

PHÂN TÍCH BIẾN ĐỘNG CỦA ĐƯỜNG BỜ ĐẢO PHÚ QUÝ SỬ DỤNG ẢNH VIỄN THĂM TRÊN NỀN GOOGLE EARTH ENGINE VÀ PHẦN MỀM DSAS

Mai Quang Khoát¹, Mai Văn Công¹, Phạm Ngọc Quý¹

Tóm tắt: Xói lở bờ biển, bờ đảo đang trở thành mối lo ngại của các quốc gia nằm giáp biển trên toàn thế giới trong bối cảnh biến đổi khí hậu và nước biển dâng hiện nay. Bờ biển, bờ đảo tại Việt Nam đã và đang bị xói lở mạnh trong những năm gần đây không chỉ ảnh hưởng đến kinh tế - xã hội, đời sống người dân, mà còn tác động đến vấn đề an ninh quốc phòng. Bờ đảo Phú Quý là một trong những khu vực xảy ra hiện tượng xói lở trong nhiều năm qua tại Việt Nam. Bài báo này đã ứng dụng nền tảng công nghệ điện toán đám mây Google Earth Engine và công cụ Digital Shoreline Analysis System (DSAS) để phân tích biến động đường bờ đảo Phú Quý thông qua ảnh Landsat và Sentinel-2 từ năm 2000 đến năm 2020. Kết quả nghiên cứu cho thấy xói lở và bồi tụ xảy ra đan xen nhau tại khu vực bờ đảo nghiên cứu. Chỉ số phân tích từ DSAS cho thấy tốc độ xói lở bờ đảo trung bình khoảng 0,79 m/năm và nơi xói lở mạnh nhất lên đến gần 5 m/năm xuất hiện tại phía Tây, phía Nam và phía Tây Nam đảo. Ngược lại, bờ đảo được bồi tụ và ổn định chủ yếu tập trung ở phía Bắc và phía Đông đảo với tốc độ bồi tụ trung bình khoảng 1,38 m/năm.

Từ khóa: Phân tích biến đổi đường bờ, ảnh vệ tinh, Google Earth Engine, Digital Shoreline Analysis System, đảo Phú Quý

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Phân tích biến đổi đường bờ đóng một vai trò quan trọng trong quá trình quản lý vùng ven biển do bờ biển có đặc điểm biến động theo thời gian, đồng thời chúng có mối quan hệ trực tiếp với hiện tượng xói mòn và bồi tụ ở các vùng ven biển. Trong những năm gần đây, phần lớn các đường bờ biển trên toàn thế giới chứng kiến những hậu quả nặng nề của xói mòn, và hiện tượng này đang diễn ra ngày càng nghiêm trọng (Stefan Hergarten & Thomas Kenkmann, 2018). Ngày nay, ảnh vệ tinh đã trở thành một nguồn dữ liệu đầu vào quan trọng trong các nghiên cứu phân tích biến đổi đường bờ bởi chúng chứa đựng một lượng lớn dữ liệu về không gian và thời gian (Xu, 2018). Tuy nhiên hướng tiếp cận này cần giải quyết các yếu tố ảnh hưởng đến sự biến động đường bờ, đặc biệt là sự biến đổi của mực nước triều (Karunarathna & Reeve, 2013). Để giải quyết vấn đề trên, Chen & Chang (2009) đã nghiên cứu sử dụng chuỗi ảnh vệ tinh với độ phân giải cao và số liệu mực nước triều thực đo để giảm thiểu tác động của biến động mực nước triều đến sự thay đổi đường bờ. Tuy nhiên, cách tiếp cận trên không phù hợp với những vùng biển không có đủ số liệu địa hình

(Xu, 2018). Do vậy cách tiếp cận sử dụng số lượng lớn ảnh vệ tinh với độ phân giải trung bình như Landsat và Sentinel-2 (trung bình 2,9 ngày có một ảnh nếu kết hợp Landsat 8 với Sentinel 2A và 2B) cùng việc lấy trung bình vị trí các đường bờ trong cùng một năm nghiên cứu trở thành một phương pháp hợp lý để xác định đường bờ hàng năm (Almonacid-Caballer et al., 2016). Trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu chỉ sử dụng ảnh vệ tinh để phân tích biến đổi đường bờ như các nghiên cứu của Rahman et al. (2011), Ford (2013) và Esmail et al. (2019); tuy nhiên, việc xử lý ảnh vệ tinh theo phương pháp truyền thống đòi hỏi một lượng lớn thời gian tải và không gian lưu trữ, đặc biệt với các phân tích dài hạn. Do đó, Google Earth Engine (GEE), một nền tảng công nghệ điện toán đám mây, xuất hiện như một công cụ hiệu quả với khả năng truy cập vào nguồn ảnh vệ tinh và xử lý trực tuyến một lượng lớn dữ liệu không gian địa lý mà không cần phải trở thành một chuyên gia công nghệ thông tin (Gorelick et al., 2017).

Hiện nay, có nhiều phương pháp được sử dụng để phân tích biến đổi đường bờ biển, trong đó Hệ thống phân tích bờ biển kỹ thuật số (*Digital Shoreline Analysis System* - DSAS) được xem là một công cụ hiệu quả và được sử dụng rộng rãi (Chakraborty & Pal, 2020). DSAS có thể tích hợp

¹ Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi

với phần mềm ArcGIS để phân tích thông tin địa lý và tính toán tốc độ thay đổi đường bờ theo cả không gian và thời gian. Trong nước cũng như trên thế giới, sự kết hợp giữa DSAS và ảnh vệ tinh đã được áp dụng cho một số nghiên cứu của Thinh & Hen (2017), Esmail et al. (2019) và Baig et al. (2020). Tuy nhiên, hầu hết những nghiên cứu này mới chỉ dừng lại ở việc phân tích các chỉ số thống kê cơ bản như tốc độ điểm đầu – điểm cuối (*EPR*) và tốc độ hồi quy tuyến tính (*LRR*) trong khi các chỉ số thống kê quan trọng khác nhằm đánh giá độ tin cậy và độ chắc chắn của các kết quả trên như sai số tiêu chuẩn của hồi quy tuyến tính (*LSE*), khoảng tin cậy của hồi quy tuyến tính (*LCI*), ... chưa được xét đến.

Tại Việt Nam, trước các tác động ngày càng rõ rệt của biến đổi khí hậu, các đảo ở khu vực miền Trung, điển hình là đảo Phú Quý đã và đang phải gánh chịu nhiều tác động của thiên tai, đặc biệt là xói lở đường bờ (Kiều Xuân Tuyền và nnk., 2015). Hơn nữa, đảo Phú Quý nằm trên tuyến giao thông giữa đất liền và đảo Trường Sa, có vị trí rất quan trọng về kinh tế và an ninh quốc phòng và nhất là có liên quan đến vấn đề chủ quyền, lãnh thổ của Tổ quốc.

Vì những lý do trên, bài báo này hướng đến mục tiêu thiết lập bộ bản đồ đường bờ hàng năm sử dụng tất cả các ảnh vệ tinh sẵn có dựa trên nền tảng GEE và phân tích biến động của đường bờ đảo Phú Quý theo không gian và thời gian sử dụng công cụ DSAS.

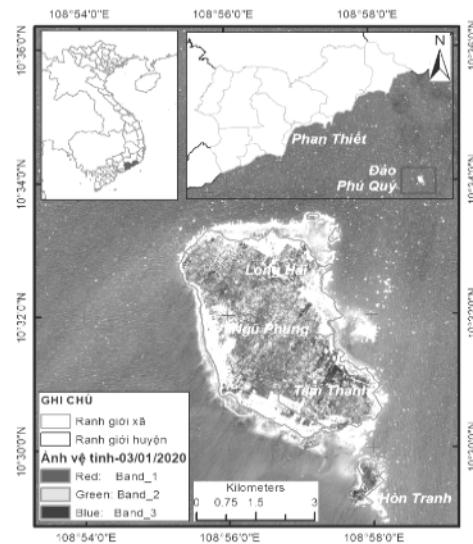
2. KHU VỰC NGHIÊN CỨU VÀ DỮ LIỆU THU THẬP

2.1. Khu vực nghiên cứu

Với diện tích tự nhiên khoảng 1.639,4 ha, đảo Phú Quý là hòn đảo lớn nhất trong tổng số 10 hòn đảo lớn nhỏ của huyện đảo Phú Quý, tỉnh Bình Thuận (Hình 1). Địa hình đảo Phú Quý nhìn chung không bằng phẳng với độ cao trung bình từ 15m đến 20m. Nằm trong vùng Nhiệt đới gió mùa, trên đảo Phú Quý có 2 mùa gió chính: gió mùa Tây Nam từ tháng V-X (chiếm tần suất 32,2%) và gió mùa Đông Bắc từ tháng XI đến tháng IV năm sau (chiếm tần suất 65,5%) (Sở KHCN tỉnh Bình Thuận, 2006).

Dưới tác động của các yếu tố khí tượng và hải văn mà đặc biệt là sóng, gió và dòng chảy ven bờ, các hiện tượng xâm thực bờ biển thường xuyên xảy ra tại nhiều nơi ở cả ba xã của Huyện đảo. Theo Phòng nghiệp vụ kinh tế hạ tầng nông thôn huyện Phú Quý (2014) từ những năm 1978, đảo Phú Quý không những không được bồi đắp mở rộng mà hiện tượng xâm thực bờ biển diễn ra với

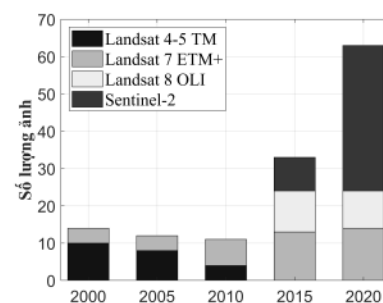
cường độ ngày càng mạnh, nhất là trong những năm trở lại đây. Cụ thể, toàn đảo Phú Quý có khoảng 5.899 m đường bờ bị sạt lở với tốc độ dao động từ 4-5m/năm, ảnh hưởng nghiêm trọng đến an ninh, quốc phòng của Tổ quốc.



Hình 1. Bản đồ địa hình đảo Phú Quý

2.2. Dữ liệu thu thập

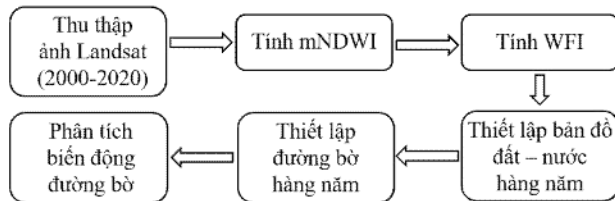
Các ảnh vệ tinh Landsat và Sentinel-2 là những nguồn dữ liệu phổ biến nhất để tính toán các chỉ số quang phổ nước dựa trên các dải quang phổ phù hợp, cũng như độ phân giải không gian trung bình của chúng (Nandi et al., 2016). Đối với nghiên cứu này, tổng cộng 133 ảnh vệ tinh với độ che phủ mây nhỏ hơn 20% (bao gồm các ảnh Landsat 4-5TM, Landsat 7ETM+, Landsat 8OLI và Sentinel-2) trong giai đoạn 2000–2020 (cụ thể là các năm 2000, 2005, 2010, 2015 và 2020) được sử dụng để trích xuất bề mặt nước và đường bờ nhằm phân tích biến động đường bờ của đảo Phú Quý (Hình 2). Mặc dù ảnh Sentinel-2 có độ phân giải cao hơn (đến 10m) nhưng vệ tinh Sentinel-2A và Sentinel-2B mới được phóng vào không gian vào tháng 6/2015 và tháng 3/2017 nên các tác giả chỉ sử dụng các ảnh Sentinel-2 khi phân tích đường bờ của năm 2015 và 2020.



Hình 2. Số lượng ảnh vệ tinh thu thập qua các năm

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trong nghiên cứu này, các tác giả đã trích xuất các đường bờ của đảo Phú Quý từ ảnh vệ tinh sử dụng chỉ số quang phổ nước *mNDWI* (modified Normalized Difference Water Index), từ đó thiết lập đường bờ đại diện (hàng năm) của đảo Phú Quý sử dụng chỉ số tần suất nước *WFI* (Water Frequency Index). Sau đó, công cụ DSAS được sử dụng để tính toán tốc độ thay đổi cũng như những thay đổi và phân tích biến động đường bờ cho khu vực nghiên cứu (Hình 3).



Hình 3. Phương pháp phân tích biến động đường bờ của đảo Phú Quý

3.1. Thiết lập đường bờ hàng năm

Hiện nay với sự xuất hiện của nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine, các nhà nghiên cứu có khả năng trực tiếp truy cập và xử lý kho dữ liệu viễn thám khổng lồ. Nhờ đó, người dùng không cần tải từng ảnh về máy tính cá nhân, cũng như không cần một phần mềm chuyên dụng cho quá trình xử lý. Trong nghiên cứu này, công cụ GEE đã được sử dụng để thiết lập đường bờ hàng năm cho đảo Phú Quý với 3 bước xử lý chính: tính chỉ số quang phổ nước *mNDWI*; tính chỉ số tần suất nước *WFI*; và thiết lập bản đồ đất - nước hàng năm để từ đó thiết lập bản đồ đường bờ hàng năm.

Đầu tiên, chỉ số *mNDWI* được tính toán cho từng ảnh để xác định bề mặt nước cho khu vực nghiên cứu. Vivek G (2019) đã chỉ ra *mNDWI* là chỉ số tốt nhất để thiết lập bản đồ tự động đất - nước hàng năm nhờ vào tính chất hiển thị tốt và khả năng nhân rộng. Chỉ số này được tính theo công thức:

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

Trong đó, *Green* và *MIR* là 2 dải quang phổ (band) của ảnh Landsat và Sentinel-2, lần lượt là dải 1 và 5 đối với ảnh Landsat 4-5; dải 2 và 5 đối với ảnh Landsat 7; dải 3 và 6 đối với ảnh Landsat 8 (độ phân giải 30m); và dải 3 và 8 đối với ảnh Sentinel-2 (độ phân giải 10m).

Chỉ số *mNDWI* có giá trị từ -1 đến 1, trong đó giá trị dương thể hiện các ô pixel mang thuộc

tính nước. Đường bờ trung bình hàng năm, được xác định bằng cách lấy trung bình nhiều vị trí của đường bờ trong một năm, có thể đặc trưng và đại diện cho biến động theo thời gian của đường bờ ở quy mô năm (Almonacid-Caballer et al., 2016). Việc tăng số lượng ảnh quan sát có liên quan đặc biệt đến sự giảm thiểu tác động của biến đổi vị trí đường bờ tức thời khi đánh giá sự thay đổi đường bờ trong dài hạn (Xu, 2018). Do đó trong nghiên cứu này, chỉ số *mNDWI* được tính cho tất cả các ảnh của từng năm nghiên cứu. Sau đó, chỉ số *WFI* đã được sử dụng để xác định và trích xuất mặt nước tiêu biểu hàng năm.

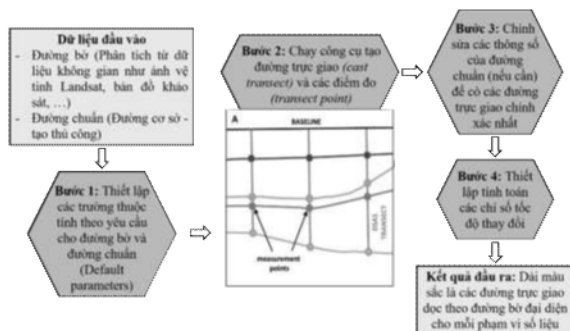
$$WFI = \frac{N_{nước}}{N_{nước} + N_{đất}} \quad (2)$$

Trong đó, $N_{nước}$ và $N_{đất}$ là số lần xuất hiện nước và đất tại một ô pixel nhất định.

Các pixel với giá trị *WFI* lớn hơn hay bằng 0,5 (trùng ứng với xác suất xuất hiện là 50%) được phân loại lại là các vùng nước/mặt nước tiêu biểu hàng năm. Từ đó, ta có thể thiết lập bản đồ phân loại đất-nước hàng năm để mô tả mặt nước đặc trưng hàng năm. Đường bờ đại diện cho một năm được xác định bằng đường ranh giới giữa vùng đất và vùng nước, và được làm mịn bằng công cụ Cartography trong phần mềm ArcGIS. Ưu điểm của bản đồ này là có thể mô tả đường bờ trung bình hàng năm nhằm giảm thiểu ảnh hưởng của sự biến đổi đường bờ ngắn hạn do biến động của mực nước triều, chiều dài sóng leo, hay sự thay đổi của bùn cát theo mùa (Xu, 2018).

3.2. Phân tích biến động của đường bờ đảo Phú Quý sử dụng phần mềm DSAS

Ứng dụng DSAS có khả năng cung cấp thông tin chi tiết về tốc độ thay đổi hình thái đường bờ biển theo không gian và thời gian bằng cách tạo ra các đường trực giao (transect) vuông góc với đường bờ lịch sử từ đường cơ sở và đi kèm với các tính toán thống kê được sử dụng để đánh giá đường bờ biển (Otoo, 2018). Sau đó, các giao điểm giữa đường trực giao và đường bờ được sử dụng để tính toán các số liệu về sự thay đổi đường bờ biển. Trong nghiên cứu này, đường bờ được trích xuất cho 5 năm 2000, 2005, 2010, 2015 và 2020. Nghiên cứu đã xây dựng đường cơ sở (baseline) thủ công cách 150m về phía biển, thiết lập các đường trực giao từ đường cơ sở cách nhau 50 m và cắt ngang qua tất cả các đường tính toán. Các tính toán và phân tích đường bờ được tiến hành theo các bước như trong Hình 4.



Hình 4. Các bước phân tích diễn biến đường bờ sử dụng phần mềm DSAS

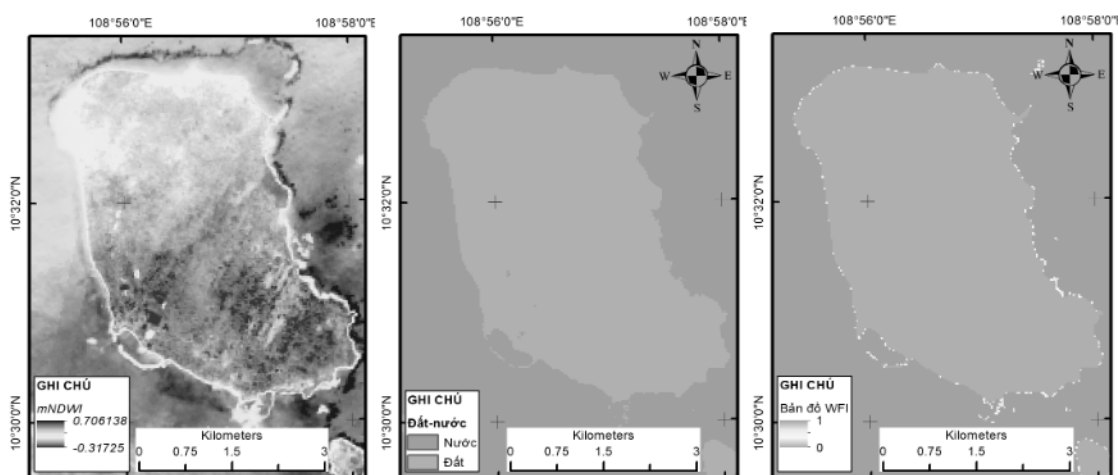
Hai chỉ số thống kê trong DSAS được sử dụng trong nghiên cứu này để tính toán tốc độ xói mòn/bồi tụ và phân tích biến động của đường bờ theo không gian và thời gian là: Tốc độ điểm đầu – điểm cuối (*EPR*) và tốc độ hồi quy tuyến tính (*LRR*). Do *EPR* chỉ áp dụng tốt với hai đường bờ nên chỉ số này thường được dùng để so sánh đường bờ mới nhất với đường bờ cũ nhất (Sutikno et al., 2015). Để nâng cao hiệu suất cũng như giảm thiểu các lỗi không mong muốn, chỉ số *LRR* thường được

áp dụng cho các trường hợp phân tích có nhiều hơn hai đường (O'Rourke, 2017). Việc kết hợp các chỉ số này sẽ cung cấp thông tin quan trọng để đánh giá sự chắc chắn của tốc độ hồi quy được tính toán (Nassar et al., 2019). Cuối cùng, công cụ DSAS sẽ đưa ra tốc độ thay đổi đường bờ tại vùng nghiên cứu, trong đó các giá trị âm biểu thị tốc độ xói lở còn giá trị dương biểu diễn tốc độ bồi của bờ biển (Himmelstoss et al., 2018).

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Bản đồ đường bờ hàng năm của đảo Phú Quý

Các tác giả đã sử dụng công cụ GEE để tính chỉ số *mNDWI* cho tất cả các ảnh và tính chỉ số *WFI* đối với các ảnh trong từng năm được chọn. Hình 5 minh họa kết quả giải đoán bề mặt nước cho một ảnh của năm 2015 cũng như bản đồ *WFI* cho năm 2015. Từ các kết quả tính toán trên, 5 đường bờ đại diện cho các năm 2000, 2005, 2010, 2015 và 2020 đã được thiết lập nhằm phân tích biến động của đường bờ theo không gian và thời gian trong các bước tiếp theo.



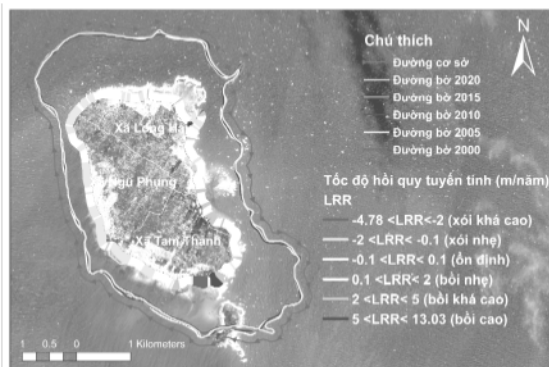
Hình 5. Bản đồ *mNDWI* (trái) và bề mặt nước trích xuất (giữa) sử dụng ảnh Landsat 8 ngày 28/12/2015; và bản đồ *WFI* cho năm 2015 (phải)

4.2. Biến động của đường bờ đảo Phú Quý theo không gian và thời gian

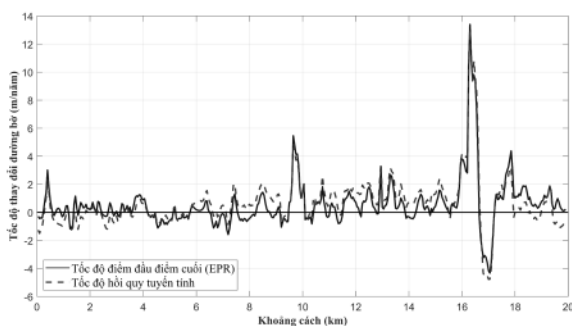
4.2.1. Biến động của đường bờ đảo Phú Quý theo không gian

Phần mềm DSAS đã được sử dụng để phân tích biến động của đường bờ dựa trên bộ dữ liệu đường bờ hàng năm được thiết lập ở bước trước. Có tất cả 398 đường trực giao được tạo thành (tương đương với độ dài 19.990 m, trong đó đường trực giao từ 1 đến 98 nằm trong xã Ngũ Phụng, từ 99 đến 254 là của xã Long Hải và còn

lại thuộc địa phận xã Tam Thanh. Sự biến đổi đường bờ trong vòng 20 năm được chia ra thành 6 ngưỡng chính, tương đương với 6 cấp độ màu sắc khác nhau từ xói lở (từ cam đến đỏ), ổn định (vàng) đến bồi tụ (các màu xanh) (Hình 6). Kết quả cho thấy diễn biến xói lở và bồi tụ đan xen lẫn nhau tại vùng đảo này, trong đó xói lở tập trung nhiều hơn ở hai xã Ngũ Phụng, phía Tây và Nam thuộc Tam Thanh. Trong khi đó phía Bắc đảo (thuộc xã Long Hải) ghi nhận sự ổn định hơn trong suốt quá trình phân tích.



Hình 6. Kết quả phân tích bồi xói bằng phần mềm DSAS sử dụng chỉ số LRR

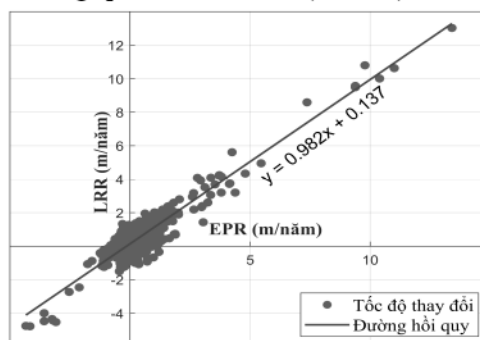


Hình 7. Tốc độ thay đổi đường bờ quanh đảo Phú Quý

Khái quát chung sau tính toán bằng phần mềm DSAS như sau: chỉ số *EPR* chỉ ra rằng có tất cả 124 đường trực giao (31% số đường trực giao) tương ứng với 6.150 m đường bờ bị xói lở; tốc độ xói lở đường bờ trung bình dọc đường bờ trong giai đoạn 2000-2020 là -0,7 m/năm, nơi xói nặng nhất là -4,33 m/năm (Hình 7). Bồi tụ và ổn định được cho là chiếm ưu thế hơn tại vùng đảo này với 274 đường trực giao đại diện (chiếm tới 69% số lượng đường trực giao), tốc độ bồi trung bình là 1,19 m/năm. Trong khi chỉ số *EPR* chỉ áp dụng cho đường bờ 2000 và 2020, chỉ số *LRR* cũng được tính toán để so sánh kết quả với *EPR*. Kết quả xói lở và bồi tụ trung bình từ *LRR* lần lượt là -0,8 m/năm và 1,38 m/năm, giá trị xói lớn nhất là -4,78 m/năm và tốc độ bồi lớn nhất là 13,03 m/năm. Chiều dài sạt lở từ chỉ số *LRR* là khoảng 6.300 m. Kết quả phân tích bằng DSAS cho thấy chiều dài và tốc độ sạt lở trung bình khá trùng khớp với kết quả khảo sát của Phòng nghiệp vụ kinh tế hạ tầng nông thôn huyện Phú Quý (2014).

Xâm thực và bồi tụ được ghi nhận ở cả 3 xã, tuy nhiên tốc độ bồi nhẹ và ổn định chiếm ưu thế hơn. Tại xã Tam Thanh, tốc độ xói lở cao được ghi nhận vùng ở giữa cảng Phú Quý và vịnh Triều Dương (màu đỏ ở Hình 6 và đường trực giao số 336-341, ứng với khoảng cách 16,8-17,05 km ở

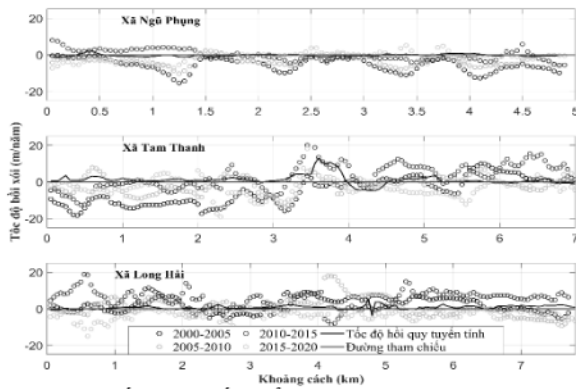
Hình 7). Kết quả phân tích này khá khớp với nghiên cứu về mô hình hóa biến động đường bờ đảo Phú Quý vào năm 2015 (Kiều Xuân Tuyền và nnk., 2015). Vùng bồi tụ lớn cũng được ghi nhận tại vịnh Triều Dương (khoảng cách 16,25-16,55 km). Có thể thấy rằng hai chỉ số *EPR* và *LRR* khá trùng khớp cho giai đoạn dài từ 2000 đến 2020 với chỉ số tương quan $R^2 = 0,927$ (Hình 8).



Hình 8. Tương quan giữa hai chỉ số *EPR* và *LRR*

4.2.2. Phân tích biến động của đường bờ đảo Phú Quý theo thời gian

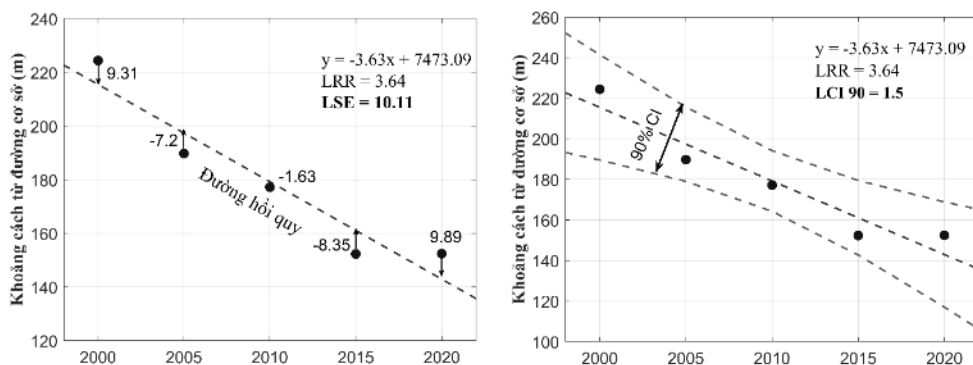
Bên cạnh việc phân tích thay đổi đường bờ theo không gian, biến động theo thời gian cũng được đưa vào nghiên cứu cho từng xã theo giai đoạn mỗi 5 năm, sử dụng chỉ số *EPR* do chỉ có hai đường bờ (Hình 9). Kết quả phân tích cho thấy giai đoạn 2000-2005 chứng kiến xói lở khá cao tại hai xã Ngũ Phụng và Tam Thanh (phía Tây đảo), nơi xói mạnh nhất tại xã Tam Thanh lên tới gần 20 m/năm. Ngược lại, quá trình bồi tụ lại diễn ra mạnh hơn ở phía Nam xã Tam Thanh, trong đó có khu vực bồi nhân tạo phía Nam do việc xây các đê chắn sóng có chiều dài từ 420m đến 750m tại khu cảng Phú Quý (bến Triều Dương) cảng và vùng tránh gió, bão cho tàu thuyền. Đến giai đoạn 2005-2010, hiện tượng xói lở vẫn còn nhưng đã giảm hơn so với giai đoạn trước, tại xã Tam Thanh và Ngũ Phụng, tốc độ suy thoái giảm còn khoảng 10 m/năm. Từ năm 2010 đến 2015, xã Ngũ Phụng và Tam Thanh (phía Tây đảo) chỉ còn xói lở nhẹ, bờ phía Đông và Nam (địa phận Tam Thanh và Long Hải) thiên hướng bồi tụ nhẹ, chỉ có một phần nhỏ Long Hải có hiện tượng suy thoái nhẹ, khoảng 8 m/năm. Giai đoạn gần nhất từ 2015 đến 2020, xói lở hầu như không xuất hiện nhiều, phần lớn là bồi nhẹ hoặc ổn định do đã được xây dựng các công trình chống sạt lở như đóng cọc, kê đá. Tốc độ bồi quy tuyến tính *LRR* cũng được thể hiện trong Hình 9 để phản ánh đúng hơn xu hướng biến đổi đường bờ và tránh kết quả cục đoạn cho thời đoạn tính toán dài hạn.



Hình 9. Tốc độ biến đổi đường bờ theo thời gian cho 3 xã đảo của huyện Phú Quý

Một trong những tính năng vượt trội của DSAS là ngoài EPR và LRR , DSAS còn có thể đưa ra các chỉ số thống kê bổ sung cho kết quả, ví dụ như hệ số tương quan R^2 của hồi quy tuyến

tính ($LR2$), sai số tiêu chuẩn của hồi quy tuyến tính (LSE) và khoảng tin cậy của hồi quy tuyến tính (đối với 90%) ($LCI90$). Các thống kê bổ sung này cung cấp thông tin hữu ích trong việc đánh giá mức độ tin cậy của tỷ lệ hồi quy được tính toán. Ví dụ tại đường trục giao số 219 được thể hiện dưới Hình 10, có giá trị EPR bằng 3,61 m/năm trong giai đoạn 2000 đến 2020. Từ các vị trí đường bờ hàng năm, phương trình hồi quy tuyến tính $y = -3,63x + 7473,09$ được xác định, từ đó ta xác định được giá trị của LRR là 3,64 m/năm và $LCI90$ là 1,5. Khoảng tin cậy xung quanh tốc độ thay đổi được thể hiện là $3,64 \pm 1,5$. Nói cách khác, có 90% độ tin cậy rằng tốc độ thay đổi thực sự là từ 2,14 m/năm đến 5,14 m/năm, với giá trị tương quan $LR2$ là 0,92 và sai số tiêu chuẩn LSE là 10,11.

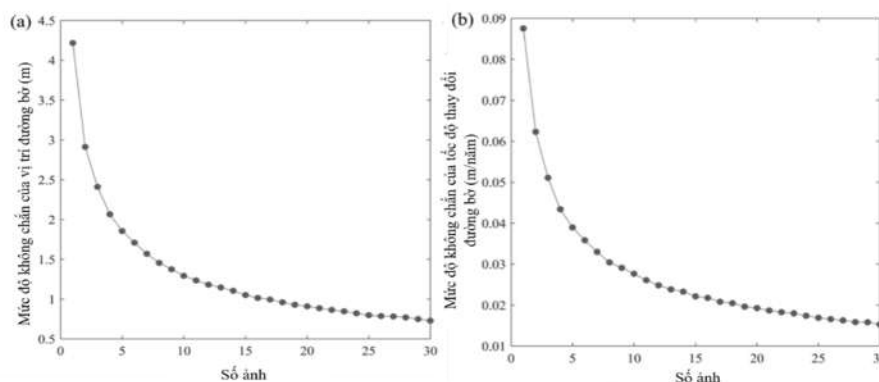


Hình 10. Sai số tiêu chuẩn của LRR tại đường trục giao 219 (trái) và khoảng tin cậy 90% (phải)

4.2.3 Ảnh hưởng của số lượng ảnh phân tích đến kết quả tính toán tốc độ biến động đường bờ

Liên quan đến mức độ chính xác của đường bờ giải đoán, Xu (2018) đã chỉ ra rằng việc sử dụng nhiều ảnh vệ tinh có thể làm giảm mức độ không chắc chắn của vị trí đường bờ trích xuất cũng như tốc độ biến động của đường bờ. Theo kết quả phân

tích, mức độ không chắc chắn của chúng lần lượt là 0,75m và 0,015m/năm với số lượng ảnh phân tích là 30 (Hình 11). Như vậy việc sử dụng nhiều ảnh vệ tinh trong một năm như trong nghiên cứu này, ví dụ 63 ảnh cho năm 2020, sẽ cải thiện đáng kể mức độ tin cậy và tính chắc chắn trong việc đánh giá tốc độ biến động đường bờ cho khu vực nghiên cứu.



Hình 11. Tương quan giữa số ảnh phân tích và mức độ không chắc chắn của: (a) vị trí đường bờ và (b) tốc độ thay đổi đường bờ (Xu, 2018)

5. KẾT LUẬN

Sự biến đổi đường bờ đảo Phú Quý đã được nghiên cứu trong bài báo này bằng việc ứng dụng nền tảng công nghệ điện toán đám mây GEE và công cụ DSAS. Ảnh vệ tinh Landsat và Sentinel-2 của đảo Phú Quý chụp vào các năm 2000, 2005, 2010, 2015 và 2020 đã được xử lý thông qua GEE, từ đó đường bờ đảo hàng năm được trích xuất. Đồng thời, công cụ DSAS đã được ứng dụng để phân tích sự biến động cả về không gian và thời gian của đường bờ đảo Phú Quý qua các năm. Kết quả phân tích cho thấy xói lở và bồi tụ xuất hiện đan xen quanh khu vực nghiên cứu, trong đó tốc độ xói lở mạnh xuất hiện ở khu vực bờ đảo thuộc xã Ngũ Phụng và một phần tại xã Tam Thanh (phía Tây, Nam và Tây Nam đảo), với mức

độ xói mạnh nhất là -4,78 m. Trong khi đó tại phía Đông của đảo ghi nhận hiện tượng bồi tụ bờ đảo được bồi tụ với mức độ lớn nhất đạt 13,03 m và bờ phía Bắc đảo thuộc xã Long Hải lại khá ổn định. Từ kết quả của nghiên cứu này, vị trí và tốc độ bồi tụ hay xói lở bờ biển trên phạm vi toàn đảo có thể được nhận biết dễ dàng. Từ đó chúng ta có thể đưa ra các biện pháp chống xói lở bờ đảo Phú Quý một cách hợp lý và hiệu quả. Trong tương lai gần, sự kết hợp giữa công nghệ xử lý ảnh trên nền tảng điện toán đám mây GEE và công cụ DSAS sẽ là công cụ đắc lực để phân tích và dự báo biến động đường bờ biển, bờ đảo nhờ vào quá trình xử lý dữ liệu nhanh, kịp thời của GEE cũng như các tính năng nổi trội và sự tiện dụng của DSAS trong việc phân tích theo không gian và thời gian.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Phòng nghiệp vụ kinh tế hạ tầng nông thôn huyện Phú Quý. (2014). *Báo cáo hiện trạng xâm thực, xói lở bờ đảo Phú Quý*. <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12319042.pdf>
- Sở KHCN tỉnh Bình Thuận. (2006). *Đánh giá hiện trạng môi trường huyện đảo Phú Quý* (p. 37).
- Kiều Xuân Tuyền và nnk. (2015). *Mô hình hóa biến động đường bờ và xâm thực bãi biển, đảo Phú Quý, tỉnh Bình Thuận*. Tạp Chí Khoa Học và Công Nghệ Thủy Lợi.
- Almonacid-Caballer, J., Sánchez-García, E., Pardo-Pascual, J. E., Balaguer-Beser, A. A., & Palomar-Vázquez, J. (2016). *Evaluation of annual mean shoreline position deduced from Landsat imagery as a mid-term coastal evolution indicator*. Marine Geology, 372, 79–88. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2015.12.015>
- Baig, M. R. I., Ahmad, I. A., Shahfahad, Tayyab, M., & Rahman, A. (2020). *Analysis of shoreline changes in Vishakhapatnam coastal tract of Andhra Pradesh, India: An application of digital shoreline analysis system (DSAS)*. Annals of GIS, 26(4), 361–376. <https://doi.org/10.1080/19475683.2020.1815839>
- Chakraborty, R., & Pal, S. (2020). *Application of numerical models to simulate the charland area from Rajmahal to Farakka barrage of the Ganga river of eastern India*. Spatial Information Research, 28(6), 683–698. <https://doi.org/10.1007/s41324-020-00327-9>
- Chen, W.-W., & Chang, H.-K. (2009). *Estimation of shoreline position and change from satellite images considering tidal variation*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 84(1), 54–60. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2009.06.002>
- Esmail, M., Mahmood, W. E., & Fath, H. (2019). *Assessment and prediction of shoreline change using multi-temporal satellite images and statistics: Case study of Damietta coast, Egypt*. Applied Ocean Research, 82, 274–282. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2018.11.009>
- Ford, M. (2013). *Shoreline changes interpreted from multi-temporal aerial photographs and high resolution satellite images: Wotje Atoll, Marshall Islands*. Remote Sensing of Environment, 135, 130–140. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.03.027>
- G, V., Goswami, S., Samal, R. N., & Choudhury, S. B. (2019). *Monitoring of Chilika Lake mouth dynamics and quantifying rate of shoreline change using 30/m multi-temporal Landsat data*. Data in Brief, 22, 595–600. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.12.082>
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). *Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone*. Remote Sensing of Environment, 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Himmelstoss, E. A., Henderson, R. E., Kratzmann, M. G., & Farris, A. S. (2018). *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.0 user guide*. In Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.0 user guide (USGS Numbered Series No. 2018–1179; Open-File Report, Vols. 2018–1179). U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.3133/ofr20181179>

- Karunaratna, H., & Reeve, D. E. (2013). *A hybrid approach to model shoreline change at multiple timescales*. Continental Shelf Research, 66, 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2013.06.019>
- Nandi, S., Ghosh, M., Kundu, A., Dutta, D., & Baksi, M. (2016). *Shoreline shifting and its prediction using remote sensing and GIS techniques: A case study of Sagar Island, West Bengal (India)*. Journal of Coastal Conservation, 20(1), 61–80. <https://doi.org/10.1007/s11852-015-0418-4>
- Nassar, K., Mahmood, W. E., Fath, H., Masria, A., Nadaoka, K., & Negm, A. (2019). *Shoreline change detection using DSAS technique: Case of North Sinai coast, Egypt*. Marine Georesources & Geotechnology, 37(1), 81–95. <https://doi.org/10.1080/1064119X.2018.1448912>
- O'Rourke, M. J. E. (2017). *Archaeological Site Vulnerability Modelling: The Influence of High Impact Storm Events on Models of Shoreline Erosion in the Western Canadian Arctic*. Open Archaeology, 3(1), 1–16. <https://doi.org/10.1515/opar-2017-0001>
- Otoo, D. A. (2018). *Shoreline Change Analysis of the Coastline of Teshie in Accra*. [Thesis, University Of Ghana]. <http://ugspace.ug.edu.gh/handle/123456789/29631>
- Rahman, A. F., Dragoni, D., & El-Masri, B. (2011). *Response of the Sundarbans coastline to sea level rise and decreased sediment flow: A remote sensing assessment*. Remote Sensing of Environment, 115(12), 3121–3128. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.06.019>
- Stefan Hergarten, & Thomas Kenkmann. (2018). *Has erosion globally increased? Long-term erosion rates as a function of climate derived from the impact crater inventory*. Earth Surf. Dynam. Discuss. <https://doi.org/10.5194/esurf-2018-59>
- Sutikno, S., Murakami, K., & Fauzi, M. (2015). *Calibration of Numerical Model for Shoreline Change Prediction Using Satellite Imagery Data*. <http://journal.ui.ac.id/technology/index.php/journal/article/view/3042>
- Thinh, N. A., & Hens, L. (2017). *A Digital Shoreline Analysis System (DSAS) applied on mangrove shoreline changes along the Giao Thuy coastal area (Nam Dinh, Vietnam) during 2005-2014*. VIETNAM JOURNAL OF EARTH SCIENCES, 39(1), 87–96. <https://doi.org/10.15625/0866-7187/39/1/9231>
- Xu, N. (2018). *Detecting Coastline Change with All Available Landsat Data over 1986–2015: A Case Study for the State of Texas, USA*. Atmosphere, 9(3), 107. <https://doi.org/10.3390/atmos9030107>

Abstract:

SHORELINE CHANGE ANALYSIS IN PHU QUY ISLAND USING SATELLITE IMAGES ON GOOGLE EARTH ENGINE PLATFORM AND DIGITAL SHORELINE ANALYSIS SYSTEM

Shoreline erosion is becoming a concern of many countries around the world due to climate change and sea level rise. The coast in Vietnam have been strongly eroded in recent years, this is not only affecting the socio-economy, people's lives, but also the national security and defense. The coast of Phu Quy island is one of the areas where erosion has occurred in many years in Vietnam. This article has applied the cloud-based platform Google Earth Engine and Digital Shoreline Analysis System (DSAS) to analyse the change of Phu Quy island shoreline based on the Landsat and Sentinel-2 images taken from 2000 to 2020. The results show that erosion and deposition occurred alternately in the studied island coast. The analysis index obtained from DSAS shows that the average rate of coastal erosion is about 0.79 m/year and the severe erosion is up to 5 m/year occurs in the West, South and South-West of the island. On the contrary, the accretion and stability coast of the island are in the North and the East of the island with an average rate of accretion of about 1.38 m/year.

Keywords: Coastal change analysis, satellite images, Google Earth Engine, Digital Shoreline Analysis System, Phu Quy island

Ngày nhận bài: 10/3/2021

Ngày chấp nhận đăng: 31/3/2021

