

NGHIÊN CỨU KẾT HỢP MÔ HÌNH THỦY LỰC VÀ MÔ HÌNH TRÍ TUỆ NHÂN TẠO MÔ PHỎNG CHẤT LƯỢNG NƯỚC CỦA SÔNG ĐÀO, TỈNH NAM ĐỊNH

NGUYỄN THÀNH CÔNG¹

¹Khoa Kỹ thuật hạ tầng và môi trường đô thị, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

Tóm tắt:

Đoạn sông Đào chảy qua TP. Nam Định có vai trò rất quan trọng cho phát triển kinh tế - xã hội của tỉnh Nam Định. Đây là nguồn nước cấp cho Nhà máy nước Nam Định để cấp nước sinh hoạt và công nghiệp khu vực TP. Nam Định nên có yêu cầu cao về quản lý bảo vệ chất lượng nước (CLN). Việc tính toán mô phỏng biến đổi theo không gian và thời gian của các chất ô nhiễm đóng vai trò quan trọng trong công tác đánh giá và kiểm soát CLN tại sông Đào. Nghiên cứu này áp dụng phương pháp mô hình thủy động lực học (MIKE11) và mô hình trí tuệ nhân tạo (AI) để đánh giá CLN sông Đào. Kết quả của nghiên cứu này cho thấy, phương pháp sử dụng mô hình MIKE 11 kết hợp với mô hình AI mô phỏng CLN sông tương đối chính xác. CLN trên sông Đào nhìn chung vẫn trong tình trạng tốt, còn khả năng tiếp nhận thêm nguồn thải nếu nguồn thải được xử lý trước khi xả thải ra môi trường.

Từ khóa: Quản lý nguồn nước, cấp nước đô thị sông Đào, mô hình MIKE, CLN, mô hình AI, MLP-ANN.

Ngày nhận bài: 28/3/2024, **Ngày sửa chữa:** 15/4/2024, **Ngày duyệt đăng:** 20/4/2024.

Research combined hydraulic model and artificial intelligence model simulate water quality of Dao river, Nam Dinh province

Abstract:

The section of Dao river that flows through Nam Dinh City plays a very important role in the socio-economic development of Nam Dinh province. The water of this section also serves as raw water input for Nam Dinh Water Plant which supplies clean water for domestic and industrial use in Nam Dinh city. Therefore, the management and protection of the water quality is of great significance. The study develops artificial intelligence (AI) model to simulate the water quality of Dao river, based on the results of hydrodynamic simulation and water quality in the hydraulic model MIKE11. This study applies hydrodynamic modeling method (MIKE11) and artificial intelligence (AI) model to evaluate water quality of Dao river. The results of this study show that the method of using the MIKE 11 model combined with the AI model to simulate river water quality is relatively accurate. The results show that the wastewater treatment plant on the Dao river is generally still in good condition and has the ability to receive additional waste sources if the waste sources are treated before being discharged into the environment.

Key words: Water resource management, urban water supply, Dao river, MIKE model, water quality, Artificial Intelligence model, MLP-ANN.

JEL Classifications: Q53, Q55, Q51.

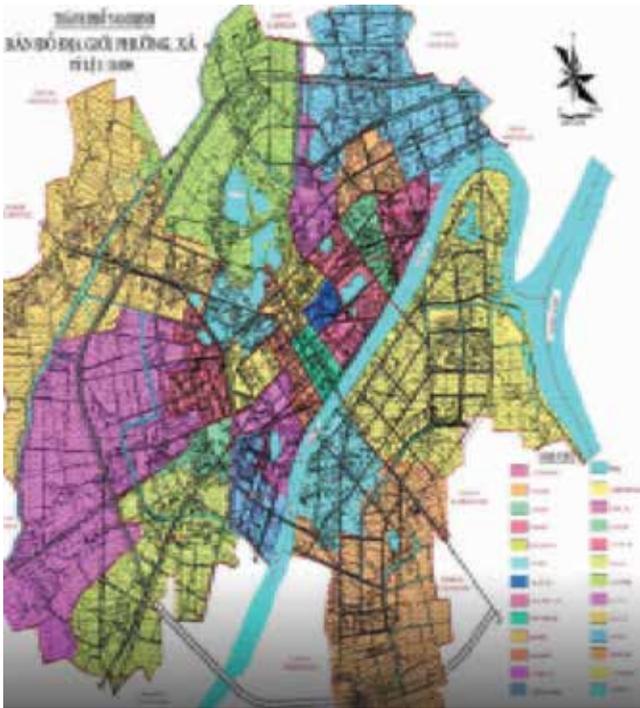
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sông Đào là một phân lưu của sông Hồng và chi lưu của sông Đáy, chảy trên địa phận tỉnh Nam Định, bắt đầu từ sông Hồng và đưa một phần nước chảy theo hướng Nam (ranh giới giữa TP. Nam Định, các huyện: Mỹ Lộc, Vụ Bản, Ý Yên với các huyện: Nam Trực, Nghĩa Hưng), sau đó đổ vào sông Đáy và chảy ra biển Đông. Toàn bộ chiều dài của sông là 33,5 km (Hình 1) (Xuân, T.T, 2012).

Sông Đào là nguồn cấp nước chính cho Nhà máy nước Nam Định, nơi cấp nước cho phần lớn cư dân trong TP. Nam Định và còn là khu vực tiếp nhận nước thải sinh hoạt, công nghiệp từ hệ thống sông/kênh tiêu nước của thành

phố qua ba cửa tiêu chính: trạm bơm Quán Chuột, Trạm bơm Kênh Gia và trạm bơm Cốc Thành. Hiện nay, do nguồn nước từ sông Hồng chảy về và áp lực từ các nguồn thải chưa xử lý triệt để khiến nguồn nước sông Đào đứng trước nguy cơ bị ô nhiễm ảnh hưởng đến an toàn cấp nước của TP. Nam Định, do vậy việc bảo vệ CLN, đưa ra các giải pháp kiểm soát nhằm bảo vệ CLN sông Đào đang là vấn đề rất cấp thiết.

Việc tính toán mô phỏng biến đổi theo không gian và thời gian của các chất ô nhiễm đóng vai trò quan trọng trong công tác đánh giá và kiểm soát CLN. Với sự phát triển của công nghệ thông tin cũng như mô hình hóa CLN,



▲ Hình 1. Bản đồ vị trí sông Đào chảy qua TP. Nam Định

ngày càng nhiều các mô hình mô phỏng CLN ra đời và phát triển. Một số mô hình toán thống dụng đã được phát triển bao gồm QUAL, WASP, QUASAR, MIKE Ecolab, các mô hình này thuộc nhóm mô hình số trị, là mô hình hóa quá trình lan truyền nước trên hệ thống sông, kênh mương. Ưu điểm của nhóm mô hình này là có thể cung cấp thông tin đánh giá CLN theo không gian và thời gian. Tuy nhiên, việc thiết lập mô hình tương đối phức tạp và mất nhiều thời gian, yêu cầu người sử dụng mô hình cần có kiến thức chuyên môn hiệu chỉnh, kiểm định và đánh giá kết quả mô hình. Đặc biệt, trong điều kiện ở các nước đang phát triển như Việt Nam, do tính phức tạp trong việc thiết lập mô hình, sẽ rất khó khăn trong việc chuyển giao mô hình cho các cơ quan quản lý địa phương sử dụng. Do đó, việc phát triển các mô hình đơn giản để tiếp cận, dễ sử dụng là một yêu cầu cấp bách.

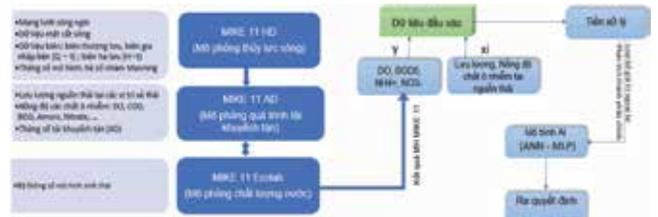
Thời gian gần đây, các mô hình AI phục vụ mô phỏng dự báo CLN đã và đang được ứng dụng rộng rãi do khả năng tính toán nhanh với độ tin cậy và hiệu quả cao. Bên cạnh đó, các quá trình thủy văn nhìn chung là các quá trình phi tuyến tính trong tự nhiên, thay đổi theo không gian và thời gian như dòng chảy, CLN. Do đó, việc mô tả các quá trình và yếu tố trên cần được phân tích phi tuyến tính. Khi các dữ liệu đủ lớn, cùng với thuật toán và hệ số của mô hình AI được thiết lập một cách phù hợp, mô hình có khả năng mô phỏng các yếu tố với hiệu suất và độ chính xác cao, có thể thay thế cho mô hình thủy lực số trị.

Thực tế cho thấy, mô hình AI có ưu điểm vượt bậc và phù hợp trong việc quản lý, đánh giá và mô phỏng, dự báo CLN hiệu quả tại một số quốc gia trên thế giới. Tuy vậy, cách tiếp cận sử dụng công nghệ AI mô phỏng CLN vẫn là một trong những hướng nghiên cứu tương đối mới trên thế giới hiện nay. Ở Việt Nam, cho đến nay vẫn chưa có nhiều

nghiên cứu đánh giá mô phỏng CLN ứng dụng mạng AI. Một trong những lý do mô hình AI chưa được sử dụng rộng rãi là do thiếu dữ liệu để xử lý từ đó đưa ra dự đoán với độ chính xác tối ưu nhất các mô hình AI. So với các mô hình số trị, công nghệ AI không yêu cầu người sử dụng có kiến thức chuyên môn sâu vì các công việc phân tích, xử lý số liệu đã được ẩn phía sau. Công nghệ cũng cho kết quả tính toán một cách nhanh chóng, phù hợp phục vụ công tác mô phỏng, dự báo CLN cũng như hỗ trợ ra quyết định trong việc kiểm soát ô nhiễm. Vì vậy, nghiên cứu sẽ kết hợp cả mô hình MIKE11 và mô hình AI nhằm tăng độ tin cậy cho mô hình AI, trong đó mô hình MIKE11 được sử dụng để tạo lập cơ sở dữ liệu theo các kịch bản khác nhau cùng với dữ liệu đo đạc có sẵn làm đầu vào cho mô hình AI. Bài báo này trình bày một số kết quả từ phương pháp sử dụng mô hình MIKE 11 kết hợp với mô hình AI mô phỏng CLN cho sông Đào tỉnh Nam Định.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu sử dụng kết hợp các mô hình MIKE11 (DHI. MIKE 11, 2017) và mô hình AI (Ighalo, J.O et al 2021) trong mô phỏng tính toán, CLN sông Đào. Trong đó, phương pháp mô hình toán sử dụng mô hình MIKE HD, AD và Ecolab một chiều để mô phỏng diễn biến chất lượng nước và tạo cơ sở dữ liệu đầu vào cho mô hình AI. Nghiên cứu sử dụng mô hình MIKE mô phỏng thủy lực và CLN lưu vực sông với chuỗi dữ liệu nằm trong giai đoạn 2016 - 2020 bước thời đoạn ngày để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình, sau đó kết quả mô phỏng CLN được sử dụng làm dữ liệu đầu vào cho mô hình AI. Mô hình AI sử dụng thuật toán AI để xây dựng quan hệ hồi quy giữa CLN tại một số vị trí kiểm soát và các biến ảnh hưởng đến chất lượng tại các vị trí kiểm soát này (lưu lượng nước sông, nồng độ các chất ô nhiễm và lưu lượng tại các nguồn thải). Hình 2 trình bày sơ đồ kết nối giữa mô hình thủy lực, mô hình CLN và mô hình AI sử dụng trong nghiên cứu này.



▲ Hình 2. Sơ đồ phương pháp nghiên cứu

2.1. Mô hình MIKE11

MIKE11 là mô hình thủy động lực học một chiều cho mô phỏng dòng chảy không đều trên sông, kênh hở. MIKE11 được Viện Thủy lực Đan Mạch phát triển, trong đó module thủy động lực (HD) dùng tính dòng chảy là module chính.

Đặc trưng cơ bản của hệ thống Mô hình MIKE 11 là cấu trúc module tổng hợp với nhiều loại module được thêm vào mỗi mô phỏng các hiện tượng liên quan đến hệ

thống sông. Ngoài module thủy động lực (HD), MIKE bao gồm các module khác như:

- Module thủy văn (NAM) dùng nội suy số liệu;
- Module lan truyền chất (AD) dùng tính lan truyền chất (mặn, chất huyền phù hoặc phân hủy trong các lòng dẫn hở...) được dùng để mô phỏng quá trình tải khuếch tán của các hợp chất đó;

- Module sinh thái (Ecolab) mô phỏng các quá trình biến đổi sinh học của các hợp chất trong sông. Module này phải được đi kèm với module tải - khuếch tán (AD). Khuếch tán (AD) được dùng để mô phỏng quá trình truyền tải khuếch tán của các hợp chất đó.

Module thủy động lực (HD)

Để tính dòng chảy trong kênh sông, mô hình MIKE11 sử dụng hệ phương trình Saint Venant (phương trình bảo toàn động lượng và bảo toàn chất) một chiều và áp dụng sơ đồ sai phân 6 điểm xen kẽ Q,H của Abbott, and Ionescu. (Chau, K.W,2006):

Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (1)$$

Phương trình động lượng

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (2)$$

Trong đó: Q - Lưu lượng (m³/s); A - Diện tích mặt cắt (m²); q - Lưu lượng nhập lưu trên một đơn vị chiều dài dọc sông (m²/s); C - Hệ số Chezy; α - Hệ số sửa chữa động lượng; R - Bán kính thủy lực (m).

Module lan truyền chất (AD)

Module AD dựa trên phương trình bảo toàn chất hòa tan [5,6]:

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) = -AKC + C_s q \quad (3)$$

Trong đó: A: Diện tích mặt cắt (m²); C: Nồng độ (kg/m³); D: Hệ số phân tán; q: Lưu lượng nhập lưu trên 1 đơn vị chiều dài dọc sông (m³/s); K: Hệ số phân hủy sinh học (K chỉ được dựng khi các hiện tượng hay quá trình xem xét có liên quan đến các phản ứng sinh hóa).

Module sinh thái Ecolab

Động lực học của bình lưu các biến trạng thái trong ECO Lab có thể được mô tả bằng các phương trình truyền tải của vật chất không bảo toàn, có dạng (4):

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} = D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} + S_c + P_c \quad (4)$$

Trong đó:

- c: Nồng độ của biến trạng thái ECO Lab;
- u, v: Các thành phần vận tốc dòng chảy;
- D_x, D_y: Các hệ số khuếch tán theo phương x và y;
- S_c: Nguồn sinh và nguồn mất,
- P_c: Các quá trình trong ECOLab

Phương trình truyền tải có thể được viết lại như sau:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = AD_c + P_c \quad (5)$$

Trong đó, nhóm AD_c đại diện cho tốc độ thay đổi nồng độ gây ra bởi quá trình bình lưu và khuếch tán (bao gồm các nguồn sinh và mất).

Khi tính toán các biến đổi nồng độ cho bước tiếp theo, một phương trình ECOLab sẽ được thay thế cho các phương trình truyền tải tích phân theo thời gian. Một phương pháp xấp xỉ khác được sử dụng trong ECOLab là xem thành phần bình lưu - đối lưu AD_c không thay đổi trong một bước thời gian. Việc giải cả hai thành phần trong phương trình sai phân thường của ECOLab là tổng hợp của tốc độ thay đổi gây ra do chính các quá trình nội tại và các quá trình bình lưu - khuếch tán (6).

$$c(t + \Delta t) = \int_t^{t+\Delta t} (P_c(t) + AD_c) dt \quad (6)$$

Thành phần bình lưu - khuếch tán được xấp xỉ bằng công thức sau:

$$AD_c = \frac{c^* + c^n(t + \Delta t) - c^n(t)}{\Delta t} \quad (7)$$

Trong đó, nồng độ tức thời c* được cho bởi quá trình truyền tải biến trạng thái trong ECOLab khi vật chất được bảo toàn trong suốt chu kỳ sử dụng module AD.

Sơ đồ mạng sông mô phỏng diễn biến chất lượng nước trên hệ thống sông Đào được trình bày ở Hình 3. Đầu vào cho các mô đun thủy lực HD, tải khuếch tán AD và Ecolab của mô hình số trị MIKE 11 bao gồm: mạng lưới sông, dữ liệu mặt cắt sông, dữ liệu biên, thông số hệ số nhám (MIKE 11 HD); lưu lượng, nồng độ các chất ô nhiễm và vị trí nguồn thải, bộ thông số của các mô đun tải khuếch tán (MIKE 11 AD) và sinh thái (MIKE 11 Ecolab). Các yếu tố CLN được mô phỏng bao gồm BOD₅, NH₄-N, NO₃-N, DO và nhiệt độ.

Biên trên (biên lưu lượng hoặc mực nước) là lưu lượng hoặc mực nước thực đo tại các nút trên của sơ đồ tính toán.

Biên dưới (biên mực nước) là mực nước thực đo hoặc tính toán tại các nút dưới của sơ đồ tính toán, thường là các trạm mực nước triều. Loại biên và sơ đồ tính toán, mô phỏng được thể hiện tại Bảng 1, Hình 2.

Bảng 1. Điều kiện biên trong mô hình thủy lực MIKE 11

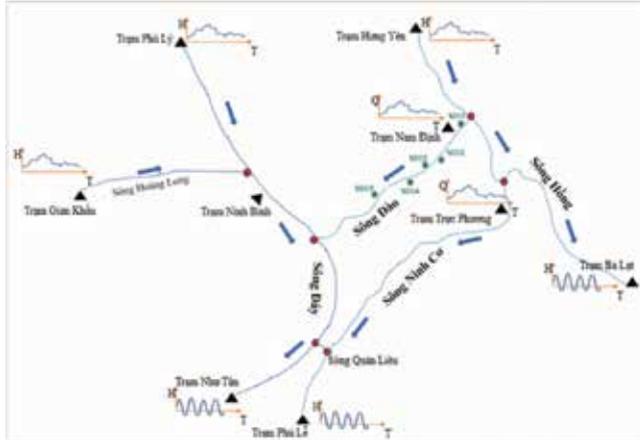
TT	Trạm, vị trí	Nhánh sông	Loại biên	Dạng biên
1	Hưng Yên	Hồng	H-t	Biên trên (Thực đo)
2	Phù Lý	Đáy	H-t	
3	Gián Khẩu	Hoàng Long	H-t	
4	Ba Lạt	Hồng	H-t	Biên dưới (Thực đo)
5	Phú Lễ	Ninh Cơ	H-t	
6	Như Tân	Đáy	H-t	
7	Nam Định	Đào	Q-t	Hiệu chỉnh, kiểm định

Điều kiện biên CLN: Trong nghiên cứu sử dụng một số vị trí điều tra, khảo sát CLN dọc sông Đào để làm điều kiện biên cho Mô hình CLN. Cụ thể, các vị trí như Bảng 2.



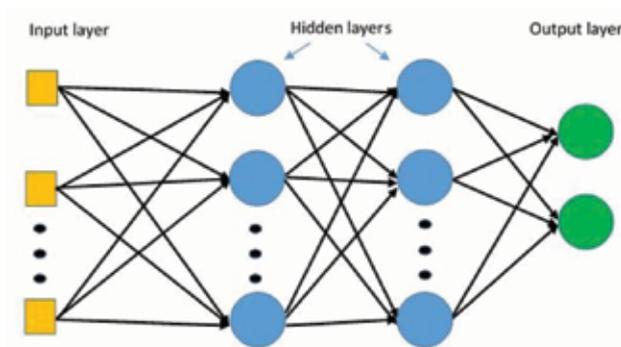
Bảng 2. Danh sách biên CLN sông Đào trong mô hình MIKE11

STT	Vị trí quan trắc	Vị trí mặt cắt trong mô hình MIKE11	Dạng biên
1	SDO1	500	Hiệu chỉnh, kiểm định CLN
2	SDO2	7089	
3	SDO3	9913	
4	SDO4	13079	
5	SDO5	21723	



▲ Hình 3. Sơ đồ biên tính toán sử dụng trong Mô hình thủy lực MIKE 11

2.2. Mô hình AI



▲ Hình 4. Minh họa mạng hồi quy Multilayer Perceptron (ANN-MLP): Input layer (lớp đầu vào), Output layer (lớp đầu ra) và Hidden layers (các lớp ẩn).

Các mô hình được xây dựng từ các thuật toán AI bởi việc xử lý dữ liệu từ đó đưa ra dự đoán. Quá trình xử lý dữ liệu trong mô hình nhằm xác định các tham số, có mối liên hệ chặt chẽ với số liệu được đưa vào mô hình. Trong khi đó, quá trình kiểm định sẽ đánh giá mức độ tin cậy của mô hình. Các thuật toán được lựa chọn trong từng mô hình tương ứng nhằm tìm ra mô hình phù hợp với nghiên cứu. Lựa chọn phương pháp tối ưu phù hợp trong mô hình với mục đích tăng độ chính xác của mô hình. Các thông số trong mô hình sẽ được xác định bằng cách tính toán và thử sai. Hiệu chỉnh các thông số của mô hình đối với khu vực sao cho kết quả tính toán phù hợp với số liệu thực đo. Sử dụng hệ số tương quan (R2) để đánh giá hiệu quả Mô hình AI so với kết quả từ Mô hình MIKE 11. Chỉ số này phản ánh mức độ giải thích của các biến độc lập đối với biến

phụ thuộc trong mô hình hồi quy (Chena, Y.H; Chang, F.J, 2009).

Số liệu mô hình bao gồm dữ liệu xử lý và kiểm tra, được phân chia với tỷ lệ 90% dữ liệu sử dụng cho xử lý, 10% dữ liệu sử dụng cho kiểm tra. Trước khi đưa vào mô hình AI để xử lý từ đó đưa ra dự đoán, tập dữ liệu sẽ được phân tích thành phần chính PCA để tìm ra được các thành phần có tương quan tốt với mô hình. Đối với mỗi thành phần CLN tại mỗi điểm, tìm ra được một bộ dữ liệu xử lý riêng sau khi đã loại bỏ các thông số có tương quan thấp. Việc loại bỏ giá trị ngoại lai được thực hiện bởi phương pháp Standard Scaler dựa trên phương sai đơn vị.

Các tham số được hiệu chỉnh của mạng nơ-ron hồi quy nhiều lớp MLP bao gồm: hidden_layer_sizes (số lớp ẩn), activation (hàm kích hoạt), solver (bộ tối ưu hóa), learning_rate (tốc độ học). Sử dụng phương pháp thử sai, nghiên cứu đã xác định được các tham số này như sau: số lớp ẩn được cài đặt là 100, hàm kích hoạt là hàm relu, bộ tối ưu hóa là adam, tốc độ học là constant (Pham,Q.B.; Abba, S.I. et al, 2019).

Mô hình AI yêu cầu một lượng lớn dữ liệu để xử lý và kiểm định mô hình trong khi chuỗi số liệu đo đạc trên sông Đào tương đối ngắn, không đủ để xây dựng một mô hình AI đủ tin cậy. Do đó, nghiên cứu sẽ sử dụng mô hình MIKE 11 để chạy mô hình với các kịch bản khác nhau để tạo tập dữ liệu cho mô hình AI. Trong mô hình AI, các biến đầu vào bao gồm: lưu lượng, BOD₅, DO, Amoniac, Nitrate tại vị trí quan trắc Hưng Yên, Phú Lý. Các biến mô phỏng bao gồm: nồng độ BOD₅, DO, Amoniac, Nitrate tại các vị trí kiểm soát Phú Lễ, Như Tân và Nam Định. Nghiên cứu đã tạo một chuỗi các số liệu đầu vào cho các biến mô phỏng theo nguyên tắc sau:

Các tham số CLN BOD₅, Amoniac, Nitrate được tạo ra ngẫu nhiên trong khoảng từ giá trị cận dưới là các chỉ tiêu chất lượng cho cột B của QCVN 08:2023/BTNMT (đủ tiêu chuẩn cho mục đích tưới tiêu, thủy lợi) và cận trên là giá trị gấp đôi hàm lượng chất ô nhiễm hiện tại.

Tham số DO dao động ngẫu nhiên trong khoảng cận trên là giá trị tại cột B1 của QCVN 08:2023/BTNMT và cận dưới là nửa giá trị DO tại thời điểm hiện tại.

Nhiệt độ tại tất cả các nguồn thải được tạo ngẫu nhiên trong khoảng 15-35°C.

Lưu lượng nước sông, nghiên cứu xem xét biến đổi của lưu lượng nước tại các biên Ninh Bình và Hưng Yên. Lưu lượng được tạo ngẫu nhiên dao động trong khoảng từ 3-7 m³/s tại đập Đáy, trong khi đó giá trị này dao động trong khoảng từ 5-60 m³/s tại vị trí cống quan trắc Nam Định. Các yếu tố CLN tại 2 biên này được giữ cố định như điều kiện hiện trạng.

Để có được cơ sở dữ liệu đủ lớn, nghiên cứu đã tạo ngẫu nhiên chuỗi số liệu gồm 6872 dữ liệu (dữ liệu thủy văn, các biến CLN: nhiệt độ, nồng độ BOD₅, Amoniac, Nitrate, DO) với bước thời gian là 1 ngày. Ngoại trừ các vị trí điều chỉnh này, các vị trí khác không được xem xét trong nghiên cứu này.

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả mô phỏng CLN bằng mô hình MIKE 11

Mô hình được hiệu chỉnh qua 2 bước với số liệu thủy văn 2015 bằng cách thay đổi các thông số trong mô hình (hệ số nhám Manning trong module HD và hệ số khuếch tán trong module AD) cho đến khi kết quả mô hình phù hợp với kết quả thực đo. Sau đó mô hình được kiểm định bằng bộ cơ sở dữ liệu năm 2016.

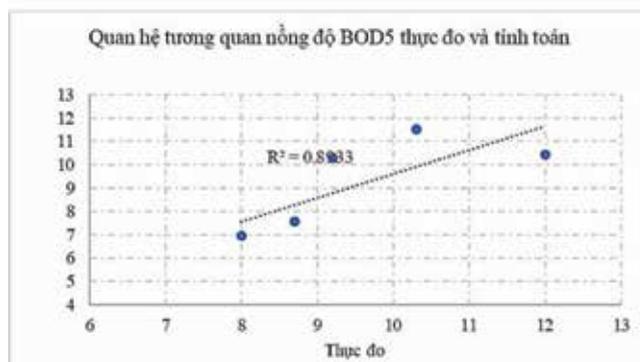
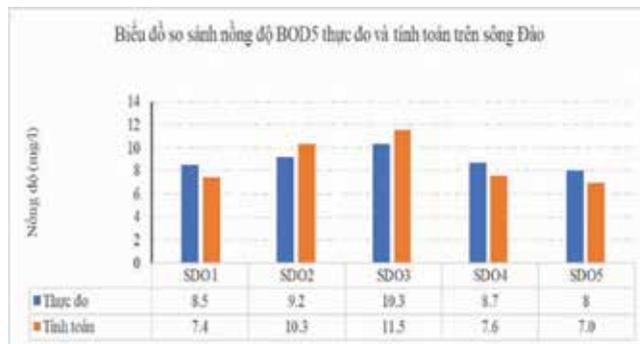
Hiệu chỉnh mô hình HD thông qua việc thay đổi hệ nhám Manning trong khoảng 0.03-0.018.

Hình 4 và Hình 6 thể hiện kết quả hiệu chỉnh CLN tại các vị trí quan trắc. Kết quả chỉ ra rằng kết quả mô hình phù hợp với thực đo cả về trị số lẫn xu thế.

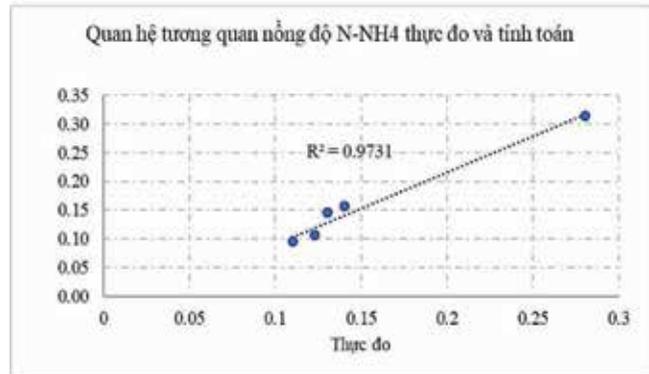
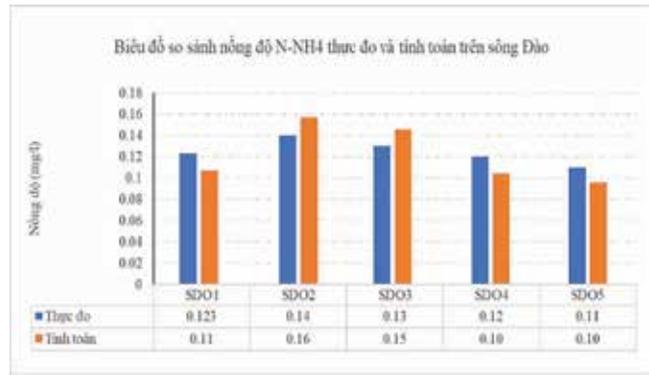
Với bộ thông số của Mô hình MIKE 11 - HD, cùng với số liệu CLN, nghiên cứu tiến hành hiệu chỉnh mô hình MIKE11-ECOLab cho CLN sông Đào trên địa bàn tỉnh Nam Định, kết quả như sau:

Bảng 3. Bộ thông số cho Mô hình CLN

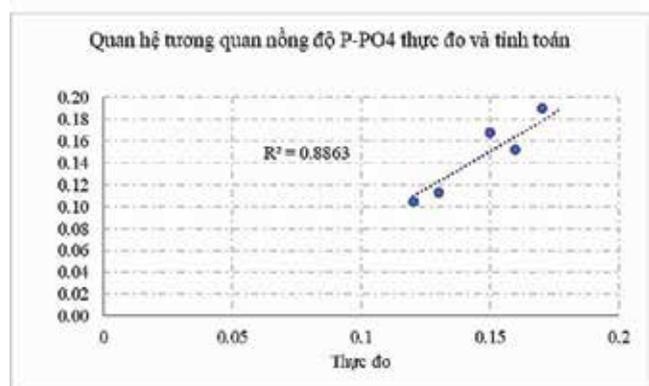
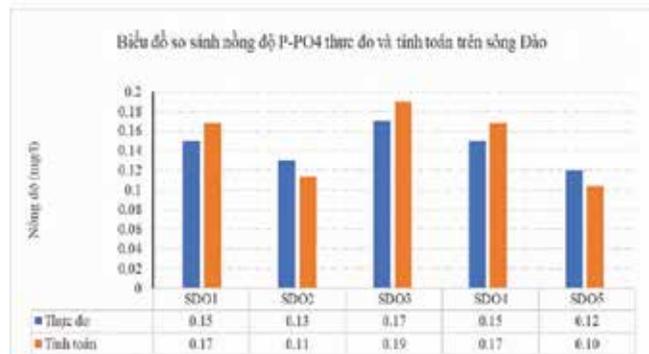
TT	Một số thông số của Mô hình ECOLab	Mức định	Hiệu chỉnh
1	Tỷ lệ tiêu thụ oxy của động, thực vật trong nước	3	3
2	Tỷ lệ lượng oxy quang hợp tối đa	3,5	40
3	Tỷ lệ phân hủy ở nhiệt độ 20°C	0,5	0,5
4	Hệ số nhiệt độ cho tỷ lệ phân rã	1,02	1,02
5	Tỷ lệ chuyển đổi N-NH ₄ từ phân rã BOD ₅	0,29	0,5
6	Tỷ lệ phân rã amoniac ở 20°C	1,54	0,3
7	Tỷ lệ phân rã Coliforms	0,7	0,01
8	Tỷ lệ chuyển đổi P-PO ₄ từ phân rã BOD ₅	0,009	0,6
9	Hằng số phân rã cho hạt photpho	0,1	0,05



▲ Hình 5. So sánh kết quả hiệu chỉnh giá trị nồng độ BOD₅ thực đo và tính toán từ mô hình tại các điểm quan trắc năm 2017



▲ Hình 6. So sánh kết quả hiệu chỉnh giá trị nồng độ N-NH₄⁺ thực đo và tính toán từ mô hình tại các điểm quan trắc năm 2017



▲ Hình 7. So sánh kết quả hiệu chỉnh giá trị nồng độ P-PO₄³⁻ thực đo và tính toán từ mô hình tại các điểm quan trắc năm 2017



Mô hình MIKE 11-HD mô phỏng tốt dòng chảy thủy lực trên hệ thống mạng lưới sông thuộc địa bàn tỉnh Nam Định và vùng phụ cận, chỉ tiêu Nash tại trạm Nam Định đều rất cao (từ 0,92 đến 0,98), sai số tổng lượng dao động trong khoảng 5%÷10%, tức là chất lượng mô phỏng là đạt.

Mô hình MIKE 11-AD và MIKE - ECOLab cũng mô phỏng tốt diễn biến CLN sông Đào với chỉ tiêu Nash tương đối cao (từ 0,81 đến 0,97), và sai số giá trị nhỏ hơn 5%, điều này chứng tỏ mô hình Mô hình MIKE 11-AD và MIKE - ECOLab đảm bảo độ tin cậy trong việc mô phỏng CLN sông Đào.

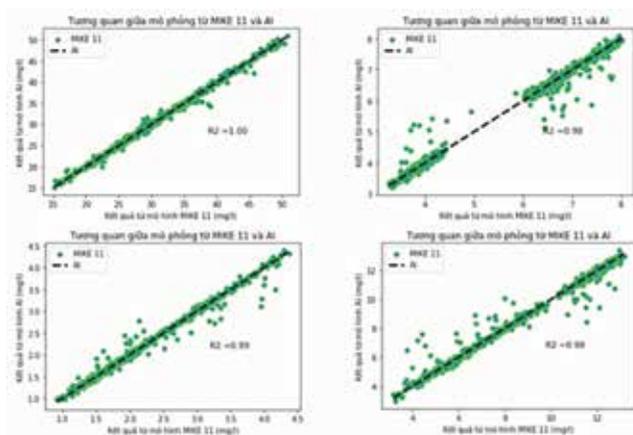
3.2. Kết quả mô phỏng CLN bằng mô hình AI

Quá trình xử lý dữ liệu đầu vào được đánh giá bởi các hệ số tương quan R2 thể hiện mức độ tin cậy của kết quả xử lý từ mô hình AI trong nghiên cứu (ANN-MLP). Bên cạnh đó, mức độ tin cậy cũng được đánh giá thông qua chỉ số Nash (NSE). Mô hình mô phỏng tính toán tại các điểm: Hưng Yên, Phú Lý, Gián Khẩu và Ba Lạt, Phú Lễ, Như Tân, Nam Định Bảng 1, Hình 7, 8 trình bày kết quả kiểm định mô hình AI tương ứng với các tham số này.

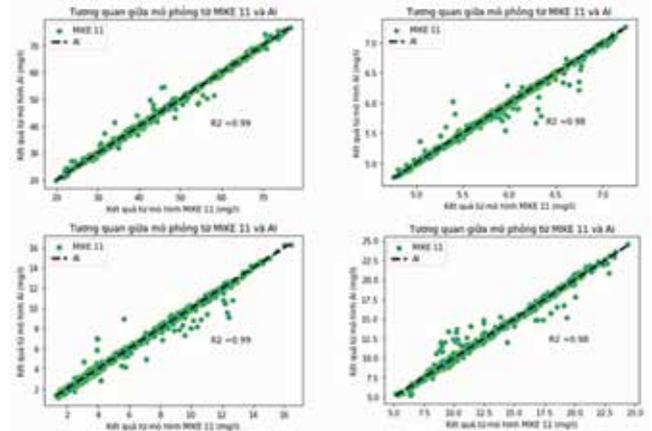
Bảng 4. Hệ số tương quan giữa R2 chỉ số NSE so sánh kết quả từ mô hình MIKE 11 và mô hình AI

Vị trí	BOD ₅		DO		NH ₄ ⁺		NO ₃ ⁻	
	R2	NSE	R2	NSE	R2	NSE	R2	NSE
Hưng Yên	~1,00	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,96
Phú Lý	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97	0,98	0,98
Gián Khẩu	0,98	0,97	0,99	0,99	0,98	0,99	0,98	0,99
Ba Lạt	~1,00	0,98	0,98	0,98	0,99	0,98	0,98	0,97
Phú Lễ	~1,00	0,98	0,99	0,99	0,99	0,96	0,99	0,99
Như Tân	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Nam Định	0,99	0,98	0,98	0,99	0,99	0,98	0,98	0,99

Nếu phần biến thiên do phần dư càng nhỏ, nghĩa là khoảng cách từ các điểm quan sát đến đường ước lượng hồi quy càng nhỏ thì phần biến thiên do hồi quy sẽ càng cao, khi đó giá trị R2 sẽ càng cao. Kết quả thu được từ quá trình xử lý dữ liệu ở tất cả các trạm đạt giá trị R2 từ 0,98 đến ~1 cho thấy khả năng dự báo của mô hình AI gần sát với kết quả từ mô hình MIKE 11. Chỉ số NSE cũng đạt kết quả tin cậy cao lần lượt từ 0,96 đến 0,99.



▲ Hình 8. Tương quan giữa kết quả mô phỏng từ mô hình MIKE 11 và AI tại điểm Như Tân: (a) Nồng độ BOD₅; (b) Nồng độ DO; (c) Nồng độ NH₄⁺; (d) Nồng độ NO₃⁻.



▲ Hình 9. Tương quan giữa kết quả mô phỏng từ mô hình MIKE 11 và AI tại điểm Nam Định: (a) Nồng độ BOD₅; (b) Nồng độ DO; (c) Nồng độ NH₄⁺; (d) Nồng độ NO₃⁻.

Với kết quả được cho là tin cậy, mô hình AI cho phép dự báo CLN mặt sông Đào ở các kịch bản khác nhau.

4. KẾT LUẬN

Kết quả của nghiên cứu này cho thấy, phương pháp sử dụng mô hình MIKE 11 kết hợp với mô hình AI mô phỏng CLN sông tương đối chính xác.

Mô hình AI mạng hồi quy Multilayer Perceptron (ANN-MLP) đã được ứng dụng để mô phỏng nồng độ BOD₅, DO, Amoniac, Nitrate trên sông Đào. Kết quả thu được từ quá trình xử lý dữ liệu ở tất cả các trạm đạt chỉ số R2 từ 0,98 đến ~1 cho thấy, khả năng dự báo của mô hình AI gần sát với kết quả từ mô hình MIKE 11. Mô hình AI cho phép mô phỏng CLN mặt trên sông Đào thay cho mô hình MIKE 11, đồng thời là cơ sở để xây dựng một mô hình dự báo CLN mặt sông cho các kịch bản trong tương lai. Đây là công cụ thực hiện dự báo với tốc độ nhanh chóng, thuận lợi cho việc nghiên cứu, mô phỏng, dự báo và giám sát CLN.

Như vậy, thông qua mô phỏng CLN bằng mô hình MIKE11 và mô hình AI đã đánh giá được tình trạng CLN trên sông Đào nhìn chung vẫn trong tình trạng tốt, còn khả năng tiếp nhận thêm nguồn thải nếu nguồn thải được xử lý trước khi xả thải ra môi trường. Tuy vậy, với tốc độ phát triển kinh tế nhanh như hiện nay trên địa bàn tỉnh Nam Định, kéo theo đó là hoạt động xả thải nước sinh hoạt và sản xuất vào sông Đào thì nguy cơ ô nhiễm nguồn nước ngày càng rõ rệt. Do đó, để giảm thiểu nguy cơ ô nhiễm và bảo vệ CLN sông Đào, tỉnh Nam Định cần tiến hành quy hoạch và từng bước đầu tư xây dựng các công trình xử lý nước thải sinh hoạt đô thị tập trung cho khu vực đô thị của TP.Nam Định để giảm tải lượng chất ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt chảy xuống hệ thống sông, kênh bao quanh thành phố đổ ra sông Đào.

Để hoàn thiện hơn mô hình này ngoài những kết quả đã đạt được, cần tiếp tục thực hiện mô phỏng thêm các thông

(Xem tiếp trang 64)



và cơ sở dữ liệu quản lý đất đai tỉnh Bình Thuận để đảm bảo tính chính xác, minh bạch, nhanh chóng trong giải quyết TTTC về đất đai và phục vụ tốt hơn cho công tác quản lý nhà nước về đất đai.

Thứ tư, tổ chức kiểm tra việc thực hiện nhiệm vụ cải thiện các chỉ số đối với các cơ quan, đơn vị, địa phương và với từng cán bộ, công chức, viên chức, để kịp thời phát hiện, chấn chỉnh, có hành động khắc phục cụ thể đối với các khuyết điểm hạn chế; gắn với kiểm tra công tác phòng, chống tham nhũng, tiêu cực trong phạm vi quản lý, xử lý nghiêm các trường hợp không thực hiện đầy đủ, kịp thời các nhiệm vụ được giao... ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nghị quyết số 10-NQ/TU ngày 18/3/2022 của Ban Chấp hành Đảng bộ tỉnh Bình Thuận (khóa XIV) về CDS đến năm 2025, định hướng đến năm 2030.
2. Báo cáo số 301/BC-UBND ngày 19/12/2023 của UBND tỉnh Bình Thuận về công tác cải cách hành chính năm 2023 và phương hướng, nhiệm vụ năm 2024.
3. Quyết định số 2590 /QĐ-UBND ngày 14/12/2023 của UBND tỉnh Bình Thuận phê duyệt kết quả xếp hạng và xếp loại mức độ CDS của các cơ quan chuyên môn thuộc UBND tỉnh, UBND các huyện, thị xã, thành phố trên địa bàn tỉnh năm 2023.
4. Quyết định số 265/QĐ-UBND ngày 8/2/2023 của UBND tỉnh Bình Thuận về ban hành Bộ tiêu chí đánh giá chỉ số CDS cấp tỉnh.
5. Công văn số 1541/UBND-TTTT ngày 5/5/2023 của UBND tỉnh Bình Thuận về tập trung triển khai một số nhiệm vụ trọng tâm về CDS trong năm 2023.
6. Chỉ thị số 29-CT/TU ngày 10/5/2023 của Tỉnh ủy về việc tăng cường lãnh đạo, chỉ đạo thực hiện “Đề án phát triển ứng dụng dữ liệu về dân cư, định danh và xác thực điện tử, phục vụ CDS quốc gia giai đoạn 2022 - 2025, tầm nhìn đến năm 2030” trên địa bàn tỉnh.
7. Kế hoạch số 3562/KH-UBND ngày 19/9/2023 của UBND tỉnh Bình Thuận về triển khai chiến dịch cao điểm 90 ngày “Nâng cao chỉ số CDS (DTI) tỉnh Bình Thuận năm 2023”.
8. Kế hoạch số 1051/KH-UBND ngày 25/3/2024 của UBND tỉnh Bình Thuận về CDS, phát triển chính quyền số, kinh tế số và xã hội số tỉnh năm 2024.

NGHIÊN CỨU KẾT HỢP MÔ HÌNH THỦY LỰC...

(Tiếp theo trang 13)

số khác về CLN: Photpho, Coliform, Ecoli, từ đó đánh giá được chính xác và tổng quan hơn về CLN nước sông. Đồng thời, có thể mở rộng phát triển thêm hướng nghiên cứu dự báo và kiểm soát nguồn ô nhiễm CLN cho nguồn nước sông Đào nói riêng và hệ thống sông nói chung ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ TN&MT (2023), Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về CLN mặt - Quy chuẩn QCVN 08:2023/BTNMT.
2. Quyết định số 124/QĐ-UBND ngày 15/1/2016 của UBND tỉnh Nam Định về việc Phê duyệt quy hoạch tài nguyên nước tỉnh Nam Định đến năm 2020, định hướng đến năm 2030.
3. Sở TN&MT tỉnh Nam Định.(2017). Báo cáo Kết quả Quan trắc hiện trạng môi trường tỉnh Nam Định.
4. Sở TN&MT tỉnh Nam Định.(2018). Báo cáo Kết quả Quan trắc hiện trạng môi trường tỉnh Nam Định.
5. Chau, K.W. (2006). A review on integration of artificial intelligence into water quality modelling. Mar. Pollut. Bull. 52(7), 726-733.
6. Xuân, T.T. (2012). Tài nguyên nước các hệ thống sông chính ở Việt Nam. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, tr. 298.
7. Hằng, V.T.(2010). Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến biến động tài nguyên nước lưu vực sông Nhuệ-Đáy thuộc thành phố Hà Nội (Doctoral dissertation, Luận văn thạc sỹ khoa học, Trường Đại học KHTN Hà Nội).
8. Tayfur,G; Singh, V.P.(2011). Predicting mean and bankfull discharge from channel cross-sectional area by expert and regression methods. Water Resour.25(5), 1253-1267.
9. Techow, V; Maidment, D.R.; Mays,L.W.(1994). Thủy văn ứng dụng - Đỗ Hữu Thành dịch - NXB Giáo dục.
10. DHI Water and Environment (DHI).(2009).MIKE 11 User Manual. DHI, Demark.
11. DHI. MIKE 11, A modelling system for rivers and channel, user guide. http://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Water_Resources/MIKE11_UserManual.pdf.
12. Pham,Q.B.; Abba, S.I.; Usman, A.G.; Linh, N.T.T.; Gupta, V.; Malik, A.; Costache, R.; Vo, N.D.; Tri, D.Q.(2019).Potential of hybrid data-intelligence algorithms for multi-station modelling of rainfall. Water Res. Manage, 33(15), 5067-5087.
13. Chena, Y.H.; Chang, F.J.(2009). Evolutionary artificial neural networks for hydrologicalsystems forecasting. J. Hydrol, 367(1-2), 125-137.
14. Haghiabi, A.H.; Nasrolahi, A.H.; Parsaie, A. (2018). Water quality prediction using machine learning methods. Water Quality Res. J, 53(1), 3-13.
13. Hải, C.H.; Phương, T.A.; Như, T.Q.; Cường, T.M. (2019). Áp dụng mô hình AI vào dự báo lưu lượng đến hồ lưu vực sông Ba. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 705, 22-33.
14. Philippe, B. (2003). The WGNE survey of verification methods for numerical prediction of weather elements and severe weather events. Meteo- France, Toulouse,.
15. Chen, Yingyi.(2020) A review of the artificial neural network models for water quality prediction. Applied Sci., 10(17), 5776.
16. Ighalo, J.O.; Adewale, G.A.; Gonçalo, M.(2021).Artificial intelligence for surface water quality monitoring and assessment: a systematic literature analysis. Model. Earth Syst. Environ, 7(2), 669-681.
17. Han, H.G.; Qiao, J.F.; Chen, Q.L.(2012). Model predictive control of dissolved oxygen concentration based on a self-organizing RBF neural network. Control Eng. Pract., 20, 465-476.
18. Rajae, T.; Boroumand, A. (2015). Forecasting of chlorophyll-a concentrations in South San Francisco Bay using five different models. Appl. Ocean Res. 53, 208-217.