VẬT LIỆU & XÂY DỰNG
Tạp chí Vật liệu và Xây dựng
ISSN 1859 - 381X
Website: www. jomc.vn

Quản trị nhân sự quản lý dự án trong ngành xây dựng: thách thức và cơ hội của cách mạng công nghiệp 4.0

Nguyễn Văn Tâm[1], Nguyễn Quốc Toản[1*], Vũ Văn Phong[2], Trần Đức Giang[3]

[1] Khoa Kinh tế và QLXD, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

[2] Công ty liên doanh Sunjin Việt Nam

[3] Cao học quản lý dự án DAHN2306, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

TỪ KHOÁ

Quản trị nhân sự
Quản lý dự án
Công nghiệp 4.0
BIM
AI
IoT
Thách thức
Cơ hội

TÓM TẮT

Cách mạng Công nghiệp 4.0 đang tạo ra những thay đổi mạnh mẽ trong ngành xây dựng, đặc biệt là trong quản trị nhân sự quản lý dự án. Sự xuất hiện của các công nghệ như BIM, AI, IoT và Big Data không chỉ tối ưu hóa quy trình làm việc mà còn đặt ra yêu cầu mới đối với đội ngũ nhân sự. Nghiên cứu này tổng hợp các tài liệu hiện có, phân tích những thách thức và cơ hội trong quản trị nhân sự dưới tác động của công nghệ 4.0, đồng thời đề xuất mô hình quản trị nhân sự với ba trụ cột chính: ứng dụng công nghệ, phát triển năng lực nhân sự và tối ưu hóa quy trình quản lý dự án. Kết quả nghiên cứu không chỉ làm rõ khoảng trống nghiên cứu mà còn gợi mở các hướng phát triển mới nhằm nâng cao hiệu quả quản lý nhân sự trong ngành xây dựng hiện đại.

KEYWORDS

Human resource management
Project management
Industry 4.0
BIM
AI
IoT
Challenges
Opportunities

ABSTRACT

The Industrial Revolution 4.0 is creating dramatic changes in the construction industry, especially in project management human resource management. The emergence of technologies such as BIM, AI, IoT and Big Data not only optimizes the workflow but also poses new requirements for the human resource team. This study synthesizes existing documents, analyzes the challenges and opportunities in human resource management under the impact of Industry 4.0 technology, and proposes a human resource management model with three main pillars: technology application, human resource capacity development and project management process optimization. The research results not only clarify the research gap but also suggest new development directions to improve the effectiveness of human resource management in the modern construction industry.

1. Giới thiệu

Sự phát triển của Cách mạng Công nghiệp 4.0 đang làm thay đổi sâu sắc cách thức vận hành của ngành xây dựng, đặc biệt trong lĩnh vực quản trị nhân sự quản lý dự án (QLDA) [1]. Việc ứng dụng các công nghệ như trí tuệ nhân tạo (AI), dữ liệu lớn (Big Data), Mô hình thông tin công trình (BIM) và Internet vạn vật (IoT) đã giúp tối ưu hóa quy trình làm việc, giảm chi phí [2-4] và nâng cao hiệu suất [5, 6] . Tuy nhiên, để tận dụng triệt để những lợi ích này, đội ngũ nhân sự cần phải thích ứng với các công cụ công nghệ mới và cải thiện năng lực số.

Quản trị nhân sự đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo dự án được thực hiện đúng tiến độ, đáp ứng yêu cầu kỹ thuật và tối ưu hóa nguồn lực. Tuy nhiên, ngành xây dựng vẫn đang đối mặt với nhiều thách thức như thiếu hụt kỹ năng số, chậm chuyển đổi số trong đào tạo và khó khăn trong tích hợp công nghệ vào quy trình QLDA. Những rào cản này đặt ra yêu cầu cấp thiết về việc đổi mới mô hình quản trị nhân sự để đáp ứng nhu cầu phát triển trong kỷ nguyên số.

Bài báo này nhằm tổng quan các nghiên cứu hiện có về quản trị nhân sự trong QLDA xây dựng, xác định các thách thức và cơ hội của Công nghiệp 4.0, đồng thời đề xuất mô hình quản trị nhân sự phù hợp với bối cảnh công nghệ số. Nghiên cứu cũng chỉ ra những khoảng trống nghiên cứu còn tồn tại, từ đó đưa ra định hướng phát triển nhằm nâng cao hiệu quả quản lý nhân sự trong tương lai.

2. Cơ sở lý thuyết về quản trị nhân sự trong quản lý dự án

Quản trị nhân sự trong QLDA (Project Human Resource Management) là một quá trình quan trọng nhằm đảm bảo sự phân bổ, sử dụng và phát triển hiệu quả nguồn nhân lực trong suốt vòng đời của dự án. Theo lý thuyết quản trị nhân sự hiện đại, quản trị nhân sự bao gồm các hoạt động chính như tuyển dụng, đào tạo, đánh giá, và phát triển năng lực nhằm đáp ứng các mục tiêu của dự án về tiến độ, chất lượng và chi phí [26]. Trong ngành xây dựng, quản trị nhân sự không chỉ đảm bảo số lượng nhân lực mà còn tập trung vào việc nâng cao chất lượng và kỹ năng của đội ngũ, đặc biệt là khả năng thích ứng với các yêu cầu kỹ thuật và công nghệ mới [28]. Các nguyên tắc cơ bản của quản trị nhân sự hiện đại bao gồm:

*Liên hệ tác giả: toannq@huce.ed.vn
Nhận ngày 11/03/2025, sửa xong ngày 15/02/2025, chấp nhận đăng ngày 17/03/2025
Link DOI: https://doi.org/10.54772/jomc.02.2025.847

- Phân bổ nhân sự phù hợp: Đảm bảo nhân sự được bố trí đúng vị trí dựa trên năng lực và kinh nghiệm.
- Đào tạo và phát triển: Liên tục nâng cao kỹ năng và kiến thức cho nhân viên để đáp ứng yêu cầu công việc.
- Đánh giá hiệu suất: Theo dõi và đánh giá hiệu quả làm việc của nhân viên để đưa ra các quyết định khen thưởng, điều chỉnh hoặc đào tạo bổ sung.
- Duy trì động lực và sự gắn kết: Tạo môi trường làm việc tích cực, khuyến khích sự sáng tạo và hợp tác trong đội ngũ.

Cách mạng Công nghiệp 4.0 đã tạo ra sự thay đổi sâu sắc trong cách thức quản trị nhân sự, đặc biệt là trong ngành xây dựng, nơi mà các công nghệ mới như trí tuệ nhân tạo (AI), Internet vạn vật (IoT), và Mô hình thông tin công trình (BIM) đang dần trở thành yếu tố không thể thiếu. Trước đây, quản trị nhân sự chủ yếu tập trung vào việc quản lý con người thông qua các quy trình thủ công và dựa trên kinh nghiệm. Tuy nhiên, trong bối cảnh công nghiệp 4.0, quản trị nhân sự đòi hỏi sự tích hợp giữa công nghệ và con người, nơi mà các công cụ kỹ thuật số giúp tối ưu hóa quy trình quản lý, đồng thời đặt ra yêu cầu mới về kỹ năng và năng lực của đội ngũ nhân sự [1, 2]. Ứng dụng các công nghệ của Công nghiệp 4.0 vào quản lý nhân sự không chỉ giúp tối ưu hóa quy trình quản lý mà còn đặt ra yêu cầu mới về kỹ năng và năng lực của đội ngũ nhân sự. Để tận dụng tối đa lợi ích từ các công nghệ này, các doanh nghiệp cần đầu tư vào việc nâng cao kỹ năng số cho nhân viên, đồng thời tích hợp công nghệ vào quy trình quản lý nhân sự một cách hiệu quả.

Một trong những thay đổi lớn nhất là sự chuyển dịch từ quản lý nhân sự truyền thống sang quản lý nhân sự dựa trên dữ liệu. Các công nghệ như Big Data và AI cho phép các nhà QLDA thu thập, phân tích và dự báo nhu cầu nhân lực một cách chính xác hơn. Ví dụ, thông qua phân tích dữ liệu từ các dự án trước đó, AI có thể dự đoán được các rủi ro về thiếu hụt nhân lực hoặc nhu cầu đào tạo bổ sung, từ đó giúp nhà quản lý đưa ra các quyết định kịp thời và hiệu quả [8, 13]. Bên cạnh đó, IoT cũng đóng vai trò quan trọng trong việc giám sát hiệu suất làm việc của nhân viên thông qua các cảm biến và thiết bị thông minh, giúp QLDA phát hiện sớm các vấn đề và điều chỉnh nhân sự phù hợp [2, 4]. Tuy nhiên, việc áp dụng các công nghệ này cũng đặt ra thách thức lớn về việc nâng cao kỹ năng số cho đội ngũ nhân sự, đòi hỏi các doanh nghiệp phải đầu tư vào các chương trình đào tạo liên tục và cập nhật [14, 17].

Trong bối cảnh Công nghiệp 4.0, các công nghệ tiên tiến như BIM, AI, IoT, và Big Data đã được ứng dụng rộng rãi trong quản lý nhân sự, mang lại nhiều lợi ích đáng kể. BIM không chỉ là công cụ hỗ trợ thiết kế và thi công mà còn trở thành nền tảng quan trọng trong quản lý nhân sự. Thông qua BIM, các nhà quản lý có thể theo dõi tiến độ công việc, phân bổ nguồn lực, và đảm bảo sự phối hợp giữa các bộ phận một cách hiệu quả. Ví dụ, BIM cho phép quản lý thời gian và nguồn lực của từng nhân viên trên công trường, giúp tối ưu hóa việc sử dụng nhân lực và giảm thiểu tình trạng thiếu hụt hoặc dư thừa nhân sự [28, 32].

Bên cạnh đó, AI đang dần trở thành công cụ không thể thiếu trong quản lý nhân sự. AI có khả năng phân tích dữ liệu lớn từ các dự án trước đó để dự báo nhu cầu nhân lực, đánh giá hiệu suất làm việc của nhân viên, và thậm chí đề xuất các giải pháp điều chỉnh nhân sự phù hợp. Ví dụ, AI có thể dự đoán các rủi ro trong tiến độ dự án dựa trên dữ liệu lịch sử, từ đó giúp nhà quản lý đưa ra quyết định kịp thời về việc điều chỉnh nhân sự hoặc tăng cường đào tạo [7, 9]. IoT cũng đóng vai trò quan trọng trong việc giám sát hiệu suất làm việc của nhân viên thông qua các cảm biến và thiết bị thông minh. IoT giúp QLDA theo dõi tình trạng công trình và hiệu suất làm việc của nhân viên theo thời gian thực, từ đó phát hiện sớm các vấn đề và điều chỉnh nhân sự phù hợp [2, 4]. Cuối cùng, Big Data được sử dụng để phân tích xu hướng và mẫu hình trong quản lý nhân sự, giúp các nhà quản lý đưa ra các quyết định chính xác hơn về tuyển dụng, đào tạo và phân công công việc [8, 13].

3. Tổng quan nghiên cứu

Cách mạng Công nghiệp 4.0 đặt ra cả thách thức và cơ hội lớn cho quản trị nhân sự trong ngành xây dựng. Việc áp dụng các công nghệ mới như AI, IoT, và Big Data có thể giúp tối ưu hóa quy trình QLDA, nhưng đòi hỏi sự thay đổi lớn trong tư duy, đào tạo, và tổ chức. Các doanh nghiệp cần chủ động nắm bắt cơ hội và vượt qua thách thức để đạt được hiệu quả cao trong quản lý nhân sự và dự án.

Các nghiên cứu trước đây về quản trị nhân sự trong QLDA đã tập trung vào các yếu tố như lập kế hoạch nhân sự, đào tạo và phát triển nguồn nhân lực, quản lý hiệu suất và cải thiện môi trường làm việc. Các mô hình quản trị nhân sự truyền thống như Harvard hay Michigan đã được áp dụng rộng rãi, nhưng chưa hoàn toàn đáp ứng được nhu cầu của kỷ nguyên số [1, 5].

Công nghiệp 4.0 đã mang đến nhiều thay đổi lớn trong cách thức tổ chức và quản lý nhân sự. Những nghiên cứu gần đây chỉ ra rằng các công nghệ như AI, IoT và Big Data có thể giúp tối ưu hóa quy trình tuyển dụng, đánh giá nhân sự và nâng cao hiệu quả làm việc nhóm. Tuy nhiên, cũng có nhiều thách thức liên quan đến việc thay đổi mô hình làm việc và quản lý sự thích ứng của nhân sự với môi trường công nghệ cao [6, 8, 12].

4. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp tổng quan tài liệu để đánh giá các khía cạnh liên quan đến quản trị nhân sự QLDA trong bối cảnh Cách mạng công nghiệp 4.0. Quá trình nghiên cứu được thực hiện qua các bước sau:

Bước 1. Xác định vấn đề nghiên cứu: Dựa trên phân tích thực trạng ngành xây dựng, tác giả xác định nhu cầu cấp thiết và khoảng trống nghiên cứu trong việc nâng cao năng lực quản trị nhân sự QLDA nhằm đáp ứng yêu cầu của công nghệ 4.0.

Bước 2. Thu thập tài liệu: Các tài liệu được tìm kiếm trên các cơ sở dữ liệu khoa học như Scopus, Google Scholar, và các tạp chí chuyên

ngành. Từ khóa sử dụng bao gồm: "quản trị nhân sự", "quản lý dự án", "công nghệ 4.0", "BIM", "AI", "IoT". Tiêu chí chọn lọc gồm: (1) Tài liệu công bố từ năm 2015 trở lại đây; (2) Nghiên cứu có liên quan đến quản trị nhân sự hoặc QLDA; (3) Các nghiên cứu ứng dụng công nghệ trong lĩnh vực xây dựng.

Bước 3. Phân tích và đánh giá: Tài liệu được phân loại theo các chủ đề chính, bao gồm ứng dụng công nghệ trong quản trị nhân sự, tác động của AI và Big Data đến QLDA. Tác giả sử dụng phương pháp phân tích nội dung để tổng hợp kết quả từ các nghiên cứu trước đó và đưa ra những phân tích về thách thức và cơ hội trong quản trị nhân sự QLDA.

Bước 4. Mô hình đề xuất: Dựa trên kết quả tổng hợp, đề xuất mô hình quản trị nhân sự đáp ứng thách thức và cơ hội trong cách mạng công nghiệp trong bối cảnh 4.0.

Bước 5. Đề xuất hướng nghiên cứu: Tác giả đưa ra các định hướng nghiên cứu mới nhằm lấp đầy khoảng trống và nâng cao hiệu quả quản trị nhân sự trong các dự án xây dựng.

Bảng 1. Các nghiên cứu về Thách thức và Cơ hội trong quản trị nhân sự đáp ứng cách mạng Công nghiệp 4.0.

Nội dung	Thách thức/Cơ hội	Tài liệu tham khảo
Thách thức		
Thiếu hụt kỹ năng số	Nhân sự thiếu kỹ năng sử dụng AI, IoT, BIM, dẫn đến khó khăn trong áp dụng công nghệ.	[1], [7], [12]
Đào tạo và phát triển nguồn nhân lực	Thiếu chương trình đào tạo chuyên sâu về kỹ năng số, đặc biệt là BIM, AI, Big Data.	[14-16], [23]
Tích hợp công nghệ mới	Khó khăn trong việc tích hợp AI, IoT, Big Data vào quy trình quản lý truyền thống.	[8], [13], [32]
Thay đổi tư duy và quản lý thay đổi	Tư duy bảo thủ và thiếu chiến lược quản lý thay đổi khi áp dụng công nghệ mới.	[7], [12], [35]
Cơ hội		
Tăng cường năng suất và hiệu quả	Tự động hóa công việc thủ công, giảm lỗi và cải thiện tốc độ thực hiện dự án.	[7], [9], [20]
Cải thiện dự báo và QLDA	AI và Big Data giúp dự báo rủi ro, chi phí, và thời gian hoàn thành dự án chính xác.	[8], [13], [21]
Cải thiện khả năng hợp tác và giao tiếp	Công cụ số giúp tăng cường phối hợp giữa các bên tham gia dự án, giảm sai sót.	[9], [10], [12]
Giảm thiểu công việc thủ công	IoT và phần mềm quản lý giúp tối ưu hóa sử dụng tài nguyên, vật liệu, và nhân lực.	[7], [9], [28]
Đào tạo và phát triển nguồn nhân lực	Nền tảng học trực tuyến và công cụ đào tạo số hóa giúp nâng cao kỹ năng số.	[11], [17], [18]

5. Phân tích thách thức và cơ hội trong quản trị nhân sự quản lý dự án

5.1. Thách thức

5.1.1. Thách thức thiếu hụt kỹ năng số và khả năng thích ứng của đội ngũ nhân sự quản lý dự án xây dựng

Ngành xây dựng là một trong những ngành có tính truyền thống cao và thường bị xem là ít thay đổi về mặt công nghệ so với các ngành khác như công nghệ thông tin hay tài chính. Tuy nhiên, với sự phát triển của công nghiệp 4.0 thì ngành xây dựng cũng đang đối mặt với một bước chuyển mình mạnh mẽ, đặc biệt là trong việc áp dụng các công nghệ mới như AI, IoT, Big Data, và BIM. Trong bối cảnh này, kỹ năng số của đội ngũ nhân sự QLDA đóng vai trò quan trọng [17 - 19]. Tuy nhiên, một vấn đề lớn mà các doanh nghiệp xây dựng gặp phải là thiếu hụt kỹ năng số trong đội ngũ dẫn đến việc khó thích ứng và áp dụng hiệu quả các công nghệ mới vào QLDA. Một số nghiên cứu trước đây đã chỉ ra một số nguyên nhân chính là trình độ đào tạo chưa đồng bộ do nhiều nhân sự trong ngành xây dựng, đặc biệt là những người QLDA, có nền tảng đào tạo không đầy đủ về các công nghệ mới [7, 8, 12]. Đội ngũ này thường được đào tạo trong môi trường truyền thống, nơi ít chú trọng đến kỹ năng số và công nghệ. Trong khi các ngành công nghiệp khác như sản xuất hay dịch vụ tài chính nhanh chóng áp dụng công nghệ vào công việc, ngành xây dựng lại khá chậm chạp trong việc đào tạo và thay đổi tư duy. Điều này dẫn đến một sự thiếu hụt về kỹ năng số cơ bản như sử dụng phần mềm QLDA, khai thác dữ liệu lớn hay ứng dụng công nghệ BIM [17, 18]. Các công nghệ như AI, IoT, và Big Data trong QLDA yêu cầu một sự hiểu biết sâu rộng về cách thức hoạt động và ứng dụng của chúng. Điều này làm gia tăng khoảng cách giữa đội ngũ nhân sự và công nghệ, khiến nhân sự QLDA khó có thể làm chủ và sử dụng các công cụ này hiệu quả. Việc đào tạo một lần

không đủ để giúp đội ngũ QLDA xây dựng bắt kịp sự thay đổi công nghệ liên tục. Cần phải có một chương trình đào tạo lâu dài, liên tục và cập nhật thường xuyên để đảm bảo nhân sự luôn có đủ kỹ năng cần thiết. Ví dụ: Các nhân sự QLDA cần hiểu cách sử dụng phần mềm QLDA thông minh, phân tích dữ liệu từ cảm biến IoT, hay sử dụng BIM để mô phỏng công trình. Những kỹ năng này đòi hỏi đào tạo liên tục và chương trình học đặc biệt, điều này lại là một thách thức trong ngành xây dựng, nơi công tác đào tạo chưa thực sự chú trọng đến công nghệ số.

5.1.2. Thách thức đào tạo và phát triển nguồn nhân sự quản lý dự án xây dựng trong môi trường công nghiệp 4.0

Trước đây, đào tạo trong ngành xây dựng thường tập trung vào các kỹ năng chuyên môn truyền thống như kỹ thuật xây dựng, quản lý công trường và giám sát thi công. Tuy nhiên, trong kỷ nguyên công nghiệp 4.0, những kỹ năng này không đủ để đáp ứng yêu cầu của công nghệ mới. Những nghiên cứu trước đó đã chỉ ra việc chuyển sang phương thức đào tạo kỹ năng số, sử dụng công nghệ như BIM, phần mềm QLDA (Project Management Software) hay công nghệ Big Data đòi hỏi một phương thức đào tạo hoàn toàn khác biệt [14 - 16]. Các nghiên cứu cũng chỉ ra rằng hiện nay chúng ta khó khăn trong việc thích ứng với công nghệ mới như những công cụ hiện đại, đặc biệt là công nghệ AI, IoT, và Big Data, rất phức tạp và đòi hỏi người học phải có một nền tảng cơ bản về công nghệ. Đội ngũ QLDA xây dựng, với phần lớn là những người có chuyên môn truyền thống, không có đủ thời gian hoặc kỹ năng để nắm bắt và áp dụng những công nghệ này hiệu quả [23, 24].

Hiện tại cũng chưa có đủ chương trình đào tạo chuyên sâu, mặc dù có sự gia tăng về nhu cầu đào tạo công nghệ mới trong ngành xây dựng, nhưng hiện nay vẫn thiếu các chương trình đào tạo chuyên sâu hoặc các khóa học đạt chuẩn trong lĩnh vực này. Điều này khiến cho việc tiếp cận nguồn đào tạo chất lượng trở nên khó khăn hơn. Cơ sở hạ tầng còn hạn chế do ngành xây dựng vẫn còn thiếu cơ sở hạ tầng cần thiết để đào tạo hiệu quả, đặc biệt là trong các khu vực không có nhiều trường đào tạo chuyên ngành về công nghệ xây dựng. Các khóa học kỹ thuật số thường có chi phí cao hoặc yêu cầu sự hỗ trợ từ các nhà cung cấp công nghệ, điều này có thể tạo ra rào cản đối với các doanh nghiệp vừa và nhỏ trong ngành xây dựng. Ví dụ: Một công ty xây dựng có thể triển khai các khóa học trực tuyến hoặc đào tạo thực tế ảo (VR) để giúp nhân viên làm quen với các công nghệ mới. Tuy nhiên, hạn chế của các chương trình đào tạo hiện tại là thiếu những khóa học chuyên sâu về công nghệ, dẫn đến khó khăn trong việc trang bị đủ kỹ năng cho đội ngũ QLDA.

5.1.3. Thách thức trong tổ chức và quản lý khi áp dụng công nghệ mới (AI, IoT, Big Data) trong quản lý dự án xây dựng

Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra ngành xây dựng vẫn chủ yếu sử dụng các mô hình tổ chức truyền thống, với các bộ phận hoạt động độc lập và ít kết nối với nhau [8, 13]. Việc áp dụng các công nghệ mới như AI và Big Data đòi hỏi một cấu trúc tổ chức linh hoạt và có sự phối hợp chặt chẽ giữa các bộ phận. Tuy nhiên, sự thay đổi này thường gặp khó khăn vì các quy trình và hệ thống công việc đã được thiết lập lâu dài. Các nghiên cứu hiện nay cũng chỉ ra những khó khăn trong việc tích hợp công nghệ vào quy trình hiện tại do các công ty xây dựng thường sử dụng các hệ thống công nghệ riêng biệt cho các phần khác nhau trong quy trình, từ quản lý tài chính, kiểm soát tiến độ cho đến giám sát chất lượng [9, 10, 12, 32]. Vì vậy, việc tích hợp các công nghệ mới như IoT, Big Data hay AI vào các hệ thống hiện tại là một thách thức lớn vì nó yêu cầu phải thay đổi quy trình làm việc, đồng thời đảm bảo tính tương thích giữa các hệ thống cũ và mới.

Để khai thác sức mạnh của Big Data, ngành xây dựng cần phải thu thập dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau, bao gồm các cảm biến IoT, thiết bị đo đạc, máy móc và phần mềm QLDA. Tuy nhiên, việc thu thập và tổng hợp dữ liệu từ các nguồn này không phải lúc nào cũng dễ dàng và có thể gặp phải các vấn đề như dữ liệu không chính xác, thiếu đồng bộ hoặc không đầy đủ. Việc quản lý dữ liệu khổng lồ như Big Data mang lại tiềm năng lớn trong việc phân tích và đưa ra quyết định trong QLDA xây dựng, nhưng việc xử lý và quản lý khối lượng dữ liệu khổng lồ này đòi hỏi một hệ thống quản lý dữ liệu mạnh mẽ. Các nhân sự QLDA trong các công ty xây dựng có thể gặp khó khăn trong việc thiết lập và duy trì hệ thống này nếu không có đủ nguồn lực, cả về công nghệ lẫn nhân lực. Ví dụ: Để áp dụng Big Data vào công tác giám sát tiến độ và chất lượng công trình, các công ty cần kết nối hệ thống IoT để thu thập dữ liệu từ cảm biến và máy móc. Việc tích hợp các hệ thống này đòi hỏi sự thay đổi về quy trình làm việc và tổ chức nội bộ, điều này có thể gặp phải sự phản đối từ các bộ phận đã quen với cách làm cũ.

5.1.4. Thách thức trong việc thay đổi tư duy và quản lý thay đổi trong doanh nghiệp xây dựng

Các nghiên cứu trước đây và bây giờ đều chỉ ra rằng ngành xây dựng có đặc thù là luôn dựa nhiều vào kinh nghiệm thực tế và các quy trình đã được xác định qua nhiều năm [14 - 16]. Chính vì thế, tư duy truyền thống trong việc QLDA, kiểm soát tiến độ, ngân sách và chất lượng vẫn rất mạnh mẽ. Tuy nhiên, trong bối cảnh cách mạng công nghiệp 4.0 thì các nghiên cứu hiện nay đã chỉ ra rằng các công ty xây dựng cần phải chuyển mình và thay đổi tư duy để áp dụng công nghệ mới như AI, Big Data, IoT vào QLDA [7, 12]. Nhưng với tư duy bảo thủ thì nhiều doanh nghiệp xây dựng vẫn giữ cách làm việc truyền thống và có xu hướng dè dặt, thậm chí là phản đối với những thay đổi mang tính cách mạng về công nghệ. Ngoài ra với sự gắn bó với phương pháp thủ công thì các phương pháp QLDA và kiểm soát công việc bằng giấy tờ, báo cáo thủ công khiến việc áp dụng công nghệ hiện đại trở thành một thử thách lớn, vì nhân viên và lãnh đạo đã quen với cách làm này trong nhiều năm.

Chuyển đổi sang công nghệ mới không chỉ sử dụng đến công cụ mà còn yêu cầu thay đổi toàn diện trong cách làm việc và quản lý. Tuy nhiên, không phải công ty nào trong ngành xây dựng cũng có một chiến lược quản lý thay đổi rõ ràng, khiến cho quá trình chuyển đổi trở nên khó khăn và thiếu hiệu quả. Thiếu chiến lược rõ ràng do không có một

lộ trình triển khai công nghệ hoặc kế hoạch quản lý thay đổi cụ thể có thể dẫn đến sự hỗn loạn và thiếu sự đồng nhất trong tổ chức. Không chỉ vậy còn gặp khó khăn trong việc xác định các mục tiêu thay đổi khi các công ty xây dựng chưa xác định rõ được các mục tiêu cần đạt được qua việc thay đổi, họ sẽ khó quản lý và đo lường hiệu quả của quá trình chuyển đổi này. Ví dụ: Một công ty xây dựng áp dụng BIM để theo dõi tiến độ và chi phí có thể gặp khó khăn trong việc thuyết phục các nhà quản lý truyền thống áp dụng công nghệ này. Họ có thể không hiểu hết được lợi ích của công nghệ, hoặc cảm thấy e ngại vì quá trình thay đổi có thể làm gián đoạn công việc đang diễn ra.

5.2. Cơ hội

5.2.1. Cơ hội tăng cường năng suất và hiệu quả thông qua các công nghệ mới trong quản lý dự án xây dựng

Những nghiên cứu hiện nay đã chỉ ra một trong những cơ hội lớn mà các công nghệ mới như AI, IoT và Big Data mang lại là khả năng tự động hóa các công việc thủ công trong QLDA xây dựng [7, 9, 20, 21]. Các công việc như theo dõi tiến độ, báo cáo dự án, hoặc giám sát các yêu cầu về tài chính có thể được tự động hóa, giúp giảm thiểu sự can thiệp của con người và cải thiện tốc độ thực hiện. Việc tự động hóa giúp tiết kiệm thời gian trong các quy trình QLDA và giảm thiểu các chi phí phát sinh do các công việc thủ công. Điều này dẫn đến việc QLDA trở nên hiệu quả hơn. Không chỉ vậy các công cụ công nghệ mới giúp sẽ giảm thiểu lỗi do con người, từ đó nâng cao độ chính xác trong các báo cáo và phân tích, giúp đưa ra quyết định đúng đắn hơn.

Các công nghệ như IoT và cảm biến giúp giám sát quá trình thi công công trình một cách chi tiết và liên tục. Điều này giúp QLDA phát hiện kịp thời các vấn đề và can thiệp trước khi chúng trở thành sự cố lớn. Các cảm biến IoT có thể theo dõi các chỉ số quan trọng của công trình như nhiệt độ, độ ẩm, và chuyển động, giúp nhà quản lý có thể phát hiện các vấn đề tiềm ẩn từ sớm. Công nghệ giúp giám sát chất lượng công việc của các đội thi công, đảm bảo rằng các yêu cầu kỹ thuật và tiêu chuẩn chất lượng được tuân thủ nghiêm ngặt, từ đó giảm thiểu sai sót và đảm bảo an toàn công trình. Công nghệ IoT có thể giám sát tình trạng công trình và gửi cảnh báo kịp thời về các vấn đề, giúp QLDA có thể can thiệp trước khi vấn đề trở nên nghiêm trọng. Điều này không chỉ tiết kiệm thời gian mà còn giảm thiểu chi phí sửa chữa sau này.

5.2.2. Cơ hội cải thiện dự báo và quản lý dự án xây dựng nhờ việc áp dụng dữ liệu lớn (Big Data)

Các nghiên cứu còn cho thấy AI và Big Data có thể giúp các công ty xây dựng dự báo các rủi ro, chi phí, và thời gian hoàn thành dự án một cách chính xác hơn [8, 13]. Việc phân tích dữ liệu lớn từ nhiều nguồn giúp xác định được các xu hướng và mẫu hình trong quá trình thực hiện dự án, từ đó đưa ra các kế hoạch và dự báo hiệu quả. AI có thể phân tích các yếu tố từ các dự án trước đó để dự đoán chi phí, thời gian và các vấn đề có thể xảy ra, giúp các nhà quản lý đưa ra các quyết định kịp thời và chính xác. Dữ liệu từ các công nghệ như IoT và Big Data có thể giúp dự đoán các rủi ro tiềm ẩn như trễ tiến độ, các sự cố bất ngờ hoặc các vấn đề tài chính, giúp các nhà quản lý chuẩn bị và giảm thiểu thiệt hại. Ví dụ: Các công ty xây dựng có thể sử dụng Big Data để phân tích các dữ liệu lịch sử và dự báo chi phí của dự án, từ đó đưa ra các kế hoạch và dự báo chi phí chính xác hơn. Điều này giúp các nhà quản lý chuẩn bị trước các vấn đề có thể phát sinh và giảm thiểu các rủi ro tài chính.

5.2.3. Cơ hội cải thiện khả năng hợp tác và giao tiếp trong đội ngũ dự án thông qua các công cụ số

Một số nghiên cứu đã chỉ ra các công cụ công nghệ mới như phần mềm QLDA, nền tảng giao tiếp và công cụ hợp tác trực tuyến giúp cải thiện giao tiếp giữa các bên tham gia dự án, bao gồm các kỹ sư, nhà thầu, nhà cung cấp và khách hàng [9, 10, 12, 32]. Các công cụ giao tiếp trực tuyến giúp các thành viên trong đội ngũ dự án có thể chia sẻ thông tin nhanh chóng và dễ dàng, giúp tăng cường sự phối hợp và giảm thiểu tình trạng thông tin bị sai lệch. Công nghệ giúp kết nối các nhóm làm việc dù ở các địa điểm khác nhau, giúp giảm thiểu sự gián đoạn và đảm bảo rằng mọi người đều có thông tin mới nhất về dự án. Ví dụ: Một công ty áp dụng phần mềm QLDA có thể tạo ra một nền tảng chung để tất cả các bộ phận từ thiết kế, thi công đến kiểm soát tiến độ và tài chính đều có thể truy cập thông tin cùng lúc. Điều này giúp tiết kiệm thời gian và tránh sai sót do việc thiếu thông tin.

5.2.4. Cơ hội giảm thiểu công việc thủ công và tối ưu quy trình

Các nghiên cứu hiện nay đã nghiên cứu về các công nghệ mới như IoT và phần mềm QLDA để cung cấp cái nhìn chi tiết về tài nguyên, vật liệu và nhân lực trong dự án [7, 9]. Điều này giúp tối ưu hóa việc phân bổ tài nguyên, từ đó tiết kiệm chi phí và tăng hiệu quả sử dụng. Không chỉ vậy, IoT có thể theo dõi tình trạng vật liệu, thiết bị và máy móc trong suốt quá trình thi công, từ đó giúp nhà QLDA tối ưu hóa việc sử dụng và bảo dưỡng, tránh tình trạng lãng phí. Dữ liệu thu thập được từ các công cụ công nghệ có thể giúp dự báo nhu cầu về nhân lực trong từng giai đoạn dự án, từ đó phân bổ công việc hợp lý và giảm thiểu tình trạng thiếu hụt hoặc dư thừa nhân sự. Ví dụ: IoT có thể theo dõi tình trạng của vật liệu và thiết bị trong công trường, từ đó giúp QLDA tối ưu hóa việc bảo trì và sử dụng tài nguyên, tránh lãng phí và tiết kiệm chi phí.

5.2.5. Cơ hội mới trong việc đào tạo và phát triển nguồn nhân lực, giúp nhân sự nâng cao cao kỹ năng số

Nhiều nhà nghiên cứu hiện nay đã chỉ ra rằng môi trường công nghiệp 4.0 mang lại cơ hội lớn để các nhà quản trị nhân sự QLDA trong công ty xây dựng áp dụng các nền tảng học trực tuyến và công cụ đào tạo số hóa, giúp nhân viên có thể học hỏi và nâng cao kỹ năng một cách linh hoạt và hiệu quả [11, 17, 18, 29, 32]. Các nhà quản trị nhân sự QLDA trong công ty xây dựng có thể sử dụng các nền tảng học trực

tuyển để đào tạo nhân viên về các công nghệ mới như AI, Big Data, IoT. Điều này giúp tiết kiệm thời gian và chi phí đào tạo, đồng thời nhân viên có thể học bất cứ khi nào và ở đâu, mang lại sự linh hoạt cao. Các khóa học chuyên môn về các công nghệ mới cũng trở nên dễ tiếp cận hơn [22]. Nhân viên có thể tham gia vào các khóa học được cung cấp bởi các tổ chức giáo dục, doanh nghiệp, hoặc các nền tảng học trực tuyến để trang bị các kỹ năng cần thiết cho công việc.

Công nghệ không chỉ giúp nhân viên nâng cao kỹ năng mà còn giúp các công ty xây dựng cải thiện quy trình đào tạo một cách hiệu quả hơn. Các công cụ phân tích dữ liệu có thể giúp doanh nghiệp theo dõi và đánh giá hiệu quả của các chương trình đào tạo, từ đó điều chỉnh chương trình đào tạo sao cho phù hợp với nhu cầu và năng lực của từng nhân viên. Các công nghệ mô phỏng 3D và thực tế ảo (VR) có thể được sử dụng để đào tạo nhân viên trong các tình huống thực tế của công trình, giúp họ học hỏi và cải thiện kỹ năng mà không cần phải trực tiếp tham gia vào các dự án. Ví dụ: Các công ty xây dựng có thể sử dụng các nền tảng học trực tuyến như Coursera, Udemy để đào tạo nhân viên về các công nghệ mới như BIM, AI, Big Data mà không cần tốn chi phí đi lại hay thuê giảng viên chuyên nghiệp.

6. Mô hình quản trị nhân sự dự án trong cách mạng công nghiệp 4.0

Cách mạng Công nghiệp 4.0 đặt ra yêu cầu mới đối với quản trị nhân sự trong lĩnh vực xây dựng, đòi hỏi một mô hình quản trị linh hoạt, tích hợp công nghệ và nâng cao năng lực của nhân sự. Dựa trên các nghiên cứu trước đây và đặc thù của ngành, bài viết đề xuất một mô hình quản trị nhân sự dựa trên ba trụ cột chính: (1) Ứng dụng công nghệ, (2) Phát triển năng lực nhân sự, (3) Tối ưu hóa quy trình QLDA.

Ứng dụng công nghệ trong quản trị nhân sự

Hệ thống Quản lý nhân sự thông minh (HRM 4.0): Sử dụng AI và Big Data để theo dõi hiệu suất làm việc, phân tích nhu cầu đào tạo, tối ưu hóa phân bổ nhân sự.

Ứng dụng BIM, IoT và dữ liệu thời gian thực: Nhân sự QLDA có thể giám sát tiến độ, quản lý tài nguyên và điều phối công việc thông qua dữ liệu thu thập từ cảm biến IoT và các mô hình số hóa.

Tích hợp các nền tảng làm việc trực tuyến: Các công cụ như Microsoft Teams, Primavera P6 giúp tăng cường khả năng làm việc nhóm, đặc biệt trong môi trường dự án phân tán.

Phát triển năng lực nhân sự theo yêu cầu của Công nghiệp 4.0

Nâng cao kỹ năng công nghệ số: Đào tạo kỹ năng sử dụng các phần mềm QLDA, phân tích dữ liệu và làm việc với các công cụ BIM, AI.

Phát triển tư duy đổi mới và thích ứng: Xây dựng các chương trình đào tạo giúp nhân sự sẵn sàng tiếp nhận công nghệ mới, giảm thiểu sự kháng cự đối với chuyển đổi số.

Khả năng làm việc từ xa và hợp tác quốc tế: Đào tạo kỹ năng giao tiếp và làm việc trực tuyến nhằm nâng cao hiệu quả quản lý nhân sự trong môi trường toàn cầu hóa.

Tối ưu hóa quy trình quản lý nhân sự trong dự án

Quy trình tuyển dụng và phân bổ nhân sự linh hoạt: Sử dụng dữ liệu để dự báo nhu cầu nhân lực, tối ưu hóa việc bố trí nhân sự theo năng lực và yêu cầu dự án.

Hệ thống đánh giá hiệu suất dựa trên dữ liệu: AI có thể phân tích hiệu suất làm việc theo thời gian thực, giúp đưa ra quyết định khen thưởng, đào tạo hoặc điều chỉnh nhân sự phù hợp.

Ứng dụng tự động hóa trong quản lý nhân sự: Chatbot và trợ lý ảo hỗ trợ quản lý hồ sơ nhân sự, giải quyết các yêu cầu hành chính và cải thiện hiệu quả công việc.

7. Định hướng nghiên cứu tương lai

Trong bối cảnh Cách mạng Công nghiệp 4.0, ngành xây dựng đang chứng kiến sự chuyển mình mạnh mẽ từ những phương pháp truyền thống sang việc áp dụng công nghệ mới trong QLDA và quản trị nhân sự. Những xu hướng và công nghệ đột phá hiện nay không chỉ thay đổi cách thức vận hành mà còn đặt ra nhiều thách thức và cơ hội đối với các nhà nghiên cứu. Dựa trên những khoảng trống nghiên cứu hiện tại, các hướng nghiên cứu trong tương lai cần tập trung vào một số vấn đề quan trọng nhằm nâng cao hiệu quả quản trị nhân sự trong QLDA xây dựng:

- Phát triển mô hình quản trị nhân sự tích hợp công nghệ: Cần xây dựng mô hình kết hợp AI, IoT, Big Data và BIM để tối ưu hóa quy trình tuyển dụng, đào tạo và quản lý nhân sự.
- Chiến lược đào tạo kỹ năng số: Xây dựng các chương trình đào tạo chuyên sâu giúp nhân sự nâng cao năng lực số, đáp ứng yêu cầu của môi trường làm việc số hóa.
- Ứng dụng AI và Big Data trong dự báo nhu cầu nhân sự: Nghiên cứu cách thức AI và dữ liệu lớn có thể hỗ trợ phân tích xu hướng lao động, dự báo nhu cầu tuyển dụng và cải thiện chiến lược nhân sự.
- Đánh giá tác động của chuyển đổi số đến văn hóa tổ chức: Xác định những thay đổi về hành vi, tư duy và cách thức làm việc của nhân sự trong doanh nghiệp xây dựng khi áp dụng công nghệ mới.
- Nghiên cứu các mô hình làm việc linh hoạt: Tìm hiểu tác động của các mô hình làm việc từ xa, làm việc linh hoạt và công nghệ số đối với hiệu suất và sự gắn kết của nhân sự.

8. Kết luận

Bài nghiên cứu này đã khám phá và làm rõ cách thức công nghệ 4.0, đặc biệt là trí tuệ nhân tạo (AI), dữ liệu lớn (Big Data), Internet of Things (IoT), và Blockchain, có thể góp phần vào việc cải thiện quản trị nhân sự trong các dự án xây dựng, đồng thời giải quyết các thách thức và tận dụng cơ hội trong bối cảnh Cách mạng Công nghiệp 4.0. Các phát hiện chính chỉ ra rằng công nghệ 4.0 không chỉ giúp tối ưu hóa quy trình quản lý nhân sự mà còn mang lại những cơ hội mới trong việc phát triển năng lực nhân sự, từ đó tăng cường hiệu quả và giảm thiểu rủi ro trong các dự án xây dựng.

Công nghệ 4.0 đóng vai trò then chốt trong việc hiện đại hóa công tác quản lý nhân sự dự án. AI và Big Data, qua việc phân tích dữ liệu và dự báo nhu cầu nhân lực, giúp tối ưu hóa tuyển dụng, đào tạo và phân bổ công việc. Cùng với đó, công nghệ BIM và IoT giúp cải thiện khả năng giám sát tiến độ, quản lý tài nguyên, và tương tác giữa các thành viên trong nhóm, đồng thời tạo ra một môi trường làm việc thông minh và hiệu quả hơn. Những tiến bộ này đã thay đổi cách thức làm việc của các nhà QLDA và đội ngũ nhân sự trong ngành xây dựng, giúp họ thích ứng nhanh chóng với các yêu cầu của công nghệ mới.

Mô hình quản trị nhân sự dựa trên công nghệ 4.0 mà bài nghiên cứu đề xuất có ý nghĩa thực tiễn quan trọng trong ngành xây dựng. Việc áp dụng mô hình này không chỉ đáp ứng được những thách thức về quản lý nhân sự mà còn tận dụng tối đa các cơ hội mà công nghệ 4.0 mang lại. Đặc biệt, mô hình này hỗ trợ việc phát triển năng lực cho đội ngũ nhân sự, giúp họ thích ứng với môi trường làm việc ngày càng số hóa và nâng cao hiệu quả làm việc trong các dự án xây dựng. Vì vậy, các doanh nghiệp xây dựng cần tích cực áp dụng và phát triển các giải pháp công nghệ để nâng cao khả năng quản lý và hiệu quả công việc, từ đó thúc đẩy sự phát triển bền vững trong ngành.

Lời cảm ơn

Các tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn đối với sự hỗ trợ của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (HUCE), Bộ Giáo dục và Đào tạo trong suốt thời gian thực hiện nghiên cứu này. Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo trong đề tài mã số B2025-XDA-09.

Tài liệu tham khảo

[1]. Ammar, M., et al (2021), Improving material quality management and manufacturing organizations system through Industry 4.0 technologies. *Materials Today: Proceedings 45 (2021) 5089-5096*. DOI: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.585

[2]. Wang, M., et al (2020), A systematic review of digital technology adoption in off-site construction: Current status and future direction towards industry 4.0. *Buildings 2020, 10(11), 204*. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings10110204

[3]. Baghalzadeh Shishehgarkhaneh, M., et al (2022), Internet of Things (IoT), Building Information Modeling (BIM), and Digital Twin (DT) in construction industry: A review, bibliometric, and network analysis. *Buildings 2022, 12(10), 1503*. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings12101503

[4]. Le, D.N., et al (2019), Smart-building management system: An Internet-of-Things (IoT) application business model in Vietnam. *Technological Forecasting and Social Change 141: p. 22-35*. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.002

[5]. Agenda, I. (2016, May). Shaping the future of construction a breakthrough in mindset and technology. In *World Economic Forum* (pp. 11-16).

[6]. Aziz, R.F. and S.M.J.A.e.j. Hafez (2013), Applying lean thinking in construction and performance improvement. *Alexandria Engineering Journal **52**(4): p. 679-695*. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aej.2013.04.008

[7]. Zhang, Q., et al (2024), Demystifying the Influencing Factors of Construction 4.0 Technology Implementation from a Sustainability Starting Point: Current Trends and Future Research Roadmap. *Buildings 2024, **14**(2): p. 552. 1*. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings14020552

[8]. Vrchota, J., et al (2020), Critical success factors of the project management in relation to industry 4.0 for sustainability of projects. *Sustainability 2021 **13**(1): p. 281. 2*. DOI: https://doi.org/10.3390/su13010281

[9]. Perrier, N., et al (2020), Construction 4.0: A survey of research trends. *Journal of Information Technology in Construction, 25, 416-437*. https://doi.org/10.36680/j.itcon.2020.024

[10]. Abdullah, M.S., et al (2024), BIM Adoption in MENA's Construction Industry: A Contractor's Perspective. *Civil Engineering Journal **10**(08). 12*. DOI: http://dx.doi.org/10.28991/CEJ-2024-010-08-015

[11]. Anh, P.X., et al (2023), BIM competency in personnel recruitment in Vietnam construction enterprises. *Archives of Civil Engineering p. 381-397-381-397. 13.* DOI: https://doi.org/10.24425/ace.2023.145274

[12]. Takyi-Annan, G.E. and H.J.B. Zhang (2023), A multivariate analysis of the variables impacting the level of BIM expertise of professionals in the architecture, engineering and construction (AEC) industries of the developing world using nonparametric tests. *Buildings 2023, 13(7), 1606*. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings13071606

[13]. Olugboyega, O., O.S. Ojo, and A.E.J.F.i.B.E. Olanipekun (2024), Development of BIM learning model for construction sites operatives. *Front. Built Environ. 10:1452764*. DOI: 10.3389/fbuil.2024.1452764

[14]. Van Tam, N., Toan, N. Q., & Van Phong, V. (2024). Investigating potential barriers to construction digitalization in emerging economies: A study in Vietnam. *International Journal of Information Management Data Insights*, *4*(1), 100226. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jjimei.2024.100226

[15]. Van Tam, N. (2024). Mitigating digital transformation risks for circular construction in emerging economies: an empirical investigation in Vietnam. *International Journal of Construction Management*, 1-11. DOI: https://doi.org/10.1080/15623599.2024.2397628

[16]. Mustapha, Z., et al (2024), Transforming Construction Risk Management through Digital Tools: A Case Study from Ghana. *International Journal of Real Estate Studies 18:2 (2024), 31-3*. DOI: https://doi.org/10.11113/intrest.v18n2.368

[17]. Bộ Xây dựng (2020), Tổng quan các nghiên cứu về chủ đề "Quản lý dự án đầu tư xây dựng định hướng giá trị" ở Việt Nam và trên thế giới, *tạp chí Kinh tế xây dựng*.

[18]. Bộ Xây dựng (2021), Nghiên cứu xây dựng tài liệu đào tạo phục vụ xây dựng nguồn nhân lực BIM cho ngành xây dựng Việt Nam*, tạp chí Kinh tế xây dựng*, số 04/2020

[19]. Lê Đình Thành (2022), Thực trạng và giải pháp quản trị nhân sự doanh nghiệp trong bối cảnh chuyển đổi số tại Việt Nam, *tạp chí Công thương*.

[20]. Hồ Văn Miên (2019), Nghiên cứu giải pháp nâng cao năng lực quản lý dự án đầu tư xây dựng cho Ban quản lý dự án đầu tư xây dựng khu vực huyện A Lưới, *Luận văn thạc sĩ, trường Đại học Thủy lợi*.

[21]. Cao Ngọc Lợi (2013), Nâng cao hiệu quả quản lý dự án đầu tư xây dựng công trình của Công ty cổ phần Tư Vấn Xây Dựng Tổng Hợp (NAGECCO), *Luận văn thạc sĩ, trường Đại học Kỹ thuật Công nghệ TP. HCM*.

[22]. Hoàng Huyền Trang (2019), Hoàn thiện công tác đào tạo nguồn nhân lực tại Công ty cổ phần Thủy Tạ, *Luận văn thạc sĩ, trường Đại học Lao động - Xã hội*.

[23]. Phan Thanh Hoàng (2019), Nghiên cứu giải pháp nâng cao hiệu quả đầu tư các dự án xây dựng thủy lợi trên địa bàn tỉnh Bình Thuận, *Luận văn thạc sĩ, trường Đại học Thủy lợi*.

[24]. Đậu Phi Trường (2013), Hoàn thiện công tác quản lý thi công công trình tại Tổng công ty xây dựng Lũng Lô, *Luận văn thạc sĩ, trường Đại học Thủy lợi*.

[25]. PHI, B. Q (2020), Diamond Island Sky Resort - BIM application [Online]. *freelancer.com: Bui Quang Phi. [Accessed 2020]*.

[26]. Chi, L. and P. Chi (2024), Phân tích quản trị nguồn nhân lực và nhân tài của các trường đại học thuộc nguyễn hoàng group.

[27]. Wang, G., Z. Liu, and H. Wang (2016), Key factors affecting BIM adoption is China based on TOE&RC. *International Conference on Mechanics, Materials and Structural Engineering (ICMMSE 2016)*. Atlantis Press. DOI: https://doi.org/10.2991/icmmse-16.2016.40

[28]. Nguyễn Quốc Toản và cộng sự (2023), Tổng quan các nhân tố ảnh hưởng đến việc chuyển đổi số phục vụ quản lý xây dựng tại Việt Nam, *tạp chí Xây dựng, số 7/2022, 106-113*

[29]. Toản, N. Q., Tâm, N. V., & Trình, V. T. (2024). Phát triển mô hình đường cong nghề nghiệp và khung năng lực cần thiết đào tạo kỹ sư xây dựng 4.0: phân tích tổng quan và định hướng trong bối cảnh Việt Nam. *Tạp chí Vật liệu và Xây dựng-Bộ Xây dựng*, *14*(05). DOI: https://doi.org/10.54772/jomc.5.2024.786

[30]. Toan, N.Q., P.X. Anh, and N.V. Tam (2022), Trends in BIM tools adoption in construction project implementation: A case study in Vietnam, in *Proceedings of FORM 2022: Construction The Formation of Living Environment*. 2022, Springer. p. 9-19.

[31]. Toan, N.Q., N.T.T. Dung, and N.T.M. Hanh (2021), 3D-BIM and 4D-BIM models in construction safety management. *E3S Web of Conferences*. 2021. EDP Sciences. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126302005

[32]. Quoc, T.N., et al (2022), Adoption of building information modeling in the construction project life cycle: benefits for stakeholders. *Architecture and Engineering **7**(1): p. 56-71*. DOI: http://dx.doi.org/10.23968/2500-0055-2022-7-1-56-71

[33]. Maskuriy, R., et al. (2019), Industry 4.0 for the construction industry: Review of management perspective. *Economies 2019 **7**(3): p. 68*. DOI: https://doi.org/10.3390/economies7030068

[34]. Newman, C., et al. (2021), Industry 4.0 deployment in the construction industry: a bibliometric literature review and UK-based case study. *Smart and Sustainable Built Environment, Vol. 10 No. 4, pp. 557-580*. DOI: https://doi.org/10.1108/SASBE-02-2020-0016

[35]. Chauhan, C., A. Singh, and S.J.J.o.C.P. Luthra (2021), Barriers to industry 4.0 adoption and its performance implications: An empirical investigation of emerging economy. *Journal of Cleaner Production **285**: p. 124809*. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124809

[36]. Jones, M.D., S. Hutcheson, and J.D.J.J.o.M.S. Camba (2021), Past, present, and future barriers to digital transformation in manufacturing: A review. *Journal of Manufacturing Systems **60**: p. 936-948*. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.03.006

[37]. Machado, C.G., et al. (2019), Industry 4.0 readiness in manufacturing companies: challenges and enablers towards increased digitalization. *Procedia CIRP **81**: p. 1113-1118*. DOI: https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.262