

Tạp chí Khoa học và Kinh tế Phát triển
Trường Đại học Nam Cần Thơ

Website: jsde.nctu.edu.vn



Trí tuệ nhân tạo (AI) trong quản lý tài nguyên nước

Nguyễn Phúc Quân^{1*}

¹Phòng Quản lý Khoa học Trường Đại học Đông Á

*Người chịu trách nhiệm bài viết: Nguyễn Phúc Quân (email: quannp@donga.edu.vn)

Ngày nhận bài: 30/12/2023

Ngày phân biện: 15/1/2024

Ngày duyệt đăng: 10/2/2024

Title: Artificial intelligence (ai) in water resource management

Keywords: artificial intelligence, smart water resource management

Từ khóa: quản trị tài nguyên nước thông minh, trí tuệ nhân tạo

ABSTRACT

In the context of increasing water resource challenges and the expanding impact of climate change, water resource management has become more critical than ever. Artificial Intelligence (AI) has emerged as a pivotal tool with the potential to enhance water resource management. This study focused on the role and potential of AI in water resource management and proposed solutions for effectively applying AI in this field. The main challenge of applying AI in water resource management lies in the complexity of the natural environment and climate change factors. AI can predict to some extent, but it cannot entirely foresee the uncertainties caused by these factors. The intricate interactions between variables are also a challenge as water resource management involves numerous interacting elements that AI must grapple with. Furthermore, the application of AI in water resource management also faces political and social challenges, as changes in water management processes may face opposition from existing economic or societal interests. This study proposed several solutions for the effective application of AI in water resource management, including small and medium-scale testing, legal framework development, workforce training, and data preparation. These solutions can help to optimize water resource management, minimize waste, and ensure sustainability for future water resources.

TÓM TẮT

Trong bối cảnh thách thức nguồn nước ngày càng gia tăng và tác động của biến đổi khí hậu đang ngày càng lan rộng, việc quản lý tài nguyên nước trở nên cấp bách hơn bao giờ hết. Trí tuệ nhân tạo (AI) đã nổi lên như một công cụ quan trọng có tiềm năng để cải thiện

quản lý tài nguyên nước. Nghiên cứu này tập trung vào vai trò và tiềm năng của AI trong quản lý tài nguyên nước và đề xuất các giải pháp để ứng dụng AI một cách hiệu quả trong lĩnh vực này. Thách thức chính của việc áp dụng AI trong quản lý tài nguyên nước là sự phức tạp của môi trường tự nhiên và yếu tố biến đổi khí hậu. AI có khả năng dự đoán, nhưng không thể hoàn toàn dự đoán sự thay đổi không chắc chắn do những yếu tố này gây ra. Tính tương tác phức tạp giữa các biến số cũng là một thách thức, khi quản lý tài nguyên nước liên quan đến nhiều yếu tố tương tác mà AI phải đối mặt. Ngoài ra, việc áp dụng AI trong quản lý tài nguyên nước cũng đối mặt với thách thức chính trị và xã hội, khi sự thay đổi trong quá trình quản lý nước có thể gây ra phản đối từ các lợi ích kinh tế hoặc xã hội hiện tại. Nghiên cứu này đề xuất một số giải pháp để ứng dụng AI vào quản lý tài nguyên nước một cách hiệu quả, bao gồm việc thử nghiệm trên quy mô nhỏ và vừa, xây dựng cơ sở hành lang pháp lý, đào tạo đội ngũ vận hành, và chuẩn bị nguồn dữ liệu. Các giải pháp này có thể giúp tối ưu hóa quản lý tài nguyên nước, giảm thiểu lãng phí và đảm bảo sự bền vững cho nguồn nước trong tương lai.

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, Việt Nam đối mặt với nhiều thách thức nghiêm trọng liên quan đến tài nguyên nước. Nguồn nước đang suy giảm ở nhiều vùng, và tình trạng lũ lụt, nước biển dâng, triều cường, và sạt lở bờ biển cũng đang trầm trọng hơn bao giờ hết. Sự phát triển kinh tế và dân số tăng lên đang tạo ra mâu thuẫn trong việc sử dụng, bảo vệ và quản lý tài nguyên nước. Thêm vào đó, biến đổi khí hậu và việc gia tăng khai thác nước ở các quốc gia thượng nguồn đang làm gia tăng nguy cơ suy thoái và cạn kiệt tài nguyên nước. Một trong những thách thức lớn là sự phụ thuộc mạnh vào nguồn nước quốc tế. Hầu hết các hệ thống sông lớn của Việt Nam liên quan đến nguồn nước từ các quốc gia khác, phần lớn diện tích của các lưu vực sông nằm ngoài lãnh thổ của Việt Nam. Tổng lượng nước từ nước ngoài chảy vào Việt Nam khoảng 504 tỷ m³, chiếm 60% tổng lượng dòng

chảy của các sông của nước ta, cụ thể như: ở Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) có tới 95% tổng lượng nước là từ nước ngoài [1]. Các quốc gia ở thượng nguồn đang xây dựng nhiều công trình thủy điện và dự án lấy nước, điều này sẽ dẫn đến sự suy giảm nguồn nước chảy vào Việt Nam và làm cho nước nước trở thành một tài nguyên khan hiếm.

Sự phân bố không đều của tài nguyên nước cũng là một thách thức lớn. Nguồn nước ở Việt Nam phân bố không đều về cả không gian và thời gian. Mặc dù các tỉnh từ phía Bắc đến TP. Hồ Chí Minh có 80% dân số và hoạt động sản xuất, nhưng chỉ chiếm gần 40% tổng lượng nước của cả nước. Trong khi đó, vùng ĐBSCL và các tỉnh phía Nam chỉ có 20% dân số và 10% hoạt động sản xuất, nhưng lại giữ hơn 60% tổng lượng nước. Đặc biệt, Lưu vực sông Đồng Nai chỉ đóng góp 4,2% tổng lượng nước nhưng đóng góp tới 30%

GDP của cả nước. Lượng nước trong khoảng 3-5 tháng mùa lũ chiếm đến 70-80% tổng lượng nước, trong khi 7-9 tháng mùa khô chỉ chiếm xấp xỉ 20-30%. Sự biến đổi lượng nước giữa các năm cũng rất lớn, trung bình mỗi 100 năm có 5 năm với lượng nước chỉ đạt khoảng 70-75% so với mức lượng nước trung bình [1].

Khai thác và sử dụng tài nguyên nước ở Việt Nam đang gặp nhiều vấn đề không hợp lý và thiếu tính bền vững. Dựa trên báo cáo từ các Bộ và địa phương cho đến hết năm 2021, cả nước đã xây dựng tổng cộng khoảng 40.200 công trình khai thác và sử dụng tài nguyên nước (KTSD nước). Trong số này, có khoảng 29.860 công trình khai thác nước mặt, bao gồm 6.750 hồ thủy lợi, 589 hồ thủy điện, 3.659 đập dâng, và các công trình khác như cống và trạm bơm. Phần còn lại là khoảng 10.346 công trình khai thác nước dưới đất, trong đó 10.291 công trình là giếng khoan và 55 công trình thuộc các loại hình khác. Trong tổng số này, có khoảng 26.826 công trình thuộc đối tượng quản lý và đã được cấp giấy phép KTSD nước, bao gồm 16.480 công trình khai thác nước mặt (gồm hồ chứa, đập dâng, cống, trạm bơm, và các công trình khác) và 10.346 công trình khai thác nước dưới đất (bao gồm giếng khoan và các loại hình công trình khác). Dựa trên số liệu báo cáo từ các địa phương đến cuối năm 2021, lượng nước được khai thác và sử dụng từ các công trình KTSD đã được cấp giấy phép ước tính khoảng 40,69 tỷ m³ mỗi năm. Trong số này, lượng nước mặt chiếm khoảng 39,05 tỷ m³ mỗi năm từ khoảng 2.174 công trình đã được cấp giấy phép, trong khi lượng nước dưới đất ước tính là khoảng 1,64 tỷ m³ mỗi năm từ khoảng 10.346 công trình đã được cấp giấy phép [1].

Theo mục đích sử dụng, tổng lượng nước được sử dụng cho mục tiêu tưới tiêu là khoảng

20,43 tỷ m³ mỗi năm, trong khi lượng nước dành cho sinh hoạt và công nghiệp ước tính là khoảng 20,26 tỷ m³ mỗi năm. Ngoài ra, tổng công suất của các công trình thủy điện đã được cấp giấy phép khai thác là 25.810MW. Tổng hợp số liệu của Trung ương và địa phương, lũy kế đến năm 2021 cả nước đã cấp được khoảng 40.224 giấy phép TNN các loại. Số lượng giấy phép KTSD nước mặt khoảng 2.828 giấy phép, tập trung nhiều ở các tỉnh thuộc LVS Hồng – Thái Bình; KTSD nước dưới đất khoảng 9.356 giấy phép, tập trung nhiều ở các tỉnh thuộc LVS Đồng Nai và vùng ĐBSCL; xả nước thải vào nguồn nước khoảng 10.542 giấy phép. Đến hết năm 2021, toàn quốc có hơn 7000 công trình đã được phê duyệt tiền cấp quyền khai thác TNN với tổng số tiền được phê duyệt hơn 13,4 nghìn tỷ đồng; trong đó, Bộ TNMT phê duyệt khoảng 809 công trình, địa phương phê duyệt khoảng 6.287 công trình [1].

Tỷ lệ thất thoát nước đối với cung cấp nước cho đô thị và nông thôn hiện vẫn ở mức cao, khoảng 25%, trong khi công suất khai thác nước thực tế thấp hơn nhiều so với khả năng thiết kế, đặc biệt là đối với các hệ thống công trình thủy lợi. Hiệu suất lấy nước từ các hệ thống này và việc sản xuất điện từ các nhà máy thủy điện đang giảm, đặc biệt tại Lưu vực sông Hồng, tạo ra nhiều thách thức về an ninh tài nguyên nước. Hiện nay, cả nước sử dụng khoảng 81 tỷ m³ nước mỗi năm, trong đó, nước mặt chiếm 95,3% tổng lượng nước cung cấp cho các ngành sử dụng nước, là khoảng 77,2 tỷ m³. Trái lại, nước dưới đất chỉ chiếm 4,7% tổng lượng nước cung cấp, tức là khoảng 3,83 tỷ m³/năm. Tuy GDP đầu người tăng nhanh và đạt trên 2.500 USD vào năm 2018 (tăng 2,5 lần so với năm 2002), nhưng giá trị sử dụng nước còn rất thấp, chỉ đạt 2,37

USD/m³ nước, bằng khoảng 1/10 so với mức trung bình toàn cầu là 19,42 USD, và thấp hơn cả Philippin với 2,58 USD [1].

Nhu cầu sử dụng nước tăng lên trong bối cảnh nguồn nước có nguy cơ bị ô nhiễm, suy thoái, khan hiếm và cạn kiệt. Nhiều khu vực đô thị, khu công nghiệp và làng nghề ghi nhận sự ô nhiễm nước mặt, thậm chí nghiêm trọng, như lưu vực sông Nhuệ Đáy, sông Cầu và sông Đồng Nai - Sài Gòn. Ô nhiễm nước mặt và đất đang gây ra tình trạng nhiễm bẩn và cạn kiệt nguồn nước dưới đất, đặc biệt là tại các đô thị, khu dân cư, làng nghề và khu vực ven biển ở đồng bằng Bắc Bộ, Nam Bộ và miền Trung. WB đánh giá ô nhiễm chất lượng nước có thể làm giảm 4,3% GDP mỗi năm, nếu Việt Nam không áp dụng các giải pháp để giải quyết triệt để vấn đề xử lý nước thải thì GDP của Việt Nam sẽ giảm 2,5% vào năm 2035, nếu giải quyết triệt để thì GDP sẽ tăng 2,3%. Việt Nam có tổng cộng 3.450 sông và suối có chiều dài từ 10 km trở lên, bao gồm 697 sông, suối, kênh, rạch thuộc nguồn nước liên tỉnh, 173 sông, suối, kênh, rạch thuộc nguồn nước liên quốc gia, và 38 hồ, đầm phá liên tỉnh. Tổng lượng nước chảy hàng năm ước tính là khoảng 844,4 tỷ m³. Nước dưới đất cũng là một nguồn tiềm năng, tập trung chủ yếu ở các khu vực đồng bằng Bắc Bộ, đồng bằng Nam Bộ và khu vực Tây Nguyên, với tổng trữ lượng tiềm năng khoảng 91,5 tỷ m³/năm (trong đó, nước ngọt khoảng 69,1 tỷ m³/năm và nước mặn khoảng 22,4 tỷ m³/năm). Tổng lượng nước bình quân trên đầu người của Việt Nam là khoảng 8.610 m³/người/năm, cao hơn so với tiêu chuẩn khu vực và trên toàn cầu. Tuy nhiên, nếu chỉ xét nguồn nước nội sinh của Việt Nam, tức là nước do sản xuất nội địa, thì tổng lượng nước bình quân trên đầu người chỉ đạt 3.280 m³/người/năm, thấp hơn so với trung bình của Đông Nam Á là 4.900

m³/người/năm. Hệ thống quan trắc và giám sát tài nguyên nước hiện nay chưa đảm bảo đủ mật độ và chưa đạt hiệu suất tốt. Các trạm quan trắc tập trung chủ yếu trên các sông lớn và nhánh chính tại Trung ương, trong khi các trạm ở các đầu nguồn, nhánh nhỏ và vùng có nguy cơ lũ lớn và lũ quét đang thiếu hụt. Một số khu vực vẫn chưa có hệ thống quan trắc tài nguyên nước dưới đất nào thuộc mạng quan trắc quốc gia, đặc biệt là ở Tây Bắc và Đông Bắc Bộ [1]. Ở mức địa phương, hệ thống quan trắc còn hạn chế và không đáp ứng được yêu cầu giám sát tài nguyên nước trên quy mô toàn vùng và toàn lưu vực. Khả năng giám sát và cảnh báo đối với các vấn đề như mức nước thấp và xâm nhập mặn vẫn còn hạn chế, gây ra nhiều khó khăn trong quản lý tài nguyên nước.

Biến đổi khí hậu đang gây ra tác động nghiêm trọng đối với tài nguyên nước tại Việt Nam. Nước này là một trong năm quốc gia chịu ảnh hưởng nặng nề nhất từ biến đổi khí hậu, với khả năng tác động mạnh mẽ lên tài nguyên nước. Điều này làm tăng thêm tình trạng khủng hoảng trong nguồn nước và biến những vấn đề ban đầu đã nghiêm trọng trở nên nguy hại hơn. Nhiều nguy cơ liên quan đến tài nguyên nước, mà trước đây chỉ ở dạng tiềm ẩn, hiện đang trở thành hiện thực. Tác động của biến đổi khí hậu và rủi ro do nước gây ra: dự báo đến 2030 nguy cơ nhiễm mặn có chiều hướng gia tăng và diễn biến phức tạp. Nhiều mối rủi ro, tác hại, tai biến liên quan đến nước, như: bão, lũ, ngập lụt, lũ quét, sạt lở, chiếm 87,6% - 91% tổng số các loại hình thiên tai, làm ảnh hưởng đến hơn 70% dân số và gây thiệt hại vật chất khoảng 1-1,5% GDP trung bình mỗi năm, nhất là lũ ở khu vực miền Trung ngày càng gia tăng [1].

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu này áp dụng phương pháp nghiên

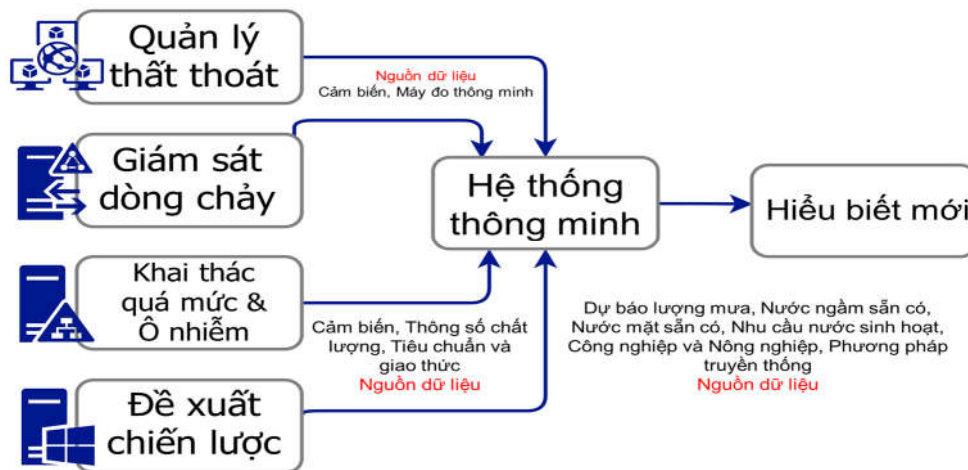
cứ định tính qua tổng hợp các nội dung có liên quan từ tài liệu tham khảo.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Ứng dụng trí tuệ nhân tạo cho hệ thống quản lý nước thông minh

Sự triển khai của Công nghệ Thông tin và Truyền thông (ICT) đã nảy sinh trong mọi lĩnh vực. Phân tích dữ liệu thông minh có thể mang lại việc quản lý nước hiệu quả để cải thiện phân phối

nước và giảm chi phí. Các kỹ thuật Trí tuệ Nhân tạo (AI) có thể được triển khai để ra quyết định hiệu quả về việc sử dụng nước cho các mục đích khác nhau. Sự kết hợp giữa ICT và AI sẽ giúp đạt được Mục tiêu Phát triển Bền vững về quản lý và vệ sinh nước [2]. Việc sử dụng AI trong quản lý nước cũng sẽ giúp giải quyết vấn đề thiếu nước với tư duy về mật độ dân số và đưa ra các chính sách để giảm thiểu sự thất thoát nước.



Hình 1. Mô hình quản lý tài nguyên nước bằng hệ thống thông minh

(Nguồn: Krishnan, 2022)[2]

Các ứng dụng của AI trong quản lý tài nguyên nước bao gồm:

- Giám sát thời gian thực: Các cảm biến IoT có thể được triển khai trên các nguồn nước, đường ống cấp nước và hồ chứa để cung cấp dữ liệu thời gian thực về mức nước, chất lượng nước và áp suất [2]. AI có thể phân tích dữ liệu này để theo dõi sự thay đổi và dự đoán sự cố trong hệ thống cung cấp nước.

- Dự đoán nguồn cung cấp nước: AI có thể sử dụng dữ liệu lịch sử và dự báo để ước tính nguồn cung cấp nước trong tương lai [2]. Điều này giúp các tổ chức quản lý nước dự trù và lập kế hoạch tốt hơn cho việc cung cấp nước cho cộng đồng. Từ dữ liệu đầu vào AI có thể phân tích đưa ra các dự báo về nhu cầu tiêu thụ nước, tính toán tốc độ dòng chảy, tốc độ bay hơi chính xác

- Dự đoán hạn hán và ngập lụt: AI có thể sử dụng dữ liệu thời tiết và nước biển để dự đoán hạn hán và ngập lụt [2]. Điều này giúp cho việc chuẩn bị và ứng phó với các tình huống khẩn cấp một cách hiệu quả.

- Cảnh báo lũ lụt, sạt lở: AI có khả năng phân tích dữ liệu thời tiết và đất đai để dự đoán nguy cơ lũ lụt sạt lở [2]. Điều này giúp cảnh báo trước và chuẩn bị cho các biện pháp khắc phục.

- Quản lý tài nguyên nước đô thị: AI có thể giúp quản lý và tối ưu hóa hệ thống cung cấp nước đô thị để đáp ứng nhu cầu của dân cư đô thị đang tăng lên nhanh chóng. IoT cho phép theo dõi và điều khiển hệ thống cấp nước. Các cảm biến trên đường ống nước và các trạm bơm có thể gửi dữ liệu về trạm điều khiển để tối ưu hóa việc cung cấp nước và phát hiện thất thoát [2].

- Tối ưu hóa quản lý vùng dự án: AI có thể phân tích dữ liệu về sử dụng nước trong các dự án quản lý tài nguyên nước để đưa ra các quyết

định quản lý tối ưu hóa. Điều này bao gồm việc quản lý cấp nước cho nông nghiệp, công nghiệp và sử dụng cá nhân [2].

Bảng 1. Đánh giá về các công nghệ và mô hình sử dụng trí tuệ nhân tạo trong quản lý tài nguyên nước theo Krishnan [2]

Công nghệ	Ưu điểm	Nhược điểm	Nguồn
ANN- Arti cial Neural Networks			
RNN- Recurrent Neural Networks		Độ chính xác thấp	
Bi-LSTM- Bidirectional long shortterm memory	Mô hình hiệu quả và hiệu quả cho dòng chảy	Hơn nữa để giúp đỡ các chuyên gia, người quản lý và quan chức	Apaydin, 2020
LSTM- Long short-term memory			
GRU- Gated Recurrent Unit			
Hybrid model	Dự đoán mực nước, giám sát chất lượng nước, Có thể theo dõi hàm lượng Nito, cacbon và photpho tổng	Dữ liệu giới hạn Không tập trung vào các thông số như diệp lục, tảo, oxy hòa tan và vi khuẩn trong phân	Baek, 2020
Convolutional Neural Network (CNN)			
Long Short-Term Memory (LSTM)			
U-Net, Tensor Flow Libraries	Đề xuất hệ thống thông minh IoT để tự động hóa ngành nông nghiệp	Mô hình đề xuất được triển khai trên diện tích ngắn và tiêu tốn nhiều thời gian hơn	Saraiva, 2020
CNN			
SVM (Support Vector Machine)			
SVR (Support Vector Regression)	Đề xuất hệ thống thông minh IoT để tự động hóa ngành nông nghiệp	Nó không hỗ trợ các hệ thống động, Dữ liệu hạn chế	Vij, 2020
Radial Basis Function Kernel			
Random Forest Regression			
Deep learning neural network models	tiêu thụ điện năng thấp, chi phí thấp và độ chính xác phát hiện cao	Nó chỉ hoạt động cho diện tích nhỏ Chất rắn hòa tan, oxy hòa tan	Chowdury, 2019
Belief Rule Based Model (BRDM)		Không được xem xét các thông số như Nhu cầu oxy hóa học	
Deep Neural Networks (DNNs)			
Feed-Forward Deep Neural Networks (FF-DNNs)	Đề xuất mô hình giám sát và chất lượng nước theo thời gian thực	Tập dữ liệu giới hạn đã sử dụng Cần cải thiện độ chính xác	Karamoutsou, 2021
RMSprop optimization algorithm			
SVM, Long-Short Term Memory (LSTM)	Giám sát chất lượng nước hiệu quả cho nuôi trồng thủy sản và đánh bắt cá	Thực hiện trên tập dữ liệu hạn chế Không phải hệ thống động	Nguyen Thai-Nghe, 2020
		Đã triển khai LSTM đơn giản	
K-Nearest Neighbour (KNN)	Đề xuất hệ thống giám sát chất lượng	Sử dụng các cảm biến khác nhau như pH,	AlZubi, 2022

Công nghệ	Ưu điểm	Nhược điểm	Nguồn
SVM	nước tự động	hiệt độ, độ đục và độ dẫn điện	
Principal Component Analysis (PCA)	Hiệu quả cho nước đô thị	Tập dữ liệu hạn chế	Gao, 2020
Random forest	Sự quản lý	Thông số chất lượng không được xem xét	

3.2 Các mô hình điển hình về quản lý tài nguyên nước thông minh

Việc áp dụng các công nghệ hiện đại trong quản lý nước là một nhiệm vụ đầy thách thức. Trong thời kỳ khủng hoảng nước, việc phân phối nước cho các ngành khác nhau đòi hỏi sử dụng lượng tài nguyên lớn. Có một nhu cầu cấp bách để triển khai các hệ thống đo đạc nước hiệu quả và chính xác tại các thành phố. Giải pháp Quản lý Nước Thông Minh Trong Lưới Mạng Rộng Của Verizon cung cấp một hệ thống đo đạc nước thông minh triển khai trên nền đám mây cho các thành phố nhỏ ở phía Đông Nam của Hoa Kỳ. Hệ thống này bao gồm các cảm biến đo đạc nước để quản lý và theo dõi việc sử dụng nước, và IoT gateway cung cấp truyền thông đa điểm an toàn. Việc phát hiện thất thoát nước và việc sử dụng nước bất thường được thực hiện bằng cách sử dụng phân tích Học Máy [2].

Hầu hết các quốc gia đã phát triển hệ thống Quản Lý Nước Thông Minh (SWM) bao gồm nhiều chính sách và công nghệ để quản lý nước một cách linh hoạt cho thế hệ mới. Một báo cáo tóm tắt do Nickum và đồng nghiệp viết nhấn mạnh các hệ thống SWM khác nhau ở các quốc gia khác nhau. México, Hàn Quốc và Pháp đã phát triển một hệ thống giám sát lũ thông minh sử dụng mạng IoT và trí tuệ nhân tạo để phân tích dự đoán. Dự án của México có tên "PUMAGUA" bao gồm các máy giám sát dữ liệu để cải thiện chất lượng nước và giảm tổng lượng tiêu thụ nước dựa trên một mạng lưới tài nguyên nước thông minh. Các nhà nghiên cứu ở Hàn Quốc đã phát

triển một SWM thông minh có tên là Bộ Công Cụ Thông Minh Về Nước (Hydro Intelligent Toolkit) sử dụng các tham số như dữ liệu về thủy văn, dự báo mưa, phân tích lũ lụt và mức nước dưới đất. Các tham số này được tính toán từ phân tích dữ liệu từ mạng IoT thông minh. Tổng công ty Tài nguyên Nước Hàn Quốc đã hợp tác cùng Hiệp hội Tài nguyên Nước Quốc tế (IWRA) để triển khai một hệ thống quản lý nước thông minh. Hệ thống này sử dụng Công nghệ Thông tin và Truyền thông (ICT) để cung cấp dữ liệu nước thời gian thực cho IWRA để giải quyết thông minh các vấn đề liên quan đến nước trên toàn cầu. Hệ thống quản lý nước thông minh cũng cung cấp giải pháp cho việc theo dõi chất lượng nước, tưới tiết kiệm, phát hiện thất thoát và quản lý nước thông minh trong trường hợp lũ lụt bằng cách sử dụng các cơ chế Trí tuệ Nhân tạo (AI). Hệ thống này bao gồm các thiết bị IoT, động cơ theo dõi GIS và dữ liệu vệ tinh thời gian thực. Hệ thống cũng được đào tạo bởi AI để cung cấp các dịch vụ tự động trong các sự kiện khác nhau, giúp đưa ra quyết định hiệu quả [2].

Singapore đã sử dụng công nghệ Internet of Things (IoT) một cách rất hiệu quả để quản lý tài nguyên nước và giảm thiểu lãng phí [3],[4]. Dưới đây là một số cách mà công nghệ IoT đã được áp dụng trong quản lý nước tại Singapore:

- Giám sát chất lượng nước: Singapore đã triển khai các cảm biến IoT để giám sát chất lượng nước tại các nguồn nước, hồ chứa, và hệ thống cấp nước. Các cảm biến này theo dõi các chỉ số quan trọng như độ trong, mức ô nhiễm, và chất

lượng vi khuẩn [3]. Thông tin này được thu thập và chuyển đến các trạm kiểm tra để đảm bảo nước được xử lý và cung cấp đến cư dân đúng chất lượng [4].

- Điều chỉnh cung cấp nước thông minh: Công nghệ IoT được sử dụng để điều chỉnh cung cấp nước dựa trên nhu cầu thực tế. Các cảm biến theo dõi lưu lượng nước và mức nước trong các bể chứa. Khi cần, hệ thống tự động mở hoặc đóng van cấp nước để điều chỉnh lưu lượng, đảm bảo rằng nước không bị lãng phí [3],[4].

- Dự đoán và ứng phó với tình huống khẩn cấp: Các dự án IoT tại Singapore cung cấp khả năng dự đoán và ứng phó nhanh chóng với tình huống khẩn cấp liên quan đến tài nguyên nước. Ví dụ, hệ thống có thể theo dõi dự báo thời tiết và mức độ hạn hán để đảm bảo rằng các biện pháp cần thiết được thực hiện để duy trì nguồn nước.

- Thông tin và tương tác với cộng đồng: Singapore đã phát triển các ứng dụng di động và giao diện trực tuyến để cung cấp thông tin về tiêu thụ nước cho cộng đồng. Những công dân có thể theo dõi mức tiêu thụ nước của họ và nhận được thông báo về cách tiết kiệm nước thông qua ứng dụng này [4].

- Phát triển hệ thống quản lý nước thông minh: Singapore đã đầu tư vào việc phát triển hệ thống quản lý nước thông minh với sự kết hợp của IoT, trí tuệ nhân tạo (AI) và dữ liệu lớn (big data). Hệ thống này giúp tổng hợp và phân tích dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau để đưa ra quyết định quản lý tài nguyên nước một cách hiệu quả hơn [3].

Những ứng dụng IoT trong quản lý nước ở Singapore là một ví dụ xuất sắc về cách công nghệ có thể giúp đạt được hiệu suất tối ưu và sử dụng tài nguyên nước một cách bền vững trong môi trường đô thị ngày càng phát triển. Điều này đóng góp không nhỏ vào mục tiêu của Singapore

trong việc duy trì nguồn nước bền vững và thích ứng với biến đổi khí hậu.

Tương tự, Thái Lan cũng đã triển khai các hoạt động áp dụng IoT vào Về mặt IoT, các cảm biến nước đã được cài đặt và thiết lập để gửi và nhận dữ liệu mỗi giờ. phát triển và áp dụng hệ thống quản lý tinh gọn, IoT và MFCA tích hợp để phát triển và áp dụng một hệ thống quản lý lean tích hợp, IoT và MFCA để tối ưu hóa quản lý tài nguyên nước trong sản xuất công nghiệp tại Thái Lan để tăng cường hiệu suất. Kết quả của một nghiên cứu thực nghiệm giảm sử dụng nước trong quy trình sản xuất xuống 15% mỗi năm, với sự giảm chi phí khoảng 12.182 USD[5]. Việc tiêu thụ nước giảm sẽ làm cho quy trình sản xuất thân thiện với môi trường hơn, với sự dễ dàng và độ chính xác tăng lên trong việc quản lý tài nguyên nước. Các quy trình sản xuất cũng trở nên có giá trị hơn bằng cách áp dụng một phương pháp quản lý hiện đại sử dụng các kỹ thuật kỹ thuật công nghiệp tăng cường năng suất, đồng thời giảm chi phí và tăng khả năng cạnh tranh [5],[6].

3.3 Những rào cản khi áp dụng AI vào quản lý tài nguyên nước tại Việt Nam

Chất lượng và sự có sẵn của dữ liệu trong các hệ thống quản lý nước dựa trên Deep Learning. Mạng lưới Deep Learning sử dụng một lượng lớn dữ liệu để đào tạo hệ thống thông minh có khả năng phân loại dữ liệu kiểm tra lớn hoặc dữ liệu thời gian thực được thu thập từ các cảm biến hoặc hình ảnh được sử dụng trong các hệ thống quản lý và bảo tồn nước. Yêu cầu về dữ liệu cũng là một vấn đề lớn. Có các hạn chế khi thu thập dữ liệu từ các ngành công nghiệp khoa học và thương mại vì chúng rất nhạy cảm đối với lĩnh vực ứng dụng và có thể bị khai thác với ưu điểm cạnh tranh. Một số dữ liệu liên quan đến tổ chức chính phủ là quan trọng và rất khó thu thập cho

nghiên cứu và phát triển do các hạn chế pháp lý và chính trị. Dữ liệu cũng bị hạn chế do các ràng buộc về dân số. Khi có một nhu cầu lớn cho dữ liệu lớn thời gian thực để đào tạo các mô hình Deep Learning, vấn đề liên quan đến chất lượng dữ liệu nảy sinh cùng với đó. Khi thu thập một lượng lớn dữ liệu để đào tạo, việc đánh giá chất lượng của từng phần dữ liệu là khó khăn và phức tạp [2]. Do đó, không thể khẳng định rằng mô hình được đào tạo được xây dựng từ dữ liệu chất lượng. Có khả năng rằng trong trường hợp xử lý trước không được thực hiện đúng cách; cũng có thể có các điểm ngoại lệ hoặc dữ liệu có nhiễu có thể xây dựng hệ thống đào tạo trở thành dễ bị lỗi.

Bên cạnh đó, thông tin về tài nguyên nước tại Việt Nam hiện nay được tính toán và ước tính bằng nhiều phương pháp khác nhau và dựa trên nhiều nguồn dữ liệu khác nhau, dẫn đến sự không thống nhất trong kết quả. Điều này gây ra nhiều khó khăn trong quản lý và sử dụng tài nguyên nước. Các ngành sử dụng số liệu về tài nguyên nước làm số liệu cơ bản, đầu vào cho việc lập kế hoạch và chiến lược phát triển, cũng gặp khó khăn về thông tin, số liệu và tính chính xác của dữ liệu này. Lĩnh vực tài nguyên nước hiện nay đang thiếu nguồn dữ liệu cơ bản về nguồn nước, đặc biệt trong bối cảnh Cách mạng công nghiệp 4.0 đang diễn ra ở nhiều lĩnh vực khác nhau [1]. Do đó, việc chia sẻ và kết nối dữ liệu giữa các ngành còn hạn chế. Một số ngành đã xây dựng cơ sở dữ liệu cơ bản về quản lý và vận hành công trình khai thác tài nguyên nước, nhưng còn nhiều hạn chế. Các nỗ lực cập nhật công nghệ trong quản lý nhà nước cũng không đạt hiệu suất tốt nếu không có đủ nguồn thông tin và số liệu cơ bản. Hơn nữa, sự thiếu đầu tư đồng bộ giữa các ngành trong Cách mạng công nghiệp 4.0 cũng gây ảnh hưởng đến kết quả chung của toàn xã hội.

Bảo mật trong các Hệ thống Quản lý Nước Dựa trên Deep Learning

Mạng lưới Deep Learning sử dụng một lượng lớn dữ liệu để đào tạo các hệ thống quản lý nước; dữ liệu được sử dụng có thể là mã nguồn mở hoặc có thể được xử lý bởi nhiều người khác nhau trong lĩnh vực nghiên cứu hoặc doanh nghiệp. Sự thay đổi trong dữ liệu đầu vào phản ánh hành vi của hệ thống. Điều này làm cho hệ thống trở nên hấp dẫn đối với các kẻ tấn công tiềm năng để xâm nhập và gây hỏng hệ thống [2]. Ví dụ, kẻ tấn công có thể phát thông báo sai, điều tắt bật hệ thống bơm, khiến tăng công suất làm bơm quá tải, gây xả lũ,... Mục đích của việc nhúng mô hình học sâu dựa trên trí tuệ nhân tạo cho quản lý nước, nông nghiệp thông minh hoặc nông nghiệp thông minh sẽ trở nên vô ích nếu hệ thống cuối cùng bị tấn công [2]. Do đó, giống như các hệ thống thông minh khác, các hệ thống quản lý nước dựa trên deep learning này phải được tích hợp với các chính sách bảo mật mạng và tính toàn vẹn của việc truy cập dữ liệu.

3.4 Khả năng dự đoán hạn chế

AI có thể dự đoán dựa trên dữ liệu lịch sử và mô hình hóa, nhưng nó có thể không dự đoán chính xác tác động của biến đổi khí hậu và biến đổi môi trường tự nhiên. Quản lý tài nguyên nước thường liên quan đến nhiều yếu tố tương tác như nguồn cung cấp nước, nhu cầu sử dụng, tình trạng môi trường và hệ thống cấp nước. AI có thể gặp khó khăn trong việc quản lý tất cả các yếu tố này và đưa ra quyết định tối ưu. Điều này đặc biệt đúng khi có sự biến đổi nhanh chóng trong các yếu tố này hoặc khi có tác động không mong muốn từ một phần của hệ thống. Ví dụ, nếu một hệ thống AI được đào tạo trên dữ liệu lịch sử về mưa và nhiệt độ, nó có thể gặp khó khăn trong việc dự đoán mô hình khi có sự biến đổi bất

thường trong thời tiết hoặc biến đổi môi trường tự nhiên như hạn hán hoặc lũ lụt. Thực tế cho thấy, dù được nghiên cứu phổ biến với lượng dữ liệu phong phú các dự đoán về thời tiết đặc biệt là về thiên tai vẫn có nhiều sai lệch

3.5 Vấn đề liên quan đến kinh phí - lựa chọn công nghệ - nguồn lực

- Kinh phí: Triển khai và duy trì các hệ thống AI trong quản lý tài nguyên nước đòi hỏi đầu tư kinh phí đáng kể. Việc thu thập dữ liệu, phát triển và triển khai các mô hình AI có thể tạo ra áp lực tài chính đối với các tổ chức và cơ quan quản lý. Hơn nữa, việc duy trì và nâng cấp hệ thống cũng đòi hỏi kinh phí liên tục.

- Lựa chọn công nghệ: Sự phát triển nhanh chóng của công nghệ AI đã tạo ra nhiều lựa chọn khác nhau cho việc triển khai. Tuy nhiên, việc chọn lựa công nghệ phù hợp và đáp ứng được yêu cầu cụ thể của quản lý tài nguyên nước có thể là một thách thức. Điều này đòi hỏi sự hiểu biết về các công nghệ khác nhau và khả năng đánh giá chúng dựa trên yêu cầu cụ thể.

- Năng lực nhân sự: Triển khai và quản lý các hệ thống AI đòi hỏi nhân lực có kiến thức sâu rộng về cả tài nguyên nước và công nghệ AI. Các chuyên gia phải có khả năng phân tích dữ liệu, xây dựng và duy trì mô hình, cũng như thực hiện quyết định dựa trên kết quả từ AI. Hiện nay, thiếu hụt năng lực nhân sự có chuyên môn đủ rộng để đối phó với cả hai lĩnh vực này.

3.6 Tranh cãi xung quanh quyết định dựa trên AI

- Sự phản đối từ các lợi ích kinh tế hiện tại: Các hệ thống quản lý tài nguyên nước truyền thống thường đã thiết lập các quy tắc và ưu đãi dành cho các tác nhân kinh tế hiện hữu, như các công ty cung cấp nước hoặc ngành công nghiệp tiêu thụ nước. Khi AI đưa ra quyết định dựa trên

tiêu chí tối ưu hóa tài nguyên, có thể xảy ra xung đột với các lợi ích kinh tế này. Điều này có thể dẫn đến sự phản đối mạnh mẽ và khó khăn trong việc thay đổi hệ thống.

- Vấn đề công bằng xã hội: AI có thể đưa ra quyết định về việc ưu tiên sử dụng nước cho một nhóm sử dụng cụ thể dựa trên dữ liệu và tiêu chí tối ưu hóa. Điều này có thể gây ra tranh cãi về sự công bằng xã hội và phân phối tài nguyên. Việc đảm bảo rằng quá trình quyết định của AI được tạo ra và thực thi một cách công bằng và đảm bảo tính công bằng xã hội là một thách thức quan trọng.

- Khung pháp lý: Sự thay đổi trong quản lý tài nguyên nước thông qua AI cũng đòi hỏi sự thay đổi trong các khung pháp lý. Việc đưa ra quyết định quan trọng về tài nguyên nước bằng cách sử dụng AI đòi hỏi sự tham gia của các cơ quan chính phủ và cơ quan quản lý tài nguyên nước.

Để giải quyết những thách thức này, cần có sự tham gia của tất cả các bên liên quan, từ các doanh nghiệp và cơ quan chính phủ đến các nhóm xã hội và chuyên gia trong lĩnh vực quản lý tài nguyên nước. Cần thiết phải có sự đàm phán và thảo luận mở cửa để tạo ra các giải pháp công bằng và bền vững cho việc quản lý tài nguyên nước thông qua AI.

3.7 Đề xuất

3.7.1 Nghiên cứu thử nghiệm trên quy mô vừa và nhỏ

Bắt đầu với các dự án thử nghiệm trên quy mô nhỏ và vừa để kiểm tra hiệu quả và tích hợp công nghệ AI vào quá trình quản lý tài nguyên nước để đảm bảo rằng triển khai công nghệ AI trong quản lý tài nguyên nước được thực hiện một cách hiệu quả và hiệu suất. Bằng cách bắt đầu với các dự án thử nghiệm trên quy mô nhỏ và vừa, chúng ta có thể:

Kiểm tra hiệu quả: Xác định liệu công nghệ AI có thể giúp cải thiện quản lý tài nguyên nước, giảm lãng phí và tối ưu hóa sử dụng tài nguyên hay không. Điều này giúp đánh giá rõ ràng về tiềm năng và giới hạn của AI trong ngữ cảnh cụ thể; giúp tìm hiểu cách tích hợp chúng vào hệ thống quản lý tài nguyên nước hiện có, đảm bảo rằng không gian cho sự tích hợp và tương thích với các yếu tố hiện có được xem xét kỹ lưỡng.

Thu thập kinh nghiệm thực tế và đào tạo nhân sự: Dự án thử nghiệm cung cấp cơ hội thu thập dữ liệu thực tế và trải nghiệm thực tế về cách công nghệ AI hoạt động trong môi trường thực tế. Thử nghiệm quy mô nhỏ còn cho phép đội ngũ quản lý và vận hành làm quen với công nghệ mới và nhận được đào tạo cơ bản để sử dụng nó hiệu quả. Từ đó giúp xác nhận các thách thức và vấn đề có thể xuất hiện khi triển khai AI trên quy mô lớn hơn và điều chỉnh chúng trong giai đoạn thử nghiệm.

Tạo sự tin tưởng: Thử nghiệm thành công trên quy mô nhỏ có thể xây dựng sự tin tưởng trong việc triển khai công nghệ AI trên quy mô lớn hơn. Không chỉ giúp gia tăng niềm tin cộng đồng về công nghệ mới mà còn củng cố niềm tin cho mục tiêu đã đề ra của đội ngũ hoạch định chính sách và thực thi.

3.7.2 Chuẩn bị thông tin, cơ sở dữ liệu, trang thiết bị vật chất và nhân sự

Những bước chuẩn bị quan trọng như thu thập và cập nhật nguồn dữ liệu, cũng như đầu tư vào trang thiết bị và cảm biến đo đạc, đóng một vai trò quan trọng trong việc triển khai trí tuệ nhân tạo (AI) vào quản lý tài nguyên nước. Chi tiết hơn về những bước này:

- Đào tạo đội ngũ cán bộ thực hiện: cần đào tạo đội ngũ quản lý tài nguyên môi trường, thống nhất về quan điểm, tư tưởng, năng lực; đảm bảo

lực lượng quản lý tài nguyên nước có năng lực tốt, đồng bộ; đủ khả năng thu thập dữ liệu, phân tích thông tin, sử dụng trang thiết bị, vận hành hệ thống và xử lý sự cố

- Chuẩn bị nguồn dữ liệu: Trước khi triển khai AI, phải đảm bảo rằng có đủ nguồn dữ liệu cần thiết để thực hiện các nhiệm vụ tính toán, phân tích quản lý tài nguyên nước. Các dữ liệu này cần đảm bảo đầy đủ, chi tiết, đồng bộ và tương thích với các công cụ phân tích. Dữ liệu biến động tài nguyên nước trong lịch sử cũng là nguồn thông tin quan trọng để phân tích xu hướng và dự đoán.

- Thống nhất trang thiết bị đo đạc và chế độ báo cáo: Thống nhất trang thiết bị đo đạc và chế độ báo cáo là một phần quan trọng của việc áp dụng AI trong quản lý tài nguyên nước. Điều này đảm bảo rằng dữ liệu thu thập và báo cáo là đáng tin cậy và hữu ích cho quyết định quản lý tài nguyên nước. Đảm bảo rằng tất cả các trạm đo đạc và cảm biến được tích hợp và hoạt động cùng một hệ thống thống nhất, các thiết bị đo đạc được điều chỉnh định kỳ. Cần có một hệ thống báo cáo thống nhất để dễ dàng theo dõi tình hình tài nguyên nước. Ngoài ra cần thường xuyên đánh giá hiệu suất của hệ thống đo đạc và chế độ báo cáo, đảm bảo chất lượng và đồng bộ dữ liệu. Cuối cùng cần bảo vệ an toàn, truyền tải thông tin một cách bảo mật để ngăn chặn các vấn đề về an ninh thông tin.

3.7.3 Xây dựng cơ sở hành lang pháp lý hỗ trợ áp dụng công nghệ cao và chuyển đổi số trong quản lý tài nguyên nước

Hiện quốc shội đang thảo luận Luật tài nguyên nước sửa đổi (Luật hiện hành ra đời từ 2012), đây là cơ hội để xác định mục tiêu, thực hiện chuyển đổi số hướng đến quản lý tài nguyên nước bền vững thông qua cơ sở pháp lý quản lý chặt chẽ, hỗ trợ đầy đủ, hướng dẫn chi tiết thực thi ứng

dụng công nghệ cao trong đó có trí tuệ nhân tạo trong quản lý tài nguyên nước.

4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

Nghiên cứu này đã thảo luận về vai trò quan trọng của trí tuệ nhân tạo (AI) trong quản lý tài nguyên nước và cách áp dụng nó để giải quyết các thách thức liên quan đến tài nguyên nước trong thời đại hiện đại. Nghiên cứu đã xem xét hiện trạng khó khăn trong quản lý tài nguyên nước, những lợi ích và tiềm năng mà AI mang lại, cũng như các thách thức và hạn chế trong việc ứng dụng AI. Các kết quả nghiên cứu cho thấy rằng AI có khả năng cải thiện hiệu suất và hiệu quả trong việc quản lý tài nguyên nước. Sự tích hợp của trí tuệ nhân tạo với các công nghệ khác như Internet of Things (IoT), Machine Learning và dữ liệu phân tích có thể giúp theo dõi, dự đoán và quản lý tài nguyên nước một cách chính xác hơn. Việc này có thể giúp giảm lượng nước tiêu thụ, tối ưu hóa quá trình sản xuất và giảm thiểu tác động đến môi trường. Tuy nhiên, việc áp dụng AI trong quản lý tài nguyên nước cũng đối diện với nhiều thách thức, bao gồm các khía cạnh kỹ thuật, pháp lý và xã hội. Để vượt qua những thách thức này, chúng ta cần xem xét cẩn thận về cách tích hợp AI vào quy trình quản lý, đảm bảo tính bảo mật và quyền riêng tư của dữ liệu, và tạo ra cơ sở pháp lý hỗ trợ cho việc áp dụng AI. Trong tương lai, việc sử dụng AI trong quản lý tài nguyên nước sẽ đóng một vai trò quan trọng trong việc đảm bảo sự bền vững và hiệu quả trong việc sử dụng tài nguyên quý báu này. Việc nghiên cứu, phát triển

và triển khai các giải pháp AI phù hợp sẽ đóng góp đáng kể cho việc quản lý tài nguyên nước trong tương lai. Chúng ta cần thực hiện một sự hợp tác rộng rãi giữa các lĩnh vực khoa học, công nghệ và pháp lý để đảm bảo rằng AI có thể đóng góp một cách tích cực vào việc quản lý tài nguyên nước một cách bền vững và hiệu quả.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2022). *Báo cáo Tài nguyên nước quốc gia giai đoạn 2016-2021*.
- [2] Krishnanet, S.R. (2022). Smart water resource management using Artificial Intelligence-A review. *Sustainability*, 14(20), tr. 13384.
- [3] Public Utilities Board Singapore. (2016). "Managing the water distribution network with a Smart Water Grid. *Smart Water*, 1(1), tr. 4.
- [4] Allen, M., Preis, A., Iqbal, M., & Whittle, A.J. (2012). Case study: A smart water grid in Singapore. *Water Practice and Technology*, 7(4), tr. wpt2012089.
- [5] Sodkomkham, T., Ratanatamskul, C., & Chandrachai, A. (2021). An Integrated Lean Management, IoT and MFCA Systems for Water Management of Industrial Manufacturing in Thailand. *E3S Web of Conferences*, EDP Sciences, tr. 01006.
- [6] Krohkaewet, J. (2023). Thailand Raw Water Quality Dataset Analysis and Evaluation. *Data*, 8(9), tr. 141.