

Bài báo khoa học

Đánh giá diễn biến hình thái sông dựa trên sự kết hợp mô hình hóa và phân tích ảnh viễn thám

Nguyễn Văn Hồng^{1*}, Đặng Trường An²

¹ Phân Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu;
nguyenvanhong79@gmail.com

² Trường Đại học Khoa học Tự nhiên–Đại học Quốc Gia Tp.HCM; dtan@hcmus.edu.vn

*Tác giả liên hệ: Email: nguyenvanhong79@gmail.com; Tel.: +84–913613206

Ban Biên tập nhận bài: 8/3/2021; Ngày phản biện xong: 7/5/2021; Ngày đăng bài: 25/6/2021

Tóm tắt: Nghiên cứu được tiến hành nhằm đánh giá xu thế xói, bồi khu vực cửa sông Cỏ Chiên giai đoạn 1973–2018. Nghiên cứu được dựa trên sự kết hợp giữa mô hình thủy động lực thuộc họ nhà MIKE được phát triển bởi Viện Thủy Lực Đan Mạch và phân tích ảnh vệ tinh (*Google Earth*) và ảnh viễn thám (*Landsat 7–ETM*, *Sentinel–2*) để xác định xu thế bồi–xói khu vực nghiên cứu. Kết quả cho thấy, khu vực nghiên cứu đã xảy ra xu thế xói lở và bồi tụ đan xen nhau. Cụ thể, bồi tụ đã xảy ra tại một số khu vực như cửa Cung Hầu, cuối cù lao Long Trị, cuối đoạn sông thuộc xã Long Hòa, cồn Nghêu, và cồn Vượt thuộc xã Hiệp Thạnh với tốc độ trung bình khoảng 0,03–0,20 m/năm. Trong khi đó, xói lở cũng được xác định xảy ra tại đoạn đầu cù lao Long Trị thuộc thành phố Trà Vinh, cuối cồn Chim, cồn Phụng, cồn Nghêu và sông Cỏ Chiên đoạn qua xã Hòa Minh, Long Hòa thuộc huyện Châu Thành, xã Hiệp Thạnh thuộc thị xã Duyên Hải với tốc độ trung bình khoảng 0,05–0,26 m/năm. Nhìn chung, sự kết hợp giữa mô hình số và ảnh viễn thám góp phần củng cố mức độ tin cậy của mô hình thủy động lực trong mô phỏng diễn biến hình thái sông.

Từ khóa: Bồi, xói; cửa sông Cỏ Chiên, biến đổi khí hậu, nước biển dâng.

1. Mở đầu

Biến đổi khí hậu (BĐKH) được nhận định đang gây ảnh hưởng sâu rộng đến nhiều mặt của đời sống dân sinh [1–3]. Những hoạt động của con người cũng đã gây ra các tác động lớn đến hệ thống khí hậu, đặc biệt kể từ thời kỳ tiền công nghiệp những năm 1750. Theo Ủy ban liên Chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC), sự gia tăng khí nhà kính từ những năm 1950 chủ yếu có nguồn gốc từ các hoạt động của con người. Theo IPCC [4] một trong số các nguyên nhân chính của sự nóng lên toàn cầu trong giai đoạn hiện nay bắt nguồn từ sự gia tăng khí nhà kính có nguồn gốc từ hoạt động của con người. Hệ quả là BĐKH đã và đang tác động trực tiếp đến đời sống kinh tế–xã hội và môi trường toàn cầu [5–6].

Trong những năm gần đây, tần suất xuất hiện và cường độ của các thiên tai xảy ra ở Việt Nam trong đó bão, mưa cực đoan, xói lở, sạt lở, ngập và xâm nhập mặn được nhận định có xu hướng ngày càng gia tăng, gây nhiều tổn thất về người, tài sản, cơ sở hạ tầng, tác động xấu đến môi trường và tiềm ẩn các rủi ro cho đời sống nhân dân, đe dọa nghiêm trọng việc thực hiện các mục tiêu thiên niên kỷ và sự phát triển bền vững của đất nước [6–9]. Xói lở và bồi tụ bờ và lòng sông ven các vùng cửa sông dưới ảnh hưởng của mực nước biển tăng do sự ấm lên toàn cầu được đánh giá sẽ gia tăng các rủi ro ảnh hưởng đến các hoạt động sản xuất và sinh hoạt của người dân sống ven các khu vực vừa được đề cập.

Trong những thập niên gần đây, các mô hình thủy động lực và hình thái sông hai chiều (2D) như CCHE2D, Delft2D hay MIKE2D được đánh giá là một trong số các công cụ hỗ trợ hiệu quả [8, 10–11] trong các nghiên cứu diễn biến hình thái sông vùng đồng bằng hay khu vực các cửa sông [2, 8, 12]. Các mô hình trên có khả năng mô phỏng diễn biến hình thái sông với kết quả có độ tin cậy cao [12–13]. Trong đó, MIKE là bộ phần mềm phát triển bởi Viện Thủy Lực Đan Mạch được đánh giá là bộ công cụ đa chức năng được sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu về thủy động lực [11, 14], vận chuyển trầm tích và biến đổi hình thái lòng dẫn cũng như đáy sông khá hiệu quả [10, 13].

Nghiên cứu [14] đã tiến hành so sánh các mô hình số 2D như CCHE2D, Delft2D, MIKE21 và Telemac2D để mô phỏng các quá trình thủy động lực, khả năng vận chuyển trầm tích và sự thay đổi hình thái sông. Langendoen đã báo cáo rằng mô hình 2D mô phỏng tốt các quá trình thủy động lực học và vận chuyển bùn cát. [14] tiến hành nghiên cứu vận chuyển bùn cát dọc theo các đường bờ có hình dạng tùy ý, dựa trên mô hình phổ sóng và mô phỏng vận chuyển trầm tích phân giải theo pha sóng. [15] đã sử dụng mô hình MIKE2D mô phỏng các quá trình thủy động lực của khu vực ven bờ vịnh Bengal. [13] đã áp dụng mô hình MIKE21C mô phỏng các quá trình thủy động lực và vận chuyển trầm tích cho khu vực hạ lưu sông Koiliaris ở Crete, Hy Lạp. Năm 2018, [11] đã áp dụng mô hình MIKE21C đánh giá sự biến đổi hình thái sông trong một sông thuộc Địa Trung Hải. Mới đây nhất, [12] đã sử dụng mô hình MIKE21 FM để mô phỏng dòng chảy của một đoạn sông, với các mặt cắt ngang phức tạp. Trong khi đó, [10] đã áp dụng mô hình MIKE21 để mô phỏng chế độ dòng chảy của lưu vực sông Kissimmee kết hợp với sử dụng ảnh viễn thám. Bên cạnh đó, khu vực cửa sông Cổ Chiên đã được nghiên cứu [16] thực hiện trong đề tài cấp Bộ nhằm nghiên cứu biến động hình thái cửa sông Cổ Chiên dưới tác động thủy động lực học.

Trong nghiên cứu này, mô hình MIKE1D/2D kết hợp phân tích ảnh vệ tinh, ảnh viễn thám nhằm xác định diễn biến bồi xói khu vực cửa Cổ Chiên trên thực tế với tốc độ bao nhiêu và xác định độ chính xác của các kết quả được mô phỏng bằng mô hình dưới các tác động kết hợp của các yếu tố thủy động lực như: sóng, dòng triều, trường dòng chảy và vận chuyển trầm tích. Từ đó nhằm hỗ trợ các cơ quan chức năng trong việc lập kế hoạch các dự án kỹ thuật cũng như đưa ra các giải pháp bảo vệ bờ sông phù hợp, chống lại sự suy thoái và giúp ổn định hình thái sông.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

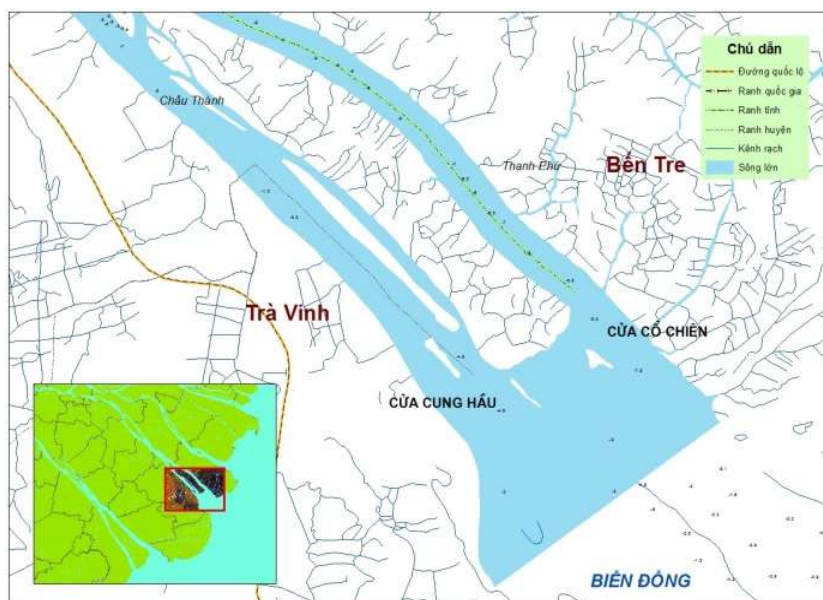
Khu vực nghiên cứu thuộc khu vực cửa sông Cổ Chiên bao gồm các huyện Châu Thành, Cầu Ngang, thị xã Duyên Hải, tỉnh Trà Vinh. Phạm vi nghiên cứu như (Hình 1), trải dài từ khu vực Cồn Cò (huyện Châu Thành) kéo dài về phía cửa sông khoảng 30 km, đến khu vực thuộc xã Hiệp Thạnh (thị xã Duyên Hải) tỉnh Trà Vinh.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp mô hình toán

Để thực hiện nghiên cứu này, họ mô hình MIKE do Viện Thủy lực Đan Mạch phát triển đã được áp dụng. Cụ thể, nhóm các mô hình bao gồm: Mô hình MIKE-1D được áp dụng cho hệ thống sông kênh toàn khu vực Đồng bằng sông Cửu Long cho mục đích xây dựng biên thủy lực (lưu lượng dòng chảy) cho mô hình vận chuyển bùn cát và module MIKE-11HD được sử dụng trong mô hình này. Mô hình MIKE-2D được áp dụng mô phỏng chi tiết khu vực cửa sông Cổ Chiên để tính toán chế độ thủy động lực và vận chuyển bùn cát vùng cửa sông. Cuối cùng, mô hình MIKE-21/3 FM được sử dụng để chạy tích hợp ba module thủy động lực, sóng và vận chuyển bùn cát qua đó đánh giá các yếu tố tác động lên chế độ thủy

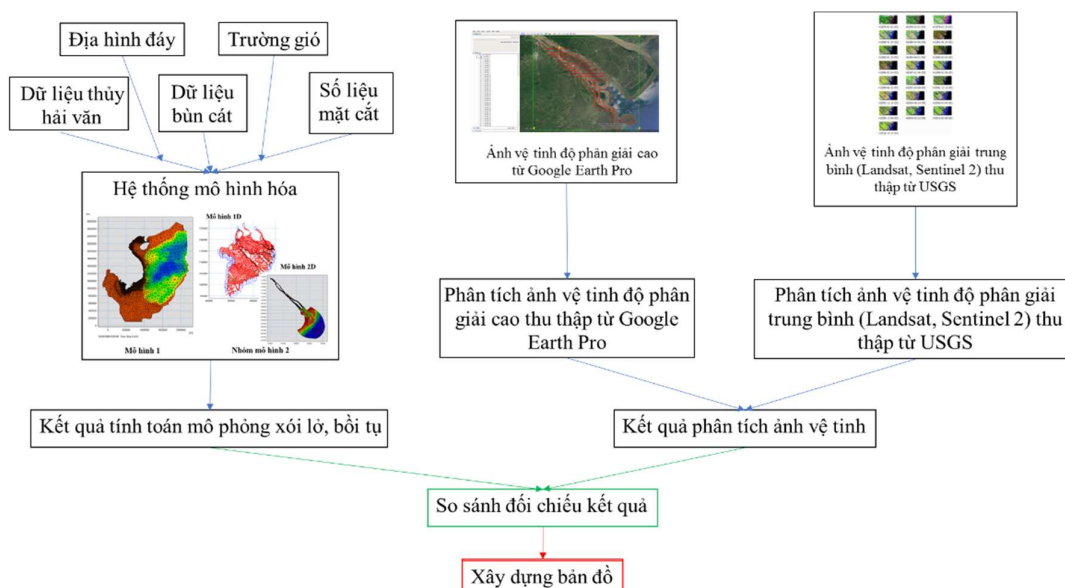
động lực và diễn biến bồi, xói cho khu vực nghiên cứu. Module MIKE 21 FM HD, SW và MT sẽ được sử dụng trong mô hình này.



Hình 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu.

2.2.2. Phương pháp phân tích ảnh vệ tinh và ảnh viễn thám

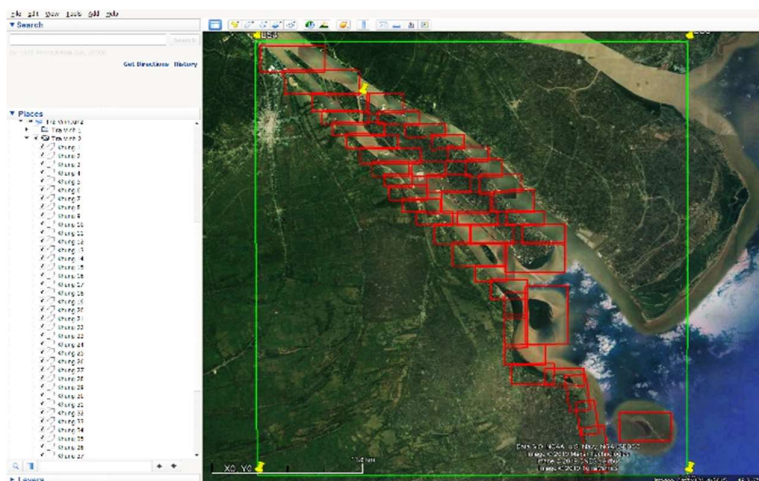
Phương pháp tiếp cận: ảnh vệ tinh và ảnh viễn thám được thu thập Google Earth Pro và USGS (Cục điều tra địa chất Hoa Kỳ), sau đó được hiệu chỉnh về cùng hệ tọa độ toàn cầu UTM WGS 84. Cuối cùng, tiến hành trích xuất tự động ranh giới giữa nước và bờ đất với khu vực sông, giữa nước và bờ biển cát để xác định vị trí đường bờ ảnh riêng biệt chưa ghép và tổng hợp kết quả trích xuất để thể hiện vị trí đường bờ. Các kết quả mô phỏng từ mô hình toán kết hợp ảnh trích xuất từ vệ tinh để xây dựng bản đồ phân bố trầm tích đáy, hiện trạng và xu thế xói lở và bồi tụ khu vực nghiên cứu thông qua phần mềm ArcGIS (phiên bản 10.1). Quy trình các bước tiến hành mô phỏng diễn biến hình thái sông thông qua sự kết hợp giữa mô hình toán, ảnh vệ tinh và phần mềm ArcGIS được minh họa ở hình 2.



Hình 2. Quy trình các bước tiếp cận nghiên cứu.

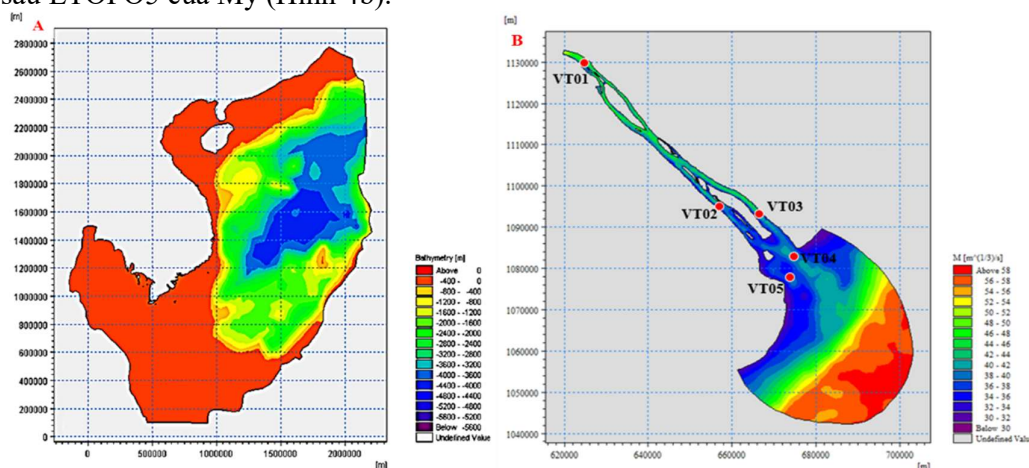
2.2.3 Thu thập dữ liệu đầu vào

Thu thập ảnh vệ tinh: Trong nghiên cứu này, một khu vực có kích thước 36km x 36km dài x rộng được lựa chọn để phân tích ảnh vệ tinh chụp qua các thời kỳ. Nghiên cứu tập trung vào các khu vực đường bờ trực thuộc địa bàn tỉnh Trà Vinh (Hình 3). Hai dạng ảnh được thu thập gồm: ảnh vệ tinh độ phân giải cao 1 m từ Google Earth Pro, ảnh vệ tinh độ phân giải trung bình từ 10 m (Sentinel 2) từ đến 30 m (Landsat ETM) được thu thập từ cơ sở dữ liệu của USGS. Tất cả ảnh được chụp trong suốt khoảng thời gian từ 1973 đến 2018.



Hình 3. Ảnh vệ tinh độ phân giải cao Landsat, Sentinel 2 – USGS sử dụng phân tích diễn biến hình thái sông khu vực nghiên cứu.

Thu thập dữ liệu địa hình: dữ liệu địa hình khu vực nghiên cứu được trích từ hải đồ tỉ lệ 1:200.000 của Hải quân Nhân dân Việt Nam, xuất bản năm 2009 (Hình 4a). Ngoài ra, địa hình khu vực nghiên cứu còn được đo đạc bổ sung trong đợt khảo sát năm 2014 bằng máy đo sâu ETOPO5 của Mỹ (Hình 4b).

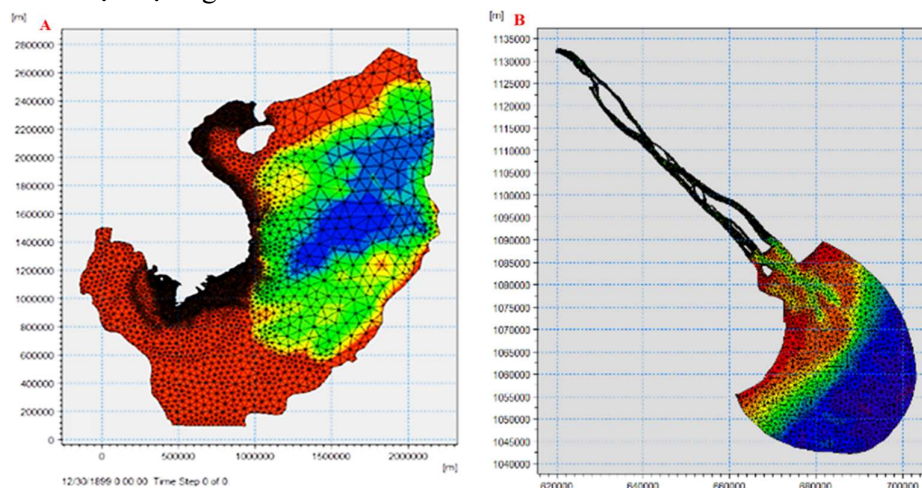


Hình 4. Địa hình đáy khu vực: a) biển Đông và biển Tây và b) khu vực sông Cỏ Chiên.

Số liệu trường gió: Số liệu trường gió sử dụng trong nghiên cứu này là số liệu gió trung bình toàn biển Đông được thu thập từ kết quả mô hình dự báo khí hậu toàn cầu CFSR (Climate Forecast System Reanalysis) của Trung tâm dự báo môi trường thuộc Cơ quan quản lý đại dương và khí quyển Mỹ (NCEP/NOAA) với bước thời gian là 3 giờ và độ phân giải 0,25°. Chuỗi số liệu này được sử dụng làm dữ liệu đầu vào cho mô hình MIKE-21SW.

Số liệu sóng và dòng chảy: số liệu sóng và dòng chảy thực đo từ 9 giờ ngày 09/07 đến 9 giờ ngày 11/07 năm 2014 ven biển tỉnh Trà Vinh.

Lưới thủy lực: Lưới thủy lực được xây dựng dựa trên bản đồ địa hình khu vực biển Đông và biển Tây (Hình 5a) để mô phỏng tính toán các trường dòng chảy, chế độ sóng sau đó các kết quả thu được sẽ làm dữ liệu đầu vào cho biển mở phía biển để chạy mô phỏng các đặc trưng thủy động lực khu vực nghiên cứu. Lưới thủy lực với quy vi nhỏ hơn (Hình 5b) được xây dựng để mô phỏng tính toán các trường dòng chảy, chế độ sóng và quá trình diễn biến lòng dẫn khu vực nghiên cứu.



Hình 5. Lưới thủy lực cho khu vực a) biển Đông và biển Tây và b) cửa sông Cỏ Chiên.

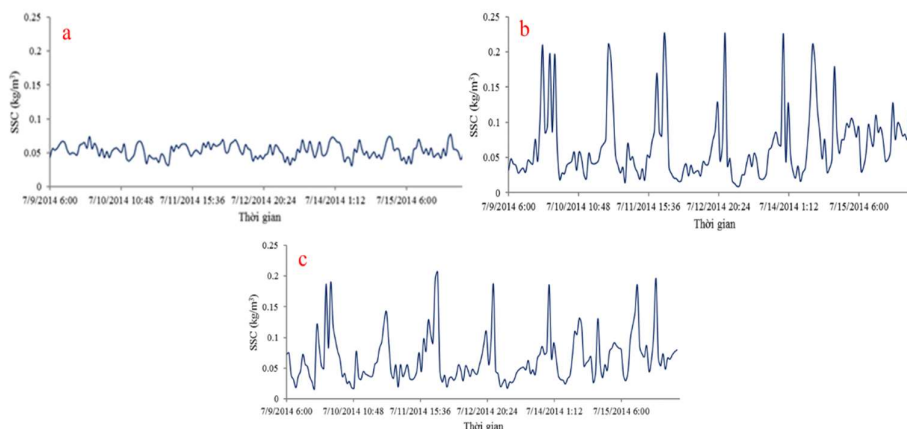
Số liệu lưu lượng và mực nước:

+ Biên thượng nguồn: lưu lượng theo giờ tại trạm Tân Châu – Châu Đốc năm 2014 được sử dụng để hiệu chỉnh mô hình và lưu lượng năm 2016 được sử dụng để kiểm định mô hình.

+ Biên hạ lưu: dữ liệu mực nước tại các cửa sông gồm trạm Vàm Kênh (cửa Tiểu), Bình Đại (cửa Đại), An Thuận (cửa Hàm Luông), Bến Trại (cửa Cỏ Chiên), và Mỹ Thanh (cửa Mỹ Thanh, Định An) và Trần Đề (cửa Trần Đề) vào các năm 2014 và 2016.

+ Số liệu mực nước được thu thập bao gồm các trạm thủy văn Vàm Nao, Mỹ Thuận, Mỹ Tho (sông Tiền), Cần Thơ, Đại Ngãi, Trần Đề (sông Hậu), trạm Chợ Lách, Trà Vinh (sông Cỏ Chiên) và Mỹ Hóa (sông Hàm Luông) được thu thập từ Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ từ năm 2014 đến 2016 phục vụ cho hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE.

Dữ liệu bùn cát: Điều kiện ban đầu về nồng độ phù sa trên toàn vùng được thiết lập dựa vào số liệu đo đạc tại một số vị trí trên sông thuộc khu vực nghiên cứu. Bùn cát ở trạm trong sông VT01 (Hình 6a) và các trạm biên phía biển VT04 và VT05 (Hình 6b, 6c) được đo năm 2014.



Hình 6. Nồng độ bùn cát lơ lửng tại các trạm VT01, VT04 và VT05 được đo đạc phục vụ làm dữ liệu đầu vào cho mô phỏng biến đổi hình thái sông.

3. Kết quả và thảo luận

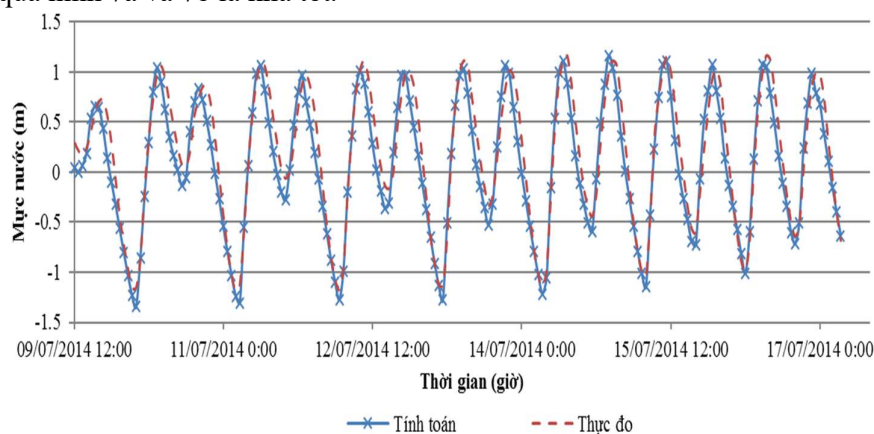
3.1. Hiệu chỉnh các mô hình toán

Hiệu chỉnh mô hình được tiến hành dựa vào bộ số liệu năm 2014 đo đạc tại các vị trí như minh họa ở Bảng 1. Số liệu gồm mực nước, dòng chảy và trường sóng thực đo vào tháng 7 năm 2014. Để chạy hiệu chỉnh mô hình 1D, chuỗi số liệu mực nước được hiệu chỉnh năm 2014 cho thấy mối tương quan tốt về pha và độ lớn với hệ số tương quan trên 0,90 và chỉ số NASH trên 0,80 (Bảng 1).

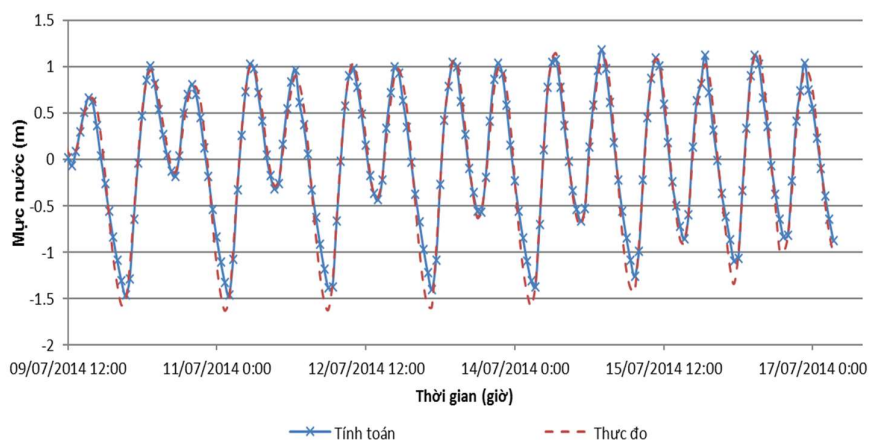
Bảng 1. Tương quan kết quả hiệu chỉnh mực nước năm 2014.

STT	Tên trạm	Tương quan	
		R ²	NSE
1	Chợ Lách	0,91	0,89
2	Mỹ Thuận	0,92	0,88
3	Trà Vinh	0,92	0,83
4	Bến Trại	0,92	0,89

Đối với hiệu chỉnh mô hình 2D, kết quả hiệu chỉnh mực nước tại 2 vị trí VT02 và VT03 thông qua hình 7a và 7b là khá tốt.



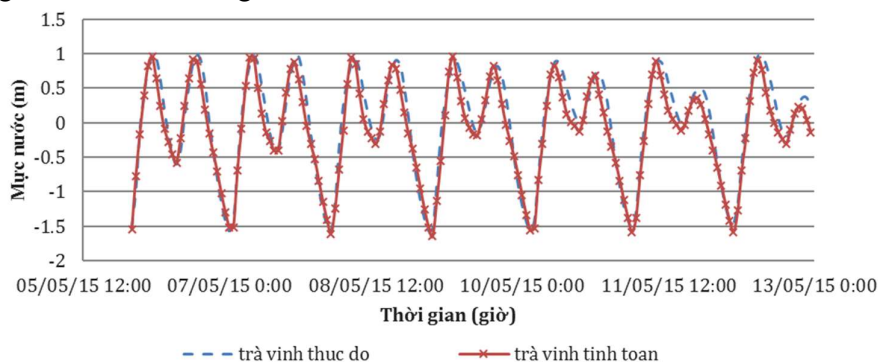
Hình 7a. Kết quả hiệu chỉnh mực nước tại trạm VT02.



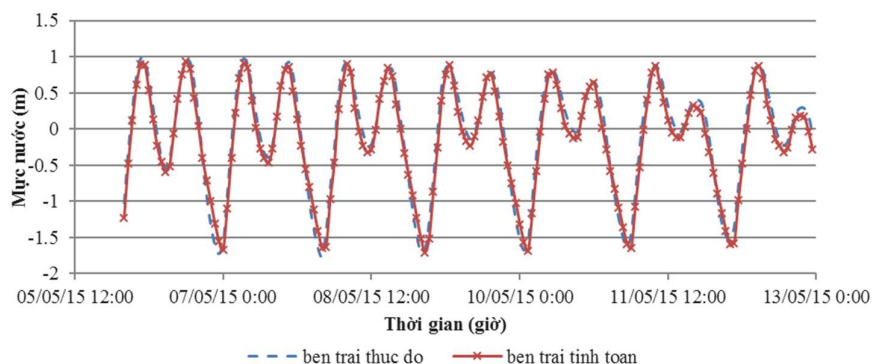
Hình 7b. Kết quả hiệu chỉnh mực nước tại trạm VT03.

3.2. Kiểm định các mô hình

Kiểm định mô hình MIKE21 FM: Sau khi hiệu chỉnh biên mở từ biên của miền tính từ dữ liệu triều trung bình nhiều năm, kết quả tính toán mực nước tại khu vực nghiên cứu cho thấy có sự phù hợp tốt với dữ liệu thực đo. Hình 8a và 8b miêu tả kết quả tính toán kiểm định mực nước tại các trạm VT02 và VT03 từ ngày 5 đến 12/5/2015. Từ các kết quả hiệu chỉnh và kiểm định thu được tương đối cao trên 0,80. Từ kết quả kiểm định mực nước tại hai trạm VT02 và VT03 có thể nhận xét rằng, mô hình MIKE-21FM có khả năng áp dụng mô phỏng thủy động lực cho khu vực nghiên cứu.

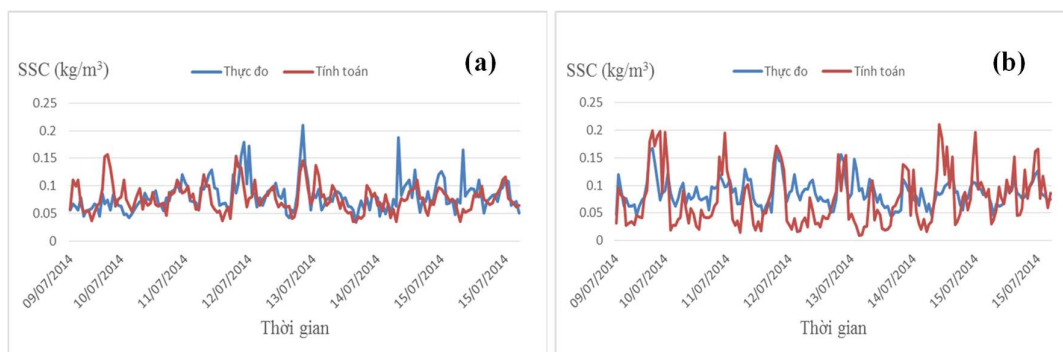


Hình 8a. Kiểm định mực nước tại trạm VT02



Hình 8b. Kiểm định mực nước tại trạm VT03

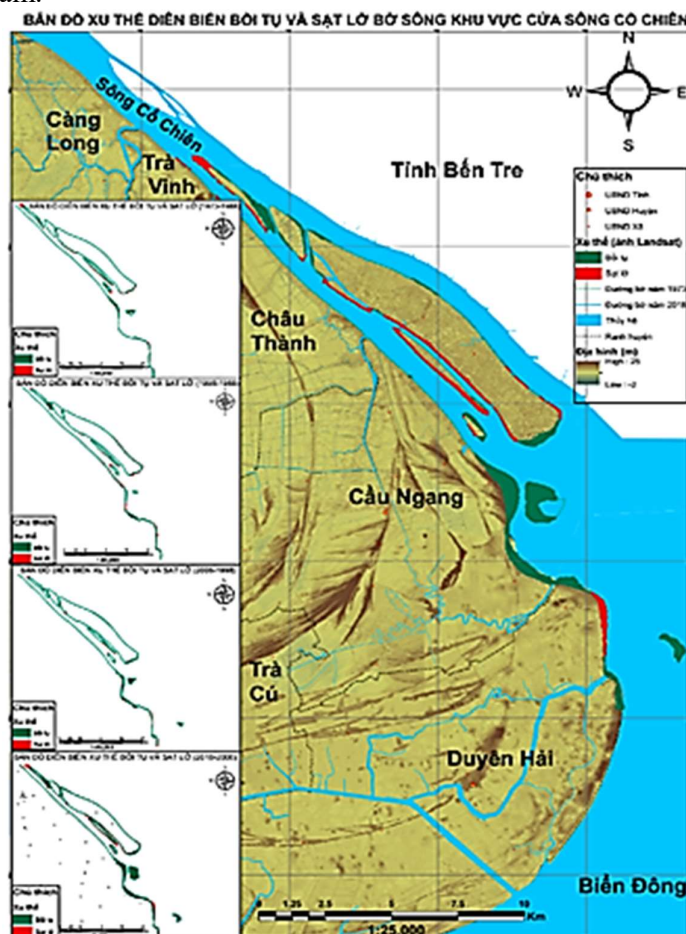
Đối với kiểm định mô hình MIKE-21MT: nồng độ trầm tích từ mô phỏng từ mô hình tại các vị trí VT02 (Hình 9a) và VT03 (Hình 9b) cho kết quả phù hợp với dữ liệu thực đo trong khoảng thời gian từ ngày 05-12/05/2015. Do đó, bộ thông số này tiếp tục dùng để mô phỏng kết quả tính toán hàm vận chuyển bùn cát cho khu vực nghiên cứu.



Hình 9. Kiểm định nồng độ trầm tích tại hai trạm VT02 và VT03 từ ngày 05-12/05/2015.

3.3. Phân tích xói lở và bồi tụ khu vực nghiên cứu bằng ảnh viễn thám

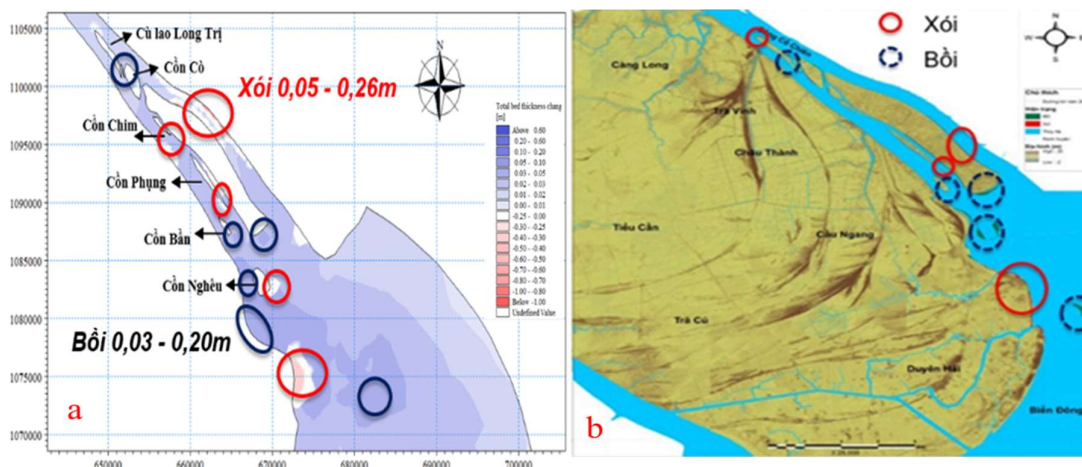
Các kết quả phân tích, xử lý ảnh viễn thám từ năm 1973–2018 được thể hiện ở hình 10, bồi tụ được thể hiện màu xanh lá, sạt lở được thể hiện màu đỏ. Các kết quả được thể hiện cho thấy khu vực bị sạt lở nghiêm trọng xảy ra trong sông là mũi phía thượng lưu của các cù lao và bờ của các cù lao nhỏ, hẹp. Mũi của các cù lao bị sạt lở trung bình khoảng 3,2 m/năm. Trong khi bờ của các cù lao hẹp bị sạt lở trung bình khoảng 2,4 m/năm. Đối với khu vực cửa sông và bờ biển hiện tượng sạt lở nghiêm trọng xảy ra trên khu vực dài khoảng 12 km bờ biển bên phải cửa sông. Mức độ bờ bị xâm thực nghiêm trọng nhất là khoảng 17 m/năm khu vực bờ biển bên phải kênh Quan Chánh Bó. Các khu vực còn lại bị xâm thực từ 4,5 m/năm đến mức 9,3 m/năm.



Hình 10. Bản đồ thể hiện xu thế bồi, xói khu vực nghiên cứu.

Tại khu vực nghiên cứu, xu thế bồi xây ra chủ yếu ở cửa sông Cung Hầu (Hình 11), với mức độ bồi trong khoảng 0,03 đến 0,20 m/năm. Cụ thể, phía đuôi cù lao Long Trị (thành phố Trà Vinh), phía đuôi đoạn thuộc xã Long Hòa (huyện Châu Thành), cồn Nghêu, đoạn thuộc xã Mỹ Long Nam (huyện Cầu Ngang) tỉnh Trà Vinh, cồn Vượt (xã Hiệp Thạnh, thị xã Duyn Hải). Đoạn đầu cù lao Long Trị (TP.Trà Vinh), phía cuối cồn Chim, cồn Phụng, cồn Nghêu, đoạn sông Cỏ Chiên qua xã Hòa Minh (huyện Châu Thành) và đoạn thuộc xã Hiệp Thạnh (thị xã Duyn Hải), đoạn dọc sông Cỏ Chiên thuộc xã Long Hòa (huyện Châu Thành), tỉnh Trà Vinh xuất hiện xói với mức độ khoảng 0,05 đến 0,26 m (Hình 11).

Hiện trạng các vị trí bồi, xói ở khu vực cửa sông Cỏ Chiên tỉnh Trà Vinh (Hình 11) năm 2018 tính toán từ mô hình cho kết quả phù hợp với các vị trí bị bồi lắng và sạt lở thông qua phân tích ảnh viễn thám bản đồ hiện trạng bồi lắng và sạt lở trong 10 năm từ 2008 đến 2018 (Hình 11b).



Hình 11. a) Quá trình bồi, xói đáy sông khu vực nghiên cứu và b) bản đồ hiện trạng bồi tụ, sạt lở khu vực nghiên cứu trích xuất từ ảnh viễn thám.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã tiến hành đánh giá xu thế bồi, xói khu vực cửa sông Cổ Chiên từ thành phố Trà Vinh đến Thị xã Duyên Hải tỉnh Trà Vinh. Kết quả tính toán cho thấy, xu thế bồi xảy ra chủ yếu ở khu vực cửa sông Cung Hầu, ở phía đuôi cù lao Long Trị (thành phố Trà Vinh), phía đuôi đoạn thuộc xã Long Hòa (huyện Châu Thành), cồn Nghêu, đoạn thuộc xã Mỹ Long Nam (huyện Cầu Ngang) tỉnh Trà Vinh, cồn Vượt (xã Hiệp Thạnh, thị xã Duyên Hải) với tốc độ bồi đáy trung bình 0,03–0,20 m/năm.

Đoạn đầu cù lao Long Trị (Tp.Trà Vinh), phía cuối cồn Chim, cồn Phụng, cồn Nghêu, đoạn sông Cổ Chiên qua xã Hòa Minh (huyện Châu Thành) và đoạn thuộc xã Hiệp Thạnh (thị xã Duyên Hải), đoạn dọc sông Cổ Chiên thuộc xã Long Hòa (huyện Châu Thành), tỉnh Trà Vinh xuất hiện xói với mức độ trung bình 0,05–0,26 m/năm.

Nhìn chung, hướng tiếp cận mô hình số kết hợp phân tích ảnh viễn thám trong nghiên cứu xói lở và bồi tụ đã góp phần củng cố độ tin cậy từ kết quả tính toán của mô hình.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.V.Hồng, D.T.An.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.V.Hồng., D.T.An.; Viết bản thảo bài báo: N.V.Hồng., D.T.An.; Chính sửa bài báo: N.V.Hồng., D.T.An.

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. IPCC. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.
2. Guan, M.; Wright, N.G.; Sleigh, P.A.; Ahilan, S.; Lamb, R. Physical complexity to model morphological changes at a natural channel bend. *Water Resour. Res.* **2015**, *52*, 6348–6364.
3. Bart van den Hurk, Peter Siegmund, Albert Klein Tank. *Climate Change scenarios for the 21st Century – A Netherlands perspective*. Scientific Report WR2014–01, KNMI, De Bilt, The Netherlands, 2014.
4. IPCC. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013.
5. Bộ Tài nguyên Môi trường. Kịch bản Biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam, 2012.

6. Vu, D.T.; Yamada, T.; Ishidaira, H. Assessing the impact of sea level rise due to climate change on seawater intrusion in Mekong Delta, Vietnam. *Water Sci. Technol.* **2018**, 77, 1632–1639.
7. Bộ Tài nguyên Môi trường. Kịch bản Biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam, 2016.
8. Lee, S.K.; Dang, T.A.; Le, V.T. Assessment of river morphological change for Co Chien Estuary applying the CCHE2D model. *J. Indian Soc. Remote Sens.* **2019**, 47, 1623–1632.
9. Phân Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu (SIHYMECC). Nghiên cứu đánh giá tình hình sạt lở khu vực cửa sông Cỏ Chiên, đề xuất giải pháp bảo vệ, phát triển bền vững. Dự án cấp Tỉnh Trà Vinh, 2019.
10. Chen, X.; Wang, D.; Tian, F.; Sivapalan, M. From channelization to restoration: Sociohydrologic modeling with changing community preferences in the Kissimmee River Basin, Florida. *Water Resour. Res.* **2016**, 52, 1227–1244.
11. Giasemi, G.M.; Kourgialas, N.N.; Nikolaidis, N.P. Assessing hydro–morphological changes in Mediterranean stream using curvilinear grid modeling approach – climate change impacts. *Earth Sci. Inform.* **2018**, 11, 205–216,.
12. Wang, Q.; Peng, W.; Dong, F.; Liu, X.; Ou, N. Simulating flow of an urban river course with complex cross sections based on the MIKE21 FM model. *Water* **2020**, 12, 761.
13. Morianou, G.G.; Kourgialas, N.N.; Karatzas, G.P.; Nikolaidis, N.P. River flow and sediment transport simulation based on a curvilinear and rectilinear grid modelling approach – a comparison study. *Water Supply* **2017**, 17, 1325–1334.
14. Kaergaard, K.; Fredsoe, J. Numerical modeling of shoreline undulations part 1: Constant wave climate. *Coast. Eng.* **2013**, 75, 64–76.
15. Uddin, M.; Alam, J.B.; Khan, Z.H.; Hasan, G.J.; Rahman, T. Two–dimensional hydrodynamic modelling of Northern Bay of Bengal coastal waters. *Comput. Water Energy Environ. Eng.* **2014**, 3, 140–151.
16. Nguyễn Văn Hồng và cs. Nghiên cứu biến động hình thái cửa sông Cỏ Chiên dưới tác động thủy động lực học. Báo cáo tổng kết Đề tài cấp Bộ, Bộ TNMT, Mã số: TNMT.05.50, 2014–2016.
17. Hồng, N.V.; Nam, B.C. Ứng dụng viễn thám và GIS nghiên cứu biến động đường bờ ở cửa sông Cỏ Chiên. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2016**, 666, 31–37.
18. Hồng, N.V.; Hoàng, T.T.; Vi, V.T.T.; Linh, H.T.M. Nghiên cứu tính toán dòng chảy khu vực cửa sông Cỏ Chiên bằng mô hình MIKE 21 FM. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2016**, 666, 21–25.
19. Hồng, N.V.; Thịnh, N.N.; Hoàng, T.T. Nghiên cứu tính toán trường sóng ven bờ khu vực cửa sông Cỏ Chiên bằng mô hình MIKE 21 SW. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2015**, 650, 11–16.
20. Hồng, N.V. và cs. Nghiên cứu đặc điểm khí tượng, thủy hải văn khu vực cửa sông Cỏ Chiên. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2014**, 648, 11–15.
21. Hồng, N.V. và cs. Đánh giá xu thế và nguyên nhân thay đổi hình thái sông Cỏ Chiên. Tuyển tập Báo cáo Hội thảo Quốc gia về Khí tượng, Thủy văn, Môi trường và Biến đổi khí hậu lần thứ XVIII, Viện KH KTTV & BDKH, ISBN 978–604–904–468–7, 2015, 419–425.
22. Hồng, N.V. và cs. Nghiên cứu đặc điểm khí tượng – thủy hải văn khu vực cửa sông Cỏ Chiên trong đợt khảo sát tháng 7/2014. Tuyển tập Báo cáo Hội thảo khoa học 2014, Phân viện KH Khí tượng Thủy văn và Môi trường, 2014, 111–117.
23. IPCC Fifth Assessment Report. Climate Change 2013 – The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2013, pp. 1535.

Evaluation of river morphological changes based on a combination of hydrodynamic model and remote sensing image

Nguyen Van Hong^{1*}, Dang Truong An²

¹ Sub-Institute HydroMeteorology and Climate Change; nguyenvanhong79@gmail.com

² University of Sciences–Vietnam National University HCM City; dtan@hcmus.edu.vn

Abstract: The study was conducted to evaluate the erosion and deposition processes in Co Chien estuary area in the period 1973–2018. The study was deployed based on a combination of the hydrodynamic models belonging to the MIKE family which is developed by the Danish Institute of Hydraulics (DHI) and analysis of high-resolution remote sensing images to determine the erosion and deposition processes in the study area. The results showed that the study area has occurred a mixture of erosion and deposition. Specifically, deposition has occurred in some sub-areas such as Cung Hau estuary, the end of Long Tri islet, the end of the river section belongs to Long Hoa commune, Clam islet, and Qua Thu island in Hiep Thanh commune with an average speed of about 0.03–0.20 m/year. Meanwhile, erosion was also identified at the beginnings of Long Tri isle in Tra Vinh City, at the end of Chim islet, Phung islet, Clam islet and Co Chien river section passing Hoa Minh commune, Long Hoa commune of Chau Thanh district, Hiep Thanh commune belongs to Duyen Hai Town with an average speed of about 0.05–0.26 m/year. In general, the combination of hydrodynamic model and remote sensing method contributes to reinforcing the reliability of the hydrodynamic model in the simulation of river morphology variation.

Keywords: Aggradation; Degradation; Estuaries; Climate change; Sea level rise.