

Bài báo khoa học

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

Phạm Hồ Quốc Tuấn^{1*}, Nguyễn Bách Tùng^{2*}, Đoàn Quang Trí³, Trần Ngọc Anh^{2,4}, Nguyễn Văn Nhật⁵

¹ Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ; phamhoquoctuan@yahoo.com

² Trung tâm Động lực học Thủy khí Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; bachtung_cefd@hus.edu.vn

³ Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn; doanquangtrikttv@gmail.com

⁴ 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

⁵ Trung tâm Ứng dụng công nghệ khí tượng thủy văn; vannhat.tv@gmail.com

*Tác giả liên hệ: phamhoquoctuan@yahoo.com; Tel.: +84-913716491
bachtung_cefd@hus.edu.vn; Tel: +84-979557265

Ban Biên tập nhận bài: 15/6/2022; Ngày phản biện xong: 16/8/2022; Ngày đăng bài: 25/8/2022

Tóm tắt: Nghiên cứu đã thiết lập bộ công cụ mô hình MIKE FLOOD kết nối MIKE 11 và MIKE 21 với bộ số liệu mặt cắt, công trình cập nhật và hiệu chỉnh, kiểm định cho mùa lũ các năm 2000, 2011 và 2018. Kết quả tính toán mô phỏng cho thấy kết quả tương quan tốt giữa số liệu tính toán và thực đo, từ đó bộ mô hình được sử dụng để mô phỏng và đánh giá ngập lụt trên địa bàn tỉnh Tiền Giang theo các kịch bản do ảnh hưởng của lũ thượng nguồn, của triều cường và tổ hợp lũ–triều cường. Bản đồ ngập lụt và đánh giá ngập lụt được tính toán chi tiết cho từng kịch bản và có thể đưa vào ứng dụng trong thực tiễn, cung cấp thông tin tin cậy cho cơ quan quản lý địa phương phục vụ xây dựng quy hoạch phát triển kinh tế xã hội cũng như xây dựng các phương án ứng phó và khắc phục nhằm giảm 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

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 và 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... với các diễn biến của thiên tai ngày càng phức tạp, dị thường và có xu hướng cực đoan hơn [1]. Gần đây nhất, năm 2011 xảy ra lũ lớn ở ĐBSCL với đỉnh lũ ở Tân Châu đạt 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: tại Hậu Mỹ Bắc mực nước đạt đỉnh 2,43 m, tại Mỹ Phước Tây đạt 2,11 m; đã gây thiệt hại lớn về người và cơ sở vật chất cho 04 huyện phía Tây [1]. Ngoài ra hàng năm có nhiều đợt triều

cường dâng nước làm ngập úng nhiều vùng, gây thiệt hại không nhỏ về hoa màu, cây ăn trái... cho các cộng đồng dân cư trong tỉnh. 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 việc nghiên cứu đánh giá tác động của ngập lụt đối với các địa phương trong tỉnh có vai trò hết sức quan trọng. 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.

Trên thế giới và trong nước việc nghiên cứu, áp dụng các mô hình thủy văn, thủy lực cho việc mô phỏng, đánh giá ảnh hưởng của lũ, ngập lụt đã được sử dụng rất phổ biến, nhiều mô hình và bộ công cụ đã được xây dựng và áp dụng cho các hệ thống sông [2–11]. Trong những năm gần đây, một trong những mô hình được ứng dụng nhiều trong công tác mô phỏng lũ và ngập lụt ở Việt Nam là bộ mô hình MIKE [12–18] do tính thân thiện với người sử dụng, có độ tin cậy cao, tương thích với nhiều dạng số liệu đầu vào và đầu ra, dễ dàng tích hợp với các công cụ GIS. Vì vậy, trong nghiên cứu này lựa chọn ứng dụng mô hình MIKE với các mô đun MIKE11, MIKE21 và công cụ kết nối MIKE FLOOD để mô phỏng ngập lụt cho khu vực tỉnh Tiền Giang và sử dụng các kết quả đó để đánh giá tác động của ngập lụt.

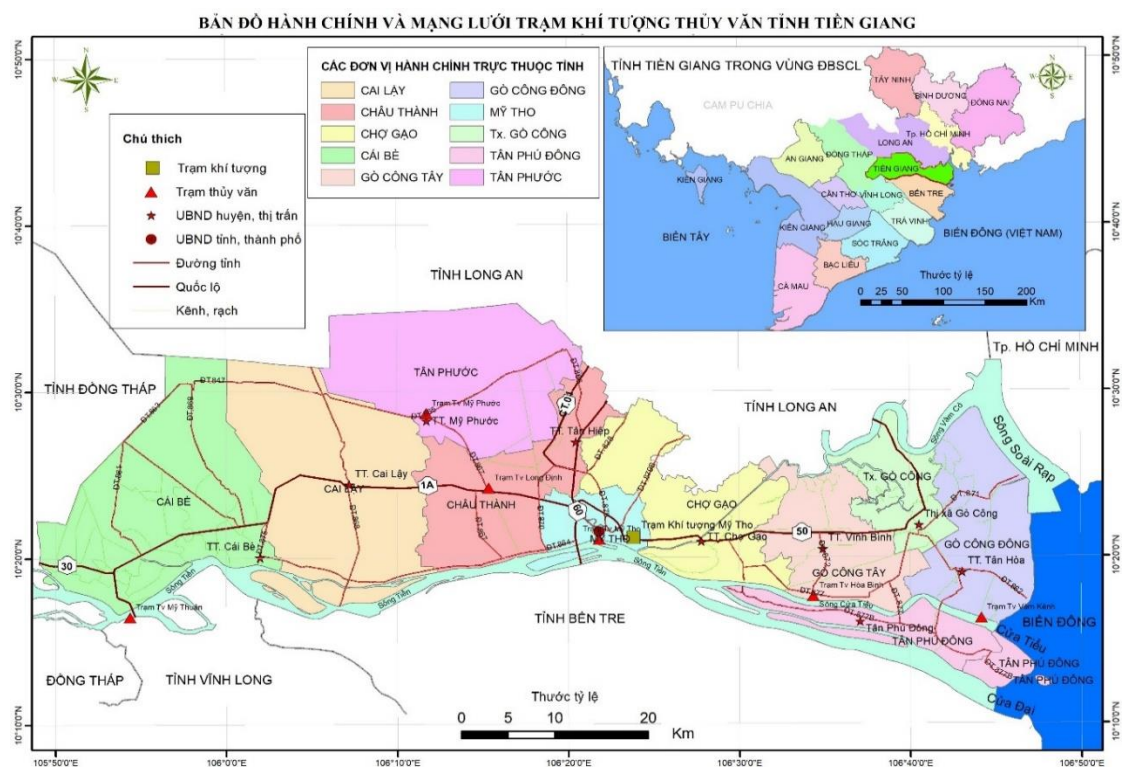
2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Tiền Giang là tỉnh nằm trải dài trên bờ Bắc sông Tiền với chiều dài trên 120 km (Hình 1), 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 Long An, tỉnh Đồng Tháp, Vĩnh Long, Bến Tre và phía Đông giáp biển Đông. Tiền Giang có diện tích tự nhiên là 2.556 km², chiếm 0,76% diện tích cả nước và chiếm 6,2% diện tích Đồng bằng sông Cửu Long [19]. Tiền Giang thuộc khu vực nhiệt đới Bắc bán cầu, mang tính chất nhiệt đới, gió mùa cận xích đạo với 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 từ tháng 05 đến tháng 11 và mùa khô từ tháng 12 đến tháng 04 năm sau và dòng chảy sông ngòi cũng có mùa lũ từ tháng 08 đến tháng 11 và mùa kiệt từ tháng 12 đến 07 tháng năm sau.

Tiền Giang có mạng lưới sông, rạch chằng chịt, bờ biển dài, các con sông chảy qua tỉnh Tiền Giang gồm có: Sông Tiền là nguồn cung cấp nước ngọt chính, chảy 115 km qua lãnh thổ Tiền Giang, sông Vàm Cỏ Tây nhận nước tiêu lũ từ Đồng Tháp Mười thoát ra và là 1 tuyến xâm nhập mặn chính. Ngoài ra, trên địa bàn tỉnh còn có một số sông, rạch nhỏ thuộc lưu vực sông Tiền và sông Vàm Cỏ Tây góp phần rất quan trọng trong việc lưu thông, vận chuyển hàng hoá và phục vụ sản xuất như : Cái Cối, Cái Bè, Ba Rài, Trà Tân, Phú Phong, Rạch Râm, Bảo Định, Kỳ Hôn, Vàm Giồng, Long Ung, Gò Công, sông Trà v.v...

Trên vùng Đồng bằng sông Cửu Long có tất cả 38 trạm thủy văn đo mực nước và có 5 trạm đo lưu lượng nước là trạm Tân Châu, Mỹ Thuận trên sông Tiền, trạm Châu Đốc, Cần Thơ trên sông Hậu và trạm Vàm Nao trên sông Vàm Nao thuộc mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn quốc gia.

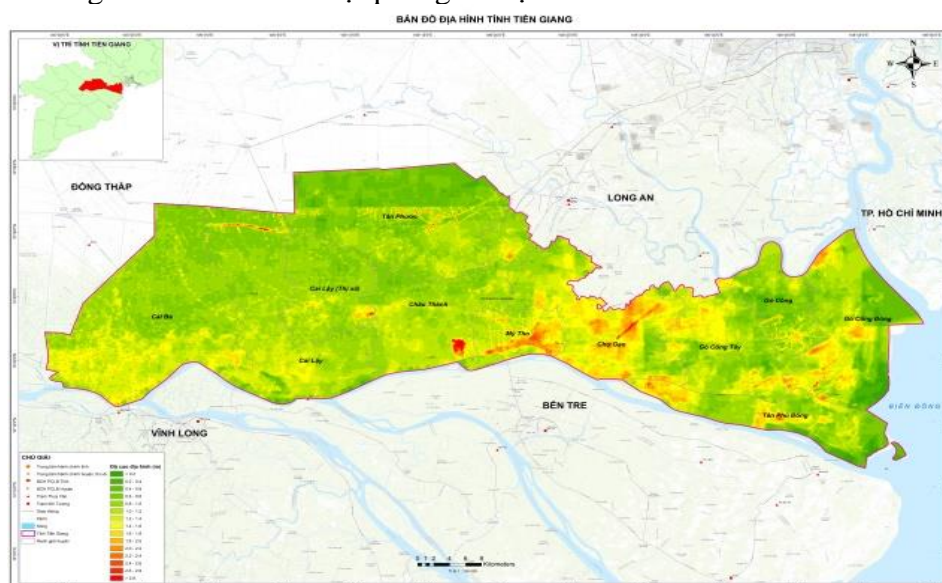


Hình 1. Bản đồ hành chính và mạng lưới trạm Khí tượng Thủy văn tỉnh Tiền Giang.

2.2. Thu thập và xử lý dữ liệu

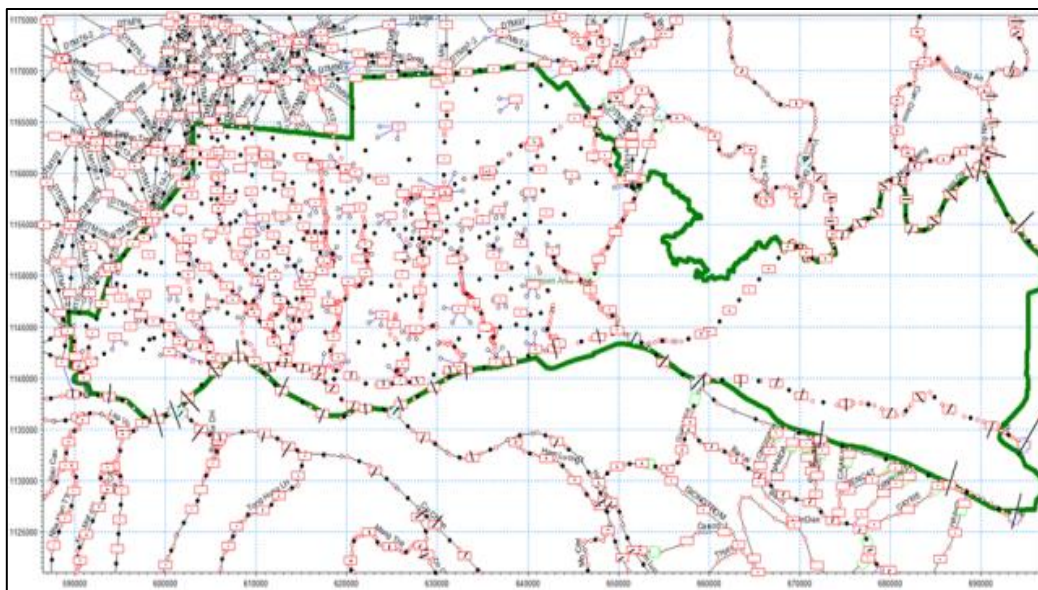
Số liệu khí tượng thủy văn: Các trận mưa lớn trong giai đoạn 2000–2021 tại các trạm Ba Tri, Cai Bè, Chợ Gạo, Gò Công, Mỹ Tho, Phú Mỹ, Vĩnh Long; số liệu quan trắc mực nước lũ tại các trạm thủy văn trong tỉnh Tiền Giang và lân cận gồm Cây Lậy, Long Định, Hòa Bình, Mộc Hóa, Mỹ Thuận, Tân Châu, Trường Xuân, Mỹ Tho, Vàm Kênh, Vũng Tàu giai đoạn 2000–2021; số liệu quan trắc lưu lượng tại các trạm Tân Châu, Châu Đốc, Cần Thơ, Mỹ Thuận giai đoạn 2000–2020.

Dữ liệu địa hình: Bản đồ địa hình tỷ lệ 1:10.000, 1:5.000, 1:2.000 tại khu vực nghiên cứu được cung cấp bởi Cục đo đạc và Bản đồ Việt Nam, Bộ Tài nguyên và Môi trường. Bản đồ số độ cao (DEM) với độ phân giải 30m × 30m bằng công cụ GIS, hệ tọa độ của VN2000, kinh tuyến trung tâm 105° và cao độ quốc gia Việt Nam.



Hình 1. Bản đồ DEM khu vực nghiên cứu.

Tài liệu mặt cắt sông: Tài liệu mặt cắt sông 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.



Hình 2. Minh họa một số mặt cắt trong mô hình.

Tài liệu về công trình: đã thu thập khoảng 19 tuyến đê bao ven biển và ven sông lớn, với tổng chiều dài 177.373,50m, bề rộng mặt đê trung bình 4,5 m.

Bên cạnh nghiên cứu đã thu thập các dữ liệu khác gồm: Bản đồ hiện trạng sử dụng đất vùng Đồng bằng sông Cửu Long và tỉnh Tiền Giang (Sở Tài nguyên môi trường tỉnh Tiền Giang); tài liệu bản đồ địa hình tỷ lệ 1:50.000 toàn bộ khu vực ven biển từ Trà Vinh đến Vũng Tàu bao gồm tỉnh Tiền Giang (Tổng cục Biển và Hải đảo thực hiện năm 2018); bản đồ địa hình trên cạn tỷ lệ 1:50.000 tỉnh Tiền Giang (Bộ Tài nguyên Môi trường); dữ liệu địa hình biển toàn cầu của GEBCO [20] với độ phân giải 0,5'.

Toàn bộ các số liệu, dữ liệu kể trên được phân tích, rà soát, đánh giá và xử lý để đồng bộ hóa, đưa về cao độ chuẩn Quốc gia, nắn chỉnh phù hợp với thực tế và đảm bảo đồng nhất trước khi sử dụng trong tính toán và mô phỏng.

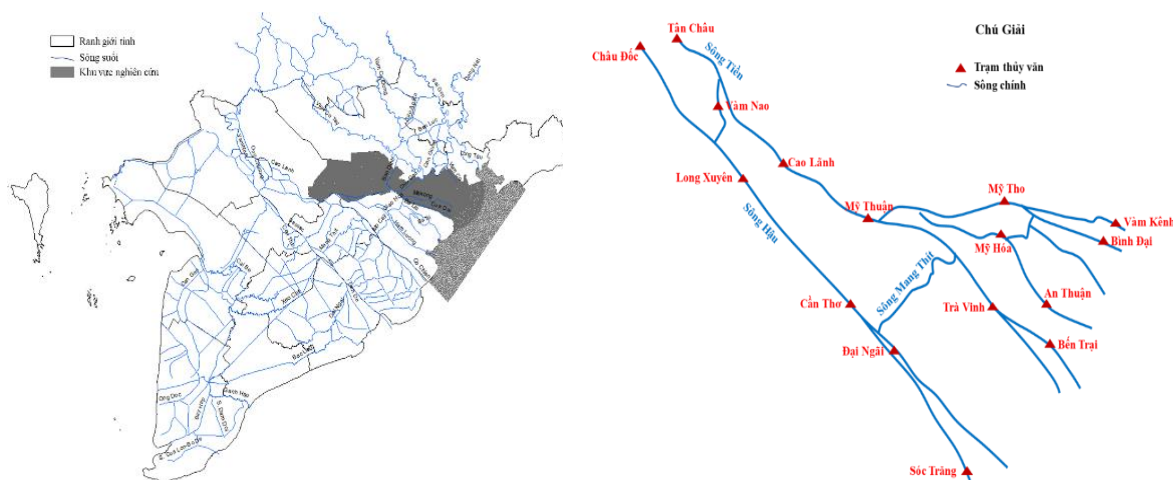
2.3. Thiết lập mô hình

MIKE 11 là mô hình thủy lực, một chiều nhằm phân tích chi tiết, thiết kế, quản lý và vận hành cho sông và hệ thống kênh dẫn đơn giản và phức tạp. Trong nghiên cứu này mô-đun thủy động lực (HD) là một phần trọng tâm của hệ thống thiết lập mô hình MIKE 11 và hình thành cơ sở cho mô-đun phục vụ dự báo lũ và mô phỏng ngập lụt cho khu vực hạ lưu [21]; Mô hình MIKE 21FM (*MIKE 21 Flow Model FM*) là mô hình thủy lực hai chiều, 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 [22]; MIKE FLOOD là một hệ thống mô hình thủy lực kết nối giữa mô hình một chiều MIKE 11 và mô hình MIKE 21 lưới chữ nhật hoặc MIKE 21FM lưới phi cấu trúc [23]. 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 thì mô phỏng tốt ở đây [23].

2.3.1. Thiết lập mô hình thủy lực 1 chiều

Tỉnh Tiền Giang nằm ở khu vực hạ lưu sông Mê Kông đổ ra Biển Đông, chế độ thủy văn phụ thuộc vào lượng nước từ thượng nguồn đổ về, sự phân bố dòng chảy giữa các nhánh

sông, kênh, sự tác động của chế độ thủy hải văn khu vực biển Đông,... Do vậy, để có thể mô phỏng được mức độ ngập lụt cần thiết phải mở rộng hệ thống thủy lực một chiều cho toàn bộ khu vực Đồng bằng sông Cửu Long (Hình 4).



Hình 4. (a) Sơ đồ mạng lưới thủy lực; (b) Sơ đồ thủy lực các nhánh sông chính dự kiến.

Các biên của mô hình bao gồm:

- Biên trên của mô hình là tại trạm thủy văn Tân Châu, trạm thủy văn Châu Đốc (thuộc phần sông chính sông Tiền, sông Hậu);
- Biên trên còn lại của mô hình là sông Vàm Cỏ Đông, Vàm Cỏ Tây và các nhập lưu khu giữa được tính toán bằng mô hình NAM và kết nối trực tiếp với mạng lưới thủy lực 1 chiều;
- Biên dưới của mô hình là 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.
- Biên trên dùng các số liệu mực nước của trạm Tân Châu và Châu Đốc được thu thập từ đo đạc thực tế và các số liệu thu thập, biên dưới sử dụng kết quả mô hình dự tính toàn cầu về mực nước.

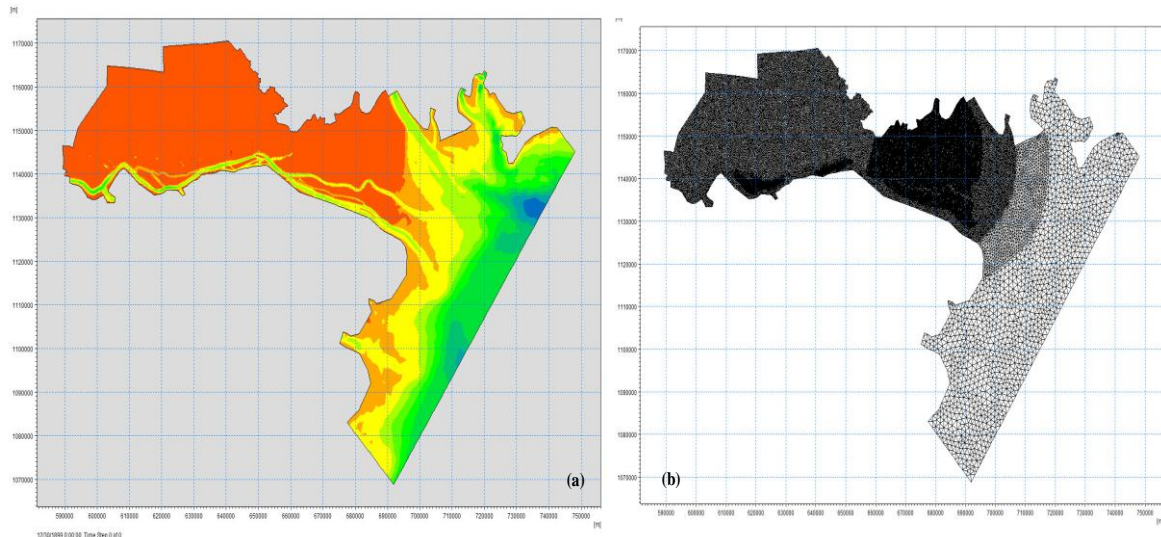
2.3.2. Thiết lập mô hình 2 chiều

Để mô phỏng chi tiết mức độ và diện ngập lụt tỉnh Tiền Giang, mô hình 2 chiều được sử dụng bao phủ toàn bộ tỉnh Tiền Giang (Hình 5a), với lưới tính phi cấu trúc gồm ... ô lưới, có kích thước thay đổi từ khoảng 500–3000 m ở khu vực biển ven bờ, 100–200 ở các khu vực bằng phẳng, ít có biến động về địa hình, và chi tiết đến 10–30 m ở các khu vực dân cư, công trình hạ tầng, khu vực có địa hình biến động (Hình 5b).

Biên trên dùng các số liệu mực nước của trạm Tân Châu và Châu Đốc được thu thập từ đo đạc thực tế và các số liệu thu thập, tính toán dự báo theo mô hình dự tính toàn cầu về mực nước. Đối với biên dưới, phía biển sử dụng dữ liệu mực nước của mô hình dòng chảy và mực nước Mike 21 FM được trích xuất từ kết quả dự báo triều trên quy mô toàn cầu với độ phân giải $0,25^\circ$ kinh vĩ cho toàn hệ thống. Việc mô phỏng lại với miền tính lớn để trích ra các biên của bài toán nhằm đảm bảo độ phân giải cao theo không gian. 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.

2.3.3. Kết nối MIKE FLOOD

Mô đun MIKE FLOOD được sử dụng để kết nối mô đun MIKE 11 với MIKE 21, trong đó, loại bỏ phần gia nhập khu giữa tính bằng MIKE NAM ở các phần trùng với miền tính của mô hình MIKE 21.



Hình 5. (a) Miền tính và địa hình khu vực nghiên cứu; (b) Lưới tính toán.

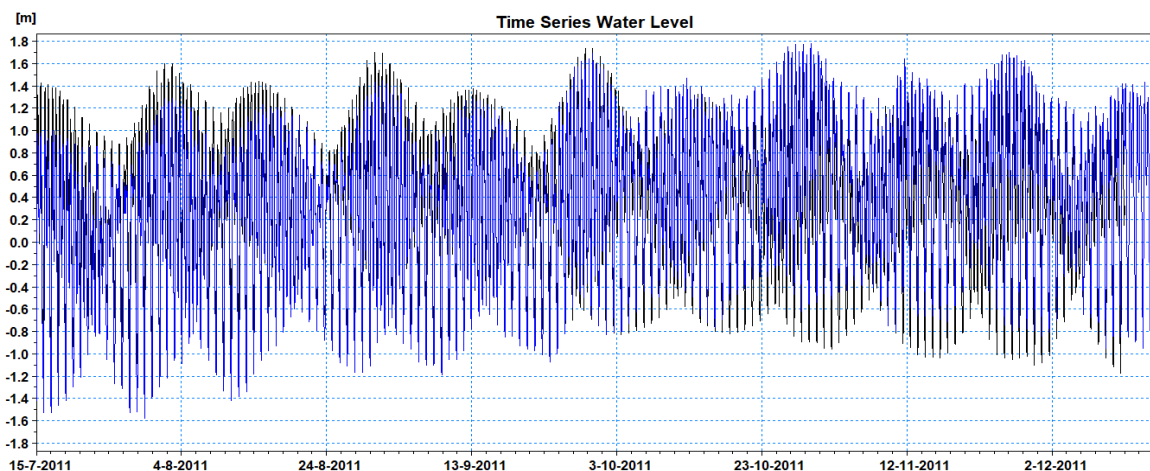
2.4. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

+ 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.

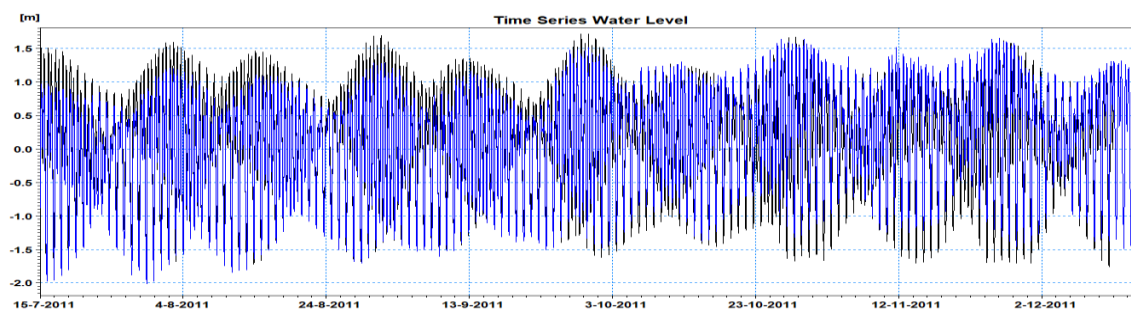
Bảng 1. Kết quả đánh giá hiệu chỉnh mô hình tại một số trạm.

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

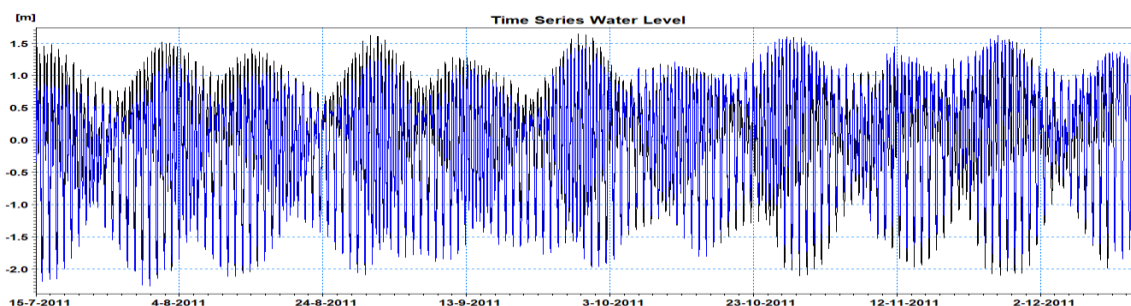
+ Kiểm định mô hình kết nối 1–2D: Sau khi hiệu chỉnh mô hình và dò tìm bộ thông số tối ưu nhất. Tiến hành kiểm định mô hình với trận lũ giai đoạn từ 15/7/2011 đến ngày 12/12/2011 tại 03 trạm Mỹ Tho, Hòa Bình và Vàm Kênh với kết quả đánh giá chỉ số Nash đạt từ 0,83–0,89 (Bảng 2).



Hình 6. Kiểm định trận lũ 15/7/2011–12/12/2011 trạm Mỹ Tho.



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



Hình 8. 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. Kết quả và thảo luận

3.1. Kịch bản tính toán

Trên cơ sở phân tích nguyên nhân gây ngập lụt, nhằm phân tích đầy đủ các tác động của ngập lụt đến tỉnh Tiền Giang, cần nghiên cứu các nhóm kịch bản liên quan đến lũ do thượng nguồn đổ về, ngập lụt do triều cường và nước biển dâng và tổ hợp của cả hai trường hợp này (Bảng 3).

Bảng 3. Xây dựng các kịch bản mô phỏng.

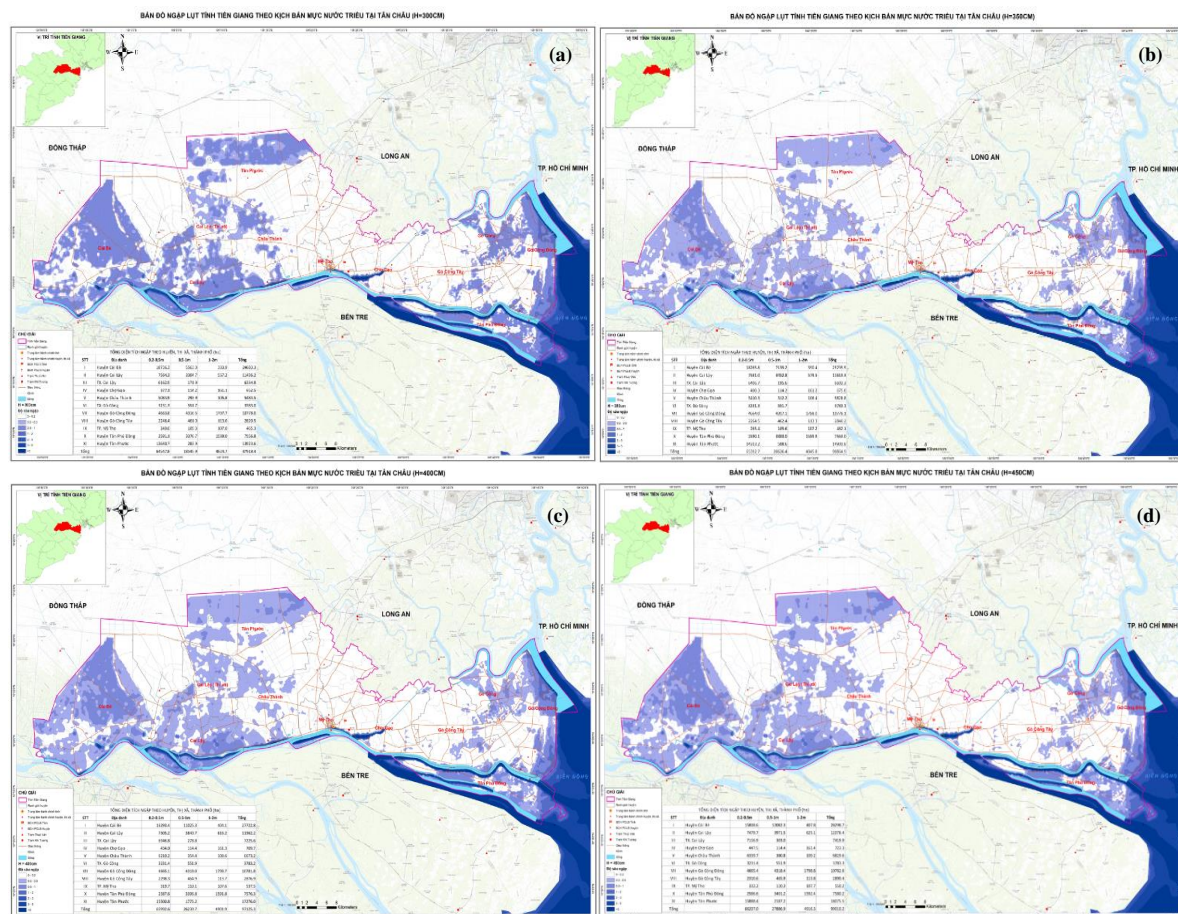
STT	Nhóm kịch bản	Kịch bản mô phỏng
1	Nhóm kịch bản đánh giá tác động của lũ	Kịch bản ứng với mực nước tại Tân Châu H = 300cm
2		Kịch bản ứng với mực nước tại Tân Châu H = 350cm
3		Kịch bản ứng với mực nước tại Tân Châu H = 400cm
4		Kịch bản ứng với mực nước tại Tân Châu H = 450cm
5	Nhóm kịch bản đánh giá tác động của thủy triều theo tần suất	Kịch bản mực nước triều tần suất 1%
6		Kịch bản mực nước triều tần suất 2%
7		Kịch bản mực nước triều tần suất 5%
8		Kịch bản mực nước triều tần suất 10%
9	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 = 300cm - Mực nước triều ứng với báo động cấp 2
10		Kịch bản đánh giá tác động ngập lụt của tổ hợp Lũ - Triều với mực nước tại Tân Châu H = 300cm - Mực nước triều ứng với báo động cấp 3

STT	Nhóm kịch bản	Kịch bản mô phỏng
11		Kịch bản đánh giá tác động ngập lụt của tổ hợp Lũ - Triều với mực nước tại Tân Châu H = 350cm - Mực nước triều ứng với bão động cấp 2
12		Kịch bản đánh giá tác động ngập lụt của tổ hợp Lũ - Triều với mực nước tại Tân Châu H = 350cm - Mực nước triều ứng với bão động cấp 3
13		Kịch bản đánh giá tác động ngập lụt của tổ hợp Lũ - Triều với mực nước tại Tân Châu H = 400cm - Mực nước triều ứng với bão động cấp 2
14		Kịch bản đánh giá tác động ngập lụt của tổ hợp Lũ - Triều với mực nước tại Tân Châu H = 400cm - Mực nước triều ứng với bão động cấp 3
15		Kịch bản đánh giá tác động ngập lụt của tổ hợp Lũ - Triều với mực nước tại Tân Châu H = 450cm - Mực nước triều ứng với bão động cấp 2
16		Kịch bản đánh giá tác động ngập lụt của tổ hợp Lũ - Triều với mực nước tại Tân Châu H = 450cm - Mực nước triều ứng với bão động cấp 3

3.2. Kết quả mô phỏng và đánh giá tác động ngập lụt theo các kịch bản

3.2.1. Kết quả đánh giá ngập lụt do ảnh hưởng lũ thượng nguồn sông Mê Kông

Kết quả tính toán cho thấy, với các kịch bản ngập do lũ, diện tích ngập lụt trên địa bàn tỉnh Tiền Giang khoảng 87948,4 ha với kịch bản KB1 (Hình 9a), diện tích ngập khoảng 90864,9 ha với kịch bản KB2 (Hình 9b), diện tích ngập khoảng 97125,3 ha với kịch bản KB3 (Hình 9c), diện tích ngập khoảng 99010,2 ha với kịch bản KB4 (Hình 9d) (Bảng 4).



Hình 9. Minh họa bản đồ ngập lụt tỉnh Tiền Giang kịch bản mực nước tại Tân Châu: (a) H = 300 cm; (b) H = 350cm; (c) H = 400 cm; (d) H = 450 cm.

Bảng 4. Bảng thống kê diện tích ngập ứng với các kịch bản lũ (Đơn vị: ha).

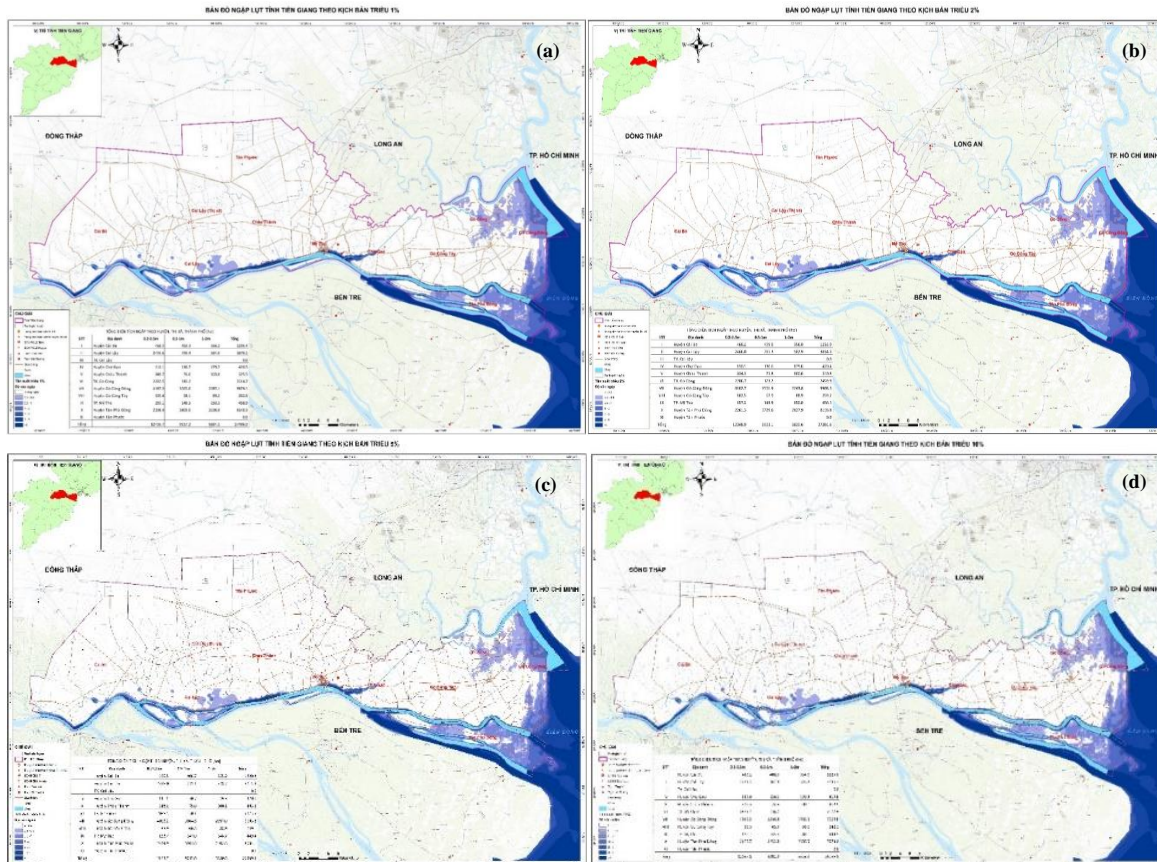
Kịch bản	0,2 - 0,5m	0,5 - 1m	1 - 2m	Tổng
H = 300cm	64547	18546	4825	87918
H = 350cm	65391	20627	4844	90862
H = 400cm	65992	26230	4903	97125
H = 450cm	66207	27886	4916	99009

3.2.2. Kết quả đánh giá ngập lụt do ảnh hưởng triều cường

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% (Hình 10a), 2% (Hình 10b), 5% (Hình 10c), 10% (Hình 10d) lần lượt là: 27407 ha; 27202 ha; 26509ha, 26057 ha (Bảng 5).

Bảng 5. Bảng thống kê diện tích ngập ứng với các kịch bản tần suất triều (Đơn vị: ha)

KB tần suất triều	0,2 - 0,5m	0,5 - 1m	1 - 2m	Tổng
TS 1%	12406	9117	5884	27407
TS 2%	12348	9024	5831	27203
TS 5%	12143	8716	5651	26510
TS 10%	12046	8494	5518	26058



Hình 10. 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 KB11 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 11a).

Tại kịch bản KB12, với độ sâu từ 0,2–0,5 m ngập nhiều nhất tại huyện Tân Phước (15260,3 ha) 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 11b).

Tại nhóm kịch bản KB13 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 11c).

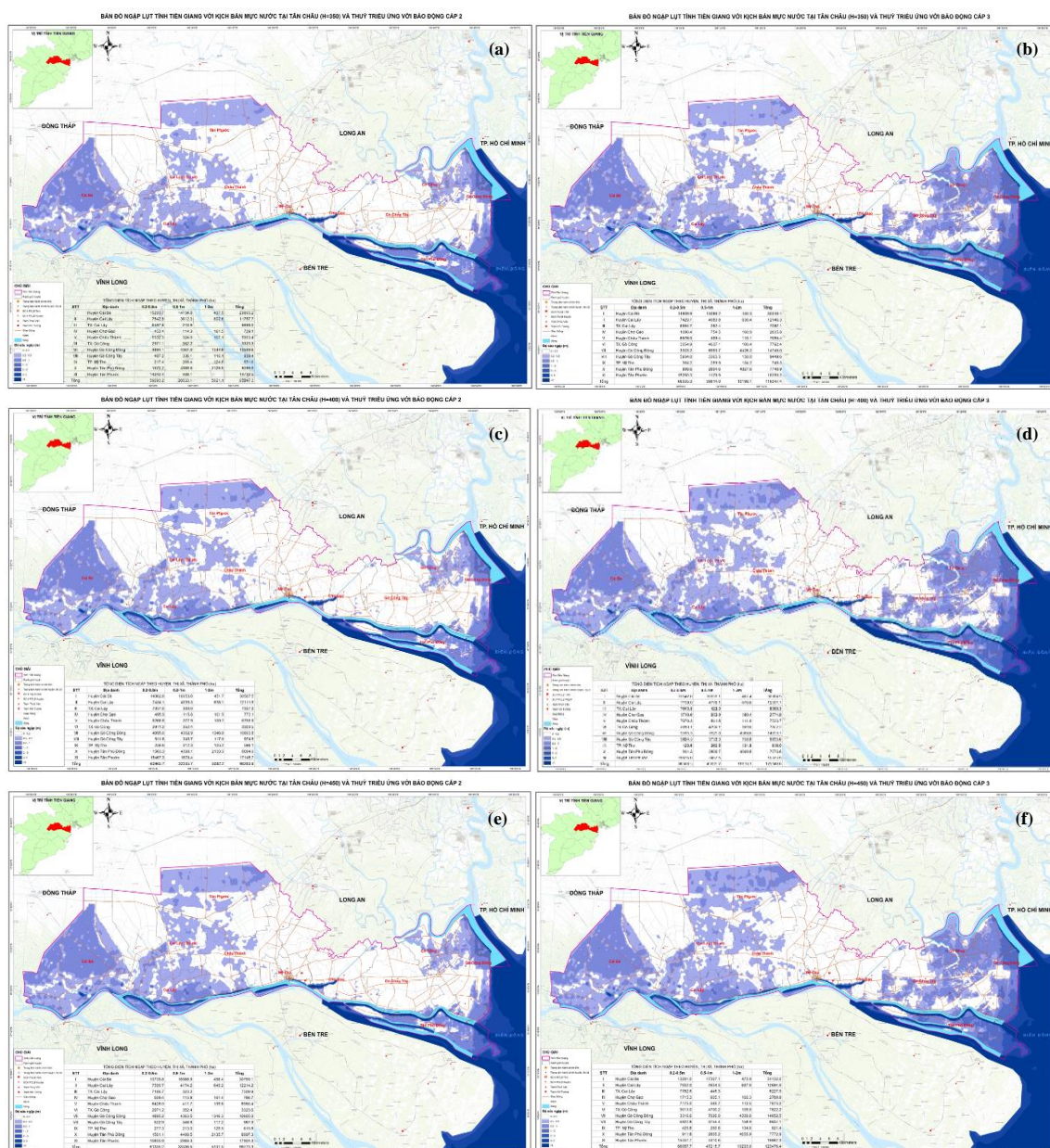
Tại nhóm kịch bản KB14 cho diện tích ngập 123349,8 ha. Với độ sâu từ 0,2–0,5 m ngập nhiều nhất tại hai huyện Cái Bè (13542 ha), huyện Tân Phước (15876 ha). Độ sâu từ 0,5–1 m ngập nhiều nhất tại huyện Cái Bè (16955,1 ha). Độ sâu từ 1–2 m ngập nhiều nhất tại hai huyện Tân Phú Đông (2133,5 ha) và huyện Gò Công Đông (1346 ha) (Hình 11d).

Tại nhóm kịch bản KB15 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 11e).

Tại nhóm kịch bản KB16 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 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 1–2 m ngập nhiều nhất tại hai huyện Tân Phú Đông (4055,9 ha) và huyện Gò Công Đông (4309,8 ha) (Hình 11f).

Bảng 6. Bảng thống kê diện tích ngập ứng với các kịch bản lũ triều cường (Đơn vị: ha).

KB lũ – triều	0,2 – 0,5m	0,5 – 1m	1 – 2m	Tổng
H = 300cm, BĐ2	62296	26896	2092	91283
H = 300cm, BĐ3	62010	37533	10145	109687
H = 350cm, BĐ2	59693	28533	5021	93247
H = 350cm, BĐ3	62010	37533	10145	109687
H = 400cm, BĐ2	60966	32236	5082	98284
H = 400cm, BĐ3	66567	45605	10178	122350
H = 450cm, BĐ2	61335	33336	5102	99773
H = 450cm, BĐ3	66058	47216	10203	123476



Hình 11. Minh họa bản đồ ngập lụt tỉnh Tiền Giang theo kịch bản đánh giá tác động ngập lụt của tổ hợp lũ: (a) KB11; (b) KB12; (c) KB13; (d) KB14; (e) KB15; (f) KB16.

4. Kết luận

Tình hình ngập lụt trên địa bàn tỉnh Tiền Giang với các kịch bản do lũ thượng nguồn, do triều cường/nước biển dâng và tổ hợp lũ–triều cường với bản đồ ngập lụt và số liệu chi tiết cho thấy các khu vực có rủi ro cao là khu vực phía Tây (Huyện Cái Bè, Huyện Tân Phước) và khu vực ven biển (Huyện Tân Phú Đông, Huyện Gò Công Đông) với mức độ ngập có thể lên đến 2 m trong điều kiện tổ hợp bất lợi, trong khi khu vực có nguy cơ thấp chủ yếu tập trung ở khu vực giữa của tỉnh Tiền Giang (Thành phố Mỹ Tho, Huyện Châu Thành, Huyện Chợ Gạo). Tuy nghiên cứu này chưa xét đến các trận mưa gây ngập úng cục bộ nhưng bộ bản đồ ngập lụt và các kết quả đánh giá chi tiết cho từng kịch bản có thể được tham khảo và đưa vào ứng dụng trong thực tiễn, phục vụ xây dựng quy hoạch phát triển kinh tế xã hội cũng như xây dựng các phương án ứng phó và khắc phục nhằm giảm thiệt hại về người và tài sản nếu có các tình huống ngập lụt xảy ra.

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., N.V.N.; 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., N.V.N.; 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.

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. Kế hoạch Phòng chống thiên tai giai đoạn 2021–2025 tỉnh Tiền Giang.
2. 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.
3. 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.
4. Pagano, T.C. Evaluation of Mekong River commission operational flood forecasts, 2000–2012. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* **2013**, 10(11), 14433–14461.
5. Rahman, M.; Arya, D.S.; Goel, N.K.; Dharmy, 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.
6. Kozel, T.; Starý, M. Stochastic Forecast of Flow Reservoir Behaviour. *Procedia Earth Planet. Sci.* **2015**, 15, 940–944.
7. Thực, T. Báo cáo đề tài “Xây dựng công nghệ tính toán dự báo lũ lớn hệ thống sông Hồng – Thái Bình”, 2011.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. Bình, H.T.; Anh, T.N.; Khá, Đ.Đ. Ứng dụng mô hình MIKE FLOOD tính toán ngập lụt hệ thống sông Nhật Lệ tỉnh Quảng Bình. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* **2010**, 26(3S), 285–294.
14. Chanh, B.V.; Anh, T.N.; Đức, Đ.Đ. Ứng dụng mô hình MIKE FLOOD xác định cốt cao độ quy hoạch và xây dựng trung tâm hành chính mới tỉnh Khánh Hòa. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* **2015**, 31(3S), 20–27.
15. Đức, Đ.Đ.; Anh, T.N.; Như, N.Y.; Sơn, N.T. Ứng dụng mô hình MIKE FLOOD tính toán ngập lụt hệ thống sông Nhuệ - Đáy trên địa bàn thành phố Hà Nội. *Tạp chí khoa*

- học Đại học Quốc gia Hà Nội. Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* **2011**, 29(1S), 56–63.
16. 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.
 17. 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.
 18. 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.
 19. 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>.
 20. https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/
 21. DHI. MIKE 11 User Manual, Danish Hydraulic Institute, Copenhagen, 2017.
 22. DHI. MIKE 21 User Manual, Danish Hydraulic Institute, Copenhagen, 2017.
 23. DHI. MIKE Flood User Manual, Danish Hydraulic Institute, Copenhagen, 2017.
 24. 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.

Assessment of inundation impacts in Tien Giang Province

Pham Ho Quoc Tuan^{1*}, Nguyen Bach Tung^{2*}, Doan Quang Tri³, Tran Ngoc Anh^{2,4}, Nguyen Van Nhat⁵

¹ Hydrometeorological Station of the Southern Region; phamhoquoctuan@yahoo.com

² Center for environmental fluid dynamics, VNU University of Sciences, Vietnam National University, Hanoi; bachtung_cefd@hus.edu.vn

³ Vietnam Journal of Hydrometeorology, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration, Hanoi; doanquangtrikttv@gmail.com

⁴ Faculty of Hydrology, Meteorology and Oceanography, VNU University of Sciences, Vietnam National University, Hanoi; tranngocanh@hus.edu.vn

⁵ Center for Hydro-Meteorological Technology Application; vannhat.tv@gmail.com

Abstract: The study established the MIKE FLOOD modeling toolkit that connected MIKE 11 and MIKE 21 with the set of cross-sectional data, the works were updated, corrected, and verified for the flood season of the years 2000, 2011, and 2018. The simulation results show a good correlation between the calculated and observed data, from which the model was used to simulate and evaluate flooding in Tien Giang province according to the scenarios due to the effects of upstream flooding, high tides and combination of high-tide flooding. The inundation map and inundation assessment are calculated in detail for each scenario and can be put into practice, providing reliable information for local management agencies provided to local authorities and residents to provide warning options, and solutions to rescue and mitigate damage caused by floods.

Keywords: MIKE FLOOD; Inundation; Tien Giang.