

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA NGẬP ĐẾN CÙ LAO HƯNG PHONG DƯỚI ẢNH HƯỞNG CỦA NƯỚC BIỂN DÂNG

Lê Văn Tuấn, Hồ Công Toàn, Nguyễn Đàm Quốc Huy,
Nguyễn Thị Kim Thảo, Nguyễn Thị Thạch Thảo, Trần Thị Chúc Linh
Viện Kỹ thuật Biển

Tóm tắt: Mục tiêu của nghiên cứu là dự báo và đánh giá tác động bởi ngập đến cù lao Hưng Phong, tỉnh Bến Tre. Nhóm tác giả ứng dụng mô hình MIKE FLOOD để mô phỏng ngập úng do triều, lũ năm 2019 và trong điều kiện nước biển dâng, trong đó mô hình một chiều MIKE 11 HD mô phỏng thủy lực trên sông, rạch, kênh được liên kết với mô hình hai chiều MIKE 21 FM mô phỏng nước chảy tràn trên mặt phẳng địa hình. Các bộ thông số của mô hình MIKE 11 HD và MIKE 21 FM đảm bảo độ tin cậy với hệ số NASH sau khi hiệu chỉnh, kiểm định mực nước tại trạm Mỹ Hoá trên 0,85, phạm vi ngập được so sánh giữa mô phỏng và ảnh vệ tinh MODIS sau khi giải đoán, kết quả là trong mức sai số cho phép. Kết quả nghiên cứu cho thấy, cù lao Hưng Phong bị ngập khoảng 1.192,69 ha (chiếm 93,34% diện tích tự nhiên năm 2019), mức ngập ảnh hưởng nhiều nhất là 0,3 – 0,7 m và 1,0 – 1,5 m. Đến năm 2035 và 2045, sự ảnh hưởng của nước biển dâng đã trở nên rõ rệt, nguy cơ ngập tăng khoảng 45,73 – 48,79 ha và mức độ ảnh hưởng gia tăng khoảng 3,58 – 3,82% so với năm 2019. Đây là những thông tin quan trọng trong việc đưa ra các giải pháp để phòng, chống ngập cho cù lao Hưng Phong, cũng như hỗ trợ chính quyền xã Hưng Phong thực hiện kế hoạch thích ứng với nước biển dâng ở Việt Nam.

Từ khóa: Ngập, nước biển dâng, MIKE FLOOD, cù lao Hưng Phong.

Summary: The objective of the study is to forecast and assess the impact to Hung Phong island, Ben Tre province. The authors apply the MIKE FLOOD model to simulate inundation due to tides, flood in 2019 and in sea level rise conditions, in which the MIKE 11 HD one-dimensional model simulates hydraulics on rivers, canals associated with MIKE 21 FM two-dimensional model simulates overflowing water on terrain plane. The parameter sets of the MIKE 11 HD and MIKE 21 FM models ensure reliability with the NASH above 0.85, the inundation range is compared between simulations and MODIS satellite images after decoding, the results are within the allowable error. Research results show that Hung Phong island is flooded about 1,192.69 ha (accounting for 93,34% of the natural area in 2019), the most affected flood level is 0.3 – 0.7 m and 1.0 – 1.5 m. By 2035 and 2045, the influence of sea level rise has become clear, the risk of flooding increases by about 45.73 – 48.79 ha and the degree of impact increases by 3.58 – 3.82% compared to that of the year 2019. These are important information in providing solutions to prevent and control flooding for Hung Phong island, as well as support Hung Phong commune authorities to implement a plan to adapt to sea level rise in Vietnam.

Keyword: Inundation, sea-level rise, MIKE FLOOD, Hung Phong island.

1. GIỚI THIỆU

Biến đổi khí hậu (BĐKH) là vấn đề toàn cầu, là thách thức lớn đối với nhân loại và diễn biến ngày càng phức tạp, khó lường [1]. Việt Nam là

một trong những quốc gia chịu tác động nặng nề nhất của BĐKH [1] [19]. Các vùng ven biển và đồng bằng thấp như đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), đồng bằng sông Hồng hay

Ngày nhận bài: 09/8/2023

Ngày thông qua phản biện: 25/10/2023

Ngày duyệt đăng: 22/11/2023

đồng bằng duyên hải miền Trung có nguy cơ bị tổn thương rất cao do NBD [11]. BĐKH đang làm trầm trọng thêm những rủi ro vốn đã rất lớn do lũ lụt gây ra, đến giai đoạn 2035-2044, mỗi năm có thêm vài triệu người bị ảnh hưởng từ những trận lũ lụt nghiêm trọng [11].

Trước những tác động của BĐKH và NBD đến con người, kinh tế - xã hội, môi trường và sinh thái ở những đồng bằng ven biển-vốn rất nhạy cảm, rất nhiều nghiên cứu đã ứng dụng phương pháp mô hình toán với sự hỗ trợ của các phần mềm nhằm mô phỏng nguy cơ ngập lụt do mưa lớn, NBD, lũ hay NDDB. Họ mô hình MIKE Zero được phát triển bởi Viện Thủy lực Đan Mạch, hiện nay là họ mô hình ứng dụng rất nhiều trên thế giới và Việt Nam. Năm 2019, Phùng và cộng sự [6] đã mô phỏng ngập lụt cũng như đánh giá tác động và giải pháp giảm ngập cho Quận 12, TP. Hồ Chí Minh bằng mô hình MIKE FLOOD. Tương tự, ở khu vực ven Biển Đen, [12] đã ứng dụng mô hình MIKE FLOOD mô phỏng dòng chảy lũ theo các sự kiện mưa cực đoan và lũ lụt dưới ảnh hưởng của BĐKH. Năm 2022, [20] cũng sử dụng mô hình MIKE FLOOD đánh giá khả năng đáp ứng của hệ thống thoát nước Quận 1, TP. Hồ Chí Minh theo các kịch bản mưa cực đoan, lũ thượng nguồn và triều cường ở hạ du sông Sài Gòn – Đồng Nai, từ đó đề xuất thí điểm các giải pháp giảm ngập và hướng tới xây dựng đô thị thông minh. Cùng năm, [7] đã xây dựng bản đồ ngập lụt lưu vực sông Bùi và vùng phụ cận bằng mô hình MIKE FLOOD kết hợp phần mềm ArcGIS, các kịch bản theo tần suất 1%, 2% có nguy cơ ngập cao nhất, sau đó đến nguy cơ ngập theo tần suất 5% và nguy cơ ngập theo tần suất 10% là thấp nhất. Ở Tiền Giang, [9] đã xây dựng bộ mô hình MIKE FLOOD mô phỏng ngập theo các kịch bản lũ thượng nguồn, triều cường và tổ hợp lũ-triều cường, các kết quả ngập mô phỏng theo kịch bản tổ hợp lũ-triều cường là tác động lớn nhất trên địa bàn tỉnh Tiền Giang. Tại 03 lưu vực sông Thạch Hãn, Vu Gia-Thu Bồn và Trà Khúc-Sông Vệ, [8] đã

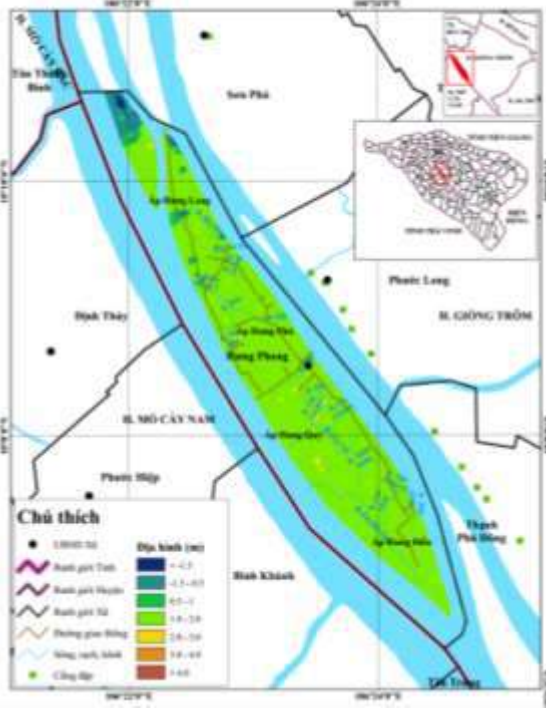
xây dựng bộ công cụ tích hợp hoàn chỉnh với các mô đun cập nhật theo thời gian thực số liệu mưa thực đo, mực nước, lưu lượng, hoạt động điều tiết hồ chứa được vận hành tích hợp trong các mô hình thủy văn (MIKE SHE) phục vụ dự báo dòng chảy đến hồ, điều tiết hồ chứa, mô hình thủy lực (MIKE 11) dự báo lũ trong sông, mô hình MIKE 11 GIS để cảnh báo ngập lụt cho khu vực hạ lưu.

Trong những năm gần đây, quá trình công nghiệp hoá, hiện đại hoá đã đưa đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) ngày càng phát triển, chính điều này cũng gây áp lực lên ĐBSCL [3] về mặt phát triển và tự nhiên, dưới tác động của BĐKH sẽ có khoảng 50% diện tích đối diện nguy cơ ngập lụt vì NBD [11]. Bến Tre là một tỉnh ven biển ở ĐBSCL cũng bị ảnh hưởng bởi ngập do lũ, triều cường và mưa. Trong báo cáo của Bộ Tài nguyên và Môi trường (MONRE, 2020) [2] đã dự báo nguy cơ ngập do NBD đến tỉnh Bến Tre, nếu NBD tăng 100 cm thì khoảng 35,11% diện tích bị ngập, tất cả các cù lao, cồn nổi trên sông đều bị ngập. Năm 2018, [4] đã dự báo nguy cơ ngập cho tỉnh Bến Tre bằng mô hình MIKE FLOOD, đến năm 2040 có khoảng 41,4% diện tích bị ngập và phần lớn diện tích các cù lao đều bị ngập. Năm 2022, [22] đã ứng dụng nền tảng GEE giải đoán ảnh Sentinel-1, kết quả xây dựng bản đồ ngập lũ cho tỉnh Bến Tre đang đảm bảo, toàn tỉnh và các cù lao, cồn nổi ảnh hưởng nhiều do triều cường. Nghiên cứu của Vũ và cộng sự (2022) [23] và Tuấn và cộng sự (2018) [10] cũng có kết luận tương tự như [22].

Từ những áp lực do BĐKH và NBD ngày một thường xuyên hơn ở đồng bằng, các cù lao và cồn nổi trên sông sẽ trở nên rất nhạy cảm với những thay đổi khí hậu và tác động của chúng. Nghiên cứu này vì vậy được tiến hành để đánh giá tác động của ngập đến cù lao Hưng Phong bằng phương pháp mô hình toán với ứng dụng phần mềm MIKE FLOOD.

2. PHƯƠNG PHÁP VÀ DỮ LIỆU

2.1. Khu vực nghiên cứu



Hình 1: Bản đồ vị trí địa lý cù lao Hung Phong

Cù lao Hung Phong nằm trên sông Hàm Luông (huyện Giồng Trôm, tỉnh Bến Tre), là một trong hai xã đảo của tỉnh Bến Tre. Khu vực nghiên cứu nằm ở tọa độ 10°08'31'' vĩ độ Bắc và 106°23'08'' kinh độ Đông (xem Hình 1). Cù lao Hung Phong có địa hình thấp, bằng phẳng với độ cao trung bình thay đổi từ 0,5 m đến 2,5 m, một số vị trí ở phía Bắc và Tây Bắc

của cù lao có địa hình dưới 0 m, là những ao nuôi trồng thủy sản và kênh, rạch tự nhiên (Bảng 1). Do vị trí địa lý nằm ở hạ lưu sông Mekong nên chế độ thủy động lực của cù lao Hưng Phong chịu sự tác động dòng chảy từ thượng nguồn qua sông Hàm Luông và chế độ bán nhật triều Biển Đông. Vào mùa lũ là tháng 6 đến tháng 11 hàng năm, cũng trùng với mùa mưa và mực nước triều cao nhất hàng năm [5], chính vì vậy, cù lao Hưng Phong thường xuyên bị ngập úng do triều cường, lũ, ngoài ra ngập cục bộ do mưa lớn.

2.2. Dữ liệu và kịch bản

Dữ liệu thủy văn: Là dữ liệu đầu vào cho mô hình 1D. Chuỗi dữ liệu mực nước quan trắc tại các trạm thủy văn Chợ Lách, Mỹ Hoá, Vàm Kênh, Bình Đại, Bến Trại, An Thuận và lưu lượng quan trắc tại trạm thủy văn Tân Châu, Châu Đốc và Kratie (xem Bảng 1) được thu thập từ Tổng cục Khí tượng Thủy văn và Ủy hội sông Mekong trong năm 2017 và 2019. Qua phân tích sơ bộ cho thấy, mực nước triều cao nhất là 167-210 cm (vào tháng 10-12), mực nước triều thấp nhất là từ -224 cm đến -138 cm (vào tháng 6-7) và mực nước trung bình là 1,1-51 cm. Về lưu lượng cao nhất là 6.020-25.500 m³/s (vào tháng 10 hàng năm), thấp nhất là từ -3.900 m³/s đến -1.720 m³/s. Đây là những dữ liệu đầu vào và phục vụ hiệu chỉnh, kiểm định mô hình 1 chiều (1D).

Bảng 1: Các thông tin và đặc trưng của các trạm quan trắc sử dụng trong nghiên cứu

Trạm	Tọa độ		Đặc trưng mực nước (cm) và lưu lượng (m ³ /s)			Thời gian
	Kinh độ	Vĩ độ	Cao nhất	Thấp nhất	Trung bình	
Mỹ Hoá	106,35	10,22	51, 44	177, 182	-195, -202	2017, 2019
Chợ Lách	106,13	10,28	37, 28	193, 206	-165, -183	2017, 2019
Mỹ Thuận	105,91	10,27	43, 30	196, 210	-138, -160	2017, 2019

Trạm	Toạ độ		Đặc trưng mực nước (cm) và lưu lượng (m ³ /s)			Thời gian
	Kinh độ	Vĩ độ	Cao nhất	Thấp nhất	Trung bình	
Vàm Kênh	106,74	10,27	3,6; 1,1	167, 175	-224, -226	2017, 2019
Bình Đại	106,71	10,20	21, 18	185, 186	-216, -215	2017, 2019
An Thuận	106,61	9,98	16, 13	180, 181	-211, -211	2017, 2019
Bến Trại	106,53	9,88	18, 16	187, 187	-215, -206	2017, 2019
Tân Châu	105,25	10,80	11.680, 8.804	22.300, 25.500	-3.150, -3.900	2017, 2019
Châu Đốc	105,12	10,71	2.533, 1.550	6.020, 6.420	-1.740, -1.720	2017, 2019

Dữ liệu địa hình: dữ liệu độ cao số (DEM) độ phân giải 10x10 m từ Bộ Tài nguyên và Môi trường (2016) và dữ liệu địa hình đo đạc năm 2023 (tỉ lệ 1:10.000), đó là đầu vào cho mô hình 2 chiều (2D). *Mạng lưới sông, kênh* là dữ liệu tổng hợp được cập nhật đến năm 2023, đó là đầu vào cho xây dựng mô hình 1D.

Kịch bản mô phỏng ngập là kịch bản hiện trạng năm 2019 và kịch bản tương lai (chỉ xét đến NBD) dựa trên báo cáo [2] của MONRE, theo kịch bản RCP4.5 vào năm 2035, 2045. Các kịch bản đều không xét đến cả đê bao Hưng Phong đang xây dựng lẫn thay đổi dòng chảy thượng nguồn ở tương lai, chi tiết xem Bảng 2 dưới đây.

Bảng 2: Các kịch bản mô phỏng ngập cho cù lao Hưng Phong

STT	Kịch bản	Thời gian	Điều kiện			
			Triều	Lũ	Mưa	Địa hình
1	Hiện trạng		Mực nước năm 2019	Nhỏ (năm 2019)	Không xét	Năm 2023
2	RCP4.5	2035	Năm 2019 + NBD 13 cm	Nhỏ (năm 2019)	Không xét	Năm 2023 + Không xét lún
3		2045	Năm 2019 + NBD 18 cm	Nhỏ (năm 2019)	Không xét	Năm 2023 + Không xét lún

2.3. Phương pháp

2.3.1. Phương pháp mô hình toán

Nghiên cứu ứng dụng mô hình MIKE FLOOD mô phỏng ngập lụt do NBD ở cù lao Hưng

Phong. Đây là bộ công cụ được đánh giá cao trong mô phỏng ngập lụt hạ du [4] và ưu điểm là có thể kết hợp giữa mô hình 1D cho dòng chảy trong sông và 2D cho dòng chảy tràn [15]. Mô hình 1D (MIKE 11 HD) giải phương trình Saint Venant cho dòng chảy 1 chiều, nước là chất lỏng đồng nhất và không nén được [4] [13].

Phương trình liên tục:

$$B \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \tag{2.1}$$

Phương trình động lượng:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{Q|Q}{AC^3 R} = 0 \tag{2.2}$$

+ Trong mô hình 2D (MIKE 21 FM), khi dòng chảy đạt đến độ cao và tràn bờ sẽ giải phương trình liên tục (2.3) và phương trình nước nông 2D (2.4) [4] [14]-[15]

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hS \tag{2.3}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial y} &= f\bar{v}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \\ &\frac{\tau_{xx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{yy}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial S_x}{\partial x} + \frac{\partial S_y}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_x) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_y) + hu_x S \\ \frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial y} &= -f\bar{u}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \\ &\frac{\tau_{yy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{xx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial S_x}{\partial x} + \frac{\partial S_y}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_x) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_y) + hv_y S \end{aligned} \tag{2.4}$$

Mô hình MIKE FLOOD kết nối giữa mô hình MIKE 11 HD với mô hình MIKE 21 FM qua bốn loại kết nối bao gồm: kết nối khô, kết nối tiêu chuẩn, kết nối công trình và kết nối bên

[15]. Trong nghiên cứu này sử dụng kết nối bên, trong đó kết quả thủy lực được mô phỏng qua mô hình 1D (MIKE 11 HD) và kết quả ngập được mô phỏng qua mô hình 2D (MIKE 21 FM).

2.3.2. Các chỉ tiêu hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Các chỉ tiêu hiệu chỉnh và kiểm định thường được sử dụng trong mô hình thủy văn và thủy lực là chỉ số Nash-Sutcliffe và hệ số tương quan (R²).

Chỉ số Nash-Sutcliffe (viết tắt là NSE) chỉ ra sự lệch pha của các giá trị đỉnh. Chỉ số này nhỏ hơn hoặc bằng 1, giá trị gần bằng 1 là tốt. Giá trị âm có nghĩa là giá trị trung bình của các quan trắc cao hơn so với giá trị mô phỏng như công thức (2.5) dưới đây [16] [21]:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (X_{tính toán,t} - X_{quan trắc,t})^2}{\sum_{t=1}^n (X_{quan trắc,t} - \bar{X}_{quan trắc,t})^2} \tag{2.5}$$

Hệ số tương quan (R²): Hệ số tương quan là giá trị giữa -1 và +1, trong đó giá trị dương cho biết tương quan dương (tức là nếu giá trị quan trắc tăng, giá trị mô phỏng tăng; giá trị dương lớn hơn cho thấy mối tương quan mạnh hơn), giá trị âm cho biết tương quan âm (ví dụ: giá trị quan trắc tăng, giá trị mô phỏng giảm) và 0 có nghĩa là không có tương quan [17]. Công thức (2.6) sau đây:

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (X_{quan trắc,t} - \bar{X}_{quan trắc,t})(X_{tính toán,t} - \bar{X}_{tính toán,t})}{\sqrt{\sum_{t=1}^n (X_{quan trắc,t} - \bar{X}_{quan trắc,t})^2 \sum_{t=1}^n (X_{tính toán,t} - \bar{X}_{tính toán,t})^2}} \tag{2.6}$$

Trong đó: $X_{tính toán,t}$ là dữ liệu mực nước, lưu lượng được mô phỏng theo thời gian (t = 1...n); $X_{quan trắc,t}$ là dữ liệu mực nước, lưu lượng quan trắc theo thời gian (t=1...n); $\bar{X}_{tính toán,t}$ là trung bình của chuỗi mô phỏng; $\bar{X}_{quan trắc,t}$ là trung

bình chuỗi dữ liệu quan trắc theo thời gian t. Hệ số tương quan và chỉ số NSE là giá trị không thứ nguyên, và không nhạy cảm với việc tăng gấp đôi giá trị của cả chuỗi quan trắc và mô phỏng. Giá trị tốt và giá trị mục tiêu để bộ thông

số lựa chọn tốt lần lượt là trên 0,65 và 0,75.

2.3.3. Ứng dụng công nghệ GIS

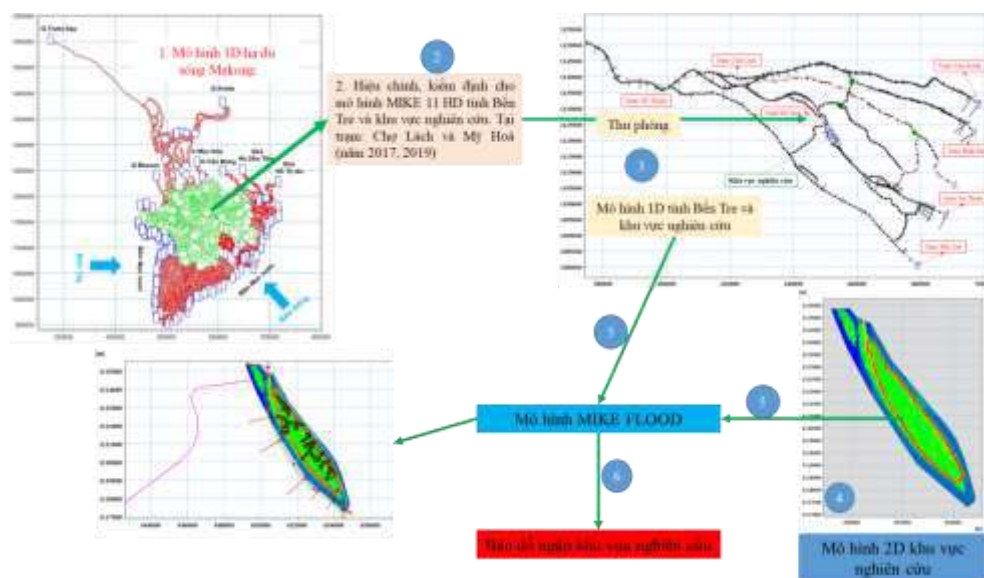
Các công cụ bản đồ như Mapinfo, QGIS được sử dụng nhằm trích lọc các kết quả của mô hình toán ngập phục vụ cho quản lý và khai thác thông tin, từ đó chồng ghép để xây dựng bản đồ nguy cơ ngập [4].

2.3.4. Thiết lập mô hình MIKE FLOOD

Mô hình mô phỏng ngập của vùng nghiên cứu được xây dựng theo các bước như Hình 2 dưới đây: i) Bước 1: Thiết lập mô hình thủy lực 1D cho hạ du sông Mekong, với các biên thượng nguồn, hạ nguồn năm 2017, 2019. ii) Bước 2: Hiệu chỉnh, kiểm định và đánh giá mức độ phù hợp của bộ thông số mô hình toán. iii) Bước 3: Hạ quy mô mô hình 1D vùng hạ du sông Mekong về cho khu vực nghiên cứu. iv) Bước

4: Xây dựng mô hình thủy lực 2D với lưới phi cấu trúc gồm 28.888 phần tử và 14.660 nút. vi) Bước 5: Kết nối giữa mô hình 1D với 2D qua mô hình MIKE FLOOD với 32 kết nối bên. vii) Bước 6: Xây dựng bản đồ ngập cho khu vực nghiên cứu.

Phạm vi và lưới tính mô hình MIKE FLOOD vùng nghiên cứu được xác định từ các biên đầu vào: thượng nguồn là trạm thủy văn Kratie (trên sông Mekong), Hồ Tonle Sap ra tới Biển Đông (Hình 2). Các biên tính toán bao gồm: lưu lượng trạm Kratie, hồ Tonle Sap; mực nước quan trắc trạm Vàm Kênh, Bình Đại, An Thuận, Bến Trại, Trần Đề, Gành Hào, Sông Đốc, Rạch Giá theo mốc thời gian năm 2017 và 2019. Mực nước quan trắc tại trạm Chợ Lách và Mỹ Hoà phục vụ hiệu chỉnh, kiểm định bộ thông số của mô hình toán.



Hình 2: Cách tiếp cận mô phỏng ngập trong nghiên cứu

3. KẾT QUẢ

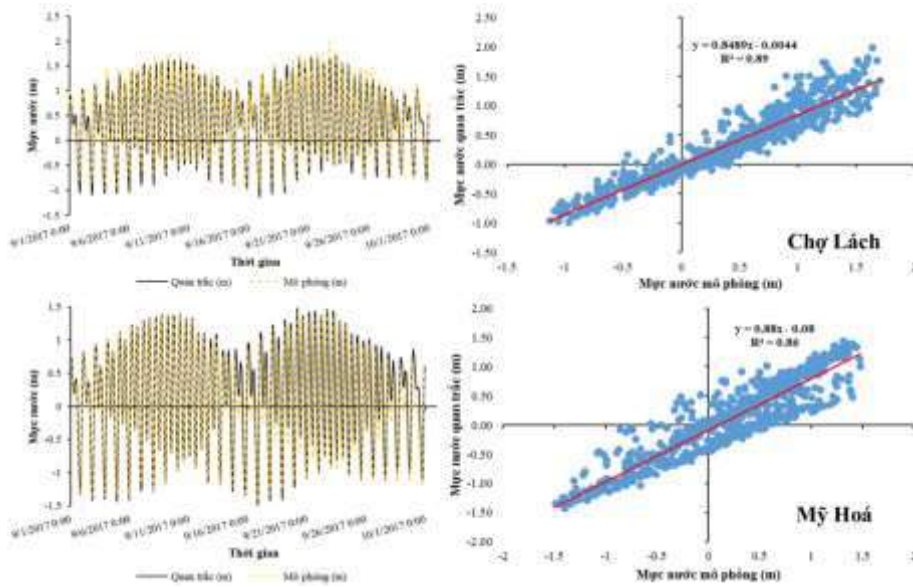
3.1. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

3.1.1. Hiệu chỉnh mô hình 1 chiều ở tỉnh Bến Tre và khu vực nghiên cứu

Trước khi thu phòng mô hình 1D cho khu vực nghiên cứu và tỉnh Bến Tre. Nghiên cứu sẽ thiết lập vùng tính và lưới tính, hiệu chỉnh các thông số cho mô hình MIKE 11 HD - hạ du sông Mekong. Bước hiệu chỉnh được thực hiện theo phương

pháp thử dần bằng chỉ số NSE và hệ số tương quan R^2 . Hệ số nhám Manning (n) được hiệu chỉnh chính và phân loại cho hệ thống sông kênh như sau: sông chính khoảng 0,016-0,022; rạch, kênh trục khoảng 0,022-0,025.

Mô hình thủy lực MIKE 11HD được hiệu chỉnh mực nước tại trạm Chợ Lách và Mỹ Hoá (vào mùa lũ tháng 9/2017) với kết quả NSE và R^2 là 0,84-0,88 và 0,86-0,89 (Hình 3 và Bảng 4).



Hình 3: Kết quả hiệu chỉnh mực nước tại các trạm vào mùa lũ năm 2017

Bảng 4: Các giá trị chỉ tiêu hiệu chỉnh, kiểm định giữa mực nước mô phỏng và quan trắc

STT	Tên trạm	Chỉ tiêu hiệu chỉnh, kiểm định			
		Năm 2017		Năm 2019	
		NSE	R^2	NSE	R^2
1	Chợ Lách	0,88	0,89	0,80	0,80
2	Mỹ Hoá	0,84	0,86	0,85	0,93

3.1.2. Kiểm định mô hình 1 chiều ở tỉnh Bến Tre và khu vực nghiên cứu

Bộ thông số nhám sau khi hiệu chỉnh sẽ được kiểm định lại, thông qua so sánh giữa mực nước mô phỏng bằng mô hình toán với mực nước

quan trắc (trạm Chợ Lách và Mỹ Hoá năm 2019) với các chỉ tiêu kiểm định trên 0,80 (Hình 4 và Bảng 4). Như vậy, bộ thông số mô hình 1D đủ điều kiện để thực hiện mô phỏng thủy lực cho khu vực nghiên cứu.

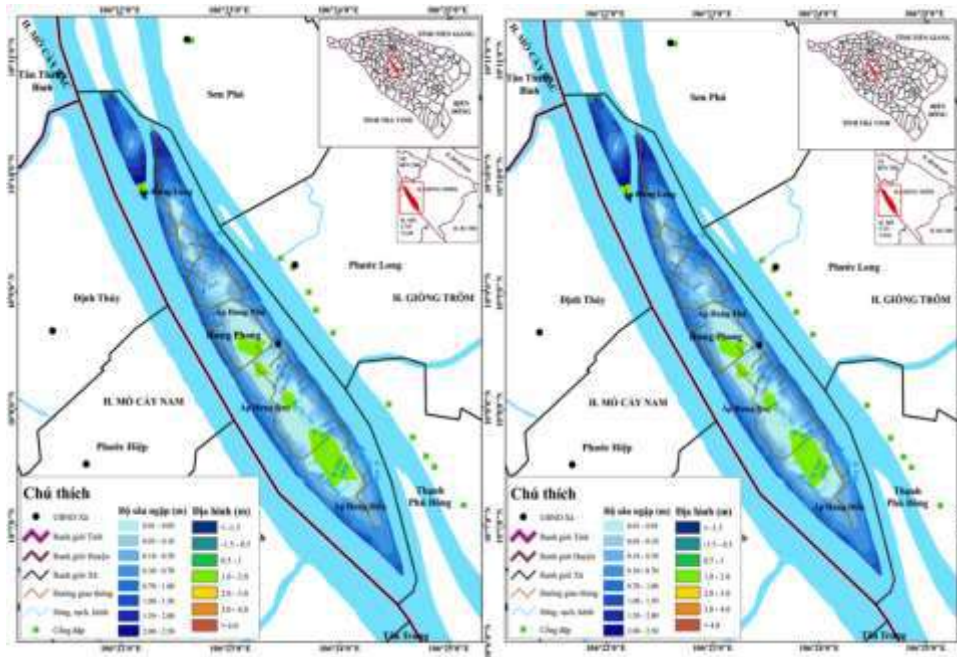
ứng 45,73ha). Tương tự, đến năm 2045 (theo kịch bản RCP4.5) nếu NBD 18 cm thì cù lao Hưng Phong bị ngập khoảng 1.241,48 ha (chiếm 48,79% diện tích) so với hiện trạng ngập năm 2019, tương ứng tỉ lệ ngập gia tăng khoảng 48,79 ha (tương ứng tỉ lệ 3,82% diện tích). Hầu hết, diện tích ngập theo các mức ngập đều gia tăng trong tương lai, đặc biệt là các mức ngập cao như 1,50-2,00 m và 2,00-2,50 m gia tăng khoảng 0,60 – 12,16% so với hiện trạng ngập năm 2019 (xem Bảng 5). Trong Kịch bản ĐBKH và NBD [2] cho Việt Nam đã dự báo

nếu mực NBD 10 - 100 cm, khoảng 0,55 – 35,11% diện tích của tỉnh Bến Tre bị ngập và các cù lao, cồn nổi của tỉnh đều bị ảnh hưởng, điều này đã cho thấy sự tương quan với kết quả của nghiên cứu này. Những nguy cơ ngập như vậy sẽ trở thành vấn đề lớn thách thức đến khả năng thích ứng và mục tiêu phát triển của xã đảo Hưng Phong. Đó cũng là điều mà IPCC trong báo cáo lần thứ 5 [18] và lần thứ 6 [19] đã cảnh báo những vùng trũng thấp ven sông, ven biển ở ĐBSCL sẽ bị ngập và rất nhạy cảm với những thay đổi từ khí hậu.

Bảng 5: Thống kê kết quả nguy cơ ngập do NBD đến năm 2045 cù lao Hưng Phong

STT	Mức ngập	Kịch bản	Tổng diện tích ngập (ha)	Tỉ lệ ngập (%)	Diện tích ngập thay đổi (ha)	Tỉ lệ ngập thay đổi (%)	Tăng (+)/ Giảm (-)
1		Năm 2019	1.192,69	93,34			
	0,01-0,05		116,21	9,09			
	0,05-0,10		61,84	4,84			
	0,10-0,30		136,64	10,69			
	0,30-0,70		149,76	11,72			
	0,70-1,00		101,53	7,95			
	1,00-1,50		328,75	25,73			
	1,50-2,00		221,01	17,30			
	2,00-2,50		76,96	6,02			
2		RCP4,5 năm 2035	1.238,42	96,92	45,73	3,58	+
	0,01-0,05		131,96	10,33	15,75	1,23	+
	0,05-0,10		56,89	4,45	-4,95	-0,39	-
	0,10-0,30		137,54	10,76	0,90	0,07	+
	0,30-0,70		152,12	11,91	2,36	0,18	+
	0,70-1,00		98,09	7,68	-3,44	-0,27	-
	1,00-1,50		229,54	17,96	-99,21	-7,76	-
	1,50-2,00		347,62	27,20	126,61	9,91	+
	2,00-2,50		84,65	6,62	7,69	0,60	+
3		RCP4,5 năm 2045	1.241,48	97,16	48,79	3,82	+
	0,01-0,05		117,92	9,23	1,71	0,13	+
	0,05-0,10		57,79	4,52	-4,05	-0,32	-
	0,10-0,30		141,14	11,05	4,50	0,35	+
	0,30-0,70		154,01	12,05	4,25	0,33	+
	0,70-1,00		96,47	7,55	-5,06	-0,40	-

STT	Mức ngập	Kịch bản	Tổng diện tích ngập (ha)	Tỉ lệ ngập (%)	Diện tích ngập thay đổi (ha)	Tỉ lệ ngập thay đổi (%)	Tăng (+)/Giảm (-)
	1,00-1,50		207,83	16,26	-120,92	-9,46	-
	1,50-2,00		376,38	29,46	155,37	12,16	+
	2,00-2,50		89,93	7,04	12,97	1,02	+



Hình 7: Bản đồ ngập do nước biển dâng đến năm 2045 ở cù lao Hưng Phong

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã xây dựng bộ mình toán MIKE FLOOD mô phỏng ngập cho cù lao Hưng Phong. Mô hình MIKE FLOOD đã kết nối mô hình 1D (MIKE 11 HD) với mô hình 2D (MIKE 21 FM) để mô phỏng thủy lực trong kênh và chảy tràn trên nền địa hình. Các thông số nhám của mô hình đã được hiệu chỉnh, kiểm định thông qua các chỉ tiêu trên 0,80, nhằm đảm bảo độ tin cậy và so sánh sự phù hợp giữa kết quả mô phỏng mực nước với mực nước quan trắc thực tế. Mô hình 2D có hệ số nhám trong khoảng 0,022-0,035 và kết quả ngập cũng được so sánh với dự báo ngập do NBD của [2])

Từ cơ sở đó, nghiên cứu đã xây dựng bản đồ ngập do triều và NBD ở cù lao Hưng Phong. Kết quả cho thấy, cù lao Hưng Phong bị ngập khoảng 1.192,69 ha (chiếm 93,34% diện tích tự

nhiên năm 2019), mức ngập ảnh hưởng nhiều nhất là 0,3 – 0,7 m và 1,0 – 1,5 m. Đến năm 2035 và 2045, sự ảnh hưởng của NBD đã trở nên rõ rệt, nếu NBD 13 – 18 cm thì nguy cơ ngập tăng khoảng 45,73 – 48,79 ha và mức độ ảnh hưởng gia tăng khoảng 3,58 – 3,82% diện tích. Hầu hết, diện tích ngập theo các mức ngập đều gia tăng trong tương lai, đặc biệt là các mức ngập cao như 1,5-2,0 m và 2,0-2,5 m gia tăng khoảng 0,60 – 12,16% so với hiện trạng ngập năm 2019.

Các kết quả của nghiên cứu sẽ là cơ sở cho việc đưa ra các giải pháp chống ngập thích hợp với kế hoạch phát triển của xã đảo, cũng như hỗ trợ thực hiện kế hoạch thích ứng với BĐKH và NBD cho cù lao Hưng Phong.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu được thực hiện dưới sự hỗ trợ từ Đề tài: *“Nghiên cứu thực trạng sụt lún, ngập úng và đề xuất giải pháp thích ứng tại xã đảo Hưng Phong, huyện Giồng Trôm”* theo Hợp

đồng số 76/HĐ-SKHCN ngày 17 tháng 01 năm 2023 về thực hiện đề tài nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ tỉnh Bến Tre.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tài liệu Tiếng Việt

- [1] Anh, N. T., Minh, T. V., Tim, M. G., Thắng, N. V., Mậu, N. Đ., Khiêm, M. V., Khảm, D. V., Đức, T. Q., Minh, T. T. T., Thủy, T. T. (2022): Kinh nghiệm của một số Quốc gia trong hoạt động lập pháp và thực thi pháp luật về ứng phó với biến đổi khí hậu, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội. ISBN: 978-604-67-2496-4.
- [2] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2020): Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam, NXB Tài nguyên – Môi trường và Bản đồ, Hà Nội.
- [3] Hồ, C. T., Đặng, T. A. (2021). "Xây dựng đường cong cường độ - thời đoạn – tần suất mưa hướng đến thiết lập bản đồ ngập lụt cho khu vực bán đảo Cà Mau". Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 727, 33-43; doi:10.36335/VNJHM.2021.(727).33-43.
- [4] Hoàng, T. T., Thẩm, D. T. M., Hiền, T. T., Luân, N. T. (2018): "Ứng dụng mô hình MIKE FLOOD cập nhật bản đồ nguy cơ ngập cho tỉnh Bến Tre trong điều kiện biến đổi khí hậu và nước biển dâng". Hội thảo khoa học Quốc gia về Khí tượng Thủy văn, Môi trường và Biến đổi khí hậu lần thứ XXI, 237-244, ISBN: 978-604-952-267-3. NXB Tài nguyên Môi trường và Bản đồ Việt Nam.
- [5] Lam, Đ. H., Phương, N. H., Đạt, N. Đ., Giang, N. T. (2022): "Xây dựng mô hình MIKE 11 phục vụ công tác dự báo thủy văn và xâm nhập mặn tỉnh Bến Tre". Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 740(1), 38-49; doi:10.36335/VNJHM.2022.(740(1)).38-49.
- [6] Phùng, H. L. T., Hoàng, T. T., Hồ, C. T., Đông, N. P., Linh, H. T. M., Phùng, N. K. (2019): "Xây dựng kịch bản giảm ngập cho Quận 12 trên mô hình toán". Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 9, 64-69.
- [7] Quang, N. D., Sơn, L. V., Hải, B. T., Văn, B. T., Dung, T. T. T. (2022): "Nghiên cứu xây dựng bản đồ ngập lụt lưu vực sông Bù và vùng phụ cận". Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 741, 29-41; doi:10.36335/VNJHM.2022.(741).29-41.
- [8] Trí, Đ. Q., Nga, P. T. (2022): "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, 736, 93-110; doi:10.36335/VNJHM.2022.(736).93-110.
- [9] Tuấn, P. H. Q., Tùng, N. B., Trí, Đ. Q., Anh, T. N., Nhật, N. V. (2022): "Nghiên cứu đánh giá tác động của ngập lụt tỉnh Tiền Giang". Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 740(1), 11-23; doi:10.36335/VNJHM.2022.(740(1)).11-23.
- [10] Tuấn, V. Q., Khải, Đ. H., Nhân, H. T. K., Hoa, N. T. (2018): "Phát triển thuật toán giám sát lũ lụt vùng đồng bằng sông Cửu Long dựa vào nền tảng Google Earth Engine". Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 54(9A), 29-36. DOI:10.22144/ctu.jvn.2018.157.
- [11] World Bank Group (2022): Báo cáo quốc gia về khí hậu và phát triển.

Tài liệu Tiếng Anh

- [12] Beden, N., Keskin, A. U. (2021): "Flood map production and evaluation of flood risks in situation of insufficient flow data". Natural Hazards, Issue 105, pp. 2381-2408.

- [13] Denmark Hydraulic Institute (DHI) (2013): MIKE 11 User Guide.
- [14] Denmark Hydraulic Institute (DHI) (2013): MIKE 21 User Guide.
- [15] Denmark Hydraulic Institute (DHI) (2013): MIKE FLOOD User Guide.
- [16] Duc, L. and Sawada, Y. (2023): "A signal-processing-based interpretation of Nash-Sutcliffe efficiency". *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 27, 1827-1839, <http://doi.org/10.5194>.
- [17] Giang, N. N. H., Quang, C. N. X., Long, D. T., Ky, P. D., Vu, N. D., Tran, D. D. (2022): "Statistical and hydrological evaluations of water dynamics in the lower Sai Gon-Dong Nai river, Vietnam". *Water*, 14, 130, 1-31, <http://doi.org/10.3390/w14010130>.
- [18] IPCC (2013): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.
- [19] IPCC. (2021): *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom.
- [20] Long, P. T., Hoang, T. T., Dong, N. P. (2022): "MIKE FLOOD application for solving inundation issues for Ho Chi Minh City in the context of climate change: A case study in district 1". *Global changes and sustainable development in Asian emerging market economies*, Vol 2, pp. 733-750.
- [21] Nash, J. E. and Sutcliffe, J. V. (1970): "River flow forecasting through conceptual models. Part 1: A discussion of principles". *J. Hydrol.*, 10, 282-290, [http://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](http://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6).
- [22] Nghia, B. P. Q., Pal, I., Chollacoop, N., Mukhopadhyay, A. (2022): "Applying Google earth engine for flood mapping and monitoring in the downstream provinces of Mekong river". *Progress in Disaster Science*, Vol 14.
- [23] Vu, H. T. D., Vu, H. L., Oberle, P., Andreas, S., Nguyen, P. C., Tran, D. D. (2022): "Datasets of land use change and flood dynamics in the Vietnamese mekong delta". *Data in Brief*, 42, 108268.