

XÂY DỰNG CÔNG CỤ MÔ PHỎNG, DỰ BÁO XÂM NHẬP MẶN PHỤC VỤ QUẢN LÝ NGUỒN NƯỚC MẶT VÙNG CỬA SÔNG HẬU

Cần Thu Văn⁽¹⁾, Nguyễn Hữu Tuấn⁽¹⁾, Dương Ngọc Thúy⁽²⁾,
Hồ Nguyễn Khoa Đăng⁽²⁾, Nguyễn Trọng Khanh⁽¹⁾, Đỗ Huy Lập⁽³⁾

⁽¹⁾Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh

⁽²⁾Trung tâm Quan trắc Tài nguyên Môi trường TP. Cần Thơ

⁽³⁾Đài Khí tượng Thủy văn Thành phố Cần Thơ

Ngày nhận bài: 2/7/2025; ngày gửi phản biện: 3/7/2025; ngày chấp nhận đăng: 18/8/2025

Tóm tắt: Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, nước biển dâng và hoạt động khai thác tài nguyên nước ở thượng nguồn ngày càng gia tăng, tình trạng xâm nhập mặn tại khu vực Đồng bằng Sông Cửu Long (ĐBSCL) có xu hướng diễn biến ngày càng phức tạp và khó dự đoán, ảnh hưởng nghiêm trọng đến sản xuất nông nghiệp, sinh hoạt và sinh kế của người dân. Bài báo trình bày việc ứng dụng mô hình thủy động lực - lan truyền chất để mô phỏng và dự báo xâm nhập mặn tại khu vực cửa Sông Hậu - một trong những địa phương chịu tác động nặng nề nhất vào mùa khô. Mô hình được thiết lập và hiệu chỉnh dựa trên số liệu thực đo về mực nước và độ mặn tại các trạm quan trắc chính trong khu vực, với kết quả kiểm định đạt độ chính xác cao qua các chỉ số R^2 và NSE đều lớn hơn 0,7. Ngoài việc mô phỏng hiện trạng, nghiên cứu còn xây dựng các kịch bản dự báo xâm nhập mặn tương ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu cho các mốc thời gian năm 2030 và 2050. Kết quả cho thấy trong các điều kiện khí hậu tương lai, hiện tượng xâm nhập mặn không chỉ diễn ra sớm hơn mà còn có cường độ mạnh hơn và phạm vi ảnh hưởng rộng hơn, đặc biệt trong các kịch bản phát thải cao. Điều này khẳng định tính cần thiết và hiệu quả của việc ứng dụng mô hình thủy động lực - lan truyền chất trong đánh giá và dự báo xâm nhập mặn, góp phần hỗ trợ công tác ra quyết định và xây dựng các kịch bản thích ứng tại khu vực cửa Sông Hậu.

Từ khóa: Mô hình mô phỏng, xâm nhập mặn, cửa Sông Hậu.

1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, nước biển dâng và suy giảm dòng chảy mùa khô từ thượng nguồn Sông Mê Công, hiện tượng xâm nhập mặn tại Đồng bằng Sông Cửu Long nói chung và TP. Cần Thơ nói riêng ngày càng trở nên nghiêm trọng, gây ảnh hưởng trực tiếp đến sản xuất nông nghiệp, cấp nước sinh hoạt và phát triển kinh tế địa phương. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, việc tích hợp đồng thời ảnh hưởng của lưu lượng thượng nguồn và nước biển dâng vào mô hình thủy lực như MIKE 11 giúp cải thiện đáng kể khả năng dự báo xâm nhập mặn tại vùng ĐBSCL [1-9].

Tuy vậy, công tác dự báo hiện nay vẫn chủ

yếu dựa vào phương pháp thống kê kết hợp kinh nghiệm của chuyên gia, thiếu sự ứng dụng sâu rộng của các công nghệ mô hình hóa hiện đại. Trong khi đó, các bộ mô hình MIKE 11 đã được phát triển và sử dụng hiệu quả trong mô phỏng mực nước và độ mặn ở nhiều tỉnh thuộc ĐBSCL, với độ chính xác được kiểm định qua các chỉ số thống kê như R^2 và NSE ở mức từ khá đến rất tốt [1-6].

Trong những năm gần đây, khu vực cửa Sông Hậu - nằm trong khu vực Đồng bằng Sông Cửu Long - chịu tác động ngày càng nghiêm trọng từ biến đổi khí hậu và nước biển dâng, khiến xâm nhập mặn diễn ra sớm hơn, sâu hơn và kéo dài hơn so với trung bình nhiều năm. Tình trạng mặn tại các tuyến sông chính như Hậu, Mỹ Thanh và kênh Quản lộ Phụng Hiệp đã vượt 4 ‰, ảnh hưởng đến hàng nghìn héc-ta lúa và làm gián

Liên hệ tác giả: Cần Thu Văn
Email: ctvan@hcmunre.edu.vn

đoạn nguồn cung cấp nước ngọt sinh hoạt và sản xuất nông nghiệp [10]. Mặc dù tỉnh đã triển khai nhiều giải pháp ứng phó như đầu tư cống ngăn mặn, cải tạo hệ thống thủy lợi và chuyển đổi cơ cấu cây trồng phù hợp với điều kiện nhiễm mặn, thậm chí vận hành tạm thời cống ngăn mặn trị giá hàng trăm tỷ đồng, nhưng các đánh giá định lượng về dòng chảy và xâm nhập mặn trong tương lai vẫn đang rất hạn chế do thiếu dữ liệu quan trắc dài hạn và thiếu các mô hình thủy lực tinh vi để mô phỏng môi trường mạng lưới sông phức tạp [10-11].

Việc ứng dụng mô hình MIKE 11 trong phạm vi hạ lưu Sông Hậu nhằm mô phỏng quá trình lan truyền mặn trong hệ thống sông địa phương có ý nghĩa thiết thực, không chỉ giúp nâng cao tính khoa học và kịp thời của công tác dự báo, mà còn hỗ trợ đắc lực cho công tác quản lý tài nguyên nước và hoạch định sản xuất trong điều kiện xâm nhập mặn ngày càng nghiêm trọng [13-16].

Từ thực tiễn đấy, nghiên cứu hướng đến việc xây dựng và hiệu chỉnh mô hình thủy động lực 1 chiều MIKE 11 nhằm mô phỏng hiện trạng và đánh giá mức độ xâm nhập mặn trong các kịch bản BĐKH - NBD đến năm 2030 và 2050 tại khu vực nghiên cứu. Kết quả sẽ góp phần làm rõ tác động không gian - thời gian của xâm nhập mặn

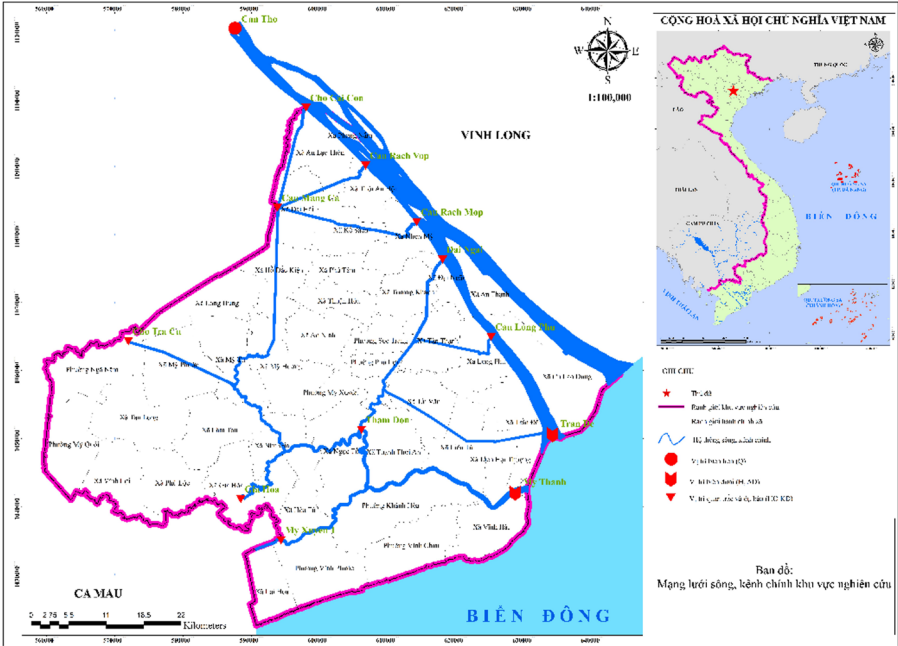
và cung cấp cơ sở khoa học cho công tác dự báo và ứng phó biến đổi khí hậu tại địa phương.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu thuộc phía Đông Thành phố Cần Thơ (trước đây là Tỉnh Sóc Trăng), nằm ở hạ lưu Sông Hậu và tiếp giáp Biển Đông, giữ vai trò chiến lược trong phát triển kinh tế - xã hội, quốc phòng và an ninh của khu vực Nam Bộ. Khu vực có đường bờ biển dài khoảng 72 km, với nhiều vùng ven biển chịu ảnh hưởng mạnh từ xâm nhập mặn và nước biển dâng, đặc biệt trong mùa khô.

Khí hậu phía Đông TP. Cần Thơ mang tính chất cận xích đạo gió mùa, với nền nhiệt cao và ổn định quanh năm. Nhiệt độ trung bình năm dao động từ 26,5°C đến 27,5°C, ít biến động theo mùa. Lượng mưa trung bình năm khoảng 1.900-2.200 mm, tập trung chủ yếu vào mùa mưa từ tháng V đến tháng XI. Do địa hình thấp và bằng phẳng, mạng lưới sông rạch dày đặc, khu vực nghiên cứu có điều kiện thuận lợi để phát triển nông nghiệp và thủy sản, nhưng đồng thời cũng dễ bị tổn thương bởi các hiện tượng cực đoan như hạn hán, xâm nhập mặn và lũ lụt vào mùa mưa [8]. Khu vực nghiên cứu được thể hiện tại Hình 1.



Hình 1. Bản đồ hệ thống sông kênh chính hạ lưu Sông Hậu

2.2. Dữ liệu khí tượng thủy văn

Các dữ liệu phục vụ quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình Mike 11 được thu thập và khảo sát thực tế năm 2019 và 2020 gồm:

- Số liệu biên lưu lượng tại trạm Cần Thơ, Trà Cú và Mỹ Thanh.
- Số liệu biên mực nước tại trạm Trần Đề, Gia Hòa, Vàm Lều.
- Số liệu biên mặn tại Trần Đề.

2.3. Các chỉ số đánh giá

Nghiên cứu sử dụng 03 chỉ số đánh giá: Hệ số xác định R^2 (Coefficient of determination), Sai số bình phương trung bình RMSE (Root mean square error), Hệ số Nash (Nash-Sutcliffe efficiency) (NSE) để đánh giá mức độ phù hợp giữa số liệu thực đo và tính toán của mô hình [7-12]. Các chỉ số đánh giá được xác định ở các công thức (1), (2) và (3):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Sim_i - Obs_i)^2} \quad (1)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Obs_i - \overline{Obs})(Sim_i - \overline{Sim})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Obs_i - \overline{Obs})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Sim_i - \overline{Sim})^2}} \quad (2)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Sim_i - Obs_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Obs_i - \overline{Obs})^2} \quad (3)$$

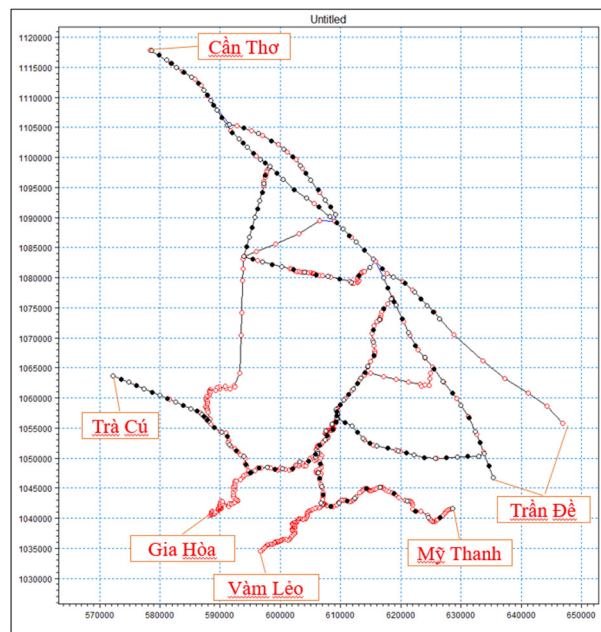
Trong đó: Obs là giá trị thực đo; Sim là giá trị tính toán; n là số hạng giá trị; $\overline{Obs}$, $\overline{Sim}$ là giá trị trung bình của chuỗi số liệu thực đo và tính toán.

Tiêu chí đánh giá chất lượng cho chỉ số NSE có thể chia ra như sau: $NSE \leq 0,5$ là xếp loại không đạt; $0,5 \leq NSE \leq 0,65$ là xếp loại đạt yêu cầu; $0,65 \leq NSE \leq 0,75$ là xếp loại tốt; $0,75 \leq NSE \leq 1$ là xếp loại rất tốt [7], [17], [18].

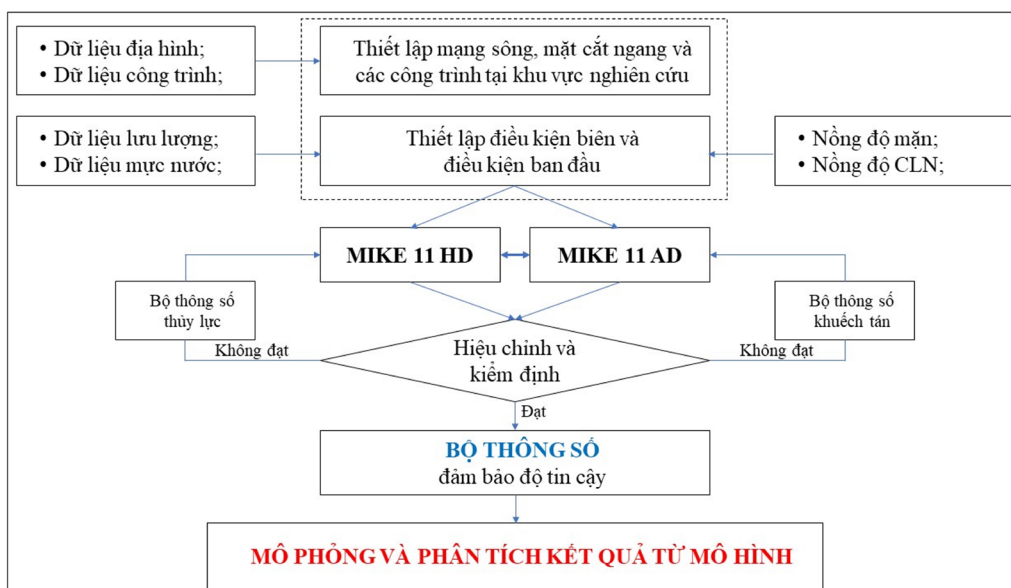
2.4. Thiết lập mô hình

Miền tính được xây dựng bao gồm: Sông Cái Côn (15,4 km); Rạch Vọp (14,8 km); Rạch Mọp (22,3 km); Mỹ Tú (từ Ngã 7 đến Cầu Mỹ Phước - 33,2 km); Cầu Mỹ Phước - Giáp Cần Thơ (17,0 km); Sông Mỹ Thanh (đến Mỹ Xuyên 1 - 46,2 km); Đại Ngãi - sông Mỹ Thanh (41,2 km); Gia Hòa - Mỹ Xuyên (32,7 km); Cầu Mỹ Phước - Mỹ Xuyên (16,7 km); Cầu Long Phú (14,2 km); Kênh Tiếp Nhứt (22,0 km). Tổng chiều dài sông, kênh chính là 276 km và chiều dài trên Sông Hậu (cả 2 nhánh) là 90 km.

Mạng sông được số hóa thể hiện ở Hình 2 và quy trình thiết lập mô hình mô phỏng xâm nhập mặn được trình bày trong Hình 3.



Hình 2. Sơ đồ hóa mạng sông trong mô hình Mike 11



Hình 3. Quy trình thiết lập mô hình mô phỏng xâm nhập mặn

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực

Nghiên cứu sử dụng số liệu tại trạm Đại Ngãi để hiệu chỉnh và kiểm định.

Bước thời gian tính toán $\Delta t = 1$ phút.

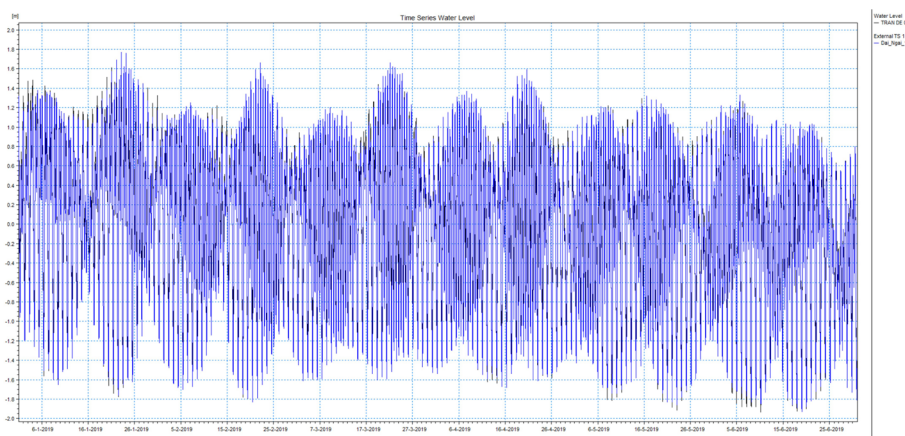
Hệ số Manning's n thay đổi tùy theo đoạn

sông từ 0,020-0,030.

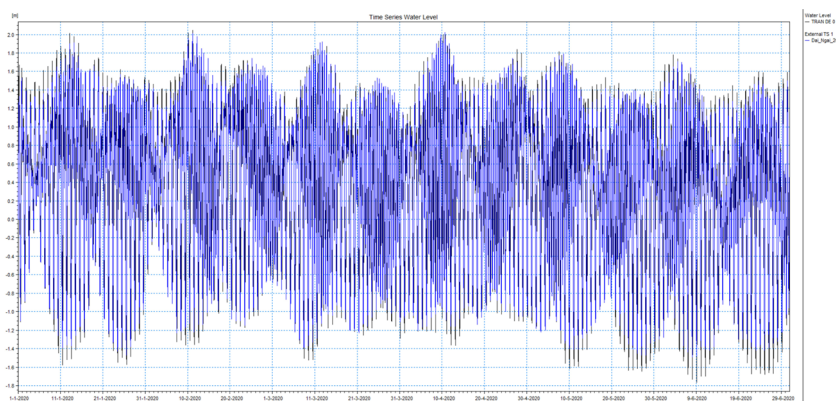
Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mực nước thực đo và tính toán tại trạm Đại Ngãi thể hiện tại Bảng 1, Hình 4 và Hình 5 đạt hệ số tương quan lần lượt là 0,96 và 0,88 - tốt, cho thấy bộ thông số mô hình phù hợp và đảm bảo độ tin cậy để mô phỏng quá trình xâm nhập mặn.

Bảng 1. Bảng tổng hợp đánh giá sai số mô hình thủy động lực

Yếu tố	Max		Min		TB		ME	MAE	RMSE	Nash	R ²
Năm	Obs	Sim	Obs	Sim	Obs	Sim					
2019	2,15	1,81	-1,81	-1,90	0,21	0,05	-0,17	0,24	0,30	0,88	0,96
2020	2,14	2,38	-1,81	-1,73	0,24	0,44	0,20	0,39	0,45	0,71	0,88



Hình 4. Đường quá trình hiệu chỉnh mực nước trạm Đại Ngãi năm 2019



Hình 5. Đường quá trình hiệu chỉnh mực nước trạm Đại Ngãi năm 2020

3.2. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình lan truyền chất

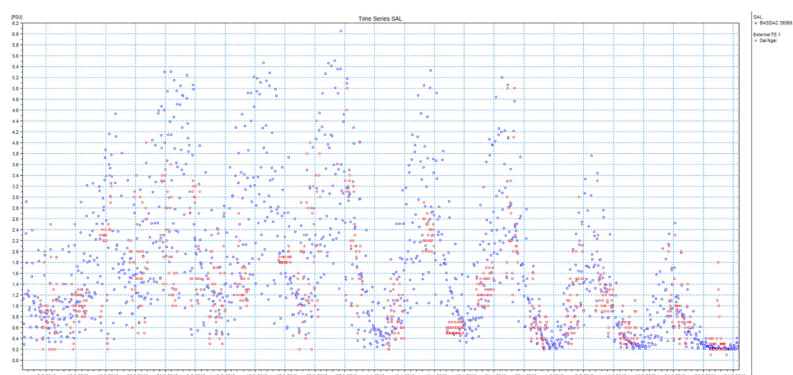
Nghiên cứu sử dụng số liệu tại trạm Đại Ngãi và trạm Sóc Trăng để hiệu chỉnh và kiểm định.

Kết quả mô phỏng lan truyền chất tại trạm Đại Ngãi và Sóc Trăng thể hiện tại Bảng 2, Hình 6, 7, 8, 9.

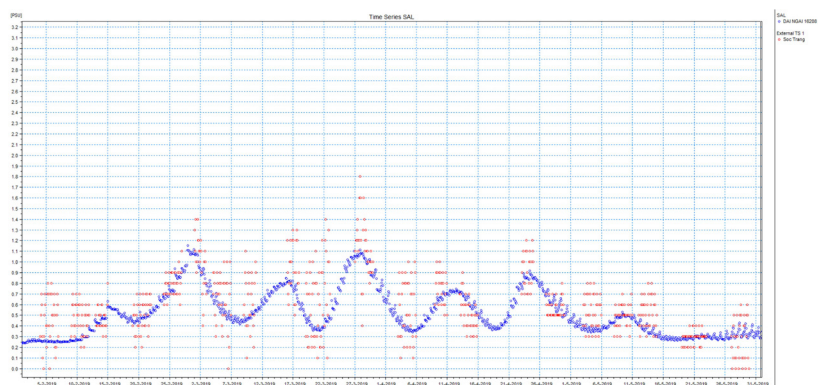
Trong năm 2019, tại trạm Đại Ngãi, mô hình đạt giá trị RMSE là 0,693 và MAE là 0,424, phản ánh mức độ sai số tương đối cao. Giá trị BIAS là 0,222 cho thấy mô hình có xu hướng dự báo cao hơn thực tế. Giá trị cực đại mô phỏng đạt 5,3, lớn hơn một chút so với giá trị cực đại quan trắc là 5,0, phù hợp với xu hướng BIAS dương. Ngược lại, tại trạm Sóc Trăng, mô hình cho kết quả RMSE và MAE thấp hơn rõ rệt, lần lượt là 0,236 và 0,171, thể hiện khả năng mô phỏng chính xác hơn. Tuy nhiên, BIAS âm (-0,079) chỉ ra rằng mô hình tại đây có xu hướng dự báo thấp hơn thực tế, điều này được củng cố khi giá trị cực đại mô phỏng chỉ đạt 1,1 trong khi quan trắc thực tế là 1,8.

Trong năm 2020, mô hình cho thấy sự cải thiện rõ rệt về độ chính xác tại trạm Đại Ngãi, với RMSE giảm còn 0,537 và MAE giảm xuống 0,251. Giá trị BIAS chỉ còn 0,015, gần như không còn sai lệch hệ thống, cho thấy mô hình mô phỏng sát với thực tế. Ngoài ra, giá trị cực đại mô phỏng và quan trắc lần lượt là 8,0 và 8,1, rất gần nhau, phản ánh độ phù hợp rất cao. Tại trạm Sóc Trăng, sai số tăng nhẹ so với năm trước, với RMSE là 0,586 và MAE là 0,326. BIAS dương nhẹ (0,074) cho thấy mô hình dự báo hơi cao hơn thực tế, mặc dù giá trị cực đại mô phỏng (4,9) vẫn nhỏ hơn giá trị quan trắc (5,4), phản ánh sự không đồng nhất trong các thời điểm cực trị.

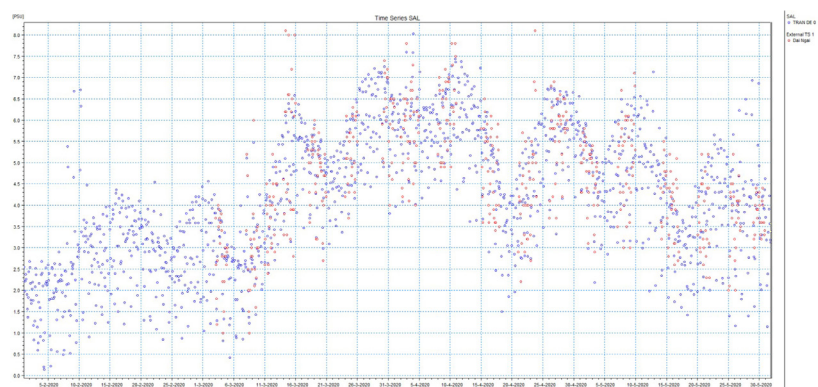
Qua quá trình kiểm định và hiệu chỉnh mực nước cho các năm 2019 và 2020, ta thấy được mô hình lan truyền chất hoạt động hiệu quả, đặc biệt trong năm 2020 khi các chỉ số sai số được cải thiện rõ rệt và không còn sai lệch thiên lệch đáng kể. Trong khi đó, tại trạm Sóc Trăng, mô hình đạt độ chính xác tương đối tốt, nhưng xuất hiện sai lệch có hệ thống trong một số thời điểm, đặc biệt là ở giá trị cực đại.



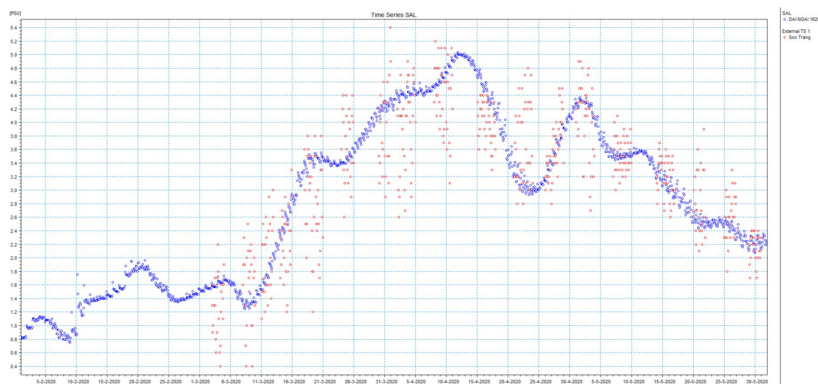
Hình 6. Kết quả Obs và Sim xâm nhập mặn mùa kiệt năm 2019 trạm Đại Ngãi



Hình 7. Kết quả Obs và Sim xâm nhập mặn mùa kiệt năm 2019 trạm Sóc Trăng



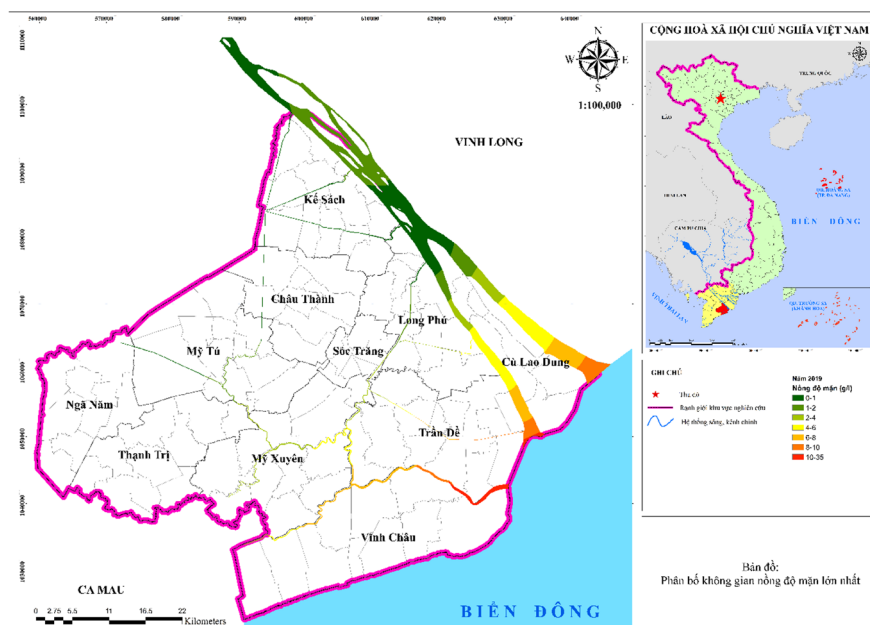
Hình 8. Kết quả Obs và Sim xâm nhập mặn mùa kiệt năm 2020 trạm Đại Ngãi



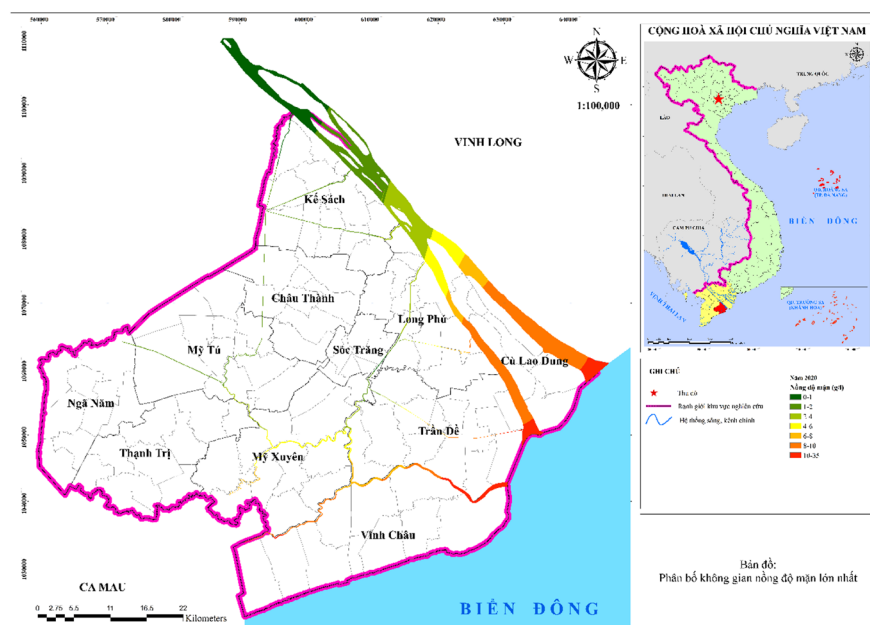
Hình 9. Kết quả Obs và Sim xâm nhập mặn mùa kiệt năm 2019 trạm Sóc Trăng

Bảng 2. Bảng tổng hợp đánh giá sai số mô hình lan truyền chất

Năm	Trạm	RMSE	MAE	BIAS	Max Sim	Max Obs
2019	Đại Ngãi	0,693	0,424	0,222	5,3	5,0
	Sóc Trăng	0,236	0,171	-0,079	1,1	1,8
2020	Đại Ngãi	0,537	0,251	0,015	8,0	8,1
	Sóc Trăng	0,586	0,326	0,074	4,9	5,4



Hình 10. Bản đồ phân bố không gian nồng độ mặn lớn nhất năm 2019



Hình 11. Bản đồ phân bố không gian nồng độ mặn lớn nhất năm 2020

Phân bố không gian nồng độ mặn lớn nhất năm 2019 và 2020 được trình bày trong Hình 10 và Hình 11.

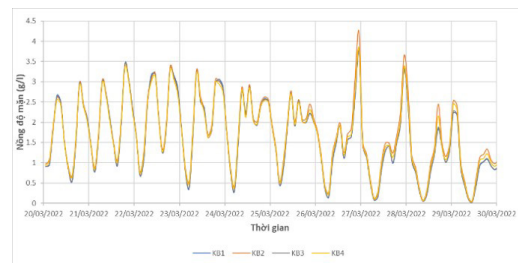
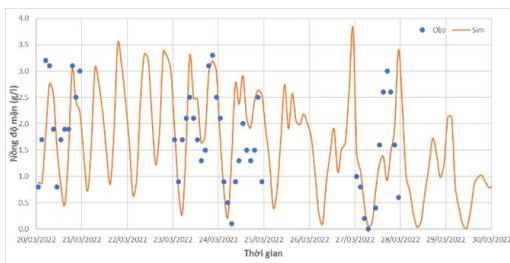
3.3. Mô phỏng XNM theo kịch bản BĐKH - NBD

Nghiên cứu lựa chọn và xây dựng các kịch

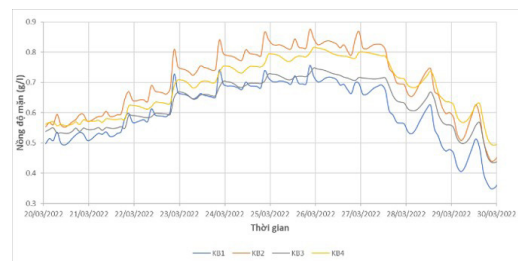
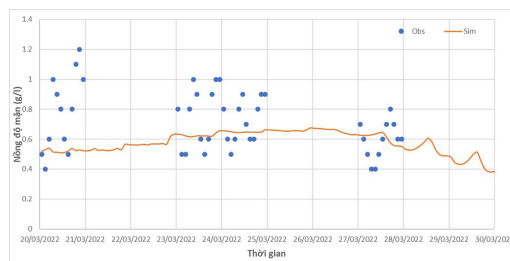
bản mô phỏng trong điều kiện biến đổi khí hậu và nước biển dâng [19], [20]. Các kịch bản mô phỏng được xây dựng như trong Bảng 3; Kết quả mô phỏng tại các trạm chính được thể hiện ở Hình 12, bản đồ phân bố nồng độ mặn lớn nhất theo các kịch bản được trình bày ở Hình 13.

Bảng 3. Xây dựng kịch bản mô phỏng XNM

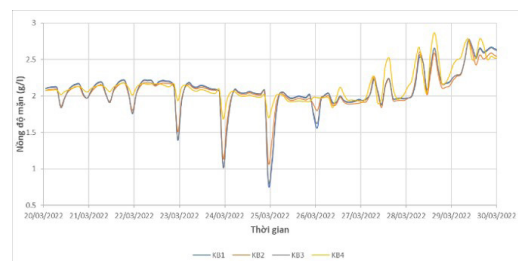
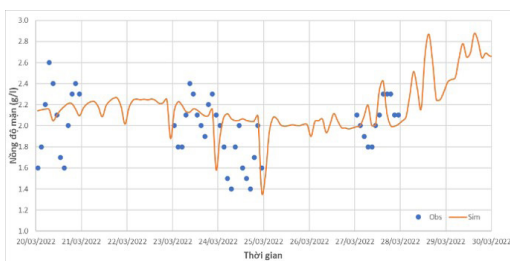
STT	Kịch bản	Nội dung
1	KB0	Mô phỏng hiện trạng năm 2022;
2	KB1	Kịch bản BĐKH RCP 4.5 2030: - Biên trên giảm 3% lưu lượng nước từ thượng nguồn; - Mực nước biển dâng thêm 12 cm;
3	KB2	Kịch bản BĐKH RCP 4.5 2050: - Biên trên giảm 5% lưu lượng nước từ thượng nguồn; - Mực nước biển dâng thêm 23 cm;
4	KB3	Kịch bản BĐKH RCP 8.5 2030: - Biên trên giảm 10% lưu lượng nước từ thượng nguồn; - Mực nước biển dâng thêm 14 cm;
5	KB4	Kịch bản BĐKH RCP 8.5 2050: - Biên trên giảm 10% lưu lượng nước từ thượng nguồn; - Mực nước biển dâng thêm 28 cm;



Trạm Đại Ngãi

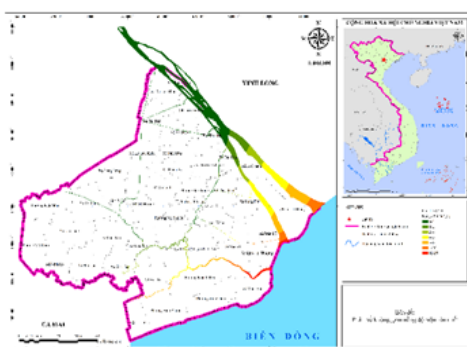


Trạm Sóc Trăng

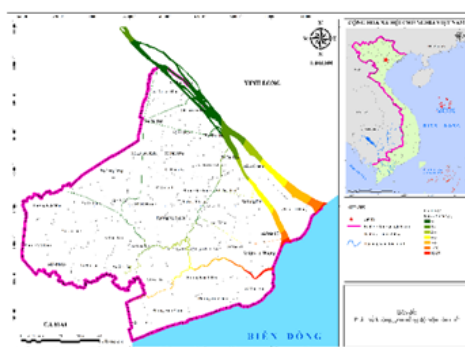


Trạm Thạnh Phú

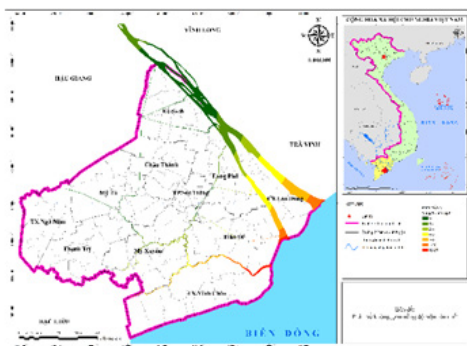
Hình 12. Kết quả mô phỏng thực đo (Obs) và tính toán (Sim) hiện trạng (bên trái) và kịch bản (bên phải) tại Trạm Đại Ngãi, Trạm Sóc Trăng và Trạm Thạnh Phú



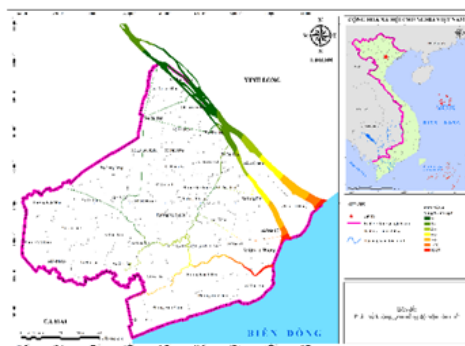
Kịch bản 1



Kịch bản 2



Kịch bản 3



Kịch bản 4

Hình 13. Bản đồ phân bố nồng độ mặn lớn nhất các kịch bản

Kết quả mô phỏng các kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng thể hiện nồng độ mặn xâm nhập sâu vào nội đồng theo chế độ dòng chảy trên sông. Nồng độ mặn ảnh hưởng đến khu vực nghiên cứu không chỉ thay đổi theo chế độ dòng chảy mà còn theo không gian, mà còn có sự khác biệt rõ rệt về mặt không gian giữa các tuyến sông, kênh. Nghiên cứu đã phân tích mức độ xâm nhập mặn tại khu vực nghiên cứu dựa trên các khoảng nồng độ: $<1\%$, từ $1-2\%$, từ $2-4\%$ và $>4\%$. Kết quả cho thấy, trong điều kiện hiện tại và tương lai gần, mặn có xu hướng xuất hiện sớm hơn, lấn sâu hơn và lan rộng hơn, đặc biệt trong các tháng đỉnh điểm mùa khô. Đáng chú ý, vùng có độ mặn $>40\%$ có thể chiếm tỷ lệ lớn diện tích khu vực hạ lưu, thậm chí lấn sâu vào các vùng trước đây chưa từng ghi nhận độ mặn cao như vậy. Trường hợp điển hình khu vực nghiên cứu, nơi mức độ mặn $>4\%$ có thể bao phủ toàn bộ hệ thống sông, kênh chính, gây nguy cơ thiệt hại nghiêm trọng đến sinh kế, sản xuất nông nghiệp và cấp nước sinh hoạt của người dân. Những kết quả này nhấn mạnh tính cấp thiết trong việc xây dựng kịch bản thích ứng,

hệ thống cảnh báo sớm và điều hành tài nguyên nước phù hợp với biến động mặn trong bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng rõ nét.

Qua các kết quả đánh giá mô phỏng mặn trên hệ thống sông kênh chính hạ lưu Sông Hậu, nhận thấy rằng tình hình xâm nhập mặn vào nội đồng diễn ra ngày càng phức tạp và diễn biến khó lường trước tình hình biến đổi khí hậu kết hợp với nước biển dâng. Điều này ảnh hưởng nghiêm trọng đến nguồn nước cấp cho nông nghiệp, sinh hoạt, dẫn đến tình trạng thiếu nguồn nước ngọt trong mùa khô, đặc biệt là các huyện giáp Biển Đông.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình MIKE 11 được thiết lập, mô phỏng mực nước cùng với lan truyền nồng độ mặn với độ chính xác cao, đặc biệt là tại các trạm quan trắc trên địa bàn tỉnh. Dù vậy, tại các trạm ven biển và khu vực cửa sông mô hình vẫn còn một số hạn chế nhất định do đặc thù về địa hình, thủy văn phức tạp và ảnh hưởng mạnh từ chế độ thủy triều và xâm nhập mặn.

Từ thực tiễn đó, nghiên cứu đề xuất việc xây dựng mô hình MIKE 11 dự báo chi tiết cho từng khu vực nghiên cứu với các tuyến sông chính trong phạm vi quản lý của chính quyền. Mô hình nên được thiết lập dựa trên nguồn dữ liệu do Đài KTTV TP. Cần Thơ, đặc biệt là số liệu mực nước, lưu lượng, độ mặn tại các trạm hiện hữu. Bên cạnh đó, nghiên cứu đã áp dụng công cụ viễn thám thành lập bản đồ ranh mặn 10/00, 20/00 và 40/00 theo các kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng kết hợp với sự suy giảm nguồn nước từ thượng nguồn về. Trong đó, việc xây dựng công cụ dự báo biên mực nước hạ lưu và biên lưu lượng thượng lưu là yếu tố then chốt nhằm đảm bảo mô hình vận hành ổn định và hiệu quả trong môi trường nghiệp vụ.

Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình MIKE 11 có độ chính xác cao trong mô phỏng mực nước và độ mặn tại hạ lưu Sông Hậu, đặc biệt tại các trạm nội đồng. Mô hình đã được mở rộng để mô phỏng các kịch bản biến đổi khí hậu RCP 4.5 và RCP 8.5 cho các mốc 2030 và 2050. Kết quả cho thấy xu thế mặn xuất hiện sớm, lan rộng và lấn sâu vào nội đồng, đặc biệt nghiêm trọng ở kịch bản RCP 8.5 năm 2050. Đây là cơ sở để xây dựng các công cụ cảnh báo mặn sớm, phục vụ quản lý tài nguyên nước hiệu quả hơn trong bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng rõ nét. Nghiên cứu đề xuất cần tích hợp mô hình với hệ thống quan trắc và dữ liệu dự báo khí tượng thủy văn để ứng dụng trong vận hành điều tiết thực tiễn tại TP. Cần Thơ và các tỉnh ĐBSCL.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: Cấn Thu Vãn, Nguyễn Trọng Khanh; Xử lý số liệu: Đỗ Huy Lập, Nguyễn Hữu Tuấn, Dương Ngọc Thúy, Hồ Nguyễn Khoa Đăng; Chạy mô hình: Cấn Thu Vãn, Nguyễn Hữu Tuấn; Viết bản thảo bài báo: Cấn Thu Vãn, Nguyễn Trọng Khanh; Chỉnh sửa bài báo: Cấn Thu Vãn.

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành có sự hỗ trợ của đề tài cấp Tỉnh Sóc Trăng (nay là Thành phố Cần Thơ): “Xây dựng công cụ dự báo, cảnh báo xâm nhập mặn và mô phỏng lan truyền chất ô nhiễm trên hệ thống sông, kênh chính ở Tỉnh Sóc Trăng”.

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. Đặng Hoàng Lam, Nguyễn Huy Phương, Nguyễn Đình Đạt, Nguyễn Tiền Giang (2022), "Xây dựng mô hình MIKE 11 phục vụ công tác dự báo thủy văn và xâm nhập mặn tỉnh Bến Tre", *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 740(1), 38-49. DOI:10.36335/VNJHM.2022(740(1)).38-49.
2. Trần Quốc Đạt, Nguyễn Hiếu Trung, Kanchit Likitdecharote (2012), "Mô phỏng xâm nhập mặn ĐBSCL dưới tác động mực nước biển dâng và suy giảm dòng chảy từ thượng nguồn", *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 21b, 141-150.
3. Hai T.X. et al. (2019), "Assessing and Forecasting Saline Intrusion in the Vietnamese Mekong Delta Under the Impact of Upstream flow and Sea Level Rise", *J. Environ. Sci. Eng.*, B8, 174-185.
4. Đặng Văn Dũng và cộng sự (2018), "Khai thác mô hình MIKE 11 trong dự báo, cảnh báo xâm nhập mặn vùng Đồng bằng Sông Cửu Long", *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 693, 48-58.
6. Dương Văn Hưng và cộng sự (2024), "Ứng dụng mô hình MIKE 11 mô phỏng quá trình xâm nhập mặn vùng ven biển tỉnh Nam Định", *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 759(3), 75-86.
7. Ha N.T.T. et al. (2014), "Simulating impacts of sea level rise on salinity intrusion in the Mekong Delta, Viet Nam in the period 2015-2100 using MIKE 11", *Proceedings of the IEEE International Conference on Environmental Science and Technology*, 1-6.
8. Đoàn Quang Trí (2016), "Ứng dụng mô hình Mike 11 mô phỏng và tính toán xâm nhập mặn cho khu vực Nam bộ", *Tạp chí khí tượng thủy văn*, 671, 39-46.
9. Cục Thống kê Tỉnh Sóc Trăng (2020-2024), *Niên giám thống kê Tỉnh Sóc Trăng*. Sóc Trăng.
10. Nguyễn Hữu Tuấn và cộng sự (2023), "Mô phỏng và đánh giá mức độ xâm nhập mặn trên hệ thống

sông tỉnh Tiền Giang trong bối cảnh biến đổi khí hậu - nước biển dâng", Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 755(1), 1-10.

11. Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn Tỉnh Sóc Trăng (2022), *Báo cáo Dự án "Xây dựng hệ thống cống ngăn mặn và quản lý nước ngọt tại Sóc Trăng"*.
12. Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn Tỉnh Sóc Trăng (2023), *Báo cáo Tổng kết công tác chỉ đạo, điều hành phòng, chống hạn hán, xâm nhập mặn mùa khô các năm trên địa bàn Sóc Trăng*
13. Trần Đức Thiện (2023), *Báo cáo Nghiên cứu xây dựng công nghệ cảnh báo sớm nguồn nước mùa cạn và nguy cơ hạn hán cho Đồng bằng Sông Cửu Long*, Đề tài khoa học và công nghệ cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường.
14. Trung tâm Thẩm định-Tư vấn Tài nguyên nước, Cục Quản lý Tài nguyên nước (2013), *Nghiên cứu cơ sở khoa học xác định nguyên nhân, đề xuất giải pháp ứng phó với xâm nhập mặn trong điều kiện biến đổi khí hậu ở vùng Đồng bằng Sông Cửu Long*. Đề tài cấp Nhà nước, 2012-2013.
15. Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam (2004), *Nghiên cứu xâm nhập mặn phục vụ phát triển kinh tế - xã hội vùng ven biển Đồng bằng Sông Cửu Long*. Đề tài độc lập cấp Nhà nước KC08-18, 2001-2004.
17. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường (2010), Dự án "Đánh giá tác động của BĐKH lên tài nguyên nước và các biện pháp thích ứng", Hà Nội.
18. Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam (2022), *Đánh giá tác động của xâm nhập mặn đến nông nghiệp và đề xuất các giải pháp ứng phó ở Đồng bằng Sông Cửu Long*, Hà Nội.
19. DHI (2007), *MIKE 11 Reference Manual*. Hørsholm, Denmark.
20. Nguyễn Thị Tuyết (2018), *Nghiên cứu đánh giá sự biến đổi dòng chảy mặt và xâm nhập mặn vùng ĐTM dưới tác động của hệ thống đê bao và đề xuất các biện pháp quản lý*, Đề tài cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường mã số TNMT.2016.05.10.
21. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2020), *Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng năm 2020*. Nhà xuất bản Tài nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam, Hà Nội.
22. Phạm Tất Thắng, Nguyễn Thu Hiền (2012), *"Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu - nước biển dâng đến tình hình xâm nhập mặn dải ven biển đồng bằng Bắc bộ"*, *Tạp chí Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường*, 37(6), 34-40.

DEVELOPMENT OF A SIMULATION AND PREDICTION TOOL FOR SALTWATER INTRUSION TO SUPPORT SURFACE WATER MANAGEMENT IN THE HAU RIVER ESTUARY

Can Thu Van⁽¹⁾, Nguyen Huu Tuan⁽¹⁾, Duong Ngoc Thuy⁽²⁾,

Ho Nguyen Khoa Dang⁽²⁾, Nguyen Trong Khanh⁽¹⁾, Do Huy Lap⁽³⁾

⁽¹⁾Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment

⁽²⁾Can Tho city Provincial Center for Natural Resources and Environment Monitoring

⁽³⁾Hydro-Meteorology Center of Can Tho City

Received: 2/7/2025; Accepted: 18/8/2025

Abstract: Amidst the ongoing impacts of climate change, sea level rise, and increasing upstream water resource exploitation, saltwater intrusion in the Mekong Delta has become increasingly complex and unpredictable, posing serious threats to agricultural production, domestic water supply, and local livelihoods. This study presents the application of the one-dimensional hydrodynamic model AD for simulating and forecasting saltwater intrusion in the Hau River estuary - one of the areas most severely affected during the dry season. The model was established and calibrated based on observed data on water levels and

salinity at key monitoring stations across the region. The calibration results indicate high accuracy, with performance metrics such as R^2 and NSE exceeding 0.7. In addition to simulating the current situation, the study incorporates future projections under climate change scenarios, for the years 2030 and 2050. Simulation results demonstrate that under future climate conditions, saltwater intrusion is likely to occur earlier, with greater intensity and wider spatial extent, particularly under the high emission scenario. These findings highlight the suitability and reliability of the model as a tool for simulating, evaluating, and forecasting saltwater intrusion, providing scientific support for water resource management and climate change adaptation planning in the Hau River estuary.

Keywords: Simulation Model for Saltwater Intrusion, Saltwater intrusion, Hau River Estuary.