

Quản lý cấp nước đô thị trong tiến trình chuyển đổi số

Nguyễn Thị Ngọc Dung¹, Phạm Văn Dương², Phạm Huy Bằng³

Urban water supply management in the context of digital transformation

Tóm tắt

Chuyển đổi số đã trở thành quyết sách của toàn ngành nước Việt Nam. Chính phủ đã nhận thức rõ tầm quan trọng của chuyển đổi số và đưa ra nhiều chính sách thúc đẩy ứng dụng công nghệ số trong quản lý hệ thống cấp nước đô thị. Việc áp dụng chuyển đổi số vào quản lý cấp nước đô thị thông minh được xem là giải pháp then chốt hiệu quả để giải quyết vấn đề bất cập của quản lý cấp nước đô thị hiện nay. Chính vì vậy, bài báo quản lý cấp nước đô thị trong tiến trình chuyển đổi số là những thông tin ban đầu rất cần thiết cho những nghiên cứu tiếp theo.

Từ khóa: hạ tầng kỹ thuật; hệ thống cấp nước; chuyển đổi số

Abstract

Digital transformation has become a key policy for the entire water industry in Vietnam. The Government has been clearly aware of the importance of digital transformation and issued many policies to promote the application of digital technology in urban water supply management. Applying the digital transformation to smart urban water supply management is considered a key and effective solution to solve the current shortcomings of urban water supply management. Therefore, the article on urban water management in the context of digital transformation provides essential initial information for further research.

Key words: technical infrastructure, water supply system; digital transformation

1. Đặt vấn đề

Quá trình chuyển đổi số trong quản lý hệ thống cấp nước bao gồm việc áp dụng các công nghệ số như: Hệ thống thông tin địa lý (GIS); Internet vạn vật (IoT), phân tích dữ liệu lớn (Big Data) và trí tuệ nhân tạo (AI) trong các hoạt động cấp nước của các doanh nghiệp ngành nước...[1] [2].

Chuyển đổi số trong lĩnh vực quản lý cấp nước đô thị thông minh tập trung vào các nội dung quan trọng bao gồm:

- Xây dựng hệ thống thông tin dữ liệu số đồng bộ phục vụ quản lý vận hành hệ thống cấp nước (GIS).
- Xây dựng hệ thống Internet vạn vật (IoT) để giám sát, điều khiển, quản lý vận hành mạng lưới cấp nước thông qua các cảm biến thông minh.
- Mô hình phân tích dữ liệu lớn (Big data) được sử dụng để phân tích các xu hướng sử dụng nước, dự báo nhu cầu và tối ưu hóa quá trình phân phối nước.
- Mô hình trí tuệ nhân tạo (AI models) để tối ưu hóa quy trình vận hành và ra quyết định.

Các công nghệ kỹ thuật số được áp dụng nhằm nâng cao hiệu quả quản lý, giám sát chất lượng nước và tối ưu hóa quá trình quản lý vận hành hệ thống cấp nước.

Xây dựng, phát triển dữ liệu số là nghiên cứu xây dựng hệ thống quản lý và khai thác cơ sở dữ liệu hạ tầng kỹ thuật đô thị, xây dựng nền tảng quản trị số tập trung ngành Xây dựng [3] [4]

Nghiên cứu quản lý cấp nước đô thị trong tiến trình chuyển đổi số sẽ đáp ứng được nhiều mục tiêu quản lý hệ thống cấp nước hiệu quả, phù hợp với định hướng chuyển đổi số quốc gia theo Nghị quyết số 52-NQ/TW về một số chủ trương, chính sách chủ động tham gia cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư, trong đó nhấn mạnh yêu cầu cấp bách để đẩy nhanh quá trình chuyển đổi số, quyết định số 749/QĐ-TTg ngày 03/6/2020 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt chương trình chuyển đổi số quốc gia đến năm 2025, định hướng đến 2030. [1] [2] [3] [4] [5]

2. Tính năng cơ bản của công nghệ kỹ thuật số trong quản lý cấp nước đô thị

2.1 Hệ thống thông tin dữ liệu (GIS) [6] [7].

GIS cho phép tích hợp dữ liệu không gian với dữ liệu thuộc tính, từ đó tạo ra các bản đồ chi tiết và chính xác về mạng lưới cấp nước, bao gồm mạng lưới đường ống, các trạm bơm, van điều chỉnh, và các cơ sở hạ tầng liên quan khác. GIS cung cấp cái nhìn trực quan về toàn bộ hệ thống cấp nước, thay cho các tài liệu giấy. GIS giúp hợp nhất tất cả thông tin liên quan vào một hệ thống duy nhất và có thể dễ dàng truy cập và phân tích. Điều này đặc biệt quan trọng trong việc giám sát mạng lưới đường ống có quy mô rất lớn và phức tạp. Thông qua bản đồ số được tạo ra bởi GIS, các nhà quản lý có thể thấy ngay vị trí và trạng thái của từng phần trong mạng lưới, từ đó có thể lập kế hoạch bảo trì, sửa chữa hoặc nâng cấp. Các công ty cấp nước có thể theo dõi tình trạng hoạt động của mạng lưới và đưa ra các quyết định quản lý chính xác và kịp thời. Những ưu điểm lớn nhất của GIS là:

- GIS có khả năng phân tích không gian, cho phép các nhà quản lý đưa ra các quyết định dựa trên thông tin không gian chính xác;
- GIS đóng vai trò quan trọng trong việc quản lý sự cố khẩn cấp. GIS có thể cung cấp thông tin thời gian thực về tình trạng của hệ thống cấp nước. Bằng cách kết hợp dữ liệu từ các cảm biến IoT với thông tin địa lý, GIS có thể đưa ra cảnh báo về các khu vực bị ảnh hưởng;
- GIS còn hỗ trợ trong việc quản lý chất lượng nước. Các thông số về chất lượng nước được thu thập từ các cảm biến trong hệ thống và tích hợp vào GIS. Khi có sự bất thường về chất lượng nước, GIS sẽ hiển thị ngay khu vực bị ảnh hưởng, giúp các nhà quản lý có thể theo dõi tình trạng và xử lý kịp thời;
- GIS cũng hỗ trợ trong việc theo dõi sự lan truyền của ô nhiễm trong nguồn nước, từ đó giúp đưa ra các biện pháp kiểm soát ô nhiễm;

¹ PGS.TS., Bộ Xây Dựng,
Email: dungnn.hau@gmail.com, ĐT: 0913049793

² TS., Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội,
Email: pvduong@hau.edu.vn

³ ThS., Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Vinh,
Email phamhuybang1989@gmail.com

- GIS hỗ trợ rất hiệu quả trong việc quản lý các tài sản liên quan đến hệ thống cấp nước. GIS giúp tổ chức và theo dõi tất cả các tài sản trên một hệ thống bản đồ chi tiết. Điều này không chỉ giúp quản lý dễ dàng hơn mà còn giúp lập kế hoạch bảo trì, sửa chữa, và nâng cấp tài sản một cách hợp lý;

- Thông qua việc tích hợp các dữ liệu về mạng lưới đường ống, hệ thống bơm và chất lượng nước, GIS giúp các công ty cấp nước có thể điều chỉnh và tối ưu hóa quá trình phân phối nước theo nhu cầu thực tế của từng khu vực.

GIS là một công cụ mạnh mẽ trong việc hỗ trợ quản lý mạng lưới cấp nước. Từ việc cung cấp cái nhìn toàn diện về hệ thống đến việc hỗ trợ phân tích và dự báo, GIS giúp các công ty cấp nước có thể vận hành hệ thống một cách hiệu quả và an toàn.

2.2 Internet vạn vật (IoT)

Một trong những công nghệ tiên phong của quá trình chuyển đổi số trong lĩnh vực cấp nước chính là Internet vạn vật (IoT) [8]. Việc ứng dụng IoT trong lĩnh vực cấp nước đã giúp hiện đại hóa, tự động hóa toàn bộ hệ thống cấp nước, từ giám sát, điều khiển cho đến quản lý vận hành. Các cảm biến IoT, đã mở ra khả năng giúp các nhà quản lý có thể giám sát toàn diện và thời gian thực về hệ thống cấp nước. Những lợi ích lớn nhất của IoT trong hệ thống cấp nước là:

- IoT giám sát và quản lý mạng lưới cấp nước trong thời gian thực. Thông qua các cảm biến thông minh được lắp đặt trên toàn bộ mạng lưới đường ống, hệ thống IoT có thể thu thập và cung cấp thông tin chi tiết về các thông số như lưu lượng nước, áp lực nước và chất lượng nước tại từng điểm trong hệ thống. Dữ liệu này được truyền tải liên tục đến các trung tâm quản lý, cho phép nhân viên vận hành có thể theo dõi và giám sát từ xa;

- IoT được lắp đặt trong hệ thống có thể theo dõi lưu lượng và áp lực nước trong các đường ống, từ đó phát hiện ngay lập tức những sự thay đổi bất thường có thể gây ra do rò rỉ [8], [9];

- IoT tối ưu hóa phân phối và vận hành hệ thống cấp nước. Hệ thống IoT có khả năng tự động điều chỉnh lưu lượng và áp lực nước dựa trên nhu cầu sử dụng của từng khu vực khác nhau, giúp tối ưu hóa việc vận hành hệ thống mà vẫn đảm bảo chất lượng dịch vụ;

- IoT có vai trò quản lý chất lượng nước. Các cảm biến đo chất lượng nước được lắp đặt dọc theo các đường ống và trạm bơm có thể theo dõi các chỉ số chất lượng nước như nồng độ clo, độ pH, độ đục, và nồng độ kim loại nặng. Bất kỳ sự thay đổi nào trong chất lượng nước sẽ ngay lập tức được phát hiện và cảnh báo, giúp nhà quản lý có thể can thiệp kịp thời để đảm bảo nước cấp đến người dân luôn đạt tiêu chuẩn an toàn;

- IoT hỗ trợ bảo trì và dự báo bảo dưỡng hệ thống. Các nhà quản lý có thể dự đoán và lập kế hoạch bảo dưỡng;

- IoT giúp sử dụng nước thông minh. Đồng hồ nước thông minh (smart meters) được kết nối với hệ thống IoT cho phép người dân theo dõi lượng nước sử dụng của họ trong thời gian thực thông qua các ứng dụng di động hoặc website;



Hình ảnh minh họa trên Website: <https://ekgis.com.vn>

- IoT giúp tiết kiệm năng lượng và tài nguyên. Các cảm biến có thể giám sát mức tiêu thụ năng lượng của các thiết bị như máy bơm và điều chỉnh hoạt động của chúng để giảm thiểu lãng phí năng lượng;

- IoT tạo ra khả năng kết nối toàn diện. Toàn bộ hệ thống cấp nước, từ các trạm bơm, bể chứa cho đến các tuyến ống phân phối, đều có thể được kết nối với nhau thông qua mạng lưới IoT. Các quyết định chiến lược về vận hành và bảo trì hệ thống đều được đưa ra dựa trên phân tích dữ liệu thực tế, từ đó tối ưu hóa hoạt động và giảm thiểu rủi ro.

Internet vạn vật (IoT) giúp các doanh nghiệp cấp nước tối ưu hóa vận hành, giảm thiểu rủi ro và quản lý tài nguyên hiệu quả hơn.

2.3 Phân tích dữ liệu lớn (Big Data)

Phân tích dữ liệu lớn (Big Data) trong lĩnh vực cấp nước đóng vai trò quan trọng trong việc tối ưu hóa quá trình quản lý tài nguyên nước, dự báo nhu cầu và nâng cao hiệu quả phân phối nước [9] [10] [11]. Những ứng dụng quan trọng của Big Data trong lĩnh vực cấp nước là:

- Big Data phân tích xu hướng sử dụng nước. Bằng cách thu thập và xử lý dữ liệu từ các đồng hồ nước thông minh và các cảm biến IoT, hệ thống Big Data có thể xác định được các xu hướng tiêu thụ nước của người dân theo từng khu vực, thời gian trong ngày, hoặc theo các mùa trong năm. Thông qua việc phân tích các mẫu tiêu thụ này, các nhà quản lý có thể dự báo được các đợt cao điểm sử dụng nước, giúp chuẩn bị nguồn cung cấp phù hợp;

- Big Data giúp phát hiện các mô hình sử dụng nước bất thường. Thông qua phân tích dữ liệu lớn, hệ thống có thể so sánh lượng nước tiêu thụ thực tế với các mô hình tiêu thụ thông thường và nhanh chóng phát hiện ra những bất thường;

- Big Data đóng vai trò quan trọng trong việc tối ưu hóa quá trình phân phối nước. Thông qua mạng lưới đường ống,



có thể xác định các điểm yếu trong mạng lưới cấp nước, từ đó điều chỉnh và cải thiện;

- Big Data thông qua việc áp dụng các thuật toán học máy (machine learning), hệ thống có thể dự báo chính xác về nhu cầu sử dụng nước trong tương lai;

- Thông qua phân tích dữ liệu lớn, các hệ thống có thể dự đoán nhu cầu nước và điều chỉnh việc phân phối nước một cách chính xác, giúp tránh tình trạng thiếu nước hoặc lãng phí nước không cần thiết.

2.4. Trí tuệ nhân tạo (AI)

Những ứng dụng quan trọng của AI trong lĩnh vực cấp nước là:

- AI có thể dự đoán các sự cố dựa trên dữ liệu lịch sử;
- AI có thể tự động hóa quá trình vận hành mạng lưới cấp nước;
- AI có thể tối ưu hóa việc phân phối nước theo nhu cầu của từng khu vực [6] [7] [8].

Hiện nay, các nghiên cứu cho thấy, trong ngành nước nhiều doanh nghiệp đã bắt đầu sử dụng các công cụ phân tích dữ liệu để cải thiện hiệu suất hoạt động và giảm thiểu thất thoát nước.

3. Cơ hội và thách thức nghiên cứu quản lý cấp nước đô thị trong bối cảnh chuyển đổi số

3.1. Cơ hội

Chuyển đổi số giúp tối ưu hóa việc vận hành mạng lưới cấp nước. Các công nghệ tự động hóa giúp giám sát và điều khiển hệ thống từ xa, phát hiện kịp thời các vấn đề và đưa ra giải pháp sửa chữa nhanh chóng.

Việc áp dụng công nghệ số giúp người dùng nước có thể yên tâm về chất lượng nước, và có thể gửi yêu cầu dịch vụ trực tiếp qua các nền tảng số nếu cần.

Các công nghệ cảm biến thông minh và phân tích dữ liệu giúp phát hiện và giảm thiểu thất thoát nước do rò rỉ và sự cố trong hệ thống. Việc này không chỉ giúp giảm lãng phí nguồn nước mà còn tiết kiệm chi phí cho các công ty cấp nước.

Trong tương lai, việc đầu tư mạnh mẽ vào công nghệ số sẽ đáp ứng mọi nhu cầu ngày càng cao, đảm bảo sự bền vững trong quản lý và cung cấp nước cho người dân.

3.2. Thách thức

Việc bảo vệ dữ liệu khỏi các cuộc tấn công mạng và đảm bảo rằng thông tin cá nhân của khách hàng được bảo mật là một ưu tiên hàng đầu.

Các doanh nghiệp cung cấp nước cần đầu tư vào hạ tầng phần cứng, phần mềm. Điều này đôi khi có thể gặp khó khăn ở các quốc gia hoặc khu vực có nguồn lực kỹ thuật số còn hạn chế. Tuy nhiên, thách thức sẽ dần được giải quyết và lợi ích của Big Data trong lĩnh vực cấp nước ngày càng rõ ràng. Dữ liệu lớn không chỉ giúp các công ty cấp nước hiểu rõ hơn về hành vi sử dụng nước của khách hàng mà còn giúp họ tối ưu hóa hoạt động, tiết kiệm chi phí và nâng cao chất lượng dịch vụ.

Việc ứng dụng GIS, IoT, Big Data, AI để quản lý cấp nước đã mở ra nhiều cơ hội mới nhưng cũng đặt ra những thách thức đáng kể [10] [12]. Một trong những thách thức lớn là tính không chắc chắn của dữ liệu do môi trường hoạt động phức tạp của các thiết bị cảm biến và sự thay đổi liên tục của các điều kiện vận hành.

4. Kết luận

Hiện nay, chuyển đổi số không còn là mục tiêu của riêng một doanh nghiệp cấp nước, mà đã trở thành chủ trương của toàn ngành nước Việt Nam, đòi hỏi các doanh nghiệp ngành nước phải nỗ lực mạnh mẽ, đổi mới sáng tạo, áp dụng chuyển đổi số trong công tác quản lý cấp nước. Nhiều doanh nghiệp cấp nước đã từng bước áp dụng công nghệ số để tự động hóa trong một số khâu của hệ thống cấp nước, tiến tới có thể quản lý đồng bộ hệ thống cấp nước bằng công nghệ số.

Bài viết Quản lý cấp nước đô thị trong tiến trình chuyển đổi số mong muốn giới thiệu cho các sinh viên, các nhà chuyên môn chuyên ngành Cấp thoát nước một vài kiến thức cơ bản ban đầu về tính năng cơ bản của công nghệ kỹ thuật số trong quản lý cấp nước đô thị. Mục tiêu cụ thể là góp phần đẩy nhanh tiến độ áp dụng chuyển đổi số trong quản lý ngành nước./.

Tài liệu tham khảo

1. Thủ tướng Chính (2018): Quyết định số 950/QĐ-TTg ngày 01/8/2018 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. Thủ tướng Chính (2018): Quyết định số 84/QĐ-TTg ngày 19 tháng 01 năm 2018 phê duyệt Kế hoạch phát triển đô thị tăng trưởng xanh Việt Nam đến năm 2030;
3. Bộ Xây Dựng (2024): Quyết định số 926/QĐ-BXD ngày 11/10/2024 về việc phê duyệt Đề án Chuyển đổi số ngành Xây dựng giai đoạn 2024-2025, định hướng đến 2030. Chỉ thị số 16/CT-TTg ngày 04 tháng 10 năm 2017 của Thủ tướng Chính phủ về việc tăng cường năng lực tiếp cận cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ 4;
4. Thủ tướng Chính (2025): Quyết định số 749/QĐ-TTg phê duyệt Chương trình Chuyển đổi số quốc gia đến năm 2025, định hướng đến năm 2030.
5. Thủ tướng Chính (2016): Quyết định 2502/2016/QĐ-TTg ngày 22/12/2016 về việc phê duyệt điều chỉnh định hướng phát triển cấp nước đô thị và khu công nghiệp Việt Nam đến năm 2025 tầm nhìn đến năm 2050.
6. I. S. Donbosco and U. K. Chakraborty, "An IoT-Based Water Management System for Smart Cities," in *Water Security and Sustainability*, Singapore, C. Bhuiyan, W.-A. Flügel, and S. K. Jain, Eds., 2021// 2021: Springer Singapore, pp. 247-259.
7. J. Tina, B. Kateule, and G. Luwemba, "Water Leakage Detection System Using Arduino," *European Journal of Information Technologies and Computer Science*, vol. 2, pp. 1-4, 01/03 2022, doi: 10.24018/compute.2022.2.1.43.
8. M. R. Islam, S. Azam, B. Shanmugam, and D. Mathur, "An Intelligent IoT and ML-Based Water Leakage Detection System," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 123625-123649, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3329467.
9. A. Tello, H. Truong, A. Lazovik, and V. Degeler, "Large-Scale Multipurpose Benchmark Datasets for Assessing Data-Driven Deep Learning Approaches for Water Distribution Networks," *Engineering Proceedings*, vol. 69, no. 1, doi: 10.3390/engproc2024069050.
10. C. Bonilla, B. Brentan, I. Montalvo, D. Ayala-Cabrera, and J. Izquierdo, "Digitalization of Water Distribution Systems in Small Cities, a Tool for Verification and Hydraulic Analysis: A Case Study of Pamplona, Colombia," *Water*, vol. 15, no. 21, doi: 10.3390/w15213824.
11. G. Kyritsakas, J. B. Boxall, and V. L. Speight, "A Big Data framework for actionable information to manage drinking water quality," *AQUA - Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, vol. 72, no. 5, pp. 701-720, 2023, doi: 10.2166/aqua.2023.218.
12. G. Fu, S. Sun, L. Hoang, Z. Yuan, and D. Butler, "Artificial intelligence underpins urban water infrastructure of the future: A holistic perspective," *Cambridge Prisms: Water*, vol. 1, p. e14, 2023, Art no. e14, doi: 10.1017/wat.2023.15.