

Bài báo khoa học

## Phân tích diễn biến hình thái đáy sông Gò Gia – huyện Cần Giờ dưới ảnh hưởng của nước biển dâng

Nguyễn Thị Diễm Thúy<sup>1\*</sup>, Nguyễn Thị Bầy<sup>2</sup>, Đào Nguyên Khôi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia TP.HCM; nguyenthidiemthuyapag@gmail.com; dnkhoi@hcmus.edu.vn

<sup>2</sup> Khoa Kỹ thuật xây dựng, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia TP.HCM; nguyentbay@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: nguyenthidiemthuyapag@gmail.com; Tel.: +84-968638978

Ban Biên tập nhận bài: 12/4/2022; Ngày phản biện xong: 20/5/2022; Ngày đăng: 25/5/2022

**Tóm tắt:** Nghiên cứu sử dụng bộ mô hình MIKE 21FM với hai mô-đun thủy động lực học HD và vận chuyển bùn cát MT để thực hiện đánh giá diễn biến hình thái đáy sông Gò Gia trên địa bàn huyện Cần Giờ dưới ảnh hưởng của các kịch bản nước biển dâng trong tương lai. Mô hình được hiệu chỉnh và kiểm định với bộ dữ liệu mực nước, lưu lượng và phù sa thực đo tại hai vị trí trên sông Gò Gia vào năm 2021. Nghiên cứu cũng đã tiến hành đánh giá xu thế bồi-xói đáy giai đoạn hiện trạng năm 2021 và phân tích ảnh hưởng của nước biển dâng theo các kịch bản phát thải trung bình RCP4.5 vào các năm 2030, 2040 và 2050 đến diễn biến đáy sông Gò Gia. Kết quả phân tích tại cho thấy, khi mực nước biển tăng từ 12 cm đến 23 cm, lòng dẫn trên sông có xu hướng tăng mức độ xói trong khoảng từ 0,01–1,3 m/năm và giảm mức độ bồi trong khoảng 0,1–1,1 m/năm. Những kết quả đạt được trong nghiên cứu này có ích cho quá trình đánh giá và nhận dạng những nguyên nhân gây xói lở tại khu vực nghiên cứu.

**Từ khóa:** Diễn biến đáy sông; Huyện Cần Giờ; Mô hình MIKE 21FM; Nước biển dâng; Sông Gò Gia.

### 1. Mở đầu

Sông Gò Gia thuộc địa bàn xã Thạnh An, huyện Cần Giờ, thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM), đổ ra sông Cái Mép chảy qua tỉnh Đồng Nai và TP. HCM. Sông Gò Gia nằm ở vị trí địa lý giao thông thuận lợi và xung quanh có nhiều kênh rạch và sông ngòi, cùng với địa hình lòng sông sâu, bằng phẳng và độ rộng sông lớn [1]. Do đó, đây là nơi rất thuận lợi để tàu có trọng tải lớn ra vào. Với những thuận lợi về vị trí và đặc điểm địa hình nên hiện nay sông Gò Gia là một trong những khu vực tiềm năng để xây dựng bến cảng tại huyện Cần Giờ. Tuy nhiên, do sông Gò Gia nằm trong khu vực rừng ngập mặn Cần Giờ nên việc quy hoạch, phát triển phải phù hợp với các quy định bảo tồn vùng dự trữ sinh quyển quốc gia, đặc biệt đối với vấn đề sạt lở bờ sông. Vào năm 2016, hai dự án xã hội hóa nạo vét khu neo đậu tránh trú bão trên sông Gò Gia thuộc huyện Cần Giờ, theo hình thức tận thu bù chi phí, không sử dụng ngân sách nhà nước được triển khai thi công. Cũng trong năm 2016, khu vực sông Gò Gia có dấu hiệu sạt lở, xâm thực đất rừng phòng hộ Cần Giờ do đó các dự án trong khu vực phải dừng thi công để tiến hành đánh giá nguyên nhân sạt lở. Chính vì vậy, sông Gò Gia được chọn là khu vực nghiên cứu.

Theo báo cáo của IPCC năm 2013, Việt Nam là một trong những quốc gia sẽ bị ảnh hưởng nhiều nhất của biến đổi khí hậu (BĐKH) và nước biển dâng (NBD) [2]. Sông Gò Gia

nằm trong hệ thống sông khu vực Cần Giờ chịu ảnh hưởng của chế độ bán nhật triều không đều ở biển Đông, cùng với tình hình BĐKH–NBD đang diễn ra phức tạp như hiện nay nên việc hiểu được tác động của mực nước biển dâng đến diễn biến lòng dẫn sông Gò Gia là cần thiết, phục vụ việc xác định nguyên nhân gây sạt lở tại khu vực.

Để đánh giá bồi xói trên sông, cửa sông có nhiều mô hình có thể mô phỏng diễn biến xói lở, bồi tụ, nhưng một trong số những mô hình toán áp dụng nhiều và có độ tin cậy cao sử dụng trong hầu hết các nghiên cứu những năm qua cho vùng sông, cửa sông ven biển là mô hình MIKE 21FM. Bộ mô hình MIKE 21FM đã được ứng dụng hiệu quả trong việc mô phỏng chế độ thủy lực, cũng như quá trình lan truyền phù sa, bồi-xói tại nhiều khu vực trên thế giới [3–5] và tại Việt Nam [6–9]. Điều này chứng minh việc lựa chọn mô hình này để mô phỏng dòng chảy, quá trình vận chuyển bùn cát, thay đổi hình thái đáy tại sông Gò Gia có tính khả thi và kết quả nghiên cứu có độ tin cậy cao. Ngoài ra, việc sử dụng mô hình toán còn thuận tiện trong việc mô phỏng theo các kịch bản tính toán khác nhau bằng cách thay đổi các dữ liệu đầu vào để tạo ra các kết quả đầu ra khác nhau, điều này thuận lợi cho việc xem xét ảnh hưởng của các kịch bản NBD đến diễn biến lòng dẫn tại khu vực nghiên cứu.

Mục tiêu chính của nghiên cứu là đánh giá ảnh hưởng của mực nước biển dâng đến quá trình diễn biến đáy sông Gò Gia thuộc huyện Cần Giờ, TP.HCM. Với hai mục tiêu cụ thể là đánh giá kết quả mô phỏng diễn biến đáy sông giai đoạn hiện trạng vào năm 2021 và đánh giá ảnh hưởng của mực nước biển dâng đến diễn biến đáy sông Gò Gia bằng cách so sánh kết quả mô phỏng diễn biến đáy giai đoạn hiện trạng so với kết quả mô phỏng theo kịch bản BĐKH của Bộ Tài nguyên và Môi trường năm 2020 vào các năm 2030, 2040 và 2050 [10].

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

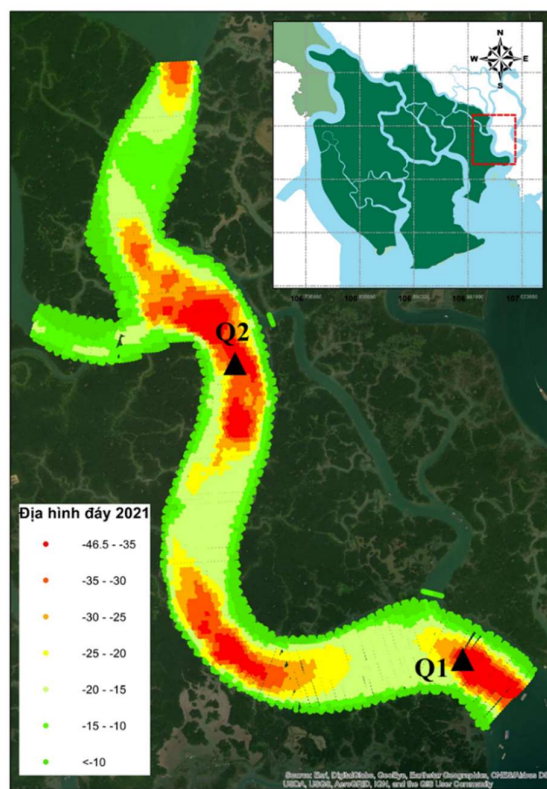
Sông Gò Gia thuộc địa phận xã Thạnh An, huyện Cần Giờ chịu ảnh hưởng của chế độ bán nhật triều không đều. Sông Gò Gia là một con sông lớn với địa hình lòng sông sâu và bằng phẳng. Luồng tàu từ bên ngoài mũi Nghinh Phong đến ngã ba sông Gò Gia–Thị Vải–Cái Mép là luồng rất sâu có thể phục vụ cho tàu có trọng tải 30.000 tấn đi lại không phụ thuộc vào thủy triều. Trường hợp tận dụng thủy triều thì tàu có trọng tải 50.000–80.000 tấn và nếu có nạo vét thêm thì tàu có trọng tải 100.000 tấn có thể ra vào khu vực Gò Gia–Thị Vải [1]. Do đó, đây là một trong những khu vực tiềm năng để xây dựng bến cảng tại huyện Cần Giờ (Hình 1).

### 2.2. Giới thiệu mô hình MIKE 21FM

MIKE 21, được phát triển bởi Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI), Đan Mạch, là một hệ thống mô hình toàn diện áp dụng cho việc mô phỏng các quá trình thủy động lực học trong sông, ven biển và cửa sông. Trong nghiên cứu này, mô hình MIKE 21FM với các mô-đun thủy động lực (HD) và vận chuyển cát bùn (MT) được sử dụng kết hợp để mô phỏng sự thay đổi hình thái đáy sông Gò Gia.

Mô-đun HD mô phỏng sự thay đổi của lưu lượng và mực nước bằng cách giải phương trình nước nông 2D về khối lượng và bảo toàn động lượng (được gọi là hệ phương trình Saint–Venant) bằng cách sử dụng phương pháp số thể tích hữu hạn và lưới phi cấu trúc. Ngoài ra, mô-đun truyền tải–khuyếch tán (AD) để mô phỏng sự vận chuyển của bùn cát lơ lửng. Cuối cùng, mô-đun MT mô tả xói lở, vận chuyển và lắng đọng bùn hoặc hỗn hợp cát/bùn dưới tác động của dòng chảy. Kết quả của mô-đun HD và AD đóng vai trò là đầu vào cho mô-đun MT.

Cơ sở lý thuyết của các mô-đun HD và MT được thể hiện chi tiết trong Hướng dẫn sử dụng mô hình MIKE 21FM năm 2014 [11–12].



Hình 1. Khu vực sông Gò Gia, địa hình đáy sông và vị trí hai trạm đo Q1, Q2.

### 2.3. Dữ liệu đầu vào và thiết lập mô hình

#### ➤ Dữ liệu đầu vào

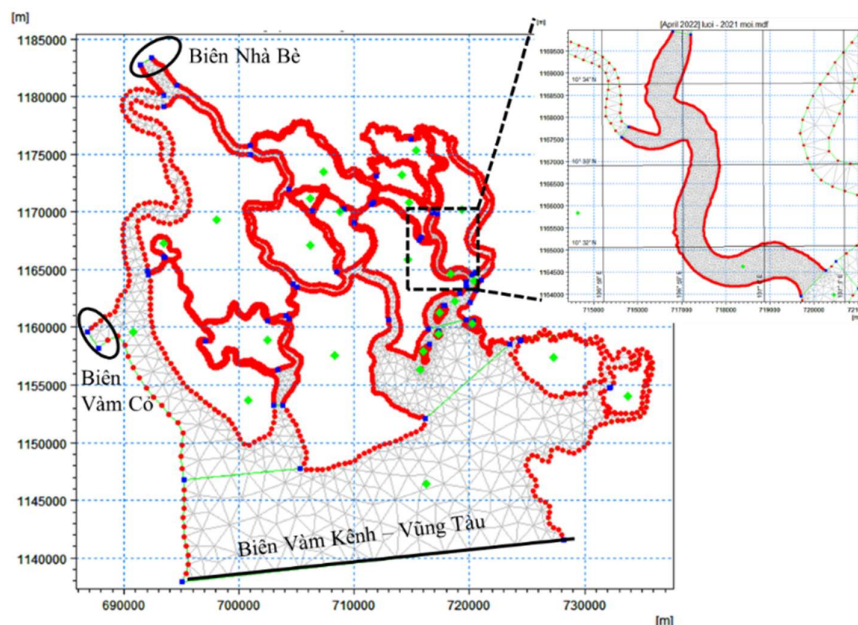
Dữ liệu địa hình đáy sông Gò Gia được đo đạc từ đề tài “Đánh giá thực trạng, nguyên nhân sạt lở bờ sông Gò Gia trên địa bàn huyện Cần Giò và đề xuất các giải pháp nhằm ngăn ngừa” vào năm 2021, địa hình đáy sông Gò Gia có độ sâu từ  $-46,32$  m đến  $-2,03$  m (Hình 1). Bên cạnh đó, địa hình đáy các sông khác trong khu vực huyện Cần Giò được kế thừa từ các đề tài, dự án [13–14] cập nhật đến năm 2016. Dữ liệu địa hình đáy sông sau khi thu thập kết hợp với lưới tính phi cấu trúc được tạo từ đường bờ năm 2021 để nội suy địa hình, đây là dữ liệu đầu vào quan trọng cho mô hình MIKE 21FM (Hình 2).

Vùng tính bao gồm 03 biên lòng là dữ liệu mực nước theo giờ vào năm 2021 tại các trạm thủy văn Nhà Bè, Vàm Cỏ, Vũng Tàu, Vàm Kênh được thu thập từ Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam bộ, vị trí các biên tính được thể hiện trong Hình 2. Bên cạnh đó, dữ liệu mực nước, lưu lượng nước và nồng độ phù sa thực đo theo giờ tại hai vị trí Q1 và Q2 trên sông Gò Gia được sử dụng để hiệu chỉnh mô hình dòng chảy, dữ liệu này được đo đạc trong khuôn khổ đề tài “Đánh giá thực trạng, nguyên nhân sạt lở bờ sông Gò Gia trên địa bàn huyện Cần Giò và đề xuất các giải pháp nhằm ngăn ngừa” của nhóm nghiên cứu.

Các dữ liệu về địa chất và trầm tích đáy được thập từ Báo cáo đánh giá tác động môi trường dự án [15], theo tài liệu khảo sát vào tháng 05/2015, trong phạm vi diện tích và tới độ sâu khảo sát 8,0 m tính từ cao độ miệng lỗ khoan làm 02 lớp đất nền như sau:

- + Lớp 1: Cát hạt mịn đến trung pha bụi sét màu xám đen, kết cấu rời đến chặt vừa.
- + Lớp 2: Sét pha cát hạt mịn màu xám đen, nâu vàng, trạng thái dẻo mềm đến dẻo cứng.

Các cấp hạt tính toán cho mô hình gồm 3 cấp hạt với đường kính trung bình các cấp hạt là 0,063 mm, 0,1 mm và 0,25 mm.



**Hình 2.** Lưới tính và vị trí các biên.

➤ Thiết lập mô hình

Trong mô-đun thủy lực, hệ số Manning (M) được xem là tham số chính để hiệu chỉnh mô hình. Trong nghiên cứu này, hệ số Manning được tính tương quan theo độ sâu địa hình với giá trị trong khoảng 65–120 m<sup>1/3</sup>/s. Đối với mô phỏng quá trình lan truyền bùn cát, bồi xói, một số nghiên cứu [16–18] đã dùng các thông số để hiệu chỉnh bao gồm hệ số khuếch tán, vận tốc lắng, ứng suất tới hạn bồi, ứng suất tới hạn xói và vận tốc xói. Do đó, nghiên cứu sử dụng các thông số này để hiệu chỉnh quá trình lan truyền phù sa và thay đổi hình thái đáy sông Gò Gia. Bộ thông số mô hình MIKE 21FM đã hiệu chỉnh được thể hiện trong Bảng 1.

**Bảng 1.** Bộ thông số mô hình sau khi hiệu chỉnh.

Thông số	Ký hiệu	Đơn vị		Giá Trị
Hệ số Manning	M	m <sup>1/3</sup> /s		65–120
Độ dày lớp đáy		m	Lớp 1	0,2
			Lớp 2	5
			Cấp hạt 1	0,004
Vận tốc lắng	W <sub>s</sub>	m/s	Cấp hạt 2	0,009
			Cấp hạt 3	0,038
			Cấp hạt 1	0,07
Ứng suất tới hạn bồi	τ <sub>ce</sub>	N/m <sup>2</sup>	Cấp hạt 2	0,08
			Cấp hạt 3	0,09
			Lớp 1	0,35
Ứng suất tới hạn xói	τ <sub>cd</sub>	N/m <sup>2</sup>	Lớp 2	0,60
			Lớp 1	1×10 <sup>-5</sup>
Tốc độ xói	E <sub>0</sub>	Kg/m <sup>2</sup> /s	Lớp 2	5×10 <sup>-5</sup>

#### 2.4. Đánh giá hiệu quả mô phỏng của mô hình

Độ tin cậy của kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình được đánh giá thông qua hai chỉ số là hệ số tương quan ( $R^2$ ), hệ số hiệu quả Nash–Sutcliffe (NSE). Tiêu chí đánh giá hiệu quả mô hình được tham khảo dựa trên kết quả nghiên cứu [19], cụ thể chỉ số NSE và  $R^2$  giữa giá trị thực đo và mô phỏng lớn hơn 0,85 cho thấy mô hình có khả năng mô phỏng rất tốt, giá trị lớn hơn 0,75 thể hiện mức độ mô phỏng tốt và giá trị lớn hơn 0,6 thể hiện mức độ phù hợp.

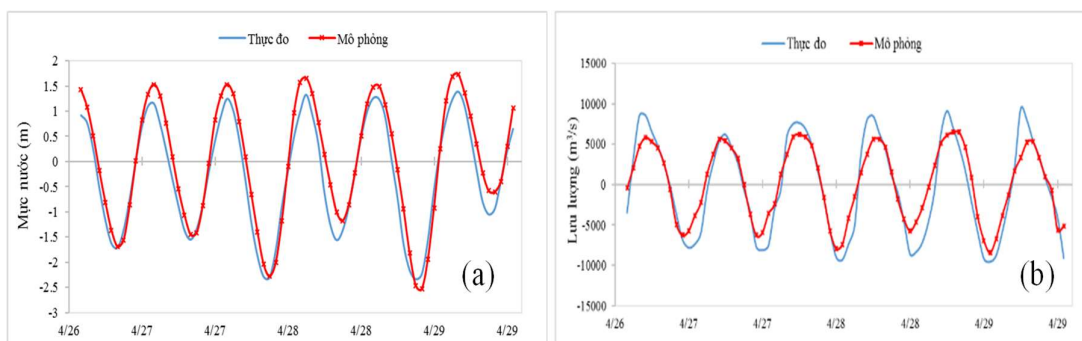
#### 2.5. Kích bản nước biển dâng

Kịch bản nước biển dâng (NBD) do BĐKH với kịch bản phát thải trung bình RCP4.5 được sử dụng trong nghiên cứu để đánh giá ảnh hưởng của NBD đến quá trình bồi xói tại khu vực nghiên cứu. Kịch bản NBD trong nghiên cứu này được tham khảo từ Kịch bản Biển đổi khí hậu và Nước biển dâng cho Việt Nam năm 2020 [10] tại khu vực từ Mũi Kê Gà đến Mũi Cà Mau trong 03 giai đoạn gần nhất là 2030, 2040 và 2050. Theo đó, mực NBD trong ba năm 2030, 2040 và 2050 lần lượt là 12 cm, 17 cm và 23 cm.

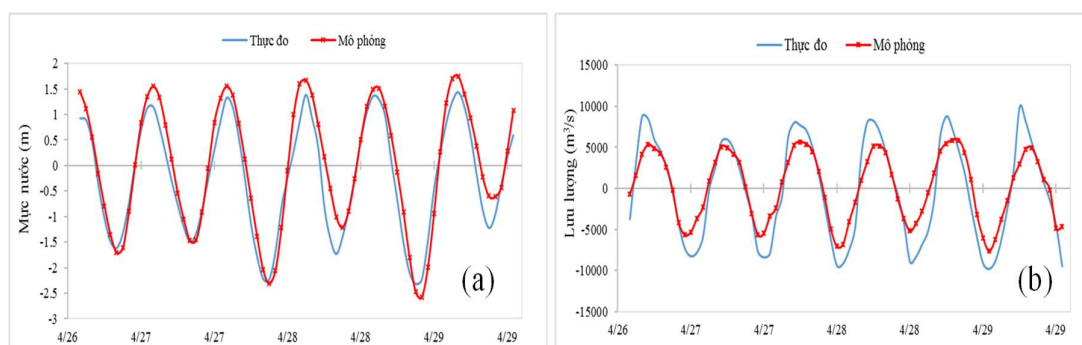
### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Hiệu quả mô phỏng mô hình MIKE 21FM

Trước khi mô phỏng dòng chảy, mô hình được hiệu chỉnh tại hai trạm đo Q1, Q2 trong 03 ngày từ 14h ngày 26/04 đến 13h ngày 29/04/2021 và kiểm định từ 13h 01/11 đến 17h 04/11/2021. Hiệu quả mô phỏng được đánh giá bằng đồ thị tương quan giữa lưu lượng, mực nước đo đạc, mô phỏng (Hình 3 đến Hình 6) và hai chỉ số thống kê là NSE và  $R^2$  (Bảng 2). Có thể thấy, các chỉ số NSE và  $R^2$  giữa giá trị lưu lượng, mực nước quan trắc và mô phỏng đều đạt mức tốt đến rất tốt, với giá trị lớn hơn 0,7 ở cả hai vị trí Q1, Q2. Điều này chứng minh mô hình MIKE 21FM có thể mô phỏng tốt dòng chảy tại sông Gò Gia.

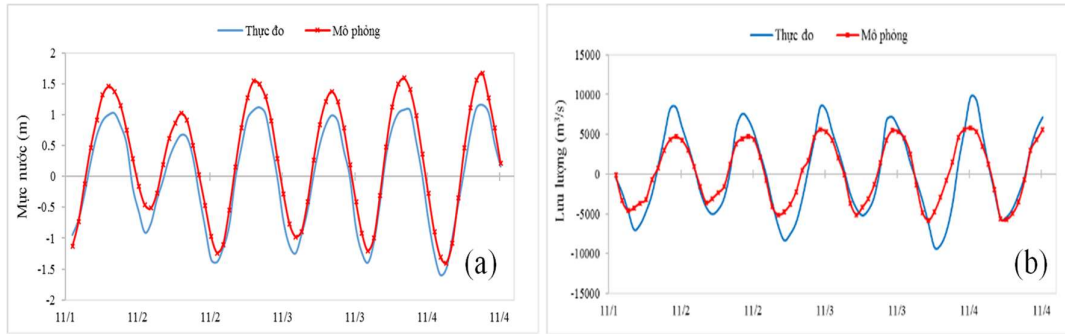


Hình 3. Hiệu chỉnh dòng chảy tại trạm đo Q1: (a) Mực nước; (b) Lưu lượng.

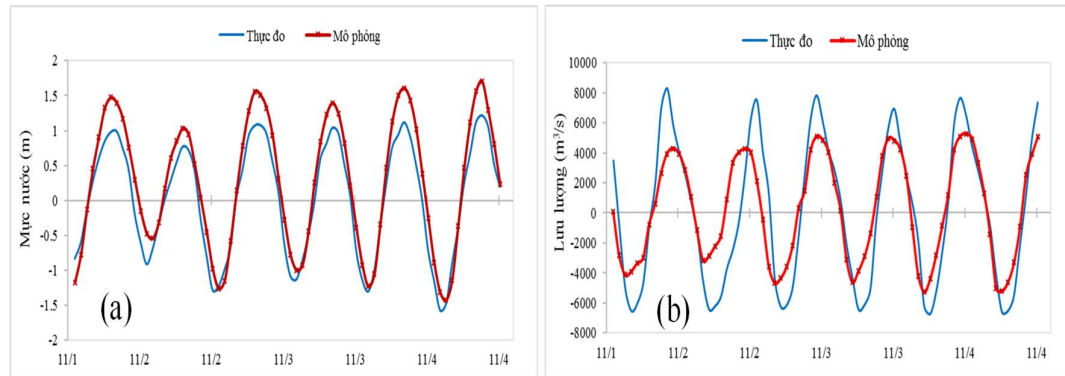


Hình 4. Hiệu chỉnh dòng chảy tại trạm đo Q2: (a) Mực nước; (b) Lưu lượng.



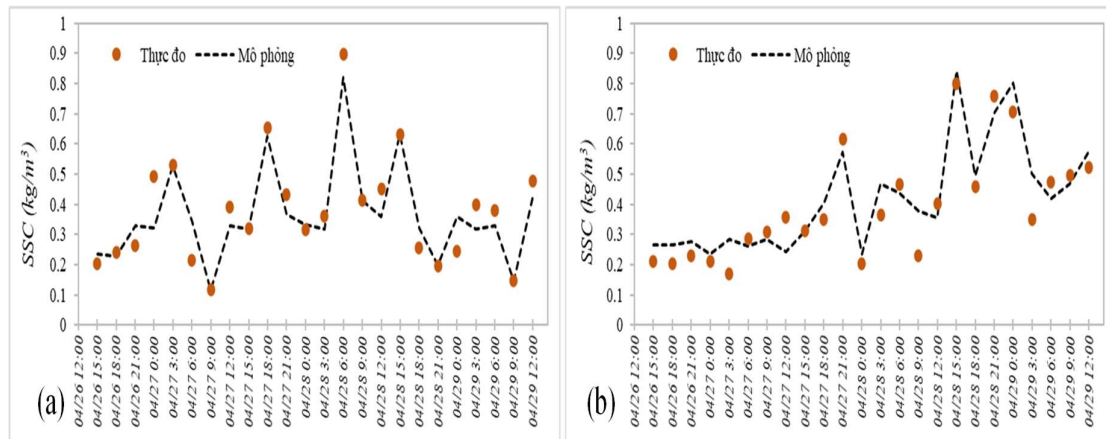


Hình 5. Kiểm định dòng chảy tại trạm đo Q1: (a) Mức nước; (b) Lưu lượng.

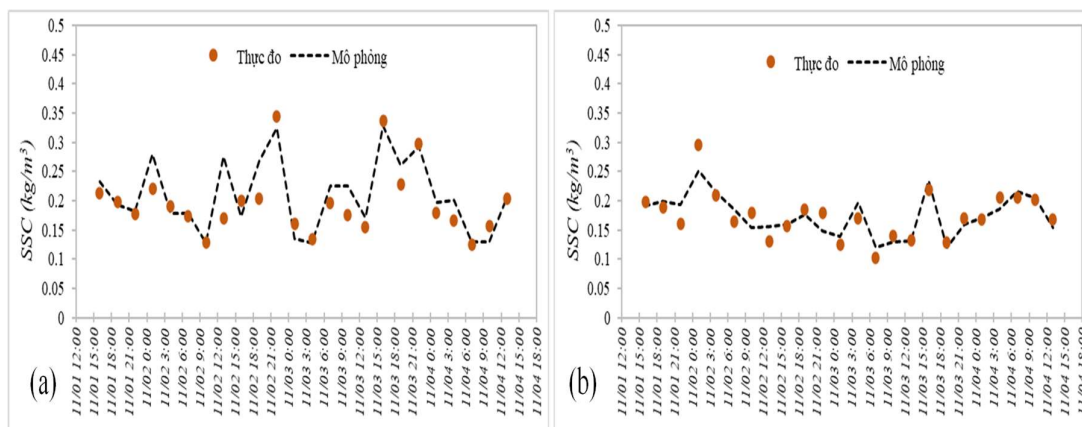


Hình 6. Kiểm định dòng chảy tại trạm đo Q2: (a) Mức nước; (b) Lưu lượng.

Bộ thông số thủy lực đạt được sau khi thực hiện hiệu chỉnh được sử dụng để mô phỏng lan truyền phù sa, Hình 7 và Hình 8 thể hiện kết quả hiệu chỉnh và kiểm định nồng độ phù sa tại hai vị trí Q1 và Q2. Từ đồ thị cho thấy, tuy một số thời điểm nồng độ phù sa phỏng có sự chênh lệch so với giá trị quan trắc, điều này có thể do mô-đun MT kế thừa sai số từ mô hình dòng chảy, nhưng nhìn chung nồng độ phù sa mô phỏng tại hai trạm có xu hướng tương quan tốt với giá trị thực đo. Ngoài ra, hiệu quả mô phỏng còn được thể hiện thông qua hai chỉ số NSE và  $R^2$  đều đạt mức phù hợp đến tốt với giá trị hai chỉ số đều lớn hơn 0,62 ở cả hai trạm đo (Bảng 2). Các kết quả trên cho thấy, bộ thông số của mô-đun MIKE 21FM MT đạt được đủ độ tin cậy để mô phỏng quá trình lan truyền bùn cát và thay đổi hình thái đáy trong thời gian dài tại khu vực nghiên cứu.



Hình 7. Hiệu chỉnh phù sa tại hai trạm đo Q1 và Q2: (a) Q1; (b) Q2.



Hình 8. Kiểm định phù sa tại hai trạm đo Q1 và Q2: (a) Q1; (b) Q2.

Bảng 2. Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định dòng chảy.

Trạm đo	Hiệu chỉnh						Kiểm định					
	Lưu lượng		Mức nước		Phù sa		Lưu lượng		Mức nước		Phù sa	
	R <sup>2</sup>	NSE	R <sup>2</sup>	NSE	R <sup>2</sup>	NSE	R <sup>2</sup>	NSE	R <sup>2</sup>	NSE	R <sup>2</sup>	NSE
Q1	0,92	0,86	0,96	0,89	0,86	0,87	0,92	0,82	0,98	0,86	0,74	0,62
Q2	0,93	0,82	0,94	0,87	0,86	0,84	0,72	0,75	0,97	0,84	0,72	0,71

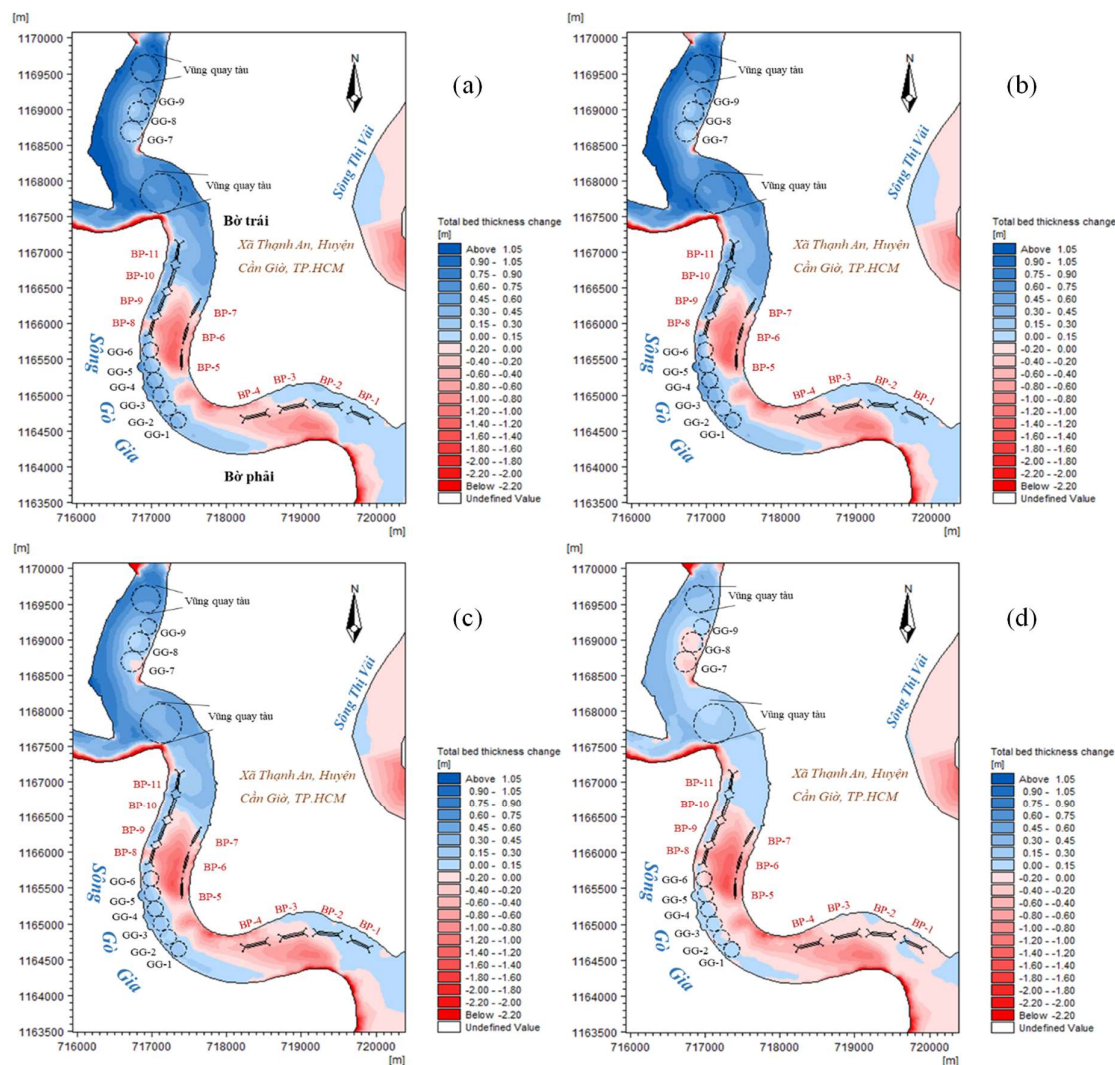
### 3.2. Đánh giá kết quả mô phỏng hiện trạng bồi-xói tại sông Gò Gia

Hình 9a thể hiện kết quả mô phỏng diễn biến đáy sông sau một năm mô phỏng vào năm 2021. Quá trình bồi được thể hiện bằng thang màu xanh và thang màu đỏ thể hiện quá trình xói. Một số khu vực có xu hướng bồi như khu vực bờ phải sông, đối diện các khu neo đậu GG-7, GG-8, GG-9 xảy ra quá trình bồi với mức độ bồi trong khoảng 1,6 m/năm. Khu vực ven bờ các bên phao BP-01, BP-02 và BP-03 cũng có xu hướng bồi với mức độ bồi trong khoảng 0,4 m. Tại khu vực ngã ba Tắc Ông Cu-sông Gò Gia có mức độ xói cao trong khoảng 4,6 m/năm, Khu vực ngã ba sông Gò Gia-Thị Vải có mức độ xói trong khoảng 2,2 m/năm. Khu vực ven bờ các bên phao từ BP-5 đến BP-11 có xu thế xói với mức độ trong khoảng -0,7 m đến 1,93 m/năm. Nhìn chung, trên sông Gò Gia quá trình bồi xói xảy ra xen kẽ và tại các vị trí ngã ba sông có xu thế xói cao.

### 3.3. Đánh giá diễn biến đáy sông dưới ảnh hưởng của NBD

Với giả thiết các điều kiện khác là dữ liệu vào năm 2021, chỉ thay đổi về điều kiện dâng cao mực nước (mực nước dâng lần lượt là 12 cm, 17 cm và 23 cm vào các năm 2030, 2040 và 2050), các kết quả tính toán mô phỏng cho thấy mực nước biển dâng do BĐKH có tác động nhất định đến sự thay đổi địa hình đáy ở khu vực nghiên cứu. Kết quả mô phỏng diễn biến đáy sông theo các kịch bản được thể hiện lần lượt trong hình 9b, hình 9c và hình 9d.

Tại khu vực bờ phải sông, đối diện các khu neo đậu GG-7, GG-8, GG-9, mức độ bồi tại khu vực này có xu thế giảm, cụ thể năm 2021 mức độ bồi tại khu vực này khoảng 1,6m đến năm 2030 khi mực nước dâng lên thêm 12cm thì mức độ bồi giảm còn 1,5m và đến năm 2050 mức độ bồi tại khu vực này còn khoảng 0,5m/năm. Tại khu vực này, khi mực nước tăng vận tốc dòng chảy chỉ chênh lệch khoảng 0,1m/s, tuy nhiên nồng độ phù sa tại khu vực này giảm khá nhiều so với hiện trạng năm 2021. Cụ thể, vào năm 2021 nồng độ phù sa trong khu vực này dao động trong khoảng 0,4 kg/m<sup>3</sup> đến 0,93 kg/m<sup>3</sup>, đến năm 2050 nồng độ trong khu vực này trong khoảng 0,28 kg/m<sup>3</sup> đến 0,45 kg/m<sup>3</sup>.



**Hình 9.** Diễn biến đáy sông sau 1 năm mô phỏng vào năm 2021 và các kịch bản nước biển dâng: (a) Năm 2021; (b) RCP4.5–2030; (c) RCP4.5–2040; (d) RCP4.5–2050.

Các khu vực ngã ba sông, khu vực ven bờ các bến phao PB–4 đến BP–11 có xu thế tăng phạm vi khu vực bị xói và tăng mức độ xói trong khoảng 0,1m đến 0,7 m/năm tùy từng khu vực. Tại khu vực ven bờ bến phao BP–1, BP–2 và BP–3 có xu thế bồi vào năm 2021 và 2030 với mức độ bồi lần lượt khoảng 0,4m và 0,17m, đến năm 2040 khi mực nước biển dâng thêm 17 cm tại khu vực ven bờ bến phao BP–3 bị xói nhẹ với mức độ khoảng 0,2 m và khi mực nước dâng thêm 23 cm vào năm 2050 thì khu vực ven bờ cả ba bến phao đều xuất hiện xói. Các kết quả mô phỏng diễn biến sạt lở, bồi lắng tại một số khu vực trên sông Gò Gia dưới ảnh hưởng của NBD được thống kê trong Bảng 3.

**Bảng 3.** Mức độ bồi – xói theo các kịch bản nước biển dâng trong tương lai (Đơn vị: m/năm (+Bồi; – Xói)).

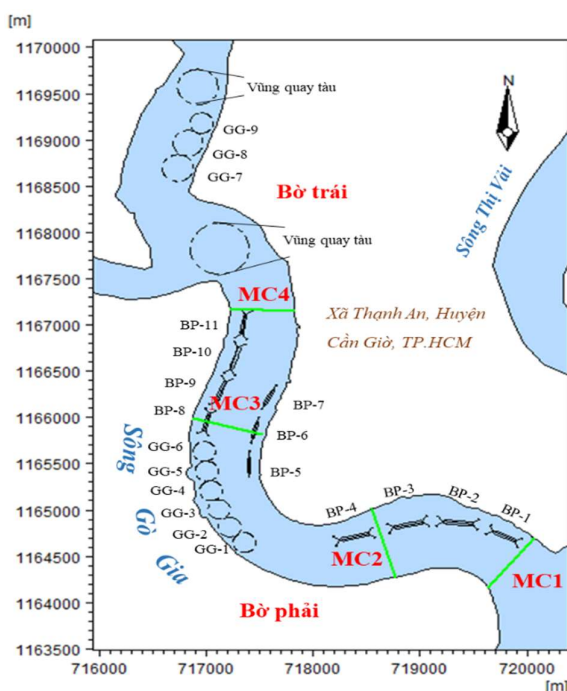
Khu vực	2021	RCP4.5–2030	RCP4.5–2040	RCP4.5–2050
Khu vực bờ phải sông, đối diện các khu neo đậu GG–7, GG–8, GG–9	+1,6	+1,5	+1,17	+0,5
Khu vực ngã ba Tắc Ông Cu và sông Gò Gia	–3,3	–3,6	–3,9	–4,6
Khu vực ven bờ các bến phao BP–10 và BP–11	–1,4	–1,8	–2,01	–2,16



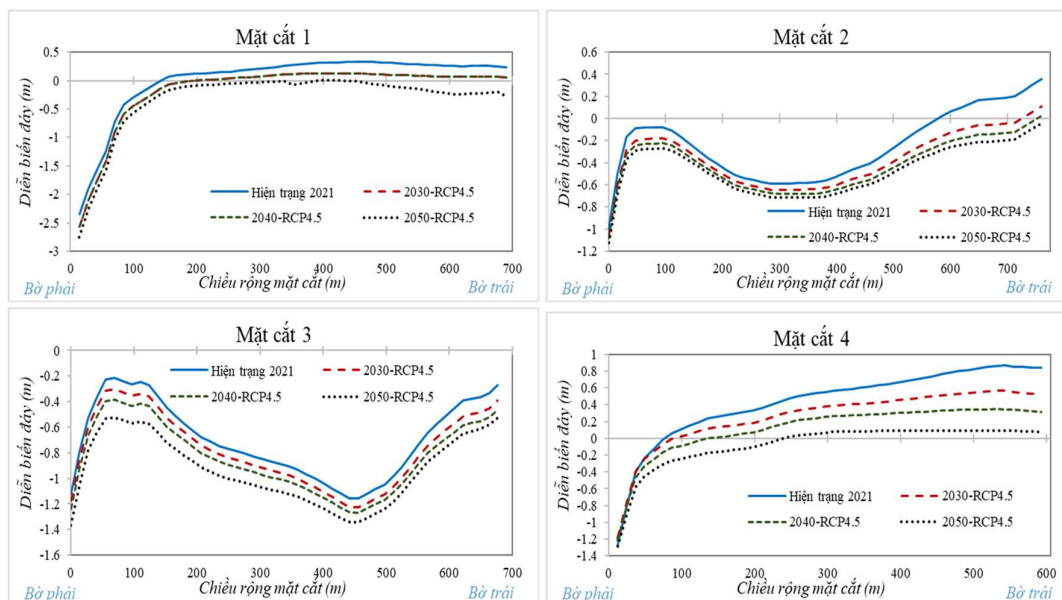
Khu vực	2021	RCP4.5–2030	RCP4.5–2040	RCP4.5–2050
Khu vực ven bờ các bến phao BP-08 và BP-09	-1,28	-1,43	-1,5	-1,6
Khu vực ngã ba sông Gò Gia và sông Thị Vải	-2,2	-2,58	-2,9	-3
Tại bến phao BP-01, BP-02 và BP-03	+0,4	+0,17	-0,2	-0,32
Tại bến phao BP-04	-0,7	-1,02	-1,2	-1,29
Ven bờ bến phao BP-05, BP-06, và BP-07	-1,93	-1,94	-1,96	-1,97

Để đánh giá rõ hơn ảnh hưởng của NBD đến diễn biến đáy sông và hai bên bờ sông, nghiên cứu sẽ tiến hành trích xuất và so sánh diễn biến đáy tại 04 mặt cắt ngang đại diện, là các vị trí có nhiều sự thay đổi về diễn biến đáy khi NBD so với hiện trạng. Cụ thể, mặt cắt MC1 nằm phía hạ lưu sông Gò Gia, phía dưới bến phao BP-1, mặt cắt MC2 nằm giữa bến phao BP-3 và BP-4, mặt cắt MC3 đi qua các bến phao BP-6 và BP-8, mặt cắt MC4 nằm phía trên BP-11 (Hình 10).

Tại mặt cắt MC1 (Hình 11a), khi mực nước biển dâng làm giảm mức độ bồi tụ tại khu vực giữa sông và phía bờ phải sông tại khu vực bến phao BP-1 có xu hướng chuyển từ bồi sang xói nhẹ với mức độ xói khoảng 0,2 m. Tại mặt cắt MC2 (Hình 11b), mức độ xói có xu hướng tăng từ phía bờ trái đến vị trí cách bờ trái khoảng 600 m với mức tăng trong khoảng 0,11 m đến 0,25 m. Khu vực phía bờ phải có xu hướng chuyển từ bồi sang xói ở cả hai mùa khi mực nước biển dâng qua các năm. Tại mặt cắt MC3 nằm trên hai bến phao BP-6 và BP-8 (Hình 11c), trên toàn bộ mặt cắt này có xu hướng xói ở cả hai mùa. Khi mực nước biển dâng, mức độ xói trên mặt cắt vào mùa mưa tăng nhiều hơn so với mùa khô, cụ thể khi mực nước tăng thêm 23cm vào năm 2050 mức độ xói vào mùa mưa tăng đạt khoảng từ 0,5 m đến 1,37 m. Tại mặt cắt MC4 phía trên bến phao BP-11 (Hình 11d), phía bờ trái có xu hướng xói vào năm 2021 ở cả hai mùa, và khi mực nước biển tăng mức độ xói tại khu vực ven bờ trái không có nhiều thay đổi so với hiện trạng. Từ khu vực cách bờ trái khoảng 100m đến bờ phải quá trình bồi chiếm ưu thế, tuy nhiên mức độ bồi có xu hướng giảm đáng kể dưới ảnh hưởng của NBD.



Hình 10. Vị trí trích xuất mặt cắt.



**Hình 11.** Diễn biến đáy tại 04 mặt cắt theo các kịch bản NBD.

Kết quả từ Hình 11 cho thấy, khi mực nước biển dâng mức độ bồi có xu hướng giảm và tăng mức độ xói tại cả 04 mặt cắt. Điều này có thể do sông Gò Gia thuộc huyện Cần Giuộc nên chịu ảnh hưởng mạnh mẽ từ chế độ bán nhật triều không đều biển Đông, vì vậy khi NBD do BĐKH làm mực nước và vận tốc dòng chảy khi triều lên tăng làm tăng mức độ xói, đồng thời lượng phù sa trong sông sẽ bị đẩy lên phía trên nhiều hơn, lượng phù sa trong sông lúc này giảm dẫn đến quá trình bồi tụ có xu hướng giảm.

Đối chiếu kết quả đạt được với một số nghiên cứu tương tự khác như kết quả phân tích từ phương pháp bán thực nghiệm [21] cho thấy, địa hình đáy tại khu vực biển Wadden và Ameland–Eierland vẫn duy trì mức độ ổn định dưới ảnh hưởng của NBD. Nhưng một nghiên cứu khác tại khu vực biển Wadden ở Hà Lan sử dụng mô hình Delft3D cho thấy khi mực nước biển dâng cao có thể gây bồi lắng tại các bãi bồi phía trong cửa sông và gây xói tại các bãi bồi phía ngoài của sông [22]. Ngược lại, kết quả dự báo vào hai mùa cạn và lũ bằng mô hình Delft3D tại khu vực ven bờ sông Mê Kông chỉ ra các bãi bồi vùng phía ngoài các cửa sông của khu vực ven bờ châu thổ sông Mê Kông có xu hướng tăng tốc độ bồi dưới tác động của NBD [23]. Có thể thấy, ảnh hưởng của NBD đến sự thay đổi địa hình đáy sông, ven biển không có quy luật nhất định mà sự ảnh hưởng này sẽ khác nhau tùy vào đặc điểm địa hình, chế độ dòng chảy, quá trình vận chuyển bùn cát ở từng khu vực và cách tiếp cận nghiên cứu.

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu đã thực hiện đánh giá quá trình bồi-xói giai đoạn hiện trạng năm 2021 và đánh giá ảnh hưởng của NBD do BĐKH theo các kịch bản RCP4.5 vào các năm 2030, 2040 và 2050 đến diễn biến lòng dẫn tại khu vực sông Gò Gia. Kết quả phân tích tại 04 mặt cắt trên sông cho thấy, khi mực nước biển tăng lòng dẫn trên sông có xu hướng tăng mức độ xói và giảm mức độ bồi và diễn biến lòng dẫn vào mùa khô ít bị thay đổi hơn so với mùa khô. Càng vào sâu trong đất liền, hiện tượng xói càng gia tăng.

Nghiên cứu này chỉ thực hiện phân tích ảnh hưởng của NBD do biến đổi khí hậu đến diễn biến đáy sông Gò Gia mà chưa xem xét kết hợp các yếu tố khác như thay đổi dòng chảy, chế độ sóng, gió và các yếu tố nhân sinh. Tuy nhiên, việc chỉ phân tích từng yếu tố có ích trong

việc hiểu được tác động riêng lẻ của yếu tố NBD đến diễn biến đáy sông Gò Gia. Trong giai đoạn kế tiếp sẽ tiến hành phân tích, đánh giá tổng hợp các nguyên nhân dẫn đến quá trình bồi lắng-xói lở tại khu vực sông Gò Gia.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.T.B., Đ.N.K.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.T.B., Đ.N.K., N.T.D.T.; Xử lý số liệu: N.T.D.T.; Viết bản thảo bài báo: N.T.D.T.; Chỉnh sửa bài báo: Đ.N.K., N.T.D.T.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM thông qua Hợp đồng thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ số 112/2020/HĐ-QKHCN ngày 15 tháng 12 năm 2020.

**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. Hoàng, T.T.; Phùng, N.K. Phân tích đặc điểm khí tượng-thủy-hải văn và môi trường phục vụ quy hoạch xã Thạnh An, huyện Cần Giờ năm 2020. *Tạp chí khí tượng thủy văn* **2014**, 642, 6–11.
2. IPCC. The physical science basis: Contributing of working group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 2013.
3. Novico, F.; Priohandono, Y.A. Analysis of Erosion and Sedimentation Patterns Using Software of Mike 21 FM HD–MT in the Kapuas Murung River Mouth Central Kalimantan Province. *Bull. Mar. Geol.* **2012**, 27(1), 35–53.
4. Kimiaghalam, N.; Clark, S.; Ahmari, H.; Hunt, J. Wave – current induced erosion of cohesive riverbanks in northern Manitoba, Canada. *IAHS Publ.* **2014**, 367, 134–140.
5. Pradhan, S.; Samal, R.N.; Choudhury, S.B.; Mohanty, P.K. Hydrodynamic and cohesive sediment transport modeling in Chilika lagoon. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* **2018**, IV–5, 141–149.
6. Mai, N.T.P.; Thành, L.T. Đề xuất giải pháp bảo vệ bờ cửa sông ven biển cửa sông Cái Lớn – tỉnh Kiên Giang. Tuyển tập Hội nghị Khoa học thường niên năm 2015. 2015, 351–354.
7. Sáo, N.T.; Khá, Đ.Đ.; Anh, T.N. Phân tích nguyên nhân bồi lấp luồng tại cửa biển Tam Quan – Bình Định. *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc Gia Hà Nội: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* **2014**, 30(4), 65–70.
8. Nga T.N.Q.; Khoi D.N.; Thuy N.T.D.; Nhan D.T.; Kim T.T.; Bay N.T. Understanding the Flow and Sediment Dynamics in the Mekong River – A Case Study in the Vinh Long Province. Proceedings of the 10th International Conference on Asian and Pacific Coasts (APAC 2019), September 25–28, Hanoi, Vietnam, 2019, 1453–1460.
9. Thuy N.T.D.; Khoi D.N.; Nhan D.T.; Nga T.N.Q.; Bay N.T.; Phung N.K. Modelling Accresion and Erosion Processes in the Bassac and Mekong Rivers of the Vietnamese Mekong Delta. Proceedings of the 10th International Conference on Asian and Pacific Coasts (APAC 2019), September 25–28, Hanoi, Vietnam, 2019, 1431–1437.

10. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Kịch bản Biến đổi Khí hậu. NXB Tài nguyên – Môi trường và bản đồ Việt Nam, 2020, 83–93.
11. DHI. MIKE 21 & MIKE 3 Flow model FM Hydrodynamic Scientific Documentation. 2014.
12. DHI. MIKE 21 & MIKE 3 Flow model FM – Mud transport module Scientific Documentation. 2014.
13. Nguyễn Thị Bảy. Nghiên cứu đánh giá quá trình diễn biến đáy và thay đổi chế độ thủy văn do nạo vét sông Soài Rạp phục vụ công tác phát triển giao thông đường thủy. 2012.
14. Công ty Cổ phần Tư vấn Xây dựng Điện 2 (PECC 2). Dự án “Trung tâm điện lực Tân Phước”. 2016.
15. Công ty TNHH Đầu tư TM Dịch Vụ – XNK Hoàng Minh. Báo cáo Đánh Giá Tác Động Môi Trường của dự án xã hội hóa nạo vét khu neo đậu tránh bão trên sông Gò Gia theo hình thức tận thi bù chi phí, không sử dụng ngân sách Nhà nước. 2016.
16. Krone, R.B. Flume Studies of the Transport of Sediment in Estuarial Shoaling Processes. Technical Report, Hydraulic Engineering Laboratory, University of California, Berkeley California, 1962.
17. Mehta, A.J.; Hayter, E.J.; Parker, W.R.; Krone, R.B.; Teeter, M. Cohesive sediment transport: Part I. Process de–scription. *J. Hydraul. Eng.* **1989**, *115*, 1076–1093.
18. Teeter, A.M. Vertical transport in fine–grained suspension and newly deposited sediment, *Estuarine Cohesive Sediment Dynamics*. Springer–Verlag, Berlin, 1986, 170–191.
19. Moriasi, D.N.; Gitau, M.W.; Pai, N.; Daggupati, P. Hydrologic and water quality Models performance measures and evaluation criteria. *Am. Soc. Agric. Biol. Eng.* **2015**, *58(6)*, 1763–1785.
20. Loon, V.A.T. Water Flow and Tidal Influence Mangrove Delta System Can Gio, Vietnam. Thesis Hydrology, Wageningen Agricultural University, The Netherlands, 2005.
21. Van Goor, M.A.; Zitman, T.J.; Wang, Z.B.; Stive, M.J.F. Impact of sealevel rise on the morphological equilibrium state of tidal inlets. *Mar. Geol.* **2003**, *202(3)*, 211–227.
22. Dissanayake, D.M.P.K.; Ranasinghe, R.W.M.R.J.B.; Roelvink, J.A. The morphological response of large tidal inlet/basin systems to relative sea level rise. *Clim. Change* **2012**, *113(2)*, 253–276.
23. Vĩnh, V.D.; Lân, T.Đ.; Tú, T.A.; Anh, N.T.K. Mô phỏng ảnh hưởng của mực nước biển dâng đến biến động địa hình đáy vùng ven bờ cửa sông Mê Kông. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển* **2015**, *15(2)*, 139–149.



## **Analysing the morphological changes of the Go Gia River, Can Gio district under the impact of sea–level rise**

**Nguyen Thi Diem Thuy<sup>1\*</sup>, Nguyen Thi Bay<sup>2</sup>, Dao Nguyen Khoi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Faculty of Environment, University of Science, Vietnam National University Ho Chi Minh City; nguyenthidiemthuyapag@gmail.com; dnkhai@hcmus.edu.vn;

<sup>2</sup> Faculty of Civil Engineering, University of Technology, Vietnam National University Ho Chi Minh City; nguyentbay@gmail.com

**Abstract:** This study applies the MIKE 21FM model with hydrodynamic (HD) and mud transport (MT) modules to assess the morphological changes of the Go Gia River in the Can Gio district under the impact of sea–level rise. The model is calibrated and validated with the hourly data of water level, discharge, and suspended sediment concentrations that were observed at two locations on the Go Gia River in 2021. After that, the study evaluates the process of accretion and erosion in the present status and assesses the effects of sea–level rise under the RCP4.5 scenario for the years 2030, 2040, and 2050 on changes in bottom morphology. The results illustrate that, if the sea level increases from 12 cm to 23 cm, the riverbed topography will increase the rate of erosion in the range of 0.01–1.3 meters per year and the rate of accretion will decline a minimum of 0.1 and maximum of 1.1 meters per year. The results obtained in this research are a reference to identify the causes of erosion in the study area.

**Keywords:** Can Gio district; Morphological changes; MIKE 21FM model; Go Gia River; Sea–level rise.