

Đo lường hiệu quả của scan-to-BIM trong công trình xây dựng dân dụng

Measuring the benefits of scan-to-BIM application in building projects

> PGS.TS NGUYỄN THẾ QUÂN^{1*}, THS NGUYỄN HÒA BÌNH¹, THS NGÔ VĂN YÊN¹,
THS NGUYỄN THỊ MỸ HẠNH¹, THS NGUYỄN THỊ HOAN¹, THS NGUYỄN THẾ TUẤN²

¹Khoa Kinh tế và Quản lý xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

*Email: quannt@huce.edu.vn

²Viện Quản lý Đầu tư xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

TÓM TẮT

Nghiên cứu này xem xét các vấn đề lý luận và thực tiễn về scan-to-BIM và cách thức đo lường hiệu quả của scan-to-BIM trong công trình xây dựng dân dụng. Hiệu quả của scan-to-BIM đạt được do mô hình BIM được dựng sử dụng cách tiếp cận này có chất lượng đảm bảo hơn, thông tin được tích hợp có hệ thống và gắn kết hơn với mục đích sử dụng của mô hình. Do đó, có thể đưa đến các chi phí tiết kiệm khi kiểm tra, đánh giá mô hình, chi phí tiết kiệm do không phải tiến hành cập nhật thông tin vào mô hình phục vụ các ứng dụng BIM tiếp theo và chi phí tiết kiệm giảm các khoản chi phí gián tiếp (chi phí chung) do thời gian triển khai các tác vụ theo giải pháp scan-to-BIM ngắn hơn so với các phương pháp khác. Bài báo đề xuất các công thức tính toán các chi phí và lợi ích có liên quan, từ đó giúp tính toán được hiệu quả của việc triển khai scan-to-BIM trong công trình xây dựng dân dụng.

Từ khóa: Quét laser; scan-to-BIM; hiệu quả; BIM; công trình dân dụng; công trình hiện hữu.

ABSTRACT

This study examines scan-to-BIM theories and practices and looks in to how to measure the effectiveness of scan-to-BIM in building projects. The benefits of scan-to-BIM can be achieved because the BIM models developed using this approach have more assured quality, with systematically integrated information and more closely linked to the intended use of the models. Therefore, it can lead to cost savings for specific jobs such as checking and evaluating the models, cost savings due to not having to update information into the model to serve subsequent BIM applications and cost savings due to the reduction of indirect costs (overhead costs) due to shorter implementation time of tasks using scan-to-BIM solutions compared to other methods. The article proposes formulas to calculate the relevant costs and savings, thereby helping to calculate the benefits of implementing scan-to-BIM in building projects.

Keywords: Laser scanning; scan-to-BIM; efficiency; BIM; building works; existing buildings.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mô hình hóa thông tin công trình (BIM - được chuyển ngữ từ Building Information Modelling, trước kia thường được dịch là Mô hình thông tin công trình) đã được bắt buộc áp dụng theo lộ trình ở Việt Nam từ sau Quyết định 258/QĐ-TTg ngày 17/3/2023 của Thủ tướng Chính phủ [1]. Để áp dụng BIM trong các dự án đầu tư xây dựng nói chung, việc dựng mô hình 3D thông minh của công trình (mô hình BIM) là một trong các nhiệm vụ quan trọng phải thực hiện đầu tiên. Các ứng dụng BIM khác sẽ được triển khai dựa trên nền tảng mô hình 3D thông minh này. Việc đảm bảo kích thước hình học chính xác và thông tin thuộc tính đầy đủ trong các mô hình BIM là những yếu tố then chốt để triển khai BIM thành công, không chỉ trong giai đoạn đầu tư xây dựng mà còn cả trong giai đoạn vận hành và bảo trì công trình. Đối với các dự án đầu tư xây dựng công trình dân dụng dạng tòa nhà hiện nay, mô hình BIM có thể được dựng trực tiếp từ dữ liệu thiết kế hoặc bản vẽ 2D, thông qua các phần mềm dựng mô hình phù hợp với loại hình công trình này. Trong thực tế vẫn thường xảy ra một trường

hợp khác đối với các công trình hiện hữu hoặc phần đã được xây dựng của công trình: mô hình 3D được dựng thông qua kỹ thuật quét laser 3D hoặc các kỹ thuật tương đương khác, thu được dữ liệu và mô hình 3D được dựng từ dữ liệu scan này (kỹ thuật này thường được gọi là scan-to-BIM). Như mọi ứng dụng BIM khác, scan-to-BIM cũng rất tốn kém, đặc biệt là thời gian và chi phí liên quan đến xử lý dữ liệu, là dữ liệu rất nhiều và không có cấu trúc [2], do đó câu hỏi đặt ra là liệu việc ứng dụng kỹ thuật này có mang lại hiệu quả cho dự án đầu tư xây dựng trong cả vòng đời của nó, nếu có, thì hiệu quả là bao nhiêu? Nghiên cứu tìm câu trả lời cho câu hỏi trên thông qua việc xem xét các chi phí và lợi ích của quá trình scan-to-BIM xem xét tổng thể các ứng dụng tiềm năng mà mô hình BIM có thể mang lại cho dự án và chủ sở hữu tài sản, trong trường hợp của công trình dân dụng dạng tòa nhà. Nghiên cứu xem xét một số vấn đề lý luận và thực tế của scan-to-BIM và đề xuất phương pháp xác định chi phí scan-to-BIM dưới góc độ chủ đầu tư, lợi ích mà scan-to-BIM mang lại, từ đó chỉ ra cách thức xác định hiệu quả của scan-to-BIM trong điều kiện Việt Nam. Với cách

tiếp cận trên, phương pháp nghiên cứu được áp dụng chủ yếu là phương pháp nghiên cứu lý thuyết, có kiểm định với các thông lệ, quy định và kiểm chứng với các bài học kinh nghiệm từ các quốc gia khác.

2. SCAN-TO-BIM LÀ GÌ VÀ THỰC TRẠNG ỨNG DỤNG TRÊN THẾ GIỚI VÀ Ở VIỆT NAM

2.1. Scan-to-BIM

Scan-to-BIM là quy trình để ghi lại thông tin của các công trình hiện hữu bằng cách nhận dạng các đối tượng có tại hiện trường, lập mô hình hình học của các đối tượng này và xác định mối quan hệ tương hỗ của chúng [3]. Kết quả thu được là mô hình BIM công trình thiết kế (as-designed BIM model) ở chỗ nó mô tả chính xác hơn hiện trạng của công trình. So với việc dựng mô hình từ bản vẽ 2D, scan-to-BIM có ưu điểm ở chỗ nó giúp thu thập được thông tin về các chi tiết của công trình do đã được cập nhật các thay đổi trong quá trình thi công và sử dụng, vận hành mà khác với thiết kế ban đầu do sai lệch thi công, thay đổi trên hiện trường hoặc việc cải tạo, sửa chữa ở nhiều cấp độ.

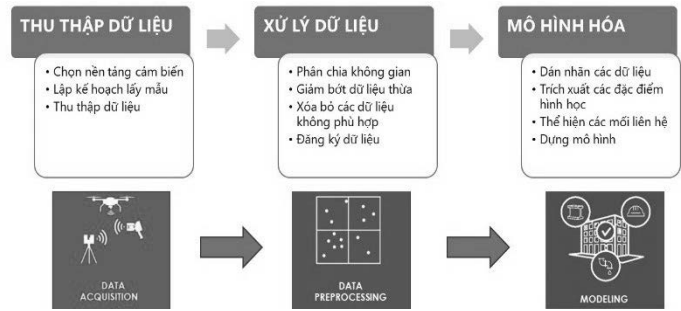
Có hai phương pháp triển khai scan-to-BIM phổ biến, theo hai công nghệ thu thập dữ liệu và mang lại dữ liệu ở hai loại khuôn dạng khác nhau, đó là công nghệ LIDAR (light detection and ranging), với kết quả thu được là đám mây điểm (point cloud, định dạng file e.57, .laz, .ptx) và công nghệ quang trắc (photogrammetry), với kết quả thu được là các mô hình lưới (mesh models, định dạng file .obj, .stl, .3mx, .rcp).

Công nghệ quét laser đã được nhiều người thừa nhận là cách tiếp cận tốt nhất để thu thập dữ liệu 3D khi xem xét đến độ chính xác, tốc độ và độ phân giải. Công nghệ quét laser phục vụ scan-to-BIM được đặc trưng bởi độ chính xác hình học cao (lên đến milimet) và phép đo rất nhanh (lên tới một triệu điểm mỗi giây) so với các phương pháp trắc địa quang học và vệ tinh truyền thống. Kết quả thu được từ quá trình quét laser tương tự như dữ liệu thu được từ khảo sát quang trắc và bao gồm hình ảnh có độ phân giải cao, đám mây điểm 3D với mô hình bề mặt tam giác và mô hình bề mặt có kết cấu (cấu tạo bề mặt). Tất cả các loại công nghệ quét laser (trên mặt đất, di động và trên không) phổ biến hiện nay đều cung cấp giải pháp khả thi và hiệu quả về kỹ thuật, để sử dụng để thu thập dữ liệu 3D cần thiết cho các mô hình BIM của các công trình hiện hữu [4]. Công nghệ quang trắc có xu hướng rẻ hơn do sử dụng được các máy ảnh, là loại công cụ rẻ hơn, dễ dùng và dễ thu dữ liệu. Tuy nhiên, do giải pháp xử lý hình ảnh, công nghệ này có thể khiến mất dữ liệu hoặc dữ liệu không được căn chỉnh đúng vị trí phù hợp [5]. Dù vậy, với các đối tượng có kích thước lớn và không có yêu cầu về mức độ chính xác cao thì công nghệ quang trắc là lựa chọn tốt hơn [6].

Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng công nghệ scan-to-BIM có chi phí khá cao, nhưng đã có xu hướng giảm dần trong thời gian gần đây [7]. Thực tế này giúp tăng cường hiệu quả của việc ứng dụng scan-to-BIM trong vòng đời dự án đầu tư và công trình xây dựng.

Nhiều nghiên cứu và tài liệu thực hành đã chỉ ra quy trình điển hình của scan-to-BIM, ví dụ theo quy trình 4 bước từ xác định kết quả đầu ra, thu thập dữ liệu công trình, xử lý dữ liệu, soát xét và củng cố [6], hoặc quy trình 6 bước của Badenko, Fedotov [4], bao gồm phân loại các thành phần cần xem xét, xác định mức độ chi tiết, thu thập dữ liệu, đăng ký đám mây điểm, dựng mô hình BIM và phân tích mô hình. Để đơn giản, có thể xem xét quy trình ba bước của Abreu, Pinto [5] như sau (Hình 1):

- Bước 1: thu thập dữ liệu;
- Bước 2: xử lý dữ liệu;
- Bước 3: mô hình hóa.



Hình 1. Quy trình scan-to-BIM điển hình. Nguồn: tác giả điều chỉnh từ [5]

Tuy có nhiều ưu điểm, nhưng scan-to-BIM cũng có những nhược điểm nhất định từ công nghệ sử dụng, như chỉ quét được các bề mặt phản xạ ánh sáng, không đo được các bề mặt bị chặn hoặc che khuất, không đo được trên diện rộng, có thể có nhiễu và chi phí cao [5].

2.2. Thực trạng nghiên cứu và ứng dụng scan-to-BIM trên thế giới và ở Việt Nam

Scan-to-BIM được sử dụng rộng rãi trên thế giới, nhờ vào các phát minh và cải tiến trong kỹ thuật quét laser, thu thập dữ liệu và các phần mềm xử lý dữ liệu. Rất nhiều nghiên cứu đã được công bố về scan-to-BIM gần đây. Có thể kể đến các nghiên cứu về BIM cho các công trình di sản và công trình lịch sử (HBIM) [8], quy trình triển khai scan-to-BIM cho các tòa nhà thông thường [4], phân tích kết cấu với dữ liệu đám mây điểm thu được từ scan-to-BIM [9], nghiên cứu ứng dụng tin học và học máy để tối ưu hóa quá trình scan-to-BIM [8] v.v... Scan-to-BIM có ứng dụng thực tiễn ở nhiều công trình, bao gồm các công trình di tích như Nhà thờ Thánh Nicola ở Montedoro, Ý [10], Nhà thờ Thần học Thánh John ở Nicosia (Síp) [11], công trình bệnh viện Manuela Solis Claràs (Tây Ban Nha) [12], công trình đặt trạm phát điện [13], cầu Azzzone Visconte ở Ý [14], và nhiều công trình dân dụng, hạ tầng kỹ thuật khác. Scan-to-BIM hỗ trợ việc lập mô hình hoàn công công trình [15], mô hình hoàn công được sử dụng cho các mục đích cụ thể như quản lý khối lượng [16], cải tạo mặt đứng và bảo trì phòng ngừa [17], đánh giá tính bền vững của công trình [18], phân tích năng lượng và khí hậu [19], v.v.. Một cách tổng quát, các ứng dụng scan-to-BIM nổi bật nhất bao gồm: tái tạo tài liệu thiết kế còn thiếu, xác minh mô hình/hồ sơ hoàn công, đo đạc bộ phận công trình và tạo dựng hình ảnh đơn giản của công trình [6].

Ở Việt Nam, scan-to-BIM cũng đã được giới thiệu và có những ứng dụng thực tiễn nhất định trong nghiên cứu khoa học và thực tiễn sản xuất. Một số nhà nghiên cứu từ Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP.HCM đã có khá nhiều nghiên cứu về khía cạnh kỹ thuật của công nghệ này. Cụ thể, đã có các nghiên cứu về ứng dụng quét laser để quản lý khối lượng trong thi công xây dựng [20], dựng mô hình hoàn công công trình khu xử lý nước và khu xử lý nước thải của nhà máy nhiệt điện Vĩnh Tân 4 mở rộng [21]. Trong thực tế, scan-to-BIM đã được ứng dụng để số hóa công trình Sân phân phối Nhà máy điện Vĩnh Tân 4 của Công ty CP Tư vấn Xây dựng Điện 2 [22] và nhiều công trình khác.

3. ĐO LƯỜNG HIỆU QUẢ CỦA SCAN-TO-BIM

3.1. Lập công thức tính toán hiệu quả của scan-to-BIM

Như trên đã đề cập, scan-to-BIM thực chất là giải pháp thay thế cho việc dựng mô hình BIM của công trình, bộ phận công trình sử dụng các phương pháp khác. Mô hình BIM sau đó sẽ được sử dụng theo các ứng dụng BIM áp dụng cho dự án, công trình. Việc triển khai các ứng dụng BIM cho dự án sau khi có mô hình có thể đem lại các lợi ích có thể quy đổi về tiền nhất định. Do đó, hiệu quả của scan-

to-BIM so với các giải pháp thay thế khác được đo bằng kết quả phân tích lợi ích - chi phí của phương án scan-to-BIM so với kết quả phân tích lợi ích - chi phí của phương án khác. Công thức tính toán như sau:

$$E_{S2B} = (B_{S2B} - C_{S2B}) - (B_{M3D} - C_{M3D}) \quad (1)$$

Trong đó:

- E_{S2B} : là hiệu quả của scan-to-BIM đến dự án, công trình xây dựng, nếu kết quả là dương thì là có hiệu quả và ngược lại

- B_{S2B} : là lợi ích do scan-to-BIM mang lại cho dự án, công trình xây dựng

- C_{S2B} : là dự toán chi phí scan-to-BIM tính trên góc độ chủ đầu tư

- B_{M3D} : là lợi ích do việc áp dụng BIM sử dụng phương pháp dựng mô hình khác mang lại cho dự án, công trình xây dựng

- C_{M3D} : là dự toán chi phí dựng mô hình BIM sử dụng phương pháp dựng mô hình khác, phổ biến hiện nay là hỗn hợp giữa việc sử dụng hồ sơ hoàn công (nếu có) và đo vẽ thực tế tại công trình, tính trên góc độ chủ đầu tư.

Tuy nhiên, khi so sánh lợi ích mang lại của hai phương án, có thể thấy rằng hiệu quả của ứng dụng BIM được triển khai sẽ là giống nhau. Hai phương án sẽ khác nhau ở lợi ích riêng do scan-to-BIM mang lại, như một số nghiên cứu trước đã chỉ ra, chất lượng mô hình BIM thu được từ scan-to-BIM thường đảm bảo hơn, thông tin được tích hợp có hệ thống và gắn kết hơn với mục đích sử dụng của mô hình, cả trong giai đoạn thực hiện dự án và trong giai đoạn vận hành công trình [23], do đó sẽ tiết kiệm được các nỗ lực cập nhật, chỉnh sửa mô hình ở các giai đoạn sau cũng như xuất hiện các lợi ích kéo theo do giảm được thời gian. Do đó, hiệu quả của scan-to-BIM có thể được tính toán như sau:

$$E_{S2B} = C_{M3D} - C_{S2B} + \Delta B_{S2B} \quad (2)$$

Trong đó:

- ΔB_{S2B} : là chênh lệch lợi ích giữa phương án scan-to-BIM và các phương pháp dựng mô hình khác.

$$\Delta B_{S2B} = B_{S2B} - B_{M3D} \quad (3)$$

Giá trị chênh lệch lợi ích này tính toán dễ dàng hơn, do có thể tính toán được các lợi ích cụ thể mang lại khi sử dụng mô hình dựng từ scan-to-BIM do mô hình phù hợp hơn, có chất lượng cao hơn, thời gian thực hiện ngắn hơn.

Các mục tiếp theo sẽ trình bày chi tiết cách tính toán các đại lượng trên.

3.2. Xác định chi phí scan-to-BIM (C_{S2B})

Chi phí cho hoạt động scan-to-BIM có thể được tính toán như chi phí tư vấn xây dựng, bao gồm các khoản mục chi phí chuyên gia (C_{CG}); chi phí quản lý (C_{QL}); chi phí khác (C_K). Dưới góc độ chủ đầu tư, dự toán chi phí này còn phải tính đến các khoản thu nhập chịu thuế tính trước, thuế VAT và chi phí dự phòng v.v... như hướng dẫn trong Thông tư 11/2021/TT-BXD. Tuy nhiên, với hoạt động scan-to-BIM, cần đặc biệt lưu ý đến chi phí thiết bị chính (bao gồm thiết bị thu thập dữ liệu và máy tính, công cụ hỗ trợ việc dựng và phân tích mô hình BIM) và chi phí phần mềm, cũng như các giải pháp hỗ trợ xử lý, truyền tải và lưu trữ dữ liệu. Do đó, chi phí thiết bị chính và chi phí phần mềm cần được tính toán riêng để đảm bảo không bị sót.

Theo thông lệ quốc tế, khoản chi phí internet cũng là một khoản chi phí đáng kể [18], nhưng ở Việt Nam thì khoản chi phí này nhỏ tương đối so với các khoản chi phí khác. Thông lệ quốc tế còn kể đến chi phí đào tạo, cụ thể là chi phí đào tạo, hướng dẫn sử dụng mô hình BIM sau scan-to-BIM. Tuy nhiên, theo cách tính chi phí tư vấn của Việt Nam, phần chi phí chuyên gia tham gia xây dựng tài liệu đào tạo, trực tiếp triển khai đào tạo có thể ghép vào chi phí chuyên gia, chi phí máy móc phục vụ đào tạo có thể đưa vào cùng chi phí thiết bị, chi phí phần mềm cũng được ghép cùng với phần mềm tương ứng. Các chi phí liên quan đến đi lại, lưu trú, công tác

phí v.v... của chuyên gia đào tạo cũng có thể được dự toán cùng các chi phí tương tự cho nhiệm vụ scan-to-BIM. Do đó, để tính toán dự toán chi phí scan-to-BIM dưới góc độ chủ đầu tư, nghiên cứu này đề xuất công thức tính toán chi tiết như sau:

$$C_{S2B} = C_{CG} + C_{TB} + C_{PM} + C_{QL} + C_K + TL + T + C_{DP} \quad (4)$$

Trong đó:

- C_{S2B} : là dự toán chi phí scan-to-BIM tính trên góc độ chủ đầu tư

- C_{CG} : chi phí chuyên gia thực hiện các nhiệm vụ scan-to-BIM, bao gồm cả nhiệm vụ đào tạo, loại chi phí này tính theo số ngày công của từng loại chuyên gia và đơn giá ngày công của từng loại chuyên gia.

$$C_{CG} = \sum_{i=1}^n T_{CGi} \times L_{CGi} \quad (5)$$

Với:

+ T_{CGi} : thời gian làm việc của chuyên gia thứ i trong hoạt động scan-to-BIM (ngày)

+ L_{CGi} : mức lương theo ngày của chuyên gia thứ i (đơn vị tiền tệ, có thể tính bằng đồng)

- C_{TB} : chi phí thiết bị thu thập dữ liệu và máy tính, các phần cứng khác để thực hiện các nội dung trong quy trình scan-to-BIM, được tính bằng chi phí đi thuê hoặc khấu hao theo thời gian của từng loại thiết bị theo số lượng cần thiết, tùy theo giải pháp huy động áp dụng.

$$C_{TB} = \sum_{j=1}^m T_{TBj} \times P_{TBj} \quad (6)$$

Với:

+ T_{TBj} : thời gian làm việc của thiết bị thứ j trong hoạt động scan-to-BIM (ngày)

+ P_{TBj} : chi phí khấu hao hoặc chi phí thuê theo ngày của thiết bị thứ j (đồng)

- C_{PM} : chi phí phần mềm sử dụng để xử lý dữ liệu và dựng mô hình BIM từ dữ liệu scan-to-BIM, được tính bằng chi phí đi thuê hoặc khấu hao theo thời gian.

$$C_{PM} = \sum_{k=1}^p T_{PMk} \times P_{TBk} \quad (7)$$

Với:

+ T_{TBk} : thời gian sử dụng tương đương phần mềm loại k trong hoạt động scan-to-BIM (ngày), bao gồm cả phần mềm vận hành thiết bị thu thập dữ liệu (nếu được tính riêng), phần mềm dựng và xử lý mô hình, phần mềm phục vụ hướng dẫn, đào tạo (ngày).

+ P_{TBk} : chi phí khấu hao hoặc chi phí thuê quy đổi theo ngày của phần mềm thứ k (đồng)

- C_{QL} : chi phí quản lý, được tính theo cách tiếp cận trong hướng dẫn của Thông tư 11/2021/TT-BXD, chi phí quản lý được tính theo tỷ lệ trên chi phí tất cả các loại chuyên gia

- C_K : chi phí khác, tương tự chi phí khác theo hướng dẫn của Thông tư 11/2021/TT-BXD, nhưng không bao gồm chi phí thiết bị và chi phí phần mềm. Một số chi phí khác điển hình bao gồm chi phí đi lại, lưu trú, công tác phí, khấu hao thiết bị, văn phòng, văn phòng phẩm, in ấn, đồ dùng văn phòng v.v... Các chi phí này được tính theo chế độ hoặc dự toán chi phí, dựa trên báo giá thực tế v.v...

- TL : thu nhập chịu thuế tính trước, tra bảng theo hướng dẫn tại Thông tư 11/2021/TT-BXD

- T : thuế giá trị gia tăng

- C_{DP} : chi phí dự phòng, tính theo các hướng dẫn tính dự toán chi phí tư vấn hiện hành

3.3. Xác định chi phí dựng mô hình BIM theo phương pháp truyền thống (C_{M3D})

Về nguyên tắc, chi phí dựng mô hình BIM theo phương pháp truyền thống được tính toán như chi phí tư vấn BIM. Do đó, có thể áp dụng như hướng dẫn của Thông tư 11/2021/TT-BXD hoặc tính theo phương pháp cải tiến ở công thức (2). Nếu áp dụng công thức (2), cần lưu ý là nhân sự và các phần mềm sử dụng sẽ có những điểm khác biệt so với phương án scan-to-BIM.

3.4. Xác định chênh lệch lợi ích giữa phương án scan-to-BIM và các phương pháp dựng mô hình khác (ΔB_{S2B})

Lợi ích điển hình có thể quy đổi về tiền của việc sử dụng mô hình BIM dựng từ scan-to-BIM so với các phương pháp dựng mô hình khác, bao gồm:

- Lợi ích từ chi phí tiết kiệm khi kiểm tra, đánh giá mô hình vì chất lượng mô hình cao hơn (B_c)

- Lợi ích từ chi phí tiết kiệm do không phải tiến hành cập nhật thông tin vào mô hình phục vụ các ứng dụng BIM (B_m)

- Lợi ích từ chi phí tiết kiệm giảm các khoản chi phí gián tiếp (chi phí chung) do thời gian triển khai các tác vụ (dựng mô hình) theo giải pháp scan-to-BIM ngắn hơn so với các phương pháp khác.

Về nguyên tắc, hai chi phí đầu tiên đều có thể tính bằng dự toán theo hướng dẫn tính toán chi phí tư vấn đầu tư xây dựng hiện hành và dựa trên số liệu thống kê. Đối với chi phí thứ ba (B_t), có thể tính theo công thức (8) sau đây:

$$B_t = P_{M3D} \times K_C \times \left(1 - \frac{T_{S2B}}{T_{M3D}}\right) \quad (8)$$

Trong đó:

- P_{M3D} : tỷ lệ chi phí chung chiếm trong dự toán chi phí của phương án dựng mô hình BIM theo phương pháp truyền thống

- K_C : hệ số phản ánh chi phí cố định chiếm trong chi phí chung, tính bằng số thập phân

- T_{S2B} : thời gian dựng mô hình BIM bằng scan-to-BIM.

- T_{M3D} : thời gian dựng mô hình BIM bằng phương pháp truyền thống.

Tổng chênh lệch lợi ích được tổng hợp lại bằng công thức sau:

$$\Delta B_{S2B} = B_c + B_m + B_t \quad (9)$$

4. KẾT LUẬN

Scan-to-BIM là một kỹ thuật hỗ trợ việc dựng mô hình BIM cho các công trình, hạng mục công trình hiện hữu. Kinh nghiệm triển khai trên thế giới cho thấy rất nhiều ưu điểm so với các phương pháp dựng mô hình truyền thống. Tuy nhiên, các nghiên cứu trước vẫn chưa lượng hóa được hiệu quả của scan-to-BIM so với các phương pháp dựng mô hình truyền thống. Nghiên cứu này nhóm tác giả đã đề xuất cách thức tính toán hiệu quả này dựa trên các chi phí và lợi ích thu được khi triển khai scan-to-BIM. Tuy nhiên, nghiên cứu mới dừng ở việc đưa ra công thức tính toán, để triển khai tính toán được còn cần các số liệu, dữ liệu đầu vào là các số liệu thống kê từ các dự án, công việc tương tự. Đây sẽ là chủ đề của các nghiên cứu tiếp theo.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo trong đề tài mã số B2021-XDA-02.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Thủ tướng Chính phủ, *Quyết định 258/QĐ-TTg phê duyệt lộ trình áp dụng BIM trong hoạt động xây dựng*. 2023.
- [2]. Campagnolo, D., et al. *Fully Automated Scan-to-BIM Via Point Cloud Instance Segmentation*. in *2023 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. 2023. IEEE.
- [3]. Tang, P., et al., *Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques*. *Automation in construction*, 2010. **19**(7): p. 829-843.

[4]. Badenko, V., et al., *Scan-to-BIM methodology adapted for different application*. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing*, 2019. **42**: p. 1-7.

[5]. Abreu, N., et al., *Procedural point cloud modelling in scan-to-BIM and scan-vs-BIM applications: a review*. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2023. **12**(7): p. 260.

[6]. BIMECO *An overview of the scan to bim process with lidar and photogrammetry*. 2023.

[7]. Roberts, C.J., et al., *Digitalising asset management: concomitant benefits and persistent challenges*. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 2018. **36**(2): p. 152-173.

[8]. Rocha, G. and L. Mateus, *A survey of scan-to-BIM practices in the AEC industry-a quantitative analysis*. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2021. **10**(8): p. 564.

[9]. Mol, A., et al., *HBIM for storing life-cycle data regarding decay and damage in existing timber structures*. *Automation in Construction*, 2020. **117**: p. 103262.

[10]. Costantino, D., M. Pepe, and A. Restuccia, *Scan-to-HBIM for conservation and preservation of Cultural Heritage building: The case study of San Nicola in Montedoro church (Italy)*. *Applied Geomatics*, 2023. **15**(3): p. 607-621.

[11]. Santagati, C., et al., *HBIM approach for the knowledge and documentation of the St. John the Theologian cathedral in Nicosia (Cyprus)*. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 2021. **36**: p. 102804.

[12]. Sarmiento, J.C., et al. *SCAN to BIM beyond a Final BIM: Why, When and How*. in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. IOP Publishing.

[13]. Rocha, G., et al., *A scan-to-BIM methodology applied to heritage buildings*. *Heritage*, 2020. **3**(1): p. 47-67.

[14]. Barazzetti, L., et al., *BIM from laser scans... not just for buildings: NURBS-based parametric modeling of a medieval bridge*. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2016. **3**: p. 51-56.

[15]. Tzedaki, V. and J. Kamara, *Capturing as-built information for a BIM environment using 3D laser scanner: a process model*. *AEI: Building Solutions for Architectural Engineering*, 2013: p. 486-495.

[16]. Sing, M.C., et al., *Scan-to-BIM technique in building maintenance projects: Practicing quantity take-off*. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 2022.

[17]. Angulo-Fornos, R. and M. Castellano-Román, *HBIM as support of preventive conservation actions in heritage architecture. Experience of the renaissance quadrant facade of the cathedral of Seville*. *Applied Sciences*, 2020. **10**(7): p. 2428.

[18]. Mellado, F., et al., *Digitisation of existing buildings to support building assessment schemes: Viability of automated sustainability-led design scan-to-BIM process*. *Architectural Engineering Design Management*, 2020. **16**(2): p. 84-99.

[19]. Xu, X., et al., *Life-cycle building information modelling (BIM) engaged framework for improving building energy performance*. *Energy*, 2021. **231**: p. 110496.

[20]. Nguyen, T.A., P.T. Nguyen, and S.T. Do, *Application of BIM and 3D laser scanning for quantity management in construction projects*. *Advances in Civil Engineering*, 2020. **2020**: p. 1-10.

[21]. Nguyễn Anh Thư, Trần Đức Học, and Vũ Xuân Lâm, *Xây dựng quy trình thực hiện dự án Scan to BIM và ứng dụng vào case study*. *Tạp chí Vật liệu Xây dựng-Bộ Xây dựng*, 2023. **13**(01): p. 95-Trang 101.

[22]. Đào Minh Hiến *Lợi ích của Scan-To-Bim trong số hóa công trình năng lượng*. 2021.

[23]. Suprun, E., et al., *Digitisation of existing water facilities: A framework for realising the value of scan-to-BIM*. *Sustainability*, 2022. **14**(10): p. 6142.