KINH TẾ SỐ: ĐỘNG LỰC THÚC ĐẨY PHÁT TRIỂN CÔNG NGHỆ VÀ BỀN VỮNG TRONG NGÀNH THAN VIỆT NAM

Phạm Thị Nguyệt* - Nguyễn Đồng Minh**

Bài báo phân tích tác động của nền kinh tế số đối với sự phát triển công nghệ của ngành khai thác khoáng sản, trọng tâm là ngành than của Việt Nam. Thông qua việc kế thừa các khái niệm về "công nghệ số xuyên suốt" và "hệ thống vật lý không gian mạng" (CPS) từ nghiên cứu của Litvinenko (2020), bài viết đề xuất lộ trình chuyển đổi số tích hợp nhằm giải quyết các thách thức về địa chất phức tạp và an ninh năng lượng quốc gia. Kết quả nghiên cứu nhấn mạnh vai trò của việc xây dựng các trung tâm năng lực, nguồn nhân lực số, hạ tầng dữ liệu an toàn và liên kết thể chế để đảm bảo chuyển đổi số các doanh nghiệp ngành than Việt Nam.

• Từ khóa: *kinh tế số, ngành than Việt Nam, chuyển đổi số, công nghiệp 4.0, phát triển bền vững.*

This paper analyzes the impact of the digital economy on the technological development of the mining industry, focusing on Vietnam's coal industry. By inheriting the concepts of "through-the-net digital technology" and "cyberphysical systems" (CPS) from Litvinenko's (2020) research, the paper proposes an integrated digital transformation roadmap to address challenges related to complex geology and national energy security. The research results emphasize the role of building capacity centers, digital human resources, secure data infrastructure, and institutional linkages to ensure the digital transformation of Vietnamese coal industry enterprises.

• Key words: *digital economy, Vietnam coal industry, digital transformation, Industry 4.0, sustainable development.*

Ngày nhận bài: 31/3/2026
Ngày gửi phản biện: 29/4/2026
Ngày duyệt đăng: 13/5/2026

DOI: https://doi.org/10.71374/jfarv.v26.i313.23

1. Giới thiệu

Trong cấu trúc kinh tế toàn cầu, ngành công nghiệp khoáng sản luôn được coi là xương sống của sự phát triển hạ tầng và an ninh năng lượng. Theo Litvinenko (2020), sự phát triển của xã hội loài người gắn liền với khả năng khai thác và sử dụng hiệu quả tài nguyên thiên nhiên. Tuy nhiên, bước sang thập kỷ thứ ba của thế kỷ XXI, ngành than không còn đơn thuần dựa trên quy mô sản lượng khai thác mà đang chuyển dịch mạnh mẽ sang mô hình tăng trưởng dựa trên tri thức và dữ. Kinh tế số (Digital Economy) không chỉ là một khái niệm bổ trợ mà đã trở thành nhân tố quyết định năng suất và khả năng cạnh tranh của các quốc gia sở hữu tài nguyên (World Bank, 2022; OECD, 2023).

Tại Việt Nam, ngành than đóng vai trò là "hộ vệ" cho an ninh năng lượng quốc gia. Than đá là nhiên liệu chính cho các nhà máy nhiệt điện (chiếm khoảng 35-40% tổng sản lượng điện quốc gia) và là đầu vào không thể thiếu cho các ngành sản xuất thép, xi măng, hóa chất. Tuy nhiên, thực trạng ngành than Việt Nam hiện nay đang đối mặt với những nghịch lý mang tính hệ thống:

Sự suy giảm điều kiện khai thác: Các mỏ than lộ thiên có chi phí thấp và điều kiện thuận lợi (như tại khu vực Quảng Ninh) đang dần cạn kiệt. Ngành than đang chuyển dịch mạnh mẽ sang khai thác hầm lò với độ sâu ngày càng tăng (nhiều mỏ đã xuống dưới mức -300m và đang tiến tới mức -500m).

Rủi ro kỹ thuật và an toàn: Việc khai thác xuống sâu làm gia tăng áp lực mỏ, nồng độ khí mê-tan cao, nguy cơ ngập lụt và cháy mỏ tiềm ẩn. Các phương pháp quản trị truyền thống dựa trên kinh nghiệm thực tế đang bộc lộ những hạn chế trước các biến số địa chất phức tạp.

Áp lực chuyển dịch năng lượng: Việt Nam đã cam kết đạt mức phát thải ròng bằng "0" (Net Zero) (Chính phủ Việt Nam, 2020) vào năm 2050. Điều này đặt ngành than vào sức ép phải tối ưu hóa quy trình, giảm thiểu tổn thất tài nguyên và giảm dấu chân carbon thông qua các giải pháp công nghệ cao (PwC, 2021). Vai trò của ngành than cần được nhìn nhận theo hướng chuyển đổi

** Trường đại học Mỏ - Địa chất; email: phamthinguyet@humg.edu.vn*
*** Học viện Chính trị Quốc gia Hồ Chí Minh*

có kiểm soát, thay vì duy trì theo mô hình tăng trưởng truyền thống. Điều này đặt ra yêu cầu kép: vừa đảm bảo an ninh năng lượng trong trung hạn, vừa từng bước giảm cường độ phát thải thông qua đổi mới công nghệ và tối ưu hóa chuỗi giá trị.

Mặc dù Chính phủ Việt Nam đã có những định hướng quyết liệt về Chuyển đổi số quốc gia đến năm 2025, định hướng đến năm 2030, nhưng việc áp dụng trong lĩnh vực khoáng sản vẫn còn manh mún. Một rào cản lớn được xác định là sự thiếu hụt "công nghệ số xuyên suốt" (straight-through digital technology) - tức là sự kết nối không đứt gãy dữ liệu từ khâu thăm dò địa chất, thiết kế mỏ đến khâu khai thác và chế biến (Chính phủ Việt Nam, 2020).

Hơn nữa, theo phân tích của Litvinenko, sự thiếu hụt về hạ tầng tính toán và các trung tâm lưu trữ dữ liệu tập trung khiến cho việc triển khai các hệ thống thông minh như "Mỏ kỹ thuật số" (Digital Mine) gặp nhiều khó khăn. Tại Việt Nam, khoảng cách giữa năng lực thực tế của đội ngũ kỹ sư và yêu cầu của nền kinh tế số đang tạo ra một "lỗ hổng kỹ năng" cần được bù đắp thông qua các mô hình đào tạo mới.

Bài báo này nhằm mục tiêu phân tích các điều kiện cần và đủ để ngành than Việt Nam thực hiện bước nhảy vọt về công nghệ trong nền kinh tế số. Dựa trên các luận điểm về hệ thống vật lý không gian mạng (Cyber-Physical Systems - CPS) và các trung tâm năng lực (Competence Centers), nghiên cứu sẽ tập trung vào ba vấn đề cốt lõi:

1) Nhận diện các công nghệ số đột phá phù hợp với đặc thù hầm lò Việt Nam.

2) Phân tích vai trò của quản trị dữ liệu theo thời gian thực trong việc đảm bảo an toàn và hiệu quả kinh tế.

3) Đề xuất mô hình liên kết giữa Nhà nước - Doanh nghiệp - Viện nghiên cứu để xây dựng hệ sinh thái số bền vững cho ngành khoáng sản.

Việc nghiên cứu không chỉ dừng lại ở khía cạnh kỹ thuật mà còn xem xét dưới góc độ kinh tế khoáng sản, nhằm tìm ra lời giải cho bài toán: Làm thế nào để ngành than Việt Nam vẫn duy trì được vai trò chủ đạo trong cơ cấu năng lượng đồng thời đáp ứng được các tiêu chuẩn khắt khe về môi trường và hiệu quả trong thời đại 4.0.

2. Công nghệ số xuyên suốt trong ngành khai thác khoáng sản của Việt Nam

Khái niệm "Công nghệ số xuyên suốt" (Straight-through digital technology) là hệ thống tích hợp và liên thông dữ liệu một cách liên tục trong toàn bộ vòng đời hoạt động khai khoáng, từ thăm dò, tìm kiếm, thiết kế, khai thác mỏ đến chế biến, tiêu thụ. Cách tiếp cận này nhấn mạnh giải pháp tích hợp, khả năng đồng bộ và chia sẻ dữ liệu trong các công đoạn của chuỗi giá trị, công nghệ này đóng vai trò là xương sống của kinh tế số trong lĩnh vực khoáng sản (Litvinenko, 2020). Đối với đặc thù ngành khoáng sản Việt Nam, lộ trình này được triển khai qua các trụ cột sau:

2.1. Hệ thống thực-ảo (Cyber-Physical Systems - CPS) trong khai thác

Hệ thống thực - ảo (CPS) là sự tích hợp chặt chẽ giữa các thành phần vật lý trong dây chuyền khai thác khoáng sản với các hệ thống tính toán và truyền thông, cho phép giám sát, phân tích và điều khiển theo thời gian thực. Trong bối cảnh khai thác hầm lò, "hệ thống vật lý" là toàn bộ dây chuyền công nghệ sản xuất bao gồm: (i) hệ thống khoan - nổ mìn phục vụ mở vỉa và chuẩn bị gương lò; (ii) máy khấu than, máy cào, hoặc giàn chống tự hành trong quá trình khai thác lò chợ; (iii) hệ thống vận tải trong lò như băng tải, máng cào, tàu điện hoặc xe goòng; và (iv) hệ thống thông gió, thoát nước và quan trắc khí mỏ nhằm đảm bảo sản xuất an toàn, liên tục và hiệu quả. CPS cho phép các thành phần này được kết nối thông qua cảm biến và mạng truyền thông công nghiệp, từ đó hình thành khả năng giám sát liên tục, dự báo rủi ro và điều khiển tự động. Cách tiếp cận này được xem là nền tảng của các hệ thống khai thác thông minh trong kỷ nguyên Công nghiệp 4.0 (Lee, Bagheri, & Kao, 2015). Tại các mỏ khai thác than của Việt Nam, việc chuyển đổi sang hệ thống CPS là yêu cầu cấp thiết để tự động hoá cảnh báo rủi ro, kiểm soát các thông số kỹ thuật mỏ đảm bảo sản xuất an toàn, hiệu quả và giảm phát thải trong môi trường địa chất phức tạp ở độ sâu lớn.

2.2. Bản sao số (Digital Twins) và mô hình hóa 3D vỉa than

Bản sao số là mô hình số hóa động của một đối tượng hoặc hệ thống vật lý, được cập nhật liên tục thông qua dữ liệu thu thập từ cảm biến, cho phép mô phỏng, dự báo và tối ưu hóa các kịch bản vận hành trong môi trường ảo trước khi triển khai ngoài thực tế (Tao, Zhang, Liu, & Nee, 2018). Việt Nam đang chuyển dần từ các bản đồ địa chất giấy sang mô hình hóa 3D. Công nghệ số xuyên suốt cho phép xây dựng một "Bản sao số" của mỏ:

+ Thăm dò và mô hình hóa: Sử dụng dữ liệu khoan thăm dò để xây dựng mô hình không gian 3D của vỉa than, cho phép các kỹ sư tính toán chính xác trữ lượng và lập kế hoạch khai thác tối ưu, giảm tỷ lệ tổn thất tài nguyên (hiện vẫn còn cao ở mức 20-30% tại một số khu vực).

+ Mô phỏng kịch bản: Trước khi tiến hành diện sản xuất mới, bản sao số cho phép mô phỏng các tình huống sụt lún hoặc bục nước tiềm ẩn, từ đó đưa ra phương án dự phòng mà không gây nguy hiểm cho người lao động.

2.3. Internet vạn vật công nghiệp (IIoT) và quản trị thiết bị

Ngành khoáng sản Việt Nam sở hữu khối lượng tài sản thiết bị khổng lồ từ máy xúc, xe tải tự đổ công suất lớn, các hệ thống băng tải, hệ thống máy khấu, máy đào lò, giá đỡ thuỷ lực đến các trung điều hành mỏ, vì vậy cần thiết ứng dụng IIoT để:

Giám sát hành trình và tiêu hao: Áp dụng IIoT giúp theo dõi chính xác vị trí, mức tiêu thụ nhiên liệu và tình trạng kỹ thuật của thiết bị. Điều này đặc biệt có ý nghĩa trong việc tối ưu hóa chi phí vận chuyển - vốn chiếm tỷ trọng lớn trong giá thành than khai thác lộ thiên.

Bảo trì dự báo (Predictive Maintenance): Thay vì bảo trì theo định kỳ, công nghệ số cho phép dự báo hư hỏng của máy móc thông qua phân tích thông số kỹ thuật, giúp giảm thời gian dừng máy ngoài kế hoạch và kéo dài tuổi thọ thiết bị.

2.4. Trí tuệ nhân tạo (AI) trong sàng tuyển và chế biến

AI được áp dụng trong giai đoạn cuối của chuỗi giá trị là sàng tuyển than để:

Tối ưu hóa tỷ lệ pha trộn: AI được sử dụng để phân tích chất lượng than từ các vỉa khác nhau, từ đó tự động hóa quy trình pha trộn để đạt được chỉ số kalaro mục tiêu một cách ổn định nhất.

Phân tích hình ảnh: Sử dụng thị giác máy tính để kiểm soát kích thước hạt và loại bỏ tạp chất trên băng tải, nâng cao độ chính xác so với kiểm tra bằng mắt thường.

Việc áp dụng các công nghệ này giúp nâng cao hiệu quả khai thác, giảm rủi ro và tối ưu hóa tài nguyên (OECD, 2023)

2.5. Hệ thống quản trị nguồn lực doanh nghiệp (ERP) ngành mỏ

Điểm cuối của công nghệ xuyên suốt là việc tích hợp dữ liệu kỹ thuật vào hệ thống quản trị kinh tế. Tại các tập đoàn như TKV hay Tổng công ty Đông Bắc, việc triển khai ERP giúp:

Số hóa chứng từ và dòng tiền: Mọi mét lò đào, mọi tấn than khai thác được cập nhật ngay lập tức vào hệ thống kế toán và quản trị nhân sự.

Ra quyết định dựa trên dữ liệu (Data-driven decision making): Ban lãnh đạo có cái nhìn tổng thể về chi phí, giá thành tức thời, từ đó điều chỉnh kế hoạch sản xuất linh hoạt theo biến động của giá than thế giới và nhu cầu trong nước.

Bảng 1. So sánh mô hình khai thác truyền thống và khai thác số tại Việt Nam

Đặc điểm	Mô hình truyền thống	Mô hình số xuyên suốt
Dữ liệu địa chất	Bản đồ 2D, cập nhật chậm	Mô hình 3D, cập nhật tức thời
An toàn lao động	Giám sát thủ công, phản ứng sau sự cố	Cảm biến tự động, dự báo nguy cơ
Quản lý thiết bị	Bảo trì định kỳ, dễ thất thoát nhiên liệu	Bảo trì dự báo, giám sát GPS/IIoT
Hiệu quả tài nguyên	Tổn thất cao, khó kiểm soát chất lượng	Tối ưu hóa thu hồi, pha trộn tự động

Nguồn: Tác giả tổng hợp

Việc áp dụng công nghệ số xuyên suốt không chỉ là nâng cấp máy móc, mà là tạo ra một hệ sinh thái dữ liệu giúp ngành mỏ Việt Nam trở nên minh bạch hơn, an toàn hơn và đạt hiệu quả kinh tế cao hơn trong bối cảnh địa chính trị năng lượng phức tạp.

3. Những thách thức trong ngành khai thác khoáng sản của Việt Nam

Việc chuyển đổi sang nền kinh tế số trong ngành than không chỉ đơn thuần là bài toán về phần mềm, mà còn phụ thuộc chặt chẽ vào nền tảng hạ tầng vật lý và khả năng bảo vệ dữ liệu. Đối với Việt Nam, lộ trình này đang gặp phải những rào cản kỹ thuật và an ninh mang tính đặc thù.

3.1. Khoảng cách về hạ tầng viễn thông và năng lực tính toán tại vùng mỏ

Sự thành công của "công nghệ số xuyên suốt" đòi hỏi một hệ thống truyền dẫn dữ liệu tốc độ cao và ổn định. Tuy nhiên, tại các khu vực khai thác trọng điểm như Quảng Ninh hay Thái Nguyên, hạ tầng này vẫn chưa đồng bộ:

Hạn chế về kết nối dưới hầm lò: Việc truyền dẫn tín hiệu không dây (Wi-Fi, 4G/5G) trong môi trường hầm lò cực kỳ khó khăn do sự ngăn cách của các vỉa than và cấu trúc lò phức tạp. Hiện nay, nhiều mỏ vẫn phụ thuộc vào hệ thống thông tin liên lạc hữu tuyến truyền thống, gây nghẽn cổ chai khi cần truyền tải dữ liệu hình ảnh hoặc video tức thời từ các camera giám sát.

Thiếu hụt các Trung tâm Dữ liệu (Data Center) chuyên biệt: Theo Litvinenko, các quốc gia đang phát triển thường thiếu hụt hạ tầng máy chủ đủ mạnh để xử lý các thuật toán Big Data và mô phỏng 3D. Ngành than Việt Nam hiện vẫn đang lưu trữ dữ liệu phân tán tại từng đơn vị thành viên, thiếu một "đám mây" (Cloud) chung cho toàn ngành để tối ưu hóa việc chia sẻ tài nguyên tính toán (World Bank, 2022).

3.2. Rủi ro an ninh mạng đối với Hệ thống điều khiển công nghiệp (ICS)

Khi các thiết bị khai thác (như máy khấu than, băng tải, trạm quạt gió) được kết nối Internet (IIoT), chúng trở thành mục tiêu của các cuộc tấn công mạng.

Nguy cơ tấn công vật lý qua không gian ảo: Khác với các doanh nghiệp thương mại, một cuộc tấn công mạng vào mỏ than có thể gây ra hậu quả vật lý tức thì. Nếu hệ thống cảm biến khí mê-tan hoặc hệ thống điều khiển quạt gió bị chiếm quyền kiểm soát, nó có thể dẫn đến cháy nổ hoặc ngạt khí cho hàng trăm công nhân đang làm việc dưới lòng đất.

Lỗ hổng từ thiết bị cũ: Nhiều thiết bị trong ngành than Việt Nam được nhập khẩu từ nhiều nguồn khác nhau với các tiêu chuẩn bảo mật lạc hậu, tạo ra những "cửa hậu" (backdoors) cho các phần mềm độc hại xâm nhập vào mạng lưới điều hành quốc gia (OECD, 2023).

3.3. Chủ quyền dữ liệu và tính minh bạch trong quản lý khoáng sản

Trong nền kinh tế số, dữ liệu về trữ lượng và sản lượng khoáng sản là tài sản chiến lược quốc gia.

Thách thức về độ tin cậy của dữ liệu: Việc số hóa các báo cáo sản lượng đòi hỏi một cơ chế xác thực cao để tránh việc can thiệp vào số liệu nhằm mục tiêu gian lận thuế hoặc thất thoát tài nguyên.

Sự phụ thuộc vào công nghệ nước ngoài: Hiện nay, phần lớn các phần mềm lõi về mô hình hóa địa chất và quản trị mỏ tại Việt Nam đều phải mua bản quyền từ nước ngoài. Điều này đặt ra thách thức về việc bảo mật các dữ liệu nhạy cảm về tài nguyên khoáng sản quốc gia khi các dữ liệu này thường được lưu trữ trên máy chủ của các nhà cung cấp quốc tế.

3.4. Chi phí đầu tư và bài toán hiệu quả kinh tế

Chuyển đổi số đòi hỏi vốn đầu tư ban đầu (CAPEX) rất lớn cho hạ tầng phần cứng và bản quyền phần mềm.

Áp lực lên giá thành than: Trong bối cảnh ngành than đang phải đối mặt với chi phí khai thác ngày càng tăng do xuống sâu, việc phân bổ ngân sách cho hạ tầng số thường bị đặt lên bàn cân so sánh với các nhu cầu cấp bách về thiết bị sản xuất trực tiếp.

Thiếu cơ chế khuyến khích tài chính: Tại Việt Nam, hiện vẫn thiếu các chính sách ưu đãi thuế hoặc hỗ trợ vốn vay chuyên biệt cho các dự án "Mỏ thông minh" (Smart Mine), khiến các doanh nghiệp còn e dè trong việc đầu tư bài bản vào hạ tầng an ninh thông tin.

Nhận định chuyên gia: Để vượt qua những thách thức này, Việt Nam cần một chiến lược tiếp cận theo mô hình "Bảo mật ngay từ khâu thiết kế" (Security by Design), trong đó hạ tầng thông tin phải được coi là một hạng mục xây dựng cơ bản tương đương với việc đào lò hay lắp đặt trạm điện. Chỉ khi có một nền tảng hạ tầng vững chắc và an toàn, các ứng dụng AI hay Big Data mới có thể phát huy tối đa giá trị kinh tế cho ngành khoáng sản**.**

4. Chuyển đổi nguồn nhân lực và mô hình trung tâm năng lực

Trong lộ trình tiến tới nền kinh tế số, rào cản lớn nhất không nằm ở sự thiếu hụt công nghệ mà nằm ở sự sẵn sàng của nguồn nhân lực. Theo UNESCO (2021) việc phát triển kỹ năng số và đào tạo lại lực lượng lao động là điều kiện tiên quyết để đảm bảo thành công. Đối với ngành than Việt Nam - một ngành có truyền thống lâu đời với tư duy khai thác cơ bắp - việc chuyển đổi sang "lao động số" là một cuộc cách mạng về cả kỹ năng lẫn văn hóa doanh nghiệp.

4.1. Chuẩn hoá kỹ năng số trong ngành khoáng sản

Hiện nay, đội ngũ kỹ sư và công nhân ngành than Việt Nam đang đứng trước sự chênh lệch lớn giữa năng lực hiện tại và yêu cầu của kỷ nguyên 4.0:

Thiếu hụt kỹ năng lai (Hybrid Skills): Một kỹ sư khai thác hiện nay không chỉ cần giỏi về địa chất, sơ đồ thiết kế lò mà còn phải am hiểu về phân tích dữ liệu, vận hành các hệ thống tự động hóa và hiểu biết về an ninh mạng cơ bản.

Tư duy quản trị truyền thống: Nhiều cán bộ quản lý cấp trung vẫn duy trì phương thức điều hành dựa trên báo cáo giấy và kinh nghiệm trực quan, dẫn đến sự kháng cự ngầm đối với việc minh bạch hóa dữ liệu qua các hệ thống ERP hay phần mềm quản trị mỏ.

Sự biến mất của các nghề nghiệp cũ: Tự động hóa và AI sẽ thay thế các công việc lặp lại (như đo đạc thủ công, trực trạm quạt, vận hành băng tải thủ công). Nếu không được đào tạo lại, một bộ phận lớn lao động sẽ đối mặt với nguy cơ mất việc làm.

4.2. Mô hình Trung tâm Năng lực Quốc tế (International Competence Centers)

Để giải quyết bài toán nhân lực, bài báo đề xuất áp dụng mô hình Trung tâm Năng lực theo tiêu chuẩn UNESCO mà Litvinenko đã nhấn mạnh. Đối với Việt Nam, mô hình này có thể triển khai như sau:

Vai trò hạt nhân: Xây dựng các trung tâm đào tạo chuyên sâu đặt tại các vùng mỏ (Quảng Ninh) hoặc trong các trường đại học khối kỹ thuật (Đại học Mỏ - Địa chất, Đại học Công nghiệp Quảng Ninh).

Tiêu chuẩn hóa nghề nghiệp: Trung tâm sẽ xây dựng bộ tiêu chuẩn năng lực số cho từng vị trí công việc trong ngành than, từ công nhân vận hành máy khấu đến kỹ sư thiết kế mỏ.

Hệ sinh thái học tập suốt đời: Thay vì đào tạo theo khóa nhỏ, trung tâm cung cấp các chương trình cập nhật công nghệ liên tục, giúp người lao động thích nghi với các phiên bản phần mềm và thiết bị mới nhất.

4.3. Liên minh Chiến lược: Nhà trường - Nhà nước - Doanh nghiệp

Chuyển đổi nhân lực không thể thực hiện đơn lẻ bởi các doanh nghiệp như TKV hay Tổng công ty Đông Bắc. Cần có một "kiềng ba chân" vững chắc:

Doanh nghiệp: Đóng vai trò là "đặt hàng" nhân lực, cung cấp môi trường thực nghiệm và dữ liệu thực tế cho công tác đào tạo.

Nhà trường (Viện nghiên cứu): Chuyển đổi giáo trình từ thuần túy kỹ thuật sang tích hợp công nghệ thông tin. Áp dụng các công nghệ thực tế ảo (VR/AR) để huấn luyện an toàn và vận hành thiết bị trong môi trường giả lập trước khi đưa xuống hầm lò thực tế.

Nhà nước: Ban hành các chính sách công nhận văn bằng, chứng chỉ năng lực số trong ngành khoáng sản và hỗ trợ kinh phí cho các chương trình đào tạo lại lực lượng lao động dôi dư do tự động hóa.

4.4. Xây dựng "Văn hóa số" trong doanh nghiệp mỏ

Chuyển đổi nguồn nhân lực thực chất là chuyển đổi về tư duy (Mindset).

Quản trị dựa trên dữ liệu: Khuyến khích nhân viên ra quyết định dựa trên các con số tức thời từ hệ thống thay vì cảm tính.

Văn hóa đổi mới sáng tạo: Xây dựng cơ chế thưởng cho các sáng kiến áp dụng công nghệ số vào cải tiến kỹ thuật, giúp giảm chi phí hoặc tăng độ an toàn.

Sự cam kết của lãnh đạo: Quá trình chuyển đổi nhân lực phải bắt đầu từ cấp cao nhất. Lãnh đạo các công ty than cần là những người tiên phong trong việc sử dụng các nền tảng số để điều hành, từ đó tạo hiệu ứng lan tỏa xuống các phân xưởng.

4.5. Đào tạo nhân lực cho kinh tế tuần hoàn và môi trường

Trong bối cảnh Việt Nam thực hiện cam kết Net Zero, nguồn nhân lực ngành than còn cần được trang bị kiến thức về:

Kỹ năng quản lý phát thải và thu giữ carbon.

Công nghệ tái chế đất đá thải mỏ bằng các quy trình số hóa để tối ưu hóa việc thu hồi khoáng sản đi kèm.

Phục hồi môi trường sau khai thác dựa trên các mô hình dự báo sinh thái.

Kết luận mục 4: Nguồn nhân lực là "hệ điều hành" của nền kinh tế số. Ngành than Việt Nam chỉ có thể thực hiện bước nhảy vọt về công nghệ nếu xây dựng được một đội ngũ lao động có tư duy số, được hỗ trợ bởi các Trung tâm Năng lực hiện đại và một cơ chế liên kết đào tạo chặt chẽ giữa các bên liên quan.

5. Các giải pháp cần thực hiện của ngành khai thác khoáng sản trong bối cảnh của Việt Nam hiện nay

Để kinh tế số trở thành động lực tăng trưởng thực tế, ngành khai thác khoáng sản Việt Nam, cần thiết triển khai đồng bộ nhóm giải pháp sau:

5.1. Nhóm giải pháp về cơ chế và chính sách

Đây là giải pháp tiên quyết để tạo hành lang pháp lý cho các hoạt động số hóa:

Xây dựng tiêu chuẩn "Mỏ thông minh" (Smart Mine): Bộ Công Thương và Bộ Tài nguyên &

Môi trường cần ban hành bộ tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia về mỏ số, bao gồm các quy định về thu thập dữ liệu tự động, an toàn hệ thống điều khiển và định dạng dữ liệu mỏ một cách thống nhất.

Chính sách ưu đãi tài chính: Chính phủ cần có cơ chế ưu đãi thuế thu nhập doanh nghiệp hoặc hỗ trợ lãi suất vay vốn cho các dự án đầu tư vào hạ tầng số, phần mềm chuyên dụng và thiết bị khai thác tự động hóa.

Minh bạch hóa quản lý tài nguyên: Áp dụng hệ thống giám sát số đối với trữ lượng và sản lượng khai thác thực tế để thay thế cho các phương thức báo cáo thủ công, giúp nhà nước kiểm soát chặt chẽ thuế tài nguyên và phí bảo vệ môi trường.

5.2. Nhóm giải pháp về hạ tầng và công nghệ

Tập trung vào xây dựng nền tảng kết nối:

Đồng bộ hóa hạ tầng viễn thông vùng mỏ: Ưu tiên phủ sóng mạng 5G và hạ tầng cáp quang chuyên dụng trong các lò chợ và trạm điều khiển. Đây là điều kiện cần để triển khai Internet vạn vật (IIoT) và điều khiển thiết bị từ xa.

Xây dựng "Hồ dữ liệu" (Data Lake) ngành khoáng sản: Hình thành trung tâm lưu trữ và xử lý dữ liệu tập trung cho toàn ngành. Việc này cho phép ứng dụng Big Data và AI để phân tích xu hướng biến động địa chất, tối ưu hóa kế hoạch khai thác, sàng tuyển và tiêu thụ than.

Triển khai thí điểm mô hình Mỏ kỹ thuật số: Lựa chọn các đơn vị có tiềm lực mạnh (như Than Hà Lầm, Than Vàng Danh…) để xây dựng mô hình mỏ thông minh mẫu, từ đó đánh giá hiệu quả và nhân rộng ra toàn ngành.

5.3. Nhóm giải pháp về quản trị và kinh tế tuần hoàn

Chuyển đổi số phải gắn liền với mục tiêu hiệu quả kinh tế và bền vững môi trường:

Tích hợp ERP xuyên suốt chuỗi giá trị: Số hóa quy trình từ khâu lập kế hoạch khai thác, quản lý vật tư, vận tải cho đến khâu bán hàng. Dòng thông tin phải được cập nhật thời gian thực để lãnh đạo có thể đưa ra quyết định dựa trên dữ liệu (Data-driven).

Ứng dụng số trong bảo vệ môi trường: Sử dụng cảm biến và ảnh vệ tinh để giám sát hoàn phục môi trường, quản lý các bãi thải đất đá. Đặc biệt, ứng dụng công nghệ số để tối ưu hóa việc tái chế đất đá thải mỏ thành vật liệu xây dựng, phù hợp với định hướng kinh tế tuần hoàn.

Kết nối lưới điện thông minh (Smart Grid): Đối với các mỏ than phục vụ nhiệt điện, cần có sự tích hợp dữ liệu giữa bên sản xuất (mỏ) và bên tiêu thụ (nhà máy điện) để điều tiết sản lượng và chất lượng than phù hợp với nhu cầu phụ tải điện quốc gia.

5.4. Nhóm giải pháp về đào tạo và an ninh thông tin

Bảo vệ tài sản số và nâng tầm con người:

Thiết lập hệ thống phòng thủ không gian mạng: Đầu tư vào các giải pháp bảo mật chuyên dụng cho hệ thống điều khiển công nghiệp (OT security). Xây dựng đội ngũ phản ứng nhanh để ứng phó với các kịch bản tấn công mạng vào hệ thống thông gió hoặc điều khiển trục tải.

Thành lập Trung tâm Năng lực Số: Liên kết giữa các tập đoàn khoáng sản và các trường đại học (như Đại học Mỏ - Địa chất) để đào tạo đội ngũ "kỹ sư số" - những người vừa giỏi chuyên môn khai thác, vừa có khả năng vận hành các hệ thống phần mềm phức tạp.

Thay đổi văn hóa doanh nghiệp: Tổ chức các chương trình đào tạo nhận thức về chuyển đổi số cho mọi cấp bậc nhân viên, từ công nhân trực tiếp sản xuất đến lãnh đạo quản lý, nhằm xóa bỏ sự e ngại đối với công nghệ mới (UNESCO, 2021).

Kết luận

Chuyển đổi số trong ngành than Việt Nam không chỉ đơn thuần là việc trang bị thêm các thiết bị CNTT, mà là một quá trình thay đổi tư duy quản trị, cấu trúc lại quy trình sản xuất và nâng tầm năng lực con người. Việc áp dụng các công nghệ "xuyên suốt" như AI, IIoT và bản sao số, kết hợp với một hạ tầng thông tin an toàn và chiến lược đào tạo nhân lực linh hoạt, sẽ là chìa khóa để ngành than vượt qua các thách thức địa chất và kinh tế, đóng góp bền vững vào sự phát triển của Việt Nam trong những thập kỷ tới.

Tài liệu tham khảo:

Litvinenko, V. S. (2020). Digital economy as a factor in the technological development of the mineral sector. Natural Resources Research, 29(3), 1521-1541.

World Bank. (2022). Digital development overview. https://www.worldbank.org

OECD. (2023). Digital economy outlook 2023. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/bb167041-en

PwC. (2021). Digital skills and workforce transformation report. https://www.pwc.com

UNESCO. (2021). Digital transformation in education and industry. UNESCO Publishing. https://www.unesco.org

Chính phủ Việt Nam. (2020). Quyết định số 749/QĐ-TTg ngày 03/6/2020 phê duyệt Chương trình chuyển đổi số quốc gia đến năm 2025, định hướng đến năm 2030.

Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. Manufacturing Letters, 3, 18-23.

Tao, F., Zhang, H., Liu, A., & Nee, A. Y. C. (2018). Digital twin in industry: State-of-the-art. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 15(4), 2405-2415.