

Ứng dụng BIM trong quản lý dự án

Application of BIM in project management

> **NGÔ THANH THỦY¹, TRẦN VĂN TÂM², HUỖNH XUÂN TÍN^{1,*}**

¹Trường Đại học Giao thông vận tải

²Công ty CP IDECO Việt Nam

*Email: tinhx_ph@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Mô hình thông tin công trình (BIM) ngày càng được thừa nhận là một công cụ quan trọng trong quản lý dự án xây dựng, đặc biệt đối với các dự án hạ tầng giao thông có quy mô lớn và mức độ phức tạp cao. Tuy nhiên, tại Việt Nam, các nghiên cứu hiện có chủ yếu tập trung vào khía cạnh kỹ thuật của BIM, trong khi việc tích hợp BIM vào quy trình quản lý dự án và phân định rõ vai trò, trách nhiệm giữa các chủ thể liên quan vẫn còn hạn chế. Bài báo đề xuất một sơ đồ quản lý BIM cho dự án hạ tầng giao thông, dựa trên việc kết hợp phương pháp RACI với các quy định pháp lý hiện hành của Việt Nam về BIM và quản lý dự án xây dựng. Sơ đồ được kiểm chứng thông qua nghiên cứu điển hình dự án nút giao An Phú tại TP.HCM. Trên cơ sở đó, bài báo phân tích cả định tính và định lượng hiệu quả áp dụng BIM, bao gồm khả năng phối hợp đa bộ môn, phát hiện và xử lý xung đột thiết kế, hỗ trợ lập tiến độ 4D, kiểm soát khối lượng và chi phí 5D, cũng như nâng cao hiệu quả quản lý thông tin thông qua môi trường dữ liệu chung (CDE). Kết quả nghiên cứu cho thấy việc áp dụng sơ đồ quản lý BIM đề xuất giúp cải thiện đáng kể tính minh bạch, khả năng phối hợp và chất lượng ra quyết định trong quản lý dự án hạ tầng. Bài báo góp phần cung cấp một khung tham chiếu thực tiễn cho việc triển khai BIM trong các dự án hạ tầng giao thông tại Việt Nam, đồng thời làm rõ vai trò của BIM như một công cụ quản lý xuyên suốt vòng đời dự án.

Từ khóa: BIM; quản lý dự án; nút giao thông; cầu; hầm.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) is increasingly recognized as a critical tool in construction project management, particularly for large-scale and complex transportation infrastructure projects. However, in Vietnam, existing studies have primarily focused on the technical aspects of BIM, while limited attention has been given to its integration into project management processes and the clear allocation of roles and responsibilities among project stakeholders. This paper proposes a BIM management framework for transportation infrastructure projects by integrating the RACI (Responsible-Accountable-Consulted-Informed) methodology with Vietnam's current legal regulations on BIM and construction project management. The proposed framework is validated through a case study of the An Phu Interchange project in Ho Chi Minh City. Based on this case, the study conducts both qualitative and quantitative analyses of BIM implementation effectiveness, including multidisciplinary coordination, clash detection and resolution, 4D schedule simulation, 5D quantity and cost control, and enhanced information management through a Common Data Environment (CDE). The findings indicate that the proposed BIM management framework significantly improves transparency, coordination efficiency, and decision-making quality in infrastructure project management. This study provides a practical reference framework for BIM implementation in transportation infrastructure projects in Vietnam and clarifies the role of BIM as an integrated management tool throughout the project lifecycle.

Keywords: Building information modeling (BIM); project management; interchange; bridge; tunnel.

1. TỔNG QUAN VÀ MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU

Các dự án hạ tầng giao thông có quy mô lớn, mức độ phức tạp cao và sự tham gia của nhiều chủ thể trong suốt vòng đời dự án; do đó, đòi hỏi một nền tảng thông tin tích hợp để hỗ trợ phối hợp đa bộ môn và ra quyết định dựa trên dữ liệu. Trong bối cảnh đó, mô hình thông tin công trình (BIM) được thừa nhận rộng rãi như một phương pháp tiếp cận hiệu quả trong quản lý dự án xây dựng. BIM cung cấp môi trường số thống nhất, hỗ trợ quản lý thông tin xuyên suốt các giai đoạn thiết kế, thi công và vận hành, đồng thời nâng cao khả năng phát hiện sớm xung đột và lập kế hoạch tiến độ thông qua các ứng dụng 4D và 5D.

Tại Việt Nam, việc áp dụng BIM đã được thể chế hóa thông qua hệ thống văn bản pháp lý trong những năm gần đây. Luật Xây dựng năm 2014 (sửa đổi, bổ sung năm 2020) đặt nền tảng cho quản lý hoạt động xây dựng dựa trên BIM, trong khi Quyết định số 258/QĐ-TTg năm 2023 của Thủ tướng Chính phủ thúc đẩy lộ trình áp dụng BIM bắt buộc đối với các dự án sử dụng vốn đầu tư công và công trình cấp I, cấp II. Đặc biệt, Nghị định số 175/2024/NĐ-CP của Chính phủ (có hiệu lực từ ngày 30/12/2024) đã cụ thể hóa yêu cầu áp dụng BIM cho các công trình công cộng quy mô lớn, cùng với các hướng dẫn triển khai do Bộ Xây dựng ban hành tại Quyết định số 347/QĐ-BXD và 348/QĐ-BXD. Tuy nhiên, thực tiễn triển khai BIM tại Việt Nam vẫn còn hạn chế do nhận thức chưa đồng đều, thiếu hướng dẫn

thống nhất và năng lực triển khai còn hạn chế [1], cho thấy nhu cầu cấp thiết về các mô hình quản lý BIM phù hợp với điều kiện pháp lý và thực tiễn trong nước.

Nhiều nghiên cứu quốc tế đã làm rõ vai trò của BIM trong quản lý dự án, đặc biệt trong tăng cường hợp tác và quản lý dòng thông tin xuyên suốt vòng đời công trình [2], cũng như xác định các chủ đề nghiên cứu trọng tâm như tích hợp công nghệ số, phối hợp và quản lý dữ liệu BIM [3]. Tại Việt Nam, một số nghiên cứu đã đề cập đến các rào cản áp dụng BIM và khía cạnh pháp lý [1], cùng với các nghiên cứu điển hình về tích hợp BIM-GIS cho thấy hiệu quả trong lập kế hoạch và hỗ trợ ra quyết định [4], [5]. Tuy nhiên, các nghiên cứu hiện có vẫn còn phân tán, chưa tập trung sâu vào quản lý dự án giao thông quy mô lớn và chưa làm rõ mối liên hệ giữa BIM, khung pháp lý và phân công vai trò giữa các chủ thể tham gia dự án.

Từ tổng quan nghiên cứu có thể nhận thấy khoảng trống quan trọng trong việc tích hợp khung pháp lý BIM tại Việt Nam với các mô hình quản lý dự án cụ thể, đặc biệt là chuẩn hóa phân công vai trò và trách nhiệm giữa các bên theo phương pháp RACI trong dự án BIM hạ tầng giao thông. Bên cạnh đó, các nghiên cứu thực nghiệm toàn diện trên các dự án hạ tầng quy mô lớn nhằm đánh giá hiệu quả áp dụng BIM trong điều kiện thực tế vẫn còn hạn chế. Trên cơ sở đó, bài báo đề xuất một sơ đồ quản lý BIM cho dự án hạ tầng giao thông phù hợp với bối cảnh pháp lý và thực tiễn tại Việt Nam, được xây dựng theo phương pháp RACI và kiểm chứng thông qua nghiên cứu điển hình dự án nút giao An Phú tại TP.HCM.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA BIM TRONG QUẢN LÝ DỰ ÁN

BIM là một quy trình quản lý thông tin xuyên suốt vòng đời công trình. Theo ISO 19650, BIM được định nghĩa là việc sử dụng bản thể hiện số dùng chung của công trình nhằm hỗ trợ các quá trình thiết kế, thi công và vận hành, làm cơ sở tin cậy cho ra quyết định. Do đó, BIM không chỉ giới hạn ở mô hình hình học 3D mà còn tích hợp các chiều dữ liệu như 4D (thời gian), 5D (chi phí) và thông tin phục vụ thi công, bảo trì. BIM tạo ra một mô hình dữ liệu tập trung, đóng vai trò “nguồn dữ liệu tin cậy duy nhất” cho toàn bộ nhóm dự án, hỗ trợ trực quan hóa, phân tích và ra quyết định dựa trên dữ liệu đồng nhất [6].

Một lợi ích cốt lõi của BIM là thúc đẩy hợp tác số hóa giữa các bên tham gia dự án thông qua việc thiết lập Môi trường Dữ liệu chung (Common Data Environment - CDE), theo các tiêu chuẩn quốc tế như ISO 19650. CDE tập trung toàn bộ dữ liệu dự án, tạo điều kiện cho phối hợp liên ngành và giảm thiểu sai sót nhờ sử dụng thống nhất mô hình và tài liệu cập nhật. Bên cạnh đó, các phương pháp mô hình tham số trong BIM hỗ trợ nhanh chóng xây dựng các phương án thiết kế và nâng cao hiệu quả ra quyết định. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng việc áp dụng BIM góp phần tăng cường phối hợp, cải thiện giao tiếp và giảm xung đột thông tin trong dự án [7].

Việc liên kết mô hình BIM với thông tin tiến độ tạo nên BIM 4D, cho phép mô phỏng trình tự và thời lượng thi công theo thời gian, từ đó nâng cao khả năng lập kế hoạch và quản lý rủi ro. BIM 4D giúp nhận diện sớm các xung đột không gian và thời gian và cải thiện theo dõi tiến độ thi công. Các nghiên cứu tổng hợp cho thấy BIM 4D nâng cao tính trực quan, chất lượng lập tiến độ và hiệu quả kiểm soát thi công [7], trong khi các nghiên cứu thực nghiệm cũng khẳng định việc tích hợp BIM vào chương trình xây dựng góp phần cải thiện chất lượng và tiến độ dự án [8].

BIM 5D mở rộng BIM sang lĩnh vực ước tính và quản lý chi phí thông qua việc tự động bóc tách khối lượng và liên kết mô hình với cơ sở dữ liệu đơn giá. Cách tiếp cận này giúp nâng cao độ chính xác và tính minh bạch của ước tính chi phí, đồng thời hỗ trợ hiệu quả cho lập ngân sách và phân bổ nguồn lực. Nghiên cứu của Hosamo

và cộng sự [9] cho thấy BIM 5D giúp cải thiện đáng kể độ chính xác của dự toán và giảm chi phí phát sinh trong các dự án phức tạp. Nhờ gắn chi phí trực tiếp cho từng cấu kiện, BIM 5D cho phép theo dõi chi phí theo thời gian và đánh giá kịp thời tác động tài chính của các thay đổi thiết kế, từ đó nâng cao hiệu quả kiểm soát chi phí toàn dự án.

Một đặc trưng quan trọng của quản lý dự án dựa trên BIM là quản lý thông tin xuyên suốt vòng đời công trình. Dữ liệu BIM không chỉ phục vụ thiết kế và thi công mà còn được bàn giao cho giai đoạn vận hành và bảo trì thông qua mô hình hoàn công, hỗ trợ quản lý tài sản và bảo trì dự đoán. Các tiêu chuẩn như ISO 19650 và bộ tiêu chuẩn TCVN 14177 đã thiết lập quy trình tổ chức và quản lý dữ liệu BIM trong suốt vòng đời công trình.

Một đặc trưng quan trọng của quản lý dự án dựa trên BIM là quản lý thông tin xuyên suốt vòng đời công trình. Dữ liệu BIM không chỉ phục vụ giai đoạn thiết kế và thi công mà còn được bàn giao cho giai đoạn vận hành và bảo trì thông qua mô hình hoàn công (as-built model), hỗ trợ quản lý tài sản và bảo trì dự báo. Các tiêu chuẩn như bộ tiêu chuẩn ISO 19650 và bộ tiêu chuẩn TCVN 14177 đã thiết lập khung quy trình tổ chức và quản lý dữ liệu BIM trong suốt vòng đời công trình.

Gần đây, việc tích hợp BIM với các công nghệ như IoT và AI để hình thành mô hình song sinh số cho phép giám sát tình trạng kết cấu theo thời gian thực và nâng cao hiệu quả bảo trì. Tổng thể, BIM đóng vai trò là một nền tảng quản lý dự án tích hợp, hỗ trợ phối hợp đa bên, tối ưu hóa lập kế hoạch 4D, nâng cao độ chính xác chi phí 5D và thúc đẩy ra quyết định dựa trên dữ liệu, góp phần giảm rủi ro và chi phí trong các dự án hạ tầng.

3. ĐỀ XUẤT SƠ ĐỒ QUẢN LÝ BIM ÁP DỤNG CHO DỰ ÁN GIAO THÔNG VÀ HẠ TẦNG KỸ THUẬT

Bước	Hoạt động BIM	Chủ đầu tư	Tư vấn thiết kế	Tư vấn BIM	Tư vấn thẩm tra	Nhà thầu thi công
B1	Lập Yêu cầu thông tin (EIR)	A	C	R	I	I
B2	Lập Kế hoạch thực hiện BIM (BEP)	A	C	R	I	I
B3	Thiết lập Môi trường dữ liệu chung (CDE)	A	I	R	I	I
B4	Lập mô hình BIM (LOD300)	I	C	R	I	I
B5	Phối hợp mô hình, phát hiện xung đột	I	R	R	C	I
B6	Thẩm tra mô hình BIM và hồ sơ thiết kế	C	C	C	R	I
B7	Triển khai mô hình BIM thi công	I	C	R	I	R
B8	Liên kết mô hình BIM với tiến độ (4D)	A	C	R	I	R
B9	Liên kết mô hình BIM với chi phí (5D)	A	I	R	I	R
B10	Bàn giao mô hình BIM hoàn công	A	I	R	C	R

Ghi chú:

Nhóm công việc lập kế hoạch BIM	Nhóm thẩm tra, thẩm định, phê duyệt
Nhóm thiết kế và mô hình BIM	Nhóm công việc thi công
Chịu trách nhiệm phê duyệt	Chủ thể được thông báo, phải được biết thông tin
Chịu trách nhiệm điều chỉnh cập nhật thiết kế	Chịu trách nhiệm triển khai và tổ chức quy trình BIM
Chịu trách nhiệm thẩm tra mô hình BIM và hồ sơ thiết kế	Chịu trách nhiệm triển khai BIM thi công, 4D, 5D và hoàn công
Được tham vấn về phạm vi, tiêu chí thẩm tra và các quyết định quản lý	Tham vấn của đơn vị thiết kế để các yêu cầu BIM thông ý đồ thiết kế.
Tham vấn và hỗ trợ kỹ thuật BIM cho quá trình thẩm tra	Tham vấn về mức độ và cách xử lý các xung đột BIM và mức độ phù hợp giữa mô hình BIM với thi công thực tế

Hình 1. Sơ đồ quản lý BIM áp dụng cho dự án giao thông và hạ tầng kỹ thuật

* Đề xuất sơ đồ quản lý BIM cho dự án giao thông:

Mô hình quản lý BIM theo chuẩn quốc tế

Trên thế giới, các khung quản lý BIM đều nhấn mạnh việc phân định rõ vai trò và trách nhiệm thông qua các công cụ như ma trận RACI (Responsible-Accountable-Consulted-Informed). Tiêu chuẩn ISO 19650-2 và UK BIM Framework đều quy định ma trận phân công nhiệm vụ BIM nhằm gắn kết các hoạt động quản lý thông tin với các bên liên quan. Tương tự, hướng dẫn BIM của Singapore (BCA) phân định rõ vai trò quản lý và điều phối BIM, trong đó nhấn mạnh trách nhiệm lập Kế hoạch thực hiện BIM (BEP), phối hợp đa bộ môn và kiểm soát chất lượng mô hình. Các khung này đều thống nhất vai trò trung tâm của môi trường dữ liệu chung (CDE) trong việc trao đổi và phối hợp thông tin dự án.

Khung pháp lý Việt Nam về BIM và quản lý dự án

Tại Việt Nam, Luật Xây dựng (sửa đổi năm 2020) cùng các văn bản hướng dẫn đã từng bước đưa BIM trở thành yêu cầu bắt buộc đối với các dự án hạ tầng quy mô lớn. Nghị định số 175/2024/NĐ-CP của Chính phủ (có hiệu lực từ ngày 30/12/2024) quy định áp dụng BIM đối với các dự án đầu tư nhóm B trở lên và các công trình xây dựng mới từ cấp II trở lên, đồng thời yêu cầu nộp hồ sơ BIM kèm theo hồ sơ thẩm định và cấp phép xây dựng. Mô hình BIM cũng được sử dụng để hỗ trợ thẩm định thiết kế và đánh giá tính nhất quán giữa mô hình và hồ sơ thiết kế đối với các công trình có cấp kỹ thuật cao. Bên cạnh đó, Quyết định số 347/2021/QĐ-BXD và 348/2021/QĐ-BXD của Bộ Xây dựng đã ban hành các hướng dẫn chi tiết về áp dụng BIM, yêu cầu lập Yêu cầu Thông tin (EIR), Kế hoạch Thực hiện BIM (BEP) và tuân thủ các quy định về quản lý thông tin theo TCVN 14177.

Sơ đồ quản lý BIM đề xuất cho dự án giao thông

Dựa trên các khung chuẩn và quy định trên, sơ đồ quản lý BIM đề xuất (Hình 1) áp dụng mô hình ma trận RACI cho dự án cầu-đường. Sơ đồ này phân chia vai trò cụ thể cho các bên liên quan qua các giai đoạn chính của dự án: lập kế hoạch BIM, thiết kế kỹ thuật, thi công và bàn giao. *Chủ đầu tư* và *Ban Quản lý dự án* giữ vai trò chính là chịu trách nhiệm cao nhất (A - Accountable) cho việc phê duyệt BEP, đảm bảo tuân thủ pháp lý và các quyết định chiến lược. Riêng tại bước B5, *Tư vấn thiết kế* có nhiệm vụ cùng với *Tư vấn BIM* thực hiện phối hợp mô hình, phát hiện xung đột và giải quyết xung đột (R). Tại các bước B3, B9 và B10, *Tư vấn thiết kế* là chủ thể được thông báo để nắm thông tin (I - Informed).

Tư vấn thiết kế có nhiệm vụ chính là phản ánh chức năng tham vấn và giải trình chuyên môn của đơn vị thiết kế nhằm bảo đảm các yêu cầu BIM, quy trình triển khai và mô hình thi công không làm sai lệch ý đồ thiết kế và vẫn phù hợp với tiêu chuẩn kỹ thuật đã được phê duyệt (C). Riêng tại bước B5, *Tư vấn thiết kế* có nhiệm vụ cùng với *Tư vấn BIM* thực hiện phối hợp mô hình, phát hiện xung đột và giải quyết xung đột (R). Tại các bước B3, B9 và B10, *Tư vấn thiết kế* là chủ thể được thông báo để nắm thông tin (I - Informed).

Tư vấn BIM có nhiệm vụ chính là thể hiện vai trò đơn vị thực thi kỹ thuật và điều phối trung tâm của toàn bộ quy trình BIM, chịu trách nhiệm trực tiếp tổ chức, triển khai, kiểm soát chất lượng và duy trì tính nhất quán của mô hình BIM theo EIR, BEP và tiêu chuẩn dữ liệu của dự án (R) trong các bước từ lập EIR, xây dựng BEP, thiết lập CDE, phối hợp mô hình, triển khai BIM 4D và 5D cho đến bàn giao BIM hoàn công. Ngoài ra, đối với B6, *Tư vấn BIM* cần tham vấn và hỗ trợ kỹ thuật BIM cho quá trình thẩm tra, bảo đảm việc đánh giá mô hình BIM được thực hiện đúng theo BEP, tiêu chuẩn dữ liệu và quy ước mô hình của dự án.

Tư vấn thẩm tra giữ vai trò R tại bước B6 (Thẩm tra mô hình và hồ sơ thiết kế), phản ánh chức năng pháp lý và chuyên môn độc lập của đơn vị thẩm tra. Vai trò này bao gồm việc kiểm tra tính đúng đắn kỹ thuật, sự tuân thủ tiêu chuẩn - quy chuẩn, mức độ nhất quán giữa mô hình BIM và hồ sơ thiết kế 2D, cũng như việc lập báo cáo thẩm tra làm căn cứ cho phê duyệt thiết kế theo quy định pháp luật Việt Nam. *Tư vấn thẩm tra* giữ vai trò C tại bước phối hợp mô hình (B5) và bàn giao BIM hoàn công (B10) nhằm thực hiện chức năng kiểm soát độc lập. Ở B5, tư vấn thẩm tra tham vấn về mức độ và cách xử lý các xung đột BIM để bảo đảm không làm sai lệch thiết kế được phê duyệt; trong khi ở B10, tư vấn thẩm tra tham vấn và xác nhận độc lập về mức độ phù hợp giữa mô hình BIM hoàn công, hồ sơ hoàn công và hiện trạng thi công thực tế. Ở các bước còn lại, *Tư vấn thẩm tra* giữ vai trò I, là chủ thể được thông báo, phải được biết thông tin.

Nhà thầu thi công thể hiện vai trò chủ thể triển khai BIM gắn với hiện trường (R). Vai trò này phản ánh chức năng trung tâm của Nhà thầu trong việc gắn mô hình BIM với hiện trường thi công, tiến độ và chi phí thực tế, đồng thời chuyển BIM từ trạng thái thiết kế sang tài sản số phục vụ vận hành và bảo trì công trình. Do hiện nay các nhà thầu tại Việt Nam chưa thực sự mạnh về BIM, nên vai trò này được chia sẻ trách nhiệm thực hiện với *Tư vấn BIM*. Ở các bước còn lại, *Nhà thầu* giữ vai trò I, là chủ thể được thông báo, phải được biết thông tin.

Ưu điểm của sơ đồ đề xuất

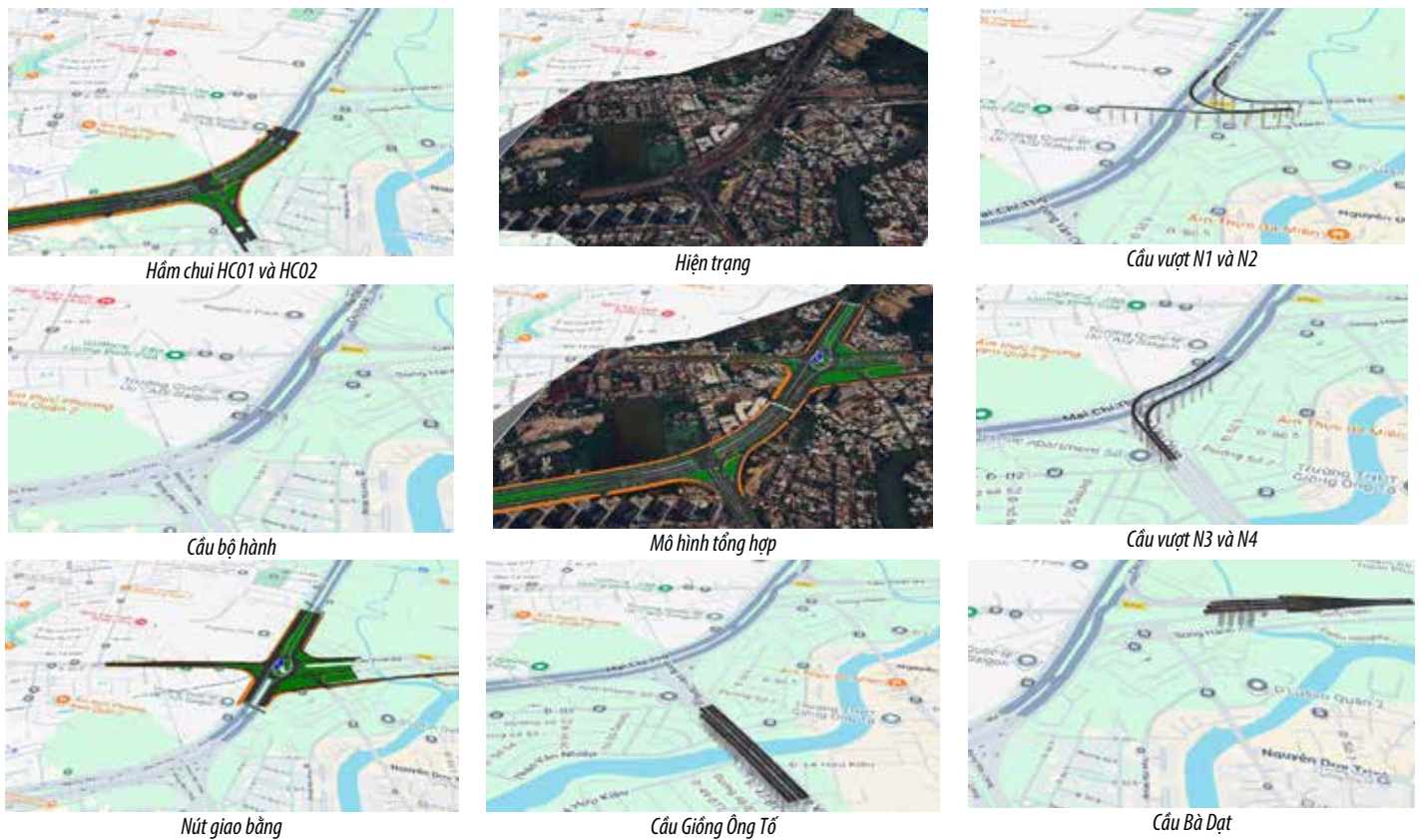
Sơ đồ quản lý BIM đề xuất dựa trên mô hình RACI mang lại nhiều lợi ích cho quản lý dự án hạ tầng giao thông. Trước hết, sơ đồ đáp ứng yêu cầu bắt buộc áp dụng BIM theo quy định pháp lý, đồng thời khắc phục hạn chế về năng lực BIM của tư vấn thiết kế và nhà thầu thông qua việc phân bổ hợp lý các nhiệm vụ BIM cho tư vấn BIM. Việc xác định rõ vai trò và trách nhiệm (R, A, C, I) cho từng hoạt động BIM giúp giảm chồng chéo, tránh bỏ sót công việc và nâng cao tính minh bạch trong quản lý.

Sơ đồ cũng bảo đảm tuân thủ các yêu cầu của Luật Xây dựng và Nghị định số 175/2024/NĐ-CP, bao gồm việc lập BEP, bổ nhiệm nhân sự BIM và nộp hồ sơ BIM theo quy định. Thông qua môi trường dữ liệu chung (CDE), quy trình phối hợp giữa các bên được chuẩn hóa, tạo điều kiện cho việc trao đổi thông tin hiệu quả và phát hiện sớm các vấn đề thiết kế. Ngoài ra, việc tích hợp BIM 4D và 5D hỗ trợ kiểm soát tiến độ và chi phí thông qua mô phỏng thi công và bóc tách khối lượng tự động, từ đó nâng cao độ chính xác dự toán và hiệu quả quản lý dự án hạ tầng.

4. ÁP DỤNG SƠ ĐỒ QUẢN LÝ BIM CHO NÚT GIAO THÔNG AN PHÚ

Dự án nút giao An Phú tại TP.HCM là một nghiên cứu điển hình về áp dụng BIM trong quản lý dự án hạ tầng giao thông quy mô lớn. Đây là một nút giao ba tầng bao gồm các hạng mục hầm, cầu cạn, cầu vượt sông và công trình phụ trợ. Ngay từ giai đoạn đầu, dự án đã xây dựng Kế hoạch thực hiện BIM (BEP), trong đó xác định rõ vai trò các bên tham gia, tiêu chuẩn dữ liệu và các sản phẩm BIM cần bàn giao.

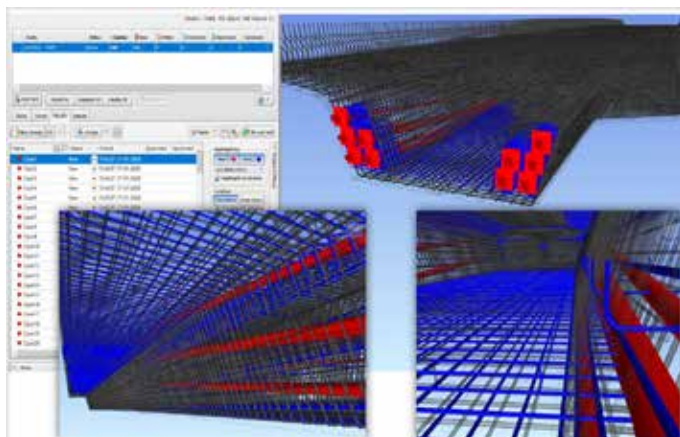
Theo BEP, các nhiệm vụ BIM chủ yếu bao gồm thiết lập Môi trường Dữ liệu chung (CDE), xây dựng các mô hình 3D theo từng bộ môn cho hầm, cầu và đường, phối hợp mô hình để phát hiện và xử lý xung đột, cũng như liên kết mô hình với tiến độ để thực hiện mô phỏng thi công 4D. Đồng thời, BIM 5D được triển khai thông qua việc trích xuất khối lượng từ mô hình và tích hợp với phần mềm dự toán, cho phép cập nhật linh hoạt ngân sách và dòng tiền theo sự phát triển của phương án thiết kế.



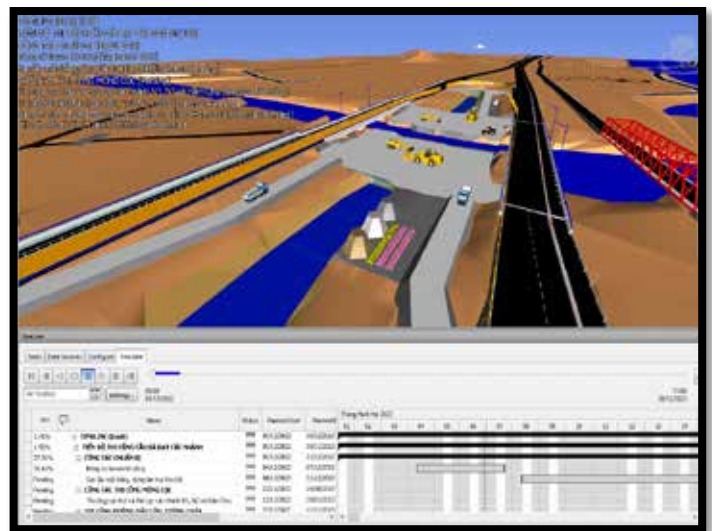
Hình 2. Mô hình tổng hợp của nút giao thông An Phú

Mô hình BIM 3D phối hợp đa bộ môn của nút giao thông An Phú (Hình 2) thể hiện đồng thời các hệ thống hầm, cầu, đường và hạ tầng kỹ thuật trong cùng một khung nhìn. Mô hình tổng hợp này minh họa cách BIM được sử dụng để đồng bộ hóa và thẩm tra công việc thiết kế giữa các nhóm chuyên ngành.

Hình 3 minh họa báo cáo phát hiện xung đột tự động trong mô hình BIM của nút giao An Phú, làm nổi bật các xung đột giữa cốt thép dự ứng lực và cốt thép thường. Kết quả này cho thấy quy trình BIM cho phép nhận diện và xử lý sớm các xung đột thiết kế trước giai đoạn thi công, qua đó góp phần nâng cao an toàn và chất lượng thiết kế.

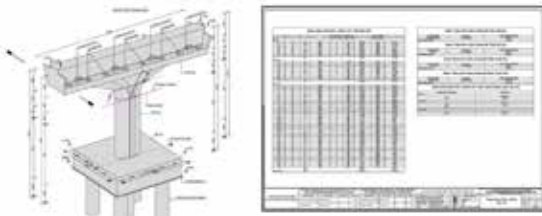


Hình 3. Kết quả phát hiện xung đột hạng mục cốt thép dự ứng lực và cốt thép thường



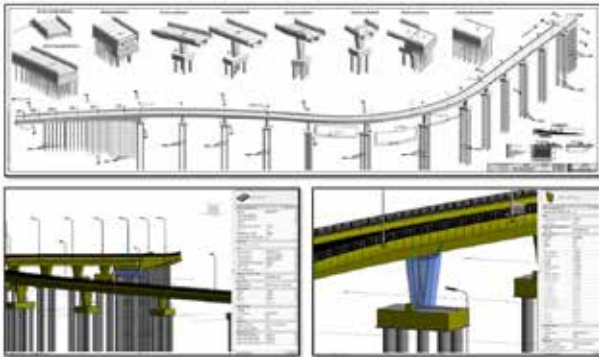
Hình 4. Mô phỏng tiến độ thi công 4D cầu Bà Đạt

Trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật thi công, mô hình BIM 3D được liên kết với tiến độ để thực hiện mô phỏng 4D, hỗ trợ đánh giá trình tự thi công và tối ưu hóa kế hoạch làm việc. Mô phỏng 4D cho phép trực quan hóa tiến trình thi công theo thời gian và phân tích các kịch bản tiến độ khác nhau. Hình 4 minh họa một khung hình từ mô phỏng 4D của nút giao An Phú, thể hiện trình tự thi công theo kế hoạch.



Hình 5. Bóc tách khối lượng phục vụ tính toán chi phí trụ cầu dầm Supper T (BIM 5D)

Trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật thi công, BIM 5D được áp dụng thông qua việc trích xuất khối lượng từ mô hình và liên kết với phần mềm dự toán nhằm cập nhật linh hoạt ngân sách và dòng tiền. Hình 5 minh họa bảng khối lượng bê tông và cốt thép trích xuất từ mô hình BIM, được xuất sang tệp Excel và kết nối với phần mềm dự toán, qua đó cho thấy hiệu quả của BIM 5D trong nâng cao độ chính xác và kiểm soát chi phí dự án.



Hình 6. Mô hình tham số bố trí chung cầu N3

Hình 6 minh họa mô hình BIM tham số của trụ cầu trong nút giao An Phú, trong đó các kích thước hình học như tiết diện và chiều cao trụ được kiểm soát bằng tham số. Cách tiếp cận này cho phép nhanh chóng lập và hiệu chỉnh phương án thiết kế, đồng thời nâng cao hiệu quả mô hình hóa và tính nhất quán giữa các cấu kiện kết cấu tương tự, qua đó giảm thiểu công việc lặp lại.

Việc trao đổi thông tin BIM được duy trì thông qua các cuộc họp phối hợp định kỳ và cập nhật mô hình trên Môi trường Dữ liệu chung (CDE). Hình 7 minh họa cấu trúc thư mục CDE của dự án An Phú, cho thấy các nhóm dữ liệu chính và cơ chế quản lý tập trung. CDE cho phép lưu trữ, chia sẻ mô hình và tài liệu dự án trên một nền tảng thống nhất, đồng thời bảo đảm kiểm soát phiên bản và khả năng truy vết thông tin, qua đó hỗ trợ hiệu quả công tác phối hợp và triển khai BIM.

Việc áp dụng BIM tại dự án An Phú được triển khai theo Quyết định số 347/QĐ-BXD và 348/QĐ-BXD của Bộ Xây dựng, với sự phối hợp chặt chẽ giữa chủ đầu tư và các nhà thầu. Một điều phối viên BIM chuyên trách được chỉ định để giám sát tích hợp các mô hình chuyên ngành, hình thành mô hình liên hợp phục vụ thẩm tra thiết kế và lập kế hoạch thi công. Nhóm dự án ghi nhận BIM đã cải thiện đáng kể hiệu quả phối hợp liên ngành và giảm sai sót thiết kế. Mô hình liên hợp cũng được bàn giao cho chủ đầu tư như hồ sơ số phục vụ quản lý và bảo trì công trình trong tương lai.



Hình 7. Cấu trúc Môi trường dữ liệu chung (CDE)

5. KẾT QUẢ VÀ PHÂN TÍCH

Nghiên cứu điển hình tại dự án nút giao thông An Phú cho thấy hiệu quả rõ rệt của việc áp dụng BIM trong quản lý dự án hạ tầng kỹ thuật. Trong giai đoạn thiết kế, mô hình BIM tích hợp hỗ trợ phát hiện và xử lý sớm các xung đột kỹ thuật giữa các hạng mục hầm, cầu, đường và hệ thống hạ tầng kỹ thuật, cũng như giữa các hệ thống kết cấu và MEP, vượt trội so với phương pháp truyền thống. Sang giai đoạn thi công, việc tích hợp BIM với tiến độ (4D) giúp lập kế hoạch chi tiết hơn và nhận diện sớm các rủi ro về trình tự thi công, chẳng hạn như xung đột không gian giữa các nhịp cầu hoặc hoạt động của thiết bị. Đồng thời, việc triển khai BIM 5D thông qua liên kết khối lượng và chi phí cho phép bóc tách khối lượng chính xác, kiểm soát dự toán và theo dõi dòng tiền hiệu quả trong suốt vòng đời dự án.

Mô hình quản lý BIM được đề xuất, dựa trên ma trận RACI, đã góp phần làm rõ vai trò và trách nhiệm của các bên tham gia trong từng công đoạn dự án, đồng thời bảo đảm tuân thủ các quy định pháp lý hiện hành của Việt Nam (Nghị định số 175/2024/NĐ-CP; Quyết định số 347/QĐ-BXD (2021); Quyết định số 348/QĐ-BXD (2021)). Mô hình này có ý nghĩa thực tiễn trong việc cụ thể hóa các yêu cầu pháp lý về BIM thành một cấu trúc quản lý có thể áp dụng cho dự án hạ tầng. Việc triển khai Môi trường Dữ liệu chung (CDE) cho phép kiểm soát phiên bản, truy xuất thông tin thống nhất và tạo nền tảng cho bàn giao hồ sơ số hóa phục vụ công tác vận hành và bảo trì sau thi công. Trong bối cảnh đó, mô hình BIM đóng vai trò như một nguồn dữ liệu tin cậy duy nhất (single source of truth), góp phần nâng cao tính minh bạch và hỗ trợ quản lý dự án dựa trên dữ liệu thực tế.

Tuy nhiên, quá trình triển khai cũng cho thấy một số hạn chế cần được khắc phục. Sự phối hợp giữa tư vấn thiết kế và tư vấn BIM tại các bước lập mô hình và phối hợp - phát hiện xung đột còn tiêu tốn nhiều thời gian. Tương tự, hiệu quả phối hợp giữa tư vấn thiết kế và nhà thầu trong các bước triển khai BIM gắn với thi công và bàn giao chưa đạt như kỳ vọng. Nguyên nhân chủ yếu xuất phát từ việc thiếu một cơ chế điều phối đủ mạnh để gắn kết tư vấn thiết kế, tư vấn BIM và nhà thầu trong việc cùng tập trung thực hiện các nhiệm vụ BIM theo mục tiêu chung của dự án.

Hiệu quả phát hiện va chạm và xung đột trong dự án được đánh giá thông qua năm nhóm chính: (1) sai lệch kích thước cấu kiện, thể hiện sự không thống nhất hình học giữa các mặt cắt, mặt bằng và hình chiếu của cùng một cấu kiện; (2) va chạm trực tiếp giữa các cấu kiện; (3) sai lệch vị trí cấu kiện, đặc biệt là chênh lệch cao độ giữa trục dọc thiết kế và bản vẽ chi tiết; (4) mức độ phù hợp của cốt thép, bao gồm kích thước, vị trí trong bê tông và lớp bê tông bảo vệ; và (5) sự phù hợp của biện pháp thi công, liên quan đến bố trí thiết bị và vật tư trong không gian thi công.

Kết quả xử lý các va chạm và xung đột trước khi thi công được tổng hợp trong Bảng 1, với tổng cộng 259 trường hợp được phát hiện và giải quyết trong giai đoạn thiết kế. Việc xử lý sớm các xung đột này góp phần quan trọng trong việc hoàn thiện thiết kế, hạn chế phát sinh xử lý tại hiện trường và giảm nguy cơ gián đoạn thi công, từ đó tránh các chậm trễ tiến độ. Một số xung đột điển hình bao gồm chênh lệch cao độ giữa móng và sàn giảm tải nhánh N1 sau khi tích hợp mô hình đa bộ môn; va chạm giữa hệ thống thoát nước và sàn giảm tải; cao độ hồ thu nước mặt chưa phù hợp với độ dốc ngang mặt đường; cũng như các vấn đề về bố trí cốt thép như thanh thép vượt ra ngoài cấu kiện bê tông hoặc chiều dày lớp bê tông bảo vệ không đáp ứng yêu cầu thiết kế.

Các va chạm hình học lặp lại giữa lưới cốt thép dọc và ngang, mặc dù xuất hiện với số lượng lớn, được loại trừ khỏi phân tích do ít giá trị đối với điều chỉnh thiết kế và thường được xử lý hiệu quả trong giai đoạn thi công lắp đặt cốt thép.

Bảng 1. Các va chạm/xung đột được xử lý trước khi thi công

Va chạm/xung đột	Công trình							
	Bà Đạt	Giống Ông Tố	N1	N2	N3	N4	HC01	HC02
Kích thước cấu kiện	8	7	2	3	5	4	4	3
Va chạm cấu kiện	10	9	3	5	4	7	5	4
Vị trí cấu kiện	9	7	4	2	4	5	8	6
Sự phù hợp của cốt thép	11	8	10	18	22	15	23	16
Biện pháp thi công	1	1	3	2	1	1	1	1
Tổng số	39	32	22	30	36	29	41	30

6. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu này làm rõ vai trò của BIM như một công cụ quản lý dự án tích hợp, đặc biệt phù hợp với các dự án hạ tầng giao thông có quy mô lớn và mức độ phức tạp cao. Trên cơ sở tổng hợp lý thuyết về BIM trong quản lý dự án, thông lệ quốc tế và hệ thống quy định pháp lý hiện hành của Việt Nam, bài báo đã đề xuất một sơ đồ quản lý BIM dựa trên phương pháp RACI nhằm chuẩn hóa việc phân định vai trò và trách nhiệm của các chủ thể tham gia dự án.

Việc kiểm chứng thông qua nghiên cứu điển hình dự án nút giao An Phú tại TP.HCM cho thấy sơ đồ quản lý BIM đề xuất mang lại những lợi ích rõ rệt trong quản lý dự án. Về mặt định tính, BIM góp phần nâng cao hiệu quả phối hợp đa bộ môn, hỗ trợ phát hiện và xử lý sớm các xung đột thiết kế, cải thiện công tác lập kế hoạch và mô phỏng tiến độ thi công (4D), đồng thời tăng cường tính minh bạch trong quản lý khối lượng và chi phí (5D). Việc thiết lập môi trường dữ liệu chung (CDE) giúp cải thiện trao đổi thông tin, rút ngắn thời gian xử lý các yêu cầu thông tin (RFI) và hỗ trợ ra quyết định dựa trên dữ liệu.

Bên cạnh các kết quả định tính, việc đề xuất và bước đầu áp dụng các chỉ tiêu định lượng, như tỷ lệ xử lý xung đột, cho thấy tiềm năng của BIM trong việc nâng cao chất lượng ra quyết định và giảm rủi ro trong quá trình triển khai dự án hạ tầng. Kết quả nghiên cứu khẳng định rằng BIM không chỉ là một công cụ mô hình hóa kỹ thuật, mà cần được tích hợp chặt chẽ vào quy trình quản lý dự án và gắn với khung pháp lý hiện hành để phát huy đầy đủ hiệu quả.

Từ các kết quả đạt được, bài báo kiến nghị rằng đối với chủ đầu tư và ban quản lý dự án, BIM cần được xác định là một công cụ quản lý chính thức ngay từ giai đoạn chuẩn bị dự án, thông qua việc xây dựng yêu cầu thông tin (EIR), phê duyệt kế hoạch thực hiện BIM (BEP) và tổ chức môi trường dữ liệu chung (CDE) phù hợp với quy định pháp lý. Đồng thời, các đơn vị tư vấn và nhà thầu thi công cần tăng cường năng lực triển khai BIM theo hướng tích hợp, chú trọng phối hợp mô hình, mô phỏng tiến độ 4D, quản lý khối lượng và chi phí 5D, cũng như cập nhật mô hình BIM hoàn công phục vụ công tác vận hành và bảo trì công trình.

Lời cảm ơn: Cảm ơn Công ty Cổ phần IDECO Việt Nam và Công ty TNHH Kỹ thuật và Công nghệ V7 đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. T. Huynh-Xuan, N. Bui, T. Ngo-Thanh, D. T. Nguyen, A. Nguyen và L. Nguyen, "Adopting Construction 4.0 to Promote Sustainability in the Mekong Delta of Vietnam: A Fuzzy Delphi Study," *Journal of Industrial and Production Engineering*, vol. 41, no. 4, pp. 380-396, Apr. 2024, doi:10.1080/21681015.2024.2315942.

[2]. A. Salzano, M. Intignano, C. Mottola, S. A. Biancardo, M. Nicoletta và G. Dell'Acqua, "Systematic Literature Review of Open Infrastructure BIM," *Buildings*, vol. 13, no. 7, p. 1593, Jun. 2023, doi:10.3390/buildings13071593.

[3]. Z. Ye, M. F. Antwi-Afari, A. Tezel và P. Manu, "Building information modeling (BIM) in project management: a bibliometric and science mapping review," *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 32, no. 5, pp. 3078-3103, 2025, doi:10.1108/ECAM-04-2023-0355.

[4]. N. T. Thủy và H. X. Tín, "Ứng dụng BIM cho công tác chế tạo cấu kiện bê tông cốt thép đúc sẵn," *Tạp chí Xây dựng*, số 04/2025, ISSN 2734-9888, pp. 148-151, 2025.

[5]. N. T. Thủy và H. X. Tín, "Ứng dụng BIM-AR cho công trình cầu," *Tạp chí Giao thông vận tải*, vol. 64, no. 12, pp. 93-95, 2024.

[6]. European Federation of Engineering Consultancy Associations (EFCA), *BIM and ISO 19650 from a project management perspective: Booklet on ISO Standard 19650 - Information management using building information modelling*, Jul. 2019.

[7]. I. U. Rehman, K. M. Mazher and I. Y. Wuni, "Systematic review of 4D BIM benefits in construction projects," *Results in Engineering*, vol. 28, p. 107091, Dec. 2025, doi:10.1016/j.rineng.2025.107091.

[8]. P. Farnood Ahmadi and M. Arashpour, "An analysis of 4D-BIM construction planning: Advantages, risks and challenges," in **Proc. 37th Int. Symp. Automation and Robotics in Construction (ISARC 2020)**, 2020, pp. 163-170.

[9]. H. H. Hosamo, C. N. Rolfsen, F. Zeka, S. Sandbeck, S. Said and M. A. Sætre, "Navigating the adoption of 5D Building Information Modeling: Insights from Norway," *Infrastructures*, vol. 9, no. 4, p. 75, Apr. 2024, doi:10.3390/infrastructures9040075.