

Bài báo khoa học

Nghiên cứu ứng dụng ảnh Sentinel 2 đánh giá diễn biến đường bờ và biến đổi địa hình đáy biển khu vực cửa Nhật Lệ, Quảng Bình

Trần Thanh Tùng^{1*}, Trần Đăng Hùng²

¹ Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy Lợi; t.t.tung@tlu.edu.vn

² Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; danghung2261991@gmail.com

*Tác giả liên hệ: t.t.tung@tlu.edu.vn; Tel.: +84–913229895

Ban Biên tập nhận bài: 15/1/2023; Ngày phản biện xong: 24/2/2023; Ngày đăng bài: 25/2/2023

Tóm tắt: Hiện nay công tác đo đạc giám sát đường bờ, địa hình đáy biển còn gặp nhiều khó khăn do vấn đề kinh phí và khó thực hiện được thường xuyên. Công nghệ viễn thám với lợi thế về phạm vi bao phủ, thời gian xử lý, chi phí hợp lý sẽ là một công cụ hiệu quả để hỗ trợ giám sát các hoạt động này. Bài báo này trình bày kết quả giải đoán diễn biến đường bờ và biến đổi địa hình đáy biển tại khu vực cửa Nhật Lệ, tỉnh Quảng Bình sau trận lũ lịch sử tháng 10, năm 2020 bằng ảnh vệ tinh Sentinel 2. Tương quan giữa độ sâu giải đoán từ ảnh Sentinel 2 và độ sâu đo đạc đã được thiết lập theo phương pháp của Stumpf để giải đoán địa hình đáy biển vùng cửa Nhật Lệ trước và sau trận lũ lịch sử. Kết quả giải đoán cho thấy đường bờ và địa hình đáy biển vùng cửa Nhật Lệ có sự biến đổi lớn sau trận lũ lịch sử. Lạch chính chảy qua cửa Nhật Lệ đã bị xói sâu thêm hơn 3 m và xuất hiện 1 vùng bồi tụ khá lớn bên ngoài cửa. Các kết quả giải đoán trên là tài liệu quan trọng giúp phân tích biến đổi hình thái cửa Nhật Lệ, góp phần đề xuất giải pháp chỉnh trị, tăng cường khả năng thoát lũ cho cửa sông này trong tương lai.

Từ khóa: Cửa Nhật Lệ; Địa hình đáy biển ven bờ; Biến đổi đường bờ; Ảnh vệ tinh; Lũ lịch sử.

1. Mở đầu

Dữ liệu độ sâu là một thành phần quan trọng của khu vực biển vì một số hoạt động và cơ sở hạ tầng được thực hiện ở đáy và bề mặt biển. Tầm quan trọng của phép đo độ sâu càng lớn đối những khu vực có vùng nước nông, chẳng hạn như bến cảng. Theo truyền thống, các thiết bị được sử dụng để ước tính độ sâu là máy đo hồi âm (Máy đo hồi âm đơn tia hoặc đa tia) hoặc thiết bị LIDAR được lắp đặt trên các tàu được thiết kế đặc biệt có hình dạng cụ thể [1]. Những phương pháp này có kết quả đo đạc rất chính xác, tuy nhiên chúng cũng rất tốn thời gian và chi phí [2–3]. LIDAR với công nghệ bay quét chụp ảnh số là một phương pháp khác đã được triển khai để ước tính độ sâu có hiệu quả về chi phí so với trên tàu cung cấp phạm vi bao phủ khu vực cao nhanh hơn [4–6]. Trong những năm qua, nhiều nghiên cứu đã sử dụng một số hình ảnh vệ tinh quang học để trích xuất dữ liệu độ sâu. Các cảm biến đa phổ này cung cấp nhiều dải bước sóng có thể áp dụng cho các mô hình này, đặc biệt là các dải màu lục và lam có thể xuyên tới độ sâu 20 m dưới mặt biển trong điều kiện nước trong [7].

Tư liệu viễn thám với độ phân giải không gian trung bình, dữ liệu mở và cung cấp miễn phí đã thu hút được sự quan tâm lớn của các nhà nghiên cứu. Trong nhiều năm, các nghiên cứu khác nhau đã được thực hiện để ước tính độ sâu sử dụng các vệ tinh Landsat-7 ETM+ và Landsat-8 LDCM có độ phân giải trung bình (kích thước pixel 30 m). Các thuật toán phổ biến nhất được sử dụng trong các nghiên cứu này là log tuyến tính [8–9] và các mô hình phi

tuyến tính [10]. Chẳng hạn, thuật toán phi tuyến tính đã được áp dụng cho ảnh Landsat trong khu vực Biển Wadden của Hà Lan [11] với hệ số xác định (R^2) là 0,85 và sai số bình phương gốc (RMSE) 3,12 m; trên Đảo Thousand [12] với $R^2 = 0,90$ và RMSE = 0,86 m đối với độ sâu lên tới 10 m và tại khu vực ven biển Dakshina Kanada ở Ấn Độ, vịnh Kastela ở giữa biển Adriatic với R^2 là 0,90 [13].

Ở Việt Nam, các nghiên cứu đo sâu dựa trên tư liệu viễn thám vẫn còn khá mới mẻ, Phan Quốc Yên năm 2017 đã sử dụng ảnh vệ tinh Landsat 8 để ước tính độ sâu khu vực nước nông ven đảo Trường Sa lớn. Kết quả cho thấy rằng: độ sâu tối đa đạt được là 12m nước; hệ số tương quan của mô hình R^2 là 0,924; RMSE là 0,99 m [14]. [15] đã giải đoán địa hình đáy biển ven bờ khu vực cửa Tiên Châu tỉnh Phú Yên sử dụng ảnh vệ tinh Sentinel 2. Các kết quả giải đoán được so sánh với các số liệu khảo sát địa hình cùng thời kỳ cho kết quả rất tốt với hệ số tương quan giữa tỉ lệ suy giảm tín hiệu và độ sâu có giá trị $R^2 = 0,85$.

Bên cạnh việc đo sâu, đánh giá địa hình đáy, công tác theo dõi biến động đường bờ cũng rất quan trọng. Công nghệ theo dõi biến động đường bờ được áp dụng rộng rãi nhất trên thế giới hiện nay vẫn là sử dụng ảnh viễn thám đa thời gian kết hợp với hệ thống thông tin địa lý (GIS), đây là phương pháp hiệu quả cho việc theo dõi và tính toán các biến động đường bờ biển và cũng được áp dụng phổ biến ở Việt Nam. [16] đã sử dụng ảnh Landsat và Spot theo phương pháp chiết suất kênh 5 kết hợp với tỉ số ảnh giữa kênh 2 và 4, tỉ số ảnh giữa kênh 2 và 5 cùng dữ liệu địa hình để phân tích sự thay đổi của đường bờ biển. Mới đây, [17] trình bày tổng quan đánh giá về các phương pháp xử lý hình ảnh được sử dụng để giải đoán đường bờ sử dụng ảnh viễn thám. Nghiên cứu đã sử dụng ba phương pháp: phân ngưỡng, tổ hợp màu và tỉ lệ ảnh để giải đoán đường bờ biển bằng dữ liệu ảnh LANDSAT.

Tại Việt Nam, [18] đã số hóa trực tiếp đường bờ từ ảnh vệ tinh Landsat TM để đánh giá thực trạng xói lở bờ biển và suy thoái rừng phòng hộ khu vực Gò Công Đông, tỉnh Tiền Giang, sau đó chồng xếp để đánh giá biến động đường bờ. [19] đã sử dụng ảnh Landsat để xác định tốc độ xói lở, bồi tụ cho khu vực bờ biển mũi Cà Mau bằng phương pháp tỉ số ảnh do Alesheikh đề xuất [20] và công cụ DSAS.

Các nghiên cứu trên hầu hết đều sử dụng ảnh vệ tinh Landsat với độ phân giải ảnh không cao (30 m) dẫn tới kết quả giải đoán đường bờ, đáy biển sẽ có sai số lớn. Một tồn tại lớn nữa của các nghiên cứu trên là mới chỉ đánh giá được riêng lẻ biến động của bề mặt bờ biển hoặc địa hình đáy mà chưa đánh giá được tổng hợp, đầy đủ của cả 2 quá trình. Vậy nên cần thiết nghiên cứu phát triển 1 phương pháp để ứng dụng ảnh vệ tinh với độ phân giải cao hơn ảnh Landsat để đánh giá đồng thời đường bờ và địa hình đáy biển cho một khu vực sẽ có ý nghĩa thực tiễn lớn.

Cửa Nhật Lệ là cửa thoát lũ duy nhất của toàn bộ lưu vực sông Nhật Lệ, đồng thời vùng hạ lưu sông Nhật Lệ còn là thành phố du lịch biển lớn năng động với đông dân cư. Tháng 10 năm 2020, tỉnh Quảng Bình bị trận mưa lũ lớn, trong đó có trận lũ lịch sử trên lưu vực sông Nhật Lệ, diễn ra từ ngày 16/10 đến 21/10/2020. Vùng đồng bằng các huyện Lệ Thủy và Quảng Ninh trên lưu vực sông đều bị ngập úng sâu và kéo dài nhiều ngày.

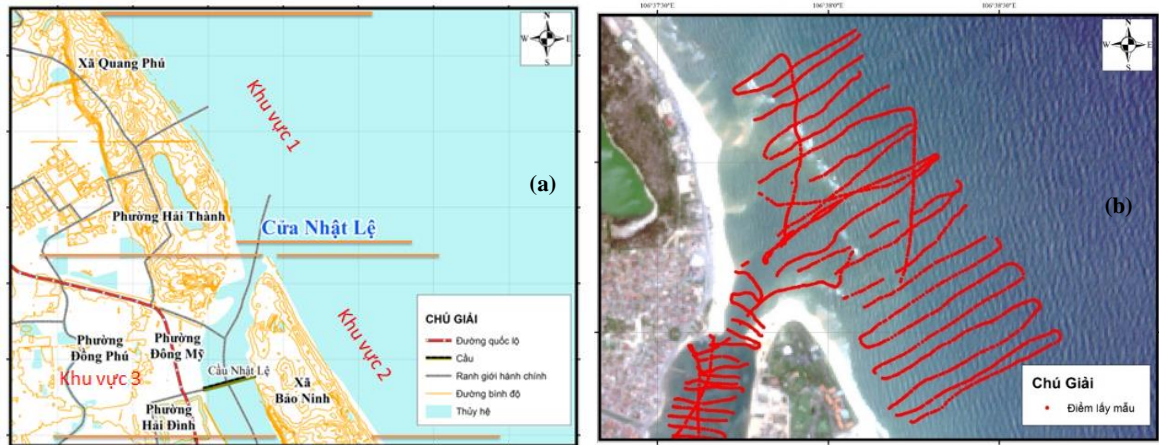
Để đánh giá được chi tiết ảnh hưởng của trận lũ lụt lịch sử tháng 10/2020 đến địa hình đáy và đường bờ cửa Nhật Lệ. Bài báo này sẽ sử dụng ảnh vệ tinh Sentinel 2 với độ phân giải không gian (10 m) và độ phân giải thời gian (5 ngày) tốt hơn nhiều so với ảnh vệ tinh LANDSAT để đánh giá biến động đường bờ, địa hình đáy biển khu vực cửa Nhật Lệ.

2. Phương pháp nghiên cứu và số liệu thu thập

2.1. Phạm vi và không gian nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu là vùng cửa biển Nhật Lệ, có tọa độ địa lý $17^{\circ}28' - 17^{\circ}30'$ độ vĩ bắc và $106^{\circ}36' - 106^{\circ}39'$ độ kinh đông (Hình 1a), là một trong những cửa biển có địa hình đáy biển biến đổi khá phức tạp và thường xuyên bị bồi tụ trong mùa hè và dịch chuyển, xói lở mạnh trong mùa mưa bão. Để đánh giá biến động bờ biển khu vực cửa Nhật Lệ, vùng nghiên

cứ được chia thành 3 khu vực nhỏ (Hình 1a). Khu vực 1 nằm ở phía bắc cửa Nhật Lệ, khu vực 2 nằm ở phía nam cửa, còn khu vực 3 nằm từ giữa cầu Nhật Lệ 1 và 2 ra đến cửa biển.



Hình 1. (a) Phạm vi địa lý khu vực nghiên cứu; (b) Các vị trí khảo sát, đo đạc thực tế tại cửa Nhật Lệ.

2.2. Dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu

2.2.1. Số liệu độ sâu đáy biển thực đo

Để phục vụ cho việc giải đoán địa hình đáy biển, nghiên cứu đã sử dụng bộ số liệu khảo sát địa hình đáy biển, đo đạc tháng 6/2021, với tỷ lệ 1/5000, đường đồng mức 2 m, địa hình cấp V do Trường Đại học Thủy lợi thực hiện trong khuôn khổ của nhiệm vụ khoa học công nghệ cấp Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn [21]. Phạm vi khảo sát địa hình đáy biển là từ cầu Quán Hàu ra đến ngoài cửa biển 2 km và mở rộng về 2 phía bắc và nam cửa mỗi bên 2 km. Nghiên cứu sẽ sử dụng số liệu của hơn 2000 điểm đo sâu tại khu vực bên ngoài cửa để hiệu chỉnh kết quả giải đoán địa hình từ ảnh viễn thám. Các điểm khảo sát địa hình đáy biển phía ngoài cửa Nhật Lệ, sử dụng trong nghiên cứu được trình bày (Hình 1b).

2.2.2. Số liệu ảnh vệ tinh

Dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu là dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel 2 với độ phân giải không gian 10m, độ phân giải thời gian 5 ngày với 12 kênh phổ. Hệ tọa độ sử dụng trong ảnh là UTM hệ chiếu WGS1984. Ảnh được download tại địa chỉ: <https://scihub.copernicus.eu/>.

Bảng 1. Dữ liệu ảnh thu thập phục vụ cho nghiên cứu.

STT	Tên ảnh	Đầu đo	Ngày nhận ảnh	Giờ nhận ảnh	Độ phân giải	Quỹ đạo
1	S2A_MSIL2A_20200724T031551_N0214_R118_T48QXE	2A	24/07/2020	10h15p	10m	118
2	S2A_MSIL2A_20210311T031541_N0214_R118_T48QXE	2A	11/03/2021	10h15p	10m	118
3	S2A_MSIL2A_20210619T031541_N0300_R118_T48QXE	2A	19/06/2021	10h15p	10m	118

Để giám sát biến động đường bờ và địa hình đáy biển khu vực ven bờ tại cửa Nhật Lệ, cần phải thu thập được ít nhất 2 ảnh vệ tinh Sentinel 2 trước và sau thời điểm xuất hiện trận lũ lịch sử tháng 10/2020. Nghiên cứu đã lựa chọn các ảnh có chất lượng tốt nhất, ít ảnh hưởng của mây và đại diện cho các thời điểm trước và sau khi xuất hiện lũ lịch sử, tương ứng vào tháng 7/2020 và tháng 3/2021. Ngoài ra, nghiên cứu cũng thu thập thêm 1 ảnh chụp vào ngày 19/6/2021, gần với thời gian tổ chức khảo sát địa hình đáy biển nhất (15/6/2021) để hiệu chỉnh bộ thông số giải đoán địa hình đáy biển.

Tất cả các quá trình chọn ảnh, lọc ảnh theo thời gian, không gian và độ mây che phủ để chọn được những ảnh có chất lượng tốt nhất phù hợp với thời gian nghiên cứu đều được thực hiện trên phần mềm GEE (Google Earth Engine là một nền tảng miễn phí cho phép phân tích không gian địa lý dựa trên điện toán đám mây). Thông tin về các ảnh Sentinel 2 được thu thập phục vụ cho nghiên cứu trình bày (Bảng 1).

2.2.3. Số liệu mức nước triều

Để đánh giá diễn biến đường bờ một cách chính xác, đường bờ giải đoán cần thiết phải được loại đi các tác động của thủy triều (nghiệm triều). Để phục vụ nghiệm triều, nghiên cứu đã thu thập số liệu mức nước triều giờ trạm Đồng Hới, Quảng Bình từ năm 2020 đến 2021. Chế độ thủy triều khu vực Quảng Bình là bán nhật triều không đều với chênh lệch độ lớn triều giữa hai lần nước lớn và nước ròng khá lớn. Độ lớn thủy triều vào kỳ triều cường đạt $1,2 \div 1,5$ m và kỳ triều kém khoảng $0,5 \div 0,6$ m.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Phương pháp giải đoán và phân tích diễn biến đường bờ

Nghiên cứu sử dụng ảnh Sentinel 2 ở mức 2A với các bước tiền xử lý ảnh bao gồm: tăng cường chất lượng ảnh, nắn chỉnh hình học, cắt ảnh. Mục đích của phương pháp này là để thu thập được ảnh vệ tinh với độ sắc nét và dễ dàng quan sát các đối tượng cần nghiên cứu hơn. Ảnh sau khi tiền xử lý sẽ được chiết tách đường bờ bằng phương pháp tính chỉ số mNDWI theo Hanqiu Xu [22] bằng tỷ số giữa kênh 3 (green–bước sóng xanh lá), kênh 8 (MIR– bước sóng hồng ngoại trung bình) đối với ảnh Sentinel 2.

$$mNDWI = \frac{(Green - MIR)}{(Green + MIR)} \quad (1)$$

Tỷ số giữa kênh 3, kênh 8 là nhỏ hơn 1 đối với bề mặt nước và lớn hơn 1 đối với đất ở khu vực ven biển.

Sau khi xác định được đường bờ, với mức triều tại mỗi thời điểm ảnh, với độ dốc trung bình trong khu vực khoảng 1/50 nghiên cứu tính toán được độ chênh giữa đường bờ thực tế so với đường bờ giải đoán từ ảnh vệ tinh (Bảng 2). Từ kết quả tính toán này, thực hiện tính toán trên bản đồ với mỗi đường bờ theo thời gian. Sau đó tính toán giá trị biến động bờ biển được thực hiện bằng DSAS, thông qua 1 mô đun mở rộng của ArcGis (Hình 2).

Bảng 2. Dữ liệu ảnh thu thập phục vụ cho nghiên cứu.

STT	Loại ảnh	Độ phân giải	Ngày nhận ảnh	Giờ nhận ảnh	Mức triều thời điểm ảnh	Khoảng cách qui về 0	Độ dốc 1/50	KC dịch chuyển tính theo độ dốc (m)
1	Sentinel 2	10	24/07/2020	10h15p am	-0,46	0,46	1,15	23
2	Sentinel 2	10	11/03/2021	10h15p am	-0,14	0,14	1,15	7,0
3	Sentinel 2	10	19/06/2021	10h15p am	0,21	-0,21	1,15	-10,5

2.3.2. Phương pháp giải đoán địa hình đáy biển ven bờ bằng ảnh vệ tinh đa phổ

a) Tiền xử lý ảnh

Để đánh giá biến động địa hình đáy biển khu vực cửa Nhật Lệ trước và sau trận lũ lịch sử tháng 10/2020, bài báo sẽ tiến hành xây dựng phương trình tương quan giữa dựa trên dữ liệu đo thực địa và ảnh vệ tinh tháng 6/2021, sau đó sẽ tiến hành áp dụng phương trình tương quan đó cho các thời điểm trước và sau lũ.

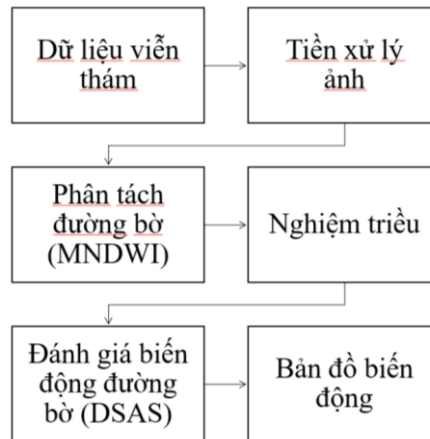
Quy trình thực hiện gồm các bước sau: 1) Tiền xử lý ảnh bao gồm: hiệu chỉnh độ phân giải không gian để tất cả kênh ảnh Sentinel 2 về cùng 1 độ phân giải 10 m; cắt ảnh theo khu vực nghiên cứu để tiết kiệm thời gian xử lý; Xác định ranh giới đất với nước trên ảnh để các

biến đổi địa hình trên cạn không ảnh hưởng đến kết quả xây dựng tương quan và cuối cùng là loại bỏ tác động của ánh sáng phản chiếu.

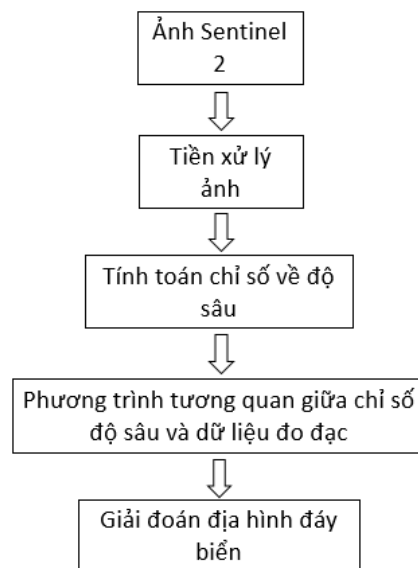
Trong nghiên cứu này sẽ sử dụng phương pháp loại bỏ do [22] mô tả mối quan hệ tuyến tính giữa NIR (bước sóng cận hồng ngoại) và các bước sóng nhìn thấy (*red, green, blue*) dựa trên mô hình hồi quy tuyến tính của một mẫu pixels ảnh. Công thức được miêu tả cho việc loại bỏ hiện tượng ánh sáng phản chiếu của ảnh quang học đa phổ là:

$$R'_i = R_i - b_i (R_{NIR} - Min_{NIR}) \quad (2)$$

Trong đó R'_i là pixel ảnh đã được loại bỏ hiện tượng ánh sáng phản chiếu tại kênh i ; R_i là giá trị pixel phản xạ từ kênh nhìn thấy i ; b_i là độ dốc hồi quy; R_{NIR} là giá trị pixel tại bước sóng cận hồng ngoại và Min_{NIR} là giá trị min của NIR tại tập hợp mẫu.



Hình 2. Quy trình giải đoán và phân tích diễn biến đường bờ.



Hình 3. Quy trình giải đoán địa hình đáy biển ven bờ.

b) Tính toán chỉ số độ sâu và lập tương quan chỉ số độ sâu với độ sâu thực đo

Để lấy dữ liệu đo độ sâu từ ảnh Sentinel 2 nghiên cứu sẽ áp dụng phương trình được phát triển bởi Stumpf [10] dựa trên nguyên tắc rằng mỗi bước sóng sẽ có mức hấp thụ khác nhau đối với nước và mức đa dạng này trên lý thuyết sẽ tạo ra tỉ lệ giữa các kênh phổ. Tỉ số này sẽ thay đổi khi độ sâu thay đổi. Mô hình tỉ số ước tính độ sâu thực tế của Stumpf theo công thức sau:

$$Z = m_1 \frac{\ln(nR_w(\lambda_i))}{\ln(nR_w(\lambda_j))} - m_0 \quad (3)$$

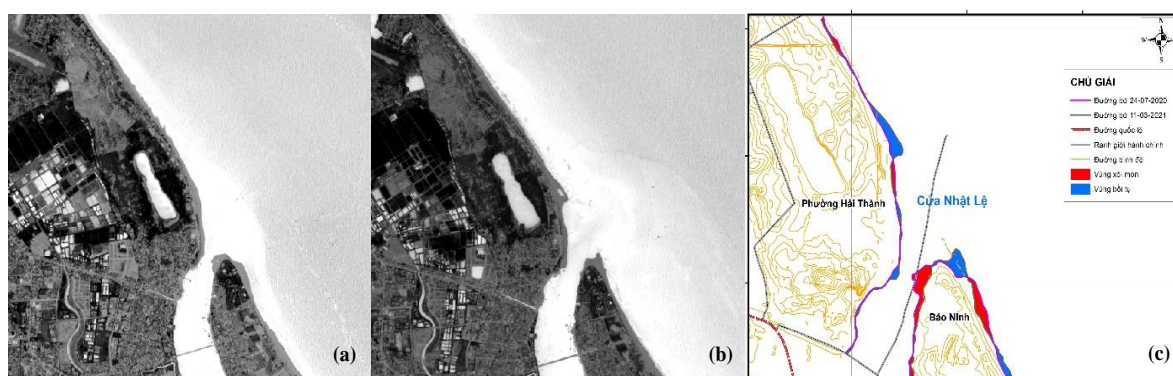
Trong đó Z là độ sâu ước tính (m); m_1 là hằng số có thể điều chỉnh được để chia tỉ lệ với độ sâu; n là hằng số cố định cho tất cả các khu vực; R_w là giá trị phản xạ của nước ở kênh i hoặc j ; M_0 là độ lệch tại độ sâu 0m. Giá trị cố định của n được chọn để đảm bảo rằng hàm lôgarit sẽ dương trong bất kỳ điều kiện nào và tỷ lệ sẽ tạo ra một phản ứng tuyến tính với độ sâu.

Sau khi tính toán được chỉ số độ sâu tiến hành phân tích, tìm mối tương quan giữa giá trị độ sâu thực đo và giá trị chỉ số độ sâu để tìm ra phương trình tương quan ước tính giá trị địa hình đáy biển dựa trên chỉ số về độ sâu tại khu vực nghiên cứu. Ứng dụng phương trình tương quan đó để xây dựng được bản đồ địa hình đáy biển trước và sau lũ 10/2020 tại cửa Nhật Lệ (Hình 3).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả giải đoán đường bờ và phân tích diễn biến đường bờ

Kết quả tính mNDWI cho khu vực nghiên cứu và đường bờ tương ứng trước và sau trận lũ (đã được hiệu chỉnh thủy triều) được thể hiện (Hình 4).



Hình 4. Kết quả giải đoán đường bờ: (a) mNDWI ngày 24/07/2020; (b) mNDWI ngày 11/03/2021; (c) Biến động đường bờ trước và sau lũ.

Kết quả đánh giá biến động bờ biển được thể hiện thông qua mức độ xói lở, bồi tụ và diện tích được thống kê chi tiết theo từng khu vực nghiên cứu được trình bày (Bảng 3). Theo đó khu vực 1 tức phía bờ Bắc của cửa Nhật Lệ xu thế Bồi tụ chiếm ưu thế (Diện tích bồi tụ là 2,77 ha so với xói lở là 1,39 ha). Bồi tụ tập trung chủ yếu và lớn nhất tại vị trí bãi biển Nhật Lệ với vị trí lớn nhất gần 98 m.

Bảng 3. Thống kê biến động đường bờ khu vực Cửa Nhật Lệ sau trận lũ 10/2020.

Đoạn	Xói lở (m)		Bồi tụ (m)		Diện tích (ha)	
	Lớn nhất	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Nhỏ nhất	Xói lở	Bồi tụ
Khu vực 1	39	2	98	3	1,39	2,77
Khu vực 2	84	7	149	3,8	2,1	3,33
Khu vực 3	137	6,3	49,7	1,7	3,24	0,88

Tại khu vực 2 tức bờ Nam cửa Nhật Lệ quá trình bồi, xói diễn ra xen kẽ (2,1 ha xói mòn và 3,33 ha bồi tụ). Khu vực cồn cát Bảo Ninh là khu vực diễn ra quá trình bồi tụ mạnh mẽ nhất với điểm bồi lớn nhất là 149 m. Vùng bị xói mạnh nhất là các dải cát khu vực Sunspa Resort, Bảo Ninh Sunrise với điểm xói nhiều nhất là gần 84 m.

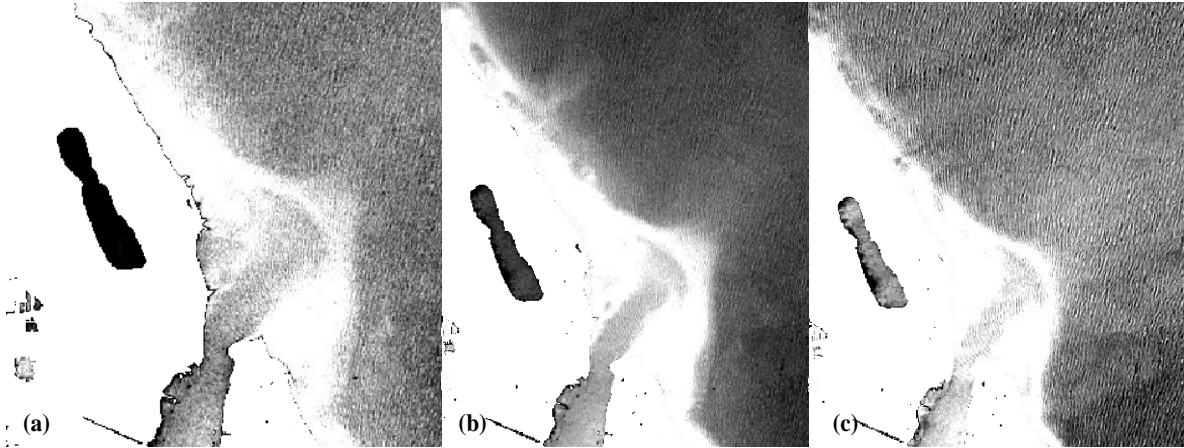
Khu vực 3, từ cầu Nhật Lệ ra đến cửa biển, quá trình xói chiếm ưu thế (diện tích xói là 3,24 ha so với diện tích bồi là 0,88 ha). Khu vực bị xói lở mạnh nhất là tại doi cát phía bờ nam cửa sông Nhật Lệ với chiều dài xói lở của doi cát là khoảng 137 m.

Từ các phân tích trên ta thấy rằng dưới ảnh hưởng của trận lũ tháng 10/2020, đường bờ khu vực cửa Nhật Lệ có sự biến động rất lớn. Trước khi xảy ra lũ, phía nam cửa Nhật Lệ có

1 doi cát lớn che chắn làm thu hẹp đáng kể chiều rộng cửa. Tuy nhiên, sau trận lũ lịch sử, doi cát bờ nam bị xói gần hết, không còn vết tích gì và cửa Nhật Lệ được mở rộng ra hơn 150 m so với trước đó. Bùn cát bị xói lở từ doi cát bờ nam, có thể được dòng chảy lũ đẩy ra ngoài cửa và tái phân bố lại ở các bãi biển lân cận dưới tác động của sóng.

3.2. Kết quả giải đoán địa hình đáy biển ven bờ và tính toán thể tích bồi/xói

Các kết quả tiền xử lý ảnh Sentinel 2 chụp ngày 19/6/2021 cho các kênh phổ từ dải sóng nhìn thấy được trình bày (Hình 5).

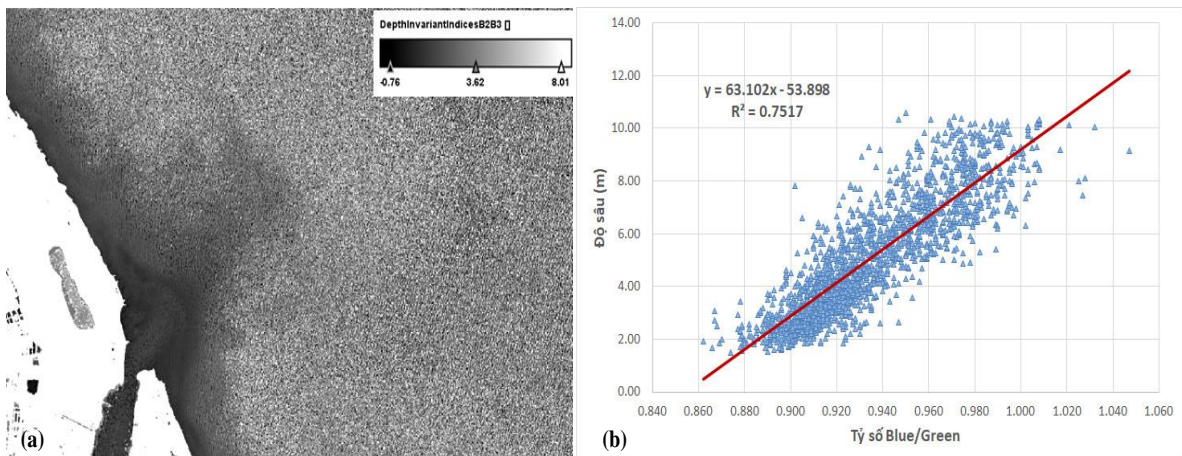


Hình 5. Kết quả ảnh sau tiền xử lý với các kênh nhìn thấy của Sent2 ngày 19/6/2021: (a) Kênh lam; (b) Kênh lục; (c) Kênh đỏ.

Kết quả tính toán chỉ số đo độ sâu được thể hiện (Hình 6a), tiếp theo lập phương trình tương quan giữa các giá trị thực đo (Hình 1b) và các giá trị dựa trên chỉ số độ sâu thực tế tương ứng vừa thu được ta được phương trình:

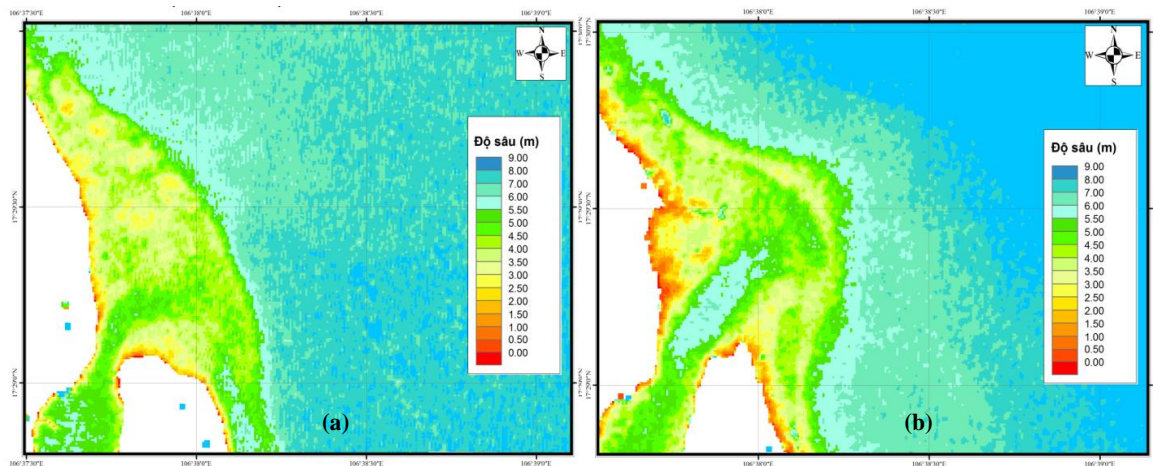
$$y = 63.102x - 53.898 \quad (4)$$

Trong đó y là độ sâu nước (m) và x là mức độ suy giảm tín hiệu (tỷ số giữa phổ màu Blue/Green). Hệ số tương quan của phương trình trên đạt 0,75 (Hình 6b) là phù hợp để mô phỏng giá trị độ sâu thực đo với giá trị chỉ số độ sâu dựa trên ảnh viễn thám Sentinel 2.



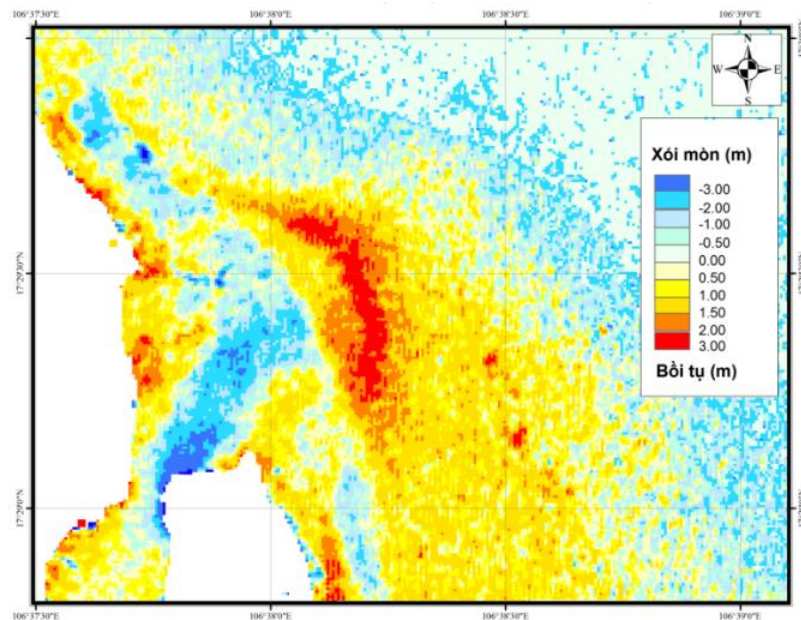
Hình 6. (a) Kết quả tính toán chỉ số độ sâu thực tế cho ảnh Sentinel 2 ngày 19/6/2021; (b) Phương trình tương quan giữa chỉ số độ sâu thực tế và dữ liệu đo đạc ngày 19/6/2021.

Áp dụng mô hình toán $y = 63.102x - 53.898$ cho các chỉ số độ sâu của các ảnh trước và sau lũ ta được sản phẩm giải đoán địa hình đáy biển (Hình 7).



Hình 7. Kết quả giải đoán địa hình đáy biển trước và sau lũ: (a) Trước lũ (Ngày 24/07/2020); (b) Sau lũ (Ngày 11/03/2021).

Chồng chập 2 bình đồ địa hình đáy biển giải đoán từ ảnh vệ tinh sentinel 2 trước và sau lũ ta được kết quả (Hình 8).



Hình 8. Diễn biến bồi xói đáy biển cửa Nhật Lệ trước và sau trận lũ tháng 10/2020.

Kết quả tính toán cho thấy sau trận lũ lịch sử tháng 10/2020, đáy biển khu vực cửa biển Nhật Lệ đã có biến động lớn. Khu vực bên ngoài các bãi triều có xu thế xói nhẹ hoặc không có biến đổi lớn. Bãi biển ở phía Bắc và Nam cửa Nhật Lệ đều có xu thế bồi nhẹ. Lạch chính chảy qua cửa Nhật Lệ có sự biến đổi rõ rệt sau lũ lịch sử. Dòng chảy lũ có xu thế xói sâu lạch chính thêm khoảng 3 m và phần xói sâu bị lệch về phía bờ nam. Bùn cát bị dòng chảy lũ đào xói từ lạch chính kết hợp với bùn cát từ thượng nguồn đã tạo thành 1 vùng bồi khá rộng phía ngoài cửa Nhật Lệ. Vùng bồi có dạng hình vành khăn với độ cao bồi lớn nhất lên tới 3 m. Vùng bồi có xu thế lệch phải và thoải dần về phía nam.

Chồng chập bình đồ địa hình khu vực cửa trước và sau trận lũ lịch ước tính được tổng diện tích xói tại khu vực cửa Nhật Lệ là khoảng 229 ha với thể tích xói tương ứng là khoảng 4,08 triệu m^3 tập trung chủ yếu ở khu vực lạch sâu giữa cửa và 2 lạch triều lên ở phía bắc và phía nam cửa. Tổng diện tích bồi tụ tại cửa Nhật Lệ ước tính khoảng 272 ha với thể tích bồi tụ tương ứng là 4,75 triệu m^3 tập trung chủ yếu ở khu vực cồn ngầm dạng hình vành khăn được bồi cao phía ngoài cửa Nhật Lệ và khu vực thềm cát phía bờ nam.

4. Kết luận và kiến nghị

Phương pháp tỉ lệ kênh ảnh tính chỉ số mNDWI, phương pháp xác định biến động sử dụng DSAS hoàn toàn phù hợp đối với giám sát phân tích biến động đường bờ cũng như mô hình tương quan giữa chỉ số đo độ sâu và dữ liệu độ sâu đo thực tế $y = 63.102x - 53.898$ có hệ số tương quan rất tốt $R^2 = 0,75$ có thể được áp dụng để giải đoán địa hình đáy biển các vùng cửa sông, ven biển đối với ảnh Sentinel 2.

Các nguồn ảnh vệ tinh thế hệ mới như Sentinel 2 với độ phân giải không gian (10m) và thời gian (5 ngày) cho thấy tính ưu việt so với các ảnh vệ tinh thế hệ cũ và tiềm năng trong giám sát biến động vị trí đường bờ biển cũng như giải đoán địa hình đáy biển vùng ven bờ, do vậy việc ứng dụng công nghệ viễn thám kết hợp GIS trong giám sát biến động vùng bờ cần được sớm triển khai trong thực tế.

Một nhược điểm của ảnh viễn thám quang học là bị ảnh hưởng bởi mây và thời tiết vậy nên trong nghiên cứu mới chỉ thu thập phục vụ nghiên cứu được 3 cảnh ảnh rõ nét dẫn đến những hạn chế trong xác định độ chính xác của kết quả phân tích đánh giá. Vậy nên cần thiết phải nghiên cứu ứng dụng kết hợp thêm với các ảnh viễn thám khác ví dụ như ảnh Radar sử dụng sóng điện từ không bị hạn chế bởi thời tiết đặc biệt là mây trong giám sát biến động và tài nguyên vùng bờ.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: T.T.T.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: T.T.T., T.D.H.; Xử lý số liệu: T.D.H.; Xây dựng bản đồ: T.D.H.; Phân tích kết quả: T.T.T., T.D.H.; Viết bản thảo bài báo: T.D.H., T.T.T.; Chỉnh sửa bài báo: T.T.T., T.D.H.

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. Kearns, T.A.; Breman, J. Bathymetry—the art and science of seafloor modeling for modern applications. *Ocean Globe* **2010**, 1–37. http://visualsoundings.org/wp-content/uploads/2017/02/ocean_globe.pdf.
2. McCaffrey, E.K. A review of the bathymetric swath survey system. *Int. Hydrographic Rev.* **1981**, 20–27. <https://journals.lib.unb.ca/index.php/ihr/article/view/23587/27360>.
3. Sánchez-Carnero, N.; Aceña, S.; Rodríguez-Pérez, D.; Couñago, E.; Fraile, P.; Freire, J. Fast and low-cost method for VBES bathymetry generation in coastal areas, *Estuar. Coast. Shelf. Sci.* **2012**, 114, 175–182. <https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2012.08.018>.
4. Irish, J.L.; Lillycrop, W.J. Scanning laser mapping of the coastal zone: the SHOALS system. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* **1999**, 54, 123–129. [https://doi.org/10.1016/S0924-2716\(99\)00003-9](https://doi.org/10.1016/S0924-2716(99)00003-9).
5. Muirhead, K.; Cracknell, A.P. Airborne lidar bathymetry. *Int. J. Remote Sens.* **1986**, 7, 597–614. <https://doi.org/10.1080/01431168608954714>.
6. Ogawa, H.; Oyakawa, K.; Kawai, K.; Ozawa, H.; Yajima, H.; Shirane, H.; Yamano, H.; Hirata, N.; Iwamoto, N.; Ono, T.; Tomizawa, S.; Matsumoto, Y.; Yamakawa, S. Airborne lidar bathymetry. *Int. Hydrographic Bureau* **2017**, 39–48. <https://journals.lib.unb.ca/index.php/ihr/article/view/26300/1882519053>.
7. Sutanto: Penginderaan Jauh Jilid, Gadjah Mada Press, Yogyakarta, 1992.
8. Lyzenga, D.R. Passive remote sensing techniques for mapping water depth and bottom features. *Appl. Opt.* **1978**, 17, 379–383. <https://doi.org/10.1364/AO.17.000379>.
9. Lyzenga, D.: Remote sensing of bottom reflectance and water attenuation parameters in shallow water using aircraft and Landsat data Remote sensing of bottom

- reflectance and water attenuation parameters in shallow water using air. *Int. J. Remote Sens.* **1980**, 2, 71–82. <https://doi.org/10.1080/01431168108948342>.
10. Stumpf, R.P.; Holderied, K.; Sinclair, M. Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types. *Limnol. Oceanogr.* **2003**, 48, 547–556.
11. Misra, A.; Vojinovic, Z.; Ramakrishnan, B.; Luijendijk, A.; Ranasinghe, R. Shallow water bathymetry mapping using Support Vector Machine (SVM) technique and multispectral imagery. *Int. J. Remote Sens.* **2018**, 39, 4431–4450. <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1421796>.
12. Pushparaj, J.; Hegde, A.V. Estimation of bathymetry along the coast of Mangaluru using Landsat-8 imagery. *Int. J. Ocean Clim. Syst.* **2017**, 8, 71–83. <https://doi.org/10.1177/1759313116679672>.
13. Setiawan, I.E.; Yuwono, D.M.; Siregar, V.P.; Pramono, G.H. The Study of Sea Bottom Morphology and Bathymetric Mapping Using Worldview-2 Imagery. *Seminar Proceeding*, 2013, 143–149.
14. Yên, P.Q.; Hoài, Đ.K.; Hoa, Đ.T.B. Nghiên cứu thành lập bản đồ độ sâu đáy biển vùng nước nông khu vực Trường Sa Lớn bằng kỹ thuật đo sâu viễn thám. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* **2017**, 33(4), 63–73.
15. Tùng, T.T.; Điền, D.C. Giải đoán bãi ngập triều bằng ảnh Sentinel 2, áp dụng cho khu vực cửa Tiên Châu tỉnh Phú Yên. Tuyển tập hội nghị khoa học thường niên năm 2020, 2020. ISBN:978-604-82-3869-8.
16. Li, X.; Michiel, Damen, M.C.J. Coastline change detection with satellite remote sensing for environmental management of the Pearl River Estuary, China. *J. Mar. Syst.* **2010**, 82, 54–61. Doi:10.1061/j.jmarsys.2010.02.00.
17. Toure, S.; Diop, O.; Kplama, K.; Maiga, A.S. Shoreline Detection using Optical Remote Sensing: A review. *Int. J. Geo Inf.* **2019**, 8–75. Doi:10.3390/ijgi8020075.
18. Khang, N.D.; Hùng, L.M. Thực trạng xói lở bờ biển, suy thoái rừng phòng hộ và xu thế diễn biến đường bờ khu vực ven biển Gò Công Đông, tỉnh Tiền Giang. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy Lợi*, 2012.
19. Tinh, T.V.; Phong, D.H. Sử dụng ảnh viễn thám và GIS nghiên cứu biến động đường bờ biển mũi Cà Mau. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2017**, 684, 35–40.
20. Alesheikh, A.A.; Ghorbanali, A. Coastline change detection using remote sensing. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* **2007**, 4, 61–66. Doi:10.1007/BF03325962.
21. Báo cáo khảo sát địa hình cửa Nhật Lệ. Đề tài cấp Bộ Nông nghiệp và PTNT “Đánh giá nguyên nhân gây ngập lụt kéo dài do lũ và định hướng giải pháp thoát lũ cho vùng Lệ Thủy, Quảng Ninh, tỉnh Quảng Bình”. Đại học Thủy lợi, Hà Nội, 2021.
22. Xu, H. Modification of Normalized Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. *Int. J. Remote Sens.* **2006**, 3025–3033.
23. Hedley, J.D.; Harborne, A.R.; Mumby, P.J. Simple and robust removal of sun glint for mapping shallow-water benthos. *Int. J. Remote Sens.* **2005**, 26(10), 2107–2112.

A study on using Sentinel 2 imagery to analyse shoreline change and nearshore topography evolution in the Nhat Le estuary, Quang Binh province

Tran Thanh Tung¹, Tran Dang Hung²

¹ ThuyLoi University; t.t.tung@tlu.edu.vn

² VietNam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change; danghung2261991@gmail.com

Abstract: Currently, surveying and monitoring of the shoreline and nearshore topography has numerous challenges due to funding constraints and is difficult to carry out on a regular basis. Remote sensing technology with the advantages of coverage, processing time, and reasonable cost will be an effective tool to support monitoring these activities. This article uses Sentinel 2 satellite imagery to estimate shoreline changes and seabed topography evolution at the Nhat Le estuary in Quang Binh province post the historic flood in October 2020. The correlation between depth of interpretation from satellite imagery and measurement depth was established using Stumpf's method to interpret the nearshore topography of Nhat Le estuary before and after the historical flood. The results showed that the Nhat Le estuary's shoreline and nearshore topography significantly changed after the historical flood. The main access channel of the Nhat Le estuary has been eroded by more than 3 m, and a reasonably large accretion zone has formed just outside the estuary. The above results are an essential document to help analyze the morphological evolution of the Nhat Le estuary, contributing to proposing solutions and enhancing the flood discharge capacity for the estuary.

Keywords: Nhat Le estuary; Nearshore topography; Shoreline; Satellite images; Historical flood.