

Bài báo khoa học

## Nghiên cứu đánh giá tác động của ngập lụt tỉnh Tiền Giang

Phạm Hồ Quốc Tuấn<sup>1\*</sup>, Đoàn Quang Trí<sup>2</sup>, Trần Ngọc Anh<sup>3</sup>, Nguyễn Bách Tùng<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Đai Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ; phamhoquoctuan@yahoo.com

<sup>2</sup> Tạp chí Khí tượng Thủy văn; doanquangtrikttv@gmail.com

<sup>3</sup> Khoa Khí tượng – Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – Đại học Quốc gia Hà Nội; tranngocanh@hus.edu.vn; bachtung\_cefd@hus.edu.vn

\*Tác giả liên hệ: phamhoquoctuan@yahoo.com; bachtung\_cefd@hus.edu.vn;

Tel.: +84–913716491

Ban Biên tập nhận bài: 15/6/2022; Ngày phản biện xong: 18/7/2022; Ngày đăng bài: 25/8/2022

**Tóm tắt:** Nghiên cứu đã sử dụng mô hình MIKE 11, MIKE 21 kết hợp cùng MIKE FLOOD để đánh giá tác động của ngập lụt trên địa bàn tỉnh Tiền Giang với 3 trận lũ lớn tháng 11 năm 2013, tháng 11 năm 2017, tháng 11 năm 2020. Kết quả điều tra khảo sát vết lũ và mặt cắt được thu thập trong thời gian mùa lũ năm 2020 để xác định bộ thông số mô hình. Kết quả tính toán mô phỏng cho thấy tương quan tốt giữa số liệu tính toán và thực đo. Áp dụng bộ thông số của mô hình để mô phỏng và đánh giá ngập lụt theo các kịch bản trên địa bàn tỉnh Tiền Giang. Kết quả bộ bản đồ cảnh báo ngập lụt theo các kịch bản kết hợp với các số liệu cụ thể từng địa phương có thể hỗ trợ cho cơ quan quản lý, dân cư tại địa phương cảnh báo, ứng cứu và khắc phục thiệt hại về người và tài sản nếu có các tình huống ngập lụt xảy ra.

**Từ khóa:** MIKE FLOOD; Ngập lụt; Tiền Giang.

### 1. Mở đầu

Trên thế giới việc nghiên cứu, áp dụng các mô hình thủy văn, thủy lực cho việc đánh giá ảnh hưởng của lũ, ngập lụt đã được sử dụng khá phổ biến; nhiều mô hình đã được xây dựng và áp dụng cho dự báo hồ chứa, dự báo lũ trên các hệ thống sông, phục vụ cho công tác qui hoạch phòng lũ [1–5]. Trong những năm gần đây, một trong những mô hình được ứng dụng nhiều trong công tác dự báo lũ ở Việt Nam là bộ mô hình MIKE, hoặc tích hợp bộ mô hình thủy văn–thủy lực phục vụ cho công tác dự báo thủy văn và cảnh báo ngập lụt cho khu vực hạ lưu vực sông [6–10], các nguyên cứu đã sử dụng kiểu tích hợp kết nối các mô hình MARINE [11–12], MIKE 11 [13] và công cụ mô phỏng truyền triêu của mô hình MIKE 21 [14]. [15] đã xây dựng công nghệ hoàn chỉnh cho tính toán dự báo lũ tác nghiệp cho toàn hệ thống sông Hồng–Thái Bình trong đó mô hình MIKE 11 được nghiên cứu áp dụng để tính toán dự báo lũ lớn cho hệ thống sông Hồng–Thái Bình. Nghiên cứu đã lựa chọn sử dụng mô hình MIKE 11, MIKE 21 và MIKE FLOOD để mô phỏng đánh giá tác động của ngập lụt cho khu vực nghiên cứu. Trong đó, MIKE FLOOD là mô hình thủy động lực học dòng chảy kết nối 1&2 chiều có khả năng mô phỏng mực nước và dòng chảy trên sông, vùng cửa sông, vịnh và ven biển, cũng như mô phỏng dòng không ổn định hai chiều ngang trên đồng bằng ngập lụt [16]. Trong nghiên cứu về ảnh hưởng ngập lụt trên địa bàn tỉnh Tiền Giang, sử dụng mô hình MIKE FLOOD phù hợp với tính chất về lũ lụt cũng như điều kiện số liệu hiện nay.

Tiền Giang là một trong những tỉnh thuộc khu vực đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), nằm trong vùng kinh tế trọng điểm phía Nam với nền kinh tế chủ đạo là sản xuất nông nghiệp.

Do vậy, những biến động của thời tiết–thủy văn có ảnh hưởng lớn đến phát triển kinh tế–xã hội của tỉnh. Là một tỉnh giáp biển, chịu ảnh hưởng mạnh chế độ bán nhật triều biển Đông và nằm trong vùng ảnh hưởng lũ lụt của Đồng Tháp Mười tràn về nên hàng năm tỉnh Tiền Giang phải chịu ảnh hưởng của các loại hình thiên tai: lũ, bão, áp thấp nhiệt đới, lốc xoáy, xâm nhập mặn, triều cường, ngập lụt... Diễn biến của thiên tai ngày càng phức tạp, dị thường và có xu hướng cực đoan hơn. Gần đây nhất, năm 2011 xảy ra lũ lớn ở Đồng Bằng sông Cửu Long với đỉnh lũ ở Tân Châu ở mức 4,86 m, khu vực nội đồng Tây Bắc tỉnh Tiền Giang chịu ảnh hưởng của lũ từ thượng nguồn đổ về kết hợp với triều cường đã làm mực nước khu vực nội đồng của tỉnh đặc biệt là các huyện phía Tây dâng lên rất nhanh, kéo dài và ở mức cao. Cụ thể: tại Hậu Mỹ Bắc: Mực nước đạt đỉnh 2,43 m, tại Mỹ Phước Tây là 2,11 m; đã gây thiệt hại lớn về người và cơ sở vật chất cho 04 huyện phía Tây, tổng thiệt hại về tài sản ước khoảng 700 triệu đồng. Ngoài ra hàng năm có nhiều đợt triều cường dâng nước làm ngập úng nhiều vùng, thiệt hại không nhỏ về hoa màu, cây ăn trái ... để đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế–xã hội của tỉnh, đặc biệt là để ứng phó một cách chủ động và hiệu quả với thiên tai từ các hiện tượng thủy văn nguy hiểm như lũ, lụt, triều cường thì cần thiết phải có nghiên cứu để xác định những tác động của nó đối với các địa phương trong tỉnh. Mục đích nghiên cứu nhằm đánh giá ảnh hưởng của lũ sông Cửu Long, triều cường và tổ hợp lũ–triều cường gây ngập lụt đến địa bàn để hỗ trợ công tác phòng chống thiên tai phục vụ phát triển kinh tế–xã hội của tỉnh.

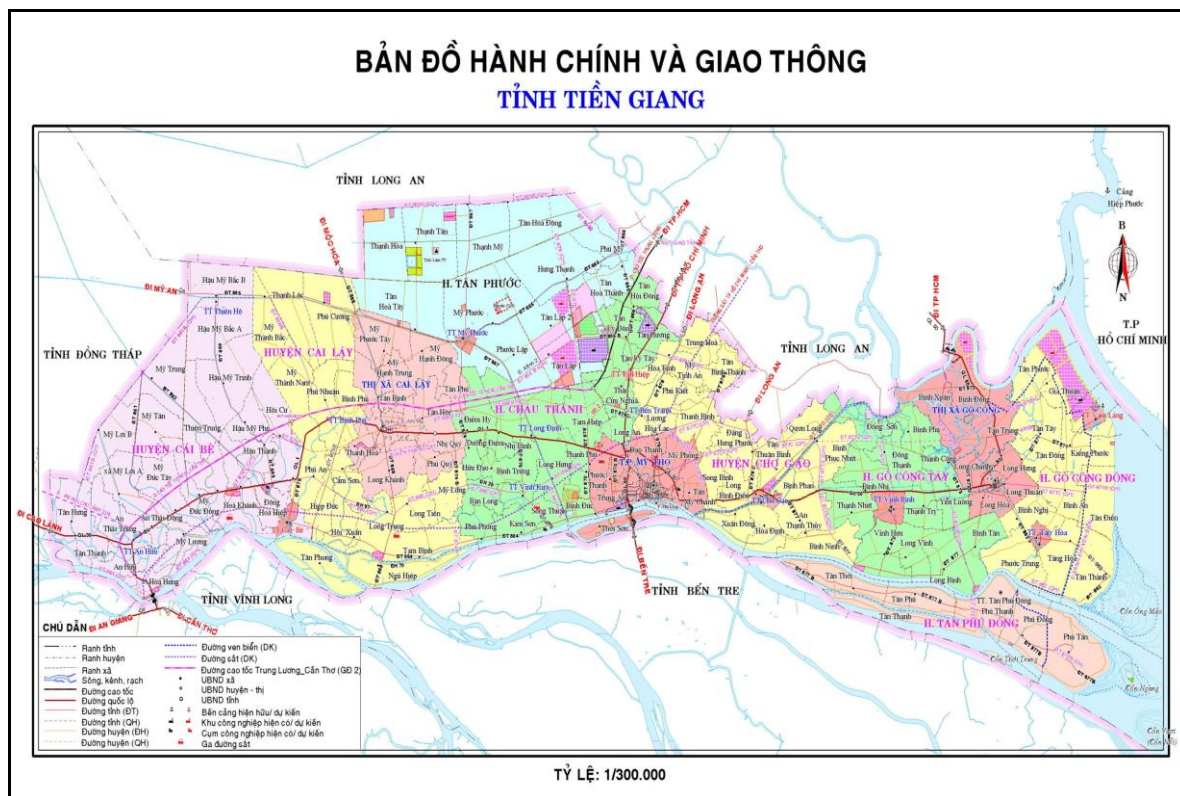
## **2. Phương pháp nghiên cứu**

### *2.1. Khu vực nghiên cứu*

Tiền Giang là tỉnh nằm trải dài trên bờ Bắc sông Tiền với chiều dài trên 120 km; có tọa độ địa lý 105°49'07" đến 106°48'06" kinh độ Đông và 10°12'20" đến 10°35'26" vĩ độ Bắc. Trung tâm thành phố Mỹ Tho–Tiền Giang cách trung tâm Thành phố Hồ Chí Minh 70 km về hướng Tây Nam và cách trung tâm Thành phố Cần Thơ 90 km về hướng Đông Bắc (Hình 1). Tỉnh Tiền Giang có địa hình bằng phẳng, với độ dốc nhỏ hơn 1% và cao trình biến thiên từ 0m đến 1,6m so với mặt nước biển, phổ biến từ 0,8m đến 1,1m. Tỉnh Tiền Giang tiếp giáp với các tỉnh như sau: Phía Bắc và Đông Bắc giáp tỉnh Long An và Thành phố Hồ Chí Minh; Phía Tây và Tây Nam giáp các tỉnh Đồng Tháp và Vĩnh Long; Phía Nam giáp tỉnh Bến Tre; Phía Đông giáp biển Đông. Tiền Giang có diện tích tự nhiên là 2.556 km<sup>2</sup>, chiếm 0,76% diện tích cả nước, 6,2% diện tích Đồng bằng sông Cửu Long [17]. Tiền Giang nằm gọn trong khu vực ĐBSCL thuộc khu vực nhiệt đới Bắc bán cầu, mang tính chất nhiệt đới, gió mùa cận xích đạo. Lượng mưa năm trung bình nhiều năm vào khoảng 1.100 mm đến 1.400 mm và khá ổn định qua các năm. Trong năm, lượng mưa phân bố không đồng đều, hình thành hai mùa rõ rệt: mùa mưa và mùa khô. Trong mùa lũ, một phần lượng nước từ Sông Tiền chảy tràn vào Đồng Tháp Mười và thoát ra biển qua sông Vàm Cỏ Tây nhưng khả năng tháo lũ của sông này rất kém vì có quá nhiều đoạn uốn khúc. Nước đổ về vào đầu và giữa mùa lũ thường là nước nhiễm phèn vì chảy qua Đồng Tháp Mười. Lũ lụt, ngập úng tại Tiền Giang thường có nguyên nhân là do triều cường dâng cao, kết hợp mưa và nước lũ đổ về mạnh đã gây thiệt hại đến đời sống sản xuất của người dân. Khu vực thường xuyên chịu ảnh hưởng là các huyện ở phía Tây của tỉnh. Vùng ngập lũ của Tiền Giang trải rộng trên diện tích gần 140.000 ha (khoảng 120.000 ha thuộc vùng Đồng Tháp Mười). Tại Tiền Giang lũ chủ yếu do nước từ thượng nguồn đổ về, nếu gia tăng thêm mưa tại chỗ và triều cường ngoài sông sẽ làm tăng thêm mức trầm trọng của lũ. Thời gian ngập lũ khá lâu, ngập theo hướng từ Tây Bắc xuống Đông Nam. Nơi càng ngập sâu và xa sông, rạch lớn thì càng ngập lâu.

Ngày 29–10–2018 triều cường dâng cao, kết hợp mưa và nước lũ đổ về mạnh đã gây thiệt hại đến đời sống sản xuất của người dân vùng lũ thuộc các huyện phía Tây của tỉnh. Lũ đã nhấn chìm 1.996ha lúa, 146ha hoa màu, 3.996ha cây trồng hàng năm, 2.876 ha cây ăn quả tập trung. Gây ngập 9.541 căn nhà của các hộ dân thuộc bốn huyện phía Tây của tỉnh (Cái

Bè, Cai Lậy, Châu Thành, Tân Phước), 31 phòng học, phòng chức năng công vụ bị ảnh hưởng. Làm sạt lở, nứt, vỡ 6.212 m đê cấp IV; 334 m đường giao thông bị sạt lở hư hỏng [18]. Gần đây nhất vào năm 2020, triều cường dâng cao làm nhiều khu vực ở tỉnh Tiền Giang bị ngập nước. Nghiêm trọng nhất là gần 10 km đường Nam kênh Chợ Gạo, nước tràn qua đường giao thông tràn vào nhà dân, gây bế tắc giao thông. Các khu vực ven sông Phú An, Ba Rài (huyện Cai Lậy), sông Phú Phong, Nguyễn Tấn Thành (huyện Châu Thành), sông Cổ Cò, Hòa Khánh, kênh 28 (huyện Cái Bè)... triều cường cũng dâng cao tràn vào nhà dân, uy hiếp ao cá, vườn cây ăn trái.



Hình 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu.

## 2.2. Thu thập và xử lý dữ liệu

Thu thập và xử lý số liệu là một công việc rất quan trọng. Mục đích của thu thập số liệu (từ các tài liệu đề tài có trước, số liệu từ các cơ quan...) để làm cơ sở lý luận khoa học hay luận cứ chứng minh giả thuyết hay các vấn đề mà nghiên cứu đã đặt ra. Mặt khác, cũng để phục vụ tính toán và nhằm nâng cao mức độ chính xác trong mô hình. Trong phần này thực hiện các nội dung: Thu thập chuỗi số liệu cũ và số liệu mới nhất được cập nhật, tiến hành xử lý, phân tích, chuyển đổi số liệu. Bên cạnh đó còn tổng hợp từ các dự án, đề án trước đó đã triển khai tại tỉnh Tiền Giang như: Đề tài “Xây dựng mô hình toán học tích hợp và phân mềm đánh giá xâm nhập mặn vùng ĐBSCL”, mã số B2018-VNCCCT-02 do Viện nghiên cứu cao cấp về Toán chủ trì thực hiện.

Số liệu lượng mưa được thu thập bao gồm các trạm Ba Tri, Cái Bè, Chợ Gạo, Gò Công, Mỹ Tho, Phú Mỹ, Vĩnh Long (năm 2000–2021); Số liệu mực nước được thu thập bao gồm các trạm Thủy văn trên dòng chính sông Cửu Long và Trạm ven biển: Cây Lậy, Long Định, Hòa Bình, Mộc Hóa, Mỹ Thuận, Tân Châu, Trường Xuân, Mỹ Tho, Vàm Kênh, Vũng Tàu (năm 2000–2021); số liệu lưu lượng: Tân Châu, Châu Đốc, Cần Thơ, Mỹ Thuận (năm 2000–2020);

Bản đồ hiện trạng sử dụng đất vùng Đồng bằng sông Cửu Long từ nguồn của sở Tài nguyên môi trường các tỉnh và Bộ Tài nguyên Môi trường; Số liệu địa hình tại khu vực nghiên cứu tham khảo nhiều nguồn số liệu khác nhau như của Tedi South, Viện Khí tượng Thủy



văn, nguồn số liệu địa hình toàn cầu của GEBCO... Các số liệu địa hình chính được sử dụng bao gồm: khu vực ven biển từ Trà Vinh đến Vũng Tàu, số liệu địa hình được thu thập từ kết quả khảo sát bình đồ tỉ lệ 1:50.000 năm 2018 do Tổng cục Biển Hải đảo thực hiện. Dữ liệu địa hình trên bờ: dữ liệu địa hình trên cạn được thu thập bản đồ tỉ lệ 1:5.000 của Bộ TNMT công bố; ở ĐBSCL là tại các thành phố trực thuộc tỉnh là tỉ lệ 1:2.000; ngoài các thành phố đó là tỉ lệ 1:5.000. Dữ liệu địa hình biển toàn cầu của GEBCO với độ phân giải 0,5'; Dữ liệu công trình: hệ thống công trình đê sông, bờ bao, đến năm 2019, toàn tỉnh Tiền Giang đã xây dựng khoảng 19 tuyến đê bao ven biển và ven sông lớn, với tổng chiều dài 177.373,50 m, bề rộng mặt đê trung bình 4,5m; hệ thống công trình đê biển: Hệ thống đê biển đã được từng bước đầu tư xây dựng nâng cấp, dài khoảng 22,4 km, mặt đê đã được cứng hóa, rộng từ 4–7 m cơ bản có thể chống bão cấp 9, triệu cường tần suất 5% bảo vệ sản xuất và ổn định đời sống khu vực ven biển.

### 2.3. Thiết lập mô hình MIKE 11, MIKE 21, MIKE FLOOD

#### 2.3.1. Giới thiệu mô hình

MIKE 11 là công cụ lập mô hình động lực, một chiều và thân thiện với người sử dụng nhằm phân tích chi tiết, thiết kế, quản lý và vận hành cho sông và hệ thống kênh dẫn đơn giản và phức tạp. Với môi trường đặc biệt thân thiện với người sử dụng, linh hoạt và tốc độ, MIKE 11 cung cấp một môi trường thiết kế hữu hiệu về kỹ thuật công trình, tài nguyên nước, quản lý chất lượng nước và các ứng dụng quy hoạch. 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 cho hầu hết các mô-đun bao gồm Dự báo lũ, Tải khuyếch 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 [19].

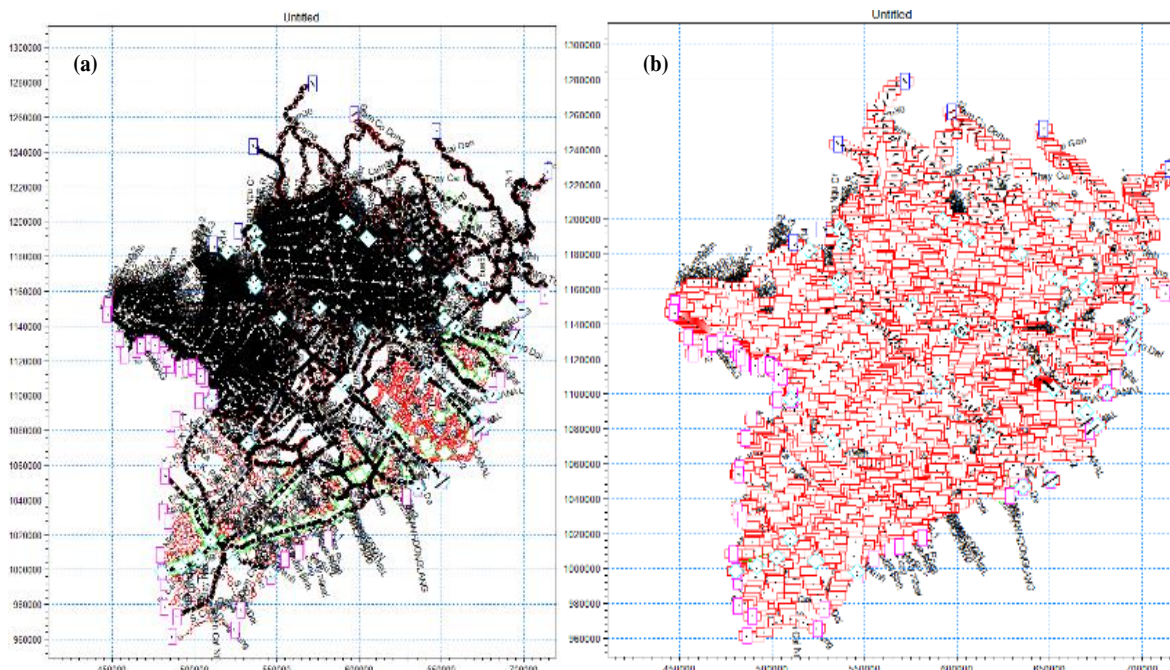
Mô hình MIKE 21FM (*MIKE 21 Flow Model FM*) là mô hình thủy lực hai chiều thuộc họ phần mềm Mike, được xây dựng và phát triển bởi Viện Thủy Lực Đan Mạch (DHI) từ cuối những năm 90. Mô hình MIKE 21FM đã có mặt tại Việt Nam vào tháng 11 năm 2005 qua con đường chuyển giao công nghệ giữa DHI và Viện Quy hoạch Thủy Lợi. MIKE 21 là một phần mềm kỹ thuật chuyên dụng do Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI) xây dựng và phát triển, được ứng dụng để mô phỏng các biến động 2 chiều của mực nước và dòng chảy trong hồ, cửa sông, vịnh, khu vực ven và ngoài biển. MIKE 21 Flow Model FM bao gồm các modul sau: Modul thủy lực (HD); Modul truyền tải (ST); Modul sinh thái (EL) [20].

MIKE FLOOD là một hệ thống mô hình thủy lực kết nối giữa mô hình một chiều Mike Urban, Mike 11 và mô hình Mike 21 lưới chữ nhật hoặc Mike 21FM lưới phi cấu trúc. Mô hình Mike Flood là sự kết hợp giữa những đặc điểm tốt nhất của mô hình 1 chiều và mô hình 2 chiều. Những khó khăn của mô hình 1 chiều trong mô phỏng dòng chảy tràn bãi và vùng cửa sông, ven biển được mô phỏng tốt trong mô hình 2 chiều. Việc mô phỏng các công trình và vận hành công trình chưa được mô phỏng rõ ràng trong mô hình thủy lực 2 chiều thì trong mô hình 1 chiều hoàn toàn mô phỏng tốt [16].

#### 2.3.2. Thiết lập mô hình thủy lực

##### a) Thiết lập mô hình thủy lực 1 chiều

+ Mạng lưới thủy lực được thiết lập như Hình 2a–2b, dữ liệu mặt cắt ngang sông được chuẩn hóa định dạng và đưa vào trong mô hình để tính toán. Bao gồm 926 mặt cắt, được kế thừa từ mô hình toàn ĐBSCL và được cập nhật bổ sung theo các dự án đề tài nghiên cứu khoa học từ 2010 đến 2016 của Viện Quy hoạch Thủy lợi Miền Nam, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, số liệu đo đạc của Đài KTTV Tiền Giang, số liệu đo đạc và thu thập của Đề tài Xây dựng mô hình toán học tích hợp và phần mềm đánh giá xâm nhập mặn vùng ĐBSCL, mã số B2018–VNCCCT–02 do Viện nghiên cứu cao cấp về Toán chủ trì thực hiện.



**Hình 2.** (a) Sơ đồ mạng lưới thủy lực; (b) Hệ thống mặt cắt ngang sông/kênh vùng đồng bằng sông Cửu Long.

+ Thiết lập điều kiện biên trong mô hình Mike 11: Với mạng sông tính toán đã được xác định ở trên, biên trên của mô hình thủy lực là quá trình lưu lượng theo thời gian  $Q = f(t)$  tại các vị trí.

+ Thiết lập điều kiện ban đầu: Thiết lập điều kiện ban đầu cho mô hình thủy lực phục vụ chạy mô phỏng hiệu chỉnh mô hình để mô hình chạy được ổn định và kết quả tránh bị ảnh hưởng bởi điều kiện ban đầu. Đối với mô hình thủy lực 1 chiều các điều kiện ban đầu bao gồm, mực nước, lưu lượng và thời gian chạy.

+ Thiết lập bộ thông số thủy lực: Bộ thông số của mô hình thủy lực 1 chiều, ngoài các công trình như cầu cống, ngầm, đập dâng, các công trình điều tiết... thì bộ thông số nhám cho từng đoạn sông là yếu tố quan trọng để mô phỏng hiệu chỉnh kiểm định mô hình.

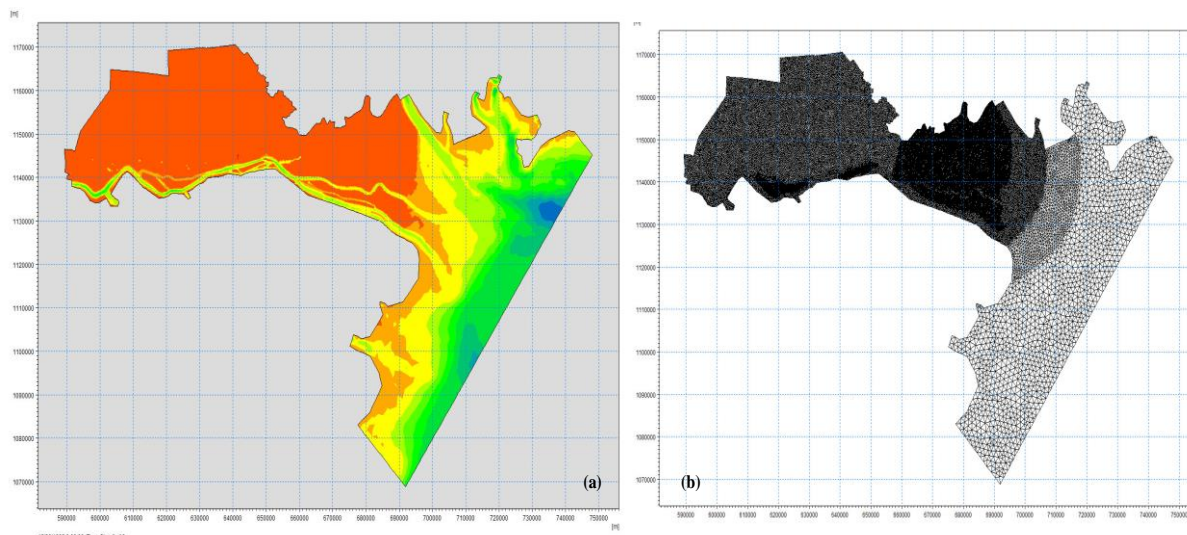
b) Thiết lập miền tính, lưới tính mô hình 2 chiều

Mô hình 2 chiều tính toán mức độ ngập lụt tỉnh Tiền Giang sử dụng bản đồ khác nhau, với định dạng tính toán, phạm vi tính toán, độ chi tiết địa hình, độ phân giải lưới tính và xu thế phù hợp bản chất vật lý của các quá trình thủy động lực vùng ven bờ. Miền quan tâm là khu vực tỉnh Tiền Giang, bao gồm trên cạn và dưới biển. Phía khu vực ngoài biển, miền tính được mở rộng về cả hai phía bắc và nam của khu vực dự án nhằm mục đích giảm ảnh hưởng của các biên. Khu vực trên cạn, miền tính bao phủ toàn bộ tỉnh Tiền Giang theo phạm vi hành chính của tỉnh (Hình 3a).

Lưới tính toán: Chi tiết tại khu vực ven bờ, khu vực có khả năng ngập: 100–200 m; Khu vực đất liền: 10–30 m; Khu vực biển: 500–3000 m (Hình 3b).

c) Điều kiện biên, điều kiện ban đầu cho các mô hình

Mô hình MIKE 11 được thiết lập với biên trên tại trạm thủy văn Tân Châu, trạm thủy văn Châu Đốc (thuộc phần sông chính sông Tiền, sông Hậu) và biên nhánh sông Vàm Cỏ Đông, Vàm Cỏ Tây và các nhập lưu khu giữa được tính toán bằng mô hình NAM, biên dưới tại cửa Tiểu, cửa Đại, cửa Ba Lai, cửa Hàm Luông, cửa Cổ Chiên và các biên cửa sông phía Đông và phía Tây của hệ thống sông Cửu Long. Mô hình MIKE 21 sử dụng lưới tính phi cấu trúc mô phỏng địa hình cho khu vực tỉnh Tiền Giang và kết nối với mạng sông trong MIKE 11 bằng công cụ MIKE FLOOD.



**Hình 3.** (a) Miền tính và địa hình khu vực nghiên cứu; (b) Lưới tính toán.

Các số liệu biên về mực nước được thu thập từ các số liệu đo đạc thực tế và các số liệu thu thập, tính toán dự báo theo mô hình dự tính toàn cầu về mực nước. Dữ liệu mực nước tại biên phía biển của mô hình dòng chảy và mực nước Mike21 FM được trích xuất từ kết quả dự báo triều trên quy mô toàn cầu của bộ chương trình MIKE với độ phân giải 0,25o kinh vĩ. Đây là bộ dữ liệu tốt được nhiều cơ quan sử dụng ở nước ta và các nước trên thế giới. Việc mô phỏng lại với miền tính lớn để trích ra cho các biên của bài toán nhằm đảm bảo độ phân giải cao theo không gian cho bài toán. Ngoài ra, các kịch bản tính toán mực nước thiết kế, các thông số mực nước đầu vào được thống kê và tính toán trên cơ sở số liệu mực nước thực đo tại trạm Vũng Tàu và trạm Vàm Kênh. Do gặp điều kiện không có đủ số liệu để xây dựng trường ban đầu trên toàn miền sát nhất với thực tế. Để xử lý vấn đề này, nghiên cứu đã tiến hành chạy “warm up” mô hình, giúp mô hình đạt tới trạng thái gần nhất với thực tế, đảm bảo độ chính xác về kết quả tính toán.

#### 2.4. Xây dựng các kịch bản tính toán

- Nhóm kịch bản đánh giá tác động của lũ: Kịch bản ứng với mực nước tại Tân Châu H = 300 cm; Kịch bản ứng với mực nước tại Tân Châu H = 350 cm; Kịch bản ứng với mực nước tại Tân Châu H = 400 cm; Kịch bản ứng với mực nước tại Tân Châu H = 450 cm.

- Nhóm kịch bản đánh giá tác động của thủy triều theo tần suất: Kịch bản mực nước triều tần suất 1%; Kịch bản mực nước triều tần suất 2%; Kịch bản mực nước triều tần suất 5%; Kịch bản mực nước triều tần suất 10%.

- Nhóm kịch bản đánh giá thủy triều và lũ: Kịch bản đánh giá tác động ngập lụt của tổ hợp Lũ-Triều với mực nước tại Tân Châu H = 300 cm – Mực nước triều ứng với báo động cấp 2; Kịch bản đánh giá tác động ngập lụt của tổ hợp Lũ-Triều với mực nước tại Tân Châu H = 300 cm – Mực nước triều ứng với báo động cấp 3; Kịch bản đánh giá tác động ngập lụt của tổ hợp Lũ – Triều với mực nước tại Tân Châu H = 350 cm – Mực nước triều ứng với báo động cấp 2; Kịch bản đánh giá tác động ngập lụt của tổ hợp Lũ-Triều với mực nước tại Tân Châu H = 350 cm – Mực nước triều ứng với báo động cấp 3; Kịch bản đánh giá tác động ngập lụt của tổ hợp Lũ – Triều với mực nước tại Tân Châu H = 400 cm – Mực nước triều ứng với báo động cấp 2; Kịch bản đánh giá tác động ngập lụt của tổ hợp Lũ – Triều với mực nước tại Tân Châu H = 400 cm – Mực nước triều ứng với báo động cấp 3; Kịch bản đánh giá tác động ngập lụt của tổ hợp Lũ-Triều với mực nước tại Tân Châu H= 450 cm – Mực nước triều ứng với báo động cấp 2; Kịch bản đánh giá tác động ngập lụt của tổ hợp Lũ-Triều với mực nước tại Tân Châu H = 450 cm – Mực nước triều ứng với báo động cấp 3.



### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực

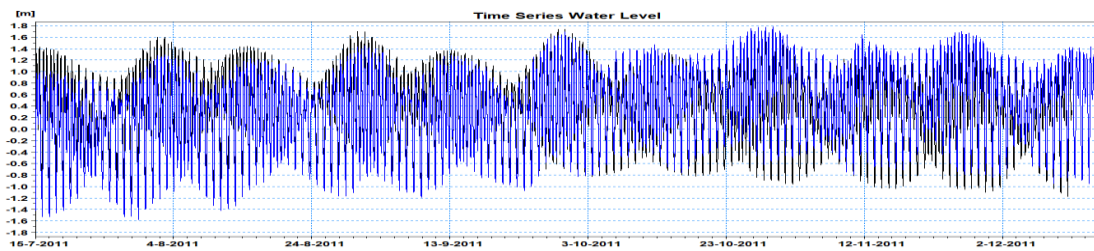
##### 3.1.1. Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình lũ

+ Hiệu chỉnh mô hình kết nối 1–2D: Từ các tài liệu địa hình hiện trạng của hệ thống, các tài liệu về mực nước, lượng mưa đo được trong trận lũ xảy ra từ ngày 15/07/2000 đến ngày 02/12/2000 và trận lũ từ ngày 17/07/2018 đến ngày 13/12/2018 tại trạm Mỹ Tho, Hòa Bình, Vàm Kênh để hiệu chỉnh và cho ra hệ số Nash cụ thể tại bảng 1.

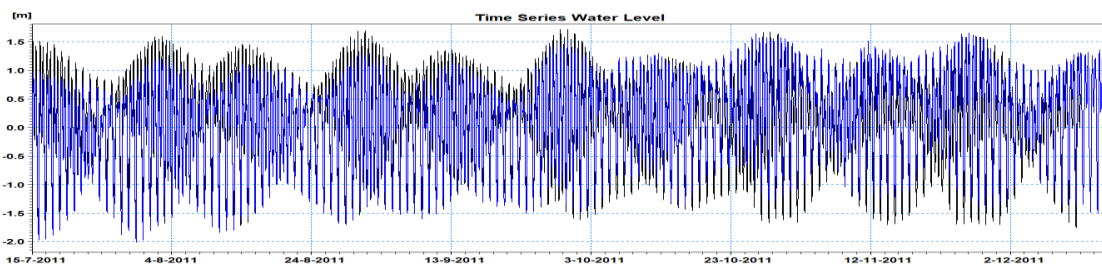
**Bảng 1.** Kết quả đánh giá hiệu chỉnh mô hình tại một số trạm.

Trạm	Trận lũ hiệu chỉnh	Hệ số Nash
Mỹ Tho	15/7–12/12/2000	0,76
Hòa Bình	15/7–12/12/2000	0,77
Vàm Kênh	15/7–12/12/2000	0,79
Mỹ Tho	16/7–13/12/2018	0,95
Hòa Bình	16/7–13/12/2018	0,94
Vàm Kênh	16/7–13/12/2018	0,95

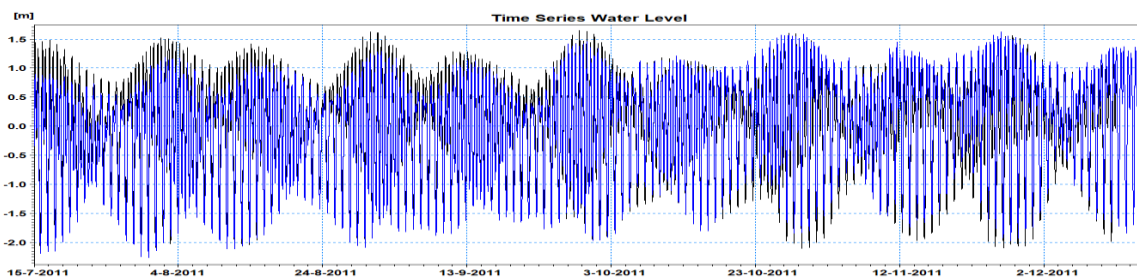
+ Kiểm định mô hình kết nối 1–2D: Sau khi hiệu chỉnh mô hình và dò tìm bộ thông số tối ưu nhất. Tiến hành kiểm định mô hình với trận lũ giai đoạn từ 15/7/2011 đến ngày 12/12/2011 tại 03 trạm Mỹ Tho, Hòa Bình và Vàm Kênh với kết quả đánh giá chỉ số Nash đạt từ 0,83–0,89 (Bảng 2).



**Hình 4.** Kiểm định trận lũ 15/7/2011–12/12/2011 trạm Mỹ Tho.



**Hình 5.** Kiểm định trận lũ 15/7/2011–12/12/2011 trạm Hòa Bình.



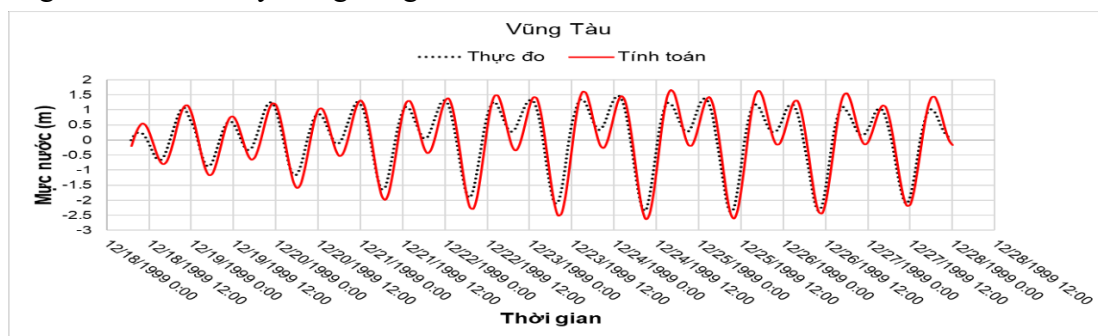
**Hình 6.** Kiểm định trận lũ 15/7/2011–12/12/2011 trạm Vàm Kênh.

**Bảng 2.** Kết quả đánh giá kiểm định mô hình tại một số trạm.

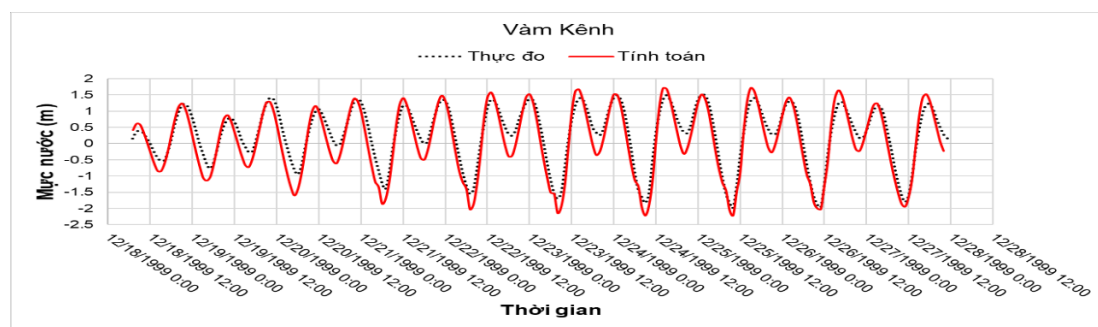
Trạm	Trận lũ kiểm định	Hệ số Nash
Mỹ Tho	15/7–12/12/2011	0,83
Hòa Bình	15/7–12/12/2011	0,84
Vàm Kênh	15/7–12/12/2011	0,89

3.1.2. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình triều

+ Hiệu chỉnh: Sử dụng các số liệu sóng, dòng chảy, mực nước được đo đạc trong thực tế do trong một dự án mà Đài đã trên địa bàn tỉnh Tiền Giang. Ngoài ra, các hệ số hiệu chỉnh mô hình còn được tham khảo từ các khoảng giá trị do nhà sản xuất đề xuất. Quá trình này được thử dần với những tham số mô hình trong phạm vi cho phép và tiếp cận gần đúng phù hợp với đặc trưng khu vực tính toán. Các kết quả tính toán hiệu chỉnh tại cả hai trạm đều cho kết quả rất tốt (Hình 7 và Hình 8). Về độ lớn mực nước triều, tại trạm Vũng Tàu, chênh lệch giữa tính toán và thực đo khá nhỏ, lớn nhất khoảng 0,2–0,4 m; trong khi đó, trạm Vàm Kênh cho kết quả chênh lệch độ lớn mực nước triều không lớn. Về pha triều, kết quả tính toán mô phỏng rất tốt pha triều của số liệu thực đo tại cả hai trạm. Các chỉ số đánh giá sai số gồm hệ số tương quan  $R^2$ , Nash, RMSE tại hai trạm đều trong khoảng giá trị rất tốt. Kết quả chi tiết đánh giá được trình bày trong bảng 3.



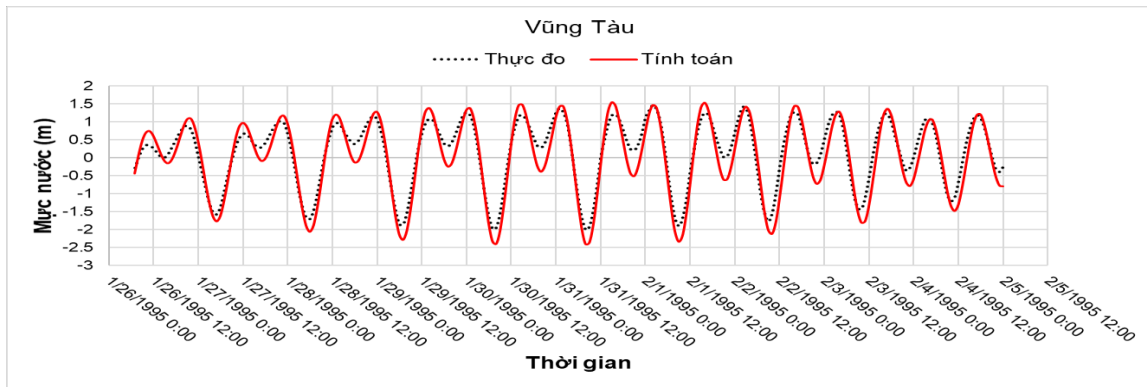
**Hình 7.** Mực nước thực đo và tính toán hiệu chỉnh tại trạm Vũng Tàu.



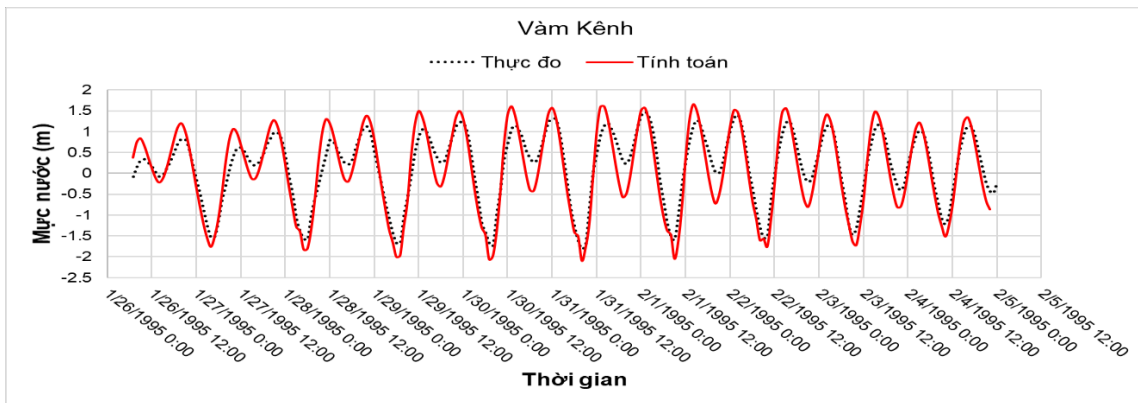
**Hình 8.** Mực nước thực đo và tính toán hiệu chỉnh tại trạm Vàm Kênh.

+ Kiểm định: Sử dụng số liệu đo đạc tháng 1/1995 và 1/2018 tại khu vực để tiến hành kiểm định mô hình. Các kết quả về kiểm định là xu hướng tốt với bộ các thông số hiện nay. Có thể thấy rằng mực nước tính toán đã bắt được xu hướng của đường thực đo cả về độ lớn và pha triều. Kết quả tính toán kiểm định tại cả hai trạm đều cho kết quả rất tốt (Hình 9–12). Về độ lớn mực nước triều, tại trạm Vũng Tàu và Vàm Kênh, chênh lệch giữa tính toán và thực đo khá nhỏ trong cả hai giai đoạn. Về pha triều, kết quả tính toán mô phỏng rất tốt pha triều của số liệu thực đo tại cả hai trạm. Các chỉ số đánh giá sai số gồm hệ số tương quan  $R^2$ , Nash, RMSE tại hai trạm đều trong khoảng giá trị rất tốt.

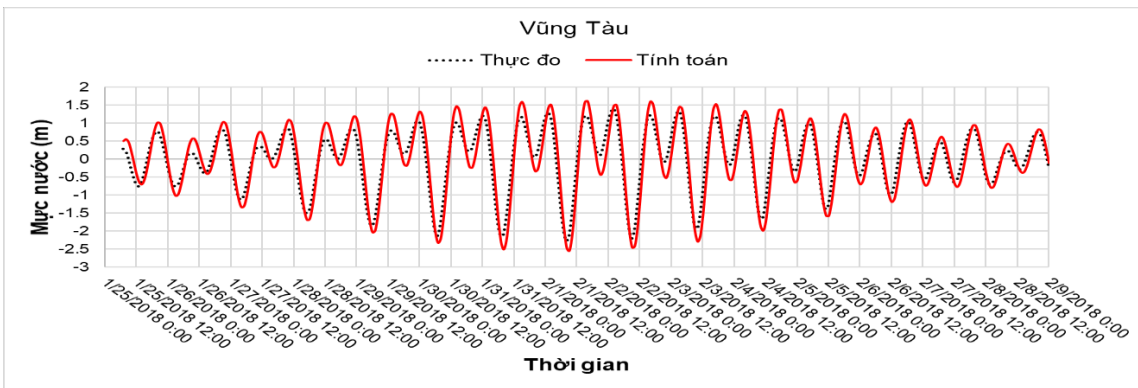




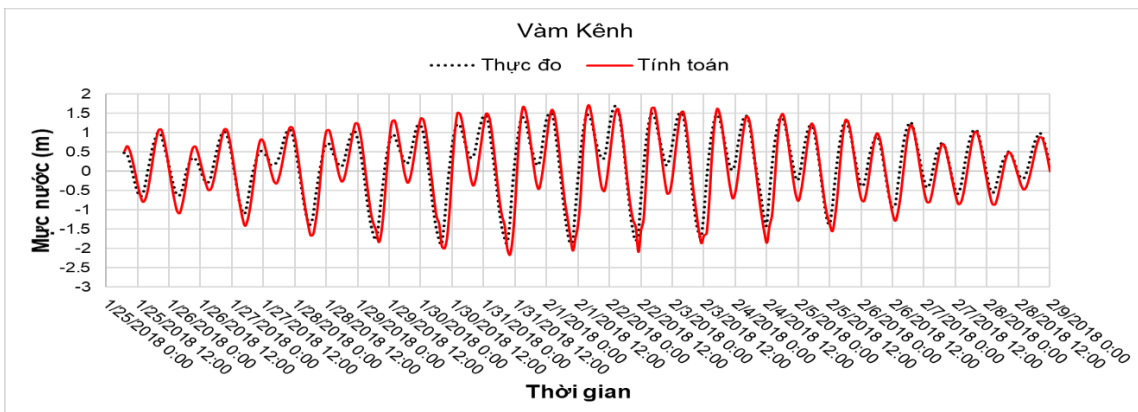
**Hình 9.** Mức nước thực đo và tính toán kiểm định tại trạm Vũng Tàu (năm 1995).



**Hình 10.** Mức nước thực đo và tính toán kiểm định tại trạm Vàm Kênh (năm 1995).



**Hình 11.** Mức nước thực đo và tính toán kiểm định tại trạm Vũng Tàu (năm 2018).



**Hình 12.** Mức nước thực đo và tính toán kiểm định tại trạm Vàm Kênh (năm 2018).

Bảng 3 cho thấy các kết quả kiểm định đều rất tốt, khẳng định bộ thông số cho các module thủy lực đã được lựa chọn phù hợp và hoàn toàn có thể tiến hành mô phỏng, tính toán các tác động của thủy triều theo các kịch bản cho bộ mô hình đã được thiết lập.

**Bảng 3.** Bảng đánh giá sai số tính toán.

Giai đoạn \ Chỉ số	Trạm Vũng Tàu			Trạm Vàm Kênh		
	R <sup>2</sup>	Nash	RMSE	R <sup>2</sup>	Nash	RMSE
Hiệu chỉnh (1999)	0,90	0,85	0,14	0,93	0,88	0,13
Kiểm định (1995)	0,91	0,85	0,13	0,91	0,89	0,12
Kiểm định (2018)	0,92	0,88	0,08	0,86	0,82	0,15

### 3.2. Kết quả xây dựng bộ bản đồ ngập lụt theo các kịch bản

#### 3.2.1. Kết quả đánh giá tác động lũ sông Cửu Long

Với kịch bản H = 300 cm thì tổng diện tích ngập trên khu vực ảnh hưởng khoảng 87,918 ha diện tích ngập ít nhất trong bốn kịch bản. Với độ sâu từ 0,2–0,5 m ngập nhiều nhất tại hai huyện Cái Bè (18,736 ha), huyện Tân Phước (13,641 ha) và huyện Cai Lậy (7,564 ha). Độ sâu từ 0,5–1 m ngập nhiều nhất tại huyện Cái Bè (5,563 ha) và huyện Gò Công Đông (4,316 ha). Độ sâu từ 1–2 m ngập nhiều nhất tại hai huyện Gò Công Đông (1,798 ha) và huyện Tân Phú Đông (1,589 ha) (Hình 13a).

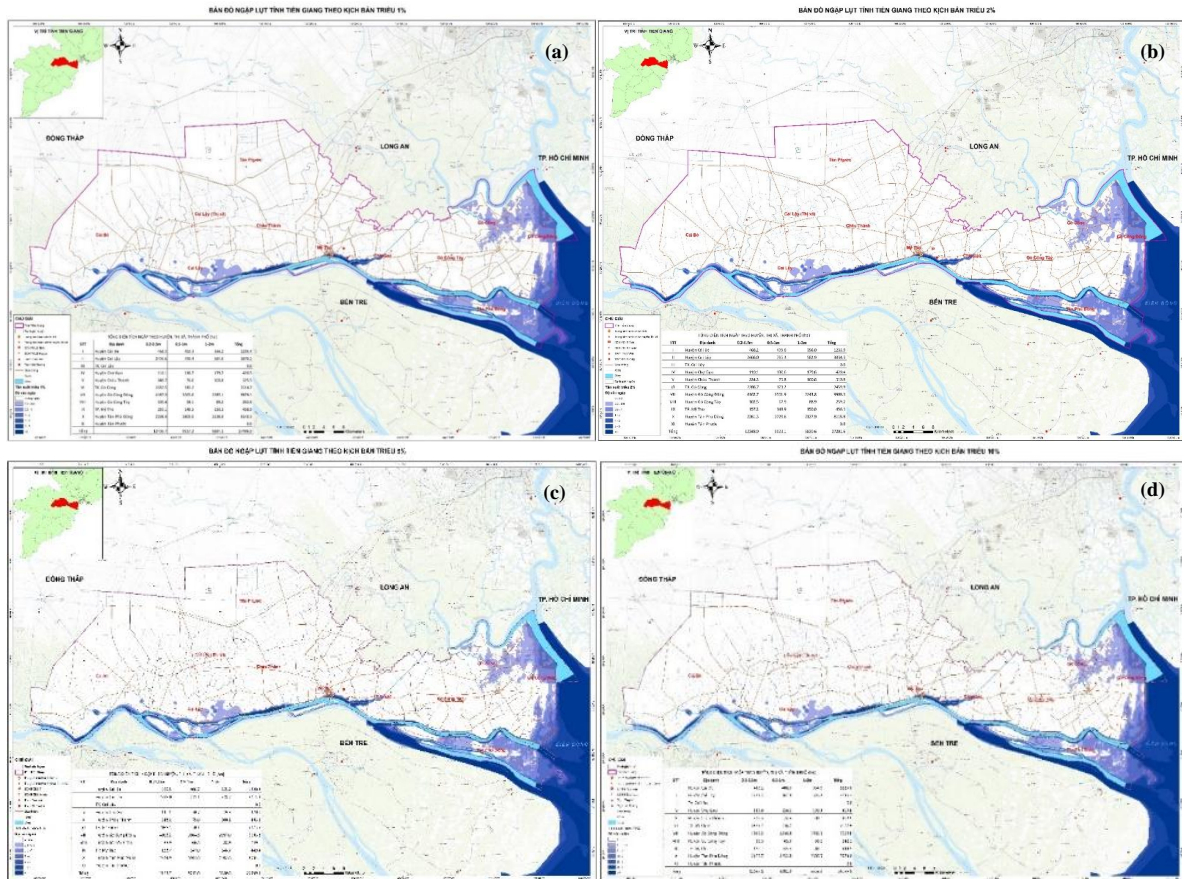
Với kịch bản H = 350 cm thì tổng diện tích ngập trên khu vực ảnh hưởng khoảng 90,865 ha. Ngập nhiều nhất tại huyện Cái Bè với diện tích khoảng 18,266 ha, diện tích ngập chiếm phần lớn nhưng chỉ chủ yếu ở độ sâu ngập 0,2–0,5m. Ngập ít nhất tại Thành phố Mỹ Tho (482 ha) và huyện Chợ Gạo (676 ha). Với độ sâu từ 0,2–0,5m ngập nhiều nhất tại hai huyện Cái Bè (18,266 ha), huyện Tân Phước (14,313 ha) và huyện Cai Lậy (7,581 ha). Độ sâu từ 0,5–1m ngập nhiều nhất tại huyện Cái Bè (7,139 ha) và huyện Gò Công Đông (4,317 ha). Độ sâu từ 1–2m ngập nhiều nhất tại hai huyện Gò Công Đông (1,798 ha) và huyện Tân Phú Đông (1,590 ha) (Hình 13b).

Với kịch bản H = 400cm thì tổng diện tích ngập trên khu vực ảnh hưởng khoảng 97,125 ha, chủ yếu các huyện, thị xã, thành phố ngập với độ sâu ngập từ 0,2–1m. Ngập nhiều nhất tại huyện Cái Bè với diện tích khoảng 27,723 ha. Với độ sâu từ 0,2–0,5m ngập nhiều nhất tại hai huyện Cái Bè (16,293 ha), huyện Tân Phước (15,501 ha). Độ sâu từ 0,5–1m ngập nhiều nhất tại huyện Cái Bè (16,293 ha) và huyện Tân Phước (15,501 ha). Độ sâu từ 1–2 m ngập nhiều nhất tại hai huyện Gò Công Đông (1,799 ha) và huyện Tân Phú Đông (1,592 ha) (Hình 13c).

Với kịch bản H = 450cm thì tổng diện tích ngập trên khu vực ảnh hưởng khoảng 154,503 ha kịch bản có diện tích ngập lớn nhất trong 4 kịch bản. Ngập nhiều nhất tại huyện Cái Bè với diện tích khoảng 28,299 ha, là huyện có diện tích ngập nhiều nhất tuy nhiên trên địa bàn huyện chủ yếu ngập với độ sâu từ độ sâu 0,2–1 m. Với độ sâu từ 0,2–0,5m ngập nhiều nhất tại hai huyện Cái Bè (15,809 ha), huyện Tân Phước (15,888 ha). Độ sâu từ 0,5–1 m ngập nhiều nhất tại huyện Cái Bè (12,082 ha) và huyện Gò Công Đông (4,318 ha). Độ sâu từ 1–2m ngập nhiều nhất tại hai huyện Gò Công Đông (1,799 ha) và huyện Tân Phú Đông (1,592 ha) (Hình 13d).







**Hình 14.** Minh họa bản đồ ngập lụt tỉnh Tiền Giang ứng với tần suất triều: (a) 1%; (b) 2%; (c) 5%; (d) 10%.

### 3.2.3. Kết quả đánh giá tác động của tổ hợp lũ–triều cường

Kết quả mô phỏng diện ngập với kịch bản đánh giá tác động ngập lụt của tổ hợp lũ H = 350 cm – báo động 2 cho thấy các ảnh hưởng lớn nhất của ngập lụt đến địa phương. Với độ sâu từ 0,2–0,5 m ngập nhiều nhất tại hai huyện Cái Bè (15293,7 ha), huyện Tân Phước (14243,4 ha). Độ sâu từ 0,5–1 m ngập nhiều nhất tại huyện Cái Bè (14134,0 ha). Độ sâu từ 1–2 m ngập nhiều nhất tại hai huyện Tân Phú Đông (2126,9 ha) và huyện Gò Công Đông (1344,6 ha) (Hình 15a).

Tại kịch bản tổ hợp lũ H = 350 cm – mực nước triều ứng với cấp báo động 3, với độ sâu từ 0,2–0,5 m ngập nhiều nhất tại huyện Tân Phước (15260,3ha) huyện Cái Bè (14809,9 ha). Độ sâu từ 0,5–1 m ngập nhiều nhất tại huyện Gò Công Đông (6993,7 ha) và huyện Tân Phước (15086,2 ha). Độ sâu từ 1–2 m ngập nhiều nhất tại hai huyện Gò Công Đông (4428,2 ha) và huyện Tân Phú Đông (4027,6 ha) (Hình 15b).

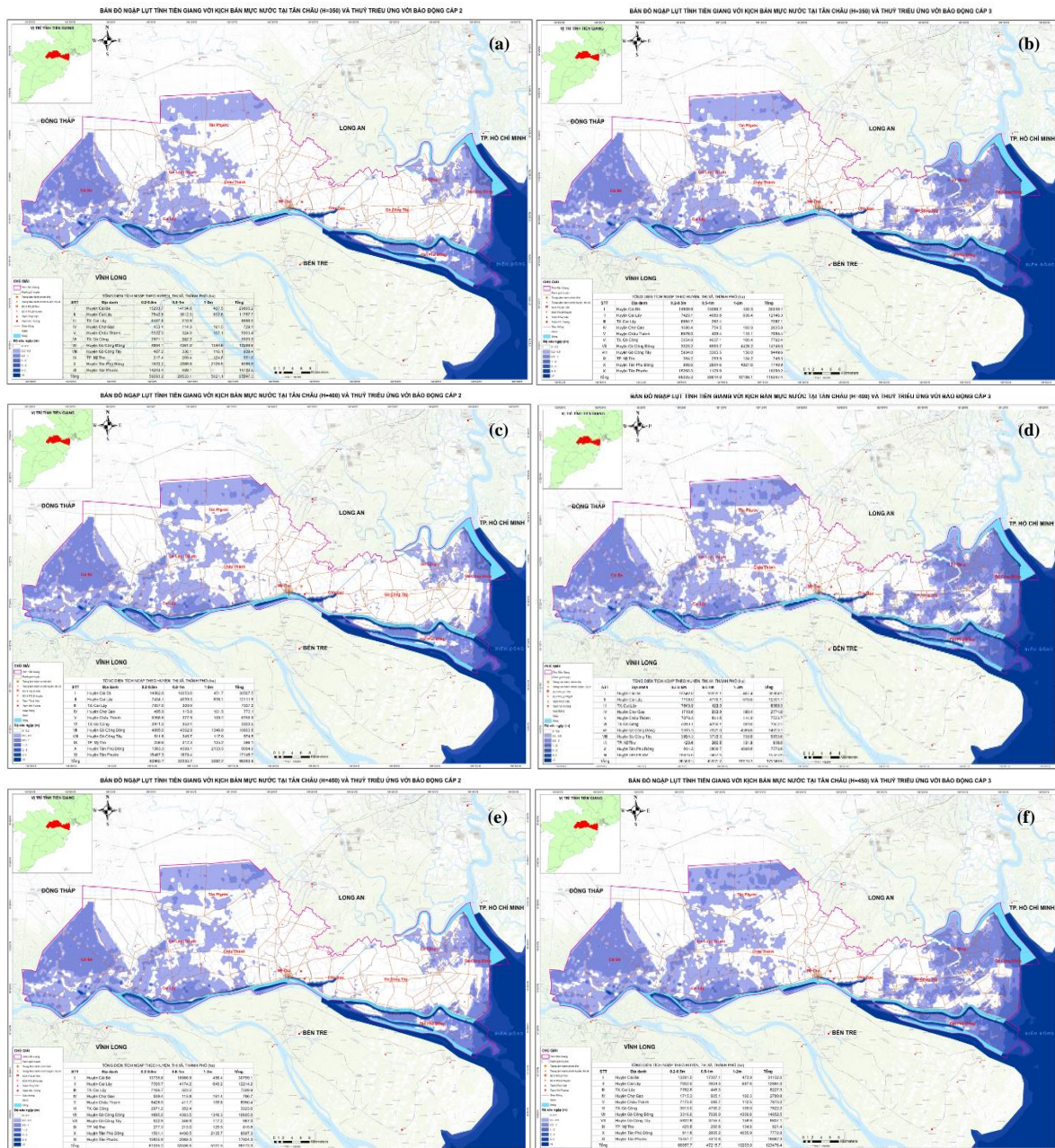
Tại nhóm kịch bản lũ 400 cm tại trạm Tân Châu – mực nước triều ứng với cấp báo động 2 cho diện tích ngập 98283,6 ha. Với độ sâu từ 0,2–0,5 m ngập nhiều nhất tại hai huyện Cái Bè (14062,8 ha), huyện Tân Phước (15467,3 ha). Độ sâu từ 0,5–1 m ngập nhiều nhất tại huyện Cái Bè (16053,0 ha). Độ sâu từ 1–2 m ngập nhiều nhất tại hai huyện Tân Phú Đông 2133,5 ha) và huyện Gò Công Đông (1346,0 ha) (Hình 15c).

Tại nhóm kịch bản lũ 400 cm tại trạm Tân Châu – mực nước triều ứng với cấp báo động 3 cho diện tích ngập 123349,8 ha. Với độ sâu từ 0,2–0,5 m ngập nhiều nhất tại hai huyện Cái Bè (13542,0 ha), huyện Tân Phước (15876,0 ha). Độ sâu từ 0,5–1 m ngập nhiều nhất tại huyện Cái Bè (16955,1 ha). Độ sâu từ 1–2 m ngập nhiều nhất tại hai huyện Tân Phú Đông (2133,5 ha) và huyện Gò Công Đông (1346,0 ha) (Hình 15d).



Tại nhóm kịch bản lũ 450 cm tại trạm Tân Châu – mực nước triều ứng với cấp báo động 2 cho diện tích ngập 99773,3 ha. Với độ sâu từ 0,2–0,5m ngập nhiều nhất tại hai huyện Cái Bè (13735,8 ha), huyện Tân Phước (15855,9 ha). Độ sâu từ 0,5–1 m ngập nhiều nhất tại huyện Cái Bè (16566,9 ha). Độ sâu từ 1–2 m ngập nhiều nhất tại hai huyện Tân Phú Đông (2135,7 ha) và huyện Gò Công Đông (1346,3 ha) (Hình 15e).

Tại nhóm kịch bản lũ 450 cm tại trạm Tân Châu – mực nước triều ứng với cấp báo động 3 cho diện tích ngập 123476,4 ha. Với độ sâu từ 0,2–0,5 m ngập nhiều nhất tại hai huyện Cái Bè (13291,0 ha), huyện Tân Phước (15415,7 ha). Độ sâu từ 0,5–1 m ngập nhiều nhất tại huyện Cái Bè (17367,1 ha). Độ sâu từ 1–2m ngập nhiều nhất tại hai huyện Tân Phú Đông (4055,9 ha) và huyện Gò Công Đông (4309,8 ha) (Hình 15f).



**Hình 15.** Minh họa bản đồ ngập lụt tỉnh Tiền Giang theo kịch bản đánh giá tác động ngập lụt của tổ hợp lũ: (a) H = 350 cm – mực nước triều ứng với cấp báo động 2; (b) H = 350cm – mực nước triều ứng với cấp báo động 3; (c) H = 400 cm – mực nước triều ứng với cấp báo động 2; (d) H = 400 cm – mực nước triều ứng với cấp báo động 3; (e) H = 450 cm – mực nước triều ứng với cấp báo động 2; (f) H = 450 cm – mực nước triều ứng với cấp báo động 3.

### 3.4. Phân tích, đánh giá tác động của ngập lụt tỉnh Tiền Giang

#### a) Đánh giá tác động của lũ đến ngập lụt tỉnh Tiền Giang

Trên địa bàn tỉnh Tiền Giang, Lũ trên sông Mê Công (dòng chính sông Tiền) có vai trò và ảnh hưởng rất lớn đến vấn đề ngập lụt trên địa bàn tỉnh. Những năm 2000, 2011, 2018 đã gây ra ngập lụt rất lớn trên địa bàn tỉnh, các số liệu của những năm này được sử dụng để thiết lập mô hình lũ, từ mô hình đã được hiệu chỉnh và kiểm định đã sử dụng để đánh giá với các kịch bản ngập lụt với các cấp mực nước tại trạm Tân Châu (3,0 m; 3,5 m; 4,0 m; 4,5 m) với diện tích ngập lụt trên địa bàn tỉnh Tiền Giang khoảng 87948,4 ha với kịch bản ứng với mực nước  $H = 300$  cm, diện tích ngập khoảng 90864,9 ha với kịch bản ứng với mực nước  $H = 350$  cm, diện tích ngập khoảng 97125,3 ha với kịch bản ứng với mực nước  $H = 400$  cm, diện tích ngập khoảng 99010,2 ha với kịch bản ứng với mực nước  $H = 450$  cm.

#### b) Đánh giá tác động của triều cường đến ngập lụt tỉnh Tiền Giang

Trong phạm vi của luận văn các kịch bản được thiết lập bao gồm 4 kịch bản về tần suất. Luận văn đã tiến hành phân tích đặc điểm thủy triều, từ đó xây dựng các kịch bản tần suất tương ứng với các mức tần suất triều theo các cấp báo động 2 và 3 được thống kê phân tích theo số liệu mực nước thực đo trong giai đoạn 1980–2019 tại trạm Vũng Tàu. Thời gian mô phỏng của mỗi kịch bản là 15 ngày. Các kết quả mô phỏng về tần suất mực nước cho thấy: phần lớn các huyện khu vực ven biển đều chịu ảnh hưởng ngập lụt dưới tác động mạnh bởi mực nước triều. Các khu vực ven biển, cửa sông – nơi vẫn chịu ảnh hưởng thủy triều bị ngập lụt tương đối rõ ràng. Trong khi đó, khu vực nội đất liền thì mức độ ảnh hưởng giảm dần và không còn tác động mạnh. Tổng diện tích ngập theo kịch bản về tần suất 1%, 2%, 5%, 10% lần lượt là: 27407 ha; 27202 ha; 26509 ha, 26057 ha. Trong đó, huyện Gò Công Đông, huyện Tân Phú Đông, huyện Gò Công Tây là các huyện có diện tích ngập lớn nhất (theo kịch bản tần suất mực nước 1%, huyện Gò Công Đông có diện tích ngập lên tới 9979 ha).

#### c) Đánh giá tác động của tổ hợp lũ–triều cường đến ngập lụt tỉnh Tiền Giang

Với các kịch bản lũ–triều là tổ hợp các kịch bản lũ kết hợp với triều cường được xây dựng dựa trên các kịch bản lũ và các kịch bản triều, từ đó xây dựng tổ hợp kịch bản lũ với mực nước tại trạm Tân Châu với các cấp mực nước khác nhau: 3,0 m, 3,5 m, 4,0 m, 4,5 m... tương ứng với mực nước triều cấp báo động 2 và báo động 3 được thống kê phân tích theo số liệu mực nước thực đo trong giai đoạn 1980–2019 tại trạm Vũng Tàu. Từ tổ hợp các kịch bản như trên, tính toán và mô phỏng ngập lụt cho địa bàn tỉnh Tiền Giang.

Với kịch bản tổ hợp lũ  $H = 300$  cm – mực nước triều ứng với cấp báo động 2, với độ sâu từ 0,2–0,5 m ngập nhiều nhất tại huyện Tân Phước (15673,1 ha) huyện Cái Bè (14812,0 ha). Độ sâu từ 0,5–1 m ngập nhiều nhất tại huyện Cái Bè (14748,1 ha). Độ sâu từ 1–2 m ngập nhiều nhất tại hai huyện Gò Công Đông (953,4 ha); với kịch bản lũ 450 cm tại trạm Tân Châu – mực nước triều ứng với cấp báo động 3 cho diện tích ngập 123476,4 ha. Với độ sâu từ 0,2–0,5 m ngập nhiều nhất tại hai huyện Cái Bè (13291,0 ha), huyện Tân Phước (15415,7 ha). Độ sâu từ 0,5–1m ngập nhiều nhất tại huyện Cái Bè (17367,1 ha). Độ sâu từ 1–2m ngập nhiều nhất tại hai huyện Tân Phú Đông (4055,9 ha) và huyện Gò Công Đông (4309,8 ha). Nhìn chung, dưới ảnh hưởng tổ hợp của lũ và triều, các huyện Cái Bè, Gò Công Đông, Tân Phú Đông là các huyện chịu ảnh hưởng lớn nhất với phạm vi ngập dưới 1m. Trong phạm vi ngập lớn (trên 5 m), huyện Gò Công Đông và Tân Phú Đông là huyện có nguy cơ chịu ảnh hưởng nặng nề nhất tại tỉnh Tiền Giang.

## 4. Kết luận

Thông qua các nội dung trong nghiên cứu từ: thu thập tài liệu, phân tích tính toán các yếu tố khí tượng thủy văn, thủy lực và xây dựng bản đồ ngập lụt do lũ, triều cường gây ra kết quả có độ tin cậy cao. Đây là cơ sở khoa học vững chắc, hiển thị trực quan sinh động và có khả năng ứng dụng thực tiễn rất cao để phục vụ cho địa phương xây dựng kế hoạch phòng chống lũ lụt hàng năm, cũng như có các phương án di tản dân cư trong những tình huống xảy



ra lũ, triều cường, bão. Dựa vào kết quả tính toán xây dựng bản đồ ngập lụt các các đơn vị tại địa phương có thể kế thừa để phục vụ công tác lập phương án ứng phó thiên tai thuộc đơn vị mình quản lý. Trên cơ sở các kết quả, nhất là các bản đồ mô phỏng theo các kịch bản kết hợp với số liệu cụ thể địa phương có thể đưa vào ứng dụng trong thực tiễn, cung cấp cho cơ quan quản lý, dân cư vùng hạ du chuẩn bị các phương án cảnh báo, giải pháp ứng cứu và khắc phục nhằm giảm thiệt hại về người và tài sản nếu có các tình huống ngập lụt xảy ra.

Tuy nhiên, bên cạnh đó trên cơ sở lý thuyết nghiên cứu khoa học khi so sánh với những số mô phỏng, số liệu thực tế ở phạm vi nhỏ tại địa phương chưa phù hợp. Nguyên nhân khách qua là còn có sai số của mô hình tính toán. Lớn nhất là chưa thống kê, nắm được hết các số liệu thực tế về địa hình, nhất là các đê bao, cơ sở hạ tầng thủy lợi một cách chính xác để có thể đưa vào tính toán, hiệu chỉnh mô hình một cách chính xác phù hợp với thực tế nhất.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: P.H.Q.T., Đ.Q.T., T.N.A.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: P.H.Q.T., T.N.A.; Xử lý số liệu: P.H.Q.T., N.B.T.; Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình: P.H.Q.T., N.B.T.; Viết bản thảo bài báo: P.H.Q.T., Đ.Q.T., T.N.A.; Chỉnh sửa bài báo: P.H.Q.T., Đ.Q.T., T.N.A.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của dự án nghiên cứu khoa học cấp tỉnh “Xây dựng mô hình dự báo xuất hiện lũ trên địa bàn tỉnh Tiền Giang” do Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ thực hiện; cơ quan chủ trì: Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn tỉnh Tiền Giang; cơ quan quản lý: Ủy ban nhân dân tỉnh Tiền Giang. Bên cạnh đó, tập thể tác giả trân trọng cảm ơn sự giúp đỡ của các sở ban ngành địa phương tỉnh Tiền Giang, Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ; Trung tâm động lực thủy khí môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – Đại học Quốc gia Hà Nội và hai giáo viên hướng dẫn luận văn thạc sĩ trong quá trình khảo sát và thực hiện nghiên cứu này.

**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. Yu, W.; Kim, Y.; Lee, D.E.; Lee, G. Hydrological assessment of basin development scenarios: Impacts on the Tonle Sap Lake in Cambodia. *Quat. Int.* **2018**, *503(A)*, 115–127.
2. Kanda, E.K.; Kosgei, J.R.; Kipkorir, E.C. Simulation of organic carbon loading using MIKE 11 model: A case of River Nzoia, Kenya. *Water Pract. Technol.* **2015**, *10(2)*, 298–304.
3. Pagano, T.C. Evaluation of Mekong River commission operational flood forecasts, 2000–2012. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* **2013**, *10(11)*, 14433–14461.
4. Rahman, M.; Arya, D.S.; Goel, N.K.; Dhamy, A.P. Design Flow and Stage Computations in the Teesta River, Bangladesh, Using Frequency Analysis and MIKE 11 Modeling. *J. Hydrol. Eng.* **2010**, *16(2)*, 176–186.
5. Kozel, T.; Starý, M. Stochastic Forecast of Flow Reservoir Behaviour. *Procedia Earth Planet. Sci.* **2015**, *15*, 940–944.
6. Linh, N.T.M.; Tri, D.Q.; Thai, T.H.; Don, N.C. Application of a two-dimensional model for flooding and floodplain simulation: Case study in Tra Khuc–Song Ve river in Viet Nam. *Lowland Technol. Int.* **2018**, *20(03)*, 367–378.
7. Phuong, Đ.T.L. Nghiên cứu ứng dụng mô hình MIKE từng bước hoàn thiện công nghệ dự báo lũ sông Hồng – Thái Bình, Luận văn Thạc sĩ khoa học, Đại học khoa học tự nhiên, Đại học quốc gia Hà Nội, 2012.
8. Dat, T.T.; Tri, D.Q.; Truong, D.D.; Hoa, N.H. Application of Mike Flood Model in Inundation Simulation with the Dam-break Scenarios: A Case Study of DakDrinh Reservoir in Vietnam. *Int. J. Sci. Eng.* **2019**, *12(01)*, 60–70.

9. Trí, Đ.Q.; Nga, P.T. Nghiên cứu xây dựng bộ công cụ tích hợp dự báo lũ, cảnh báo ngập lụt cho 03 lưu vực sông: Thạch Hãn, Vu Gia–Thu Bồn và Trà Khúc–Sông Vệ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, 736, 93–110.
10. Trí, Đ.Q. Ứng dụng mô hình thủy văn–thủy lực kết hợp mưa dự báo IFS phục vụ cảnh báo lũ, ngập lụt hạ lưu sông Vu Gia–Thu Bồn. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, 703, 27–41.
11. Nguyễn, T.C. Nghiên cứu, ứng dụng mô hình kết nối MARINE và IMECH1D dự báo lưu lượng vào hồ Hòa Bình. Luận văn thạc sỹ, Đại học Quốc gia Hà Nội, Việt Nam, 2010, tr. 91.
12. Chanh, B.V.; Anh, T.N. Thử nghiệm tích hợp mô hình MARINE và mô hình sóng động học một chiều trên lưu vực sông Cái Nha Trang. *Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu* **2020**, 14, 45–55.
13. Thuật, N.Đ.; Lập, B.Đ.; Xuyên, N.T.; Thúy, N.T. Công nghệ dự báo quá trình lũ và cảnh báo ngập lụt thành phố Cao Bằng. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2018**, 686, 30–36.
14. Thái, T.H.; Anh, N.N. Tính toán trường sóng trong bão bằng mô hình MIKE 21. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2011**, 604, 49–56.
15. Thục, T. Báo cáo đề tài “Xây dựng công nghệ tính toán dự báo lũ lớn hệ thống sông Hồng – Thái Bình”, 2011.
16. DHI. MIKE Flood User Manual, Danish Hydraulic Institute, Copenhagen, 2017.
17. Tỉnh Tiền Giang. Cổng thông tin điện tử tỉnh Tiền Giang. 2019. Available: <http://tiengiang.gov.vn/chi-tiet-tin/?gioi-thieu-ve-tien-giang/11243313>.
18. Thương, T.V.; Ngọt, P.V.; Hùng, Đ.N. Biểu hiện Biến đổi Khí hậu và Nước biển dâng tại tỉnh Tiền Giang giai đoạn 1978–2015. *Tạp chí Khoa học ĐHSP TPHCM* **2016**, 9(87), 188–200.
19. DHI. MIKE 11 User Manual, Danish Hydraulic Institute, Copenhagen, 2017.
20. DHI. MIKE 21 User Manual, Danish Hydraulic Institute, Copenhagen, 2017.

## **Assessment of inundation impacts in Tien Giang Province**

**Pham Ho Quoc Tuan<sup>1\*</sup>, Doan Quang Tri<sup>2</sup>, Tran Ngoc Anh<sup>3</sup>, Nguyen Bach Tung<sup>3\*</sup>**

<sup>1</sup> Hydrometeorological Station of the Southern Region; phamhoquoctuan@yahoo.com

<sup>2</sup> Vietnam Journal of Hydrometeorology, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration, Hanoi; doanquangtriktvt@gmail.com

<sup>3</sup> Faculty of Hydrology, Meteorology and Oceanography, VNU University of Sciences, Vietnam National University, Hanoi; tranngocanh@hus.edu.vn; bachtung\_cefd@hus.edu.vn

**Abstract:** This study used the combination of MIKE 11, MIKE 21, MIKE FLOOD models to assess the impact of inundation in Tien Giang Province with three flood historical events in November 2013, November 2017, and November 2020. The results of flood tracks and cross-sections survey were collected during the flood season in 2020 to determine the model parameters. The simulation and calculation results show a good correlation between the calculated and observed data. The model parameters are applied to simulate and evaluate the inundation according to scenarios in Tien Giang Province. The results of the inundation warning maps according to the scenarios combined with the specific data of each locality can support the management agencies and local residents to warn, respond and overcome damage about the people and property if flood situations occur.

**Keywords:** MIKE FLOOD; Inundation; Tien Giang.