

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MIKE 11 TRONG VẬN HÀNH HỆ THỐNG THỦY LỢI: TRƯỜNG HỢP NGHIÊN CỨU Ở TIỂU VÙNG X - NAM CÀ MAU

Trần Thị Thúy An¹, Nguyễn Nhật Tiến¹, Huỳnh Văn Lăng¹,

Đinh Văn Duy¹, Trần Văn Tỷ¹,

Phạm Đăng Khoa², Huỳnh Vương Thu Minh^{3,*}

TÓM TẮT

Quy trình vận hành và quản lý hệ thống công trình thủy lợi là rất cần thiết để khai thác hết các giá trị mà công trình đó mang lại. Trong bài báo này, mô hình toán thủy động lực học một chiều MIKE 11 đã được ứng dụng để số hóa hệ thống thủy lợi thuộc tiểu vùng X – Nam Cà Mau. Để tính toán dòng chảy trong kênh, mô hình MIKE 11 sử dụng hệ phương trình vi phân Saint Venant và được giải theo phương pháp sai phân hữu hạn 6 điểm ẩn (Abbott-Ionescu 6-point). Do quá trình thu thập số liệu thực đo tại các cống của vùng nghiên cứu còn nhiều hạn chế nên mô hình đã hiệu chỉnh và kiểm định bằng bộ số liệu mực nước thực đo trong hai năm 2021 – 2022 và được hiệu chỉnh, kiểm định mô hình với hệ số Manning's $n = 0,033$ ở đa số các kênh, sông và một số hệ thống kênh trong khoảng $n = 0,024 - 0,048$ tùy vào điều kiện địa mạo dòng sông, cho thấy mực nước mô phỏng tương đồng với thực tế (hệ số $NSE > 0,9$ khi hiệu chỉnh và $NSE > 0,82$ khi kiểm định). Từ kết quả mô phỏng diễn biến mực nước thực tế, nghiên cứu tính toán kiểm tra lại quy trình vận hành cho hệ thống cụ thể cho 2 năm 2021 và 2022.

Từ khóa: Quy trình vận hành, tiểu vùng X – Nam Cà Mau, MIKE 11.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công tác quản lý, vận hành công trình thủy lợi sau đầu tư có ý nghĩa quyết định đến hiệu quả các dự án đầu tư thủy lợi, đặc biệt đối với vùng đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) với nhu cầu khác nhau về sử dụng nước cho nông nghiệp, thủy sản và cho các mục đích phát triển kinh tế - xã hội khác như môi trường, phòng chống thiên tai, ứng ngập, du lịch. Khi vùng ĐBSCL ngày càng chịu tác động mạnh mẽ hơn từ phát triển thượng nguồn, phát triển nội vùng cũng như tác động của biến đổi khí hậu, nước biển dâng thì việc khai thác nguồn nước tự nhiên không còn phù hợp, không đáp ứng được nhu cầu phát triển kinh tế xã hội của vùng.

Hệ thống thủy lợi (HTTL) vùng ĐBSCL có tính liên thông cao, hầu như không có cống lấy nước, cống điều tiết, trong khi đó tổ chức quản lý,

khai thác công trình thủy lợi thiếu thống nhất, chưa tách biệt giữa quản lý nhà nước và quản lý khai thác công trình thủy lợi [1].

Hầu hết các công trình cống, đê, kênh... trong hệ thống thủy lợi tiểu vùng X – Nam Cà Mau hiện trạng được vận hành chủ yếu dựa vào kinh nghiệm, chưa có một quy trình vận hành được cấp thẩm quyền phê duyệt. Dẫn đến việc vận hành còn nhiều khó khăn và chưa đạt hiệu quả cao khi khu vực nghiên cứu thường xuyên bị ảnh hưởng bởi triều cường gây ngập úng ở diện rộng, ngoài việc ngập triều ở các tuyến giao thông, dân cư ảnh hưởng đến sinh hoạt và đi lại của người dân còn gây ngập và tràn các đê bao/bờ bao của các ô nuôi trồng thủy sản làm thiệt hại đáng kể đến sản xuất của các hộ dân.

Do đó, mục tiêu nghiên cứu là mô phỏng hệ thống thủy lợi trong hai năm gần nhất và kết hợp với tình hình thực tế, từ đó đưa ra đánh giá và đề xuất quy trình vận hành phù hợp làm cơ sở cho những nghiên cứu tiếp theo, đề xuất quy trình vận hành trong tương lai cho từng khu vực nghiên cứu, từ đó đưa các hệ thống công trình thủy lợi làm việc

¹ Trường Bách khoa, Trường Đại học Cần Thơ

² Trường Đại học Nam Cần Thơ

³ Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

*Email: hvtminh@ctu.edu.vn

đúng năng lực thiết kế, hài hòa lợi ích giữa các nhu cầu dùng nước. Để đạt được mục tiêu trên, nghiên cứu đã ứng dụng mô hình MIKE 11. Bộ mô hình MIKE là một bộ phần mềm kỹ thuật chuyên dụng do DHI (Viện Thủy lực Đan Mạch) xây dựng và phát triển. Là công cụ lập mô hình động lực, một chiều hỗ trợ người dùng phân tích chi tiết, thiết kế, quản lý và vận hành cho sông và hệ thống kênh dẫn đơn giản và phức tạp. Mô hình đã được nhiều nghiên cứu ứng dụng từ rất lâu, điển hình như nghiên cứu của Trần Hồng Thái và cs (2008) [2] về tính toán đánh giá chất lượng nước; Nguyễn Xuân Phùng (2007) [3] về tính toán thủy văn, thủy lực mùa lũ; Long và cs (2008) [4], Mai Đức Phú và Dương Văn Viện (2016) [5]. Tuy nhiên, các nghiên cứu về ứng dụng mô hình MIKE 11 trong quản lý vận hành hệ thống thủy lợi khép kín còn khá ít, đặc biệt các nghiên cứu tại tỉnh Cà Mau. Do đó nghiên cứu ứng dụng mô hình MIKE 11 trong vận hành hệ thống thủy lợi tiểu vùng X – Nam Cà Mau là vấn đề cấp thiết nhằm mục đích đề xuất quy trình vận hành giúp hệ thống thủy lợi của vùng phát huy đúng chức năng nhiệm vụ của công trình.

2. KHU VỰC NGHIÊN CỨU

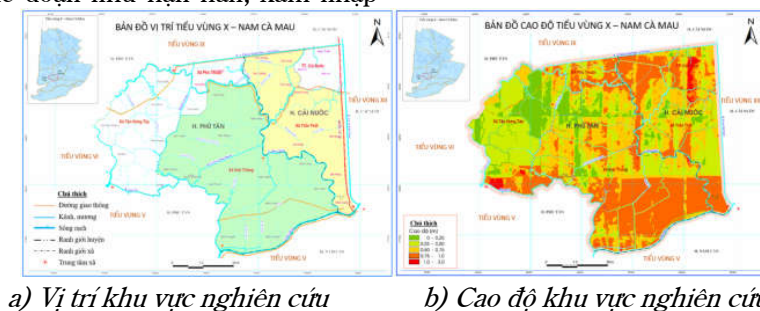
Tỉnh Cà Mau nói chung hay khu vực nghiên cứu nói riêng đều chịu tác động của nhiều hiện tượng thời tiết cực đoan như hạn hán, xâm nhập

mặn và nước biển dâng. Để ứng phó và thích ứng với biến đổi khí hậu, Cà Mau đã chủ động xây dựng nhiều giải pháp ứng phó, trong đó ưu tiên xây dựng các công trình, giải pháp thi công trình phục vụ sản xuất, sinh hoạt của người dân. Hiện nay, vùng Nam Cà Mau có 18 tiểu vùng, nhưng mới chỉ khép kín được 4 tiểu vùng gồm tiểu vùng II, III, IV và X. Còn lại tiểu vùng XVII, XVIII chỉ mới đầu tư tương đối, chưa được khép kín. Trong đó khu vực nghiên cứu thuộc tiểu vùng X – Nam Cà Mau hầu hết các công trình cống, đê, kênh... trong hệ thống hiện đang được vận hành chủ yếu dựa vào kinh nghiệm, chưa có một quy trình vận hành được cấp thẩm quyền phê duyệt [6].

HTTL tiểu vùng X – Nam Cà Mau thuộc xã Tân Hưng Tây, xã Việt Thắng, xã Phú Thuận của huyện Phú Tân và xã Trần Thới, thị trấn Cái Nước của huyện Cái Nước (Hình 1a).

2.1. Đặc điểm địa hình

Địa hình của khu vực tiểu vùng mang đặc điểm chung của tỉnh Cà Mau. Nằm trong vùng bồi tích ven biển được hình thành trong quá trình biển lùi và bồi tích phù sa sông nên địa hình tương đối bằng phẳng và thấp. Cao độ biến thiên từ +0,20 m đến +0,75 m (cá biệt đất vườn liếp cao trên +1,00 m), trung bình +0,50 m. Chênh lệch độ cao không đáng kể, trong khoảng 0,20 - 0,30 m (Hình 1b).



Hình 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu tiểu vùng X – Nam Cà Mau

Nguồn: Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam (2023) [7]

2.2. Mạng lưới sông kênh

Theo Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam (2023) [7], hiện tiểu vùng X với 4 tuyến sông, kênh chính như sau: Phía Bắc kênh Vàm Định – Cái Nước; phía Đông có kênh Lộ Xe – Cái Nước; phía Nam có sông Bảy Háp; phía Tây có rạch Mang Rổ.

Bên cạnh các sông, kênh trục nói trên, hệ thống kênh cấp II, cấp III bên trong tiểu vùng có mật độ tương đối dày. Tổng chiều dài kênh cấp II khoảng 63,54 km và kênh cấp III khoảng 87,60 km. Tuy nhiên, đa phần kênh rạch đều bị bồi lắng và không thường xuyên được nạo vét, vì thế khả năng vận chuyển nước của hệ thống sông kém.

2.2.1. Chế độ thủy văn

Chế độ thủy triều, thủy văn cũng là yếu tố chi phối nhiều đến hoạt động sản xuất và sinh hoạt của người dân, như thu hoạch, lấy nước, thoát nước đầm nuôi tôm. Chế độ thủy văn của vùng dự án chịu tác động quanh năm của cả hai chế độ thủy triều biển Đông và biển Tây. Tác động của triều biển Tây truyền lên theo cửa sông Bảy Háp, cửa sông Cái Đồi Lớn, cửa kênh Công Nghiệp, cửa Mỹ Bình. Đồng thời địa bàn huyện còn chịu ảnh

hưởng của chế độ bán nhật triều biển Đông từ sông Cửa Lớn truyền lên theo hướng kênh Tắc Năm Căn và rạch Cái Keo.

2.2.2. Hiện trạng sản xuất của vùng nghiên cứu

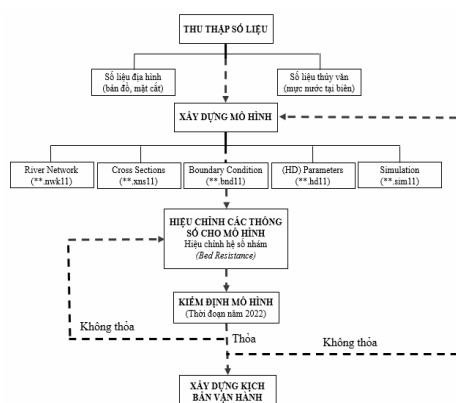
Dựa trên các tài liệu đã thu thập và khảo sát thực tế, có thể thấy sản xuất ở tiểu vùng X được chia thành hai loại đất chính, là đất trồng cây hàng năm và đất nuôi trồng thủy sản. Diện tích đất sản xuất của các loại hình được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Diện tích đất sản xuất nông nghiệp, thủy sản vùng nghiên cứu

TT	Hạng mục	Diện tích (ha)	% Diện tích (so với diện tích tự nhiên)
	Diện tích đất tự nhiên	8.760,28	100,00
	Đất nông nghiệp	7.986,59	91,17
1	Đất trồng cây lâu năm	710,51	8,11
2	Đất nuôi trồng thủy sản	7.276,08	83,06

Nhiệm vụ chủ yếu của hệ thống công trình thủy lợi tiểu vùng X – Nam Cà Mau là bảo vệ dân sinh, ngăn triều cường, tiêu thoát và cải thiện chất lượng nước nhằm linh hoạt trong phục vụ sản xuất bằng cách vận hành cửa cống. Kết hợp với tuyến đê bao tiểu vùng tạo thành cụm công trình phòng, chống thiên tai, nước biển dâng do bão, giảm ngập lụt, úng do lún, sụt đất; giảm thiệt hại do ngập lụt và triều cường trong vùng. Kết hợp phát triển cơ sở hạ tầng giao thông bộ, tạo điều kiện thúc đẩy phát triển kinh tế – xã hội trong khu vực.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU



Hình 2. Sơ đồ tiến trình nghiên cứu và xây dựng hệ thống thủy lợi tiểu vùng X – Nam Cà Mau

Nguồn: Cục Thống kê tỉnh Cà Mau (2021) [8], [9]

Nghiên cứu mô hình MIKE 11 trong vận hành hệ thống công trình ở tiểu vùng X - Nam Cà Mau được thể hiện qua sơ đồ ở hình 2.

3.1. Cơ sở lý thuyết mô hình toán (mô hình MIKE 11)

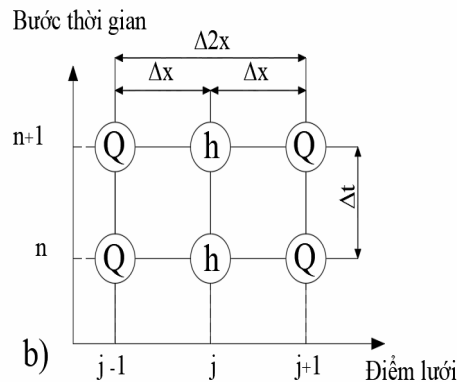
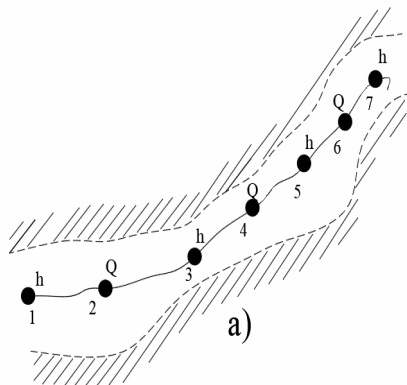
Mô đun mô hình thủy động lực (HD) là một phần trọng tâm của hệ thống lập mô hình MIKE 11 và hình thành cơ sở dữ liệu cho hầu hết các mô đun bao gồm: Dự báo lũ, tải khuếch tán, chất lượng nước và các mô đun vận chuyển bùn lắng không có cố kết. Mô đun MIKE 11 HD giải các phương trình tổng hợp theo phương đứng để đảm bảo tính liên tục và động lượng (momentum), nghĩa là phương trình Saint – Venant, hay còn được xem là hệ phương trình nước nông một chiều đã và đang được sử dụng rộng rãi trong việc mô phỏng dòng chảy không ổn định một chiều trong kênh hở. Hệ phương trình bao gồm phương trình liên tục và phương trình động lượng và sử dụng sơ đồ sai phân 6 điểm xen kẽ Q, H của Abbott–Ionescu (Hình 3) với các giả thiết: Dòng chảy là dòng một chiều, độ sâu và vận tốc chỉ thay đổi theo chiều dọc của lòng dẫn; dòng chảy thay đổi từ từ dọc theo lòng dẫn để áp suất thủy tĩnh chiếm ưu thế, gia tốc theo chiều thẳng đứng được bỏ qua; trục của lòng dẫn được coi như một đường thẳng;

độ dốc đáy lòng dẫn nhỏ và đáy cố định, bỏ qua hiện tượng xói và bồi; có thể áp dụng hệ số sức cản của dòng chảy rối đều, ổn định cho dòng không ổn định để mô tả các tác động của lực cản; chất lỏng không nén được và có khối lượng không đổi trong toàn dòng chảy.

Trong đó, tài liệu địa hình được cho tại các mặt cắt; vận tốc được tính tại các điểm Q; hệ phương trình sai phân được giải trực tiếp và bằng phương pháp lặp, vì vậy tốc độ tính chậm và cần có kinh nghiệm xử lý khi tạo điều kiện ban đầu.

Hệ phương trình vi phân đạo hàm riêng Saint – Venant gồm có:

$$\text{Phương trình liên tục: } \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (1)$$



Hình 3. Phương pháp 6 điểm của Abbott-Ionescu

Trong chương trình MIKE 11 hệ phương trình trên được biến đổi thành hệ phương trình sai phân hữu hạn ẩn và được giải cho các lưới điểm (tại mỗi nút). Phương trình Saint Venant ở trên được đơn giản hoá cho trường hợp mặt cắt ngang sông là hình chữ nhật. Mặt cắt sông tự nhiên thường không phải là hình chữ nhật, vì vậy mô hình MIKE11 chia mặt cắt thành nhiều hình chữ nhật nhỏ theo hướng ngang và giải hệ phương trình trên cho những hình chữ nhật đó và sau đó tổng hợp lại [10].

Khi giải hệ phương trình vi phân trên theo phương pháp sai phân hữu hạn 6 điểm ẩn (Abbott-Ionescu 6-point) sẽ xác định được giá trị lưu lượng, mực nước tại mọi đoạn sông, mọi mặt cắt ngang

Phương trình động lượng:

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

Trong đó: h là mực nước ở thời đoạn tính toán (m); t là thời gian tính toán; Q là lưu lượng dòng chảy qua mặt cắt (m³/s); x là không gian (dọc theo chiều dòng chảy); A là diện tích mặt cắt ướt (m²); q là lưu lượng đơn vị được bổ sung hay mất đi dọc dòng chảy được tính trên một đơn vị chiều dài (m/s); C là hệ số Chezy; N là hệ số nhám; R là bán kính thủy lực; g là gia tốc trọng trường; α là hệ số động lượng; β là hệ số phân bố động lượng.

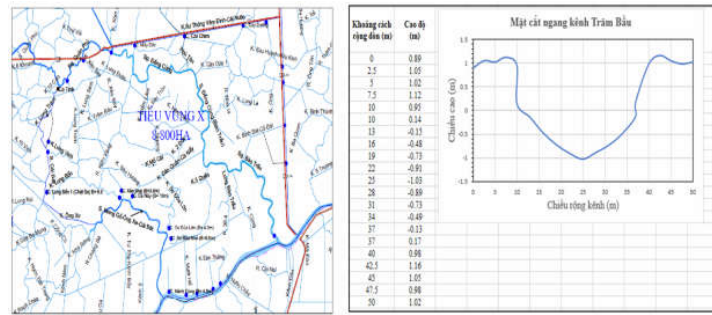
Nguồn: Abbott và Ionescu (1967) [10]

trong mạng sông và mọi thời điểm trong khoảng thời gian nghiên cứu.

3.2. Thiết lập mô hình

Khi áp dụng mô hình MIKE 11 trong bài toán vận hành hệ thống tiểu vùng X – Nam Cà Mau, các dữ liệu yêu cầu gồm các dữ liệu về mạng lưới sông và các công trình trong hệ thống, dữ liệu mặt cắt địa hình dọc theo mạng lưới đó, chuỗi số liệu về thủy văn của các biên.

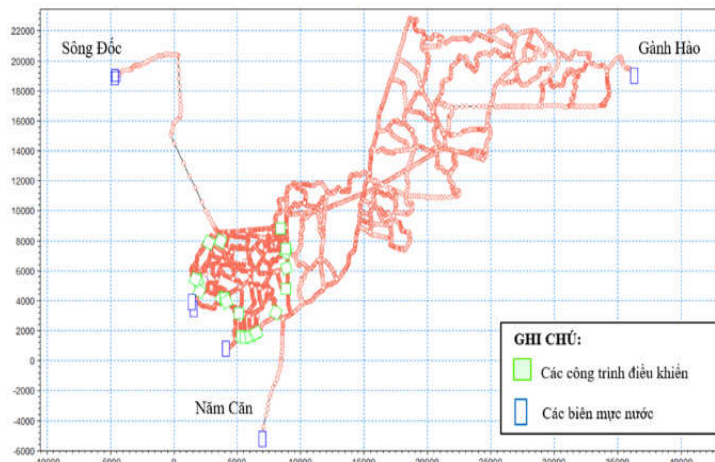
Các số liệu cần có để lập cơ sở dữ liệu phục vụ cho mô hình bao gồm: Dữ liệu địa hình gồm hình ảnh minh họa hệ thống thủy lợi tiểu vùng X – Nam Cà Mau; số liệu mặt cắt kênh (Hình 4). Dữ liệu thủy văn cho điều kiện biên: số liệu mực nước thực đo thượng lưu, hạ lưu, tại vị trí các cống dọc các kênh thuộc hệ thống tiểu vùng X – Nam Cà Mau.



Hình 4. Minh họa hệ thống thủy lợi tiểu vùng X – Nam Cà Mau; số liệu mặt cắt kênh Trăm Bàu

Mạng lưới sông vùng dự án khá dày đặc, nên việc sơ đồ hóa chi tiết mạng lưới sông kênh là công việc hết sức khó khăn. Do đó mô hình chỉ bao gồm các sông và kênh rạch chính của vùng dự

án (Hình 5). Trong đó, sơ đồ thủy lực bao gồm: 100 nhánh sông chính (Branches); 23 công trình điều khiển (Control structure).



Hình 5. Sơ đồ hóa mạng lưới thủy lực, biên mực nước và các công trình điều khiển trong khu vực nghiên cứu được mô phỏng trong mô hình MIKE 11

Biên mực nước: Trong sơ đồ thủy lực được xây dựng bao gồm 6 biên mực nước trong đó có 3 biên mực nước tại sông lớn là các trạm Năm Căn (thuộc sông Cửa Lớn), trạm Gành Hào (cửa sông Gành Hào), trạm Sông Đốc (cửa sông Ông Đốc) và 3 biên tại các kênh sông nhỏ.

3.3. Hiệu chỉnh kiểm định mô hình

Để đánh giá kết quả của mô hình, ngoài việc thể hiện chuỗi số liệu thực đo và tính toán bằng đồ thị, mô hình còn được kiểm định qua 2 chỉ số: Hệ số hiệu quả Nash Sutcliffe Efficiency – NSE (công thức 3) và hệ số sai số toàn phương trung bình Root Mean Squared Error – RMSE (công thức 4).

$$\text{Chỉ số NSE: } NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (3)$$

$$\text{Chỉ số RMSE: } RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n}} \quad (4)$$

Trong đó: O_i là giá trị thực đo tại thời điểm i ; $\bar{O}$ là giá trị thực đo trung bình; P_i là giá trị mô phỏng của mô hình tại thời điểm i ; n là số giá trị quan trắc.

Mô hình được hiệu chỉnh dựa vào bộ số liệu thủy lực thực đo từ năm 2021 bằng cách thay đổi các thông số trong mô hình cụ thể là hệ số nhám Manning's n trong phần mô phỏng thủy lực. Sau khi xác định được bộ hệ số nhám, mô hình sẽ được kiểm định bằng bộ số liệu thực đo vào năm 2022. Cả hai bộ số liệu hiệu chỉnh và kiểm định đều được lấy từ số liệu thực đo tại hai cống Vàm Đình và cống Bào Châu nằm trên sông Bào Châu

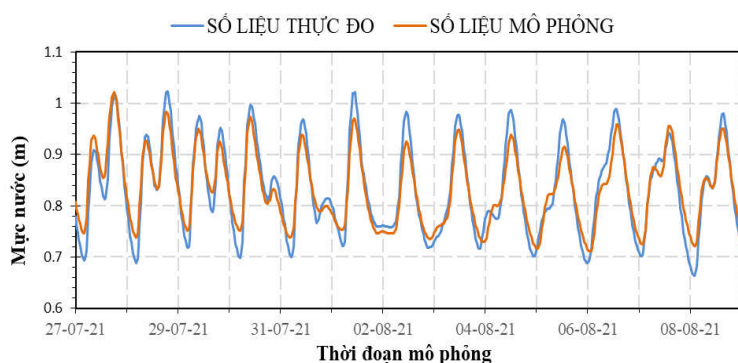
thuộc địa bàn xã Trần Thới, huyện Cái Nước và xã Việt Thắng, huyện Phú Tân.

Việc chọn bộ thông số nhám ban đầu cho mô hình được tham khảo từ một số nghiên cứu ứng dụng mô hình MIKE 11 ở các khu vực trong nước nói chung và ở ĐBSCL nói riêng [11 - 16]. Sau đó tiến hành hiệu chỉnh mô hình bằng cách

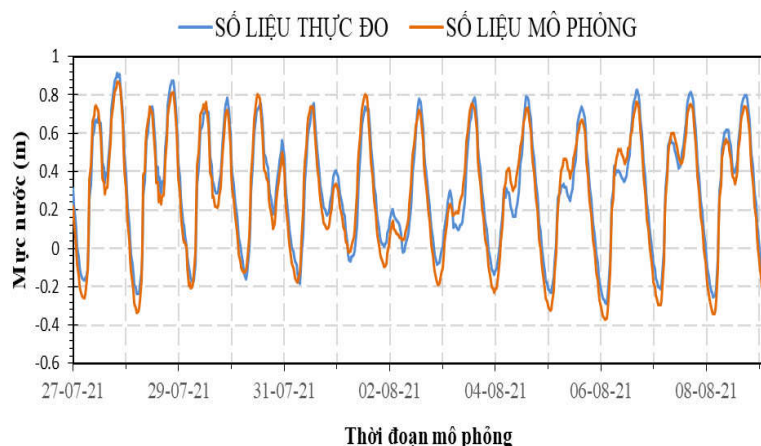
thử dần các giá trị hệ số nhám sao cho kết quả mô phỏng gần nhất với giá trị thực đo (bộ số liệu năm 2021) thông qua việc đánh giá chỉ số NSE và RMSE.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

4.1. Kết quả hiệu chỉnh kiểm định mô hình



Hình 6. Kết quả hiệu chỉnh mô hình mực nước tại cống Vàm Đình (27/7/2021 – 9/8/2021)



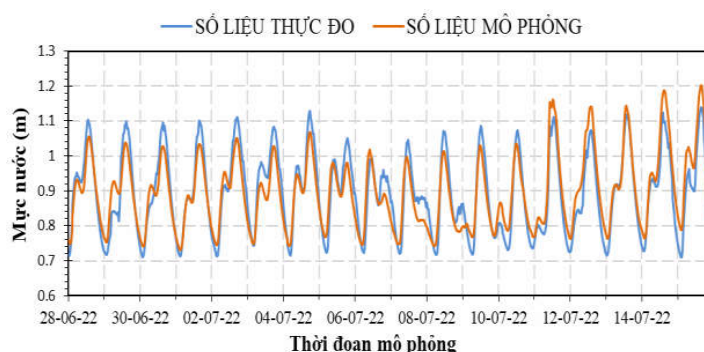
Hình 7. Kết quả hiệu chỉnh mô hình mực nước tại cống Bào Châu (27/7/2021 - 8/8/2021)

Hiệu chỉnh mô hình thủy lực thông qua việc thay đổi hệ số nhám Manning's n . Theo Jovanic và (2006) [17], hệ số nhám thủy lực cho sông kênh tự nhiên, trên nền phù sa ở đồng bằng nằm trong khoảng 0,025 – 0,045; trong đó, những đoạn kênh ngắn và thẳng sẽ có hệ số nhám thấp [18]. Qua quá trình hiệu chỉnh, hệ số nhám Manning's n nằm trong khoảng 0,024 – 0,048; tùy vào điều kiện

địa mạo dòng sông và ở đại đa số các kênh sông chọn $n = 0,033$. Bên cạnh đó, kết quả mô hình phù hợp với thực đo về giá trị và cùng pha dao động. Kết quả hiệu chỉnh tại 2 trạm đo tại cống Vàm Đình và cống Bào Châu được thể hiện qua hình 6 và 7. Kết quả đánh giá hệ số NSE và RMSE được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Kết quả đánh giá chất lượng hiệu chỉnh bộ thông số của mô hình

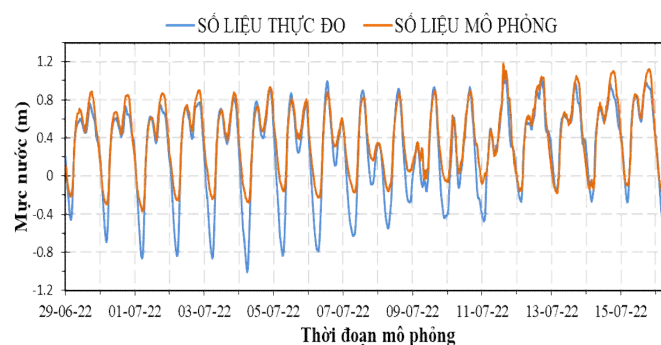
STT	Tên công trình	Chỉ số NSE	RMSE	Đánh giá
1	Cống Vàm Đình	0,90	0,03	Rất tốt
2	Cống Bào Châu	0,93	0,08	Rất tốt



Hình 8. Kết quả kiểm định mô hình mực nước tại cống Vàm Đình (28/6/2022 – 16/7/2022)

Kiểm định bộ thông số thủy lực đã được thiết lập và hiệu chỉnh ở trên bằng bộ số liệu năm 2022, thời gian cụ thể từ 28/6/2022 – 16/7/2022. Kết quả kiểm định mô hình được thể hiện trực quan thông qua biểu đồ so sánh giá trị đường mực nước

thực đo và mô phỏng trong hình 8, 9 và được đánh giá thông qua chỉ tiêu đánh giá chất lượng kiểm định là hai chỉ số NSE và RMSE được thể hiện trong bảng 3.



Hình 9. Kết quả kiểm định mô hình mực nước tại cống Bào Châu (29/6/2022 – 16/7/2022)

Bảng 3. Kết quả đánh giá chất lượng kiểm định bộ thông số của mô hình

STT	Tên công trình	NSE	RMSE	Đánh giá
1	Cống Vàm Đình	0,83	0,05	Rất tốt
2	Cống Bào Châu	0,82	0,2	Rất tốt

Kết quả cho thấy, đường quá trình mực nước mô phỏng và thực đo tại trạm Vàm Đình tốt hơn tại trạm Bào Châu. Cụ thể, nhìn vào biểu đồ tại trạm Bào Châu về xu thế diễn biến mực nước thực đo và mô hình là giống nhau nhưng vẫn còn nhiều thời đoạn giá trị thực đo và mô phỏng có sự chênh lệch lớn, nhưng nhìn chung tổng thể qua 2 chỉ số NSE và RMSE vẫn rất tốt. Như vậy, từ kết quả đánh giá chất lượng hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thông qua bộ thông số NSE và RMSE mô hình có thể được sử dụng để tiếp tục mô phỏng vận hành cho hệ thống sông khu vực nghiên cứu trong điều kiện

giả định về sự thay đổi của các điều kiện biên trong tương lai.

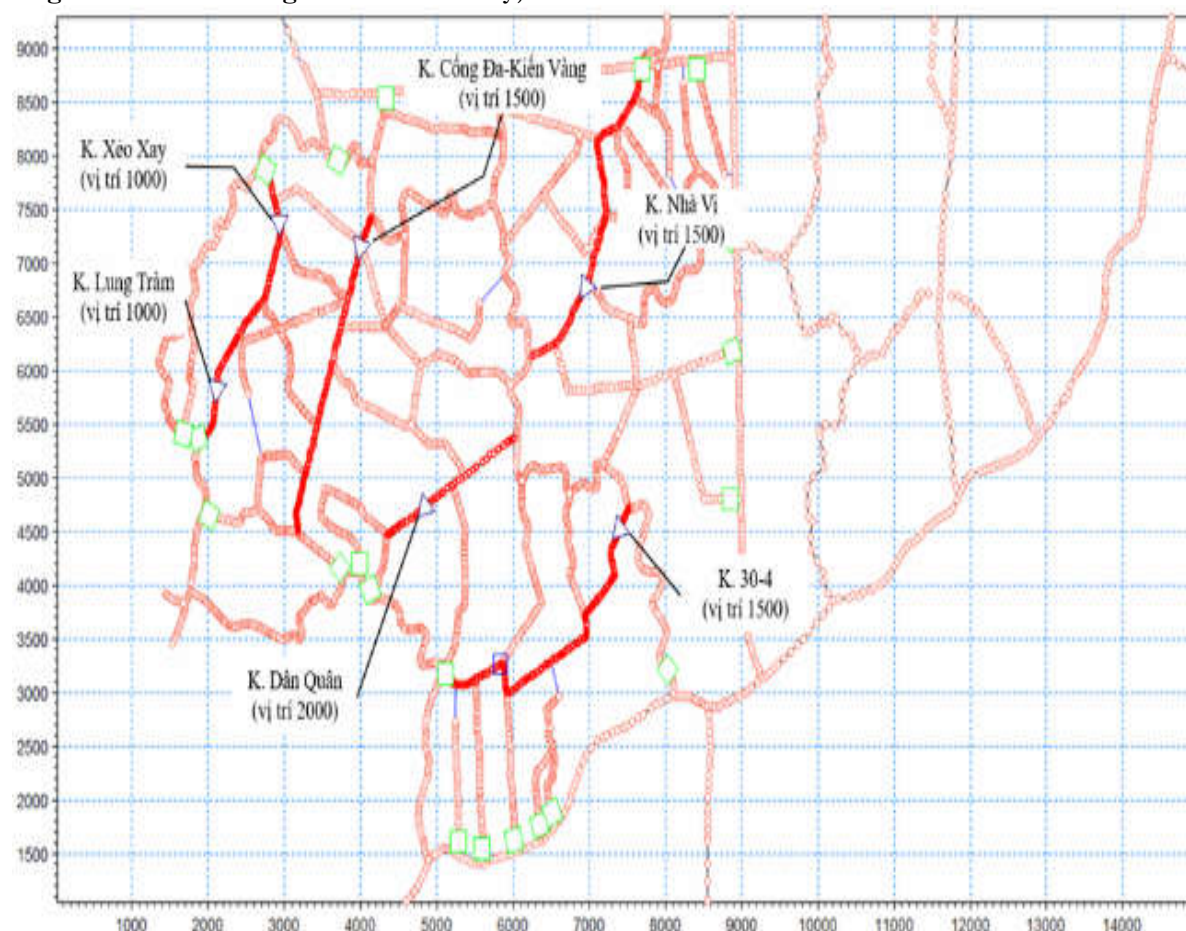
4.2. Kết quả vận hành

Từ số liệu cung cấp của Trung tâm Quản lý khai thác Công trình thủy lợi tỉnh Cà Mau, mực nước tại các cống là 1,2 m là mực nước tối đa phải tiến hành đóng cống để không gây ngập diện rộng cho khu vực sản xuất. Thông thường mùa mưa sẽ bắt đầu từ tháng 5 đến tháng 11. Hiện nay, tình hình sản xuất chính của tiểu vùng X chủ yếu là nuôi thủy sản. Do đó, việc vận hành phải đảm bảo cho nguồn nước có thể lưu thông ra vào để cung

cấp nước cho việc nuôi thủy sản. Các cống sẽ được vận hành mở tự do hai chiều để cung cấp nước mặn/lợ phục vụ cho nuôi trồng thủy sản nhưng vẫn đảm bảo mực nước các kênh trong đồng không vượt quá mực nước cho phép, nếu vượt quá mực nước cho phép tiến hành vận hành cống một chiều tiêu nước từ hệ thống ra sông.

Các kênh lần lượt trong hệ thống thủy lợi tiểu vùng X – Nam Cà Mau gồm: Kênh Xẻo Xay, kênh

Lung Tràm, kênh Cống Đa – Kiến Vàng, kênh Nhà Vi, kênh 30 – 4 và kênh Dân Quân, được xem là các kênh chính của hệ thống. Chính vì vậy, để tiến hành đánh giá mực nước bên trong tiểu vùng nghiên cứu, đã tiến hành kiểm tra tại một số kênh (Hình 10) để đánh giá diễn biến mực nước bên trong hệ thống, từ đó đưa ra nhận xét và đề xuất quy trình vận hành tương ứng.

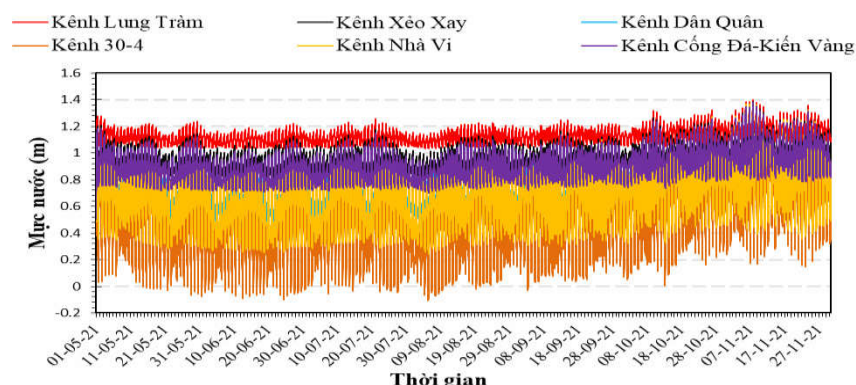


Hình 10. Các vị trí trong hệ thống được lấy để kiểm tra mực nước bên trong tiểu vùng X – Nam Cà Mau

4.2.1. Diễn biến mực nước bên trong cống mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 11 năm 2021

Hình 11 là biểu đồ biên độ mực nước bên trong các kênh nội đồng khi chưa tiến hành vận hành các hệ thống cống. Qua biểu đồ số liệu mực nước được mô phỏng vào năm 2021, đa số mực nước trong các hệ thống kênh chính của tiểu vùng từ tháng 5 đến cuối tháng 9 đều đạt dưới mức tối đa của mực nước cho phép là 1,2 m. Mực nước bất

đầu tăng mạnh và kéo dài khi bước vào đầu tháng 10, biên độ mực nước dâng cao và qua khỏi mực nước quy định. Điều này đúng với thực tế do vào tháng 10 đến tháng 11 là thời điểm xuất hiện mực nước cao nhất trong năm mà chế độ thủy văn của hệ thống sông rạch chịu ảnh hưởng trực tiếp của triều quanh năm, với nhiều cửa sông rộng thông ra biển. Càng gần phía ngoài cửa sông, ảnh hưởng của thủy triều mạnh, càng vào sâu trong nội địa biên độ triều càng giảm.

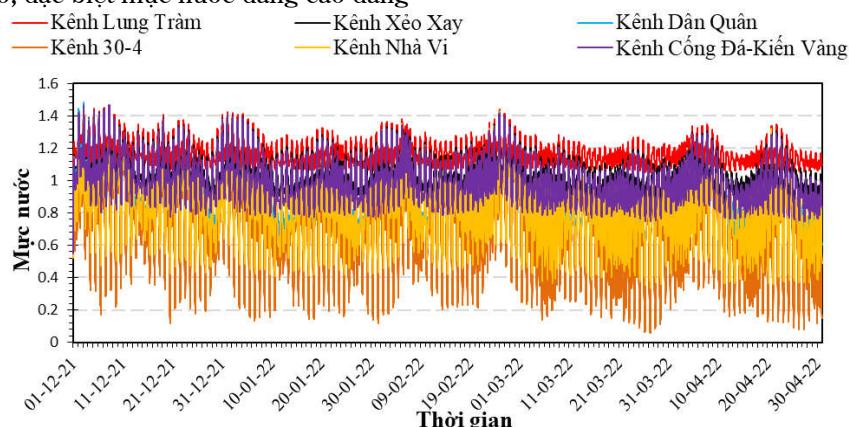


Hình 11. Mức nước bên trong các kênh chính khi mở tự do hai chiều trên tất cả các cống từ 1/5/2021 đến 30/11/2021

4.2.2. Diễn biến mực nước bên trong cống mùa khô từ tháng 12 năm 2021 đến tháng 5 năm 2022

Từ kết quả mô phỏng (Hình 12) cho thấy, vào cuối mùa mưa của tháng 12 mực nước triều cường vẫn còn khá cao, đặc biệt mực nước dâng cao đáng

kể trong 10 ngày đầu của tháng 12 sau đó giảm dần qua các tháng tiếp theo nhưng vẫn ở mức nước báo động, do đó các cống vẫn được tiến hành vận hành 1 chiều như từ tháng 10 đến tháng 12 năm 2021.



Hình 12. Mức nước bên trong các kênh chính khi vận hành mở tự do hai chiều trên tất cả các cống từ 01/12/2021 đến 30/4/2022

5. KẾT LUẬN

Mô hình MIKE 11 là một trong những công cụ mạnh trong việc mô phỏng dòng chảy trên sông và các công trình thủy lực, việc sử dụng mô hình giúp cho việc vận hành quan sát hệ thống công trình được tổng quát và thuận tiện hơn. Mô hình tuy được ứng dụng từ rất lâu ở nhiều vùng trên thế giới cũng như trong nước, tuy nhiên ứng dụng mô hình toán trong mô phỏng vận hành HTTL tại các tỉnh ĐBSCL, đặc biệt ở Cà Mau còn hạn chế. Qua quá trình hiệu chỉnh và kiểm định hệ số nhám Manning's n nằm trong khoảng 0,024 – 0,048; tùy vào điều kiện địa mạo dòng sông và ở đại đa số các kênh sông với $n = 0,033$. Kết quả đánh giá hệ số

NSE cho hiệu chỉnh và kiểm định tại hai cống Vàm Đình và Bào Chấu luôn trên 0,8; hệ số RMSE thấp nhất là 0,03, cho hiệu chỉnh lớn nhất là 0,2, cho kiểm định cả hai kết quả đánh giá đều đạt mức rất cao.

Từ kết quả phân tích diễn biến mực nước tại các hệ thống kênh chính cho thấy mực nước bên trong tiểu vùng từ tháng 5 đến tháng 10 tương đối thấp, do đó các cống có thể mở tự do hai chiều, mực nước bắt đầu tăng mạnh và kéo dài khi bước vào đầu tháng 10 đến tháng 5 năm sau, đặc biệt lớn trong tháng 10 và 11 do đây là hai tháng mà chế độ thủy văn của các hệ thống sông xuất hiện mực nước cao nhất trong năm, do đó cần thường

xuyên theo dõi và vận hành hệ thống trong thời gian này, nghiên cứu đề xuất vận hành đồng mở cống một chiều dựa vào mực nước khống chế tại cao trình 1,2 m ở các cửa cống.

Do còn nhiều hạn chế trong công tác thu thập số liệu thực đo tại khu vực nghiên cứu, nên thời gian hiệu chỉnh và kiểm định mô hình bị giới hạn trong năm 2021 và 2022 là khoảng thời gian tương đối ngắn và do không có trạm đo lưu lượng tại các cống nên nghiên cứu không thể tiến hành hiệu chỉnh và kiểm định lưu lượng, do đó kết quả nghiên cứu còn hạn chế. Để tăng độ tin cậy của mô hình cần có nhiều thời gian tiếp tục quan trắc mực nước cũng như lưu lượng tại vùng nghiên cứu để có kết quả đánh giá chính xác hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Chí Trung, Nguyễn Văn Kiên (2021). Thực trạng quản lý, khai thác công trình thủy lợi vùng đồng bằng sông Cửu Long. Trung tâm Tư vấn Quản lý thủy nông có sự tham gia của người dân, <https://www.pim.vn>. Truy cập ngày 17/5/2023.
2. Trần Hồng Thái, Hoàng Thị Thu Trang, Nguyễn Văn Thao, Lê Vũ Việt Phong (2008). Ứng dụng mô hình MIKE 11 tính toán thủy lực, chất lượng nước cho lưu vực sông Sài Gòn - Đồng Nai. Tuyển tập báo cáo Hội thảo khoa học lần thứ 10, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, 342-350.
3. Nguyễn Xuân Phùng (2007). Ứng dụng mô hình MIKE 11 trong tính toán thủy văn, thủy lực mùa lũ lưu vực sông Ba. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, (16), 4-14.
4. Long, L. N., Madsen, H., Rosbjerg, D., Pedersen, C. B. (2008). Implementation and Comparison of Reservoir Operation Strategies for the Hoa Binh Reservoir, Vietnam using the MIKE 11 Model. *Water Resour Manage* 22, 457-472. <https://doi.org/10.1007/s11269-007-9172-1>.
5. Mai Đức Phú, Dương Văn Viện (2016). Ứng dụng mô hình MIKE 11 để đánh giá khả năng làm việc lập quy trình vận hành của các cống thuộc hệ thống thủy lợi ngọt hóa Gò Công – Tiền Giang thích ứng với biến đổi khí hậu – nước biển dâng. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*, (18), tr. 75-86.
6. Minh Đăm, Trọng Linh (2019). Cà Mau: Phát huy hiệu quả khai thác công trình thủy lợi. Báo Nông nghiệp Việt Nam. <https://nongnghiep.vn/ca-mau-phat-huy-hieu-qua-khai-thac-cong-trinh-thuy-loi-d252921.html>. Truy cập ngày 17/5/2023.
7. Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam (2023). Lập quy trình vận hành hệ thống thủy lợi tiểu vùng X - Nam Cà Mau. Báo cáo thuyết minh kết quả tính toán kỹ thuật. Thành phố Hồ Chí Minh.
8. Cục Thống kê tỉnh Cà Mau (2021). Niên giám Thống kê huyện Phú Tân.
9. Cục Thống kê tỉnh Cà Mau (2021). Niên giám Thống kê huyện Cái Nước.
10. Abbott, M. B. and Ionescu, F. (1967). On the numerical computation of nearly horizontal flows. *Journal of Hydraul Res*, 5: 97-117.
11. Nguyễn Tất Đắc (2005). *Mô hình toán cho dòng chảy và chất lượng nước trên hệ thống kênh sông*. Nxb Nông nghiệp thành phố Hồ Chí Minh.
12. Trịnh Xuân Mạnh, Nguyễn Hà Anh, Nguyễn Tiến Quang (2018). Nghiên cứu đánh giá và dự báo diễn biến chất lượng nước sông Đuống bằng phương pháp mô hình toán. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, (63), pp 17-23.
13. Ngo L. L., Madsen H., Rosbjerg D., et al. (2008). Implementation and Comparison of Reservoir Operation Strategies for the Hoa Binh Reservoir, Vietnam using the MIKE 11 Model. *Water Resour Manage*, 22(4), 457-472.
14. Trương Thị Yến Nhi, Đặng Phạm Văn Trí, Nguyễn Thụy Kiều Diễm, Nguyễn Hiếu Trung (2013). Ứng dụng mô hình toán mô phỏng đặc tính thủy lực và diễn biến chất lượng nước trên tuyến kênh Xáng, thành phố Sóc Trăng. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, (25), 76-84.
15. Phạm Lê Mỹ Duyên, Văn Phạm Đăng Trí, Phạm Văn Toàn (2015). Ứng dụng mô hình toán một chiều mô phỏng động thái dòng chảy và chất lượng nước trong vùng đê bao khép kín ở thị trấn Mỹ Luông, tỉnh An Giang. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, (36), 18-26.
16. 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*, số tháng 11, 39-46.

17. Jovanic, M., E. Pasche, M. Toppel, M. Donner. (2006). 1D_Hydraulic. Technische Universität Hamburg – Harburg, University of Belgrade, 2006, 120 pages.

18. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 10716: 2015 ISO 1070: 1992. Đo dòng chất lỏng trong kênh hở - Phương pháp mặt cắt - Độ dốc.

19. Lâm Mỹ Phụng, Văn Phạm Đăng Trí, Trần Quốc Đạt (2013). Ứng dụng mô hình toán thủy lực một chiều đánh giá và dự báo tình hình xâm nhập mặn trên hệ thống sông chính trên địa bàn tỉnh Trà Vinh. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, (25), 68-75.

**APPLICATION OF MIKE 11 MODEL IN IRRIGATION SYSTEM OPERATION:
A CASE STUDY IN SUB-REGION X - NAM CA MAU**

**Tran Thi Thuy An¹, Nguyen Nhat Tien¹, Huynh Van Lang¹,
Dinh Van Duy¹, Tran Van Ty¹,
Pham Dang Khoa², Huynh Vuong Thu Minh³**

¹ College of Engineering, Can Tho University

² Nam Can Tho University

³ College of Environment and Natural Resources, Can Tho University

Summary

The operation and management process of the irrigation system is essential to fully exploit the values that the project brings. In this paper, the MIKE 11 one-dimensional hydrodynamic model has been applied to digitize the irrigation system in Subregion X – Nam Ca Mau. The MIKE 11 model uses the Saint Venant system of differential equations to calculate the flow in the channel and is solved by the hidden 6-point finite differential method (Abbott-Ionescu 6-point). Due to the limitation of the actual data collection process measured at the drains of the study area, the model has been calibrated and verified by the set of actual water level data measured in the two years 2021 – 2022 and calibrated, verified the model with Manning's $n = 0.033$ coefficient in most channels, rivers, and some channel systems range from $n = 0.024 - 0.048$ depending on river geomorphological conditions, showing that the simulated water level is similar to reality (NSE coefficient > 0.9 when adjusted and $NSE > 0.82$ when tested). From the simulation results of the actual water level, the study re-calculated the operating procedure for the specific system for two years 2021 and 2022.

Keywords: Operation process, Sub-Region X – South Ca Mau, MIKE 11.

Người phản biện: PGS.TS. Nguyễn Nghĩa Hùng

Ngày nhận bài: 15/5/2023

Ngày thông qua phản biện: 30/6/2023

Ngày duyệt đăng: 28/7/2023