểm được tạo ra từ các địa điểm làm việc trên mỏ và theo dõi đồng thời các điều kiện khí quyển và nhiệt độ/độ ẩm cũng được đo để đánh giá điều kiện nơi làm việc. Máy đo gió dạng cánh gạt được trang bị để theo dõi tốc độ gió và hướng gió (Hình 7).

Hình 7. Lắp đặt hệ thống cảm biến theo dõi nhiệt độ, độ ẩm, tốc độ gió ngoài trời tại cum mỏ đá VLXD khu vực Thường Tân tỉnh Bình Dương.

Các cảm biến có thể được đặt trên một khu vực rộng lớn vì mỗi cảm biến có thể hoạt động như một bộ lặp; mạng lưới cảm biến có thể trải dài hàng km. Mô - đun GPS sẽ định vị các cảm biến chính xác tại vị trí. Nhiều cảm biến có thể được chuyển tiếp tới bộ định tuyến được kết nối với hệ thống máy tính bên ngoài (Hình 8).

Các bộ cảm biến và bộ định tuyến Xbee được triển khai tại các vị trí mục tiêu. Các kết quả đọc được truyền giữa các cảm biến và cả tuyến Xbee. Hệ thống máy tính sẽ nhận tất cả dữ liệu đo thông qua USB. Như Hình 9, nếu kết nối với mạng di động, dữ liệu sẽ được truyền đến các thiết bị di động theo ý định của người dùng, dữ liệu đo lường



Hình 8. Thiết kế bố trí các thiết bị cảm biến và bộ chuyển biến Xbee lắp đặt trên mỏ lộ thiên.

Hình 9. Các thiết bị di động có thể đăng nhập để hiển thị các số liệu theo dõi theo thời gian thực.

có thể được hiển thị trên màn hình máy tính và được quản lý trong thời gian thực. Thiết bị di động có thể được đăng nhập để hiển thị dữ liệu thời gian thực.

Hiệu quả mang lại khi sử dụng các bộ cảm biến để theo dõi môi trường bên ngoài - Multiple AQ (Air Quality) Monitoring System cho các mỏ than lộ thiên như mỏ Cọc Sáu - TKV, các mỏ VLXD khu vực tỉnh Bình Dương,... để giám sát chất lượng không khí xung quanh (CO, CO_2, NO, NO_2, SO_2, VOC) với hệ thống giám sát thời gian thực không dây có khả năng giám sát liên tục trong thời gian dài và theo dõi đồng thời các điều kiện khí quyển và nhiệt độ/độ ẩm cũng được đo để đánh giá điều kiện nơi làm việc, đảm bảo cho các mỏ khai thác xuống sâu làm việc an toàn và hiệu quả.

2.5.2. Sử dụng thiết bị giám sát an toàn nổ mìn trên mỏ lộ thiên

Chấn động nổ mìn là một trong những tác động tiêu cực sinh ra do nổ mìn trên các mỏ lộ thiên; có thể gây phá hủy cấu trúc các công trình

xung quanh, gây nứt nẻ hoặc đổ sập nhà cửa, mất ổn định tầng và bờ mỏ trên mỏ lộ thiên và gây hoang mang, lo sợ cho các hộ dân cư nằm trong vùng bán kính ảnh hưởng của sóng chấn động nổ mìn, làm giảm hiệu của khai thác mỏ và không đáp ứng được các yêu cầu bảo vệ môi trường và phát triển bền vững. Một trong những phương pháp đánh giá ảnh hưởng của sóng chấn động đến các công trình bảo vệ xung quanh khi tiến hành nổ mìn là sử dụng các thiết bị đo để giám sát (Hình 10) và đánh giá mức độ ảnh hưởng của nó theo các quy định của Bộ Công Thương ban hành (QCVN 01:2019/BCT, 2019).

Trong những năm gần đây, với sự phát triển vượt bậc của khoa học công nghệ, các thiết bị mới ra đời đã tích hợp các tính năng mới phù hợp với những công nghệ mới của cuộc CMCN 4.0, trong đó kể tới như: Bartec Syscom MR3000BLA - Blasting monitoring system (Thụy Sĩ); Sigicom Infa C22 Wireless vibration monitor (Thụy Điển) và Real - Time Wireless Sensors - Balsting vibration (Hàn Quốc).

Các thiết bị đo chấn động được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như xây dựng, giao thông, khai thác mỏ (Hình 10) với các ưu điểm vượt trội so với các thiệt bị đã được sử dụng trước đây như:

- Toàn bộ thiết bị gồm bộ thu thập dữ liệu, đầu đo sóng chấn động và đo áp lực sóng va đập không khí, được cất gọn trong một va ly nhựa, nhỏ gọn, chống nước và chống va đập đạt chuẩn IP66, có tay cầm thuận lợi khi đi công tác vào những khu vực có địa hình khó khăn, nhiều bụi bẩn.

- Khả năng giám sát đồng thời tại nhiều điểm đo, lên tới 32 điểm giúp giám sát trên phạm vi rộng nếu cần thiết.

- Truy cập wifi, 4G/3G, cho phép truyền dữ liệu không dây với laptop, điện thoại di động hay gửi dữ liệu về ngay trung tâm sau khi ghi nhận sự kiện vụ nổ (kết hợp phần mềm Sycom Cloud Software (SCS). Với giải pháp sử dụng phần mềm SCS software, phần thu thập và xử lý dữ liệu sẽ được thực hiện trên laptop, smartphone giúp quy trình giám sát trở nên đơn giản, nhanh chóng, an toàn hơn. Dữ liệu sẽ được thu thập gần như ngay lập tức sau vụ nổ, tại một vị trí an toàn cách xa vị

Hình 10. Các thiết bị giám giám chấn động nổ mìn hiện đại được áp dụng tại các mỏ lộ thiên.

trí đặt máy giám sát. Các kết quả đo được in ra trực tiếp tại hiện trường nhanh chóng và chính xác (Hình 11).

Các thiết bị này lần đầu tiên được sử dụng ở Việt Nam để đo giám sát ảnh hưởng của song chấn động nổ mìn đến các công trình bảo vệ như tiến hành tại mỏ đá vôi xi măng Đồng Lâm - Huế, các mỏ đá VLXD tại khu vực Tân Mỹ - Thường Tân tỉnh Bình Dương (Bùi Xuân Nam và nnk., 2019), tại mỏ than Cọc Sáu - TKV (Bùi Xuân Nam và nnk., 2020).

Các kết quả đo được truyền dữ liệu không dây (Truy cập wifi, 4G/3G,) với laptop, điện thoại di động kết hợp phần mềm Sycom Cloud Software (SCS). Các kết quả đo được in ra trực tiếp tại hiện trường nhanh chóng và chính xác và cũng là cơ sở dữ liệu sẽ được dung để dự báo song chấn động nổ mìn cho các vụ nổ tiếp theo bằng các mô hình trí tuệ nhân tạo dự báo chấn động nổ mìn trong khai thác mỏ lộ thiên như đã nói ở trên.

3. Áp dụng các thiết bị tiên tiến trong các khâu công nghệ khai thác mỏ lộ thiên

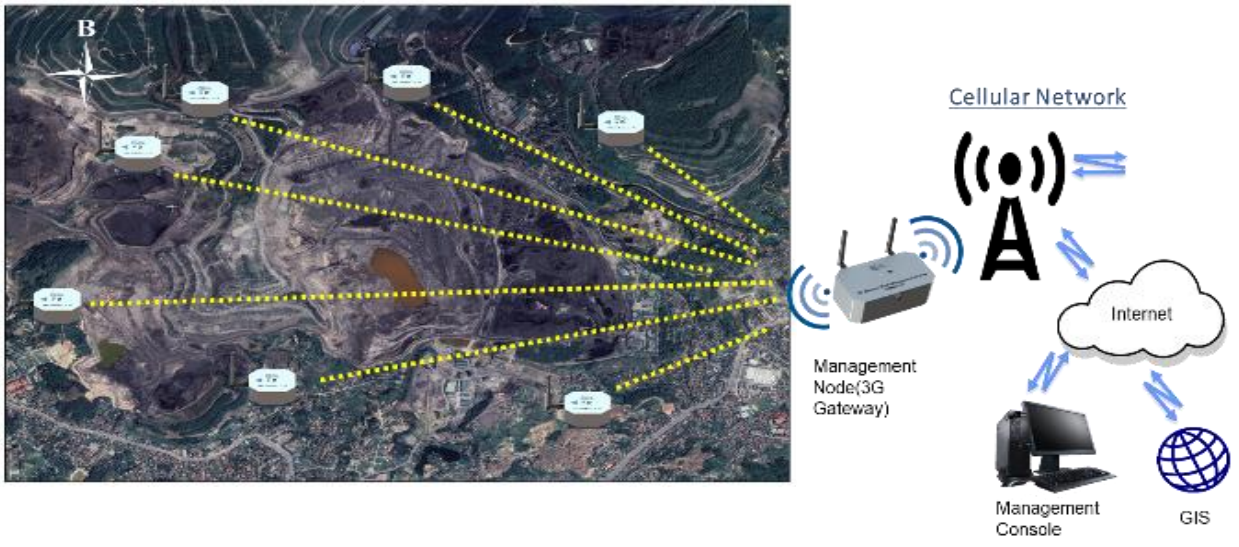
3.1. Công tác khoan

Một trong những giải pháp nâng cao hiệu quả nổ mìn là nâng cao hiệu quả công tác khoan bằng cách mạnh dạn đầu tư áp dụng công nghệ, thiết bị khoan mới, hiện đại vào sản xuất, đây là một trong những giải pháp cấp bách hiện nay tại các mỏ than lộ thiên. Hiện tại, hầu hết các mỏ than lộ thiên sử dụng các loại máy khoan xoay cầu СБШ - 250 có đường kính lỗ khoan 250 mm, và các loại máy khoan xoay CbM, có đường kính lỗ khoan 165 mm và máy khoan thủy lực DM/DML có đường kính 200÷230 mm. Đáp ứng nhu cầu đó, mỏ than Cao Sơn tiên phong đầu tư mua sắm nhập khẩu máy khoan xoay cầu thủy lực CAT MD6250 - Mỹ (Hình 12) để phục vụ khoan nổ mìn.

Đây là loại máy khoan có những tính năng vượt trội có thể kết nối dữ liệu, cập nhật phần mềm theo dõi thông số giờ khoan, nhiên liệu, di chuyển linh động các diện sản xuất dưới moong sâu, khoan sâu nhất đạt 54m nhằm thực hiện nhiệm vụ sản xuất, tiếp tục đóng góp tăng trưởng toàn ngành than. Việc đầu tư mới loại máy khoan hiện đại này đã giúp cho mỏ than Cao Sơn hoàn thành sản lượng khai thác than nguyên khai trung bình mỗi năm từ 3,5÷3,7 triệu tấn than và khối lượng đất đá khoan nổ mìn bốc xúc mỗi năm khoảng 37 triệu m^3.

3.2. Công tác nổ mìn

Nổ mìn là khâu quan trọng trong khai thác than lộ thiên, quyết định đến sản lượng, năng suất, chất lượng than khai thác. Trong năm 2019, Công ty Công nghiệp hóa chất mỏ Cẩm Phả tiến hành nổ mìn 130 triệu m^3 đất đá, tiêu thụ hơn 59.000 tấn thuốc nổ, trong đó khâu nạp nổ mìn thực hiện bằng cơ giới hóa đạt hơn 50%. Năm 2020 Công ty Công nghiệp hóa chất mỏ Cẩm Phả phấn đấu khối lượng đất đá nổ mìn đạt 133, 9 triệu m^3 (tăng hơn 3 triệu m^3 so với năm 2019); tiêu thụ hơn 62.000 tấn thuốc nổ; khâu nạp nổ mìn bằng cơ giới hóa



Hình 11. Thiết kế hệ thống giám sát chấn động nổ mìn trên mỏ lộ thiên.

đạt 55÷60%. Do đó, để nâng cao hiệu quả nổ mìn thì các mỏ cần tiết phải tập trung quản lý chặt chẽ kỹ thuật nổ mìn, nâng cao chất lượng thiết kế hộ chiếu, thi công nạp nổ mìn (Hình 13); đảm bảo sử dụng hợp lý vật liệu nổ công nghiệp; thiết kế nổ mìn các mỏ với quy mô bãi nổ lớn, giảm ngày nổ mìn (Nhữ Văn Bách và nnk., 2007). Các giải pháp bao gồm:

- Tập trung sử dụng loại thuốc nổ có sức công phá lớn, thuốc nổ chịu nước trong các lỗ khoan có nước và ưu tiên sử dụng thuốc nổ giá thành rẻ thay thế các loại thuốc nổ có giá thành cao.

- Lựa chọn sơ đồ bố trí lỗ khoan, kết cấu lượng thuốc nổ và các thông số khoan nổ mìn, phương pháp nổ mìn vi sai phi điện phù hợp, nổ mìn vi sai toàn phần, nổ tạo biên.... Ưu tiên sử dụng công nghệ nổ mìn tầng cao để tăng tỉ lệ chiều cao cột thuốc từ đó giảm chi phí khoan.

- Hiện đại hóa khâu nạp thuốc nổ. Hiện nay công tác nạp thuốc nổ tại các mỏ lộ thiên chủ yếu được tiến hành bằng công tác thủ công, phương pháp này sẽ làm kéo dài thời gian nạp nổ khi quy mô các bãi nổ lên đến hàng chục tấn thuốc nổ, làm ảnh hưởng không nhỏ đến sản lượng làm tơi đất đá. Bên cạnh đó còn tiềm ẩn nhiều nguy cơ đến tính mạng của công nhân nạp thuốc. Với cường độ khai thác lớn như hiện nay, cần phải hiện đại hóa khâu nạp mìn bằng các thiết bị chuyên dụng để rút ngắn thời gian thi công và tăng năng suất lao động.

3.3. Công tác xúc bốc, vận tải

Hoàn thiện các công nghệ cơ giới hoá đồng bộ thiết bị khai thác nhằm đáp ứng năng lực xúc bốc vận tải đất đá hàng năm cho các mỏ than lộ thiên là cần thiết và cấp bách. Hiện nay, để tiến hành xúc bốc và vận tải đất đá hầu hết các mỏ sử dụng các loại máy xúc tay gàu ЭКГ - 4, 6, 5A, 8I, 10I do Liên Xô (cũ) chế tạo có dung tích gàu xúc từ 4, 6÷10 m^3 và các máy xúc thủy lực gầu ngược: PC1250, PC1800, CAT5020B… có dung tích gàu từ 3, 5÷15 m^3 kết hợp với các loại ô tô khung cứng như CAT 773E, BelAZ 7555; HD 465 - 7, HD 785 - 7 có tải trọng từ 55÷130 tấn. Để xúc than các mỏ sử dụng máy xúc thủy lực gầu ngược có dung tích gàu từ 2, 5÷6, 7 m^3 kết hợp với các loại ô tô khung động như Volvo A40D, HM 400 - R có tải trọng 37÷42 tấn để vận chuyển than trên các tầng và tại khu vực đáy mỏ. Trong thời gian tới, để nâng cao hiệu quả xúc bốc, vận tải vẫn là tập trung đầu tư các đồng bộ thiết bị có công suất lớn để giảm chi phí (Đỗ Ngọc Tước và nnk., 2015).

Các máy xúc thủy lực hiện đại hiện nay được chế tạo với toàn bộ cần xúc, gầu xúc, răng gầu, xích di chuyển bằng vật liệu thép có độ bền cao, chịu va đập, chống mài mòn; tay gầu, cần xúc có gia cường chống nứt (Hình 14). Ca bin điều khiển có kết cấu đặc biệt, cách âm, cách nhiệt, chống ồn rất tốt, lại trang bị radio AM/FM và đọc được USB. Đặc biệt là, hệ thống màn hình giám sát điện tử kiểm tra mã lỗi và cảnh báo lỗi thiết bị khi vận hành. Ngoài ra, bảng điều khiển còn có hệ thống đèn flash kết hợp với còi (đèn nháy khi bấm còi); màn hình hiển thị và báo lỗi trong ca bin LCD 7 inch, rất thuận lợi cho người điều khiển, đảm bảo an toàn và nâng cao hiệu quả của máy xúc này.

Đối với thiết bị vận tải đều được lắp đặt hệ thống định vị toàn cầu GPS để quản lý cung đường tự động đã góp phần nâng cao hiệu quả khai thác cho các mỏ than lộ thiên thuộc TKV.

Ngoài ra, khi các mỏ khai thác xuống sâu (Hình 15), thì sử dụng hệ thống vận tải liên hợp

Hình 12. Máy khoan xoay cầu thủy lực CAT MD6250 của Công ty CP Than Cao Sơn.

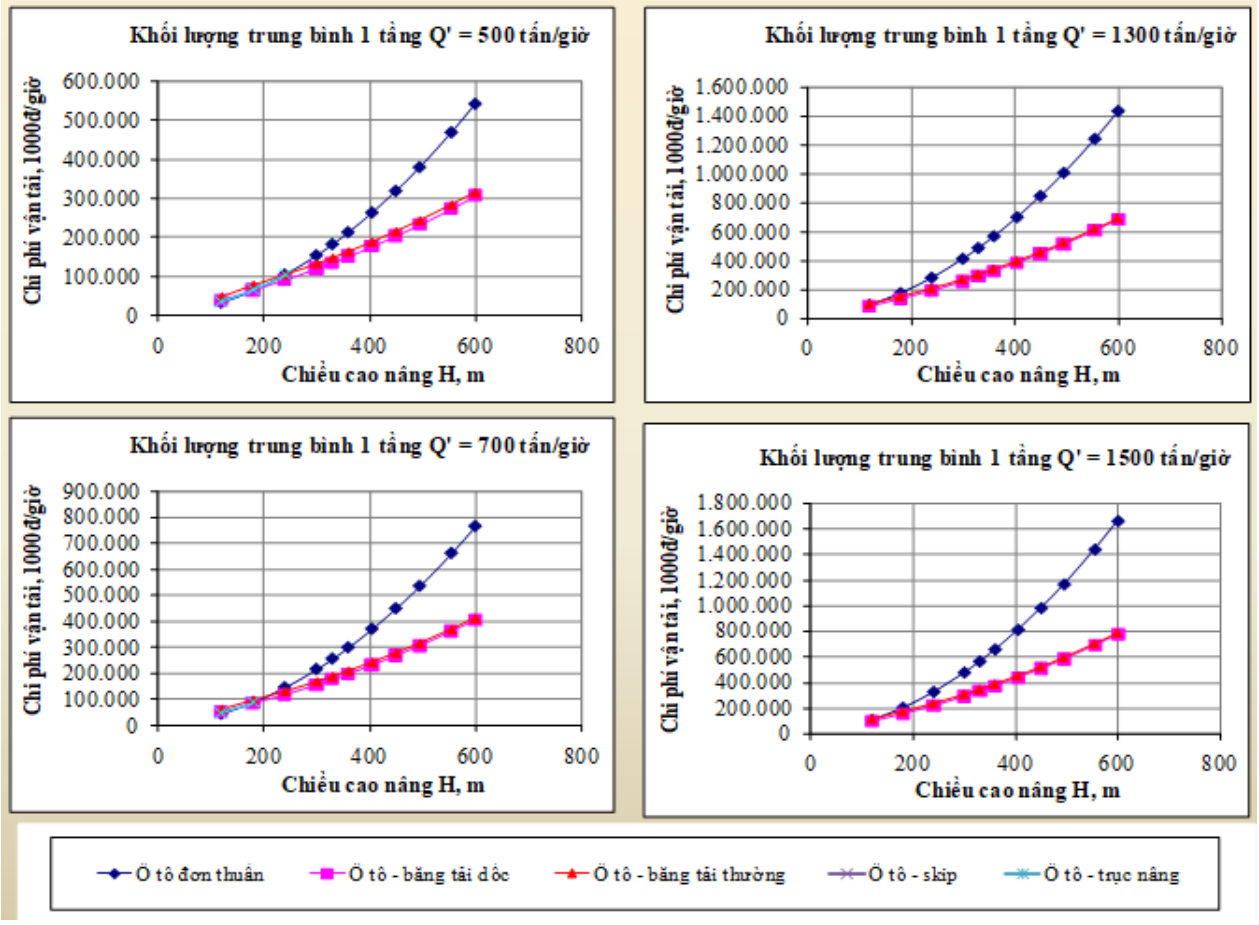
Hình 13. Xe chuyên dụng cơ giới hóa trong vận chuyển, sản xuất, nạp nổ mìn trên mỏ lộ thiên.

ô tô - băng tải sẽ mang lại hiệu quả đáng kể. Theo các kết quả nghiên cứu của nhóm TS. Đỗ Ngọc Tước cho thấy, tổng chi phí vận tải nâng của các công nghệ vận tải phụ thuộc chiều sâu mỏ theo hàm bậc 2. Khi chiều cao nâng tải là 180÷240 m thì tổng chi phí vận tải của công nghệ vận tải ô tô đơn thuần có hiệu quả nhất; Khi chiều cao nâng tải trên 240 m thì tổng chi phí vận tải của công nghệ vận tải liên hợp ô tô - băng tải dốc có tổng chi phí vận tải nhỏ nhất. Các kết quả như Hình 16.

Ngoài ra, tại nhiều mỏ than đã sử dụng hệ thống băng tải đất đá hiện đại với công suất lớn nhằm vận chuyển dễ dàng hơn. Một ví dụ điển hình chính là mỏ than Cao Sơn đã đưa vào vận

Hình 14. Máy xúc thủy lực gầu ngược Komatsu PC - 1200 dung tích 12m³

Hình 15. Xe tải BELAZ 75131 có tải trọng 130 tấn do Tập đoàn BELAZ - CH Belarus sản xuất.



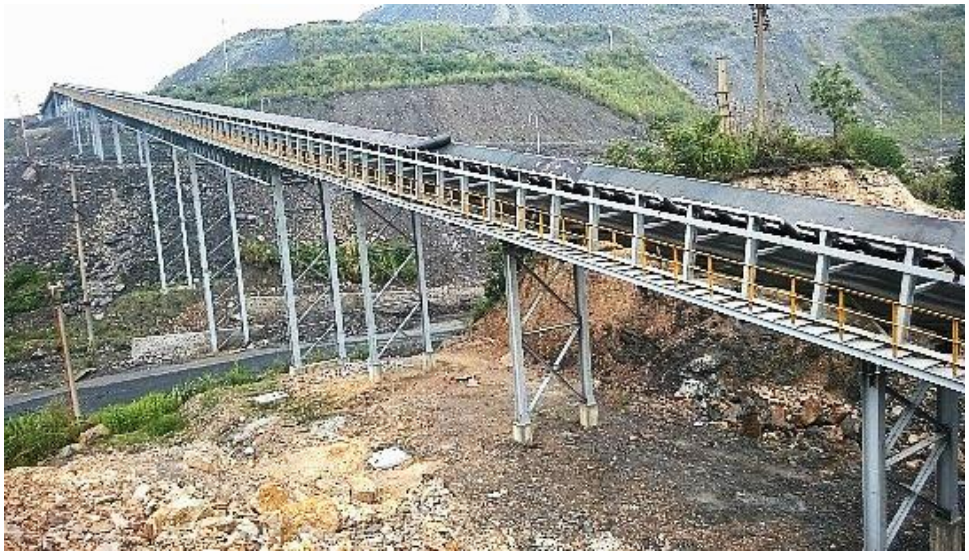
Hình 16. Chi phí vận tải theo chiều cao nâng tải.

hành một tuyến băng tải đất đá dài 3.700 m từ khai trường ra bãi thải Bàng Nâu với công suất thiết kế 10 triệu m^3 đất đá/năm (Hình 17). Việc áp dụng phương án vận tải liên hợp ô tô - băng tải sẽ giảm được 9.210 đồng/m^3 so với khi vận chuyển bằng ô tô đơn thuần. Giảm thiểu ô nhiễm môi trường và đảm bảo an toàn do giảm được số đầu xe cũng như số số chuyến xe ô tô vận chuyển và đổ thải đất đá trực tiếp trên bãi thải.

3.4. Giải pháp giám sát ổn định bờ mỏ

Trong thực tế, đất đá mỏ là không liên tục và nó gồm nhiều phần tử liên kết với nhau và mỗi phần tử này có vai trò khác nhau. Việc nghiên cứu đánh giá ổn định bờ mỏ và sườn dốc cho các mỏ lộ thiên khai thác xuống sâu ở Việt Nam đến nay chủ yếu chỉ dừng lại ở phương pháp phân tích cân bằng giới hạn dạng giải tích hoặc mô hình chiều (2D) đơn giản, chủ yếu mang định tính. Các nghiên cứu ổn định chỉ tập trung chủ yếu vào các phương pháp biểu đồ phân tích lực. Đối với các khâu công nghệ khai thác lộ thiên, nổ mìn có ảnh hưởng mạnh nhất đến ổn định bờ mỏ. Do ảnh hưởng của chấn động nổ mìn mà bờ mỏ chịu tác động của hậu xung rất lớn làm cho góc dốc bờ mỏ và sườn tầng sẽ thoải hơn. Mặt khác do ảnh hưởng của hậu xung dẫn đến hình thành hệ thống các khe nứt trong bờ mỏ và các khe nứt sẽ ảnh hưởng sự ổn định của bờ mỏ trong suốt hoạt động khai thác trong thời gian dài (Nguyễn Anh Tuấn và nnk., 2015; Tuan Anh Nguyen nnk., 2016).

Do vậy, định hướng trong thời gian tới đề xuất các mỏ sử dụng các công nghệ, thiết bị giám sát tự động tiên tiến trên thế giới như Công nghệ quét laser 3 chiều (3D) mặt đất (Hình 18) hay công nghệ Radar giám sát độ dốc (SSR) theo thời gian thực (Hình 19).



Hình 17. Hệ thống tuyến băng tải đá mỏ than Cao Sơn.

Hình 18. Một thiết bi bay mang máy quét 3D có khả năng chụp ảnh 360 (https://blogin3d.com/).

Hình 19. Trạm SSR được sử dụng để quét bờ mỏ (Nguyễn Viết Nghĩa và nnk, 2017).

Các công nghệ này cho phép quan trắc dịch chuyển liên tục bờ mỏ và không bị ảnh hưởng bởi mưa, bụi, sương mù hoặc khói, cho phép các kỹ sư mỏ theo dõi các chuyển động và quản lý rủi ro trong khi tối ưu hóa độ an toàn của bờ mỏ. Nó cho phép người kỹ thuật có thể cảnh báo trước khi có nguy cơ mất an toàn về bờ mỏ.

Công nghệ quét Laser (Nguyễn Viết Nghĩa và nnk., 2017) mặt đất là sự kết hợp giữa công nghệ đo dài bằng laser, công nghệ định vị vệ tinh và công nghệ ảnh số, với tốc độ quét nhanh, độ chính xác cao, số liệu đầy đủ đưới dạng đám mây điểm thể hiện đúng mô hình thực địa, số liệu đầu vào đủ thông tin để xây dựng mô hình số độ cao, nội suy đường đồng mức, tính toán thể tích, trữ khối lượng, mặt cắt địa hình, có thể xác định chính xác bề mặt của đối tượng cần khảo sát trong không gian ba chiều, ở nhiều dạng địa hình khó khăn, phức tạp mà phương pháp đo đạc truyền thống không triển khai được để phản ánh quá trình dịch chuyển sườn dốc bãi thải hay bờ mỏ giữa các chu kỳ đo.

Công nghệ quét Laser mặt đất đã được nhiều nước trên thế giới đưa vào ứng dụng ở hầu hết mọi lĩnh vực, trong đó đặc biệt là ngành khai khoáng. Tuy nhiên, tại Việt Nam cho đến thời điểm hiện tại, công nghệ quét Laser mặt đất chưa được đưa vào ứng dụng, bởi chưa có đơn vị, cơ quan nào quan tâm, nghiên cứu và đưa vào thử nghiệm một cách có hệ thống, đặc biệt trong lĩnh vực quản lý, khai thác khoáng sản. Do vậy, trong thời gian tới việc đưa vào áp dụng công nghệ, thiết bị giám sát tự động tiên như Công nghệ quét laser 3D mặt đất cho phép xây dựng các bản đồ hiện trạng, các mô hình số độ cao, mô hình số địa hình là các sản phẩm thông tin địa không gian cần thiết để xác định quá trình dịch chuyển sườn dốc bãi thải hay bờ mỏ giữa các chu kỳ đo, tính khối lượng mỏ, lập và điều chỉnh kế hoạch khai thác, xây dựng hộ chiếu khoan nổ mìn,... một cách nhanh chóng, giảm thời gian và công sức cho các mỏ than lộ thiên khai thác xuống sâu ở Việt Nam.

4. Kết luận

Ngành mỏ Việt Nam đã có lịch sử khai thác hàng trăm năm, với trên 82 năm truyền thống của ngành Than. Bước vào công cuộc đổi mới của đất nước, những năm đầu thập niên 90, ngành mỏ Việt Nam phải đối mặt với không ít khó khăn, thử thách, nhưng cũng đã đạt được nhiều thành tựu nổi bật trong công tác quản lý, khai thác và chế biến khoáng sản. Đồng hành với sự phát triển ngành mỏ nói chung là sự phát triển của ngành khai thác mỏ lộ thiên nói riêng. Trong bối cảnh điều kiện khai thác tài nguyên khoáng sản của đất nước ngày càng khó khăn, thì việc đẩy mạnh phát triển khoa học - công nghệ; tăng cường áp dụng các tiến bộ khoa học kỹ thuật, các công nghệ tiên tiến, ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI), cùng với các phần mềm vào thực tế sản xuất ngành mỏ là một xu hướng tất yếu, là động lực quan trọng cho sự phát triển bền vững của ngành công nghiệp khai khoáng trong bối cảnh cuộc CMCN 4.0, nhằm đảm bảo an toàn, nâng cao hiệu quả khai thác và bảo vệ môi trường cho các mỏ than lộ thiên nói riêng và các mỏ khai thác khoáng sản rắn khác ở Việt Nam nói chung trong tương lai.

Đóng góp của các tác giả

Tác giả Bùi Xuân Nam hình thành ý tưởng bài báo; tác giả Trần Quang Hiếu hoàn thiện bản thảo cuối cùng của bài báo; các tác giả Bùi Xuân Nam, Trần Quang Hiếu, Nguyễn Hoàng, Nguyễn Anh Tuấn và Nguyễn Quốc Long cùng triển khai các nội dung bài báo.

Tài liệu tham khảo

Bộ Công thương, (2019). QCVN 01:2019/BCT. 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.

Bùi Xuân Nam, (2015). Một số giải pháp nâng cao chất lượng đào tạo phục vụ ngành khai thác mỏ lộ thiên Việt Nam. *Tạp chí Công nghiệp Mỏ*, 4, tr. 4 - 9.

Bùi Xuân Nam, (2018 - 2020). Nghiên cứu xây dựng hệ thống kiểm soát chất lượng không khí nhằm đảm bảo an toàn lao động trong các mỏ khai thác than lộ thiên sâu khu vực Quảng Ninh. *Đề tài cấp Bộ GD&ĐT*, Mã số B2018 - MDA - 03SP (Đề tài song phương với Hàn Quốc), Chủ nhiệm, 2018 - 2020.

Bùi Xuân Nam, (2019). Đánh giá ảnh hưởng trong và sau khai thác xuống cote - 100m mỏ đá Thường Tân III và Thường Tân IV xã Thường Tân, huyện Bắc Tân Uyên, tỉnh Bình Dương. *Đề tài Nghiên cứu khoa học - chuyển giao công*

nghệ cấp tỉnh, Mã số 3209/QĐ - UBND Bình Dương, Chủ nhiệm, Nghiệm thu 24/01/2019.

Bùi Xuân Nam, Lê Tiến Dũng, Diêm Công Hoàng, (2018). Một số định hướng nghiên cứu trong lĩnh vực khai thác mỏ đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững, ứng phó biến đổi khí hậu và cuộc cách mạng công nghiệp 4.0. *Kỷ yếu Hội thảo khoa học Trái đất - Mỏ - Môi trường bền vững - EME, Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, tr. 151 - 158.

Changwoo Lee, Nguyen Van Duc, (2015). Development of a Low - Pressure Auxiliary Fan for Local Large - opening Limestone Mines. Journal of Korean Society for Rock Mechanics, Tunnel and Underground Space, 25 (6), tr. 543 - 555.

Changwoo Lee, Nguyen Van Duc, (2016). A study on the fire propagation characteristics in large - opening multi - level limestone mines in Korea. *Geosystem Engineering*, 19(6), tr. 317 - 336.

DJI, (2020). *Phantom 4 RTK Visionary Intelligence*, https://www.dji.com/phantom - 4 - rtk.

Đỗ Ngọc Tước, (2015). Nghiên cứu các giải pháp nhằm đáp ứng sản lượng, nâng cao hiệu quả và mức độ an toàn các mỏ than hầm lò, lộ thiên công suất lớn khi khai thác xuống sâu. *Viện KHCN Mỏ - Vinacomin*.

Hồ Sĩ Giao, Bùi Xuân Nam, (2006). Khai thác mỏ lộ thiên Việt Nam - Những thời cơ và thách thức trong tương lai. *Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất, Số chuyên đề Khai thác lộ thiên*, tr. 5 - 10.

Hoang Nguyen, Xuan - Nam Bui, Hoang - Bac Bui, Ngoc - Luan Mai, (2018). A comparative study of artificial neural networks in predicting blast - induced air - blast overpressure at Deo Nai open - pit coal mine, Vietnam. *Neural Computing and Applications*, 32 (8), tr. 3939 - 3955.

Lê Văn Cảnh, Cao Xuân Cường, Lê Hồng Việt, Đinh Tiến, (2020). Ứng dụng công nghệ bay không người lái (UAV) trong đo đạc phục vụ công tác tính trữ lượng các mỏ đá tại Việt Nam. *Tạp chí Khoa hoc Kỹ thuật Mỏ - Địa Chất*, 61, tr. 21 - 30.

Nguyễn Anh Tuấn, V. Merrien - Soukatchoff, M. Vinches, (2015). Nhóm các hệ khe nứt trong đá nứt nẻ thành các hệ chính áp dụng mô hình và phân tích ổn định các tầng mỏ đá Clues, CH Pháp. *Tạp chí Công nghiệp Mỏ*, Số 4, tr. 106 - 111.

Nguyen Quoc Long, Bui Xuan Nam, Cao Xuan Cuong, Le Van Canh, (2019). An approach of mapping quarries in Vietnam using low - cost Unmanned Aerial Vehicles. *International Journal of Sustainable Development* 11(2), tr. 199 - 210.

Nguyễn Quốc Long, Lê Văn Cảnh, (2020). Khả năng ứng dụng thiết bị bay không người lái (UAV) kinh phí thấp để đo vẽ kiểm kê trữ lượng khoáng sản mỏ lộ thiên. *Tạp chí Công nghiệp Mỏ*, Số 2, tr. 79 - 85.

Nguyen Quoc Long, Ropesh Goyal, Bui Khac Luyen, Le Van Canh, Cao Xuan Cuong, Pham Van Chung, Bui Ngoc Quy, Xuan - Nam Bui, (2020). Influence of Flight Height on The Accuracy of UAV Derived Digital Elevation Model at Complex Terrain. *Inzynieria Mineralna*, 1 (45), http://doi.org/10.29227 /IM - 2020 - 01 - 27.

Nguyễn Viết Nghĩa, Nguyễn Quốc Long, Vũ Quốc Lập, (2017). Đánh giá khả năng ứng dụng máy quét laser mặt đất GeoMax Zoom 300 trong công tác thành lập mô hình 3D mỏ lộ thiên Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, 5 (58), tr. 12 - 17.

Nhữ Văn Bách, Bùi Xuân Nam, (2007). Công nghệ khai thác mỏ lộ thiên đáp ứng yêu cầu phát triển ngành mỏ Việt Nam giai đoạn 2006 - 2010 và trong tương lai. *Tạp chí Công nghiệp Mỏ*, 1, tr. 10 - 12.

Phạm Đại Hải, Đỗ Kiên Cường, Nguyễn Thị Thanh Vân, (2012). Nghiên cứu xây dựng cơ sở dữ liệu địa cơ mỏ phục vụ nhu cầu phát triển cơ giới hóa, hiện đại hóa khai thác than ở Việt Nam. *Thông tin khoa học, số 9 - 2012, Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin*.

Phạm Văn Hòa, (2018). Đào tạo nguồn nhân lực ngành Mỏ đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững, ứng phó biến đổi khí hậu và cách mạng công nghiệp 4.0. *Kỷ yếu Hội thảo khoa học Trái đất - Mỏ - Môi trường bền vững - EME, Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, tr. 113 - 123.

Quyết định 403/QĐ - TTg năm 2016 phê duyệt điều chỉnh Quy hoạch phát triển ngành than Việt Nam đến năm 2020, có xét triển vọng đến năm 2030 do Thủ tướng Chính phủ ban hành ngày 14/03/2016.

Trần Quang Hiếu, Bùi Xuân Nam, (2017). Xây dựng phần mềm lập hộ chiếu khoan - nổ mìn cho các mỏ khai thác lộ thiên vùng Cẩm Phả, Quảng Ninh. *Tạp chí Công nghiệp Mỏ*, số 1, tr. 46 - 52.

Trần Thanh Hải, (2018). Xu thế phát triển ngành Khoa học Trái đất thế giới nửa đầu thế kỷ XXI và những thách thức cho Việt Nam. *Kỷ yếu Hội thảo khoa học Trái đất - Mỏ - Môi trường bền vững - EME, Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, tr. 3 - 23.

Tuan Anh Nguyen, (2016). Stability conditions of jointed rock slope with contact dynamics method*, Journal of Mining and Earth Sciences*, 56, tr.11 - 19.