



ĐỔI MỚI MÔ HÌNH QUẢN TRỊ VÀ TỔ CHỨC SẢN XUẤT BẰNG ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO (AI) ĐỐI VỚI CÁC MỎ KHAİ THÁC THAN HẦM LÒ VÙNG QUẢNG NINH

Phạm Đức Thang*, Nguyễn Ngọc Minh

Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh, Phường Mạo Khê, Quảng Ninh, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 30/8/2025

Ngày nhận bài sửa: 05/9/2025

Ngày chấp nhận đăng: 10/9/2025

*Tác giả liên hệ:

Email: phamduythangmct@gmail.com

TÓM TẮT

Trí tuệ nhân tạo (AI) đang phát triển như một công nghệ có khả năng giải quyết những thách thức mang tính hệ thống của các ngành, các lĩnh vực trong đó có ngành khai thác khoáng sản, bao gồm tối ưu hóa vận hành, giảm chi phí sản xuất, tăng cường an toàn lao động và bảo vệ môi trường. Mặc dù tiềm năng đã được khẳng định, mức độ ứng dụng AI trong khai thác than hầm lò vẫn còn hạn chế do rào cản về chi phí đầu tư, thiếu khung chính sách hỗ trợ và tâm lý thận trọng trong đổi mới công nghệ. Để khắc phục, cần sự phối hợp đồng bộ giữa doanh nghiệp, cơ quan quản lý và các cơ sở đào tạo, viện nghiên cứu, qua đó hình thành nguồn nhân lực có năng lực số và thúc đẩy văn hóa đổi mới sáng tạo.

Trong bối cảnh các mỏ than hầm lò tại Quảng Ninh, khu vực chiếm tỷ trọng lớn nhất trong sản lượng than cả nước còn đang chịu sự ảnh hưởng và chi phối của mô hình quản trị truyền thống, quy trình vận hành thủ công và hạn chế về tự động hóa, nghiên cứu này tập trung phân tích thực trạng quản trị và tổ chức sản xuất. Trên cơ sở đó, tác giả đề xuất mô hình ứng dụng AI nhằm đổi mới phương thức quản trị và tổ chức khai thác than hầm lò, hướng tới tăng năng suất, đảm bảo an toàn lao động và phát triển bền vững. Từ đó làm cơ sở nghiên cứu xây dựng lộ trình triển khai AI phù hợp với điều kiện thực tế của các doanh nghiệp khai thác than hầm lò tại vùng Quảng Ninh.

Từ khóa: Trí tuệ nhân tạo; quản trị khai thác mỏ; than hầm lò; Quảng Ninh; tổ chức sản xuất; phát triển bền vững.

@ Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trí tuệ nhân tạo (AI) đang phát triển như một công nghệ cốt lõi trong tiến trình chuyển đổi số toàn cầu, mang lại những thay đổi căn bản trong nhiều ngành công nghiệp, trong đó có khai thác than. Các ứng dụng của AI trong tự động hóa, bảo trì dự đoán, tối ưu hóa quy trình sản xuất, đảm bảo an toàn lao động và quản lý môi trường đã chứng minh được hiệu quả rõ rệt ở một số tập đoàn khai khoáng lớn trên thế giới. Trong bối cảnh toàn cầu, nhiều tập đoàn và mỏ than lớn đã tiên phong triển khai các ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) nhằm đổi mới quản trị và nâng cao hiệu quả sản xuất [1], [2].

Tập đoàn Rio Tinto (tập đoàn khai khoáng đa quốc gia lớn thứ hai thế giới) đã xây dựng hệ thống vận hành tự động tích hợp AI như một phần quan trọng trong chiến lược “khai thác thông minh” [3], [4]. Tương tự, tại mỏ Escondida (Chile), Broken Hill Proprietary Company Limited (BHP) tại Úc ứng dụng thuật toán học máy để tối ưu hóa quy trình tuyển khoáng, góp phần gia tăng tỷ lệ thu hồi khoáng sản và nâng cao hiệu quả sản xuất [5]. Ở Trung Quốc, xu hướng này được thể hiện rõ tại các mỏ than hầm lò quy mô lớn. Chẳng hạn, Mataihao Coal Mine (Nội Mông) đã triển khai hệ thống giám sát vận tải thông minh sử dụng công nghệ nhận dạng AI, qua đó tiết kiệm khoảng 2 triệu kWh điện

và giảm chi phí vận hành gần 4 triệu nhân dân tệ mỗi năm [6]. Tại tỉnh Sơn Tây – Trung Quốc, trung tâm khai thác than trọng điểm với nhiều mỏ thuộc XiShan Group và Shanxi Coal Group như Hongliulin và Xiaobaodang đã phát triển mô hình “mỏ thông minh” dựa trên công nghệ 5G kết hợp điều khiển từ xa cho máy xúc và băng tải, giúp giảm từ 18–42% nhu cầu nhân lực trực tiếp trong hầm lò. Các mỏ Malan và Tunlan ứng dụng trung tâm điều khiển tích hợp AI và robot giám sát băng tải, nhờ đó nâng cao năng suất khoảng 40% so với trước. Đặc biệt, Tashan Coal Mine (Datong, Sơn Tây) đã triển khai hơn 30 hạng mục khai thác thông minh, bao gồm robot kiểm tra bằng chuyên, trạm biến áp và hệ thống cứu hộ tự động, góp phần tối ưu hóa quy trình sản xuất, nâng cao mức độ an toàn và giảm chi phí [5]. Ở Hoa Kỳ, các công ty khai khoáng đã triển khai nền tảng phân tích dữ liệu lớn tích hợp AI nhằm dự báo sự cố thiết bị, giảm chi phí bảo trì và nâng cao hiệu quả vận hành. Ấn Độ cũng đang thúc đẩy chương trình số hóa ngành than, trong đó AI được ứng dụng để giám sát môi trường, quản lý đội xe vận tải than và dự báo nhu cầu thị trường. Những ví dụ này cho thấy việc ứng dụng AI trong khai thác than không chỉ là xu thế tất yếu toàn cầu mà còn đóng vai trò quan trọng trong nâng cao năng suất, đảm bảo an toàn và hướng đến phát triển bền vững.

Tuy nhiên, quá trình áp dụng AI trong khai khoáng sản đặc biệt là khai thác than hầm lò trên phạm vi rộng vẫn còn nhiều rào cản. Bên cạnh chi phí đầu tư lớn, các yếu tố đặc thù về địa chất, cơ sở hạ tầng và mô hình quản trị truyền thống khiến tiến độ triển khai còn chậm so với các lĩnh vực công nghiệp khác. Đồng thời, các doanh nghiệp khai thác mỏ cũng phải đối mặt với áp lực ngày càng gia tăng từ các yêu cầu về an toàn lao động, bảo vệ môi trường, biến động giá và nhu cầu cung ứng tài nguyên cho phát triển kinh tế. Trong bối cảnh đó, các giải pháp dựa trên AI, đặc biệt là phân tích dữ liệu thời gian thực và mô hình dự báo, được coi là công cụ hữu hiệu để nâng cao hiệu quả vận hành, dự đoán sự cố, kiểm soát rủi ro và đáp ứng mục tiêu phát triển bền vững.

Đối với Việt Nam, khai thác than hầm lò giữ vai trò chủ lực trong ngành công nghiệp than, tập trung chủ yếu tại Quảng Ninh, địa bàn chiếm tỷ trọng lớn trong sản lượng than toàn quốc. Tuy nhiên, thực tiễn cho thấy các doanh nghiệp than hầm lò hiện vẫn dựa nhiều vào quy trình quản trị thủ công và mô hình tổ chức sản xuất truyền thống, dẫn đến hiệu quả khai thác chưa cao, chi phí lớn và nguy cơ mất an toàn lao động [7]. Trước yêu cầu đổi mới quản trị trong thời kỳ Cách mạng công nghiệp lần thứ tư, việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo vào quản lý

và tổ chức sản xuất trong các mỏ than hầm lò ở Quảng Ninh trở thành một hướng đi tất yếu. Đây không chỉ là giải pháp nâng cao năng suất và an toàn, mà còn là cơ sở để xây dựng mô hình quản trị hiện đại, hướng tới mục tiêu phát triển bền vững cho ngành khai thác than Việt Nam.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Cơ sở lý thuyết

Trí tuệ nhân tạo (AI) được hiểu là tập hợp các công nghệ cho phép máy móc có khả năng học tập, suy luận và đưa ra quyết định tương tự con người. Các thành phần cốt lõi của AI bao gồm học máy (machine learning), học sâu (deep learning), xử lý ngôn ngữ tự nhiên (natural language processing) và thị giác máy tính (computer vision). Sự phát triển mạnh mẽ của các công nghệ này đang tạo điều kiện cho ngành công nghiệp khai khoáng, đặc biệt là khai thác hầm lò, ứng dụng các giải pháp quản trị và vận hành thông minh.

Trong lĩnh vực khai thác than hầm lò, AI có thể được triển khai theo nhiều hướng. Thứ nhất, các hệ thống giám sát thông minh sử dụng cảm biến IoT kết hợp với AI cho phép theo dõi liên tục các yếu tố môi trường như khí metan, nhiệt độ, độ ẩm, áp suất gió và độ ổn định của kết cấu chống giữ, từ đó dự báo nguy cơ sự cố như sập lò hoặc nổ khí. Thứ hai, AI hỗ trợ lập kế hoạch và điều hành sản xuất thông qua việc phân tích dữ liệu lớn (big data) về trữ lượng, thiết bị và nhân lực, giúp tối ưu hóa sử dụng tài nguyên. Thứ ba, các mô hình học máy được ứng dụng trong quản lý thiết bị, bảo trì dự đoán (predictive maintenance), giúp giảm thiểu thời gian dừng máy và nâng cao tuổi thọ thiết bị. Cuối cùng, AI còn đóng vai trò trong quản lý nhân lực, phân bổ ca kíp và tối ưu hóa hiệu quả lao động [2], [8], [9].

Nhiều nghiên cứu và thực tiễn quốc tế đã chứng minh hiệu quả của AI trong khai thác mỏ. Các công ty khởi nghiệp như KoBold Metals và Earth AI đã ứng dụng thuật toán học sâu trong thăm dò khoáng sản, giúp rút ngắn thời gian và tăng độ chính xác trong phát hiện quặng. MaxMine triển khai phân tích dữ liệu vận hành bằng AI, qua đó nâng cao năng suất khai thác và giảm chi phí vận hành. Các tập đoàn khai khoáng lớn cũng đi đầu trong ứng dụng công nghệ này: Rio Tinto triển khai hệ thống vận hành tự động tích hợp AI trong chiến lược khai thác thông minh; BHP sử dụng học máy để tối ưu hóa quy trình tuyển khoáng, nâng cao tỷ lệ thu hồi. Tại Trung Quốc, một số mỏ quy mô lớn như Mataihao (Nội Mông), Hongliulin và Xiaobaodang (Sơn Tây) đã áp dụng hệ thống giám sát thông minh dựa trên AI để kiểm soát an toàn



hầm lò và tối ưu hóa thông gió, qua đó cải thiện điều kiện lao động và tăng hiệu quả sản xuất.

Tổng hợp từ lý luận và thực tiễn có thể thấy, việc ứng dụng AI trong khai thác hầm lò vừa là xu thế tất yếu vừa là yêu cầu cấp thiết nhằm hiện đại hóa quản trị và tổ chức sản xuất. Tuy nhiên, ở Việt Nam, đặc biệt tại các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh quá trình chuyển đổi này vẫn còn hạn chế,

chủ yếu do mô hình quản trị truyền thống và sự thiếu hụt về hạ tầng dữ liệu, công nghệ cũng như nguồn nhân lực có kỹ năng số. Do đó, việc phân tích cơ sở lý luận và kinh nghiệm quốc tế không chỉ cung cấp nền tảng khoa học cho nghiên cứu mà còn định hướng cho việc xây dựng lộ trình đổi mới mô hình quản trị bằng AI trong các công ty than hầm lò Việt Nam.

Bảng 1. Ứng dụng AI trong khai thác hầm lò – Kinh nghiệm quốc tế

TT	Tổ chức	Công nghệ AI áp dụng	Mục tiêu/Hiệu quả đạt được
1	KoBold Metals (Mỹ)	Học sâu + phân tích dữ liệu địa chất	Rút ngắn thời gian thăm dò, nâng cao độ chính xác phát hiện quặng
2	Earth AI (Úc)	Machine learning + GIS	Tối ưu hóa thăm dò khoáng sản, giảm chi phí khảo sát
3	MaxMine (Úc)	Phân tích dữ liệu vận hành bằng AI	Tăng năng suất khai thác, giảm chi phí vận hành
4	Rio Tinto (Úc/Toàn cầu)	Hệ thống vận hành tự động tích hợp AI	Tự động hóa khai thác, tăng an toàn và hiệu quả sản xuất
5	BHP (Úc)	Machine learning trong tuyển khoáng	Nâng cao tỷ lệ thu hồi quặng, tối ưu hóa quy trình tuyển
6	Mataihao (Nội Mong, TQ)	Giám sát thông minh + AI điều khiển thông gió	Giảm rủi ro khí mỏ, tối ưu hóa thông gió trong hầm lò
7	Hongliulin (Sơn Tây, TQ)	AI giám sát an toàn mỏ hầm lò	Dự báo sập lò, giảm thiểu tai nạn lao động
8	Xiaobaodang (Sơn Tây, TQ)	AI + IoT giám sát thiết bị và môi trường mỏ	Nâng cao an toàn, kéo dài tuổi thọ thiết bị khai thác

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu: Phân tích cơ sở lý luận và kinh nghiệm quốc tế nhằm cung cấp nền tảng khoa học cho nghiên cứu và định hướng cho việc xây dựng lộ trình đổi mới mô hình quản trị bằng AI trong các công ty than hầm lò vùng Quảng Ninh, nhằm tăng hiệu suất khai thác, giảm tổn thất tài nguyên, nâng cao mức độ an toàn và đặt nền móng cho quá trình chuyển đổi số và phát triển mỏ thông minh (smart mining) phù hợp với xu thế toàn cầu và điều kiện đặc thù của Việt Nam

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thực trạng mô hình quản trị trong các công ty khai thác than hầm lò vùng Quảng Ninh

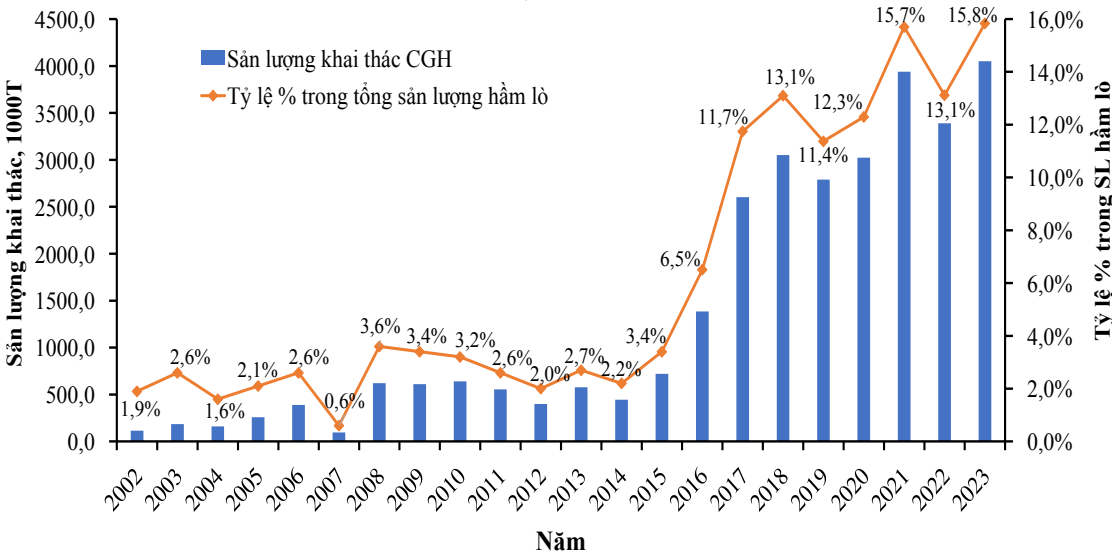
Cơ giới hóa (CGH) trong khai thác than hầm lò hiện nay được coi là xu thế tất yếu của ngành khai khoáng hiện đại. Việc ứng dụng CGH không chỉ giúp nâng cao năng suất lao động mà còn góp phần quan trọng trong việc giảm thiểu rủi ro tai nạn nghề nghiệp, cải thiện điều kiện làm việc của thợ mỏ và nâng cao mức độ an toàn trong sản xuất. Bên cạnh đó, sự hiện diện của các thiết bị cơ giới hóa đồng bộ còn thúc đẩy tiến trình hiện đại hóa ngành than, tối ưu hóa quá trình khai thác tài

nguyên, giảm chi phí sản xuất và đáp ứng tốt hơn những yêu cầu ngày càng khắt khe về bảo vệ môi trường và phát triển bền vững.

Trong bối cảnh đó, Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam (TKV) đã có những bước đi mạnh mẽ nhằm triển khai áp dụng CGH tại các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh – trung tâm khai thác than lớn nhất cả nước. Tính đến năm 2024, TKV đã vận hành 12 dây chuyền khai thác than bằng công nghệ cơ giới hóa tại nhiều mỏ trọng điểm. Cụ thể: 04 dây chuyền CGH lò chợ cột dài theo phương khẩu than bằng máy khẩu được áp dụng trong điều kiện vỉa than dày trung bình, dốc thoải đến nghiêng ($\leq 35^\circ$), tiêu biểu tại các mỏ Khe Tam (Dương Huy), Khe Chàm III, Khe Chàm II-IV (Hạ Long) và Trảng Bạch (Uông Bí); 05 dây chuyền CGH lò chợ thu hồi than nóc được triển khai tại các mỏ có vỉa than dày, góc dốc thoải đến nghiêng như Vàng Danh, Hà Lâm, Khe Chàm III và Mông Dương; 01 dây chuyền CGH lò chợ chia cột dài theo hướng dốc vỉa bằng máy bào và giàn chống 2ANSHA được áp dụng cho điều kiện vỉa than trung bình, dốc đứng ($\geq 45^\circ$) tại mỏ Trảng Khê (Uông Bí).

Việc áp dụng các dây chuyền CGH đã tạo ra những chuyển biến rõ rệt trong cơ cấu tổ chức sản xuất, cách thức quản trị vận hành và yêu cầu quản lý an toàn – kỹ thuật tại các mỏ. Tuy nhiên, trong quá trình thực hiện, vẫn tồn tại những thách thức đáng kể như: sự phụ thuộc vào tay nghề thợ vận hành, yêu cầu bảo trì, sửa chữa phức tạp, tính tương thích của thiết bị với điều kiện địa chất – kỹ

thuật mỏ, cũng như những hạn chế trong công tác quản trị dữ liệu và tối ưu hóa quá trình sản xuất. Đây chính là những điểm mấu chốt cho thấy sự cần thiết phải đổi mới mô hình quản trị theo hướng tích hợp công nghệ số và trí tuệ nhân tạo (AI) nhằm khai thác tối đa tiềm năng của cơ giới hóa, đồng thời giải quyết các vấn đề còn tồn tại trong vận hành thực tiễn.



Hình 1. Sản lượng khai thác bằng công nghệ khấu than cơ giới hóa tại các mỏ hầm lò ở Quảng Ninh

Bảng 2. Thực trạng mô hình quản trị trong các công ty khai thác than hầm lò Quảng Ninh giai đoạn 2015–2024

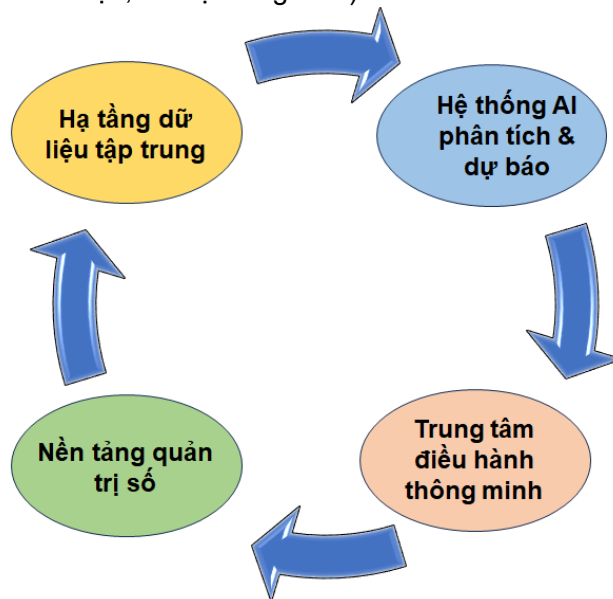
TT	Nội dung quản trị	Giai đoạn 2015–2019	Giai đoạn 2020–2024	Xu hướng
1	Tổ chức sản xuất và mô hình vận hành	Chủ yếu khai thác thủ công – bán cơ giới; sản lượng cơ giới hóa chỉ ~8–10% tổng sản lượng hầm lò	Đã triển khai 12 dây chuyền CGH tại 7 mỏ; sản lượng CGH chiếm > 15% tổng sản lượng khai thác	Mức tăng trưởng khá, nhưng tổ chức sản xuất chưa đồng bộ, hiệu suất sử dụng thiết bị ~65–70%
2	Quản trị nhân lực và đào tạo	Đào tạo công nhân chủ yếu cho lò chợ thủ công; tỷ lệ công nhân biết vận hành thiết bị hiện đại <15%	Mỗi mỏ có 50–100 công nhân được đào tạo CGH; nhưng ~30% thợ lò chưa làm chủ hoàn toàn thiết bị	Chuyển biến tích cực, nhưng thiếu chiến lược đào tạo dài hạn, phụ thuộc chuyên gia nước ngoài
3	Quản trị công nghệ và dữ liệu sản xuất	Thiết bị rời rạc, ít hệ thống đồng bộ; quản lý dữ liệu chủ yếu bằng báo cáo giấy	Đưa vào sử dụng giàn chống thủy lực, combai, băng tải liên tục; bước đầu áp dụng giám sát từ xa, IoT	Công nghệ nâng cấp, nhưng dữ liệu còn phân tán, chưa hình thành Big data; hệ số đồng bộ công nghệ 0,6–0,7
4	Quản trị an toàn – môi trường	Tai nạn nghiêm trọng trung bình 20–25 vụ/năm; điều kiện lao động nặng nhọc, nhiều thủ công	Tai nạn giảm ~15–20%; áp dụng đo và kiểm soát khí metan bằng sensor, camera, nhưng quản trị an toàn còn thiên về xử lý sự cố	Đã cải thiện, nhưng quản trị rủi ro và môi trường chưa tích hợp số hóa, nguy cơ tiềm ẩn vẫn lớn

3.2. Đề xuất mô hình ứng dụng “AI” trong quản trị tại các mỏ than hầm lò ở Quảng Ninh và khả năng ứng dụng

Trong bối cảnh ngành khai thác than hầm lò Quảng Ninh đang từng bước chuyển đổi từ sản xuất thủ công – bán cơ giới sang cơ giới hóa đồng bộ, nhu cầu về một mô hình quản trị hiện đại, thông minh là hết sức cấp thiết. Những hạn chế còn tồn tại trong tổ chức sản xuất, quản trị nhân lực, quản trị công nghệ và dữ liệu sản xuất, cũng như quản trị an toàn – môi trường cho thấy tiềm năng to lớn của việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI). AI có thể được triển khai trong nhiều khâu: (i) tối ưu hóa tổ chức và vận hành sản xuất, thông qua mô hình hóa dòng than, dự báo sản lượng theo thời gian thực và tối ưu lịch vận hành thiết bị; (ii) quản trị nhân lực và đào tạo, với hệ thống

trợ lý ảo hướng dẫn công nhân vận hành thiết bị, mô phỏng thực tế ảo (VR/AR) trong huấn luyện an toàn và kỹ năng; (iii) quản trị công nghệ và dữ liệu sản xuất, bằng cách xây dựng hệ thống dữ liệu lớn (big data) tích hợp từ cảm biến, giám sát từ xa và hệ thống ERP, cho phép phân tích dự báo hư hỏng thiết bị (predictive maintenance) và tối ưu hóa chi phí khai thác; (iv) quản trị an toàn – môi trường, khi AI có thể hỗ trợ giám sát khí mê-tan, nhiệt độ, bụi mỏ, dự báo nguy cơ sự cố, đồng thời đề xuất biện pháp ứng phó kịp thời nhằm giảm thiểu tai nạn và tác động môi trường.

Trên cơ sở đó, một mô hình quản trị tích hợp AI cho các công ty than hầm lò Quảng Ninh được đề xuất, với cấu trúc gồm bốn thành phần chính (Hình 2).



Hình 2. Mô hình quản trị tích hợp AI cho các mỏ than hầm lò Quảng Ninh

(1). Hạ tầng dữ liệu tập trung (Data Lake – Big Data Platform): thu thập và chuẩn hóa dữ liệu từ thiết bị khai thác, hệ thống giám sát khí mỏ, quản lý nhân lực và báo cáo vận hành.

(2). Hệ thống AI phân tích và dự báo: áp dụng các thuật toán học máy (machine learning) và học sâu (deep learning) để tối ưu hóa sản xuất, dự báo sự cố thiết bị, phân tích xu hướng an toàn – môi trường.

(3). Nền tảng quản trị số (Digital Management Platform): tích hợp ERP, MES và SCADA, cung cấp công cụ hỗ trợ ra quyết định dựa trên dữ liệu, thay thế dần cách quản trị theo kinh nghiệm thủ công.

(4). Trung tâm điều hành thông minh (Smart Mining Operation Center): đóng vai trò trung tâm kết nối, trực quan hóa dữ liệu theo thời gian thực, hỗ trợ lãnh đạo và cán bộ quản lý trong việc điều hành, ra quyết định chiến lược và kiểm soát rủi ro.

Mô hình này không chỉ giúp các công ty than hầm lò Quảng Ninh tăng hiệu suất khai thác, giảm tổn thất tài nguyên, nâng cao mức độ an toàn, mà còn đặt nền móng cho quá trình chuyển đổi số và phát triển mỏ thông minh (smart mining) phù hợp với xu thế toàn cầu và điều kiện đặc thù của Việt Nam.

4. KẾT LUẬN

Khai thác than hầm lò tại Quảng Ninh đang đối mặt với nhiều thách thức về năng suất, an toàn, chi phí và môi trường, đòi hỏi đổi mới mô hình quản trị và tổ chức sản xuất. Cơ giới hóa đã đem lại những cải thiện đáng kể, nhưng vẫn tồn tại hạn chế trong quản trị nhân lực, dữ liệu, công nghệ và an toàn. Trí tuệ nhân tạo (AI) mở ra cơ hội tạo bước chuyển đổi khi có khả năng giám sát môi trường, quản lý thiết bị, tối ưu hóa quy trình và hỗ trợ ra quyết định kịp thời. Kinh nghiệm quốc tế cho thấy AI có thể trở thành nền tảng quản trị thông minh, tăng hiệu quả sản xuất và giảm thiểu rủi ro.

Đối với Quảng Ninh, việc tích hợp AI trong bốn trụ cột gồm: tổ chức vận hành, nhân lực, công nghệ - dữ liệu và an toàn - môi trường sẽ giúp hình thành mô hình quản trị hiện đại, hướng tới khai thác bền vững. Mô hình này góp phần nâng cao năng suất, giảm tổn thất tài nguyên, cải thiện điều kiện lao động và đáp ứng yêu cầu phát triển xanh. Để hiện thực hóa, cần đồng bộ giữa doanh nghiệp, cơ quan

quản lý và cơ sở nghiên cứu trong đầu tư hạ tầng số, đào tạo nhân lực và hoàn thiện chính sách. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc triển khai AI trong ngành than hầm lò Việt Nam, đồng thời định hướng cho tiến trình chuyển đổi số và phát triển bền vững trong khai khoáng □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Arun Kumar Sahoo and Debi Prasad Tripathy, "Applications of AI and machine learning in mining: digitization and future directions," *Safety in Extreme Environments*, Vol 7, 2025, DOI: <https://doi.org/10.1007/s42797-025-00118-1>
- [2] Luis Rojas, Alvaro Peña Fritz and José García, "AI-Driven Predictive Maintenance in Mining: A Systematic Literature Review on Fault Detection, Digital Twins, and Intelligent Asset Management," *Applied Sciences*, 15(6), 3337, 225, DOI: <https://doi.org/10.3390/app15063337>
- [3] Li Dong, Ren Mingyue and Meng Guoying, "Application of IoT Technology on Predictive Maintenance System of Coal Equipment," *Procedia Engineering (13th Global Congress on Manufacturing and Management)*, 174:885-889, 2017, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.237>.
- [4] Mining digital, *Rio Tinto: Innovation is the key to transformation*. <https://miningdigital.com/automation-and-ai/rio-tinto-innovation-key-transformation>, 2021.
- [5] BHP, *BHP and Microsoft use AI to lift Escondida copper recovery*. <https://www.bhp.com/news/media-centre/releases/2023/05/bhp-and-microsoft-use-ai-to-lift-escondida-copper-recovery>, 2023
- [6] XINHUAN, *AI transforms coal mining in north China*. <https://english.news.cn/20240405/b918f39969864814bd96cb53b63b844f/c.html>, 2024.
- [7] Tạp chí Công Thương. *Ngành than áp dụng nhiều giải pháp khoa học công nghệ trong sản xuất*. <https://tapchicongthuong.vn/magazine/nganh-than-ap-dung-nhieu-giai-phap-khoa-hoc-cong-nghe-trong-san-xuat-133053.htm>
- [8] Byung Wan Jo, Rana M. Asad Khan and Omer Javaid, Arduino-based intelligent gases monitoring and information sharing Internet-of-Things system for underground coal mines. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*. Volume 11, Issue 2, 183 – 194, 2019, DOI: <https://doi.org/10.3233/AIS-190518>
- [9] CHINADAILY, *Smart tech set to help beef up coal output*. <https://epaper.chinadaily.com.cn/a/202410/19/WS6712e271a3105c25b38ed146.html>, 2024
- [10]. Klover.AI, *Rio Tinto's AI Strategy: Analysis of Dominance in Mining AI*. <https://www.klover.ai/rio-tinto-ai-strategy-analysis-of-dominance-in-mining-ai/>, 2025

INNOVATION IN MANAGEMENT AND PRODUCTION ORGANIZATION THROUGH ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) APPLICATION IN UNDERGROUND COAL MINES IN QUANG NINH REGION

Duc Thang Pham*, Ngoc Minh Nguyen

Quang Ninh University of Industry, Mao Khe W., Quang Ninh, Vietnam

ARTICLE INFOR

TYPE: Research Article

Received: 30/8/2025

Revised: 05/9/2025

Accepted: 10/9/2025

* Corresponding author:

Email: phamducthangmct@gmail.com

**ABSTRACT**

Artificial Intelligence (AI) is emerging as a key technology to address systemic challenges in the mining industry, ranging from operational optimization and cost reduction to enhancing worker safety and environmental protection. Despite its proven potential, the large-scale adoption of AI in underground coal mining remains limited due to high investment costs, lack of supportive policy frameworks, and the industry's cautious approach to technological transformation. Overcoming these barriers requires close collaboration between enterprises, regulatory bodies, and academic institutions, alongside the development of a digitally skilled workforce and the promotion of a responsible innovation culture.

In the context of underground coal mines in Quang Ninh – the largest coal-producing region in Vietnam – management models remain dominated by traditional approaches, manual operations, and limited automation. This study analyzes the current status of management and production organization in the region's coal mining enterprises. Based on the findings, the paper proposes an AI-based management and production model aimed at improving productivity, ensuring occupational safety, and advancing sustainable development. Furthermore, a practical roadmap for AI implementation in underground coal mines of Quang Ninh is introduced, tailored to the specific conditions of local enterprises.

Keywords: Artificial Intelligence; mining management; underground coal mining; Quang Ninh; production organization; sustainable development.

@ Vietnam Mining Science and Technology Association