

Tiềm năng ứng dụng bản sao kỹ thuật số - Digital Twin trong thi công xây dựng nhà nhiều tầng tại Việt Nam

Potential application of Digital Twin in building construction in Vietnam

Ngô Quang Tuấn⁽¹⁾, Nguyễn Ngọc Phương⁽²⁾, Đào Minh Hiếu⁽³⁾

Tóm tắt

Bài báo này đề cập đến tiềm năng tích hợp Bản sao kỹ thuật số - Digital Twin vào công tác thi công xây dựng nhà nhiều tầng tại Việt Nam trên cơ sở các vấn đề mà công tác thi công xây dựng nhà nhiều tầng đang gặp phải. Digital Twin hay còn gọi là Bản sao kỹ thuật số - là mô hình ảo hoá của công trình, quy trình xây dựng hoặc vận hành hay một dịch vụ. Bằng việc số hoá các dữ liệu từ công trình nhằm tạo thành một Bản sao kỹ thuật số - Digital Twin, của chính công trình đó, người kỹ sư, đơn vị quản lý dự án và các bên liên quan căn cứ vào đó để đưa ra các quyết định nhanh chóng, hiệu quả. Giúp nâng cao chất lượng công trình, đẩy nhanh tiến độ thi công, giảm chi phí và hạn chế rủi ro cho dự án.

Từ khóa: Tiềm năng, Nhà nhiều tầng, Thi công, Bản sao kỹ thuật số

Abstract

The paper discusses the potential of integrating Digital Twin technology into building construction in Vietnam, addressing the challenges the construction industry is currently facing. Digital Twin, is a virtual model of a building, construction or operation process or service... By digitizing project data to create a Digital Twin of the project, engineers and project managers can use it as a foundation for making quick and effective decisions. This approach helps improve project quality, accelerate construction progress, reduce costs, and minimize risks.

Key words: Potential, Building, Construction, Digital Twin

(1)Th.S Ngô Quang Tuấn, bộ môn Thi công và Máy xây dựng, khoa Xây dựng, Trường Đại học Kiến Trúc Hà Nội. Email: tuannq@hau.edu.vn, ĐT: 0945225558

(2)PGS.TS. Nguyễn Ngọc Phương, Khoa Sau đại học, Trường Đại học Kiến Trúc Hà Nội, ĐT: 0903405450

(3)TS. Đào Minh Hiếu, bộ môn Thi công và Máy xây dựng, khoa Xây dựng, Trường Đại học Kiến Trúc Hà Nội, ĐT: 0912534406

Ngày nhận bài: 30/9/2024

Ngày sửa bài: 04/10/2024

Ngày duyệt đăng: 07/10/2024

1. Một số vấn đề thi công nhà nhiều tầng tại Việt Nam

Tại Việt Nam, cùng với sự phát triển kinh tế, xu thế xây dựng nhà nhiều tầng đang nở rộ tại các đô thị, quy mô cũng như số tầng cao ngày càng tăng, đặc biệt là nhà có số tầng từ 9 tầng trở lên (còn gọi là nhà ở cao tầng) được xây dựng ngày càng phổ biến như: Lanmark 72, Lanmark 81.... Phần lớn nhà nhiều tầng là nhà có công năng nhà ở, thương mại, văn phòng hay dạng phức hợp, hỗn hợp nhiều công năng. Vì thế các toà nhà nhiều tầng thường có chiều cao lớn, phức tạp về mặt kỹ thuật. Do đó, việc thi công xây dựng nhà nhiều tầng hiện nay, đang đối mặt với hàng loạt các thách thức và khó khăn do nhiều nguyên nhân khách quan, chủ quan gây ra.

1.1. Vấn đề về chất lượng công trình xây dựng

Ngày 26/01/2021, Chính phủ ban hành Nghị định 06/2021/NĐ-CP quy định chi tiết một số nội dung về quản lý chất lượng, thi công xây dựng và bảo trì công trình xây dựng, tuy nhiên chất lượng trong quá trình thi công xây dựng công trình nhà nhiều tầng tại nhiều dự án chưa được đảm bảo do sai sót trong quá trình thiết kế; vật tư đưa vào thi công kém chất lượng; công tác thi công và giám sát thi công chưa tuân thủ theo đúng quy định về quản lý chất lượng; hoặc không lường trước được các xung đột giữa các bộ môn của công trình trong thi công, thiếu giao tiếp và phối hợp kém giữa các nhóm thi công dẫn đến hệ quả như Hình 1 (dầm chịu lực bị đục tẩy khi lắp đặt hệ thống thoát nước). Khiến cho các dự án này đưa vào sử dụng một thời gian không lâu, đã xảy ra hư hỏng, xuống cấp trong quá trình khai thác sử dụng.



Hình 1: Xung đột giữa các bộ môn trong thi công ảnh hưởng đến chất lượng công trình

1.2. Vấn đề về an toàn lao động

Công tác thi công nhà nhiều tầng diễn ra ở trên cao, thẳng đứng và có những nguy cơ cơ bản điển hình mất an toàn lao động, có thể được kể đến như sau: Nguy cơ ngã cao; nguy cơ trơn, trượt; nguy cơ tai nạn về điện; nguy cơ bị chấn thương do tiếp xúc với máy, thiết bị; nguy cơ do bị vật rơi, sập đổ; nguy cơ do nhiệt;..., về cơ bản có thể thấy rõ các nguy cơ này có thể tồn tại độc lập hoặc cùng tồn tại song song trong từng công đoạn thi công xây dựng. Và khi xảy ra mất an toàn lao động tại các dự án thi công nhà nhiều tầng sẽ gây ra các thiệt hại về tài sản, ảnh hưởng đến tính mạng con người, tâm tâm lý hoang mang và bức xúc trong xã hội.



Hình 2. Dự án VietinBank Tower, Tây Hồ, Hà Nội, chưa hoàn thành sau 13 năm khởi công

1.3. Vấn đề về tiến độ thi công xây dựng

Năm 2023, UBND Thành phố Hà Nội đã thông tin trên toàn địa bàn có 712 dự án ngoài ngân sách sử dụng đất nhưng bị chậm tiến độ, chậm triển khai. Trong đó có không ít các dự án đã nằm "bất động" từ 10-20 năm. Không chỉ Thành phố Hà Nội, mà việc chậm tiến độ tại các công trình thi công xây dựng nhà nhiều tầng trở thành phổ biến trên khắp cả nước như: Dự án tòa nhà Saigon One Tower (Thành phố Hồ Chí Minh); Dự án tòa nhà Golden Square (Thành phố Đà Nẵng)... Việc chậm tiến độ tại những dự án này không chỉ gây thiệt hại về kinh tế cho các bên liên quan của dự án, lãng phí tài nguyên đất mà còn để lại hệ lụy rất lớn đối với mỹ quan, môi trường đô thị của đô thị. Đồng thời còn kìm hãm sự phát triển kinh tế - xã hội và ảnh hưởng rất lớn đến cuộc sống của người dân sinh sống xung quanh khu vực.

1.4. Vấn đề về chi phí đầu tư xây dựng

Đi kèm với việc chậm tiến độ, chất lượng chưa được đảm bảo, mất an toàn lao động trong quá trình thi công xây dựng tại các dự án nhà nhiều tầng là việc tăng chi phí đầu tư xây dựng công trình hay nói cách khác tổng mức đầu tư xây dựng sẽ tăng theo bởi nhiều nguyên nhân khác nhau. Từ đó đặt ra việc phải quản lý chi phí đầu tư xây dựng công trình đối với các kỹ sư, nhà quản lý, các bên liên quan đến dự án.

1.5. Vấn đề về quản lý rủi ro trong thi công xây dựng

Quản lý rủi ro là một công tác quan trọng trong quản lý thi công xây dựng nhằm giúp nhà thầu có thể chủ động nhận dạng, đánh giá, kiểm soát đồng thời giảm thiểu tối đa các tác động tiêu cực của rủi ro tới dự án thi công xây dựng công trình, từ đó đảm bảo hiệu quả của dự án, là yếu tố quyết định đến sự thành bại của dự án.

Tuy nhiên nhiều dự án nhà nhiều tầng, trong quá trình thi công xây dựng, nhà thầu thi công và các đơn vị liên quan bị thiếu đi các công cụ để quản lý rủi ro do tính chất đặc thù của nhà nhiều tầng, dẫn đến tiến độ dự án bị chậm, tăng chi phí đầu tư xây dựng, chất lượng công trình không đảm bảo, cũng như thường xuyên xảy ra mất an toàn lao động trên công trường...

1.6. Chuyển đổi số trong lĩnh vực xây dựng

Để giải quyết các vấn đề trên việc chuyển đổi kỹ thuật

số vào thi công xây dựng nhà nhiều tầng là một trong những giải pháp đã và đang được tiến hành áp dụng. Tuy nhiên việc chuyển đổi số trong lĩnh vực xây dựng còn nhiều vấn đề cần triển khai một cách cụ thể, có lộ trình rõ ràng để giúp giảm thiểu các vấn đề còn tồn tại trong thi công xây dựng nhà nhiều tầng.

Chuyển đổi kỹ thuật số trong xây dựng được hiểu là mọi hoạt động trong lĩnh vực xây dựng được chuyển đổi sang kỹ thuật số từ hiện đại hóa công nghệ thông tin, đến tối ưu hóa kỹ thuật số, đến phát minh ra các mô hình kinh doanh, quản lý kỹ thuật số mới, mở rộng ra bao gồm việc tận dụng các giải pháp đổi mới nhằm nâng cao hiệu suất và hiệu quả của lĩnh vực xây dựng. Theo Viện Toàn cầu McKinsey (The McKinsey Global Institute - MGI) - Hoa Kỳ, đổi mới và chuyển đổi kỹ thuật số trong xây dựng có thể cải thiện đáng kể năng suất (khoảng 15%) và giảm chi

phí (khoảng 6%).

Tại Việt Nam, ngày 31/7/2020, Bộ Xây dựng đã có Quyết định 1004/QĐ-BXD về việc phê duyệt "Kế hoạch Chuyển đổi số ngành Xây dựng giai đoạn 2020-2025, định hướng đến năm 2030". Kế hoạch này dựa trên quan điểm: Chuyển đổi số ngành Xây dựng là nội dung rất quan trọng cần tập trung chỉ đạo, tổ chức thực hiện có hiệu quả để góp phần tăng năng suất lao động, tăng sức cạnh tranh của sản phẩm, hàng hóa và doanh nghiệp trong lĩnh vực xây dựng, nâng cao hiệu lực, hiệu quả quản lý nhà nước, nâng cao chất lượng dịch vụ công.

2. Bản sao kỹ thuật số - Digital Twin trong lĩnh vực xây dựng

Bản sao kỹ thuật số - Digital Twin, là một trong những khái niệm chính liên quan đến việc chuyển đổi số trong xây dựng (Công nghiệp 4.0). Trong những năm gần đây, Digital Twin đã nhận được sự chú ý ngày càng nhiều. Đây là một dạng cụ thể của Hệ thống vật lý điện tử (Cyber Physical System-CPS) đề cập đến một bản sao kỹ thuật số gần như thời gian thực của một sản phẩm hoặc quy trình vật lý (Physical Twin), bao gồm tất cả thông tin có thể hữu ích trong tất cả các giai đoạn của vòng đời của sản phẩm. Khái niệm Digital Twin đã có từ năm 2002 và lần đầu tiên được sử dụng trong lĩnh vực hàng không vũ trụ. Cho đến gần đây, một vài lĩnh vực công nghiệp khác như sản xuất, kỹ thuật công nghiệp và robot đã áp dụng khái niệm Digital Twin.

Xây dựng là một trong lĩnh vực phức tạp, đa dạng và không thể đoán trước, dẫn đến việc số hóa trở nên khó khăn. Tuy nhiên, với những tiến bộ lớn trong công nghệ máy tính, kết hợp với việc làm mờ các đường phân chia giữa các ngành công nghiệp đang mở ra cơ hội lớn cho việc số hóa ngành xây dựng. Một trong những lĩnh vực thay đổi mạnh nhất là sự xuất hiện của công nghệ Digital Twin. Digital Twin xây dựng trên một loạt các công nghệ và sáng kiến hiện có. Nó được coi là sự phát triển tự nhiên của Mô hình thông tin xây dựng (Building Information Modeling - BIM) và bắt đầu đại diện mô hình kỹ thuật số cho môi trường được xây dựng. Internet vạn vật (Internet of Things - IoT) cung cấp dữ liệu cần thiết để giúp biến các mô hình kỹ thuật số thành

Digital Twin cập nhật (Hình 3). Khi dữ liệu này tăng lên về số lượng và độ phức tạp, các phân tích và trí tuệ nhân tạo ngày càng quan trọng để kết nối và giải thích dữ liệu này, để nó có thể cải thiện việc ra quyết định hợp lý trong quá trình thi công và vận hành công trình.

3. Các ứng dụng Bản sao kỹ thuật số - Digital Twin trong thi công xây dựng

Trên thế giới, đã có những nghiên cứu, ứng dụng tích hợp Digital Twin vào lĩnh vực thi công xây dựng để hỗ trợ cũng như giải quyết các vấn đề mà lĩnh vực xây dựng gặp phải như:

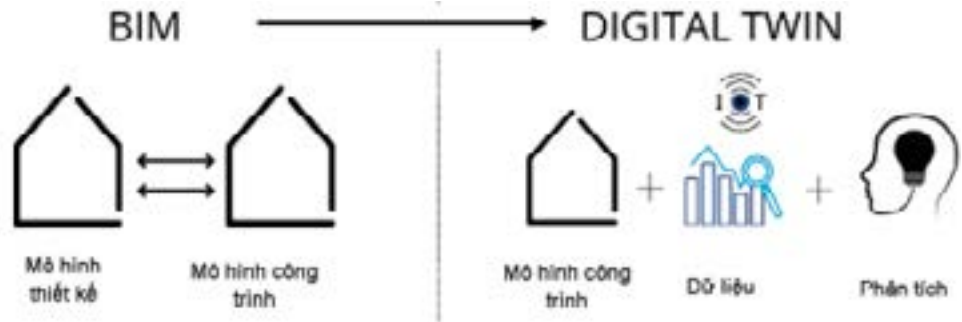
3.1. Giám sát thời gian thực trong quá trình thi công

Digital Twin liên kết vật lý với mô hình số hóa ảo của công trình, việc liên kết này được thực hiện liên tục trong thời gian thực. Từ đó, các đơn vị liên quan có thể thực hiện các giám sát các bước trong quá trình thi công, giúp giám sát chất lượng thi công, tiến độ thi công cũng như giảm thiểu các điều kiện nguy hiểm hoặc hành vi không an toàn của con người trong quá trình lao động, cụ thể như:

+ Tăng cường giám sát tiến độ, rút ngắn thời gian thi công: Điều này giúp công việc xây dựng hoàn thành đúng với kế hoạch đề ra theo đúng với các yêu cầu kỹ thuật của công trình, dự án. Việc tích hợp Digital Twin, công tác xây dựng của dự án có thể được thực hiện lại và liên tục trong môi trường ảo đã đồng bộ hóa với công trình thực tế. Mô hình được xây dựng này có thể được so sánh với một mô hình được thiết kế trong thời gian thực, cho phép thực hiện các điều chỉnh trong quá trình thiết kế.

+ Lập kế hoạch cung ứng vật tư, vật liệu đảm bảo kế hoạch thi công và chất lượng thi công: Với Digital Twin, phân bổ vật liệu và sử dụng thiết bị có thể được theo dõi và tính toán một cách tự động. Điều này sẽ giúp tránh phân bổ quá mức và dự đoán linh hoạt các yêu cầu tài nguyên trên công trường, từ đó cung cấp một cách tiếp cận hiệu quả hơn cho kế hoạch cung ứng vật tư.

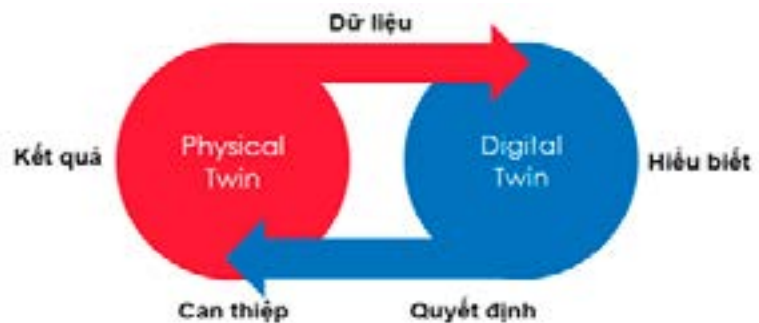
+ Mặt khác, các điều kiện làm việc trong thực tế có thể được nghiên cứu trước bằng các thuật toán về các vấn đề an toàn lao động có thể được đánh giá theo nhiều điều kiện biên khác nhau trong Digital Twin. Từ đó hệ thống đưa ra các thông báo để đưa ra cảnh báo cho người quản lý cũng như bất kỳ công nhân nào đang gặp nguy hiểm. Ví dụ, nó cho phép kiểm tra, đánh giá các khu vực không an toàn thông



Hình 3. Sự hình thành của Bản sao kỹ thuật số - Digital Twin



Hình 4. Ứng dụng Bản sao kỹ thuật số - Digital Twin giám sát thời gian thực trong thi công



Hình 4: Quy trình phân tích, đưa ra quyết định trong Bản sao kỹ thuật số - Digital Twin

qua các thuật toán xử lý hình ảnh được cài đặt sẵn. Điều này sẽ tăng cường công tác kiểm tra bổ sung và do đó giúp chủ đầu tư, nhà thầu thi công và các đơn vị liên quan khác phát hiện các vấn đề mất an toàn tiềm ẩn trước khi xảy ra tai nạn.

Có thể thấy, với việc giám sát thời gian thực sẽ hỗ trợ giám sát tiến độ, nâng cao chất lượng, an toàn lao động, quản lý nhân lực và lập kế hoạch cung ứng vật tư, vật liệu... giúp giảm thiểu rủi ro cho dự án trong quá trình thi công xây dựng.

3.2. Hỗ trợ đánh giá và ra quyết định

Digital Twin có thể giúp quá trình đưa ra quyết định của chủ đầu tư, tư vấn thiết kế, nhà thầu thi công và các đơn vị



Hình 5: Áp dụng Digital Twin cho đoạn hầm CP4a và CP3a, dự án Crosswell, London, Anh

liên quan một cách chủ động, dựa trên kết quả từ dữ liệu đa phương thức (ví dụ: dữ liệu về trình tự thi công, biện pháp thi công, tiến độ thi công, nhu cầu về tài nguyên, v.v.) được hợp nhất vào một hệ thống phân tích. Phân tích được thực hiện trên dữ liệu được lưu trữ giúp có thể cung cấp những hiểu biết sâu sắc, hoặc những thông kê hay dự đoán các kịch bản trong thi công ngay lập tức, do đó hỗ trợ con người trong việc ra quyết định và cung cấp cơ sở để điều chỉnh, thay đổi phù hợp với tình hình thi công ngoài công trường.

Cùng với vòng đời của một dự án xây dựng, Digital Twin có khả năng ghi lại tiến độ tại chỗ, giữ một bản sao kỹ thuật số thời gian thực của dự án và liên tục tự điều chỉnh để có kết quả tối ưu. Từ đó sẽ giảm các rủi ro trong công tác quản lý tiến độ, kế hoạch thi công và tăng hiệu quả cho quá trình thi công.

3.3. Nâng cao năng lực sản xuất

Mặc dù nổi bật về quan điểm an toàn trong khả năng giám sát thời gian thực của Digital Twin, nâng cao năng lực sản xuất là một lợi ích khác cho các ngành công nghiệp áp dụng Digital Twin. Trong ngành xây dựng, nâng cao năng lực sản xuất có tầm quan trọng sống còn trong việc đảm bảo giao dự án đúng thời hạn và chi phí đầu tư. Với khả năng tích hợp dữ liệu và mô phỏng đa quy mô, Digital Twin cung cấp các phương pháp mới trong việc cải thiện năng lực sản xuất, đẩy nhanh tiến độ thi công và hiệu quả đầu tư trong suốt vòng đời dự án.

Tại Dự án đường sắt ngầm đô thị Crosswell 2, London, (Hình 5) trong quá trình thi công đoạn hầm CP4a và CP3a

nối giữa ba tuyến hầm, CSIC – Cambridge Centre for Smart Infrastructure & Construction – Trường đại học Cambridge, Vương Quốc Anh đã tiến hành đặt các cảm biến đã được định vị trên mô hình số hóa vào trong đất nền xung quanh và tường của hệ thống hầm để tiến hành đo áp lực đất tác động lên hệ kết cấu. Sau đó toàn bộ các dữ liệu thu được được đưa vào tính toán kiểm tra lại, và họ nhận thấy rằng các dữ liệu thu được nhỏ hơn rất nhiều so với các giá trị tính toán theo các tiêu chuẩn và kinh nghiệm của đơn vị tư vấn thiết kế. Từ đó có thể tiến hành điều chỉnh hệ kết cấu, giảm chiều dày của vỏ tường hầm cho các đoạn hầm khác trong cùng khu vực, giúp tiết kiệm chi phí và rút ngắn thời gian thi công.

Với việc nâng cao năng lực sản xuất trong quá trình thi công sẽ giúp nhà thầu thi công và các đơn vị liên quan đảm bảo tiến độ thi công được thực hiện đúng thời hạn, hạn chế tăng chi phí đầu tư xây dựng.

4. Kết luận

Từ những ứng dụng của Bản sao kỹ thuật số - Digital Twin, trong lĩnh vực xây dựng có thể thấy được tiềm năng, cũng như tính khả thi và sự cần thiết của việc tích hợp Bản sao kỹ thuật số- Digital Twin vào công tác thi công xây dựng nhà nhiều tầng tại Việt Nam để giải quyết các vấn đề đang gặp phải.

Tuy nhiên, ở Việt Nam, đây là một vấn đề hoàn toàn mới nên cần có các nghiên cứu, tích hợp Bản sao kỹ thuật số - Digital Twin trong lĩnh vực thi công xây dựng, đặc biệt là lĩnh vực thi công xây dựng nhà nhiều tầng./.

Tài liệu tham khảo

1. Ngô Quang Tuấn, Nguyễn Hoài Nam (2019), Digital Twin và vai trò trong ngành công nghiệp xây dựng Việt Nam, Hội thảo quốc tế về Kiến trúc và Xây dựng 2019 (ICACE-2019), Đại học Kiến trúc Hà Nội.
2. Quyết định 1004/QĐ-BXD Bộ Xây dựng, ký ngày 31/7/2020, về việc phê duyệt “Kế hoạch Chuyển đổi số ngành Xây dựng giai đoạn 2020-2025, định hướng đến năm 2030”
3. Bortolini, R.; Rodrigues, R.; Alavi, H.; Vecchia, L.F.D.; Forcada, N. Digital Twins' Applications for Building Energy Efficiency: A Review. *Energies* 2022
4. Callcut, M.; Agliozzo, J.-P.C.; Varga, L.; McMillan, L. *Digital Twins in Civil Infrastructure Systems. Sustainability* 2021.
5. *Digital Twins & FM Case Study – HongKong International Airport, Atlas Vietnam*, 2019.
6. *Digital twins for the Built Environment - British Standards Institution (bsi)*, 2018
7. Mark Enzer, “The future Infrastructure”, *The National Digital Twin*, 2019.
8. Grieves, M. and Vickers, J. “Digital Twin: mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems.” *Transdisciplinary Perspective on Complex System*, 2017