

XÂY DỰNG HỆ SINH THÁI GIÁO DỤC KHAI THÁC MỎ THÔNG MINH VÀ PHÁT TRIỂN NGUỒN NHÂN LỰC SỐ TRONG THỜI KỲ CÁCH MẠNG CÔNG NGHIỆP 4.0

Hoàng Hùng Thắng^{1,*}, Phạm Đức Thang¹,

Nguyễn Văn Thàn¹, Ngô Đình Đạt²

¹Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

²Công ty Cảng, Binh đoàn 19

*Email: hoanghungthang@qui.edu.vn

TÓM TẮT

Trong bối cảnh Cách mạng công nghiệp 4.0 phát triển mạnh mẽ, ngành khai khoáng Việt Nam đang đứng trước yêu cầu cấp thiết phải chuyển đổi theo hướng thông minh và số hóa. Các công nghệ mới nổi như tự động hóa, trí tuệ nhân tạo (AI), dữ liệu lớn (Big Data) và Internet vạn vật (IoT) đang làm thay đổi căn bản cách thức tổ chức và quản lý hoạt động khai thác mỏ.

Trong bối cảnh đó, việc xây dựng hệ sinh thái giáo dục khai thác mỏ thông minh được coi là nền tảng chiến lược để đào tạo đội ngũ kỹ sư có khả năng làm chủ công nghệ hiện đại, bảo đảm an toàn lao động, nâng cao hiệu quả sản xuất và giảm thiểu tác động đến môi trường. Đồng thời, phát triển nguồn nhân lực số là yếu tố then chốt giúp ngành mỏ thích ứng với môi trường sản xuất hiện đại và đáp ứng các mục tiêu chuyển đổi số quốc gia.

Báo cáo này phân tích cơ sở lý luận, thực trạng tại Việt Nam và các kinh nghiệm quốc tế tiêu biểu từ các quốc gia như Canada, Úc và Trung Quốc. Trên cơ sở đó, đề xuất các giải pháp cụ thể: (1) Đổi mới chương trình đào tạo bằng cách tích hợp công nghệ số; (2) Tăng cường hợp tác giữa các trường đại học, doanh nghiệp và tổ chức quốc tế; (3) Phát triển nền tảng học tập trực tuyến và môi trường học tập thực tiễn; (4) Tăng cường chính sách hỗ trợ và đầu tư hạ tầng công nghệ giáo dục.

Từ khóa: Khai thác mỏ thông minh, hệ sinh thái giáo dục, nguồn nhân lực số, Cách mạng công nghiệp 4.0, kỹ thuật mỏ, chuyển đổi số, đào tạo nghề, hợp tác quốc tế, trí tuệ nhân tạo (AI), dữ liệu lớn (Big Data), Internet vạn vật (IoT), ngành khai khoáng Việt Nam.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư (CMCN 4.0) đã và đang tạo ra những thay đổi sâu sắc trong tất cả các lĩnh vực của đời sống xã hội, đặc biệt là trong sản xuất công nghiệp và giáo dục đào tạo. Với sự xuất hiện và ứng dụng rộng rãi của các công nghệ mới như trí tuệ nhân tạo (AI), Internet vạn vật (IoT), dữ liệu lớn (Big Data), điện toán đám mây và thực tế ảo (VR), mô hình sản xuất truyền thống đang dần được thay thế bởi mô hình sản xuất thông minh và số hóa (Schwab, 2016).

Ngành khai thác mỏ, một ngành công nghiệp nặng truyền thống, cũng không nằm ngoài xu thế này. Cùng với quá trình hiện đại hóa và cơ giới hóa, các mỏ hiện đại trên thế giới đang dần chuyển đổi sang mô hình mỏ thông minh (smart

mining), sử dụng các hệ thống điều khiển tự động, cảm biến, robot khai thác, và hệ thống quản lý dữ liệu thời gian thực (McKinsey & Company, 2022). Để đáp ứng yêu cầu này, nguồn nhân lực ngành mỏ không chỉ cần kiến thức chuyên môn mà còn cần kỹ năng số, khả năng sử dụng công nghệ cao và tư duy đổi mới sáng tạo.

Tuy nhiên, tại Việt Nam, hệ thống giáo dục đào tạo trong ngành khai thác mỏ hiện vẫn còn nhiều bất cập. Chương trình đào tạo chưa được cập nhật theo kịp với thực tiễn công nghệ mới; năng lực số của đội ngũ giảng viên và sinh viên còn hạn chế; sự kết nối giữa cơ sở đào tạo và doanh nghiệp còn lỏng lẻo; và thiếu một hệ sinh thái giáo dục số có tính tích hợp cao. Điều này đặt ra yêu cầu cấp thiết phải xây dựng một hệ

sinh thái giáo dục khai thác mỏ thông minh nhằm phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao, phù hợp với bối cảnh mới của CMCN 4.0.

2. CƠ SỞ LÝ LUẬN VÀ THỰC TIỄN

2.1. Cơ sở lý luận

Khái niệm “hệ sinh thái giáo dục” (educational ecosystem) được phát triển dựa trên nền tảng lý thuyết hệ thống và lý thuyết đổi mới giáo dục. Theo UNESCO (2021), một hệ sinh thái giáo dục là mạng lưới các tác nhân, nguồn lực, công cụ và công nghệ tương tác với nhau trong một môi trường học tập năng động, nhằm thúc đẩy sự phát triển toàn diện của người học và gia tăng tính thích ứng của hệ thống với yêu cầu của xã hội. Trong bối cảnh chuyển đổi số, hệ sinh thái giáo dục còn bao gồm các thành phần số hóa như nền tảng học trực tuyến, hệ thống quản trị học tập (LMS), cơ sở dữ liệu mở và các công cụ trí tuệ nhân tạo phục vụ giảng dạy và học tập.

Khái niệm “khai thác mỏ thông minh” (smart mining) được hiểu là việc ứng dụng các công nghệ tiên tiến như cảm biến, robot, dữ liệu lớn, hệ thống điều khiển tập trung, mạng lưới kết nối thời gian thực và phân tích dữ liệu trong toàn bộ chuỗi giá trị khai thác khoáng sản (Deloitte, 2021). Từ đó, yêu cầu mới về nguồn nhân lực ngành mỏ là phải có khả năng làm việc trong môi trường số, sử dụng công nghệ thông minh, và hiểu biết liên ngành.

Trong lĩnh vực phát triển nguồn nhân lực, lý thuyết về “năng lực số” (digital competency) được nhấn mạnh trong nhiều nghiên cứu gần đây. Theo OECD (2020), năng lực số bao gồm các kỹ năng như sử dụng công nghệ thông tin, phân tích dữ liệu, hiểu biết về bảo mật số, và khả năng học tập suốt đời trong môi trường kỹ thuật số. Sự kết hợp giữa năng lực số và năng lực chuyên môn khai thác mỏ là nền tảng để hình thành nên nguồn nhân lực số đáp ứng yêu cầu chuyển đổi số trong ngành công nghiệp mỏ hiện đại.

2.2. Cơ sở thực tiễn

Tại Việt Nam, giáo dục khai thác mỏ chủ yếu được đào tạo tại một số trường đại học như Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Trường Đại học

Công nghiệp Quảng Ninh, Trường Cao đẳng Than – Khoáng sản Việt Nam và một số cơ sở đào tạo nghề thuộc Bộ Công Thương. Tuy nhiên, theo đánh giá sơ bộ tại một số cơ sở đào tạo, vẫn còn tồn tại các hạn chế sau:

- Chương trình đào tạo chưa tích hợp đầy đủ các nội dung công nghệ số như AI, IoT, dữ liệu lớn;
- Cơ sở vật chất phục vụ đào tạo thực hành, mô phỏng còn hạn chế, chưa đồng bộ;
- Chưa có cơ chế phối hợp hiệu quả giữa nhà trường – doanh nghiệp – cơ quan quản lý trong xây dựng chương trình đào tạo;
- Hệ thống thông tin, dữ liệu đào tạo chưa được số hóa toàn diện, dẫn đến việc phân tích – dự báo nhu cầu lao động và kỹ năng còn chậm và thiếu chính xác.

Bên cạnh đó, theo báo cáo của Bộ Lao động – Thương binh và Xã hội (2022), chỉ khoảng 23,5% lao động ngành mỏ có kỹ năng sử dụng công nghệ số cơ bản. Điều này cho thấy sự thiếu hụt nghiêm trọng về năng lực số trong ngành, ảnh hưởng trực tiếp đến tiến trình hiện đại hóa và chuyển đổi số của các doanh nghiệp khai thác khoáng sản trong nước.

Hiện nay, chương trình đào tạo kỹ sư mỏ tại nhiều trường đại học vẫn mang tính lý thuyết, thiếu thực hành với công nghệ hiện đại. Việc kết nối với doanh nghiệp, cập nhật học liệu số và xây dựng năng lực số cho giảng viên còn hạn chế.

Trong khi đó, nhiều quốc gia như Úc, Canada, Đức và Trung Quốc đã xây dựng các mô hình giáo dục tích hợp giữa cơ sở đào tạo, doanh nghiệp và nhà nước để hình thành hệ sinh thái học tập trọn đời cho ngành công nghiệp mỏ (World Bank, 2023). Đặc biệt, mô hình hợp tác “trường – viện – doanh nghiệp – nhà nước” đã phát huy hiệu quả trong phát triển nguồn nhân lực kỹ thuật cao, đồng thời thúc đẩy đổi mới sáng tạo và ứng dụng công nghệ số trong sản xuất.

Từ những căn cứ lý luận và thực tiễn nêu trên, việc xây dựng hệ sinh thái giáo dục khai thác mỏ thông minh tại Việt Nam là hết sức cần thiết, không chỉ nhằm nâng cao chất lượng đào

tạo mà còn là bước đi chiến lược để phát triển nguồn nhân lực số trong ngành khai khoáng – một trong những ngành có vai trò quan trọng trong bảo đảm an ninh năng lượng và phát triển bền vững quốc gia.

2.3. Thực trạng đào tạo nguồn nhân lực mỏ tại Việt Nam

Trong những năm qua, hệ thống giáo dục nghề nghiệp và đại học trong lĩnh vực khai thác mỏ tại Việt Nam đã có nhiều chuyển biến tích cực, tuy nhiên vẫn còn tồn tại nhiều hạn chế so với yêu cầu thực tiễn của thời kỳ Cách mạng công nghiệp 4.0.

Trước hết, chương trình đào tạo tại nhiều cơ sở giáo dục vẫn còn thiên về lý thuyết, thiếu tính thực tiễn và chưa tích hợp đầy đủ các nội dung về công nghệ số, tự động hóa, dữ liệu lớn (Big Data), trí tuệ nhân tạo (AI), Internet vạn vật (IoT) – những thành tố cốt lõi của hệ sinh thái công nghiệp thông minh. Theo đánh giá từ một số chuyên gia trong ngành, nội dung chương trình tại nhiều trường vẫn chưa cập nhật kịp thời các công nghệ mỏ hiện đại như mô hình hóa 3D mỏ, điều khiển từ xa, hệ thống giám sát môi trường tự động, và chưa tạo được nền tảng số hóa cho người học.

Một trong những biểu hiện rõ nét là tỷ lệ sinh viên được tiếp cận, thực hành với các công nghệ khai thác mỏ tiên tiến của cuộc CMCN 4.0 còn ở mức thấp, chủ yếu dừng ở mô phỏng đơn giản hoặc học qua tài liệu lý thuyết. Việc liên kết giữa cơ sở đào tạo và doanh nghiệp trong chuyển giao công nghệ, thực tập sinh viên cũng còn rời rạc và thiếu chiều sâu.

Theo kết quả khảo sát của Tổng cục Giáo dục nghề nghiệp (2023) với nhóm lao động ngành mỏ và năng lượng, có tới 70% người lao động không xác định rõ các kỹ năng số cần thiết để làm việc trong môi trường sản xuất mới. Bên cạnh đó, 34% người được khảo sát cho biết thiếu thời gian để học kỹ năng số do áp lực công việc; 29% nêu khó khăn tài chính là rào cản lớn trong việc tiếp cận các chương trình đào tạo nâng cao kỹ năng số.

Một vấn đề khác là hệ thống cơ sở vật chất phục vụ đào tạo tại nhiều trường còn lạc hậu,

không đủ điều kiện triển khai mô hình "phòng thực hành số", "xưởng thông minh" hay "phòng thí nghiệm mô phỏng mỏ ảo". Trong khi đó, năng lực của đội ngũ giảng viên tuy có kinh nghiệm thực tế nhưng lại hạn chế trong năng lực sư phạm số, kỹ năng thiết kế bài giảng tích hợp công nghệ.

Ngoài ra, chưa có một hệ thống chuẩn hóa quốc gia về khung năng lực số đối với lao động ngành mỏ – đây là một khoảng trống lớn trong việc xác định đầu ra, đánh giá chất lượng đào tạo và xây dựng lộ trình phát triển nguồn nhân lực phù hợp với xu thế công nghiệp số.

Tổng thể, có thể khẳng định rằng, Việt Nam đang thiếu một mô hình đào tạo linh hoạt, cập nhật theo xu thế công nghiệp thông minh, có khả năng đào tạo nguồn nhân lực mỏ tích hợp công nghệ số một cách thực chất.

Bắt đầu từ năm 2025, Bộ Giáo dục và Đào tạo ban hành Thông tư số 02/2025/TT-BGDĐT ngày 24/1/2025 quy định Khung năng lực số cho người học, theo đó các cơ sở giáo dục, các chương trình giáo dục, đào tạo và người học trong hệ thống giáo dục quốc dân sử dụng làm cơ sở để xây dựng chuẩn chương trình đào tạo; xây dựng và phát triển chương trình giáo dục; xây dựng tài liệu học tập, tài liệu hướng dẫn để phát triển năng lực số cho người học.

2.4. Kinh nghiệm quốc tế

Trong bối cảnh toàn cầu đang chuyển dịch mạnh mẽ sang nền công nghiệp thông minh, nhiều quốc gia phát triển đã chủ động đầu tư vào đổi mới mô hình giáo dục, đặc biệt trong các lĩnh vực kỹ thuật công nghiệp – trong đó có khai thác mỏ. Các mô hình thành công cho thấy sự tích hợp giữa công nghệ số, trí tuệ nhân tạo (AI), Internet vạn vật (IoT), dữ liệu lớn (Big Data) và phương pháp đào tạo đóng vai trò quyết định trong việc nâng cao năng lực cạnh tranh của nguồn nhân lực.

Tại Canada, trường Đại học Queen's – một trong những đơn vị dẫn đầu trong đào tạo kỹ sư mỏ – đã xây dựng Trung tâm khai khoáng thông minh (Smart Mining Centre), nơi tích hợp đào tạo và nghiên cứu ứng dụng AI, IoT, robot tự hành và phân tích dữ liệu lớn trong quy trình

vận hành mỏ. Sinh viên không chỉ học lý thuyết mà còn được trực tiếp tham gia mô hình mô phỏng mỏ thông minh, vận hành các thiết bị số hóa như máy khoan điều khiển từ xa, hệ thống giám sát môi trường mỏ tự động. Cách tiếp cận này giúp sinh viên làm chủ công nghệ trước khi tốt nghiệp, rút ngắn khoảng cách giữa lý thuyết và thực tiễn sản xuất.

Tại Úc, nơi được xem là một trong những quốc gia đi đầu về khai thác khoáng sản hiện đại, chính phủ đã triển khai chương trình quốc gia có tên gọi “Digital Skills Ready” nhằm hỗ trợ sinh viên các khối ngành công nghiệp nặng – bao gồm mỏ, năng lượng, chế tạo – nâng cao kỹ năng số. Chương trình được tài trợ bởi Chính phủ Liên bang phối hợp với các trường đại học và doanh nghiệp lớn trong ngành, với mục tiêu đến năm 2030, tối thiểu 80% sinh viên kỹ thuật được trang bị kỹ năng số đầu ra. Ngoài đào tạo kỹ thuật số cơ bản, sinh viên còn được học lập trình tự động, xử lý dữ liệu công nghiệp, và làm việc trong các mô hình “phòng học số” gắn với thực tiễn doanh nghiệp.

Trung Quốc cũng là quốc gia có bước đi mạnh mẽ trong hiện đại hóa giáo dục mỏ. Các học viện khai thác mỏ lớn như Đại học Khoa học và Công nghệ Trung Quốc, Đại học Mỏ và Công nghệ Trung Quốc (CUMT) đã đầu tư xây dựng phòng thí nghiệm thực tế ảo (VR mining lab), nơi sinh viên có thể tương tác ảo với mô hình mỏ 3D, mô phỏng quy trình khai thác, vận hành máy móc nặng, giám sát an toàn mỏ qua công nghệ cảm biến và dữ liệu lớn. Việc ứng dụng thực tế ảo không chỉ giúp giảm chi phí thực hành trong môi trường nguy hiểm, mà còn tạo điều kiện để đào tạo kỹ năng phản ứng tình huống, điều khiển tự động trong môi trường khai thác hiện đại.

Theo báo cáo của OECD (2021), các quốc gia có chiến lược rõ ràng trong đầu tư vào năng lực số cho hệ thống giáo dục, đặc biệt là trong các ngành công nghiệp kỹ thuật cao, sẽ tạo ra lợi thế cạnh tranh dài hạn trong phát triển nguồn nhân lực và đổi mới sáng tạo. OECD nhấn mạnh rằng, việc chuyển đổi từ mô hình đào tạo truyền thống sang hệ sinh thái giáo dục thông minh không chỉ góp phần nâng cao năng lực

của cá nhân người học, mà còn ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất lao động và năng lực thích ứng của quốc gia trước xu hướng công nghiệp mới.

Những kinh nghiệm quốc tế nêu trên cho thấy rằng, sự gắn kết giữa nhà nước – nhà trường – doanh nghiệp – công nghệ chính là yếu tố cốt lõi để kiến tạo một hệ sinh thái giáo dục mỏ thông minh. Mô hình này không chỉ cung cấp kỹ năng nghề thuần túy, mà còn hình thành tư duy số, khả năng làm việc trong môi trường công nghệ cao và năng lực đổi mới sáng tạo – những thành tố không thể thiếu trong thời kỳ Cách mạng công nghiệp 4.0.

2.5. Phương pháp nghiên cứu

Đề tài được triển khai theo cách tiếp cận liên ngành, kết hợp các phương pháp: Phân tích – tổng hợp tài liệu: Thu thập, xử lý và tổng hợp các nghiên cứu quốc tế và trong nước về hệ sinh thái giáo dục, đào tạo kỹ sư mỏ, chuyển đổi số, năng lực số, kinh nghiệm của Canada, Úc, Trung Quốc...; Điều tra khảo sát thực địa: Khảo sát các cơ sở đào tạo mỏ trong nước (Đại học Mỏ – Địa chất, Đại học Công nghiệp Quảng Ninh, Cao đẳng Than – Khoáng sản Việt Nam...) nhằm đánh giá thực trạng chương trình đào tạo, cơ sở vật chất và mức độ sẵn sàng về năng lực số; Phỏng vấn chuyên gia: Tham vấn ý kiến của các nhà khoa học, nhà quản lý doanh nghiệp khai khoáng và chuyên gia giáo dục số để nhận diện khó khăn và nhu cầu nhân lực; Phân tích so sánh và mô hình hóa: So sánh mô hình giáo dục mỏ thông minh giữa Việt Nam và các nước điển hình; mô hình hóa các thành tố của hệ sinh thái giáo dục khai thác mỏ thông minh phù hợp bối cảnh Việt Nam.

3. MÔ HÌNH ĐỀ XUẤT VÀ GIẢI PHÁP TRIỂN KHAI

Trước những yêu cầu cấp thiết của ngành mỏ trong thời kỳ chuyển đổi số và ứng dụng công nghệ cao, việc xây dựng một hệ sinh thái giáo dục thông minh không chỉ là xu hướng tất yếu mà còn là động lực cốt lõi để nâng cao năng lực cạnh tranh và tính bền vững cho ngành khai khoáng Việt Nam. Dưới đây là mô hình và các

giải pháp đề xuất có tính hệ thống và khả thi để triển khai trong giai đoạn 2025–2035.

3.1. Mô hình hệ sinh thái giáo dục mỏ thông minh

Để đáp ứng yêu cầu phát triển cần thiết phải xây dựng một mô hình hệ sinh thái giáo dục thông minh, tích hợp đa chiều giữa đào tạo, nghiên cứu, thực tiễn sản xuất và chuyển giao công nghệ. Mô hình này phải đảm bảo sự liên kết chặt chẽ giữa các chủ thể trong hệ thống, hướng đến mục tiêu đào tạo ra nguồn nhân lực mỏ chất lượng cao, có năng lực thích ứng số, sáng tạo và có khả năng làm việc trong môi trường công nghiệp số hóa.

Mô hình đề xuất gồm 4 thành tố hợp lực, tạo thành một mạng lưới cộng sinh, tương hỗ lẫn nhau trong việc hình thành, nuôi dưỡng và phát triển nguồn nhân lực ngành mỏ:

Cơ sở đào tạo: Bao gồm các trường đại học, cao đẳng kỹ thuật, cơ sở giáo dục nghề nghiệp có đào tạo chuyên ngành mỏ – năng lượng. Đây là nơi cung cấp nền tảng kiến thức, kỹ năng, thái độ nghề nghiệp và là trung tâm chính trong việc tổ chức đào tạo chính quy, cập nhật chương trình theo xu hướng mới.

Doanh nghiệp khai khoáng: Gồm các tập đoàn, công ty khai thác khoáng sản trong và ngoài nước, giữ vai trò là đơn vị sử dụng lao động và đồng thời là nơi diễn ra thực tiễn sản xuất. Doanh nghiệp cần chủ động tham gia vào quá trình đào tạo qua việc hỗ trợ thực hành, hợp tác nghiên cứu ứng dụng, cung cấp thiết bị, công nghệ và tiếp nhận sinh viên thực tập.

Viện nghiên cứu – công nghệ: Bao gồm các viện chuyên ngành về tự động hóa công nghiệp, dữ liệu lớn, công nghệ vật liệu, môi trường và khai khoáng. Đây là nguồn tri thức và đổi mới công nghệ, giữ vai trò dẫn dắt các nghiên cứu ứng dụng, phát triển sản phẩm mô phỏng, hệ thống giám sát, tối ưu hóa quy trình khai thác và chuyển giao công nghệ cho cả doanh nghiệp và cơ sở đào tạo.

Tổ chức quốc tế: Như OECD, UNESCO, các chương trình liên kết quốc tế (Erasmus+,

DAAD, ADB), các trường đại học đối tác có uy tín về công nghệ mỏ. Các tổ chức này giữ vai trò mở rộng không gian tri thức, cung cấp tài trợ, học bổng, công nghệ đào tạo và hỗ trợ chuẩn hóa hệ thống theo tiêu chuẩn quốc tế.

Các thành tố nói trên cần liên kết theo chuỗi giá trị tri thức liên tục, bao gồm 5 mắt xích chính:

Đào tạo – Thực hành – Nghiên cứu – Chuyển giao – Tái đào tạo: (i) Đào tạo: Truyền đạt kiến thức nền tảng, kỹ năng nghề và tư duy đổi mới; (ii) Thực hành: Cung cấp môi trường thực nghiệm mô phỏng và tại doanh nghiệp; (iii) Nghiên cứu: Tập trung vào nghiên cứu ứng dụng, giải pháp thông minh cho khai thác mỏ; (iv) Chuyển giao: Kết nối các kết quả nghiên cứu với thực tiễn sản xuất; (v) Tái đào tạo: Cập nhật kỹ năng mới, đặc biệt là kỹ năng số cho lao động đang làm việc.

Không chỉ đào tạo kỹ năng cơ bản, mô hình còn tích hợp các nội dung mang tính chiến lược:

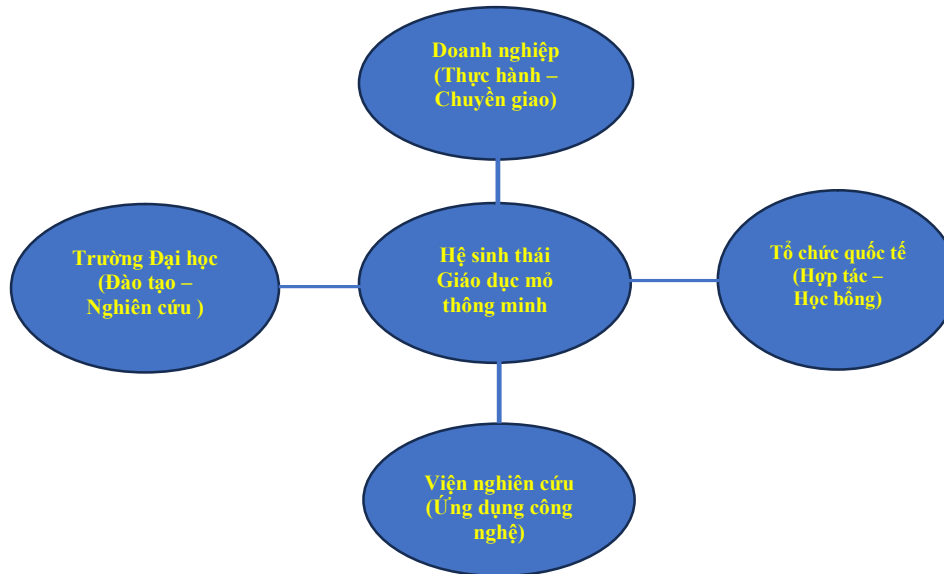
- **Nghiên cứu ứng dụng tại chỗ:** triển khai các đề tài, sáng kiến cải tiến quy trình ngay tại doanh nghiệp.

- **Khởi nghiệp đổi mới sáng tạo:** trong ngành mỏ – hình thành các nhóm nghiên cứu sinh viên – doanh nghiệp – giảng viên.

- **Tái đào tạo và đào tạo liên tục:** hướng tới việc học suốt đời, nâng cao kỹ năng số, kỹ năng mềm, và năng lực liên ngành cho lao động.

Vai trò trung tâm trong hệ sinh thái là các trường đại học kỹ thuật ngành mỏ, giữ vai trò kết nối giữa các bên. Trường đại học không chỉ là nơi đào tạo người học mà còn là nơi phát triển công nghệ, đề xuất chính sách và thúc đẩy hệ sinh thái sáng tạo. Trường đóng vai trò "đầu mối tri thức", xây dựng chương trình đào tạo phù hợp với nhu cầu xã hội, điều phối các chương trình hợp tác trong nước và quốc tế.

Mỗi đơn vị trong hệ sinh thái đóng một vai trò riêng nhưng đồng thời bổ trợ cho nhau để hướng tới mục tiêu chung là phát triển một nguồn nhân lực mỏ thông minh, sáng tạo, làm chủ công nghệ, đáp ứng yêu cầu của nền công nghiệp hiện đại.



Hình 1. Sơ đồ Mô hình hệ sinh thái giáo dục Mô thông minh

3.2. Đổi mới chương trình đào tạo

Trong bối cảnh ngành công nghiệp khai khoáng toàn cầu đang chuyển dịch mạnh mẽ sang mô hình thông minh – tự động hóa – số hóa, việc cải tiến chương trình đào tạo theo định hướng công nghệ số và năng lực nghề nghiệp mới là yêu cầu tất yếu. Đây là bước đi chiến lược, nhằm chuyển đổi từ đào tạo theo truyền thống sang đào tạo theo năng lực, thực tiễn và chuẩn hóa quốc tế, đồng thời trang bị cho sinh viên các kỹ năng phù hợp với thị trường lao động thời kỳ 4.0.

3.2.1. Thiết kế học phần mới: “Khai thác mỏ thông minh”

Học phần “Khai thác mỏ thông minh” được đề xuất là một học phần bắt buộc hoặc chuyên sâu, có tính liên ngành giữa kỹ thuật mỏ, công nghệ thông tin và tự động hóa. Nội dung học phần nên được xây dựng dựa trên khảo sát nhu cầu doanh nghiệp, tham chiếu các chương trình đào tạo tại các đại học mỏ hàng đầu như TU Freiberg (Đức), CUMT (Trung Quốc), Curtin University (Úc). Một số nội dung cốt lõi bao gồm:

- **Hệ thống giám sát an toàn mỏ theo thời gian thực (Real-time Safety Monitoring):** tích hợp cảm biến, mạng IoT để cảnh báo khí độc, sụt lún, rung chấn, hỗ trợ phản ứng nhanh trong môi trường hầm lò.

- **Mô phỏng vận hành lò chợ bằng công nghệ VR/AR:** tạo điều kiện cho sinh viên thực hành trong không gian ảo tương tác, giúp nâng cao kỹ năng xử lý tình huống và an toàn lao động.

- **Ứng dụng AI trong dự báo tai nạn, rủi ro kỹ thuật:** sử dụng dữ liệu lịch sử để xây dựng mô hình học máy dự đoán sự cố và đề xuất phương án ngăn ngừa.

- **Tối ưu hóa khai thác bằng dữ liệu lớn và học máy (Big Data & Machine Learning):** giúp sinh viên hiểu cách phân tích dữ liệu vận hành để tối ưu hiệu suất, giảm chi phí, nâng cao năng suất và độ an toàn.

Mỗi chuyên đề cần kèm theo bài tập mô phỏng, bài tập tình huống, bài kiểm tra năng lực và sản phẩm học tập số hóa.

3.2.2. Cập nhật và số hóa học liệu

Việc đổi mới chương trình phải gắn liền với hiện đại hóa học liệu, đảm bảo phù hợp với phương thức học tập linh hoạt (blended learning, e-learning). Đề xuất các hình thức học liệu số như:

- **Video 3D về công nghệ khai thác thực tế:** mô tả chu trình vận hành thiết bị, hệ thống khai thác, quy trình nổ mìn, vận chuyển trong mỏ lộ thiên/hầm lò.

- **Phần mềm mô phỏng khai thác mỏ:** sử dụng các phần mềm như Surpac, Ventsim, Rocscience... để sinh viên tương tác với mô hình 3D thực tế.

- **Tài liệu học trực tuyến có tính tương tác:** kết hợp mô phỏng, câu hỏi trắc nghiệm, tình huống mở để tăng mức độ hiểu và phản xạ của người học.

- **Hệ thống quản lý học tập (LMS)** như Moodle, Canvas tích hợp tính năng đánh giá, phản hồi, cá nhân hóa tiến trình học tập cho từng sinh viên.

Học liệu số cần đảm bảo chuẩn SCORM/xAPI, có thể kết nối và chia sẻ với các kho học liệu mở (OER), giúp nâng cao hiệu quả chuyển giao và tích hợp nội dung mới.

3.2.3. Chuẩn hóa theo khung kỹ năng số quốc tế

Việc đổi mới chương trình không thể tách rời chuẩn kỹ năng đầu ra của sinh viên. Cần áp dụng các khung kỹ năng số quốc tế để xây dựng chương trình đào tạo và đánh giá kết quả học tập, cụ thể:

- **Khung DigCompEdu (EU):** đánh giá năng lực sử dụng công nghệ số của giảng viên và người học, gồm các trụ cột như: tương tác số, quản lý nội dung số, đánh giá số, hỗ trợ học tập và phát triển năng lực sáng tạo số.

- **ASEAN Future Skills 2030:** khung năng lực dành cho lực lượng lao động trẻ khu vực ASEAN trong thời đại số, bao gồm kỹ năng số, phân tích dữ liệu, làm việc từ xa và tư duy phản biện.

- **OECD Learning Compass 2030:** định hướng đào tạo người học không chỉ có kiến thức mà còn năng lực chuyển đổi, giá trị và hành vi học tập suốt đời.

Việc áp dụng các khung kỹ năng này không chỉ giúp chuẩn hóa chương trình theo hướng tiếp cận quốc tế mà còn là căn cứ để kiểm định chất lượng, so sánh và chuyển đổi tín chỉ với các cơ sở giáo dục trong và ngoài nước.

3.2.4. Định hướng cá nhân hóa và học tập suốt đời

Chương trình cần hướng tới mô hình đào tạo cá nhân hóa và học tập linh hoạt, cho phép người học:

- Tự chọn lộ trình chuyên sâu (AI cho khai thác, mô phỏng khai thác, dữ liệu mỏ...),
- Học theo module ngắn (micro-credential),
- Nhận chứng chỉ kỹ năng số có giá trị chuyển đổi tín chỉ hoặc công nhận bởi doanh nghiệp.

Qua đó, sinh viên không chỉ có bằng cấp, mà còn sở hữu hồ sơ năng lực số (digital skill portfolio) phù hợp với các yêu cầu tuyển dụng của doanh nghiệp trong ngành mỏ và năng lượng.

3.3. Đào tạo giảng viên và hợp tác quốc tế

Nguồn nhân lực giảng dạy là yếu tố cốt lõi, giữ vai trò dẫn dắt và lan tỏa tri thức trong hệ sinh thái giáo dục mở thông minh. Trong bối cảnh đổi mới giáo dục đại học theo định hướng số hóa và hội nhập, việc nâng cao năng lực chuyên môn, số hóa và hợp tác quốc tế cho đội ngũ giảng viên cần được triển khai một cách hệ thống, đa phương diện.

3.3.1. Thiết lập mạng lưới hợp tác học thuật quốc tế

Việc liên kết với các đại học và trung tâm nghiên cứu hàng đầu thế giới trong lĩnh vực khai khoáng không chỉ giúp tiếp cận chương trình, công nghệ đào tạo hiện đại mà còn mở rộng không gian sáng tạo và chuẩn hóa giáo dục theo tiêu chuẩn quốc tế. Một số đối tác chiến lược đề xuất:

- **TU Bergakademie Freiberg (CHLB Đức):** Trường đại học chuyên về khai thác mỏ lâu đời nhất thế giới, có thế mạnh về nghiên cứu khai khoáng bền vững, mô hình đào tạo tích hợp nghiên cứu – sản xuất – đào tạo.

- **Curtin University (Úc):** Đơn vị tiên phong trong khai thác mỏ tự động, phát triển “Mỏ số” (Digital Mine) tại Western Australia, kết hợp công nghệ robot, cảm biến và phân tích dữ liệu lớn trong đào tạo thực hành.

- **China University of Mining and Technology (CUMT):** Trường đi đầu tại châu Á trong ứng dụng mô phỏng VR/AR và trí tuệ nhân

tạo trong chương trình đào tạo kỹ sư mỏ, xây dựng mô hình phòng thí nghiệm ảo đa tầng.

Các biên bản ghi nhớ (MoU), chương trình hợp tác song phương và đa phương nên tập trung vào:

- Đồng thiết kế học phần hoặc chuyên đề đào tạo chung,
- Hướng dẫn nghiên cứu sinh, đồng hướng dẫn luận văn tốt nghiệp,
- Phát triển phòng thí nghiệm ảo dùng chung.

3.3.2. Chương trình trao đổi giảng viên và khóa học ngắn hạn

Thực hiện các chương trình trao đổi giảng viên, thực tập sinh, học giả (visiting lecturer, academic exchange) giữa các cơ sở đào tạo trong và ngoài nước giúp nâng cao trải nghiệm thực tiễn và năng lực số cho đội ngũ giảng viên.

Ngoài ra, tổ chức các khóa đào tạo ngắn hạn (2–6 tuần) về:

- Công nghệ khai thác mỏ thông minh,
- Học liệu số và mô phỏng thực tế ảo,
- Kỹ năng phân tích dữ liệu và học máy ứng dụng trong mỏ,
- Kỹ thuật thiết kế bài giảng số và phương pháp sư phạm hiện đại (digital pedagogy).

Các khóa học có thể tổ chức tại các trung tâm vùng, hoặc dưới dạng MOOC kết hợp thực hành tại chỗ.

3.3.3. Hội thảo quốc tế và mời chuyên gia toàn cầu

Một trong những giải pháp nâng cao năng lực giảng viên là tổ chức hội thảo khoa học quốc tế chuyên đề và mời chuyên gia quốc tế giảng dạy trực tuyến hoặc hybrid. Các sự kiện như:

- Hội thảo “Smart Mining Education and Innovation” (song ngữ Anh–Việt),
- Chuyên đề “Mining 4.0 – Robotics and AI in Mine Operations”,
- Diễn đàn “Digital Competencies for Technical Education in ASEAN”.

Hình thức hybrid vừa tiết kiệm chi phí, vừa giúp đội ngũ giảng viên trong nước tiếp cận trực tiếp với diễn giả, chuyên gia từ các quốc gia

phát triển về công nghệ mỏ (Đức, Úc, Canada, Nhật Bản...).

3.3.4. Hỗ trợ phát triển kỹ năng số cho giảng viên

Đội ngũ giảng viên cần được hỗ trợ để đáp ứng yêu cầu về chuyển đổi số trong giáo dục. Một số đề xuất bao gồm:

- Tham gia các chương trình phát triển chuyên môn do các tổ chức quốc tế tài trợ, ví dụ:

o **UNESCO-UNEVOC:** đào tạo giáo viên kỹ thuật trong thời đại số,

o **ERASMUS+ Capacity Building:** nâng cao năng lực giảng viên kỹ thuật tại Đông Nam Á,

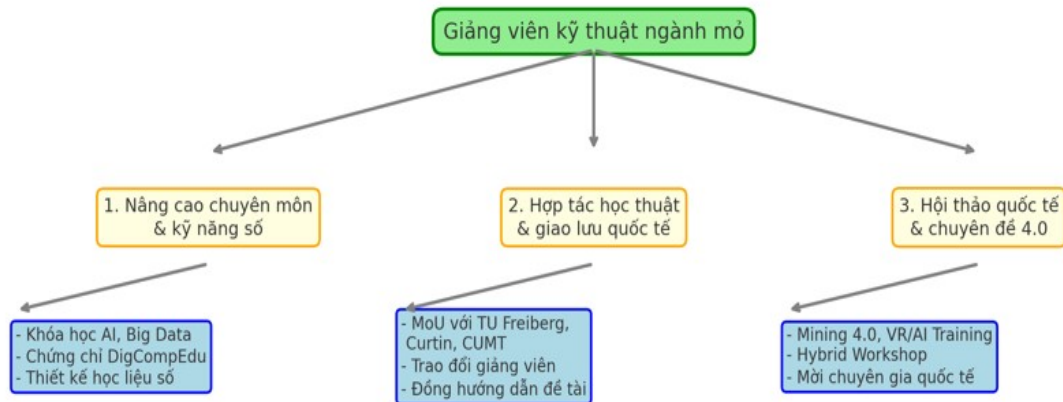
o **ADB e-learning projects:** phát triển nội dung số trong giáo dục kỹ thuật.

- Xây dựng hệ thống chứng chỉ kỹ năng số nội bộ hoặc quốc tế (VD: DigCompEdu Certification, Google Educator Level 1), giúp giảng viên tự đánh giá và nâng cao kỹ năng công nghệ giảng dạy.

- Chính sách khuyến khích nội bộ như: hỗ trợ chi phí học, thưởng sáng kiến sư phạm số, quy đổi kết quả phát triển kỹ năng vào tiêu chí thi đua/khen thưởng hàng năm.

Tóm lại, nâng cao năng lực đội ngũ giảng viên theo hướng số hóa, hội nhập và thực hành quốc tế là điều kiện tiên quyết để triển khai thành công hệ sinh thái giáo dục mỏ thông minh. Điều này không chỉ giúp tăng chất lượng đầu ra mà còn củng cố vị thế của cơ sở đào tạo trong mạng lưới giáo dục toàn cầu. Hình 2 là mô Sơ đồ mô hình phát triển năng lực giảng viên mỏ thông minh.

Sơ đồ Hình 2 thể hiện mô hình phát triển năng lực giảng viên mỏ thông minh, thể hiện ba trụ cột chính: (1) Nâng cao chuyên môn & kỹ năng số : Đào tạo AI, Big Data, thiết kế bài giảng số; Đạt chứng chỉ quốc tế như DigCompEdu; (2) Hợp tác học thuật & giao lưu quốc tế: Ký kết hợp tác với các đại học mỏ hàng đầu; Trao đổi giảng viên, đồng hướng dẫn nghiên cứu; (3) Hội thảo quốc tế & chuyên đề công nghệ 4.0: Tổ chức hội thảo chủ đề như Mining 4.0; Mời chuyên gia toàn cầu dạy trực tuyến hoặc hybrid.



Hình 2. Sơ đồ mô hình phát triển năng lực giảng viên mỏ thông minh

3.4. Hạ tầng và chính sách hỗ trợ

Việc triển khai thành công hệ sinh thái giáo dục mỏ thông minh không chỉ phụ thuộc vào chương trình đào tạo và đội ngũ giảng viên, mà còn đòi hỏi sự đầu tư đồng bộ vào hạ tầng kỹ thuật và hệ thống chính sách hỗ trợ chiến lược. Hai trụ cột then chốt là: hạ tầng công nghệ hiện đại và chính sách khuyến khích đổi mới.

3.4.1. Phát triển hạ tầng phòng thí nghiệm và thực hành số hóa

Các cơ sở đào tạo cần thiết lập phòng lab mô phỏng thông minh, theo định hướng tích hợp thực hành – dữ liệu – công nghệ. Đề xuất gồm:

- **Phòng thí nghiệm IoT mỏ:** Mô hình hóa hệ thống cảm biến trong mỏ, phục vụ các bài thực hành như giám sát khí mêtan, nhiệt độ, độ rung...
- **Trạm dữ liệu giám sát lò chợ (Mine Data Station):** Hệ thống thu thập và hiển thị dữ liệu khai thác theo thời gian thực, phục vụ bài tập xử lý và phân tích dữ liệu lớn.
- **Phòng mô phỏng an toàn mỏ bằng VR/AR:** Thực hiện tình huống giả lập tai nạn, cứu hộ mỏ và quy trình ứng cứu trong môi trường nhập vai trực quan.
- **Phòng học thông minh tích hợp LMS và mô phỏng:** Hỗ trợ dạy học tương tác, theo dõi tiến độ học tập, gắn kết mô phỏng mỏ lộ thiên – hầm lò vào giảng dạy thực hành.

Mô hình hạ tầng này nên áp dụng mô hình liên kết doanh nghiệp – trường học – nhà

cung ứng công nghệ (triple-helix model) để chia sẻ chi phí đầu tư, khai thác hiệu quả và cập nhật thiết bị thường xuyên.

3.4.2. Chính sách phát triển đội ngũ và học liệu số

Nhằm thúc đẩy giảng viên chuyển đổi số trong giảng dạy, cơ sở đào tạo cần ban hành chính sách hỗ trợ:

- **Khuyến khích đào tạo lại và nâng cao kỹ năng số** cho giảng viên, thông qua hỗ trợ học phí các khóa học (AI, IoT, thiết kế học liệu), cử đi đào tạo ngắn hạn tại nước ngoài.
- **Quy đổi giờ chuẩn giảng dạy cho các hoạt động như:** Phát triển học liệu số (video 3D, phần mềm mô phỏng); Thiết kế bài giảng trên nền tảng e-learning; Hướng dẫn sinh viên học tập qua nền tảng số.
- **Thưởng sáng kiến chuyển đổi số:** Các giảng viên xây dựng mô-đun đào tạo số được thẩm định và áp dụng rộng rãi nên được khen thưởng, đưa vào đánh giá thi đua cuối năm.

3.4.3. Học bổ sung kỹ năng số cho sinh viên ngành mỏ

Khuyến khích người học chủ động tiếp cận công nghệ mới là yếu tố thiết yếu trong việc phát triển năng lực số cho thế hệ kỹ sư tương lai:

- **Học bổ sung kỹ năng số ngắn hạn**, cấp cho sinh viên:

o Hoàn thành các học phần số như “AI trong khai thác mỏ”, “Mô phỏng vận hành bằng AR/VR”,

o Có chứng chỉ từ các nền tảng như Coursera, Udemy, EdX liên quan đến khai khoáng số.

• **Hỗ trợ tham dự cuộc thi học thuật, hackathon kỹ thuật số** trong lĩnh vực mỏ – năng lượng, nhằm tạo môi trường thực hành sáng tạo, kết nối sinh viên với doanh nghiệp.

• **Ưu tiên tuyển dụng sinh viên có kỹ năng số thực hành** thông qua hợp tác nhà trường – doanh nghiệp để sinh viên được thực tập tại các mỏ thông minh.

3.4.4. Triển khai nền tảng đào tạo trực tuyến hiện đại

Kết hợp học truyền thống và trực tuyến (blended learning) là xu hướng tất yếu. Cần:

• Phát triển **MOOC nội bộ** về các học phần ngành mỏ đặc thù (an toàn mỏ, xử lý sự cố, khai thác thông minh).

• Tích hợp các nền tảng toàn cầu như **Coursera, EdX, Udacity** vào chương trình chính quy.

• Ứng dụng **LMS hiện đại (Moodle, Canvas)** để quản lý nội dung học, đánh giá tiến độ học tập, và tạo không gian học tập mở.

Tóm lại, hạ tầng hiện đại và chính sách hỗ trợ linh hoạt chính là lực đẩy thể chế để hiện thực hóa mục tiêu xây dựng hệ sinh thái giáo dục mỏ thông minh tại Việt Nam – một mô hình đào tạo tiên tiến, thích ứng với chuyển đổi số và hội nhập toàn cầu. Hình 3 là sơ đồ hạ tầng hỗ trợ đào tạo mỏ thông minh cần có.



Hình 3. Sơ đồ Hạ tầng hỗ trợ đào tạo mỏ thông minh

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

Việc triển khai mô hình hệ sinh thái giáo dục mỏ thông minh ở Việt Nam có tiềm năng nhưng cũng gặp nhiều rào cản thứ nhất là thách thức về tài chính và hạ tầng việc đầu tư phòng lab IoT, hệ thống VR/AR và nền tảng dữ liệu lớn đòi hỏi kinh phí lớn và cơ chế huy động vốn xã hội hóa chặt chẽ; thứ hai là khoảng cách về năng lực số như tỷ lệ giảng viên, sinh viên am hiểu công nghệ mới còn thấp; chuẩn đầu ra về kỹ năng số chưa được áp dụng rộng rãi; thứ ba là cơ chế phối hợp giữa trường – doanh nghiệp –

viện nghiên cứu chưa đồng bộ; khó bảo đảm duy trì liên kết bền vững nếu không có khung pháp lý và cơ chế tài chính khuyến khích.

Mặc dù đã có chính sách khung như Thông tư 02/2025/TT-BGDĐT Quy định khung năng lực số cho người học, nhưng sự chậm trễ trong đổi mới chương trình đào tạo và quy trình kiểm định có thể làm giảm hiệu quả áp dụng. Đặc biệt, chênh lệch về điều kiện kinh tế giữa các vùng miền sẽ tạo ra khoảng cách triển khai.

Do đó, ngoài giải pháp kỹ thuật, cần các chính sách ưu tiên ngân sách, khuyến khích đầu tư tư nhân, và cơ chế pháp lý ràng buộc trách

nhệm các bên để đảm bảo khả năng vận hành lâu dài.

Hạn chế của nghiên cứu có phạm vi khảo sát mới dừng ở một số cơ sở đào tạo tiêu biểu, chưa bao quát toàn bộ hệ thống đào tạo mỏ trong cả nước. Chưa có các thử nghiệm định lượng lớn về chi phí – lợi ích khi triển khai các phòng lab thông minh hoặc mô hình mô phỏng thực tế ảo. Phân tích chính sách chủ yếu dựa trên văn bản hiện hành, cần được kiểm chứng bằng các nghiên cứu trường hợp cụ thể sau khi áp dụng.

Đề xuất hướng nghiên cứu tiếp theo cần tiến hành thí điểm mô hình hệ sinh thái giáo dục mỏ thông minh tại một số trường đại học/khoa mỏ, đo lường tác động thực tế đến chất lượng đào tạo và việc làm. Phát triển bộ chỉ số đánh giá năng lực số riêng cho lĩnh vực mỏ, kết hợp chuẩn quốc tế với yêu cầu đặc thù Việt Nam. Nghiên cứu giải pháp tài chính và cơ chế hợp tác công – tư nhằm huy động nguồn lực đầu tư hạ tầng và bảo đảm tính bền vững

Kiến nghị: Trong bối cảnh Cách mạng công nghiệp lần thứ tư (CMCN 4.0) đang tác động sâu rộng đến mọi lĩnh vực, ngành khai thác mỏ, một ngành công nghiệp nền tảng của Việt Nam cũng đứng trước yêu cầu cấp bách về chuyển đổi số và hiện đại hóa nguồn nhân lực. Bài viết đã chỉ ra rằng xây dựng hệ sinh thái giáo dục khai thác mỏ thông minh là xu hướng tất yếu, nhằm nâng cao chất lượng đào tạo, rút ngắn khoảng cách giữa đào tạo và thực tiễn sản xuất, đồng thời tạo ra lực lượng kỹ sư mỏ đáp ứng chuẩn công nghệ toàn cầu.

Kinh nghiệm quốc tế cho thấy các quốc gia đi đầu như Canada, Úc, Trung Quốc đã triển khai các chương trình tích hợp AI, VR, dữ liệu lớn, và kỹ năng số vào giáo dục mỏ một cách bài bản. Để theo kịp xu hướng đó, Việt Nam cần không chỉ nâng cấp chương trình đào tạo, mà còn xây dựng mô hình hệ sinh thái hợp tác đa tác nhân giữa nhà trường – doanh nghiệp – viện nghiên cứu – tổ chức quốc tế.

Việc triển khai mô hình này đòi hỏi đầu tư đồng bộ vào hạ tầng số, phát triển năng lực giảng viên, đổi mới chính sách quản trị đào tạo

và thúc đẩy đổi mới sáng tạo trong học thuật. Nếu được thực hiện một cách chiến lược, hệ sinh thái giáo dục mỏ thông minh sẽ không chỉ phục vụ phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao, mà còn góp phần quan trọng vào mục tiêu phát triển bền vững và hội nhập quốc tế của ngành khai khoáng Việt Nam.

4.2. Kiến nghị

- Đối với Bộ Giáo dục và Đào tạo (Bộ GD&ĐT): Cần xây dựng khung kỹ năng số tối thiểu bắt buộc cho sinh viên ngành kỹ thuật, đặc biệt là các ngành khai khoáng, năng lượng, môi trường. Ban hành chuẩn đầu ra có tích hợp các chuẩn quốc tế như DigCompEdu, ASEAN Future Skills, để bảo đảm tính liên thông và hội nhập.

- Đối với Bộ Công Thương: Cần có định hướng chiến lược phát triển trung tâm đào tạo và thực nghiệm mỏ thông minh cấp vùng/quốc gia, gắn với các trường đại học kỹ thuật mũi nhọn. Ưu tiên phân bổ ngân sách đầu tư cơ sở vật chất hiện đại (lab IoT, VR, AI mô) và hỗ trợ đào tạo lại giảng viên đáp ứng yêu cầu công nghệ mới.

- Đối với các trường đại học, học viện kỹ thuật ngành mỏ: (i) Tăng cường hợp tác với doanh nghiệp, đặc biệt là các tập đoàn khai thác lớn để xây dựng chương trình đào tạo theo đặt hàng thực tế, kết hợp thực tập – thực tế – tuyển dụng; (ii) Triển khai các mô hình đào tạo hiện đại như blended learning, micro-credentials và học tập cá nhân hóa, nhằm đa dạng hóa hình thức tiếp cận kiến thức chuyên ngành; (iii) Thành lập các nhóm nghiên cứu liên ngành trong lĩnh vực khai thác thông minh, thúc đẩy xuất bản quốc tế và chuyển giao công nghệ thực tế cho doanh nghiệp mỏ.

- Đối với các tổ chức quốc tế và đối tác nước ngoài: (i) Thúc đẩy các chương trình hợp tác như **ERASMUS+**, **DAAD**, **UNESCO-UNEVOC**, tài trợ học bổng và trao đổi giảng viên trong lĩnh vực khai thác thông minh; (ii) Hỗ trợ kỹ thuật trong việc xây dựng nội dung đào tạo tích hợp số, chia sẻ nền tảng học liệu mở (OER), và hợp tác nghiên cứu về năng lực chuyển đổi số trong giáo dục kỹ thuật.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. McKinsey & Company. (2021). *Defining the skills citizens will need in the future world of work*. McKinsey Global Institute. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work>
2. OECD. (2021). *21st-Century Readers: Developing Literacy Skills in a Digital World*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a83d84cb-en>
3. UNESCO. (2022). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707>
4. World Bank. (2020). *The Future of Work in Africa: Harnessing the Potential of Digital Technologies for All*. World Bank Group. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1445-4>
5. Queen's University Canada – Trung tâm Khai khoáng Thông minh: Queen's University. (2021). *Robert M. Buchan Department of Mining – Smart Mining Centre*. Retrieved from <https://www.queensu.ca>
6. Chương trình “Digital Skills Ready” của Úc: Australian Government – Department of Education. (2022). *Digital Skills for Industry Initiatives*. Retrieved from <https://www.education.gov.au>
7. Trung Quốc – Phòng thí nghiệm mô phỏng ảo tại CUMT: China University of Mining and Technology. (2023). *Virtual Simulation Laboratory for Intelligent Mining*. Retrieved from <http://www.cumt.edu.cn>
8. European Commission. (2017). *DigCompEdu: The European Framework for the Digital Competence of Educators*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/159770>
9. ASEAN Secretariat. (2020). *ASEAN Future of Work and Skills Development Agenda 2030*. Retrieved from <https://asean.org>
10. Curtin University. (2022). *Bachelor of Engineering (Mining Engineering) – Course Handbook*. Retrieved from <https://www.curtin.edu.au>
11. China University of Mining and Technology (CUMT). (2023). *Virtual Mine Simulation Platform*. Retrieved from <http://en.cumt.edu.cn>
12. Bộ Giáo dục và Đào tạo (2021). *Niên giám giáo dục đại học Việt Nam*.
13. Tổng cục Giáo dục Nghề nghiệp (2023). *Báo cáo năng lực kỹ năng số của người lao động Việt Nam*.

Thông tin của tác giả:**TS. Hoàng Hùng Thắng**

Ban giám hiệu, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh
Điện thoại: +(84)903.231.089- Email: hoanghungthang@qui.edu.vn

TS. Phạm Đức Thang

Ban giám hiệu, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh
Điện thoại: +(84)987.302.934 - Email: phamducthang@qui.edu.vn

TS. Nguyễn Văn Thản

Phòng đào tạo, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh
Điện thoại: +(84)912.622.812 - Email: thanhthanhaiduong@gmail.com

ThS. Ngô Đình Đạt

Công ty Cảng, Bình đoàn 19
Điện thoại: +(84)982.578.088 - Email: thanhdat168qn@gmail.com

BUILDING A SMART MINING EDUCATION ECOSYSTEM AND DEVELOPING A DIGITAL WORKFORCE IN THE ERA OF INDUSTRY 4.0

Information about authors:

Hoang Hung Thang, Ph.D., Board of Directors, Quang Ninh University of Industry, email: hoanghungthang@qui.edu.vn

Pham Duc Thang, Ph.D., Board of Directors, Quang Ninh University of Industry

Nguyen Van Than, Ph.D., Training Department, Quang Ninh University of Industry

Ngo Dinh Dat, M.Eng., Port Company, 19th Military Division

ABSTRACT:

Amid the rapid advancement of Industry 4.0, Vietnam's mining sector faces urgent demands to transform toward smart and digital operations. Emerging technologies such as automation, artificial intelligence (AI), big data, and the Internet of Things (IoT) are fundamentally reshaping how mining activities are organized and managed.

In this context, building a smart mining education ecosystem is considered a strategic foundation for training engineers capable of mastering modern technologies, ensuring occupational safety, improving production efficiency, and minimizing environmental impact. At the same time, developing a digitally competent workforce is a key factor enabling the mining industry to adapt to modern production environments and meet national digital transformation goals.

This report analyzes the theoretical foundation, the current situation in Vietnam, and international best practices from countries like Canada, Australia, and China. It also proposes specific solutions: (1) Innovating training programs by integrating digital technologies; (2) Strengthening collaboration between universities, enterprises, and international organizations; (3) Developing online learning platforms and practical learning environments; and (4) Enhancing supportive policies and investing in educational technology infrastructure.

Establishing a smart mining education ecosystem and cultivating a digital workforce is not only a critical requirement but also a driving force for the sustainable development of Vietnam's mining sector in the digital age.

Keywords: Smart mining, education ecosystem, digital workforce, Industry 4.0, mining engineering, digital transformation, vocational training, international cooperation, AI, Big Data, IoT, Vietnam mining sector.

REFERENCES

1. McKinsey & Company. (2021). *Defining the skills citizens will need in the future world of work*. McKinsey Global Institute. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work>
2. OECD. (2021). *21st-Century Readers: Developing Literacy Skills in a Digital World*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a83d84cb-en>
3. UNESCO. (2022). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707>
4. World Bank. (2020). *The Future of Work in Africa: Harnessing the Potential of Digital Technologies for All*. World Bank Group. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1445-4>
5. Queen's University Canada – Smart Mining Centre: Queen's University. (2021). *Robert M. Buchan Department of Mining – Smart Mining Centre*. Retrieved from <https://www.queensu.ca>

6. Australian Government – Department of Education. (2022). *Digital Skills for Industry Initiatives (Digital Skills Ready Program)*. Retrieved from <https://www.education.gov.au>
7. China University of Mining and Technology. (2023). *Virtual Simulation Laboratory for Intelligent Mining*. Retrieved from <http://www.cumt.edu.cn>
8. European Commission. (2017). *DigCompEdu: The European Framework for the Digital Competence of Educators*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/159770>
9. ASEAN Secretariat. (2020). *ASEAN Future of Work and Skills Development Agenda 2030*. Retrieved from <https://asean.org>
10. Curtin University. (2022). *Bachelor of Engineering (Mining Engineering) – Course Handbook*. Retrieved from <https://www.curtin.edu.au>
11. China University of Mining and Technology (CUMT). (2023). *Virtual Mine Simulation Platform*. Retrieved from <http://en.cumt.edu.cn>
12. Ministry of Education and Training of Vietnam. (2021). *Vietnam Higher Education Yearbook*.
13. Directorate of Vocational Education and Training of Vietnam. (2023). *Report on Digital Skills Capacity of Vietnamese Workers*.

Ngày nhận bài: 01/09/2025;

Ngày nhận bài sửa: 23/09/2025;

Ngày chấp nhận đăng: 28/09/2025.