

HỆ SINH THÁI CÔNG NGHỆ SỐ (AI - BIM - GIS - DIGITAL TWIN) - ĐỘNG LỰC VÀ CÔNG CỤ ĐỂ ĐỔI MỚI TOÀN DIỆN CÔNG TÁC QUY HOẠCH, KIẾN TRÚC VÀ QUẢN TRỊ ĐÔ THỊ TẠI VIỆT NAM

TS.KTS **NGUYỄN TẤT THẮNG** | NGHIÊN CỨU VIÊN CAO CẤP - VIỆN KIẾN TRÚC QUỐC GIA

Trong bối cảnh cách mạng công nghiệp 4.0, Ngành Xây dựng với lĩnh vực Quy hoạch, Kiến trúc tại Việt Nam đang đứng trước yêu cầu cấp bách về chuyển đổi số để giải quyết các thách thức về đô thị hóa và biến đổi khí hậu. Bài báo này nghiên cứu sự tích hợp đa chiều giữa mô hình thông tin công trình (BIM), trí tuệ nhân tạo (AI) cùng các công nghệ hỗ trợ như GIS và Digital Twin, thông qua việc phân tích chuỗi quy trình từ quy hoạch vùng, quy hoạch chung, quy hoạch phân khu, quy hoạch chi tiết, thiết kế đô thị đến thiết kế kiến trúc xanh (Biophilic Design), bảo tồn di sản bằng Scan-to-BIM, cho đến vận hành đô thị theo hướng thông minh... Nghiên cứu chỉ ra rằng, sự cộng hưởng công nghệ sẽ giúp tối ưu hóa hiệu suất năng lượng, bảo tồn và gìn giữ hệ sinh thái và môi trường, bảo tồn các giá trị văn hóa truyền thống và nâng cao năng lực quản trị đô thị. Kết quả nghiên cứu sẽ đề xuất một lộ trình tích hợp dữ liệu thống nhất, góp phần định hình tương lai bền vững cho quy hoạch, kiến trúc cùng vận hành và quản trị tại các đô thị Việt Nam trong Kỷ nguyên số.

TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ CỐT LÕI BIM, AI VÀ SỰ CỘNG HƯỞNG KHI KHAI THÁC TÍCH HỢP

Có thể thấy, BIM (Trực dữ liệu hình học và thông tin) với vai trò là “nguồn sự thật duy nhất” (Single Source of Truth). Trong khi đó, AI (Trí tuệ nhân tạo) là công cụ phân tích, tối ưu hóa và dự báo. Khi cùng kết hợp 2 công nghệ số này trong toàn bộ công tác thiết kế quy hoạch, kiến trúc dạng bản vẽ giấy tĩnh lần triển khai các công tác quản lý, quản trị mang tính hiển thị động hoặc thực tế ảo... sẽ thấy sự cộng hưởng với câu hỏi được đặt ra: tại sao BIM cần AI để xử lý dữ liệu lớn và AI cần BIM để thực thi các giải pháp không gian? Chúng ta có thể làm rõ điều đó, qua phân tích mối quan hệ và tương tác hoạt động của chúng dưới đây:

Tại sao BIM cần AI để xử lý dữ liệu lớn (Big Data)?

Mô hình BIM không chỉ là hình khối 3D mà là một kho dữ liệu khổng lồ chứa đựng thông tin của hàng vạn đối tượng (vật liệu, giá thành, vòng đời, thông số kỹ thuật...), vượt quá khả năng xử lý của con người. Khi quy mô dự án tăng lên (như quy hoạch một khu đô thị hàng trăm ha), số lượng tham số trong BIM trở nên cực kỳ phức tạp. Trong khi đó, AI sẽ đóng vai trò là bộ lọc thông minh, giúp quét qua hàng triệu điểm dữ liệu để phát hiện xung đột, sai sót mà mắt thường không thể thấy.

Mặt khác, để chuyển đổi dữ liệu tĩnh thành động, BIM truyền thống thường



Hình 1. Sự kết hợp giữa BIM và AI, cùng được hỗ trợ trên nền tảng GPS và các công nghệ số khác, đem lại cho lĩnh vực quy hoạch, kiến trúc, xây dựng và vận hành quản trị đô thị theo hướng công nghệ số

Tại sao AI cần BIM để thực thi các giải pháp không gian?

mang tính tĩnh (Snapshot), AI lại giúp phân tích các luồng dữ liệu thời gian thực từ cảm biến IoT đổ về mô hình BIM, từ đó tự động phân loại và nhận diện các xu hướng (ví dụ: dự báo khu vực nào trong tòa nhà sẽ quá nhiệt dựa trên dữ liệu sống). Và như vậy, để tối ưu hóa quy trình (Automation), BIM sẽ cần AI để tự động hóa các tác vụ lặp đi lặp lại như gắn nhãn cấu kiện, bóc tách khối lượng hoặc kiểm tra tính tuân thủ của bản vẽ kỹ thuật đối với các quy chuẩn, tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam.

AI có khả năng tính toán siêu việt, nhưng nó là một thực thể “vô hình” nếu không có một môi trường để thể hiện kết quả. Chẳng hạn, việc cung cấp ngữ cảnh không gian (Spatial Context), AI có thể tính toán ra phương án tiết kiệm năng lượng nhất, nhưng để thực thi, nó cần dữ liệu hình học chính xác từ BIM để biết chính xác vị trí đặt tấm pin mặt trời hay hướng mở cửa cửa sổ. Khi đó, BIM sẽ

Đặc điểm	BIM cung cấp cho AI	AI cung cấp cho BIM
DỮ LIỆU	Cấu trúc dữ liệu hình học và phi hình học	Khả năng phân tích, lọc và dự báo từ dữ liệu
KHÔNG GIAN	Môi trường 3D chính xác để thực thi ý tưởng	Các phương án tối ưu hóa hình khối và công năng
HIỆU QUẢ	Lưu trữ thông tin vòng đời công trình	Tự động hóa việc quản lý và vận hành thông tin

Bảng 1: Quan hệ tương tác và hỗ trợ nhau giữa BIM và AI về dữ liệu và không gian

cung cấp tọa độ thực cho các thuật toán AI; Hoặc với cấu trúc hóa dữ liệu (Structured Data), nếu dữ liệu đầu vào rời rạc (như bản vẽ CAD 2D), AI sẽ khó nhận diện được mối quan hệ không gian, BIM sẽ cung cấp dữ liệu đã được cấu trúc hóa chặt chẽ (đầu là tường, đầu là dầm, cột...), tạo điều kiện cho AI đưa ra các quyết định thiết kế hợp lý; Hoặc để hình ảnh hóa kết quả (Visualization), mọi giải pháp của AI (như thiết kế tạo sinh) cần được chuyển đổi thành mô hình BIM để kiến trúc sư có thể tương tác, chỉnh sửa và quan trọng nhất là để máy móc thi công có thể đọc được thông tin để xây dựng trên thực tế... (Hình 1)

Ta có thể tóm tắt sự tương tác giữa BIM và AI qua bảng 1.

Sự cộng hưởng này tạo ra một "Trí tuệ công trình" (Building Intelligence), nơi BIM là cơ thể (phần cứng) và AI là bộ não (phần mềm). Thiếu một trong hai, quá trình chuyển đổi số trong quy hoạch và kiến trúc sẽ không thể hoàn thiện.

ỨNG DỤNG ĐỘT PHÁ TRONG QUY HOẠCH, THIẾT KẾ, TỔ CHỨC VÀ QUẢN LÝ KHÔNG GIAN KHI SỬ DỤNG BIM VÀ AI, KẾT HỢP VỚI CÁC CÔNG NGHỆ SỐ KHÁC TRONG ĐIỀU KIỆN VIỆT NAM

Thực trạng và thách thức tại Việt Nam

Dù tiềm năng là rất lớn, tuy nhiên việc áp dụng hệ sinh thái công nghệ AI-BIM-GIS tại Việt Nam hiện nay vẫn đang ở giai đoạn chuyển mình với nhiều nút thắt cần tháo gỡ.

Khung pháp lý và Tiêu chuẩn kỹ thuật

Thực trạng: Chính phủ đã có lộ trình áp dụng BIM (Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17/03/2023 về việc Phê duyệt

lộ trình áp dụng mô hình thông tin công trình BIM trong hoạt động xây dựng và Quyết định số 347/QĐ-BXD ngày 02/04/2021 về việc công bố Hướng dẫn chung áp dụng mô hình thông tin công trình BIM đối với công trình dân dụng và hạ tầng kỹ thuật đô thị). Tuy nhiên, các hướng dẫn về việc kết hợp BIM với AI hay Digital Twin vẫn chưa có khung pháp lý hay yêu cầu bắt buộc rõ ràng.

Rào cản: việc nghiệm thu bản vẽ trên nền tảng số (Model-based approval) thay vì bản vẽ giấy truyền thống vẫn gặp khó khăn về các thủ tục hành chính, nhất là sự tương đồng kỹ thuật và nghĩa vụ cùng thực hiện giữa các chủ thể có liên quan đến hoạt động xây dựng trên toàn lãnh thổ...

Hạ tầng dữ liệu và tính liên thông (Interoperability)

Nỗi lo về kho dữ liệu: dữ liệu quy hoạch (GIS) do Bộ Xây dựng quản lý, trong khi đó dữ liệu đất đai (địa chính) lại do Bộ Tài nguyên và Môi trường quản lý. Sự thiếu đồng bộ và chia sẻ dữ liệu giữa các Bộ, Ngành khiến AI không có đủ "nguyên liệu" sạch để phân tích chính xác.

Hạ tầng số: các tổ chức, doanh nghiệp hoạt động về lĩnh vực quy hoạch, kiến trúc vừa và nhỏ tại Việt Nam còn hạn chế về hạ tầng máy chủ mạnh để chạy các thuật toán AI phức tạp hoặc lưu trữ mô hình BIM quy mô lớn trên đám mây.

Nguồn nhân lực và tư duy thiết kế

Sự hẫng hụt kỹ năng: đang có một khoảng cách lớn giữa thế hệ kiến trúc sư giàu kinh nghiệm thực tế nhưng ngại công nghệ và thế hệ trẻ giỏi công nghệ nhưng thiếu trải nghiệm về văn hóa, xã hội và vật liệu bản địa.

Tư duy: nhiều đơn vị vẫn coi BIM/AI là một chi phí bổ sung chứ chưa nhìn nhận đó là một khoản đầu tư dài hạn để giảm thiểu rủi ro và tăng năng suất lao động.

Với thực trạng và thách thức như trên, việc tích hợp sử dụng công nghệ BIM và AI cùng các công nghệ số khác, sẽ có xu hướng tạo ra chuỗi và nền tảng hệ sinh thái số trong các hoạt động xây dựng có liên quan đến lĩnh vực quy hoạch, kiến trúc và quản trị vận hành. Trong đó, đặc biệt liên quan đến các đồ án quy hoạch ở các cấp độ khác nhau, các công trình kiến trúc theo xu hướng cộng sinh với tự nhiên hoặc giao thoa giữa truyền thống và hiện đại và song hành với công tác quản lý, quản trị đô thị, nông thôn theo hướng thông minh. Chúng sẽ được phân tích cụ thể sau đây.

Từ quy hoạch vùng đến quy hoạch chi tiết - Sự kết hợp BIM - GIS - Big Data

Trong quy hoạch liên vùng và tỉnh, đặc biệt là các đồ án quy hoạch chung, phân khu, chi tiết... thách thức lớn nhất là sự mất kết nối giữa dữ liệu địa lý diện rộng và chi tiết kỹ thuật của từng khu vực, công trình. Sự kết hợp giữa BIM và GIS (Geographic Information System) chính là chìa khóa để giải quyết sự đứt gãy này. (Hình 2)

Thiết lập nền tảng dữ liệu không gian thống nhất

Sự kết hợp này tạo ra một mô hình đô thị đa cấp độ, ở đó GIS đóng vai trò khung xương, bao gồm quản lý dữ liệu nền tảng như địa hình, hệ thống sông ngòi, ranh giới hành chính, hạ tầng giao thông kết nối liên vùng và dữ liệu sử dụng đất; BIM đóng vai trò tế bào với cung cấp thông tin chi tiết về các dự án hạ tầng trọng điểm (cầu, đường cao tốc, nhà ga) và các khu đô thị mới trong đồ án quy hoạch chi tiết 1/500.

Ứng dụng Big Data trong dự báo quy hoạch tại Việt Nam

Việc tích hợp Big Data (dữ liệu lớn) cho phép các nhà quy hoạch Việt Nam không còn phải khó khăn trong việc xác định nhu cầu của người dân, thông qua dữ liệu di động và dân cư. Bằng cách phân tích luồng di cư và



Hình 2: Sự kết hợp của BIM, GIS và BIG DATA trong thiết lập các đồ án quy hoạch xây dựng và quản trị đô thị

mật độ dân số thực tế thông qua tín hiệu viễn thông để xác định vị trí đặt các trung tâm kinh tế hoặc các khu công nghiệp mới trong quy hoạch; Hoặc muốn phân tích tác động của môi trường, sẽ kết hợp dữ liệu lịch sử về thủy văn và BĐKH để mô phỏng kịch bản nước biển dâng, các khu vực có nguy cơ ngập lụt, sạt lở đất... AI sẽ chạy trên nền GIS-BIM để chỉ ra những khu vực nào sẽ bị ảnh hưởng, từ đó có thể đưa ra cốt nền xây dựng phù hợp.

Khả năng tương tác và hỗ trợ ra quyết định

Sự kết hợp này cho phép các bên liên quan (chính quyền, chủ đầu tư, người dân) tương tác trên cùng một giao diện. Khi đó, việc kiểm soát mật độ và tầng cao sẽ được AI tự động quét mô hình 3D để cảnh báo các công trình vi phạm quy hoạch về chiều cao hoặc lấn chiếm hành lang bảo vệ đê, sông ngòi, chỉ giới đường đỏ... Song song với đó, sẽ tối ưu hóa hạ tầng kỹ thuật, chẳng hạn khi một khu đô thị mới sử dụng BIM được đặt vào quy hoạch chung với nền tảng GIS, hệ thống sẽ tự động tính toán tải lượng điện, nước và giao thông lên hệ thống hiện hữu, giúp ngăn chặn tình trạng quá tải hạ tầng sau khi đưa vào vận hành.

Ý nghĩa đối với quản trị đô thị tại Việt Nam

Việc áp dụng BIM-GIS-Big Data giúp chuyển đổi từ "Quy hoạch tĩnh" (các bản vẽ PDF/giấy) sang "Quy hoạch động". Điều này cực kỳ quan trọng đối với các thành phố đang phát triển nóng như Hà Nội hay TPHCM, nơi dữ liệu hạ tầng thay đổi theo từng tháng. Nó tạo ra một hệ thống quản lý minh bạch, giảm thiểu sai sót trong công tác cấp phép xây dựng và quản lý đất đai...

Thiết kế kiến trúc Xanh và Biophilic - Vai trò của Generative Design và AI

Trong bối cảnh đô thị hóa và biến đổi khí hậu tại Việt Nam, kiến trúc không chỉ cần thỏa mãn công năng và kỹ thuật, mỹ thuật, mà phải là một thực thể cộng sinh với tự nhiên. AI và Generative Design (Thiết kế tạo sinh) sẽ giúp chuyển hóa những khái niệm trừu tượng của thiết kế Biophilic (Sinh học) thành các thông số kỹ thuật chính xác, đồng thời lựa chọn tối ưu hóa về năng lượng cùng kết cấu phù hợp. Có thể thấy rõ ưu việt đó qua 2 tương tác và đưa đến hiệu quả sau: (Hình 3)

Giải mã ngôn ngữ tự nhiên thông qua thuật toán (Algorithm)

Thiết kế Biophilic nhấn mạnh vào sự kết nối giữa con người và thiên nhiên - AI sẽ giúp hiện thực hóa điều này qua:

+ Mô phỏng hình thái học (Morphology): AI sử dụng các thuật toán hình học như Fractal hay Topology để tạo ra các cấu trúc bao che (facade) có độ phức tạp như tán cây, hình khối mô phỏng sinh học, tâm linh... giúp tán xạ nhiệt tối ưu cho các tòa nhà tại vùng khí hậu nhiệt đới.

+ Tối ưu hóa đa mục tiêu: thay vì kiến trúc sư phải tự cân đối giữa diện tích mảng xanh và hiệu quả sử dụng đất, Generative Design trong BIM sẽ chạy hàng ngàn kịch bản để tìm ra phương án có chỉ số hạnh phúc (Well-being index) cao nhất mà vẫn đảm bảo mục tiêu và hiệu quả đầu tư.

Chiến lược thiết kế thụ động (Passive Design) dựa trên dữ liệu

Tại Việt Nam, việc tận dụng thông gió và khai thác sử dụng ánh sáng tự nhiên là cốt lõi của kiến trúc xanh - Vì vậy, khi có sự hỗ trợ của AI, sẽ lựa chọn được hướng tốt cho công trình để thỏa mãn tốt nhất về hướng gió mát và tận dụng ánh sáng tự nhiên.

+ AI-driven Wind Analysis: AI phân tích hướng gió tại các đô thị đặc thù (như gió Lào miền Trung hay gió mùa tại miền Bắc) để đề xuất hình khối công trình giúp tối ưu hóa luồng khí xuyên phòng, giảm sự lệ thuộc vào điều hòa nhiệt độ.

+ Daylighting Optimization: Các công cụ AI tích hợp trong BIM tính toán chính xác độ chói và phân bố ánh sáng, đảm bảo mọi vị trí sinh hoạt, làm việc, nghỉ ngơi... đều có tầm nhìn ra thiên nhiên, đáp ứng các tiêu chuẩn LEED, BREAM hoặc LOTUS...

Bảo tồn và phát triển di sản - Sự kết hợp giữa Scan-to-BIM và AI

Việt Nam sở hữu hệ thống di sản kiến trúc đồ sộ nhưng đang đối mặt với sự xuống cấp bởi thời gian và thiên tai. Công nghệ số sẽ giúp tạo ra một "bản lưu trữ vĩnh cửu" và khoa học cho các di sản này, thông qua sự kết hợp của BIM và AI với các công nghệ số sau: (Hình 4)



Hình 3. Biophilic Design và Generative Design theo xu hướng kiến trúc xanh, tạo sinh hoặc mô phỏng sinh học, tâm linh... được sự trợ giúp của AI

+ Thu thập dữ liệu phi vật thể và vật thể: sử dụng máy quét Laser 3D (Terrestrial Laser Scanning) và Drone (Photogrammetry) để chụp lại toàn bộ hiện trạng công trình dưới dạng Đám mây điểm (Point Cloud). Dữ liệu này ghi lại chính xác đến từng milimet các chi tiết hoa văn, độ nghiêng của cột, hay các vết nứt thời gian...

+ Thiết lập mô hình HBIM (Heritage BIM): khác với BIM thông thường, HBIM là mô hình thông tin di sản. Ví dụ, mỗi cấu kiện gỗ, viên ngói hay mảng phù điêu đều được định danh với các dữ liệu về: niên đại, chủng loại vật liệu, tình trạng hư hại và lịch sử tu bổ...

Vai trò của AI trong phân tích và phục dựng

AI trong nhận diện hư hại (Damage Detection): sử dụng thuật toán học máy (Machine Learning) để phân tích hình ảnh và dữ liệu quét, tự động nhận diện các dấu hiệu mục rỗng, mối mọt hoặc

biến dạng kết cấu mà mắt thường khó phát hiện.

Mô phỏng phục dựng: AI giúp so sánh hiện trạng với các tư liệu lịch sử để gợi ý các phương án phục dựng nguyên gốc. Đối với việc kết hợp truyền thống và hiện đại, hoặc cải tạo xen cấy thêm chức năng mới cho công trình, AI sẽ giúp kiến trúc sư thử nghiệm các giải pháp vật liệu mới (như kính, thép) sao cho hòa quyện với kết cấu gỗ cổ truyền mà không làm mất đi tính nguyên bản (Authenticity) hoặc hài hòa với phong cách kiến trúc của công trình hoặc quần thể công trình...

Quản trị đô thị thông minh - Hệ sinh thái Digital Twin và IoT

Sau khi quy hoạch chi tiết hoàn tất và đi vào triển khai, vận hành, đô thị thường cần một cơ chế "quản trị sống"- Đây là nơi Digital Twin (Bản sao số) và IoT (Internet vạn vật) phát huy sức mạnh. Có thể thấy rõ điều đó thông qua sự tích

hợp của GIS-AI-BIM-DIGITAL Twin - IoT sau đây: (Hình 5)

Bản sao số - Bộ não điều hành đô thị

Digital Twin không chỉ là một mô hình 3D tĩnh mà là một thực thể kỹ thuật số phản ánh trung thực trạng thái của đô thị theo thời gian thực:

+ Tích hợp dữ liệu đa nguồn: kết nối mô hình BIM của tòa nhà, hệ thống hạ tầng kỹ thuật (GIS) và các luồng dữ liệu dân cư.

+ Tương tác thời gian thực: thông qua các cảm biến IoT gắn tại hệ thống đèn đường, cống thoát nước và các nút giao thông, dữ liệu sẽ liên tục được đổ về bản sao số.

Quản trị dựa trên kịch bản và dự báo (Predictive Management)

Quản lý năng lượng và môi trường: AI

phân tích dữ liệu từ các cảm biến không khí và điện năng để tự động điều chỉnh hệ thống chiếu sáng công cộng hoặc đưa ra cảnh báo ô nhiễm theo từng khu vực nhỏ (Micro-climate).

Ứng phó thiên tai và sự cố: tại các đô thị lớn như Hà Nội, TPHCM hay Đà Nẵng, Digital Twin cho phép chạy kịch bản mô phỏng ngập lụt. Khi có mưa lớn, AI dự báo các điểm ngập dựa trên cao độ thực tế của mô hình BIM-GIS để kích hoạt hệ thống bơm và điều hướng giao thông tự động.

Tối ưu hóa hạ tầng: quản lý vòng đời hạ tầng bằng cách dự báo thời điểm cần bảo trì cầu đường, đường ống... dựa trên mức độ sử dụng thực tế, thay vì chỉ có bảo trì định kỳ.

Ta có thể thấy rõ sự kết hợp của các công nghệ số đã đem lại hiệu quả cho từng đối tượng trong quản lý và quản trị đô thị thông qua bảng so sánh khả năng hỗ trợ và tương tác theo Bảng 2.

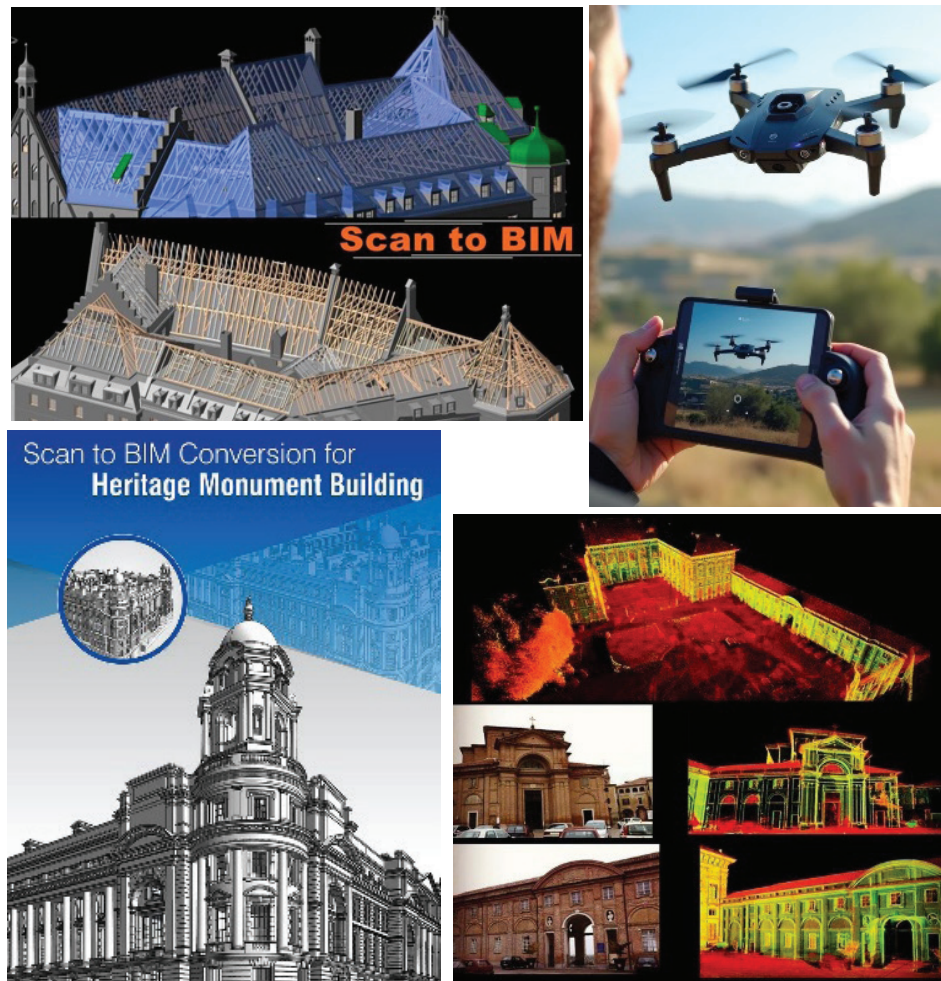
ĐỀ XUẤT MỘT SỐ GIẢI PHÁP THúc ĐẨY HỆ SINH THÁI SỐ TRONG QUY HOẠCH VÀ KIẾN TRÚC

Để hiện thực hóa tiềm năng của AI, BIM và các công nghệ số khác tại Việt Nam, cần một chiến lược đồng bộ từ cấp Chính phủ đến các tổ chức, doanh nghiệp, tư nhân... bao gồm 3 giải pháp chính sau đây:

Xây dựng và chuẩn hóa Trục dữ liệu số quốc gia

Liên thông dữ liệu: cần thiết lập một môi trường dữ liệu chung (SDE - Shared Data Environment) cấp quốc gia, nơi dữ liệu GIS của Bộ Tài nguyên & Môi trường và dữ liệu quy hoạch/BIM của Bộ Xây dựng có thể tương tác được với nhau. Việc chuẩn hóa định dạng dữ liệu (như IFC - Industry Foundation Classes cho BIM và CityGML - City Geography Markup Language cho GIS) là điều kiện tiên quyết để AI có thể khai thác. Trong đó, IFC tập trung vào độ chi tiết cực cao của từng cấu kiện bên trong một công trình. Còn CityGML tập trung vào sự biểu diễn của toàn bộ đô thị và các mối quan hệ không gian giữa các đối tượng trong thành phố.

Số hóa hiện trạng: đẩy mạnh ngân



Hình 4. Bảo tồn, trùng tu, phục hồi các công trình di sản kiến trúc khi có sự hỗ trợ của công nghệ Scan-to-BIM, HBIM và AI

Công nghệ	Đối tượng tương tác	Khả năng hỗ trợ chính
Scan-to-BIM + AI	Di tích, công trình cũ	Lưu trữ chính xác tuyệt đối; Chẩn đoán hư hại không xâm lấn
Digital Twin + IoT	Hạ tầng, khu đô thị mới	Quản trị năng lượng; Dự báo kịch bản ngập lụt, giao thông

Bảng 2: So sánh sự hỗ trợ của Scan-to-BIM+AI với Digital Twin+IoT trong quản lý, quản trị công trình và hạ tầng kỹ thuật trong các đô thị

sách cho việc quét laser (Scan-to-BIM) các khu vực đô thị hiện hữu và các công trình di sản để tạo ra nền tảng Bản sao số - Digital Twin, làm cơ sở cho mọi đề xuất hoặc điều chỉnh quy hoạch mới, hoặc cải tạo bổ sung chức năng mới cho công trình hay cả quần thể công trình kiến trúc.

Hoàn thiện hành lang pháp lý và cơ chế khuyến khích

Cơ chế cấp phép số: nghiên cứu và thí điểm quy trình phê duyệt quy hoạch và

cấp phép xây dựng dựa trên mô hình BIM 3D thay vì bản vẽ giấy. Điều này không chỉ giảm những rủi ro về các thủ tục hành chính, mà còn cho phép AI tự động kiểm tra sai sót đối với các quy chuẩn, tiêu chuẩn xây dựng đang được áp dụng...

Chính sách ưu đãi: áp dụng các chính sách giảm thuế hoặc cộng điểm ưu tiên cho các dự án đạt tiêu chuẩn kiến trúc xanh, khi có sự hỗ trợ về mô phỏng năng lượng của AI.



Hình 5. Vận hành và quản trị đô thị theo hướng thông minh, được dựa trên nền tảng hệ sinh thái Digital Twin và IoT

Đổi mới mô hình đào tạo nhân lực

Giáo dục liên ngành: các trường đại học khối ngành kiến trúc và xây dựng cần đưa AI, lập trình cơ bản và quản lý dữ liệu vào chương trình chính khóa. Đào tạo theo hướng kiến trúc sư tương lai cần tư duy như một người quản lý dữ liệu thay vì chỉ thuần túy là người thiết kế.

Hợp tác công - tư: khuyến khích các tổ chức, doanh nghiệp, tập đoàn công nghệ lớn đầu tư vào các phòng Lab nghiên cứu ứng dụng AI trong các đô thị hiện hữu, khu đô thị mới theo hướng thông minh để rút ngắn khoảng cách giữa lý thuyết và thực tiễn.

KẾT LUẬN

Sự chuyển dịch từ phương thức thiết kế truyền thống sang hệ sinh thái số tích hợp AI - BIM - GIS - Digital Twin không còn là một lựa chọn mang tính xu hướng, mà là một yêu cầu sinh tồn để lĩnh vực Quy

hoạch và Kiến trúc đi cùng quản trị các đô thị của Việt Nam theo hướng phát triển bền vững. Qua nghiên cứu, chúng ta thấy khi BIM đóng vai trò là trái tim chứa đựng dữ liệu, AI là bộ não phân tích và Digital Twin là cơ thể vận hành - Chúng tạo ra một sức mạnh cộng hưởng cho phép thiết kế những đô thị thông minh hơn, những công trình Biophilic xanh hơn và bảo tồn di sản một cách khoa học hơn.

Tại Việt Nam, mặc dù còn nhiều thách thức về hạ tầng dữ liệu và khung pháp lý, nhưng với lộ trình chuyển đổi số quyết liệt của Chính phủ và sự nhạy bén của đội ngũ chuyên gia trẻ - Việc làm chủ các công nghệ này sẽ là chìa khóa để giải quyết bài toán đô thị hóa nóng, BDKH và giữ gìn bản sắc văn hóa trong không gian sống hiện đại. Tương lai của kiến trúc Việt Nam nằm ở sự giao thoa giữa trí tuệ con người và năng lực của công nghệ số, hướng tới một môi trường xây dựng nhân văn, minh bạch và bền vững trước mọi thời gian./.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Thủ tướng Chính phủ (2023). Quyết định số 258/QĐ-TTg: Phê duyệt lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình BIM trong hoạt động xây dựng.
2. Bộ Xây dựng (2021). Quyết định số 347/QĐ-BXD: Công bố hướng dẫn chung áp dụng Mô hình thông tin công trình BIM, áp dụng cho công trình dân dụng và hạ tầng kỹ thuật đô thị.
3. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Information management using building information modelling.
4. ISO/IEC 21972:2020. Information technology - Upper level ontology for smart city indicators.
5. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. Wiley.
6. Deutsch, R. (2019). Superusers: Design Technology Specialists and the Future of Practice. Routledge. (Sự giao thoa giữa dữ liệu và thiết kế).
7. Terzidis, K. (2006). Algorithmic Architecture. Architectural Press. (Nền tảng về thiết kế tạo sinh).
8. Nguyễn Tất Thắng "Văn hóa kiến trúc bản địa kết hợp với công nghệ 4.0 - Cuộc cách mạng hóa Kiến trúc theo xu hướng bền vững". Tạp chí Xây dựng - Bộ Xây dựng, số 09/2021
9. Nguyễn Tất Thắng "Xây dựng và phát triển đô thị thông minh - Góc nhìn từ thiết kế xã hội và văn hóa đô thị tại Việt Nam". Tạp chí Xây dựng - Bộ Xây dựng, số 05/2022
10. Nguyễn Tất Thắng "Xây dựng Bộ tiêu chí đánh giá Khu đô thị xanh tại Việt Nam - Hướng đi cần thiết của Ngành Xây dựng". Tạp chí Xây dựng - Bộ Xây dựng, số 09/2023
11. Nguyễn Tất Thắng "Ảnh hưởng của trí tuệ nhân tạo - Artificial Intelligence đến đào tạo nguồn nhân lực ngành kiến trúc ở Việt Nam". Tạp chí Kiến trúc - Hội KTS Việt Nam, số 01.2025
12. Nguyễn Tất Thắng "Cần biên soạn hệ thống Tiêu chuẩn xây dựng quốc gia theo cấu trúc hệ thống module ở Việt Nam". Tạp chí Kiến trúc - Hội KTS Việt Nam, số 06.2025