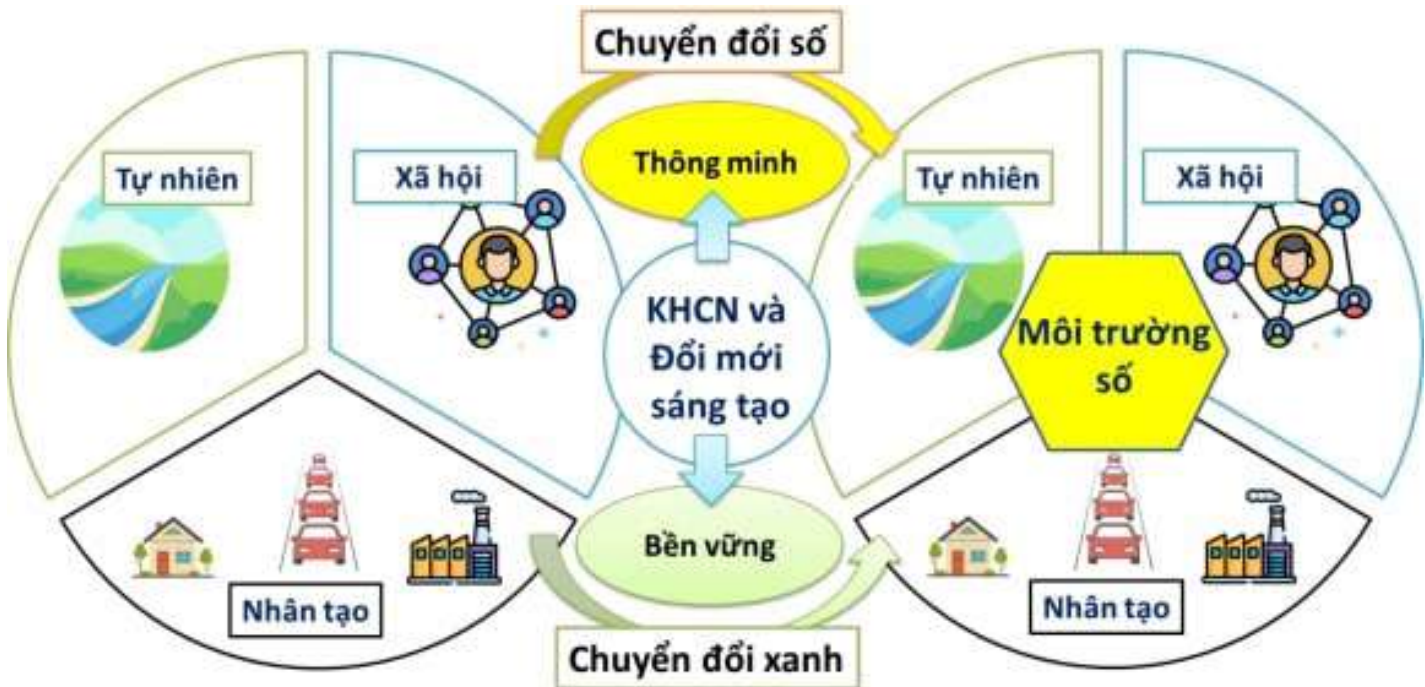


Ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) trong quy hoạch, quản lý hệ thống hạ tầng kỹ thuật đô thị hướng tới phát triển đô thị thông minh tại Việt Nam là xu hướng tất yếu. Tuy nhiên, quá trình phát triển ĐTTM đang đối mặt với các thách thức lớn về nguồn dữ liệu, hạn chế khung pháp lý, chi phí đầu tư... Bài viết đi sâu phân tích mối quan hệ giữa AI và quy hoạch, quản lý hạ tầng và đưa ra những giải pháp nhằm đẩy mạnh ứng dụng AI.

ỨNG DỤNG AI TRONG QUY HOẠCH QUẢN LÝ HỆ THỐNG HẠ TẦNG KỸ THUẬT HƯỚNG TỚI PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ THÔNG MINH

ThS. **ĐẶNG THỊ NGA**
ThS. **VŨ HUYỀN THANH***



Đô thị thông minh bền vững = Đô thị chuyển đổi số + chuyển đổi xanh (Nguồn: [4])

Application of Artificial Intelligence (AI) in planning and management of Urban technical infrastructure systems towards Smart City Development in Vietnam

Abstract: Smart Cities (SC) are a strategic solution and an inevitable development trend for our country's cities to address the pressure on infrastructure systems. In this context, Artificial Intelligence (AI) is the optimal tool to support planning and management of technical infrastructure systems (transportation, water supply and drainage, energy, environmental sanitation, etc.) towards smart urban development. AI applications support self-adjusting, flexible systems through the processing of Big Data. Cities in Vietnam have made initial progress in applying AI (application of GIS, BIM, IOC pilot projects in Hanoi and Da Nang). However, the development of smart cities faces major challenges in terms of data sources, legal framework limitations, investment costs, etc. Promoting AI application, accelerating the digital transformation process, and enhancing the efficiency of planning and managing technical infrastructure systems are the foundations for ensuring sustainable urban development.

Keywords: Smart city; Artificial Intelligence (AI); Big Data; Internet of things (IoT); Geographic information system (GIS); Technical infrastructure system; Digital Transformation

Tóm tắt: Đô thị thông minh (ĐTTM) là giải pháp chiến lược, xu thế phát triển tất yếu cho các đô thị của nước ta để giải quyết áp lực lên hệ thống hạ tầng. Trong đó, trí tuệ nhân tạo (AI) là công cụ tối ưu, hỗ trợ công tác quy hoạch, quản lý hệ thống hạ tầng kỹ thuật (Giao thông, cấp thoát nước, năng lượng, vệ sinh môi trường...) hướng tới phát triển đô thị thông minh. Ứng dụng AI hỗ trợ các hệ thống tự điều chỉnh, linh hoạt thông qua việc xử lý Dữ liệu lớn (Big Data). Các đô thị tại Việt Nam đã đạt được những tiến bộ ban đầu khi ứng dụng AI (ứng dụng GIS, BIM, thí điểm IOC tại Hà Nội, Đà Nẵng). Tuy nhiên, quá trình phát triển ĐTTM đang đối mặt với các thách thức lớn về nguồn dữ liệu, hạn chế khung pháp lý, chi phí đầu tư... Đây mạnh ứng dụng AI, thúc đẩy quá trình chuyển đổi số và nâng cao hiệu quả quy hoạch, quản lý hệ thống hạ tầng kỹ thuật là cơ sở đảm bảo sự phát triển bền vững của đô thị.

Từ khóa: Đô thị thông minh (ĐTTM); Trí tuệ Nhân tạo (AI); hệ thống hạ tầng kỹ thuật; hệ thống thông tin địa lý (GIS); Dữ liệu lớn (Big Data); Internet vạn vật (IoT); chuyển đổi số (CDS)

1. Đặt vấn đề

Việt Nam đang trải qua quá trình đô thị hóa mạnh mẽ. Tốc độ đô thị hóa cùng quá trình di cư và tập trung dân số đã khiến các đô thị, đặc biệt là các thành phố lớn phải chịu áp lực nặng nề, khiến hệ thống hạ tầng đô thị bị quá tải, giao thông thường xuyên bị ùn tắc, môi trường suy thoái và chất lượng sống bị ảnh hưởng nghiêm trọng. Trước tình hình đó, Nhà nước đã có chủ trương,

chính sách chiến lược nhằm định hướng giải quyết căn cơ các vấn đề đô thị.

Trong bối cảnh toàn cầu đang bước vào thời kỳ chuyển đổi số (CDS), xây dựng ĐTTM đã trở thành xu thế phát triển tất yếu nhằm nâng cao hiệu quả quản lý, chất lượng dịch vụ và đời sống người dân. Theo đó, một trong những yếu tố quan trọng là đưa công nghệ số vào mọi lĩnh vực đô thị, từ

giao thông, năng lượng, đến giáo dục, y tế... ĐTTM được xem như một phương thức phát triển mới, tận dụng hiệu quả các cơ hội của CDS để giải quyết những hạn chế trong mô hình đô thị truyền thống. Mục tiêu cuối cùng là xây dựng được các đô thị có khả năng quản trị hiện đại, kinh tế đổi mới sáng tạo, cơ sở hạ tầng đồng bộ, môi trường sống an toàn, tiện ích, và người dân hạnh phúc.



Ứng dụng AI trong giao thông đô thị. Nguồn ảnh internet

Quyết định số 950/QĐ-TTg ngày 25/7/2018 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt “Đề án Phát triển Đô thị Thông minh bền vững tại Việt Nam giai đoạn 2018-2025, định hướng đến 2030”. Đề án đã xác lập ĐTTM là phương thức phát triển mới, mang tính đột phá, dựa trên việc ứng dụng công nghệ số vào mọi lĩnh vực đời sống. Mục tiêu cốt lõi của Đề án là nâng cao chất lượng cuộc sống, hiệu quả quản lý đô thị và năng lực cạnh tranh. Các nội dung trọng tâm xây dựng ĐTTM bền vững trong giai đoạn đến năm 2025 là: Quy hoạch đô thị thông minh; Xây dựng và quản lý đô thị thông minh trên cơ sở nền tảng cơ sở dữ liệu liên thông (Big Data) [1]. Định hướng đến năm 2030 là hình thành hệ thống ĐTTM đồng bộ, liên kết trên phạm vi toàn quốc, có khả năng cạnh tranh quốc tế, thông qua việc phát triển các lĩnh vực ưu tiên như quản lý đô thị, hạ tầng kỹ thuật, giao thông, môi trường và năng lượng thông minh.

Nghị quyết số 57-NQ/TW (2024) của Bộ Chính trị xác định phát triển ĐTTM là một mục tiêu cụ thể và kết quả bắt buộc của chiến lược đột phá phát triển khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và CDS quốc gia. Việc xây dựng ĐTTM được thực hiện dựa trên việc đẩy mạnh ứng dụng công nghệ số và làm chủ công nghệ chiến lược như Trí tuệ nhân tạo (AI), Internet vạn vật (IoT), và Dữ liệu lớn (Big Data) [2].

Trong quá trình hình thành và phát triển, hệ thống hạ tầng kỹ thuật đô thị là nền tảng để mọi hoạt động kinh tế - xã hội trong đô thị diễn ra một cách hiệu quả và bền vững. Việc ứng dụng AI giúp cho hệ thống hạ tầng vận hành linh hoạt, AI giúp chuyển đổi các thành phố từ cấu trúc vật lý tĩnh sang một hệ thống sinh thái linh hoạt, có khả năng tự học hỏi và phản ứng gần như thời gian thực. AI đóng vai trò là công cụ tối ưu hóa cốt lõi cho sự phát triển của ĐTTM.

Kế hoạch chuyển đổi số ngành xây dựng giai đoạn 2020-2025, định hướng đến năm 2030 xác định lĩnh vực ưu

tiên CDS là Quy hoạch xây dựng, phát triển đô thị và hạ tầng kỹ thuật đô thị [3]. Mục tiêu tổng quát là ứng dụng hệ thống thông tin địa lý GIS trong công tác lập quy hoạch và quản lý xây dựng; Ứng dụng Mô hình thông tin công trình BIM trong các hoạt động đầu tư xây dựng công trình; Ứng dụng công nghệ số, trí tuệ nhân tạo trong quản lý vận hành đô thị thông minh, doanh nghiệp số.

Phát triển đô thị thông minh và ứng dụng AI là xu thế tất yếu, đặc biệt trong công tác quy hoạch, quản lý hệ thống hạ tầng kỹ thuật. Về Giao thông, AI giúp phân tích và dự đoán lưu lượng, thành phần dòng xe tương ứng với thời điểm quy hoạch. Tại thời gian thực, AI giúp tự động điều chỉnh tín hiệu đèn, giảm tắc nghẽn và tối ưu hóa vận tải hành khách công cộng. Trong lĩnh vực môi trường và năng lượng, AI giám sát chất lượng không khí, dự báo ô nhiễm và tối ưu hóa việc phân phối, tiêu thụ năng lượng nhằm hướng tới sự bền vững. Về lĩnh vực cấp thoát nước đô thị, ứng dụng AI có thể mô phỏng điều kiện địa hình, mô hình hóa các phương án chống ngập lụt trong đô thị. Cuối cùng, AI hỗ trợ quản lý đô thị thông minh qua việc cung cấp dịch vụ công trực tuyến cá nhân hóa và mô phỏng các kịch bản quy hoạch, giúp các nhà quản lý đưa ra quyết định dựa trên dữ liệu chuẩn xác. Vì vậy, AI là yếu tố vô cùng quan trọng để ĐTTM đạt được mục tiêu về hiệu quả, bền vững và nâng cao chất lượng cuộc sống cho cư dân.

2. Mối quan hệ giữa AI và quy hoạch, quản lý hệ thống hạ tầng kỹ thuật đô thị

Định nghĩa về trí tuệ nhân tạo (AI) thay đổi tùy thuộc vào tổ chức và ngữ cảnh nó được sử dụng. Theo Tổ chức Hợp tác và phát triển kinh tế (OECD), hệ thống AI là: “một hệ thống dựa trên máy móc có thể thực hiện một số mục tiêu nhất định do con người xác định, đưa ra dự đoán, đề xuất hoặc quyết định ảnh hưởng đến môi trường thực hoặc ảo. Hệ thống AI được thiết kế để hoạt động với nhiều mức độ tự chủ

khác nhau”. Các hệ thống AI thường xuyên có xu hướng bất chước hành vi thông minh tự nhiên của con người và được phát triển để giải quyết các vấn đề cụ thể tốt hơn con người.

Hệ thống kết nối (IoT – Internet of things; IoE – Internet of Everything), kết nối mọi người, mọi vật, mọi quy trình trên môi trường mạng internet và hạ tầng dữ liệu (bao gồm hệ thống các cơ sở dữ liệu, các thuật toán phân tích dữ liệu, kể cả AI) [4]. Các thiết bị và đối tượng thông minh hiện nay đang được tích hợp rộng rãi vào hộ gia đình và nơi làm việc, cho phép chúng cùng nhau thực hiện các tác vụ cụ thể trên nhiều môi trường khác nhau. Những thiết bị này được kết nối với các hệ thống máy tính mạnh mẽ đặt trong “đám mây”, hỗ trợ hiệu quả cho cả giao tiếp giữa người và vật lẫn giữa vật thể và đối tượng. Tuy nhiên, việc áp dụng Internet vạn vật (IoT) trên quy mô lớn tất yếu sẽ tạo ra một lượng dữ liệu khổng lồ. Do kích thước lớn, sự đa dạng và tốc độ tạo lập nhanh chóng, việc phân tích khối lượng dữ liệu này bằng các công nghệ truyền thống trở nên không còn thực tế và bị hạn chế. Vì lẽ đó, sự ra đời của công nghệ Dữ liệu lớn (Big Data) là cần thiết, giúp đưa ra những kết quả có độ tin cậy cao và trích xuất thông tin đa dạng từ dữ liệu cơ bản, dần thay thế các kỹ thuật thu thập và xử lý dữ liệu truyền thống.

Ngày nay, Trí tuệ Nhân tạo (AI) không còn là một khái niệm khoa học viễn tưởng mà đã trở thành động lực then chốt định hình sự phát triển của các ĐTTM. Các ĐTTM được xây dựng trên nền tảng của dữ liệu lớn (Big Data), thu thập liên tục từ hàng tỷ cảm biến, camera, và thiết bị kết nối (IoT). Trí tuệ Nhân tạo (AI), đặc biệt thông qua các thuật toán học máy (Machine learning) và học sâu (Deep learning), đã trang bị cho ĐTTM những khả năng xử lý dữ liệu vượt trội từ nguồn dữ liệu khổng lồ với thời gian ngắn. [5] [6]

Những tiến bộ trong AI và Big Data giúp phân tích các tập dữ liệu lớn để



Mô hình đô thị thông minh (Nguồn: Internet)

tối ưu hóa mạng lưới giao thông và hệ thống các tiện ích. Các mô hình học máy có thể dự đoán tăng trưởng dân số, quy mô lưu lượng giao thông [7] là cơ sở để đề xuất mạng lưới giao thông hợp lý... Các hệ thống quản lý hiện đại ngày càng dựa vào việc thu thập và phân tích dữ liệu đa nguồn (camera, IoT, GPS) để giám sát, dự báo và tối ưu hóa luồng giao thông theo thời gian thực. Từ nguồn dữ liệu này, AI giúp phân tích để dự đoán khi nào cần bảo trì, từ đó tối ưu hóa lịch trình và giảm thiểu thời gian ngừng hoạt động. Tắc nghẽn giao thông là một trong những thách thức cấp bách nhất ở các thành phố hiện đại. AI kích hoạt các hệ thống quản lý giao thông thông minh giúp tối ưu hóa thời gian tín hiệu, điều hướng giao thông và giảm tắc nghẽn [8].

AI đã trở thành một công cụ không thể thiếu, giúp các thành phố chuyển đổi hệ thống thoát nước thành hệ thống thông minh, có khả năng dự đoán và kiểm soát ngập lụt hiệu quả hơn. Trong giai đoạn quy hoạch, AI xử lý dữ liệu lớn về địa hình và sử dụng đất để mô phỏng và tạo ra bản sao số (Digital Twins) của mạng lưới thoát nước, từ đó giúp các nhà quy hoạch xác định các khu vực dễ bị ngập và tối ưu hóa phương án quy hoạch thoát nước. Trong quản lý vận hành, AI tích hợp dữ liệu thời gian thực từ các cảm biến mực nước, dự báo thời tiết, và tình trạng cống, sử dụng thuật toán học sâu để đưa ra dự báo ngập lụt chính xác trong thời gian ngắn. Dựa trên dự báo này, hệ thống AI sẽ tự động điều chỉnh

tốc độ bơm của trạm bơm và vị trí của các cửa cống để chủ động chuyển hướng nước đến các khu vực chứa tải thấp, giảm áp lực và nguy cơ ngập lụt tại các khu vực đông dân cư. Ngoài ra, AI còn áp dụng thị giác máy tính để phân tích hình ảnh từ robot kiểm tra cống, phát hiện sớm các tắc nghẽn hoặc hư hỏng, từ đó cho phép bảo trì dự đoán và ngăn ngừa nguyên nhân gây ngập lụt do tắc cống. Nhờ những ứng dụng này, hệ thống thoát nước của ĐTTM trở nên chủ động, bền vững và đáng tin cậy hơn.

Trong lĩnh vực quản lý năng lượng: AI giúp tối ưu hóa quản lý lưới điện thông minh, dự báo nhu cầu tiêu thụ, cân bằng cung-cầu, phát hiện sự cố và tự động điều chỉnh phân phối điện năng. Hệ thống AI có thể học từ dữ liệu tiêu thụ điện của từng khu vực, dự báo nhu cầu theo thời gian thực, từ đó điều phối nguồn năng lượng tái tạo (gió, mặt trời) và truyền thống một cách tối ưu. [4] Trong lĩnh vực quản lý môi trường, AI kết hợp với mạng lưới cảm biến IoT



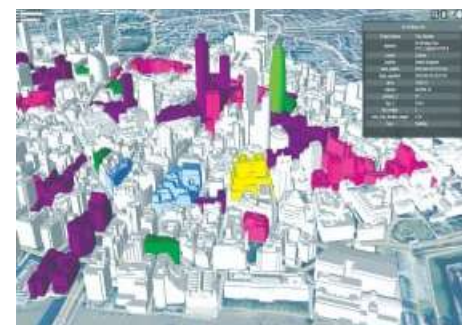
Dữ liệu từ cảm biến IoT, mô phỏng theo thời gian thực (Nguồn: [4])

giúp thu thập, phân tích dữ liệu về chất lượng không khí, nước, tiếng ồn, từ đó cảnh báo sớm nguy cơ ô nhiễm và đề xuất biện pháp xử lý. AI giúp tối ưu hóa lộ trình thu gom rác thải dựa trên dữ liệu từ cảm biến gắn trên thùng rác, dự báo lượng rác thải phát sinh, từ đó giảm chi phí vận hành và nâng cao hiệu quả vệ sinh môi trường [4]. AI được sử dụng để dự báo lũ lụt, sạt lở, cháy rừng thông qua phân tích dữ liệu cảm biến, hình ảnh vệ tinh, dữ liệu thời tiết, giúp chính quyền chủ động ứng phó và giảm thiểu thiệt hại.

AI là động lực thúc đẩy quá trình CĐS và nâng cao hiệu quả vận hành các ĐTTM. Nó cho phép các thành phố chuyển đổi từ hệ thống cố định sang hệ thống tự điều chỉnh, linh hoạt và có khả năng dự đoán, từ đó giải quyết các thách thức cấp bách như tắc nghẽn, ngập lụt, và ô nhiễm môi trường, hướng tới mục tiêu xây dựng đô thị phát triển bền vững dựa trên hệ thống hạ tầng kỹ thuật được quy hoạch, quản lý, vận hành bài bản. Tuy nhiên, để AI thực sự trở thành nền tảng vững chắc cho ĐTTM, cần giải quyết các thách thức về kỹ thuật, pháp lý và xã hội một cách toàn diện.

3. Thực trạng, cơ hội và thách thức khi ứng dụng AI trong quy hoạch, quản lý hệ thống hạ tầng kỹ thuật hướng tới đô thị thông minh ở Việt Nam

Ứng dụng Trí tuệ nhân tạo (AI) trong quy hoạch, quản lý hệ thống hạ tầng kỹ thuật đô thị tại Việt có tiềm năng lớn nhưng còn nhiều thách thức. Hiện nay, việc ứng dụng chủ yếu tập trung vào



Dữ liệu từ cảm biến IoT, mô phỏng theo thời gian thực (Nguồn: Internet)



Hệ thống GIS tại khu đô thị Ecopark giúp quản lý đô thị thông minh (Nguồn: Internet)

việc xây dựng nền tảng dữ liệu và thí điểm trong các dự án cụ thể.

Ứng dụng công nghệ trong quản lý hạ tầng đã có những bước tiến ban đầu, chẳng hạn như ứng dụng GIS trong công tác quản lý đô thị hay áp dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong thiết kế, quản lý hệ thống hạ tầng kỹ thuật. Thời gian qua, cùng với chủ trương về thúc đẩy chuyển đổi số và xây dựng đô thị thông minh tại các địa phương trên cả nước, nhiều nơi đã từng bước ứng dụng AI và đạt được một số kết quả đáng chú ý. Một số địa phương như TP Hồ Chí Minh, Bình Dương, Huế, Bắc Ninh, Thái Bình, Sơn La... đã xây dựng hệ thống GIS chuyên ngành xây dựng để cung cấp và quản lý dữ liệu trong các lĩnh vực quy hoạch xây dựng, quy hoạch hạ tầng kỹ thuật, nhà ở và bất động sản. Hiện đã có khoảng 19 địa phương đã hoặc đang hoàn thiện, triển khai phần mềm thông tin quy hoạch trên thiết bị di động; xây dựng cơ sở dữ liệu không gian theo mô hình dữ liệu GIS; xây dựng kho dữ liệu dùng chung toàn tỉnh [4].

Nhiều địa phương đã xây dựng và ban hành chương trình/dự án phát triển đô thị thông minh, trong đó bao gồm các nội dung thí điểm như xây dựng hệ thống GIS, trung tâm IOC và các ứng dụng đô thị thông minh. Các dự án đầu tư xây dựng khu đô thị thông minh, đã được đề xuất tại một số tỉnh, thành phố trực thuộc

Trung ương, tuy nhiên chủ yếu đang ở bước chấp thuận chủ trương đầu tư, lập quy hoạch chi tiết hoặc đang nghiên cứu, xây dựng đề xuất. Một số địa phương đã phê duyệt đề án, dự án xây dựng cơ sở dữ liệu ĐTTM như: Vĩnh Long (Bến Tre cũ), Hưng Yên (Thái Bình cũ), Nam Định (Hà Nam cũ), Cần Thơ, Hồ Chí Minh (Bà Rịa - Vũng Tàu cũ) [4]... Một số hệ thống cơ sở dữ liệu đã kết nối bước đầu với các nền tảng IOC (trung tâm điều hành thông minh) hoặc hệ thống một cửa điện tử.

Các hoạt động nghiên cứu khoa học hướng tới tự chủ về công nghệ, đặc biệt trong phát triển các công nghệ mới được tăng cường. Một số đô thị triển khai thu phí không dừng tại bến xe, bãi đỗ trong đô thị, đánh giá hiệu quả để cải thiện quản lý giao thông, thúc đẩy văn minh đô thị. Hiện tại, Hà Nội là một trong những đô thị đi đầu trong việc ứng dụng Trí tuệ nhân tạo (AI) trong quy hoạch và quản lý hệ thống hạ tầng kỹ thuật. Lĩnh vực giao thông là nơi AI được ứng dụng rõ rệt và tích cực nhất nhằm giảm thiểu tình trạng

ùn tắc kéo dài. Hà Nội đang sử dụng AI thông qua các hệ thống phân tích hình ảnh, xử lý dữ liệu từ mạng lưới camera tại các nút giao thông quan trọng. AI giúp tự động đếm xe, phát hiện hành vi vi phạm giao thông (phục vụ xử phạt nguội) và giám sát sát sao các điểm nóng. Đặc biệt, thành phố đang từng bước triển khai các giải pháp điều khiển đèn tín hiệu thông minh có khả năng điều chỉnh thời gian đèn dựa trên mật độ và luồng xe thực tế, thay vì đèn có chu kỳ cố định, nhằm tối ưu hóa khả năng thông hành của đường phố. Tuy nhiên, việc triển khai vẫn ở giai đoạn thí điểm, đối mặt với rào cản về dữ liệu và đồng bộ hóa hạ tầng.

Hà Nội đang đẩy mạnh việc số hóa toàn bộ cơ sở dữ liệu quy hoạch trên nền tảng GIS làm cơ sở xây dựng ĐTTM. Các dữ liệu quy hoạch được số hóa bằng GIS bao gồm: Quy hoạch chung Xây dựng Thủ đô; các quy hoạch phân khu; các quy hoạch chuyên ngành khác... Hà Nội sử dụng các nền tảng công nghệ hiện đại, kết hợp GIS với các công nghệ tiên tiến khác như sử dụng GeoAI và ảnh viễn thám để giám sát tự động việc thực hiện quy hoạch, phát hiện vi phạm.

Trong lĩnh vực quản lý rác thải và môi trường đô thị, Hà Nội vận hành các trạm quan trắc chất lượng không khí (AQI) cố định và di động. Dữ liệu thu thập từ các trạm này (về PM2.5, SO2, NOx, CO2,...) được đưa vào các mô hình AI. Từ đó, AI xử lý khối lượng lớn dữ liệu (bao gồm cả dữ liệu thời tiết, giao thông và mùa vụ) để dự đoán xu hướng ô nhiễm không khí theo giờ, theo ngày, hoặc theo các mùa nhất định (thường là mùa đông-xuân, khi ô nhiễm bụi mịn tăng cao). Khi mô hình



Hình 7: Trung tâm IOC Đà Nẵng góp phần xây dựng thành phố thông minh (Nguồn: [4])

AI dự báo chỉ số AQI sẽ vượt ngưỡng “Rất xấu” hoặc “Nguy hại,” cơ quan quản lý sẽ đưa ra cảnh báo sớm tới người dân và khuyến nghị các biện pháp ứng phó (như hạn chế hoạt động ngoài trời, đeo khẩu trang chuyên dụng). Trong quản lý chất thải, AI được thử nghiệm để tối ưu hóa tuyến đường thu gom rác bằng cách phân tích dữ liệu từ các thùng rác thông minh (có cảm biến báo đầy). Một số quận tại Hà Nội (điển hình là quận Ba Đình) đã đầu tư lắp đặt hệ thống camera giám sát tích hợp AI tại các “điểm nóng” về đổ trộm rác thải, xả rác không đúng giờ hoặc không đúng nơi quy định.

Trong lĩnh vực cấp nước và thoát nước, Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh đạt được hiệu quả ấn tượng nhờ tận dụng AI để phân tích dữ liệu dựa trên Big Data và IoT. Hà Nội đã triển khai các hệ thống quản lý mạng lưới trên nền tảng số hóa, tập trung vào việc giám sát và điều tiết mạng lưới. Bên cạnh đầu tư hệ thống thoát nước, thành phố Hà Nội cũng đang nâng cấp hệ thống cảnh báo ngập ứng dụng công nghệ mới, cài đặt ứng dụng trên điện thoại thông minh nhằm giảm thiệt hại cho người dân mỗi khi mưa lớn. Người dùng có thể chủ động theo dõi lượng mưa, điểm ứng ngập theo thời gian thực. Trong điều kiện biến đổi khí hậu, những diễn biến thời tiết ngày một phức tạp và không còn tuân theo các quy luật, tình hình ngập lụt tại các đô thị cũng gia tăng cả về phạm vi và tần suất. Để giảm bớt thiệt hại do ngập lụt, Thành phố Hồ Chí Minh đã nghiên cứu xây dựng và triển khai thử nghiệm hệ thống cảnh báo sớm ngập lụt đô thị dựa trên nền tảng trí tuệ nhân tạo, sử dụng hình ảnh từ các camera đo ngập lụt trên đường phố cũng như khai thác nguồn các video từ hệ thống camera giám sát giao thông [9].

Việc triển khai xây dựng đô thị thông minh/thành phố thông minh là xu hướng chung của thế giới, được Thành ủy, UBND thành phố Đà Nẵng nhận thức và quyết tâm hành động trong quá trình xây dựng phát triển thành phố. Đến nay, Trung tâm IOC thành phố Đà Nẵng đã kết nối hơn 300 thiết bị cảm biến hiện trường IoT (83 trạm

đo mưa, 78 trạm quan trắc, 55 tháp báo ngập, 22 tháp báo lũ, 10 trạm đo mực nước,...), đã cung cấp 15 nhóm dịch vụ đô thị thông minh với 159 loại số liệu, biểu đồ và 52 loại cảnh báo [4].

Trong bối cảnh Việt Nam đang đẩy mạnh CĐS, thách thức lớn nhất và căn bản nhất khi ứng dụng AI trong quản lý hạ tầng kỹ thuật chính là vấn đề liên quan đến dữ liệu. Nguồn dữ liệu hạ tầng kỹ thuật (giao thông, điện, cấp nước, thoát nước...) thường được lưu trữ riêng rẽ tại các cơ quan, đơn vị quản lý chuyên ngành khác nhau (các Sở, ban, ngành, các Công ty cấp nước, Công ty Điện lực...) [4]. Các nguồn dữ liệu không đồng nhất về định dạng. Dữ liệu có thể tồn tại dưới nhiều định dạng khác nhau (bản đồ giấy, tệp CAD, bảng excel, dữ liệu thời gian thực từ IoT)... Việc chuẩn hóa để AI có thể đọc và xử lý rất phức tạp và tốn thời gian. Ngoài ra, các nguồn dữ liệu này còn khá khiêm tốn: Nhiều dữ liệu về hạ tầng cũ hoặc chưa được số hóa hoàn toàn. Dữ liệu thời gian thực từ cảm biến IoT có thể bị nhiễu hoặc gián đoạn do lỗi thiết bị, đường truyền kém... Những tồn tại này làm cho việc ứng dụng AI trong quy hoạch, quản lý hệ thống hạ tầng gặp nhiều khó khăn.

Rào cản về khung pháp lý cho sự phát triển của ĐTTM cũng như cơ sở pháp lý cho việc ứng dụng AI cũng cần được xem xét. Các quy định liên quan đến ĐTTM và AI nằm rải rác trong nhiều văn bản luật khác nhau trong khi đó tốc độ phát triển của công nghệ AI và IoT rất nhanh. Quy trình xây dựng và ban hành văn bản pháp luật thường chậm, dẫn đến tình trạng khung pháp lý không theo kịp tiến trình công nghệ. Thiếu sự đồng bộ, khiến các địa phương và doanh nghiệp gặp khó khăn trong việc áp dụng các tiêu chuẩn kỹ thuật chung.

Chi phí đầu tư ban đầu vào công nghệ AI, cảm biến IoT, thu thập dữ liệu cơ sở hạ tầng và đào tạo nhân lực là rất lớn, tạo áp lực tài chính cho các đô thị. Hiện nay,

việc đầu tư chủ yếu dựa vào ngân sách nhà nước, thiếu cơ chế thu hút hiệu quả nguồn vốn tư nhân. Trong khi đó, chi phí để phát triển ĐTTM là quá lớn, vượt quá khả năng tài chính của nhiều địa phương.

Thiếu nguồn nhân lực chất lượng cao là một rào cản mang tính hệ thống đối với việc phát triển ĐTTM và ứng dụng AI trong quản lý hạ tầng kỹ thuật tại Việt Nam. Thách thức này không chỉ là vấn đề số lượng mà còn là vấn đề chất lượng và tính chuyên môn hóa. Nguồn nhân lực ứng dụng AI có kỹ năng cao được săn đón trên toàn cầu và trong khu vực tư nhân. Vì vậy, việc thu hút và giữ chân các chuyên gia giỏi để tham gia vào các dự án phát triển ĐTTM càng trở nên khó khăn.

4. Một số giải pháp đẩy mạnh ứng dụng Trí tuệ nhân tạo (AI) trong quy hoạch, quản lý hệ thống hạ tầng kỹ thuật hướng tới phát triển đô thị thông minh tại Việt Nam

Trong bối cảnh dữ liệu và công nghệ ngày càng trở thành nền tảng không thể thiếu trong quy hoạch, quản lý hệ thống hạ tầng kỹ thuật hướng tới phát triển ĐTTM. Để đẩy mạnh ứng dụng AI trong quy hoạch và quản lý hệ thống hạ tầng kỹ thuật, hướng tới phát triển ĐTTM tại Việt Nam, cần triển khai đồng bộ nhiều giải pháp về chính sách, công nghệ, dữ liệu và nguồn nhân lực.

Thứ nhất, cần sớm hoàn thiện hành lang pháp lý đồng bộ về phát triển ĐTTM. Việc xây dựng và ban hành các tiêu chuẩn về ĐTTM và ứng dụng AI là cần thiết nhằm thống nhất khái niệm, tiêu chuẩn, nguyên tắc phát triển... Ứng dụng AI trong quy hoạch, quản lý ĐTTM đang được thúc đẩy, nhưng quá trình này có thể chậm do cơ sở dữ liệu chưa đủ đồng bộ và thiếu hụt nguồn nhân lực. Khi hành lang pháp lý được hoàn thiện sẽ giúp định hình việc tích hợp AI vào hệ thống thông tin một cách hiệu quả hơn.

Thứ hai, ưu tiên triển khai việc thu thập dữ liệu, đồng bộ và chia sẻ dữ liệu về hệ thống hạ tầng đô thị đặc biệt

trong lĩnh vực giao thông, cấp thoát nước, cấp điện, vệ sinh và môi trường. Nguồn dữ liệu đa dạng, chính xác được thu thập từ hệ thống cảm biến đô thị, internet vạn vật (IoT), bản đồ số (GIS-Map), mô hình thông tin công trình (BIM) là đầu vào vô cùng quan trọng để AI xử lý và đưa ra được các khuyến nghị chính xác, phục vụ hiệu quả công tác quy hoạch và quản lý đô thị.

Thứ ba, nâng cao năng lực số cho cán bộ quản lý đô thị và cộng đồng. Đào tạo nguồn nhân lực đa ngành, hiểu biết về quản trị dữ liệu, ứng dụng AI, công nghệ số, cũng như năng lực phân tích – ra quyết định dựa trên dữ liệu là yếu tố then chốt bảo đảm thành công.

Thứ tư, khuyến khích hợp tác công – tư (PPP) trong triển khai đô thị thông minh. Đây là mô hình tối ưu để huy động nguồn lực tài chính, công nghệ và kinh nghiệm quản lý từ khu vực tư nhân, trong khi Nhà nước vẫn giữ vai trò dẫn dắt và kiểm soát. Các doanh nghiệp tư nhân luôn cập nhật và áp dụng các công nghệ mới nhất (AI, IoT, Big Data) trong thời gian ngắn, khả năng vận hành linh hoạt, giúp các dự án ĐTTM được triển khai đúng tiến độ và đạt hiệu suất cao.

Cuối cùng, cần xác định định hướng phát triển công nghệ – dữ liệu phù hợp với từng nhóm đô thị. Đối với đô thị mới, cần xây dựng tích hợp ngay từ khâu quy hoạch. Đối với đô thị hiện hữu, cần từng bước hiện đại hóa hạ tầng, tái cấu trúc dữ liệu. Còn đối với đô thị di sản, việc ứng dụng công nghệ phải hài hòa, bảo tồn được giá trị lịch sử – văn hóa trong khi vẫn đảm bảo vận hành hiệu quả và bền vững [4].

5. Kết luận:

Phát triển ĐTTM là xu thế tất yếu và là chiến lược đột phá để Việt Nam giải quyết các áp lực ngày càng tăng lên hệ thống hạ tầng kỹ thuật đô thị do quá trình đô thị hóa nhanh chóng. Nghiên cứu đã khẳng định rõ ràng rằng Trí tuệ Nhân tạo (AI) là công cụ tối ưu và động

lực then chốt trong quá trình CDS, giúp hệ thống hạ tầng (giao thông, cấp thoát nước, năng lượng, môi trường...) chuyển từ trạng thái tĩnh sang hệ thống tự điều chỉnh, linh hoạt và có khả năng dự báo dựa trên việc xử lý dữ liệu lớn thu thập từ các thiết bị IoT.

Mặc dù các đô thị tại Việt Nam đã đạt được những tiến bộ ban đầu đáng khích lệ, thể hiện qua việc thí điểm thành công IOC, ứng dụng GIS và BIM tại một số địa phương trọng điểm như Hà Nội và Đà Nẵng, việc triển khai toàn diện vẫn đang đối mặt với các thách thức lớn mang tính hệ thống. Các rào cản chính bao gồm: nguồn dữ liệu rời rạc, không đồng nhất và chưa được số hóa triệt để; sự hạn chế của khung pháp lý chưa theo kịp tốc độ phát triển công nghệ; chi phí đầu tư ban đầu lớn; và sự thiếu hụt nguồn nhân lực chất lượng cao. Để biến tiềm năng thành hiện thực và phát triển ĐTTM bền vững, Việt Nam cần triển khai đồng bộ và quyết liệt các giải pháp. Ứng dụng AI là nền tảng vững chắc để quy hoạch, quản lý hệ thống hạ tầng kỹ thuật hướng tới ĐTTM. Từ đó nâng cao chất lượng cuộc sống cho người dân và tăng cường năng lực cạnh tranh cho các đô thị trong thời đại chuyển đổi số và công nghệ thay đổi không ngừng.

**Tác giả: Khoa Kỹ thuật hạ tầng và Môi trường đô thị. Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Thủ tướng Chính phủ, Quyết định số 950/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Phê duyệt Đề án phát triển đô thị thông minh bền vững Việt Nam giai đoạn 2018 - 2025 và định hướng đến năm 2030.
2. Bộ Chính trị, Nghị quyết số 57-NQ/TW, ngày 22/12/2024 của Bộ Chính trị về đột phá phát triển khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia, 2024.
3. Bộ Xây dựng, Quyết định số 1004/QĐ-BXD ngày 31/7/2020 phê duyệt kế hoạch chuyển đổi số ngành Xây dựng giai đoạn 2020-2025, định hướng đến năm 2030, 2020.
4. Bộ Xây dựng, Tài liệu Hội nghị tổng kết "Đề án phát triển đô thị thông minh bền

vững Việt Nam giai đoạn 2018-2025 và định hướng đến năm 2030", 2025.

5. Stack AI, "How Is AI Enhancing Smart Cities and Urban Living?," Mar. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.stack-ai.com/blog/how-is-ai-enhancing-smart-cities-and-urban-living>. [Accessed: Jul. 26, 2025].

6. S. Joanson, "Improving Urban Planning and Smart City Initiatives with Artificial Intelligence," PhilArchive, Dec. 8, 2024. [Online]. Available: <https://philarchive.org/archive/JOAIUP>. [Accessed: Jul. 26, 2025].

7. E. Cina, E. Elbasi, G. Elmazi, and Z. AlArnaout, "The Role of AI in Predictive Modelling for Sustainable Urban Development: Challenges and Opportunities," Sustainability, vol. 17, no. 11, 2025.

8. U. Ejaz, W. Ramon, and G. Olaoye, "The Role of Big Data and AI in Smart Cities and Urban Planning," ResearchGate, Jan. 17, 2025. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/388035908_The_Role_of_Big_Data_and_AI_in_Smart_Cities_and_Urban_.

9. Quyền, L.N. và CS, Nghiên cứu, xây dựng và triển khai thử nghiệm hệ thống cảnh báo sớm ngập lụt đô thị dựa trên nền tảng trí tuệ nhân tạo tại Thành phố Hồ Chí Minh. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Thành phố, 2022.

10. Lê Văn Linh, Nguyễn Tú Anh, Nguyễn Hoàng Bách, Nghiên cứu ứng dụng công nghệ số

11. Ủy ban nhân dân thành phố Hà Nội, Quyết định phê duyệt đề án "Giao thông thông minh trên địa bàn thành phố Hà Nội", 2024.

12. Bộ Xây dựng, Báo cáo tóm tắt "Đề án phát triển đô thị thông minh bền vững Việt Nam giai đoạn 2018-2025 và định hướng đến năm 2030".

13. Ủy ban nhân dân thành phố Hà Nội, Báo cáo tổng hợp đề án "Đề án tổng thể giảm thiểu ùn tắc giao thông trên địa bàn thành phố Hà Nội giao đoạn 2025 - 2030 và những năm tiếp theo", 2025.

14. Picterra, "How Smart Cities Are Using Artificial Intelligence?," Apr. 2, 2020. [Online]. Available: <https://picterra.ch/blog/how-smart-cities-are-using-artificial-intelligence/>. [Accessed: Jul. 26, 2025].

Nhận bài ngày: 30/11/2025. Phản biện từ ngày 3/12/25. Người phản biện: GSTS. Đỗ Hậu. Ngày thông qua phản biện và duyệt đăng: 15/12/2025