

Bài báo khoa học

Xây dựng hệ thống cảnh báo, dự báo xâm nhập mặn tỉnh Nam Định

Dương Văn Hưng¹, Vũ Thị Hoà^{1*}, Trần Văn Giáp¹, Đoàn Quang Trí², Trần Thị Thu Thảo³

¹ Đài Khí tượng Thủy văn tỉnh Nam Định; hungkttv@gmail.com; vuhoakhtn@gmail.com; trangiap2010@gmail.com

² Trung tâm Thông tin và Dữ liệu khí tượng thủy văn; doanquangtrikttv@gmail.com

³ Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Thành Phố Hồ Chí Minh; ttthao@hcmunre.edu.vn

*Tác giả liên hệ: vuhoakhtn@gmail.com; Tel.: +84-973121678

Ban biên tập nhận bài: 25/8/2024; Ngày phản biện xong: 14/10/2025; Ngày đăng bài: 25/2/2025

Tóm tắt: Nghiên cứu xây dựng và hoàn thiện hệ thống dự báo, cảnh báo xâm nhập mặn gây ra tại tỉnh Nam Định. Hệ thống cảnh báo, dự báo được xây dựng dựa trên phương pháp mô hình hóa kết hợp với hiện thị kết quả dựa trên công nghệ GIS. Hệ thống đã được đưa vào sử dụng dự báo, cảnh báo xâm nhập mặn từ tháng 01 đến tháng 04 năm 2024. Kết quả cho thấy hệ thống chạy khá ổn định, số liệu cập nhật liên tục, đầy đủ. Kết quả dự báo được so sánh với thực đo cho thấy phạm vi và giá trị nồng độ mặn xâm nhập mặn đạt kết quả tốt. Hệ thống đưa ra bản đồ rủi ro do xâm nhập mặn chi tiết đến cấp xã với tần suất kiệt $P = 90\%$ và $P = 95\%$. Kết quả tính toán thể hiện với kịch bản tần suất $P = 95\%$ cho thấy số lượng các xã bị ảnh hưởng với cấp rủi ro cao và rất cao tăng (3 xã cấp độ rủi ro cao và 12 xã cấp độ rủi ro rất cao). Theo thang chia cấp độ rủi ro thì nồng độ mặn tương ứng cấp rủi ro này chỉ thích hợp khai thác sử dụng nước cho nông nghiệp, không đảm bảo cho nước sinh hoạt. Hệ thống dự báo, cảnh báo xâm nhập mặn này sẽ là bộ công cụ hữu hiệu giúp Đài Khí tượng Thủy văn tỉnh Nam Định thực hiện công tác dự báo, cảnh báo sớm xâm nhập mặn có thể xảy ra trên địa bàn tỉnh. Hệ thống này còn có thể được sử dụng làm cơ sở lý thuyết áp dụng cho những vùng ven biển khác.

Từ khóa: Hệ thống cảnh báo, dự báo; Xâm nhập mặn; Nam Định.

1. Giới thiệu

Biến đổi khí hậu hiện nay, các hiện tượng thiên tai xảy ra ngày càng bất thường, diễn biến khó lường. Trước thực trạng đó, con người không ngừng tìm tòi biện pháp, học hỏi phòng chống, thích ứng với nó [1, 2]. Trong nghiên cứu dự báo, cảnh báo các hiện tượng thời tiết nguy hiểm, việc ứng dụng các công nghệ mới nhằm nâng cao năng lực tính toán, ứng phó với thiên tai là hết sức cần thiết. Với công nghệ hiện đại ngày càng phát triển, hệ thống cảnh báo, dự báo thời tiết nguy hiểm cũng được phát triển nhiều hơn. Nghiên cứu [3] đã xây dựng được phần mềm dự báo, lũ, xâm nhập mặn sông Cửu Long sử dụng bộ mô hình MIKE 11 và MIKE 11 - GIS hiện thị kết quả dự báo độ mặn lên Google Earth gồm: (1) khối dữ liệu, (2) khối giám sát, (3) khối dự báo, (4) khối xuất bản tin trong đó khối dự báo sẽ bao gồm 2 modul điều khiển và chạy mô hình MIKE 11 và MIKE 11 - GIS (Hình 1). Kết quả mô phỏng và thử nghiệm chỉ ra rằng công cụ phần mềm có khả năng dự báo tương đối tốt về mặt xu thế giữa đường quá trình mực nước thực đo và tính toán. Kết quả phân bố nê-mặn trong sông tương đối phù hợp với kết quả thực đo tại các trạm. Kết quả dự báo

mực nước lớn nhất và thực đo dao động từ 7-14 cm. Mức đảm bảo tại các trạm Tân Châu và Châu Đốc khá cao hầu hết là đạt trên 75-78%. Bộ công cụ dự báo được xây dựng trên nền cơ sở ngôn ngữ lập trình hiện đại, có tính mở, có khả năng tích hợp bổ sung và nâng cấp các modul khi cần thiết. Chất lượng thử nghiệm công cụ cho thấy, công cụ dự báo có thể đáp ứng được yêu cầu nghiệp vụ dự báo tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia.



Hình Error! No text of specified style in document.. Sơ đồ phần mềm điều khiển mô hình MIKE 11 và MIKE 11 - GIS.

Nhóm nghiên cứu Viện Công nghệ Nano (INT) thuộc Đại học Quốc gia TP.HCM đã nghiên cứu và sản xuất, lắp đặt hệ thống quan trắc và cảnh báo xâm nhập mặn tự động tại các địa phương thuộc vùng Đồng bằng sông Cửu Long như Vĩnh Long, Bến Tre, An Giang [4]. Ưu điểm của hệ thống là không cần lấy mẫu nước thủ công mỗi giờ trong ngày, hệ thống quan trắc và cảnh báo xâm nhập mặn, có thể thay thế cách quan trắc truyền thống, giúp giảm nhân công, cho độ chính xác cao. Theo đó, hệ thống quan trắc và cảnh báo xâm nhập mặn tự động được tích hợp đầu dò cảm biến chuyên dụng để theo dõi và cảnh báo độ mặn của nước trên kênh rạch hoặc cửa biển, nhằm chủ động trong việc tưới tiêu, nuôi trồng thủy hải sản và sinh hoạt. Hệ thống làm việc 24/24, cập nhật thông tin liên tục và đặc biệt là có khả năng kết nối không dây đến các thiết bị ngoại vi như điện thoại di động, máy tính để cảnh báo độ mặn khi vượt ngưỡng. Hệ thống được thiết kế có phần phao và cảm biến có thể thả nổi trên mặt nước. Ngoài quan trắc liên tục độ mặn, hệ thống còn đo được nhiệt độ của nước. Dữ liệu đo đạc được ghi trực tiếp và liên tục vào máy tính, có thể truy cập dữ liệu từ xa qua mạng Internet thông qua Web Server. Khi các thông số vượt ngưỡng, hệ thống tự động gửi tin nhắn cảnh báo trên máy tính hoặc điện thoại. Hệ thống cũng kích hoạt tự động máy bơm thông qua kết nối không dây khi độ mặn nhỏ hơn mức ngưỡng. Toàn bộ hệ thống được vận hành từ nguồn năng lượng mặt trời có sẵn trên hệ thống.

Ngoài ra, các nghiên cứu đánh giá được thực trạng xâm nhập triều, mặn khu vực đồng bằng sông Hồng - Thái Bình [5], sông Mã [6, 7]; xây dựng chương trình dự báo XNM cho khu vực sông Mã và cơ sở dữ liệu và công nghệ dự báo xâm nhập mặn (XNM). Nghiên cứu đánh giá, phân vùng XNM dựa trên cơ sở công nghệ viễn thám đa tầng, đa độ phân giải, đa thời gian, ứng dụng thí điểm cho tỉnh Bến Tre [8]. Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được bản đồ phân vùng XNM, mức độ, diễn biến XNM của tỉnh Bến Tre với các cấp độ mặn từ: Không mặn, mặn nhẹ, mặn vừa đến mặn nặng. Trong đó các huyện ven biển như: Bình Đại, Thạnh Phú, Ba Tri có mức độ từ vừa đến nặng. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ viễn thám trong nghiên cứu XNM là một phương pháp có thể đánh giá nhanh, hiệu quả diễn biến XNM qua các thời kỳ trên một khu vực địa lý rộng lớn. Nghiên cứu cơ sở khoa học phân vùng hạn - mặn và đề xuất giải pháp thích ứng cho vùng đồng bằng sông Mã đã chỉ rõ mối quan hệ hạn - mặn theo nhu cầu sử dụng nước và đề xuất các giải pháp theo tư duy vừa thích nghi, vừa phòng chống [7, 9].

Những năm gần đây, do diễn biến bất thường của thời tiết, nhất là ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và tác động từ các hoạt động kinh tế - xã hội tại vùng ven biển Nam Định, tỉnh

hình xâm nhập mặn ngày càng nghiêm trọng. Ranh giới xâm nhập mặn ngày càng tiến sâu vào nội đồng cùng với giá trị mặn cũng tăng cao. Theo tổng hợp của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn từ báo cáo của các địa phương, những năm gần đây khu vực ven biển Nam Định đã chịu ảnh hưởng ngày càng mạnh mẽ của xâm nhập mặn. Tình trạng hạn hán, xâm nhập mặn trên địa bàn Nam Định đang tăng cả về tần suất và cường độ. Vào mùa khô thường gặp hạn hán kéo dài, kèm theo triều cường, nước mặn lấn sâu vào các cửa sông lớn từ 30-40 km. Ước tính mỗi năm có trên 11 nghìn ha đất canh tác chân ruộng cao bị thiếu nước và 52 nghìn ha đất trồng lúa của 6 huyện phía nam gặp rất nhiều khó khăn về nước tưới. Có gần 38 nghìn ha đất canh tác của các huyện Giao Thủy, Hải Hậu, Nghĩa Hưng, Xuân Trường, Trực Ninh hàng năm đều bị ảnh hưởng do hạn hán, triều cường và xâm nhập mặn, đe dọa an ninh lương thực và ảnh hưởng đến tài nguyên nước, vệ sinh môi trường. Kết quả khảo sát tại các Công ty Khai thác công trình Thủy lợi Nam Ninh, Xuân Thủy, Hải Hậu, Nghĩa Hưng thấy rằng vụ Đông Xuân năm 2019-2020 mặn xâm nhập sâu vào các triền sông gây rất nhiều khó khăn cho công tác lấy nước [10]. Trên triền sông Hồng mặn lên tới qua cống Số 7 (cách biển 28 km, gần ngã ba sông Ninh Cơ - sông Hồng và đây là cống xa biển nhất của hệ thống thủy nông Xuân Thủy trên triền sông Hồng) với độ mặn lớn nhất đo được ngày 13/01/2020 là 3,75‰, vượt ngưỡng cho phép lấy vào trong đồng là 2,75‰; đã có thời gian mặn xâm nhập qua Mon Rô xuống triền sông Ninh Cơ. Đối với sông Ninh Cơ mặn lên tới cống Trê (cách biển 29 km) với độ mặn lớn nhất đo được ngày 14/01/2020 là 3‰, vượt ngưỡng cho phép lấy vào trong đồng là 2 ‰, Trên triền sông Đáy mặn lên tới cống Tam Tòa (cách biển 35 km) với độ mặn lớn nhất đo được vào ngày 14/01/2020 là 2‰, vượt ngưỡng cho phép lấy vào trong đồng là 1‰ [11–14]. Mục đích nghiên cứu là xây dựng được hệ thống hỗ trợ dự báo, cảnh báo nguy cơ rủi ro xâm nhập mặn khu vực tỉnh Nam Định hỗ trợ cho công tác nghiệp vụ của dự báo viên. Giải pháp công nghệ được xây dựng dựa trên việc lựa chọn kết hợp bộ mô hình MIKE 11 (HD, AD) và GIS để xây dựng hệ thống dự báo cảnh báo nguy cơ rủi ro do xâm nhập mặn gây ra cho tỉnh Nam Định.

2. Số liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Số liệu

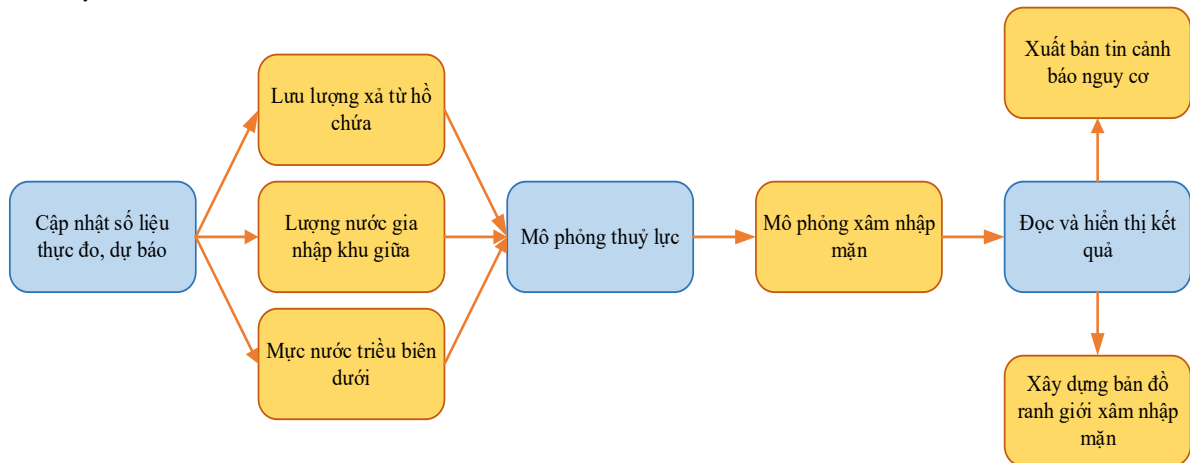
- Số liệu quan trắc các yếu tố mưa, nhiệt độ lưu vực, khu vực dự báo trong thời khoảng đã qua.
- Diễn biến mực nước, lưu lượng các trạm thượng lưu trên lưu vực sông, khu vực dự báo trong thời khoảng đã qua.
- Diễn biến của thủy triều trong lưu vực, khu vực dự báo trong thời khoảng đã qua. Thu thập số liệu quan trắc của các trạm hải văn có ảnh hưởng đến khu vực dự báo, cảnh báo.
- Thu thập thông tin, dữ liệu vận hành hồ chứa và các công trình thủy lợi thuộc khu vực dự báo và lân cận.
- Thu thập số liệu đo mặn tại các trạm đo mặn trên lưu vực, khu vực dự báo và lân cận.
- Thông tin, kế hoạch dự kiến nhu cầu sử dụng nước trên lưu vực, khu vực dự báo, cũng như nhu cầu sử dụng nước trong nông nghiệp, thủy sản và các hoạt động kinh tế - xã hội khác.
- Bản tin dự báo xâm nhập mặn cung cấp cho chính quyền địa phương các xã huyện chịu ảnh hưởng.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

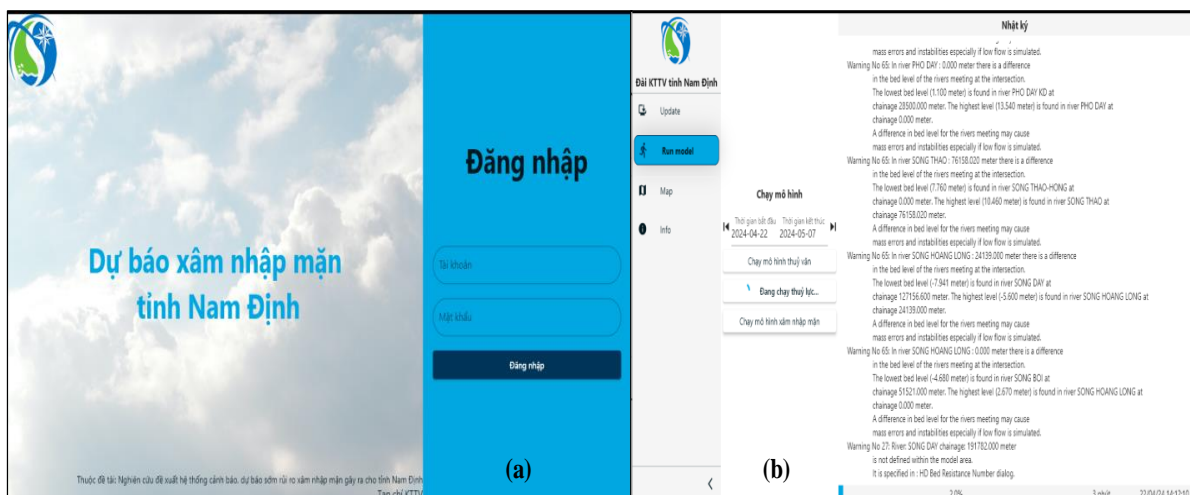
Hệ thống cảnh báo, dự báo rủi ro xâm nhập mặn tỉnh Nam Định được xây dựng dựa trên việc kết hợp bộ mô hình MIKE 11 (HD, AD) và công nghệ GIS đã được hiệu chỉnh - kiểm định bộ thông số phù hợp với khu vực nghiên cứu, kết quả mô phỏng nồng độ mặn được tính toán từ mô hình sẽ được hiển thị dưới dạng bản đồ trực quan nhờ công nghệ GIS [15, 16]. Nghiên cứu ứng dụng ngôn ngữ lập trình Python và Dart để xây dựng hệ thống

cảnh báo, dự báo: Ngôn ngữ lập trình Python sửa và loại bỏ dữ liệu không chính xác, hay còn được gọi là làm sạch dữ liệu; trích xuất và chọn lọc các đặc điểm đa dạng của dữ liệu; ghi nhãn dữ liệu gán tên có ý nghĩa cho dữ liệu; tìm các số liệu thống kê khác nhau từ dữ liệu; trực quan hóa dữ liệu bằng cách sử dụng các biểu đồ và đồ thị; theo dõi lỗi trong mã của phần mềm; tự động xây dựng phần mềm; đảm nhận quản lý dự án phần mềm; phát triển nguyên mẫu phần mềm. Ngôn ngữ lập trình Dart sử dụng để xây dựng giao diện người dùng và hiển thị kết quả hệ thống cảnh báo, dự báo xâm nhập mặn cho khu vực nghiên cứu. Giao diện người sử dụng (tiếng Anh: User Interface, viết tắt: UI) là điểm tương tác và giao tiếp giữa người và máy tính trong một thiết bị. Điều này có thể bao gồm màn hình hiển thị, bàn phím, chuột và sự xuất hiện của máy tính để bàn. Đó cũng là cách mà người sử dụng tương tác với một ứng dụng hoặc trang web. Bên cạnh đó, sự phụ thuộc ngày càng nhiều của doanh nghiệp vào các ứng dụng web, ứng dụng di động, mạng xã hội đã khiến nhiều công ty đặt ưu tiên cao hơn cho UI trong nỗ lực cải thiện trải nghiệm chung của người dùng [17–24].

Việc dự báo, cảnh báo xâm nhập mặn được thực hiện theo quy trình kỹ thuật quy định tại Thông tư 25/2022/TT-BTNM quy định về quy trình kỹ thuật dự báo, cảnh báo hiện tượng khí tượng thủy văn nguy hiểm [25] và Căn cứ Quyết định số 18/2021/QĐ-TTg ngày 22 tháng 4 năm 2021 của Thủ tướng Chính phủ quy định về dự báo, cảnh báo, truyền tin thiên tai và cấp độ rủi ro thiên tai [26]. Hệ thống cảnh báo, dự báo xâm nhập mặn được xây dựng với các mô đun cập nhật số liệu mực nước biên triều, lưu lượng xả từ hồ chứa, lượng nước gia nhập khu giữa, mô phỏng thủy lực, mô phỏng xâm nhập mặn, đọc và hiển thị kết quả, xây dựng bản đồ ranh giới xâm nhập mặn (Hình 2). Giao diện đăng nhập hệ thống và vận hành hệ thống được thể hiện trên hình 3.



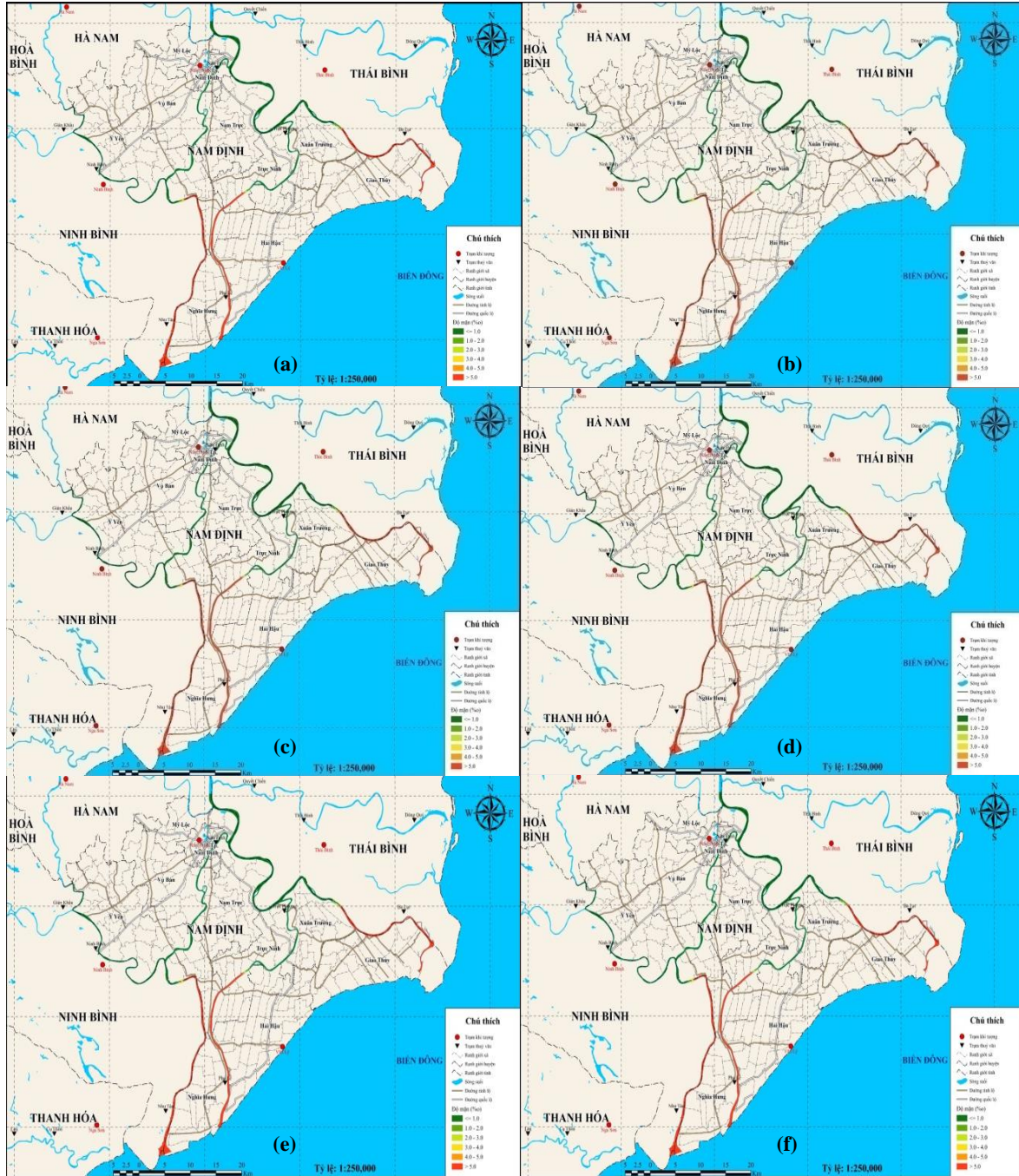
Hình 2. Sơ đồ hệ thống dự báo, cảnh báo xâm nhập mặn tỉnh Nam Định.



Hình 3. (a) Giao diện đăng nhập vào hệ thống, (b) Giao diện hệ thống khi chạy.

3. Kết quả

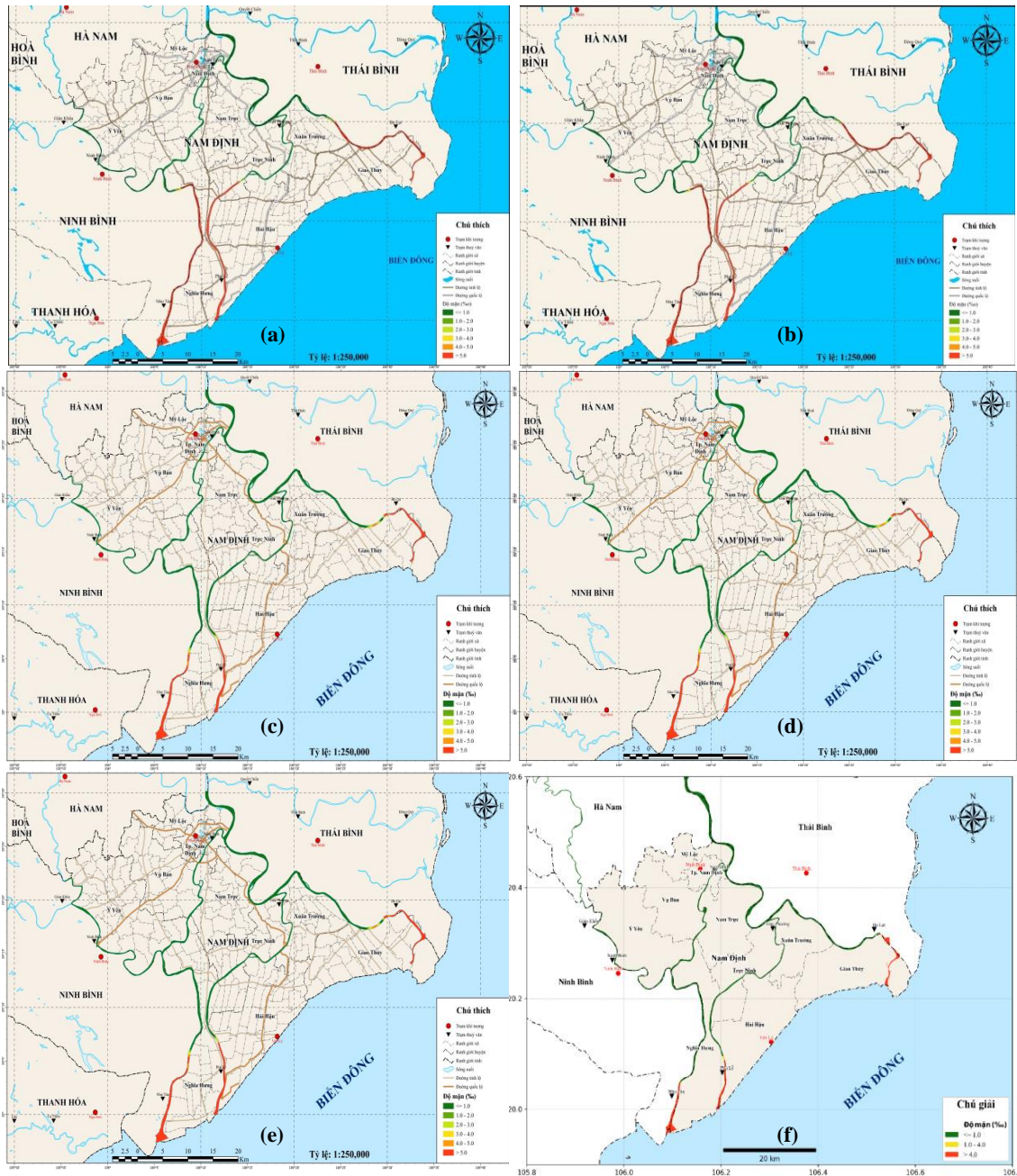
Kết quả chạy thử hệ thống cảnh báo, dự báo xâm nhập mặn từ tháng 01 đến tháng 04 năm 2024. Thời đoạn dự báo, cảnh báo là 10 ngày vào các ngày 01, 10, 20 hàng tháng từ tháng 01 đến 04 năm 2024 được thể hiện trên hình 4, 5.



Hình 4. Bản đồ cảnh báo, dự báo xâm nhập mặn: (a) ngày 01 - 10/01/2024; (b) ngày 11 - 20/01/2024; (c) ngày 21 - 31/01/2024; (d) ngày 01 - 10/02/2024; (e) ngày 11 - 20/02/2024; (f) ngày 21 - 29/02/2024.

Bản đồ cảnh báo, dự báo xâm nhập mặn tỉnh Nam Định từ tháng 01 đến tháng 4 năm 2024 từ hình 4, hình 5 thể hiện trị số và ranh giới xâm nhập mặn giảm dần từ tháng 01 đến tháng 4. Xâm nhập mặn lớn và sâu vào nội đồng tập trung vào tháng 01, 02, 3 đến tháng 4 xâm nhập mặn giảm dần nhưng vẫn còn ở mức cao. Tuần giữa tháng 3 xâm nhập mặn giảm rõ rệt do các hồ chứa phía thượng lưu tăng cường xả nước đổ ải vụ Đông Xuân. So sánh với

giá trị thực đo trong khoảng thời gian trên (Bảng 1) cho thấy hệ thống chạy ổn định, kết quả cảnh báo, dự báo đạt kết quả tốt cả về trị số và thời gian xuất hiện xâm nhập mặn.



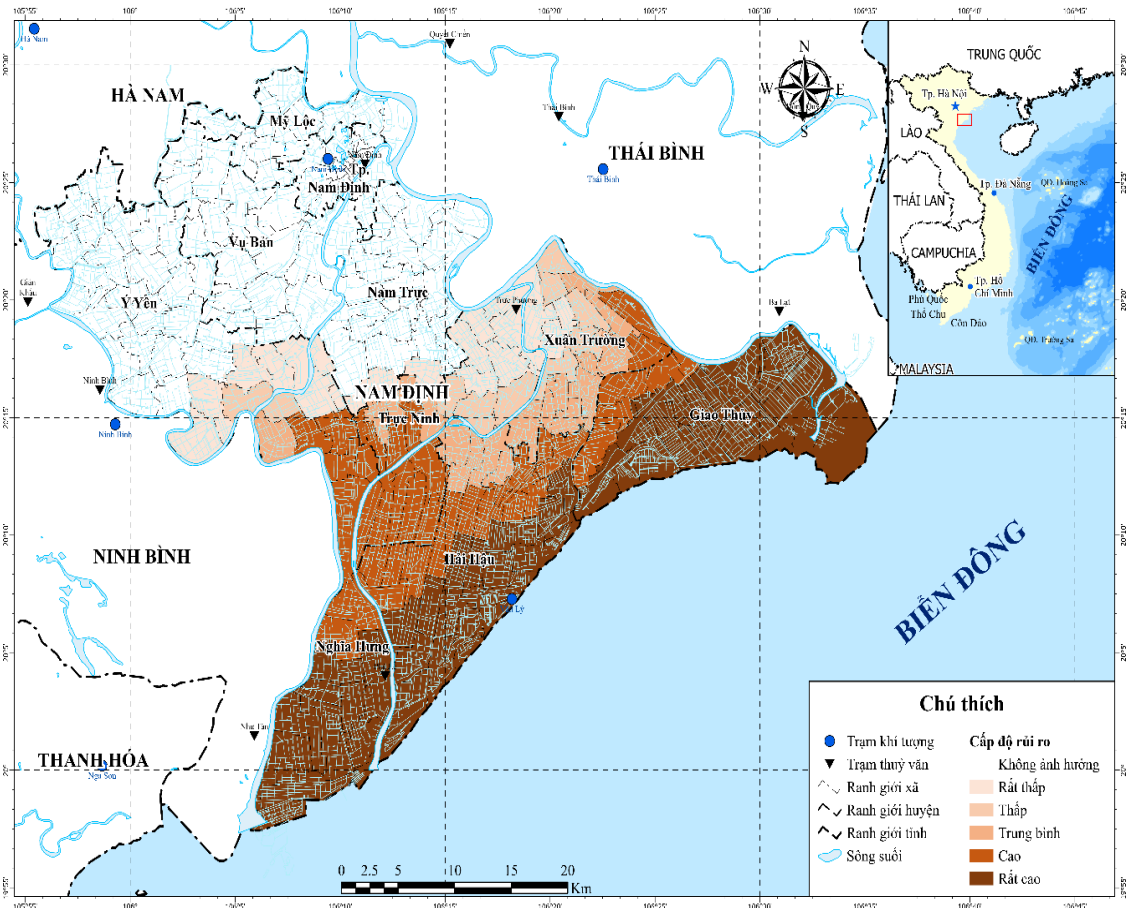
Hình 5. Bản đồ cảnh báo, dự báo xâm nhập mặn: (a) ngày 01 - 10/3/2024; (b) ngày 11 - 20/3/2024; (c) ngày 21 - 31/3/2024; (d) ngày 01 - 10/4/2024; (e) ngày 11 - 20/4/2024; (f) ngày 21 - 30/4/2024.

Bảng 1. Bảng kết quả cảnh báo dự báo và thực đo xâm nhập mặn từ tháng 01 đến tháng 4 năm 2024 tại tỉnh Nam Định.

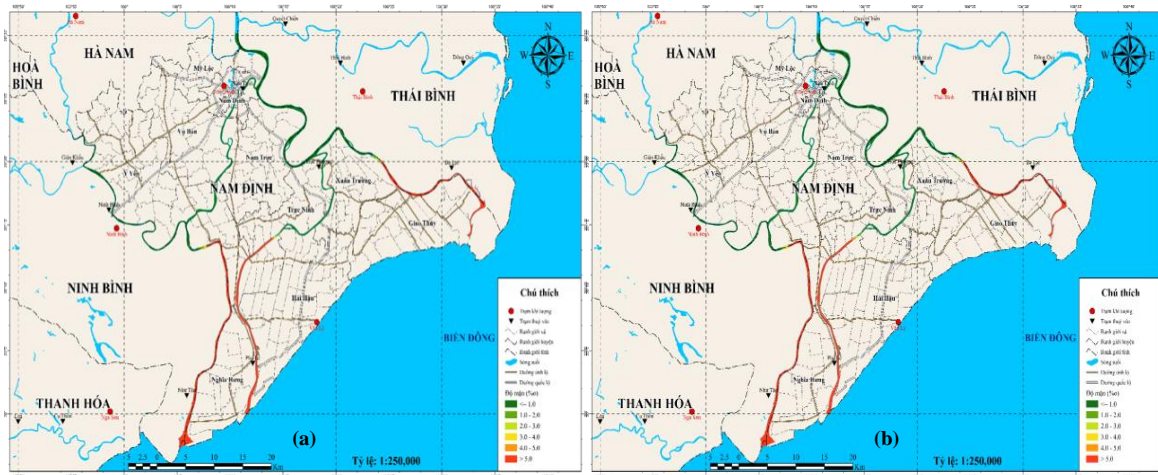
Tên điểm dự báo, cảnh báo	Độ mặn max (%)		Thời gian xuất hiện		Khoảng cách chịu độ mặn 1 ⁰ / ₀₀ (km)		Khoảng cách chịu độ mặn 4 ⁰ / ₀₀ (km)	
	Dự báo	Thực đo	Dự báo	Thực đo	Dự báo	Thực đo	Dự báo	Thực đo
Phú Lễ	29	28,93	12 - 13/01	13/01	20 - 25		15-20	
Ngô Đồng	15	13,20	11 - 13/01	13/01	25 - 30		20-25	
Như Tân	22,5	24,88	12 - 14/01	13/01	30 - 35		20 - 25	
Phú Lễ	27	29,20	24 - 26/01	25/01	20 - 25		15-20	
Ngô Đồng	6	4,20	24 - 26/01	23/01	25 - 30		20-25	
Như Tân	12	10,33	24 - 26/01	25/01	30 - 35		20 - 25	
Phú Lễ	30	29,83	07 - 09/2	09/2	20 - 25		15-20	

Tên điểm dự báo, cảnh báo	Độ mặn max (%)		Thời gian xuất hiện		Khoảng cách chịu độ mặn 1 ⁰ / ₀₀ (km)		Khoảng cách chịu độ mặn 4 ⁰ / ₀₀ (km)	
	Dự báo	Thực đo	Dự báo	Thực đo	Dự báo	Thực đo	Dự báo	Thực đo
Ngô Đồng	14	13,50	07 - 09/2	09/2	25 - 30		20-25	
Như Tân	18	20,08	07 - 09/2	09/2	30 - 35		20 - 25	
Phú Lễ	8	7,05	15 - 16/02	15/02	20 - 25		15-20	
Ngô Đồng	12	13,20	15 - 16/02	15/02	25 - 30		20-25	
Như Tân	7	5,93	15 - 16/02	15/02	20 - 25		15 - 20	
Phú Lễ	25	23,58	21 - 22/02	22/02	20 - 25		15-20	
Ngô Đồng	12	15,80	21 - 22/02	22/02	25 - 30		20-25	
Như Tân	9	7,80	21 - 22/02	22/02	20 - 25		15 - 20	
Phú Lễ	28	32,60	14 - 16/3	15/3	20 - 25		15-20	
Ngô Đồng	12	14,50	14 - 16/3	15/3	25 - 30		20-25	
Như Tân	15	18,08	14 - 16/3	15/3	25 - 30		15 - 20	
Phú Lễ	21	20,90	19 - 20/3	20/3	20 - 25		15-20	
Ngô Đồng	12	14,50	19 - 20/3	18/3	25 - 30		20-25	
Như Tân	9	9,30	18 - 20/3	20/3			20 - 25	
Phú Lễ	22	22,75	21, 28/3	28/3	20 - 25		15-20	
Ngô Đồng	12		21, 28/3	28/3	25 - 30		20-25	
Như Tân	9	11,30	21, 28/3	28/3			20 - 25	
Phú Lễ	24	15,95	03 -05/4	04/4	15 - 20		20 - 25	
Ngô Đồng	11		03-05/4	04/4	20 - 25		25 - 30	
Như Tân	11	10,25	03-05/4	04/4	20 - 25		25 - 30	
Phú Lễ	8	6,80	28-30/4	30/4	15 - 20		20 - 25	
Ngô Đồng	8		28-30/4	30/4	15 - 20		20 - 25	
Như Tân	10	3,125	28-30/4	30/4	15 - 20		20 - 25	

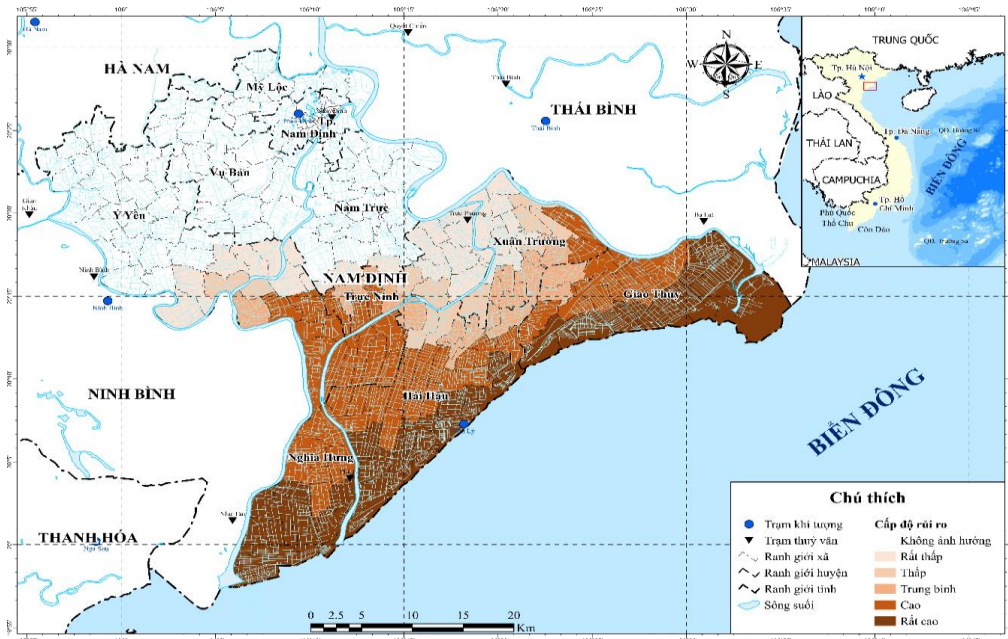
Kết hợp bản đồ nền bao gồm các lớp bản đồ sông suối, giao thông, ranh giới hành chính với bản đồ dự báo, cảnh báo từ hệ thống trên, nghiên cứu xây dựng bản đồ xâm nhập mặn và bản đồ phân vùng nguy cơ rủi ro do xâm nhập mặn gây ra cho tỉnh Nam Định theo tần suất 90% và 95% (Hình 6-8).



Hình 6. Bản đồ phân vùng rủi ro tương ứng với kịch bản P = 95%.



Hình 7. Bản đồ xâm nhập mặn tần suất: (a) 90%, (b) 95%.



Hình 8. Bản đồ phân vùng rủi ro tương ứng với kịch bản P = 90%.

Kết quả thống kê các xã chịu ảnh hưởng theo các cấp rủi ro xâm nhập mặn theo kịch bản tần suất 95% và 90% thể hiện trong bảng 2 và bảng 3. Kết quả cho thấy nguy cơ rủi ro do xâm nhập mặn tập trung chủ yếu ở 3 huyện: Hải Hậu, Giao Thủy, Nghĩa Hưng. Theo kịch bản tần suất kiệt P = 90% cho thấy tại huyện Giao Thủy số xã có nguy cơ rủi ro rất cao chiếm 50%, nguy cơ cao chiếm 32%, còn lại 4 xã có nguy cơ thấp và trung bình. Tại huyện Hải Hậu số xã có nguy cơ rủi ro rất cao chiếm 37%, nguy cơ cao chiếm 31%, còn lại 32% xã có nguy cơ thấp và trung bình. Tại huyện Nghĩa Hưng số xã có nguy cơ rủi ro rất cao chiếm 52%, nguy cơ cao chiếm 20%, còn lại 28% xã có nguy cơ trung bình, thấp và rất thấp.

Bảng 2. Bảng thống kê nguy cơ rủi ro do xâm nhập mặn theo kịch bản P = 90%.

Huyện	Không ảnh hưởng	Rất thấp	Thấp	Trung bình	Cao	Rất cao	Tổng
Giao Thủy			2	2	7	11	22
Hải Hậu			5	6	11	13	35
Mỹ Lộc	11						11
Nam Định	25						25
Nam Trực	18	2					20

Huyện	Không ảnh hưởng	Rất thấp	Thấp	Trung bình	Cao	Rất cao	Tổng
Nghĩa Hưng		2	4	1	5	13	25
Trực Ninh		7	3	3	8		21
Vụ Bản	18						18
Xuân Trường		7	5	6	2		20
Ý Yên	26	5	1				32
Tổng	98	23	20	18	33	37	229

Bảng 3. Bảng thống kê nguy cơ rủi ro do xâm nhập mặn theo kịch bản P = 95%.

Huyện	Không ảnh hưởng	Rất thấp	Thấp	Trung bình	Cao	Rất cao	Tổng
Giao Thủy					5	17	22
Hải Hậu				4	13	18	35
Mỹ Lộc	11						11
Nam Định	25						25
Nam Trực	18	2					20
Nghĩa Hưng		2	1	1	7	14	25
Trực Ninh		6	3	3	9		21
Vụ Bản	18						18
Xuân Trường		3	6	9	2		20
Ý Yên	26	5	1				32
Tổng	98	18	11	17	36	49	229

Theo kịch bản tần suất kiệt P = 95% cho thấy số lượng các xã bị ảnh hưởng cấp rủi ro cao và rất cao tăng (3 xã cấp độ rủi ro cao và 12 xã cấp độ rủi ro rất cao). Theo thang chia cấp độ rủi ro thì độ mặn tương ứng cấp rủi ro này chỉ thích hợp khai thác sử dụng nước cho nông nghiệp, không đảm bảo cho nước sinh hoạt.

4. Kết luận

Trong lĩnh vực khí tượng thủy văn tài nguyên nước ở Việt Nam những năm gần đây đã và đang có nhiều tổ chức, cơ quan và nhiều người quan tâm nghiên cứu ứng dụng các ngôn ngữ lập trình thiết kế hệ thống, trang web, bộ công cụ hoàn thiện tích hợp với các nền dữ liệu vệ tinh, công nghệ GIS và các mô hình mô phỏng để nâng cao mức độ dự báo, cảnh báo. Bài báo trình bày kết quả rủi ro xâm nhập mặn với các tần suất kiệt 90%, 95% và sản phẩm vận hành hệ thống cảnh báo, dự báo xâm nhập mặn được xây dựng với các mô đun cập nhật số liệu mực nước biên triều, lưu lượng xả từ hồ chứa, lượng nước gia nhập khu giữa để phục vụ tính toán điều tiết hồ chứa, diễn toán thủy lực, mô phỏng xâm nhập mặn ở khu vực cửa sông khu vực nghiên cứu kết hợp ứng dụng công nghệ hệ thống tin địa lý GIS, từ đó đưa ra các bản đồ cảnh báo, dự báo xâm nhập mặn trong các bản tin cảnh báo nguy cơ xâm nhập mặn cho tỉnh Nam Định. Kết quả vận hành dự báo, cảnh báo thử nghiệm trong khoảng thời gian từ tháng 01 đến tháng 4 năm 2024 cho 3 điểm dự báo là trạm Thủy văn Phú Lễ (S. Ninh Cơ), trạm thủy văn Như Tân (S. Đáy) và cống Ngô Đồng (S. Hồng) khá ổn định, chất lượng dự báo cả về trị số và thời gian xuất hiện đều đạt kết quả tốt.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: V.T.H., Đ.Q.T.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: V.T.H., T.T.T.T.; Xử lý và xây dựng bộ công cụ: D.V.H., T.V.G.; Viết bản thảo bài báo: V.T.H., Đ.Q.T.

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ vào một phần kết quả của nhiệm vụ khoa học: “Nghiên cứu đề xuất hệ thống cảnh báo, dự báo sớm rủi ro do xâm nhập mặn gây ra tại tỉnh Nam Định”.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Trung tâm Cảnh báo và Dự báo tài nguyên nước. Phát triển và thực hiện các giải pháp thích ứng với BĐKH khu vực ven biển Việt Nam. Trung tâm Quy hoạch và Điều tra TNN Quốc gia, 2016.
2. Greenberg, D.A.; Blanchard, W.; Smith, B.; Barrow, E. Climate change, mean sea level and high tides in the Bay of Fundy. *Atmosphere-Ocean* **2012**, 50(3), 261–276.
3. Hải, Đ.V.; Huệ, L.T.; Trí, Đ.Q. Nghiên cứu ứng dụng mô hình hoá xây dựng phần mềm dự báo lũ, xâm nhập mặn sông Cửu Long hiển thị kết quả dự báo mặn lên Google Earth. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, 710, 33–42.
4. Hằng, Đ.T. Xây dựng chương trình dự báo xâm nhập mặn đồng bằng sông Hồng - Thái Bình. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, 2010.
5. Hà, L.T. Xây dựng mô hình dự báo xâm nhập mặn vùng hạ lưu sông Mã, sông Yên tỉnh Thanh Hóa, 2014.
6. Dũng, N.V. An Giang ứng phó với hạn hán và xâm nhập mặn. *Tạp chí Tài nguyên và Môi trường* **2018**, 1, 47–48.
7. Thường, L.T. Nghiên cứu cơ sở khoa học phân vùng hạn - mặn và đề xuất giải pháp thích ứng cho vùng đồng bằng ven biển sông Mã. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Thủy lợi, 2020.
8. Dương, V.N. Nghiên cứu chế độ vận hành thích nghi hồ chứa nước Cửa Đạt trong mùa kiệt phục vụ quy hoạch phát triển kinh tế - xã hội tỉnh Thanh Hóa. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Thủy lợi, 2017.
9. Trục tuyến: <https://tainguyenmoitruong.gov.vn/linh-vuc-chuyen-nganh/tai-nguyen-nuoc/202210/tinh-hinh-xam-nhap-man-khu-vuc-bac-bo-367FC77/>.
10. Hưng, D.V.; Hòa, V.T.; Giáp, T.V.; Hòa, V.V.; Trí, Đ.Q. Ứng dụng mô hình MIKE 11 mô phỏng quá trình xâm nhập mặn ven biển tỉnh Nam Định. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2024**, 759, 75–86.
11. Trục tuyến: <http://namdinh.tv.vn/chinh-tri-xa-hoi/tinh-trang-xam-nhap-man-o-dia-ban-tinh-ngay-cang-phuc-tap-hon>
12. Hòa, P.V. Nghiên cứu, đánh giá và phân vùng xâm nhập mặn trên cơ sở công nghệ viễn thám đa tầng, đa độ phân giải, đa thời gian - Ứng dụng thí điểm tại tỉnh Bến Tre. Viện Địa lý Tài nguyên TP. HCM. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Quốc gia, 2019.
13. Cường, H.V.; Anh, T.N.; Tùng, N.B. Ứng dụng mô hình MIKE 3 mô phỏng xâm nhập mặn sông Ninh Cơ trong điều kiện biến đổi khí hậu và nước biển dâng. *Tạp chí khoa học và thủy lợi* **2020**, 58, 21–32.
14. Chiến, N.Q.; Trịnh, M.V. Ứng dụng mô hình LEACHMOD mô phỏng động thái mặn trong đất lúa tại nông trường Rạng Đông, huyện Nghĩa Hưng, tỉnh Nam Định.
15. Nash, J.E.; Sutcliffe, J.V. River flow forecasting through conceptual models: part I - A discussion of principles. *J. Hydrol.* **1970**, 10(3), 282–290.
16. McCuen, R.H.; Knight, Z.; Cutter, A.G. Evaluation of the Nash-Sutcliffe efficiency Index. *J. Hydrol. Eng.* **2006**, 11, 597–602.
17. Trục tuyến: <https://moitruongxaydungvn.vn/he-thong-canh-bao-som-thien-tai-giai-phap-ky-thuat>
18. Trục tuyến: <https://vsi-international.com/top-10-ngon-ngu-lap-trinh-pho-bien-nhat-2022>
19. Trục tuyến: <https://vsi-international.com/top-10-ngon-ngu-lap-trinh-pho-bien-nhat-2022>
20. Trục tuyến: <https://itguru.vn/blog/rust-la-gi-va-tai-sao-ngon-ngu-lap-trinh-nay-duoc-yeu-thich-den-vay/>
21. Trục tuyến: <https://monre.gov.vn/Pages/cong-nghe-canh-bao-xam-nhap-man.aspx>

22. Trực tuyến: <https://ictvietnam.vn/dbscl-ung-dung-cong-nghe-4-0-du-bao-xam-nhap-man-22772.html>
23. Denmark Hydraulic institute (DHI). MIKE 11 User Manual, DHI, 2014, pp. 90.
24. Trực tuyến:
https://vi.wikipedia.org/wiki/Giao_di%E1%BB%87n_ng%C6%B0%E1%BB%9Di_d%C3%B9ng#:~:text=Giao%20di%E1%BB%87n%20ng%C6%B0%E1%BB%9Di%20s%E1%BB%AD%20d%E1%BB%A5ng,%E1%BB%A9ng%20d%E1%BB%A5ng%20ho%E1%BA%B7c%20trang%20web.
25. Thông tư 25/2022/TT-BTNM quy định về quy trình kỹ thuật dự báo, cảnh báo hiện tượng khí tượng thủy văn nguy hiểm.
26. Quyết định số 18/2021/QĐ-TTg ngày 22 tháng 4 năm 2021 của Thủ tướng Chính phủ quy định về dự báo, cảnh báo, truyền tin thiên tai và cấp độ rủi ro thiên tai.

Establish a warning and forecasting system saltwater intrusion in Nam Dinh province

Duong Van Hung¹, Vu Thi Hoa^{1*}, Tran Van Giap¹, Doan Quang Tri², Tran Thi Thu Thao³

¹ Nam Dinh Provincial Hydrometeorological Center; hungkttv@gmail.com; vuhoakhtn@gmail.com; trangiap2010@gmail.com

² Information and Data Center, Vietnam Meteorological and Hydrological Administration; doanquangtrikttv@gmail.com

³ Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment; tttthao@hcmunre.edu.vn

Abstract: The study presents the results of the forecast, warnings system by saltwater intrusion in Nam Dinh province. The warning, forecasting system is built based on modeling methods combined with MIKE 11 HD, AD and GIS technology. The system has applied to forecast and warn of saltwater intrusion from January to April 2024. Results show that the system runs quite stably with data updated continuously and fully. The forecast results with actual measurements of the scope and concentration of saltwater intrusion achieved good results. The system provided a detailed risk map due to saltwater intrusion at the commune level with drought frequency $P = 90\%$ and $P = 95\%$. The calculation results show that with the frequency scenario $P = 95\%$, the number of communes affected at high and very high-risk levels increases (three communes at high-risk level and 12 communes at very high-risk level). According to the risk level scale, the salinity corresponding to this risk level is only suitable for water exploitation and use for agriculture, not guaranteed for domestic water use. Saltwater intrusion forecasting, warning system will be an effective toolkit for the Nam Dinh province hydrometeorological station to forecast and warn early that may occur in the province. This system can also be used as a theoretical basis for other coastal areas.

Keywords: Warning, forecast system; Saltwater intrusion; Nam Dinh.