

Hiệu quả mô hình thông tin công trình (BIM) đối với công trình vừa và nhỏ tại Việt Nam

Nguyễn Thế Anh^{1*}

¹ Đại học Sư phạm kỹ thuật Tp Hồ Chí Minh, 1 Võ Văn Ngân, Phường Linh Chiểu, Thành phố Thủ Đức, Thành phố Hồ Chí Minh.

TỪ KHÓA

Mô hình thông tin công trình

BIM

Thiết kế

Công trình vừa và nhỏ

TÓM TẮT

Bài báo trình bày nghiên cứu hiệu quả áp dụng mô hình thông tin công trình (Building Information Modelling - BIM) trong thiết kế các công trình quy mô vừa và nhỏ tại Việt Nam. Các công cụ BIM phổ biến là Autodesk Revit và Naviswork sẽ được sử dụng nhằm đánh giá hiệu quả BIM trong 4 mục đích thiết kế bao gồm: thiết kế kiến trúc 3D, thiết kế phối hợp 3D, lập và mô phỏng tiến độ, tính toán chi phí và lập dự toán cho 4 loại công trình có quy mô nhỏ (loại A và B) và quy mô vừa (loại C và D) bởi những người thiết kế khác nhau. Kết quả cho thấy ngoài kinh nghiệm của người thiết kế, hiệu quả áp dụng BIM còn phụ thuộc nhiều vào loại công trình cũng như mục đích sử dụng BIM trong thiết kế công trình.

KEYWORDS

Building Information Modelling (Model)

BIM

Design

Small and medium-sized construction projects

ABSTRACT

The purpose of this paper is to study the effectiveness of Building Information Modeling (BIM) in the design of small and medium-sized construction projects in Vietnam. The familiar BIM tools, Autodesk Revit and Naviswork, will be used to evaluate the effectiveness of BIM in 4 design purposes including 3D architectural design, 3D coordinated design, creating and simulating the construction progress and cost calculation for small-scale (types A and B) and medium-sized (types C and D) buildings by various designers. The results show that the effectiveness of BIM depends on not only the designers' experience, but also on the type of building as well as the purpose of applying BIM in design.

1. Tổng quan

Những năm gần đây, trong ngành xây dựng trên thế giới cũng như Việt Nam, Mô hình thông tin công trình (BIM) là một trong những khái niệm được quan tâm nhiều nhất vì thực tế đã chứng minh việc áp dụng BIM cho dự án sẽ tăng cường tính minh bạch và thuận lợi trong quản lý, kiểm soát chất lượng hoạt động xây dựng và quản lý vận hành công trình từ đó đưa đến nhiều lợi ích cho tất cả các bên tham gia trong dự án như chủ đầu tư, thiết kế, thi công, tư vấn giám sát... [1]. Cụ thể, nếu được sử dụng hiệu quả, BIM có thể làm giảm chi phí xây dựng 10 đến 30 %, giảm thời gian thi công 5 đến 15 % so với tiến độ được phê duyệt, giảm thời gian thiết kế, điều chỉnh 5 đến 20 % [2].

Trên thế giới, việc ứng dụng BIM đã tăng nhanh chóng trong giai đoạn giữa năm 2007 đến năm 2015 từ 28 % đến 71 % (Bắc Mỹ). Việc áp dụng của các nhà thầu là 74 % đã vượt qua cả kiến trúc sư (chiếm khoảng 70 %). Số lượng chủ đầu tư có yêu cầu sử dụng BIM (trên 60 % dự án do mình quản lý) đã tăng từ 18 % vào năm 2009 lên 44 % vào năm 2012 [3].

Tại Việt Nam, BIM cũng đang là một trong những xu hướng và cơ hội đột phá cho ngành xây dựng được chính phủ quan tâm, ban hành nhiều văn bản liên quan làm căn cứ pháp lý như Quyết định 2500/QĐ-TTg của Thủ tướng chính phủ phê duyệt đề án áp dụng BIM trong hoạt động xây dựng và quản lý vận hành công trình cho giai đoạn 2017-2021 [4], Quyết định số 348/QĐ-BXD về việc Công bố Hướng dẫn chung áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) [3], tài liệu hướng dẫn đào

tạo áp dụng BIM trong các dự án đầu tư xây dựng của Bộ Xây dựng năm 2021 [5].

Tại Việt Nam đã có một số công trình, dự án quy mô lớn áp dụng BIM ở các cấp độ khác nhau như cầu Trần Thị Lý, cầu Thủ Thiêm II, chung cư 493 Trương Định, Đại học Thủy lợi, Chung cư Lê Văn Thiêm, Nhà Điều hành Khách sạn Marriot, nhà máy xi măng Kiên Lương, xi măng Công Thanh (Việt Nam), chung cư cao tầng Samland Airport, nhà xưởng sản xuất Sam Cường, khách sạn 5 sao Sacom Resort... [5].

Rõ ràng, BIM đã chứng minh được sự hiệu quả của mình trong các dự án xây dựng lớn trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Tuy nhiên, những công trình có quy mô vừa và nhỏ chiếm tỷ trọng khá lớn trong ngành xây dựng Việt Nam. Việc ứng dụng BIM để thiết kế, quản lý các công trình này vẫn chưa phổ biến và không đồng bộ, tạo nên những vấn đề khó khăn trong tiến trình phát triển BIM tại nước ta [6].

Theo [7], việc áp dụng BIM vào các mô hình công trình vừa và nhỏ là vấn đề thách thức cho các doanh nghiệp nhỏ khi phải đối mặt với những khó khăn về các khoản đầu tư, thiếu kỹ năng về công nghệ và lợi nhuận thấp.

Mặt khác, vấn đề thiếu khả năng về chuyên môn và sử dụng những công cụ truyền thống đã gây ảnh hưởng đến quá trình tính toán chi phí cho công trình [8]. Sự không đồng nhất về thiết kế, thi công và hoàn vật liệu đã gây sự lãng phí không cần thiết trong công trình xây dựng, cho dù các công trình có quy mô vừa và nhỏ [9].

*Liên hệ tác giả: ntanh@hcmute.edu.vn

Nhận ngày 15/10/2022, sửa xong ngày 30/11/2022, chấp nhận đăng 10/01/2023

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.01.2023.438>

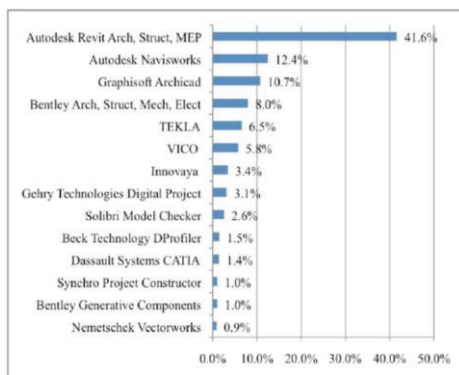
Từ đó, có thể thấy việc nghiên cứu ứng dụng BIM vào công tác thiết kế, lập tiến độ và tính toán chi phí cho các công trình có quy mô vừa và nhỏ là cần thiết hiện nay. Nghiên cứu này sẽ tập trung đánh giá cứu hiệu quả áp dụng BIM trong thiết kế các công trình quy mô vừa và nhỏ tại Việt Nam. Các công cụ BIM phổ biến sẽ được sử dụng nhằm đánh giá hiệu quả BIM trong 4 mục đích thiết kế bao gồm: thiết kế kiến trúc 3D, thiết kế phối hợp 3D, lập và mô phỏng tiến độ, tính toán chi phí và lập dự toán cho 4 loại công trình có quy mô nhỏ (loại A và B) và quy mô vừa (loại C và D) bởi những người thiết kế khác nhau.

2. Áp dụng BIM trong thiết kế

2.1. Công cụ BIM (BIM tools)

Mô hình ba chiều (3D) chứa thông tin của công trình đem lại những lợi ích không thể phủ nhận trong quá trình thiết kế và cũng là một trong những điều kiện cơ sở cho một quy trình BIM. Để thực hiện việc mô hình hóa 3D này, người thiết kế sẽ cần những công cụ hỗ trợ gọi là công cụ BIM (BIM tools). Hiện nay có rất nhiều công cụ BIM khác nhau được phát triển và sử dụng rộng rãi trên thế giới cũng như ở Việt Nam đến từ bốn nhà phát triển phần mềm BIM lớn trên thế giới: Autodesk®, Bentley Systems, Inc; Nemetschek và Trimble.

Một khảo sát về tỷ lệ sử dụng các công cụ BIM trên thế giới đã được tiến hành bởi Burcin và Samara [1]. Kết quả thể hiện ở Hình 1 cho thấy Revit là công cụ BIM phổ biến, được 41,6 % trên tổng số người dùng sử dụng. Tại Việt Nam, Revit thực tế cũng là công cụ BIM được dùng phổ biến nhất khi hầu hết các kỹ sư xây dựng Việt Nam đã quen với hệ thống các phần mềm của Autodesk trước đó như AutoCad, 3dsmax... Vì những nguyên nhân trên, trong nghiên cứu này, tác giả đề xuất Revit là công cụ BIM hỗ trợ việc tạo lập mô hình 3D và triển khai BIM 4D và 5D ở các bước tiếp theo.



Hình 1. Tỷ lệ sử dụng các công cụ BIM trong ngành xây dựng trên thế giới [1].

2.2. Ứng dụng BIM trong thiết kế kiến trúc 3D

Các giai đoạn chính trong quá trình thiết kế với công cụ BIM không có sự thay đổi so với quy trình truyền thống, bao gồm từ giai đoạn lên ý tưởng, sau đó phát triển mô hình ý tưởng rồi đi đến thiết kế

chi tiết và triển khai hồ sơ bản vẽ. Theo [10], quy trình thiết kế với Revit Architecture chia các giai đoạn trên làm 5 bước: khởi tạo dự án, xây dựng mô hình, hợp tác thiết kế, khai triển hồ sơ thiết kế và trình diễn dự án. Quy trình 5 bước này sẽ được áp dụng để kiểm tra hiệu quả của BIM trong thiết kế kiến trúc 3D tại mục 3.2 dưới đây.

2.3. Ứng dụng BIM trong thiết kế phối hợp 3D (BIM 3D)

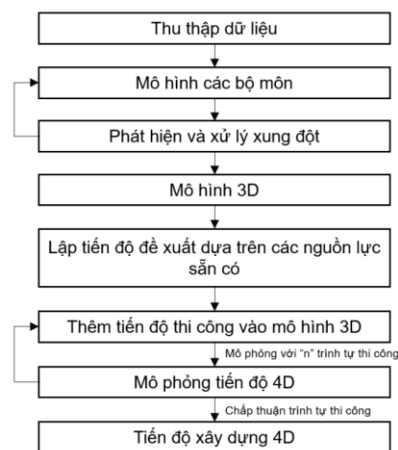
Phối hợp 3D được sử dụng để phối hợp các mô hình 3D được tạo lập tương ứng với các bộ môn khác nhau như kiến trúc, kết cấu, MEP... nhằm xác định và giải quyết xung đột giữa thành phần trước khi đưa ra thi công xây dựng trên công trường. Trước khi phối hợp, chúng ta cần tạo lập các mô hình 3D tương ứng với các bộ môn trên. Trong nghiên cứu này, người thiết kế sử dụng phương pháp sử dụng nhiều mô hình độc lập; phương pháp này cũng là phương pháp phổ biến tại Việt Nam khi mỗi mô hình chỉ chứa các cấu kiện, thông tin liên quan đến một bộ môn và điều này giúp quá trình tạo lập mô hình dễ dàng hơn [5]. Ngoài ra, nghiên cứu này giới hạn ở thiết kế kiến trúc và kết cấu, không tính đến thành phần MEP. Như vậy, quy trình ứng dụng BIM trong thiết kế phối hợp 3D trong đề tài này sẽ gồm các bước sau:

- Bước 1: Xây dựng mô hình kiến trúc 3D
- Bước 2: Xây dựng mô hình kết cấu 3D
- Bước 3: Thiết lập mô hình liên kết 3D
- Bước 4: Phát hiện, xử lý xung đột
- Bước 5: Xuất hồ sơ thiết kế, bản vẽ theo yêu cầu.

2.4. Ứng dụng BIM trong lập và mô phỏng tiến độ dự án

BIM 4D là mô hình 3D của công trình được tích hợp thêm các yếu tố về thời gian cho phép người sử dụng lập tiến độ, kế hoạch thi công và kế hoạch cung ứng các nguồn lực cho việc thi công công trình.

Quy trình triển khai BIM 4D trong Hình 2 thể hiện hai yếu tố không thể thiếu là mô hình BIM 3D và bảng tiến độ thi công, được xem là yếu cầu đầu vào và tương tác với nhau.



Hình 2. Phương pháp cơ bản lập tiến độ dự án với BIM 4D [5].

Các bước cơ bản để triển khai áp dụng BIM vào lập tiến độ dự án đối với quy mô công trình vừa và nhỏ ở trong nghiên cứu này như sau:

- Bước 1: Xác định phần mềm sử dụng. Hiện nay trên thị trường có rất nhiều phần mềm hỗ trợ lập và mô phỏng tiến độ để triển khai BIM 4D như Autodesk Naviswork, Syncho pro 4D, Bexcel manager 4D, Vico control... Ưu nhược điểm của các phần mềm này đã được phân tích trong [5], cụ thể như Bảng 1.

Trong đó, phần mềm Naviswork có tính đồng bộ cao với Autodesk Revit, dễ dàng kết hợp với mô hình 3D ở bước thiết kế, dễ dàng xuất nhập dữ liệu với phần mềm chuyên lập tiến độ thường được sử dụng

Bảng 1. Đánh giá về một số phần mềm mô phỏng tiến độ [5].

Phần mềm	Chất lượng mô phỏng	Kiểm soát xung đột	Tính năng đa người dùng	Quản lý khối lượng	Dễ sử dụng	Mô phỏng theo thời gian	Mức độ thực hiện 4D	Khả năng xuất và nhập dữ liệu	Tương thích với phần mềm quản lý dự án
Naviswork	4	4	1	4	2.5	2.5	3.5	4	3
Syncho	3.5	2	5	3	3.5	3.5	4.5	3.5	4.5
Bexel	3	2	4	3	2	3	4	3.5	3
Fuzor	4	2	1	2	2	3	4	3	3
VCS	3	2	4	3	2	2	3	3.5	2.5

2.5. Ứng dụng BIM trong tính toán chi phí, dự toán công trình

Liên kết các thông tin về chi phí với mô hình 3D và tiến độ dự án, được gọi là BIM 5D, cho phép tạo ra một tiến độ chi phí theo đúng tiến độ dự án, giúp giảm thiểu đáng kể rủi ro về vấn đề kinh tế với dòng tiền và chi phí hàng ngày. Tuy nhiên trong đề tài này, mục tiêu là đánh giá hiệu quả áp dụng BIM trong tính toán chi phí, dự toán công trình ở bước thiết kế mà không quản lý chi phí theo thời gian, do đó quy trình ứng dụng của chúng ta ở đây khác với quy trình BIM 5D thông thường trình bày trong [3], [5].

Một trong những yếu tố quan trọng của xác định chi phí là bóc tách khối lượng. Trung bình, các kỹ sư mất nhiều thời gian để tạo ra bảng thống kê tổng khối lượng phục vụ việc tính chi phí. Hiện tại, Việt Nam chưa có hướng dẫn cụ thể về phương pháp bóc tách khối lượng, tuy nhiên, hiện có 3 phương pháp bóc tách khối lượng thường hay dùng là bóc tách tiên lượng theo chủng loại, theo trình tự bản vẽ và theo trình tự thi công.

Nguyễn Quốc Toàn và cộng sự [11] đã trình bày về hiệu quả của phương pháp bóc tách khối lượng theo chủng loại, kết hợp với công cụ Dynamo, gắn tham biến và phần mềm dự toán giá xây dựng để tính toán dự toán tự động cho công trình. Tuy nhiên, phương pháp này cần người sử dụng hiểu biết nhiều về phần mềm, lập trình code và VBA, cần nhiều thời gian để đào tạo, không phù hợp với số đông kỹ sư.

Như vậy, với giới hạn công trình vừa và nhỏ, cũng như để dễ dàng kết hợp lên tiến độ ở mục 2.4, nghiên cứu này đề xuất phương

ở Việt Nam chúng ta là Microsoft Project..., do đó, trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đề xuất sử dụng phần mềm này để triển khai BIM 4D.

- Bước 2 : Lập mô hình phối hợp 3D. Bước bóc tách khối lượng có thể được thực hiện riêng lẻ, không nhất thiết thực hiện trên mô hình 3D bằng Revit.

- Bước 3: Lập tiến độ.

Mô hình 4D. Về nguyên tắc, bước này sẽ sử dụng mô hình 3D và gán các hạng mục công việc trong bảng tiến độ. Đối với phần mềm Naviswork, mô hình 3D được xuất từ Revit dưới dạng NWC, bảng tiến độ có thể lập trực tiếp trong phần mềm hoặc nhập từ phần mềm phổ biến khác như Ms Project, Excel...

pháp bóc tách khối lượng theo trình tự thi công. Quy trình cơ bản của việc áp dụng BIM tools vào tính toán chi phí gồm các bước sau:

- Bước 1: Lập mô hình phối hợp 3D.
- Bước 2: Lập tiên lượng dự toán với danh sách đầu mục các công việc.
- Bước 3: Bóc tách khối lượng các công việc từ mô hình 3D.
- Bước 4: Sử dụng kết hợp phần mềm tính dự toán như G8, ETA, Giá xây dựng... để tính chi phí dựa vào khối lượng và danh sách ở bước 2 và 3.

3. Kết quả

3.1. Phân loại công trình, mục đích, người thiết kế

Khái niệm công trình vừa và nhỏ thường được dùng trong ngành xây dựng nhưng Việt Nam hiện không có phân cấp hay quy định cụ thể về công trình vừa và nhỏ. Thông tư 06/2021/TT-BXD công trình có 5 cấp bao gồm cấp đặc biệt và cấp 1 đến 4 và không quy định công trình vừa và nhỏ. Do đó, trong bài báo này, công trình vừa và nhỏ được giới hạn là những công trình có quy mô kết cấu cụ thể: ít hơn 10 tầng, tổng diện tích dưới 15 nghìn m², nhịp kết cấu lớn nhất nhỏ hơn 50m, số tầng hầm nhỏ hơn hoặc bằng 2.

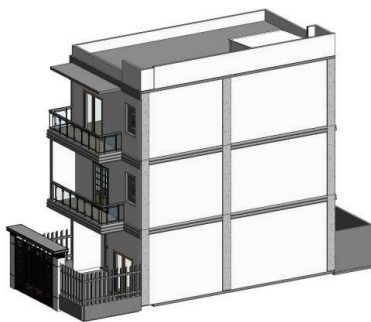
Để dễ dàng đánh giá mức hiệu quả BIM theo từng loại quy mô công trình, nghiên cứu này phân loại những công trình trên làm 4 loại bao gồm: loại A và loại B có quy mô nhỏ, loại C và loại D có quy mô lớn hơn như trong Bảng 2. Đây là những thể loại công trình hay gặp ở mức công trình vừa và nhỏ.

Bảng 2. Phân loại các công trình vừa và nhỏ theo quy mô, tính chất công trình trong nghiên cứu.

Loại công trình	Kí hiệu	Số lượng	Ghi chú
Quy mô nhỏ: Nhà ở độc lập	A	42	Nhà ở riêng lẻ từ 2-3 tầng. Chủ đầu tư là các hộ gia đình tư nhân.
Quy mô nhỏ: Nhà ở liền kề - khu đô thị	B	41	Nhà phố, liền kết hoặc đơn lẻ trong khu đô thị, có thiết kế điển hình.
Quy mô vừa: Công trình kinh doanh vốn tư nhân	C	23	Tòa nhà văn phòng 9 tầng cho thuê, khu chung cư 5 tầng cho thuê, bệnh viện...
Quy mô vừa: Công trình vốn nhà nước	D	3	Trường mầm non, kí túc xá cao cấp trường Đại học...

Đối với các công trình vừa và nhỏ, các yếu tố như thời gian thiết kế, mức độ hoàn thiện hồ sơ thiết kế phụ thuộc vào loại công trình, kinh nghiệm của người thiết kế và mục đích thiết kế. Trong nghiên cứu này, việc áp dụng BIM được thực hiện và đánh giá bởi các người thiết kế (vai trò người sử dụng) có các mức kinh nghiệm khác nhau bao gồm:

- Sinh viên ngành xây dựng (năm cuối) (ST: Student): Sinh viên được lựa chọn có tham gia nghiên cứu khoa học liên quan đến đề tài BIM hoặc có điểm trên 8 với học phần BIM tại trường đại học.
- Kỹ sư mới ra trường (JE: Junior Engineer): kỹ sư dưới 3 năm kinh nghiệm làm công việc thiết kế.
- Kỹ sư có kinh nghiệm (SE: Senior Engineer): có hơn 3 năm kinh nghiệm trong thiết kế.



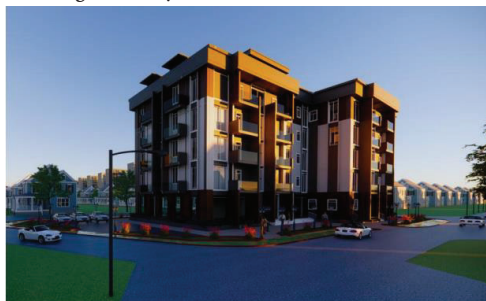
(a) Công trình loại A



(b) Công trình loại B



(c) Công trình loại C : văn phòng



(d) Công trình loại C: chung cư



(e) Công trình loại D: Ký túc xá cao cấp trường Đại học.

Hình 3. Phối cảnh 4 loại công trình.

Ngoài ra, hiệu quả của BIM ngoài còn phụ thuộc trực tiếp vào mục đích áp dụng BIM [6]. Nghiên cứu này sẽ đánh giá hiệu quả BIM trong công tác thiết kế với 4 mục đích tương ứng với các quy trình ở mục 2 và chi tiết được trình bày tại Bảng 3. Theo [12], để việc áp dụng BIM vào 1 dự án có hiệu quả cần có thông tin yêu cầu từ các thành phần tham gia vào dự án (EIR) và kế hoạch thực hiện BIM (BEP); tuy nhiên với các công trình nhỏ và vừa, việc thực hiện 2 thành phần này làm tăng thời gian chuẩn bị, cũng như làm chi phí của việc áp dụng BIM tăng lên; do đó trong nghiên cứu này nhóm tác giả không thực hiện 2 thành phần này và sẽ khảo sát người thực hiện BIM để tìm ra mức độ áp dụng phù hợp với người thiết kế. Kết quả khảo sát về loại công trình

và mục phù hợp với người thiết kế được trình bày trong Bảng 4, Bảng 5, Hình 4 và Hình 5.

Dựa vào tỷ lệ lựa chọn công trình của người thiết kế trong Hình 4, chúng ta có thể nhận xét như sau: các công trình quy mô nhỏ A và B là phù hợp nhất với người thiết kế ít kinh nghiệm (ST) khi tỉ lệ tương ứng là 52,94 % và 39,71 % ; với những người có kinh nghiệm vừa phải (JE) công trình loại C sẽ thích hợp để áp dụng BIM nhất với tỉ lệ 51,85 % ; những người nhiều kinh nghiệm (SE) có tỷ lệ chọn cả 4 loại công trình như nhau để đánh giá BIM với cả 4 loại công trình và chỉ các SE mới chọn công trình loại D với vốn nhà nước.

Hình 5 so sánh tỷ lệ chọn 4 mục đích áp dụng BIM vào các loại công trình của những người thiết kế trong dự án. Tương tự tỷ lệ chọn

loại công trình, người thiết kế loại ST có xu hướng chọn mục đích đơn giản hơn JE và SE, khi có đến 67,65 % ST chọn mục đích 2. Kết quả này cũng tương tự với các JE khi có 55,56 % JE chọn mục đích 2. Với những người có kinh nghiệm SE, họ cho rằng BIM phù hợp lập mô phỏng tiến độ hơn khi 42,86 % chọn mục đích 3, cao hơn mục đích 2 với 35,71 % và mục đích 4 với 21,43 % và những người này không chọn mục đích 1 để ứng dụng BIM. Nhìn vào tỷ lệ lựa chọn 4 mục đích này, chúng ta có thể thấy rằng việc áp dụng ở mức độ cao 4D hay 5D vẫn là thách thức với những người thiết kế trong nghiên cứu này.

Bảng 3. Các mức độ áp dụng BIM trong dự án.

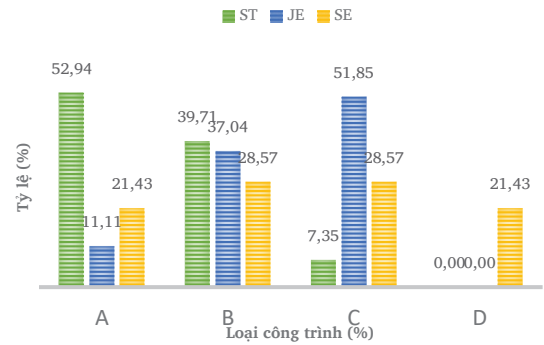
Mục đích	Nhiệm vụ	Mục tiêu	Tương quan	Phần mềm sử dụng
1	Thiết kế kiến trúc 3D	Phương án thiết kế kiến trúc. Hồ sơ thiết kế kiến trúc Hình ảnh, videos phối cảnh	3D độc lập	Revit + Enscape / Vray
2	Thiết kế phối hợp 3D	Hồ sơ thiết kế kiến trúc, kết cấu. Xử lý xung đột kiến trúc và kết cấu. Hình ảnh, videos render	3D phối hợp	Revit / Robot
3	Lập và mô phỏng tiến độ	Bộ hồ sơ thiết kế kiến trúc, kết cấu Khối lượng các công việc. Tiến độ dự án Mô phỏng tiến độ	4D	Revit Naviswork
4	Tính toán chi phí, lập dự toán	Bộ hồ sơ thiết kế công trình Khối lượng các công tác Dự toán công trình	~ 5D	Revit - ETA

Bảng 4. Số liệu lựa chọn loại công trình của người thiết kế.

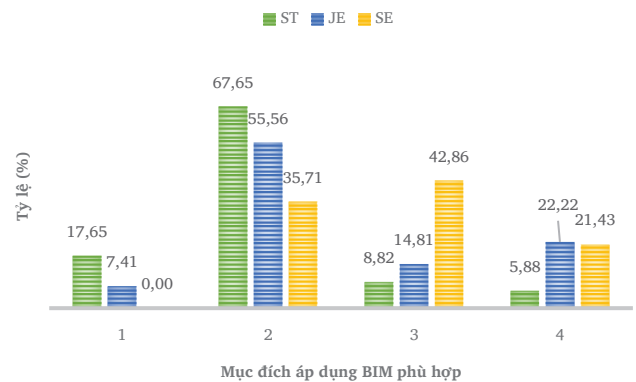
Người thiết kế	Loại công trình lựa chọn				
	A	B	C	D	Tổng
ST	36	27	5	0	68
JE	3	10	14	0	27
SE	3	4	4	3	14

Bảng 5. Số liệu lựa chọn mục đích áp dụng BIM của người thiết kế.

Người thiết kế	Mục đích áp dụng BIM lựa chọn				
	1	2	3	4	Tổng
ST	12	46	6	4	68
JE	2	15	4	6	27
SE	0	5	6	3	14



Hình 4. Tỷ lệ chọn loại công trình của người thiết kế.



Hình 5. Tỷ lệ lựa chọn mục đích áp dụng BIM của người thiết kế.

3.2. Hiệu quả ứng dụng BIM trong thiết kế kiến trúc 3D (Mục đích 1).

Từ kết quả thể hiện ở Hình 5 trên, chúng ta có thể thấy được số lượng người thiết kế lựa chọn mục đích 1, ứng dụng BIM để thiết kế kiến trúc 3D thay cho các phần mềm truyền thống, là rất ít so với các mục đích khác. Ngoài ra, chỉ có những người chưa có kinh nghiệm ST hoặc ít kinh nghiệm JE mới chọn mục đích này và họ ứng dụng với những công trình quy mô nhỏ loại A và B. Tổng thời gian thiết kế kiến trúc 3D với công cụ BIM và các phần mềm truyền thống (TT) được so sánh trong Bảng 6 như sau :

Bảng 6. So sánh thời gian thiết kế kiến trúc 3D khi có và không sử dụng BIM tools.

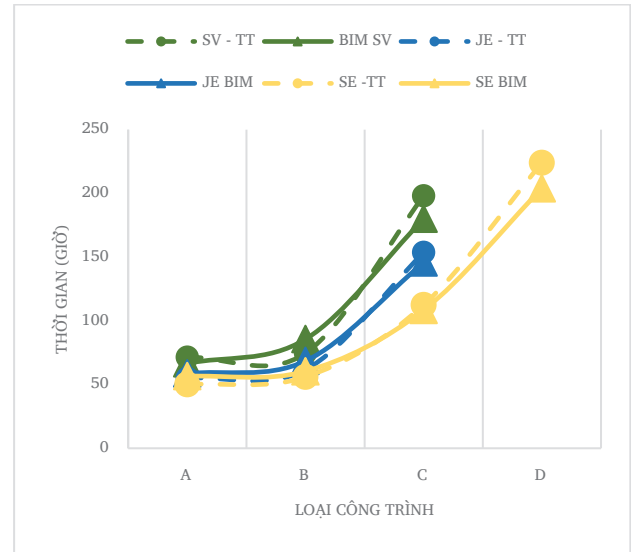
Người thiết kế	Loại công trình	Thời gian thiết kế kiến trúc (giờ)	
		Truyền thống (TT)	BIM tools
ST	A	40,4	47,8
ST	B	47	51
JE	B	42	45,5

Từ kết quả so sánh trong Bảng 6, chúng ta có thể thấy rằng việc áp dụng BIM tools như Revit không đem lại hiệu quả nếu chỉ thiết kế kiến trúc, nó làm tăng thời gian thiết kế lên gần 10 % đối với cả ST và JE. Điều này có thể được giải thích do Revit không phải phần mềm chuyên

về kiến trúc, ngoài ra các kỹ sư đã quen với các phần mềm thiết kế truyền thống như CAD, Sketchup, 3Dmax... Như vậy, có thể kết luận rằng kể cả với các công trình nhỏ và vừa, việc sử dụng các BIM tools chỉ để thiết kế kiến trúc không mang lại hiệu quả. Kết luận này giải thích vì sao tỉ lệ chọn mục đích 1 (thiết kế kiến trúc) là rất thấp so với các mục đích khác và không có kỹ sư có kinh nghiệm (SE) nào lựa chọn mục đích này khi muốn áp dụng BIM (Hình 5).

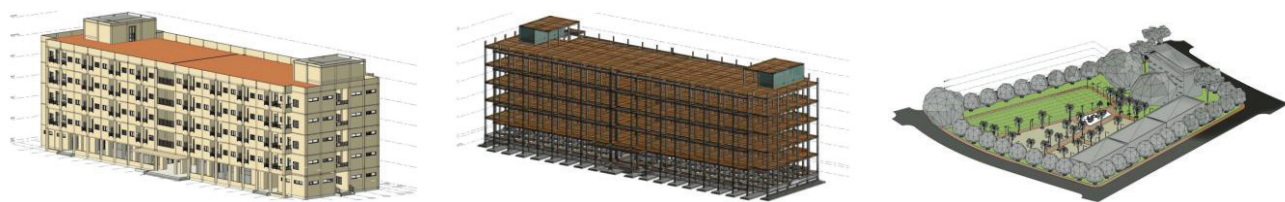
3.3. Hiệu quả ứng dụng BIM trong thiết kế phối hợp 3D (mục đích 2)

Để đánh giá hiệu quả của việc áp dụng BIM với mục đích 2 này, tổng thời gian thiết kế khi áp dụng BIM 3D sẽ được so sánh với phương thức thiết kế truyền thống (TT) như trong Hình 6. Chúng ta có thể thấy rằng, với công trình loại nhỏ A và B, việc sử dụng BIM 3D không đem lại ích về mặt thời gian khi thời gian thiết kế còn nhiều hơn phương thức truyền thống từ 6,6 % đến 14,6 %; tuy nhiên với quy mô vừa thì việc áp dụng BIM đã giúp giảm thời gian thiết kế, từ 3,5 % đến 9 % với công trình loại C và 8,9 % với công trình loại D. Nguyên nhân là do công trình loại A và B ở mức đơn giản, phổ biến hoặc điển hình, số lượng bản vẽ không nhiều dẫn đến việc sử dụng phần mềm như CAD quen thuộc và nhanh chóng hơn. Các công trình loại C và D có quy mô lớn hơn, đa dạng thể loại, số lượng bước, cấu kiện, bản vẽ thiết kế nhiều hơn nên trong quá trình thiết kế nếu có sự thay đổi phương án, điều chỉnh phải thay đổi trên các bản vẽ riêng lẻ như CAD sẽ tốn thời gian; trong khi đó, REVIT cho phép đồng bộ thông tin từ cấu kiện đến tất cả bản vẽ hay bảng thống kê..., điều này giúp việc chỉnh sửa nhanh hơn nhiều so với truyền thống.



Hình 6. So sánh thời gian thiết kế mục đích 2 khi ứng dụng BIM và phương pháp truyền thống (TT).

Một trong những lợi ích của thiết kế phối hợp 3D là người thiết kế có thể phân tích và xử lý xung đột giữa các bộ môn trước khi đưa vào thi công thực tế ngoài công trường. Quy trình cụ thể xử lý xung đột giữa các mô hình được trình bày trong [5], trong nghiên cứu này, người thiết kế có thể sử dụng những công cụ tích hợp sẵn như Interference check của Revit hoặc Clash detect của Naviswork để phân tích xung đột giữa 2 mô hình kiến trúc và kết cấu với công trình của họ như ví dụ ở Hình 7 và Hình 8.



Hình 7. Mô hình kiến trúc, mô hình kết cấu, phối cảnh tổng thể trước khi phối hợp của công trình ký túc xá (loại D).

Kết quả thể hiện ở Hình 6 chỉ ra rằng việc xử lý xung đột giữa mô hình kiến trúc và kết cấu không giúp giảm thời gian thiết kế ban đầu trước khi thi công, tuy nhiên lại giúp giảm rất nhiều thời gian thiết kế lại khi triển khai thi công công trình do tránh được các xung đột thường thấy về mặt tọa độ cấu kiện, giúp giảm thời gian họp bàn giải quyết xung đột dẫn đến tiến độ có thể tăng lên. Theo kết quả khảo sát tiến hành với các kỹ sư thiết kế trong nghiên cứu, với các công trình quy mô nhỏ loại A và B, trên 80 % kỹ sư đồng ý rằng việc xử lý xung đột với Revit giúp giảm 50 đến 99 % thời gian thiết kế lại trong khi 20 % còn lại đồng ý với mức giảm 20 đến 50 % nhưng với công trình quy

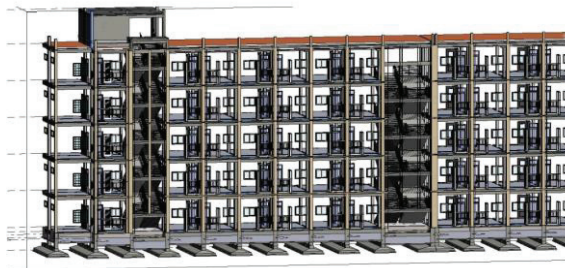
mô vừa (loại C và D) 100 % các kỹ sư đồng ý rằng mức giảm đạt mức 50 đến 99 %. Như vậy, chúng ta có thể kết luận rằng giảm thời gian thiết kế lại là một trong những hiệu quả mà việc áp dụng BIM mang lại cho thiết kế phối hợp 3D.

3.4. Hiệu quả trong lập và quản lý tiến độ dự án

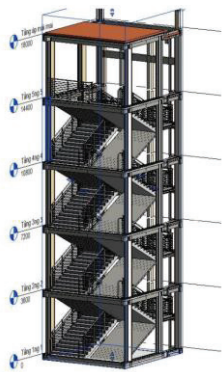
Tổng thời gian thiết kế, lập tiến độ dự án của các loại công trình với những đối tượng thiết kế khác nhau theo được thực hiện theo 2 phương pháp được so sánh như trong Hình 9. Rõ ràng, với mục đích 3:

lập hồ sơ thiết kế và tiến độ, việc áp dụng BIM đã giúp chúng ta giảm được thời gian thiết kế so phương pháp truyền thống.

Với những người thiết kế có kinh nghiệm (SE - màu vàng), tổng thời gian thiết kế, lập tiến độ giảm từ 5 % đến 10 % với công trình quy



(a)

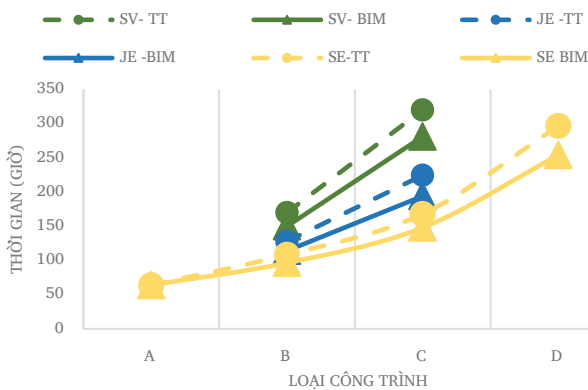


(b)



(c)

Hình 8. Ví dụ về việc xử lý xung đột mô hình kết cấu – kiến trúc của công trình ký túc xá (loại D). (a) Mô hình sau khi kết hợp, (b) Lỗi tọa độ cầu thang kiến trúc – kết cấu, (c) Cầu thang sau khi xử lý xung đột.



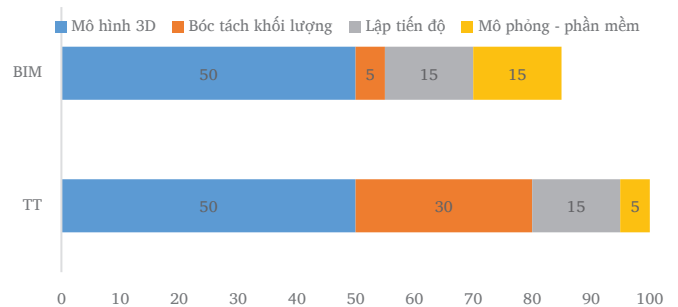
Hình 9. So sánh thời gian thiết kế mục đích 3 với các công trình khác nhau với những người thiết kế khác nhau.

Rõ ràng, việc giảm từ 5 đến 15 % tổng thời gian thiết kế, lập tiến độ cho toàn bộ các loại công trình trong nghiên cứu đã cho thấy hiệu quả của việc áp dụng BIM ở mục đích cao hơn sẽ hiệu quả hơn 2

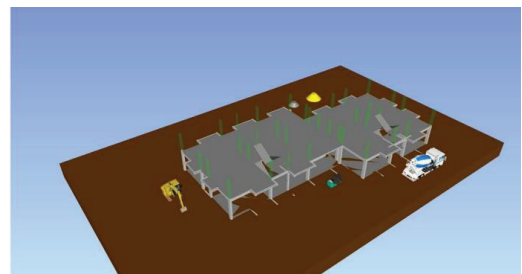
mô nhỏ A, B; mức giảm này tăng lên với các công trình có quy mô lớn hơn, 11,9 % với công trình C và 14,3 % với công trình D.

Mức giảm này cũng tương đồng với những người thiết kế ít kinh nghiệm hơn (JE-xanh dương và ST-xanh lá), đạt mức 10,8 % đến 11,7 % với công trình B và 12,2 đến 13,6 % với công trình C.

mục đích trước đó. Tuy nhiên, mức giảm 15 % này thực tế chưa phù hợp với kì vọng của người thiết kế khi kết quả khảo sát cho thấy họ kì vọng ở mức 20 đến 30 % khi áp dụng BIM 4D. Điều này được giải thích là so với quy trình truyền thống, quy trình BIM 4D (mục 2.4) giúp người thiết kế có thể giảm thời gian bóc tách khối lượng bằng cách xuất tự động từ mô hình liên kết 3D nhưng sẽ cần thêm thời gian để gán các hạng mục công việc, thời gian, tài nguyên... vào trong phần mềm Naviswork cho bước mô phỏng hơn là các phần mềm lập tiến độ truyền thống như Microsoft Project như so sánh ở Hình 10.



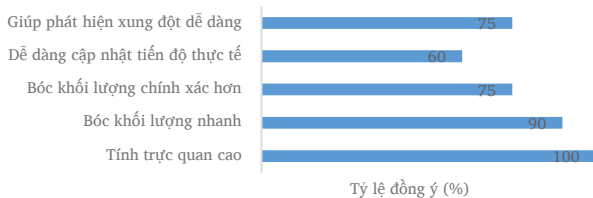
Hình 10. Tương quan thời gian các bước trong quy trình lập tiến độ với phương pháp truyền thống và với BIM 4D.



Hình 11. Mô phỏng tiến độ thực tế công trình bằng phần mềm Naviswork cho một công trình loại C.

Quá trình mô phỏng tiến độ bằng phần mềm Naviswork đòi hỏi thời gian của người thiết kế đặc biệt trong giai đoạn chuyển giao từ cách làm truyền thống qua BIM 4D, tuy nhiên theo [11], so với

Microsoft Project, nó giúp những người tham gia có cái nhìn trực quan rõ ràng về dự án (Hình 11), kiểm soát được các công việc trước sau, phát hiện xung đột về mặt trình tự của các công tác từ đó cũng có thể dễ dàng điều chỉnh, thử triển khai các kế hoạch thi công khác nhau. Điều này hoàn toàn phù hợp với kết quả khảo sát được tiến hành với những người thiết kế trong đề tài này về hiệu quả của việc mô phỏng tiến độ BIM 4D được trình bày ở Hình 12.



Hình 12. Kết quả khảo sát người thiết kế về một số hiệu quả khác của BIM 4D.

3.5. Hiệu quả ứng dụng BIM trong tính toán chi phí, dự toán công trình (mục đích 4)

Kết quả trong Hình 13 cho thấy rõ ràng việc áp dụng BIM giúp chúng ta giảm được nhiều thời gian để lập thiết kế và dự toán hơn so phương pháp truyền thống. Với những người thiết kế nhiều kinh nghiệm (SE), tổng thời gian được giảm từ 7,1 % tới 16,7 % với công trình quy mô nhỏ A, B; với công trình loại C quy mô vừa thì tỷ lệ giảm lên đến 24,1 %. Với những người thiết kế ít kinh nghiệm hơn loại ST và JE thì công cụ BIM giúp giảm từ 8,5 % đến 12,3 % với công trình loại A, B và 14,4 % với công trình loại C. Trong so sánh này không có công trình loại D do những người thiết kế tham gia trong nghiên cứu chưa áp dụng BIM để tính toán chi phí với các công trình vốn nhà nước.

Rõ ràng, tỷ lệ giảm thời gian khi áp dụng BIM cho mục đích 4 này là lớn hơn so với mục đích 3; 24,1 % so với 15 %. Điều này có thể giải thích là do việc thực hiện đánh giá chi phí độc lập với tiến độ giúp chúng ta giảm bớt được thời gian làm việc với phần mềm Naviswork.

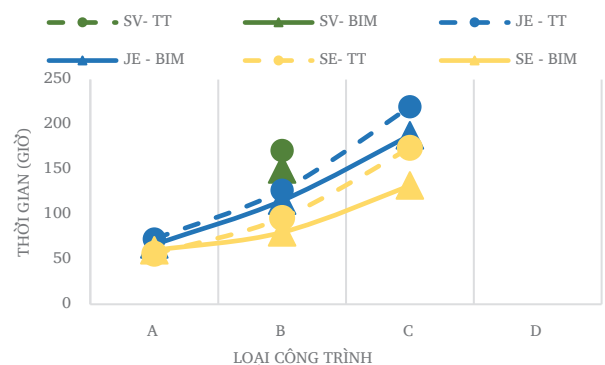
Việc xuất khối lượng tự động từ mô hình liên kết 3D bởi phần mềm Autodesk không chỉ giúp giảm thời gian như kết luận ở trên mà nó còn cho kết quả chính xác, khách quan, không phụ thuộc vào cách tính hay khả năng của người bóc khối lượng như bóc từ bản vẽ theo phương pháp truyền thống [4, 12]. Một ví dụ so sánh cụ thể kết quả bóc khối lượng công tác bê tông và ván khuôn cột của các tầng điển hình một tòa văn phòng cho thuê (công trình loại C) được thể hiện trong Hình 14 và Bảng 7. Từ đó chúng ta có thể thấy được khối lượng được trích xuất tự động từ phần mềm Autodesk Revit sát với kết quả được đo bóc trên bản vẽ. Khối lượng bê tông theo 2 phương pháp cho kết quả là 22,1 m³, sai số 0 %. Khối lượng ván khuôn xuất từ Revit là: 142,8 m² còn đo bóc từ bản vẽ là 137,9 m². Nguyên nhân có thể giải thích do Revit tính toán với chiều cao tầng chưa giảm bớt chiều cao sàn (H = 3,5 m) nên khối lượng là 142,8 m² còn khối lượng đo bóc từ bản vẽ tính toán với chiều cao H = 3,38 m đã trừ đi chiều dày của sàn; thực

tế khi hiệu chỉnh lại công thức tính H trong Revit trừ đi chiều dày sàn thì kết quả đã cho giống nhau.

Hơn nữa, công việc lớn nhất của việc tính dự toán là bóc tách khối lượng đã được thực hiện một cách nhanh chóng, tốn ít thời gian bằng cách tính toán và xuất tự động từ Autodesk Revit; điều này làm giảm rất nhiều thời gian của việc lập dự toán ở thực tế.

Các so sánh tương tự được thực hiện với khối lượng công tác khác nhau với 4 loại công trình trong nghiên cứu; kết quả thể hiện ở Bảng 8 chỉ ra rằng sai số này không phụ thuộc nhiều vào loại công trình, tuy nhiên các công trình có quy mô vừa (C và D) thường có chênh lệch lớn hơn so với các công trình quy mô nhỏ (A và B) (1% đến 4% so với 1% đến 3% ở công tác thép). Đối với các công tác cơ bản phần thô như bê tông, ván khuôn hay thép thì khối lượng khi xuất tự động từ Revit so với bóc từ bản vẽ có khác biệt từ 0-6%, rõ ràng sai số này tương đối nhỏ; với công trình nhỏ và vừa trong thực tế, sai số này hoàn toàn chấp nhận được.

Như vậy, dựa vào các so sánh về thời gian và độ chính xác ở trên, chúng ta có thể kết luận rằng việc xuất khối lượng tự động từ Revit chỉ cần ít thời gian hơn (1-2 ngày) nhiều so với bóc khối lượng từ bản vẽ (5-14 ngày) trong khi độ chính xác gần nhau; rõ ràng đây là điểm mạnh của việc áp dụng BIM mà giúp chúng ta giảm thời gian lập tiến độ cũng như dự toán như ở Hình 9 và Hình 13.



Hình 13. So sánh thời gian thiết kế mục đích 4 với các công trình khác nhau với những người thiết kế khác nhau.

Tầng	Cột	Chiều cao	Thể tích (m ³)	Diện tích (m ²)
Tầng 4	C1	3	0,60	3,60
Tầng 4	C2	3	0,60	3,60
Tầng 4	C3	2	0,70	3,50
Tầng 4	C4	2	0,70	3,50
Tầng 4	C5	2	0,70	3,50
Tầng 4	C6	2	0,70	3,50
Tầng 4	C7	2	0,70	3,50
Tầng 4	C8	2	0,70	3,50
Tầng 4	C9	2	0,70	3,50
Tầng 4	C10	2	0,70	3,50
Tầng 4	C11	2	0,70	3,50
Tầng 4	C12	2	0,70	3,50
Tầng 4	C13	2	0,70	3,50
Tầng 4	C14	2	0,70	3,50
Tầng 4	C15	2	0,70	3,50
Tầng 4	C16	2	0,70	3,50
Tầng 4	C17	2	0,70	3,50
Tầng 4	C18	2	0,70	3,50
Tầng 4	C19	2	0,70	3,50
Tầng 4	C20	2	0,70	3,50
Tầng 4	C21	2	0,70	3,50
Tầng 4	C22	2	0,70	3,50
Tầng 4	C23	2	0,70	3,50
Tầng 4	C24	2	0,70	3,50
Tầng 4	C25	2	0,70	3,50
Tầng 4	C26	2	0,70	3,50
Tầng 4	C27	2	0,70	3,50
Tầng 4	C28	2	0,70	3,50
Tầng 4	C29	2	0,70	3,50
Tầng 4	C30	2	0,70	3,50
Tầng 4	C31	2	0,70	3,50
Tầng 4	C32	2	0,70	3,50
Tầng 4	C33	2	0,70	3,50
Tầng 4	C34	2	0,70	3,50
Tầng 4	C35	2	0,70	3,50
Tầng 4	C36	2	0,70	3,50
Tầng 4	C37	2	0,70	3,50
Tầng 4	C38	2	0,70	3,50
Tầng 4	C39	2	0,70	3,50
Tầng 4	C40	2	0,70	3,50
Tầng 4	C41	2	0,70	3,50
Tầng 4	C42	2	0,70	3,50
Tầng 4	C43	2	0,70	3,50
Tầng 4	C44	2	0,70	3,50
Tầng 4	C45	2	0,70	3,50
Tầng 4	C46	2	0,70	3,50
Tầng 4	C47	2	0,70	3,50
Tầng 4	C48	2	0,70	3,50
Tầng 4	C49	2	0,70	3,50
Tầng 4	C50	2	0,70	3,50
Tầng 4	C51	2	0,70	3,50
Tầng 4	C52	2	0,70	3,50
Tầng 4	C53	2	0,70	3,50
Tầng 4	C54	2	0,70	3,50
Tầng 4	C55	2	0,70	3,50
Tầng 4	C56	2	0,70	3,50
Tầng 4	C57	2	0,70	3,50
Tầng 4	C58	2	0,70	3,50
Tầng 4	C59	2	0,70	3,50
Tầng 4	C60	2	0,70	3,50
Tầng 4	C61	2	0,70	3,50
Tầng 4	C62	2	0,70	3,50
Tầng 4	C63	2	0,70	3,50
Tầng 4	C64	2	0,70	3,50
Tầng 4	C65	2	0,70	3,50
Tầng 4	C66	2	0,70	3,50
Tầng 4	C67	2	0,70	3,50
Tầng 4	C68	2	0,70	3,50
Tầng 4	C69	2	0,70	3,50
Tầng 4	C70	2	0,70	3,50
Tầng 4	C71	2	0,70	3,50
Tầng 4	C72	2	0,70	3,50
Tầng 4	C73	2	0,70	3,50
Tầng 4	C74	2	0,70	3,50
Tầng 4	C75	2	0,70	3,50
Tầng 4	C76	2	0,70	3,50
Tầng 4	C77	2	0,70	3,50
Tầng 4	C78	2	0,70	3,50
Tầng 4	C79	2	0,70	3,50
Tầng 4	C80	2	0,70	3,50
Tầng 4	C81	2	0,70	3,50
Tầng 4	C82	2	0,70	3,50
Tầng 4	C83	2	0,70	3,50
Tầng 4	C84	2	0,70	3,50
Tầng 4	C85	2	0,70	3,50
Tầng 4	C86	2	0,70	3,50
Tầng 4	C87	2	0,70	3,50
Tầng 4	C88	2	0,70	3,50
Tầng 4	C89	2	0,70	3,50
Tầng 4	C90	2	0,70	3,50
Tầng 4	C91	2	0,70	3,50
Tầng 4	C92	2	0,70	3,50
Tầng 4	C93	2	0,70	3,50
Tầng 4	C94	2	0,70	3,50
Tầng 4	C95	2	0,70	3,50
Tầng 4	C96	2	0,70	3,50
Tầng 4	C97	2	0,70	3,50
Tầng 4	C98	2	0,70	3,50
Tầng 4	C99	2	0,70	3,50
Tầng 4	C100	2	0,70	3,50

Hình 14. Kết quả đo bóc khối lượng bê tông – ván khuôn từ mô hình Revit 2021.

Bảng 7. Kết quả đo bóc khối lượng bê tông- ván khuôn bằng bản vẽ truyền thống.

STT	Tên Cấu Kiện	SL	Kích thước (m)				Bê Tông (m3)	Cốp pha (m2)
			Dài (m)	Rộng (m)	Cao (m)	Hs (m)		
		(1)	(2)	(3)	(4) = 3.5-(5)	(5)	= (1)*(2)*(3)*(4)	= (1)*((2) + (3))*2*(4)
I	Tầng 3, 4, 5, 6,7 ,8 (Tầng điển hình)							
	C1	3	0,6	0,6	3,38	0,12	3,6504	24,336
	C1A	1	0,6	0,6	3,38	0,12	1,2168	8,112
	C2	3	0,6	0,6	3,38	0,12	3,6504	24,336
	C2A	3	0,6	0,6	3,38	0,12	3,6504	24,336
	C3	2	0,7	0,7	3,38	0,12	3,3124	18,928
	C3A	2	0,7	0,7	3,38	0,12	3,3124	18,928
	C4	2	0,7	0,7	3,38	0,12	3,3124	18,928
	TỔNG						22,1052	137,904

Bảng 8. So sánh sai số khối lượng của các công tác xuất từ Revit và bóc từ bản vẽ truyền thống.

Công tác	Sai số với từng loại công trình (%)			
	A	B	C	D
Ván khuôn	0-1	0-1	1-3	1-4
Bê tông	0-1	0-1	0-1	0-1
Thép	1-3	1-3	1-4	1-4
Xây tường	2-5	2-5	2-6	2-6

4. Kết luận

Bài báo này tập trung nghiên cứu hiệu quả áp dụng BIM cho các công trình vừa và nhỏ ở Việt Nam với 4 mục đích khác nhau, 4 loại công trình khác nhau; từ kết quả nghiên cứu, chúng ta có một số kết luận như sau:

- Hiện nay, trên thế giới có đa dạng các công cụ hỗ trợ thực hiện BIM khác nhau (BIM tools), tại Việt Nam, nhóm tác giả đề xuất các phần mềm của Autodesk như Revit, Naviswork... vì độ phổ biến, cách sử dụng quen thuộc và dễ dàng liên kết với nhau của các phần mềm này.
- Việc sử dụng các công cụ BIM như Autodesk Revit chỉ để xây dựng mô hình 3D phục vụ cho thiết kế kiến trúc (mục đích 1) sẽ không mang lại hiệu quả, kể cả với những công trình có quy mô nhỏ nhất như nhà dân độc lập (loại A), nhà liền kề (loại B). Việc sử dụng các công cụ BIM với mục đích này thậm chí còn làm tốn thời gian để thiết kế hơn 10 % so với sử dụng các phần mềm thông thường.
- Áp dụng BIM 3D cho thiết kế kiến trúc và kết cấu với mô hình 3D tích hợp (mục đích 2) với những công trình quy mô quá nhỏ như A và B không đem lại hiệu quả, tuy nhiên với các công trình có quy mô vừa loại C, D thì nó giúp giảm thời gian thiết kế lên đến 9 %; hơn nữa, nó giúp xử lý xung đột giữa các bộ môn trước khi triển khai thiết kế tại công trường, điều này sẽ giúp giảm 50 đến 99 %

thời gian thiết kế lại do xung đột và giúp tiến độ thi công được nhanh hơn.

- Với BIM 4D, sử dụng kết hợp Revit – Naviswork để lập và mô phỏng tiến độ với các công trình nhỏ và vừa (mục đích 3) đem lại hiệu quả khi giúp giảm thời gian thiết kế 10 % với công trình quy mô nhỏ A, B và 14,3 % với công trình quy mô vừa C, D. Ngoài ra, mô phỏng 4D giúp những người tham gia có cái nhìn trực quan rõ ràng về dự án, kiểm soát được các công việc trước sau, phát hiện xung đột về mặt trình tự của các công tác từ đó cũng có thể dễ dàng điều chỉnh, thử triển khai các kế hoạch thi công khác nhau.
- So với 3 mục đích trước đó, việc áp dụng BIM để tính toán chi phí, lập dự toán (mục đích 4) đem lại nhiều hiệu quả về mặt thời gian hơn khi giúp giảm 7,1 % đến 24,1 % tổng thời gian thiết kế bằng cách bóc tách khối lượng tự động bằng phần mềm Revit.

Lời cảm ơn

Cám ơn trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Tp Hồ Chí Minh đã tài trợ kinh phí cho đề tài nghiên cứu này (Đề tài cấp trường trọng điểm mã số 2021-113TĐ).

Tài liệu tham khảo

[1]. Burcin, B.G. & Samara, R., "The perceived value of building information modeling in the U.S building industries," *Journal of Information Technology in Construction*, vol. 15, pp. 185-201, 2010.

[2]. Vahid Faghihi; Julian H. Kang, "Benefits of Using BIM for Small Projects," in *BIM Texas Alliance Conference*, Texas, 2012.

[3]. *Quyết định số 348/QĐ-BXD ngày 02/04/2021 về việc Công bố Hướng dẫn chung áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM)*, 2021.

- [4]. Quyết định Thủ Tướng Chính Phủ, số: 2500/QĐ-TTg, 2016. *Phê duyệt đề án áp dụng mô hình Thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng và quản lý vận hành công,* 2016.
- [5]. *Tài liệu đào tạo áp dụng BIM trong các dự án xây dựng. Bộ xây dựng,* 2021.
- [6]. N. T. T. Đan and N. H. Năng, "Ứng dụng mô hình thông tin công trình trong thiết kế công trình hiện nay (BIM)," *Tạp chí Kiến trúc*, vol. 12, 2018.
- [7]. G. Johansen, "ICS Project: Cost estimating and BIM," ICIS International construction information society , 2018.
- [8]. Đ. T. H. Duyên, " Ứng dụng BIM vào việc đo, bóc tách khối lượng: bài học kinh nghiệm từ một số nước trên thế giới," *Tạp chí khoa học & công nghệ*, vol. 12, no. 1, 2018.
- [9]. H. V. V. Sĩ, "Ứng dụng mô hình thông tin xây dựng (BIM) vào việc đo bóc khối lượng công trình xây dựng," *Tạp chí khoa học & công nghệ*, vol. 2, pp. 68-74, 2016.
- [10]. Autodesk, "Beginner Workflows for Architecture," <http://help.autodesk.com/view/RVT/2018/ENU/?guid=GUID-E69C4858-FD23-4BB1-941F-EE6BAC29844A>, 2018.
- [11]. N. Q. Toan, N. T. Anh, N. T. T. Hang and T. N. Vinh, "Nghiên cứu ứng dụng mô hình thông tin công trình để tự động hóa công tác lập dự toán phục vụ quản lý chi phí xây dựng tại Việt Nam," *Tạp chí Kinh tế Xây dựng (ISSN 1859-4921)*, vol. 3, pp. 27-34, 2019.
- [12]. *National BIM guide 2.0, Singapore,* 2015.
- [13]. Ying, Hong., Ahmed, W., A., Hammad., Samad, M., E., Sepasgozar., Ali, Akbarnezhad, "BIM adoption model for small and medium construction organisations in Australia," *Construction and Architectural Management*, pp. 26(2):154-183, 2019.