Phát triển đô thị thông minh tại Việt Nam: Tương tác giữa nền tảng bản sao số trí tuệ nhân tạo và bối cảnh thực tiễn

Chuyên mục 09/04/2026

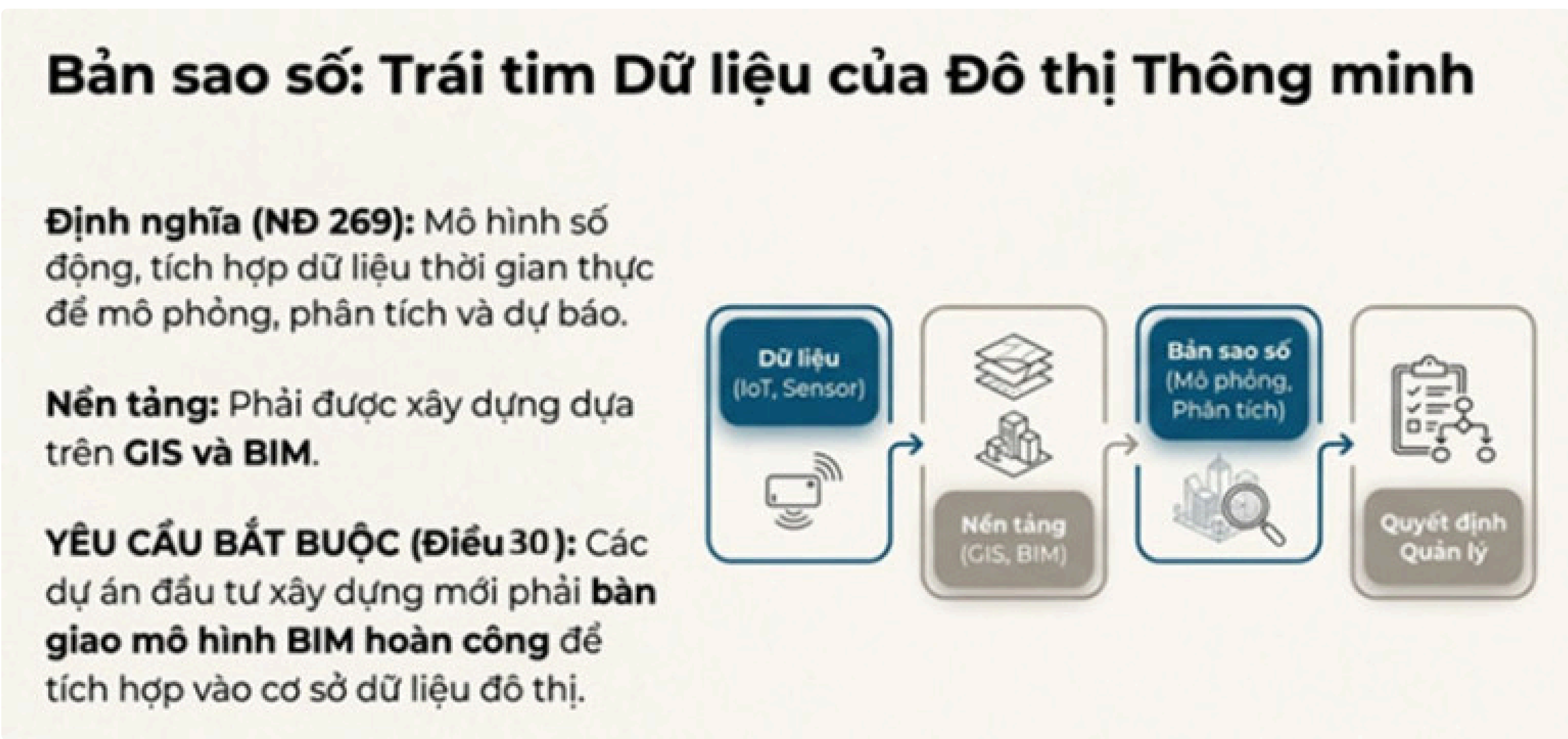
Tóm tắt:

Bối cảnh chuyển đổi số – gắn với quy hoạch đô thị thông minh, dựa trên dữ liệu lớn và trí tuệ nhân tạo, đang góp phần chuyển dịch mô hình từ quy hoạch truyền thống sang quy hoạch thông minh. Trong đó, "Bản sao số" (Digital Twin) đang được xác định là mục tiêu lớn nhằm tăng cường công tác quản lý đô thị được hiệu quả. Việt Nam ban hành Nghị định 269/2025/NĐ-CP là khung pháp lý toàn diện nhằm thiết lập nền tảng cho việc phát triển đô thị thông minh tại Việt Nam một cách bền vững. Nghiên cứu và khai thác Trí tuệ nhân tạo (AI/GenAI) vào tạo lập văn hóa, bản sắc quy hoạch là một trong những thách thức lớn khi yêu cầu của bản sao số đòi hỏi dựa vào dữ liệu chi tiết và đòi hỏi sự chính xác. Bài báo mong muốn tiếp cận một số quan điểm ứng dụng công nghệ trong xây dựng bản sao số và chỉ ra những vấn đề cần được quan tâm trong bối cảnh thực tiễn, đề xuất hướng đi phù hợp trong thời gian tới.

Từ khóa: *Quy hoạch đô thị, Đô thị thông minh, Bản sao số, Dữ liệu.*

Đặt vấn đề

Trong kỷ nguyên Cách mạng công nghiệp 4.0, sự hội tụ của Internet vạn vật (IoT), Dữ liệu lớn (Big Data) và Trí tuệ nhân tạo (AI) đã định hình lại phương thức quản trị và vận hành đô thị trên toàn cầu. Các nghiên cứu chỉ ra rằng: Việc tích hợp các công nghệ tính toán tiên tiến đã đánh dấu kỷ nguyên của các ứng dụng đô thị thông minh dựa trên dữ liệu. Bản sao số đô thị không chỉ là mô hình 3D tĩnh mà là hệ thống mô phỏng động các quy trình thực tế, trở thành "Trái tim dữ liệu" của đô thị thông minh. [1].



Quy hoạch đô thị hiện đại đang ứng dụng các công nghệ lõi: (i). Để ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) kết hợp với thông tin địa lý (GIS), khoa học dữ liệu và dữ liệu lớn nhằm nâng cao hiệu quả dịch vụ đô thị, cải thiện chất lượng sống, giải quyết các thách thức bền vững và sản sinh tri thức mới về động lực học đô thị. (ii). Bản sao số đô thị không chỉ là mô hình 3D tĩnh mà là hệ thống mô phỏng động các quy trình thực tế, đặc biệt nhấn mạnh vai trò của Trí tuệ nhân tạo tạo sinh (GenAI) trong việc giải quyết các thách thức về dữ liệu. Bên cạnh đó, GenAI (như các mô hình GANs, VAEs) có khả năng tạo ra dữ liệu tổng hợp (synthetic data) để lấp đầy các khoảng trống dữ liệu lịch sử, mô phỏng các kịch bản quy hoạch hiếm gặp hoặc tự động hóa thiết kế đô thị. Đây là công cụ đắc lực để vượt qua rào cản "dữ liệu rác" hoặc thiếu hụt dữ liệu mà nhiều đô thị đang gặp phải.

Tuy nhiên, tồn tại một nghịch lý đáng quan ngại giữa "kỳ vọng kỹ thuật số" và "thực tế quy hoạch". Mặc dù năng lực thu thập và xử lý dữ liệu tăng trưởng theo cấp số nhân, quy trình quy hoạch tại nhiều quốc gia vẫn mang nặng tính thủ công, dựa trên giấy tờ, kết nối dữ liệu còn yếu [2]. Sự đứt gãy này không chỉ xuất phát từ hạn chế hạ tầng, mà còn do rào cản về văn hóa quy hoạch và năng lực lãnh đạo. Các nhà quy hoạch gặp nhiều thách thức khi chuyển từ tư duy bản vẽ sang tư duy mô hình thông tin [3], trong khi các dự án đô thị thông minh thường thất bại do thiếu khung năng lực lãnh đạo đa ngành để quản lý sự đổi mới có trách nhiệm [4]. Tại Việt Nam, bối cảnh pháp lý và thực tiễn đang có những chuyển biến mạnh mẽ Chính phủ đã chính thức luật hóa các khái niệm về "Đô thị thông minh" và "Bản sao số đô thị", đặt nền móng pháp lý bắt buộc cho chuyển đổi số [5].

Bài viết mong muốn phân tích làm thế nào để các đô thị Việt Nam có thể tích hợp các công nghệ tiên tiến (GenAI, GeoAI) vào quy hoạch mà không rơi vào bẫy "kỹ trị", đảm bảo tính nhân văn và phù hợp bối cảnh địa phương.

Thực trạng

Trên thế giới, trước sự trỗi dậy của công nghệ và thách thức quản trị, các đô thị đua nhau ứng dụng công nghệ trong công tác quy hoạch và quản lý đô thị. Tuy nhiên, các nghiên cứu chỉ ra rằng nhiều dự án thất bại do thiếu năng lực lãnh đạo đa ngành và sự áp đặt công nghệ thiếu bối cảnh [4]. Trong đó, sự thiếu hụt dữ liệu và chất lượng khi một lượng lớn dữ liệu đô thị hiện nay là "rác số" hoặc thiếu nhãn, gây khó khăn cho việc mô hình hóa [1] vào công tác quản lý và quy hoạch đô thị. Bên cạnh đó, các nhà quy hoạch đang đối mặt với cú sốc văn hóa khi chuyển từ bản vẽ sang mô hình thông tin, dẫn đến việc chuyển đổi gặp phải sự "kháng cự" hoặc chậm trễ trong chuyển đổi số [3] trong công tác quy hoạch. Tại Việt Nam, bức tranh chuyển đổi số trong quy hoạch đang diễn ra với nhiều cấp độ khác nhau ở 3 miền. Thủ đô Hà Nội (đại diện miền Bắc) đang đối mặt với bài toán thiếu hụt dữ liệu nền địa lý lịch sử. Thành phố đặt mục tiêu dùng Bản sao số và dữ liệu AI làm cốt lõi để tháo gỡ 5 "điểm nghẽn" về hạ tầng, văn hóa và giao thông. Tại TP.HCM (đại diện miền Nam), định hướng đến năm 2026 sẽ vận hành đô thị thông minh một cách thực chất. Địa phương này đang hoàn thiện Trung tâm IOC, tích cực triển khai Bản sao số (Digital Twin) và thí điểm mạng 6G để hướng tới xây dựng "siêu cảng số" và tối ưu hóa logistics.

Trong khi đó, thành phố Đà Nẵng (đại diện miền Trung) cũng đang đứng trước thách thức lớn trong việc tích hợp các quy hoạch chuyên ngành (không gian ngầm, giao thông, cấp thoát nước) vào một cơ sở dữ liệu thống nhất để tránh xung đột sau khi sắp xếp lại đơn vị hành chính. Trước tình hình đó, Chính phủ Việt Nam đã ban hành Nghị định 269/2025/NĐ-CP và chính thức định nghĩa "Đô thị thông minh", "Bản sao số đô thị" đi kèm các quy định bắt buộc về việc phát triển hạ tầng số đồng bộ với hạ tầng kỹ thuật [5].
Theo đó, Đô thị thông minh được định nghĩa rõ là một hình thái không gian, lấy khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số làm động lực cốt lõi để tiến hành các hoạt động quy hoạch, xây dựng, quản lý và vận hành. Đây sẽ là cơ sở pháp lý quan trọng để triển khai công tác chuyển đổi số trong quy hoạch và quản lý đô thị thông minh tại Việt Nam. Điều này khẳng định quan điểm của chính phủ về việc ứng dụng công nghệ với vai trò là động lực, công cụ quan trọng.

Cơ sở lý luận và các khái niệm

Trong bối cảnh chuyển đổi số và quản trị đô thị thông minh hiện nay, khái niệm Bản sao số đô thị (Urban Digital Twin – UDT) cần được tiếp cận vượt xa khỏi định kiến về một mô hình hình học ba chiều (3D) tĩnh tại. Về mặt bản chất, UDT đại diện cho một bước tiến hóa về phương pháp luận mô phỏng, được định nghĩa là một hệ sinh thái ảo phản chiếu chính xác và đồng bộ các hệ thống vật lý thực. Khác với các mô hình truyền thống chỉ dừng lại ở việc hiển thị hình thái không gian, UDT thiết lập mối quan hệ tương hỗ động, giữa không gian thực và ảo, thông qua việc cập nhật dữ liệu liên tục. Nó tích hợp đa tầng các hệ thống hạ tầng trọng yếu như mạng lưới giao thông, chuỗi cung ứng năng lượng, và hệ thống cấp thoát nước, cho phép các nhà nghiên cứu và quản lý không chỉ quan sát mà còn có khả năng tương tác sâu với quá trình vận hành của đô thị [1].

Giá trị cốt lõi của UDT nằm ở khả năng tích hợp dữ liệu thời gian thực từ các cảm biến IoT, tạo tiền đề cho ba năng lực quản trị quan trọng: Mô phỏng các kịch bản phát triển, giám sát hiện trạng vận hành và tối ưu hóa quy trình ra quyết định. Tại Việt Nam, tính pháp lý và nền tảng kỹ thuật của UDT đã được thể chế hóa rõ nét trong Nghị định 269. Văn bản này xác lập định nghĩa UDT là một "Mô hình số động", được kiến tạo dựa trên sự hội tụ của ba nền tảng công nghệ trụ cột: Hệ thống thông tin địa lý (GIS), quản lý dữ liệu không gian vĩ mô, và Mô hình thông tin công trình (BIM), quản lý dữ liệu vật lý vi mô [5] và dữ liệu cảm biến thời gian thực. Sự kết hợp giữa ba yếu tố theo định hướng của Nghị định 269 không chỉ đảm bảo tính chính xác về mặt toạ độ và cấu trúc, mà còn cung cấp một cơ sở dữ liệu nền tảng thống nhất, hỗ trợ đắc lực cho việc phân tích hình thái học đô thị và dự báo các biến động xã hội trong tương lai. Từ đó tạo ra giá trị cốt lõi để mô phỏng kịch bản và ra quyết định tối ưu.

Bối cảnh đô thị đang được quản lý bởi hệ thống Trí tuệ nhân tạo tạo sinh (GenAI) và GeoAI trong đô thị. Theo đó, GenAI được định nghĩa là công nghệ sử dụng các mô hình như GANs, VAEs để tạo ra dữ liệu tổng hợp (synthetic data), giúp lấp đầy khoảng trống dữ liệu, mô phỏng các kịch bản quy hoạch hiếm gặp hoặc thiết kế đô thị tự động [1]. Và GeoAI được hiểu là sự kết hợp giữa khoa học thông tin địa lý và AI, giúp tối ưu hóa vị trí hạ tầng xanh, dự báo giao thông và phân tích hình thái đô thị dựa trên dữ liệu lớn [5]. Từ các ứng dụng công nghệ này, có bốn cách tiếp cận chính trong quản lý đô thị số [6]: (i) Tối ưu hóa hiệu suất máy móc; (ii) Dùng dữ liệu để đảm bảo giảm thiểu tối đa hiện tượng bất bình đẳng xã hội; (iii) Dùng công nghệ để thu thập ý kiến chủ quan và sự đồng thuận của cộng đồng; (iv) Tập trung vào trao quyền cho con người và bảo vệ quyền riêng tư.

Phân tích và bàn luận

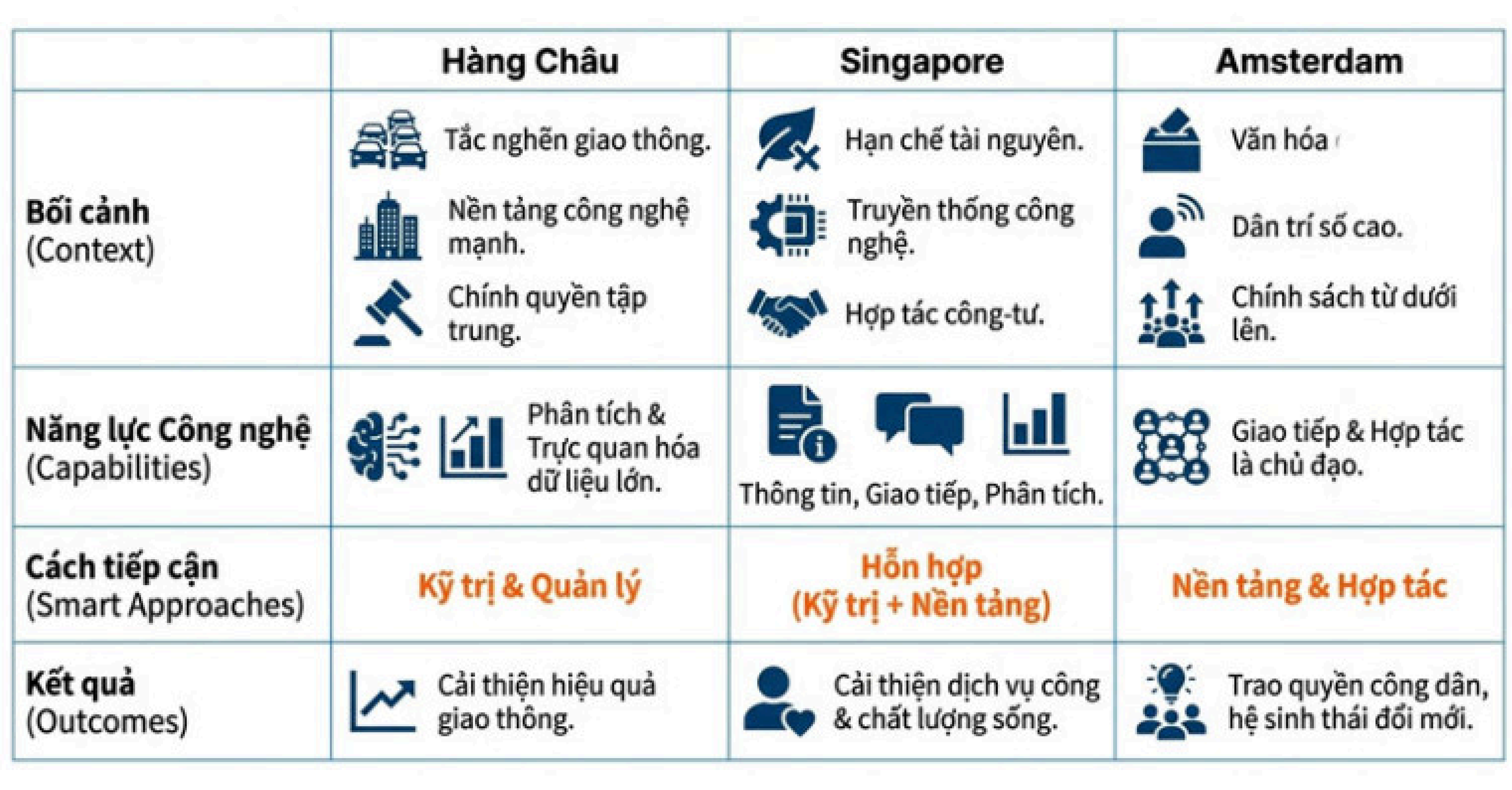
Bản sao số và AI là giải pháp hữu hiệu cho bài toán dữ liệu và mô phỏng

Nghị định 269/2025/NĐ-CP yêu cầu phát triển UDT dựa trên dữ liệu GIS và BIM [5]. Tuy nhiên, khó khăn không phải là giải pháp hay hạ tầng công nghệ mà thách thức lớn nhất của các đô thị ở Việt Nam là thiếu hụt dữ liệu lịch sử hoặc không đồng bộ. Việc nghiên cứu GenAI (như GANs, VAEs) có thể tạo ra dữ liệu giao thông hoặc năng lượng tổng hợp để huấn luyện các mô hình dự báo khi thiếu cảm biến thực tế [1]. Điều này cho các đô thị cổ, khu di sản bảo tồn và cải tạo, chỉnh trang các đô thị cũ hay quy hoạch các xã nông thôn mới được thành lập – nơi còn chưa có đủ cơ sở dữ liệu lịch sử. Ngoài ra, GeoAI giúp giải quyết các bài toán tối ưu hóa không gian (ví dụ: bố trí trạm sạc xe điện, không gian xanh) một cách khoa học hơn so với quy hoạch cảm tính [5].

Vai trò chi phối của bối cảnh xã hội

Các nghiên cứu hiện nay cho thấy đô thị thông minh phụ thuộc rất lớn ở bối cảnh thực tiễn của đô thị và việc khai thác các ứng dụng để quản lý, giải quyết các thách thức và khai thác các cơ hội [7]. Qua phân tích ba đô thị Hàng Châu (Trung Quốc), Singapore, Amsterdam (Hà Lan), bối cảnh thực tiễn tại các đô thị chi phối rất lớn đến việc tiếp cận trong từng vấn đề cụ thể.





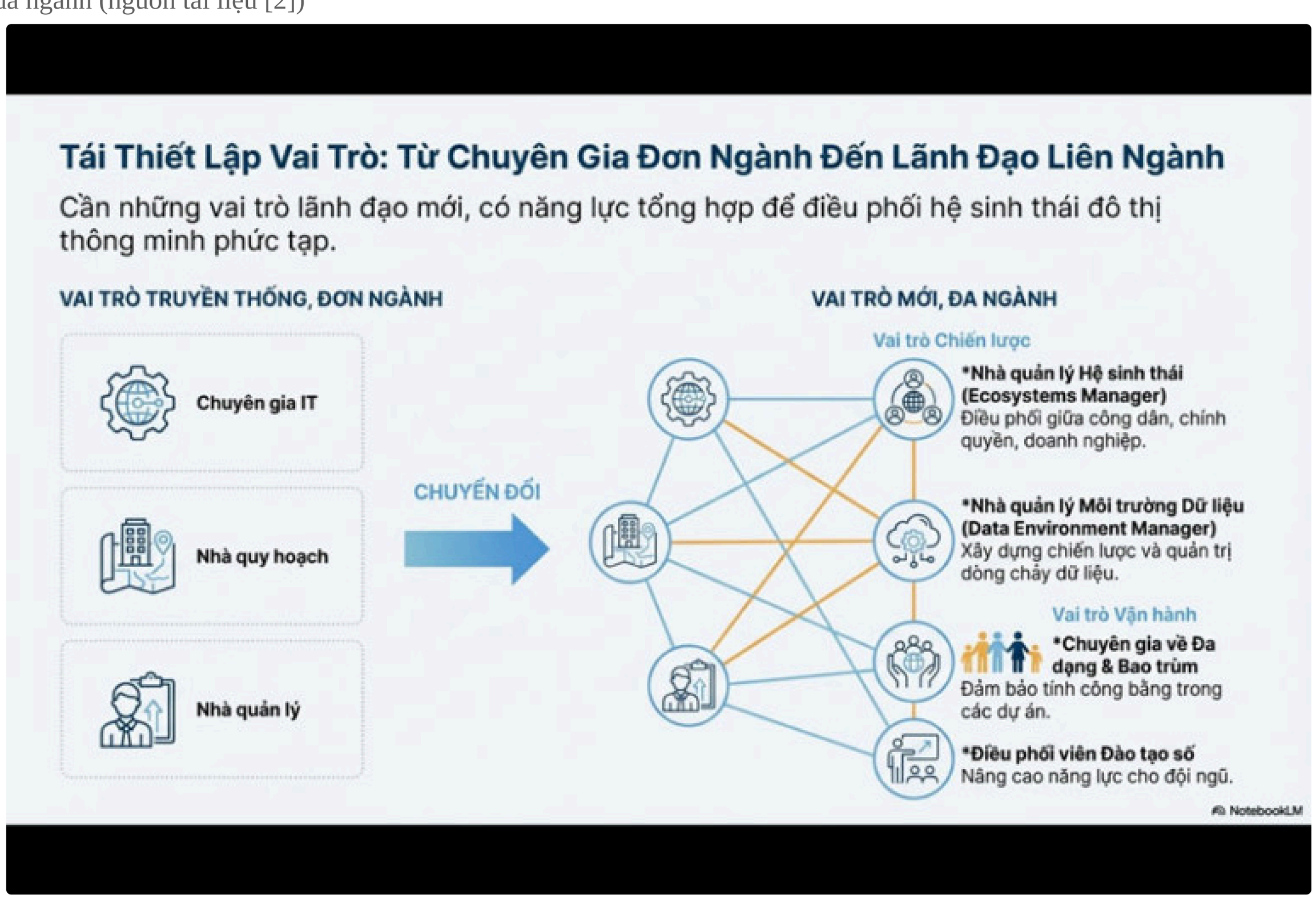
	Hàng Châu	Singapore	Amsterdam
Bối cảnh (Context)	Tắc nghẽn giao thông. Nền tảng công nghệ mạnh. Chính quyền tập trung.	Hạn chế tài nguyên. Truyền thống công nghệ. Hợp tác công-tư.	Văn hóa. Dân trí số cao. Chính sách từ dưới lên.
Năng lực Công nghệ (Capabilities)	Phân tích & Trực quan hóa dữ liệu lớn.	Thông tin, Giao tiếp, Phân tích.	Giao tiếp & Hợp tác là chủ đạo.
Cách tiếp cận (Smart Approaches)	Kỹ trị & Quản lý	Hỗn hợp (Kỹ trị + Nền tảng)	Nền tảng & Hợp tác
Kết quả (Outcomes)	Cải thiện hiệu quả giao thông.	Cải thiện dịch vụ công & chất lượng sống.	Trao quyền công dân, hệ sinh thái đổi mới.

Phân tích bối cảnh đô thị (nguồn [3])

Với thành phố Hàng Châu, Trung Quốc: Chính quyền tập trung khai thác nền tảng công nghệ để giải quyết bài toán giao thông và thông qua kỹ trị. Trong khi đó, tại Hà Lan, nơi có trình độ dân trí cao, nhận thức của người dân chủ động và hợp tác nên giải pháp tiếp cận là tạo nền tảng giao tiếp giữa cư dân đô thị với chính quyền, từ đó trao quyền cho sự tham gia mạnh mẽ của người dân vào hệ sinh thái. Ở Singapore, do hạn chế về tài nguyên, bằng việc áp dụng các kỹ thuật quản lý chặt chẽ còn kết hợp sự nhận thức và tham gia của người dân nhằm cải thiện dịch vụ công và chất lượng sống trong đô thị. Mỗi phương pháp tiếp cận của đô thị là khác nhau, nhưng việc khai thác công nghệ là cốt lõi, sự hợp tác của người dân là nền tảng để đạt được kỳ vọng về một đô thị thông minh. Với quy mô của từng đô thị ở Việt Nam, vừa có đô thị nén, đô thị nông thôn, đô thị di sản văn hóa, cần áp dụng mô hình hỗn hợp như của Singapore.

Yếu tố con người và văn hóa quy hoạch

Nghiên cứu tại Phần Lan cho thấy [8], chuyển đổi số không đơn giản là việc sử dụng các phần mềm, công nghệ mua được mà trong quá trình triển khai, vấp phải sự tiếp nhận khó khăn từ tư duy thiết kế truyền thống. Nhất là việc tư duy từ hình vẽ trực quan sang tư duy cấu trúc dữ liệu. Đây chắc chắn là "viễn cảnh" mà quy hoạch đô thị Việt Nam sẽ gặp phải trong thời gian tới khi yêu cầu các đồ án quy hoạch phải được tích hợp dữ liệu vào hệ thống CIM/GIS quốc gia [5].
Vai trò lãnh đạo đô thị cần tích hợp đa ngành (nguồn tài liệu [2])



Đòi hỏi trong thời gian tới, đội ngũ làm công tác thiết kế, quy hoạch tại các đơn vị chuyên môn phải được đào tạo lại về năng lực số và nhất là thay đổi nhận thức trong quản trị đô thị. Bên cạnh đó, lãnh đạo đô thị cần có năng lực đa ngành: Hiểu kỹ thuật, giỏi quản trị, có đạo đức số và phải đóng vai trò "KTS trưởng" về chiến lược dữ liệu.

Lấy con người làm trung tâm và chú ý đến đối tượng yếu thế

Một đô thị thực sự thông minh không phải là đô thị có nhiều máy móc nhất, mà là đô thị biết dùng công nghệ để nhận diện nhóm người yếu thế (lao động phi chính thức, người thu nhập thấp, những người không được nhận diện trong dữ liệu hành chính) và đưa ra các chính sách hỗ trợ họ, đảm bảo nguyên tắc phát triển bền vững là "không ai bị bỏ lại phía sau" (Leave no one behind) [9]. Nghiên cứu tại bang Ceara (Brazil) cung cấp một khung tham chiếu quan trọng cho các đô thị đang phát triển, nơi tồn tại khoảng cách lớn về giàu nghèo và hạ tầng.

Tác giả khẳng định rằng: Mô hình "Đô thị thông minh" không nên chỉ là sự phô diễn công nghệ hay phục vụ tầng lớp tinh hoa, mà phải hướng tới mục tiêu công bằng xã hội thông qua các chiến lược dữ liệu cụ thể. Một là, nhiều đối tượng yếu thế (lao động phi chính thức, dân cư tự phát…) thường không hiện diện trong cơ sở dữ liệu chính thống, dẫn đến họ "vô hình" trong hồ sơ dữ liệu dẫn đến là đối tượng "không tồn tại" trong hồ sơ quy hoạch. Điều này đòi hỏi phải có bước thu thập dữ liệu chính xác về đối tượng yếu thế trong đô thị, nhất là các đô thị có lực lượng "dao động" lớn, từ đó có những chính sách hỗ trợ chính xác đến từng đối tượng. Đặc biệt là xây dựng lớp dữ liệu thực trạng về sinh kế, khả năng tiếp cận y tế, giáo dục và mức độ chịu tổn thương của cư dân tại các khu vực này. Công nghệ phải đóng vai trò là công cụ để lắng nghe và thấu hiểu nhu cầu của người dân, từ đó đưa ra các phương án tái định cư hoặc chỉnh trang đô thị đảm bảo an sinh xã hội, tránh việc quy hoạch thông minh nhưng lại đẩy người thu nhập thấp ra bên lề sự phát triển.

Khai thác mô hình hợp tác công – tư (PPP)

Triển khai UDT đòi hỏi nguồn lực lớn về vốn đầu tư hạ tầng và chi phí vận hành, bảo trì liên tục. Nếu chỉ trông chờ vào ngân sách nhà nước, các đô thị nhỏ sẽ không thể theo kịp các thành phố lớn, tạo ra khoảng cách số.

Do đó, việc áp dụng mô hình hợp tác công – tư (PPP) là bắt buộc. Với sự ra đời của Nghị định 180/2025/NĐ-CP về cơ chế PPP trong lĩnh vực khoa học công nghệ, nhà nước và khối doanh nghiệp công nghệ, nhà đầu tư tư nhân có thể cùng nhau xây dựng hạ tầng dữ liệu và chia sẻ rủi ro lợi ích, mở ra không gian cho các dịch vụ mới.

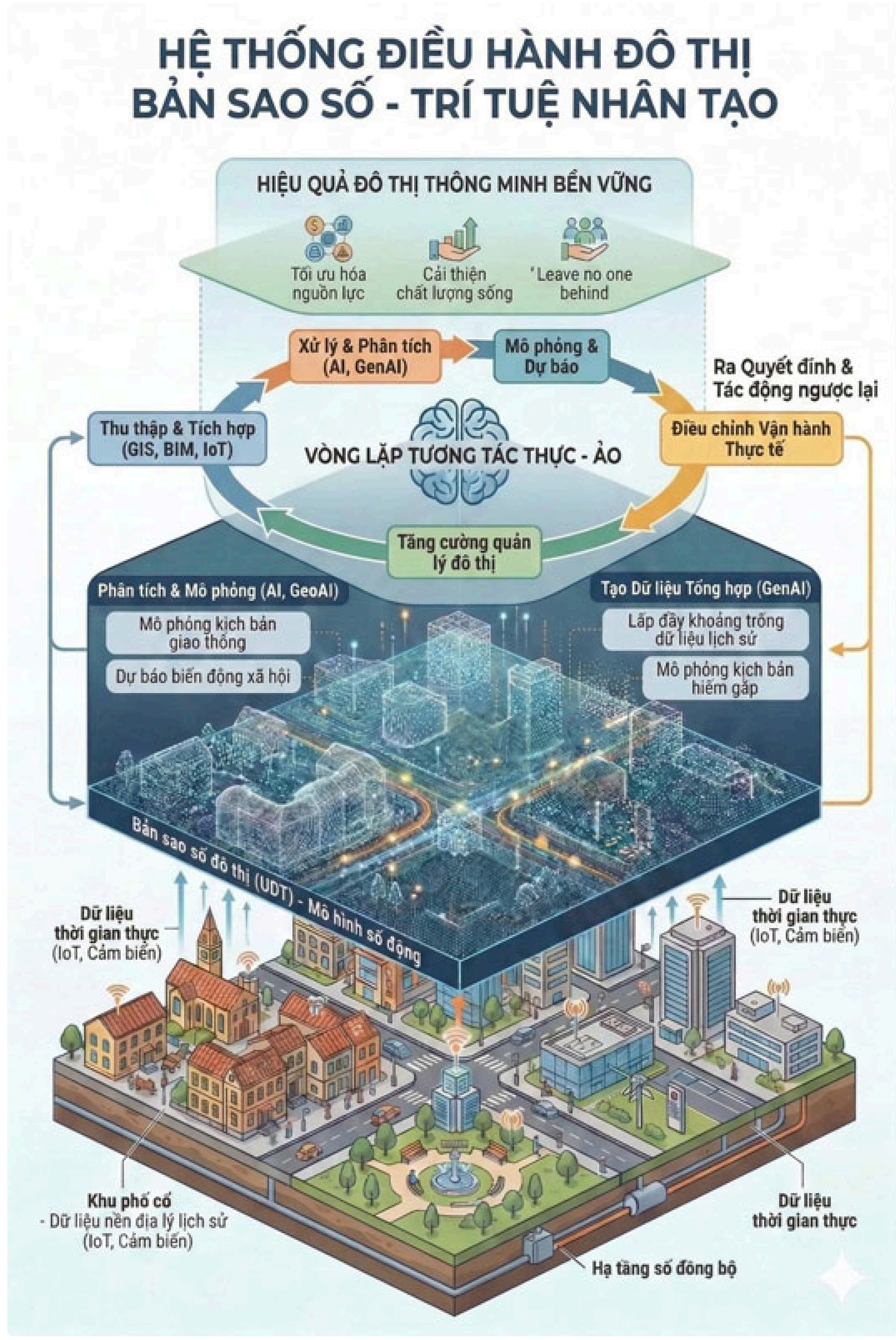
Đảm bảo tính minh bạch và khung bảo mật dữ liệu cá nhân

Đô thị thông minh vận hành dựa trên việc thu thập một lượng khổng lồ dữ liệu thông qua IoT và AI, tạo ra rủi ro nghiêm trọng về an toàn thông tin mạng.

Quá trình triển khai Bản sao số cần phải tuân thủ chặt chẽ Nghị định 13/2023/NĐ-CP về bảo vệ dữ liệu cá nhân. Công nghệ GenAI có thể được sử dụng để "ẩn danh hóa" và tạo ra dữ liệu tổng hợp phục vụ quy hoạch mà không làm lộ lọt thông tin riêng tư, định vị tọa độ hay thói quen sinh hoạt của người dân.

Kết luận và kiến nghị

Có thể thấy, đô thị thông minh là một hệ thống xã hội – kỹ thuật, thành công không đến từ việc sao chép mô hình của một đô thị cụ thể mà bắt đầu từ việc xây dựng một hạ tầng số vững chắc [5], kết hợp với một triết lý quy hoạch nhân văn [6] và sự thấu hiểu bối cảnh địa phương [7]. Bản sao số và AI là công cụ mạnh mẽ, nhưng chúng cần được dẫn dắt bởi những nhà quản lý có tư duy đổi mới và trách nhiệm đạo đức. Trong đó, các giá trị văn hóa, bản sắc đô thị là một trong những thách thức lớn trong thời gian đến.



Với các phân tích và bàn luận, một số đề xuất cụ thể trong thời gian đến về việc ứng dụng chuyển đổi số, trí tuệ nhân tạo trong xây dựng Bản sao số đô thị đòi hỏi: (i) Xây dựng hạ tầng dữ liệu trước, hạ tầng vật lý sau [5]. (ii) Ứng dụng GenAI có chọn lọc: Để tạo dữ liệu giả lập phục vụ quy hoạch các khu đô thị mới (sau bối cảnh sáp nhập đơn vị hành chính) nơi thiếu dữ liệu lịch sử, giúp dự báo chính xác nhu cầu hạ tầng [1]; (iii) Đào tạo nhân lực cho cán bộ quy hoạch không chỉ về luật pháp mà còn về kỹ năng dữ liệu và đạo đức công nghệ, theo khung năng lực; (iv) Thiết lập cơ chế "Sandbox" cho quy hoạch: Tận dụng cơ chế thử nghiệm có kiểm soát (Điều 27 Nghị định 269) để áp dụng các giải pháp công nghệ mới tại các đô thị mới và cho phép sai số để điều chỉnh linh hoạt.

KTS. Phan Bảo An – KTS. Hồ Lê Quốc Vũ

(Bài đăng trên Tạp chí Kiến trúc số 02-2026)

Tài liệu tham khảo

1. Chính phủ (2025): Nghị định số 269/2025/NĐ-CP về phát triển đô thị thông minh;
2. Haowen Xu, F. O. (2024): Leveraging generative AI for urban digital twins: a scoping review on the autonomous generation of urban data, scenarios, designs, and 3D city models for smart city advancement. Urban informatics: https://doi.org/10.1007/s44212-024-00060-w;
3. Huaxiong Jiang, S. G. (2023): The contextualization of smart city technologies: An international comparison – Journal of Urban Management, 33-43;
4. Lara Sucupira Furtado, T. L. (2023): Journal of Urban Management, 74-87;
5. Pilvi Nummi, A. S. (2023): Digitalizing planning culture: A change towards information model-based planning in Finland – Jounal of urban management, 44-56;
6. Ramy Al-Sehrawy, B. K. (2023): The pluralism of digital twins for urban management: Bridging – Journal of Urban Management, 6-32;
7. Reza Mortaheb, P. J. (2023): Smart city re-imagined: City planning and GeoAI in the age of – Journal of Urban Management, 4-15;
8. Soheil Sabri, P. W. (2023): Digital technologies in urban planning and urban management – Journal of urban managrment, 1-3;
9. Viviana Bastidas, K. O.-S. (2023): Leadership for responsible digital innovation in the built environment: A socio-technical review for re-establishing competencies_ Journal of urban management, 57-73.

Từ khóa: Bản sao số | đô thị thông minh | quy hoạch đô thị | TCKT 02-2026