

MÔ HÌNH THÔNG TIN CÔNG TRÌNH (BIM) TRONG QUẢN LÝ CHI PHÍ: TIẾP CẬN THEO CHU KỲ THI CÔNG DỰ ÁN XÂY DỰNG

Building Information Modeling (BIM) in Cost Management: A Life-Cycle Approach During Construction Phases of Building Projects

NGUYỄN MINH NHẤT¹

Tóm tắt: Bài viết tập trung phân tích vai trò của Mô hình Thông tin Công trình (BIM) trong quản lý chi phí dự án xây dựng theo toàn bộ chu kỳ thi công, bao gồm các giai đoạn: thiết kế kỹ thuật, lựa chọn nhà thầu, thi công, nghiệm thu và quyết toán. BIM được xem như một nền tảng dữ liệu tích hợp, cho phép bóc tách khối lượng chính xác, phát hiện xung đột kỹ thuật, theo dõi tiến độ thực tế, kiểm soát các phát sinh và tăng cường tính minh bạch trong quy trình thanh toán. Thông qua việc tổng hợp và phân tích các tài liệu trong và ngoài nước, bài viết làm rõ tiềm năng và hạn chế của việc ứng dụng BIM tại Việt Nam, đặc biệt là các vấn đề về thiếu chuẩn hóa dữ liệu, năng lực triển khai không đồng đều và hạn chế trong kết nối giữa các bộ phận chuyên môn. Trên cơ sở đó, các giải pháp định hướng được đề xuất nhằm nâng cao hiệu quả ứng dụng BIM trong kiểm soát chi phí, nhấn mạnh tầm quan trọng của phối hợp tổ chức, chính sách hỗ trợ và nâng cao năng lực triển khai đồng bộ từ khâu thiết kế đến hoàn công.

Từ khóa: Mô hình thông tin công trình (BIM); quản lý chi phí; Chu kỳ thi công; dự án xây dựng; phát sinh chi phí.

Abstract: The paper focuses on analyzing the role of Building Information Modeling (BIM) in construction project cost management throughout the entire execution cycle, encompassing the stages of technical design, contractor selection, construction, commissioning, and final settlement. BIM is regarded as an integrated data platform that enables accurate quantity take-off, detection of technical clashes, monitoring of actual progress, control of cost variations, and enhancement of transparency in payment processes. By synthesizing and analyzing domestic and international literature, the study clarifies the potential and limitations of BIM adoption in Vietnam, particularly the lack of data standardization, uneven implementation capacity, and insufficient connectivity among specialized departments. Based on these findings, the paper proposes strategic solutions to improve the effectiveness of BIM in cost control, emphasizing the importance of organizational coordination, supportive policies, and capacity enhancement to ensure seamless implementation from design to project handover.

Keywords: Building Information Modeling (BIM); cost management; construction phase; building project; cost overrun.

(Ngày nhận bài: 25/01/2026; ngày sửa bài: 20/03/2026; ngày duyệt đăng: 25/03/2026)

1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, nhiều quốc gia phát triển đã chủ động triển khai Mô hình Thông tin Công trình (BIM) như một giải pháp trọng tâm nhằm nâng cao hiệu quả quản lý dự án xây dựng. Tại các nước như Hoa Kỳ, Vương quốc Anh, Pháp, Đức, Singapore, Nhật Bản, Hàn Quốc và Trung Quốc, BIM đã trở thành yêu cầu bắt buộc đối với một số loại công trình, đặc biệt là các dự án sử dụng vốn công. Thực tiễn triển khai cho thấy BIM có khả năng cải thiện đáng

kể hiệu quả phối hợp giữa các bên liên quan, giảm thiểu xung đột thiết kế, rút ngắn thời gian thực hiện và tăng cường năng lực kiểm soát chi phí (Bryde et al., 2013; Liu & Zhang, 2023; Eastman et al., 2011). Nhiều nghiên cứu cũng khẳng định BIM không chỉ là công cụ mô hình hóa, mà còn đóng vai trò như một nền tảng tích hợp dữ liệu hỗ trợ quá trình ra quyết định trong suốt vòng đời dự án (MIT, 2012; Costin et al., 2022).

Tại Việt Nam, BIM đã được thiết lập cơ sở pháp lý thông qua Thông

tư số 10/2021/TT-BXD của Bộ Xây dựng, quy định lộ trình và yêu cầu áp dụng BIM trong các hoạt động đầu tư xây dựng. Song song với đó, các tiêu chuẩn quốc gia TCVN 14177 và TCVN 14176 (Bộ KH&CN, 2024) đã cung cấp khung khái niệm và nguyên tắc tổ chức thông tin cho toàn bộ vòng đời công trình. Nhiều chủ đầu tư, đơn vị tư vấn giám sát và cơ quan quản lý dự án đã khai thác BIM nhằm tăng tính minh bạch trong quy trình thanh toán – quyết toán, cũng như kiểm tra khối lượng thực tế tại hiện trường (Marzouk

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

& Hisham, 2020; Ghaffarianhoseini et al., 2017). Đặc biệt, một số nhà thầu tiên phong như Hòa Bình, Coteccons, Cofico và Xuân Mai Corp đã bước đầu áp dụng BIM trong bóc tách khối lượng, lập biện pháp tổ chức thi công và kiểm soát xung đột thiết kế. Mô hình dữ liệu hỗ trợ các doanh nghiệp này chủ động hơn trong việc tổ chức mặt bằng, phân phối vật tư và giám sát tiến độ thực tế (Tuan Anh Nguyen et al., 2024).

Tuy nhiên, phần lớn các đơn vị tại Việt Nam vẫn chưa khai thác BIM như một hệ thống quản trị chi phí tích hợp. Việc ứng dụng hiện nay chủ yếu tập trung ở giai đoạn thiết kế mô phỏng, chưa đi sâu vào hệ thống hóa dữ liệu chi phí, kiểm soát phát sinh hay quản lý dòng tiền thi công. Các chức năng như cập nhật chi phí theo thời gian thực, đối chiếu khối lượng, lập hồ sơ thanh toán hoặc quyết toán hoàn công vẫn chưa được khai thác triệt để. Do đó, việc làm rõ các điểm ứng dụng của BIM trong kiểm soát chi phí ở từng giai đoạn thi công là cần thiết, nhằm định hướng khai thác công cụ này một cách hiệu quả, phù hợp với điều kiện triển khai trong bối cảnh Việt Nam.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Bài viết áp dụng phương pháp tổng hợp và phân tích tài liệu thứ cấp từ các nguồn nghiên cứu và thực tiễn liên quan đến ứng dụng Mô hình Thông tin Công trình (BIM) trong kiểm soát chi phí xây dựng. Nguồn tài liệu bao gồm các công trình nghiên cứu quốc tế tiêu biểu như của Eastman et al., Bryde et al., Liu & Zhang, Marzouk & Hisham, cùng với các báo cáo chuyên đề và nghiên cứu ứng dụng trong nước của Tạ Ngọc Bình, Nguyễn Quốc Dũng, Phan Minh Quân,... Các tiêu chuẩn kỹ thuật và văn bản pháp lý hiện hành cũng được tích hợp nhằm đảm bảo tính phù hợp với bối cảnh triển khai tại Việt Nam.

Trên cơ sở đó, bài viết tiến hành phân tích vai trò của BIM trong từng giai đoạn của chu kỳ thi công công trình, bao gồm: (i) thiết kế kỹ thuật và lập bản vẽ thi công, (ii) lựa chọn nhà thầu, (iii) thi công xây dựng, (iv) nghiệm thu – bàn giao, và (v) thanh toán – quyết toán. Ở mỗi giai đoạn, nội dung phân tích được đối chiếu

với thực tiễn triển khai tại Việt Nam để nhận diện mức độ ứng dụng, các rào cản hiện hữu và tiềm năng kiểm soát chi phí thông qua BIM 5D, qua đó hình thành cơ sở cho các định hướng và giải pháp đề xuất ở phần tiếp theo.

3. TỔNG QUAN TÀI LIỆU

Việc ứng dụng Mô hình Thông tin Công trình (BIM) trong quản lý chi phí dự án xây dựng đang thu hút sự quan tâm ngày càng lớn nhờ khả năng tích hợp dữ liệu và kiểm soát đồng thời các yếu tố khối lượng, tiến độ và chi phí trong suốt vòng đời công trình (Eastman et al., 2011; Liu & Zhang, 2023). BIM không chỉ đóng vai trò là công cụ mô phỏng ba chiều, mà còn là nền tảng liên kết giữa thiết kế kỹ thuật và dữ liệu chi phí, cho phép quản lý thông tin một cách đồng bộ và có hệ thống. Các nghiên cứu quốc tế đã chứng minh rằng BIM có thể nâng cao hiệu quả kiểm soát chi phí ở tất cả các giai đoạn dự án, từ thiết kế, đấu thầu, thi công, nghiệm thu cho đến quyết toán (Bryde et al., 2013; Marzouk & Hisham, 2020).

Ở giai đoạn thiết kế kỹ thuật, BIM cho phép phát hiện sớm các xung đột giữa các bộ môn kết cấu, điện, nước, điều hòa không khí..., vốn là nguyên nhân phổ biến gây phát sinh chi phí và kéo dài thời gian thi công. Khả năng mô phỏng tích hợp giúp các bên kịp thời điều chỉnh trước khi triển khai thực tế (Eastman et al., 2011; Tuan Anh Nguyen et al., 2024). Bên cạnh đó, chức năng bóc tách khối lượng trực tiếp từ mô hình với độ chính xác cao hỗ trợ lập dự toán chi tiết, giảm sai lệch so với thực tế (Bryde et al., 2013; Marzouk & Hisham, 2020). Khi có thay đổi thiết kế, BIM cho phép cập nhật tức thời và điều chỉnh chi phí tương ứng, đảm bảo tính linh hoạt và chính xác trong quản lý ngân sách (Liu & Zhang, 2023; Crowther & Ajayi, 2019). Trong giai đoạn lựa chọn nhà thầu, BIM hỗ trợ chuẩn hóa hồ sơ đấu thầu, đặc biệt là bảng tiền lương, giúp giảm sự mơ hồ trong định lượng và mô tả công việc (Tuan Anh Nguyen et al., 2024; Mayouf et al., 2024). Mô hình còn xác định rõ phạm vi công việc giữa các bên, hạn chế tranh chấp về phát sinh ngoài hợp đồng (Doukari et al., 2022), đồng thời cung cấp cơ

sở dữ liệu để đánh giá giá dự thầu và phân tích rủi ro chi phí trước khi ký kết hợp đồng (Ahmadi & Arashpour, 2020; Ghaffarianhoseini et al., 2017; MIT, 2012).

Trong giai đoạn thi công, BIM cho phép theo dõi khối lượng thực tế và so sánh chi phí phát sinh với kế hoạch một cách trực quan và kịp thời (Tuan Anh Nguyen et al., 2024; Costin et al., 2022). Mọi thay đổi được cập nhật ngay trong mô hình, giúp ra quyết định nhanh chóng, hạn chế chậm trễ và vượt chi phí (Marzouk & Hisham, 2020; Ghaffarianhoseini et al., 2017). Ở giai đoạn nghiệm thu và bàn giao, BIM hỗ trợ lập hồ sơ nghiệm thu gắn với chi phí, xác minh sự phù hợp giữa hợp đồng và thực tế (Eastman et al., 2011; MIT, 2012). Các đối tượng trong mô hình có thể gắn thông tin về khối lượng, chi phí, mã nghiệm thu, góp phần giảm gian lận và nâng cao độ tin cậy (Liu & Zhang, 2023; Costin et al., 2022). Cuối cùng, trong giai đoạn thanh toán và quyết toán, BIM giúp tổng hợp chi phí và đối chiếu với các khoản thanh toán, xác định số liệu quyết toán cuối cùng (Tuan Anh Nguyen et al., 2024; Marzouk & Hisham, 2020). Việc số hóa hồ sơ hoàn công thông qua mô hình góp phần minh bạch hóa quy trình thanh toán, đáp ứng yêu cầu của cơ quan kiểm toán (Eastman et al., 2011; Costin et al., 2022; Ghaffarianhoseini et al., 2017).

Nhìn chung, BIM đang đóng vai trò nền tảng trong quản lý chi phí xây dựng, với khả năng tích hợp dữ liệu khối lượng, tiến độ và tài chính theo thời gian thực, nâng cao tính minh bạch, giảm rủi ro phát sinh và tối ưu hóa sử dụng nguồn lực. Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu hiện nay mới dừng ở mức mô tả tiềm năng, chưa đi sâu phân tích cách thức kiểm soát chi phí ở từng giai đoạn thi công dưới góc nhìn vận hành thực tế, đặc biệt là trong điều kiện Việt Nam.

4. ỨNG DỤNG BIM TRONG QUẢN LÝ CHI PHÍ THEO CHU KỲ THI CÔNG CÔNG DỰ ÁN XÂY DỰNG

4.1. Lập thiết kế kỹ thuật và bản vẽ thi công

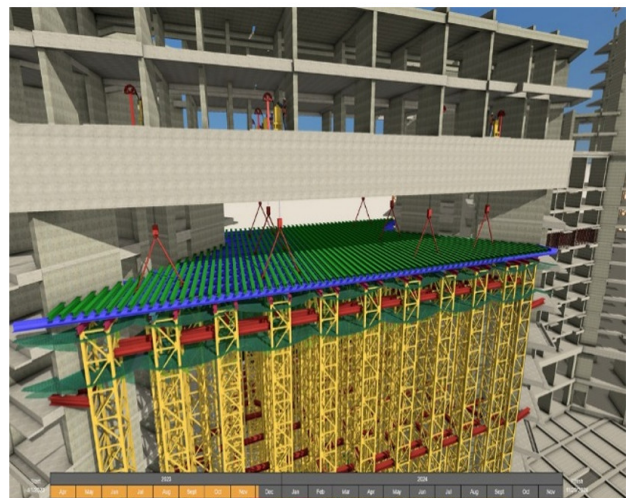
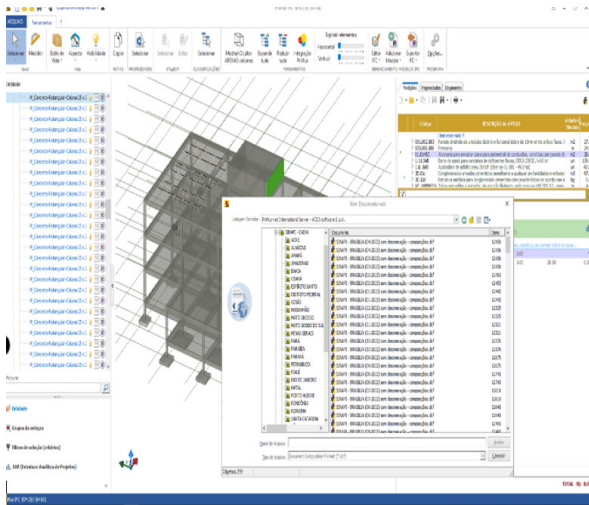
Giai đoạn lập thiết kế kỹ thuật và bản vẽ thi công là mắt xích khởi đầu

có tính quyết định trong chu trình kiểm soát chi phí dự án, nơi không chỉ xác lập các thông số kỹ thuật mà còn xây dựng nền tảng dữ liệu định lượng cho toàn bộ quá trình thi công. Trong bối cảnh đó, việc ứng dụng Mô hình Thông tin Công trình (BIM) không

đơn thuần là một bước đổi mới công nghệ, mà còn đánh dấu sự chuyển dịch phương pháp tiếp cận từ quản lý chi phí hậu thiết kế sang quản lý chi phí ngay trong giai đoạn thiết kế. Nhờ khả năng tích hợp đồng bộ thông tin

kỹ thuật, khối lượng và chi phí trong một mô hình thống nhất, BIM tạo ra mối liên kết trực tiếp và nhất quán giữa bản vẽ thiết kế và dữ liệu tài chính — một ưu thế mà các phương pháp truyền thống khó có thể đạt được một cách toàn diện.

Hình 1. BIM trong thiết kế kỹ thuật và bóc tách khối lượng phục vụ lập dự toán thi công [22] [23]



Một điểm nổi bật trong ứng dụng Mô hình Thông tin Công trình (BIM) ở giai đoạn thiết kế kỹ thuật và lập bản vẽ thi công là khả năng chủ động kiểm soát chi phí ngay khi thiết kế chưa hoàn tất. Thông qua mô phỏng không gian và quản lý thành phần thiết kế ở cấp độ đối tượng, BIM cho phép nhận diện và xử lý sớm các vấn đề tiềm ẩn gây phát sinh chi phí, đặc biệt là xung đột kỹ thuật giữa các bộ môn. Cách tiếp cận này không chỉ hạn chế các điều chỉnh tốn kém trong giai đoạn thi công, mà còn giúp xác lập rõ mối quan hệ giữa yếu tố thiết kế và chi phí ngay từ đầu. Trường hợp dự án Trụ sở Tập đoàn Viettel (D26 – Hà Nội) cho thấy, việc sử dụng mô hình BIM để kiểm tra xung đột đã phát hiện và xử lý hơn 80 va chạm giữa hệ thống cơ điện và kết cấu dầm trong giai đoạn thiết kế, giúp tiết kiệm khoảng 1,1 tỷ đồng so với phương án xử lý tại hiện trường (Tạ Ngọc Bình, 2021). Đây là minh chứng rõ nét cho lợi ích “phát hiện sớm – xử lý sớm”, một năng lực mà BIM cung cấp trọn vẹn nhờ tính mô phỏng đồng bộ.

Song song đó, việc gắn dữ liệu định lượng vào từng cấu kiện trong mô hình tạo nền tảng bóc tách khối lượng nhất quán, có thể truy xuất và kiểm chứng. Điều này giúp quá trình lập

dự toán giảm sự phụ thuộc vào thao tác thủ công vốn dễ sai lệch và thiếu đồng bộ. Dự án nhà ở cao tầng 18 tầng tại TP. Hồ Chí Minh là một ví dụ tiêu biểu: BIM được áp dụng trong thiết kế kết cấu để bóc tách khối lượng thép cốt bê tông trực tiếp từ mô hình Revit, đạt sai số dưới 2% so với nghiệm thu thực tế, qua đó tiết kiệm hơn 700 triệu đồng so với dự toán thủ công (Tạ Ngọc Bình, 2021). Kết quả này phù hợp với nghiên cứu tại MIT, trong đó việc sử dụng BIM để lập dự toán giúp giảm sai số định lượng từ mức 10–15% xuống còn 2–3% ở các dự án quy mô lớn (MIT, 2012), khẳng định tính khả thi của việc chuyển đổi sang mô hình chi phí số hóa toàn diện.

Ngoài ra, trong bối cảnh thiết kế thường xuyên phải điều chỉnh để đáp ứng yêu cầu kỹ thuật hoặc thay đổi từ phía chủ đầu tư, BIM cho phép cập nhật tức thời và đồng bộ các thay đổi này. Nhờ vậy, mọi tác động của điều chỉnh thiết kế lên khối lượng và chi phí được phản ánh kịp thời, giúp các bên liên quan có cơ sở chính xác cho quyết định tài chính. Dự án Bệnh viện Chấn thương chỉnh hình Trung ương Cần Thơ là một ví dụ, khi việc tích hợp tiến độ và thiết kế bằng Navisworks

trong mô hình BIM đã hỗ trợ điều chỉnh thứ tự thi công để tránh xung đột giữa các tổ đội, rút ngắn tiến độ tổng thể 18 ngày và kiểm soát sát hơn chi phí nhân công, thiết bị (Tạ Ngọc Bình, 2021). Mặc dù mục tiêu không đặt nặng yếu tố tiết kiệm chi phí thiết kế, nhưng kết quả triển khai BIM đã giúp giảm tổng chi phí gián tiếp hơn 2% nhờ quản lý thay đổi hiệu quả.

Tuy nhiên, thực tiễn triển khai BIM tại Việt Nam cho thấy ba chức năng trên vẫn chưa được khai thác đầy đủ. Phần lớn mô hình thiết kế mới tập trung vào khía cạnh hình học mà chưa tích hợp dữ liệu chi phí một cách hệ thống. Việc bóc tách khối lượng dù có hỗ trợ từ mô hình nhưng vẫn đòi hỏi nhiều bước thủ công do thiếu chuẩn hóa cấu trúc dữ liệu. Đặc biệt, quy trình cập nhật thay đổi thiết kế và phản ánh chi phí vẫn phụ thuộc nhiều vào sự phối hợp thủ công giữa các bộ phận thiết kế, dự toán và quản lý hợp đồng. Kết quả khảo sát tại 12 đơn vị thiết kế công trình dân dụng lớn ở Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh cho thấy: 75% mô hình BIM chưa tích hợp định mức đơn giá trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật, và chỉ 16% đơn vị thực hiện liên kết dữ liệu tiến độ – khối lượng để dự báo biến động

chi phí trước khi phát hành bản vẽ thi công (Tạ Ngọc Bình, 2021). Điều này phản ánh khoảng cách đáng kể giữa tiềm năng lý thuyết và hiệu quả thực tiễn, đòi hỏi cải thiện cả về công cụ, quy trình quản lý lẫn tiêu chuẩn kỹ thuật nội bộ.

4.2. Lựa chọn nhà thầu thi công xây dựng

Giai đoạn lựa chọn nhà thầu là mắt xích quan trọng trong chuỗi kiểm soát chi phí dự án, nơi các thông số kỹ thuật được chuyển hóa thành các ràng buộc tài chính và pháp lý cụ thể trong hợp đồng. Việc ứng dụng Mô hình Thông tin Công trình (BIM) ở giai đoạn này mang lại giá trị vượt ra ngoài chức năng mô hình hóa, khi cung cấp nền tảng thông tin nhất quán, chi tiết và có khả năng kiểm chứng phục vụ công tác đấu thầu. Trong thực tiễn, BIM đóng vai trò như một hệ thống thông tin trung tâm, giúp chuẩn hóa tài liệu mời thầu, giảm thiểu sự nhập nhằng trong mô tả công việc và đảm bảo phạm vi công việc được xác lập rõ ràng, minh bạch cho mọi bên liên quan. Điều này đặc biệt quan trọng trong bối cảnh các dự án xây dựng thường phát sinh tranh chấp do khác biệt trong diễn giải hồ sơ thiết kế, tiên lượng và yêu cầu kỹ thuật.

Khả năng trích xuất hồ sơ tiên lượng trực tiếp từ mô hình giúp duy trì tính nhất quán giữa bản vẽ và khối lượng mời thầu, đồng thời hạn chế rủi ro do lỗi nhập liệu hoặc diễn giải chủ quan. Thực tiễn tại dự án Nhà làm việc liên cơ quan tỉnh Bình Dương cho thấy, việc sử dụng mô hình BIM để bóc tách khối lượng cho gói kết cấu và cơ điện đã giảm 23% sai lệch giữa khối lượng mời thầu và thực tế thi công, đồng thời tiết kiệm hơn 500 triệu đồng nhờ loại bỏ điều chỉnh khối lượng sau đấu thầu (Tạ Ngọc Bình, 2021). Nhờ liên kết chặt chẽ giữa thông tin kỹ thuật và dữ liệu định lượng, BIM không chỉ mang lại cái nhìn toàn diện về khối lượng công việc mà còn cho phép đánh giá chi phí chi tiết, sát thực tế hơn. Theo Tuan Anh Nguyen et al. (2024), các dự án lớn ứng dụng BIM trong giai đoạn mời thầu ghi nhận mức tiết kiệm trung bình 4,2% chi phí nhờ hạn chế tranh chấp phát sinh từ mô tả không đầy đủ.

Đối với các dự án có cấu trúc kỹ thuật phức tạp hoặc yêu cầu tiến độ nghiêm ngặt, BIM còn hỗ trợ phân tích rủi ro chi phí tiềm ẩn trước khi ký hợp đồng, qua

đó nâng cao tính bền vững trong quyết định lựa chọn nhà thầu. Trường hợp dự án mở rộng Sân bay quốc tế Nội Bài (giai đoạn III) minh chứng rõ điều này, khi các phương án thi công móng và hệ dầm chịu lực được mô phỏng và đánh giá rủi ro chậm tiến độ, giúp lựa chọn gói thầu kỹ thuật có năng lực phù hợp với mức độ rủi ro đã phân tích (Tạ Ngọc Bình, 2021). Phân tích từ mô hình BIM cũng chỉ ra các điểm nghẽn trong chuỗi cung ứng, như việc các đoạn móng cọc gần ranh giới đường lãn chỉ có thể thi công ban đêm – yếu tố mà nếu không được mô hình hóa, nhà thầu có thể lập tiến độ thiếu tính khả thi.

Mặc dù tiềm năng rõ ràng, mức độ khai thác các lợi ích này trong thực tiễn đấu thầu tại Việt Nam vẫn còn hạn chế. Phần lớn hồ sơ mời thầu được xây dựng theo quy trình truyền thống, trong đó mô hình BIM, nếu có, chủ yếu đóng vai trò minh họa và chưa được sử dụng làm nguồn dữ liệu chính thức cho bóc tách khối lượng hoặc xác lập phạm vi công việc. Khảo sát của Viện Kinh tế Xây dựng trên 28 gói thầu có ứng dụng BIM cho thấy chỉ 21% sử dụng mô hình để trích tiên lượng, còn lại vẫn dựa vào bảng tính từ thiết kế 2D (Viện KTXD, 2023).

Ngoài ra, nhiều chủ đầu tư và ban quản lý dự án vẫn e ngại chia sẻ mô hình BIM ở giai đoạn mời thầu do lo ngại mất quyền kiểm soát thông tin hoặc thiếu năng lực đánh giá hồ sơ dựa trên mô hình số. Sự thiếu đồng bộ giữa đơn vị thiết kế và bộ phận mời thầu cũng là một rào cản lớn. Trong nhiều trường hợp, mô hình BIM do đơn vị thiết kế xây dựng không được chuyển giao đầy đủ cho bộ phận đấu thầu, dẫn đến việc hồ sơ mời thầu tiếp tục được xây dựng độc lập, không tận dụng được giá trị tích hợp của mô hình.

Bên cạnh đó, việc đánh giá hồ sơ dự thầu vẫn chủ yếu dựa vào bảng tính truyền thống, chưa khai thác chức năng phân tích dữ liệu và kiểm tra xung đột từ mô hình. Việc thiếu quy định bắt buộc trong Luật Đấu thầu và các văn bản hướng dẫn liên quan càng khiến BIM trong mời thầu chỉ được áp dụng tự nguyện, thiếu cơ chế kiểm tra và giám sát. Thực trạng này đặt ra yêu cầu cấp thiết về lộ trình tiêu chuẩn hóa mô hình BIM phục vụ mời thầu, thiết lập thông số kỹ thuật thống nhất, đồng thời phát triển năng lực tổ chức và thể chế để đảm bảo

dữ liệu từ thiết kế được tái sử dụng trọn vẹn cho quá trình lựa chọn nhà thầu.

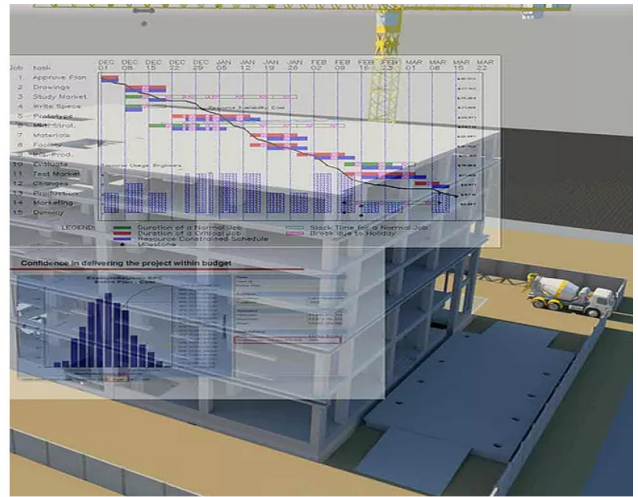
4.3. Thi công xây dựng công trình

Giai đoạn thi công là thời điểm các chi phí thiết kế được hiện thực hóa thành chi phí thực tế, đồng thời cũng là giai đoạn có nguy cơ cao nhất về vượt ngân sách, chậm tiến độ và phát sinh ngoài hợp đồng. Trong bối cảnh đó, việc triển khai Mô hình Thông tin Công trình (BIM) không chỉ đóng vai trò là công cụ hỗ trợ kỹ thuật, mà còn trở thành nền tảng quản lý dữ liệu, cho phép kiểm soát chi phí một cách chủ động và minh bạch trong toàn bộ quá trình thi công. Việc tích hợp mô hình thiết kế với dữ liệu tiến độ, khối lượng và chi phí theo thời gian thực giúp các bên liên quan theo dõi sát sao trạng thái thi công tại hiện trường, đồng thời đưa ra các điều chỉnh kịp thời khi phát sinh sai lệch.

Một giá trị nổi bật của BIM trong giai đoạn này là khả năng giám sát và kiểm soát khối lượng thi công thực tế so với kế hoạch đã lập. Nhờ sự liên kết giữa mô hình và tiến độ, các hạng mục được thể hiện trực quan theo trình tự thi công, hỗ trợ nhà thầu và tư vấn giám sát kiểm tra khối lượng hoàn thành một cách chính xác và minh bạch hơn so với phương pháp đo đạc truyền thống. Mức độ chính xác này đóng vai trò then chốt trong việc xác nhận khối lượng để thanh toán theo tiến độ, hạn chế sai lệch trong nghiệm thu và giảm rủi ro tranh chấp. Đồng thời, việc đồng bộ dữ liệu giữa khối lượng thực tế và mô hình còn là cơ sở để chủ đầu tư so sánh giữa chi phí đã chi và giá trị xây lắp hoàn thành, từ đó đánh giá hiệu quả dòng tiền và đưa ra quyết định tài chính phù hợp.

Trường hợp dự án xây dựng Nhà máy sản xuất pin năng lượng mặt trời tại Bình Thuận là minh chứng cụ thể: việc áp dụng mô hình BIM 5D đã giúp tổng thầu theo dõi chính xác tiến độ lắp dựng kết cấu thép và hệ mái tôn cách nhiệt. Nhờ khả năng cập nhật dữ liệu thời gian thực, đội ngũ thi công đã kịp thời phát hiện chênh lệch gần 5% khối lượng thép thực tế so với dự toán, qua đó điều chỉnh kế hoạch mua sắm vật tư, tránh tồn kho và chi phí bảo quản phát sinh (Nguyễn Quốc Dũng, 2024).

Hình 2. BIM trong theo dõi tiến độ và kiểm soát khối lượng thi công thực tế [24]



Bên cạnh khả năng theo dõi tiến độ và khối lượng, Mô hình Thông tin Công trình (BIM) còn hỗ trợ hiệu quả trong việc kiểm soát phát sinh chi phí ngay trong quá trình thi công. Khi thiết kế hoặc điều kiện thi công thay đổi, dẫn đến điều chỉnh biện pháp hoặc biến động khối lượng, mô hình có thể được cập nhật để phản ánh chính xác các thay đổi này. Sự phản hồi nhanh và có độ chính xác cao giúp các bên liên quan kịp thời đánh giá tác động tài chính, đồng thời tạo cơ sở cho việc đàm phán và điều chỉnh hợp đồng khi cần thiết. Trong các dự án quy mô lớn, cơ chế kiểm soát phát sinh dựa trên BIM không chỉ tăng cường năng lực quản trị rủi ro tài chính mà còn làm rõ trách nhiệm giữa các bên trong xử lý thay đổi.

Một ví dụ điển hình là gói thầu hạ tầng thuộc dự án Khu Công nghệ cao Hòa Lạc. Trong quá trình đào móng, việc phát hiện sớm nền đất yếu buộc nhà thầu phải điều chỉnh giải pháp gia cố. Nhờ cập nhật tức thời vào mô hình BIM, khối lượng cọc cát tăng 12,3% so với dự toán ban đầu đã được tự động phản ánh trong dữ liệu, đồng thời trích xuất thành bản cập nhật chi phí mới. Điều này giúp chủ đầu tư kiểm soát chặt chẽ giá trị phát sinh gần 1,8 tỷ đồng, đồng thời cung cấp cơ sở minh bạch cho đàm phán điều chỉnh hợp đồng (Phan Minh Quân, 2024).

Tuy nhiên, thực tiễn triển khai BIM trong kiểm soát chi phí thi công tại Việt Nam cho thấy mức độ ứng dụng còn chưa đồng đều và thiếu chiều sâu. Phần lớn nhà thầu mới dừng ở việc sử dụng mô hình để trực quan hóa công trường hoặc kiểm tra xung đột kỹ thuật, chưa tích hợp đầy đủ dữ liệu tiến độ, khối lượng và chi phí để phục vụ giám sát thi công theo thời gian

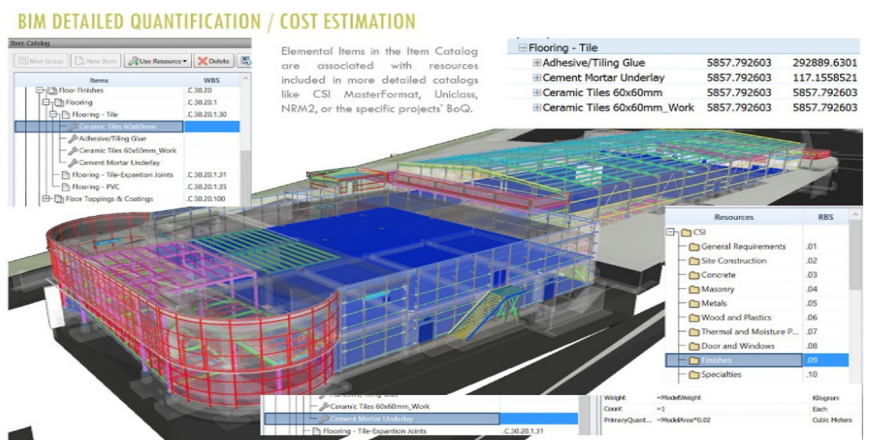
thực. Việc cập nhật mô hình theo diễn biến thi công cũng chưa được duy trì thường xuyên do thiếu nhân sự chuyên môn và quy trình chuẩn cho việc kiểm tra – xác nhận khối lượng. Trong nhiều trường hợp, công tác nghiệm thu vẫn phụ thuộc vào hồ sơ giấy hoặc bảng biểu rời rạc, khiến mô hình BIM bị tách rời khỏi hiện trường và đánh mất vai trò trung tâm dữ liệu – vốn là thế mạnh cốt lõi của công nghệ này.

4.4. Nghiệm thu, bàn giao công trình

Giai đoạn nghiệm thu và bàn giao công trình đánh dấu thời điểm chuyển giao trách nhiệm giữa nhà thầu và chủ đầu tư, đồng thời là mốc hoàn tất cả về kỹ thuật lẫn tài chính đối với từng hạng mục hoặc toàn bộ dự án. Trong bối cảnh này, Mô hình Thông tin Công trình (BIM) được xem là công cụ hỗ trợ hiệu quả cho việc xác minh khối lượng hoàn thành, lập hồ sơ nghiệm thu và kiểm tra mức độ phù hợp giữa thực tế thi công với các điều khoản hợp đồng. Nhờ khả năng liên kết thông tin giữa mô hình thiết kế và khối

lượng đã thực hiện, BIM cung cấp một cơ sở dữ liệu trực quan, logic và dễ truy xuất, phục vụ cho công tác đối chiếu, xác nhận và ghi nhận chi phí trước khi bàn giao cho chủ đầu tư hoặc đơn vị vận hành.

Ứng dụng BIM trong nghiệm thu giúp xác định rõ ràng ranh giới hạng mục, vị trí, chủng loại vật liệu và khối lượng đã thi công thông qua mô hình hóa. Khác với hồ sơ giấy hoặc bảng biểu truyền thống vốn tiềm ẩn sai lệch trong quá trình tổng hợp và diễn giải, mô hình BIM cho phép gắn trực tiếp thông tin khối lượng, mã nghiệm thu và chi phí thực tế vào từng đối tượng trong không gian ba chiều. Nhờ vậy, quá trình kiểm tra, xác nhận và phê duyệt khối lượng không còn phụ thuộc hoàn toàn vào đánh giá chủ quan, mà được dẫn dắt bởi dữ liệu số hóa có khả năng truy xuất và kiểm chứng. Cách tiếp cận này không chỉ nâng cao tính minh bạch trong nghiệm thu, mà còn giảm thiểu rủi ro tranh chấp liên quan đến sai lệch khối lượng và giá trị hoàn thành.



Hình 3. BIM trong xác minh khối lượng và minh bạch hóa nghiệm thu công trình [25]

Bên cạnh chức năng hỗ trợ nghiệm thu khối lượng, Mô hình Thông tin Công trình (BIM) còn đóng vai trò quan trọng trong việc xác minh sự phù hợp giữa chi phí thực hiện và các điều khoản hợp đồng, thông qua đối chiếu trực tiếp giữa mô hình kỹ thuật và giá trị hợp đồng gốc đã ký. Khả năng truy xuất thông tin chi tiết về từng hạng mục, khối lượng đã thi công và đơn giá áp dụng giúp các bên liên quan đưa ra quyết định bàn giao dựa trên cơ sở dữ liệu có kiểm soát và minh bạch. Đối với các dự án có cấu trúc phức tạp hoặc nhiều gói thầu phụ, năng lực hợp nhất dữ liệu chi phí từ nhiều mô hình vào một hệ thống nghiệm thu chung là yếu tố then chốt để duy trì tính nhất quán và độ tin cậy trong toàn bộ quá trình bàn giao.

Tuy nhiên, thực tiễn triển khai BIM trong nghiệm thu và bàn giao công trình tại Việt Nam vẫn tồn tại nhiều hạn chế. Không ít trường hợp mô hình BIM chấm dứt vai trò sau giai đoạn thi công mà không được duy trì, cập nhật để phản ánh đầy đủ hiện trạng công trình tại thời điểm nghiệm thu. Việc tích hợp thông tin nghiệm thu và chi phí vào mô hình chưa được thực hiện một cách có hệ thống, chủ yếu do thiếu sự phối hợp chặt chẽ giữa bộ phận kỹ thuật hiện trường và nhóm quản lý chi phí. Bên cạnh đó, nhiều hồ sơ hoàn công vẫn được lập thủ công, rời rạc và không đồng bộ với mô hình thiết kế ban đầu, gây khó khăn cho việc kiểm tra, đối chiếu và xác minh dữ liệu chi phí.

4.5. Thanh toán, quyết toán, hoàn công

Giai đoạn thanh toán, quyết toán và hoàn công đánh dấu điểm kết thúc của chu trình kiểm soát chi phí, nơi toàn bộ giá trị thực hiện được tổng hợp, xác nhận và đối chiếu với hợp đồng đã ký cũng như các khoản thanh toán đã thực hiện. Đây là giai đoạn có tính chất tổng hợp cao, đòi hỏi độ chính xác, tính minh bạch và khả năng truy xuất thông tin đầy đủ, nhằm tạo cơ sở pháp lý cho việc chốt giá trị thanh toán với nhà thầu, đồng thời phục vụ công tác kiểm toán và lưu trữ sau dự án. Trong bối cảnh này, việc ứng dụng Mô hình Thông tin Công trình (BIM) không chỉ hỗ trợ tổ chức lại thông tin một cách hệ thống mà còn góp phần chuyển đổi quy trình quyết toán từ hình thức thủ công sang nền tảng dữ liệu số hóa.

Với khả năng tích hợp toàn bộ dữ liệu khối lượng, tiến độ và đơn giá, BIM trở thành công cụ hiệu quả trong tổng hợp và xác minh chi phí thi công. Thay vì phải

đối chiếu giữa nhiều bảng biểu và tài liệu rời rạc, các bên liên quan có thể truy xuất trực tiếp dữ liệu chi phí từ mô hình đã được cập nhật theo thực tế thi công. Cách tiếp cận này giúp quy trình xác nhận khối lượng và giá trị thanh toán đạt tính nhất quán và minh bạch cao hơn, đồng thời tạo điều kiện thuận lợi cho các hoạt động hậu kiểm của chủ đầu tư, cơ quan kiểm toán hoặc đơn vị quản lý vốn. Đặc biệt, đối với các dự án có nhiều hạng mục, gói thầu hoặc điều chỉnh thiết kế trong quá trình thực hiện, BIM đóng vai trò như một hệ thống tổng hợp chi phí có khả năng phản ánh đầy đủ các thay đổi và biến động ngân sách theo thời gian.

Việc số hóa hồ sơ hoàn công là một lợi ích quan trọng khác mà BIM mang lại ở giai đoạn này. Thay vì lập hồ sơ giấy hoặc bản vẽ hoàn công thủ công, mô hình BIM có thể được cập nhật để phản ánh trạng thái cuối cùng của công trình sau khi thi công hoàn tất. Mỗi đối tượng trong mô hình có thể được gắn thông tin về khối lượng thực tế, chi phí đã thực hiện và mã nghiệm thu, hình thành cơ sở dữ liệu hoàn công phục vụ lâu dài cho công tác vận hành, bảo trì hoặc kiểm tra sau dự án. Cách tiếp cận này không chỉ giảm khối lượng công việc giấy tờ, mà còn nâng cao độ chính xác và khả năng truy xuất thông tin trong các trường hợp cần xác minh dữ liệu tài chính – kỹ thuật của dự án.

Tuy nhiên, thực tiễn cho thấy BIM vẫn chưa được ứng dụng một cách toàn diện trong công tác thanh toán và quyết toán tại Việt Nam. Nhiều dự án vẫn duy trì sự tách biệt giữa dữ liệu mô hình và dữ liệu tài chính, khiến quá trình tổng hợp chi phí phải thực hiện lại từ đầu thay vì khai thác trực tiếp từ mô hình. Hồ sơ hoàn công số

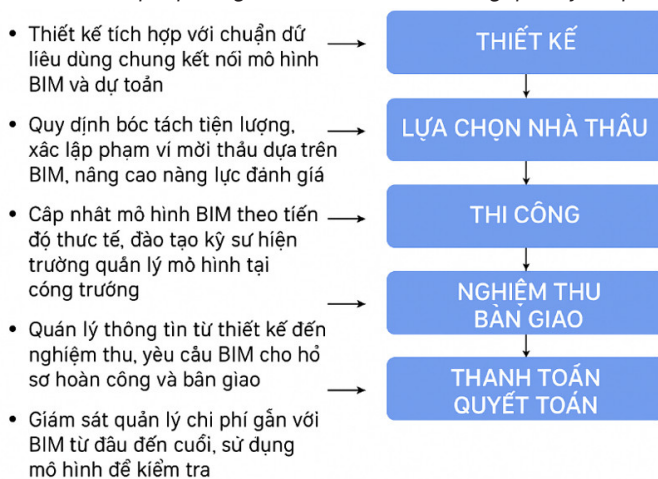
hóa thường chỉ dừng ở mức hình học mà chưa tích hợp đầy đủ thông tin về chi phí và nghiệm thu. Trong nhiều trường hợp, BIM chỉ được sử dụng trong giai đoạn thiết kế và mô phỏng thi công, sau đó quay trở lại quy trình truyền thống ở giai đoạn tài chính, làm gián đoạn chuỗi giá trị của dữ liệu.

5. ĐỊNH HƯỚNG GIẢI PHÁP

Trong bối cảnh chuyển đổi số ngành xây dựng diễn ra mạnh mẽ, việc triển khai Mô hình Thông tin Công trình (BIM) không thể chỉ dừng ở mức số hóa thiết kế, mà cần đi kèm với cải cách toàn diện trong tổ chức quản lý chi phí xuyên suốt chu kỳ dự án. Tuy nhiên, thực tiễn áp dụng tại Việt Nam cho thấy BIM vẫn chủ yếu được sử dụng ở cấp độ mô phỏng hình học, trong khi các chức năng nâng cao như bóc tách khối lượng, kiểm soát dòng tiền hay quản lý quyết toán dự án chưa được khai thác đầy đủ. Điều này đặt ra yêu cầu cấp thiết về một hệ thống giải pháp tổng thể, không chỉ bao gồm yếu tố công nghệ mà còn tích hợp các yếu tố thể chế, quy trình và năng lực tổ chức, nhằm phát huy tối đa vai trò của BIM trong kiểm soát chi phí.

Các định hướng giải pháp được đề xuất tập trung vào năm trục chính yếu tương ứng với từng giai đoạn trong chu trình quản lý dự án: thiết kế, lựa chọn nhà thầu, thi công, nghiệm thu – bàn giao và thanh toán – quyết toán. Mỗi trục giải pháp vừa đáp ứng yêu cầu kỹ thuật, vừa phù hợp với điều kiện vận hành tại Việt Nam, đồng thời mở ra cơ hội hình thành một quy trình kiểm soát chi phí liên thông, minh bạch và dựa trên dữ liệu số.

Hình 4. Giải pháp nâng cao vai trò của BIM trong quản lý chi phí



Trong giai đoạn thiết kế, cần thúc đẩy quá trình chuyển đổi sang mô hình thiết kế tích hợp đa bộ môn với bộ chuẩn dữ liệu dùng chung, đồng thời triển khai các công cụ kết nối trực tiếp mô hình với hệ thống lập dự toán. Song song với đó là đào tạo đội ngũ kỹ sư thiết kế và dự toán không chỉ am hiểu kỹ thuật mà còn có khả năng phân tích tài chính, để BIM thực sự trở thành công cụ kiểm soát chi phí ngay từ đầu. Trong giai đoạn lựa chọn nhà thầu, cần quy định rõ việc sử dụng mô hình BIM làm cơ sở bóc tách tiên lượng và xác lập phạm vi mời thầu, bảo đảm mô hình được chuyển giao đầy đủ cho các bên liên quan. Chủ đầu tư cần xây dựng quy trình đấu thầu dựa trên dữ liệu BIM, trong đó hồ sơ mời thầu là một mô hình thông tin tương tác, có thể kiểm tra và truy xuất chi tiết. Bên cạnh đó, đội ngũ thẩm định hồ sơ dự thầu cần được đào tạo kỹ năng đọc hiểu mô hình, kiểm tra xung đột và phân tích dữ liệu chi phí, hướng tới một quy trình lựa chọn nhà thầu minh bạch, chính xác và hiệu quả. ở giai đoạn thi công, cần thiết lập cơ chế cập nhật mô hình theo tiến độ thực tế, trong đó dữ liệu khối lượng hoàn thành được đồng bộ từ hiện trường vào BIM. Chủ đầu tư và tư vấn cần yêu cầu nhà thầu quản lý dữ liệu mô hình tại công trường, kết hợp với thiết bị kiểm tra tại chỗ. Đào tạo kỹ sư hiện trường vận hành BIM như một công cụ nghiệp vụ, thay vì chỉ sử dụng bản vẽ tĩnh, sẽ giúp nâng cao hiệu quả kiểm soát. Việc kết hợp BIM với tiến độ thi công thời gian thực cần được mở rộng để so sánh chi phí kế hoạch và thực tế, đồng thời phân tích hiệu suất dòng tiền trong suốt quá trình triển khai.

Trong giai đoạn nghiệm thu – bàn giao, cần xây dựng quy trình quản lý thông tin xuyên suốt từ thiết kế, thi công đến nghiệm thu, trong đó BIM là kho dữ liệu tập trung

về khối lượng, chi phí và thông tin nghiệm thu. Nhà thầu và tư vấn cần cập nhật mô hình theo tiến độ hoàn thành, gắn mã nghiệm thu và chi phí vào từng đối tượng mô hình. Chủ đầu tư nên quy định mô hình BIM là một phần bắt buộc của hồ sơ hoàn công, phục vụ kiểm tra nội bộ và kiểm toán. Đồng thời, đội ngũ phụ trách nghiệm thu cần được nâng cao năng lực sử dụng dữ liệu số thay cho tài liệu tĩnh, bảo đảm tính chính xác và đầy đủ của chi phí trước khi bàn giao. Giai đoạn thanh toán – quyết toán, cần thiết lập quy trình quản lý chi phí khép kín gắn với mô hình BIM từ đầu đến cuối. Mô hình phải được cập nhật liên tục và trở thành nguồn dữ liệu chính thức cho các bước thanh toán, quyết toán. Hồ sơ hoàn công cần được nộp dưới dạng mô hình tích hợp thông tin chi phí và nghiệm thu, coi đây là thành phần bắt buộc trong tài liệu hoàn tất dự án. Đội ngũ quản lý tài chính cần được trang bị kỹ năng khai thác dữ liệu BIM để kiểm tra và xác nhận chi phí, thay vì chỉ dựa vào bảng biểu tách rời. Việc đưa mô hình số vào quy trình thanh toán không chỉ tăng tính minh bạch, mà còn tạo nền tảng dữ liệu bền vững cho công tác quản lý vận hành công trình về sau.

6. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã làm rõ vai trò và tiềm năng ứng dụng của BIM trong quản lý chi phí xuyên suốt chu kỳ thi công dự án xây dựng, bao gồm các giai đoạn từ thiết kế kỹ thuật, lựa chọn nhà thầu, tổ chức thi công đến nghiệm thu, thanh toán và quyết toán. Trên cơ sở tổng hợp cơ sở lý luận và phân tích thực tiễn tại Việt Nam, kết quả chỉ ra rằng BIM không chỉ là công cụ mô phỏng kỹ thuật, mà còn là nền tảng dữ liệu tích hợp, có khả năng hỗ trợ kiểm soát chi phí một cách liên tục, chính xác và toàn diện trong suốt

vòng đời thi công.

Ở từng giai đoạn, BIM đảm nhiệm các chức năng đặc thù như phát hiện xung đột thiết kế, bóc tách khối lượng, kiểm soát phát sinh, xác minh chi phí và lập hồ sơ hoàn công. Những chức năng này góp phần nâng cao tính minh bạch, giảm thiểu sai lệch và tạo điều kiện cho việc ra quyết định tài chính một cách chủ động. Tuy nhiên, khảo sát cũng cho thấy việc ứng dụng BIM vào kiểm soát chi phí tại Việt Nam còn nhiều hạn chế, chủ yếu do thiếu chuẩn hóa dữ liệu, sự phân tách giữa các bộ phận chuyên môn và sự không đồng đều về năng lực triển khai giữa các chủ thể dự án.

Để phát huy tối đa vai trò của BIM trong quản lý chi phí thi công, cần có chiến lược tiếp cận đồng bộ về quy trình kỹ thuật, tổ chức triển khai và hoàn thiện hành lang pháp lý. Các giải pháp then chốt bao gồm: xây dựng hệ thống tiêu chuẩn dữ liệu BIM gắn với chi phí; tổ chức đào tạo chuyên sâu cho đội ngũ thiết kế, dự toán và quản lý hợp đồng; đồng thời thiết lập cơ chế phối hợp thông tin hiệu quả giữa các bên tham gia. Ngoài ra, vai trò định hướng của chủ đầu tư và cơ quan quản lý cần được phát huy, đưa BIM trở thành yêu cầu bắt buộc đối với các dự án có vốn đầu tư lớn hoặc yêu cầu kỹ thuật cao.

Kết quả nghiên cứu không chỉ cung cấp cái nhìn hệ thống về khả năng tích hợp BIM vào quản lý chi phí, mà còn đề xuất các định hướng triển khai phù hợp với bối cảnh Việt Nam, đồng thời tiệm cận thông lệ quốc tế. Trong bối cảnh chuyển đổi số ngành xây dựng diễn ra mạnh mẽ, việc đặt BIM ở vị trí trung tâm của quá trình kiểm soát chi phí là xu thế tất yếu, góp phần nâng cao hiệu quả, tính minh bạch và năng lực cạnh tranh của các dự án xây dựng trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ahmadi, P. F., & Arashpour, M. (2020). An analysis of 4D-BIM construction planning: Advantages, risks and challenges. *Proceedings of the 37th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC)*, 712–719.
- [2] Bộ Khoa học và Công nghệ (2024). *TCVN 14176-2:2024 Công trình xây dựng - Tổ chức thông tin về công trình xây dựng - Phần 2: Khung phân loại* [TCVN 14176-2:2024 Construction works - Organization of information about construction works - Part 2: Framework for classification]. Hà Nội. (in Vietnamese).
- [3] Bộ Khoa học và Công nghệ (2024). *TCVN 14177-1:2024 – Tổ chức và số hóa thông tin về công trình xây dựng, bao gồm mô hình hóa thông tin công trình (BIM) – Quản lý thông tin sử dụng mô hình hóa thông tin công trình – Phần 1: Khái niệm và nguyên tắc* [TCVN 14177-1:2024 – Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles]. Hà Nội. (in Vietnamese).

- [4] Bộ Khoa học và Công nghệ (2024). *TCVN 14177-2:2024 – Tổ chức và số hóa thông tin về công trình xây dựng, bao gồm mô hình hóa thông tin công trình (BIM) – Quản lý thông tin sử dụng mô hình hóa thông tin công trình – Phần 2: Giai đoạn chuyển giao tài sản* [TCVN 14177-2:2024 – Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 2: Asset delivery phase]. Hà Nội. (in Vietnamese).
- [5] Bộ Xây dựng (2021). *Thông tư số 10/2021/TT-BXD: Hướng dẫn áp dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng và quản lý vận hành công trình xây dựng* [Circular No. 10/2021/TT-BXD: Guidelines for applying building information modeling (BIM) in construction activities and construction facility management]. Hà Nội. (in Vietnamese).
- [6] Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(7), 971–980.
- [7] Chính phủ (2024). *Nghị định số 175/2024/NĐ-CP Quy định chi tiết một số điều và biện pháp thi hành Luật Xây dựng về quản lý hoạt động xây dựng* [Decree No. 175/2024/ND-CP detailing a number of articles and measures to implement the Law on Construction on construction activity management]. Hà Nội. (in Vietnamese).
- [8] Costin, A., Eastman, C., & Teizer, J. (2022). Automation and control of construction safety using BIM and real-time data. *Automation in Construction*, 134, 104003.
- [9] Crowther, J., & Ajayi, S. O. (2019). Impacts of 4D BIM on construction project performance. *International Journal of Construction Management*, 21(6), 567–578.
- [10] Dao, H. T., & Nguyen, T. A. (2021). Challenges in Applying BIM for Construction Cost Control in Vietnam. *Vietnam Journal of Construction Economics*, 18(2), 34–42.
- [11] Doukari, O., Seck, B., & Greenwood, D. (2022). The creation of construction schedules in 4D BIM: A comparison of conventional and automated approaches. *Buildings*, 12(8), 1145.
- [12] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors* (2nd ed.). Wiley.
- [13] Ghaffarianhoseini, A., et al. (2017). Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1046–1053.
- [14] Liu, Y., & Zhang, J. (2023). Impact of BIM usage levels on project performance: A quantitative study. *Automation in Construction*, 151, 104886.
- [15] Marzouk, M., & Hisham, M. (2020). BIM-based cost estimation for infrastructure projects. *Ain Shams Engineering Journal*, 11(1), 1–10.
- [16] Massachusetts Institute of Technology (MIT). (2012). *BIM Applications in Construction Cost and Schedule Control*. MIT Department of Civil and Environmental Engineering.
- [17] Mayouf, M., Nashwan, M. S., & Elfaki, A. O. (2024). Revolutionising the 4D BIM Process to Support Scheduling Requirements in Modular Construction. *Sustainability*, 16(3), 476.
- [18] Nguyễn Quốc Dũng (2024). *Báo cáo BIM ứng dụng trong kiểm soát khối lượng công trình năng lượng* [Report on BIM application in volume control for energy projects]. Vietnam Institute for Building Engineering. (in Vietnamese).
- [19] Phan Minh Quân (2024). Quản lý chi phí phát sinh thi công bằng BIM – Trường hợp dự án Hòa Lạc [Managing construction cost overruns using BIM – Case study of Hoa Lac project]. *Tạp chí Kinh tế Xây dựng* [Vietnam Journal of Construction Economics], 3/2024. (in Vietnamese).
- [20] Tạ Ngọc Bình (2021). *Báo cáo kết quả thực hiện đề tài: Nghiên cứu xây dựng hướng dẫn mô hình thông tin công trình (BIM) chi tiết cho các bộ môn (kiến trúc, kết cấu, cơ điện) mã số TĐ 87-18* [Final report: Research on developing detailed Building Information Modeling (BIM) guidelines for disciplines (architecture, structure, MEP) code TD 87-18]. Vietnam Institute of Construction Economics. (in Vietnamese).
- [21] Nguyen, T. A., Nguyen, T. A., & Tran, T. V. (2024). Building Information Modeling for Construction Project Schedule Management: A Review. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 14(3), 3490–3495.
- [22] BIM Corner (2024). *First steps to deliver BIM-based construction cost estimation – BIM 5D*. [Online]. Available: <https://bimcorner.com/first-steps-to-deliver-bim-based-construction-cost-estimation/>. [Accessed: Mar. 23, 2026].
- [23] Thanh Nga (2024). *Chưa quy định bắt buộc bỏ nộp hồ sơ giấy khi trình thẩm định dự án BIM* [No mandatory regulation to skip paper submission when submitting BIM projects for appraisal]. *Tạp chí Xây dựng* [Construction Magazine]. [Online]. Available: <https://tapchixaydung.vn/chua-quy-dinh-bat-buoc-bo-nop-ho-so-giay-khi-trinh-tham-dinh-du-an-bim-20201224000027716.html>. [Accessed: Mar. 23, 2026]. (in Vietnamese).
- [24] Latiffi, A. A., & Fathi, M. S. (2016). Roles and responsibilities of construction players in projects using Building Information Modeling (BIM). *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 9–16. doi:10.1007/978-3-319-33111-9_16.
- [25] CADBIM3D (2024). *Puntos clave para realizar mediciones de un modelo BIM con Navisworks Manage* [Key points for performing measurements of a BIM model with Navisworks Manage]. [Online]. Available: <https://www.cadbim3d.com/2022/05/puntos-clave-para-realizar-mediciones.html>. [Accessed: Mar. 23, 2026].