

Áp dụng mô hình hóa thông tin công trình (BIM) nhằm quản lý rủi ro cho các dự án hợp tác công tư: Tổng quan tài liệu và định hướng nghiên cứu tiếp theo

Võ Văn Dân^{1*}, Nguyễn Hoàng Tùng², Nguyễn Thế Quân³, Hoàng Thùy Linh²

¹ Đại học Kiến trúc Hà Nội

² Đại học Giao thông vận tải

³ Đại học Xây dựng Hà Nội

TỪ KHOÁ

Mô hình hóa thông tin công trình
Hợp tác công tư
Quản lý rủi ro
Phân bổ rủi ro
Chia sẻ rủi ro

TÓM TẮT

Hình thức đầu tư theo phương thức hợp tác công tư PPP đã mang lại nhiều kết quả tích cực, nhưng thực tiễn triển khai tại Việt Nam vẫn còn tồn tại nhiều bất cập, trong đó nổi bật là vấn đề quản lý và chia sẻ rủi ro giữa các bên liên quan. Thông qua tổng hợp, phân tích, so sánh tài liệu, nghiên cứu này làm rõ vai trò của BIM như một công cụ hỗ trợ quản lý thông tin, mô phỏng rủi ro và ra quyết định trong suốt vòng đời dự án PPP/BOT. Kết quả nghiên cứu cho thấy BIM có khả năng nâng cao tính minh bạch thông tin, từ đó hỗ trợ nhận dạng và đánh giá rủi ro sớm, cải thiện khả năng phân bổ rủi ro dựa trên dữ liệu định lượng, đồng thời góp phần giảm tranh chấp và nâng cao hiệu quả vận hành dự án. Trên cơ sở các khoảng trống nghiên cứu được xác định, bài báo thảo luận tiềm năng tích hợp BIM vào quản lý, chia sẻ rủi ro giữa các bên trong dự án PPP và đề xuất một số định hướng nghiên cứu tiếp theo.

KEYWORDS

BIM
Public-Private Partnership
Risk Management
Risk allocation
Risk sharing

ABSTRACT

Public-Private Partnership (PPP) investment models have yielded many positive results, but practical implementation in Vietnam still faces many challenges, most notably the issue of risk management and sharing among stakeholders. Through the synthesis, analysis, and comparison of documents, this study identifies the role of BIM as a tool to support information management, risk simulation, and decision-making throughout the PPP/BOT project lifecycle. The research results show that BIM has the potential to enhance information transparency, thereby supporting early risk identification and assessment, improving data-driven risk analysis, and contributing to reducing disputes and improving the operational efficiency of project actions. Based on the clearly identified gap, the paper discusses the potential for integrating BIM into the management and sharing of incidents among stakeholders in PPP projects and proposes some future research directions.

1. Giới thiệu

Hình thức đầu tư theo phương thức hợp tác công tư (PPP), đặc biệt là hợp đồng Xây dựng – vận hành – chuyển giao (BOT) triển khai tại Việt Nam đến nay vẫn còn tồn tại nhiều bất cập, trong đó nổi bật là vấn đề quản lý và chia sẻ rủi ro giữa các bên liên quan. Phần lớn các dự án (BOT quốc lộ 1 đoạn qua tỉnh Khánh Hòa, BOT Cai Lậy, BOT đường tránh Thanh Hóa...) các yếu tố rủi ro chỉ được xác định và phân bổ, chia sẻ khi có vấn đề, và rủi ro xuất hiện ở giai đoạn do bên nào đang quản lý thì bên đó chịu trách nhiệm, do đó, phần lớn các dự án này đều không đạt được mục tiêu đề ra về chi phí, doanh thu, lợi nhuận.

Trong bối cảnh đó, BIM là một quá trình dựa trên mô hình số, cho phép các bên liên quan tạo lập, tích hợp và trao đổi thông tin chính xác về các đặc tính vật lý và chức năng của công trình, nhằm hỗ trợ ra quyết định hiệu quả trong toàn bộ vòng đời dự án [1]. BIM được xem là một giải pháp đầy tiềm năng nhằm hỗ trợ cải thiện quản lý rủi ro.

BIM như một công cụ hỗ trợ quản lý thông tin, mô phỏng rủi ro và ra quyết định trong suốt vòng đời dự án PPP/BOT. Kết quả phân tích cho thấy BIM có khả năng nâng cao tính minh bạch thông tin, hỗ trợ nhận dạng và đánh giá rủi ro sớm, cải thiện khả năng phân bổ rủi ro dựa trên dữ liệu định lượng, đồng thời góp phần giảm tranh chấp và nâng cao hiệu quả vận hành dự án.

Từ thực trạng đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm giải quyết các vấn đề:

- Tổng hợp và phân tích một cách có hệ thống các nghiên cứu trong và ngoài nước về BIM trong quản lý dự án nói chung và trong mô hình PPP/BOT, các nghiên cứu về rủi ro và phân bổ, chia sẻ rủi ro trong các dự án PPP/BOT, ứng dụng BIM trong quản lý rủi ro.

- Thảo luận, xác định khoảng trống nghiên cứu trong việc ứng dụng mô hình hóa thông tin công trình (BIM) trình nhằm quản lý rủi ro các dự án PPP/BOT.

*Liên hệ tác giả: vovandan.vn@gmail.com

Nhận ngày 29/01/2026, sửa xong ngày 26/02/2026, chấp nhận đăng ngày 27/02/2026

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.02.2026.1241>

- Đề xuất hướng nghiên cứu tiếp theo cho mô hình BIM-RAS dành riêng cho các dự án PPP/BOT tại Việt Nam.

- Phương pháp phân loại và hệ thống hóa lý thuyết được áp dụng trong nghiên cứu để phát hiện các khoảng trống nghiên cứu, từ đó giúp đề xuất các hướng nghiên cứu trong tương lai.

2. Phương pháp và quy trình nghiên cứu

2.1. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp thu thập, tổng hợp và phân tích tài liệu từ các bài báo, các ấn phẩm khoa học, các luận án tiến sĩ liên quan đến lĩnh vực quản lý rủi ro trong các dự án PPP/BOT và ứng dụng mô hình hóa thông tin công trình (BIM).

2.2. Quy trình nghiên cứu tổng quan tài liệu

2.2.1. Xác định từ khóa tìm kiếm tài liệu khoa học

Các nhóm từ khóa vực nghiên cứu được tổng hợp lại ở Bảng 1.

Bảng 1. Các nhóm từ khóa được sử dụng để tra cứu.

Số nhóm	Nhóm từ khóa sử dụng	Mục đích tra cứu
1	- “BIM”, “Building Information Modeling” hoặc “Building Information model”, hoặc “Building Information management” “BIM” kết hợp với: “Public-Private-Partnership” hoặc “PPP”; “Build - Operate – Transfer” hoặc “BOT”; “project management”, “Project life cycle”...	Để tổng hợp, phân tích khái quát, chi tiết các nghiên cứu về khái niệm BIM; BIM trong quản lý dự án, vòng đời dự án, trong các dự án hợp tác công tư PPP, cụ thể hơn là các dự án Xây dựng – vận hành – chuyển giao BOT.
2	Nhóm từ khóa: “PPP”, “BOT” kết hợp với “Risk Management”, “Risk allocation”, “Risk sharing”...	Để tổng hợp, phân tích chi tiết các nghiên cứu về rủi ro trong các dự án PPP/BOT, quản lý rủi ro, phân bổ rủi ro, chia sẻ rủi ro giữa các bên trong quá trình tham gia dự án
3	Nhóm này gồm các từ khóa kết hợp giữa các từ khóa thuộc nhóm 1 và nhóm 2	Để tổng hợp, phân tích chi tiết các nghiên cứu sát với chủ đề nghiên cứu nhất, mục đích tìm ra khoảng trống nghiên cứu

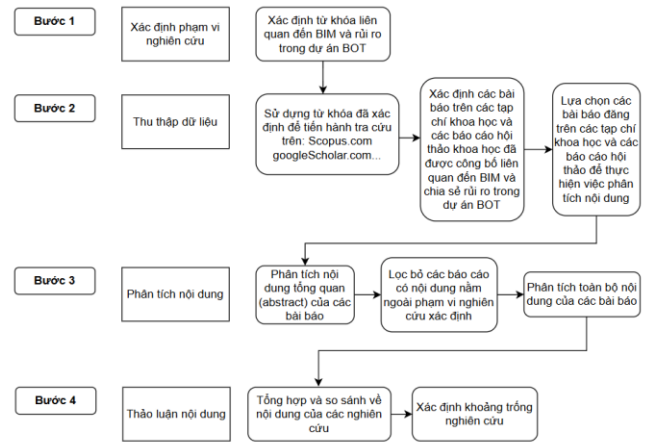
2.2.2. Quy trình tổng quan các nghiên cứu được công bố trong và ngoài nước

Dưới góc độ lý luận nghiên cứu, việc tổng quan đồng thời các nghiên cứu quốc tế và trong nước về ứng dụng BIM trong quản lý rủi ro dự án PPP là yêu cầu cần thiết. Các nghiên cứu quốc tế cung cấp nền tảng lý thuyết, khung khái niệm và bằng chứng thực nghiệm đa dạng, phản ánh xu hướng phát triển, phương pháp tiếp cận và mức độ trưởng thành của BIM trong bối cảnh PPP tại nhiều hệ thống thể chế khác nhau. Trong khi đó, các nghiên cứu trong nước lại cho thấy đặc thù thể chế, pháp lý, năng lực triển khai và thực tiễn quản lý rủi ro của các dự án PPP tại Việt Nam, nơi BIM vẫn đang trong giai đoạn chuyển đổi từ thử nghiệm sang áp dụng rộng rãi. Việc kết hợp hai nguồn nghiên cứu này làm rõ khoảng trống nghiên cứu xuất phát từ sự khác biệt về bối cảnh thể chế, cơ chế chia sẻ rủi ro và mức độ sẵn sàng công nghệ.

Quy trình nghiên cứu chi tiết để tổng quan các nghiên cứu đã được công bố ngoài nước được thể hiện ở Hình 1. Để giới hạn những nghiên cứu mới nhất và phù hợp nhất, tác giả lựa chọn khung thời gian tìm kiếm các nghiên cứu từ năm 2010 đến nay.

Đối với các nghiên cứu được công bố trong nước, quy trình tổng quan được thực hiện tương tự như đối với các nghiên cứu ngoài nước, chỉ khác nhau về bước thu thập dữ liệu. Nghiên cứu sẽ thu thập dữ liệu trên các tạp chí khoa học về lĩnh vực xây dựng, kiến trúc, giao thông trong danh mục được Hội đồng chức danh Giáo sư nhà nước công nhận, tìm kiếm các luận án tiến sĩ có liên quan trên các website lưu trữ của Bộ Giáo dục và Đào tạo. Do lĩnh vực nghiên cứu về BIM – mô hình hóa

thông tin công trình chia sẻ rủi ro trong dự án BOT là lĩnh vực nghiên cứu mới ở nước ta hiện nay, do đó, tác giả đề xuất thu hẹp phạm vi tìm kiếm các tài liệu được xuất bản và công bố từ năm 2015 đến nay.



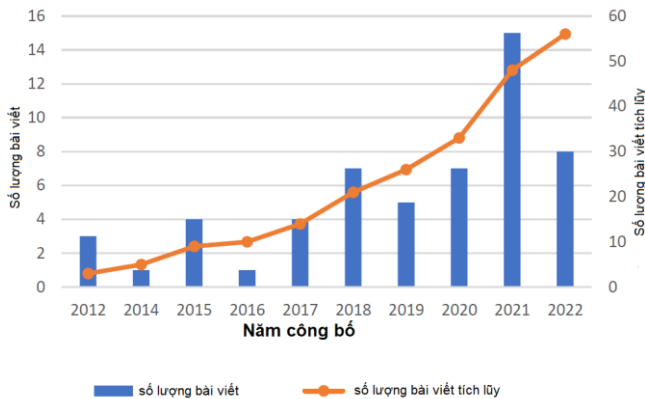
Hình 1. Quy trình nghiên cứu tổng quan áp dụng đối với các nghiên cứu đã công bố ngoài nước.

3. Phân tích chi tiết các kết quả nghiên cứu

3.1. Phân tích các kết quả nghiên cứu được công bố ngoài nước

3.1.1. Ứng dụng BIM trong các dự án PPP/BOT

Việc ứng dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong các dự án hợp tác công tư (PPP) ngày càng nhận được sự quan tâm của giới nghiên cứu và thực hành, xuất phát từ nhu cầu nâng cao hiệu quả quản lý, minh bạch thông tin và tối ưu hóa giá trị vòng đời dự án. Tổng quan tài liệu của Al-Samayleh và cộng sự [2] cho thấy số lượng nghiên cứu về BIM trong PPP tăng nhanh trong giai đoạn 2012–2022 (Hình 2), tập trung chủ yếu tại Trung Quốc, Vương quốc Anh, Úc và Malaysia, với các chủ đề nổi bật như quản lý các bên liên quan, giá trị đồng tiền (VfM), đo lường hiệu suất, quản lý rủi ro và trao đổi thông tin dựa trên BIM.



Hình 1. Thống kê các bài báo về BIM cho PPP công bố từ năm 2012-2022 [2].

Các nghiên cứu đã khẳng định vai trò của BIM như một nền tảng hợp tác trong các dự án PPP [2]. Thông qua nghiên cứu điển hình tại Phần Lan, Lehtinen cho thấy BIM góp phần tăng cường mức độ tích hợp giữa các bên liên quan và các giai đoạn dự án PPP, dù vẫn tồn tại những nghịch lý giữa tiếp cận công nghệ BIM và mô hình PPP. Nghiên cứu cũng khẳng định BIM đóng vai trò chính trong việc tăng tính tích hợp trong dự án. BIM cho phép chia sẻ quyết định giữa nhà thầu và nhà thiết kế trong dự án khi cần thiết. Atul Porwal và Kasun N.Hewage [3] đề xuất khung hợp tác BIM cho khu vực công, nghiên cứu này tập trung trả lời một số vấn đề như làm thế nào để áp dụng BIM một cách thuận lợi vào hệ thống mua sắm công, hay làm thế nào để nhà thầu có thể tham gia sớm vào quá trình lập mô hình cùng nhóm thiết kế, và các vấn đề về khả năng tương tác có thể được xử lý bằng Industry foundation Class (IFC) hay không.

Ở góc độ tạo giá trị cho khu vực công, Abdulkadir và cộng sự [4] và Laishram [5] cho rằng BIM có thể gia tăng giá trị cho các dự án PPP, đặc biệt trong giai đoạn hậu xây dựng, thông qua hỗ trợ quản lý thông tin, phân bổ rủi ro và thúc đẩy cách tiếp cận triển khai dự án tích hợp. Tuy nhiên, các tác giả cũng chỉ ra rằng những rào cản pháp lý và hợp đồng là thách thức lớn cần được giải quyết khi đưa BIM vào hợp đồng PPP.

Bên cạnh lợi ích, nhiều nghiên cứu đã chỉ ra các rủi ro và thách thức khi triển khai BIM trong PPP. Habib và cộng sự [6] xác định các rủi ro chính liên quan đến năng lực kỹ thuật, xã hội và pháp lý; trong khi các nghiên cứu tại Canada của McArthur [7] cho thấy hiệu quả bàn

giao dự án phụ thuộc lớn vào mức độ rõ ràng của hợp đồng BIM, giao thức thông tin và cam kết của tổ chức tham gia.

Các hướng nghiên cứu gần đây tập trung vào việc đánh giá hiệu suất vòng đời và giá trị đồng tiền trong dự án PPP. Love và cộng sự [8] khẳng định BIM hỗ trợ đo lường hiệu suất vòng đời và nâng cao chất lượng ra quyết định, trong khi Guoqian Ren và cộng sự [9, 10] chỉ ra rằng BIM có thể cung cấp dữ liệu đáng tin cậy cho đánh giá VfM, cải thiện hợp tác và quản lý thông tin giữa các bên PPP.

Tổng hợp các nghiên cứu cho thấy BIM có tiềm năng lớn trong việc hỗ trợ đạt được các mục tiêu cốt lõi của dự án PPP, bao gồm tối ưu hóa giá trị đầu tư, tăng cường phối hợp và quản lý hiệu quả vòng đời tài sản. Tuy nhiên, để khai thác hiệu quả BIM trong PPP, cần có các khuôn khổ pháp lý, hợp đồng và chiến lược triển khai phù hợp với bối cảnh cụ thể của từng quốc gia và loại hình dự án.

3.1.2. Các nghiên cứu về rủi ro và chia sẻ rủi ro trong dự án BOT (PPP)

3.1.2.1. Nhận dạng rủi ro

Xu hướng nghiên cứu nhận dạng rủi ro trong các dự án PPP, đặc biệt là BOT giao thông, cho thấy sự dịch chuyển rõ rệt từ các phương pháp mang tính kinh nghiệm cá nhân sang cách tiếp cận hệ thống và dựa trên bằng chứng. Trước đây, rủi ro thường được xác định thông qua so sánh với các dự án tương tự hoặc dựa vào kinh nghiệm của chuyên gia [11]. Tuy nhiên, các nghiên cứu gần đây chủ yếu sử dụng đánh giá tài liệu như một nền tảng cốt lõi để xây dựng danh mục rủi ro ban đầu, sau đó được hoàn thiện bằng các phương pháp định tính sâu hơn. Chẳng hạn, Thomas và cộng sự [12] đã tổng hợp 22 rủi ro chủ yếu trong các dự án đường bộ BOT từ các nghiên cứu trước. Mở rộng hơn, Gupta và cộng sự [13] kết hợp phân tích tài liệu với thảo luận chuyên gia để xác định 41 yếu tố rủi ro, phản ánh mức độ phức tạp ngày càng tăng của các dự án BOT. Tương tự, Li và Zou [59] đã xác định 42 yếu tố rủi ro trong các dự án PPP đường cao tốc thông qua phân tích hợp đồng và phỏng vấn các bên liên quan.

Những nghiên cứu này cho thấy xu hướng chung là chuẩn hóa và mở rộng danh mục rủi ro, đồng thời tăng cường sự tham gia của các bên liên quan nhằm nâng cao tính toàn diện và thực tiễn của quá trình nhận dạng rủi ro.

3.1.2.2. Phân loại rủi ro

Các nghiên cứu giai đoạn đầu thường tiếp cận phân loại rủi ro dựa trên vòng đời dự án, tiêu biểu là Padiyar [14], khi rủi ro được chia thành rủi ro trong giai đoạn phát triển, thực hiện và vận hành dự án PPP giao thông. Song song với đó, một hướng tiếp cận khác tập trung vào góc độ các bên liên quan, như nghiên cứu của Shen và cộng sự [15], phân loại rủi ro thành các nhóm liên quan đến dự án, chính phủ, khách hàng và năng lực, kiến thức giảm thiểu rủi ro. Ngoài ra, nhiều học giả lựa chọn cách phân loại theo nguồn phát sinh rủi ro, trong đó Sachs và cộng sự [86] chia rủi ro thành hai nhóm có thể bảo hiểm và không thể bảo hiểm, còn Wang và cộng sự [16] xác định sáu nhóm rủi

ro chính gồm chính trị, xây dựng, vận hành, thị trường và doanh thu, tài chính và pháp lý.

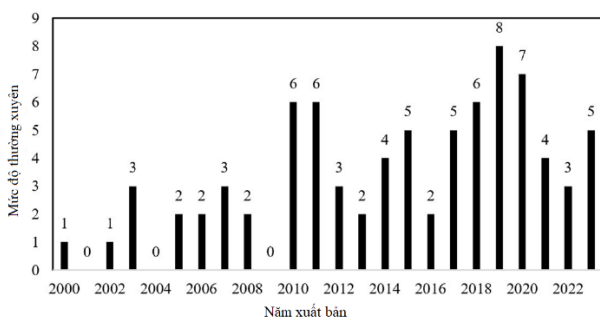
Le Thi Phuong và cộng sự [55] đã xác định 86 rủi ro riêng biệt và tổ chức chúng theo cấu trúc RBS (phân tích cấu trúc rủi ro), gắn với các giai đoạn của vòng đời dự án PPP, phân chia RBS thành hai nhóm chính - rủi ro phát sinh trong các giai đoạn cụ thể và rủi ro tồn tại xuyên suốt vòng đời dự án. Nghiên cứu đã phân ánh xu hướng nghiên cứu hiện nay chuyển từ phân loại đơn lẻ sang xây dựng cấu trúc rủi ro toàn diện, tạo nền tảng khoa học cho các hoạt động nhận diện, phân bổ và quản lý rủi ro hiệu quả hơn trong các dự án PPP giao thông.

Có thể nhận thấy xu hướng nghiên cứu phân loại rủi ro trong các dự án PPP cho thấy sự phát triển theo hướng ngày càng đa chiều và có hệ thống.

3.1.2.3. Phân bổ và chia sẻ rủi ro dự án PPP/BOT

Phân bổ rủi ro là việc quyết định ai trong số các tác nhân ký hợp đồng sẽ gánh vác trách nhiệm tài chính khi thay đổi giá trị so với giá trị cơ sở ước tính của nó [17]. Trong một hợp đồng PPP, ngoại trừ các rủi ro được khu vực công giữ lại một cách rõ ràng, mọi rủi ro khác đều thuộc về khu vực tư nhân [18]. Do đó, các dự án PPP đòi hỏi phải phân bổ đầy đủ và rõ ràng các rủi ro phức tạp.

Osei Keyi và Chan [19] đã khẳng định việc phân bổ rủi ro (chuyển giao cho đối tác tư nhân hay khu vực công) và chia sẻ rủi ro ra sao là một trong những yếu tố thành công quan trọng nhất đối với dự án PPP. Phân bổ và chia sẻ rủi ro ảnh hưởng trực tiếp đến tiềm năng và triển vọng của các bên liên quan chính (như bên tài trợ, nhà đầu tư, bên cho vay) để đạt được kỳ vọng của họ, liên quan đến lợi ích của họ trong các vấn đề về rủi ro.



Hình 2. Thống kê số lượng nghiên cứu về RAS trong PPP từ 2000-2023 [20].

Mazher [20] đã thống kê các nghiên cứu và cho thấy có sự gia tăng rõ ràng từ năm 2010 của các nghiên cứu về RAS (phân bổ và chia sẻ rủi ro) cho các dự án PPP (Hình 3). Trong nghiên cứu này, các tác giả cũng đã phân loại được các phương pháp nghiên cứu (Bảng 2) được sử dụng và các loại dữ liệu được các nhà nghiên cứu tìm hiểu, cũng như các chủ đề chính mà các nghiên cứu trước thường tập trung đến.

Thống kê cho thấy các nghiên cứu về RAS trên thế giới vẫn chủ yếu sử dụng phương pháp nghiên cứu trường hợp, đánh giá tài liệu, khảo sát bằng bảng câu hỏi, còn các phương pháp khác thì khá hạn chế.

Trong số các tài liệu mà tác giả thu thập trong nghiên cứu này, tác giả đã lọc ra 26 nghiên cứu về chủ đề RAS, tiếp đó phân loại các chủ đề nghiên cứu thịnh hành hiện nay (Bảng 3). Phân loại cho thấy các nhà nghiên cứu vẫn tập trung vào việc phân bổ và chia sẻ rủi ro dựa vào sở thích, thực hành, lấy ý kiến chuyên gia.

Kết quả phân bổ, chia sẻ rủi ro trong một số nghiên cứu trên thế giới

- Ke và cộng sự [21] nghiên cứu về phân bổ rủi ro trong các dự án phát triển CSHT GTĐB theo hình thức PPP ở Trung Quốc. Ke và cộng sự sử dụng phương pháp chuyên gia và bảng câu hỏi khảo sát phân bổ các yếu tố rủi ro. Tổng cộng 46 bảng hỏi khảo sát phân bổ rủi ro với phương pháp nửa điều chỉnh, kết quả cho thấy:

Các yếu tố rủi ro Nhà nước cần quản lý gồm: Quốc hữu hóa và sung công; rủi ro độ tin cậy của Chính phủ; quá trình ra quyết định công kém; xung đột chính trị; tham nhũng của quan chức chính phủ; rủi ro khi thay đổi khuôn khổ pháp lý; thay đổi trong quy định về thuế, đấu thầu không cạnh tranh,...

Các yếu tố rủi ro do đối tác tư nhân đảm nhận phần lớn

Các yếu tố rủi ro được chia sẻ giữa hai bên: rủi ro bất khả kháng; rủi ro lãi suất; rủi ro lạm phát; phân bổ rủi ro trong hợp đồng cho hai bên không phù hợp; thiếu kinh nghiệm trong hoạt động PPP; thiếu cam kết từ một trong hai đối tác; rủi ro trong tổ chức và điều phối; rủi ro về độ tin cậy của bên thứ ba; rủi ro về lượng cầu; rủi ro hợp đồng thay đổi.

- Hwang và cộng sự [22] nghiên cứu phân bổ rủi ro ưu tiên theo quan điểm của nhà thầu cho các dự án PPP tại Singapore. Kết quả khảo sát bằng bảng câu hỏi chỉ ra rằng các yếu tố tiêu cực có tính khẳng định cao hơn các yếu tố tích cực và có 23 yếu tố rủi ro có tính chất quan trọng đáng kể. Các rủi ro được phân bổ như trình bày ở Bảng 4.

3.2. Các nghiên cứu về ứng dụng BIM trong quản lý rủi ro trong dự án PPP/BOT

3.2.1.1. Tích hợp BIM trong quản lý rủi ro

Trong những năm gần đây, tích hợp BIM trong quản lý rủi ro xây dựng đang trở thành một hướng nghiên cứu quan trọng và ngày càng được mở rộng cả về chiều sâu lẫn phạm vi ứng dụng. Nghiên cứu của Ding và cộng sự [23] đã chỉ ra rằng sự phát triển của BIM cung cấp một môi trường trực quan, giàu thông tin, cho phép tích hợp tri thức rủi ro xây dựng thông qua thuật ngữ học và công nghệ web ngữ nghĩa, từ đó hình thành các bản đồ rủi ro và làm rõ mối quan hệ phụ thuộc cũng như các đường dẫn rủi ro theo ngữ nghĩa. Ở góc độ phòng ngừa tai nạn, Zhang và cộng sự [24] đã đề xuất phương pháp tự động phát hiện mối nguy và kiểm tra an toàn tại công trường, trong khi Li và cộng sự [25] trong một nghiên cứu đã phát triển cơ sở dữ liệu tri thức rủi ro an toàn dựa trên hệ thống BIM đám mây nhằm phân loại và chia sẻ kiến thức rủi ro một cách có hệ thống.

Zhang và cộng sự [26] đã xây dựng một hệ thống nhận dạng rủi ro dựa trên BIM, phát hiện hơn 500 xung đột trong nghiên cứu điển hình tuyến tàu điện ngầm Tây An, đồng thời đề xuất một hệ thống nguyên mẫu hỗ trợ xác định quy trình xây dựng, phân tích yếu tố và đường dẫn rủi ro, cũng như đánh giá các biện pháp phòng ngừa. Ở cấp

độ quản lý dự án, Hardin và McCool [27] đã khẳng định BIM là công cụ hỗ trợ hiệu quả cho việc ra quyết định và ứng phó rủi ro liên quan đến an toàn, tiến độ và chi phí. Kết quả này được củng cố bởi nghiên cứu thực nghiệm của Liu và cộng sự [28] cho thấy khả năng trực quan hóa của BIM giúp nhận diện rủi ro sớm và tăng cường giao tiếp giữa các bên tham gia dự án.

Gần đây, Muhammad Numan [29] đã cung cấp một tổng quan có hệ thống về vai trò của BIM trong toàn bộ chu trình quản lý rủi ro, từ xác định, phân tích, lập kế hoạch ứng phó đến giám sát rủi ro. Nghiên cứu này cho thấy BIM cho phép nhận diện rủi ro tự động dựa trên hình ảnh, hỗ trợ phân tích rủi ro định tính và định lượng thông qua mô phỏng và tích hợp dữ liệu hiệu suất, cũng như tạo điều kiện cho giám sát rủi ro theo thời gian thực khi liên kết mô hình với dữ liệu tiến độ và hệ thống cảnh báo sớm. Tuy nhiên, tác giả cũng chỉ ra các rào cản chính bao gồm sự kháng cự thay đổi của tổ chức, sự chưa đồng bộ trong khuôn khổ hợp đồng, độ tin cậy của mô hình và khó khăn trong tích hợp BIM với các hệ thống hiện có.

Nhìn chung, các công trình nghiên cứu từ trước đến nay đã tạo dựng nền tảng lý luận và thực nghiệm vững chắc cho việc tích hợp BIM trong quản lý rủi ro xây dựng, đồng thời gợi mở nhu cầu phát triển các khuôn khổ ứng dụng BIM phù hợp với bối cảnh cụ thể của từng quốc gia và loại hình dự án.

Bảng 1. Các phương pháp nghiên cứu được áp dụng trước đây [20].

Phương pháp nghiên cứu	Số lượng nghiên cứu	Phương pháp nghiên cứu	Số lượng nghiên cứu
Nghiên cứu trường hợp	42	Mô hình hồi quy tuyến tính	3
Đánh giá tài liệu	28	Mô hình phương sai	2
Khảo sát bằng câu hỏi	24	Mô hình đại lý chính	2
Mô phỏng Monte-Carlo	21	Mô hình AI	2
Giá trị hiện tại ròng mô hình hóa (NPV)	16	Mô hình tối ưu hóa	2
Phỏng vấn	12	Mô hình giá trị Sapley	2
Mô hình ra quyết định đa tiêu chí (MCDM) như FSE, AHP, ANP và các mô hình khác	10	Mô phỏng số	1
Phân tích độ nhạy	8	Phân tích chi phí / lợi ích	1
Mô hình lý thuyết trò chơi	8	Mô hình Tỷ lệ nội bộ của lợi nhuận (IRR)	1
Mô hình tùy chọn thực tế	7	Phân tích tình huống	1
Khảo sát Delphi	7	Mô hình thuật toán di truyền	1
Lý thuyết tập M	3	Hội thảo	1

Bảng 2. Bảng thống kê các nghiên cứu theo các chủ đề RAS.

STT	Chủ đề	Số lượng nghiên cứu
1	Sở thích, thực hành, và mô hình RAS	13
2	RAS thông qua sự đảm bảo và hỗ trợ của chính phủ	6
3	RAS thông qua nhượng bộ và ưu đãi thuế quan	2
4	Các yếu tố quyết định của RAS	2
5	Ảnh hưởng của RAS đến giá trị đồng tiền (VFM) và quản lý	4

3.2.1.2. Lợi ích của BIM đối với quản lý rủi ro trong PPP

BIM đã được công nhận rộng rãi như một công cụ công nghệ tiềm năng, có thể được sử dụng ở tất cả các giai đoạn của vòng đời dự án để hỗ trợ làm rõ: nhu cầu của dự án bởi nhà phát triển, phân tích thiết kế và phát triển dự án bởi nhóm thiết kế, quản lý việc xây dựng dự án bởi các nhà thầu và thực hiện vận hành và các giai đoạn ngừng hoạt động do người quản lý cơ sở [30]. Những thông tin ban đầu được BIM cung cấp về những sai sót trong giải pháp thiết kế và các vấn đề có thể xảy ra sẽ giúp loại bỏ sự chậm trễ về thời gian, chi phí thay đổi bổ sung, vấn đề chất lượng và an toàn dự án trong quá trình thi công. Bằng nhiều tính năng ưu việt như vậy của BIM sẽ mang lại lợi ích tiềm năng cho dự án PPP bằng cách cho phép phân tích trực quan các kịch bản khác nhau liên quan đến hiệu suất của một công trình hoặc vòng đời của công trình [31].

Bằng việc phân tích, đánh giá các tài liệu thu thập được, tác giả tổng hợp các nghiên cứu về lợi ích của việc tích hợp BIM trong quản lý rủi ro PPP được tóm tắt trong Bảng 5.

Nhận thấy rằng các nghiên cứu chủ yếu đang chỉ mới làm nổi bật các lợi ích của BIM, vẫn còn sự thiếu vắng một khung tiếp cận tích hợp coi BIM như một cơ chế quản trị thông tin nhằm hỗ trợ hình thành, vận hành và hoàn thiện cơ chế chia sẻ rủi ro trong suốt vòng đời dự án PPP/BOT.

Bảng 3. Phân bổ rủi ro ưu tiên trong các dự án PPP tại Singapore.

Phân bổ	Các yếu tố rủi ro	
Khu vực công	Chính phủ không ổn định Quốc hữu hóa/tịch thu Sự can thiệp chính trị mạnh mẽ Thiếu sự hỗ trợ từ chính phủ	Thay đổi trong quy định thuế Khung pháp lý không nhất quán Thiếu khuôn khổ pháp lý/quy định Tình trạng sẵn sàng của mặt bằng
Khu vực tư nhân	Điều kiện địa chất Thời tiết Môi trường Thị trường tài chính kém Mức độ nhu cầu trong dự án Khả năng tài chính Sức hấp dẫn tài chính của dự án đối với các nhà đầu tư Chi phí tài chính cao	Thiết kế thiếu sót Chi phí xây dựng vượt mức Thời gian thi công chậm trễ Tính khả dụng của vật liệu Chất lượng tay nghề kém An toàn và an ninh công trường Chi phí hoạt động vượt mức Năng suất hoạt động thấp Bảo trì thường xuyên hơn dự kiến Rủi ro về tổ chức và truyền thông
Chia sẻ	Lãi suất Lạm phát Bất khả kháng Tham nhũng và hối lộ Rủi ro tài sản còn lại Thiếu cam kết giữa các bên	Kinh nghiệm không đầy đủ về PPP Phân bổ trách nhiệm không đầy đủ Phân bổ thẩm quyền không đầy đủ Sự khác biệt trong phương pháp làm việc
Được đàm phán tùy tình hình	Mức độ phản đối của công chúng đối với dự án Sự chậm trễ trong việc phê duyệt và cấp phép	Kỹ thuật kỹ thuật chưa được chứng minh Biến động hợp đồng quá mức

Bảng 4. Đánh giá tài liệu nghiên cứu về lợi ích của tích hợp BIM trong quản lý rủi ro PPP.

Các nhân tố lợi ích	Các nghiên cứu								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nâng cao chất lượng, năng suất và hiệu quả chung của dự án	x	x	x			x		x	X
Cải thiện tài chính và cơ hội đầu tư			x	x			x		
Tạo điều kiện chia sẻ, trao đổi, quản lý thông tin dự án	x	x	x	x		x		x	X
Giảm xung đột giữa các bên liên quan		x	x	x				x	
Tăng cường tuân thủ pháp luật					x	x			X
Đơn giản hóa quy trình xin phép và phê duyệt của cơ quan có thẩm quyền					x	x			X
Quá trình mua sắm dễ dàng hơn	x							x	X
Giảm thiểu khiếu nại và kiện tụng					x			x	X
Tạo điều kiện, hỗ trợ và cải thiện việc ra quyết định liên quan đến dự án				x			x	x	
Cải thiện thương hiệu tổ chức và lợi thế cạnh tranh			x	x	x				X
Nâng cao hiệu quả kinh doanh và năng lực kỹ thuật			x	x	x		x	x	X
Dễ dàng tích hợp các chiến lược bền vững vào kế hoạch kinh doanh	x			x					

Tài liệu tham khảo: 1-Love và cộng sự [8], 2-Masood và cộng sự [32], 3-Abdulsame và cộng sự [33], 4 -Ghaffarianhoseini và cộng sự [34], 5-Zhong và cộng sự [35], 6-Beach và cộng sự [36], 7-Pawel Nowak và cộng sự [37], 8-Akinade và cộng sự [38], 9-Peter Smith [39].

3.3. Phân tích các nghiên cứu đã công bố trong nước

3.3.1. Các nghiên cứu về lĩnh vực BIM

BIM tại nước ta được đề cập muộn nhưng đã nhanh chóng nhận được sự quan tâm cao của Chính phủ, các doanh nghiệp, cơ sở đào tạo,

viện nghiên cứu. Trong tầm hiểu biết và thu thập tài liệu của tác giả, thì hiện nay đã có không ít bài báo, hội thảo và một số đề tài nghiên cứu khoa học liên quan đến BIM, những nghiên cứu chủ yếu này tập trung vào tìm hiểu thực trạng, xu hướng, rủi ro, rào cản khi áp dụng

BIM. Số lượng các nghiên cứu tập trung vào lĩnh vực áp dụng BIM để quản lý rủi ro, hay áp dụng BIM trong các dự án PPP là rất ít.

Về quản lý rủi ro, một số nghiên cứu được kể đến như “Ứng dụng BIM trong quản lý an toàn thi công xây dựng” [40], “Phân tích các yếu tố rủi ro và đề xuất tích hợp mô hình thông tin công trình (BIM) với cấu trúc phân chia rủi ro (RBS) trong giai đoạn thi công dự án nhà cao tầng tại Việt Nam” [41]...tuy nhiên những nghiên cứu này mới chỉ dừng lại ở việc nhận diện các rủi ro, và định hướng đề xuất tích hợp BIM trong dự án xây dựng cao tầng.

Về lĩnh vực ứng dụng BIM trong dự án PPP, tác giả chưa tìm thấy nghiên cứu nào đề cập, chủ yếu vẫn là các nghiên cứu ứng dụng BIM để quản lý dự án nói chung.

3.3.2. Các nghiên cứu về phân bổ và chia sẻ rủi ro trong các dự án PPP

Nổi bật trong số các nghiên cứu chuyên sâu, có luận án của Thân Thanh Sơn [42] về “Nghiên cứu phân bổ rủi ro trong hình thức hợp tác công tư phát triển cơ sở hạ tầng giao thông đường bộ Việt Nam” và luận án của Phạm Thị Trang [43] về “Quản lý rủi ro dự án đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng kỹ thuật theo hình thức đối tác công tư (PPP) tại thành phố Đà Nẵng”.

Cũng trong một công bố gần đây, Phạm Thị Trang [44] đã tập trung nghiên cứu hoàn thiện quy trình phân bổ rủi ro tối ưu cho các bên liên quan của dự án PPP ở Việt Nam trong phát triển cơ sở hạ tầng kỹ thuật, nhằm làm tăng tính sẵn sàng và làm rõ trách nhiệm của các bên liên quan trong công tác quản lý rủi ro qua các giai đoạn của vòng đời dự án. Tiếp đó Phạm Minh Hưng và các cộng sự [45] với nghiên cứu “Phân tích & đánh giá rủi ro trong các dự án đối tác công tư sử dụng phương pháp mô phỏng Monte Carlo” sử dụng phương pháp mô phỏng Monte Carlo với trợ giúp của phần mềm Crystal Ball để phân tích và đánh giá rủi ro trong các dự án PPP ở Việt Nam, từ đó có phương án phòng ngừa, ứng phó rủi ro.

4. Thảo luận, hướng nghiên cứu tiếp theo

4.1. Thảo luận, xác định khoảng trống nghiên cứu

Thông qua việc tổng hợp và phân tích có hệ thống các nghiên cứu đã được công bố trong và ngoài nước liên quan đến mô hình hóa thông tin công trình (BIM), rủi ro và cơ chế phân bổ – chia sẻ rủi ro trong các dự án đối tác công tư (PPP/BOT), có thể nhận thấy rằng mặc dù từng lĩnh vực nghiên cứu đã đạt được nhiều kết quả quan trọng, song mối quan hệ tích hợp giữa BIM và cơ chế chia sẻ rủi ro trong các dự án BOT giao thông đường bộ vẫn còn tồn tại nhiều khoảng trống nghiên cứu đáng kể.

Thứ nhất, xét ở cấp độ lý thuyết và khái niệm, các nghiên cứu về phân bổ và chia sẻ rủi ro trong dự án PPP/BOT chủ yếu tiếp cận theo hướng xác định danh mục rủi ro, sở thích phân bổ rủi ro của các bên liên quan, cũng như đánh giá tác động của phân bổ rủi ro đến giá trị đồng tiền (VfM). Trong khi đó, các nghiên cứu về BIM trong PPP lại tập trung vào lợi ích, rào cản, yếu tố thành công, quản lý các bên liên quan,

đánh giá hiệu suất và tính bền vững của dự án. Chưa có nghiên cứu nào phát triển một khung lý thuyết coi BIM như một cơ chế quản trị thông tin (information governance mechanism) tham gia trực tiếp vào quá trình hình thành và vận hành cơ chế chia sẻ rủi ro, thay vì chỉ đóng vai trò công cụ hỗ trợ kỹ thuật hoặc minh họa thông tin. Khoảng trống này cho thấy sự thiếu vắng một cách tiếp cận tích hợp giữa lý thuyết quản lý rủi ro và lý thuyết quản lý thông tin dự án dựa trên BIM.

Thứ hai, ở cấp độ cơ chế (mechanism level), phần lớn các nghiên cứu hiện nay mới dừng lại ở việc đề xuất nguyên tắc “phân bổ rủi ro cho bên có khả năng quản lý tốt nhất”, nhưng chưa làm rõ bằng cách nào các quyết định chia sẻ rủi ro được hình thành, điều chỉnh và tái phân bổ trong suốt vòng đời dự án BOT. Đặc biệt, vai trò của các quy trình và yêu cầu thông tin trong BIM (như yêu cầu thông tin của chủ đầu tư, kế hoạch thực hiện BIM, quy trình trao đổi và chia sẻ dữ liệu) trong việc hỗ trợ nhận diện rủi ro, mô phỏng các kịch bản rủi ro và làm cơ sở cho đàm phán, điều chỉnh cơ chế chia sẻ rủi ro gần như chưa được nghiên cứu một cách có hệ thống. Điều này dẫn đến khoảng trống về cơ chế vận hành cụ thể của BIM trong quản lý và chia sẻ rủi ro, nhất là trong các dự án PPP/BOT có cấu trúc hợp đồng phức tạp và vòng đời dài.

Thứ ba, xét ở cấp độ hợp đồng và thể chế, nhiều nghiên cứu quốc tế đã chỉ ra các rào cản pháp lý và hợp đồng khi triển khai BIM trong các dự án PPP, song chưa có nghiên cứu nào làm rõ mối liên hệ giữa BIM và cấu trúc các điều khoản chia sẻ rủi ro trong hợp đồng BOT, bao gồm các điều khoản về trách nhiệm cung cấp thông tin, kích hoạt cơ chế chia sẻ rủi ro, hay tái đàm phán hợp đồng khi xảy ra biến động lớn. Do đó, vẫn còn thiếu các mô hình hoặc quy trình cho thấy BIM có thể góp phần minh bạch hóa thông tin, giảm bất cân xứng thông tin và từ đó hỗ trợ thiết lập các cơ chế chia sẻ rủi ro công bằng, hiệu quả hơn giữa khu vực công và khu vực tư.

Thứ tư, ở cấp độ bối cảnh nghiên cứu, các nghiên cứu hiện có chủ yếu được thực hiện tại các quốc gia phát triển hoặc các thị trường PPP trưởng thành, nơi khung pháp lý, năng lực tổ chức và mức độ sẵn sàng BIM đã tương đối hoàn thiện. Trong khi đó, bối cảnh các dự án BOT giao thông đường bộ tại Việt Nam có những đặc thù riêng, như rủi ro lưu lượng giao thông cao, biến động chính sách, vấn đề giải phóng mặt bằng, và xu hướng tái đàm phán hợp đồng trong giai đoạn vận hành. Mặc dù Việt Nam đã ban hành các quy định bắt buộc áp dụng BIM trong các dự án PPP từ năm 2025, chưa có nghiên cứu nào phân tích một cách có hệ thống việc ứng dụng BIM nhằm hoàn thiện cơ chế chia sẻ rủi ro trong các dự án BOT giao thông đường bộ tại Việt Nam, cả về mặt lý thuyết lẫn thực tiễn triển khai.

Thứ năm, xét về phương pháp nghiên cứu, các nghiên cứu về phân bổ và chia sẻ rủi ro trong PPP/BOT đã sử dụng đa dạng các phương pháp như nghiên cứu trường hợp, khảo sát, mô phỏng Monte Carlo, MCDM hay các mô hình kinh tế – tài chính. Tuy nhiên, sự kết hợp giữa các phương pháp này với BIM như một nền tảng dữ liệu và hỗ trợ ra quyết định cho cơ chế chia sẻ rủi ro vẫn còn rất hạn chế. Khoảng trống này cho thấy tiềm năng lớn trong việc phát triển các mô hình tích hợp BIM với các công cụ phân tích và ra quyết định nhằm

nâng cao tính minh bạch, nhất quán và hiệu quả của cơ chế chia sẻ rủi ro trong các dự án BOT.

Từ những phân tích trên, có thể khẳng định rằng khoảng trống nghiên cứu cốt lõi không chỉ nằm ở việc thiếu các nghiên cứu về BIM trong dự án BOT giao thông đường bộ tại Việt Nam, mà quan trọng hơn là sự thiếu vắng một khung tiếp cận tích hợp coi BIM như một cơ chế quản trị thông tin nhằm hỗ trợ hình thành, vận hành và hoàn thiện cơ chế chia sẻ rủi ro trong suốt vòng đời dự án BOT. Đây chính là khoảng trống mà luận án hướng tới giải quyết.

4.2. Định hướng nghiên cứu tiếp theo

Trên cơ sở tổng hợp, phân tích các nghiên cứu đã được công bố và các khoảng trống nghiên cứu đã xác định, có thể nhận thấy rằng việc ứng dụng mô hình hóa thông tin công trình (BIM) trong quản lý và chia sẻ rủi ro của các dự án PPP/BOT vẫn chưa được khai thác đầy đủ, đặc biệt trong bối cảnh các dự án BOT giao thông đường bộ tại Việt Nam. Do đó, các nghiên cứu tiếp theo cần được định hướng theo hướng tích hợp và chuyên sâu hơn.

Thứ nhất, nghiên cứu cần khai thác BIM không chỉ như một công cụ kỹ thuật, mà như một nền tảng quản trị thông tin và hỗ trợ ra quyết định, tham gia trực tiếp vào quá trình hình thành, vận hành và điều chỉnh cơ chế chia sẻ rủi ro trong suốt vòng đời dự án xây dựng.

Thứ hai, cần đánh giá thực trạng áp dụng BIM và thực trạng cơ chế chia sẻ rủi ro trong các dự án PPP/BOT tại Việt Nam, nhằm làm rõ mức độ sẵn sàng BIM của các chủ thể tham gia dự án và xác định BIM hiện mới dừng ở vai trò hỗ trợ quản lý dự án hay đã thực sự tham gia vào quá trình phân bổ và chia sẻ rủi ro trong thực tiễn triển khai.

Thứ ba, trên cơ sở kết hợp giữa lý luận và thực tiễn, nghiên cứu cần xây dựng và đề xuất quy trình quản lý thông tin công trình dựa trên BIM, trong đó các yêu cầu thông tin và quy trình trao đổi dữ liệu được thiết kế nhằm trực tiếp hỗ trợ việc thiết lập và hoàn thiện cơ chế chia sẻ rủi ro trong các dự án PPP/BOT, đặc biệt là các dự án BOT giao thông đường bộ tại Việt Nam.

Theo đó, định hướng nghiên cứu không chỉ tập trung vào nâng cao hiệu quả quản lý rủi ro, mà hướng tới coi BIM như một cơ chế quản trị thông tin nhằm hỗ trợ hình thành và hoàn thiện cơ chế chia sẻ rủi ro trong hợp đồng BOT, góp phần nâng cao hiệu quả và tính bền vững của các dự án PPP/BOT.

5. Kết luận

Bài báo đã tiến hành phân tích 115 nghiên cứu quốc tế và trong nước về BIM, rủi ro và dự án PPP/BOT trong giai đoạn 2010 - 2025, qua đó làm rõ sự phát triển của các hướng nghiên cứu liên quan đến quản lý rủi ro, phân bổ và chia sẻ rủi ro, cũng như vai trò ngày càng gia tăng của BIM trong quản lý dự án theo vòng đời. Kết quả tổng quan cho thấy, mặc dù BIM được thừa nhận rộng rãi là công cụ hỗ trợ minh bạch thông tin, mô phỏng và ra quyết định, các nghiên cứu hiện nay vẫn chủ yếu tiếp cận BIM ở vai trò công cụ kỹ thuật, chưa coi BIM như

một cơ chế quản trị thông tin tham gia trực tiếp vào việc hình thành và vận hành cơ chế chia sẻ rủi ro trong các dự án PPP/BOT.

Trên cơ sở đó, bài báo đóng góp ba nội dung chính. Thứ nhất, tổng hợp và phân tích có hệ thống các nghiên cứu về BIM trong quản lý dự án nói chung và trong PPP/BOT, các nghiên cứu về rủi ro cũng như phân bổ-chia sẻ rủi ro trong các dự án PPP/BOT, và các hướng ứng dụng BIM trong quản lý rủi ro. Thứ hai, thảo luận và xác định các khoảng trống nghiên cứu cốt lõi, đặc biệt là sự thiếu vắng các khung tiếp cận tích hợp giữa BIM, quản trị thông tin và cơ chế chia sẻ rủi ro trong bối cảnh hợp đồng BOT. Thứ ba, đề xuất các hướng nghiên cứu tiếp theo cho mô hình BIM-RAS, hướng tới việc phát triển các quy trình và khuôn khổ ứng dụng BIM phù hợp với đặc thù thể chế và thực tiễn triển khai các dự án PPP/BOT tại Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

- [1]. N. I. o. B. Sciences, "National Institute of Building Sciences, National BIM Standard - United States® Version 3 - Transforming the Building Supply Chain Through Open and Interoperable Information Exchanges, 2015."
- [2]. A. Al-Shamayleh, S. Zakaria, N. Rahim, and D. a. A. Totanj, "Building information modeling for Public Private Partnership Projects A literature review and future research directions," *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*, vol. 10, no. 4, pp. 138-152, 2024.
- [3]. A. Porwal and K. N. Hewage, "Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects," *Automation in Construction*, vol. 31, pp. 204-214, 2013.
- [4]. A. Ganah and G. A. John, "Suitability of BIM for enhancing value on PPP projects for the benefit of the public sector," 2013.
- [5]. B. Laishram, "Building information modeling in Public Private Partnership Projects—perspectives and hurdles," 2011.
- [6]. S. N. H. A. Habib, S. Ismail, and S. M. S. Khuzzan, "Risk factors towards public-private partnerships (PPP) projects implementing building information modelling (BIM) in the United Kingdom (UK): A lesson learnt for Malaysia," *Planning Malaysia*, vol. 18, 2020.
- [7]. J. McArthur and X. Sun, "Building Information Modeling in Canadian Public-Private-Partnership Projects," 2016.
- [8]. Love Peter E D, Junxiao Liu, Jane Matthews, Chun-Pong Sing, and J. Smith, "Future proofing PPPs: Life-cycle performance measurement and Building Information Modelling," *Automation in Construction*, vol. 56, pp. 26-35, 2015.
- [9]. G. Ren and H. Li, "BIM Based Value for Money Assessment in Public-Private Partnership," in *Collaboration in a Data-Rich World*(IFIP Advances in Information and Communication Technology, 2017, pp. 51-62.
- [10]. G. Ren, H. Li, and J. Zhang, "A BIM-Based Value for Money Assessment in Public-Private Partnership: An Overall Review," *Applied Sciences*, vol. 10, no. 18, 2020.
- [11]. R. A. McKim, "Risk Management: back to basics," *Cost Engineering*, vol. 34, no. 12, p. 7, 1992.
- [12]. A. Thomas, S. N. Kalidindi, and K. Ananthanarayanan, "Risk perception analysis of BOT road project participants in India," *Construction management economics*, vol. 21, no. 4, pp. 393-407, 2003.
- [13]. A. K. Gupta, M. Trivedi, R. J. I. J. o. S. Kansal, Environment, and Technology, "Risk variation assessment of Indian road PPP projects," vol. 2, no. 5, pp. 1017-1026, 2013.
- [14]. V. Padiyar, T. Shankar, and A. Varma, "Risk management in PPP, The Essence of Risks—A Historical Perspective," ed, 2004.

- [15]. L.-Y. Shen, A. Platten, and X. Deng, "Role of public private partnerships to manage risks in public sector projects in Hong Kong," *International journal of Project management*, vol. 24, no. 7, pp. 587-594, 2006.
- [16]. S. Q. Wang, R. L. Tiong, S. Ting, D. J. C. M. Ashley, and Economics, "Evaluation and management of foreign exchange and revenue risks in China's BOT projects," vol. 18, no. 2, pp. 197-207, 2000.
- [17]. I. APMG, "'Appraising PPP projects." The APMG PPP Certification Program Guide," 2016b.
- [18]. F. H. Administration, "Guidebook for risk assessment in public private partnerships," *Federal Highway Administration, US Department of Transportation, US.*, 2013.
- [19]. A. P. C. C. Robert Osei-Kye, "Review of studies on the Critical Success Factors for Public-Private Partnership (PPP) projects from 1990 to 2013," *International journal of project management*, vol. 33, no. 6, pp. 1335-1346, 2015.
- [20]. K. M. Mazher, "Review of studies on risk allocation and sharing in public-private partnership projects for infrastructure delivery," *Frontiers in Built Environment*, vol. 11, 2025.
- [21]. Y. Ke, S. Wang, and A. P. Chan, "Risk allocation in public-private partnership infrastructure projects: Comparative study," *Journal of infrastructure systems*, vol. 16, no. 4, pp. 343-351, 2010.
- [22]. B.-G. Hwang, X. Zhao, and M. J. S. Gay, "Public private partnership projects in Singapore: Factors, critical risks and preferred risk allocation from the perspective of contractors," *International journal of project management*, vol. 31, no. 3, pp. 424-433, 2013.
- [23]. L. Ding, B. Zhong, S. Wu, and H. Luo, "Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic web technology," *Safety science*, vol. 87, pp. 202-213, 2016.
- [24]. S. Zhang, K. Sulankivi, M. Kiviniemi, I. Romo, C. M. Eastman, and J. Teizer, "BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning," *Safety science*, vol. 72, pp. 31-45, 2015.
- [25]. M. Li, H. Yu, and P. Liu, "An automated safety risk recognition mechanism for underground construction at the pre-construction stage based on BIM," *Automation in Construction*, vol. 91, pp. 284-292, 2018.
- [26]. L. Zhang, X. Wu, L. Ding, M. J. Skibniewski, and Y. Lu, "BIM-based risk identification system in tunnel construction," *Journal of Civil Engineering Management*, vol. 22, no. 4, pp. 529-539, 2016.
- [27]. B. Hardin and D. McCool, *BIM and construction management: proven tools, methods, and workflows*. John Wiley & Sons, 2015.
- [28]. Y. Liu, S. Van Nederveen, and M. Hertogh, "Understanding effects of BIM on collaborative design and construction: An empirical study in China," *International journal of project management*, vol. 35, no. 4, pp. 686-698, 2017.
- [29]. M. Numan, "BIM and Risk Management: A Review of Strategies for Identifying, Analysing and Mitigating Project Risks," *Journal of Engineering Research and Sciences*, vol. 3, no. 1, pp. 20-26, 2024.
- [30]. A. Grilo and R. Jardim-Goncalves, "Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments," *Automation in construction*, vol. 19, no. 5, pp. 522-530, 2010.
- [31]. J. Schade, T. Olofsson, and M. Schreyer, "Decision-making in a model-based design process," *Construction management Economics*, vol. 29, no. 4, pp. 371-382, 2011.
- [32]. R. Masood, M. Kharal, and A. Nasir, "Is BIM adoption advantageous for construction industry of Pakistan?," *Procedia Engineering*, vol. 77, pp. 229-238, 2014.
- [33]. F. Abdulsame, S. Fathi, and M. Enferadi, "Appraising effective of Building Information Management in Project Management," *Procedia Technology, CENTERIS*, pp. 1116-1125, 2014.
- [34]. A. Ghaffarianhoseini *et al.*, "Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges," *Renewable sustainable energy reviews*, vol. 75, pp. 1046-1053, 2017.
- [35]. B. Zhong, C. Gan, H. Luo, and X. Xing, "Ontology-based framework for building environmental monitoring and compliance checking under BIM environment," *Building Environment*, vol. 141, pp. 127-142, 2018.
- [36]. T. H. Beach, Y. Rezgui, H. Li, and T. Kasim, "A rule-based semantic approach for automated regulatory compliance in the construction sector," *Expert Systems with Applications*, vol. 42, no. 12, pp. 5219-5231, 2015.
- [37]. P. Nowak, M. Książek, M. Draps, and J. Zawistowski, "Decision making with use of building information modeling," *Procedia Engineering*, vol. 153, pp. 519-526, 2016.
- [38]. O. O. Akinade *et al.*, "Designing out construction waste using BIM technology: Stakeholders' expectations for industry deployment," *Journal of cleaner production*, vol. 180, pp. 375-385, 2018.
- [39]. P. Smith, "BIM implementation-global strategies," *Procedia engineering*, vol. 85, pp. 482-492, 2014.
- [40]. Nguyễn Quốc Toàn, "Ứng dụng BIM trong quản lý an toàn thi công xây dựng," (in 1), *Tạp Chí xây dựng*, vol. 2/2021, 2021.
- [41]. L. H. n. M. Đ. Nguyễn Anh Thư, "Phân tích các yếu tố rủi ro và đề xuất tích hợp mô hình thông tin công trình (BIM) với cấu trúc phân chia rủi ro (RBS) trong giai đoạn thi công dự án nhà cao tầng tại Việt Nam," *Tạp chí Vật liệu và Xây Dựng*, vol. 15, 2025.
- [42]. Thân Thanh Sơn, "Nghiên cứu phân bổ rủi ro trong hình thức hợp tác công tư phát triển cơ sở hạ tầng giao thông đường bộ Việt Nam," (in 1), *Luận án tiến sĩ, Trường đại học giao thông vận tải*, 2015.
- [43]. Phạm Thị Trang, "Quản lý rủi ro dự án đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng kỹ thuật theo hình thức đối tác công tư (PPP) tại thành phố Đà Nẵng," (in 1), *Luận án tiến sĩ, Trường đại học xây dựng*, 2019.
- [44]. P. T. Trang, "Hoàn thiện quy trình quản lý rủi ro dự án đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng kỹ thuật theo hình thức đối tác công tư (PPP) tại Việt Nam," *Tạp chí khoa học và công nghệ Đại học Đà Nẵng*, vol. 19, 2021.
- [45]. Phạm Minh Hưng, Phạm Thành An, Đỗ Tiến Sỹ, and N. T. Việt, "Phân tích và đánh giá rủi ro trong các dự án đối tác công tư (DA PPP) sử dụng phương pháp mô phỏng Monte Carlo," (in 1), *Tạp chí Xây dựng và Đô thị*, vol. 02, pp. 74-77, 2023.