



QUẢN LÝ DỰ ÁN: HIỆU QUẢ CỦA IN 3D TÍCH HỢP BIM TRONG XÂY DỰNG

PROJECT MANAGEMENT: THE EFFECTIVENESS OF 3D PRINTING INTEGRATING BIM IN CONSTRUCTION

Ths. Vũ Hoàng Ngọc¹

Tóm tắt: Công nghệ in 3D tích hợp BIM trong xây dựng cho phép tạo ra các cấu trúc phức tạp với độ chính xác cao, giảm thiểu lãng phí vật liệu và thời gian thi công. BIM cung cấp dữ liệu chi tiết cho quá trình in 3D, từ đó nâng cao khả năng phối hợp và chất lượng công trình. Công nghệ này hứa hẹn mang lại cách tiếp cận mới trong xây dựng, hướng tới sự bền vững và hiệu quả.

Từ khóa: Quản lý dự án, in 3D, tích hợp BIM, xây dựng, công trình.

Abstract: 3D printing technology integrated with BIM in construction allows for the creation of complex structures with high accuracy, reducing material waste and construction time. BIM provides detailed data for the 3D printing process, enhancing coordination and construction quality. This technology promises a new approach to construction, aiming for sustainability and efficiency.

Keywords: Project management, 3D printing, BIM integration, construction.

Nhận bài ngày 10/2/2024, chỉnh sửa ngày 25/3/2024, chấp nhận đăng ngày 14/5/2024.

1. Giới thiệu in 3D trong xây dựng

In 3D trong xây dựng là công nghệ tiên tiến, cho phép tạo ra các chi tiết và cấu kiện xây dựng một cách nhanh chóng, chính xác. Công nghệ này sử dụng máy in khổ lớn để xếp chồng vật liệu theo từng lớp, dựa trên dữ liệu từ mô hình thông tin công trình (BIM), tạo ra các kết cấu ba chiều. Ứng dụng của in 3D trong xây dựng bao gồm tạo ra mô hình kiến trúc, các chi tiết và bộ phận kết cấu, thậm chí là hạng mục công trình hay công trình hoàn chỉnh, mang lại khả năng đa dạng về sáng tác kiến trúc, kiểm soát chất lượng và tiến độ xây dựng, giảm lãng phí vật liệu và tăng hiệu

quả cho dự án. In 3D áp dụng cho ngành Xây dựng đã được các chuyên gia quan tâm trong vài thập kỷ nay. Mặc dù in 3D dùng trong công nghiệp đã xuất hiện từ những năm 1980, nhưng chỉ trong những năm gần đây công nghệ này mới được ngành Xây dựng đón nhận và áp dụng thành công.

Năm 2014, công ty Kiến trúc Dus (Amsterdam, Hà Lan) sử dụng một máy in KamenMaker (của công ty Ultimaker) để in các bộ phận bằng nhựa lắp ráp với nhau tạo thành ngôi nhà (bao gồm cả nội thất). Ngôi nhà gồm có 13 phòng, vật liệu bê tông được sử dụng duy nhất cho phần kết cấu móng. Đây là ngôi nhà được xây dựng bằng công nghệ in 3D đầu tiên trên thế giới.

Tháng 02/2024, tòa nhà The Wave House – Trung tâm dữ liệu (Heidelberg, Đức) được khánh thành, là tòa nhà in 3D lớn nhất ở Châu Âu (tính đến thời

¹ Trưởng Khoa Quản lý xây dựng – Học viện Cán bộ quản lý xây dựng và đô thị

điểm này), đánh dấu một bước tiến đáng kể trong ngành Xây dựng. PERI 3D Construction và Kraus Gruppe, sử dụng máy in BOD2 (của COBOD International PERI) để hoàn thiện các bức tường với tốc độ 4 m²/h trên tổng diện tích 600 m² (chỉ có 02 công nhân và 140 giờ làm việc để xây tòa nhà dài 54m, rộng 11m, cao 9m). Tòa nhà giảm được khoảng 45% lượng khí CO₂ so với một tòa nhà sử dụng kết cấu bê tông xi măng và còn có thể tái chế sau khi hết hạn sử dụng. “Dự án độc đáo nhấn mạnh đến hai lợi ích chính của in xây dựng 3D, đó là tốc độ thực hiện và tự do thiết kế” (Henrik Lund-Nielsen - Tổng giám đốc của COBOD).

Sử dụng in 3D trong xây dựng được coi là bước đột phá, in 3D làm tăng hiệu quả của dự án, giảm chi phí và giảm lãng phí vật liệu, tăng đảm bảo an toàn cho người lao động và mang lại sự linh hoạt trong thiết kế. Hiệu quả hơn nữa là sự tích hợp của Mô hình thông tin công trình (BIM) và in 3D, điều này cho phép các chuyên gia xây dựng tạo ra các mô hình chi tiết và sau đó in chúng ra trong một khoảng thời gian ngắn hơn nhiều so với việc xây dựng bằng các phương pháp truyền thống. Công nghệ in 3D lần đầu tiên được sử dụng để tạo ra các mô hình và nguyên mẫu có quy mô nhỏ, quá trình này đã được cải tiến để cho phép in toàn bộ tòa nhà. Và trong tương lai, toàn bộ ngôi nhà có thể được in tại chỗ, hoàn chỉnh với điện, hệ thống ống nước và các lớp hoàn thiện.

2. Ưu điểm của in 3D trong Xây dựng

In 3D đã cách mạng hóa ngành công nghiệp xây dựng, việc tích hợp in 3D trong xây dựng vẫn còn ở giai đoạn đầu, nhưng đã mang lại nhiều lợi thế so với các phương pháp xây dựng truyền thống. Tính linh hoạt trong thiết kế có thể được đề cập đến như một lợi thế đầu tiên của in 3D trong xây dựng. Công nghệ in 3D cho phép các kiến trúc sư và công ty xây dựng tạo ra những thiết kế độc đáo và phức tạp mà xây dựng truyền thống không thực hiện được. Các công trình có thể được điều chỉnh để phù hợp hơn với nhu cầu và sở thích cho từng khách hàng. Bằng cách sử dụng máy in 3D, dự án có thể được hoàn thành nhanh hơn nhiều. Các chi tiết kết cấu sẽ được in tại vị trí mà nó làm việc, giảm bớt được thời gian vận chuyển vật liệu rời và thao tác tổ hợp trên kết cấu (ví dụ như việc xây tường từ gạch và vữa). Việc này cũng giúp giảm vật tư hao hụt trong quá trình xây dựng, lượng vật tư được dùng sát với dự toán thiết kế, những vật liệu dư thừa có thể được tái chế hoặc tái sử dụng.

Với in 3D, nhiều bộ phận của công trình có thể được chế tạo đồng thời, cho phép hoàn thành dự án nhanh hơn. Nhiều cấu kiện được thi công mà không cần đến ván khuôn, hay các khuôn mẫu. Nhiều cấu kiện khó và phức tạp được in 3D tại công trường, hoặc được chế tạo sẵn trong nhà xưởng đã làm giảm được nguy cơ tai nạn lao động và ảnh hưởng môi trường xây dựng đến người lao động trên công trường. In 3D cũng giảm nhu

cầu về nhân công xây dựng, giảm các chi phí liên quan tới nhân công, đảm bảo kiểm soát tốt hơn yếu tố con người trong xây dựng, khắc phục được tính thời vụ của nhân công đang phổ biến trong thi công xây dựng hiện nay.

3. Kỹ thuật và vật liệu in 3D

Kỹ thuật in bê tông sử dụng một máy đùn robot khổng lồ để tạo ra các bộ phận xây dựng quy mô lớn như tường, cột và dầm. Những máy này sử dụng các lớp bê tông có công thức đặc biệt để tạo ra vật thể ba chiều. In bê tông không chỉ nhanh chóng mà còn mang lại kết cấu chắc chắn và bền hơn. Sự thành công của in 3D trong xây dựng phụ thuộc rất nhiều vào việc lựa chọn kỹ thuật và vật liệu phù hợp sử dụng. Một số kỹ thuật và vật liệu được đề cập đến như sau:

Mô hình Lắng đọng hợp nhất (FDM_Fused Deposition Modeling) là một phương pháp in 3D phổ biến, sử dụng để tạo ra các mô hình, nguyên mẫu, và sản phẩm cuối cùng trong nhiều lĩnh vực, bao gồm cả xây dựng. Trong FDM, vật liệu được nung chảy và ép ra qua một đầu phun, lắng đọng từng lớp một lên bề mặt làm việc để tạo ra một cấu trúc ba chiều. Phương pháp này cho phép xây dựng các cấu trúc phức tạp với chi phí thấp và thời gian sản xuất nhanh chóng, làm cho nó trở thành một công nghệ tiềm năng cho ngành Xây dựng.

Kỹ thuật in Li-tô lập thể (SLA_Stereolithography) sử dụng quá trình polyme hóa quang để tạo ra các vật thể từ vật liệu nhựa lỏng. Quá trình này bao gồm việc sử dụng tia laser cực tím để hóa cứng vật liệu nhựa theo từng lớp. SLA được biết đến với khả năng tạo ra các vật thể có độ chi tiết cao với bề mặt mịn. Nó thường được sử dụng trong các mô hình kiến trúc, mặt tiền và các chi tiết trang trí.

Kỹ thuật Bồi đắp hợp nhất (PBF_Powder Bed Fusion) là một kỹ thuật in 3D nơi bột kim loại hoặc nhựa được rải đều trên một bề mặt và sau đó được hợp nhất thông qua một nguồn năng lượng như tia laser hoặc tia electron. Quá trình này tạo ra các vật thể rắn từ dữ liệu số bằng cách hợp nhất bột ở điểm tiếp xúc, cho phép tạo ra các cấu trúc phức tạp và chi tiết mà không cần dùng đến khuôn.



In 3D trong xây dựng là công nghệ tiên tiến, cho phép tạo ra các chi tiết và cấu kiện xây dựng một cách nhanh chóng, chính xác



Với in 3D, các hạng mục công trình có thể được chế tạo đồng thời, cho phép hoàn thành dự án nhanh hơn

Trong xây dựng, PBF thường được sử dụng để tạo ra các bộ phận kim loại cho các dự án có quy mô lớn và được biết đến với khả năng tạo ra các hình dạng phức tạp.

Vật liệu phổ biến in 3D trong xây dựng bao gồm bê tông, vật liệu tổng hợp, nhựa, kim loại và Ingeo (một loại vật liệu sinh học, như ngô). Bê tông đặc biệt phù hợp cho việc xây dựng cấu trúc lớn như tường, cột, và móng nhà. Bê tông sử dụng thường là loại có công thức được tối ưu hóa cho quá trình in, đảm bảo đủ độ linh động để dễ dàng được ép qua đầu in và đủ nhanh đông cứng để giữ hình dạng sau khi được in ra. Điều này cho phép xây dựng các cấu trúc tường chắc chắn, bền vững với khả năng chịu lực tốt, đồng thời giảm thiểu lãng phí

vật liệu và thời gian thi công so với các phương pháp xây dựng truyền thống. Vật liệu tổng hợp và nhựa có thể được dùng cho các bộ phận kiến trúc chi tiết và trang trí. Kim loại được ứng dụng trong sản xuất các bộ phận cấu trúc chịu lực và phụ kiện với độ bền cao. Do tính chất sinh học và khả năng phân hủy, Ingeo thường được ưa chuộng trong các dự án in 3D yêu cầu tính bền vững và thân thiện với môi trường, nhưng ít khi được áp dụng trực tiếp trong xây dựng cơ bản do đặc tính vật lý và độ bền cần thiết của kết cấu xây dựng.

Việc sử dụng vật liệu in ấn bền vững là một sự phát triển khác sẽ có tác động đáng kể đến ngành Xây dựng. Việc giảm chất thải vật liệu và tác động môi trường từ các phương pháp xây dựng truyền

thống là rất lớn. Điều này sẽ cho phép các cấu trúc in 3D bền vững, tiết kiệm năng lượng và có trách nhiệm với môi trường. Các vật liệu như nhựa thải, polyme sinh học và vật liệu gốc xenlulo đã được sử dụng để in các cấu trúc có thể mô phỏng cường độ và độ bền của bê tông.

4. Tích hợp BIM

Các mô hình BIM có thể tạo ra dữ liệu để chế tạo và in 3D bằng cách thực hiện một phiên bản bằng kỹ thuật số của công trình. Phiên bản này có đầy đủ thông số kỹ thuật và trình tự thi công lắp dựng. Dữ liệu có thể được kết xuất liên tục để tự động tạo các bản vẽ sản xuất chính xác, lịch trình cho các quy trình chế tạo và mô hình 3D để in. Điều này cho phép tăng cường hợp tác và giao tiếp giữa các nhóm thiết kế công trình với các chuyên gia thi công hay chế tạo. In 3D tích hợp BIM giúp tạo ra các sản phẩm thiết kế với độ chính xác và sự phối hợp cao, với lợi ích vượt trội là có thể in các cấu kiện có hình dáng phức tạp khó có thể thi công hay chế tạo bằng các phương pháp truyền thống. Ngoài ra, quy trình làm việc thông qua dữ liệu duy nhất này có thể được sử dụng tương tác hai chiều, tối ưu hóa quy trình chế tạo, giảm sai sót và cải thiện quy trình xây dựng hoặc sản xuất, đảm bảo tiết kiệm chi phí và tăng hiệu quả của dự án.

Tương lai của in 3D trong xây dựng thực sự là một điều thú vị. Với sự tích hợp của IoT và AI, in ấn quy mô lớn, vật liệu



Sự tích hợp của BIM và in 3D sử dụng hiệu quả và tiết kiệm tài nguyên thiên nhiên, giảm thiểu chất thải xây dựng



Hội thảo về BIM trong hoạt động xây dựng được tổ chức tại Học viện Cán bộ quản lý xây dựng và đô thị

bền vững, nỗ lực khắc phục thiên tai và thậm chí cả khám phá không gian, khả năng là vô tận. In 3D đang cách mạng hóa ngành Xây dựng thông qua nhiều lợi ích như hiệu quả, tiết kiệm chi phí và tăng cường độ an toàn. Với sự tích hợp của BIM, in 3D ngày càng trở nên hiệu quả với các kết cấu ngày càng phức tạp hơn, cho phép thiết kế linh hoạt hơn, sử dụng hiệu quả và tiết kiệm tài nguyên thiên nhiên, giảm thiểu chất thải xây dựng.

5. Những thách thức và hạn chế

Việc sử dụng công nghệ in 3D trong xây dựng đang ngày càng được áp dụng rộng rãi những năm gần đây do phương pháp này mang lại nhiều ưu điểm vượt trội và hiệu quả so với phương pháp xây dựng truyền thống. Tuy nhiên, công nghệ này vẫn còn một số thách thức và hạn chế cần được giải quyết để có thể tích hợp hoàn toàn vào ngành Xây dựng. Một trong những hạn chế của in 3D trong xây dựng là khả năng áp dụng với các công trình có quy mô lớn, do khả năng mở rộng kích thước máy in đang bị hạn chế. Hầu hết các máy in 3D hiện đang có thể tạo ra các cấu trúc có kích thước vừa và nhỏ, hạn chế này đã cản trở sự phát triển của in 3D trong ngành Xây dựng và cần nhiều nghiên cứu hơn để đưa ra các quy trình có thể tăng kích thước hoạt động của máy in.

Bên cạnh đó, hoạt động xây dựng hiện đang chưa có các quy định về việc quản lý và sử dụng công nghệ in 3D.

Cần phải có kế hoạch xây dựng hành lang pháp lý, và các quy định kỹ thuật hướng dẫn việc sử dụng công nghệ này. Thiếu hướng dẫn kỹ thuật có thể gây ra những vấn đề về kiểm soát đảm bảo an toàn và dẫn đến sai sót trong xây dựng. Tiêu chuẩn hóa vật liệu, và kỹ thuật đều cần thiết cho việc sử dụng in 3D trong xây dựng. Tiếp theo sẽ cần đào tạo kiến thức và kỹ năng phù hợp cho người vận hành để đảm bảo sử dụng tốt công nghệ trong quá trình xây dựng.

6. Kết luận và khuyến nghị

In 3D và BIM đã cách mạng hóa ngành Xây dựng và giúp công tác xây dựng nhanh hơn, an toàn hơn và tiết kiệm chi phí hơn. Nhưng tiềm năng của công nghệ này không dừng lại ở đây. Tương lai của in 3D trong xây dựng là một triển vọng tốt, với sự tích hợp của BIM, IoT và AI, vật liệu bền vững, khắc phục thiên tai và thậm chí cả chinh phục không gian đều trở thành hiện thực. Sự tích hợp này sẽ cho phép theo dõi và phân tích thời gian thực của quá trình xây dựng. Với sự trợ giúp của AI, có thể kích hoạt các thuật toán tự học, giảm thời gian xây dựng và nâng cao độ chính xác của việc xây dựng. Sự ra đời của công nghệ máy in quy mô lớn, các cấu trúc như tòa nhà cao tầng, cầu và thậm chí hạ tầng có thể được in để giảm thiểu thời gian xây dựng, giúp tiết kiệm thời gian, nhân công và chi phí nguyên vật liệu. Điều này sẽ giúp thu thập những

kiến thức có thể được sử dụng để cải thiện quy trình và hiệu suất sản phẩm.

Công nghệ in 3D tích hợp BIM trong xây dựng cho thấy một bước tiến đáng kể trong ngành Xây dựng, mang lại khả năng tạo ra các công trình phức tạp với chi phí tiết kiệm và thời gian thi công nhanh chóng. Sự kết hợp này không chỉ cải thiện độ chính xác và hiệu quả trong quá trình xây dựng mà còn thúc đẩy sự phát triển bền vững, sử dụng hiệu quả tài nguyên thiên nhiên và giảm lãng phí trong xây dựng tiến tới áp dụng hiệu quả Kinh tế tuần hoàn trong xây dựng. Đó là xu hướng cũng như bước phát triển tất yếu của công nghệ xây dựng. Để thực hiện hiệu quả, cần thiết hiện nay là xây dựng hành lang pháp lý, hệ thống Quy chuẩn và Tiêu chuẩn kỹ thuật để sử dụng cho thiết kế, thi công và nghiệm thu công trình xây dựng sử dụng công nghệ in 3D đồng thời với việc áp dụng BIM hiện nay. Các tổ chức và cá nhân tham gia hoạt động xây dựng cũng nên sớm nghiên cứu áp dụng và làm chủ công nghệ này.

Tài liệu tham khảo

1. Quyết định số 179/QĐ-TTg ngày 16/02/2024 Chiến lược phát triển ngành Xây dựng đến năm 2030, định hướng đến năm 2045.

2. <https://www.wikipedia.org/>; bimgym.com; united-bim.com; cobod.com.