

Đánh giá hiệu quả của việc ứng dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong quản lý thiết kế dự án hạ tầng kỹ thuật đô thị

Nguyễn Anh Thư^{1,2}, Nguyễn Thanh Phong^{3,4*}, Trần Anh Hàn^{1,2}

¹ Bộ môn Thi Công & Quản lý xây dựng, Khoa Kỹ Thuật Xây Dựng, Trường Đại học Bách Khoa TP.HCM

² Đại học Quốc Gia Thành phố Hồ Chí Minh

³ Bộ môn Quản Lý Dự Án Xây Dựng, Khoa Xây Dựng, Trường Đại Học Mở Thành Phố Hồ Chí Minh, Thành Phố Hồ Chí Minh

⁴ Nhóm nghiên cứu liên ngành về Quản lý dự án & Tri Thức Chuyên nghiệp (K2P), Trường Đại học Mở Thành Phố Hồ Chí Minh, Thành Phố Hồ Chí Minh

TỪ KHÓA

Hạ tầng kỹ thuật
Ứng dụng mô hình BIM
Hiệu quả dự án
Quản lý thiết kế công trình
BIM trong hạ tầng

TÓM TẮT

Trong lĩnh vực hạ tầng kỹ thuật, thiết kế và quản lý dự án đối mặt với nhiều rủi ro, ảnh hưởng đáng kể đến chi phí, chất lượng và tiến độ của dự án. Nghiên cứu này sẽ khám phá lợi ích và thách thức của việc sử dụng mô hình thông tin công trình (Building Information Modeling - BIM) trong quá trình thiết kế và quản lý dự án hạ tầng kỹ thuật, đặc biệt là so sánh và đánh giá tính hiệu quả trong quy trình thiết kế với phương pháp thiết kế 2D truyền thống. Nghiên cứu tập trung vào việc phân tích những hạn chế của phương pháp thiết kế 2D và đề xuất quy trình thiết kế mới sử dụng BIM. Điều này bao gồm việc đánh giá hiệu quả của BIM thông qua nghiên cứu điển hình và khảo sát ý kiến từ các chuyên gia trong lĩnh vực. Kết quả cho thấy BIM cung cấp một giải pháp hiệu quả hơn, giúp cải thiện quản lý dự án, đảm bảo chất lượng và tiến độ, đồng thời tối ưu hóa chi phí. BIM đem lại sự minh bạch và chính xác trong quá trình thiết kế và quản lý dự án, giúp giảm thiểu rủi ro và tăng cường khả năng dự báo. Việc áp dụng BIM không chỉ là một bước tiến công nghệ trong ngành hạ tầng kỹ thuật mà còn góp phần vào sự thành công và bền vững của các dự án hạ tầng trong tương lai.

KEYWORDS

Technical Infrastructure
Application of BIM
Project Efficiency
Design Management
BIM in Infrastructure

ABSTRACT

Numerous risks in design and management of infrastructure projects significantly impact their cost, quality, and schedule. This study investigates the benefits and challenges of utilizing Building Information Modeling (BIM) in the design and management of technical infrastructure projects. It focuses on comparing and evaluating its effectiveness against traditional 2D design methods. The research centers on analyzing the limitations of the 2D design approach and proposes a new design process utilizing BIM. This includes evaluating the effectiveness of BIM through case studies and surveys of experts in the field. The findings suggest that BIM offers a more effective solution, enhancing project management, ensuring quality and schedule adherence, and optimizing costs. BIM brings transparency and accuracy to the design and project management process, reducing risks and improving forecasting abilities. The adoption of BIM represents a technological advancement in the technical infrastructure sector and contributes to the success and sustainability of future infrastructure projects.

1. Giới thiệu

Trong bối cảnh hội nhập với cuộc cách mạng công nghệ 4.0, việc ứng dụng các tiến bộ kỹ thuật vào phát triển dự án hạ tầng kỹ thuật ngày càng trở nên cấp thiết. Điều này sẽ giúp ngành xây dựng ngày càng đáp ứng nhu cầu nhà ở của xã hội và góp phần thúc đẩy tăng trưởng kinh tế của quốc gia. Các công trình hạ tầng, nếu được đầu tư và quản lý một cách khoa học, không chỉ nâng cao chất lượng sống cho cộng đồng dân cư mà còn kiến tạo một nền tảng vững chắc cho sự liên

kết giữa các vùng miền. Do đó, nó sẽ đẩy mạnh sự phát triển của các khu vực vệ tinh xung quanh các đô thị lớn.

Trong giai đoạn chuẩn bị dự án, các công tác liên quan đến thiết kế và thi công đóng vai trò rất quan trọng cho sự thành công của dự án. Chính vì vậy, nhà thầu và các đơn vị tư vấn thiết kế đòi hỏi phải nghiên cứu và áp dụng các giải pháp kỹ thuật tiên tiến nhằm đảm bảo sự hiệu quả về kinh tế và kỹ thuật, đồng thời tiết kiệm chi phí và thời gian. Mô hình thông tin công trình (BIM), được nhấn mạnh trong các quyết định và nghị định của chính phủ như Quyết định số 2500/QĐ-TTg, Nghị định số 15/2021/NĐ-CP và Quyết định số 258/QĐ-TTg,... đang dần trở

*Liên hệ tác giả: phong.nt@ou.edu.vn

Nhận ngày 30/11/2023, sửa xong ngày 05/01/2024, chấp nhận đăng 10/01/2024

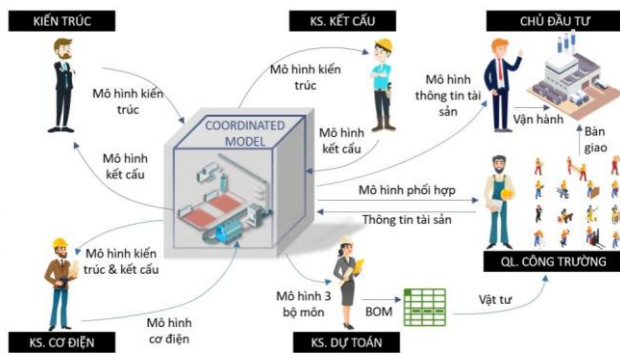
Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.01.2024.627>

thành công cụ không thể thiếu trong quản lý và thiết kế hạ tầng đô thị. Tuy nhiên, việc triển khai BIM trong các dự án còn gặp phải những thách thức liên quan đến quy định, ngân sách, và khung pháp lý. Nó đòi hỏi các đơn vị tư vấn thiết kế và thi công phải nhanh chóng thích nghi với các chủ trương mới và tìm ra giải pháp để áp dụng một cách hiệu quả.

Chính vì lẽ đó, việc đánh giá hiệu quả của việc sử dụng BIM trong quản lý và thiết kế công trình hạ tầng kỹ thuật đô thị trở nên cần thiết và có ý nghĩa thực tiễn cao. Nhà thầu và các đơn vị tư vấn thiết kế cần có sự đánh giá các vấn đề và các nguyên nhân phát sinh trong quá trình thiết kế. Từ đó, họ sẽ đề xuất các biện pháp để cải thiện và nâng cao chất lượng hồ sơ thiết kế và tối ưu hóa chi phí cũng như thời gian thực hiện dự án. Đồng thời, sự chấp thuận của Thủ tướng Chính phủ đối với dự thảo quyết định về lộ trình áp dụng BIM càng khẳng định vai trò và tầm quan trọng của việc số hóa trong lĩnh vực xây dựng hạ tầng kỹ thuật, hướng đến việc tăng cường độ chính xác và hiệu quả trong quản lý dự án.

2. Tổng quan về BIM trong thiết kế và quản lý thiết kế công trình hạ tầng kỹ thuật

“Building Information Modeling, hay còn gọi là BIM, là thuật ngữ dùng để mô tả quá trình tạo ra và quản lý dữ liệu của một công trình xây dựng thông qua phần mềm mô hình hóa. Khái niệm BIM được đưa ra lần đầu tiên vào những năm 1970, nhưng nó chỉ thực sự bắt đầu được phổ biến rộng rãi khi các công ty phần mềm như Autodesk bắt đầu giới thiệu các sản phẩm liên quan đến BIM vào đầu thế kỷ 21 [1].”



Hình 1. BIM trong ngành xây dựng [2].

2.1. Trong thiết kế hạ tầng kỹ thuật

BIM cho phép thiết kế phối hợp giữa các bộ môn, từ kỹ thuật cơ sở hạ tầng đến kiến trúc, cơ điện, cơ khí và cấp thoát nước trong một mô hình đồng nhất. Các công cụ BIM hỗ trợ phát hiện xung đột và đánh giá các giải pháp thiết kế để tối ưu hóa không gian và chức năng của cơ sở hạ tầng từ đó xử lý xung đột nhanh chóng và hiệu quả [3].

Với các dự án đầu tư xây dựng công trình hạ tầng kỹ thuật, BIM có thể được sử dụng cho rất nhiều mục đích khác nhau xuyên suốt vòng đời công trình [4].

2.2. Trong quản lý thiết kế hạ tầng kỹ thuật

BIM là một quy trình công nghệ thông tin quan trọng trong ngành Xây dựng. Việc quản lý thiết kế dự án hạ tầng kỹ thuật có thể tập trung vào các khía cạnh sau:

Quản lý về thông tin: Sử dụng công nghệ BIM để quản lý thông tin một cách hiệu quả, đảm bảo thông tin thiết kế được cập nhật và chia sẻ liên tục và chính xác giữa các bên liên quan. Điều này giúp tối ưu hóa quyết định và giảm thiểu sai sót trong quá trình thiết kế.

Lập kế hoạch và tiến độ dự án: Ứng dụng 4D BIM để theo dõi tiến độ công việc và phối hợp các hoạt động xây dựng một cách hiệu quả. Việc kết hợp thông tin thời gian vào mô hình BIM giúp quản lý dự án dễ dàng nhận diện và giải quyết các vấn đề về lịch trình và nguồn lực.

Quản lý về chi phí: 5D BIM tích hợp ước tính chi phí trực tiếp vào mô hình, giúp theo dõi ngân sách và kiểm soát chi phí dự án.

Bảo trì và vận hành: Với 6D và 7D BIM, quản lý dự án có thể lập kế hoạch cho bảo trì và vận hành dài hạn của cơ sở hạ tầng, dựa trên dữ liệu chi tiết từ quá trình thiết kế và xây dựng.

2.3. Các nghiên cứu trước đây

Các nghiên cứu ngoài nước gần đây đã chú trọng vào việc khám phá và đánh giá các rủi ro liên quan đến việc áp dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong các dự án xây dựng. Kuo-Feng Chien và cộng sự (2014) đã sử dụng phương pháp DEMATEL để xác định các yếu tố rủi ro chính, từ đó đề xuất các chiến lược phản ứng rủi ro [5]. Jia-Ruey Chang và Ho-Szu Lin (2016) nhấn mạnh việc ứng dụng BIM vào quản lý hạ tầng ngầm, cải thiện hiệu suất và giảm xung đột [6].

Các nghiên cứu khác như của Heap Yih Chong và cộng sự (2016) phân tích ảnh hưởng của văn hóa và quản lý đến việc triển khai BIM trong các dự án đường lớn ở Úc và Trung Quốc [7]. Gianluca Dell'Acqua (2017) giới thiệu I-BIM, hướng dẫn sử dụng chi tiết về tiến độ và chi phí trong xây dựng hạ tầng [8]. Nghiên cứu của Y.H. Liao và Y.C. Lin (2017) cho thấy việc sử dụng CIM trong đánh giá xây dựng đường cao tốc giúp giảm thiểu rủi ro và cải thiện chất lượng công trình [9].

Các tác giả như Giovanna Acampa và cộng sự (2018), Salvatore Antonio Biancardo và cộng sự (2020) đều nhấn mạnh lợi ích của việc áp dụng BIM trong thiết kế và quản lý hạ tầng, đồng thời ghi nhận những thách thức trong quá trình triển khai [10, 11].

Cuối cùng, nghiên cứu của Samimpay và cộng sự (2020) đã chỉ ra rằng BIM có thể cải thiện sự hợp tác và quản lý dự án, từ đó nâng cao hiệu suất và giảm chi phí [12].

Tại Việt Nam, sự quan tâm đối với BIM trong các dự án hạ tầng đã dần được tăng lên, với nhiều nghiên cứu khẳng định tiềm năng và thách thức của việc áp dụng công nghệ này. Lê Hoài Nam và cộng sự (2018) đã phân tích infra-BIM, với sự khác biệt so với BIM truyền thống và các đề xuất để thúc đẩy BIM ở Việt Nam [4]. Tạ Ngọc Bình và Trần Hồng Mai (2018) nhấn mạnh vai trò của chính phủ trong việc hỗ trợ BIM qua khung pháp lý [13]. Trần Anh Tuấn và Trần Tuấn Kiệt (2020)

tập trung vào nhận thức của chuyên gia và rào cản trong việc sử dụng BIM tại Lâm Đồng [14].

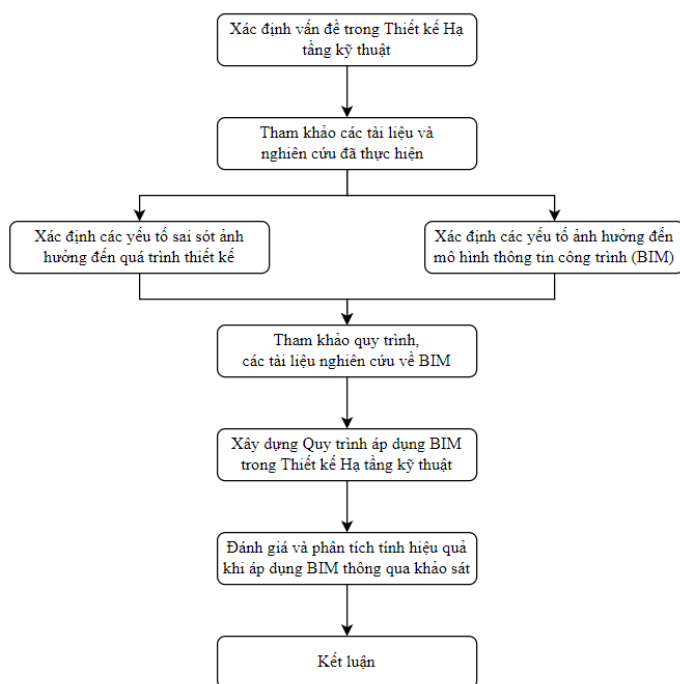
Các bài báo khác như của Hà Duy Khánh và Huỳnh Trung Hiếu (2020), Ngô Thanh Thủy và cộng sự (2021), cũng như Nguyễn Minh Ngọc và cộng sự (2023), đều chỉ ra lợi ích và rào cản khi ứng dụng BIM, từ việc đầu tư công nghệ đến đào tạo nhân lực và chuẩn hóa quy trình BIM [1, 15, 16]. Các nghiên cứu này cung cấp cái nhìn sâu sắc về sự cần thiết của việc áp dụng BIM, góp phần định hình tương lai hạ tầng kỹ thuật đô thị tại Việt Nam.

Ngoài ra, các nghiên cứu gần đây đã chỉ ra rằng sự kết hợp của BIM và quét Laser 3D trong xây dựng không chỉ nâng cao độ chính xác và hiệu quả quản lý khối lượng công trình, mà còn tối ưu hóa quy trình làm việc, đặc biệt trong quản lý dự án [17, 18].

3. Phương pháp nghiên cứu

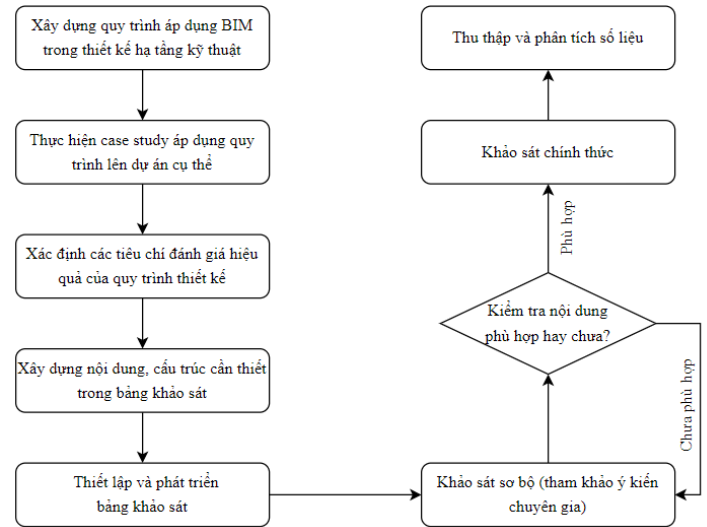
Hình 2 mô tả các bước phát triển và triển khai Building Information Modeling (BIM) trong lĩnh vực thiết kế hạ tầng kỹ thuật. Bắt đầu bằng việc xác định những vấn đề cốt lõi, với việc tham khảo tài liệu và nghiên cứu hiện có. Từ đó, xác định các yếu tố có thể gây ra sai sót trong thiết kế và những yếu tố ảnh hưởng đến việc áp dụng BIM, dẫn đến việc cần thiết xây dựng một quy trình áp dụng BIM cụ thể. Cuối cùng, hiệu quả của việc áp dụng BIM được đánh giá thông qua khảo sát, và quy trình kết thúc bằng việc rút ra kết luận từ các phân tích. Quy trình này đóng vai trò quan trọng trong việc tối ưu hóa việc quản lý và triển khai công nghệ BIM để nâng cao chất lượng thiết kế và hiệu quả của các dự án Hạ tầng kỹ thuật.

Quy trình nghiên cứu:



Hình 2. Trình tự các bước thực hiện nghiên cứu.

Bước so sánh và đánh giá tính hiệu quả của việc áp dụng BIM so với việc thiết kế CAD 2D thông thường thông khảo sát lấy ý kiến đánh giá đại trà và phỏng vấn chuyên gia. Thực hiện thống kê mô tả và kiểm định độ tin cậy thang đo Cronbach's Alpha để đưa ra kết luận độ tin cậy của nghiên cứu.



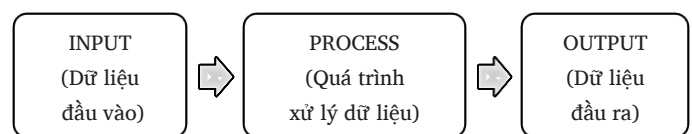
Hình 3. Quy trình thu thập dữ liệu đánh giá hiệu quả của quy trình thiết kế.

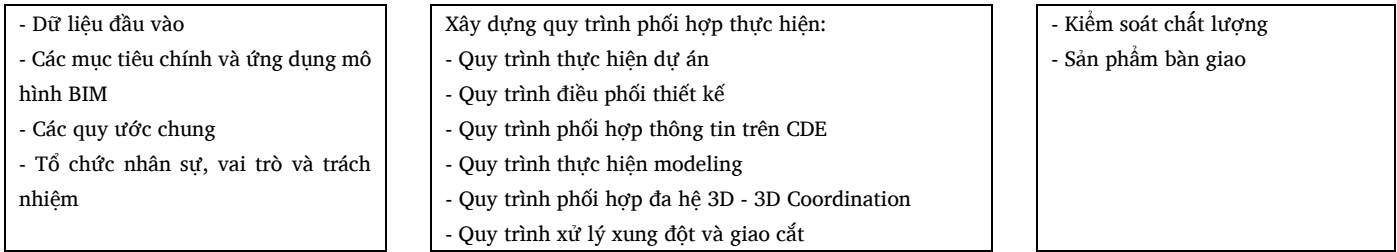
Trong nghiên cứu này, bảng khảo sát được cấu trúc thành bốn phần chính nhằm đánh giá tính hiệu quả của quy trình BIM trong lĩnh vực thiết kế hạ tầng kỹ thuật. Phần đầu tiên tập trung vào việc thu thập thông tin phân loại những người tham gia để xác định đặc điểm và mức độ liên quan của họ tới dự án BIM. Phần thứ hai cung cấp một cái nhìn tổng quan về quy trình BIM để người tham gia có thể hình dung rõ ràng nội dung cần được đánh giá. Phần thứ ba sử dụng thang đo Likert năm mức độ để người tham gia có thể đánh giá các khía cạnh cụ thể của quy trình BIM, từ tích hợp dữ liệu đến khả năng mô phỏng và phân tích. Phần cuối cùng nhằm mục tiêu thu thập phản hồi về sự phù hợp và tiềm năng của quy trình BIM trong thực tiễn áp dụng.

Để đảm bảo tính khách quan và độ tin cậy của dữ liệu thu thập, Cronbach's Alpha được áp dụng, với giá trị từ 0,70 trở lên được coi là chấp nhận được và từ 0,80 trở lên được đánh giá là tốt, phản ánh sự nhất quán và đáng tin cậy của các chỉ mục khảo sát.

4. Xây dựng quy trình áp dụng BIM trong dự án hạ tầng kỹ thuật

Mô hình BIM được xây dựng theo quy trình rút gọn như sau:





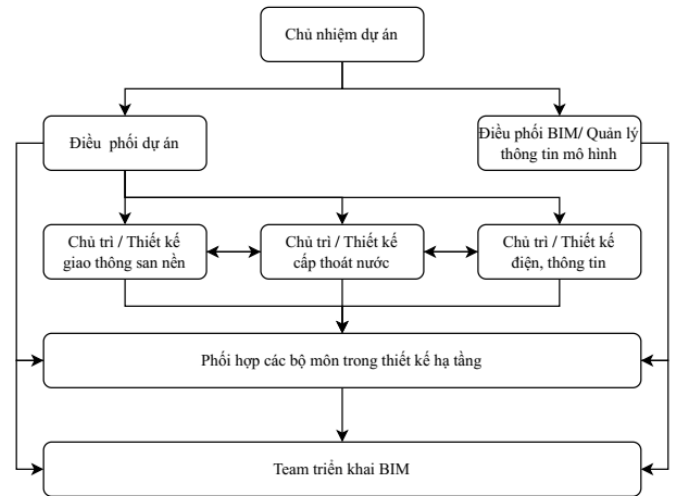
Hình 4. Quy trình xây dựng mô hình BIM.

4.1. Input (Dữ liệu đầu vào)

Trong việc phát triển mô hình thông tin cho hệ thống hạ tầng kỹ thuật, việc cung cấp dữ liệu đầu vào chính xác là cực kỳ quan trọng. Các yếu tố như quy hoạch chi tiết xây dựng, báo cáo khảo sát địa chất và địa hình, cùng với hiện trạng hệ thống hạ tầng, đều cần tuân thủ tọa độ VN2000 để đảm bảo tính chính xác và nhất quán trong toàn bộ dự án.

Các phân tích và đánh giá được thực hiện qua nhiều giai đoạn của dự án, từ việc sử dụng BIM trong thiết kế, thi công, đến khả năng phát hiện sớm các vấn đề trong quá trình xây dựng. Nghiên cứu cũng đề cập đến việc tích hợp BIM với các công nghệ thông tin hiện đại để phát triển các quy trình quản lý mới, đồng thời đánh giá khả năng áp dụng mô hình này cho các dự án khác.

Trong việc triển khai BIM, mỗi người tham gia dự án từ chủ nhiệm đến các kỹ thuật viên BIM đều có vai trò và trách nhiệm cụ thể. Chủ nhiệm dự án chịu trách nhiệm về tính chính xác của dữ liệu đầu vào và quản lý công việc tổng thể, chủ trì bộ môn và kỹ thuật viên BIM tập trung vào các chi tiết cụ thể và đảm bảo chất lượng thông tin. Đối với quản lý BIM, nhiệm vụ chính là xác định chiến lược triển khai BIM, điều phối BIM đảm bảo sự phối hợp và cập nhật thông tin giữa các bên liên quan. Sau đây là một sơ đồ tổ chức nhân sự được đề xuất:



Hình 5. Sơ đồ tổ chức nhân sự thực hiện dự án triển khai BIM.

Ngoài ra, tất cả các hệ thống hạ tầng kỹ thuật cần phải đặt tên cho các bộ lọc màu sắc của nó theo một cấu trúc bộ lọc màu thống nhất, được áp dụng một cách nhất quán trong suốt dự án. Các bộ môn sẽ thực hiện cập nhật bảng màu theo hướng dẫn bên dưới:

Bảng 1. Quy ước màu sắc cho các hạng mục hạ tầng trong dự án [19].

Hạng mục	Màu sắc	R	G	B
Hệ thống đường giao thông		220	220	220
Mạng lưới thoát nước mưa		0	0	255
Mạng lưới thoát nước thải		100	50	150
Mạng lưới cấp nước		0	180	255
Mạng lưới chiếu sáng		255	150	0
Mạng lưới cấp điện		255	250	0
Mạng lưới thông tin liên lạc		0	255	0

Nghiên cứu này không chỉ nhằm đánh giá hiệu quả của BIM trong một dự án cụ thể mà còn nhấn mạnh tầm quan trọng của việc xây dựng một hệ thống quản lý dự án hạ tầng kỹ thuật tích hợp công nghệ BIM. Mục tiêu là tạo ra một mô hình có thể được áp dụng rộng rãi, đồng thời tối ưu hóa các quy trình làm việc và nâng cao hiệu quả trong quản lý dự án.

4.2. Process (Quá trình xử lý dữ liệu)

Mục đích chính của quá trình thực hiện dự án là sử dụng công nghệ BIM để mô phỏng và cải thiện hiệu quả trong thiết kế, xây dựng và quản lý hạ tầng. BIM tạo ra mô hình 3D thông minh, cho phép các bên liên quan dễ dàng truy cập và phân tích thông tin công trình, từ đó cải thiện sự hợp tác, giảm thiểu rủi ro và tối ưu hóa chi phí và thời gian.

Nguyên cứu tập trung mô tả chi tiết quy trình thực hiện dự án, bao gồm các bước từ việc tiếp nhận dữ liệu đầu vào đến giai đoạn nghiệm thu và thanh lý hợp đồng. Chi tiết hóa trách nhiệm của các bên

liên quan trong quá trình thiết kế, phát triển mô hình BIM và phối hợp thông tin trên CDE (Common Data Environments). Cụ thể quy trình thể hiện thông qua ma trận RACI:

Bảng 2. Ma trận RACI thể hiện quy trình dòng thực hiện dự án từ khi bắt đầu đến khi kết thúc.

STT	Người thực hiện Sơ đồ quy trình	Chủ nhiệm dự án	Điều phối dự án	Điều phối BIM	Chủ trì thiết kế (Các bộ môn HTKT)	Team thiết kế	Team BIM	KCS	Đơn vị Thẩm tra	Chủ đầu tư	Các bên liên quan
1	Tiếp nhận dự án, số liệu đầu vào	R	I	I						A	
2	Phân tích dữ liệu đầu vào, đánh giá và làm rõ thiết kế	A	I		C	R					
3	Lập đề cương nhiệm vụ thiết kế	A	I		C	R			C	I	
4	Họp kick - off triển khai	R	R	R	R	I	I		R	A	R
5	Thiết lập CDE	R							R	A	R
6	Lập hồ sơ thiết kế	A	I	I	C	R	C		I	I	
7	Tạo mô hình BIM	A	I	C	I	I	R			I	
8	Phối hợp mô hình	A	I	C	C	R	R	C		I	I
9	Kiểm tra xung đột	A	I	C	C	R	R	C		C	
10	Xác định các dạng vấn đề trên mô hình	I	I	I	C	C	C	R		A	R
11	Quản lý và xử lý các vấn đề của mô hình	A	I	I	C	R	R	C		I	C
12	Cập nhật mô hình BIM	A	I	C	C	C	R	I		I	I
13	Xuất bản vẽ (PDF, CAD)	I	I	I	I	R	R	I	I	A	I
14	Xác nhận hoàn thành thiết kế	R	I	I	I	I	I	I	R	A	I
15	Bàn giao thiết kế	R	I	I	I				I	A	I
16	Lưu trữ hồ sơ thiết kế	R	R	R	R				R	A	R
17	Thực hiện công tác giám sát tác giả	I	I		R	R				A	I
18	Nghiệm thu và thanh lý quyết toán hợp đồng	R								A	

Chọn Môi trường Dữ liệu chung (CDE): CDE là trung tâm để thu thập, bảo quản, quản lý và phân phối dữ liệu hình học và phi hình học cho dự án. Mỗi dự án chỉ dùng một CDE để hỗ trợ hợp tác giữa các bên tham gia. Vì vậy, việc chọn một CDE phù hợp và hiệu quả là hết sức quan trọng. Trong nghiên cứu này sẽ chọn CDE của Autodesk, cụ thể là nền tảng BIM 360 docs.

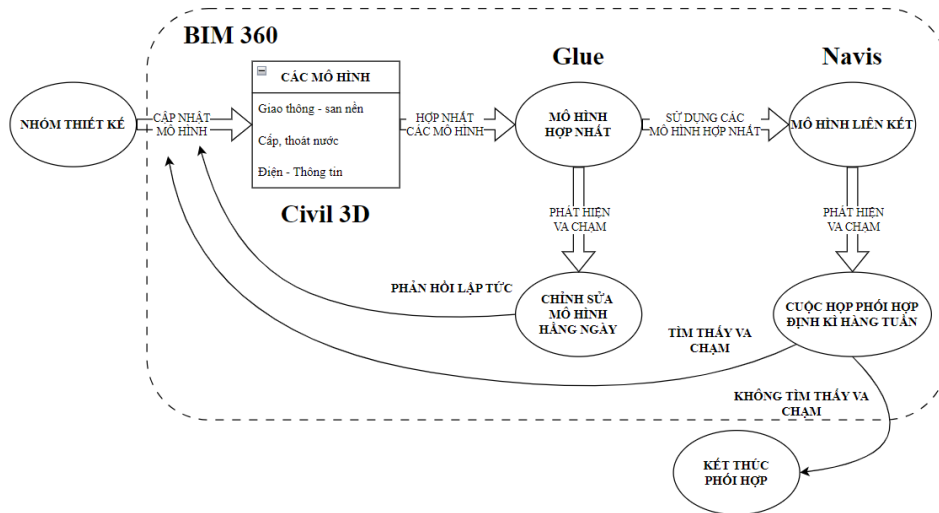
Trong quá trình xây dựng mô hình, sự phối hợp giữa nhóm thiết kế và nhóm BIM là rất quan trọng. Nhóm thiết kế phát triển công trình dựa trên yêu cầu kỹ thuật, sau đó chuyển thông tin cho nhóm BIM để xây dựng mô hình chính xác. Quá trình này cần nhiều sự tham vấn từ Điều phối BIM. Phối hợp mô hình giữa hai nhóm và kiểm soát chất lượng giúp kiểm tra chất lượng sản phẩm thiết kế và mô hình BIM. Từ đó, phân tích và giải quyết xung đột từ mô hình BIM hoàn chỉnh, nhằm giảm rủi ro trong xây dựng.

Ứng dụng BIM phối hợp 3D, do tư vấn thiết kế và nhà thầu thực hiện trong giai đoạn thiết kế và thi công, giúp giải quyết và tránh xử lý tại công trường. Quy trình kết hợp giữa offline và online sử dụng phần mềm Civil 3D, Glue và Naviswork Manage.

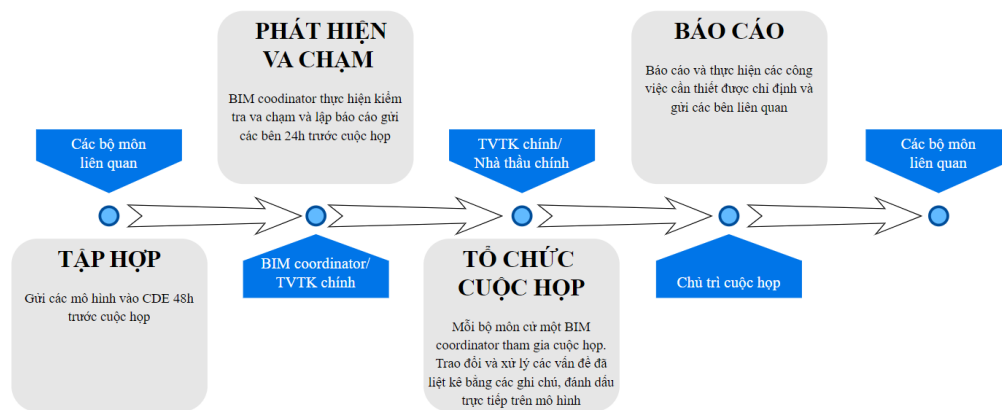
Để quá trình triển khai dự án mạch lạc các bộ môn liên quan gửi mô hình vào CDE trước cuộc họp. Quy trình thực hiện sau nhằm chỉ ra hướng phối hợp và góp ý kiểm tra tiết kiệm thời gian và đẩy nhanh tiến độ triển khai của dự án (Hình 7).

Lưu ý, quá trình phối hợp triển khai cần tuân thủ khoảng cách giữa các hạng mục hạ tầng, có thể áp dụng theo Mục 2.15 Yêu cầu về bố trí công trình hạ tầng kỹ thuật ngầm, bảng B2.30, QCVN 01:2021/BXD [20], hoặc được chấp thuận từ chủ đầu tư, nếu vị trí đó gặp khó khăn về không gian bố trí các hạng mục hạ tầng. Các giá trị này được sử dụng tham chiếu để kiểm tra trên Naviswork và xem nó là một giao cắt để xử lý các vấn đề về phối hợp 3D.

Sau khi đã xử lý và giải quyết các vấn đề giao cắt và xung đột, tiến hành tổng hợp tất cả các đường dây và đường ống từ các hạng mục khác nhau thành một mô hình hoàn chỉnh. Mô hình hoàn thiện này sau đó sẽ được xuất ra để sử dụng trong các bước tiếp theo của dự án, như lập kế hoạch thi công, dự toán chi phí, và thẩm định kỹ thuật.



Hình 6. Sơ đồ minh họa phối hợp 3D điển hình.



Hình 7. Sơ đồ quy trình phối hợp 3D cụ thể.

4.3. Output (Dữ liệu đầu ra)

Mô hình 3D chi tiết từ BIM cung cấp thông tin về kích thước, vật liệu, và vị trí của từng hạng mục công trình, nâng cao hiệu quả quản lý dự án. Quá trình kiểm soát chất lượng đặc biệt nghiêm ngặt, với việc sử dụng các checklist chất lượng từ Chủ đầu tư, đảm bảo tính chính xác và phản ánh đúng ý đồ thiết kế. Ngoài ra, việc kiểm soát tuân thủ các tiêu chuẩn kỹ thuật và pháp lý không chỉ cần thiết cho việc thi công mà còn quan trọng cho việc duy trì và quản lý công trình về lâu dài.

5. Kết quả của nghiên cứu

Dựa vào thực trạng và các rào cản liên quan đến thiết kế hạ tầng theo các nghiên cứu trước đây được tổng hợp trong mục 2.3, tiếp đến dựa vào nghiên cứu quy trình áp dụng mô hình BIM 3D được đưa ra trong mục 4. Từ đó, có thể so sánh các yếu tố khác biệt giữa các phương án thiết kế như Bảng 3.

Bảng so sánh này cho thấy những khác biệt rõ rệt giữa hai phương pháp thiết kế, từ khả năng thể hiện không gian, thời gian và

công sức, đến cách quản lý và cập nhật dự án, rủi ro sai sót, cũng như khả năng trình bày và thuyết phục các bên liên quan. Dự án hạ tầng 3D sử dụng BIM mang lại nhiều lợi ích hơn về mặt hiệu quả và chất lượng thiết kế, tuy nhiên cũng đòi hỏi đầu tư lớn hơn so với phương pháp CAD 2D truyền thống.

5.1. Kết quả khảo sát và phân tích số liệu khảo sát

Trong nghiên cứu này, tác giả đã sử dụng khảo sát trực tuyến thông qua Google Forms. Từ 52 bảng trả lời khảo sát thu được, 48 bảng đáp ứng tiêu chí về tính đầy đủ và hợp lệ, trong khi 4 bảng còn lại không tuân thủ các tiêu chuẩn và đã bị loại bỏ khỏi dữ liệu phân tích cuối cùng.

Trong khảo sát các tiêu chí đánh giá mức độ hiệu quả của quy trình thiết kế với 11 tiêu chí đánh giá được xếp hạng theo trị số trung bình như Bảng 4.

Tiêu chí TC5, “Phát hiện và giải quyết xung đột” đạt xếp hạng cao nhất trong việc đánh giá hiệu quả của BIM trong dự án Hạ tầng kỹ thuật. Điều này phản ánh tầm quan trọng của việc sử dụng BIM để phát

hiện sớm và giải quyết các xung đột giữa hệ thống hạ tầng là rất cần thiết, giúp giảm thiểu rủi ro và cải thiện chất lượng dự án. BIM đóng vai trò quan trọng trong việc tối ưu hóa quyết định, tăng cường giao tiếp và hợp tác giữa các bên liên quan, cũng như tiết kiệm thời gian và nguồn lực, đưa TC5 trở thành tiêu chí hàng đầu.

Bảng 3. So sánh các tiêu chí đánh giá hiệu quả dự án Hạ tầng kỹ thuật khi áp dụng CAD 2D và BIM 3D.

Tiêu chí	Dự án thiết kế hạ tầng 2D (CAD 2D)	Dự án hạ tầng 3D (BIM 3D)
Khả năng thể hiện về không gian	Giới hạn trong việc thể hiện không gian 3 chiều; bản vẽ 2D không cung cấp cái nhìn trực quan và chi tiết về mô hình 3D.	Cung cấp cái nhìn trực quan và chi tiết về mô hình không gian 3D; giúp hiểu rõ và đánh giá thiết kế hiệu quả hơn.
Thời gian và công sức	Đòi hỏi nhiều thời gian và công sức hơn do cần nhiều bản vẽ chi tiết; thường lãng phí thời gian và công sức do thay đổi thiết kế.	Tiết kiệm thời gian và công sức do khả năng phối hợp và cập nhật thông tin hiệu quả; giảm sự lặp lại trong quy trình thiết kế.

Tiêu chí	Dự án thiết kế hạ tầng 2D (CAD 2D)	Dự án hạ tầng 3D (BIM 3D)
Cập nhật và quản lý	Các thay đổi trong thiết kế và dự án dễ gây nhầm lẫn; quản lý và theo dõi thay đổi đòi hỏi nhiều công sức.	Dễ dàng cập nhật và quản lý thông tin; giảm thiểu sự nhầm lẫn và nâng cao hiệu quả quản lý thông tin dự án.
Rủi ro sai sót	Có thể gây ra lỗi hoặc thiếu sót trong thiết kế do giới hạn trong khả năng nhìn nhận không gian 3D.	Giảm thiểu rủi ro sai sót trong thiết kế nhờ cái nhìn toàn diện về mô hình không gian 3D.
Trình bày và thuyết phục	Khó khăn trong việc thuyết phục và tạo sự tin tưởng khi trình bày với các bên liên quan vì bản vẽ 2D kém trực quan.	Dễ dàng thuyết phục và tạo sự tin tưởng với các bên liên quan nhờ trình bày mô hình 3D trực quan và sinh động.
Tính tiết kiệm và phổ biến	Tính tiết kiệm tài nguyên và khả năng sử dụng trên nhiều thiết bị; phổ biến và quen thuộc.	Đòi hỏi đầu tư lớn về phần cứng, phần mềm và sự thay đổi trong quá trình làm việc của các chuyên gia.

Bảng 4. Xếp hạng các tiêu chí đánh giá hiệu quả của quy trình thiết kế theo trị số trung bình.

Ký hiệu	Các chỉ tiêu đánh giá	N	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Xếp hạng
TC5	Phát hiện và giải quyết xung đột Mô tả: Đánh giá hiệu quả của BIM trong việc phát hiện và giải quyết xung đột giữa các hệ thống hạ tầng và các hạng mục của dự án trước khi thực hiện	48	4,2500	0,78551	1
TC6	Khả năng mô phỏng và phân tích Mô tả: Đánh giá hiệu quả của BIM trong việc mô phỏng và phân tích hiệu suất triển khai hệ thống hạ tầng kỹ thuật.	48	4,2292	0,80529	2
TC3	Chất lượng và độ chính xác của thiết kế Mô tả: Đánh giá hiệu quả việc tối ưu hóa nguồn lực, vật liệu và chi phí thông qua việc sử dụng BIM	48	4,1458	0,82487	3
TC2	Cải thiện trong quy trình làm việc Mô tả: Đánh giá hiệu quả cải thiện quy trình làm việc thông qua mô hình BIM, bao gồm giảm thời gian thiết kế, cải thiện sự hợp tác giữa các bộ phận và giảm thiểu lỗi	48	4,0000	0,85053	4
TC7	Hỗ trợ quyết định Mô tả: Đánh giá hiệu quả của BIM trong việc hỗ trợ ra quyết định thông qua việc cung cấp dữ liệu chính xác và kịp thời tới các đơn vị liên quan	48	3,9375	0,80968	5
TC11	Tính bền vững Mô tả: Đánh giá hiệu quả mô hình BIM trong việc hỗ trợ thiết kế, quản lý bền vững và giảm thiểu rủi ro	48	3,9167	0,87113	6

Ký hiệu	Các chỉ tiêu đánh giá	N	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Xếp hạng
TC1	Tích hợp dữ liệu và thông tin Mô tả: Đánh giá hiệu quả tích hợp và quản lý thông tin trong suốt quy trình thiết kế, từ giai đoạn ý tưởng đến hoàn thiện	48	3,8750	0,81541	7
TC8	Hiệu quả chi phí tổng thể Mô tả: Đánh giá hiệu quả về việc giảm chi phí tổng thể của dự án hạ tầng kỹ thuật nhờ ứng dụng mô hình BIM	48	3,8333	0,88326	8
TC10	Tính linh hoạt và thích ứng Mô tả: Đánh giá hiệu quả của BIM trong việc thích ứng với thay đổi yêu cầu từ Chủ đầu tư hoặc điều kiện dự án	48	3,8125	0,89100	9
TC4	Tối ưu hóa nguồn lực và chi phí Mô tả: Đánh giá hiệu quả việc quản lý và tối ưu hóa sử dụng các dữ liệu trong quá trình thiết kế	48	3,7708	0,85650	10
TC9	Hỗ trợ kỹ thuật và đào tạo Mô tả: Đánh giá hiệu quả của việc đào tạo và hỗ trợ kỹ thuật cho người dùng BIM	48	3,7500	0,81214	11

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

Kết quả tính toán cho 11 biến, sử dụng thang đo Likert được thể hiện như sau:

Bảng 5. Kết quả phân tích hệ số Cronbach's Alpha cho 11 tiêu chí đánh giá.

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
0,954	11

Kết quả kiểm định cho thấy hệ số tin cậy thang đo Cronbach's Alpha của tất cả 11 tiêu chí đánh giá hiệu quả cho quy trình theo khảo sát là 0,954 > 0,9 nghĩa là thang đo có độ tin cậy rất cao.

Hệ số tương quan biến tổng của các chỉ số đều lớn hơn 0,3. Như vậy thang đo đạt độ tin cậy, không có biến quan sát nào bị loại bỏ.

Ngoài ra, để khẳng định tính hiệu quả khách quan, nghiên cứu đã tiến hành phỏng vấn các chuyên gia trong lĩnh vực đầu ngành để có cái nhìn tổng thể hơn về quy trình thiết kế BIM trong hạ tầng kỹ thuật. Các chuyên gia đồng thuận rằng BIM là công cụ mạnh mẽ trong quản lý và thiết kế hạ tầng, tăng cường hiệu quả, độ chính xác và hợp tác. Tuy nhiên, Áp dụng BIM đòi hỏi đầu tư công nghệ, đào tạo và thay đổi quy trình làm việc. Họ cũng nhận định rằng sự chấp nhận từ các bên liên quan và tích hợp dữ liệu liên ngành là yếu tố then chốt cho sự thành công của việc triển khai BIM trong các dự án hạ tầng. Mặc dù có thách thức, BIM được xem là xu hướng tất yếu trong tương lai của quản lý dự án hạ tầng.

Bảng 5. Hệ số tương quan biến tổng nhóm tiêu chí đánh giá hiệu quả khảo sát quy trình thiết kế.

Item-Total Statistics				
	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
TC1	39,6458	48,531	,779	,950
TC2	39,5208	48,255	,767	,950
TC3	39,3750	48,367	,784	,949
TC4	39,7500	48,277	,759	,950
TC5	39,2708	48,117	,854	,947
TC6	39,2917	48,551	,788	,949
TC7	39,5833	48,333	,804	,949
TC8	39,6875	48,049	,752	,951
TC9	39,7708	47,925	,841	,948
TC10	39,7083	47,658	,780	,950
TC11	39,6042	48,031	,766	,950

6. Kết luận

Nghiên cứu này cho thấy rằng việc áp dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong các dự án hạ tầng kỹ thuật có tiềm năng đáng kể nhưng cũng đi kèm với một số thách thức. Nghiên cứu đã phát triển các quy trình mới với mục đích giảm thiểu lỗi thiết kế và rủi ro trong quá trình thi công, cũng như cải thiện hiệu quả quản lý dự án. Tuy nhiên, phạm vi nghiên cứu chủ yếu tập trung vào giai đoạn thiết kế và quản lý, nên khả năng áp dụng trong các dự án khác còn cần được kiểm chứng thêm. Do đó, cần mở rộng phạm vi nghiên cứu để khám phá ứng

dụng của BIM trong các dự án đa dạng hơn và đối mặt với các thách thức thực tế như chi phí và sự chấp nhận từ phía các cơ quan quản lý. Hướng phát triển tương lai bao gồm nghiên cứu tác động dài hạn của BIM và tích hợp công nghệ mới như AI, để tiếp tục nâng cao hiệu quả quản lý dự án. Kết luận này mở ra cánh cửa cho các cơ hội phát triển trong ngành xây dựng, đặc biệt là trong lĩnh vực hạ tầng kỹ thuật, nhưng cũng yêu cầu sự cân nhắc và thận trọng trong việc áp dụng.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Sở Khoa học và Công nghệ Tỉnh Đồng Tháp trong khuôn khổ đề tài mã số 2144/2022/HĐ-SKH. Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1]. H. D. Khánh and H. T. Hiếu, "Quy trình áp dụng BIM trong giai đoạn tiền xây dựng của các dự án nhà công nghiệp tại TP Hồ Chí Minh," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam- B*, vol. Số. 8B (2020), 2020.
- [2]. T. t. T. t. v. T. k. K. h. v. C. nghệ, "Xu hướng ứng dụng mô hình thông tin công trình (BIM) về quản lý khối lượng, chi phí (QS) và tạo lập thực tế ảo (VR) trong ngành xây dựng," Báo cáo phân tích xu hướng công nghệ 2019.
- [3]. T. T. M. Hoàng, N. V. Hùng, N. M. Quân, N. V. Việt, and V. V. Khu, "Ứng dụng công nghệ BIM trong xử lý giao cắt kết cấu hạ tầng kỹ thuật đô thị," *Tạp chí giao thông vận tải*, 2016.
- [4]. L. Nam, D. Vu, H. Giang, and D. Cang, "BIM cho các công trình hạ tầng kỹ thuật ở Việt Nam: Thực trạng, rào cản ứng dụng và giải pháp," *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (STCE) - NUCE*, vol. 12, pp. 53-64, 02/14 2018.
- [5]. K.-F. Chien, Z.-H. Wu, and S.-C. Huang, "Identifying and assessing critical risk factors for BIM projects: Empirical study," *Automation in Construction*, vol. 45, pp. 1-15, 09/01 2014.
- [6]. J.-R. Chang and H.-S. Lin, "Underground Pipeline Management Based on Road Information Modeling to Assist in Road Management," *Journal of Performance of Constructed Facilities*, vol. 30, no. 1, p. C4014001, 2016.
- [7]. H. Chong, R. Lopez, J. Wang, X. Wang, and Z. Zhao, "Comparative Analysis on the Adoption and Use of BIM in Road Infrastructure Projects," *Journal of Management in Engineering*, vol. 32, p. 05016021, 06/30 2016.
- [8]. D. A. G., "Bim per infrastrutture lineari dell'acqua ingenio," *Ingenio*, p. 2, 2017.
- [9]. Y. H. Liao and Y. C. Lin, "Application of Civil Information Modeling for Constructability Review for Highway Projects," presented at the Proceedings of the 34th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC), 2017/07/01, 2017.
- [10]. G. Acampa *et al.*, "BIM: Building information modeling for infrastructures A theoretical and experimental approach to reconstructing the transverse profile of worn-out tracks," *AIP Conference Proceedings*, vol. 2040, no. 1, p. 140008, 2018.
- [11]. S. A. Biancardo, N. Viscione, A. Cerbone, and E. Dessì, "BIM-Based Design for Road Infrastructure: A Critical Focus on Modeling Guardrails and Retaining Walls," *Infrastructures*, vol. 5, no. 7, p. 59, 2020.
- [12]. R. Samimpay and E. Saghatforoush, "Benefits of Implementing Building Information Modeling (BIM) in Infrastructure Projects," *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, vol. 10, pp. 123-140, 05/01 2020.
- [13]. T. N. Bình and T. H. Mai, "Khung pháp lý hỗ trợ, thúc đẩy áp dụng BIM trong ngành xây dựng Việt Nam," *Tạp chí khoa học và công nghệ Việt Nam*, vol. 12(01), 2018.
- [14]. T. A. Tuấn and T. T. Kiệt, "Đánh giá nhận thức chung về tình hình áp dụng công nghệ mô hình thông tin công trình (BIM) trong ngành xây dựng tại Lâm Đồng," *Tạp chí khoa học YERSIN – Chuyên đề khoa học công nghệ*, 2020.
- [15]. N. T. Thùy, N. Q. Chương, Đ. M. Truyền, B. H. Đạt, and H. X. Tín, "Ứng dụng BIM cho công trình hạ tầng kỹ thuật tại Việt Nam," *Tạp chí khoa học và công nghệ việt nam*, 2021.
- [16]. N. M. Ngoc, T. T. Son, and M. Vu, "Advantages and Challenges of Applying BIM in Urban Technical Infrastructure Projects," *E3S Web of Conferences*, vol. 403, 2023, no. E3S Web Conf, 2023.
- [17]. T. Anh Nguyen, P. Thanh Nguyen, S. Tien Do, and P. Thanh Phan, "WITHDRAWN: Application of building information modelling (BIM) in managing the volume of high-rise building walls," *Materials Today: Proceedings*, 2021/01/02/ 2021.
- [18]. T. A. Nguyen, P. T. Nguyen, and S. T. Do, "Application of BIM and 3D Laser Scanning for Quantity Management in Construction Projects," *Advances in Civil Engineering*, vol. 2020, p. 8839923, 2020/12/28 2020.
- [19]. *Hướng dẫn chi tiết áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) đối với công trình dân dụng và công trình hạ tầng kỹ thuật đô thị*, 04/2/2021.
- [20]. *Quy chuẩn kỹ thuật Quốc Gia về Quy hoạch xây dựng*, QCVN 01:2021, 19/05/2021.