



QUY HOẠCH  
& KIẾN TRÚC  
THẾ GIỚI

# Ứng dụng công nghệ số trong kiểm soát đô thị lan tỏa

**MARIN GESHKOV**\* Khoa Kinh doanh Công nghiệp, Đại học Kinh tế Quốc dân (UNWE), Sofia, Bulgaria  
**PHAN THANH BÍCH** Sư tâm và dịch

**Đô thị lan tỏa được định nghĩa là sự chuyển đổi quá mức đất nông thôn thành đất đô thị hoặc sự gia tăng quá mức vượt quá quy mô tối ưu của thành phố. Đô thị lan tỏa trở thành chủ đề nóng trước tiên ở Hoa Kỳ, nơi thành phố có mật độ thấp, vấn đề này xuất hiện vào cuối những năm 70 và đầu những năm 80. Ở Châu Âu, đô thị lan tỏa không phải là vấn đề nổi cộm cho đến tận gần đây, chủ yếu là do cấu trúc của các thành phố châu Âu, vốn theo truyền thống là tập trung và đông dân hơn, trái ngược với các thành phố của Hoa Kỳ. Tuy nhiên, ngày nay chúng ta thấy các dấu hiệu của đô thị lan tỏa ở các thành phố châu Âu, chẳng hạn như sự phi tập trung hóa quá mức, tắc nghẽn giao thông, thiếu không gian mở, quá tải dân số... Gần đây, các nhà quy hoạch đô thị bắt đầu ứng dụng các công nghệ kỹ thuật số hiện đại để đo lường và kiểm soát hiện tượng đô thị lan tỏa. Nghiên cứu này thảo luận về các công nghệ kỹ thuật số hiện đại được sử dụng trong quy hoạch đô thị ngày nay.**

## **Giới thiệu**

Sự phát triển nhanh chóng của các khu vực đô thị là đặc trưng của thời hiện đại, mang đến nhiều cơ hội và thách thức. Một trong những thách thức lớn nhất liên quan đến quá trình đô thị hóa là hiện tượng đô thị lan tỏa, sự mở rộng đô thị một cách tràn lan của các đô thị và vùng ngoại ô, thường dẫn đến việc sử dụng đất không hiệu quả, gia tăng tình trạng tắc nghẽn giao thông, suy thoái môi trường và giảm chất lượng cuộc sống của người dân. Khi các thành phố tiếp tục mở rộng và dân số tăng lên, nhu cầu về các chiến lược hiệu quả để kiểm soát và quản lý đô thị lan tỏa trở nên cấp thiết [1]. Trong những năm gần đây, một giải pháp đầy hứa hẹn đã xuất hiện dưới dạng công nghệ số. Cuộc cách mạng số đã thấm thấu vào hầu hết mọi khía cạnh của cuộc sống chúng ta và quy hoạch đô thị cũng

không ngoại lệ. Việc tích hợp công nghệ số vào quy trình quy hoạch và phát triển đô thị mang đến một cơ hội hiếm có, không chỉ để giảm thiểu những tác động tiêu cực của đô thị lan tỏa mà còn thúc đẩy các thành phố phát triển bền vững và đáng sống hơn [8,9]. Bài viết này đi sâu vào ứng dụng công nghệ số trong việc giải quyết thách thức của đô thị lan tỏa. Chúng ta sẽ nghiên cứu các công cụ tiên tiến như bản đồ số, hệ thống thông tin địa lý (GIS), giải pháp thành phố thông minh, mô phỏng quy hoạch đô thị, đổi mới trong lĩnh vực giao thông và nền tảng tham gia cộng đồng đang được ứng dụng để tái định hình quá trình phát triển đô thị. Bằng cách áp dụng những công nghệ này, các thành phố trên khắp thế giới đang tìm ra những giải pháp đổi mới nhằm định hình hướng phát triển của mình và kiến tạo những môi trường đô thị hài hòa hơn [1]. Thông qua việc

phân tích toàn diện vai trò của công nghệ kỹ thuật số trong việc kiểm soát đô thị lan tỏa, bài viết hướng tới làm sáng tỏ tiềm năng mang tính đột phá của những công cụ đó. Bằng cách sử dụng sức mạnh của dữ liệu, kết nối và sự tham gia của người dân, các nhà quy hoạch đô thị và các nhà hoạch định chính sách đang tìm giải pháp cho bối cảnh phức tạp của quá trình đô thị hóa với độ chính xác và hiểu biết sâu sắc hơn. Phần còn lại của bài viết sẽ đề cập đến các lĩnh vực cụ thể mà công nghệ số đang tạo ra tác động đáng kể, minh họa bằng các ví dụ thực tế, đồng thời phân tích cả cơ hội và thách thức đặt ra trong tương lai [2].

### **Đô thị lan tỏa là một vấn đề đương đại**

Hiện tượng đô thị lan tỏa đã trở thành một thách thức mang tính quyết định đối với quá trình đô thị hóa ngày nay. Khi các thành phố mở rộng ra bên ngoài và xâm lấn vào các khu vực nông thôn và các không gian tự nhiên xung quanh, hàng loạt các vấn đề liên quan phát sinh ảnh hưởng đến cả môi trường và chất lượng cuộc sống của người dân. Một số vấn đề đó bao gồm:

**Phân mảnh đất đai và sử dụng đất kém hiệu quả:** Hiện tượng đô thị lan tỏa thường dẫn đến tình trạng phân mảnh và sử dụng đất kém hiệu quả. Phát triển mật độ thấp khiến cho các không gian mở, đất nông nghiệp và môi trường sống tự nhiên chuyển đổi thành những khu nhà ở dàn trải, trung tâm thương mại và mạng lưới đường bộ. Phát triển phân mảnh này gây khó khăn cho việc hình thành các cộng đồng đô thị gắn kết, làm gia tăng chi phí hạ tầng và làm suy giảm quỹ không gian xanh dành cho vui chơi giải trí cũng như bảo tồn [4].

**Tắc nghẽn giao thông và chất lượng không khí:** Việc mở rộng không kiểm soát các khu vực đô thị góp phần làm tăng tình trạng tắc nghẽn giao thông và thời gian đi lại dài hơn. Điều này không chỉ gây bức xúc cho người dân mà còn để lại những hệ lụy đáng kể đối với môi trường. Ùn tắc giao thông làm gia tăng lượng phát thải khí nhà kính và các chất ô nhiễm, dẫn đến suy giảm chất lượng không khí và làm trầm trọng thêm các vấn đề về sức khỏe cộng đồng. [4].

**Tắc nghẽn giao thông trong bối cảnh đô thị lan tỏa:** Tắc nghẽn giao thông là một trong những hệ quả rõ rệt và trực tiếp nhất của hiện tượng đô thị lan tỏa, phản ánh mối quan hệ phức tạp giữa mô hình phát triển đô thị và các thách thức về giao thông vận tải. Khi các thành phố mở rộng ra bên ngoài, nhiều yếu tố cùng góp phần làm trầm trọng thêm tình trạng ùn tắc giao thông, bao gồm:

■ **Khoảng cách đi lại xa hơn:** Các dự án phát triển ngoại ô mật độ thấp thường dẫn đến khoảng cách đi lại lớn hơn giữa các khu dân cư và các trung tâm việc làm chính. Hệ quả là thời gian đi lại kéo dài và lưu lượng giao thông trên các tuyến đường tăng cao, đặc biệt là vào giờ cao điểm.

■ **Phụ thuộc vào ô tô:** Các mô hình đô thị phát triển dàn trải thường ưu tiên việc sử dụng ô tô, trong khi ít chú trọng đến giao thông công cộng và hạ tầng thân thiện với người đi bộ. Điều này thúc đẩy sự phụ thuộc vào ô tô cá nhân, làm gia

tăng số lượng phương tiện lưu thông và góp phần gây tắc nghẽn giao thông [5,3].

■ **Hệ thống giao thông công cộng chưa đáp ứng:** Tại nhiều khu vực đô thị lan tỏa, hệ thống giao thông công cộng thường kém phát triển hoặc thiếu tính kết nối. Điều này khiến người dân có rất ít lựa chọn có thể thay cho việc sử dụng ô tô cá nhân, qua đó càng làm trầm trọng thêm tình trạng ùn tắc giao thông.

■ **Nhu cầu phát sinh:** Mở rộng mạng lưới đường bộ để đáp ứng sự lan tỏa đô thị có thể vô tình khuyến khích nhiều người sử dụng ô tô hơn, một hiện tượng được gọi là nhu cầu phát sinh. Khi đường xá được mở rộng hoặc các cao tốc mới được xây dựng, chúng thường thu hút thêm nhiều phương tiện, từ đó làm triệt tiêu phần nào hiệu quả giảm ùn tắc tức thời [4,7].

■ **Hiệu ứng dây chuyền:** Ùn tắc giao thông không chỉ ảnh hưởng đến từng người tham gia giao thông mà còn tạo ra những hiệu ứng dây chuyền đối với năng suất kinh tế, chất lượng không khí và chất lượng sống nói chung. Tình trạng lưu thông chậm làm tăng thời gian vận chuyển hàng hóa, ảnh hưởng đến hoạt động kinh doanh, đồng thời làm suy giảm chất lượng không khí do phương tiện phải nổ máy trong thời gian dài chờ đợi.

■ **Tác động môi trường:** Ùn tắc giao thông làm gia tăng lượng phát thải khí nhà kính và các chất ô nhiễm, góp phần gây ô nhiễm không khí và suy thoái môi trường. Điều này không chỉ ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe cộng đồng ở phạm vi địa phương mà còn để lại những hệ lụy rộng hơn đối với biến đổi khí hậu.

■ **Căng thẳng và chất lượng sống:** Việc phải dành quá nhiều thời gian trong tình trạng kẹt xe có thể dẫn đến căng thẳng, bức xúc và làm suy giảm chất lượng sống của người tham gia giao thông. Bên cạnh đó, quỹ thời gian dành cho việc đi lại còn làm giảm thời gian có thể dành cho nghỉ ngơi, cho gia đình hoặc các hoạt động khác [4].

Giải quyết tình trạng tắc nghẽn giao thông trong bối cảnh đô thị lan tỏa đòi hỏi các giải pháp đa chiều, đồng thời xem xét cả khía cạnh quy hoạch giao thông và quy hoạch đô thị:

■ **Tăng cường giao thông công cộng:** Phát triển các hệ thống giao thông công cộng hiệu quả và dễ tiếp cận có thể mang lại lựa chọn thay thế cho việc sử dụng ô tô cá nhân, từ đó giúp giảm số lượng phương tiện lưu thông trên đường.

■ **Phát triển đô thị đa chức năng:** Khuyến khích mô hình phát triển đa chức năng, trong đó các khu vực nhà ở, thương mại và giải trí được đan xen, có thể giúp giảm nhu cầu di chuyển đường dài và góp phần giảm ùn tắc giao thông [3,4,2].

■ **Khả năng đi bộ và hạ tầng dành cho xe đạp:** Việc xây dựng môi trường thân thiện với người đi bộ và các làn đường

dành riêng cho xe đạp khuyến khích các phương tiện giao thông phi cơ giới, giảm ùn tắc giao thông.

■ Phát triển theo định hướng giao thông công cộng (TOD): Tập trung phát triển đô thị quanh các đầu mối giao thông công cộng sẽ khuyến khích người dân sử dụng phương tiện công cộng, qua đó giảm sự phụ thuộc vào phương tiện cá nhân.

■ Thu phí ùn tắc giao thông: Việc áp dụng cơ chế thu phí đối với các phương tiện cơ giới khi đi vào một số khu vực thường xuyên ùn tắc trong giờ cao điểm có thể khuyến khích hình thức đi chung xe (carpooling) và sử dụng giao thông công cộng [3,4,7].

Bằng cách tích hợp các công nghệ số, chẳng hạn như giám sát giao thông theo thời gian thực, phân tích dự báo và hệ thống quản lý giao thông thông minh, các thành phố có thể nắm bắt được quy luật lưu thông giao thông và đưa ra những quyết định có cơ sở nhằm giảm thiểu tình trạng ùn tắc. Các công nghệ này cho phép điều khiển tín hiệu giao thông thích ứng (Adaptive traffic signals control - ATSC), các phương án điều hướng lại luồng phương tiện và lập quy hoạch hạ tầng dựa trên dữ liệu [3,4].

Khi các nhà quy hoạch đô thị và hoạch định chính sách giải quyết những thách thức về tình trạng tắc nghẽn giao thông do đô thị lan tỏa, vai trò của công nghệ kỹ thuật số ngày càng trở nên quan trọng trong việc tạo ra môi trường đô thị hiệu quả, bền vững và đáng sống hơn [3,4].

*Mất đất nông nghiệp và suy giảm đa dạng sinh học:* Việc chuyển đổi đất nông nghiệp sang phát triển đô thị đặt ra mối đe dọa về với an ninh lương thực và đa dạng sinh học. Khi đô thị lan tỏa chiếm dụng các vùng đất màu mỡ, năng lực sản xuất lương thực tại chỗ bị suy giảm, dẫn đến sự phụ thuộc nhiều hơn vào nguồn cung từ xa. Bên cạnh đó, sự mất mát môi trường sống tự nhiên do đô thị hóa tràn lan cũng góp phần làm suy giảm các loài thực vật và động vật bản địa, gây xáo trộn hệ sinh thái và ảnh hưởng tiêu cực đến đa dạng sinh học địa phương [5,6].

Áp lực lên cơ sở hạ tầng và cung cấp dịch vụ: Phát triển vùng ngoại ô đòi hỏi phải mở rộng mạng lưới tiện ích, hệ thống giao thông và dịch vụ công cộng. Điều này gây áp lực lên ngân sách và nguồn lực của chính quyền đô thị, có thể dẫn đến tình trạng hạ tầng không được duy tu đầy đủ và dịch vụ cung ứng không đáp ứng nhu cầu. Chi phí mở rộng hạ tầng và dịch vụ cho các khu vực đô thị tràn trải cũng làm phân tán nguồn vốn, khiến những dự án đô thị thiết yếu khác bị cắt giảm hoặc trì hoãn [9].

*Suy giảm sự gắn kết cộng đồng và chất lượng sống:* Thiết kế của các khu vực ngoại ô phát triển tràn trải thường ưu tiên hạ tầng cho ô tô hơn là cho đi bộ và không gian công cộng, dẫn đến tình trạng suy giảm gắn kết cộng đồng và lối sống ít vận động. Người dân có xu hướng dành nhiều thời

gian cho việc đi lại, thay vì tham gia các hoạt động cộng đồng. Việc thiếu hụt các tiện ích và không gian công cộng dễ tiếp cận có thể làm gia tăng cảm giác cô đơn, đồng thời làm giảm sự gắn kết cộng đồng và chất lượng sống của người dân.

Khi đô thị lan tỏa tiếp tục đặt ra những thách thức phức tạp, ngày càng có sự nhận thức rõ ràng hơn về nhu cầu áp dụng các cách thức tiếp cận đổi mới trong quy hoạch và phát triển đô thị. Đây chính là lúc công nghệ số đóng vai trò then chốt, mang đến nhiều công cụ và giải pháp nhằm ứng phó với những tác động tiêu cực của đô thị lan tỏa, đồng thời thúc đẩy xây dựng các thành phố bền vững, kết nối và năng động hơn [4,9].

### **Ứng dụng công nghệ số trong quy hoạch đô thị đương đại**

Quy hoạch đô thị kỹ thuật số là một hiện tượng tương đối mới, xuất hiện khi các công nghệ tiên tiến mới nổi như Trí tuệ nhân tạo (AI), Dữ liệu lớn (Big data), Internet vạn vật (IoT) và Bản sao số (Digital Twin), cung cấp các bộ dữ liệu phong phú và những khả năng tính toán tiên tiến trong việc phân tích, hiểu biết về hành vi con người, các công nghệ này đã trở nên phổ biến rộng rãi và có chi phí đủ thấp để có thể được ứng dụng ở quy mô lớn. [10].

Quá trình khả dụng và khả thi đã thể hiện rõ sau đại dịch COVID, khi nhiều người không sẵn lòng quay trở lại môi trường văn phòng đô thị chính thống. Trong giai đoạn đại dịch, mọi người đã tương tác và hợp tác trong các dự án thông qua công nghệ thực tế mở rộng, chẳng hạn như thực tế tăng cường (AR) và thực tế ảo (AU), thực hiện các cuộc gọi điện thoại/Nhóm/Zoom và tham gia vào các hoạt động “bình thường” trên nền tảng kỹ thuật số. Việc tiếp cận và làm chủ các công nghệ tiên tiến là rất quan trọng để giảm mức tiêu thụ năng lượng của ô tô và giảm tài nguyên được sử dụng để xây dựng cơ sở hạ tầng nơi làm việc, mạng lưới giao thông quy mô lớn và các yếu tố khác hỗ trợ trực tiếp hoặc gián tiếp phục vụ môi trường làm việc [10].

Theo định nghĩa, quy hoạch đô thị số hình thành như một quá trình ra quyết định nhằm hỗ trợ việc mô phỏng môi trường vật lý dựa trên dữ liệu cảm biến chính xác và được cập nhật theo thời gian thực [11].

Quy hoạch đô thị số phụ thuộc đáng kể vào các khái niệm thành phố số (digital city) và bản sao số (digital twin), trong việc tái tạo môi trường thực tế trong không gian ảo và đặt hạ tầng công nghệ thông tin - truyền thông (ICT) vào vị trí trung tâm của định hướng phát triển dài hạn cho đô thị thực.

Quy hoạch đô thị kỹ thuật số diễn ra trong hai giai đoạn. Giai đoạn đầu tiên bao gồm quy hoạch vật thể và xã hội, phân chia chức năng, mô hình không gian, hạ tầng vật lý, sử dụng đất đô thị và mật độ xây dựng. Giai đoạn thứ hai bao gồm thông tin kỹ thuật: quy hoạch, thành phần và cấu

trúc, chức năng hệ thống, cấu trúc thông tin, cơ sở dữ liệu không gian và hệ thống quản lý. Nội dung này bao gồm cơ sở hạ tầng thành phố, các thuộc tính không gian và chức năng của các cơ quan quản lý đô thị và phụ thuộc vào việc thu thập dữ liệu từ nhiều nguồn (cảm biến, camera, thiết bị IoT, đồng hồ đo), xử lý dữ liệu (chuyển đổi, xác thực, tóm lược, tổng hợp) và biến dữ liệu thành thông tin chi tiết, có ý nghĩa mà người dùng cuối có thể truy cập thông qua các nền tảng trực tuyến [11].

**Các công nghệ chính giúp quy hoạch đô thị kỹ thuật số trở nên khả thi**

Quy hoạch đô thị kỹ thuật số chủ yếu dựa vào khái niệm về bản sao số. Bản sao số là các bản sao hoặc biểu diễn ảo chính xác của những đối tượng hoặc vị trí vật lý dựa trên dữ liệu được thu thập từ hệ thống cảm biến, camera và thiết bị giám sát cơ sở hạ tầng vật lý. Bản chất của công nghệ này là cho phép dữ liệu được thu thập tạo ra các mô phỏng nhằm mô hình hóa, thử nghiệm và dự báo cách một sản phẩm, quy trình hoặc dịch vụ nhất định sẽ hoạt động như thế nào trong thế giới thực. Bản sao số cung cấp năng lực đánh giá và các giải pháp, cung cấp các biểu diễn trực quan theo thời gian thực ngay lập tức về quá trình phát triển hoặc can thiệp. Do đó, người dùng được hưởng lợi từ việc giảm chi phí thử nghiệm và mô phỏng. Mỗi bản sao số của đô thị là sự kết hợp của nhiều công nghệ nền tảng khác nhau, cấu thành nên toàn bộ quá trình quy hoạch đô thị số.

**Các công nghệ kỹ thuật số chủ đạo được sử dụng trong quy hoạch đô thị kỹ thuật số gồm:**

Nguồn dữ liệu mở trực tuyến và phân tích dữ liệu liên quan Các nguồn dữ liệu mở trực tuyến thường bao gồm dữ liệu hành chính được hình thành từ các sáng kiến “chính phủ mở” ở các quốc gia đang phát triển và phát triển, dữ liệu từ mạng xã hội, cộng đồng trực tuyến (ví dụ như các diễn đàn theo chủ đề), trang web đăng tuyển việc làm và hồ sơ dịch vụ của các ứng dụng thiết bị thông minh. Những dữ liệu trực tuyến mới này thường là “dữ liệu lớn” (big data), kèm theo thông tin chi tiết về thời gian và vị trí địa lý, mang lại giá trị quan trọng cho các chuyên gia quy hoạch đô thị trong việc hiểu rõ động thái vận hành của thành phố - những yếu tố vốn khó nắm bắt thông qua các số liệu thống kê truyền thống. Các trường hợp sử dụng dữ liệu mở trực tuyến cho quy hoạch đô thị bao gồm: lập bản đồ cấu trúc không gian của các thành phố, xác minh dân số và việc làm tại các thành phố đang phát triển nhanh và xác định các mô hình đi lại của lao động chính thức và không chính thức [12].

**Trực quan hóa và tích hợp dữ liệu dựa trên GIS**

Ba cấp độ ứng dụng hệ thống thông tin địa lý (GIS) trong quy hoạch đô thị được xác định bao gồm: trực quan hóa, tích hợp dữ liệu và tự động hóa. Ở cấp độ thứ nhất, GIS được sử dụng nhằm trực quan hóa dữ liệu không gian địa lý từ một nguồn duy nhất. Trong nhiều thế kỷ, bản đồ đã đóng vai trò công cụ thể hiện mối quan hệ giữa các biến số khác nhau với vị trí địa lý thông qua việc chồng ghép các lớp thông tin

lên bản đồ. Ở cấp độ thứ hai, GIS cho phép tích hợp dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau, qua đó nâng cao chất lượng và hiệu quả của quá trình ra quyết định. Trong những năm tới, tích hợp dữ liệu được dự báo sẽ trở thành hướng ứng dụng chủ đạo của phân tích dữ liệu dựa trên GIS trong lĩnh vực quy hoạch đô thị. Ở cấp độ thứ ba, GIS được khai thác để tự động hóa các tác vụ trong quy hoạch đô thị, phần lớn được hỗ trợ bởi trí tuệ nhân tạo (AI) thông qua các phương pháp học máy. Cấp độ này đại diện cho một mô hình sử dụng dữ liệu và thuật toán mang tính đột phá, đồng thời đặt ra những vấn đề liên quan đến khung pháp lý, trách nhiệm giải trình và đạo đức trong các quyết định dựa trên thuật toán. Những câu hỏi này mở ra cơ hội để suy ngẫm về những quy trình nào trong công tác quy hoạch đô thị có thể và nên được tự động hóa, cũng như vai trò tương lai của công tác quy hoạch đô thị trong tổng thể hệ sinh thái đô thị. [12].

**Các cơ chế chia sẻ dữ liệu quy mô toàn đô thị**

ATIS (dịch vụ thông tin thiết bị đầu cuối tự động) và Microsoft Ignite (hội nghị thường niên dành cho các nhà phát triển và chuyên gia CNTT) đã khởi động một sáng kiến mới cho phép thành phố chia sẻ dữ liệu với các thành phố khác. Các tổ chức đang làm việc trên một thông số kỹ thuật trao đổi dữ liệu bao gồm một khuôn khổ chia sẻ dữ liệu, định dạng và giao thức dữ liệu, các yêu cầu về bảo mật và quyền riêng tư và các giao diện lập trình ứng dụng, công cụ kỹ thuật để kết nối và chia sẻ dữ liệu (API) đơn giản. Cách tiếp cận mới dựa trên dữ liệu và theo hướng mở này nhằm để thúc đẩy phát triển kinh tế đô thị, đồng thời khuyến khích người dân và doanh nghiệp sáng tạo ra các giải pháp đổi mới để giải quyết những thách thức đô thị cấp bách [12].

**Bản sao số cấp thành phố**

Các sáng kiến thành phố thông minh trên toàn cầu đã tích lũy được nhiều tri thức mới về cách thức công nghệ số có thể giúp các đô thị đạt được những kết quả chính trị, kinh tế - xã hội tốt hơn. Mô hình bản sao số (digital twin) cho phép tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên (ví dụ: năng lượng và nước), nâng cao hiệu quả ở cấp độ hệ thống, đồng thời cung cấp cơ sở thông tin phục vụ hoạch định chính sách trong quy hoạch và quản lý hạ tầng. Công nghệ này cũng đóng vai trò trung gian giữa các biện pháp quản lý đô thị ngắn hạn (ví dụ: đèn tín hiệu giao thông thông minh) và các mục tiêu chính sách trung đến dài hạn (ví dụ: tăng trưởng năng suất và phát triển bền vững). Ở cấp độ thành phố, bản sao số được khai thác như một công cụ trung gian để chia sẻ tri thức giữa các lĩnh vực và chuyên ngành khác nhau. Nó kết nối các mốc thời gian chính sách khác nhau, từ đó cho phép nhận diện những bất cập và rủi ro ở cấp hệ thống vốn khó phát hiện bằng phương pháp truyền thống. Nguồn tri thức tích hợp này có thể khuyến khích hình thành các cách tiếp cận hợp tác mới trong nghiên cứu và thực hành chính sách, đồng thời thúc đẩy đối thoại xã hội - cộng đồng [12].

Các công nghệ số khác được sử dụng cho quy hoạch đô thị gồm:

- Trực quan hóa 3D, bao gồm AR và thực tế ảo VR
- Các dịch vụ dựa trên nền tảng đám mây dùng để tổng hợp, xử lý và lưu trữ dữ liệu liên quan
- Cổng thông tin và ứng dụng di động hướng đến người dùng
- Công cụ an ninh mạng
- Cơ sở hạ tầng IoT thu thập và cung cấp dữ liệu tới nhiều điểm đến
- Dịch vụ GIS nâng cao
- Công cụ quản lý và phân tích dữ liệu lớn

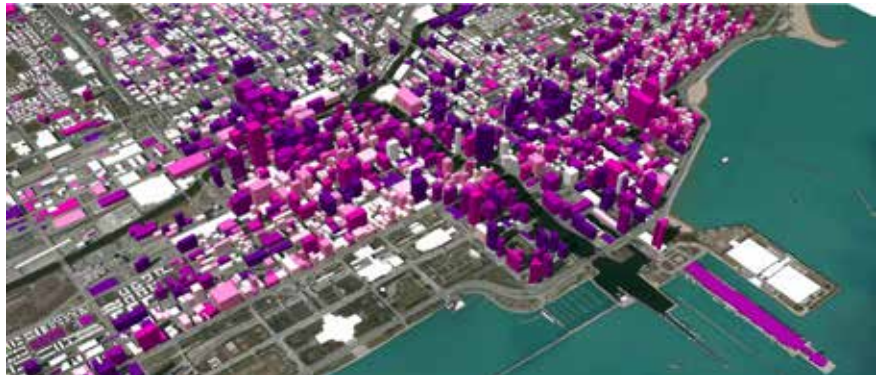
Những công nghệ này, cùng với các công nghệ liên quan khác, không tồn tại một cách biệt lập. Giữa các thành phần của cách tiếp cận bản sao số trong quy hoạch đô thị luôn có sự tương tác và hỗ trợ lẫn nhau. Từ việc xây dựng một mạng lưới thông tin liên lạc phức tạp, có độ tin cậy cao và chịu

được tải lớn, cho đến việc quản lý đúng cách khối lượng dữ liệu khổng lồ liên tục đổ về, toàn bộ quá trình đều đòi hỏi sự chú ý tỉ mỉ đến từng chi tiết và một tư duy định hướng tương lai ở tất cả các bước triển khai.

Khi những đổi mới như xe tự hành hay các hệ thống quản lý đô thị hoàn toàn tự động dựa trên trí tuệ nhân tạo xuất hiện, chúng chắc chắn sẽ hòa nhập vào mô hình quy hoạch đô thị số hiện hữu và trở thành những bộ phận cấu thành không thể tách rời [11].

Trong bối cảnh Metaverse, khái niệm bản sao số sẽ có tác động chưa từng có trong việc mô phỏng và dự báo các hiện tượng như lũ lụt, cháy rừng, nhu cầu năng lượng trước sự thay đổi dân số đô thị, dòng chảy giao thông, các biến số về biến đổi khí hậu, cùng nhiều vấn đề đô thị quan trọng khác cần quan tâm trong quy hoạch đô thị. [10].





### Kết luận

Hiện tượng đô thị lan tỏa, theo định nghĩa, là sự chuyển đổi quá mức đất nông thôn thành đất đô thị hoặc sự mở rộng quá mức của thành phố vượt quá quy mô tối ưu. Mặc dù đô thị lan tỏa đã trở thành chủ đề nóng ở Hoa Kỳ vào cuối những năm 70 và đầu những năm 80, nhưng tại châu Âu vấn đề này chưa nổi cộm cho đến gần đây nó được quan tâm do đặc thù cấu trúc đô thị châu Âu. Tuy nhiên, ngày nay chúng ta có thể quan sát các biểu hiện của đô thị lan tỏa ở các thành phố châu Âu, chẳng hạn như phi tập trung quá mức, tắc nghẽn đường, thiếu không gian mở và gia tăng mật độ dân số. Các thành phố hiện đại sử dụng sự trợ giúp của công nghệ số để kiểm soát đô thị lan tỏa và giảm thiểu các tác động tiêu cực đi kèm. Thông qua công nghệ số, các nhà quy hoạch đô thị có thể dự báo tốc độ và hướng phát triển của thành phố và từ đó ngăn chặn tình trạng lan tỏa tự phát. Hơn nữa, công nghệ số còn giúp các nhà quy hoạch đô thị hình dung ra một thành phố hiện đại, phát triển về công nghệ và thân thiện với môi trường. Các mô phỏng chuyển đổi là công cụ hiệu quả để huy động sự tham gia của người dân và nghiên cứu cách họ tương tác trong tương lai với môi trường.

Tuy nhiên, việc ứng dụng bản sao số như những bản thể hiện hoặc bản sao ảo chính xác của các đối tượng hoặc địa điểm trong thế giới vật lý vẫn đang ở giai đoạn sơ khai. Chẳng hạn, Metaverse và các nghiên cứu trong lĩnh vực này vẫn còn ở thời kỳ đầu. Hiện vẫn còn rất ít hiểu biết về những cơ hội thực chất, cũng như những hệ quả mà nền tảng toàn cầu này có thể mang lại. Tuy vậy, nó đã sớm làm dấy lên những quan ngại liên quan đến rủi ro và tác động đối với các giá trị nhân văn, đạo đức và xã hội. Sự phát triển công nghệ không nên để diễn ra một cách mất kiểm soát; việc hình thành và lan tỏa một hệ lý tính mới, định hướng bởi các giá trị xã hội và nhân văn là điều kiện cần thiết cho sự phát triển thành công của Metaverse.

Ngày nhận bài: 05/06/2025

Ngày gửi phản biện: 07/06/2025

Ngày duyệt đăng: 25/08/2025

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. K. Williams, E. Burton, M. Jenks, *Achieving sustainable Urban Form* (New York: Taylor & Francis, 2000)
2. W. H. Parry, M. Walls, W. Harrington, *JEL* 45, 2, 373-399 (2007)
3. T. Nechyba, R. Walsh, *JEP* 18, 4, 177-200 (2004)
4. J. K. Brueckner, *IRSR* 23, 160-171 (2000)
5. J. Geoghegan, L. A. Wainger, N. E. Bockstael, *Ecol. Econ.* 23, 3, 251-264 (1997)
6. A. O'Sullivan, *J. Urban Econ.* 18, 235-250 (1985)
7. G. Acharya, L. Bennett, *J. Real Estate Finance Econ.* 22, 221-237 (2001)
8. M. Kahn, *JIPAM* 19, 4, 569-586 (2000)
9. A. Bertaud, *The Spatial Organization of Cities: Deliberate Outcome or Unforeseen Consequence?*, Working Paper, Institute of Urban and Regional Development, University of California, Berkeley (2004)
10. Z. Allam, A. Sharifi, S. E. Bibri, D.S. Jones, J. Krogstie, *Smart Cities* 5, 3, 771-801 (2022)
11. V. Haydin, *Digital Urban Planning Today and Tomorrow*, (2020), Blog Post, [Online] <https://intellias.com/digital-urban-planning-today-and-tomorrow/>
12. A. Parlikad, L. Wan, T. Nocht. *The Technological Transformation of Urban Planning in the Age of "Smart Cities"*, Policy Brief (University of Cambridge, 2021)

