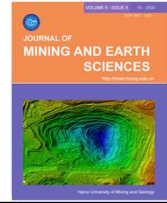




Journal of Mining and Earth Sciences

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



Vietnamese Surface Mining - Training and scientific research for integrating the Fourth Industrial Revolution



Nam Xuan Bui ^{1,*}, Giao Si Ho ²

¹ Department of Surface Mining, Mining Faculty, Hanoi University of Mining and Geology

² Vietnam Association of Mining Science and Technology

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history:

Received 08th Sept. 2020

Accepted 29th Sept. 2020

Available online 10th Oct. 2020

Keywords:

High education and scientific research,
Surface mining,
The Fourth Industrial Revolution,
Vietnam.

Department of Surface Mining, belonging to Faculty of Mining, of Hanoi University of Mining and Geology (HUMG), is one of the most traditional departments in HUMG, with 55 experience years in training Diplom Engineer, Master of Engineering and Doctor of Engineering for Vietnam. Surface Mining has an important role in Vietnamese Mining Industry, especially in mining coal, ore and building materials. To enhance the surface mining effect, high - quality labour force training and scientific research is very important, especially in the trend of integrating the fourth industrial revolution. The pape confirms the role of surface mining; lists the achievements of the Surface Mining Department; summaries the challenges of Vietnamese Surface Mining and trend of mining industry in integrating the fourth industrial revolution, and proposes some orientations in training and scientific research of Vietnamese Surface Mining for sustainable development.

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

*Corresponding author

E - mail: buixuannam@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.KTLT2020.01



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

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



Ngành khai thác mỏ lộ thiên Việt Nam - đào tạo và nghiên cứu khoa học hội nhập CMCN 4.0

Bùi Xuân Nam ^{1,*}, Hồ Sĩ Giao ²

¹ Bộ môn Khai thác lộ thiên, Khoa Mỏ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

² Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:

Nhận bài 08/9/2020
Chấp nhận 29/9/2020
Đăng online 10/10/2020

Từ khóa:

CMCN 4.0;
Đào tạo và NCKH;
Khai thác mỏ lộ thiên;
Việt Nam.

TÓM TẮT

Bộ môn Khai thác lộ thiên (KTLT), thuộc Khoa Mỏ, là một bộ môn có truyền thống của Trường Đại học Mỏ - Địa chất với 55 năm xây dựng và phát triển, đào tạo kỹ sư, thạc sĩ và tiến sĩ ngành khai thác mỏ lộ thiên (KTMLT) cho Đất nước. Ngành KTMLT có vai trò quan trọng trong công nghiệp khai khoáng của nước ta. Để nâng cao hiệu quả khai thác mỏ, công tác nghiên cứu khoa học và đào tạo nguồn nhân lực cho ngành KTMLT là rất quan trọng, đặc biệt trong xu thế hội nhập cách mạng công nghiệp 4.0 (CMCN 4.0). Bài báo khẳng định vai trò của ngành KTMLT trong công nghiệp khai khoáng của Việt Nam; những thành tựu của bộ môn KTLT trong 55 năm xây dựng và trưởng thành; những thách thức của ngành KTMLT Việt Nam và xu thế ngành mỏ trong bối cảnh cuộc CMCN 4.0; và một số định hướng đào tạo và NCKH cho ngành KTMLT hội nhập bền vững CMCN 4.0.

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

1. Mở đầu

Trong công cuộc Công nghiệp hoá - Hiện đại hoá ở nước ta hiện nay, ngành công nghiệp khai khoáng có một vị trí đặc biệt quan trọng. Mặc dù, đang trong giai đoạn khủng hoảng kinh tế trên phạm vi toàn cầu, nhưng mức độ tăng trưởng bình quân hàng năm của ngành mỏ hiện nay vẫn duy trì ở mức 5÷10%. Trong đó, ngành KTMLT đã, đang và vẫn sẽ giữ một vai trò quan trọng trong tổng sản lượng khoáng sản rắn khai thác được, cụ thể

hiện nay chiếm 100% đối với các loại vật liệu xây dựng (VLXD); hơn 90% đối với quặng, phi quặng và nguyên liệu hoá chất và gần 50% đối với than.

Tuy nhiên, để đáp ứng được nhu cầu của nền kinh tế quốc dân trong tương lai thì ngoài những thuận lợi về công nghệ, thiết bị, qui mô khai thác,... ngành KTMLT cũng sẽ phải đối mặt với không ít những thách thức như điều kiện khai thác ngày càng khó khăn, các vấn đề tận thu tối đa tài nguyên lòng đất, bảo vệ môi trường và phát triển bền vững ngày càng chặt chẽ và nghiêm ngặt hơn,...

Để giải quyết các vấn đề trên của ngành một cách bền vững thì việc nâng cao chất lượng nguồn nhân lực cũng là một việc làm quan trọng, cấp bách của ngành KTMLT nói riêng và ngành công nghiệp mỏ nói chung.

*Tác giả liên hệ

E - mail: buixuanam@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.KTTL2020.01

Bộ môn KTLT, thuộc Khoa Mỏ của Trường Đại học Mỏ - Địa chất là một trong những bộ môn chuyên ngành truyền thống của Nhà trường. Trong 55 qua, bộ môn đã góp phần to lớn trong việc đào tạo nguồn nhân lực chất lượng và NCKH, chuyển giao công nghệ phục vụ cho ngành KTMLT của Đất nước.

Bài báo khẳng định vai trò của ngành KTMLT trong công nghiệp khai khoáng của Việt Nam; những thành tựu của Bộ môn KTLT trong 55 năm xây dựng và trưởng thành; những thách thức của ngành KTMLT Việt Nam và xu thế ngành mỏ trong bối cảnh cuộc CMCN 4.0; và một số định hướng đào tạo và NCKH cho ngành KTMLT hội nhập CMCN 4.0.

2. Vai trò của ngành KTMLT trong công nghiệp khai khoáng Việt Nam và những thành tựu của Bộ môn KTLT 55 năm qua

2.1. Vai trò của ngành khai thác mỏ lộ thiên

Môi trường địa chất của Việt Nam có sự hình thành, cấu tạo rất phức tạp và đa dạng. Do đó, nước ta có nguồn tài nguyên khoáng sản cũng rất phong phú và đa dạng về chủng loại. Theo thống kê, trên lãnh thổ Việt Nam đã phát hiện được trên 50 trong số 66 loại khoáng sản phổ biến nhất trong vỏ trái đất. Chúng ta có khoảng hơn 5000 mỏ và điểm quặng, trong đó phải kể đến các loại khoáng sản sau (Hồ Sĩ Giao và nnk., 2006):

- VLXD, than, apatít, bauxít, crômít, titan, đất hiếm,...

- Vàng, chì - kẽm, thiếc, vonfram, sắt, đồng, antiman, fluorít, cát thủy tinh,...

- Cao lanh, graphít, mangan, barít, niken, fenspat, diatomit, bentônít,...

Thực tế, các loại khoáng sản này thường phân bố rời rạc với trữ lượng không lớn, do đó đã tạo nên nhiều loại hình mỏ lộ thiên với qui mô và đặc điểm rất khác nhau.

Một số đặc điểm của các mỏ khai thác lộ thiên đối 3 loại hình mỏ than, quặng và VLXD được tổng kết như sau (Bùi Xuân Nam và nnk, 2018; Hồ Sĩ Giao và Bùi Xuân Nam, 2006):

a. Khai thác than

Hiện nay, chúng ta có khoảng gần 30 mỏ và điểm KTMLT với sản lượng đóng góp trong giai đoạn 2014 - 2019 là 18÷20 triệu tấn, chiếm gần 45÷55% tổng sản lượng của ngành. Trong số đó

có 5 mỏ lớn ở khu vực Quảng Ninh với sản lượng trung bình năm 1,8÷2,0 triệu tấn, khai thác khá qui mô với trang thiết bị tương đối hiện đại, đó là các mỏ Đèo Nai, Cọc Sáu, Cao Sơn (Cấm Phá), Hà Tu, Núi Béo (Hòn Gai), còn lại là các mỏ vừa và nhỏ hoặc các điểm khai thác lộ vĩa có sản lượng nhỏ hơn 500 ngàn tấn/năm.

Công nghệ khai thác được sử dụng trên các mỏ vừa và lớn là hệ thống khai thác (HTKT) dọc một bờ hoặc hai bờ công tác, hào mở vĩa chủ yếu được đào bên bờ vách (trừ một số trường hợp đặc biệt), than được khấu từ vách sang trụ theo phân tầng, đất đá được bóc toàn tầng với gương bên hông, chiều cao tầng 12÷15m, chiều rộng mặt tầng từ 35÷60 m, góc nghiêng bờ công tác 24÷32°.

Thiết bị sử dụng trong các khâu công nghệ trên các mỏ này bao gồm các máy khoan xoay cầu có đường kính 200÷250 mm; các máy khoan đập xoay thủy lực có đường kính 100÷175 mm; các loại thuốc nổ ANFO thường, ANFO chịu nước, như tương, AD1; các loại máy xúc tay gầu có E=4,6÷10 m³ các loại máy xúc thủy lực gầu thuận, máy xúc thủy lực gầu ngược, máy bốc có E=1,5÷12 m³ để xúc bốc đất đá và than; các loại ô tô tự đổ có tải trọng từ 37÷130 tấn để vận chuyển đất bóc và than; các loại máy ủi có công suất 180÷300 cv để ủi đất đá.

b. Khai thác quặng

Hiện nay ở Việt Nam có đến hàng trăm điểm khai thác quặng lộ thiên với nhiều loại quặng như: sắt, mangan, đồng, chì, kẽm,...

Mỏ sắt Thạch Khê mặc dù có trữ lượng và sản lượng lớn, tuy nhiên hiện nay đang bị dừng triển khai do gặp khó khăn trong việc hoàn tất các thủ tục cấp phép khai thác mỏ.

Các khoáng sàng sa khoáng ven biển như inmenit (titan), zircon, rutin, monazit ở miền Trung và Nam Trung bộ đang được khai thác với nhiều công nghệ và quy mô sản lượng khác nhau, chưa có quy hoạch tổng thể của một ngành công nghiệp titan; gây tổn thất tài nguyên khoáng sản và ô nhiễm môi trường, đặc biệt là môi trường nước và môi trường không khí.

Quặng bauxit có ở các tỉnh Kontum, Đắk Lắk, Lâm Đồng, Bình Dương, Hà Giang, Cao Bằng nhưng nhiều nhất tập trung ở Tây Nguyên. Hiện nay, 2 tổ hợp bauxit nhôm Tây Nguyên đang khai thác có hiệu quả tại các khu vực mỏ Tân Rai và Đắk Nông với công suất gần 4 triệu tấn quặng

ting/năm (tương đương xấp xỉ 7 triệu tấn quặng nguyên khai).

Apatít Lào Cai là một mỏ quặng KTLT tương đối có qui củ nhưng đồng bộ thiết bị hiện nay của mỏ vẫn còn khá khiêm tốn, chủ yếu là các máy khoan đập, máy xúc tay gàu, máy xúc thủy lực, ô tô, máy ủi công suất nhỏ, đa phần của Liên Xô (cũ).

c. Khai thác vật liệu xây dựng

Theo thống kê, hiện nay ở nước ta có khoảng trên 600 khu vực khai thác VLXD với sản lượng hơn 30 triệu m³. Các điểm khai thác này chủ yếu tập trung ở các tỉnh phía bắc nhưng sản lượng thì chủ yếu do các tỉnh phía nam đóng góp (khoảng 20 triệu m³).

Chính vì sự đa dạng như vậy, các mỏ khai thác VLXD trên rất khác nhau về qui mô, công nghệ khai thác, thiết bị sử dụng.... Xét về góc độ công nghiệp và qui mô khai thác, có thể chia các mỏ trên thành hai nhóm chính: (1) nhóm các mỏ áp dụng công nghệ khai thác cơ giới theo lớp bằng hoặc lớp xiên, vận tải trực tiếp và (2) nhóm các mỏ áp dụng công nghệ khai thác bán cơ giới hoặc thủ công, khai thác theo lớp xiên, cắt tầng nhỏ hoặc lớp xiên khẩu theo kiểu tự do.

Bên cạnh các mỏ đang áp dụng công nghệ khai thác nhóm (1), sử dụng các thiết bị tương đối đồng bộ như máy khoan đập - xoay khí nén, thủy lực có đường kính 75÷175 mm, các máy khoan xoay cầu có đường kính tới 250 mm; các máy xúc thủy lực và máy bốc có $E=1÷5$ m³ thì ở các mỏ thuộc nhóm (2), chủ yếu dùng các thiết bị nhỏ, lạc hậu như các máy khoan cầm tay có đường kính 32÷46 mm; các máy xúc điện và máy xúc thủy lực có $E=0,5÷1,0$ m³; các ô tô có tải trọng 5÷10 tấn, một số nơi còn dùng công nông để vận chuyển và thiết bị nghiền sàng công suất nhỏ của Trung Quốc.

2.2. Những thành tựu của Bộ môn Khai thác lộ thiên trong 55 năm xây dựng và phát triển

2.2.1. Xây dựng đội ngũ

Sự phát triển về đào tạo ngành KTMLT gắn liền với sự lớn mạnh không ngừng của Bộ môn KTLT. Từ ngày đầu thành lập, lực lượng cán bộ còn khá mỏng, chỉ với 5 cán bộ giảng dạy, trình độ ban đầu chỉ là kỹ sư, với định hướng đúng đắn về xây dựng đội ngũ trí thức, đến nay đội ngũ nhà giáo của Bộ môn KTLT ngày càng được nâng cao cả về

số lượng và chất lượng, từng bước hội nhập và đạt chuẩn quốc tế (Bùi Xuân Nam, 2015).

Sau 55 năm xây dựng và phát triển, đến nay Bộ môn KTLT là một trong số những bộ môn có truyền thống và tiềm lực khoa học mạnh nhất Trường, với 1 NGND, 6 NGUT, 3 Giáo sư, 5 Phó Giáo sư, 1 TSKH, 11 TS Kỹ thuật, 4 Thạc sĩ, 2 NCS, được đào tạo bài bản trong và ngoài nước, đáp ứng nhu cầu đào tạo trình độ cao của Bộ môn. Ngoài ra, Bộ môn KTLT còn đóng góp lực lượng chuyên gia giáo dục giúp các nước bạn đào tạo Kỹ sư ngành KTMLT như NGUT.PGS.TS. Phạm Văn Hiền chuyên gia giáo dục tại Angola từ 1983 đến 1985, tại Angieri từ 1990 đến 1994; NGUT.PGS.TS. Lê Quang Hồng chuyên gia giáo dục tại Angola từ 1985 đến 1987; NGUT.PGS.TS. Hồ Sĩ Giao chuyên gia giáo dục tại Angieri từ 1989 đến 1993.

2.2.2. Đào tạo đại học và sau đại học

Sau 55 năm, Bộ môn KTLT đã đào tạo được 55 khóa chính quy, 3 khóa chuyên tu, 40 khóa tại chức, 18 khóa cao đẳng, 10 khóa liên thông cao đẳng lên đại học đã tốt nghiệp với hơn 5000 kỹ sư, cử nhân cao đẳng ngành KTMLT. Cũng trong thời gian trên, Bộ môn đã đào tạo được hơn 450 thạc sĩ kỹ thuật và 30 tiến sĩ kỹ thuật ngành KTMLT, trong đó có nhiều người là học viên cao học và NCS của nước CHDCND Lào.

Đây là con số phản ánh thành quả đào tạo đáng tự hào của Bộ môn, đóng góp cho sự nghiệp đào tạo của Nhà trường, đáp ứng yêu cầu phát triển kinh tế - xã hội của đất nước. Trong chương trình hợp tác quốc tế về đào tạo, Bộ môn đã và đang đào tạo cho nước CHDCND Lào, Vương quốc Campuchia và Mông Cổ hơn 50 kỹ sư và thạc sĩ ngành KTMLT.

2.2.3. Nghiên cứu khoa học và hợp tác quốc tế

Song song với công tác đào tạo, công tác nghiên cứu khoa học (NCKH) cũng được Bộ môn chú trọng và được các thế hệ thầy trò ngành KTMLT quan tâm triển khai. Ngay từ những ngày đầu thành lập Bộ môn, đã có nhiều đề tài nghiên cứu khoa học ứng dụng phục vụ thời chiến, tiêu biểu như: "Nghiên cứu, ứng dụng phương pháp nổ mìn phân đoạn không khí ở mỏ Đèo Nai" năm 1961, "Nghiên cứu ứng dụng phương pháp nổ mìn vi sai ở mỏ Cọc Sáu" năm 1962, "Thiết kế nổ mìn sân bay Kép (355 tấn thuốc nổ)" năm 1965 phục

vụ Quốc phòng thời chiến, nghiên cứu nổ phá đồi “A1” Tây Bắc năm 1966 phục vụ giao thông thời chiến. Có thể nói đây là “Đột phá khẩu” tạo tiền đề để các thế hệ thầy cô Bộ môn KTLT và ngành KTMLT tiến quân vào khoa học. Các đề tài nghiên cứu, thiết kế ứng dụng trong thời bình như: “Thiết kế nổ mìn buồng san nền nhà máy nhiệt điện Phả Lại” năm 1976 - 1978; “Nghiên cứu đào sâu đáy mỏ Hà Tu”; “Thiết kế khai thác vỉa mỏng bờ Nam mỏ Cọc Sáu”; “Nổ mìn buồng ở mỏ đá Đồng Giao”, “Khai thác chọn lọc apatit Lao Cai”,... là những công trình gắn kết trí tuệ giữa thầy và trò ngành KTMLT. Đề tài NCKH và triển khai công nghệ của các thầy cô giáo Bộ môn KTLT được duy trì đều đặn và ngày càng mở rộng theo tiến trình phát triển, điển hình là các đề tài cấp Nhà nước, cấp Bộ, Nafosted và cấp tỉnh, liên quan đến công nghệ khai thác quặng apatit, than, vật liệu xây dựng, titan; an toàn nổ mìn, bảo vệ môi trường; an toàn vệ sinh lao động trong ngành mỏ,... Cho đến nay, các thế hệ thầy và trò Bộ môn KTLT đã thực hiện 10 đề tài cấp Nhà nước, 30 đề tài cấp Bộ và tương đương, 30 đề tài cấp Trường và hàng trăm đề tài phục vụ sản xuất (Nhữ Văn Bách và nnk 2007).

Trong 5 năm trở lại đây, Bộ môn KTLT là một trong số ít các bộ môn có thành tích NCKH nổi trội của Trường với 15 đề tài cấp Nhà nước, Nafosted, song phương, quốc tế, cấp Bộ và tương đương,... hàng trăm bài báo trong các tạp chí chuyên ngành và hội nghị khoa học trong và ngoài nước, đặc biệt Nhóm nghiên cứu “Những tiến bộ trong Khai thác mỏ bền vững và có trách nhiệm - ISRМ” của Bộ môn KTLT do GS.TS Bùi Xuân Nam là Trưởng nhóm, đã tập hợp được nhiều nhà khoa học trong và ngoài nước, đã có số lượng bài báo quốc tế có uy tín trong danh mục ISI/Scopus cao nhất trường, với hơn 70 bài. Trong 55 năm qua, Bộ môn KTLT đã xuất hiện nhiều cá nhân có thành tích khoa học và công bố quốc tế nổi trội như: PGS.TS. Hồ Sĩ Giao (Danh hiệu “Trí thức Khoa học Công nghệ tiêu biểu” của Liên hiệp các hội KHKT Việt Nam, 2015), GS.TS. Bùi Xuân Nam (Danh hiệu “Trí thức Khoa học Công nghệ tiêu biểu” của Liên hiệp các hội KHKT Việt Nam, 2019), TS. Nguyễn Hoàng (Giải thưởng “Nhà khoa học trẻ xuất sắc” của Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 2019), PGS.TS. Vũ Đình Hiếu, TS. Trần Quang Hiếu, TS. Nguyễn Anh Tuấn, PGS.TS Phạm Văn Hòa,... Bên cạnh, công tác NCKH và công bố khoa học, công tác xuất bản giáo trình, sách chuyên khảo và tham khảo của Bộ môn

KTLT cũng được quan tâm và đã đạt được những thành tích nổi trội với hàng chục đầu sách được in tại các nhà xuất bản có uy tín của quốc gia và quốc tế, đặc biệt nhân dịp kỷ niệm 55 đào tạo ngành Khai thác mỏ lộ thiên, Bộ môn KTLT đã tổ chức Hội nghị quốc tế “Innovations for Sustainable and Responsible Mining 2020” thu hút được sự quan tâm của đông đảo các nhà khoa học trong và ngoài nước. Ấn phẩm của hội nghị đã được nhà xuất bản Springer (indexed Scopus) và tạp chí Inzynieria Mineralna (ESCI, Scopus) xuất bản (<http://www.springer.com>; <http://potopk.com.pl>).

Ngoài ra, Bộ môn KTLT luôn duy trì và tạo dựng được các mối quan hệ hợp tác tốt đẹp và hiệu quả trong đào tạo, NCKH, bồi dưỡng cán bộ, tổ chức các Hội nghị quốc tế, trao đổi sinh viên Internship,... với nhiều trường đại học uy tín trên thế giới như: Trường Đại học Kỹ thuật Bergakademie Freiberg (CHLB Đức); Trường Đại học Mỏ Matxcova, Trường Đại học Mỏ Xanh Pêtechua (LB Nga); Trường Đại học Mỏ Nancy (CH Pháp), Trường Đại học Mỏ và Công nghệ (Trung Quốc); Trường ĐH Dong A (Hàn Quốc); Trường Đại học Chiangmai, Trường Đại học Prince Songkla (Thái Lan); Trường Đại học Kyushu, Trường Đại học Hokkaido (Nhật Bản); Trường Đại học New South Wales (Út-x-trây-lia),...

3. Những thách thức của ngành KTMLT Việt Nam và xu thế ngành mỏ trong bối cảnh cuộc CMCN 4.0

3.1. Những thách thức của ngành KTMLT Việt Nam trong thời gian tới

3.1.1. Tài nguyên dần cạn kiệt, điều kiện khai thác ngày càng khó khăn

Tài nguyên và trữ lượng của các mỏ khai thác than lộ thiên (chủ yếu phân bố ở Quảng Ninh), ngày đang cạn kiệt dần. Hiện tại, Việt Nam đang phải nhập khẩu với khối lượng than ngày càng tăng mới bảo đảm được nhu cầu tiêu thụ than trong nước, bù đắp sự giảm sản lượng của các mỏ than Việt Nam, trong đó có các mỏ lộ thiên.

Về loại khoáng sản phi kim loại và vật liệu xây dựng (chủ yếu được KTLT), tuy có nhiều nhưng chỉ sử dụng trong nước, do có giá trị kinh tế không cao và trên thế giới nhu cầu về loại khoáng sản này là không nhiều. Các loại khoáng sản kim loại như

vàng, bạc, đồng, chì, kẽm,... của nước không đáp ứng được nhu cầu trong nước trong thời gian tới. Những loại khoáng sản quý này trên thế giới cũng đang cạn kiệt dần.

Mặc dù Việt Nam có 3 loại khoáng sản có trữ lượng lớn là bauxit, đất hiếm và quặng titan hiện đang được KTLT, song trên thế giới cũng có trữ lượng dồi dào và còn có thể khai thác hàng trăm năm nữa.

Hiện nay, đa số các mỏ khai thác lộ thiên ở Việt Nam đang gặp rất nhiều khó khăn, điển hình là các mỏ than ở Quảng Ninh khi khai thác xuống sâu đã dẫn đến tăng hệ số bóc và cung độ vận tải; vị trí đổ thải ngày càng khó khăn, khối lượng đổ thải hạn chế,... Điều này ảnh hưởng trực tiếp tới hiệu quả sản xuất, kinh doanh của mỏ; an toàn của người lao động và sự phát triển bền vững của ngành KTMLT.

3.1.2. Yêu cầu an toàn lao động, bảo vệ môi trường ngày càng khắt khe

Trong quá trình khai thác của các mỏ lộ thiên, đặc biệt khi khai thác xuống sâu hoặc khi khai thác có quy mô lớn, yêu cầu cơ giới hóa, tự động hóa và đồng bộ thiết bị ngày càng cao,... thì vấn đề an toàn lao động đối với người lao động và thiết bị, máy móc được đặt ra một cách nghiêm ngặt cho tất cả các khâu sản xuất: khoan - nổ - xúc bốc - vận tải - thải đá - thoát nước,... trong mỏ.

Do đặc thù của các mỏ KTLT, nhất là các mỏ than và quặng, các vấn đề chiếm dụng đất, ô nhiễm môi trường đất - nước - không khí, đa dạng sinh học, cải tạo - phục hồi môi trường ngày càng được xã hội và các cơ quan quản lý nhà nước quan tâm và yêu cầu khắt khe hơn, để tiệm cận dần với tiêu chuẩn của thế giới.

Ngoài một số mỏ khai thác quặng lộ thiên với sản lượng lớn được đầu tư bài bản, đa phần các mỏ quặng kim loại của Việt Nam đang khai thác với qui mô nhỏ, thiết bị lạc hậu và chưa đồng bộ,... dẫn đến hiệu quả khai thác thấp, gây tổn thất tài nguyên, ô nhiễm môi trường đáng kể và không đảm bảo an toàn lao động.

Chính vì sự khác biệt lớn về công nghệ khai thác và thiết bị sử dụng trong các mỏ VLXD ở nước ta, nên trong thực tế, một số lượng lớn (khoảng 80%) các mỏ thuộc nhóm (2) hiện đang khai thác trong tình trạng có nguy cơ cao về mất an toàn lao động cho người và thiết bị, ảnh hưởng nghiêm trọng tới môi trường sinh thái và cảnh quan xung

quanh. Đặc biệt, các mỏ đá xây dựng ở các tỉnh Bình Dương, Đồng Nai, sau khai thác để lại những moong lớn, sâu, tiềm ẩn nhiều nguy cơ liên quan đến trượt lở, động đất kích thích khi tích nước và mất an toàn cho người và gia súc.

3.1.3. Trình độ nguồn nhân lực hạn chế, năng suất lao động thấp

Hiện nay, do sự sụt giảm sản lượng, các công ty mỏ buộc phải giảm biên chế, giảm số giờ làm việc, hạn chế tuyển lao động mới, một số nơi cắt giảm phúc lợi xã hội, giảm lương... nhằm duy trì sản xuất sau nhiều khó khăn từ thị trường và điều kiện sản xuất kinh doanh. Điều này đã làm một lượng lớn lao động có tay nghề cao chuyển công tác hoặc nghỉ chế độ trước thời hạn. Do đặc thù ngành nghề, môi trường làm việc nặng nhọc, vất vả nhưng thu nhập thấp nên ngành mỏ, trong đó có các mỏ lộ thiên, không thu hút được thí sinh đăng ký học nghề cũng như học cao đẳng và đại học. Trong khi đó, yêu cầu về năng lực, trình độ của công nhân, kỹ sư trong các mỏ để làm chủ công nghệ, thiết bị hiện đại,... ngày càng cao. Điều này dẫn tới việc hiện nay và trong thời gian tới, ngành công nghiệp mỏ của Việt Nam nói chung và ngành KTMLT nói riêng sẽ đối mặt với tình trạng thiếu hụt lao động có tay nghề và trình độ cao.

Bên cạnh đó, nếu các điều kiện về cơ giới hóa, tự động hóa, đồng bộ thiết bị và chất lượng nhân lực không được cải thiện thì ngành khai thác mỏ ở Việt Nam còn gặp một thách thức nữa đó là khi năng suất lao động càng thấp, chi phí sản xuất càng tăng và giá thành sản xuất không đủ khả năng cạnh tranh với sản phẩm nhập khẩu.

3.1.4. Sự khó chấp nhận của xã hội đối với các dự án khai thác mỏ mới

Trong những năm 2018 - 2020, Ernst and Young, một trong bốn công ty kiểm toán danh tiếng đã công bố kết quả nghiên cứu về các rủi ro trong ngành khai thác mỏ. Sự khó chấp nhận của xã hội đối với các dự án khai thác mỏ mới (Social License to Operate) đã và sẽ là những rủi ro hàng đầu, mang đến nhiều thiệt hại thậm chí đe dọa sự tồn vong của các doanh nghiệp mỏ, trong đó có các dự án KTMLT. Tại Việt Nam cũng đã có những doanh nghiệp mỏ không thể tiếp tục sản xuất, kinh doanh do sự phản đối của công chúng hoặc chính quyền địa phương, trong khi đã tiêu tốn khá lớn vào vốn đầu tư ban đầu như công tác đền bù giải

phóng mặt bằng, xây dựng mỏ, đầu tư trang thiết bị sản xuất.

3.2. Những xu thế của CMCN 4.0

3.2.1. Khái niệm CMCN 4.0

Thuật ngữ "Công nghiệp 4.0" (Industry 4.0) khởi nguồn từ một dự án trong chiến lược công nghệ cao của chính phủ Đức, nhằm thúc đẩy việc điện toán hóa trong các hoạt động sản xuất, trong đó internet sẽ cải thiện quy trình quản lý các chu trình kỹ thuật, sản xuất, hậu cần của các ngành công nghiệp và cuộc sống trong thế kỷ XXI.

Ngay sau khi ra đời, khái niệm Công nghiệp 4.0 đã trở thành một xu hướng hiện tại và tương lai trên thế giới, kết nối các công nghệ lại với nhau và làm mờ ranh giới giữa vật lý, kỹ thuật số và sinh học và thường được gọi là cuộc "CMCN 4.0". Cuộc cách mạng này sẽ làm thay đổi năng lực sản xuất và đảo lộn toàn bộ cuộc sống con người theo 3 vấn đề lớn đó là: sự bất bình đẳng, an ninh và nhu cầu giữ gìn bản sắc. Trên phạm vi toàn cầu, những nền tảng kỹ thuật số chủ chốt sẽ chiếm giữ phần lớn những thành quả mà công nghệ mới tạo ra. Ở phạm vi địa phương, quyền lực và khả năng tạo lợi nhuận của những nền tảng toàn cầu này sẽ làm thay đổi toàn bộ cách tư duy, quản lý và hoạt động của cộng đồng, tạo ra những cơ hội phát triển mới nhưng cũng sẽ triệt tiêu những nền tảng lạc hậu. Vì vậy nó sẽ tạo ra sự khó khăn và đào thải đối với những đối tượng không được tiếp cận hoặc chậm thay đổi công nghệ. Hậu quả sẽ là sự lệ thuộc hoàn toàn vào các nền tảng số mang tính xuyên quốc gia và sự gia tăng tỉ lệ thất nghiệp đối với toàn bộ xã hội, trong đó có cả các thực thể nghiên cứu khoa học và đào tạo nhân lực ở các nước chậm phát triển (Trần Thanh Hải, 2018).

3.2.2. Cơ hội và thách thức của ngành KTMLT trong CMCN 4.0

Theo phân tích của diễn đàn kinh tế thế giới (World Economic Forum, 2016), trong thập niên tới, CMCN 4.0 có thể đem lại hơn 425 tỉ đô la cho ngành công nghiệp nặng và khai thác mỏ, giảm 610 triệu tấn khí thải CO₂, cải thiện mức độ an toàn, cứu sống được 1000 người, giảm 44.000 số người bị thương. Tuy nhiên, có khoảng 330.000 việc làm bị mất, tương đương gần 5% lực lượng lao động. Nhiều công việc và nhiệm vụ trước đây được thực hiện bởi con người đang dần được thay

thế bởi robot. Điều này đặt ra một đòi hỏi cơ bản đối với người lao động là phải thích nghi với sự thay đổi đó để tối ưu hóa công việc. Hơn nữa, sự phát triển nhanh chóng của tự động hóa và trí tuệ nhân tạo (AI) sẽ ảnh hưởng lớn đến lực lượng lao động, đòi hỏi người lao động phải có các kỹ năng làm việc mới. Các công việc sẽ thay đổi một cách nhanh hơn, người lao động phải có khả năng thích nghi và đáp ứng được với các thay đổi đó. Khi khả năng kết nối trở nên thuận tiện và dễ dàng với bất kỳ ai, ở bất kỳ đâu, tại bất kỳ thời điểm nào và với bất kỳ thiết bị nào dựa trên nền tảng IoT thì bản chất của lao động cũng sẽ thay đổi, ảnh hưởng đến cách thức làm việc và mối quan hệ giữa người lao động và người sử dụng lao động. Trong bối cảnh đó, nền công nghiệp mỏ Việt Nam cũng phải đối mặt những thách thức nêu trên; đồng thời phải tính đến những khó khăn liên quan tới đặc thù riêng về chủng loại và phân bố trữ lượng khoáng sản, năng lực khai thác và quản lý của công ty mỏ, cũng như chính sách khoáng sản của nhà nước.

Như vậy, CMCN 4.0 có thể đem lại những lợi ích to lớn cho ngành công nghiệp mỏ không chỉ ở Việt Nam mà trên phạm vi toàn thế giới. Tuy nhiên, nó cũng mang lại những thách thức không nhỏ như đã nêu trên. Để đáp ứng được yêu cầu của CMCN 4.0, đối phó với các thách thức mang tính toàn cầu và khu vực, các xu hướng phát triển trong công nghệ KTMLT bao gồm: nghiên cứu xây dựng cơ sở dữ liệu lớn (Big Data), nghiên cứu triển khai, ứng dụng các công nghệ tự động hóa tiên tiến và trí tuệ nhân tạo (AI) sẽ đem lại sự chính xác và hiệu quả khai thác cao. Sử dụng các hệ thống khoan tự động và xe tự lái sẽ tiết kiệm được thời gian và nâng cao hiệu quả khai thác. Bên cạnh đó, các hệ thống cảm biến thu thập dữ liệu thời gian thực (RT) kết nối dựa trên nền tảng Internet kết nối vạn vật (IoT) sẽ được sử dụng để cải thiện mức độ an toàn, nâng cao khả năng giám sát và các hoạt động từ xa trong khai thác mỏ. Xây dựng mô hình các mỏ lộ thiên thông minh (Smart mine) có sự quản lý, điều hành hiện đại; có khả năng quan trắc và giảm thiểu các tác động tới môi trường trong từng khâu công nghệ và cả quá trình khai thác mỏ.

Ngoài ra, việc phân tích khai phá dữ liệu lớn (Big Data Mining) còn giúp giảm thiểu chi phí và năng lượng, nâng cao độ chính xác trong công tác dự báo, đem lại lợi nhuận cao hơn trong lĩnh vực khai thác mỏ nói chung và KTMLT nói riêng (Bùi Xuân Nam và nnk., 2018).

4. Một số định hướng đào tạo và NCKH cho ngành KTMLT hội nhập CMCN 4.0

4.1. Định hướng đào tạo hội nhập CMCN 4.0

Thế giới đang đổi mới với cùng lúc ba sự thách thức cho sự phát triển bền vững: kinh tế, xã hội và môi trường. Ngành mỏ nói chung và ngành KTMLT nói riêng, ngoài việc cung cấp nguyên liệu, khoáng sản cho sự phát triển kinh tế - xã hội còn tạo ra nhiều công ăn việc làm giúp giảm đói nghèo. Dân số thế giới hiện nay là 7 tỷ người và các nguồn tài nguyên thiên nhiên có hạn, rõ ràng từng cá nhân và các tổ chức phải cùng nhận thức về việc phát triển bền vững. Mọi người đều phải có sự hiểu biết rằng những gì chúng ta làm ngày hôm nay sẽ liên quan đến cuộc sống của con người và Trái đất trong tương lai. Theo tổ chức giáo dục, khoa học và văn hóa Liên hiệp quốc (UNESCO), giáo dục cho sự phát triển bền vững cho phép mọi người thay đổi cách nghĩ và cách làm việc để hướng tới sự phát triển bền vững trong tương lai. Đối với nguồn nhân lực ngành KTMLT cũng không là ngoại lệ; việc cải tiến chất lượng giáo dục, đào tạo phải hướng đến việc giúp đỡ các kỹ sư ngành KTMLT phát triển kiến thức, các kỹ năng, các giá trị và các ứng xử cần thiết cho sự phát triển bền vững. Những vấn đề về phát triển bền vững như biến đổi khí hậu và đa dạng sinh học đưa vào trong chương trình đào tạo (Phạm Văn Hòa, 2018).

Các kỹ sư ngành KTMLT cần được trang bị những kiến thức về quản lý các hoạt động khai thác mỏ và đưa những công nghệ tiên tiến vào trong ngành KTMLT. Những vấn đề về quản lý môi trường trong quá trình khai thác mỏ, các mô hình phát triển bền vững trong ngành công nghiệp khai khoáng và những vấn đề liên quan đến cộng đồng và địa phương trong khu vực khai thác cũng phải được đào tạo. Sự thực hiện đầy đủ phát triển bền vững còn có nghĩa tích hợp các hoạt động trong ba lĩnh vực chủ yếu (Jozef Dubinski, 2013):

- Các hoạt động kỹ thuật và kinh tế phải đảm bảo sự phát triển kinh tế;
- Đảm bảo môi trường sinh thái, bảo vệ các nguồn tài nguyên thiên nhiên và môi trường;
- Các vấn đề xã hội liên quan đến việc chăm sóc cho người lao động tại khu vực làm việc và phát triển cộng đồng trong khu vực mỏ.

Từ đó, nhóm tác giả đề xuất một số định hướng sau trong công tác đào tạo nguồn nhân lực

ngành KTMLT của Bộ môn KTLT, Khoa Mỏ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất:

4.1.1. Quán triệt triết lý giáo dục, sứ mạng, tầm nhìn giá trị cốt lõi của ngành

Bộ môn KTLT của Trường Đại học Mỏ - Địa chất theo đuổi triết lý giáo dục "Trí thức, sáng tạo, nhân ái" và tuyên bố với xã hội như sau:

a. Sứ mạng: là nơi đào tạo nguồn nhân lực chất lượng cao về khai thác khoáng sản và bảo vệ môi trường; nghiên cứu khoa học, chuyển giao công nghệ và cung cấp các dịch vụ khoa học - công nghệ đáp ứng nhu cầu phát triển bền vững kinh tế - xã hội của đất nước.

b. Tầm nhìn: Bộ môn KTLT, Khoa Mỏ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất sẽ trở thành một trong những đơn vị đào tạo, nghiên cứu khoa học và chuyển giao công nghệ hàng đầu của cả nước và khu vực Đông Nam Á.

c. Các giá trị cốt lõi sau:

- Đào tạo đáp ứng nhu cầu xã hội;
- Tôn trọng tài năng và sự sáng tạo của cá nhân;
- Năng động, sáng tạo, hội nhập;
- Chất lượng và hiệu quả;
- Gắn bó mật thiết đào tạo với NCKH và chuyển giao công nghệ.

4.1.2. Xây dựng các chương trình đào tạo theo định hướng CDIO

CDIO là viết tắt của cụm từ tiếng Anh "Conceive - Design - Implement - Operate", có nghĩa là: hình thành ý tưởng, thiết kế, thực hiện và vận hành, khởi nguồn từ Viện Công nghệ MIT (Hoa Kỳ).

Gốc của CDIO là một hệ thống phương pháp phát triển chương trình đào tạo kỹ sư, nhưng về bản chất thì đây là một quy trình đào tạo căn cứ vào chuẩn đầu ra (outcome - based) để thiết kế chuẩn đầu vào. Quy trình này được xây dựng đảm bảo tính khoa học và tính thực tiễn chặt chẽ.

Về tổng thể, CDIO có thể áp dụng để xây dựng quy trình chuẩn cho nhiều lĩnh vực đào tạo khác nhau ngoài ngành đào tạo kỹ sư, bởi lẽ nó đảm bảo khung kiến thức và kỹ năng, chẳng hạn áp dụng cho khối ngành kinh tế, quản trị kinh doanh,... Cho nên, có thể nói, CDIO thực chất là một giải pháp nâng cao chất lượng đào tạo, đáp ứng yêu cầu xã hội, trên cơ sở xác định chuẩn đầu ra, từ đó thiết

kế chương trình và kế hoạch đào tạo một cách hiệu quả.

Mục tiêu đào tạo theo CDIO là hướng tới việc giúp sinh viên ngành KTMLT có được kỹ năng cứng và mềm cần thiết khi ra trường, nhằm đáp ứng yêu cầu, đòi hỏi của xã hội cũng như bắt nhịp được với những thay đổi vốn rất nhanh của thực tiễn đời sống xã hội. Những sinh viên giỏi có thể làm chủ, điều chỉnh phương pháp học theo hướng tích cực.

Đào tạo theo mô hình CDIO giúp gắn kết được khả năng làm việc của sinh viên với yêu cầu của người tuyển dụng, từ đó thu hẹp khoảng cách giữa việc đào tạo của nhà trường và yêu cầu của nhà sử dụng nguồn nhân lực; giúp người học phát triển toàn diện với các “kỹ năng cứng” và “kỹ năng mềm” để nhanh chóng thích ứng với môi trường làm việc luôn thay đổi và thậm chí là đi đầu trong việc thay đổi đó; giúp các chương trình đào tạo được xây dựng và thiết kế theo một quy trình chuẩn; các công đoạn quá trình đào tạo có tính liên thông và gắn kết khoa học chặt chẽ; gắn phát triển chương trình đào tạo với chuyển tải và đánh giá hiệu quả giáo dục đại học, góp phần nâng cao chất lượng đào tạo.

4.1.3. Gắn đào tạo lý thuyết với thực tập, thực hành

CMCN 4.0 là đỉnh cao của tự động hóa, đòi hỏi các doanh nghiệp mỏ cũng phải tiếp cận sản xuất thông minh, chính xác hơn, điều này rõ ràng cần có sự chuẩn bị đầu tư cho sự phát triển nguồn nhân lực trình độ cao để đáp ứng nhu cầu nhân lực theo yêu cầu mới. Tuy nhiên, hệ thống giáo dục, đào tạo cũng sẽ bị tác động mạnh mẽ và toàn diện, danh mục ngành nghề đào tạo sẽ bị điều chỉnh, cập nhật liên tục, ranh giới giữa các lĩnh vực rất mong manh. Chính vì vậy, việc đào tạo nguồn nhân lực ngành KTMLT đáp ứng được yêu cầu bền vững, ứng phó biến đổi khí hậu và cuộc CMCN 4.0 cần được chú trọng (Nguyen Thi Hoai Nga et al., 2013).

Công tác đào tạo nhân lực trong ngành KTMLT cần phải được nhận thức một cách rõ ràng là một mục tiêu liên tục của sự bền vững trong ngành công nghiệp mỏ. Khi đó các mục tiêu tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên, quản lý môi trường, thực hành an toàn hiệu quả, hiệu quả kinh tế lớn nhất, sự thỏa mãn của cộng đồng và sự quản trị hiệu quả có thể đạt được.

Điều này chỉ có thể có được khi đào tạo lý thuyết với thực tập, thực hành trong nhà trường và trong các cơ sở sản xuất, kinh doanh. Do đó, nhà trường cần tăng cường hợp tác với các doanh nghiệp để tăng cường khả năng thực tập, thực hành của sinh viên, học sinh. Thậm chí, cơ chế trong trường đại học cần hỗ trợ sinh viên có cơ hội và thời gian thực tập dài hạn trong doanh nghiệp để đạt được kỹ năng thành thực, có thái độ đúng đắn trong lao động và làm nghề. Lấy chuẩn đầu ra theo CDIO là cơ sở để gắn chặt đào tạo lý thuyết với thực tập, thực hành. Liên kết chặt chẽ với các viện nghiên cứu, các trường cao đẳng, các công ty thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam, Tổng Công ty Đông Bắc trong việc phối hợp xây dựng nội dung và hướng dẫn thực tập, thực hành cho sinh viên.

4.1.4. Gắn đào tạo với nghiên cứu khoa học và chuyển giao công nghệ

Ngành công nghiệp khai khoáng sẽ không thể tách rời các đặc trưng của CMCN 4.0 với tự động hóa, dữ liệu lớn, trí tuệ nhân tạo và vai trò của internet vạn vật,... và ngành KTMLT cũng đòi hỏi sự đổi mới sáng tạo để sản xuất hiệu quả. Các sáng tạo và đổi mới không phải chỉ ở vấn đề công nghệ, mà còn là ở tổ chức sản xuất và đổi mới ở yếu tố con người.

Trong tương lai của ngành này, quản lý được sự thay đổi chính là chìa khóa để đảm bảo các lợi ích kì vọng của các bên liên quan. Khi hoạt động khai thác, chế biến bị ảnh hưởng nhiều bởi các điều kiện địa chất tự nhiên khi đi xa, xuống sâu, cạn kiệt tài nguyên,... các cách thức tiếp cận ứng dụng khoa học công nghệ cần phải thay đổi, bắt kịp với xu thế chung và điều kiện Việt Nam. Việc sử dụng khoa học công nghệ hiện đại để đảm bảo hiệu quả sản xuất, an toàn và sức khỏe nơi làm việc cũng như tăng thêm giá trị cho các sản phẩm khoáng sản là hết sức cần thiết. Do đó, cần phải gắn đào tạo với nghiên cứu khoa học và chuyển giao công nghệ, trong đó có sự tham gia tích cực của các đối tác quốc tế với doanh nghiệp. Trường đại học, vì vậy, cần trở thành cầu nối giữa doanh nghiệp khai khoáng trong nước và các đối tác quốc tế. Tuy nhiên, trường đại học cũng có lợi thế trong việc triển khai các đề tài nghiên cứu gắn với ngành khai thác khoáng sản với nguồn lực tại chỗ và hiểu biết sâu rộng về điều kiện đặc thù của ngành.

4.1.5. Gắn mô hình nhà trường - nhà quản lý - nhà doanh nghiệp

Hiện nay, các cơ sở đào tạo nguồn nhân lực cho ngành Mỏ nói chung và ngành KTMLT nói riêng rất coi trọng việc hợp tác với doanh nghiệp thông qua những giải pháp cụ thể như ký biên bản ghi nhớ và thỏa thuận hợp tác, hàng năm cử sinh viên đi thực tập, lấy ý kiến phản hồi về chương trình đào tạo, tổ chức Ngày hội việc làm và kết nối doanh nghiệp,... Tuy nhiên, những hoạt động thúc đẩy sự hợp tác thường chỉ từ phía nhà trường, việc chủ động của doanh nghiệp trong việc đề xuất gắn kết với nhà trường chưa thường xuyên nguyên nhân chủ yếu doanh nghiệp chưa thấy rõ lợi ích trong việc hợp tác với nhà trường.

Để sự hợp tác giữa Nhà trường - Nhà quản lý - Nhà Doanh nghiệp được gắn bó, hiệu quả, có lợi cho các bên, cần thực hiện các nguyên tắc cơ bản sau đây: Tôn trọng, Tin cậy, Tự nguyện, Hiệu lực và Hiệu quả (*viết tắt là nguyên tắc "3T-2H"*). Quản lý nhà nước đóng vai trò điều tiết, làm cầu nối để gỡ bỏ các rào cản tới tiến trình hợp tác hiệu quả giữa doanh nghiệp và nhà trường (Nguyễn Ngọc Khánh và nnk., 2018).

Việc tiếp cận nguyên tắc "3T-2H" sẽ tạo chuẩn mực chung cho nhà trường và doanh nghiệp trong quá trình hợp tác, là những tiêu chuẩn then chốt để đảm bảo quá trình hợp tác ổn định, phát triển và bền vững. Nguyên tắc "3T-2H" không có tính bắt buộc nhưng mức độ tuân thủ nguyên tắc "3T-2H" sẽ là yếu tố quan trọng quyết định chất lượng quá trình hợp tác giữa nhà trường và doanh nghiệp. Điều này giúp nâng cao chất lượng các ngành đào tạo trong Trường Đại học Mỏ - Địa chất nói chung và ngành KTMLT nói riêng.

4.2. Định hướng NCKH hội nhập CMCN 4.0

Ứng dụng các công nghệ từ thành tựu của CMCN 4.0 là xu hướng rất được quan tâm hiện nay trong công nghiệp mỏ. Điều này được định hướng rất rõ trong các chương trình KHCN của Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) (Chương trình KC.01/16 - 20 đến KC.06/16 - 20) cũng như của Chính Phủ (587/QĐ - BKHCN). Theo đó, giai đoạn đến năm 2020 và thời gian tới, TKV đã định hướng tập trung vào 6 chương trình khoa học - công nghệ trọng điểm gồm:

(1) Cơ giới hóa và hiện đại hóa các mỏ than và khoáng sản;

(2) thiết kế, chế tạo nội địa hóa các sản phẩm cơ khí, thiết bị điện;

(3) phát triển công nghệ tuyển, chế biến sâu than - khoáng sản;

(4) nghiên cứu về an toàn, môi trường, điều kiện tự nhiên, vật liệu và hóa chất;

(5) tin học hóa, tự động hóa sản xuất;

(6) nâng cao năng lực quản lý về tăng cường tiềm lực khoa học và công nghệ của tập đoàn (Oliver Langefeld, 2017).

Trên cơ sở đó, các tác giả đề xuất một số định hướng NCKH cho ngành KTMLT hội nhập CMCN 4.0 như sau:

4.2.1. Nghiên cứu xây dựng cơ sở dữ liệu cho ngành KTMLT

Cơ sở dữ liệu phục vụ cho ngành mỏ nói chung và ngành KTMLT nói riêng, bao gồm các dữ liệu về:

- Điều kiện tự nhiên (địa chất, địa chất cấu tạo, địa chất công trình, địa chất thủy văn; tính chất cơ lý đất đá; sự phân bố chất lượng và trữ lượng khoáng sản,...);

- Điều kiện kỹ thuật (công nghệ, thiết bị, điều kiện áp dụng,...);

- Điều kiện môi trường (đất, nước, không khí, đa dạng sinh học,...);

- Điều kiện kinh tế (các loại chi phí, giá quặng,...),...

Đây là một dạng dữ liệu lớn (Big Data), được thu thập từ các khâu tìm kiếm, thăm dò, nghiên cứu công nghệ, thị trường,... được sắp xếp khoa học, thuật lợi cho việc cập nhật, lưu trữ, xuất dữ liệu và sử dụng,... phục vụ cho việc thiết kế, điều hành, quản lý, giám sát mỏ lộ thiên một cách tiện lợi, chính xác, có hiệu quả.

Hiện nay có nhiều công nghệ thu thập thông tin hiện đại như công nghệ địa không gian (Geospatial technology), là sự kết hợp của tất cả các ứng dụng của hệ thông tin địa lý (GIS), hệ thống định vị toàn cầu (GPS), viễn thám (RS) và hệ thống thông tin nối mạng toàn cầu (Internet) trong cùng một nghiên cứu nhằm giải đáp các vấn đề về sự phân bố, quy luật phát triển trong không gian của dữ liệu.

4.2.2. Nghiên cứu ứng dụng các phần mềm trong ngành KTMLT

Hiện nay trên thế giới có nhiều phần mềm ứng dụng (Software) hỗ trợ công tác thiết kế mỏ;

mô phỏng, tính toán và tối ưu hóa các khâu công nghệ trên mỏ lộ thiên (khoan, nổ mìn, xúc bốc, vận tải, thoát nước mỏ, đồng bộ thiết bị,...) cho phép đưa ra được các phương án thiết kế mỏ tối ưu; giúp giải quyết được các bài toán phức tạp trong các khâu sản xuất của mỏ; dự báo các tác động xấu tới môi trường... với kết quả nhanh chóng và chính xác cao.

a. Các phần mềm thiết kế mỏ:

Có thể liệt kê một số phần mềm có chức năng thiết kế mỏ trong ngành KTMLT như MineSight, Surpac, Datamine, Micromine, Gemcom, Whittle-3D,...

Nói chung, về cơ bản mỗi phần mềm ứng dụng thường được tổ chức thành những module chức năng để giải quyết một hoặc một số vấn đề có liên quan chặt chẽ với nhau. Nội dung chính của một số phần mềm ứng dụng về mỏ bao gồm:

- Xây dựng cơ sở dữ liệu;
- Mô hình hoá địa chất thân khoáng sàng;
- Tính toán trữ lượng;
- Tối ưu hoá biên giới mỏ;
- Quy hoạch ngắn hạn và dài hạn,...

b. Các phần mềm lập hộ chiếu khoan - nổ mìn:

Ngoài các phần mềm thương mại chuyên về lập hộ chiếu nổ mìn như Blaster, MineExcellence, SHOTPlus, SoftBlast,... Tùy theo điều kiện cụ thể, có thể phát triển các phần mềm ứng dụng trên nền Autocad để hỗ trợ cho công tác lập hộ chiếu khoan - nổ mìn trong mỏ lộ thiên.

c. Các phần mềm đo vẽ bản đồ, tính khối lượng mỏ lộ thiên:

Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, công nghệ địa tin học mỏ đã không ngừng được nghiên cứu, tiếp cận công nghệ mới của thế giới, triển khai nhanh chóng, sáng tạo nhằm đáp ứng kịp thời nhu cầu nâng cao hiệu quả quản lý và sản xuất trong các mỏ lộ thiên Việt Nam. Có thể kể đến một số công nghệ tiên tiến hiện nay trong lĩnh vực này như:

- Hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu GNSS;
- Thiết bị laser;
- Máy bay không người lái (UAV);
- Tích hợp công nghệ viễn thám vệ tinh và GIS nghiên cứu môi trường mỏ lộ thiên;
- Công nghệ thông tin địa không gian.

d. Các phần mềm mô phỏng khối đá:

Để mô phỏng khối đá (thân quặng) có thể sử dụng các phần mềm thương mại hoặc phát triển

các phần mềm mã nguồn mở. Có các module phần mềm để thực hiện các công việc sau trong ngành KTMLT, đặc biệt trong các mỏ khai thác đá nói chung và các mỏ khai thác đá khối nói riêng:

- Mô hình mô phỏng khối đá phục vụ khai thác mỏ lộ thiên;
- Mô hình mô phỏng khối đá phục vụ đánh giá ổn định của bờ mỏ;
- Mô hình mô phỏng khối đá phục vụ tối ưu công tác khoan - nổ mìn trên mỏ đá VLXD;
- Mô hình mô phỏng khối đá phục vụ tối ưu các thông số công nghệ khai thác đá khối.

4.2.3. Nghiên cứu các hệ thống cơ giới hóa, tự động hóa trong ngành KTMLT

Với yêu cầu phát triển bền vững, công tác khai thác khoáng sản nói chung và KTMLT nói riêng cần phải đảm bảo việc khai thác triệt để, tránh lãng phí tài nguyên, khai thác với năng suất cao, giảm thiểu tiêu thụ năng lượng, chi phí và sức lao động của con người. Việc này đòi hỏi cần phải có các nghiên cứu chế tạo và ứng dụng các hệ thống máy móc, thiết bị cơ khí phục vụ công tác cơ giới hóa (từng phần, toàn phần) trong KTMLT.

Bên cạnh hoàn thiện việc cơ giới hóa hệ thống trang thiết bị khai thác cần phải thực hiện triệt để việc tin học hóa, tự động hóa các hệ thống khai thác, vận tải, chế biến trong ngành KTMLT, đặc biệt khi sử dụng các thiết bị khai thác và vận tải liên tục. Có một số sơ đồ công nghệ khai thác liên tục khả thi cho ngành KTMLT Việt Nam sau cần lưu ý:

- Công nghệ khai thác liên tục, vận tải liên tục: máy xúc nhiều gầu kiểu rotor, kiểu xích, máy liên hợp phay cắt; băng tải, máy chuyển tải (áp dụng cho các mỏ sét, đá vôi, bauxite,...).
- Công nghệ khai thác liên tục, vận tải theo chu kỳ: máy liên hợp phay cắt, ô tô (áp dụng cho các mỏ đá vôi, bauxite,...).
- Công nghệ khai thác chu kỳ, vận tải liên tục: máy xúc một gầu, trạm nghiền + băng tải (áp dụng cho các mỏ đá vôi, đá xây dựng,...).
- Công nghệ khai thác bằng sức nước (áp dụng cho các mỏ quặng titan sa khoáng, crômít, cát,...).

Với hiện trạng trang thiết bị trong ngành KTMLT ở nước ta hiện nay, để tự động hóa hoàn toàn đòi hỏi số lượng rất lớn các cảm biến đo lường cho các hệ thống máy móc thiết bị của mỏ.

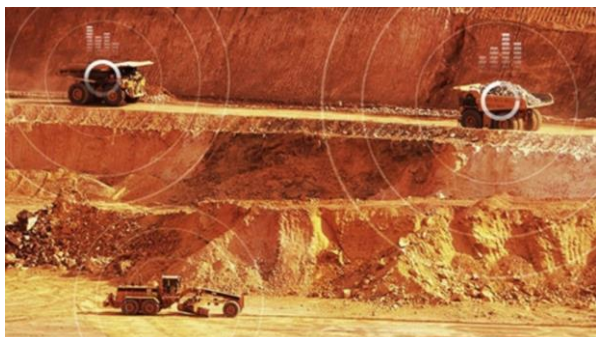
Các cảm biến này đòi hỏi phải đảm bảo được yêu cầu về tuổi thọ và độ chính xác thông tin trong điều kiện môi trường ẩm ướt, có nhiều thành phần hóa chất ăn mòn ở nước ta.

Để thực hiện tự động hóa cho các hệ thống sản xuất, thì ngoài việc nghiên cứu chế tạo, ứng dụng các thiết bị điều khiển phù hợp với thực tế sản xuất ở Việt Nam như đã đề cập với các cảm biến ở trên thì việc nghiên cứu thiết kế, xây dựng các thuật toán và chương trình điều khiển tự động phù hợp với các hệ thống thực tế của ngành KTMLT cũng là một định hướng cần được quan tâm trong thời gian tới.

4.2.4. Nghiên cứu ứng dụng hệ thống quản lý, điều hành mỏ “thông minh” trong ngành KTMLT

Dựa trên cơ sở dữ liệu của mỏ lộ thiên, sản lượng yêu cầu, kế hoạch khai thác (ngắn hạn, trung hạn, dài hạn) và đặc tính của các thiết bị hoạt động trên mỏ lộ thiên (máy khoan, máy xúc, ô tô, các thiết bị phụ trợ,...), ứng dụng các công nghệ GIS, GPS, IoT,... cho phép xây dựng hệ thống quản lý mọi hoạt động của mỏ và các thiết bị một cách tự động và tối ưu hóa. Đây là cách quản lý, điều hành của một mỏ lộ thiên “thông minh” (Smart mine), như được minh họa trong Hình 1.

Hệ thống quản lý, điều hành này chủ yếu của những công nghệ này tập trung vào sự hiểu biết toàn diện nguồn tài nguyên, tối ưu hóa dòng vật liệu và đội xe, cải tiến sự nhận biết trước hổng hóc, tăng mức độ tự động hóa, theo dõi hiệu quả sản xuất theo thời gian thực. Một số công ty sản xuất đang đầu tư kết nối máy với máy (M2M) để cải thiện dữ liệu kỹ thuật, tăng mức độ tự động hóa trong ngành công nghiệp mỏ, tăng độ chính xác và giảm việc đưa nhân công vào trong quá trình sản



Hình 1. Minh họa một “Smart mine”
(<https://www.miningmagazine.com/partners/partner-content/1372645/what-makes-mine-smart>)

xuất. Những công nghệ tiên hiện tại giúp cho các quá trình sản xuất được tự động hóa và tiêu chuẩn hóa để đạt một mức độ sản xuất chắc chắn hơn so với các quá trình trước đó. Việc sử dụng các thiết bị tự lái, điều khiển từ xa đã được sử dụng có hiệu quả trong những năm gần đây tại các mỏ khai thác lộ thiên trên thế giới. Hãng Caterpillar (Mỹ) đã đưa vào sử dụng rộng rãi các xe ô tô tự lái tại các mỏ quặng khai thác lộ thiên tại Úc và Australia, đã giúp tăng năng suất vận tải lên 20%. Các xe ô tô tải này đã sử dụng 64 thiết bị laser đặt trong bóng đèn lắp vào xe ô tô tải, các máy quét Lidar tạo ra các hình ảnh 3D để cho các ô tô tải có thể “nhìn thấy” mọi vật trên đường (Phạm Văn Hòa và nnk., 2018).

Những mỏ ứng dụng hệ thống quản lý thông minh này là các mỏ khai thác lộ thiên có sản lượng lớn, sử dụng nhiều thiết bị có công suất và năng suất lớn, mức độ cơ giới hóa và tự động hóa cao, điều kiện lao động không thuận lợi,... Hệ thống quản lý, điều hành mỏ này cho phép tăng năng suất lao động, đảm bảo an toàn cho người lao động và bảo vệ môi trường. Đây là một xu thế đang được các nước có nền công nghiệp mỏ hiện đại trên thế giới áp dụng có hiệu quả trên các mỏ khai thác lộ thiên sản lượng lớn.

4.2.5. Nghiên cứu ứng dụng, phát triển các hệ thống và mô hình quản lý, giám sát môi trường trong ngành KTMLT

Cũng dựa trên cơ sở dữ liệu của mỏ lộ thiên, đặc tính kỹ thuật các thiết bị sử dụng, thải lượng thực tế và cho phép, hệ thống các cảm biến môi trường, hệ thống các camera,... cho phép xây dựng hệ thống quản lý, giám sát các tác động tới môi trường trong quá trình khai thác mỏ.

Một số công nghệ, thiết bị và mô hình sau được dùng để quản lý, giám sát môi trường trong ngành KTMLT:

a. Công nghệ viễn thám vệ tinh và GIS:

Công nghệ viễn thám vệ tinh và GIS không chỉ giám sát hiện trạng tức thời, mà còn cho phép đánh giá tác động môi trường tích lũy CIA (Cumulative Impact Assessment) của một mỏ lộ thiên hoặc khu mỏ gồm nhiều mỏ trong một chuỗi thời gian.

b. Máy bay không người lái (UAV):

Công nghệ UAV có thể được ứng dụng để giám sát các thành phần môi trường trong hoạt động KTMLT (khoan, nổ mìn, bốc xúc, vận tải). UAV được gắn các cảm biến quan trắc chất lượng

không khí (nồng độ bụi mịn PM10, PM2.5 và các khí CO, CO₂, SO₂, NO₂, NO,...) trong mỏ lộ thiên do ảnh hưởng của quá trình hoạt động khai thác, chế biến khoáng sản.

Với đặc tính trên, hệ thống này cũng cho phép quan trắc môi trường sau khai thác, phục vụ có hiệu quả cho công tác cải tạo và phục hồi môi trường mỏ. Khi sử dụng các bộ cảm biến để theo dõi môi trường bên ngoài - Multiple AQ (Air Quality) Monitoring System cho các mỏ lộ thiên sâu với hệ thống giám sát thời gian thực không dây cho phép giám sát liên tục trong thời gian dài và theo dõi đồng thời các điều kiện khí quyển và nhiệt độ/độ ẩm,...

c. Các mô hình dự báo tác động có hại của công tác khoan - nổ mìn:

Dựa trên số liệu giám sát hoạt động nổ mìn (chấn động nổ mìn, sóng không khí, đất đá bay, hậu xung,...) theo quy định bằng các công nghệ và thiết bị hiện đại như Bartec Syscom MR3000BLA - Blasting monitoring system (Thụy Sĩ); Sigicom Infa C22 Wireless vibration monitor (Thụy Điển) và Real - Time Wireless Sensors - Blasting vibration (Hàn Quốc).

Từ các dữ liệu đó, ứng dụng các công nghệ trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence), mạng nơ-ron nhân tạo (Artificial Neural Network), học máy (Machine Learning), học sâu (Deep Learning), dữ liệu lớn (Big data), Internet kết nối vạn vật (IoT), cuốn sổ cái (Blockchain),... các mô hình trí tuệ nhân tạo đã được nghiên cứu và phát triển để dự báo các vấn đề liên quan tới ngành mỏ như: dự báo chấn động nổ mìn, sóng đập không khí, đất đá bay, hậu xung, ô nhiễm không khí,... (Hình 2).

Các mô hình dự báo này cho phép nâng cao độ chính xác và hỗ trợ việc điều chỉnh và tối ưu hóa các thông số khoan - nổ mìn trên mỏ lộ thiên.

4.2.6. Phát huy tiềm năng của các nhóm nghiên cứu mạnh đa ngành

Hiện nay việc nghiên cứu khoa học thường mang tính đa ngành, liên ngành. Ngành mỏ nói chung và ngành KTMLT cũng không nằm ngoài xu thế đó.

Nhóm nghiên cứu “Những tiến bộ trong khai thác mỏ bền vững và có trách nhiệm” (Innovations for Sustainable and Responsible Mining - ISRM) do GS.TS. Bùi Xuân Nam, Trưởng Bộ môn KTLT là Trưởng nhóm nghiên cứu, tập hợp các nhà khoa học đa ngành trong và ngoài nước: địa chất mỏ,

trắc địa mỏ, khai thác mỏ, môi trường mỏ, kinh tế mỏ, môi trường mỏ, an toàn và sức khỏe nghề nghiệp,...

Các hướng nghiên cứu của nhóm nghiên cứu ISRM bao gồm:

- Các vấn đề liên quan đến nổ mìn trên mỏ lộ thiên; giám sát và dự báo chấn động nổ mìn; tối ưu hóa công tác nổ mìn,...

- Địa chất mỏ;

- Ổn định bờ mỏ;

- Quản lý môi trường trong khai thác mỏ;

- Động đất kích thích trong khai thác mỏ;

- Sử dụng hiệu quả năng lượng trong khai thác mỏ;

- Đo đạc, giám sát các mỏ sử dụng công nghệ máy bay không người lái và các cảm biến theo thời gian thực;

- Quản lý kinh tế mỏ;

- Chính sách tài nguyên;

- An toàn vệ sinh lao động trong khai thác mỏ.

Các thành viên nhóm nghiên cứu ISRM bao gồm 28 nhà khoa học trong và ngoài nước:

1. GS.TS. Bùi Xuân Nam (Trưởng nhóm nghiên cứu)

2. GS.TS. Carsten Drebenstedt (Đại học Bergakademie Freiberg – CHLB Đức)

3. GS.TS. Mahmut Kuyumcu (Đại học Bergakademie Freiberg – CHLB Đức)

4. GS.TS. Changwoo Lee (Đại học Dong A – Hàn Quốc)

5. GS.TS. Pirat Jaronpattanonpong (Đại học Chiang Mai – Thái Lan)

6. GS.TS. Jamal Rostami (Đại học Mỏ Colorado – Hoa Kỳ)

7. GS.TS. Manoj Khandelwal (Đại học Liên bang Úc – Úc)

8. GS. TS. Yosoon Choi (Đại học quốc gia Pukyong – Hàn Quốc)

9. GS. TS. Jie Dou (Đại học công nghệ Nagaoka – Nhật Bản)

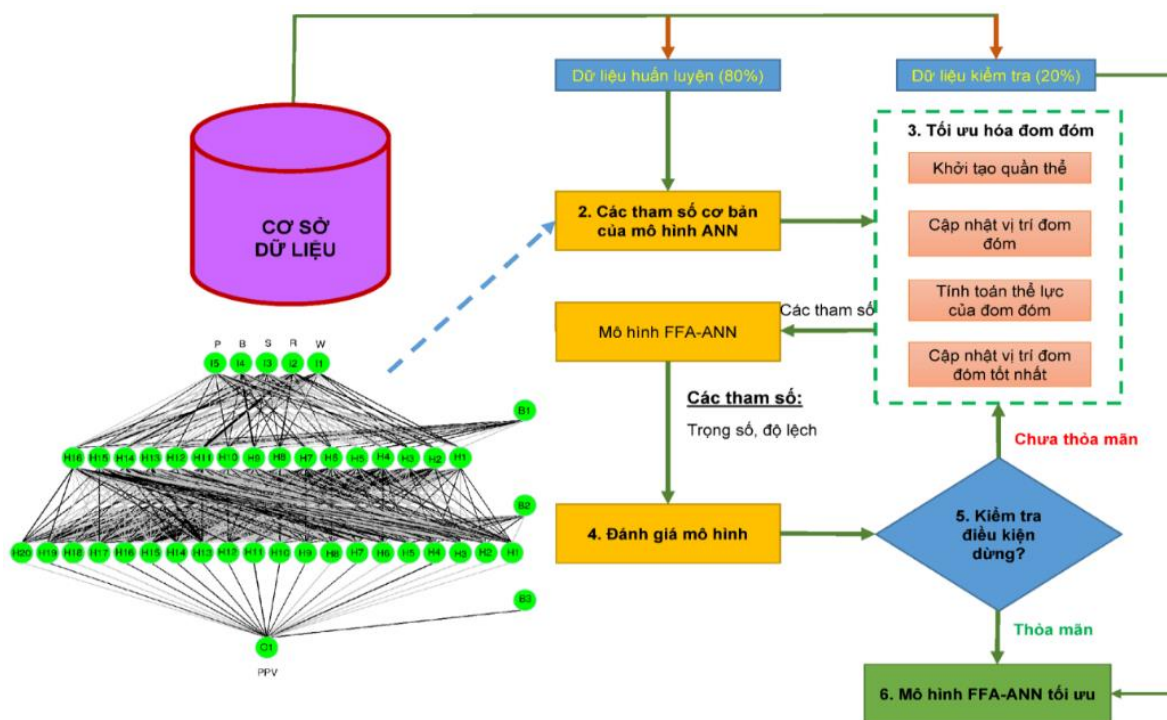
9. GS.TS. Jian Zhou (Đại học Trung Nam – Trung Quốc)

10. TS. Danial Jahed Armaghani (Đại học Malaya – Malaysia)

10. TS. Hossein Moayedi (Đại học Công nghệ Malaysia – Malaysia)

11. TS. Nguyễn Hoàng (Đại học Mỏ - Địa chất – Việt Nam)

12. PGS. TS. Bùi Hoàng Bắc (Đại học Mỏ - Địa chất – Việt Nam)



Hình 2. Khung làm việc của mô hình FFA-ANN được đề xuất cho dự báo chấn động nổ mìn trên mỏ lộ thiên

13. TS. Trần Quang Hiếu (Đại học Mỏ - Địa chất - Việt Nam)

14. TS. Nguyễn Anh Tuấn (Đại học Mỏ - Địa chất - Việt Nam)

15. TS. Nguyễn Quốc Long (Đại học Mỏ - Địa chất - Việt Nam)

16. TS. Cao Đình Trọng (Viện Hàn lâm khoa học Việt Nam - Việt Nam)

17. TS. Nguyễn Ngọc Bích (Đại học Y tế Công cộng)

18. PGS. TS. Vũ Đình Hiếu (Viện nghiên cứu Biển và Hải đảo - Bộ Tài nguyên và Môi trường - Việt Nam)

19. PGS. TS. Phạm Văn Hòa (Đại học Mỏ - Địa chất - Việt Nam)

20. PGS. TS. Nguyễn Thị Hoài Nga (Đại học Mỏ - Địa chất - Việt Nam)

21. TS. Vũ Diệp Anh (Đại học Mỏ - Địa chất - Việt Nam)

22. TS. Nguyễn Văn Đức (Đại học Dong A - Hàn Quốc)

23. TS. Nguyễn Đình An (Đại học Mỏ - Địa chất - Việt Nam)

24. TS. Lê Thị Thu Hoa (Đại học Mỏ - Địa chất - Việt Nam)

25. TS. Trần Đình Bão (Đại học Mỏ - Địa chất - Việt Nam)

26. TS. Lê Quý Thảo (Đại học Mỏ - Địa chất - Việt Nam)

27. ThS. NCS. Phạm Văn Việt (Đại học Mỏ - Địa chất - Việt Nam)

28. TS. Đỗ Ngọc Hoàn (Đại học Mỏ - Địa chất - Việt Nam)

Trong 3 năm qua, nhóm nghiên cứu ISRM đã công bố được 70 bài báo quốc tế có uy tín thuộc danh mục ISI/Scopus, 30 bài báo trong các tạp chí trong nước, 30 bài báo trong các hội nghị khoa học trong và ngoài nước, 10 sách chuyên khảo và tham khảo đăng ở nhà xuất bản, 10 đề tài cấp Bộ và tương đương, 10 đề tài cấp cơ sở.

5. Kết luận

Trong công cuộc Công nghiệp hoá - Hiện đại hoá ở nước ta hiện nay, ngành công nghiệp khai khoáng có một vị trí quan trọng, là động lực để phát triển các ngành công nghiệp, cơ khí, xây dựng, giao thông, thủy lợi. Mặc dù, đang trong giai đoạn khủng hoảng kinh tế trên phạm vi toàn cầu, nhưng ngành KTMLT vẫn sẽ giữ một tỷ trọng đáng kể trong tổng sản lượng khoáng sản rắn khai thác được ở nước ta hiện nay và trong thời gian tới.

Để đáp ứng được nhu cầu của nền kinh tế quốc dân trong tương lai và phát triển bền vững

thì ngành KTMLT cũng sẽ phải đối mặt với không ít những thách thức, trong đó có việc nâng cao chất lượng nguồn nhân lực và triển khai có hiệu quả công tác NCKH phục vụ ngành.

Bộ môn KTLT, thuộc Khoa Mỏ của Trường Đại học Mỏ - Địa chất là cơ sở đào tạo nguồn nhân lực chất lượng và NCKH, chuyển giao công nghệ phục vụ cho ngành KTMLT của Đất nước.

Nội dung bài báo nhằm khẳng định vai trò của ngành KTMLT trong công nghiệp khai khoáng của Việt Nam; những thành tựu của Bộ môn KTLT trong 55 năm xây dựng và trưởng thành; những thách thức của ngành KTMLT Việt Nam và xu thế ngành mỏ trong bối cảnh cuộc CMCN 4.0 và đề xuất một số định hướng đào tạo và NCKH cho ngành KTMLT hội nhập CMCN 4.0.

Đóng góp của các tác giả

Tác giả Bùi Xuân Nam hình thành ý tưởng, triển khai các nội dung và hoàn thiện bản thảo cuối của bài báo; tác giả Hồ Sĩ Giao cùng triển khai các nội dung và đọc bản thảo bài báo.

Tài liệu tham khảo

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*, Số 4, tr. 4 - 9.

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 2018. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, tr. 151 - 158.

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

<https://www.miningmagazine.com/partners/partner-content/1372645/what-makes-mine-smart>.

<http://potopk.com.pl/archiwum.html>.

<https://www.springer.com/gp/book/9783030602680>.

<https://www.springer.com/gp/book/9783030608385>.

Jozef Dubinski, (2013). Sustainable Development of Mining Mineral Resources. *Journal of Sustainable Mining* 12 (1), tr. 1 - 6.

Nguyễn Ngọc Khánh, Ngô Thế Bình, (2018). Vận dụng nguyên tắc “3T - 2H” nhằm thúc đẩy hợp tác giữa nhà trường - doanh nghiệp trong đào tạo nguồn nhân lực cho ngành Khoa học Trái đất - Mỏ và Môi trường. *Kỷ yếu Hội thảo khoa học Trái đất - Mỏ - Môi trường bền vững - EME 2018. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, tr. 55 - 59.

Nguyen Thi Hoai Nga, Jürgen Kretschmann, (2013). Adaptation saves Lives! Transferring excellence in occupational safety and health management from German to Southeast Asian mining. *Hong Duc Publishing House*.

Nhữ Văn Bách, Bùi Xuân Nam, (2017). 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*, Số 1 - 2017, tr. 10 - 12.

Oliver Langefeld, (2017). Future Mining - Thoughts on Mining Trends. *Topical Sustainable future European Geologist* 44.

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 2018. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, tr. 113 - 123.

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 2018. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, tr. 3 - 23.