

# Phân tích các tác động của việc phát hiện xung đột theo quy trình BIM đến hiệu quả hoàn thành dự án xây dựng

Nguyễn Minh Ngọc<sup>1\*</sup>, Tạ Văn Phần<sup>2</sup>, Dương Văn Thái<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

<sup>2</sup>Trường Đại học Thủy Lợi

<sup>3</sup>Trường Cao đẳng Xây dựng số 1

## TỪ KHOẢ

BIM  
Phát hiện xung đột  
Dự án xây dựng  
Hiệu quả dự án  
Hiệu quả thiết kế

## TÓM TẮT

Trong bối cảnh các dự án xây dựng ngày càng phức tạp, việc kiểm soát xung đột thiết kế giữa các bộ môn đóng vai trò quan trọng đối với hiệu quả hoàn thành dự án. Nghiên cứu này tập trung phân tích các tác động của việc phát hiện xung đột theo quy trình BIM đến hiệu quả dự án xây dựng theo các khía cạnh tiến độ, chi phí, chất lượng, sự phối hợp và quản lý rủi ro. Thông qua tổng hợp và phân tích các nghiên cứu khoa học, tiêu chuẩn BIM quốc tế và các ví dụ thực tiễn, kết quả cho thấy việc phát hiện và xử lý xung đột sớm theo quy trình BIM giúp giảm đáng kể công việc làm lại, rút ngắn thời gian thi công, tiết kiệm chi phí đầu tư và nâng cao chất lượng công trình. Ngoài ra, phát hiện xung đột còn cải thiện hiệu quả phối hợp giữa các bên liên quan, tăng tính minh bạch thông tin và chủ động hỗ trợ quản lý các rủi ro. Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng chỉ ra một số thách thức trong triển khai BIM tại Việt Nam, để từ đó có được định hướng hoàn thiện tiêu chuẩn, quy trình và năng lực về BIM cho các dự án xây dựng.

## KEYWORDS

BIM  
Clash detection  
Construction projects  
Project efficiency  
Design effectiveness

## ABSTRACT

In the context of increasingly complex construction projects, controlling design conflicts among disciplines plays a crucial role in improving project completion efficiency. This study focuses on analyzing the impact of BIM-based clash detection on construction project efficiency, considering key aspects such as schedule, cost, quality, coordination and risk management. Through the synthesis and analysis of scientific literature, international BIM standards and practical case studies, the results indicate that early detection and resolution of clashes according to BIM process significantly reduce rework, shorten construction durations, lower investment costs and enhance construction quality. In addition, BIM-based clash detection improves coordination among project stakeholders, increases information transparency, and proactively supports risk management throughout the project lifecycle. Moreover, the study identifies several challenges in the implementation of BIM in Vietnam, thereby providing directions for improving standards, workflows, and organizational capabilities for BIM adoption in construction projects.

## 1. Giới thiệu

Các dự án xây dựng hiện đại ngày càng phức tạp do quy mô lớn, mức độ tích hợp hệ thống cao và sự tham gia của nhiều bên liên quan. Trong đó, các dự án áp dụng phương pháp thiết kế truyền thống dựa trên bản vẽ 2D CAD, khoảng 36 % lỗi thiết kế chỉ được phát hiện trong giai đoạn thi công, chi phí cho công việc làm lại trong xây dựng có thể chiếm từ 5–20 % tổng giá trị hợp đồng [1]. Các yếu tố này đã gây phát sinh chi phí, kéo dài tiến độ và gia tăng tranh chấp hợp đồng. Bên cạnh đó, BIM được phát triển như một giải pháp đột phá, cho phép tích hợp dữ liệu hình học và phi hình học trong một mô hình số thống nhất. Khi áp dụng quy trình BIM, việc phát hiện xung đột đóng vai trò cốt lõi trong việc nhận diện sớm và xử lý có hệ thống các mâu thuẫn thiết kế. BIM giúp mô phỏng môi trường xây dựng số, trực quan hóa dự án và

tự động phát hiện các xung đột giữa ngay từ giai đoạn thiết kế và tiền thi công [2].

Nhiều nghiên cứu thực nghiệm đã chứng minh hiệu quả kinh tế rõ rệt của việc phát hiện xung đột trong BIM. Có thể thấy chi phí xử lý xung đột trên mô hình BIM thấp hơn đáng kể so với xử lý tại hiện trường [1]. Tổng hợp dựa trên nhiều dự án, cho thấy giảm thời gian thực hiện dự án trung bình 20 %, chi phí 15 %, giảm lỗi thiết kế 30 % và giảm RFI khoảng 25 % [3]. Áp dụng BIM trong các dự án xây dựng giảm 30-50 % khối lượng công việc làm lại trong giai đoạn thi công, trong khi chi phí làm lại giảm tới 49 %, đối với lãng phí vật liệu, mức giảm có thể đạt 60 % [4], [5]. Các dự án xây dựng tại Việt Nam cũng đã chứng minh hiệu quả về phân tích xung đột trong BIM, như giảm chi phí dự án từ 12-15 %, và phát hiện hàng nghìn xung đột trong các dự án [6].

\*Liên hệ tác giả: ngoctm@hau.edu.vn

Nhận ngày 14/01/2026, sửa xong ngày 26/01/2026, chấp nhận đăng ngày 27/01/2026

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.02.2026.1224>

Về tiến độ, việc phát hiện sớm các xung đột về không gian và trình tự thi công giúp hạn chế tình trạng tạm dừng thi công, chờ phối hợp và tháo dỡ làm lại, từ đó giảm nguy cơ phá vỡ đường găng tiến độ. Đồng thời, chất lượng công trình và khả năng thi công được cải thiện nhờ thiết kế điều phối đồng bộ và chi tiết lắp đặt rõ ràng [6].

Ở góc độ quản lý dự án, phát hiện xung đột kết hợp với môi trường dữ liệu dùng chung (CDE) giúp nâng cao tính minh bạch qua hệ thống theo dõi dấu vết đầy đủ, khả năng truy xuất quyết định, và kiểm soát rủi ro chủ động. Dự án triển khai BIM có thể giảm tranh chấp hợp đồng và khiếu nại tới 55.2 % nếu áp dụng từ giai đoạn thiết kế, hoặc đạt 72 % hiệu quả rất cao trong các dự án lớn [7], [8].

Mặc dù các nghiên cứu trên thế giới và ở Việt nam đã chỉ ra được lợi ích của BIM trong việc phát hiện sớm các xung đột để giảm chi phí, giảm nguy cơ vỡ tiến độ ..... v.v... . Nhiều bên vẫn coi BIM chủ yếu là công cụ dựng hình 3D thay vì một quy trình quản lý thông tin tổng thể, chất lượng mô hình BIM giữa các bộ môn chưa đồng nhất, các tiêu chuẩn chung về LOD, tọa độ và quy ước dữ liệu vẫn chưa đồng nhất, khiến công tác phát hiện xung đột phát sinh nhiều xung đột giá và kém hiệu quả. Ngoài ra, việc tổng hợp đánh giá toàn diện mối quan hệ giữa lợi ích của việc phát hiện các xung đột với đồng thời nhiều khía cạnh quản lý dự án (tiến độ, chi phí, rủi ro, phối hợp các bên...) còn rời rạc. Do đó, nghiên cứu được thực hiện nhằm làm rõ vai trò của phát hiện xung đột trong quy trình BIM như một công cụ quản lý chiến lược, góp phần nâng cao hiệu quả hoàn thành dự án xây dựng. Đồng thời, phân tích và đánh giá tác động của phát hiện xung đột BIM đến các khía cạnh then chốt của dự án gồm tiến độ, chi phí, chất lượng, phối hợp giữa các bên và quản lý rủi ro dựa trên các nghiên cứu và kết quả thực tiễn. Từ đó, nhận diện những thách thức trong triển khai phát hiện xung đột BIM tại Việt Nam để đề xuất các định hướng hoàn thiện tiêu chuẩn, quy trình và năng lực nhằm khai thác hiệu quả BIM trong bối cảnh áp dụng theo lộ trình bắt buộc.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu đã áp dụng phương pháp nghiên cứu tổng hợp và phân tích định tính, được triển khai theo một quy trình gồm các bước:

**Bước 1:** Thu thập và tổng quan tài liệu nghiên cứu liên quan đến BIM và phát hiện xung đột, bao gồm các công trình khoa học trong và ngoài nước, tiêu chuẩn BIM quốc tế và các quy định, chính sách áp dụng BIM tại Việt Nam.

**Bước 2:** Hệ thống hóa cơ sở lý luận về phát hiện xung đột trong BIM, làm rõ khái niệm, phân loại xung đột và vị trí của phát hiện xung đột trong quy trình BIM tổng thể.

**Bước 3:** Phân tích quy trình phát hiện xung đột trong BIM theo các cấp độ phát triển mô hình (LOD), môi trường dữ liệu dùng chung và tiêu chuẩn quản lý thông tin, làm rõ cơ chế phối hợp và xử lý xung đột.

**Bước 4:** Phân tích tác động của phát hiện xung đột BIM đến hiệu quả hoàn thành dự án xây dựng theo các khía cạnh chính gồm tiến độ, chi phí, chất lượng, phối hợp giữa các bên và quản lý rủi ro, thông qua tổng hợp và so sánh các kết quả nghiên cứu thực nghiệm.

**Bước 5:** Đánh giá thực trạng và nhận diện các thách thức trong triển khai phát hiện xung đột BIM tại Việt Nam, tập trung vào các vấn đề về tiêu chuẩn, năng lực nhân sự, chi phí và quy trình tổ chức.

**Bước 6:** Tổng hợp kết quả nghiên cứu và đề xuất các định hướng, khuyến nghị nhằm hoàn thiện tiêu chuẩn, nâng cao năng lực và thúc đẩy áp dụng hiệu quả phát hiện xung đột trong BIM cho các dự án xây dựng tại Việt Nam.

## 3. Khái quát về phát hiện xung đột trong BIM

### 3.1. Khái niệm phát hiện xung đột

Phát hiện xung đột là một chức năng cốt lõi của BIM, nhằm nhận diện sớm các va chạm hoặc mâu thuẫn giữa các đối tượng trong mô hình số trước khi thi công [2], quá trình này sử dụng các phần mềm chuyên dụng như Navisworks, Solibri, BIMcollab... để phân tích mô hình liên hợp, qua đó phát hiện các xung đột phát sinh giữa thiết kế của các bộ môn kiến trúc, kết cấu và MEP [9].

Trong nghiên cứu và thực tiễn, xung đột trong BIM thường được phân thành ba nhóm chính [2]:

- Xung đột cứng là các va chạm hình học trực tiếp khi các cấu kiện chiếm cùng không gian vật lý, chẳng hạn ống kỹ thuật va chạm với dầm hoặc cột.
- Xung đột mềm liên quan đến việc vi phạm khoảng không gian kỹ thuật, vùng an toàn hoặc yêu cầu tiếp cận cho thi công, vận hành và bảo trì; loại xung đột này thường được phát hiện thông qua kiểm tra dựa trên quy tắc và tiêu chuẩn kỹ thuật.
- Xung đột theo quy trình hoặc thời gian là xung đột phát sinh từ mâu thuẫn trong trình tự thi công hoặc tiến độ, thường được phân tích bằng mô hình BIM 4D để đánh giá tính khả thi của kế hoạch xây dựng.

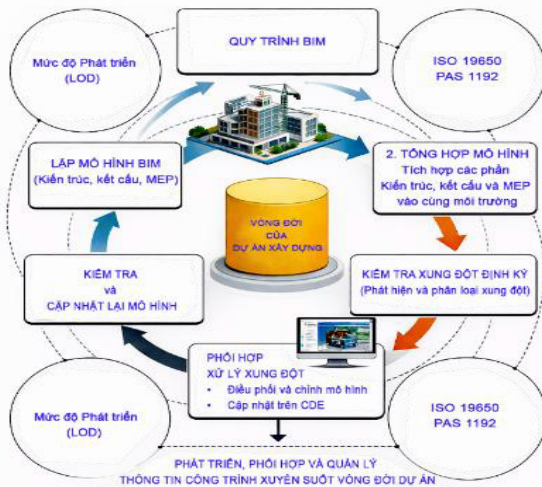
Nhìn chung, phát hiện xung đột trong BIM không chỉ nhằm xác định va chạm hình học mà còn là một quy trình kiểm soát chất lượng thiết kế và thi công mang tính hệ thống. Việc nhận diện và xử lý hiệu quả các loại xung đột giúp nâng cao khả năng thi công, giảm rủi ro và cải thiện hiệu quả hoàn thành dự án xây dựng.

### 3.2. Phát hiện xung đột trong quy trình BIM

Phát hiện xung đột trong BIM không phải là một hoạt động độc lập mà là một bước tích hợp trong quy trình BIM tổng thể, gắn liền với việc phát triển, phối hợp và quản lý thông tin công trình xuyên suốt vòng đời dự án [2]. Hiệu quả của hoạt động này phụ thuộc lớn vào cấp độ phát triển của quy trình BIM (LOD - Level of Development), trong đó các bước lập mô hình LOD 200-400, tích hợp dữ liệu MEP-kết cấu-kiến trúc trong mô hình liên hợp, kiểm tra tự động và xử lý xung đột được thực hiện một cách có hệ thống và lặp lại theo quy trình ISO 19650 [10]. Tại LOD 200, kiểm tra tập trung vào xung đột không gian lớn; LOD 350-400 tập trung vào các vấn đề chi tiết như ống dẫn, bu-lông, mối nối, với phát hiện xung đột trở thành nhiệm vụ mạnh mẽ hơn khi LOD tăng, cho phép phát hiện và giải quyết xung đột với độ chính xác cao hơn [10]. Quy trình này diễn ra theo ISO 19650 trong hệ thống

CDE, với mô hình được kiểm tra trước khi chuyển sang "xuất bản" để phê duyệt thi công, đảm bảo tính nhất quán dữ liệu và giảm thiểu xung đột giả thông qua ma trận xung đột và kiểm tra dựa trên quy tắc [6].

Trên cơ sở mô hình liên hợp, kiểm tra xung đột định kỳ được thực hiện bằng các phần mềm chuyên dụng như Navisworks hoặc Solibri, gắn với các mốc phát triển thiết kế hoặc thi công. Các xung đột được phát hiện được phân loại và đánh giá mức độ ảnh hưởng theo loại xung đột (cứng, mềm, theo quy trình) và tác động đến chi phí, tiến độ và khả năng thi công, nhằm ưu tiên xử lý các xung đột có rủi ro cao [6], [11].



Hình 1. Quy trình phát hiện xung đột trong BIM.

Cuối cùng, phối hợp xử lý và cập nhật mô hình được thực hiện thông qua các buổi điều phối BIM và môi trường dữ liệu dùng chung (CDE), đúng với yêu cầu về cộng tác và kiểm soát thông tin của ISO 19650 [12], [13]. Quy trình khép kín này được diễn giải ở Hình 1, các bước và giải pháp triển khai phát hiện xung đột giúp đảm bảo tính nhất quán của mô hình, giảm rủi ro và góp phần nâng cao hiệu quả hoàn thành dự án xây dựng.

#### 4. Tác động của phát hiện xung đột BIM đến hiệu quả hoàn thành dự án

##### 4.1. Tác động đến tiến độ dự án

Phát hiện xung đột trong quy trình BIM có tác động trực tiếp và rõ rệt đến tiến độ thực hiện dự án xây dựng, đặc biệt khi được triển khai ngay từ giai đoạn thiết kế. Việc nhận diện sớm các xung đột giữa kiến trúc, kết cấu và hệ thống MEP giúp giảm thiểu đáng kể tình trạng dừng thi công để điều chỉnh bản vẽ hoặc giải quyết mâu thuẫn kỹ thuật tại công trường, với nghiên cứu cho thấy BIM giảm thời gian thực hiện dự án trung bình 20 % và giảm RFI 25 % nhờ phát hiện sớm các xung đột [1], [3].

Khi các xung đột không được phát hiện trước khi thi công là một trong những nguyên nhân chính gây gián đoạn tiến độ và làm phá vỡ kế hoạch thi công ban đầu, dẫn đến mỗi xung đột chưa giải quyết có

thể gây chậm trễ, lãng phí vật liệu và tổn kém cho công việc phải làm lại. Phát hiện sớm các xung đột ngay từ giai đoạn thiết kế giúp:

- Giảm thiểu việc dừng thi công để điều chỉnh bản vẽ.
- Hạn chế phát sinh công việc làm lại.
- Rút ngắn thời gian xử lý các vấn đề kỹ thuật tại công trường.

Các nội dung về áp dụng BIM dựa trên phát hiện xung đột được thể hiện theo Bảng 1.

Bảng so sánh cho thấy việc áp dụng phát hiện xung đột trong quy trình BIM mang lại lợi thế rõ rệt về kiểm soát và rút ngắn tiến độ dự án. Khi các xung đột được nhận diện và xử lý ngay từ giai đoạn thiết kế, số lần gián đoạn thi công và khối lượng công việc làm lại tại hiện trường giảm mạnh, qua đó giúp ổn định đường găng tiến độ và rút ngắn tổng thời gian thực hiện dự án. Điều này đặc biệt có ý nghĩa đối với các dự án có mức độ tích hợp kỹ thuật cao, như công trình có hệ thống MEP phức tạp.

##### 4.2. Tác động đến chi phí đầu tư

Chi phí phát sinh do lỗi và xung đột thiết kế là nguyên nhân chính gây vượt ngân sách trong xây dựng, chiếm 39,6 % chi phí phát sinh thêm dự án [16]. Trong các dự án thiết kế truyền thống, xung đột giữa kiến trúc, kết cấu và MEP thường chỉ phát hiện ở giai đoạn thi công, dẫn đến việc làm lại các hoạt động tốn 10-15 % tổng chi phí và cùng lãng phí vật liệu và tăng chi phí nhân công [6], [17]. Việc phát hiện xung đột theo BIM giúp:

- Giảm chi phí sửa đổi thiết kế trong giai đoạn thi công
- Hạn chế lãng phí vật liệu và nhân công
- Giảm chi phí phát sinh do tranh chấp hợp đồng

Theo thống kê thực tiễn, chi phí xử lý xung đột được đánh giá theo Bảng 2.

Bảng so sánh cho thấy việc áp dụng phát hiện xung đột trong quy trình BIM mang lại lợi ích kinh tế rõ rệt cho dự án xây dựng. Khi các xung đột được phát hiện và xử lý sớm trong giai đoạn thiết kế, chi phí sửa đổi kỹ thuật, lãng phí vật liệu và nhân công phát sinh tại công trường được giảm mạnh. Đặc biệt, chi phí xử lý xung đột trên mô hình BIM chỉ bằng khoảng 25-33 % so với xử lý cùng lỗi trong giai đoạn thi công, qua đó góp phần kiểm soát ngân sách, giảm nguy cơ vượt chi phí đầu tư và tiết kiệm đến 30 % chi phí so với dự án không sử dụng BIM. Ngoài ra, việc minh bạch hóa thông tin và trách nhiệm thông qua BIM còn giúp hạn chế tranh chấp hợp đồng, tạo nền tảng cho quản lý chi phí hiệu quả và bền vững hơn.

##### 4.3. Tác động đến chất lượng công trình

Phát hiện và xử lý xung đột triệt để trong môi trường mô hình số BIM có tác động tích cực và lâu dài đến chất lượng công trình xây dựng. Khi các xung đột giữa kiến trúc, kết cấu và hệ thống kỹ thuật được giải quyết ngay từ giai đoạn thiết kế, bản vẽ thi công và hồ sơ kỹ thuật trở nên rõ ràng, nhất quán và có độ tin cậy cao hơn, đồng thời giảm 7 % công việc làm lại và 21 % thay đổi thiết kế so với các dự án không sử

dụng BIM hiệu quả [23]. Khi các xung đột được giải quyết sớm, bản vẽ thi công và hồ sơ kỹ thuật đạt độ tin cậy cao hơn 30 % so với phương pháp truyền thống, với độ chính xác thiết kế tăng hơn 30 % và giảm lãng phí vật liệu 60 % [5], [24], phát hiện sớm 85% lỗi thiết kế trước khi chuyển sang giai đoạn thi công [25]. Khi các xung đột được giải quyết triệt để trong môi trường số:

- Bản vẽ thi công trở nên rõ ràng, nhất quán
- Giảm nguy cơ sai sót trong lắp đặt
- Tăng độ chính xác và đồng bộ của các hệ thống kỹ thuật

Điều này góp phần nâng cao chất lượng hoàn thiện công trình, đồng thời cải thiện hiệu suất vận hành và bảo trì sau này, các yếu tố được thể hiện Bảng 3.

Bảng so sánh cho thấy việc áp dụng phát hiện xung đột trong BIM giúp nâng cao rõ rệt chất lượng công trình xây dựng. Khi các xung đột được giải quyết triệt để trong môi trường số, bản vẽ thi công trở nên nhất quán, sai sót lắp đặt được hạn chế, và các hệ thống kỹ thuật đạt độ chính xác cao hơn. Điều này không chỉ cải thiện chất lượng hoàn thiện công trình mà còn nâng cao hiệu quả vận hành, bảo trì và quản lý tài sản trong suốt vòng đời công trình.

#### 4.4. Tác động đến phối hợp và giao tiếp giữa các bên

BIM và phát hiện xung đột tạo ra một nền tảng giao tiếp chung cho các bên liên quan trong dự án xây dựng, qua đó cải thiện đáng kể hiệu quả phối hợp và trao đổi thông tin. Thay vì làm việc trên các bộ hồ sơ rời rạc, kiến trúc sư, kỹ sư và nhà thầu cùng tương tác trên một mô hình BIM thống nhất, phản ánh đầy đủ và đồng bộ thông tin dự án [28]. Một số hiệu quả được thể hiện như sau:

- Các bên liên quan cùng làm việc trên một mô hình thống nhất
- Vấn đề được minh họa trực quan thay vì diễn giải bằng văn bản

- Quy trình phối hợp trở nên minh bạch và có kiểm soát
- Nhờ đó, tinh thần hợp tác giữa kiến trúc sư, kỹ sư và nhà thầu được nâng cao, giảm thiểu hiểu nhầm và xung đột trách nhiệm. Các yếu tố giao tiếp được mô tả theo Bảng 4.

Bảng so sánh cho thấy việc áp dụng phát hiện xung đột trong BIM giúp cải thiện rõ rệt mức độ phối hợp và giao tiếp giữa các bên tham gia dự án. Khi tất cả các bên cùng làm việc trên một mô hình BIM thống nhất, các vấn đề kỹ thuật được minh họa trực quan, thông tin được quản lý minh bạch và trách nhiệm được làm rõ. Nhờ đó, thời gian trao đổi kỹ thuật được rút ngắn, hiểu nhầm và xung đột trách nhiệm giảm đáng kể, đồng thời tinh thần hợp tác đa ngành được nâng cao, góp phần quan trọng vào hiệu quả tổng thể của dự án xây dựng.

#### 4.5. Tác động đến quản lý rủi ro dự án

Phát hiện xung đột trong BIM được xem như một công cụ quản lý rủi ro mang tính chủ động, cho phép nhận diện và kiểm soát các rủi ro tiềm ẩn ngay từ giai đoạn thiết kế và tiền thi công [35]. Một nghiên cứu thực nghiệm cho thấy 42 % số ca tử vong có thể được ngăn chặn thông qua việc áp dụng phát hiện xung đột từ giai đoạn thiết kế [36]. Thông qua việc tích hợp và kiểm tra mô hình liên hợp, các điểm yếu trong thiết kế, sự thiếu đồng bộ giữa các bộ môn và các mâu thuẫn kỹ thuật có nguy cơ gây gián đoạn thi công được phát hiện sớm, trước khi chuyển hóa thành rủi ro thực tế tại công trường [37]. Một số yếu tố chính về quản lý rủi ro chủ động:

- Nhận diện sớm các điểm yếu trong thiết kế
- Giảm rủi ro về an toàn lao động
- Hạn chế các rủi ro pháp lý và khiếu nại

Các nội dung quản lý rủi ro được thể hiện tại Bảng 5.

**Bảng 1.** so sánh tiến độ dự án có và không áp dụng phát hiện xung đột.

Tiêu chí phân tích	Dự án không dùng bản vẽ 2D	Dự án áp dụng BIM	Tài liệu
Thời điểm phát hiện xung đột	Chủ yếu tại giai đoạn thi công	Ngay từ giai đoạn thiết kế và tiền thi công	[10]
Số lần dừng thi công để điều chỉnh	Cao, thường xuyên do lỗi thiết kế	Giảm đáng kể nhờ xử lý trước trên mô hình	[2]
Khối lượng công việc làm lại	Chiếm 10–15 % thời gian thi công	Giảm 30–50 % so với phương pháp truyền thống	[4]
Thời gian xử lý vấn đề kỹ thuật tại hiện trường	Dài, phụ thuộc vào sự phối hợp thủ công	Ngắn hơn nhờ phương án đã được thống nhất trước	[14]
Mức độ ổn định đường găng tiến độ	Thấp, dễ bị phá vỡ	Cao hơn, ít gián đoạn ngoài kế hoạch	[14], [15]
Tổng thời gian thực hiện dự án	Dễ kéo dài so với kế hoạch ban đầu	Giảm trung bình 5–20 % thời gian dự án	[3], [4]
Khả năng kiểm soát tiến độ	Phản ứng thụ động khi có sự cố	Chủ động, kiểm soát rủi ro sớm, giảm khiếu nại tối đa tới 55,2 %	[11]

**Bảng 2.** so sánh chi phí dự án có và không áp dụng phát hiện xung đột.

Tiêu chí phân tích	Dự án không dùng bản vẽ 2D	Dự án áp dụng BIM	Tài liệu
Thời điểm phát sinh chi phí xử lý xung đột	Chủ yếu trong giai đoạn thi công	Chủ yếu trong giai đoạn thiết kế/tiền thi công	[1]
Chi phí sửa đổi thiết kế	Chi phí sẽ cao do phải tháo dỡ và thi công lại	Chi phí giảm thấp do được điều chỉnh trực tiếp trên mô hình số và triển khai ngay từ giai đoạn đầu. Có thể giảm tới 22 % tổng chi phí dự án.	[18]
Chi phí xử lý một xung đột kỹ thuật	100 % (giá trị chuẩn để so sánh với BIM)	Chi khoảng 25–33 % so với xử lý tại hiện trường	[1], [19]
Chi phí công việc làm lại	Chiếm 5–20 % giá trị hợp đồng	Giảm 30–50 % so với phương pháp truyền thống	[3], [5]
Lãng phí vật liệu	Cao do sai sót thi công	Giảm đáng kể nhờ kiểm soát trước	[19]
Chi phí nhân công phát sinh	Cao (chờ đợi, làm lại)	Thấp hơn do thi công theo phương án đã tối ưu	[17]
Chi phí phát sinh do tranh chấp hợp đồng	Thường xuyên, khó kiểm soát	khuyến nghị giảm từ 15 % xuống còn 10 % giá trị hợp đồng – tương đương giảm 33 % chi phí tranh chấp. Giảm thiểu sót tài liệu từ 35 % xuống còn 10 %.	[8], [20]
Tổng chi phí đầu tư dự án	Dễ vượt ngân sách ban đầu	Giảm chi phí thi công 8,61 % so với cách truyền thống. Tiết kiệm chi phí toàn dự án khoảng 10–30 %	[21], [22]

**Bảng 3.** so sánh chất lượng công trình có và không áp dụng BIM.

Tiêu chí phân tích	Dự án không dùng bản vẽ 2D	Dự án áp dụng BIM	Tài liệu
Mức độ rõ ràng, nhất quán của bản vẽ thi công	Thường thiếu đồng bộ giữa các bộ môn	Cao, bản vẽ được điều phối và thống nhất	[24]
Số lượng sai sót trong lắp đặt	Cao, phát sinh nhiều điều chỉnh tại hiện trường	Giảm đáng kể nhờ bố trí hợp lý từ thiết kế	[6]
Độ chính xác của hệ thống MEP	Thấp hơn do xung đột không gian	Cao, các hệ thống được kiểm tra và tối ưu	[3]
Tỷ lệ khiếm khuyết chất lượng sau thi công	Cao, cần khắc phục sau nghiệm thu	Giảm rõ rệt các lỗi tồn đọng	[14], [25]
Mức độ phụ thuộc vào giải pháp xử lý tình huống tại hiện trường	Cao, dễ ảnh hưởng chất lượng	Thấp, phương án đã được thống nhất trước	[25]
Hiệu suất vận hành công trình	Dễ phát sinh sự cố kỹ thuật	Ổn định hơn trong giai đoạn vận hành	[23]
Khả năng bảo trì và quản lý tài sản	Khó khăn do thiếu thông tin chính xác	Thuận lợi nhờ mô hình BIM đồng bộ	[26]
Mức độ hài lòng của chủ đầu tư	Trung bình hoặc thấp	Cao hơn nhờ chất lượng ổn định	[26], [27]

**Bảng 4.** so sánh mức độ phối hợp dự án có và không áp dụng BIM.

Tiêu chí phân tích	Dự án không dùng bản vẽ 2D	Dự án áp dụng BIM	Tài liệu
Nền tảng làm việc chung	Hồ sơ rời rạc, nhiều bản vẽ 2D	Mô hình BIM liên hợp thống nhất	[29]
Hình thức trao đổi kỹ thuật	Chủ yếu qua văn bản, email, bản vẽ	Trao đổi trực quan trên mô hình 3D	[28]
Khả năng hiểu thống nhất thiết kế	Thấp, dễ hiểu sai giữa các bộ môn	Cao, mô hình là “ngôn ngữ chung”	[30]
Thời gian xử lý xung đột kỹ thuật	Dài, nhiều vòng trao đổi	Ngắn hơn nhờ nhận diện trực quan	[15], [31]
Tính minh bạch thông tin	Thấp, khó truy xuất thay đổi	Cao, quản lý tập trung qua CDE	[32]
Khả năng truy xuất trách nhiệm	Không rõ ràng, dễ tranh cãi	Rõ ràng nhờ lịch sử mô hình	[6]
Tần suất họp phối hợp kéo dài	Cao, hiệu quả hạn chế	Giảm, họp tập trung và hiệu quả	[30]

Tiêu chí phân tích	Dự án không dùng bản vẽ 2D	Dự án áp dụng BIM	Tài liệu
Mức độ xung đột giữa các bên	Cao, dễ phát sinh mâu thuẫn	Giảm đáng kể	[2]
Tinh thần hợp tác đa ngành	Trung bình hoặc thấp	Cao, thúc đẩy làm việc nhóm	[20]
Mức độ hài lòng của các bên	Trung bình	Cao hơn rõ rệt. các khảo sát cho thấy tới 80 % khách hàng hài lòng với triển khai BIM và mức độ hài lòng có thể tăng khoảng 15 % so với cách làm truyền thống	[33], [34]

**Bảng 5.** so sánh mức độ rủi ro dự án có và không áp dụng BIM.

Tiêu chí phân tích	Dự án không dùng bản vẽ 2D	Dự án áp dụng BIM	Tài liệu
Rủi ro thiết kế	Cao, nhiều xung đột chỉ phát hiện khi thi công	Thấp hơn do phát hiện và xử lý sớm	[9]
Rủi ro kỹ thuật thi công	Cao, thường phát sinh điều chỉnh ngoài hiện trường	Giảm đáng kể nhờ kiểm tra trên mô hình	[21]
Rủi ro tiến độ	Cao, dễ gián đoạn do xử lý xung đột muộn	Thấp hơn, tiến độ ổn định	[14]
Rủi ro chi phí	Dễ vượt ngân sách do phát sinh sửa đổi	Giảm nhờ kiểm soát xung đột sớm	[35]
Rủi ro an toàn lao động	Cao, do xung đột không gian và trình tự	Thấp hơn nhờ mô phỏng 3D/4D	[36]
Rủi ro pháp lý & khiếu nại	Thường xuyên, khó phân định trách nhiệm	Giảm 25–30 % khi phối hợp BIM hiệu quả, giảm 55,2 % khiếu nại và giảm 25–30 % chi phí pháp lý	[20], [38]
Rủi ro vận hành & bảo trì	Cao do thông tin không đồng bộ	Thấp hơn nhờ mô hình BIM chính xác	[8]
Mức độ rủi ro tổng thể dự án	Cao, mang tính phản ứng	Thấp hơn, mang tính chủ động	[36]

Bảng so sánh cho thấy việc áp dụng phát hiện xung đột trong quy trình BIM giúp giảm đáng kể hầu hết các nhóm rủi ro quan trọng của dự án xây dựng. Khi các xung đột được phát hiện và xử lý sớm trong môi trường mô hình số, rủi ro thiết kế, rủi ro thi công và rủi ro tiến độ được kiểm soát một cách chủ động, thay vì phản ứng thụ động tại công trường. Đặc biệt, các rủi ro an toàn và pháp lý được giảm mạnh nhờ minh bạch hóa thông tin và phân định rõ trách nhiệm giữa các bên. Điều này có ý nghĩa lớn đối với các dự án EPC, Design & Build hoặc PPP, nơi rủi ro thiết kế và thi công ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả tài chính và lợi nhuận của nhà thầu.

**5. Thách thức khi triển khai phát hiện xung đột BIM**

Mặc dù phát hiện xung đột trong BIM mang lại nhiều lợi ích trong việc giảm công việc làm lại và tối ưu hóa thiết kế, việc triển khai tại Việt Nam vẫn đối mặt với nhiều thách thức, đặc biệt trong bối cảnh áp dụng BIM theo lộ trình bắt buộc của Quyết định 258/QĐ-TTg năm 2023. Thực tế công trình đã ghi nhận như giảm chi phí dự án 12–15 % và phát hiện hàng nghìn xung đột trong một số dự án. Phân tích đã nhấn mạnh giá trị quản trị: khi áp dụng công cụ phát hiện xung đột từ giai đoạn thiết kế, BIM có thể giảm tranh chấp/hồ sơ khiếu nại tới 55,2 %, củng cố lập luận rằng việc phát hiện xung đột không chỉ là kỹ thuật mà còn là công cụ quản lý rủi ro và hợp đồng.

Bên cạnh đó, các phân tích cũng thấy được các rào cản của việc áp dụng BIM, các rào cản này không chỉ đến từ yếu tố kỹ thuật mà còn liên quan đến khung pháp lý, năng lực nhân sự và quy trình tổ chức, đòi hỏi các giải pháp mang tính hệ thống. Một số rào cản cơ bản cho áp dụng BIM:

- Thiếu hệ thống tiêu chuẩn BIM thống nhất. Việc chưa có quy định đồng bộ về LOD, chuẩn trao đổi dữ liệu (IFC) và ma trận kiểm tra xung đột khiến các mô hình khó tương thích giữa các phần mềm, làm giảm hiệu quả phát hiện xung đột. Thực tế tại một số dự án công cho thấy quá trình kiểm tra va chạm gặp nhiều khó khăn do thiếu hướng dẫn chi tiết trong hồ sơ mời thầu BIM [39]. Trong khi trên thế giới khoảng 50 % xung đột phát sinh từ dữ liệu không đồng bộ, tình trạng này tại Việt Nam càng nghiêm trọng do thiếu khung tiêu chuẩn kỹ thuật rõ ràng[40]. Cần phải có những khung chính sách (chi tiết hóa hơn Quyết định số 347/QĐ-BXD ngày 02/04/2021), các hướng dẫn kỹ thuật phù hợp để đáp ứng hiệu quả thực tế.
- Năng lực BIM của các bên tham gia dự án chưa đồng đều, khi nhân sự có kinh nghiệm chủ yếu tập trung tại các đô thị lớn. Nhiều đơn vị thiếu kỹ năng sử dụng các công cụ phát hiện xung đột như Navisworks hoặc Solibri, dẫn đến mô hình có mức độ chi tiết thấp và xuất hiện nhiều xung đột giả. Khảo sát cho thấy việc thiếu nhân lực BIM chất lượng cao là rào cản lớn nhất trong triển khai BIM, đặc biệt đối với các dự án địa phương [41]. Cần đẩy mạnh xu hướng đào tạo BIM

trong các trường đại học, thành lập các ngành học chuyên sâu về BIM và quản lý dự án bằng công cụ số.

- Chi phí đầu tư ban đầu cho phần mềm và đào tạo cũng là một trở ngại đáng kể, nhất là với doanh nghiệp vừa và nhỏ. Chi phí BIM có thể chiếm 5–15 % ngân sách dự án nhỏ, trong khi lợi ích tài chính thường chỉ được ghi nhận sau vài năm triển khai. Việc thiếu các chính sách hỗ trợ về tài chính và công nghệ càng làm chậm quá trình áp dụng tự động hóa phát hiện xung đột [42]. Đây mạnh hơn hỗ trợ áp dụng BIM vào toàn dự án, cụ thể hóa các công cụ tính toán chi phí trong áp dụng BIM.

- Quy trình phối hợp chưa được chuẩn hóa, thể hiện qua việc thiếu Kế hoạch thực hiện BIM (BEP) chi tiết và môi trường dữ liệu dùng chung (CDE). Điều này dẫn đến cập nhật mô hình chậm và giao tiếp kém hiệu quả giữa các bên, làm giảm hiệu quả của phát hiện xung đột [43]. Trong bối cảnh đó, việc hoàn thiện tiêu chuẩn, nâng cao năng lực nhân sự và chuẩn hóa quy trình phối hợp là điều kiện then chốt để khai thác hiệu quả BIM trong phát hiện xung đột tại Việt Nam.

Các thách thức nêu trên đã cho thấy có những rào cản đáng kể cho việc áp dụng BIM. Do vậy, cần sớm có một hệ thống tiêu chuẩn BIM thống nhất, làm cơ sở triển khai đồng bộ phát hiện xung đột theo lộ trình bắt buộc. Doanh nghiệp xây dựng cần đầu tư BIM một cách chiến lược, chú trọng cả quy trình, nhân sự và khai thác việc phát hiện xung đột như công cụ quản lý rủi ro. Trong đào tạo cần tăng cường giảng dạy BIM theo hướng thực hành và phối hợp đa bộ môn nhằm nâng cao chất lượng nguồn nhân lực. Đồng thời, các chính sách hỗ trợ tài chính và chuyển đổi số sẽ giúp giảm gánh nặng chi phí ban đầu cho doanh nghiệp, đặc biệt là doanh nghiệp vừa và nhỏ. Cuối cùng, sự liên kết chặt chẽ giữa Nhà nước – doanh nghiệp – cơ sở giáo dục là yếu tố then chốt để hình thành hệ sinh thái BIM hiệu quả và bền vững tại Việt Nam.

**Danh mục từ viết tắt**

Ký hiệu	Giải thích
BIM	Mô hình thông tin công trình
LOD	Mức độ phát triển/chi tiết của mô hình
IFC	Chuẩn trao đổi dữ liệu mở trong mô hình thông tin công trình
BEP	Kế hoạch thực hiện mô hình thông tin công trình
CDE	Môi trường dữ liệu dùng chung
MEP	Hệ thống cơ điện và cấp thoát nước
RFI	Yêu cầu cung cấp và làm rõ thông tin
ISO	Tổ chức tiêu chuẩn hóa quốc tế
ISO 19650	Tiêu chuẩn quản lý thông tin trong mô hình thông tin công trình
ISO 16739	Tiêu chuẩn về chuẩn trao đổi dữ liệu IFC
EPC	Hình thức hợp đồng thiết kế – mua sắm – thi công
PPP	Hình thức hợp tác công – tư
3D BIM	Mô hình thông tin công trình ba chiều
4D BIM	Mô hình thông tin công trình tích hợp tiến độ thi công

**6. Kết luận**

Phát hiện xung đột theo quy trình BIM có ý nghĩa đặc biệt quan trọng đối với sự thành công của các dự án xây dựng. Nghiên cứu khẳng định phát hiện xung đột không chỉ đơn thuần là một công cụ kiểm tra kỹ thuật, mà là một cơ chế quản lý mang tính chiến lược, góp phần nâng cao hiệu quả hoàn thành dự án trên nhiều phương diện.

Phát hiện xung đột theo quy trình BIM mang lại tác động tích cực và toàn diện đến hiệu quả hoàn thành dự án xây dựng. Việc phát hiện và xử lý xung đột sớm giúp giảm 30–50 % khối lượng công việc làm lại, rút ngắn 5–20 % thời gian thực hiện dự án và giảm khoảng 25 % số lượng RFI phát sinh, qua đó ổn định tiến độ và hạn chế gián đoạn thi công. Đồng thời, chi phí xử lý xung đột trên mô hình BIM chỉ bằng 25–33 % so với xử lý tại hiện trường, góp phần tiết kiệm 10–30 % tổng chi phí đầu tư. Ngoài ra, chất lượng công trình, hiệu quả phối hợp giữa các bên và tính minh bạch thông tin được cải thiện rõ rệt, giúp giảm tranh chấp và khiếu nại hợp đồng tới 55,2 % và tăng cường quản lý rủi ro một cách chủ động.

Đặc biệt đối với các mô hình dự án như EPC hoặc PPP, nơi rủi ro thiết kế ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả tài chính của nhà thầu, phát hiện xung đột trở thành một yếu tố then chốt để đảm bảo tính khả thi và bền vững của dự án.

Do đó, nghiên cứu khẳng định rằng phát hiện xung đột không chỉ là một bước trong quy trình BIM, mà là nền tảng quan trọng để nâng cao hiệu quả quản lý và hiệu suất tổng thể của dự án xây dựng. Tuy nhiên, để khai thác đầy đủ các lợi ích này tại Việt Nam, cần tiếp tục hoàn thiện tiêu chuẩn BIM, nâng cao năng lực nhân sự và chuẩn hóa quy trình phối hợp trong bối cảnh áp dụng BIM theo lộ trình bắt buộc.

## Tài liệu tham khảo

- [1]. R. Chahrouh *et al.*, “Cost-benefit analysis of BIM-enabled design clash detection and resolution,” *Constr. Manag. Econ.*, vol. 39, no. 1, pp. 55–72, Jan. 2021, doi: 10.1080/01446193.2020.1802768.
- [2]. V. D. Pham, V. P. Ta, M. N. Nguyen, V. V. Nguyen, and V. Mai, “The Important Roles of BIM in the Construction Industry in Vietnam: A Multi-approach Analysis,” *Int. J. Sustain. Constr. Eng. Technol.*, vol. 15, no. 4, pp. 176–187, 2024.
- [3]. K. Das, S. Khursheed, and V. K. Paul, “The impact of BIM on project time and cost: insights from case studies,” *Discov. Mater.*, vol. 5, no. 1, p. 25, 2025, doi: 10.1007/s43939-025-00200-2.
- [4]. M. Abdelbary, A. Edkins, and E. M. Dorra, “Reducing CRR in fast-track projects through BIM,” *J. Inf. Technol. Constr.*, vol. 25, pp. 140–160, 2020, doi: 10.36680/j.itcon.2020.009.
- [5]. S. Sharma, “Exploring the Impact of BIM on Construction Project in Reducing Life Cycle Cost,” *J. Inf. Syst. Eng. Manag.*, vol. 10, no. 23s, pp. 1000–1013, Mar. 2025, doi: 10.52783/jisem.v10i23s.8166.
- [6]. M. N. Nguyen, V. D. Pham, V. B. Hoang, N. T. Tran, and S. Phonexaykham, “Clash Characterization and Matrix Analysis Between Building Systems in BIM-Based Construction Projects,” *Int. J. Sustain. Constr. Eng. Technol.*, vol. 16, no. 2, pp. 58–77, 2025, doi: 10.30880/ijscet.2025.16.02.004.
- [7]. A. N. E. Hawary and A. H. Nassar, “The Effect Of Building Information Modeling (BIM) On Construction Claims,” *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 5, no. 12, pp. 25–33, 2016.
- [8]. R. A. R. Ibraheem and A. M. R. Mahjoob, “Facilitating claims settlement using building information modeling in the school building projects,” *Innov. Infrastruct. Solut.*, vol. 7, no. 1, p. 40, Oct. 2021, doi: 10.1007/s41062-021-00646-2.
- [9]. N. Van Tam, T. N. Diep, N. Quoc Toan, and N. Le Dinh Quy, “Factors affecting adoption of building information modeling in construction projects: A case of Vietnam,” *Cogent Bus. Manag.*, vol. 8, no. 1, p. 1918848, 2021, doi: 10.1080/23311975.2021.1918848.
- [10]. Q. T. Nguyen, P. Q. Luu, and Y. V. Ngo, “Application of BIM in design conflict detection: a case study of Vietnam,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 869, no. 2, p. 022038, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/869/2/022038.
- [11]. A. Rehman, “The role of Building Information Modeling (BIM) in risk management for sustainable bridge projects: a systematic review and meta-analysis,” *J. Sustain. Dev. Policy*, vol. 1, no. 01, pp. 198–223, Jul. 2025, doi: 10.63125/d37g1237.
- [12]. “ISO 16739-1:2024 - Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries,” ISO. Accessed: Dec. 17, 2025. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/84123.html>
- [13]. ISO 19650-1:2018, “Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM),” ISO. Accessed: Dec. 17, 2025. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/68078.html>
- [14]. D. Bryde, M. Broquetas, and J. M. Volm, “The project benefits of Building Information Modelling (BIM),” *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 31, no. 7, pp. 971–980, 2013, doi: 10.1016/j.jiproman.2012.12.001.
- [15]. N. Yilmaz, E. Ergen, and A. M. Citipitioglu, “Enhancing RFI management in construction through machine learning-driven predictive models,” *Smart Sustain. Built Environ.*, pp. 1–21, 2025, doi: 10.1108/SASBE-05-2025-0254.
- [16]. Oladele Waheed Olatunji, Oshin Idris Ibidapo, and Lawal Yusuf Adedayo, “Assessing the Impact of Design Errors in Construction Project in Selected Construction Companies in Lagos State,” *Int. J. Res. Innov. Soc. Sci.*, vol. 9, no. 5, pp. 2543–2553, 2025, doi: 10.47772/IJRISS.2025.905000197.
- [17]. O. E. Olowolayemo *et al.*, “Design error: Its effects on building projects delivery period,” *Int. J. Sci. Res. Arch.*, vol. 12, no. 1, Art. no. 1, 2024, doi: 10.30574/ijrsra.2024.12.1.1039.
- [18]. H.-A. Mohamed, N. Hashim, N. M. Yusuf, M. E. Tamrin, and I. Said, “Measuring the Cost Saving in Building Information Modelling (BIM) Implementation: A Systematic Literature Review (SLR),” *J. Des. Built Environ.*, pp. 91–109, Oct. 2025.
- [19]. B.-G. Hwang, X. Zhao, and K. W. Yang, “Effect of BIM on Rework in Construction Projects in Singapore: Status Quo, Magnitude, Impact, and Strategies,” *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 145, no. 2, p. 04018125, Feb. 2019, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001600.
- [20]. J. Wang, S. Zhang, P. Fenn, X. Luo, Y. Liu, and L. Zhao, “Adopting BIM to Facilitate Dispute Management in the Construction Industry: A Conceptual Framework Development,” *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 149, no. 1, p. 03122010, 2023, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002419.
- [21]. H. Ismail and M. Abdulhadi, “Evaluating the Role of Building Information Modeling (BIM) in Minimizing Delays and Reducing Costs in Construction Projects,” *J. Eng. Res.*, vol. 9, no. 2, Jun. 2025, doi: <https://doi.org/10.70259/engJER.2025.921963>.
- [22]. W. Lu, A. Fung, Y. Peng, C. Liang, and S. Rowlinson, “Cost-benefit analysis of Building Information Modeling implementation in building projects through demystification of time-effort distribution curves,” *Build. Environ.*, vol. 82, pp. 317–327, Dec. 2014, doi: 10.1016/j.buildenv.2014.08.030.
- [23]. A. R. Radzi, N. F. Azmi, S. N. Kamaruzzaman, M. Algahtany, and R. A. Rahman, “Challenges in construction readiness for BIM-based building projects,” *J. Asian Archit. Build. Eng.*, vol. 24, no. 3, pp. 1689–1704, May 2025, doi: 10.1080/13467581.2024.2343803.
- [24]. K. Sadek, I. El-Bastawissi, R. Raslan, and S. Sayary, “Impact of BIM on building design quality,” *BAU J. - Creat. Sustain. Dev.*, vol. 1, no. 1, Jan. 2020, doi: 10.54729/2789-8334.1000.
- [25]. H. J. Koo and J. T. O’Connor, “A Strategy for Building Design Quality Improvement through BIM Capability Analysis,” *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 148, no. 8, p. 04022066, Aug. 2022, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002318.
- [26]. M. Abdel-Hamid, H. M. Abdelhaleem, and A. E. Abd El-Razek Fathy, “Assessing the implementation of BIM for enhancing green building certification evaluations,” *Archit. Eng. Des. Manag.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–17, Mar. 2025, doi: 10.1080/17452007.2025.2482673.
- [27]. S.-H. Wang, H.-P. Wang, W.-C. Wang, and S.-C. Huang, “Impact of BIM usage levels on project performance: public construction projects in Taiwan,” *KSCE J. Civ. Eng.*, vol. 29, no. 6, p. 100142, Jun. 2025, doi: 10.1016/j.kscej.2024.100142.
- [28]. S. Seyis and S. Özkan, “Analyzing the added value of common data environments for organizational and project performance of BIM-based projects,” *J. Inf. Technol. Constr. ITcon*, vol. 29, no. 12, pp. 247–263, Apr. 2024, doi: 10.36680/j.itcon.2024.012.
- [29]. C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, 2nd ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2011.
- [30]. Y. Huang, L. Wu, J. Chen, H. Lu, and J. Xiang, “Impacts of building information modelling (BIM) on communication network of the construction project: A social capital perspective,” *PLOS ONE*, vol. 17, no. 10, p. e0275833, thg 10 2022, doi: 10.1371/journal.pone.0275833.

- [31]. D. M. Savitri, Juliastuti, and A. A. Pramudya, "Clash detection analysis with BIM-based software on midrise building construction project," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 426, no. 1, p. 012002, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/426/1/012002.
- [32]. T. Dolla, S. Venkatachalam, and V. S. K. Delhi, "Institutional shaping of CDE implementation in BIM-enabled AEC projects," *J. Inf. Technol. Constr. ITcon*, vol. 29, no. 36, pp. 826–849, Oct. 2024, doi: 10.36680/j.itcon.2024.036.
- [33]. F. R. Anggoman, E. Rimawan, and M. Amin, "A Comprehensive Analysis of Building Information Modelling (BIM) Service Quality and its Impact on User Satisfaction in Indonesian Construction," *Harbin Gongcheng Daxue Xuebao/Journal Harbin Eng. Univ.*, vol. 45, no. 02, pp. 104–116, Feb. 2024.
- [34]. H. Jiang, Z. Cui, H. Yin, and Z. Yang, "BIM Performance, Project Complexity, and User Satisfaction: A QCA Study of 39 Cases," *Adv. Civ. Eng.*, vol. 2021, no. 1, p. 6654851, 2021, doi: 10.1155/2021/6654851.
- [35]. N. Abosaq and S. Batool, "A novel BIM-enabled software-based solution for mitigating construction risk management," *Yanbu J. Eng. Sci.*, vol. 21, no. 1, pp. 1–7, Mar. 2025, doi: 10.53370/001c.120361.
- [36]. Y. Lu, P. Gong, Y. Tang, S. Sun, and Q. Li, "BIM-integrated construction safety risk assessment at the design stage of building projects," *Autom. Constr.*, vol. 124, p. 103553, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.autcon.2021.103553.
- [37]. A. Darko, A. P. C. Chan, Y. Yang, and M. O. Tetteh, "Building information modeling (BIM)-based modular integrated construction risk management – Critical survey and future needs," *Comput. Ind.*, vol. 123, no. 103327, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.compind.2020.103327.
- [38]. M. A. A. Bashir, T. Y. Lee, M. N. M. Shah, and M. Awang, "Potential Cost Savings Analysis of Building Information Modelling-Enabled Clash Detection," *J. Constr. Dev. Ctries.*, vol. 30, no. 1, pp. 199–219, 2025, doi: 10.21315/jcdc.2025.30.1.8.
- [39]. Nhấn M. B., Phú T. Q., An L. H., and Đức N. M., "Thực nghiệm ứng dụng BIM trong công tác thẩm định dự toán thiết kế tại các dự án dân dụng vốn đầu tư công," *Tạp Chí Vật Liệu và Xây Dựng*, tập 15, số 01, trang 102-111, 2025, doi: 10.54772/jomc.01.2025.834.
- [40]. Nguyễn Minh Nhất and Nguyễn Quốc Đạt, "Ứng dụng 4D BIM trong công tác quản lý tiến độ thi công xây dựng," *Tạp Chí Xây Dựng*, số tháng 10, trang 168–173, 2025.
- [41]. Mui T. V. and Giang H. V., "Đẩy mạnh áp dụng BIM đối với các dự án đầu tư xây dựng chung cư cao tầng ở Việt Nam," *Tạp Chí Khoa Học Công Nghệ Xây Dựng TCKHCN XD - ĐHXDHN*, tập 12, số 1, trang 22–28, Feb. 2018, doi: 10.31814/stce.nuce2018-12(1)-03.
- [42]. Vương Ngọc Hải, "Những thách thức trong việc ứng dụng công nghệ BIM trong thiết kế nội thất," *Tạp Chí Khoa Học Kiến Trúc - Xây Dựng*, số 43, trang 7–10, 2021.
- [43]. Nguyễn Anh Thư and Huỳnh Thành Luân, "Đánh giá thực trạng ứng dụng mô hình thông tin kỹ thuật hạ tầng (BIM) vào công tác quản lý vận hành công trình hạ tầng kỹ thuật giao thông," *Tạp Chí Vật Liệu Và Xây Dựng*, tập 15, số 3, trang 169–174, 2025.