

Ứng dụng mô hình thông tin BIM-GIS kết hợp công nghệ cao trong việc xây dựng quy trình hoàn công dự án cảng biển tại Việt Nam

Nguyễn Anh Thư^{1,2}, Nguyễn Văn Tài^{1,2*}

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

² Đại học Quốc Gia Thành phố Hồ Chí Minh

TỪ KHOÁ

BIM-GIS
Hồ sơ hoàn công
Dự án cảng biển
Công nghệ cao
3D Laser Scanning
Photogrammetry
Point Cloud

TÓM TẮT

Quy trình hoàn công hiện nay vẫn còn nhiều hạn chế như dữ liệu bị phân tán, phương pháp lưu trữ thủ công, khó khăn trong việc đối chiếu giữa thiết kế và thực tế thi công, cũng như sự phối hợp còn rời rạc giữa các bên tham gia dự án. Nghiên cứu này đề xuất một quy trình hoàn công mới ứng dụng mô hình thông tin công trình (BIM) tích hợp với hệ thống thông tin địa lý (GIS), kết hợp các công nghệ tiên tiến như quét laser 3D, ảnh viễn thám (photogrammetry) và dữ liệu đám mây điểm (Point Cloud). Dữ liệu hiện trạng từ thực tế được đưa vào mô hình BIM-GIS để xây dựng quy trình trực quan, tích hợp không gian, hỗ trợ hiệu quả công tác kiểm soát, đối chiếu, lưu trữ và chia sẻ thông tin. Kết quả cho thấy quy trình giúp tăng minh bạch, giảm sai sót, cải thiện phối hợp, rút ngắn thời gian hoàn công. Quy trình này không chỉ góp phần nâng cao chất lượng công tác quản lý mà còn là bước tiến quan trọng thúc đẩy quá trình số hóa trong lĩnh vực xây dựng hạ tầng cảng biển tại Việt Nam.

KEYWORDS

As-built documentation
Seaport projects
Advanced technologies
3D Laser Scanning
Photogrammetry
Point Cloud

ABSTRACT

The current as-built documentation process still faces several limitations, such as fragmented data, manual storage methods, difficulties in comparing design plans with actual construction, and a lack of coordination among project stakeholders. This study proposes a new as-built process that integrates Building Information Modeling (BIM) with Geographic Information Systems (GIS), combined with advanced technologies such as 3D laser scanning, photogrammetry, and point cloud data. Field data from real projects is incorporated into the BIM-GIS model to develop a spatially integrated and visualized digital process that effectively supports information control, comparison, storage, and sharing. The results show that this process enhances transparency, reduces errors, improves coordination, and shortens the as-built timeline. This process not only enhances project management quality but also represents a significant step forward in promoting digital transformation in Vietnam's port infrastructure construction sector.

1. Giới thiệu

Trong bối cảnh hạ tầng cảng biển Việt Nam mở rộng để phục vụ phát triển kinh tế và hội nhập quốc tế, công tác quản lý hồ sơ hoàn công gặp nhiều khó khăn. Việc lập hồ sơ chủ yếu thực hiện thủ công, thiếu đồng bộ, dữ liệu phân tán và khó truy xuất, gây khó khăn trong việc đối chiếu thiết kế và thi công. Nếu công tác quản lý hồ sơ hoàn công không hiệu quả, sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến vận hành, sửa chữa, cải tạo, mở rộng và đảm bảo an toàn công trình theo thời gian [1]. Trước những thách thức đó, việc ứng dụng công nghệ số như BIM và GIS được xem là giải pháp tiềm năng. Sự kết hợp hai công nghệ này tạo nên nền tảng dữ liệu toàn diện, hỗ trợ kiểm tra khối lượng thi công, đối chiếu bản vẽ và lưu trữ hồ sơ minh bạch. Nhận thức được vai trò quan trọng của BIM và GIS trong chuyển đổi số ngành xây dựng, Chính phủ Việt Nam đã phê duyệt Lộ trình áp dụng BIM trong xây dựng qua Quyết định

số 258/QĐ-TTg, bắt buộc áp dụng BIM đối với các dự án sử dụng vốn nhà nước và phương thức đối tác công tư [2]. Đồng thời, Bộ Xây dựng cũng ban hành công văn hướng dẫn áp dụng Bộ tiêu chí đô thị thông minh bền vững, đề cập đến việc sử dụng GIS trong quy hoạch và BIM cho công trình cấp II trở lên [3], phản ánh sự cần thiết của công nghệ tiên tiến trong quy hoạch, thiết kế và quản lý đô thị. BIM và GIS là hai công nghệ cốt lõi đang tạo ra những thay đổi đáng kể trong lĩnh vực xây dựng và phát triển đô thị, mang lại nhiều lợi ích thiết thực về mặt kỹ thuật, kinh tế và quản lý. Về mặt pháp lý, Việt Nam đã có cơ sở đầy đủ để triển khai cả hai công nghệ này. Tuy nhiên, các hướng dẫn hiện hành vẫn đang được xây dựng và áp dụng một cách tách biệt, chưa có quy định hoặc quy trình cụ thể nào về việc tích hợp BIM và GIS. Trong bối cảnh đó, việc áp dụng BIM-GIS trong công tác hoàn công vốn là một khâu quan trọng trong quản lý chất lượng và thông tin công trình vẫn còn rất mới mẻ và chưa được tiêu chuẩn hóa. Do đó, nghiên cứu này

*Liên hệ tác giả: nvtai.sdh231@hcmut.edu.vn

Nhận ngày 10/05/2025, sửa xong ngày 27/05/2025, chấp nhận đăng ngày 10/06/2025

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.03.2025.975>

được thực hiện nhằm đề xuất một quy trình hoàn công cho các dự án cảng biển ứng dụng mô hình BIM-GIS, nhằm giải quyết các bất cập hiện tại và thúc đẩy quá trình chuyển đổi số trong ngành xây dựng, từ cấp kỹ thuật đến quản lý.

2. Tổng quan nghiên cứu

2.1. Tổng quan về hoàn công xây dựng

Theo Nghị định 06/2021/NĐ-CP, hoàn công xây dựng là thủ tục xác nhận công trình đã hoàn thành sau khi được cấp phép và nghiệm thu, phản ánh hiện trạng thực tế và các thay đổi so với thiết kế ban đầu. Khoản 5, Điều 2 quy định hồ sơ hoàn thành phải bao gồm toàn bộ tài liệu liên quan đến quá trình đầu tư xây dựng và được lưu trữ khi công trình đưa vào sử dụng [4]. Các bước thực hiện hồ sơ hoàn công công trình được quy định tại Nghị định 06/2021/NĐ-CP và Luật xây dựng số 62/2020/QH14 như hình 1.

2.2. Tổng quan về BIM

BIM (Building Information Modeling) là một thuật ngữ ngày càng phổ biến trong ngành xây dựng, được nhiều tổ chức áp dụng cho các dự án đầu tư xây dựng. Ứng dụng BIM trong thiết kế, thi công và quản lý vận hành đã mang lại những thay đổi tích cực, nâng cao năng suất và hiệu quả lao động. BIM sử dụng công nghệ thông tin để số hóa thông tin công trình qua mô hình 3D, hỗ trợ các quá trình thiết kế, thi công và vận hành công trình [6]. Mức độ phát triển thông tin LOD (Level Of Development): Bao gồm cả các yếu tố Level Of Detail (LOD) nhưng có bổ sung thêm Level Of Information (LOI). Gồm mức độ chi tiết của hình học và thông tin phi hình học [7]. Môi trường dữ liệu chung CDE là nơi thu thập, lưu trữ, quản lý và phổ biến tất cả các thông tin, dữ liệu, tài liệu được tạo ra bởi các bên tham gia thực hiện BIM [2].

2.3. Tổng quan về GIS

Hệ thống Thông tin Địa lý (Geographic Information System-GIS) là công nghệ dùng để tạo, quản lý, phân tích và lập bản đồ dữ liệu. GIS kết nối thông tin về vị trí với các thuộc tính mô tả, cung cấp nền tảng để lập bản đồ và phân tích. Công nghệ này giúp người dùng hiểu rõ các mô hình, mối quan hệ và bối cảnh địa lý, từ đó nâng cao khả năng giao tiếp, hiệu suất làm việc, quản lý và ra quyết định [8].

2.4. Tổng quan về tích hợp BIM và GIS

Sự tích hợp giữa GIS (hệ thống thông tin địa lý) và BIM (mô hình thông tin công trình) đóng vai trò quan trọng trong quy hoạch, thiết kế, xây dựng và quản lý cơ sở hạ tầng. GIS cung cấp bối cảnh không gian rộng lớn, trong khi BIM tập trung vào thiết kế chi tiết của công trình

[9]. Sự kết hợp giữa BIM-GIS đã tạo nên một triển vọng để thực hiện chuyển đổi số ngành xây dựng toàn diện, hiệu quả và thành công.

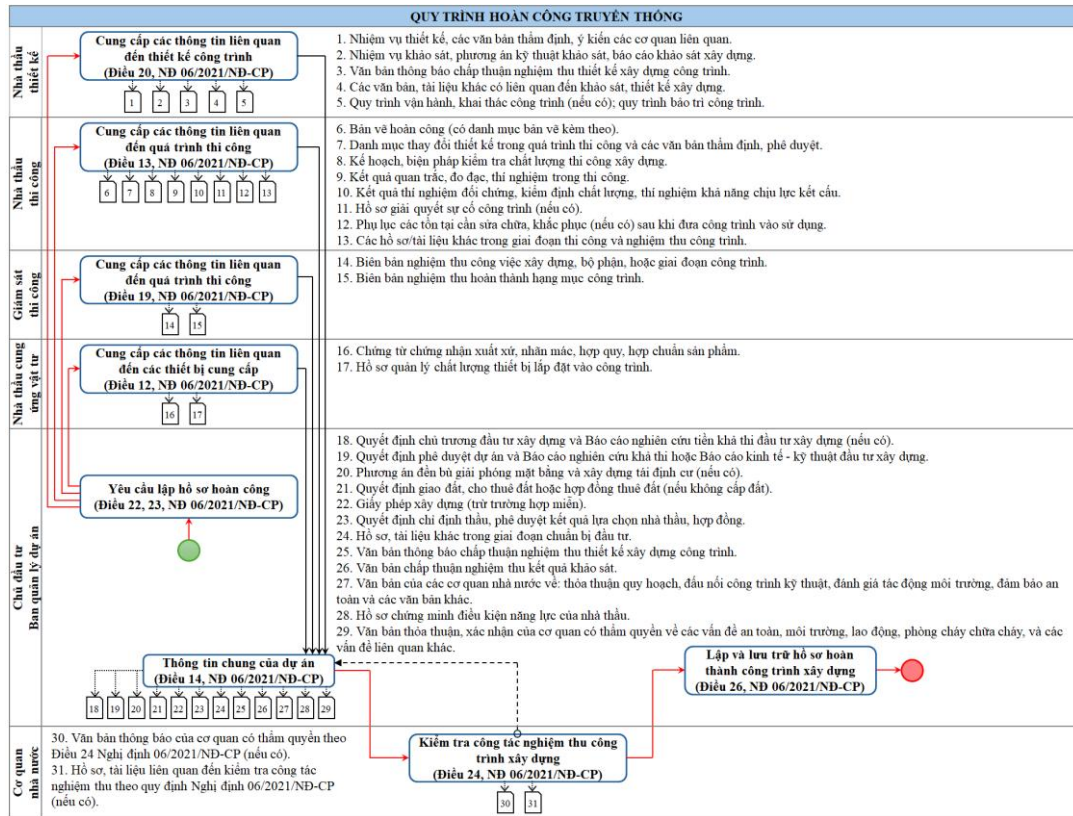
2.5. Các nghiên cứu trước đây

Liu Liu và cộng sự (2021) cho thấy phần lớn thông tin hoàn công vẫn tồn tại dưới dạng tài liệu giấy hoặc tệp không thể đọc tự động, gây khó khăn trong quản lý, từ đó đề xuất số hóa và tích hợp với BIM để hỗ trợ giám sát, kiểm tra chất lượng [10]. Laura Klein và cộng sự (2012) khẳng định các công nghệ như quét laser 3D, photogrammetry và BIM giúp thu thập dữ liệu chính xác hơn, trong đó quét laser có độ chính xác cao nhưng chi phí lớn, còn photogrammetry rẻ hơn nhưng phụ thuộc điều kiện môi trường [11]. Ankit Bhatla và cộng sự (2012) đề xuất kết hợp hai công nghệ để tối ưu hiệu quả mô hình hoàn công 3D [12]. Sepasgozar và cộng sự (2016) nhấn mạnh tiềm năng và thách thức của quét laser 3D trong lập hồ sơ hoàn công, đồng thời đề xuất quy trình bán tự động chuyển dữ liệu sang mô hình BIM [13]. Jiehui Wang và cộng sự (2022) đã áp dụng quét laser để tạo mô hình BIM hoàn công, giúp phát hiện sớm sai lệch giữa thiết kế và thi công để kịp thời điều chỉnh [14]. Nghiên cứu của Tran Phuc Minh Khoi và cộng sự (2024) về ứng dụng BIM-GIS trong đánh giá và tái thiết kết cấu cầu cảng sau va chạm tàu sử dụng phương pháp khảo sát tiên tiến như UAV, quét laser mặt đất (TLS) và tàu khảo sát không người lái (USV) để thu thập dữ liệu thực tế, tích hợp vào mô hình BIM-GIS để đánh giá mức độ hư hại và đề xuất giải pháp khắc phục [15]. Sonam Pelden và cộng sự (2025) chỉ ra rằng BIM cung cấp mô hình chi tiết công trình, trong khi GIS hỗ trợ phân tích không gian và môi trường, giúp tối ưu hóa quyết định trong suốt vòng đời dự án, tuy nhiên, rào cản kỹ thuật, tiêu chuẩn hóa dữ liệu và khả năng tương tác giữa hai hệ thống vẫn là thách thức lớn [16]. Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu ứng dụng BIM trong hoàn công và tích hợp BIM-GIS để hỗ trợ phân tích, đánh giá thiết kế, nhưng việc áp dụng BIM-GIS trực tiếp vào quy trình hoàn công công trình vẫn còn rất hạn chế. Đây là khoảng trống mà nghiên cứu này hướng đến, nhằm đề xuất một quy trình hoàn công tích hợp BIM-GIS phù hợp với đặc thù công trình cảng biển.

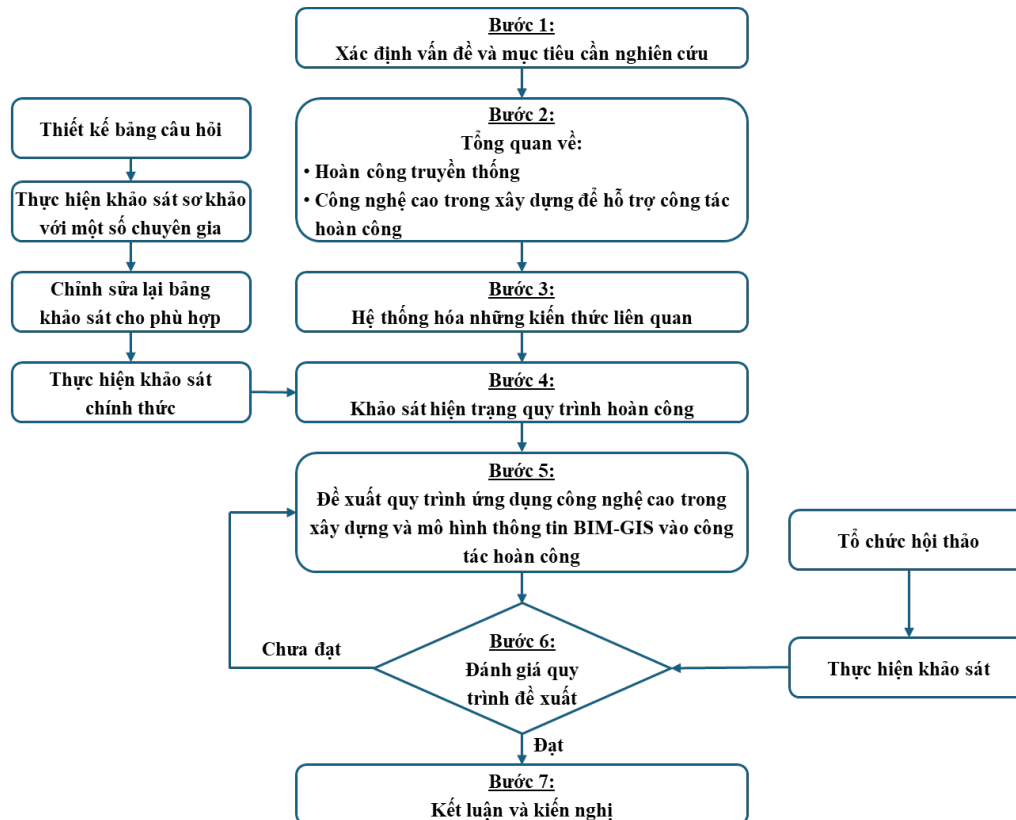
3. Phương pháp nghiên cứu

Quy trình thực hiện nghiên cứu được trình bày như Hình 2.

Để khảo sát hiện trạng quy trình hoàn công, công cụ khảo sát là bảng câu hỏi dành cho cán bộ, kỹ sư, chuyên gia có kinh nghiệm trong công tác hoàn công. Nội dung được xây dựng dựa trên các quy định pháp luật hiện hành và ý kiến chuyên gia, đảm bảo sát thực tế và phù hợp với đặc thù công trình xây dựng. Bảng khảo sát gồm thông tin người tham gia, thực trạng, tài liệu cần thiết và các khó khăn hiện tại, kết hợp câu hỏi lựa chọn và thang đo Likert (1-5). Khảo sát được thực hiện trực tuyến và trực tiếp, gửi đến các cá nhân đang làm việc tại các đơn vị liên quan đến công tác hoàn công.



Hình 1. Quy trình hoàn công truyền thống [4], [5].



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

Quy trình đề xuất được áp dụng cho công trình cảng biển bởi đây là loại hình có quy mô lớn, trải dài, gồm nhiều hạng mục kỹ thuật phức tạp và chịu ảnh hưởng bởi điều kiện địa hình, thủy văn. Việc quản lý hoàn công đòi hỏi sự chính xác, đồng bộ và khả năng liên kết không gian. Để xây dựng quy trình đề xuất ứng dụng công nghệ cao trong xây dựng và mô hình thông tin BIM-GIS vào công tác hoàn công, sử dụng phương pháp BPMN (Business process modeling & notation) là một phương pháp mô hình hóa quy trình được chuẩn hóa quốc tế, giúp thể hiện các bước trong quy trình nghiệp vụ một cách trực quan và dễ hiểu cho cả người kỹ thuật lẫn quản lý. BPMN có khả năng mô tả các luồng công việc phức tạp như điều kiện rẽ nhánh, lặp lại hay song song, tập hợp các ký hiệu chuẩn, giúp cho người đọc sơ đồ hiểu về từng khía cạnh của quy trình như điều kiện thực hiện công việc, thứ tự thực hiện, người chịu trách nhiệm thực hiện [17].

Để đánh giá tính hiệu quả và khả năng áp dụng quy trình đề xuất, nghiên cứu tiến hành tổ chức hội thảo trình bày về quy trình hoàn công ứng dụng BIM-GIS và khảo sát lấy ý kiến từ các bên liên quan, với câu hỏi khảo sát sử dụng thang đo Likert (1-5). Mục tiêu là xác định mức độ phù hợp, tính khả thi và các khó khăn khi triển khai thực tế tại Việt Nam.

4. Kết quả nghiên cứu

4.1. Kết quả khảo sát

Tổng cộng thu về 53 phiếu, trong đó có 48 phiếu hợp lệ (đạt 90 %). Tỷ lệ này phản ánh sự hợp tác tích cực và độ tin cậy của dữ liệu. Kết quả chi tiết như sau:

- Thông tin người tham gia khảo sát (kiểm tra tính hợp lệ của phiếu khảo sát).

Kết quả kiểm tra cho thấy phần lớn các phiếu khảo sát đáp ứng đầy đủ tiêu chí về tính hợp lệ, đảm bảo độ tin cậy của dữ liệu sử dụng trong phân tích. Tuy nhiên, một số mẫu không đạt yêu cầu (tổng cộng 5 mẫu, chiếm khoảng 10 %) đã được loại khỏi tập dữ liệu nhằm đảm bảo chất lượng nghiên cứu.

- Thực trạng và các loại tài liệu cần thiết để lập hồ sơ hoàn công hiện nay.

Tổng kết kết quả khảo sát cho thấy, phần lớn các đơn vị đã xây dựng quy trình chuẩn cho công tác hoàn công và nhận thức rõ về tầm quan trọng của việc đảm bảo đầy đủ hồ sơ, tài liệu. Tuy nhiên, mức độ phối hợp giữa các bên liên quan chủ yếu chỉ ở mức trung bình, tình trạng sai lệch giữa hồ sơ và thực tế hiện trường vẫn phổ biến. Việc quản lý hồ sơ hoàn công vẫn còn thiên về phương pháp truyền thống, trong khi phần mềm hỗ trợ đã được sử dụng nhưng chưa rộng rãi.

- Khó khăn của công tác hoàn công hiện tại.

Đa số các khó khăn có điểm trung bình trên 4, gồm: Hồ sơ hoàn công thường được lập bằng bản vẽ giấy, thiếu trực quan (4.11), thiếu nền tảng số, giảm minh bạch và kiểm chứng dữ liệu (4.07), tốn thời gian tổng hợp, kiểm tra và lập hồ sơ thủ công (4.07), phân loại và xử lý dữ liệu thủ công, dễ sai sót, tốn thời gian (4.00), phản ánh rõ ràng những trở ngại nghiêm trọng về quản lý dữ liệu và thiếu nền tảng công nghệ trong công tác hoàn công.

Với những khó khăn hiện tại và các vấn đề mà các đơn vị thực hiện đang gặp phải, việc cải thiện hiệu quả công tác hoàn công là cần thiết. Kết quả khảo sát là cơ sở thực tiễn để đề xuất đổi mới quy trình hoàn công theo hướng số hóa, phù hợp xu thế chuyển đổi số ngành xây dựng.

Bảng 1. Kết quả thông tin người tham gia khảo sát.

Tiêu chí kiểm tra	Yêu cầu	Kết quả hợp lệ	Mẫu bị loại
1. Vị trí công tác	Làm việc trong lĩnh vực xây dựng hoặc hoàn công	97 % (các vị trí liên quan đến xây dựng)	1 mẫu (3 %) là chuyên viên nghiên cứu khoa học
2. Kinh nghiệm làm việc	Tối thiểu 3 năm kinh nghiệm trong công tác hoàn công	93 % (≥ 3 năm), gồm: 36 % (3–5 năm) 50 % (5–10 năm) 7 % (> 10 năm)	2 mẫu (7 %) dưới 3 năm kinh nghiệm
3. Đơn vị công tác	Đơn vị hoạt động trong lĩnh vực xây dựng	97 % làm tại đơn vị xây dựng cụ thể	1 mẫu (3 %) là phòng R&D chưa rõ chuyên môn
4. Loại công trình đã tham gia có liên quan đến hoàn công	Có kinh nghiệm thực tế trong công tác hoàn công	Đa số đã từng tham gia: 87 % công trình bến cảng 30 % hạ tầng kỹ thuật 13 % dân dụng, CN, ...	
5. Số lượng dự án từng tham gia có công tác hoàn công	Đã tham gia ít nhất 1 dự án có công tác hoàn công	96 % đã tham gia ≥ 1 dự án: 33 % (3–5 dự án) 27 % (> 5 dự án) 37 % (> 10 dự án)	1 mẫu (3 %) chưa tham gia dự án nào

Bảng 2. Kết quả thực trạng và các loại tài liệu cần thiết để lập hồ sơ hoàn công hiện nay.

Nội dung khảo sát	Kết quả	Tỷ lệ
1. Đơn vị có quy trình chuẩn cho công tác hoàn công	Có quy trình	85 %
	Chưa rõ	15 %
2. Các loại tài liệu cần thiết cho công tác hoàn công	Tất cả người tham gia xác nhận cần có đầy đủ các loại hồ sơ, tài liệu hoàn công (chi tiết xem Hình 1)	100 %
3. Mức độ phối hợp giữa các bên trong quá trình lập hồ sơ hoàn công	Kém	15 %
	Trung bình	81 %
	Tốt	4 %
4. Tình trạng sai lệch giữa hồ sơ hoàn công và hiện trạng thực tế	Có	52 %
	Thỉnh thoảng	44 %
	Hiếm khi	4 %
5. Hình thức quản lý hồ sơ hoàn công hiện tại	Bản giấy	41 %
	File mềm lưu trên máy tính	15 %
	Lưu trữ nội bộ/server	22 %
	Phần mềm chuyên dụng	7 %
	Đã số hóa và kết nối hệ thống	15 %
6. Có sử dụng phần mềm hỗ trợ công tác hoàn công?	Có	100 %
7. Phần mềm hỗ trợ đang sử dụng trong công tác hoàn công	AutoCAD	100 %
	Excel/Word	100 %
	MS Project/Primavera	59 %
	Autodesk BIM 360/Autodesk Construction Cloud	22 %
	M-File/SharePoint	11 %
	Phần mềm nội bộ	19 %

Bảng 3. Kết quả khảo sát khó khăn của công tác hoàn công hiện tại.

STT	Khó khăn	Điểm trung bình
1	Thông tin phân tán, khó thu thập đầy đủ và chính xác.	3,74
2	Phân loại và xử lý dữ liệu thủ công, dễ sai sót và tốn thời gian.	4,00
3	Hồ sơ hoàn công thường được lập bằng bản vẽ giấy, thiếu trực quan và không phản ánh chính xác hiện trạng công trình.	4,11
4	Không có công cụ hỗ trợ đối chiếu thiết kế-thi công, giảm hiệu quả kiểm soát chất lượng.	3,89
5	Thiếu nền tảng số, giảm tính minh bạch và kiểm chứng dữ liệu.	4,07
6	Phối hợp giữa các bên gặp khó khăn do trao đổi qua văn bản giấy hoặc email.	3,93
7	Hồ sơ giấy dễ thất lạc, khó truy xuất và bảo trì.	4,00
8	Tốn thời gian tổng hợp, kiểm tra và lập hồ sơ thủ công, chậm tiến độ bàn giao.	4,07

4.2. Đề xuất quy trình hoàn công dự án cảng biển theo mô hình thông tin BIM-GIS

Quy trình hoàn công đề xuất mô tả mối quan hệ phối hợp giữa các bên liên quan và phân định rõ trách nhiệm của từng bên trong công tác hoàn công như sau:

4.2.1. Cơ quan nhà nước

Cơ quan nhà nước có trách nhiệm kiểm tra công tác nghiệm thu công trình xây dựng (I.1)

Cơ quan nhà nước kiểm tra nghiệm thu công trình theo Điều 24 Nghị định 06/2021/NĐ-CP, được truy cập CDE để kiểm tra hồ sơ BIM-GIS và phản hồi kết quả về thư mục dữ liệu CDE cho chủ đầu tư lập, lưu trữ hồ sơ hoàn công.

4.2.2. Đơn vị chủ đầu tư

Đơn vị chủ đầu tư có trách nhiệm yêu cầu lập hồ sơ hoàn công (II.1), lập và lưu trữ hồ sơ hoàn thành công trình xây dựng (II.2)

Theo điều 22, 23, 26, 27 nghị định 06/2021/NĐ-CP, chủ đầu tư chịu trách nhiệm chính trong nghiệm thu, lập và bàn giao hồ sơ hoàn công; có thể ủy quyền Ban quản lý dự án phối hợp các bên liên quan để thu thập, kiểm tra và hoàn thiện hồ sơ đảm bảo tiến độ và chất lượng.

4.2.3. Ban quản lý dự án

Ban quản lý dự án có trách nhiệm thiết lập môi trường dữ liệu chung CDE và phân quyền truy cập và cập nhật thông tin (III.1), xác định thông tin cần thiết cho công tác hoàn công (III.2), xác định mức độ phát triển thông tin LOD (III.3), Xác định hạng mục cần lập hồ sơ hoàn công (III.4).

Ban quản lý dự án giữ vai trò điều phối, giám sát việc lập hồ sơ hoàn công, với các nhiệm vụ chính như: thiết lập môi trường dữ liệu chung (CDE), phân quyền truy cập, xác định thông tin cần thu thập, mức độ phát triển thông tin (LOD) và các hạng mục cần lập hồ sơ.

4.2.4. Nhà thầu thiết kế

Nhà thầu thiết kế có trách nhiệm cung cấp các thông tin liên quan đến thiết kế công trình (IV.1).

Nhà thầu thiết kế được phân quyền truy cập và cung cấp các tài liệu thiết kế để phục vụ đối chiếu và cập nhật mô hình hoàn công. Có trách nhiệm xác nhận các thay đổi thiết kế và phối hợp kiểm tra mô hình hoàn công nhằm đảm bảo tính chính xác so với thiết kế ban đầu.

4.2.5. Nhà thầu thi công, Giám sát thi công, Nhà thầu cung ứng vật tư

Nhà thầu thi công, Giám sát thi công, Nhà thầu cung ứng vật tư có trách nhiệm cung cấp các thông tin liên quan đến quá trình thi công theo từng giai đoạn (V.1).

Các nhà thầu được phân quyền truy cập và cung cấp tài liệu liên quan đến dự án. Phối hợp với đơn vị BIM-GIS trong các công tác lập hồ sơ hoàn công.

4.2.6. Đơn vị BIM-GIS

Đơn vị BIM-GIS đóng vai trò trọng yếu trong việc thu thập, tổ chức, khảo sát thực tế thi công, mô hình hóa và tích hợp dữ liệu hoàn

công từ các bên liên quan vào mô hình thông tin BIM-GIS phục vụ cho công tác lập hồ sơ hoàn công và công tác quản lý, vận hành công trình sau này. Các nhiệm vụ cụ thể bao gồm:

- Tổng hợp các thông tin và yêu cầu của ban quản lý dự án (VIII.1).
- Lên kế hoạch chi tiết cho việc xây dựng mô hình BIM-GIS theo từng giai đoạn của dự án (VIII.2).
- Thu thập và xử lý dữ liệu khảo sát thực tế thi công theo từng giai đoạn (Sử dụng các thiết bị 3D laser scanning, Mobile Mapping, thiết bị UAV, USV, ...) (VIII.3).
- Thu thập và phân loại dữ liệu khảo sát, thông tin để xây dựng mô hình BIM-GIS (VIII.4).
- Lựa chọn các thông tin cần thiết để đưa vào mô hình BIM (VIII.5).
- Xây dựng mô hình BIM hoàn công từ mô hình BIM thiết kế, BIM thi công theo từng giai đoạn (VIII.6).
- So sánh kiểm tra mô hình BIM hoàn công so với thực tế đã thi công (dữ liệu khảo sát như Point Cloud, 3D Photogrammetry, ảnh 360 độ) và đưa mô hình BIM lên ACC (VIII.7).
- Xây dựng mô hình GIS theo từng giai đoạn (VIII.8).
- Kiểm tra, phân tích dữ liệu mô hình GIS và đưa mô hình GIS lên ArcGIS Online (VIII.9).
- Đưa mô hình BIM và GIS lên ArcGIS GeoBIM (VIII.10).

4.3. Đánh giá quy trình đề xuất

Kết quả khảo sát cho thấy, sau buổi hội thảo trình bày về quy trình hoàn công ứng dụng BIM-GIS, người tham gia hiểu rõ hơn về quy trình đề xuất và nhận thấy những cải thiện rõ rệt so với cách làm truyền thống, cho thấy quy trình đề xuất có tính thuyết phục và hiệu quả (Bảng 4). Bên cạnh đó, những đánh giá tích cực về khả thi và lợi ích của quy trình đề xuất, phản ánh tiềm năng ứng dụng của mô hình (Bảng 5). Tuy nhiên, vẫn tồn tại lo ngại về chi phí đầu tư ban đầu cho hạ tầng, phần mềm, thiết bị và đào tạo nhân lực. Mặc dù vậy, đa số người tham gia đều đồng thuận rằng lợi ích dài hạn sẽ bù đắp chi phí. Vì vậy, cần xây dựng một lộ trình triển khai linh hoạt, hỗ trợ kỹ thuật và thí điểm phù hợp. Mô hình này được kỳ vọng sẽ nâng cao hiệu quả quản lý hồ sơ hoàn công và hỗ trợ vận hành, bảo trì công trình cảng, nhưng cần đảm bảo hạ tầng và nguồn lực phù hợp với thực tế Việt Nam.

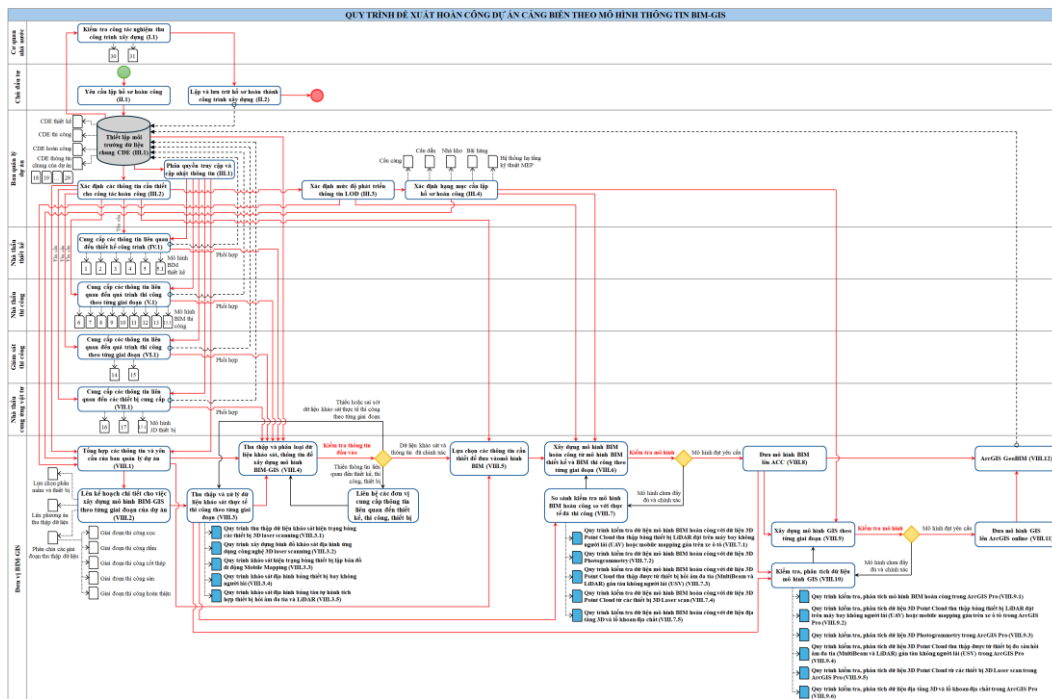
Nghiên cứu đề xuất tích hợp BIM-GIS để số hóa quy trình, giúp giải quyết những khó khăn và các vấn đề mà các đơn vị thực hiện đang gặp phải.

Bảng 4. Kết quả đánh giá mức độ hiểu về quy trình sau buổi trình bày.

STT	Nội dung	Điểm trung bình
1	Tôi hiểu rõ hơn về quy trình hoàn công ứng dụng BIM-GIS.	4,63
2	Tôi thấy rõ sự khác biệt giữa quy trình mới và truyền thống.	4,77

Bảng 5. Kết quả đánh giá lợi ích của quy trình đề xuất.

STT	Nội dung	Điểm trung bình
1	Dữ liệu hoàn công được số hóa và thu thập từ đầu, đảm bảo đầy đủ, chính xác và dễ kiểm soát.	4,70
2	Quy trình xử lý chuẩn hóa trên nền tảng số có phân quyền rõ ràng, hỗ trợ kiểm soát hiệu quả.	4,80
3	Hồ sơ được lập bằng mô hình BIM 3D trực quan, phản ánh đúng hiện trạng và tích hợp đầy đủ thông tin kỹ thuật.	4,80
4	BIM cho phép đối chiếu thiết kế-thi công, phát hiện sai khác và điều chỉnh kịp thời.	4,77
5	Thông tin lưu trữ tập trung trên nền tảng đám mây (CDE, ACC, GeoBIM), đảm bảo truy xuất nhanh, chính xác và an toàn.	4,83
6	Dữ liệu có lịch sử chỉnh sửa và phiên bản, tăng tính minh bạch và khả năng kiểm tra.	4,80
7	Các bên làm việc chung trên mô hình BIM-GIS, nâng cao phối hợp và rút ngắn thời gian hoàn công.	4,97
8	Hồ sơ tích hợp vào hệ thống vận hành-bảo trì, hỗ trợ ra quyết định nhanh và tối ưu vòng đời công trình.	4,80
9	Hoàn công nhanh hơn nhờ thu thập tự động, cập nhật theo thời gian thực và tích hợp ngay trong thi công.	4,83



Hình 3. Quy trình đề xuất hoàn công dự án cảng biển theo mô hình thông tin BIM-GIS.

5. Kết luận

Nghiên cứu chỉ ra rằng quy trình lập hồ sơ hoàn công hiện nay tại các dự án cảng biển vẫn chủ yếu thực hiện thủ công, gây khó khăn trong kiểm tra, bàn giao và khai thác công trình, đồng thời làm giảm hiệu quả quản lý dữ liệu và phối hợp giữa các bên. Để khắc phục, nghiên cứu đề xuất ứng dụng mô hình BIM-GIS, tích hợp dữ liệu hình học và không gian, từ đó xây dựng nền tảng thông tin đồng bộ và hiệu quả cho công tác hoàn công. Mô hình đề xuất giúp số hóa dữ liệu hoàn công ngay từ đầu, đảm bảo tính đầy đủ, chính xác và kiểm soát dễ dàng. Quy trình xử lý thông tin được chuẩn hóa qua nền tảng số có phân quyền rõ ràng, tăng tính minh bạch và giảm sai sót. Việc lập hồ sơ bằng mô hình BIM 3D giúp thể hiện đúng hiện trạng công trình, hỗ trợ đối

chiếu thiết kế-thi công chính xác và kịp thời. Khi tích hợp với GIS, công trình được định vị trong không gian thực và kết nối với các lớp dữ liệu địa lý như địa hình, hạ tầng hay môi trường, từ đó hỗ trợ theo dõi, phân tích và quản lý tổng thể hiệu quả hơn. Dữ liệu được lưu trữ tập trung trên nền tảng đám mây đảm bảo truy xuất nhanh, bảo mật cao và có lịch sử chỉnh sửa rõ ràng. Các bên liên quan có thể phối hợp hiệu quả trên cùng mô hình, rút ngắn thời gian hoàn công. Mặc dù giải pháp nhận được phản hồi tích cực về tính khả thi và hiệu quả, việc triển khai còn đối mặt với thách thức về chi phí đầu tư và thiếu hành lang pháp lý cụ thể. Tuy nhiên, trong bối cảnh ngành xây dựng đang thúc đẩy chuyển đổi số, mô hình BIM-GIS vẫn là giải pháp khả thi, phù hợp xu thế và đáp ứng được yêu cầu hiện đại hóa công tác hoàn công. Để hiện thực hóa, cần sự hợp tác đồng bộ giữa các cơ quan quản lý, chủ đầu tư

và đơn vị tư vấn trong việc hoàn thiện quy trình kỹ thuật và khung pháp lý. Hạn chế của quy trình hiện tại là việc tích hợp BIM-GIS chủ yếu tập trung vào dữ liệu tĩnh (hình học, không gian) phục vụ giai đoạn hoàn công, chưa bao quát được các yếu tố vận hành và thay đổi theo thời gian trong suốt vòng đời công trình. Nghiên cứu cũng đề xuất mở rộng tích hợp dữ liệu từ IoT và cảm biến vào mô hình BIM-GIS nhằm nâng cao năng lực giám sát và quản lý công trình một cách chủ động và thông minh hơn.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số: DS2025-20-12. Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

Tuyên bố tác giả

Nhóm tác giả không có xung đột lợi ích.

Tài liệu tham khảo

- [1]. N. A. Thử, T. D. Học, V. X. Lâm, "Xây dựng quy trình thực hiện dự án Scan to BIM và ứng dụng vào case study," *Tạp chí Vật liệu và Xây dựng - Bộ Xây dựng*, vol. 13, no. 01, Feb. 2023.
- [2]. 258/QĐ-TTg, "Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17/3/2023 phê duyệt lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng," *Thủ tướng Chính phủ*, 2023.
- [3]. 6862/BXD-PTĐT, "Công văn số 6862/BXD-PTĐT ngày 12/12/2024 về việc hướng dẫn áp dụng Bộ tiêu chí đô thị thông minh bền vững phiên bản 1.0," *Bộ Xây dựng*, 2024.
- [4]. 06/2021/NĐ-CP, "Nghị định Quy định chi tiết một số nội dung về quản lý chất lượng, thi công xây dựng và bảo trì công trình xây dựng," 2021.
- [5]. 62/2020/QH14, "Luật số 62/2020/QH14 sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Xây dựng số 50/2014/QH13," *Quốc hội*, 2020.
- [6]. Tài liệu phục vụ đào tạo bồi dưỡng kiến thức áp dụng BIM - Phần 1: Tổng quan về Mô hình thông tin công trình, *Bộ Xây dựng*, 2021.
- [7]. B. Forum, "Level of Development (LOD) Specification Part I," 2024.
- [8]. Esri, "What is GIS? Geographic Information System (GIS)," *Internet*: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>, 2024.
- [9]. Autodesk, "GIS and BIM integration will transform infrastructure design and construction," *Internet*: <https://www.autodesk.com/design-make/articles/gis-and-bim-integration>, 2024.
- [10]. L. Liu, P. Hagedorn, and M. König, "An ontology integrating as-built information for infrastructure asset management using BIM and semantic web," *European Conference on Computing in Construction*, July 26-28, 2021.
- [11]. L. Klein, N. Li, and B. Becerik-Gerber, "Image-based verification of as-built documentation of operational buildings," *Automation in Construction*, vol. 21, pp. 161-171, 2012.
- [12]. A. Bhatla, S. Y. Choe, O. Fierro, and F. Leite, "Evaluation of accuracy of as-built 3D modeling from photos taken by handheld digital cameras," *Automation in Construction*, Vol. 28, pp. 116-127, Dec. 2012.
- [13]. S. M. E. Sepasgozar, C. (C.) Wang, and S. Shirowzhan, "Challenges and opportunities for implementation of laser scanners in building construction," *33rd International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC)*, 2016.
- [14]. J. Wang, T. Yi, X. Liang, and T. Ueda, "Application of 3D laser scanning technology using laser radar system to error analysis in the curtain wall construction," *Remote Sensing*, vol. 15, no. 1:64, 2023.
- [15]. T. P. M. Khoi, L. D. Khoa, N. H. A. Thu, and N. D. Thao, "Application of BIM-GIS in assessing and re-designing of wharf structure after vessel collision," *35th PIANC World Congress*, Cape Town, South Africa, 29 April - 23 May 2024.
- [16]. S. Pelden, S. Banihashemi, S. R. Mohandes, M. Arashpour, and M. Kalantari, "Enhancing infrastructure planning and design through BIM-GIS integration," *Structure and Infrastructure Engineering*, pp. 1-20, 2025.
- [17]. S. White, "BPMN Modeling and Reference Guide: Understanding and Using BPMN," 2008.