

ỨNG DỤNG CÔNG CỤ GOOGLE EARTH ENGINE VÀ DSAS GIÁM SÁT ĐƯỜNG BỜ BIỂN TỰ ĐỘNG, ÁP DỤNG CHO CỬA TÙNG, TỈNH QUẢNG TRỊ

Trần Thanh Tùng

Trường Đại học Thủy lợi

Trần Đăng Hùng

Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Tóm tắt: Trong những năm gần đây, tình trạng xói lở bờ biển ở nước ta diễn ra mạnh mẽ và để lại nhiều hậu quả nặng nề cho dải ven biển Miền Trung. Các đường bờ biển dễ bị tổn thương do các yếu tố biến đổi khí hậu, triều cường, thời tiết cực đoan như bão, lũ cũng như do các hoạt động của con người như cải tạo đất, xây dựng các công trình dân sinh.... Do đó, nghiên cứu diễn biến đường bờ biển là một nhiệm vụ quan trọng để phục vụ quản lý hệ sinh thái ven biển bền vững. Dữ liệu quan sát trái đất, như hình ảnh vệ tinh đa thời gian, là một nguồn tài nguyên quan trọng để đánh giá những thay đổi đường bờ ven biển. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng chuỗi ảnh vệ tinh quang học (Sentinel-2 và Landsat) cùng với nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine (GEE) để theo dõi và tự động trích xuất đường bờ biển, sau đó sử dụng công cụ DSAS để tính toán, phân tích diễn biến đường bờ biển khu vực cửa Tùng, tỉnh Quảng Trị giai đoạn 2010-2021.

Từ khóa: Biến động đường bờ, Google Earth Engine, DSAS, cửa Tùng

Summary: In recent years, coastal erosion in our country has been occurring vigorously, leaving behind significant and devastating consequences, especially on the Central coast of Vietnam. Coastal areas are susceptible to damage due to various factors, including climate change, tidal surges, extreme weather events such as storms and floods, and human activities such as land reclamation and infrastructure construction. Therefore, understanding the dynamics of coastal areas is essential for the sustainable management of coastal ecosystems. Earth observation data, such as multi-temporal satellite imagery, is a crucial resource for assessing changes in coastal shorelines. In this study, we utilised a series of optical satellite images (Sentinel-2 and Landsat) in conjunction with the Google Earth Engine (GEE) cloud computing platform to monitor and automatically extract coastal shorelines. Subsequently, we used the DSAS tool to calculate and analyse the shoreline evolution in the Cua Tung area, Quang Tri province, from 2010 to 2021.

Keywords: Shoreline changes, Google Earth Engine, DSAS, Cua Tung, Quang Tri.

1. MỞ ĐẦU

Xói lở bờ biển đang ngày càng trở thành một vấn đề quan trọng, thu hút sự quan tâm của các nhà khoa học và các nhà quản lý ven biển. Xói

lở bờ biển có liên quan trực tiếp đến sự tương tác của các cơ chế tự nhiên như bão, vận chuyển trầm tích và các hoạt động do con người ở vùng ven biển (xây dựng hạ tầng ven biển và khai thác cát) [1,2]. Hậu quả của xói lở bờ biển bao gồm thiệt hại về người, gián đoạn hoạt động của các ngành kinh tế ở vùng ven biển, suy thoái hệ sinh thái ven biển và đa

Ngày nhận bài: 19/9/2023

Ngày thông qua phản biện: 10/10/2023

Ngày duyệt đăng: 12/10/2023

dạng sinh học [3]. Hiện nay, xói lở bờ biển ngày càng trở nên trầm trọng hơn do biến đổi khí hậu và nước biển dâng khiến các hiện tượng thời tiết cực đoan xảy ra ngày càng nhiều và do các tác động của con người. Do đó, để bảo vệ cơ sở hạ tầng ven biển và các hoạt động kinh tế xã hội ở khu vực này, rất cần sự giám sát các khu vực ven biển một cách chủ động và đánh giá các diễn biến bờ biển theo mô hình không gian-thời gian [4].

Một trong những phương pháp có triển vọng và thiết thực là trích xuất các đường bờ biển từ hình ảnh viễn thám có độ phân giải cao [5]. Ảnh viễn thám với công nghệ cảm biến cải tiến, chính sách truy cập dữ liệu mở và thu thập dữ liệu gần thời gian thực có lợi thế cung cấp thông tin không giới hạn về mặt địa lý với chi phí thấp hơn so với các phương pháp giám sát đường bờ truyền thống [6]. Trong hơn bốn thập kỷ qua, ảnh viễn thám đã có đóng góp lớn trong giám sát vùng ven biển thông qua việc cung cấp thông tin kịp thời và chi phí thấp ở nhiều quy mô địa lý khác nhau [7]. Ngoài ra, nó còn cung cấp một số lượng lớn dữ liệu trong quá khứ để quan sát diễn biến động lực đường bờ biển theo thời gian và sử dụng những dữ liệu lịch sử này để lập mô hình những thay đổi đường bờ biển có thể xảy ra trong tương lai. Như các nghiên cứu của Choung et al. [8] đã sử dụng dữ liệu LiDAR để lập bản đồ các thay đổi đường bờ biển ở Hoa Kỳ với độ chính xác cao. Cabezas-Rabadán et al. [9] nghiên cứu động lực bãi biển trong ngắn hạn ở Tây Ban Nha với hình ảnh Sentinel-2. Xu [10] đã sử dụng dữ liệu ảnh Landsat để phân tích diễn biến bờ biển của Bang Texas, Hoa Kỳ và cho thấy bờ biển ở khu vực này đang thay đổi với tốc độ $-0,154 \pm 0,063$ km²/năm, với 52,58% chiều dài bờ biển đang bị xói lở. Specht và cộng sự. [11] đã phân tích sự biến đổi ven biển ở Sopot, Ba Lan, dựa trên dữ liệu ảnh Landsat và thấy sự dịch chuyển đường bờ biển trung bình là 19,1 m về phía biển trong giai đoạn từ 2008 đến 2018.

Tại Việt Nam cũng đã có nhiều các nghiên cứu đánh giá biến động đường bờ sử dụng tư liệu vệ tinh như nghiên cứu của Phạm Thị Phương Thảo năm 2011 [12] đã ứng dụng chỉ số NDWI để theo dõi và tính toán biến động đường bờ khu vực Phan Thiết. Nghiên cứu của Phan Kiều Diễm và cộng sự năm 2013 [13] sử dụng phương pháp phân ngưỡng và tỉ số ảnh kết hợp với công nghệ GIS để đánh giá tình trạng sạt lở, bồi tụ khu vực ven biển tỉnh Cà Mau và Bạc Liêu từ năm 1995 đến 2010. Nghiên cứu của Nguyễn Văn Trung năm 2016 [14] đánh giá diễn biến của đường bờ khu vực sông Đại, sông Thu Bồn, Quảng Nam bằng phương pháp tỷ số ảnh.

Có thể thấy đã có khá nhiều nghiên cứu về diễn biến đường bờ biển ở nước ta bằng ảnh vệ tinh với phương pháp giải đoán chủ yếu là số hóa các dữ liệu ảnh viễn thám thủ công hoặc sử dụng chỉ số NDWI để chiết tách thông tin đường bờ. Tuy nhiên, việc phân tích hình ảnh vệ tinh ngoại tuyến thường tốn nhiều thời gian và bị hạn chế bởi các thách thức về tính toán, vốn phổ biến đối với phân tích dựa trên máy tính để bàn. Do đó, sự xuất hiện của các nền tảng phân tích và lưu trữ dữ liệu quan sát Trái đất dựa trên điện toán đám mây đã tạo ra các cơ hội bổ sung cho phân tích hình ảnh dài hạn để hỗ trợ quản lý vùng ven biển và cửa sông. Cụ thể, công cụ Google Earth Engine (GEE) cung cấp quyền truy cập vào các kho lưu trữ hình ảnh vệ tinh lớn từ các cảm biến khác nhau ở cả bước sóng quang học và phi quang học, các biến môi trường, bộ dữ liệu lớp phủ mặt đất, bộ dữ liệu địa hình và kinh tế xã hội cũng như giao diện lập trình ứng dụng có thể được sử dụng để truy cập thông tin chứa trong bộ dữ liệu lớn với tài nguyên máy tính hiệu năng cao.

Vậy nên mục tiêu của bài báo này là ứng dụng nền tảng GEE để tự động chiết xuất thông tin đường bờ biển từ đó ứng dụng thêm công cụ DSAS để đánh giá, phân tích quy luật diễn biến đường bờ cho khu vực cửa Tùng tỉnh

Quảng Trị giai đoạn 2010-2021. Đây là khu vực đã xảy ra xói lở nghiêm trọng, gây ảnh hưởng đến đời sống dân sinh và sự phát triển kinh tế xã hội của tỉnh Quảng Trị.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ SỐ LIỆU THU THẬP

2.1. Phạm vi không gian

Cửa Tùng thuộc huyện Vĩnh Linh, cách thành phố Đông Hà khoảng 30km về phía đông bắc có vị trí địa lý nằm trong khoảng từ 17°07'67" đến 16°96'73" vĩ độ bắc và từ 107°05'70" đến 107°96'73" kinh độ Đông. Trong những năm gần đây đoạn bờ phía Bắc, trong đó có bãi biển Cửa Tùng từng là một trong những bãi tắm đẹp nhất nước ta, đang bị xói lở với mức độ ngày càng gia tăng. Đặc biệt là sau khi xây dựng hệ thống công trình đê ngăn cát bờ nam của Tùng năm 2004 và xây dựng cảng cá Cửa Tùng năm 2008, thì hiện

tượng xói lở bờ bắc và bồi tụ ở khu vực cửa lại càng mãnh liệt.

2.2. Dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu

2.2.1. Dữ liệu ảnh

Để đánh giá biến động đường bờ khu vực cửa Tùng trong thời gian từ năm 2010-2021, nghiên cứu đã sử dụng kết hợp 2 nguồn dữ liệu ảnh vệ tinh quang học bao gồm Sentinel và Landsat do nguồn ảnh Sentinel 2 với độ phân giải cao 10m chỉ có từ năm 2015 đến nay. Các ảnh được lựa chọn phân tích dựa trên công cụ GEE với hàm Sort hỗ trợ lựa chọn ảnh có ít mây nhất tại khu vực nghiên cứu cho từng năm, mỗi năm lựa chọn 2 ảnh đại diện cho mùa gió Tây Nam (từ tháng 4 đến tháng 8 hàng năm) và gió mùa Đông Bắc (từ tháng 9 đến tháng 3 năm sau). **Bảng 1** thống kê các dữ liệu ảnh được sử dụng trong nghiên cứu.

Bảng 1: Dữ liệu ảnh vệ tinh được sử dụng trong nghiên cứu

STT	Loại ảnh	Ngày nhận ảnh	Giờ nhận ảnh	Mùa gió	STT	Loại ảnh	Ngày nhận ảnh	Giờ nhận ảnh	Mùa gió
1	Landsat 5	28/10/2011	10h15p	Đông Bắc	11	Landsat 5	24/07/2011	10h18p	Tây Nam
2	Landsat 8	26/03/2013	10h15p	Đông Bắc	12	Landsat 8	27/06/2013	10h18p	Tây Nam
3	Landsat 8	04/10/2014	10h15p	Đông Bắc	13	Landsat 8	17/08/2014	10h20p	Tây Nam
4	Sentinel 2	24/01/2015	10h15p	Đông Bắc	14	Sentinel 2	20/08/2015	10h06p	Tây Nam
5	Sentinel 2	17/03/2016	10h15p	Đông Bắc	15	Sentinel 2	25/07/2016	10h08p	Tây Nam
6	Sentinel 2	20/02/2017	10h15p	Đông Bắc	16	Sentinel 2	14/08/2017	10h17p	Tây Nam
7	Sentinel 2	15/02/2018	10h20p	Đông Bắc	17	Sentinel 2	04/08/2018	10h18p	Tây Nam
8	Sentinel 2	31/01/2019	10h19p	Đông Bắc	18	Sentinel 2	20/07/2019	10h20p	Tây Nam
9	Sentinel 2	15/02/2020	10h32p	Đông Bắc	19	Sentinel 2	29/07/2020	10h07p	Tây Nam
10	Sentinel 2	19/02/2021	10h32p	Đông Bắc	20	Sentinel 2	14/07/2021	10h08p	Tây Nam

2.2.2. Dữ liệu mực nước triều và DEM

Đường bờ sau khi được giải đoán cần được hiệu chỉnh do ảnh hưởng của thủy triều. Nghiên cứu đã thu thập bộ số liệu mực nước triều tại trạm Cửa Việt (cách Cửa Tùng khoảng 50km) trong giai đoạn từ 2011 đến 2017 để tính toán hiệu chỉnh vị trí đường bờ theo mực nước triều.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Tự động chiết xuất đường bờ biển trên GEE

Google Earth Engine (GEE) là một nền tảng điện toán đám mây được phát triển để xử lý ảnh vệ tinh và các dữ liệu địa không gian khác. Nó cung cấp quyền truy cập vào cơ sở dữ liệu khổng lồ ảnh vệ tinh và các thuật toán

cần thiết để phân tích ảnh vệ tinh. Trong bài báo này tác giả sẽ xây dựng một phương pháp tự động trích xuất đường bờ biển dưới dạng vector trên nền tảng GEE gồm các bước chính như sau:

Loại bỏ mây: Để có thể xác định đường bờ một cách chính xác, cần có ảnh vệ tinh không có mây. Tuy nhiên, do nước ta có khí hậu nhiệt đới gió mùa nên việc chọn được một bức ảnh vệ tinh hoàn toàn không có mây thường rất khó, vậy nên việc đầu tiên trong quy trình là cần loại bỏ mây trên ảnh vệ tinh. Hầu hết các dữ liệu viễn thám đều có dải QA hoặc Cloud Mask chứa thông tin về việc các pixel có bị vẩn đục do mây hay không. Bộ mã chỉnh sửa (Code Editor) chứa các chức năng được xác định trước (pre-defined) để tạo “mặt nạ” cho các đám mây trên dữ liệu ảnh viễn thám nằm trong Scripts Tab → Examples → Cloud Masking.

Trích xuất lớp nước: GEE có một vài phương pháp phát hiện và trích xuất mặt nước từ hình ảnh vệ tinh theo các ngưỡng giá trị. Nghiên cứu này đã sử dụng phương pháp trích xuất mặt nước tự động theo phân ngưỡng tự động của Otsu mà không cần xác định ngưỡng theo cách thủ công. Nghiên cứu đã sử dụng chỉ số trích xuất nước tự động (AWEI) và ngưỡng Otsu để tìm ngưỡng tối ưu cho pixel nước trong hình ảnh.

Chuyển đổi raster sang vector: Bước tiếp theo là tiến hành vector hóa hình ảnh phân tách đất và nước theo hàm ReduceToVectors.

Làm mượt và trích xuất đường bờ biển: Bước cuối cùng, sau khi vector hóa thu được đường bờ biển, tiến hành làm mượt bằng hàm Simplify và trích xuất đường bờ kết quả

2.3.2. Đánh giá biến động đường bờ bằng công cụ DSAS

Hệ thống phân tích đường bờ kỹ thuật số (Digital Shoreline Analysis System-DSAS)

được sử dụng để đánh giá các biến đổi của đường bờ biển cũng như quá trình xói lở và bồi tụ, bằng cách tính toán chuyển động thực của đường bờ biển (NSM), tốc độ điểm đầu-điểm cuối (EPR) và tốc độ hồi quy tuyến tính (LRR). DSAS tính toán tốc độ thay đổi của đường bờ biển trên cơ sở chuỗi thời gian, dựa trên dữ liệu cơ sở. Ban đầu, đường cơ sở được vẽ song song với đường bờ biển ở một khoảng cách cụ thể so với khu vực đất liền và đó là điểm khởi đầu cho tất cả các mặt cắt trong DSAS. Các mặt cắt cách đường cơ sở một khoảng cách cụ thể được tạo ra và giao nhau tại các điểm đo của mỗi đường bờ biển và từ đó tính toán tốc độ thay đổi đường bờ biển.

Những thay đổi của đường bờ biển được xác định qua các chỉ số EPR, chỉ số NSM và chỉ số LRR. Ba thành phần cần thiết để đánh giá sự thay đổi của đường bờ là đường cơ sở, đường bờ và đường trực giao. EPR được tính bằng cách chia khoảng cách của đường bờ biển cũ nhất và gần đây nhất. EPR được coi là một trong những phương pháp tốt nhất để đánh giá sự thay đổi của đường bờ vì nó dễ tính toán và yêu cầu tối thiểu về dữ liệu đường bờ.

Chuyển động thực của đường bờ biển (NSM) được mô tả là khoảng cách giữa đường bờ cũ nhất và đường bờ gần đây nhất dọc theo mặt cắt đã được xem xét. Sự dịch chuyển thực tế của đường bờ biển được tính toán từ các kết quả thu được bằng cách phân tích các đường bờ biển sớm nhất và gần đây nhất trong khoảng thời gian đã chọn. LRR được tính toán dựa trên tốc độ thay đổi của đường bờ biển, bao gồm việc điều chỉnh đường hồi quy bình phương nhỏ nhất cho nhiều vị trí đường bờ biển cho các tuyến khảo sát trong nghiên cứu, đường bờ biển theo chuỗi thời gian trong nhiều năm liên tiếp với nhiều vị trí đường bờ biển. [15]

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả giải đoán đường bờ

Kết quả tự động tính toán, trích xuất đường bờ

a) *Kết quả ảnh tổ hợp màu thật không mây*



biên cho mỗi bước chính trên hệ thống GEE được thể hiện tại **Hình 1**.

b) *Kết quả trích xuất lớp nước*



c) *Kết quả chuyển đổi raster sang vector*



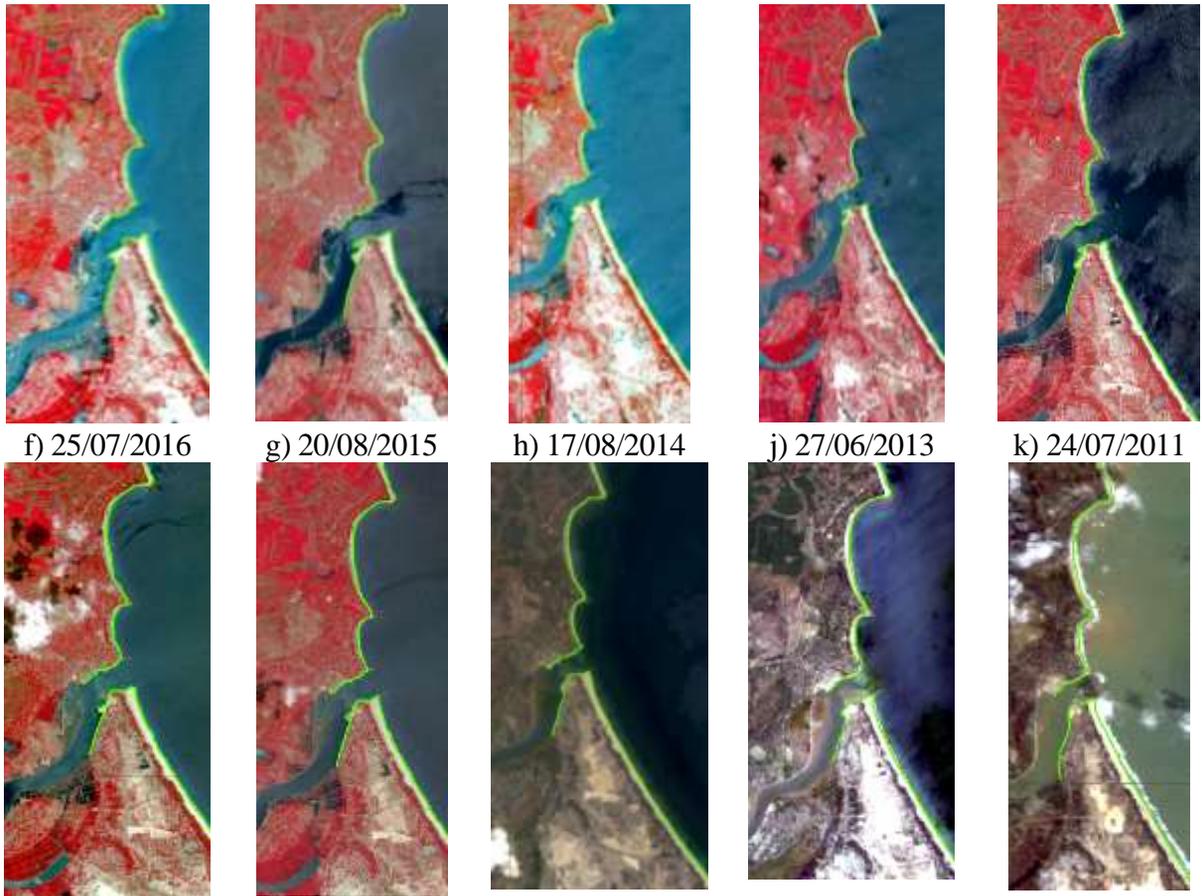
d) *Kết quả làm mượt và trích xuất đường bờ*



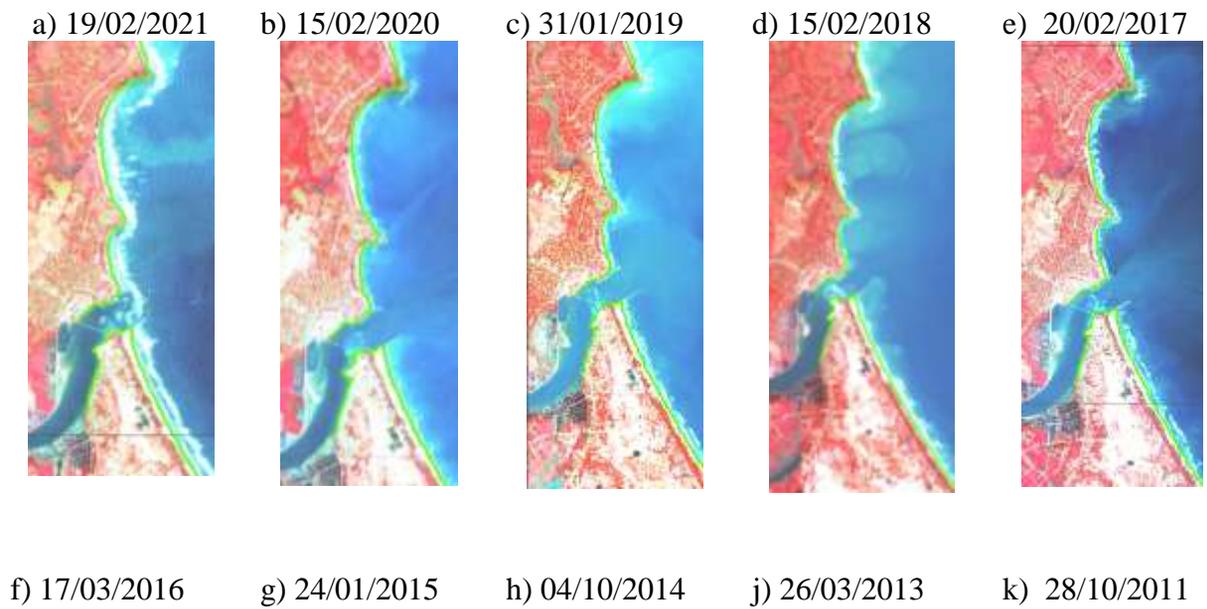
Hình 1: Kết quả tự động trích xuất đường bờ biển cho ảnh Sentinel 2 ngày 25/08/2020

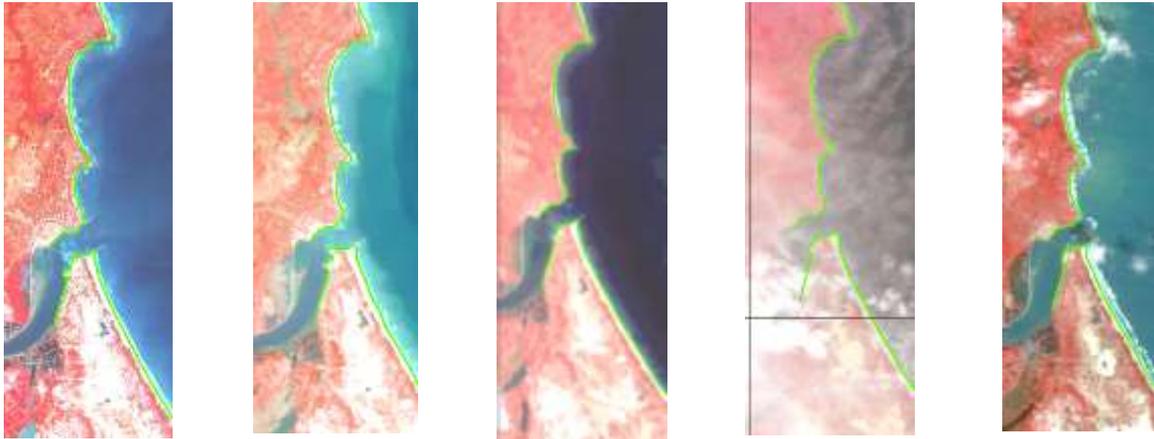
Thực hiện tương tự cho các cảnh ảnh theo Bảng 1 ta được kết quả tổng hợp các đường bờ giải đoán như **Hình 2**, **Hình 3**.

a) 14/07/2021 b) 29/07/2020 c) 20/07/2019 d) 04/08/2018 e) 14/08/2017



Hình 2: Kết quả giải đoán đường bờ của Tùng giai đoạn 2010-2021 cho mùa gió Tây Nam





Hình 3: Kết quả giải đoán đường bờ cửa Tùng giai đoạn 2010-2021 cho mùa gió Đông Bắc

Bảng 2: Kết quả hiệu chỉnh vị trí đường bờ do ảnh hưởng của thủy triều khu vực cửa Tùng

TT	Ngày nhận ảnh	Giờ nhận ảnh	MN triều Cửa Việt (cm)	Khoảng cách hiệu chỉnh (m)	TT	Ngày nhận ảnh	Giờ nhận ảnh	MN triều Cửa Việt (cm)	Khoảng cách hiệu chỉnh (m)
1	10/28/2011	10h am	39	-1.95	6	07/24/2011	10h am	-18	0.9
2	10/04/2014	10h am	23	-1.15	7	08/17/2014	10h am	-41	2.05
3	01/24/2015	10h am	-9	0.45	8	08/20/2015	10h am	-45	2.25
4	03/17/2016	10h am	-25	1.25	9	07/25/2016	10h am	-66	3.3
5	02/20/2017	10h am	-4	0.2	10	08/14/2017	10h am	-52	2.6

3.2. Hiệu chỉnh vị trí đường bờ do ảnh hưởng triều

Dựa vào bộ số liệu địa hình và mặt cắt ngang bãi biển khu vực lân cận Cửa Tùng được đo đạc trong [16] kết hợp với dữ liệu mực nước triều thu thập được tại trạm cửa Việt giai đoạn 2011-2017, nghiên cứu đã tính toán hiệu chỉnh vị trí đường bờ do ảnh hưởng của thủy triều tại **Bảng 2**. Kết quả hiệu chỉnh đường bờ do ảnh hưởng triều tại khu vực Cửa Tùng trong giai đoạn này là khá nhỏ, dưới 5m và chưa bằng 1 pixel của

ảnh Sentinel 2 và Landsat. Do vậy đường bờ giải đoán ở khu vực này trong giai đoạn còn lại, từ 2017-2021 không cần hiệu chỉnh vị trí đường bờ do ảnh hưởng của thủy triều nữa.

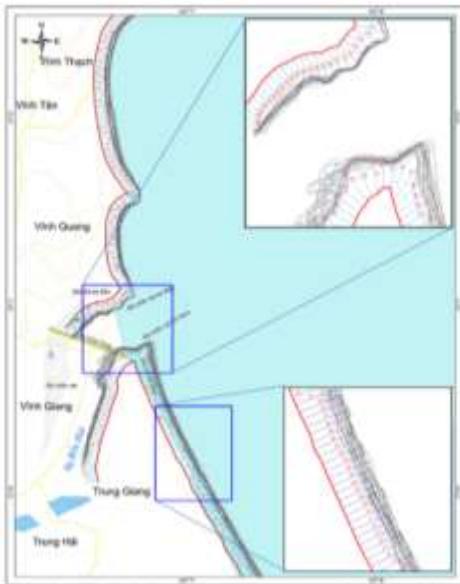
3.3. Đánh giá diễn biến đường bờ khu vực cửa Tùng, giai đoạn 2010-2022

3.3.1. Thiết lập đường cơ sở và các mặt cắt

Để đánh giá biến động đường bờ khu vực Cửa Tùng bằng công cụ DSAS, bước đầu tiên là thiết lập đường cơ sở (Baseline) và các đường trực

giao vuông góc với đường bờ. Đường cơ sở được thiết lập bằng kỹ thuật buffer và cách đường bờ biển 1 khoảng 150m để đảm bảo bao phủ trùm tất cả các đường bờ giải đoán. Các đường trực giao (mặt cắt ngang bãi biển) được

thiết lập bằng công cụ transect trên DSAS với khoảng cách đều là 30m, tổng cộng 295 mặt cắt được tạo ra và được đánh số thứ tự từ Bắc vào Nam (**Hình 4**).



Hình 4: Baseline và các mặt cắt được thiết lập



Hình 5: Kết quả đánh giá biến động đường bờ cửa Tùng giai đoạn 2010-2021

3.3.2. Đánh giá biến động đường bờ cửa Tùng giai đoạn 2010-2021

Kết quả phân tích biến động đường bờ cửa Tùng trong giai đoạn 2010-2021 (**Hình 5**) cho thấy đường bờ khu vực bãi tắm cửa Tùng tương đối ổn định sau khi được xây dựng công trình kè bảo vệ và đê ngăn cát giảm sóng ở bờ Bắc được hoàn thành năm 2016. Hiện tượng bồi, xói cục bộ xảy ra xen kẽ ở khu vực này nhưng mức độ biến đổi không lớn, chỉ khoảng từ 1-2 m/năm. Xu thế bồi rõ rệt hơn sau khi xây dựng đê ngăn cát, giảm sóng ở bờ bắc.

Tại khu vực bờ Bắc, từ cảng cá Cửa Tùng tới đê ngăn cát, giảm sóng bờ Bắc có tốc độ thay đổi không lớn, hầu hết < 2m /năm. Khu vực phía trước cảng cá, do hoạt động nạo vét luồng tàu ra vào cảng cá Cửa Tùng nên bờ biển thường xuyên bị xói lở.

Khu vực bờ Nam Cửa Tùng đang có sự biến động mạnh mẽ hơn so với bờ Bắc (do cấu tạo bãi biển chủ yếu là cát) và biến động lớn nhất tập trung ở các doi cát bên trong cửa sông Bến

Hải đối diện cảng cá Cửa Tùng. Tốc độ bồi xói trung bình hàng năm khoảng từ 3 đến 5m, cá biệt có thời kỳ lên tới hơn 10m, gây cản trở tàu cá ra vào cảng Cửa Tùng. Khu vực đường bờ phía trước đê chắn cát bờ Nam, do ảnh hưởng của đê chắn cát mà cũng có xu hướng bồi tụ mạnh, với tốc độ bồi từ 1 đến 5m/năm, càng xa đê chắn cát bờ nam thì xu thế biến động diễn ra ngày càng ít hơn.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Cơ sở dữ liệu các hình ảnh vệ tinh có sẵn miễn phí ngày càng trở nên phong phú trên công cụ Google Earth Engine (GEE) tạo nên khả năng xây dựng hệ thống giám sát đường bờ biển hoạt động liên tục, lâu dài nhất trên khắp thế giới. Nghiên cứu đã ứng dụng công cụ GEE để thiết lập hệ thống tự động giám sát vị trí đường bờ cho khu vực Cửa tỉnh Quảng Trị giai đoạn 2010-2021.

Nghiên cứu cũng cho thấy Hệ thống phân tích đường bờ kỹ thuật số (DSAS) rất phù hợp khi kết hợp với công cụ GEE để đánh giá, phân

tích sự thay đổi đường bờ biển theo không gian và thời gian. Nghiên cứu đã ứng dụng thử nghiệm đánh giá biến động bờ biển khu vực Cửa Tùng, tỉnh Quảng Trị, giai đoạn 2010-2021. Các kết quả phân tích biến động đường bờ đã chỉ ra các khu vực xói lở, bồi tụ ở bờ Bắc và bờ Nam Cửa Tùng và ảnh hưởng của việc xây dựng các đê ngăn cát, giảm sóng ở bờ Bắc, bờ Nam cũng như công trình kè bảo vệ bãi tắm Cửa Tùng và các hoạt động nạo vét luồng tàu. Khu vực bãi tắm cửa Tùng, sau khi xây dựng công trình đê ngăn cát, giảm sóng bờ Bắc, có đường bờ biển khá ổn định, với xu thế xói lở, bồi tụ xen kẽ nhau. Bờ nam cửa Tùng có diễn biến bờ biển rõ rệt hơn so với bờ Bắc với tốc độ trung bình bên trong cửa khoảng từ 3-5 m/năm. Sự phát triển của các doi cát ở bờ nam là nguyên nhân chính gây ảnh hưởng tới

hoạt động của tàu cá ra vào cảng Cửa Tùng.

Do đường bờ biển tại khu vực cửa Tùng biến động khá mạnh và có thể thay đổi đáng kể trong thời gian ngắn và cả trong dài hạn, nên rất cần có thêm các phân tích chuyên sâu về quy luật biến đổi đường bờ biển trong thời gian dài kết hợp với điều tra biến đổi đường bờ biển trong quá khứ để có thể dự báo được xu hướng biến đổi của đường bờ biển trong tương lai.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ Đề tài KHCN cấp Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn “*Nghiên cứu ứng dụng giải pháp chuyển cát, chống bồi lấp cho các cửa sông miền Trung*”.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Mentaschi, L.; Vousdoukas, M.I.; Pekel, J.-F.; Voukouvalas, E.; Feyen, L. Global Long-Term Observations of Coastal Erosion and Accretion. *Sci. Rep.* 2018, 8, 12876. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]
- [2] Syvitski, J.; Ángel, J.R.; Saito, Y.; Overeem, I.; Vörösmarty, C.J.; Wang, H.; Olago, D. Earth’s Sediment Cycle during the Anthropocene. *Nat. Rev. Earth Environ.* 2022, 3, 179–196. [Google Scholar] [CrossRef]
- [3] Ghazali, N.H.M.; Awang, N.A.; Mahmud, M.; Mokhtar, A. Impact of Sea Level Rise and Tsunami on Coastal Areas of North-West Peninsular Malaysia. *Irrig. Drain.* 2018, 67, 119–129. [Google Scholar] [CrossRef]
- [4] Tian, H.; Xu, K.; Goes, J.I.; Liu, Q.; do Gomes, H.R.; Yang, M. Shoreline Changes along the Coast of Mainland China—Time to Pause and Reflect? *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2020, 9, 572. [Google Scholar] [CrossRef]
- [5] Luijendijk, A.; Hagenaars, G.; Ranasinghe, R.; Baart, F.; Donchyts, G.; Aarninkhof, S. The State of the World’s Beaches. *Sci. Rep.* 2018, 8, 6641. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
- [6] Narayana, A.C. Shoreline Changes. In *Encyclopedia of Estuaries*; Kennish, M.J., Ed.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2016; pp. 590–602. [Google Scholar]
- [7] Szuster, B.W.; Chen, Q.; Borger, M. A Comparison of Classification Techniques to Support Land Cover and Land Use Analysis in Tropical Coastal Zones. *Appl. Geogr.* 2011, 31, 525–532. [Google Scholar] [CrossRef]
- [8] Choung, Y.; Li, R.; Jo, M.-H. Development of a Vector-Based Method for Coastal Bluffline Mapping Using LiDAR Data and a Comparison Study in the Area of Lake Erie. *Mar. Geod.* 2013, 36, 285–302. [Google Scholar] [CrossRef]
- [9] Cabezas-Rabadán, C.; Pardo-Pascual, J.E.; Palomar-Vázquez, J.; Fernández-Sarría, A. Characterizing Beach Changes Using High-Frequency Sentinel-2 Derived Shorelines on the Valencian Coast (Spanish Mediterranean). *Sci. Total Environ.* 2019, 691, 216–231. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]

- [10] Xu, N. Detecting Coastline Change with All Available Landsat Data over 1986–2015: A Case Study for the State of Texas, USA. Atmosphere 2018, 9, 107. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]
- [11] Specht, M.; Specht, C.; Lewicka, O.; Makar, A.; Burdziakowski, P.; Dąbrowski, P. Study on the Coastline Evolution in Sopot (2008–2018) Based on Landsat Satellite Imagery. J. Mar. Sci. Eng. 2020, 8, 464. [Google Scholar] [CrossRef]
- [12] Thảo, P. T. P., Duẩn, H. Đ., & Tò, Đ. V. (2011). "Ứng dụng Viễn thám và GIS trong theo dõi và tính toán biến động đường bờ khu vực Phan Thiết." Vietnam Journal of Marine Science and Technology 11(3): 1-13.
- [13] Diễm, P. K., Van Den, D., Minh, V. Q., & Điệp, N. T. H. (2013). "Đánh giá tình hình sạt lở, bồi tụ khu vực ven biển tỉnh Cà Mau và Bạc Liêu từ 1995-2010 sử dụng viễn thám và công nghệ GIS." Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ(26): 35-43.
- [14] Trung, N. V., and Nguyễn Văn Khánh (2016). "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.
- [15] Thieler, E.R.; Himmelstoss, E.A.; Zichichi, J.L.; Ergul, A. The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 4.0 An ArcGIS Extension for Calculating Shoreline Change; Open-File Report. US Geological Survey Report No. 2008-1278; U.S. Geological Survey: Reston, VA, USA, 2009
- [16] Nguyễn Thanh Sơn và cộng sự (2019). Báo cáo dự án "Nghiên cứu bổ sung dự án điều tra, đánh giá xâm thực bãi tắm Cửa Tùng tỉnh Quảng Trị". Trường Đại học KH tự nhiên, Đại học Quốc gia. Hà Nội