TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Xây dựng công cụ phân tích biến động hình thái vùng cửa sông sử dụng ảnh Landsat: Áp dụng thí điểm Cửa Đại trên sông Trà Khúc

Lê Thiên Bảo[1], Trần Văn Bắc[1], Nguyễn Trọng Nhân[1]*

[1] Đại Học Tài Nguyên và Môi Trường Thành Phố Hồ Chí Minh; ltbao@hcmunre.edu.vn; tvbac@hcmunre.edu.vn; ntnhan@hcmunre.edu.vn

*Tác giả liên hệ: ntnhan@hcmunre.edu.vn; Tel.: +84–353164470

Ban biên tập nhận bài: 26/6/2024; Ngày phản biện xong: 5/8/2024; Ngày đăng bài: 25/1/2025

Tóm tắt: Dưới tác động của biến đổi khí hậu trong những năm qua đã làm biến đổi hình thái cửa sông như sự dịch chuyển vị trí cửa sông bởi quá trình sạt lở và bồi tụ, điển hình tại Cửa Đại sông Trà Khúc tỉnh Quảng Ngãi. Để theo dõi diễn biến đó, nghiên cứu thực hiện xây dựng công cụ có khả năng phân tách mặt nước và xác định vùng sạt lở, bồi tụ tại cửa sông bằng chuỗi ảnh Landsat từ những năm 1988 đến năm 2024 với sự hỗ trợ của ngôn ngữ lập trình Python và phần mềm ArcGIS Pro. Kết quả thực nghiệm cho thấy công cụ được xây dựng giúp xử lý tự động và nhanh chóng trong công tác xử lý, phân tích chiết tách mặt nước và đánh giá biến động (sạt lở, bồi tụ) hình thái cửa sông. Điển hình áp dụng tại Cửa Đại sông Trà Khúc cho thấy hình thái cửa sông thay đổi phức tạp bị thu hẹp dần trong giai đoạn 2001-2010 và đỉnh điểm vào năm 2005 với độ rộng còn 112,6 m do sự dịch chuyển cửa sông bởi quá trình bồi tụ hai bên bờ. Nhưng bắt đầu thời điểm 2016 cửa sông có dấu hiệu mở rộng và tiếp diễn qua các thời điểm còn lại với cửa sông rộng nhất vào thời điểm 2024 đạt 976,7 m do xuất hiện quá trình sạt lở bởi công tác nạo vét luồng trên sông và tác động của dòng chảy vào mùa lũ. Bên cạnh đó, hình thái cửa sông còn được thể hiện qua sự biến đổi mặt cắt tại bờ trong và bờ ngoài Cửa Đại với giá trị biến động dương có nghĩa cửa sông được bồi tụ và ngược lại giá trị biến động âm là bờ bị sạt lở. Qua đó cho thấy công cụ được xây dựng khá hiệu quả trong công tác theo dõi hình thái cửa sông và làm tiền đề để giám sát nhanh chóng, liên lục diễn biến sạt lở, bồi tụ tại các khu vực ven biển bằng tư liệu ảnh viễn thám.

Từ khóa: ArcGIS Pro; Công cụ; Diễn biến; Hình thái; Landsat.

1. Đặt vấn đề

Diễn biến hình thái vùng cửa sông là một hiện tượng tự nhiên xảy ra khá phức tạp có sự biến đổi về cấu trúc, hình dạng, kích thước, vị trí, độ cao địa hình và động lực tại vùng tiếp giáp môi trường sông và biển dưới tác động của các yếu tố tự nhiên cũng như tác động của con người [1]. Về khía cạnh địa mạo của môi trường ven biển thường bị ảnh hưởng bởi sự thay đổi mặt nước biển, quá trình trầm tích, sự tiến triển của kiến tạo địa hình, cường độ dòng chảy, lưu lượng sông, thuỷ triều và cường độ sóng [2]. Sự biến đổi hình thái vùng cửa sông liên quan đến sự chuyển động kiến tạo của các dạng địa hình có gây ra tác động theo chiều hướng tiêu cực lẫn tích cực đến môi trường sinh thái và phát triển kinh tế địa phương, cụ thể quá trình xói lở làm giảm diện tích đất tự nhiên, sự bồi lắng hình thành các cù lao, dòi cát, bãi bồi dọc theo ven sông, ven biển hay sự dịch chuyển vị trí của cửa sông theo từng chu kỳ khác nhau [1, 2]. Chính vì vậy, để kịp thời đưa ra cảnh báo ngăn chặn hiện tượng thay đổi

hình thái tại cửa sông, cần có biện pháp giám sát thường xuyên quá trình sạt lở và bồi tụ. Vấn đề này được xem là một trong nhưng mối quan tâm cấp bách trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

Đã có nhiều nhà khoa học ngoài nước tiếp cận nghiên cứu diễn biến hình thái vùng cửa sông bằng nhiều cách khác nhau [3–6] như đánh giá sự khác biệt bề mặt địa hình thông qua đường đồng mức của mô hình số độ cao DEM (*Digital Elevation Model*) được áp dụng để theo dõi sự thay đổi hình thái các đoạn sông tại cửa sông Min nằm ở phía Đông Nam, Trung Quốc [3]. Mô hình số độ cao DEM còn được sử dụng để xác định đối với đường bờ biển ngoằn nghèo kết hợp với mô hình suy luận biệt số hình thái học (*PMD-Profile Morphology Discriminant Inferential*) để xác định đối với đường bờ biển thẳng nhằm ước tính độ dốc trung bình của địa hình bãi bờ ven biển đã đem lại độ tin cậy khá cao trong việc phân tầng các đường bờ biển khi theo dõi hình thái cửa sông Sheyang, Liangduo, cảng Lianxing tại tỉnh Giang Tô, Trung Quốc [4]. Bên cạnh đó, phương pháp phân tích dữ liệu, số liệu quan trắc tự động hoặc bán tự động các yếu tố liên quan ảnh hưởng đến biến đổi hình thái vùng cửa sông như thông qua khảo sát dữ liệu độ sâu, nồng độ trầm tích lơ lửng (*SSC-Suspended Sediment Concentrations*), mực nước, lưu lượng nước, dòng triều nhằm phân tích hình thái và động lực học của SSC tại cửa sông Mocajuba bờ biển Amazon, Brazil [2]. Mặc dù phản ánh khá chính xác diễn biến hình thái cửa sông ven biển bằng bề mặt địa hình tự nhiên, các yếu tố liên quan khác nhưng việc thu thập dữ liệu thực địa trên diện rộng tốn nhiều chi phí và không hiệu quả đối với khu vực thường xuyên bị biến động do tác động của biến đổi khí hậu hay tác động của con người. Ngoài ra, hình thái ven biển được giám sát liên tục thông qua chuỗi ảnh vệ tinh kết hợp GIS hỗ trợ xác định hiện tượng xói mòn và bồi tụ tại cửa biển nói chung và đường bờ ven biển nói riêng. Điển hình tại cửa sông Meghna của đảo Bhola, Bangladesh đã phân ngưỡng tách mặt nước hiệu quả trên chuỗi ảnh vệ tinh khi sử dụng chỉ số MNDWI (*Modified Normalized Difference Water Index*), đồng thời hình thái ven biển được phân tích đánh giá theo 2 cách phổ biến như sau: một là dựa vào sự thay đổi đường bờ thông qua chiều dài, diện tích bờ biển và hai là sự thay đổi của các loại đường bờ biển như xói mòn và bồi tụ [5]. Sự tiến triển hình thái của cửa sông Swarna của bờ biển phía Bắc, India được phân tích bằng tích hợp kết quả khảo sát thực địa dữ liệu địa hình, ảnh vệ tinh và mô hình thuỷ động lực được xây dựng thông qua mô hình hoá và mô hình dòng chảy giúp phát hiện thay đổi hình thái [6]. Để đánh giá động lực học đường bờ sông, ven biển có thể sử dụng hệ thống phân tích đường bờ kỹ thuật số (*DSAS-Digital Shoreline Analysis System*) nhằm mô tả chuyển động đường bờ biển với các mức độ xói mòn và bồi tụ khác nhau và tính được tốc độ thay đổi đường bờ thông qua các phương pháp thống kê như điểm đầu - cuối (*EPR-End-Point Rate*), tốc độ trung bình (*AOR - Average Of Rate*), hồi quy tuyến tính (*LR - Linear Regression*), trọng số hồi quy tuyến tính (*WLR-Weighted Linear Regression*), chuyển động ròng của đường bờ biển (*NSM - Net Shoreline Movement*), thay đổi đường bao của đường bờ biển (*SCE-Shoreline Change Envelope*),…[7, 8]. Nghiên cứu tại đường bờ sông Orashi, Nigeria đã khảo sát các phương pháp thống kê trên cho thấy phương pháp trọng số hồi quy tuyến tính WLR và NSM giúp phản ánh tốt xu hướng xói mòn và nhấn mạnh những chuyển dịch kiến tạo [7]. Nghiên cứu khác sử dụng NSM và SCE khá hiệu quả khi thể hiện rõ sự mở rộng của bờ biển và xói mòn tại vùng biển Kelantan, Malaysia [8]. Tuy nhiên việc lựa chọn phương pháp thống kê thích hợp còn gặp khó khăn và phụ thuộc nhiều vào chất lượng và số lượng đường bờ.

Ở Việt Nam, hình thái các con sông từ Bắc vào Nam thường xuyên bị thay đổi dưới tác động của biến đổi khí hậu [9]. Điển hình, sự biến đổi lớn tại cửa sông Cửa Đại về đặc điểm hình thái do sự dịch chuyển vị trí cửa sông theo chu kỳ từ những năm 1973 đến 2016 [10, 11]. Tuy nhiên, trong bối cảnh biến đổi khí hậu xảy ra hiện tượng mực nước biển dâng cao hay bão lũ xuất hiện với cường độ mạnh hơn và kéo dài vào mùa mưa qua các năm 2017, 2020, 2023 [12] đã tác động trực tiếp đến lưu lượng nước cũng như tốc độ dòng chảy [13] đổ ra biển và gián tiếp tác động đến hình thái sông gây ra vấn đề nghiêm trọng đến đời sống của người dân, giao thông đường thuỷ và tài nguyên nguồn nước. Để phân tích hình thái cửa sông

này, nghiên cứu [10] đã xây dựng mặt cắt ngang và dọc dựa vào dữ liệu địa hình với các đường đồng mức cho thấy hình dạng tại Cửa Đại có sự thay đổi rõ nét do tác động của dòng chảy trước và sau khi lũ xảy ra vào năm 2005. Mặc dù, dữ liệu đo đạc địa hình qua các thời điểm khác nhau giúp ích trong việc tính toán sự chênh lệch về địa hình thông qua mô hình DEM cũng hỗ trợ đánh giá diễn biến bồi tụ và xói lở vùng cửa sông Đà Nông [14] nhưng không khả thi trong công tác thu thập dữ liệu độ cao vì tốn nhiều thời gian và không phù hợp với khu vực thường biến động theo mùa. Thông qua hình ảnh sông Trà Khúc trên ảnh vệ tinh Landsat để xác định sự dịch chuyển Cửa Đại và Cửa Lở chưa đảm đảo độ chính xác về mặt không gian nhưng nghiên cứu [11] đã xây dựng được mặt cắt ngang thể hiện vị trí đường bờ cho thấy bờ phía Bắc, Cửa Đại bị xói mòn và bồi đắp xen nhau từ năm 1973 đến 2016 [11]. Bên cạnh đó, hệ thống phân tích đường bờ kỹ thuật số DSAS cũng được sử dụng khá hiệu quả trong tính toán tốc độ thay đổi đường bờ nhưng cần khảo sát nhiều phương pháp thống kê để đưa ra phương pháp tối ưu nhất [15]. Tuy nhiên, để phân tích hình thái sông đem lại kết quả tốt, cần đảm bảo độ tin cậy trong quá trình chiết tách mặt nước trên ảnh vệ tinh. Có nhiều phương pháp tách nước như sử dụng chỉ số NDWI (*Normalized Difference Water Index*) trên ảnh Landsat để phân tích diễn biến tình hình sạt lở ven bờ sông Tiền và sông Hậu tỉnh An Giang, Đồng Tháp giai đoạn 1989-2017 [16]. Một số nghiên cứu [17–19] sử dụng ảnh tỷ số Green/SWIR hoặc Green/NIR khá hiệu quả trong tách mặt nước trên ảnh quang học khi giá trị của ảnh tỷ số lớn hơn 1. Đối với ảnh radar sử dụng phương pháp OTSU có khả năng phân ngưỡng tự động chiết tách mặt nước nhưng vẫn còn tồn tại hạn chế với hiện tượng muối tiêu [20, 21], mặt khác phân tích biến động bằng phương pháp chồng lớp bề mặt nước tại hai thời điểm thông qua sự thay đổi về vị trí, hình dạng, diện tích nhằm xác định sự xuất hiện của quá trình xói lở và bồi tụ tại khu vực nghiên cứu [20, 21].

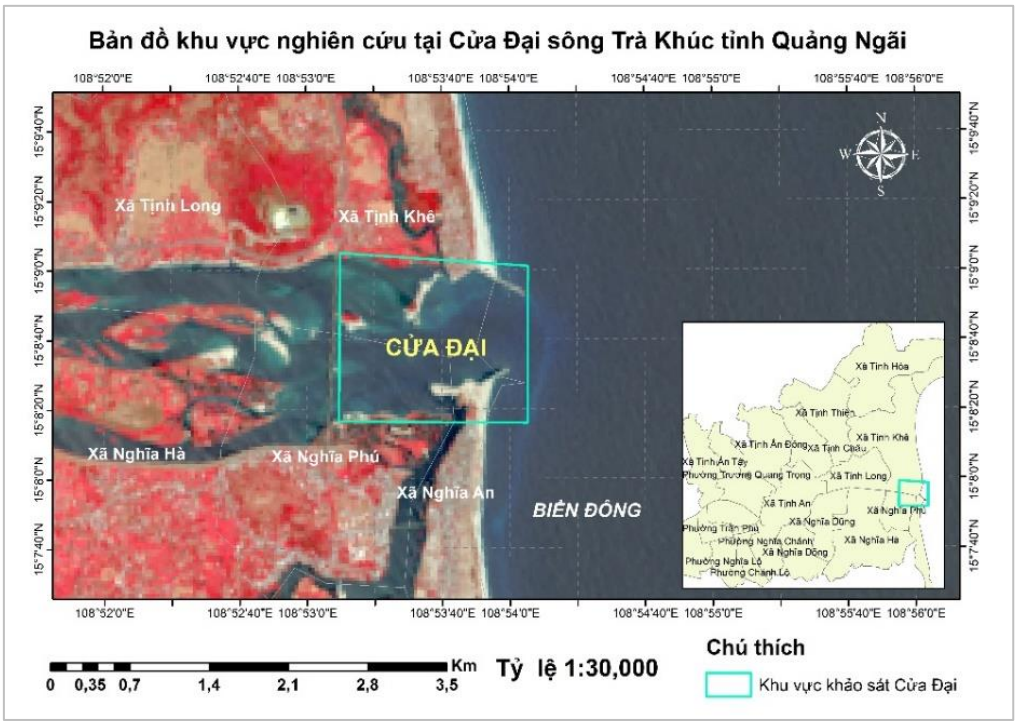
Căn cứ vào các cơ sở phân tích trên, các phương pháp được sử dụng khá hiệu quả nhưng thực hiện chưa nhanh chóng với nhiều bước phân tích đánh giá, do đó để giám sát nhanh chóng diễn biến hình thái cửa sông, nghiên cứu này đề xuất xây dựng công cụ tự động có khả năng phân tích biến động sự thay đổi hình thái cửa sông trên chuỗi ảnh vệ tinh bằng ứng dụng GIS. Công cụ của nghiên cứu đề xuất được xem là tính mới giúp tự động quy trình thực hiện, rút ngắn thời gian xử lý, chiết tách mặt nước và phân tích biến động theo dõi hình thái cửa sông. Tuy nhiên, còn hạn chế về mặt phương pháp, nghiên cứu đã kế thừa phương pháp ảnh tỷ số Green/SWIR với giá trị ngưỡng mặt nước lớn hơn 1 là một kỹ thuật phân ngưỡng đơn giản nhưng hiệu quả khi tách mặt nước với đất liền trên ảnh vệ tinh [17–19], đồng thời phân tích chồng lớp tại 2 thời điểm để xác định biến động sạt lở hay bồi tụ ở cửa sông. Vì thế, nghiên cứu tiến hành thực nghiệm tại cửa sông Cửa Đại của sông Trà Khúc qua 9 thời điểm từ những năm 1988 đến 2024. Mặt khác, để đảm bảo tính xuyên suốt về mặt thời gian giám sát trong năm quá khứ với những năm gần đây và đảm bảo tính đồng nhất về độ phân giải không gian, chính vì vậy, nghiên cứu sử dụng chuỗi ảnh quang học Landsat có độ phân giải 30 m thay vì ảnh Sentinel 2 độ phân giải cao hơn. Bên cạnh mục tiêu cụ thể xây dựng công cụ tự động trên phần mềm ArcGIS Pro bằng ngôn ngữ lập trình Python, nghiên cứu còn xây dựng biểu đồ biến đổi một số mặt cắt đánh giá diễn biến hình thái biến động cửa sông để có cái nhìn bao quát về sự thay đổi hình thái cửa sông Cửa Đại, sông Trà Khúc tỉnh Quảng Ngãi giai đoạn 1988-2024.

2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Sông Trà Khúc là một trong những con sông lớn của khu vực miền Trung, được bắt nguồn từ vùng núi cao thuộc dãy Trường Sơn Nam của tỉnh Kon Tum, chảy theo hướng Tây Nam - Đông Bắc, khi đến Tịnh Giang chuyển hướng sang Tây Bắc - Đông Nam, cuối cùng chảy qua tỉnh Quảng Ngãi và đổ ra biển Đông thông qua cửa sông Cửa Đại [10, 11]. Vị trí địa lý của sông nằm tại toạ độ 14^{o}30-15^{o}20 vĩ độ Bắc và 180^{o}07-109^{o}00 kinh độ Bắc (Hình

1), sông có chiều dài 135 km với diện tích lưu vực là 3.240km^2 được hình thành bởi hợp lưu của 3 sông lớn gồm sông Rhe, sông Đăk SeeLô và sông Đăk Đrinh [12]. Lưu vực sông Trà Khúc có địa hình phức tạp thấp dần từ Tây sang Đông do địa hình đồi núi dốc và xen kẽ địa hình đồng bằng đã phần nào chi phối dòng chảy và lưu lượng nước tác động đến hình thái của sông như tạo ra dòng chảy xiết mang một lượng bùn cát chảy về khu vực hạ lưu vào mùa mưa gây lũ lụt kéo dài trên diện rộng với 3-5 m [13]. Trong những năm qua có 3 trận lũ lớn nhất vào năm 2013, 2017, 2020 đã gây thiệt hại nặng nề cho vùng hạ du ảnh hưởng đến sản xuất nhưng vào mùa khô lại gây hạn hán, cản trở lưu thông đường thuỷ bởi dòng chảy cạn kiệt [13] với lưu lượng trung bình nhỏ hơn 100 m^3/s góp phần hình thành các dòi cát do quá trình bồi lắng xảy ra trên sông thuận lợi cho việc mở rộng diện tích đất tự nhiên cho địa phương phát triển xây dựng công trình. Tuy nhiên, các doi cát ở cửa biển được mở rộng và kéo dài dọc đường bờ theo hướng của dòng triều mang theo một lượng bùn cát vận chuyển đưa vào cửa sông, do đó cửa sông Cửa Đại ngày càng thị thu hẹp và nông dần vào những 2005 [10]. Nhưng cửa sông có dấu hiệu được mở rộng thông qua ảnh vệ tinh Landsat thời điểm 2015 [11]. Qua đó cho thấy hình thái cửa sông Cửa Đại trên sông Trà Khúc diễn ra bất thường, chính vì vậy cần theo dõi thường xuyên sự thay đổi bề mặt nước của sông để kịp thời đưa ra cảnh báo phòng chống sạt lở trong bối cảnh biến đổi khí hậu hiện nay.



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu.

2.2. Dữ liệu thực hiện

Để theo dõi biến động hình thái cửa sông Cửa Đại tại hạ lưu sông Trà Khúc một cách bao quát theo chuyển biến của thời gian và không gian, đồng thời dưới tác động của biến đổi khí hậu, bão lũ liên miên kéo dài trong những năm 1999, 2009, 2010, 2011, 2013, 2020, 2023 [10, 13] đã để lại ảnh hưởng tiêu cực đến hình thái sông. Do đó, nghiên cứu đã sử dụng chuỗi ảnh vệ tinh Landsat 5,8,9 (trừ Landsat 7 do ảnh bị sọc và mất dòng không đảm bảo độ chính xác trong quá trình phân loại ảnh) với 9 thời điểm từ những năm 1988 đến năm 2024 (Bảng 1) có mức xử lý level 2 chứa hệ số phản xạ bề mặt đã được hiệu chỉnh khí quyển giúp tăng độ tương phản cho ảnh. Thời điểm ảnh được thu thập vào mùa khô lúc thuỷ triều lên nhằm đảm bảo tính ổn định của đường bờ sông theo mép nước cực đại của bề mặt nước [20]. Mặt khác, dòng triều lên dựa vào sắc màu tối đen của mặt nước so với các đối tượng khác được thể hiện rõ nét qua các kênh trong dải hồng ngoại do nước có bị hấp thụ hoàn toàn và mặt

nước bao phủ hết tất cả các doi cát, bãi bồi có địa hình thấp hơn. Các ảnh được tải miễn phí trên trang USGS (*United States Geological Survey*) có chất lượng tốt với độ phủ mây dưới 5%.

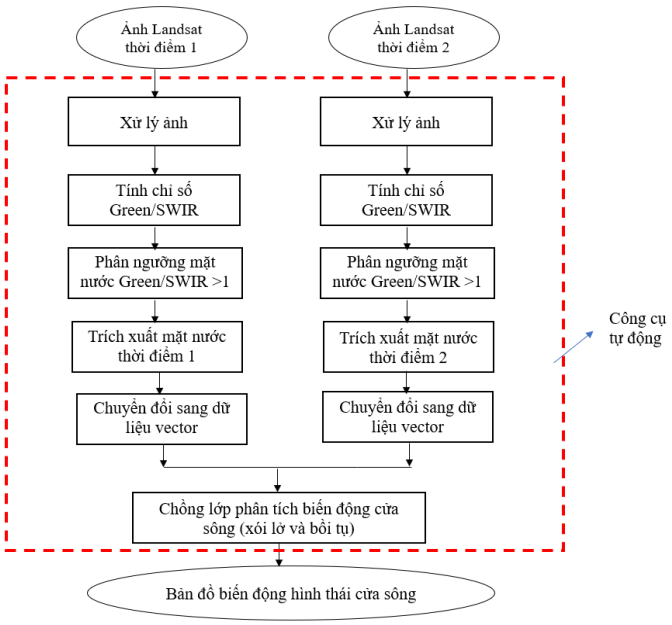
Bảng 1. Thông tin thu thập ảnh vệ tinh.

Thời gian	ID ảnh	Loại vệ tinh	Độ phân giải
07/01/1988	LT05_L2SP_124049_19880107_20200917_02_T1	Landsat 5	30m
17/03/1996	LT05_L2SP_124049_19960317_20200911_02_T1	Landsat 5	30m
26/01/2001	LT05_L2SP_124049_20010126_20200906_02_T1	Landsat 5	30m
10/03/2005	LT05_L1TP_124049_20050310_20200902_02_T1	Landsat 5	30m
04/02/2010	LT05_L2SP_124050_20100204_20200825_02_T1	Landsat 5	30m
06/03/2015	LC08_L1TP_124049_20150306_20200909_02_T1	Landsat 8	30m
19/03/2020	LC08_L2SP_124049_20200319_20200822_02_T1	Landsat 8	30m
15/01/2023	LC09_L2SP_124050_20230115_20230313_02_T1	Landsat 9	30m
06/03/2024	LC09_L2SP_124049_20240306_20240309_02_T1	Landsat 9	30m

2.3. Phương pháp thực hiện

Sự chuyển biến hình thái cửa sông Cửa Đại của sông Trà Khúc được thể hiện qua chuỗi ảnh Landsat với 9 thời điểm từ năm 1988 đến 2024, tuy nhiên, để xử lý phân tích và phân định vùng mặt nước nhằm xác định vùng sạt lở, bồi tụ trên ảnh vệ tinh bằng các phần mềm chuyên xử lý ảnh như ENVI, ERDAS hay QGIS,… còn gặp hạn chế về mặt thời gian. Do đó, để theo dõi diễn biến hình thái cửa sông Cửa Đại một cách nhanh chóng, nghiên cứu tiến hành xây dựng công cụ tự động xử lý cắt ảnh theo ranh giới thực nghiệm, chiết tách mặt nước trên ảnh vệ tinh và xác định nhanh chóng vùng sạt lở và bồi tụ qua các bước trong sơ đồ hình 2 bằng ngôn ngữ lập trình Python chạy trên phần mềm ArcGIS Pro là một ứng dụng GIS Desktop của ESRI được cải tiến chức năng trực quan hoá, phân tích dữ liệu và tạo bản đồ 2D, 3D. Hơn nữa, ArcGIS Pro vẫn phát triển lập trình hướng đối tượng với ngôn ngữ lập trình Python [22] và cung cấp thư viện ArcPy là thư viện tiện ích khi tích hợp giữa công nghệ GIS và ngôn ngữ Python giúp cung cấp nhiều tính năng xử lý tự động như hiển thị, truy vấn và phân tích dữ liệu không gian địa lý và dữ liệu ảnh vệ tinh [23] đem lại hiệu quả trong công tác giám sát các nguồn tài nguyên thiên nhiên và môi trường [24, 25].

Nghiên cứu sử dụng phương pháp trích xuất mặt nước bằng cách tính ảnh tỷ số Green/SWIR là phương pháp hiệu quả trong việc phân tách mặt nước và đất liền trên ảnh quang học [18, 19]. Tận dụng đặc tính phản xạ phổ và khả năng hấp thụ hoàn toàn đối tượng nước trong dải sóng hồng ngoại giúp chiết tách mặt nước một cách dễ dàng với giá trị của tỷ số giữa kênh Green và SWIR lớn hơn 1 tương ứng là mặt nước và ngược lại, nhỏ hơn 1 là đối tượng khác không phải nước [17–19, 26]. Sau khi phân định mặt nước với giá trị ngưỡng k*, tiến hành tạo ra ảnh nhị phân [0,1] bằng cách gán ID = 0 (đối tượng mặt đất) và ID = 1 (đối tượng nước). Để thuận tiện trong việc phân tích biến động, nghiên cứu chuyển định dạng dữ liệu từ



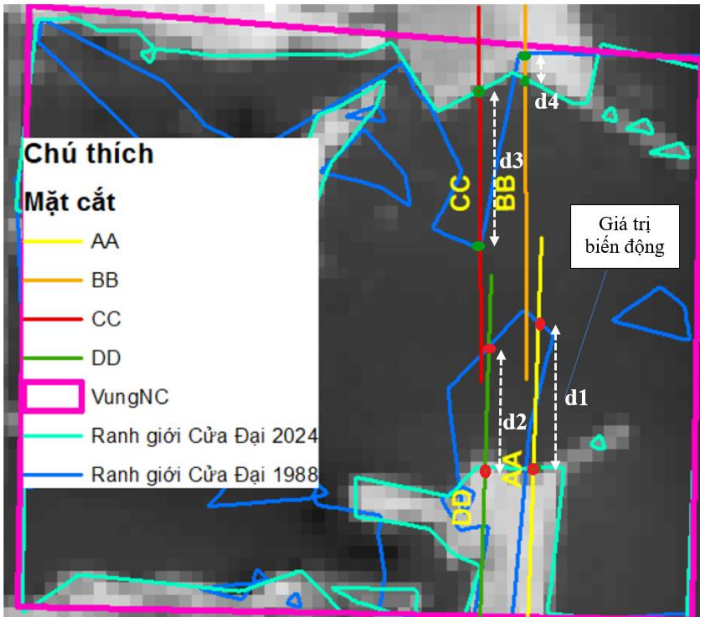
Hình 2. Quy trình thực hiện.

raster sang vector và sử dụng các phép phân tích chồng lớp nhằm xác định vùng cửa sông bị sạt lở và bồi tụ qua các thời điểm liền kề. Dựa trên quy trình hình 2, nghiên cứu tự động hoá quy trình thực hiện một nhanh chóng xác định vùng biến động tại cửa sông bằng cách xây dựng công cụ tự động với một số hàm/module theo các bước sau (Bảng 2).

Bảng 2. Hàm xử lý và phân tích dữ liệu.

Bước thực hiện	Hàm xử lý
1. Nhập dữ liệu đầu vào: kênh Green, SWIR tại 2 thời điểm liền kề và ranh giới khu vực nghiên cứu	GetParameterAsText(*index*)
2. Tính tỷ số Green/SWIR (tại 2 thời điểm)	Lập trình Python với các phép toán đại số để tính ảnh tỷ số
3. Cắt ảnh tỷ số theo ranh giới khu vực nghiên cứu	gp.ExtractByMask_sa(in_raster, in_mask_data, out_raster)
4. Xác định giá trị lớn nhất và nhỏ nhất trên ảnh tỷ số	Sử dụng hàm thống kê minimum và maximm
5. Phân ngưỡng và tái phân nhóm với mặt nước ID = 1	gp.Reclassify_sa(in_raster, reclass_field, remap,reclassify)
6. Trích xuất bề mặt nước (raster)	gp.ExtractByAttributes_sa(in_raster, where_clause, out_raster)
7. Chuyển đổi dữ liệu raster sang vector	RasterToPolygon_conversion(*in_raster*, *out_vector)*
8. Phân tích biến động xác định vùng sạt lở và bồi tụ	SymDiff_analysis(*input*, *output*) Intersect_analysis(*input*, *output*)
9. Tính diện tích biến động	CalculateField_management(in_table,field, expression, {expression_type}, {code_block}).
10. Xuất bề mặt nước tại 2 thời điểm	GetParameterAsText(*index*)

Bên cạnh đó, nghiên cứu còn tiến hành xây dựng biểu đồ biến đổi mặt cắt AA, BB, CC, DD của 2 bên bờ đối diện tại cửa sông Cửa Đại sông Trà Khúc do thường xuyên bị dịch chuyển thay đổi vị trí cửa sông theo hướng Đông Bắc hoặc Đông Nam dưới tác động của thuỷ triều và dòng chảy sau các trận lũ lớn qua nghiên cứu [10, 11]. Mặt khác, sau khi xác định vị trí sạt lở và bồi tụ bằng công cụ, kết quả cho thấy 4 vị trí khảo sát này có sự dịch chuyển lớn theo thời gian và không gian. Để thể hiện rõ sự thay đổi hình dáng của cửa sông, nghiên cứu sử dụng đường phân cách mặt nước tại thời điểm 1988 làm đường chuẩn cố định mặt nước thuỷ triều nhằm quy chiếu cho các thời điểm liền kề khác [19] được minh hoạ qua hình 3. Tiến hành đo đạc giá trị biến động là khoảng chênh lệch từ 2 điểm cắt tại 2 ranh giới cửa sông của 2 thời điểm liền kề và được đo bằng công cụ Measure trên ArcGIS Pro với đơn vị mét. Hình 3 minh hoạ giá trị d1, d2, d3, d4 là giá trị biến động cần tìm để xây dựng biểu đồ biến đổi mặt cắt. Trong đó, nghiên cứu xét 4 vị trí mặt cắt tương đối theo bờ ngoài và bờ trong phía Nam tương ứng là mặt cắt AA, DD và đối với phía bờ Bắc ngoài và trong ứng với mặt cắt BB, CC do Cửa Đại liên tục dịch chuyển thay đổi theo thời gian dưới tác động của biến đổi khí hậu gây ra.

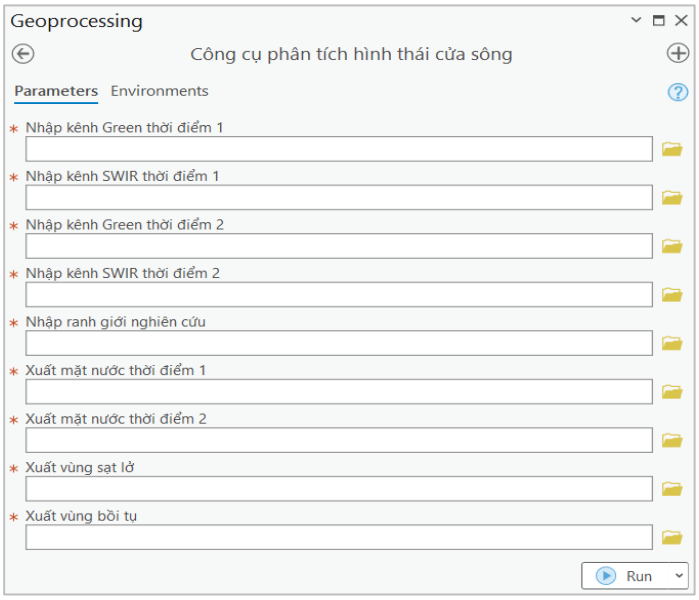


Hình 3. Vị trí khảo sát các mặt cắt tại Cửa Đại.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả xây dựng công cụ phân tích diễn biến hình thái cửa sông Cửa Đại

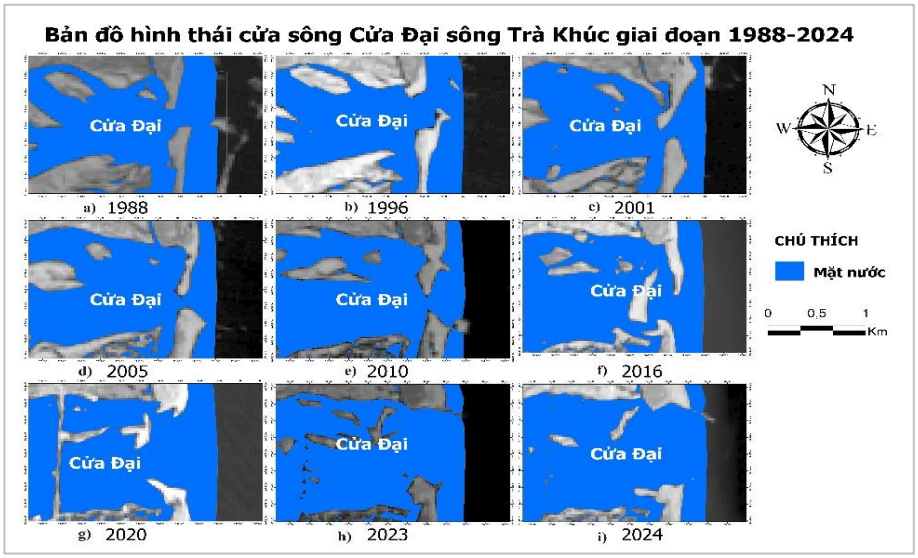
Công cụ phân tích hình thái cửa sông theo dõi quá trình sạt lở và bồi tụ được xây với sự hỗ trợ của ngôn ngữ lập trình Python và thư viện ArcPy trong phần mềm ArcGIS Pro (Hình 4). Công cụ thực thi một cách tự động, nhanh chóng chiết tách mặt nước trên ảnh vệ tinh tại mỗi thời điểm, đồng thời xác định và tính diện tích vùng sạt lở, bồi tụ giữa hai thời điểm liền kề. Giao diện công cụ đơn giản với 5 tham số đầu vào cần nhập kênh Green, SWIR tại 2 thời điểm với định dạng (*.tif) và nhập ranh giới nghiên cứu (*.shp) để cắt ảnh tỷ số. Kết quả công cụ xuất ra bề mặt nước của hai thời điểm và vùng sạt lở, bồi tụ với định dạng (*.shp).



Hình 4. Công cụ phân tích hình thái cửa sông trên ArcGIS Pro.

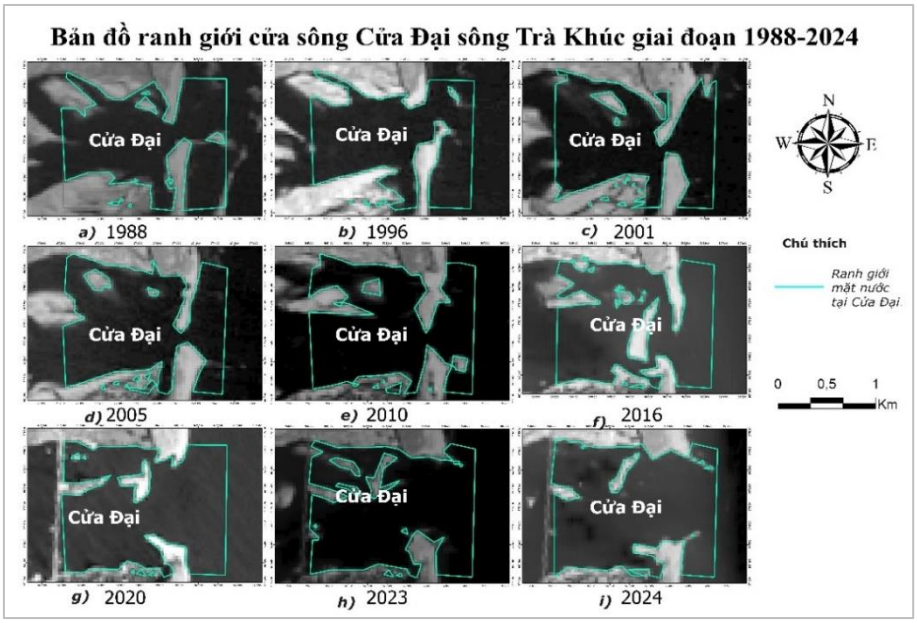
3.2. Kết quả phân tích hình thái cửa sông thí điểm tại Cửa Đại sông Trà Khúc

Công cụ nghiên cứu được sử dụng thí điểm tại khu vực cửa sông Cửa Đại sông Trà Khúc tỉnh Quảng Ngãi qua 9 thời điểm từ năm 1988 đến 2024. Kết quả bề mặt nước được chiết tách trên chuỗi ảnh Landat (Hình 5) và ranh giới cửa sông qua các thời điểm (Hình 6) cho thấy có xảy ra sự chuyển dịch phức tạp về vị trí của cửa sông qua 36 năm và cửa sông bị thu hẹp trong giai đoạn 1988-2010, bắt đầu mở rộng với phạm vi lớn dần từ thời điểm 2016 đến 2024. Vào giai đoạn 1988-1996 có sự biến đổi nhẹ và xuất hiện sạt lở bờ phía Bắc chiếm ưu thế với 19,814 m^2 theo hướng Đông Bắc (Hình 8a) và giúp mở rộng cửa sông từ 213,5m (1988) đến 235,3 m (1996). Trong đó, độ rộng của cửa sông được xác định bằng công cụ đo Measure trên phần mềm ArcGIS Pro tính từ mép sâu bờ Bắc và vuông góc với mép bờ Nam tại vị trí cửa sông tạo đường thẳng vuông góc 2 mép nhằm đảm bảo độ chính xác khi đo đạc thủ công. Tuy nhiên sang thời điểm 2001, 2005, 2010 hình thái cửa sông có sự biến đổi mạnh mẽ (Hình 5c-5e, 6c-6e) với độ rộng cửa sông bị thu hẹp dần và giảm từ 86,4 m (2010) đến 100,9 m (2005) so với thời điểm 1988 (213,5 m) (Hình 7) do sự bồi tụ 2 bên bờ của cửa sông gây ra.



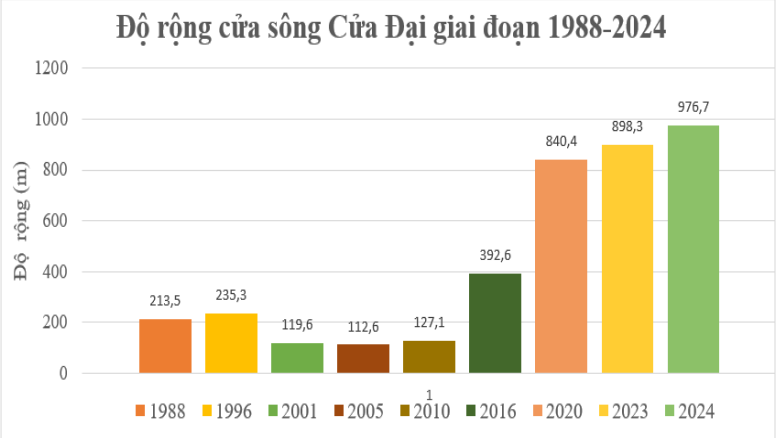
Hình 5. Bản đồ mặt nước tại Cửa Đại qua các thời điểm: (a) 1988, (b) 1996, (c) 2001, (d) 2005, (e) 2010, (f) 2016, (g) 2020, (h) 2023, (i) 2024.

Sự dịch chuyển này góp phần hình thành các doi cát do hiện tượng bồi lắng bùn cát, cho nên phần cửa sông thông với nước biển bị hẹp dần gây khó khăn trong việc lưu thông đường thuỷ. Giai đoạn 1996-2001, bờ Bắc được bồi tụ chiếm ưu thế với 212,2 m^2 và bờ Nam bị sạt lở 87,3 m^2 (Hình 8b). Trong khi đó giai đoạn 2001-2005, tại bờ Bắc sạt lở 41,9 m^2 bên phía trong cửa sông nhưng bồi tụ bên ngoài với 27,9 m^2 theo hướng Đông Bắc và tương tự bờ Nam cũng đan xen xảy ra sạt lở và bồi tụ nhưng ít hơn so với bờ Bắc (Hình 8c). Dưới tác động này đã làm cho cửa sông thu hẹp dần và đỉnh điểm cửa sông bị thu hẹp chỉ còn 112,6 m vào thời điểm 2005. Theo diễn biến hình thái cửa sông từ 1995 đến 2005 được mở rộng về phía Nam, doi cát bờ phía Bắc hầu như không dịch chuyển nhiều nhưng bề rộng nhỏ lại do xói lở, trong khi đó bờ phía Nam cũng bị xói lở và mở rộng cửa do ảnh hưởng của trận lũ lớn năm 2003 [10].



Hình 6. Bản đồ ranh giới tại Cửa Đại qua các thời điểm: (a) 1988, (b) 1996, (c) 2001, (d) 2005, (e) 2010, (f) 2016, (g) 2020, (h) 2023, (i) 2024.

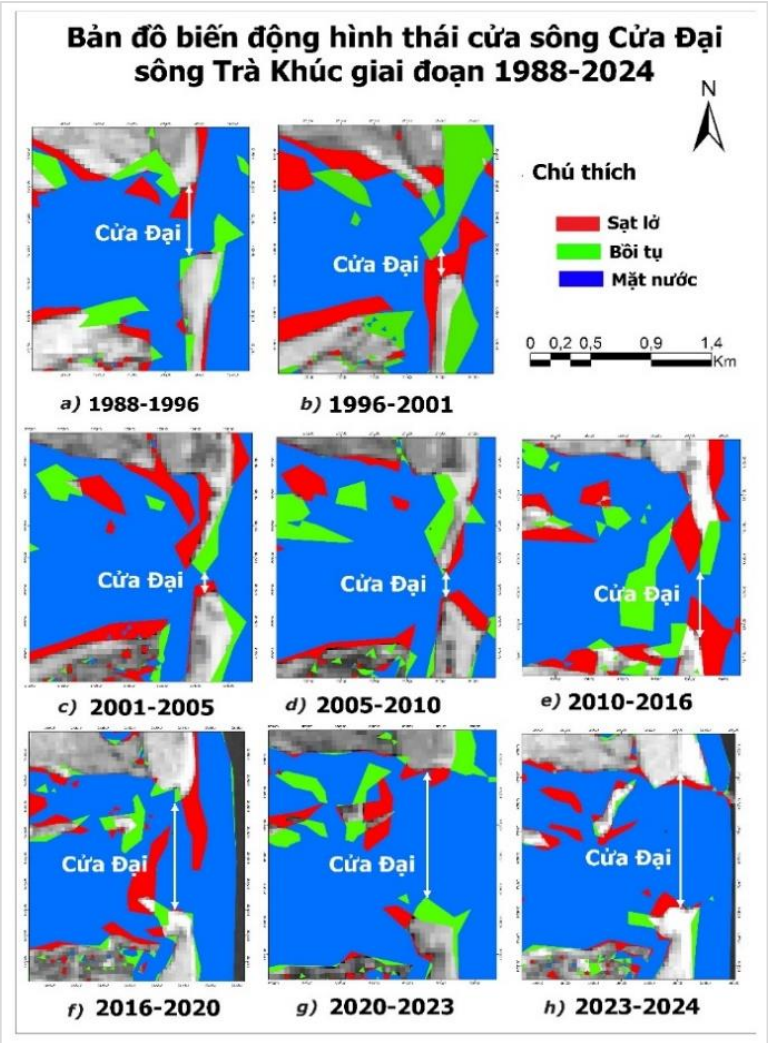
Vào giai đoạn 2010-2016, cửa sông có dấu hiệu mở rộng theo hướng Đông Nam với độ rộng là 392,6m (hình 7) do xói lở ở phía ngoài bờ Nam với diện tích 87,7 m^2 và gấp đôi so với phía trong bờ Bắc (Hình 5f, 6f, 8e). Sự dịch chuyển mạnh và liên tục theo hướng Đông Nam tại Cửa Đại vẫn xảy ra cho đến năm 2015 khoảng 750 m do tác động của việc nạo vét luồng trên sông [11]. Tuy nhiên, thời điểm 2016 phía trước Cửa Đại xuất hiện doi cát lớn do quá trình bồi tụ với diện tích khoảng 100m^2 chắn ngang đã gây ra sự cản trở lưu thông dòng chảy và tàu thuyền qua lại. Tuy nhiên, đến giai đoạn 2016-2020 doi cát này biến mất hoàn toàn và cùng với 82,7 m^2 bờ phía Bắc bị thụt lùi vào đất liền do xói lở diễn ra mạnh mẽ. Một phần do dòi cát chắn trước cửa sông làm do dòng chảy xiết hơn khi thuỷ triều lên và xuống. Giai đoạn 2020-2023 và 2023-2024 thì hiện tượng sạt lở, bồi tụ cũng giảm dần rất nhiều tại cửa sông Cửa Đại. Mặt khác thời điểm 2020 cửa sông mở rộng khá lớn với độ rộng là



Hình 7. Biểu đồ thống kê độ rộng cửa sông Cửa Đại giai đoạn 1988-2024.

840,4 m hơn gấp hai lần so với thời điểm 2016 và tiếp diễn mở rộng cửa sông vào thời điểm 2023, cao nhất vào thời điểm 2024 với độ rộng là 976,7 m. Quá trình mở rộng cửa sông xảy ra đột ngột từ thời điểm 2020 đến 2024 và được mở rộng theo hướng Đông Bắc, do vào mùa cạn, dòng chảy trung bình có xu thế tăng tại giai đoạn 2016-2035 so với giai đoạn 1986-2005 tăng khoảng 5-16% theo kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng [13]. Mặt khác, vùng hạ lưu giáp với biển của con sông rất dễ bị phân nhánh thành nhiều hướng, trong khi đó, lòng sông bị biến dạng uốn khúc theo hình sin và thường xảy ra sự thay đổi hình thái dưới ảnh hưởng của quá trình bồi đắp và xói lở liên tục trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

Bên cạnh đó, diễn biến hình thái phức tạp tại cửa sông Cửa Đại được thể hiện qua sự biến đổi của các mặt cắt trong hình 9 với các số liệu biến động tại 4 vị trí AA, BB, CC, DD được đo đạc từ các đường phân cách mặt nước và đất liền sau khi chiết xuất mặt nước trên chuỗi ảnh Landsat. Mặt khác sự biến động phức tạp về hình dạng, biên độ và tốc độ vị trí cửa sông được thể hiện rõ qua hình 5,6,8 và nghiên cứu sử dụng ranh giới cửa sông năm 1988 làm chuẩn với giá trị bằng 0 xem như không biến động để so sánh với các thời điểm khác nhằm xác định giá trị biến động hay khoảng chênh lệch từ 2 điểm cắt tại 2 ranh giới cửa sông của 2 thời điểm liền kề. Nếu giá trị biến động mang dấu dương, điều này chứng minh đường bờ tại cửa sông xảy ra quá trình bồi tụ và ngược lại giá trị biến động mang dấu âm có nghĩa là xảy ra hiện tượng sạt lở hay bị bao phủ bởi nước biển dâng dưới tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu. Kết quả biến đổi mặt cắt bờ ngoài cửa sông tại AA, CC cho thấy sự đối nghịch biến đổi hình thái cửa sông, cụ thể thời điểm 1996 cửa sông bờ Nam nhô ra hướng Đông Bắc với 208,3m nhưng bờ Bắc thụt vào -207,7 m do xói lở. Sang thời điểm 2001 bờ ngoài phía Nam lại thụt vào với -358,2m trong khi đó bờ ngoài phía Bắc nhô ra nhanh chóng với chiều dài là 416,9 m làm cho cửa sông dần bị thu hẹp, tình trạng này kéo dài đến thời điểm 2005, 2010 mặc dù cả hai bờ cửa sông ngoài thụt vô không đáng kể. Tuy nhiên đến thời điểm 2016, quá trình thụt vào của 2 bờ cửa sông xảy ra mạnh mẽ, lớn nhất là -508,3 m do thực hiện công tác nạo vét lòng sông [10]. Tác động này đã khởi đầu cho quá trình mở rộng cửa sông và tiếp diễn cho các thời điểm 2020, 2023, 2024. Đối với sự biến đổi mặt cắt BB của bờ trong Cửa Đại cho thấy vào thời điểm 2001 xảy ra bồi lấp theo hướng Đông Nam với chiều dài 507,4 m nhưng bờ đối diện của mặt cát DD bị sạt lở vào -103,1 m làm thu hẹp cửa sông. Tiếp diễn bờ trong Cửa

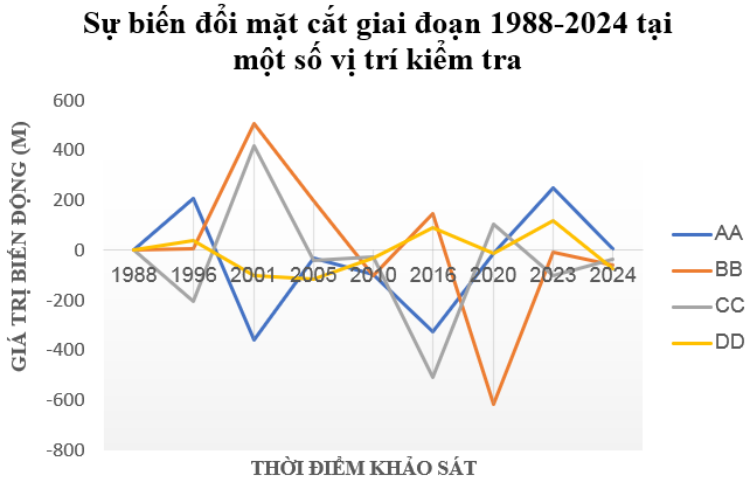


Hình 8. Bản đồ biến động hình thái cửa sông Cửa Đại qua các giai đoạn: (a) 1988-1996, (b) 1996-2001, (c) 2001-2005, (d) 2005-2010, (e) 2010-2016, (f) 2016-2020, (g) 2020-2023, (h) 2023-2024.

Đại biến dạng đan xen bồi tụ và sạt lở tại thời điểm 2005, 2010, 2016 nhưng riêng thời điểm 2020 bờ trong phía Nam của sự biến đổi mặt cắt BB thụt vào rất lớn với -617,3 m do tác động của dòng chảy trung bình tăng tại giai đoạn 2016-2035 theo kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng [13] làm cho cửa sông ngày càng được mở rộng cho các thời điểm tiếp theo 2023, 2024.

Bảng 3. Số liệu biến đổi mặt cắt (m).

	1988	**1996**	**2001**	**2005**	**2010**	**2016**	**2020**	**2023**	**2024**
AA	0	208,3	-358,2	-34,3	-99,3	-327,8	-12,2	246,8	7,2
BB	0	5,4	507,4	196,5	-104,5	147,1	-617,3	-11,1	-59,4
CC	0	-207,7	416,9	-43,3	-26,6	-508,3	101,7	-103,2	-36,6
DD	0	40,1	-103,1	-115,2	-30,8	88,3	-15,4	119,2	-72,8



Hình 9. Kết quả biến đổi một số mặt cắt tại Cửa Đại giai đoạn 1988-2024.

4. Kết luận

Diễn biến hình thái cửa sông Cửa Đại sông Trà Khúc tỉnh Quảng Ngãi được theo dõi bằng chuỗi ảnh Landsat giai đoạn 1988-2024. Qua thực nghiệm, nghiên cứu đã thành công xây dựng công cụ tự động có khả năng xử lý, phân tích chiết tách mặt nước và xác định vùng sạt lở, bồi tụ tại cửa sông với sự hỗ trợ của ngôn ngữ lập trình Python được thực thi trên phần mềm ArcGIS Pro. Kết quả phân tích biến động cho thấy hình thái cửa sông thay đổi phức tạp theo thời gian, cụ thể cửa sông bị thu hẹp dần trong giai đoạn 2001-2010 và đỉnh điểm vào năm 2005 với độ rộng của Cửa Đại chỉ còn 112,6 m do sự dịch chuyển cửa sông bởi quá trình bồi tụ 2 bên bờ gây ra. Nhưng bắt đầu thời điểm 2016 có dấu hiệu mở rộng cửa sông và tiếp diễn qua các thời điểm còn lại với cửa sông rộng nhất là 976,7m vào thời điểm 2024. Bên cạnh đó, hình thái cửa sông còn được thể hiện qua kết quả biến đổi tại một số mặt cắt của bờ trong và bờ ngoài Cửa Đại với giá trị biến động dương là bờ được bồi tụ và ngược lại giá trị biến động âm là bờ bị sạt lở hay bị bao phủ bởi nước biển dâng dưới tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu.

Mặc dù nghiên cứu đã thực hiện phân tích khả năng sạt lở, bồi tụ trong thời kỳ mùa kiệt để so sánh với đường mặt nước nhưng trong kết quả nghiên cứu vẫn còn tồn tại hạn chế là chưa phản ánh hết chế độ phân mùa dòng chảy, đặc biệt tác động của chế độ dòng chảy vào thời kỳ mùa lũ ở khu vực Trung Bộ. Tuy nhiên qua kết quả xây dựng công cụ được sử dụng khá hiệu quả trong việc phân tích nhanh chóng quá trình sạt lở-bồi tụ và làm tiền đề theo dõi hình thái cửa sông tại khu vực khác. Bên cạnh đó để giảm thiểu tác động khí quyển đối với ảnh quang học và nâng cao độ chính xác, cần sử dụng ảnh radar kết hợp với thuật toán OTSU hỗ trợ phân ngưỡng tự động đối tượng mặt nước. Đồng thời nghiên cứu tác động của chế độ dòng chảy vào thời kỳ mùa lũ trong đánh giá diễn biến thay đổi hình thái cửa sông.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: L.T.B., T.V.B., N.T.N.; Xử lý số liệu: L.T.B., T.V.B., N.T.N.; Viết bản thảo bài báo: N.T.N., L.T.B., T.V.B.; Chỉnh sửa bài báo: N.T.N., L.T.B.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan nghiên cứu 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. Bình, L.T.H.; Thành, L.T. Diễn biến hình thái học của cửa sông Cổ Chiên và Cung Hầu thuộc hệ thống sông Cửu Long, Việt Nam. *Khoa học kỹ thuật thuỷ lợi và môi trường* **2014**, *46*, 56–62.
2. Ariane, M.M.S.; Nils, E.A.; Vando, J.C.; Andrea, G.S.O. Impacts of inherited morphology and offshore suspended-sediment load in an Amazon estuary. *Estuaries Coasts.* **2023**, *46*, 1709–1722.
3. Dai, P.; Zheng, J.; Ju, Y.; Yun Z. Analysis of sea bed evolution of min estuary. Proceeding of the Twenty-second International offshore and Polar Engineering Conference, Rhodes, Greece, 2012, pp. 12–358.
4. Yong, Z.; Dong, Z.; Mark, E.J.C.; Nan, X.; Xiao, H.W.; Hongjie, S.; Yongming, S. Estimating muddy intertidal flat slopes under varied coastal morphology using sequential satellite data and spatial analysis, Estuarine. *Coastal Shelf Sci*. **2021**, *251*, 107–183.
5. Toa, S.; Ali, A.A.B.A. Remote sensing-based approach to identifying spatio-temporal changes in coastal morphology in Bhola District, Bangladesh. *J. Eng. Advancements* **2022**, *251*, 76–90.
6. Kumar, A.; Jayappa, K.S.; Vethamony, P. Evolution of Swarna estuary and its impact on braided islands and estuarine banks, Southwest coast of India. *Environ. Earth Sci*. **2012**, *65(3)*, 835–848.
7. Oborie, E.; Onyebuchi, O. Shoreline change assessment in the Orashi River, Rivers State, Nigeria, using the digital shoreline analysis system (DSAS). *Sumerianz J. Sci. Res*. **2023**, 70–77.
8. Abd, W.; Muhammad, Z.A.; Osman, M. Comparative analysis in shoreline changes in Kelantan, Malaysia using digital shoreline analysis system (DSAS). *ESTEEM Acad. J*. **2023**, *19*, 109–117.
9. Thành, L.Đ.; Cát, V.M.; Quý, N.B. Diễn biến cửa sông ven biển Miền Trung và những giải pháp ổn định. Nhà xuất bản Xây dựng, 2004, tr. 1–136.
10. Tùng, T.T. Phân tích diễn biến hình thái cửa sông Trà Khúc, tỉnh Quảng Ngãi. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* **2006**, 91–96.
11. Hoàng, V.C.; Bảo, L.X.; Hitoshi, T. Phân tích diễn biến hình thái cửa Đại-Sông Trà Khúc và Cửa Lở-Sông Vệ, Quảng Ngãi theo thời đoạn dài hạn bằng ảnh vệ tinh. Tuyển tập Hội nghị khoa học thường niên. 2017, tr. 12–14.
12. Tùng, N.B.; Đức, Đ.Đ.; Anh, T.N.; Thủy, N.H.; Nhung, Đ.T.H.; Nhung, P.T.H.; Cường, V.M. Đánh giá ảnh hưởng của hồ chứa Nước Trong đến hạ lưu sông Trà Khúc trong trường hợp khẩn cấp. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, *741*, 85–97.
13. Ngọc, N.T.B.; Tình, T.V.; Hưng, V.D.; Tú, T.T. Đánh giá tác động biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước lưu vực sông Trà Khúc, tỉnh Quảng Ngãi. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2023**, *751*, 28–41.
14. Chính, P.Đ.; Anh, T.N.; Vĩnh, T.N.; Phương, Đ.T.L.P; Giang, N.T. Nghiên cứu ứng dụng GIS đánh giá diễn biến bồi xói vùng cửa sông Đà Nông tỉnh Phú Yên từ dữ liệu đo đạc địa hình thời kỳ 2001-2016. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2018**, *694*, 1–7.
15. Thảo, P.T.P.; Duẩn, H.Đ.; Tỏ, Đ.V. Ứng dụng viễn thám và GIS trong theo dõi và tính toán biến động đường bờ khu vực Phan Thiết. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển* **2011**, *3*, 1–13.

16. Điệp, N.T.H.; Minh, V.Q.; Trường, P.N.; Thành, L.K.; Vinh, L.T.Q. Diễn biến tình hình sạt lở ven bờ sông Tiền và sông Hậu tại đồng bằng Sông Cửu Long. *Tạp chí khoa học Trường Đại Học Cần Thơ* **2019**, *2*, 125–133.
17. Bảo, L.T.; Nhân, N.T. Ứng dụng Google Earth Engine giám sát biến động mặt nước Hồ Dầu Tiếng giai đoạn 1990–2022. Kỷ yếu hội thảo GIS toàn quốc, 2022, tr. 18–25.
18. Pritam, C.; Prasenjit, A. Shoreline change and sea level rise along coast of Bhitarkanika wildlife sanctuary, Orissa: An analytical approach of remote sensing and statistical techniques. *Int. J. Geomatics. Geosci.* **2010**, *1(3)*, 436–455.
19. Trung, N.V.; Khanh, N.V. Quan trắc sự biến động đường bờ sử dụng dữ liệu vệ tinh LANDSAT đa thời gian ở khu vực Cửa Đại, Sông Thu Bồn, Quảng Nam. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất* **2016**, *57*, 81–89.
20. Long, L.T.; Nhân, N.T. Ứng dụng ảnh radar Sentinel-1 giám sát tình hình sạt lở và bồi tụ tại tỉnh Cà Mau giai đoạn 2015-2024 trên nền tảng Google Earth Engine. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2024**, *765*, 27–38.
21. Nhân, N.T., Bảo, L.T. Ứng dụng phương pháp OTSU chiết tách mặt nước trong giám sát biến động ranh giới Hồ Dầu Tiếng trên nền tảng Google Earth Engine. *Tạp chí khoa học đất* **2022**, *69*, 7–11.
22. Maribeth, H. Price, switching to ArcGIS Pro from ArcMap. ESRI Press, Redlands, California. **2019**, pp. 1–182.
23. Laura, T. Python for ArcGIS. Springer International Publishing Switzerland. **2015**. pp. 1–544.
24. Nhân, N.T.; Bảo, L.T. Xây dựng công cụ và hệ thống giám sát đất nhiễm mặn tại tỉnh Bến Tre. *Tạp chí Khí tượng Thuỷ văn* **2024**, *759*, 87–95.
25. Nhân, N.T.; Khôi, T.N.N.; Bảo, L.T. Lập trình GIS xây dựng công cụ theo dõi nhiệt độ bề mặt tại tỉnh Bình Dương giai đoạn 1995-2024 bằng chuỗi ảnh Landsat. *Tạp chí Trắc địa Bản đồ* **2024**, *10(2)*, 35–43.
26. Alesheikh, A.; Nouri, N. Coastline change detection using remote sensing. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* **2007**, *4*, 61–66.

Building a tool to analyze estuary morphology changes using Landsat images: Case study at Cua Dai estuary on Tra Khuc river

Le Thien Bao[1], Tran Van Bac[1], Nguyen Trong Nhan[1]*

[1] Ho Chi Minh University of Natural Resources and Environment;
ltbao@hcmunre.edu.vn; tvbac@hcmunre.edu.vn; ntnhan@hcmunre.edu.vn

Abstract: The impact of climate change in recent years has changed the morphology of river mouths such as the displacement of river mouths due to erosion and deposition, typically at the Tra Khuc river estuary in Quang Ngai province. To monitor this development, the study has developed a tool capable of separating water surfaces and determining erosion and deposition areas at river mouths using Landsat image series from 1988 to 2024 with the support of Python programming language and ArcGIS Pro software. Experimental results show that the developed tool helps to automatically and quickly process, analyze and extract water surfaces and evaluate changes (erosion, deposition) in river mouth morphology. Typically applied at the Cua Dai estuary on Tra Khuc river shows that the estuary morphology changed complexly, gradually narrowing in the period 2001-2010 and peaking in 2005 with a width of 112.6 m due to the displacement of the estuary by the process of sedimentation on both banks. However, starting in 2016, the estuary showed signs of widening and continued through the remaining periods with the widest estuary in 2024 reaching 976.7 m due to the appearance of erosion caused by dredging work on the river and the impact of the flow during the flood season. In addition, the morphology of the estuary is also shown through the cross-sectional changes at the inner and outer banks of Cua Dai with a positive change value meaning that the estuary is accreted and vice versa, a negative change value means that the bank is eroded. The tool is quite effective in monitoring the morphology of the estuary and is a premise for rapid and continuous monitoring of erosion and accretion in coastal areas using remote sensing images.

Keywords: ArcGIS Pro; Tools; Developments; Morphology; Landsat.