

Xác định các nhân tố kỹ thuật và công nghệ ảnh hưởng tới việc áp dụng BIM trong quá trình chuẩn bị dự án đầu tư xây dựng

Nguyễn Minh Nhất^{1*}, Nguyễn Phan Anh¹

¹ Bộ môn chuyên ngành 1, Viện Đào tạo và Hợp tác quốc tế, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội.

TỪ KHÓA

BIM
Nhân tố kỹ thuật và công nghệ
Dự án đầu tư xây dựng
Chuẩn bị dự án
Công nghệ số

TÓM TẮT

Việc sử dụng BIM trong giai đoạn chuẩn bị dự án đầu tư xây dựng đang trở thành xu hướng tất yếu nhằm nâng cao hiệu quả quản lý, minh bạch thông tin và tối ưu hóa phối hợp giữa các bên liên quan. Bài báo này tập trung xác định các nhân tố kỹ thuật và công nghệ ảnh hưởng đến khả năng triển khai BIM trong giai đoạn đầu của dự án. Dựa trên cơ sở tổng hợp lý thuyết và khảo sát thực tiễn với 125 chuyên gia trong lĩnh vực xây dựng tại Việt Nam, nghiên cứu đã tiến hành kiểm định độ tin cậy, phân tích EFA và hồi quy tuyến tính để đánh giá mức độ ảnh hưởng của các nhóm nhân tố. Kết quả cho thấy có năm nhóm chính: (i) Hạ tầng kỹ thuật và công nghệ; (ii) Phần mềm BIM và khả năng tích hợp; (iii) Hệ thống quản lý dữ liệu và môi trường cộng tác; (iv) Tiêu chuẩn kỹ thuật và quy trình triển khai BIM; (v) Năng lực kỹ thuật và nguồn nhân lực. Trong đó, hạ tầng công nghệ có ảnh hưởng lớn nhất tới hiệu quả ứng dụng BIM trong giai đoạn chuẩn bị dự án.

KEYWORDS

BIM
Technical and technological factor
Construction investment projects
Project preparation
Digital technology

ABSTRACT

The application of Building Information Modeling (BIM) in the pre-investment phase of construction projects is increasingly becoming a critical trend, aimed at enhancing project management efficiency, improving information transparency, and optimizing interdisciplinary collaboration. This paper focuses on identifying technical and technological factors influencing the adoption of BIM during the early stages of construction projects. Based on a synthesis of theoretical foundations and an empirical survey of 125 construction experts in Vietnam, the study employed reliability testing, exploratory factor analysis (EFA), and linear regression to evaluate the impact levels of various factor groups. The results identified five main groups: (i) Technical and technological infrastructure; (ii) BIM software and integration capability; (iii) Data management systems and collaborative environment; (iv) Technical standards and BIM implementation procedures; and (v) Technical capacity and human resources. Among these, technological infrastructure was found to exert the strongest influence on BIM adoption in the project preparation stage.

1. Giới thiệu

Sự phát triển nhanh chóng của công nghệ số đang tác động mạnh mẽ đến ngành công nghiệp xây dựng, trong đó mô hình thông tin công trình (BIM) được coi là một trong những công cụ chiến lược giúp nâng cao hiệu quả quản lý dự án trong toàn bộ vòng đời công trình [1]. Việc ứng dụng BIM không chỉ giới hạn ở giai đoạn thiết kế mà còn đang dần mở rộng sang các giai đoạn đầu như lập dự án, chuẩn bị đầu tư và phân tích rủi ro [2]; [3]. Đặc biệt, trong bối cảnh yêu cầu ngày càng cao về minh bạch thông tin và kiểm soát chất lượng, BIM mang lại tiềm năng rõ rệt trong việc tối ưu hóa quá trình chuẩn bị dự án xây dựng thông qua khả năng mô phỏng, dự báo và phối hợp liên ngành [4].

Tại Việt Nam, việc triển khai BIM đang dần được thể chế hóa thông qua các chính sách định hướng cụ thể như Quyết định số 258/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ (2023) [5], nhằm thúc đẩy ứng dụng BIM một cách hệ thống và đồng bộ trong hoạt động xây dựng. Tuy nhiên, quá trình triển khai này vẫn đối mặt với nhiều rào cản về hạ tầng kỹ thuật, năng lực nguồn nhân lực, sự thiếu hụt tiêu chuẩn hóa cũng

như khó khăn trong tích hợp phần mềm và chia sẻ dữ liệu giữa các bên liên quan [6]; [7]. Nghiên cứu gần đây cũng chỉ ra rằng một trong những yếu tố then chốt ảnh hưởng đến thành công của BIM chính là sự hội tụ giữa yếu tố kỹ thuật – công nghệ và khả năng tổ chức triển khai trong giai đoạn đầu của dự án [8].

Trong bối cảnh đó, việc nhận diện rõ các nhân tố kỹ thuật và công nghệ ảnh hưởng tới việc áp dụng BIM trong giai đoạn chuẩn bị dự án đầu tư xây dựng trở thành yêu cầu cấp thiết. Bằng cách phân tích các yếu tố như hạ tầng phần cứng, phần mềm, hệ thống quản lý dữ liệu, tiêu chuẩn và nguồn nhân lực, nghiên cứu này hướng đến việc cung cấp cái nhìn hệ thống và thực tiễn nhằm hỗ trợ các bên liên quan trong hoạch định chính sách, chiến lược ứng dụng BIM hiệu quả [9].

2. Tổng quan các nghiên cứu liên quan

Việc áp dụng Mô hình Thông tin Công trình (BIM) trong ngành xây dựng đã thu hút sự quan tâm nghiên cứu mạnh mẽ trong những năm gần đây, đặc biệt là ở giai đoạn đầu của vòng đời dự án – giai đoạn

*Liên hệ tác giả: nhatnm@hau.edu.vn

Nhận ngày 13/08/2025, sửa xong ngày 26/08/2025, chấp nhận đăng ngày 27/08/2025

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.04.2025.1078>

chuẩn bị đầu tư. Nhiều nghiên cứu quốc tế và trong nước đã chỉ ra rằng để triển khai BIM hiệu quả, cần có sự hội tụ của nhiều nhân tố kỹ thuật và công nghệ, từ hạ tầng phần cứng, phần mềm đến tiêu chuẩn và nguồn nhân lực [1]; [8].

Trong bối cảnh toàn cầu, BIM đang được xem như một công cụ chiến lược không chỉ nhằm tăng hiệu suất làm việc mà còn hỗ trợ mạnh mẽ cho quản lý rủi ro trong các giai đoạn đầu của dự án. Numan (2024) [2], cho rằng BIM đóng vai trò quan trọng trong việc nhận diện, phân tích và giảm thiểu rủi ro, đặc biệt nhờ khả năng tích hợp dữ liệu và mô phỏng kịch bản. Đồng quan điểm, Elbehairy et al. (2022) [3], nhấn mạnh vai trò của mô hình tích hợp giữa BIM và dữ liệu rủi ro để hỗ trợ ra quyết định trong các dự án phức tạp.

Yếu tố công nghệ được xem là nền tảng cho ứng dụng BIM. Theo nghiên cứu của Wu et al. (2024) [4], hệ thống phần mềm và phần cứng tiên tiến giúp hiện thực hóa các giải pháp quản lý kỹ thuật dựa trên mô phỏng và dữ liệu thời gian thực. Bên cạnh đó, khả năng tích hợp phần mềm BIM với các công cụ khác nhau cũng được đề cập như là yếu tố cốt lõi để đảm bảo tính liên thông dữ liệu [3]; [7]. Đặc biệt, tính tương thích giữa các phần mềm BIM và định dạng mở như IFC được đánh giá là yếu tố kỹ thuật quan trọng cần xem xét trong giai đoạn chuẩn bị dự án [9].

Ngoài ra, môi trường dữ liệu chung (CDE) và hệ thống quản lý dữ liệu tập trung đã được khẳng định là công cụ hỗ trợ đắc lực cho việc phối hợp liên ngành trong BIM. Kim et al. (2024) [8], đề xuất tích hợp dữ liệu với mô hình 4D để đánh giá rủi ro kỹ thuật, trong khi Numan (2024) [2] nhấn mạnh vai trò của cơ chế chia sẻ dữ liệu và truy cập phân quyền trong việc kiểm soát thông tin và hạn chế sai sót.

Tại Việt Nam, mặc dù BIM đã được chính thức đưa vào lộ trình

áp dụng theo Quyết định số 258/QĐ-TTg [5], nhưng việc triển khai còn gặp nhiều rào cản. Theo nghiên cứu của Thái Ngọc Thắng et al. (2023) [6], các khó khăn thường liên quan đến thiếu hụt nhân lực chuyên môn, hạ tầng kỹ thuật chưa đồng bộ, và chưa có sự thống nhất về quy trình thực hiện BIM giữa các bên liên quan. Việc thiếu tiêu chuẩn trong nước cũng ảnh hưởng đến mức độ sẵn sàng triển khai BIM tại các đơn vị.

Cuối cùng, yếu tố con người – bao gồm năng lực kỹ thuật, kinh nghiệm và kỹ năng phối hợp – được xem là nhân tố then chốt quyết định sự thành công của BIM. Các nghiên cứu như của Nguyen et al. (2022) [1], và Thái Ngọc Thắng et al. (2023) [6], đều khẳng định rằng việc đầu tư vào đào tạo, xây dựng đội ngũ chuyên trách BIM và cập nhật công nghệ liên tục là điều kiện tiên quyết để BIM thực sự phát huy hiệu quả trong giai đoạn chuẩn bị dự án.

Trên cơ sở kế thừa các nghiên cứu trong và ngoài nước về các điều kiện kỹ thuật và công nghệ ảnh hưởng đến việc áp dụng BIM trong xây dựng, đồng thời tham khảo ý kiến chuyên gia trong lĩnh vực quản lý dự án, công nghệ thông tin xây dựng và triển khai BIM tại Việt Nam, nghiên cứu này đã tiến hành tổng hợp, hệ thống hóa và phân loại các nhân tố kỹ thuật và công nghệ có khả năng tác động đến việc ứng dụng BIM trong giai đoạn chuẩn bị dự án đầu tư xây dựng. Các nhân tố được chia thành 5 nhóm chính, phản ánh tương ứng các khía cạnh cốt lõi trong triển khai BIM, bao gồm: (i) Hạ tầng kỹ thuật và công nghệ; (ii) Phần mềm BIM và khả năng tích hợp; (iii) Hệ thống quản lý dữ liệu và môi trường cộng tác; (iv) Tiêu chuẩn kỹ thuật và quy trình triển khai; (v) Năng lực kỹ thuật và nguồn nhân lực. Danh mục chi tiết các nhân tố cùng mã hóa tương ứng được trình bày cụ thể trong Bảng 1 dưới đây.

Bảng 1. Các nhân tố kỹ thuật và công nghệ ảnh hưởng tới việc áp dụng BIM trong quá trình chuẩn bị dự án đầu tư xây dựng.

TT	Kỹ thuật và công nghệ	Mã hoá	Nguồn tham khảo
I	Hạ tầng kỹ thuật và công nghệ	CN	
1	Hệ thống máy tính, thiết bị phần cứng đáp ứng yêu cầu triển khai BIM	CN1	[4], [6]
2	Mạng internet và nội bộ ổn định, tốc độ cao	CN2	[4]
3	Có khả năng lưu trữ và truy xuất dữ liệu BIM hiệu quả	CN3	[4], [3]
4	Hệ thống hỗ trợ truy cập và làm việc từ xa với BIM	CN4	[4]
II	Phần mềm BIM và khả năng tích hợp	TH	
5	Đơn vị đang sử dụng phần mềm BIM phù hợp với yêu cầu công việc	TH1	[8], [7]
6	Các phần mềm BIM có khả năng tương thích và tích hợp với nhau	TH2	[3], [7]
7	Dữ liệu BIM có thể xuất/nhập dễ dàng giữa các phần mềm khác	TH3	[7]
8	Phần mềm hỗ trợ định dạng mở như IFC	TH4	[9]
III	Hệ thống quản lý dữ liệu và môi trường cộng tác	QL	
9	Có hệ thống chia sẻ dữ liệu tập trung (CDE)	QL1	[3], [8]
10	Hệ thống có phân quyền truy cập, lưu vết chỉnh sửa rõ ràng	QL2	[3]
11	Có công cụ phối hợp mô hình và phát hiện xung đột (Clash detection)	QL3	[8]
12	Có khả năng cộng tác đa bên theo thời gian thực	QL4	[4], [8]
IV	Tiêu chuẩn kỹ thuật và quy trình triển khai BIM	TC	
13	Đã xây dựng và áp dụng Kế hoạch thực hiện BIM (BEP)	TC1	[1], [9]
14	Áp dụng các tiêu chuẩn BIM quốc tế hoặc trong nước phù hợp	TC2	[6], [9]
15	Có quy trình phối hợp và kiểm soát chất lượng dữ liệu BIM	TC3	[8], [9]

TT	Kỹ thuật và công nghệ	Mã hoá	Nguồn tham khảo
16	Các mức độ phát triển mô hình (LOD) được xác định rõ trong dự án	TC4	[9]
V	Năng lực kỹ thuật và nguồn nhân lực	NL	
17	Nhân sự được đào tạo bài bản về BIM và phần mềm liên quan	NL1	[1], [6]
18	Đơn vị có chuyên gia BIM hoặc người phụ trách BIM chuyên trách	NL2	[1]
19	Có chương trình đào tạo nội bộ, cập nhật công nghệ BIM thường xuyên	NL3	[1], [7]
20	Nhân sự có khả năng phối hợp BIM với các bên liên quan hiệu quả	NL4	[1], [8]

3. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện theo phương pháp định lượng, kết hợp kế thừa cơ sở lý thuyết và kết quả các nghiên cứu trong và ngoài nước cùng với ý kiến tham vấn của các chuyên gia có kinh nghiệm trong lĩnh vực triển khai BIM, thiết kế, tư vấn quản lý dự án và công nghệ xây dựng nhằm xác lập danh mục các nhân tố kỹ thuật và công nghệ ảnh hưởng tới việc áp dụng BIM trong giai đoạn chuẩn bị dự án đầu tư xây dựng. Kết quả là danh mục gồm 20 nhân tố cụ thể được chia thành 5 nhóm, được trình bày trong Bảng 1.

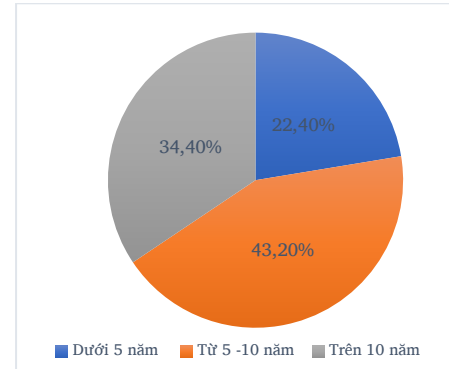
Trên cơ sở danh mục nhân tố đã xác lập, tác giả đã xây dựng bảng hỏi khảo sát với thang đo Likert 5 mức (từ 1 = không ảnh hưởng đến 5 = ảnh hưởng rất mạnh) để đánh giá mức độ ảnh hưởng của từng nhân tố đến việc áp dụng BIM trong giai đoạn chuẩn bị dự án. Đối tượng khảo sát là các chuyên gia, kỹ sư, cán bộ kỹ thuật đang làm việc tại các đơn vị tư vấn thiết kế, chủ đầu tư, tổng thầu xây dựng và doanh nghiệp cung cấp giải pháp BIM. Tổng cộng 125 bảng hỏi hợp lệ đã được thu thập phục vụ cho phân tích.

Dữ liệu khảo sát được xử lý và phân tích thông qua phần mềm SPSS. Các bước phân tích bao gồm: (1) kiểm định độ tin cậy của thang đo bằng hệ số Cronbach's Alpha nhằm loại bỏ các biến không phù hợp; (2) phân tích nhân tố khám phá (EFA) để kiểm tra cấu trúc nhóm nhân tố và xác nhận lại mức độ đại diện của các biến quan sát; và (3) phân tích hồi quy tuyến tính để đánh giá mức độ ảnh hưởng của từng nhóm nhân tố kỹ thuật và công nghệ đến việc áp dụng BIM trong giai đoạn chuẩn bị dự án đầu tư xây dựng. Các kiểm định độ phù hợp mô hình, ý nghĩa thống kê, hệ số tương quan và mức độ ảnh hưởng chuẩn hóa (Beta) được sử dụng để phục vụ cho việc xếp hạng các nhân tố theo mức độ tác động.

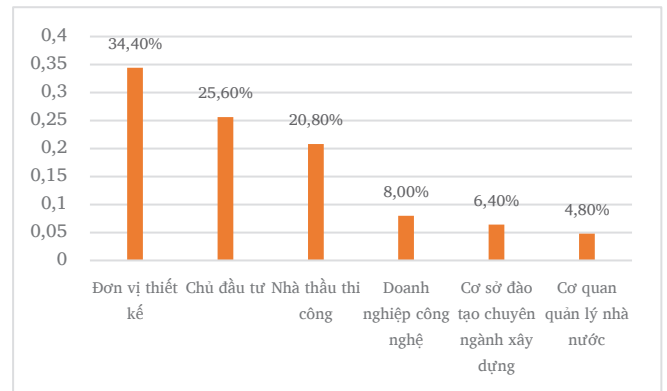
4. Kiểm định thang đo và đánh giá mức độ ảnh hưởng các nhân tố tới việc áp dụng BIM trong quá trình chuẩn bị dự án đầu tư xây dựng

4.1. Thông tin đối tượng tham gia khảo sát

Đối tượng khảo sát trong nghiên cứu là các cán bộ kỹ thuật, chuyên gia và nhà quản lý có kinh nghiệm thực tiễn trong triển khai BIM tại Việt Nam, đặc biệt ở giai đoạn chuẩn bị dự án đầu tư xây dựng. Mẫu khảo sát được lựa chọn từ nhiều loại hình tổ chức nhằm đảm bảo tính đa dạng và đại diện, bao gồm: đơn vị tư vấn thiết kế, chủ đầu tư, tổng thầu thi công, doanh nghiệp công nghệ BIM, cơ sở đào tạo và cơ quan quản lý nhà nước. Kết quả khảo sát thể hiện tại Hình 2 và 3.



Hình 1. Phân bố đối tượng khảo sát theo thời gian công tác.



Hình 2. Phân bố đối tượng khảo sát theo loại hình cơ quan công tác.

4.2. Kiểm định độ tin cậy thang đo Cronbach's Alpha

Để kiểm tra độ tin cậy của thang đo, nghiên cứu sử dụng hệ số Cronbach's Alpha – một chỉ số phản ánh mức độ nhất quán nội tại giữa các biến quan sát trong cùng một khái niệm. Theo Hair et al. (2009) [10], hệ số Cronbach's Alpha từ 0,7 trở lên được coi là đạt yêu cầu về độ tin cậy. Kết quả kiểm định cho thấy hệ số Cronbach's Alpha đạt 0,782 vượt ngưỡng 0,7, cho thấy thang đo có độ tin cậy cao và có thể sử dụng cho phân tích nhân tố khám phá (EFA) tiếp theo.

Bảng 2. Thống kê độ tin cậy thang đo.

Cronbach's Alpha	N of Items
0,782	20

Bảng 3. Thống kê biến thành phần và tổng thể thang đo.

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
CN1	57,23	54,954	0,215	0,781
CN2	57,26	54,809	0,230	0,780
CN3	57,27	54,425	0,252	0,779
CN4	57,27	55,022	0,214	0,781
TH1	57,22	53,288	0,347	0,773
TH2	57,26	53,627	0,299	0,776
TH3	57,27	53,119	0,340	0,773
TH4	57,32	53,832	0,287	0,777
QL1	57,39	53,692	0,312	0,775
QL2	57,37	53,218	0,348	0,773
QL3	57,41	53,534	0,331	0,774
QL4	57,40	53,774	0,290	0,777
TC1	57,20	51,581	0,465	0,765
TC2	57,19	51,995	0,446	0,766
TC3	57,21	52,005	0,444	0,767
TC4	57,20	52,516	0,416	0,768
NL1	57,28	52,235	0,408	0,769
NL2	57,30	52,517	0,407	0,769
NL3	57,29	52,578	0,405	0,769
NL4	57,28	52,381	0,402	0,769

Bảng 3 cho thấy đa số các biến quan sát đều có hệ số tương quan mục-tổng đã hiệu chỉnh (Corrected Item-Total Correlation) cao hơn 0,3, phản ánh mức độ liên kết hợp lý giữa các biến quan sát và thang đo tổng thể. Bên cạnh đó, còn một số biến có Corrected Item-Total Correlation nhỏ hơn 0,3 tuy nhiên tất cả các biến này đều có chỉ số Cronbach's Alpha if Item Deleted nhỏ hơn Cronbach's Alpha tổng (0,782). Do đó, toàn bộ 20 biến quan sát đều đạt yêu cầu và được giữ lại để thực hiện các bước phân tích tiếp theo.

4.3. Kết quả phân tích nhân tố khám phá EFA

Trước khi tiến hành phân tích nhân tố khám phá, nghiên cứu thực hiện kiểm định độ phù hợp của dữ liệu thông qua chỉ số KMO và kiểm định Bartlett. Kết quả tại Bảng 4 cho thấy hệ số KMO đạt 0,856 – vượt ngưỡng tối thiểu 0,5 theo khuyến nghị của Hair et al. (2009) [10], cho thấy dữ liệu đủ điều kiện để phân tích nhân tố. Đồng thời, kiểm định Bartlett's Test có giá trị Sig. = 0,000 ($p < 0,05$), phản ánh ma trận tương quan giữa các biến có ý nghĩa thống kê và không phải là ma trận đơn vị. Điều này khẳng định mức độ liên hệ giữa các biến quan sát là đủ mạnh để tiến hành trích xuất nhân tố.

Bảng 4. KMO and Bartlett's Test.

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0,856
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	4161,160
	df	190
	Sig.	0,000

Dựa trên điều kiện phù hợp nêu trên, nghiên cứu tiếp tục tiến hành phân tích nhân tố bằng phương pháp trích xuất Principal Component Analysis kết hợp xoay Varimax để xác định cấu trúc các nhóm nhân tố kỹ thuật và công nghệ. Kết quả tại Bảng 5 cho thấy năm nhân tố chính được trích xuất có tổng phương sai giải thích đạt 95,017 %, đáp ứng tốt yêu cầu về khả năng tổng hợp thông tin từ dữ liệu ban đầu và thể hiện cấu trúc khái niệm rõ ràng.

Trên cơ sở kết quả trích xuất năm nhân tố với tổng phương sai giải thích đạt 95,017 %, nghiên cứu tiếp tục thực hiện xoay ma trận nhân tố bằng phương pháp Varimax nhằm làm rõ cấu trúc tải các biến quan sát trên từng nhân tố.

Bảng 5. Phương sai trích và tỷ lệ phương sai được giải thích bởi các nhân tố.

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	5,252	26,261	26,261	5,252	26,261	26,261	3,847	19,234	19,234
2	4,161	20,806	47,067	4,161	20,806	47,067	3,825	19,124	38,358

Comp onent	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
3	3,934	19,670	66,737	3,934	19,670	66,737	3,787	18,934	57,292
4	3,294	16,469	83,206	3,294	16,469	83,206	3,775	18,877	76,169
5	2,362	11,811	95,017	2,362	11,811	95,017	3,770	18,848	95,017
6	0,118	0,588	95,605						
7	0,106	0,530	96,136						
8	0,097	0,486	96,622						
9	0,093	0,465	97,087						
10	0,085	0,427	97,515						
11	0,075	0,377	97,891						
12	0,070	0,351	98,242						
13	0,068	0,339	98,582						
14	0,060	0,300	98,882						
15	0,052	0,260	99,141						
16	0,047	0,235	99,376						
17	0,036	0,181	99,557						
18	0,033	0,165	99,722						
19	0,032	0,158	99,879						
20	0,024	0,121	100,000						
Extraction Method: Principal Component Analysis.									

Bảng 6. Ma trận thành phần đã xoay.

	Component				
	1	2	3	4	5
CN1				0,944	
CN2				0,954	
CN3				0,960	
CN4				0,958	
TH1					0,969
TH2					0,962
TH3					0,969
TH4					0,959
QL1			0,963		
QL2			0,956		
QL3			0,970		
QL4			0,954		
TC1		0,961			
TC2		0,976			
TC3		0,962			
TC4		0,982			
NL1	0,976				
NL2	0,983				
NL3	0,985				
NL4	0,972				
Extraction Method: Principal Component Analysis.					
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.					
a. Rotation converged in 5 iterations.					

Kết quả tại Bảng 6 cho thấy 20 biến quan sát đều có hệ số tải cao (trên 0,94) và phân nhóm rõ ràng theo năm nhân tố lý thuyết ban đầu, bao gồm: i) Hạ tầng kỹ thuật và công nghệ; (ii) Phần mềm BIM và khả năng tích hợp; (iii) Hệ thống quản lý dữ liệu và môi trường cộng tác; (iv) Tiêu chuẩn kỹ thuật và quy trình triển khai; (v) Năng lực kỹ thuật và nguồn nhân lực. Việc phân nhóm này cho thấy tính nhất quán giữa dữ liệu thực nghiệm và mô hình lý thuyết, đồng thời làm cơ sở để tính điểm trung bình nhân tố và đưa vào mô hình hồi quy ở bước tiếp theo.

4.4. Xếp hạng mức độ ảnh hưởng các nhóm nhân tố kỹ thuật và công nghệ

Sau khi kiểm tra mức độ phù hợp của dữ liệu bằng các chỉ số KMO và Bartlett, nghiên cứu tiến hành phân tích hồi quy tuyến tính để đánh giá mức độ ảnh hưởng của từng nhóm nhân tố kỹ thuật và công nghệ tới việc áp dụng BIM trong giai đoạn chuẩn bị dự án đầu tư xây dựng. Các biến độc lập đại diện cho từng nhóm nhân tố được tính toán dựa trên giá trị trung bình của các biến quan sát thành phần [10]. Kết quả hồi quy thể hiện qua hệ số Beta chuẩn hóa, từ đó làm cơ sở để xếp hạng mức độ tác động tương đối của từng nhóm nhân tố. Bảng 5 trình bày cụ thể hệ số Beta và thứ tự xếp hạng các nhóm nhân tố theo mức độ ảnh hưởng từ cao đến thấp.

Bảng 7. Xếp hạng mức độ ảnh hưởng của các nhóm nhân tố kỹ thuật và công nghệ tới việc áp dụng BIM trong quá trình chuẩn bị dự án đầu tư xây dựng theo Beta.

Nhân tố	Beta (chuẩn hóa)	Xếp hạng
Hạ tầng kỹ thuật và công nghệ	0,372	1
Hệ thống quản lý dữ liệu và môi trường cộng tác	0,334	2
Phần mềm BIM và khả năng tích hợp	0,301	3
Tiêu chuẩn kỹ thuật và quy trình triển khai BIM	0,264	4
Năng lực kỹ thuật và nguồn nhân lực	0,205	5

5. Thảo luận kết quả nghiên cứu

• Hạ tầng kỹ thuật và công nghệ

Kết quả hồi quy cho thấy nhóm nhân tố "Hạ tầng kỹ thuật và công nghệ" có hệ số Beta chuẩn hóa cao nhất (0,372), đứng đầu trong năm nhóm được khảo sát. Điều này cho thấy mức độ ảnh hưởng mạnh mẽ của hạ tầng công nghệ đến khả năng áp dụng BIM trong giai đoạn chuẩn bị dự án đầu tư xây dựng.

Nhóm này bao gồm bốn thành phần: hệ thống máy tính, thiết bị phần cứng đáp ứng yêu cầu triển khai BIM (CN1); mạng internet và mạng nội bộ ổn định, tốc độ cao (CN2); có khả năng lưu trữ và truy xuất dữ liệu BIM hiệu quả (CN3); và hệ thống hỗ trợ truy cập và làm việc từ xa với BIM (CN4). Đây là những yếu tố cốt lõi quyết định tính

khả thi của việc triển khai các phần mềm và nền tảng BIM trong môi trường làm việc thực tế.



Hình 1. Hạ tầng kỹ thuật và công nghệ hỗ trợ triển khai BIM.

Nếu thiếu thiết bị phù hợp hoặc mạng truyền tải yếu, khả năng vận hành phần mềm BIM sẽ bị hạn chế, dẫn đến hiện tượng treo máy, chậm xử lý mô hình và khó khăn trong cập nhật dữ liệu. Đồng thời, việc thiếu hạ tầng lưu trữ ổn định hoặc không thể truy cập mô hình từ xa sẽ cản trở đáng kể quá trình phối hợp giữa các bên liên quan trong giai đoạn đầu của dự án. Thực tiễn cho thấy, hiệu quả của BIM không chỉ phụ thuộc vào phần mềm mà còn gắn chặt với điều kiện hạ tầng mà nó vận hành [4]; [6].

Vì vậy, để thúc đẩy việc ứng dụng BIM một cách thực chất, việc đầu tư bài bản vào hạ tầng kỹ thuật và công nghệ nên được xem là ưu tiên hàng đầu trong chiến lược triển khai tại cấp tổ chức.

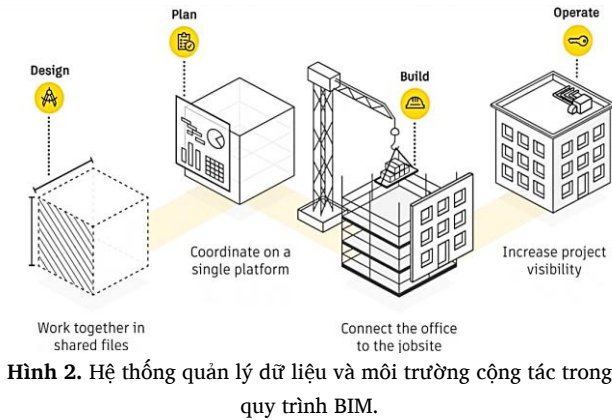
• Hệ thống quản lý dữ liệu và môi trường cộng tác

Nhóm nhân tố "Hệ thống quản lý dữ liệu và môi trường cộng tác" đạt hệ số Beta chuẩn hóa là 0,334, xếp thứ hai trong năm nhóm nhân tố kỹ thuật và công nghệ được phân tích. Kết quả này cho thấy vai trò quan trọng của hệ thống tổ chức và quản trị dữ liệu trong việc đảm bảo hiệu quả áp dụng BIM ngay từ giai đoạn chuẩn bị dự án.

Các thành phần của nhóm này bao gồm: có hệ thống chia sẻ dữ liệu tập trung (CDE) (QL1), hệ thống có phân quyền truy cập và lưu vết chỉnh sửa rõ ràng (QL2), có công cụ phối hợp mô hình và phát hiện xung đột (Clash detection) (QL3), và có khả năng cộng tác đa bên theo thời gian thực (QL4). Đây là các yếu tố không chỉ hỗ trợ lưu trữ – truy cập dữ liệu, mà còn tạo nền tảng cho việc phối hợp giữa các bên liên quan trong môi trường làm việc số hóa.

Thực tiễn triển khai BIM cho thấy, nếu thiếu một hệ thống quản lý dữ liệu tập trung và minh bạch, các đơn vị dễ gặp khó khăn trong việc kiểm soát phiên bản mô hình, phân quyền truy cập và phát hiện sai sót phát sinh do thiếu đồng bộ thông tin. Việc áp dụng CDE kèm theo các chức năng kiểm soát truy cập và phối hợp mô hình là yếu tố

cốt lõi giúp nâng cao tính chính xác, giảm xung đột kỹ thuật và đảm bảo luồng thông tin liền mạch. Khả năng phối hợp và chia sẻ thông tin theo thời gian thực là một trong những lợi thế cốt lõi khi áp dụng BIM, đặc biệt ở giai đoạn tiền thi công [8]; [2].



- Phần mềm BIM và khả năng tích hợp

Nhóm nhân tố “Phần mềm BIM và khả năng tích hợp” đạt hệ số Beta chuẩn hóa là 0,301, xếp thứ ba trong năm nhóm nhân tố được đưa vào mô hình hồi quy. Điều này phản ánh mức độ ảnh hưởng tương đối cao của các yếu tố liên quan đến phần mềm và khả năng tích hợp hệ thống trong việc triển khai BIM ở giai đoạn chuẩn bị dự án.

Các thành phần của nhóm này bao gồm: đơn vị đang sử dụng phần mềm BIM phù hợp với yêu cầu công việc (TH1), các phần mềm BIM có khả năng tương thích và tích hợp với nhau (TH2), dữ liệu BIM có thể xuất/nhập dễ dàng giữa các phần mềm khác (TH3), và phần mềm hỗ trợ định dạng mở như IFC (TH4). Đây là các yếu tố thể hiện khả năng vận hành kỹ thuật của hệ thống BIM ở cấp độ phần mềm và khả năng giao tiếp dữ liệu giữa các nền tảng công nghệ khác nhau.



Hình 3. Minh họa IFC.

Trong thực tiễn, việc triển khai BIM thường gặp trở ngại do sự phân mảnh phần mềm và thiếu tương thích giữa các công cụ được các bên sử dụng. Nếu phần mềm không phù hợp với yêu cầu công việc hoặc không hỗ trợ các định dạng mở, quá trình chia sẻ và phối hợp mô hình sẽ gặp nhiều khó khăn, làm giảm hiệu quả tổng thể của BIM. Việc hỗ trợ định dạng mở như IFC có vai trò đặc biệt quan trọng trong việc đảm

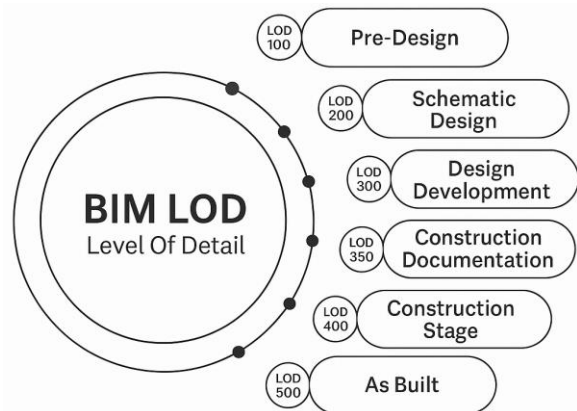
bảo tính tương thích và chia sẻ dữ liệu giữa các hệ thống không đồng nhất [3]; [7].

Như vậy, các tổ chức muốn triển khai BIM hiệu quả cần ưu tiên lựa chọn phần mềm phù hợp với mục tiêu dự án, đồng thời đảm bảo khả năng tích hợp với hệ sinh thái công cụ mà các bên tham gia sử dụng. Đây là điều kiện cần thiết để tránh đứt gãy thông tin và tối ưu hóa khả năng phối hợp kỹ thuật ngay từ giai đoạn đầu của dự án.

- Tiêu chuẩn kỹ thuật và quy trình triển khai BIM

Nhóm nhân tố “Tiêu chuẩn kỹ thuật và quy trình triển khai BIM” có hệ số Beta chuẩn hóa là 0,264, xếp thứ tư trong năm nhóm được đưa vào mô hình phân tích. Tuy không phải là nhóm có mức ảnh hưởng cao nhất, nhưng các yếu tố thuộc nhóm này đóng vai trò quan trọng trong việc thiết lập một khung khổ vận hành thống nhất và đảm bảo tính chuẩn hóa trong quá trình triển khai BIM.

Các thành phần của nhóm bao gồm: đã xây dựng và áp dụng Kế hoạch thực hiện BIM – BEP (TC1), áp dụng các tiêu chuẩn BIM quốc tế hoặc trong nước phù hợp (TC2), có quy trình phối hợp và kiểm soát chất lượng dữ liệu BIM (TC3), và các mức độ phát triển mô hình (LOD) được xác định rõ trong dự án (TC4). Đây là các yếu tố thể hiện tính hệ thống và khả năng kiểm soát chất lượng thông tin trong toàn bộ quá trình chuẩn bị và triển khai BIM.



Việc thiếu quy trình chuẩn và không xác định rõ LOD thường dẫn đến xung đột dữ liệu, chồng lấn trách nhiệm giữa các bên và làm giảm hiệu quả sử dụng BIM. Trong khi đó, việc xây dựng BEP rõ ràng và áp dụng tiêu chuẩn nhất quán sẽ giúp đảm bảo tính thống nhất về phạm vi, mục tiêu và cách thức trao đổi thông tin giữa các bên. Tiêu chuẩn hóa là điều kiện tiên quyết để BIM có thể triển khai ở quy mô lớn và trong môi trường hợp tác đa bên. Vì vậy, việc hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn và quy trình áp dụng BIM không chỉ giúp nâng cao chất lượng quản lý thông tin mà còn hỗ trợ giảm thiểu rủi ro kỹ thuật trong các giai đoạn tiếp theo của dự án.

- Năng lực kỹ thuật và nguồn nhân lực

Nhóm nhân tố “Năng lực kỹ thuật và nguồn nhân lực” có hệ số Beta chuẩn hóa thấp nhất trong mô hình (0,205), xếp thứ năm trong số các nhóm được khảo sát. Tuy mức độ ảnh hưởng tương đối thấp hơn

so với các yếu tố khác, nhưng vai trò của con người vẫn là điều kiện cần thiết để đảm bảo BIM được vận hành hiệu quả và bền vững.

Các thành phần của nhóm này bao gồm: nhân sự được đào tạo bài bản về BIM và phần mềm liên quan (NL1), đơn vị có chuyên gia BIM hoặc người phụ trách BIM chuyên trách (NL2), có chương trình đào tạo nội bộ và cập nhật công nghệ BIM thường xuyên (NL3), và nhân sự có khả năng phối hợp BIM với các bên liên quan hiệu quả (NL4). Đây là những yếu tố phản ánh trực tiếp năng lực triển khai BIM từ phía đội ngũ thực hiện.

Thực tế cho thấy, dù có đầy đủ hạ tầng và phần mềm hiện đại, nếu thiếu đội ngũ nhân sự có chuyên môn và kỹ năng phối hợp, việc ứng dụng BIM vẫn gặp nhiều cản trở. Các nghiên cứu gần đây đã chỉ ra rằng việc thiếu hụt nhân sự am hiểu BIM là một trong những rào cản lớn trong quá trình chuyển đổi số của ngành xây dựng, đặc biệt ở các nước đang phát triển [1]; Manzoor et al., 2025). Ngoài ra, khả năng duy trì chương trình đào tạo cập nhật cũng là yếu tố sống còn trong bối cảnh công nghệ BIM không ngừng thay đổi.

Kết quả phân tích cho thấy các tổ chức cần đầu tư vào nguồn nhân lực không chỉ ở giai đoạn ban đầu mà còn xuyên suốt quá trình triển khai BIM, thông qua đào tạo định kỳ, phân công rõ ràng vai trò chuyên trách và xây dựng cơ chế phối hợp nội bộ hiệu quả.

6. Kết luận

Việc áp dụng BIM trong giai đoạn chuẩn bị dự án đầu tư xây dựng chịu ảnh hưởng bởi nhiều nhân tố kỹ thuật và công nghệ có tính chất nền tảng và liên kết chặt chẽ với nhau. Nghiên cứu đã làm rõ năm nhóm nhân tố chính có ảnh hưởng đến khả năng triển khai BIM, trong đó hạ tầng kỹ thuật và công nghệ đóng vai trò nổi bật. Kết quả này khẳng định tầm quan trọng của việc đảm bảo điều kiện kỹ thuật đồng bộ, tiêu chuẩn hóa quy trình và nâng cao năng lực chuyên môn để BIM có thể được áp dụng hiệu quả và bền vững.

Những kết quả thu được góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho việc nhận diện các ưu tiên chiến lược trong triển khai BIM, đồng thời

mở ra hướng tiếp cận có hệ thống trong nghiên cứu và hoạch định chính sách ứng dụng công nghệ số trong lĩnh vực xây dựng. Đây cũng là tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo mở rộng sang các giai đoạn khác trong vòng đời dự án.

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyen Quoc Toan, Nguyen Van Tam, Tran Ngoc Diep, Pham Xuan Anh (2022), "Adoption Of Building Information Modeling In The Construction Project Life Cycle: Benefits For Stakeholders", *Architecture and Engineering*, Volume 7, Issue 1 (2022).
- [2] Numan, M. N. (2024), "BIM and Risk Management: A Review of Strategies for Identifying, Analysing and Mitigating Project Risks", *Journal of Engineering Research and Sciences*, 3(1): 20–26.
- [3] Elbehairy, H., Elbeltagi, I. & Abdrabou, B. (2022), "Integrated model for BIM and risk data in construction projects", *Engineering Research Express*, IOP Publishing.
- [4] Wu, C., Zhang, Y. & Xu, J. (2024), "BIM driven sustainable safety management solutions in complex projects", *Construction Materials & Builtenv*, Elsevier.
- [5] Thủ tướng Chính phủ (2023), *Quyết định số 258/QĐ-TTg, Phê duyệt lộ trình áp dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng*, ngày 17 tháng 03 năm 2023.
- [6] Thái Ngọc Thắng, Lê Văn Chính & Bùi Ngọc Toàn (2023), "Một số nhân tố ảnh hưởng khi ứng dụng BIM trong quản lý dự án xây dựng tại Việt Nam", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*, Số 81, tr. 117–125.
- [7] Pereira, F., Silva, L. & Matos, R. (2025), "BIM for safety: applying real time monitoring technologies to prevent falls from height", *Applied Sciences*, MDPI.
- [8] Kim, D., Park, H. & Lee, S. (2024), "Automated safety risk assessment framework by integrating data and 4D BIM", *Buildings*, MDPI.
- [9] ISO (2018), *ISO 19650-1 & 19650-2: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM – Information management using building information modelling*. ISO, Thụy Sĩ.
- [10] Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2009), *Multivariate Data Analysis*, 6th ed., Pearson Prentice Hall.