

Đánh giá ảnh hưởng của hoạt động nạo vét đến quá trình bồi lắng – xói lở tại khu vực sông Gò Gia, huyện Cần Giờ

Nguyễn Thị Diễm Thúy^{1*}, Đào Nguyên Khôi¹, Bùi Phi Phụng¹, Nguyễn Thị Bầy²

¹ Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia TP.HCM;
nguyenthidiemthuyapag@gmail.com; dnkhoi@hcmus.edu.vn;
phung.bui1211@gmail.com

² 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: 19/4/2022; Ngày phản biện xong: 28/4/2022; Ngày đăng bài: 25/5/2022

Tóm tắt: Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của hoạt động nạo vét đến quá trình bồi xói đáy sông Gò Gia, huyện Cần Giờ. Bộ mô hình MIKE 21FM với hai mô-đun HD và MT được sử dụng để mô phỏng dòng chảy và quá trình bồi lắng–xói lở tại khu vực nghiên cứu. Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mực nước và lưu lượng có độ tin cậy cao, điều này được khẳng định thông qua các chỉ số NSE và R^2 đều đạt mức tốt đến rất tốt, với giá trị lớn hơn 0,83 ở cả 04 trạm thủy văn trong khu vực. Bên cạnh đó, sai số giữa nồng độ phù sa thực đo và mô phỏng đều nhỏ hơn 20% ở cả hai giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định. Các kết quả phân tích quá trình bồi lắng–xói lở theo hai kịch bản khi không nạo vét và khi có nạo vét cho thấy, các khu vực trong phạm vi ô nạo vét quá trình xói có xu hướng giảm và quá trình bồi có xu hướng tăng. Tại các khu vực phía trên hoặc dưới phạm vi nạo vét, có thể do vận tốc dòng chảy tăng, quá trình xói có xu hướng tăng sau khi nạo vét. Có thể thấy, quá trình nạo vét có xu hướng làm thay đổi vận tốc dòng chảy cũng như diễn biến lòng dẫn tại các khu vực xung quanh phạm vi nạo vét.

Từ khóa: Huyện Cần Giờ; MIKE 21FM; Nạo vét; Sông Gò Gia; Xói lở.

1. Mở đầu

Quá trình sạt lở hai bên bờ sông là hệ quả của sự tương tác giữa các yếu tố tự nhiên với hoạt động của con người và giữa các yếu tố tự nhiên với nhau, bao gồm đặc điểm thủy lực trên sông, kênh và tính chất vật lý của bờ. Tính đến thời điểm hiện nay, các nhà nghiên cứu đã nhận dạng được một số yếu tố là nguyên nhân làm bờ sông, kênh bị sạt lở bờ, cụ thể: Độ dốc kênh [1], cấp, loại, cũng như sự uốn khúc của sông [2–3], lưu lượng dòng chảy [4], vật liệu bờ [2], thảm thực vật [1, 5, 6], độ ẩm của đất [6], tần suất và cường độ mưa, chế độ thủy văn sông [6], sóng [7], xâm lấn của con người [8],... Tùy vào hình thái sông và đặc điểm của từng khu vực, quá trình sạt lở bờ sông chịu tác động bởi những yếu tố khác nhau với tốc độ sạt khác nhau. Ngoài ra, quá trình sạt nhanh hay chậm và mức độ sạt lở có thể khác nhau tùy theo tác động của con người.

Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM) là vùng Đồng bằng châu thổ của lưu vực sông Đồng Nai, với mạng lưới sông dày đặc, điều này tạo điều kiện để phát triển kinh tế–xã hội tại khu vực. Bên cạnh những lợi ích, TP.HCM cũng chịu tác động bởi những rủi ro gây ra bởi sông ngòi, đặc biệt vấn đề sạt lở bờ sông gây ra thiệt hại về cơ sở hạ tầng, kinh tế, cũng như tính

mạng người dân sinh sống ven sông. Đặc biệt, khi sạt lở xảy ra tại các sông trên địa bàn huyện Cần Giờ, bên cạnh những tác động về kinh tế-xã hội, tình trạng sạt lở còn ảnh hưởng đến tài nguyên đất, rừng tại rừng ngập mặn Cần Giờ, đây là khu vực được UNESCO công nhận là khu dự trữ sinh quyển thế giới đầu tiên tại Việt Nam vào năm 2000.

Trong khuôn khổ dự án Xã hội hóa nạo vét khu neo đậu tránh trú bão trên sông Gò Gia thuộc huyện Cần Giờ, đoạn từ tìm sông Tắc Ông Cu cắt vuông góc sông Gò Gia về phía thượng lưu (Hình 1) theo hình thức kết hợp tận thu sản phẩm bù chi phí, không sử dụng ngân sách nhà nước được UBND TP.HCM đồng ý chủ trương triển khai theo văn bản số 1041/UBND-ĐT, dự án được triển khai thi công nạo vét từ tháng 09/2016 đến tháng 12/2016. Tuy nhiên trong quá trình thi công, khu vực có dấu hiệu sạt lở, xâm thực đất rừng phòng hộ. Do đó, nghiên cứu được thực hiện nhằm phân tích hiện trạng bồi lắng, xói lở và xem xét ảnh hưởng của việc nạo vét trên sông đến quá trình bồi-xói đáy tại khu vực sông Gò Gia.

Hiện nay, có nhiều phương pháp tiếp cận khác nhau để thực hiện phân tích chế độ dòng chảy, quá trình bồi lắng, xói lở trên các sông, bao gồm khảo sát, mô hình hóa, viễn thám,.. Trong đó, một trong những cách tiếp cận được ứng dụng phổ biến là mô hình hóa, một vài nghiên cứu điển hình như, Novico và Priohandono năm 2012 ứng dụng mô hình MIKE 21FM HD và MIKE 21FM MT để phân tích quá trình bồi và xói tại cửa sông Kapuas Murung, tỉnh Kalimantan [9]. Nghiên cứu Kulkarni năm 2013 MIKE 21 được dùng để mô phỏng xói lở tại bờ biển Ural của vịnh Baydara, Nga. Kết quả chỉ ra rằng, khu vực này có thể bị chi phối chặt chẽ bởi thủy triều [10]. Một nghiên cứu của Kimiaghdam và cộng sự năm 2014 cũng áp dụng phương pháp trên để xem xét xói mòn do dòng chảy ven bờ sông ở phía bắc Manitoba, Canada [11]. Hai nghiên cứu trong nước của nhóm tác giả Nga và cộng sự, và Thụy và cộng sự năm 2020 đã đánh giá diễn biến xói-bồi vùng ĐBSCL, đặc biệt một nghiên cứu điển hình tập trung giải thích nguyên nhân gây sạt lở cồn cù lao dài, tỉnh Vĩnh Long dựa vào mô hình MIKE 21FM. Kết quả cho thấy được tác động riêng lẻ và tổ hợp của 3 nguyên nhân: khai thác cát, lấn sông nuôi cá, và sự thay đổi chế độ thủy văn ở thượng nguồn, dẫn đến diễn biến sạt lở ở khu vực này [12-13]. Qua các nghiên cứu đã thực hiện cho thấy, mô hình MIKE 21FM được ứng dụng phổ biến trong các khu vực trong nước và thế giới, từ đó khẳng định, mô hình này có khả năng và độ tin cậy cao khi mô phỏng, tính toán các quá trình thủy, động lực và vận chuyển bùn cát, bồi-xói trên các sông. Hơn nữa, mô hình linh hoạt trong việc tính toán theo các kịch bản khác nhau, thuận lợi để thực hiện mục tiêu của nghiên cứu, do đó mô hình này được chọn làm công cụ chính trong nghiên cứu.

Nghiên cứu được thực hiện với mục tiêu chính là phân tích chế độ dòng chảy và sự thay đổi hình thái đáy sông dưới ảnh hưởng của hoạt động nạo vét tại khu vực sông Gò Gia, huyện Cần Giờ, Tp. Hồ Chí Minh. Với hai mục tiêu chi tiết bao gồm: (1) đánh giá khả năng mô phỏng của mô hình MIKE 21 FM cho mô phỏng dòng chảy và hình thái đáy sông và (2) phân tích tác động của nạo vét đến chế độ thủy lực, sự thay đổi hình thái đáy sông Gò Gia.

2. Phương pháp nghiên cứu và số liệu thu thập

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

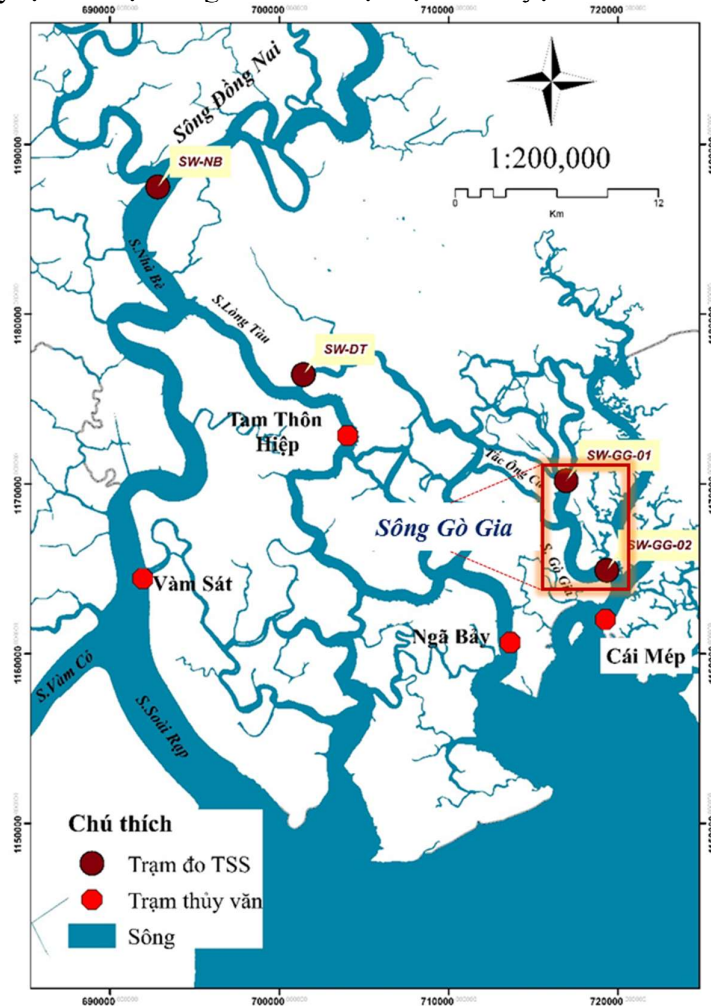
Huyện ven biển Cần Giờ nằm ở phía Đông Nam của TP.HCM với hơn 20km bờ biển chạy dài theo hướng Tây Nam-Đông Bắc, có các cửa sông lớn của các con sông Lòng Tàu, Cái Mép, Gò Gia, Thị Vải, Soài Rạp, Đồng Tranh. Sông Gò Gia thuộc địa bàn xã Thạnh An, huyện Cần Giờ, TP.HCM, đổ ra sông Cái Mép chảy qua tỉnh Đồng Nai và TP. HCM (Hình 1). Sông Gò Gia có vị trí thuận lợi cho giao thông thủy và xung quanh có nhiều kênh rạch và sông ngòi.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Giới thiệu và thiết lập mô hình

Bộ mô hình MIKE 21FM nằm trong gói MIKE, được phát triển bởi DHI (Viện thủy lực Đan Mạch), Nghiên cứu sử dụng mô-đun MIKE 21FM HD [14] để mô phỏng dòng chảy và

mô-đun MIKE 21FM MT [15] được dùng để mô phỏng quá trình lam truyền phù sa và thay đổi hình thái đáy tại khu vực sông Gò Gia thuộc địa bàn huyện Cần Giờ.



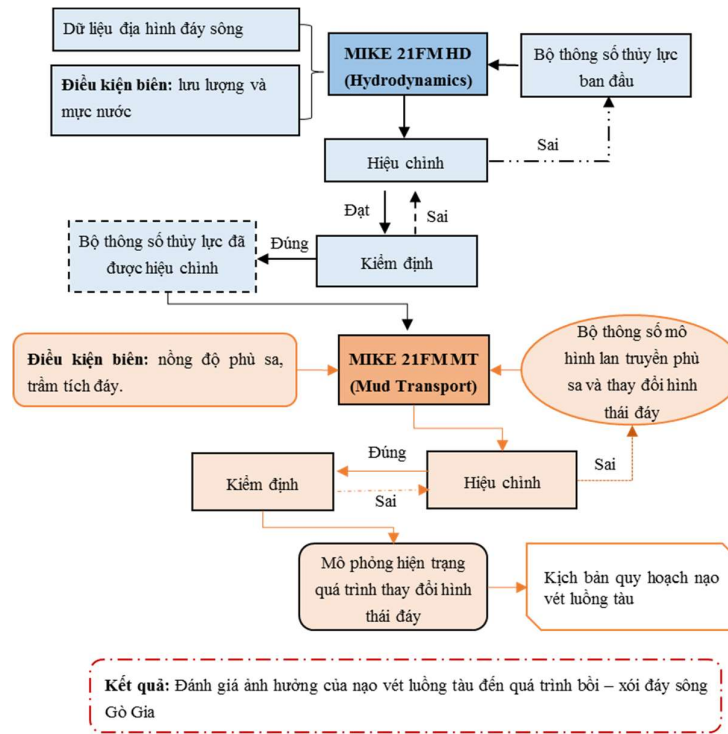
Hình 1. Khu vực sông Gò Gia, vị trí trạm đo thủy văn và phù sa.

Quy trình thiết lập mô hình được tiến hành thông qua các bước cơ bản như sau: (1) Chuẩn bị dữ liệu mô hình bao gồm dữ liệu lưu lượng, mực nước, phù sa, đặc điểm địa chất, địa hình đáy; (2) Xây dựng lưới tính, sau đó nội suy địa hình đáy sông; (3) Thiết lập mô-đun MIKE FM HD, hiệu chỉnh và kiểm định mực nước, lưu lượng; (4) Thiết lập mô-đun MIKE FM MT, hiệu chỉnh và kiểm định nồng độ phù sa; (5) Thiết lập các kịch bản nạo vét luồng tàu tại khu vực sông Gò Gia; (6) Đánh giá tác động của nạo vét đến quá trình bồi-xói tại khu vực. Quy trình chi tiết được trình bày trong Hình 2.

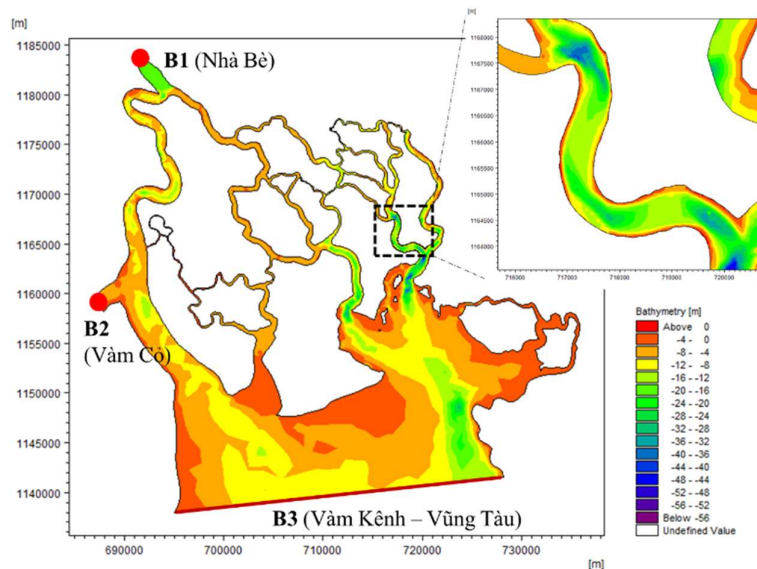
2.2.2. Dữ liệu đầu vào

Địa hình đáy sông tại khu vực được kế thừa từ các dự án, đề tài [16–17] hoàn thành giai đoạn trước năm 2016. Tại khu vực sông Gò Gia, địa hình đáy sông được đo vào tháng 03/2016, thu thập từ dự án [18].

Lưới tính trong khu vực được xây dựng là lưới tam giác phi cấu trúc gồm 11.391 nút, 17.205 phần tử, các phần tử tam giác có góc nhỏ nhất là 260, lưới tính được thiết lập chi tiết tại khu vực sông Gò Gia với khoảng cách giữa các nút khu vực bờ sông là 5 m và khu vực sông dao động trong khoảng từ 5 m đến 70 m. Địa hình đáy sau khi được thu thập kết hợp với lưới tính để nội suy địa hình, đây là dữ liệu đầu vào cho mô hình MIKE 21FM (Hình 3).



Hình 2. Sơ đồ cấu trúc nghiên cứu.



Hình 3. Địa hình đáy và vị trí các biên.

Bộ dữ liệu mực nước thực đo từng giờ vào năm 2016 tại bốn trạm Nhà Bè, Vàm Cỏ, Vũng Tàu, Vàm Kênh (Hình 3) được dùng làm biên tính, được thu thập từ Đài Khí tượng thủy văn khu vực Nam bộ, dữ liệu lưu lượng, mực nước theo giờ vào năm 2016 tại các trạm Tam Thôn Hiệp, Vàm Sát, Ngã Bảy, Cái Mép (Hình 1) được sử dụng để hiệu chỉnh, kiểm định mô hình MIKE 21FM HD, thu thập từ Chi cục Bảo vệ Môi trường. Dữ liệu nồng độ phù sa theo ngày tại và tháng 04 và tháng 10 năm 2016 tại các vị trí SW–NB, SW–LT, SW–GG–01 và SW–GG–02 (Hình 1) được sử dụng làm biên và hiệu chỉnh mô hình MIKE 21FM MT, bộ dữ liệu được thu thập từ Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Đồng Nai. Dữ liệu về cấp phối hạt được thu thập từ [18] được thực hiện vào tháng 03/2015. Đặc điểm cấp phối hạt theo hai lớp tại khu vực được mô tả ở Bảng 1.

Bảng 1. Bảng thống kê cấp hạt phân bố theo lớp.

Lớp	Thành phần cỡ hạt								Tổng số
	Sỏi sạn	Cát					Bột	Sét	
		Rất to	To	Vừa	Nhỏ	Mịn			
Đường kính các hạt (mm) tính theo tỷ lệ %									
	>2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,005	< 0,005	%
L1	0,8	2,1	4,9	27,0	36,0	16,4	7,2	6,0	100
L2	0,4	1,5	4,5	14,0	20,8	15,0	16,9	27,3	100

2.3. Đánh giá hiệu quả mô phỏng của mô hình

Kết quả mô phỏng được so sánh với dữ liệu quan trắc bằng đồ thị và phương pháp thống kê nhằm đánh giá khả năng mô phỏng của mô hình. Đối với nghiên cứu này, hệ số tương quan (R^2), hệ số hiệu quả Nash–Sutcliffe (NSE) là hai chỉ số chính đánh giá kết quả mô phỏng. Mô hình càng đạt hiệu quả cao khi giá trị của R^2 và NSE càng gần 1 [19], phân mức hiệu quả của mô phỏng cụ thể được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Đánh giá hiệu quả mô phỏng.

Hiệu quả mô phỏng	R^2	NSE	PBIAS
Rất tốt	$0,85 < R^2 \leq 1,0$	$0,8 < NSE \leq 1,0$	$< \pm 10\%$
Tốt	$0,75 < R^2 \leq 0,85$	$0,7 < NSE \leq 0,8$	$\pm 15\% \rightarrow \pm 15\%$
Phù hợp	$0,60 < R^2 \leq 0,75$	$0,50 < NSE \leq 0,7$	$\pm 15\% \rightarrow \pm 20\%$
Không phù hợp	$R^2 \leq 0,60$	$NSE \leq 0,50$	$> \pm 20\%$

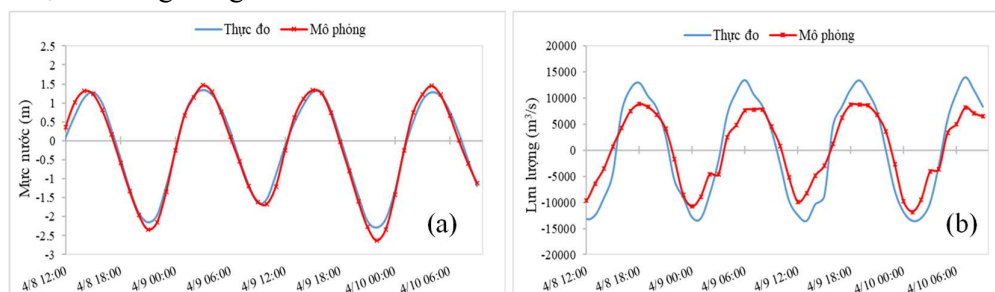
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hiệu chỉnh và kiểm định

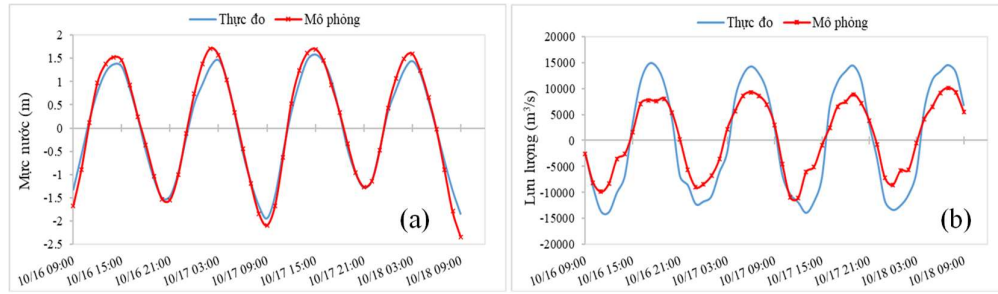
3.1.1. Mô-đun MIKE 21FM HD

Mô hình dòng chảy (MIKE 21FM HD) tại vùng nghiên cứu được hiệu chỉnh vào mùa khô, trong khoảng thời gian từ 9:00 giờ ngày 8/4/2016 đến 9:00 giờ ngày 10/4/2016 và kiểm định vào mùa mưa trong khoảng thời gian từ 9:00 giờ ngày 16/10/2016 đến 9:00 giờ ngày 18/10/2016. Hệ số Manning 'M' là thông số hiệu chỉnh chính của mô hình, được lấy tuyến tính theo độ sâu địa hình với giá trị dao động trong khoảng $65\text{--}120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Hình 4 và Hình 5 thể hiện đồ thị tương quan giữa lưu lượng, mực nước quan trắc và mô phỏng trong giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định tại trạm đo Cái Mép. Có thể thấy, kết quả hiệu chỉnh, kiểm định lưu lượng và mực nước thể hiện sự tương quan tốt giữa giá trị quan trắc và mô phỏng, điều này được khẳng định thông qua các chỉ số NSE và R^2 đều đạt mức tốt đến rất tốt, với giá trị lớn hơn 0,83 ở tất cả các trạm đo trong cả giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định. Kết quả kiểm định lưu lượng, mực nước theo NSE và R^2 tại từng trạm quan trắc được mô tả cụ thể trong Bảng 3.



Hình 4. Hiệu chỉnh mực nước và lưu lượng tại trạm Cái Mép: (a) Mực nước; (b) Lưu lượng.



Hình 5. Kiểm định mực nước và lưu lượng tại trạm Cái Mép: (a) Mực nước; (b) Lưu lượng.

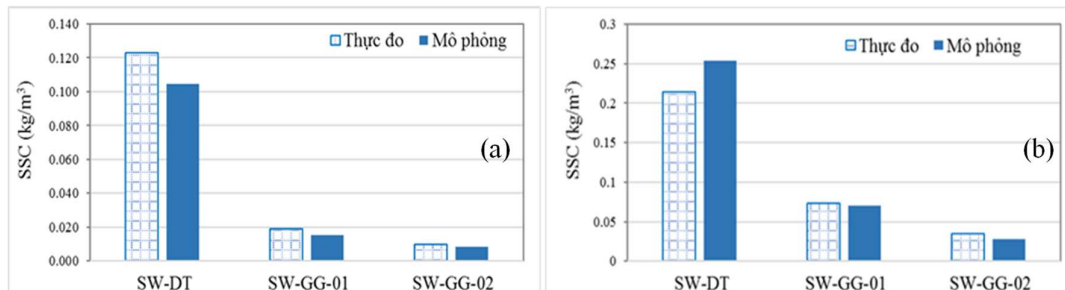
Bảng 3. Thống kê kết quả hiệu chỉnh, kiểm định theo các chỉ số R^2 và NSE.

Trạm đo	Hiệu chỉnh				Kiểm định			
	Lưu lượng		Mực nước		Lưu lượng		Mực nước	
	R^2	NSE	R^2	NSE	R^2	NSE	R^2	NSE
Vàm Sát	0,91	0,91	0,95	0,94	0,83	0,82	0,86	0,83
Ngã Bảy	0,93	0,88	0,99	0,96	0,85	0,80	0,98	0,95
Cái Mép	0,92	0,85	0,99	0,98	0,93	0,82	0,99	0,97
Tam Thôn Hiệp	0,82	0,80	0,91	0,88	0,90	0,84	0,96	0,96

3.1.2. Mô-đun MIKE 21FM MT

Mô hình vận chuyển bùn cát (MIKE 21FM MT) được hiệu chỉnh vào mùa khô tháng 04/2016 và kiểm định vào mùa mưa T10/2016. Kết quả hiệu chỉnh–kiểm định nồng độ phù sa theo ngày tại 03 vị trí SW–DT, SW–GG–01 và SW–GG–02 được thể hiện trong Hình 6.

Phần trăm sai số giữa nồng độ phù sa thực đo và mô phỏng tại 03 vị trí SW–DT, SW–GG–01 và SW–GG–02 lần lượt là $-15,13\%$, $-19,12\%$ và $-13,66\%$ ở giai đoạn hiệu chỉnh và trong giai đoạn kiểm định sai số tại 03 vị trí lần lượt là $18,4\%$, $-3,82\%$ và $-19,25\%$ (dấu trừ thể hiện nồng độ thực đo thấp hơn giá trị mô phỏng và ngược lại). Sự chênh lệch nồng độ đo đạc và mô phỏng ở các điểm đo có thể do kế thừa sai số từ mô hình dòng chảy, tuy nhiên các kết quả vẫn nằm trong mức chấp nhận theo tiêu chuẩn đánh giá từ nhóm nghiên cứu của Moriasi năm 2015. Điều này chứng minh, bộ thông số của mô hình MIKE 21FM đạt được đảm bảo độ tin cậy để thực hiện mô phỏng dòng chảy, quá trình lan truyền bùn cát và thay đổi hình thái đáy trong thời gian dài tại khu vực nghiên cứu.



Hình 6. Hiệu chỉnh và kiểm định nồng độ phù sa: (a) Hiệu chỉnh; (b) Kiểm định.

3.2. Đánh giá ảnh hưởng của hoạt động nạo vét

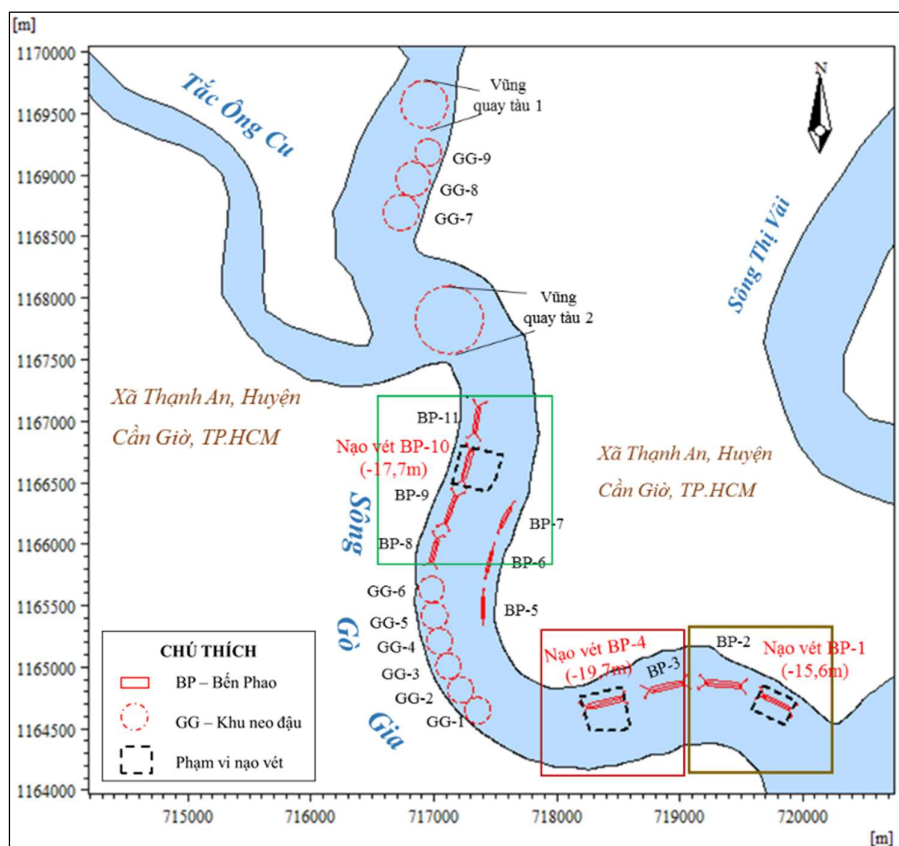
3.2.1. Xây dựng kịch bản nạo vét

Kịch bản nạo vét được xây dựng nhằm đánh giá tác động của hoạt động nạo vét các bến phao đến bồi, xói đáy sông Gò Gia. Nghiên cứu sẽ thực hiện mô phỏng các bến phao đã được

nạo vét vào năm 2016 để xem xét ảnh hưởng của việc nạo vét đến diễn biến lòng dẫn tại khu vực. Theo bản đồ “Vùng nước cảng biển Tp.HCM” năm 2016 của Cảng vụ hàng hải Tp.HCM, tính đến tháng 05/2016 có 03 bến phao đang khai thác tại sông Gò Gia là BP-1, BP-4 và BP-10. Theo đó, các bến phao được nạo vét với cao độ nạo vét lần lượt là -15,6 m, -19,7 m, và -17,7 m, tọa độ các điểm khống chế phạm vi nạo vét tại các bến phao này được tham khảo từ [18] vào năm 2016, vị trí các bến phao và phạm vi nạo vét từng bến phao được thể hiện trong Bảng 4 và Hình 7.

Bảng 4. Cao độ và khối lượng nạo vét tại các bến phao.

Bến phao	Cao độ nạo vét (m)	Khối lượng nạo vét (m ³)
BP-1	-15,6	414.517
BP-4	-19,7	557.837
BP-10	-17,7	520.107

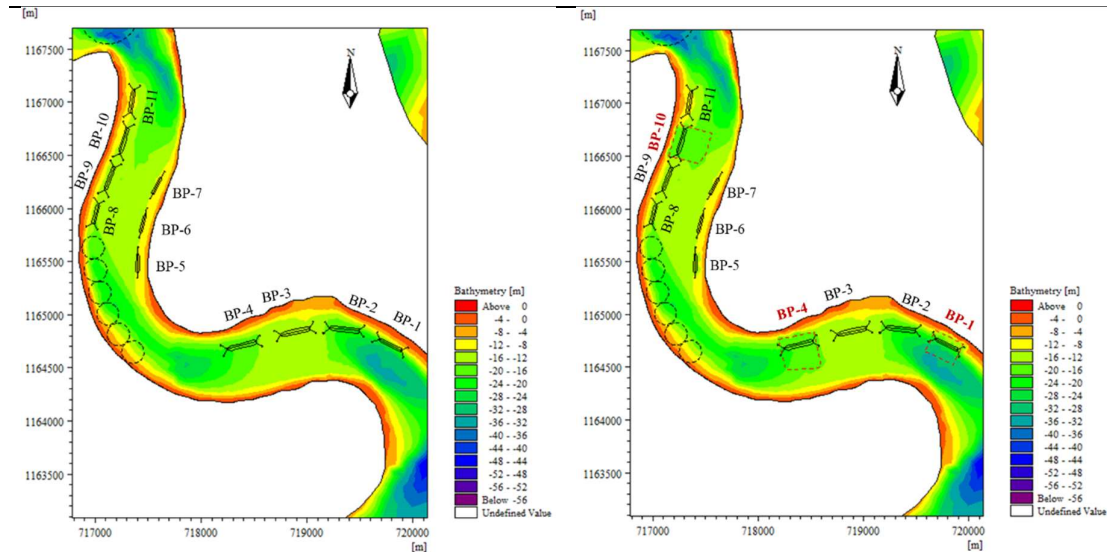


Hình 7. Vị trí và phạm vi ô nạo vét.

Nghiên cứu thiết lập hai kịch bản địa hình khi không nạo vét và địa hình sau khi nạo vét các bến phao BP-1, BP-4 và BP-10 với cao độ nạo vét như trong Bảng 2 trong cùng điều kiện thủy văn, phù sa, sau đó sẽ so sánh kết quả giữa hai kịch bản nhằm đánh giá ảnh hưởng của quá trình nạo vét vào năm 2016 đến quá trình bồi-xói đáy sông Gò Gia. Các kịch bản cụ thể được mô tả trong Bảng 5.

Bảng 5. Các kịch bản nạo vét.

Kịch bản hiện trạng	Kịch bản nạo vét
Điều kiện thủy văn: tháng 04/2016	
Địa hình đáy sông	



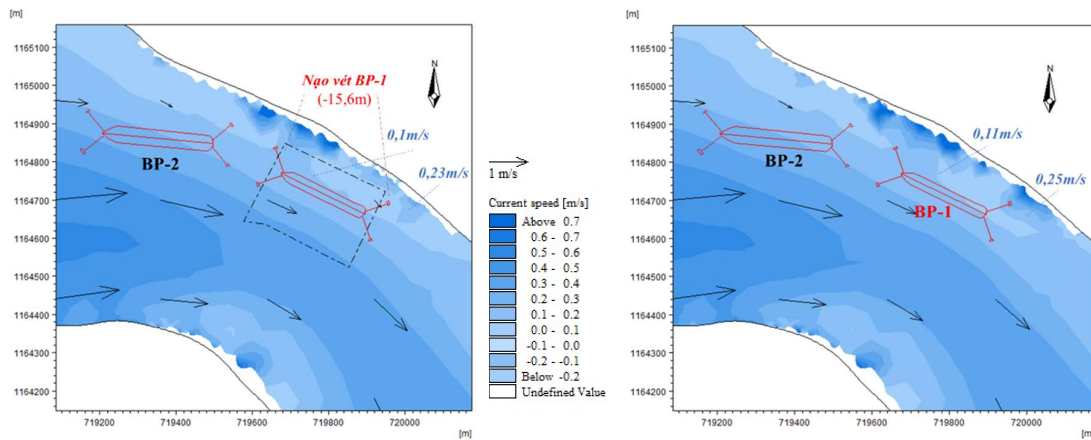
3.2.2. Đánh giá ảnh hưởng của hoạt động nạo vét

Để đánh giá chi tiết tác động của hoạt động nạo vét tại từng bến phao, nghiên cứu phân chia khu vực sông Gò Gia thành ba khu vực nhỏ để phân tích chi tiết, vị trí các khu vực được thể hiện trong Hình 7. Đối với kết quả bồi-xói, thang màu từ xanh đậm đến nhạt cho thấy mức độ bồi giảm dần, thang màu từ đỏ nhạt dần thể hiện mức độ xói giảm dần.

a) Bến phao BP-1

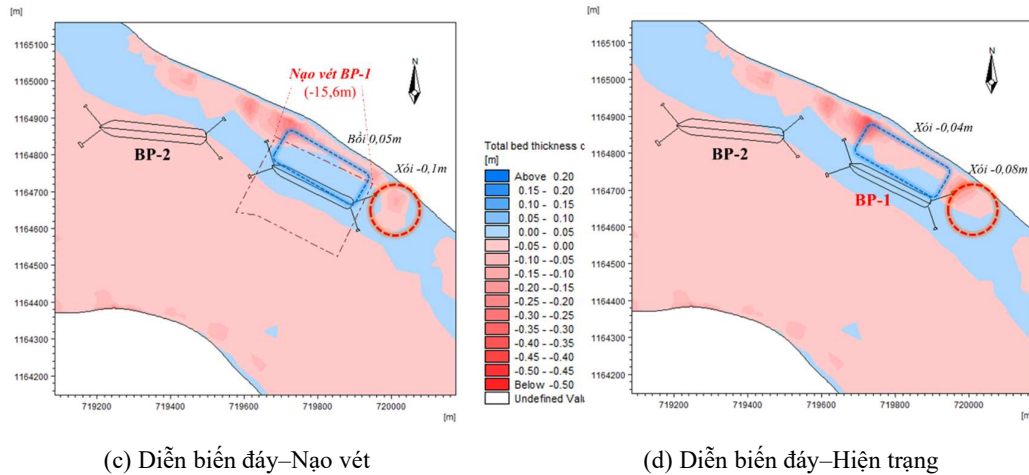
Bến phao BP-1 được nạo vét với cao độ $-15,6$ m với mục đích cho tàu có trọng tải đến 80.000 DWT làm khu neo đậu. Hình 8 thể hiện kết quả mô phỏng dòng chảy và diễn biến đáy trước và sau khi nạo vét bến phao BP-1 vào mùa khô.

Từ kết quả cho thấy, trong phạm vi ô nạo vét vận tốc dòng chảy giảm so với hiện trạng cả khi triều lên và triều xuống, cụ thể vận tốc dao động trong khoảng $0,11-0,23$ m/s vào năm 2016, tuy nhiên sau khi nạo vét vận tốc dòng chảy giảm còn khoảng từ $0,1-0,22$ m/s. Do vận tốc dòng chảy giảm nên trong phạm vi ô nạo vét sẽ giảm mức độ xói, đồng thời khu vực này sẽ có xu hướng bồi với mức độ khoảng $0,05$ m/tháng. Đối với khu vực phía sau ô nạo vét, vận tốc dòng chảy có sự thay đổi so với hiện trạng, sau khi nạo vét vận tốc dòng chảy có xu hướng tăng khi triều lên và giảm khi triều xuống. Sự thay đổi dòng chảy làm tăng phạm vi xói, nhưng mức độ xói tăng tương đối thấp, cụ thể sau khi nạo vét mức độ xói khoảng $0,1$ m tăng thêm $0,02$ m so với hiện trạng.



(a) Vận tốc–Nạo vét

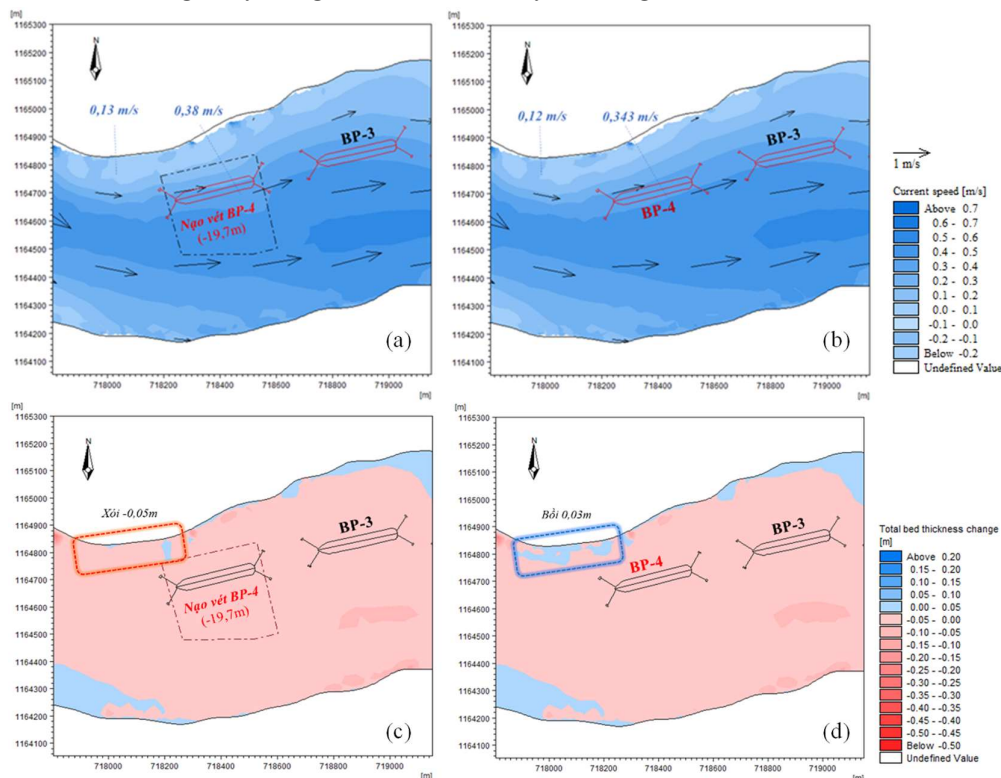
(b) Vận tốc–Hiện trạng



Hình 8. Dòng chảy và diễn biến đáy khi nạo vét BP1 và khi không nạo vét.

b) Bến phao BP-4

Bến phao BP-4 được nạo vét với cao độ $-19,7$ m với mục đích làm khu neo đậu tàu với trọng tải đến 150.000 DWT. Kết quả tính toán dòng chảy và diễn biến đáy trước và sau khi nạo vét bến phao BP-4 vào mùa khô và mùa mưa được trình bày lần lượt trong Hình 9. Các kết quả chỉ ra rằng, sau khi nạo vét với cao độ $-19,7$ m tại khu vực ven bờ phía trên BP-4 (ô màu đỏ) có khuynh hướng xói với mức độ khoảng $-0,05$ m, trong khi trước khi nạo vét khu vực này có khuynh hướng bồi với mức độ $+0,03$ m. Điều này có thể do, sau khi nạo vét dòng chảy tăng vận tốc khoảng $0,01$ m/s khi triều xuống và khoảng $0,11$ m/s khi triều lên. Xét các khu vực khác xung quanh vị trí nạo vét tại bến phao BP-04 hầu như không có sự thay đổi về vận tốc dòng chảy cũng như diễn biến đáy so với giai đoạn trước khi nạo vét.

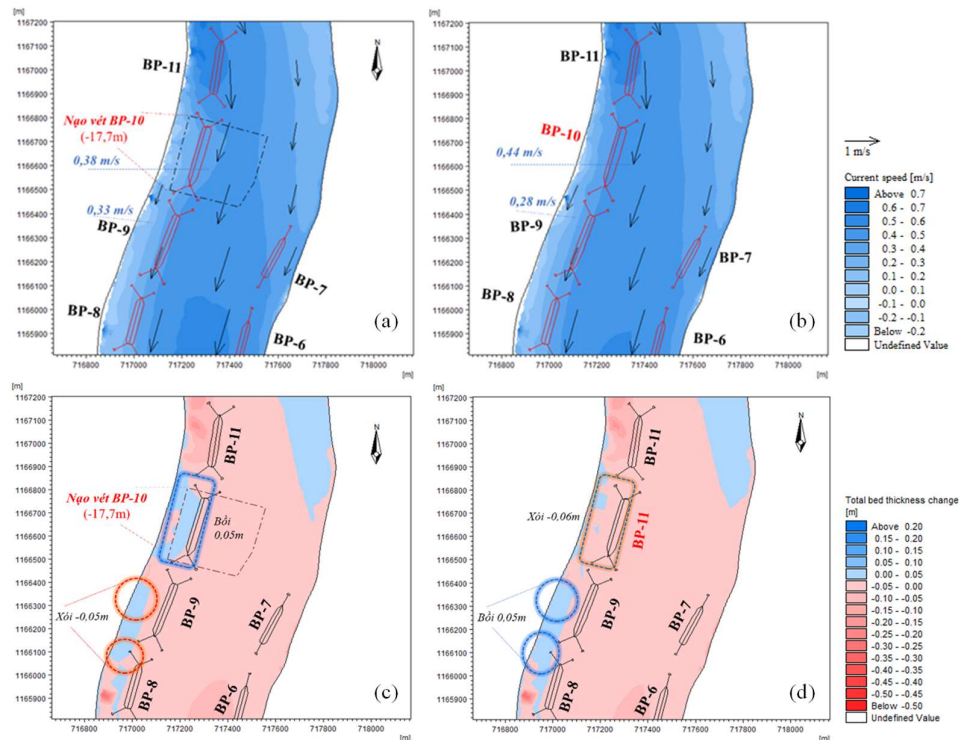


Hình 9. Dòng chảy và diễn biến đáy khi nạo vét BP-4 và khi không nạo vét: (a) Vận tốc–Nạo vét; (b) Vận tốc–Hiện trạng; (c) Diễn biến đáy–Nạo vét; (d) Diễn biến đáy–Hiện trạng.

c) Bến phao BP-10

Bến phao BP-10 được nạo vét với cao độ $-17,7$ m với mục đích làm khu neo đậu tàu với trọng tải đến 100.000 DWT. Các kết quả tính toán dòng chảy và diễn biến đáy trước và sau khi nạo vét bến phao BP-10 vào mùa khô và mùa mưa được thể hiện lần lượt trong Hình 10.

Vào mùa khô, vận tốc dòng chảy ngay tại bến phao BP-10 có xu hướng giảm sau khi nạo vét cụ thể, trước khi nạo vét dòng trong khu vực có vận tốc khoảng $0,55$ m/s khi triều lên và triều xuống khoảng $0,44$ m/s, sau khi nạo vét vận tốc giảm còn khoảng $0,39$ m/s khi triều lên và $0,48$ m/s khi triều xuống, do đó sau khi nạo vét tại khu vực có khuynh hướng chuyển từ xói sang bồi với mức độ bồi trong khoảng $0,05$ m. Tuy nhiên, tại khu vực phía dưới phạm vi nạo vét ngay tại bến phao BP-9 và BP-8 có khuynh hướng xói nhiều hơn so với hiện trạng, cụ thể mức độ xói sẽ tăng khoảng $0,05$ m nhưng phạm vi khu vực tăng mức độ xói không lớn.



Hình 10. Dòng chảy và diễn biến đáy khi nạo vét BP-10 và khi không nạo vét: (a) Vận tốc–Nạo vét; (b) Vận tốc–Hiện trạng; (c) Diễn biến đáy–Nạo vét; (d) Diễn biến đáy–Hiện trạng.

Qua các kết quả tính toán diễn biến đáy sau khi thực hiện nạo vét tại 04 bến phao BP-1, BP-4, BP-5 và BP-10 trên sông Gò Gia cho thấy, sự thay đổi độ sâu đáy sông sau quá trình nạo vét có xu hướng làm thay đổi chế độ thủy lực cũng như địa hình đáy sông tại các khu vực xung quanh phạm vi nạo vét. Nhìn chung, trong phạm vi ô nạo vét vận tốc dòng chảy có khuynh hướng giảm so với ban đầu, trong khi tại các khu vực phía trên hoặc phía dưới ô nạo vét vận tốc dòng chảy có khuynh hướng tăng so với ban đầu. Đối với quá trình diễn biến lòng dẫn, trong phạm vi ô nạo vét quá trình xói có xu hướng giảm và quá trình bồi có xu hướng tăng. Tại các khu vực phía trên hoặc dưới phạm vi nạo vét, có thể do vận tốc dòng chảy tăng sau khi nạo vét, đồng thời bùn cát tại các khu vực lân cận sẽ bù đắp vào khu vực đã khai thác dẫn đến quá trình xói có khả năng tăng tại các khu vực này. Song song đó, kết quả còn cho thấy, đối với các bến phao BP-1 với cao độ nạo vét lần lượt $-15,6$ m phạm vi các khu vực bị ảnh hưởng sẽ ít hơn so với khi nạo vét tại các bến phao BP-4 ($-19,7$ m) và BP-10 ($-17,7$ m). Do đó, cao độ nạo vét và vị trí khu vực nạo vét cũng có ảnh hưởng nhất định đến sự thay đổi lòng dẫn tại khu vực.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã thực hiện hiệu chỉnh–kiểm định dòng chảy tại 04 trạm Cái Mép, Ngã Bảy, Tam Thôn Hiệp, Vàm sát và nồng độ phù sa tại 03 vị trí SW–DT, SW–GG–01 và SW–GG–02 vào mùa khô tháng 04/2016 và mùa mưa tháng 10/2016. Các kết quả đều đạt mức tốt, có độ tin cậy cao và bộ thông số mô hình vận chuyển bùn cát đạt được đảm bảo độ tin cậy để thực hiện mô phỏng các quá trình vận chuyển phù sa và thay đổi hình thái đáy tại khu vực sông Gò Gia trong năm 2016.

Nghiên cứu đã tiến hành thiết lập kịch bản nạo vét dựa vào các khu vực thực tế đã được nạo vét trên sông Gò Gia vào năm 2016, sau đó tiến hành mô phỏng theo các kịch bản đã xây dựng nhằm phân tích tác động của quá trình nạo vét đến sự thay đổi hình thái đáy sông Gò Gia. Kết quả chỉ ra rằng, xét trong trường hợp khai thác đúng quy hoạch về độ sâu và phạm vi khu vực nạo vét, hoạt động nạo vét tại các bến phao BP–1, BP–4 và BP–10 có ảnh hưởng cục bộ đến vận tốc dòng chảy và hình thái đáy sông tại khu vực xung quanh ô namjo vét. Cụ thể, ngay tại các khu vực nạo vét vận tốc dòng chảy giảm, khu vực sẽ có xu hướng bồi, tuy nhiên tại các khu vực ven bờ xung quanh ô nạo vét sẽ có xu hướng xói và vận tốc dòng chảy tăng.

Do số liệu đo đạc về cấu trúc lớp đáy và địa hình đáy của nhiều năm bị hạn chế nên kết quả nghiên cứu chỉ đánh giá xu hướng thay đổi về hình thái đáy. Trong những nghiên cứu tiếp theo, cần thu thập hoặc đo đạc thêm những số liệu này để phục vụ kiểm định lại kết quả tính toán. Bên cạnh đó, nghiên cứu có thể mở rộng bằng cách xem xét tác động của các yếu tố như sự thay đổi dòng chảy, nước biển dâng do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, cũng như quy hoạch các khu vực nạo vét trong tương lai đến diễn biến lòng dẫn 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: B.P.P., 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. Ott, R.A. Factors affecting stream bank and river–bank stability, with an emphasis on vegetation influences. Region III Forest Resources & Practices Riparian Management Annotated Bibliography. 2000, 21–40.
2. Heede, B.H. Stream dynamics: an overview for land managers. USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, General Technical Report RM–72. 1980.
3. Piégay, H.; Darby, S.E.; Mosselman, E.; Surian, N. A review of techniques available for delimiting the erodible river corridor: a sustainable approach to managing bank erosion. *River Res. Appl.* **2005**, *21*(7), 773–789.
4. Hooke, J.M. An analysis of the processes of river–bank erosion. *J. Hydrol.* **1979**, *42*(1–2), 39–62.
5. Habersack, H.; Piégay, H.; Rinaldi, M. Eds. Gravel Bed Rivers 6: From Process Understanding to River Restoration. Elsevier, 2011.
6. Rinaldi, M.; Casagli, N. Stability of streambanks formed in partially saturated soils and effects of negative pore water pressures: the Sieve River (Italy). *Geomorphology* **1999**, *26*, 253–277.

7. Bradbury, J.; Cullen, P.; Dixon, G.; Pemberton, M. Monitoring and management of streambank erosion and natural revegetation on the lower Gordon River, Tasmanian Wilderness World Heritage Area, Australia. *Environ. Manage.* **1995**, 19, 259–272.
8. Gares, P.A.; Sherman, D.J.; Nordstrom, K.F. Geomorphology and natural hazards. *Geomorphology Nat. Hazards* **1994**, 1–18.
9. 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.
10. Kulkarni, R. Numerical Modelling of Coastal Erosion using MIKE21. Master thesis, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, 2013.
11. 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.
12. 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. Hanoi, Vietnam, 25–28/09/2019, 1453–1460.
13. Thuy, N.T.D.; Khoi, D.N.; Nhan, D.T.; Nga, T.N.Q.; Bay, N.T.; Phung, N.K. Modelling Accretion 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. Hanoi, Vietnam, 25–28/09/2019, 1431–1437.
14. DHI. MIKE 21 & MIKE 3 Flow model FM Hydrodynamic Scientific Documentation. 2014.
15. DHI. MIKE 21 & MIKE 3 Flow model FM – Mud transport module Scientific Documentation. 2014.
16. Bầy, N.T. 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.
17. Công ty Cổ phần Tư vấn Xây dựng Điện 2 (PECC 2). Dự án Trung tâm điện lực Tân Phước. 2016.
18. 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 thu bù chi phí, không sử dụng ngân sách Nhà nước. 2016.
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.

Assessing the impact of dredging on the erosion and accretion processes in the Go Gia River, Can Gio

Nguyen Thi Diem Thuy^{1*}, Dao Nguyen Khoi¹, Bui Phi Phung¹, Nguyen Thi Bay²

¹ Faculty of Environment, University of Science, Vietnam National University Ho Chi Minh city; nguyenthidiemthuyapag@gmail.com; dnkhoi@hcmus.edu.vn; phung.bui1211@gmail.com

² Faculty of Civil Engineering, University of Technology, Vietnam National University Ho Chi Minh city; nguyentbay@gmail.com

Abstract: The main aim of this study was to evaluate the impact of dredging on the erosion and accretion processes in the Go Gia River in the Can Gio district. MIKE 21FM model with hydrodynamic and mud transport modules was applied to simulate the current and the change of bed thickness in the study area. The outcomes proved that the calibrated model has high reliability with values of Nash–Sutcliffe efficiency (NSE), coefficient of determination (R²) above 0,83 at the four monitoring stations, and the percent bias (PBIAS)

between the observed and MIKE 21FM simulated suspended solids concentrations was less than 20% for two-periods calibration and validation. In comparison between two scenarios of pre-dredging and post-dredging, the results illustrated that in the dredging regions, there was an upward trend in the erosion process and conversed in the accretion process. In the locations around the dredging areas, the erosion process tends to increase due to an increase in flow velocity. It is conspicuous that the dredging activities can change the flow velocity and the morphology evolution in the areas around the dredging areas.

Keywords: Can Gio district; MIKE 21FM model, dredging, Go Gia river, Erosion.