

PHÂN TÍCH CHẾ ĐỘ THỦY ĐỘNG LỰC KHU VỰC CỬA LỖ HUYỆN NÚI THÀNH, QUẢNG NAM

Nguyễn Quang Đức Anh¹, Nguyễn Hiệp², Hồ Sỹ Tâm³, Nguyễn Trung Việt⁴

Tóm tắt: Trong những thập kỷ gần đây, khu vực Cửa Lỗ tỉnh Quảng Nam đã và đang diễn ra tình trạng xói lở và bồi lấp rất nghiêm trọng. Các nghiên cứu dựa vào phân tích ảnh viễn thám đã chỉ ra rằng nguyên nhân chính dẫn đến hiện tượng xói lở ở khu vực bờ Nam và bồi tụ ở khu vực bờ Bắc của Cửa Lỗ là do sự dịch chuyển của cửa diễn ra liên tục trong nhiều năm từ phía Bắc về phía Nam. Các nghiên cứu này mới chỉ dừng lại chủ yếu phân tích diễn biến hình thái, các quá trình tương tác sóng – dòng chảy và mối liên hệ của nó đến quá trình biến đổi hình thái của khu vực Cửa Lỗ vẫn chưa được làm rõ. Trong bài báo này, nhóm tác giả đã thiết lập và mô phỏng mô hình thủy động lực và vận chuyển bùn cát (DELFT3D) để phân tích các đặc điểm thủy động lực và ảnh hưởng của nó đến quá trình biến đổi hình thái của khu vực Cửa Lỗ.

Từ khoá: Cửa Lỗ, lưu lượng sông, dòng triều, sóng gió mùa, trao đổi nước.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

Đọc theo dải ven biển miền Trung, sự phát triển kéo dài của các doi cát chắn ngang cửa sông là khá phổ biến và thường kèm theo sự xói lở nghiêm trọng ở phía bên bờ đối diện. Hiện tượng này có thể quan sát thấy tại khu vực Cửa Lỗ (Quảng Nam), An Dũ (Bình Định), An Hải – Lễ Thịnh (Phú Yên), Phan (Bình Thuận), Lộc An (Bà Rịa – Vũng Tàu) (Duc Anh & nnk., 2020)... Điểm chung của các cửa sông thuộc loại này là chúng thường nằm trong vùng có biên độ triều nhỏ, động lực sóng ven bờ chiếm ưu thế và dòng chảy của các sông đổ ra biển có sự biến đổi theo mùa rõ rệt. Trong thời kỳ mùa khô, sự phát triển của doi cát chặn ngang cửa sông là kết quả của quá trình hoạt động của dòng do sóng mang bùn cát tích lũy vào cửa sông. Ngược lại, trong thời kỳ mùa mưa, lũ lớn thường xuyên xảy ra tập trung trong thời gian ngắn, nước lũ dâng cao tràn lên bề mặt gây xói mòn và xảy ra hiện tượng đứt gãy các doi cát.

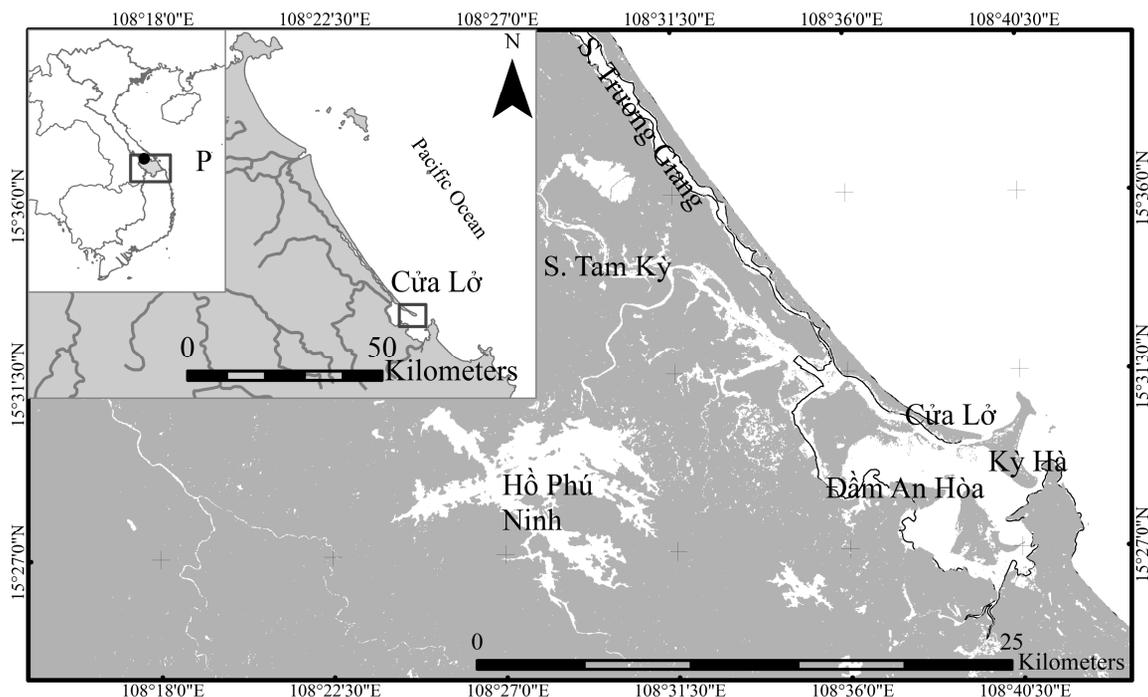
Cửa Lỗ là cửa biển của hệ thống sông Trường Giang và sông Tam Kỳ thuộc địa bàn huyện Núi Thành, tỉnh Quảng Nam (Hình 1). Sông Trường Giang có diện tích lưu vực vào khoảng 426km² và có chiều dài 70km chạy song song với bờ biển, phía Bắc thông với Cửa Đại, và phía Nam thông với Cửa Lỗ (Duc Anh & nnk., 2020). Trong những thập kỷ gần đây, sự phát triển kéo dài của doi cát từ phía Bắc Cửa Lỗ không những làm cho cửa bị bồi lấp, thu hẹp nghiêm trọng, mà còn gây sạt lở phía bờ Nam, dẫn đến hàng trăm tàu thuyền khó khăn khi lưu thông qua cửa. Dựa trên các kỹ thuật phân tích viễn thám và lý thuyết của mô hình ONELINE, Duy & nnk (2018). đã chỉ ra quy luật biến đổi hình thái của doi trong dài hạn. Tuy nhiên, các nghiên cứu này chủ yếu dựa trên sự phân tích quy luật diễn biến, các cơ chế thủy động lực học và các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình biến đổi hình thái tại Cửa Lỗ vẫn chưa được xem xét đến. Do đó, trong bài nghiên cứu này, nhóm tác giả đã sử dụng mô hình mã nguồn mở DELFT3D mô phỏng thủy lực – tương tác sóng, và dòng chảy trong điều kiện gió mùa và lũ lớn để làm rõ các cơ chế chi phối quá trình biến đổi hình thái của khu vực Cửa Lỗ.

¹ Viện Kỹ thuật Công trình, Trường Đại học Thủy lợi

² Tổng cục Phòng chống thiên tai

³ Khoa Công trình, Đại học Thủy lợi

⁴ Trường Đại học Thủy lợi



Hình 1. Tổng thể khu vực nghiên cứu sông Trường Giang và khu vực Cửa Lở

2. THU THẬP VÀ PHÂN TÍCH SỐ LIỆU

Các số liệu đầu vào cần thiết cho việc thiết lập mô hình toán bao gồm các thông số cơ bản sau:

(a) Số liệu về đường bờ: tài liệu đường bờ phục vụ trong quá trình thiết lập mô hình tính, định dạng các loại biên của mô hình số được số hóa từ các ảnh vệ tinh Landsat và Sentinel-2.

(b) Địa hình: dữ liệu địa hình được phân tách từ các bản đồ địa hình tỷ lệ 1/25000 do Hải Quân Việt Nam đo đạc năm 2005 và các bản đồ tỷ lệ 1/2000; 1/5000 khảo sát năm 2018 để xây dựng mô hình thủy lực và mô hình sóng miền nhỏ. Kết quả số hóa các dữ liệu địa hình từ các nguồn bản đồ này được thể hiện tại Hình 2.

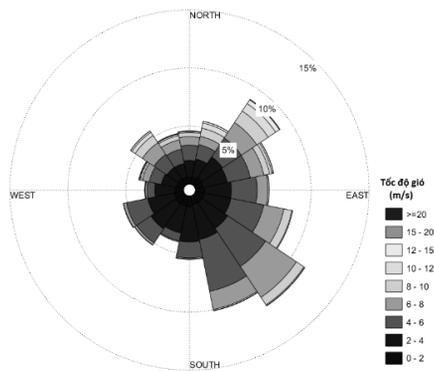
(c) Tài liệu gió: số liệu gió sử dụng cho mô hình được thu thập tại trạm khí tượng, số liệu gió tái phân tích toàn cầu. Hoa gió đặc trưng nhiều năm của khu vực nghiên cứu được thể hiện như tại Hình 3.

(d) Số liệu dòng chảy sông: Khu vực Cửa Lở và sông Trường Giang không có trạm thủy văn. Vì vậy, trong nghiên cứu này các dữ liệu về dòng

chảy và lưu lượng sông được trích xuất từ mô hình thủy văn - thủy lực xây dựng cho hệ thống sông Tam Kỳ - Trường Giang.

(e) Số liệu sóng: số liệu sóng nước sâu của khu vực Cửa Lở được trích xuất từ mô hình sóng xây dựng cho Biển Đông được thực hiện bởi Điền & nnk (2018) và trích xuất tại vị trí P cách khu vực Cửa Lở khoảng 50km (Hình 1 và 4). Hoa sóng tổng hợp tại điểm P trong giai đoạn 1995-2019 được thể hiện như tại Hình 4. Dựa vào các dữ liệu sóng này, phân tích tổng hợp được các tham số sóng đặc trưng thời kỳ trong năm của khu vực nghiên cứu: tham số sóng trong mùa Hè là chiều cao sóng $H = 1,07\text{m}$, chu kỳ sóng $T = 6,32\text{s}$; góc sóng tới $\text{Dir} = 112^\circ$ và trong thời kỳ mùa Đông là $H = 2,96\text{m}$; $T = 9,56\text{s}$; $\text{Dir} = 50^\circ$.

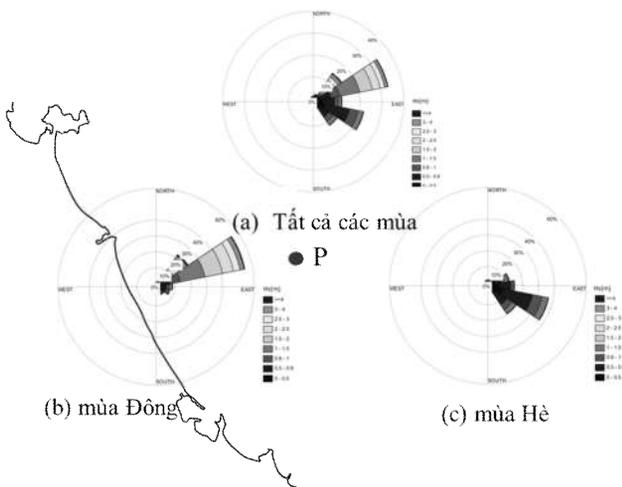
(f) Tài liệu bùn cát: dữ liệu về tính chất vật lý của bùn cát được tổng hợp từ các dữ liệu quan trắc, phân tích trên 100 mẫu bùn cát đáy thu thập trong khu vực nghiên cứu. Kích thước hạt được lấy trung bình cho tất cả các mẫu khảo sát trong khu vực ở $D_{50} = 0.2\text{ mm}$.



Hình 2. Hoa gió khu vực nghiên cứu



Hình 3. Bản đồ địa hình khu vực Cửa Lở



Hình 4. Hoa sóng tổng hợp các mùa trong năm tại khu vực Quảng Nam

3. THIẾT LẬP MÔ HÌNH

Để phân tích được chế độ thủy động lực và quá trình vận chuyển bùn cát ở khu vực Cửa Lở, mô hình mã nguồn mở Delft3D được phát triển bởi Viện thủy lực Deltares, Hà Lan được lựa chọn sử dụng. Mô hình được tích hợp từ mô-đun sóng Delft3D-WAVE và mô-đun thủy động lực học Delft3D-FLOW và mô-đun vận chuyển trầm tích Delft3D-SED (Deltares, 2014). Mô-đun Delft3D-FLOW giải quyết các phương trình nước nông trung bình theo độ sâu hoặc 3 chiều trên lưới cong trục giao. Trong mô-đun Delft3D-WAVE, sự biến đổi sóng được tính bằng mô hình sóng thế hệ thứ ba SWAN (Booij et al., 1999; Ris et al., 1999). Nó bao gồm truyền sóng, tạo ra bởi gió, tương tác sóng-sóng phi tuyến và tiêu tán. Các mô-đun

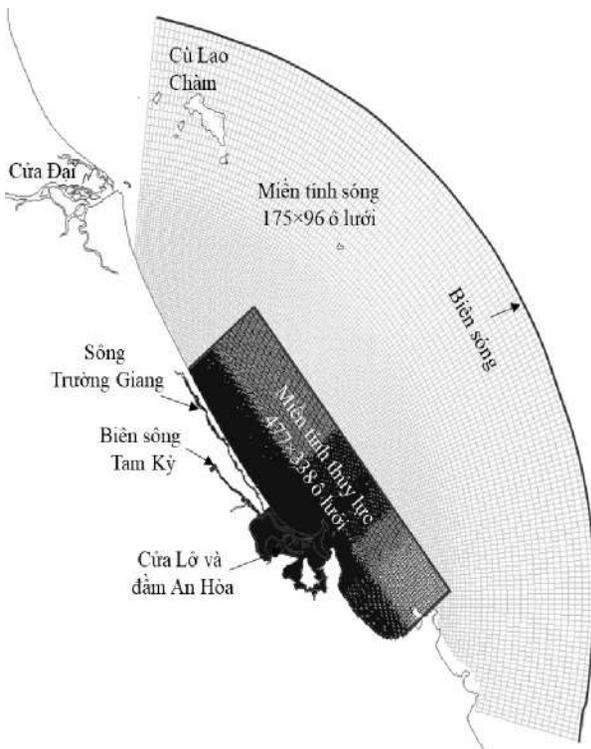
WAVE và FLOW được kết nối trực tuyến theo các khoảng thời gian đều đặn để giải thích các tác động của sóng lên dòng chảy và cung cấp các điều kiện biên dòng chảy cho sự biến đổi sóng.

3.1. Thiết lập lưới tính và địa hình

Khu vực nghiên cứu là khu vực cửa sông ven biển có tính chất địa hình cực kỳ phức tạp: vùng biển phía Bắc Quảng Nam (giáp Đã Nẵng) được che chắn bởi đảo Cù Lao Chàm và chịu ảnh hưởng của bán đảo Sơn Trà; trong khi ở vùng bờ biển ở phía Nam, chế độ sóng triều ven biển cũng chịu tương tác mạnh của vịnh Dung Quất. Hơn nữa, khu vực Cửa Lở được che chắn bởi mũi đá Bà Tình và các rạn san hô chạy ngầm tạo hình thể như một đập phá sóng tự nhiên. Phía trong sông, Cửa Lở được kết nối với cửa Kỳ Hà thông qua đầm An Hòa và hệ thống sông từ sông Trường Giang - Tam Kỳ. Vì vậy, khi thiết lập vùng tính cần phải cân nhắc kỹ lưỡng và phải thử dần với nhiều phạm vi mô hình trước khi lựa chọn được phương án phù hợp nhất.

Hệ thống lưới được tính toán và các vị trí biên mô phỏng cho các mô hình tích hợp được thể hiện trong Hình 5. Miền tính lớn được thiết lập cho mô hình sóng (mô-đun DELFT3D WAVE và miền nhỏ được sử dụng cho các mô hình thủy lực và vận chuyển bùn cát (mô-đun DELFT3D FLOW và SED). Kích thước lưới tính của mô hình miền lớn được mở rộng để giảm thiểu tối đa sai số gây ra do các hiệu ứng biên bên đến khu vực nghiên cứu. Lưới tính mô hình miền lớn bao gồm 175×96 ô lưới với kích thước thay đổi từ 300 đến 600m, bao gồm toàn

bộ vùng biển Quảng Nam từ bờ Bắc Cửa Đại đến hết Vịnh Dung Quất với diện tích 3000km². Trong khi đó, phạm vi của mô hình dòng chảy và vận chuyển bùn cát được thiết lập xung quanh khu vực Cửa Lở bao gồm 477×338 ô lưới có kích thước khoảng 500km² với ô lưới nhỏ nhất là 10m (khu vực cửa sông, ven bờ và trong đầm An Hòa) và thô dần ra phía biển. Lưới tính thủy lực miền nhỏ được thiết lập bao gồm hệ thống Trường Giang và Tam Kỳ để mô hình có thể xét đầy đủ ảnh hưởng của tương tác các yếu tố sông biển.



Hình 5. Hệ thống lưới tính cho các mô hình

3.2. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

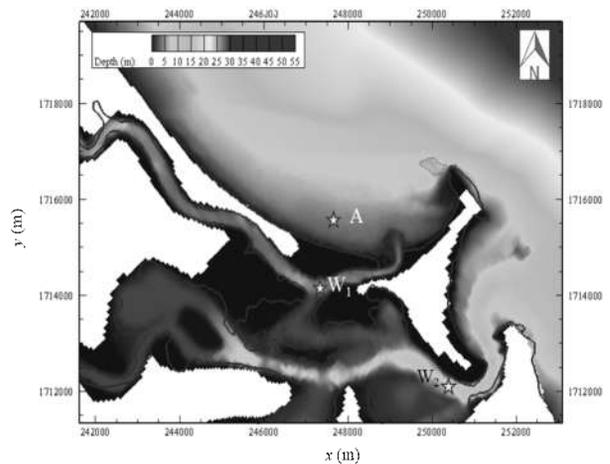
Trong nghiên cứu này, các số liệu khảo sát mực nước và sóng tại khu vực Cửa Lở trong thời gian mùa Hè (tháng 8 năm 2019) và thời kỳ mùa Đông (tháng 11 năm 2019) được sử dụng để thực hiện việc hiệu chỉnh và kiểm định cho mô hình. Vị trí các trạm khảo sát này được thể hiện tại Hình 6. Để đánh giá độ chính xác mô hình hai tham số thống kê được sử dụng là sai số trung bình quân

phương RMSE và sai số trung bình ME. Công thức tính sai số như sau:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_{if} - x_{io})^2} \quad (1)$$

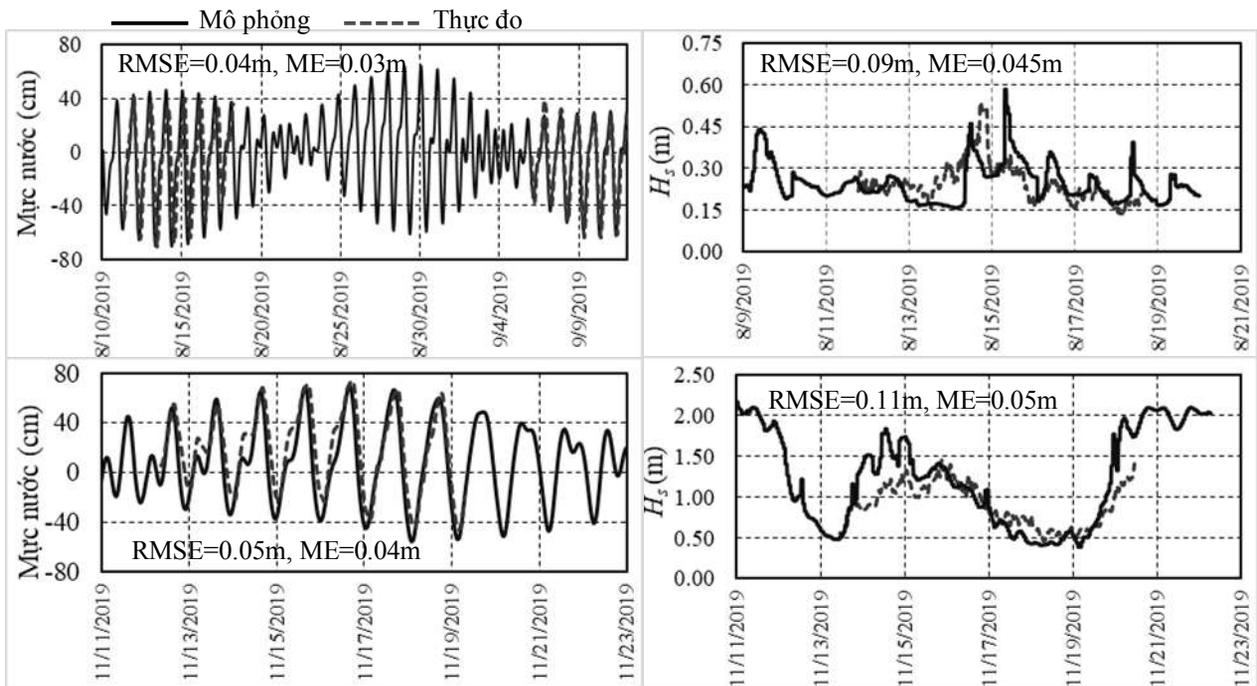
$$ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i) \quad (2)$$

Trong đó: F_i , x_{if} là giá trị tính toán và x_{io} , O_i là các giá trị đo đạc. N là số lượng các mẫu trong chuỗi so sánh.



Hình 6. Vị trí các trạm quan trắc: (A) - trạm đo sóng, W_1 và W_2 - các trạm đo mực nước

Hình 7 thể hiện kết quả so sánh giữa các giá trị mực nước và chiều cao sóng thực đo và mô phỏng vào các thời kỳ tháng 8 và tháng 11 năm 2019. Kết quả so sánh mực nước và chiều cao sóng cho thấy, giá trị tính toán và đo đạc khá phù hợp về cả độ lớn và pha. Các giá trị sai số trung bình quân phương và sai số trung bình cho biến mực nước trong đợt khảo sát tháng 8 lần lượt là 0,04 m; 0,03 m; và trong đợt khảo sát tháng 11 là 0,05m, 0,04m. Các giá trị này cho chiều cao sóng trong đợt khảo sát tháng 8 lần lượt là 0,06m; 0,045m và trong đợt khảo sát tháng 11 là 0,11m và 0,05m. Như vậy có thể đánh giá, mô hình thủy lực và mô hình sóng đã hiệu chỉnh đảm bảo độ tin cậy và độ chính xác cho việc tính toán nghiên cứu cơ chế và dự báo biến động hình thái.



Hình 7. Kết quả so sánh giữa mực nước, chiều cao sóng tại các trạm W_1 , W_2 và A các đợt khảo sát tháng 8 và 11 năm 2019

4. PHÂN TÍCH CHẾ ĐỘ THỦY ĐỘNG LỰC KHU VỰC CỬA LỖ

Trong nghiên cứu này, các tác giả tiến hành phân tích chế độ thủy động lực và vận chuyển bùn cát tại khu vực Cửa Lỗ khi khu vực chịu tác động của (i) sóng thời kỳ mùa Đông; (ii) sóng thời kỳ mùa Hè và (iii) lũ sông Trường Giang đạt tần suất 5%.

4.1. Chế độ thủy động lực thời kỳ mùa Đông

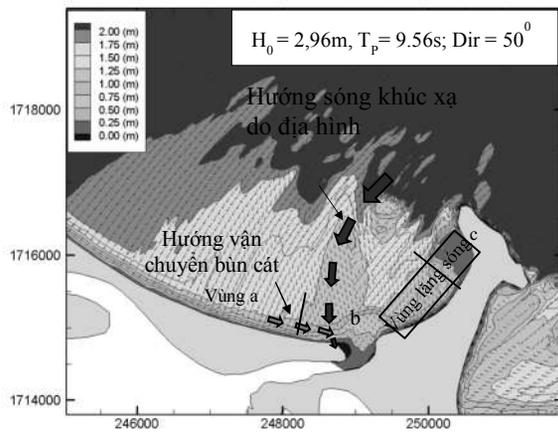
Trường sóng nước nông khu vực Cửa Lỗ chịu ảnh hưởng của sóng gió mùa Đông tại Hình 8(a). Chiều cao sóng trước khi tiến vùng bờ khu vực Cửa Lỗ trước khi vượt qua các vị trí rạn san hô khá lớn, khoảng 1,5÷1,8m. Sau sóng khi tràn qua các vùng san hô vào đến khu vực Cửa Lỗ, chiều cao sóng giảm mạnh do hiện tượng hiệu ứng nước nông. Do được các khu vực rạn san hô và mũi Bàn Than che chắn nên khi tiến vào vùng Cửa Lỗ, sóng phân thành các khu vực có chiều cao sóng khá khác biệt: vùng a Bờ Nam khu vực Cửa Lỗ chiều cao sóng chỉ khoảng 0,2÷0,5m và một số vị trí <0,2m; vùng b Tại khu vực Cửa Lỗ chiều cao sóng từ 0,2÷1,0 (m); và tại bờ Bắc khu vực Cửa

Lỗ chiều cao sóng từ 0,7÷1,5m lớn hơn khá nhiều so với hai khu vực kể trên. Đáng chú ý rằng, trong thời kỳ mùa Đông, hướng sóng tới khi tiếp cận với đường bờ lệch so với hướng đường bờ một góc dương. Do đó tạo ra hướng vận chuyển bùn cát do sóng tại khu vực doi cát từ Bắc xuống Nam (Hình 8(a)). Ngược lại, chiều cao sóng khu vực Cửa Lỗ trong thời kỳ mùa Hè là khá nhỏ, do hướng sóng đến theo hướng Đông và Đông Nam (Hình 8(b)), khi sóng truyền qua các khu vực rạn san hô và mũi Bàn Than hầu như đã giải phóng hết năng lượng trong quá trình lan truyền vào vùng nước nông và xảy ra hiện tượng sóng vỡ.

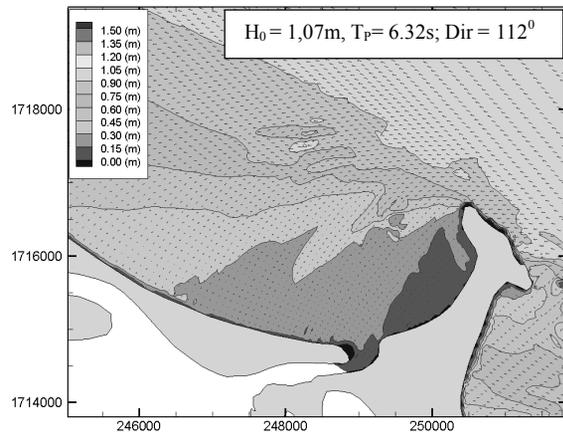
Trường dòng chảy điển hình khi khu vực Cửa Lỗ chịu ảnh hưởng của sóng gió mùa Đông Bắc được thể hiện tại Hình 9. Dòng chảy khi triều rút từ sông Trường Giang qua Cửa Lỗ này khi gặp dòng tạo thành do sóng hướng Đông Bắc rất mạnh, tạo thành các dòng nhiễu loạn rất mạnh ở phía trước Cửa Lỗ. Vì vậy, khu vực này mức độ biến động bãi và các đụn cát ngầm sẽ là rất lớn. Các vị trí bờ biển phía Bắc Cửa Lỗ, dòng chảy chịu ảnh hưởng do sóng kết hợp với hướng

đường bờ nên dòng chảy có hướng về phía Bắc. Phát hiện nổi bật, cũng do ảnh hưởng của sóng gió mùa Đông Bắc tồn tại trường dòng chảy xoáy ngược là ở phần mũi doi cát. Các xoáy ngược liên tục đẩy các khối nước xung quanh mũi cát và mang theo bùn cát đi về phía Nam, cùng hướng phát triển của doi cát. Dòng xoáy này được hình thành là do chênh lệch mực nước

giữa các điểm hội tụ dòng chảy khi dòng do sóng Đông Đông Bắc và dòng triều rút tạo thành. Với hướng sóng Đông Bắc, hướng của dòng xoáy ở mũi doi cát đạt vận tốc từ $0.2 \div 0.4 \text{ m/s}$. Như vậy, tác động của dòng chảy rút ra khỏi Cửa Lở kết hợp với dòng chảy do sóng Đông Bắc tạo thành dòng chảy tác động tương đối lớn vào phía bờ phải của Cửa Lở.

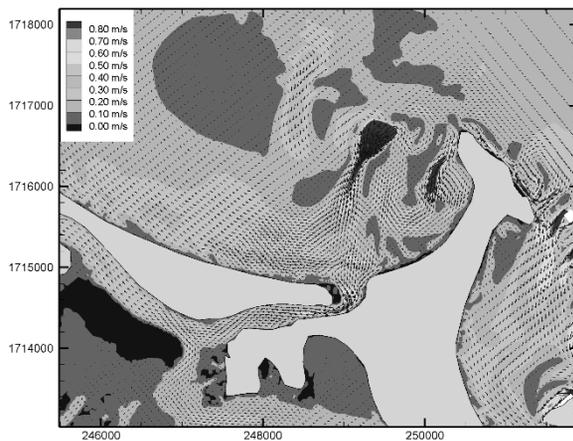


(a) Trường sóng thời kỳ mùa Đông

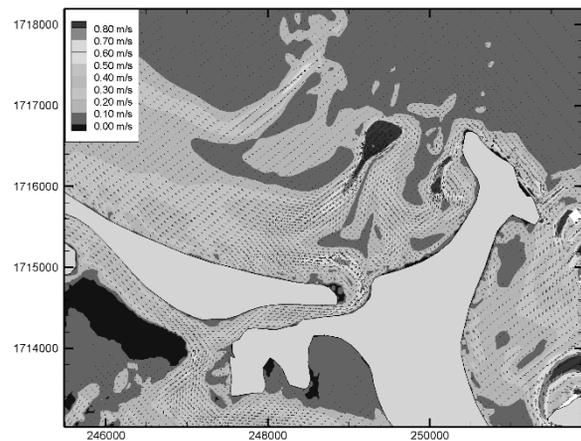


(b) Trường sóng thời kỳ mùa Hè

Hình 8. Trường sóng điển hình khu vực Cửa Lở trong năm



(a) Trường dòng chảy trong pha triều dâng



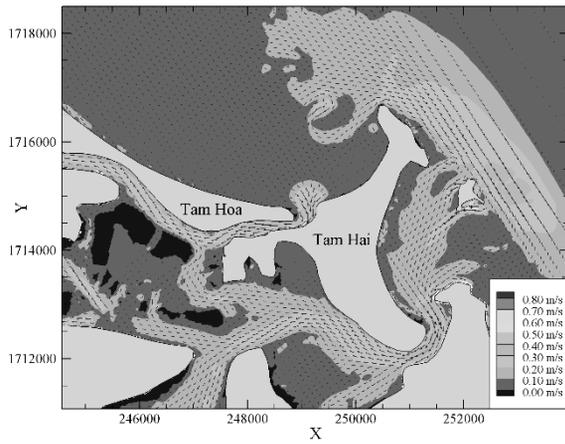
(b) Trường dòng chảy trong pha triều rút

Hình 9. Trường dòng chảy điển hình khu vực Cửa Lở trong thời kỳ mùa Đông

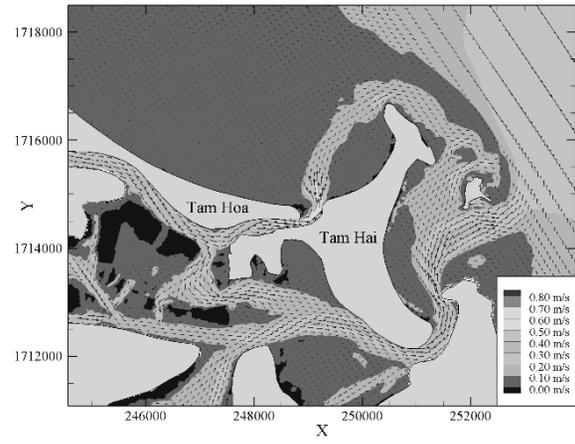
4.2. Chế độ thủy động lực thời kỳ mùa Hè

Hình 11 thể hiện trường dòng chảy khu vực Cửa Lở khi vùng nghiên cứu chịu ảnh hưởng của sóng đến từ hướng Đông Nam trong thời kỳ mùa Hè. Trong trường hợp này có thể thấy rõ tương tác của sóng đến chế độ thủy lực khu vực Cửa Lở là không

lớn, dòng chảy chịu chi phối của biển độ triều và thể tích lắng trụ triều của đầm An Hòa và sông Trường Giang. Trong quá trình thủy triều rút, vận tốc dòng chảy qua Cửa Lở và cửa An Hòa vẫn duy trì ở mức tương đối lớn $v=0,3 \div 0,6 \text{ m/s}$, dòng chảy hầu như cũng đứng yên quá trình triều đứng.



(a) Trường dòng chảy trong pha triều dâng



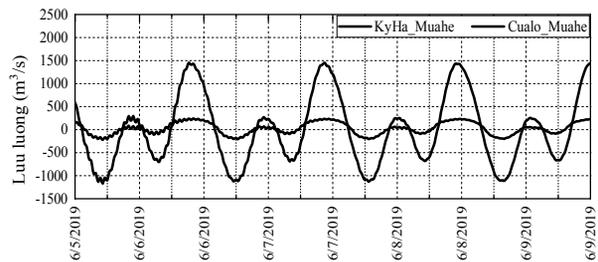
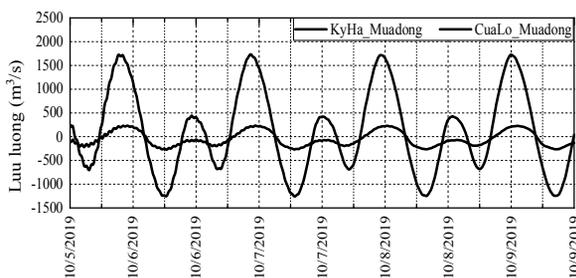
(b) Trường dòng chảy trong pha triều rút

Hình 10. Trường dòng chảy điển hình khu vực Cửa Lở trong thời kỳ mùa Hè

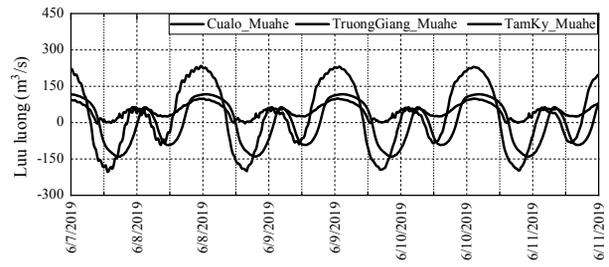
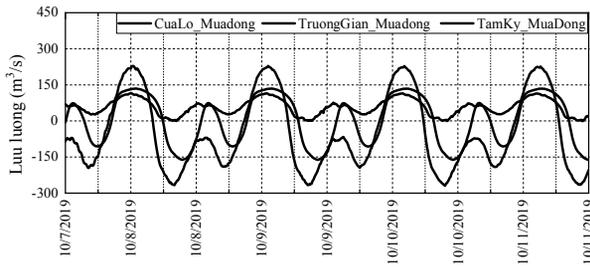
Tổng hợp kết quả các đặc điểm về chế độ thủy động lực của khu vực Cửa Lở và vùng lân cận bằng cách tiến hành trích xuất lưu lượng qua các vị trí gồm Cửa Lở, Tam Hòa, Trường Giang, Tam Kỳ, Núi Thành, An Hòa, Kỳ Hà được thể hiện như tại Hình 10, 12 và 13. Xét quá trình lưu lượng trao đổi giữa biển và đầm An Hòa trong cả thời kỳ mùa Đông và mùa Hè qua cửa Kỳ Hà đều rất lớn khoảng $3000\text{m}^3/\text{s}$, trong khi đó qua Cửa Lở chỉ khoảng $400\text{m}^3/\text{s}$. Như vậy, lượng nước trao đổi vào đầm An Hoà qua Cửa Kỳ Hà chiếm ưu thế hơn rất nhiều so với Cửa Lở hay thể tích lắng trụ triều của đầm An Hoà chủ yếu được bơm vào và rút ra qua cửa Kỳ Hà. Đây là nguyên nhân chính làm cho cửa của Kỳ Hà luôn duy trì được độ sâu cửa lớn ($h = -9.0 \div -12.0\text{m}$) và độ rộng ($B=350\text{m}$)

lớn hơn nhiều so Cửa Lở (độ sâu cửa $-5.0 \div -6.0\text{m}$ và bề rộng khoảng 150m). Các đặc điểm về trao đổi nước giữa đầm An Hòa và biển qua Cửa Lở và cửa Kỳ Hà này là khá tương đồng với kết quả nghiên cứu của Nikita & Orio (2020).

Trong khi đó so sánh các giá trị lưu lượng vào thời kỳ mùa Đông và mùa Hè qua các mặt cắt tại Cửa Lở, Tam Kỳ và Trường Giang có thể thấy rằng thể tích lắng trụ triều của sông Trường Giang ($250\text{m}^3/\text{s}$) chiếm ưu thế rõ rệt so với lưu lượng triều qua sông Tam Kỳ ($0 \div 80\text{m}^3/\text{s}$) để duy trì độ sâu và bề rộng của khu vực Cửa Lở (xem Hình 5). Như vậy, trong điều kiện không có ảnh hưởng của lũ thượng nguồn thì lắng trụ thể tích triều vào sông Trường Giang có vai trò quan trọng với Cửa Lở là lớn hơn so với ảnh hưởng của sông Tam Kỳ.



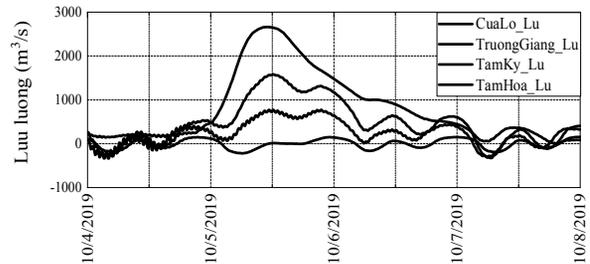
Hình 11. Quá trình lưu lượng qua các vị trí mặt cắt tại Cửa Lở và cửa Kỳ Hà các thời kỳ mùa Đông và mùa Hè



Hình 12. Quá trình lưu lượng qua các vị trí mặt cắt tại Cửa Lở, Tam Kỳ và Trường Giang các thời kỳ mùa Đông và mùa Hè

4.3. Trong thời kỳ chịu ảnh hưởng của lũ

Trường dòng chảy lũ khu vực Cửa Lở khi chịu lũ đạt tần suất 5% thể hiện tại Hình 14, lũ được truyền từ sông Tam Kỳ xuống đầm An Hòa và Cửa Lở trước khi đổ ra biển. Trường dòng chảy lũ từ sông Tam Kỳ chia thành hai nhánh, nhánh đầu tiên qua Núi Thành (1) vào đầm An Hòa rồi mới đổ ra biển qua cửa sông Kỳ Hà; nhánh (2) dòng chảy đổ ra Tam Hòa một phần tiếp tục đổ vào đầm An Hòa (3), và nhánh phụ còn lại đổ ra biển qua Cửa Lở (4). Tuy vậy, vận tốc dòng chảy lũ qua Cửa Lở vẫn duy trì ở mức là khá lớn, khoảng 0.8÷1.0m/s. Với tốc độ dòng chảy lũ này có thể là nguyên nhân gây ra các hiện tượng sạt lở phía bờ Nam của Cửa Lở. Một đặc điểm có thể quan sát rất rõ là dòng chảy sông Tam Kỳ ảnh hưởng rất lớn đến Cửa Lở trong thời kỳ chịu ảnh hưởng của lũ so với sông Trường Giang (Hình 15). Lưu lượng thời điểm đỉnh lũ qua vị trí mặt cắt Tam Hòa là khoảng 1500m³/s, qua Cửa Lở thời điểm vào khoảng 600m³/s, trong khi đó qua Trường Giang chỉ khoảng 50 m³/s (tương đương điều kiện không chịu ảnh hưởng của lũ).



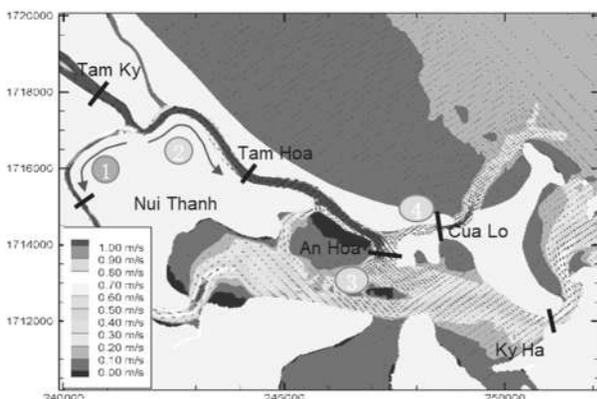
Hình 14. Vị trí các mặt cắt trích xuất giá trị lưu lượng dòng chảy

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã thành công việc thiết lập, xây dựng và hiệu chỉnh mô hình thủy lực triều và sóng. Kết quả kiểm định mô hình cho thấy mô hình DLEFT3D dựa trên các bộ số liệu khảo sát đáng tin cậy, có độ chính xác, tin cậy cao phù hợp cho việc ứng dụng vào nghiên cứu dự báo, mô phỏng các quy luật diễn biến thủy động lực và biến đổi hình thái trong khu vực nghiên cứu. Nghiên cứu đã được tái hiện được bức tranh thủy động lực một cách sinh động và phân tích đầy đủ các tính chất và chế độ của khu vực khu vực Cửa Lở và khu vực lân cận. Dựa trên các kết quả phân tích các quá trình thủy động lực của khu vực Cửa Lở đã làm sáng tỏ các nguyên nhân và cơ chế chính dẫn đến quá trình biến đổi hình thái của khu vực Cửa Lở đã đưa ra trước đây.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được hỗ trợ bởi Chương trình hợp tác nghiên cứu song phương giữa Việt Nam và Nhật Bản, tên là “Nghiên cứu đề xuất các giải pháp chỉnh trị sông Trường Giang, huyện Núi Thành phục vụ phát triển bền vững kinh tế khu vực và vùng lân cận” (mã số: HNQT/SPĐP/16.19). Các tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ này.



Hình 13. Trường dòng chảy lũ từ sông Tam Kỳ qua Cửa Lở và truyền vào đầm An Hòa ra biển

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Booij, N., Ris, R. C., & Holthuijsen, L. H. (1999). *A third-generation wave model for coastal regions: 1. Model description and validation*. Journal of Geophysical Research: Oceans, 104(C4), 7649–7666. <https://doi.org/10.1029/98JC02622>
- Deltares. (2014). *Delft3D-WAVE: Simulation of short-crested waves with SWAN - User Manual*.
- Dien, D. C., Manh, D. V., Viet, N. T., The, N. N., & Dinh, N. V. (2018). *Calculation of wave characteristics in the South China Sea by SWAN model using NCEP re-analyzed wind field [Technical report]*.
- Duc Anh, N. Q., Dien, D. C., Tam, H. S., Viet, N. T., & Tanaka, H. (2020). *Numerical simulation of hydrodynamic and sediment transport at Cua Lo inlet, Quang Nam province, Vietnam*. Proceedings of the 8th International Conference on the Application of Physical Modelling in Coastal and Port Engineering and Science, 51–60.
- Duc Anh, N. Q., Tanaka, H., Tam, H. S., Tinh, N. X., Tung, T. T., & Viet, N. T. (2020). *Comprehensive Study of the Sand Spit Evolution at Tidal Inlets in the Central Coast of Vietnam*. Journal of Marine Science and Engineering, 8(9), 722. <https://doi.org/10.3390/jmse8090722>
- Duy, D. V., Tanaka, H., Mitobe, Y., Anh, N. Q. D., & Viet, N. T. (2018). *Sand Spit Elongation and Sediment Balance at Cua Lo Inlet in Central Vietnam*. Journal of Coastal Research, 81 (10081), 32–39. <https://doi.org/10.2112/SI81-005.1>
- Nikita, T., & Orio, J. (2020). *Long-term morphological evolution of Cua Lo inlet, Central Vietnam [Master Thesis]*. Lund University.
- Ris, R. C., Holthuijsen, L. H., & Booij, N. (1999). *A third-generation wave model for coastal regions, 1, Model description and validation (Vol. 104)*. American Geophysical Union.

Abstract:

STUDY ON HYDRODYNAMIC AND SEDIMENT TRANSPORT AT CUA LO INLET, QUANG NAM PROVINCE

In recent decades, morphological changes in Cua Lo, Quang Nam Province, Vietnam are taking place very seriously and adversely affect regional economic development activities. Based on satellite images analysis, the previous research has been carried out that the main causes of the elongation of up-drift sand spit which leads to the severe erosion of the south bank of the river mouth. However, a detailed understanding of wave - current interactions and their relation into the sand spit morphological changes in Cua Lo is still unclear. In this study, the numerical simulation (Delft 3D) is utilized to simulate the hydrodynamic regimes in response to sand spit elongation and their influence on the morphology of the inlets. As a result, the relationship between the hydrodynamic regime and morphological change process in Cua Lo Inlet have been clarified.

Keywords: Cua Lo River Mouth, river discharges, tidal currents, monsoon waves.

Ngày nhận bài: 29/4/2021

Ngày chấp nhận đăng: 18/5/2021