

Vietnam Journal of Marine Science and Technology; Vol. 19, No. 3B; 2019: 239–248
DOI: <https://doi.org/10.15625/1859-3097/19/3B/14529>
<https://www.vjs.ac.vn/index.php/jmst>

Evaluating the shoreline and bottom terrain variations in the naval port of zone 5, Phu Quoc, Kien Giang by using multi - temporal remote sensing images

Nguyen The Luan*, Nguyen Ngoc Tien, Tran Anh Tuan, Le Dinh Nam, Pham Duc Hung, Nguyen Xuan Tung

Institute of Marine Geology and Geophysics, VAST, Vietnam

*E-mail: ntlun.wh@gmail.com

Received: 25 July 2019; Accepted: 6 October 2019

©2019 Vietnam Academy of Science and Technology (VAST)

Abstract

In this study, the authors aim to study two major contents: (1) Evaluating the shoreline variation in the naval port of zone 5 (in the years of 1999, 2006, 2009 and 2016); (2) Evaluating the bottom terrain variation in the naval port of zone 5 (in the years of 2007 and 2010). Three main research methodologies were applied: (i) Band rationing method for the shoreline extraction; (ii) Shoreline change analysis method using GPS data; (iii) Digital elevation model integrated with bottom terrain analysis method. The most obvious change in shoreline is in the An Thoi port from Mui Den to Mui Ong Doi. In the shoreline from Mui Den to Mui Con Duong, a backward shoreline evolution (erosion) mainly occurred with an average width of about 40–50 m, while some other places had a forward shoreline evolution (accumulation), especially in Mui Con Duong with a width of 60 m. These sediment materials are sent to conductor and accumulation, making the bottom terrain raised. As on the sections AA', BB', CC', DD', we could see that the bottom terrain at the channel of naval port of zone 5 has the depth variation only from 2 m to 4 m. The accumulation rate is up to 1 m/year in this period.

Keywords: Shoreline, bottom topography, erosion, landslide, accumulation, sediment, naval port of zone 5, Phu Quoc, Kien Giang.

Citation: Nguyen The Luan, Nguyen Ngoc Tien, Tran Anh Tuan, Le Dinh Nam, Pham Duc Hung, Nguyen Xuan Tung, 2019. Evaluating the shoreline and bottom terrain variations in the naval port of zone 5, Phu Quoc, Kien Giang by using multi - temporal remote sensing images. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 19(3B), 239–248.

Đánh giá biến động đường bờ và địa hình đáy khu vực quân cảng vùng 5 Hải quân, Phú Quốc, Kiên Giang bằng ảnh viễn thám đa thời gian

Nguyễn Thế Luân*, Nguyễn Ngọc Tiến, Trần Anh Tuấn, Lê Đình Nam, Phạm Đức Hùng, Nguyễn Xuân Tùng

Viện Địa chất và Địa vật lý biển - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Việt Nam

*E-mail: ntluan.wh@gmail.com

Nhận bài: 25-7-2019; Chấp nhận đăng: 6-10-2019

Tóm tắt

Trong nghiên cứu này tập trung vào hai nội dung chính đó là đánh giá biến động đường bờ của khu vực quân cảng vùng 5 Hải quân bằng ảnh viễn thám đa thời gian từ năm 1999 đến năm 2016. Đánh giá biến động địa hình đáy khu vực quân cảng vùng 5 Hải quân (các năm 2007, 2010); Phương pháp nghiên cứu chủ yếu dùng bao gồm: (i) Phương pháp ảnh tỷ số chiết tách đường bờ; (ii) Phương pháp đánh giá biến động đường bờ bằng GIS; (iii) Mô hình số độ cao và phương pháp đánh giá biến động địa hình đáy. Sự thay đổi đường bờ rõ nét nhất là các khu vực cảng An Thới thuộc đoạn bờ từ Mũi Đèn đến Mũi Ông Đội. Khu vực từ Mũi Đèn đến Mũi Con Dương, đường bờ có xu hướng biến động âm (xói lở) diễn ra là chủ yếu với độ rộng trung bình khoảng 40–50 m, một vài nơi đường bờ biến động dương (bồi tụ) đặc biệt là tại khu vực Mũi Con Dương với độ rộng đạt đến 60 m. Nhìn vào các mặt cắt AA', BB', CC', DD' có thể thấy địa hình đáy tại luồng vào các cảng của quân cảng vùng 5 độ sâu chỉ dao động từ 2 m đến 4 m. Tốc độ bồi tụ trong giai đoạn này lên tới 1 m/năm.

Từ khóa: Đường bờ, địa hình đáy, xói lở, sạt lở, bồi tụ trầm tích, quân cảng vùng 5, Phú Quốc, Kiên Giang.

MỞ ĐẦU

Khu vực quân cảng vùng 5 Hải quân là khu vực quân sự, thuộc huyện đảo Phú Quốc, Kiên Giang. Việc nạo vét lòng dẫn đã làm cho đường bờ và lòng dẫn bị mất cân bằng dẫn đến hiện tượng sạt lở, xói lở, dulong bờ và lắng đọng lòng dẫn. Do đó việc nghiên cứu đánh giá biến động đường bờ và biến động địa hình đáy khu vực quân cảng vùng 5 Hải quân là hết sức cần thiết.

Hiện nay, có nhiều phương pháp được áp dụng để nghiên cứu diễn biến đường bờ, điển hình như: Khảo sát trắc địa và GPS, chụp ảnh trên không, viễn thám,... Tất cả các phương pháp đều có những ưu điểm và nhược điểm

riêng, tùy thuộc vào khu vực và dữ liệu nghiên cứu [1]. Trong đó, công nghệ ảnh viễn thám được xem là phương pháp có ưu điểm hơn so với các phương pháp khác [2].

Trên thế giới, năm 1996, McFeeters đã giới thiệu kỹ thuật chỉ số nước khác biệt (NDWI) kết hợp giữa màu xanh lục (band 2) và cận hồng ngoại-NIR (band 4) của ảnh Landsat TM. McFeeters đề nghị giá trị ngưỡng bằng 0 để tách nước, các giá trị lớn hơn 0 được phân loại là nước và ngược lại không phải là nước [3]. Năm 2006, H. Xu phát hiện ra rằng trong các khu vực đã được xây dựng thì kỹ thuật NDWI cho kết quả không tốt và đề xuất một kỹ thuật khác là chỉ số nước khác biệt được hiệu chỉnh

(MNDWI) bằng cách thay thế band cận hồng ngoại bởi band giữa hồng ngoại-MIR (trong đó bộ cảm biến ETM+ là band 5 và OLI là band 6) [4]. Một hạn chế chung tồn tại trong cả hai kỹ thuật NDWI, MNDWI là không thể cung cấp một giá trị ngưỡng chính xác dùng để phân tách rõ ràng giữa đất và nước [5]. Để khắc phục những hạn chế trong hai kỹ thuật NDWI và MNDWI. Năm 2014, Feyisa et al., (2014) [6] đề xuất chỉ số AWEI (Automated Water Extraction Index) trên cơ sở phản xạ phổ ở dải sóng xanh lục và giữa hồng ngoại phục vụ chiết tách thông tin đường bờ. Chỉ số AWEI cũng đã được chứng minh tính hiệu quả so với các chỉ số khác trong nghiên cứu diễn biến đường bờ từ ảnh vệ tinh Landsat [7].

Các nghiên cứu sử dụng kết quả phân loại mặt nước từ ảnh vệ tinh đa thời gian, sau đó chồng xếp để phát hiện và đánh giá biến động đường bờ. Klemas (2009) [8] sử dụng tư liệu viễn thám, bao gồm ảnh vệ tinh quang học Landsat và ảnh siêu cao tần (SAR) trong nghiên cứu tài nguyên thiên nhiên và môi trường khu vực ven bờ biển. Proisy et al., (2003) [9] sử dụng đa nguồn tư liệu viễn thám, bao gồm ảnh vệ tinh Landsat, SPOT và Radarsat nhằm nghiên cứu biến động đường bờ khu vực sông Amazon (Nam Mỹ). Tác giả đã sử dụng phương pháp phân loại có giám sát ảnh vệ tinh đa thời gian, sau đó chồng xếp kết quả để phát hiện và đánh giá biến động đường bờ. Gathot Winasor [10] và một số nhà khoa học đã đưa ra phương pháp xác định tự động ranh giới đất liền - nước vào năm 2001.

Trong nước, Trần Văn Điện và nnk., (2005) [11] đã sử dụng tư liệu ảnh vệ tinh đa thời gian, bao gồm ảnh quang học Landsat, ảnh siêu cao tần Radarsat trong đánh giá biến động đường bờ khu vực cửa đầm phá Tam Giang, Cầu Hai. Phạm Thị Phương Thảo và nnk., (2011) [12] sử dụng tư liệu viễn thám đa thời gian kết hợp công nghệ GIS nhằm theo dõi biến động đường bờ khu vực Phan Thiết. Nguyễn Duy Khang, Lê Mạnh Hùng (2012) [13] sử dụng tư liệu viễn thám đa độ phân giải, bao gồm ảnh vệ tinh Landsat TM và SPOT nhằm đánh giá thực trạng xói lở bờ biển và suy thoái rừng phòng hộ khu vực Gò Công Đông, tỉnh Tiền Giang. Tác giả đã số hóa trực

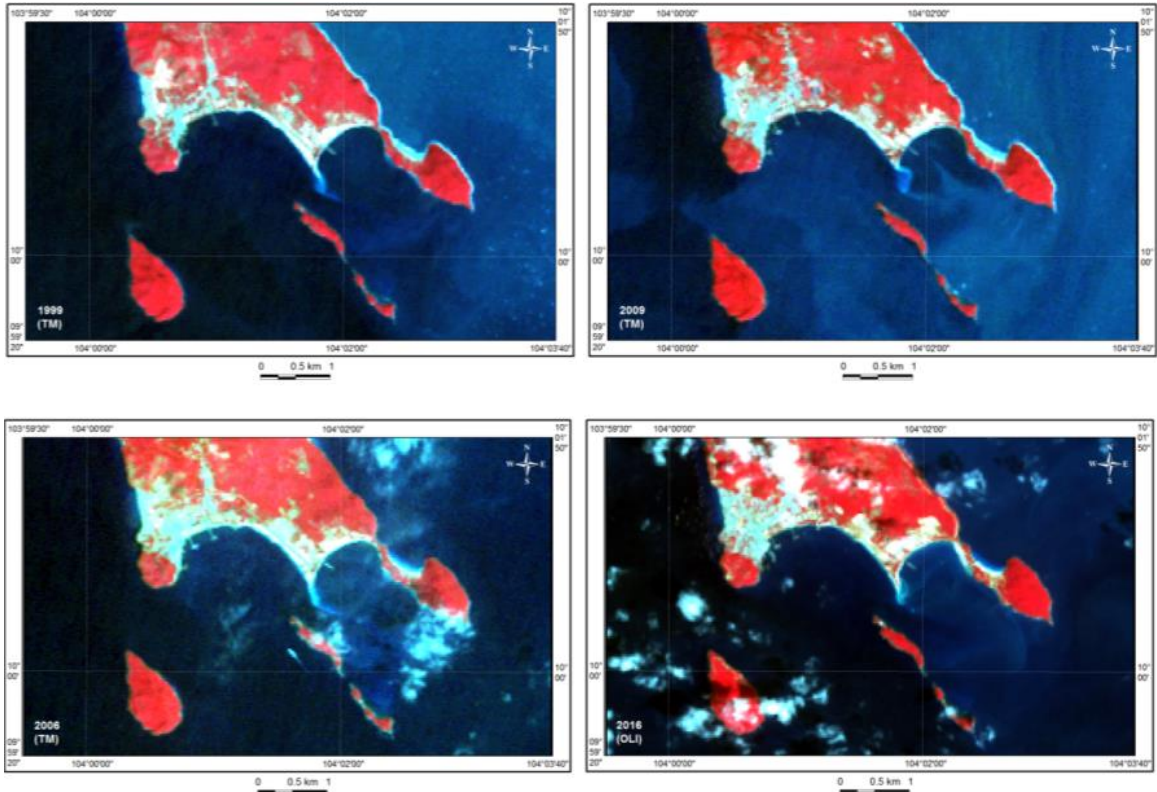
tiếp đường bờ từ ảnh vệ tinh, sau đó chồng xếp để đánh giá biến động đường bờ. Trịnh Lê Hùng và Vũ Danh Tuyên (2013) [14] sử dụng kết quả phân loại ảnh vệ tinh đa thời gian, sau đó áp dụng phép lọc đường biên Sobel nhằm chiết tách thông tin nước - đất liền phục vụ đánh giá biến động đường bờ khu vực hồ Núi Cốc, tỉnh Thái Nguyên. Đào Đình Châm và nnk., (2013) [15] cũng sử dụng tư liệu quan trắc, tư liệu ảnh vệ tinh Landsat giai đoạn 1975–2001 và ảnh SPOT năm 2011 trong phân tích, đánh giá diễn biến bãi bồi ven biển khu vực Cửa Đáy giai đoạn 1966–2011. Huỳnh Văn Chương và nnk., (2014) [16] sử dụng tư liệu viễn thám và chức năng chồng xếp bản đồ trong GIS nhằm đánh giá biến động đường bờ biển khu vực Núi Thành, tỉnh Quảng Nam giai đoạn 2000–2013. Nguyễn Văn Trung và Nguyễn Văn Khánh (2016) [17] sử dụng tư liệu ảnh vệ tinh Landsat đa thời gian trong giai đoạn 1973–2014 phục vụ đánh giá biến động đường bờ khu vực Cửa Đại, sông Thu Bồn, Quảng Nam.

TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP SỬ DỤNG

Tài liệu

Tài liệu được sử dụng trong nghiên cứu hiện trạng và biến động đường bờ khu vực An Thới, Huyện đảo Phú Quốc, tỉnh Kiên Giang là các cảnh ảnh Landsat TM và OLI. Ảnh được thu thập vào các năm 1999, 2006, 2009 và 2016 với thời gian thu nhận ảnh trong khoảng từ 09 h 55' đến 10 h 20'. Các cảnh ảnh thu thập được đã được xử lý ở mức L1T (Level 1 Terrain-corrected), Các ảnh đã được nắn chỉnh hình học về lưới chiếu UTM, múi 48 bắc, datum WGS-84, sau đó được chuyển đổi về hệ quy chiếu VN2000. Các cảnh ảnh sử dụng trong phân tích đường bờ thể hiện trong hình 1.

Trong nghiên cứu đánh giá biến động địa hình đáy khu vực cảng vùng 3 Hải quân, tác giả sử dụng các tài liệu do Cục bản đồ Bộ Tài nguyên Môi trường xuất bản năm 2007, phòng bảo đảm Hàng hải Bộ Tư lệnh Hải quân cung cấp. Ngoài ra còn tham khảo các tài liệu đo vẽ của các Công ty thực hiện phục vụ công tác nạo vét luồng tàu vào khu vực cảng vùng 5, Các tài liệu địa hình, tài liệu thủy- hải văn.



Hình 1. Ảnh Landsat tổ hợp màu giả (kênh 4, 3, 2 đối với bộ cảm TM và kênh 5, 4, 3 đối với bộ cảm OLI)

Phương pháp sử dụng

Phương pháp ảnh tỷ số chiết tách đường bờ

Dữ liệu ảnh Landsat gồm ảnh Landsat TM gồm 7 kênh đa sắc với độ phân giải 30 m, ảnh ETM+ gồm 1 kênh toàn sắc với độ phân giải 15 m và 7 kênh đa sắc với độ phân giải 30 m, tần suất thu nhận được ảnh có độ che phủ mây khu vực nghiên cứu nhỏ hơn 10%. Đường bờ thu nhận qua quá trình xử lý ảnh vệ tinh là các vector dạng đường. Để giảm thiểu sự khác biệt về độ phân giải mặt đất của ảnh vệ tinh đến sản phẩm đường bờ, nghiên cứu đã sử dụng thuật toán làm tròn (smooth) các vector đường bờ.

Các ảnh vệ tinh cùng loại có thời gian chụp khu vực nghiên cứu xấp xỉ nhau, chênh lệch từ 1 phút đến 15 phút. Sự khác biệt mực triều tại các thời điểm thu chụp có thể xảy ra, vì vậy đường bờ từ các ảnh khác nhau thể hiện đường bờ với mực triều khác nhau. Nếu sử dụng đường bờ từ ảnh vệ tinh để so sánh biến động đường bờ theo thời gian thì chắc chắn phải lựa chọn cho được các ảnh có cùng mực triều như nhau.

Dữ liệu viễn thám với đặc điểm đa thời gian, phù hợp cho cả một khu vực rộng lớn chính là công cụ hữu hiệu cho việc theo dõi biến động đường bờ. Có nhiều phương pháp khác nhau trong chiết tách đường bờ từ dữ liệu viễn thám như là kỹ thuật phân ngưỡng đơn kênh hoặc ảnh tỷ số từ 2 kênh trở lên. Trong nghiên cứu này, phương pháp ảnh tỷ số được áp dụng để chiết xuất đường bờ khu vực tây nam Việt Nam từ ảnh viễn thám Landsat TM 1999, 2006, 2009 và ảnh Landsat OLI, 2016 được lựa chọn là phương pháp chỉ số AWEI, do Feyisa et al., (2014) [6] đề xuất chỉ số AWEI (Automated Water Extraction Index) trên cơ sở phản xạ phổ ở dải sóng xanh lục và giữa hồng ngoại phục vụ chiết tách thông tin đường bờ. Chỉ số AWEI cũng đã được chứng minh tính hiệu quả so với các chỉ số khác trong nghiên cứu diễn biến đường bờ từ ảnh vệ tinh Landsat [7].

$$AWEI = 4 \times (\rho_{band2} - \rho_{band5}) - (0,25 \times \rho_{band4} + 2,75 \times \rho_{band7}) \quad (1)$$

Trong đó: ρ là giá trị phản xạ bề mặt của các kênh Landsat TM, đối với ảnh Landsat OLI thì các kênh tương ứng trong công thức nêu trên là các kênh 3, 6, 5 và kênh 7.

Phương pháp đánh giá biến động đường bờ bằng GIS

Phương pháp đánh giá biến động đường bờ được dựa vào kỹ thuật chồng ghép thông tin GIS. Kỹ thuật này tạo ra một lớp thông tin mới từ nhiều lớp thông tin khác nhau trong cùng một phạm vi khu vực nghiên cứu. Biến động đường bờ được xác định bằng việc so sánh các đường bờ xác định từ các ảnh vệ tinh ở thời điểm các năm khác nhau. Dựa trên đường bờ ở các năm 1999, 2006, 2009 và 2016 sẽ đánh giá được quá trình biến động đường bờ giữa các năm và trong cả giai đoạn từ 1999–2016.

Mô hình số độ cao và phương pháp đánh giá biến động địa hình đáy

Dựa trên các số liệu khảo sát thực tế về địa hình và các tài liệu tham khảo đã nêu ở trên, nghiên cứu đã tiến hành xây dựng mô hình số độ cao cho vùng nghiên cứu qua mỗi thời kỳ tương ứng. Để đạt được độ chính xác cao nhất

trong nghiên cứu, tác giả đã xây dựng mô hình số độ cao với giá trị cell size là 5,0 m, tương ứng với tỷ lệ bản đồ là 1:5.000.

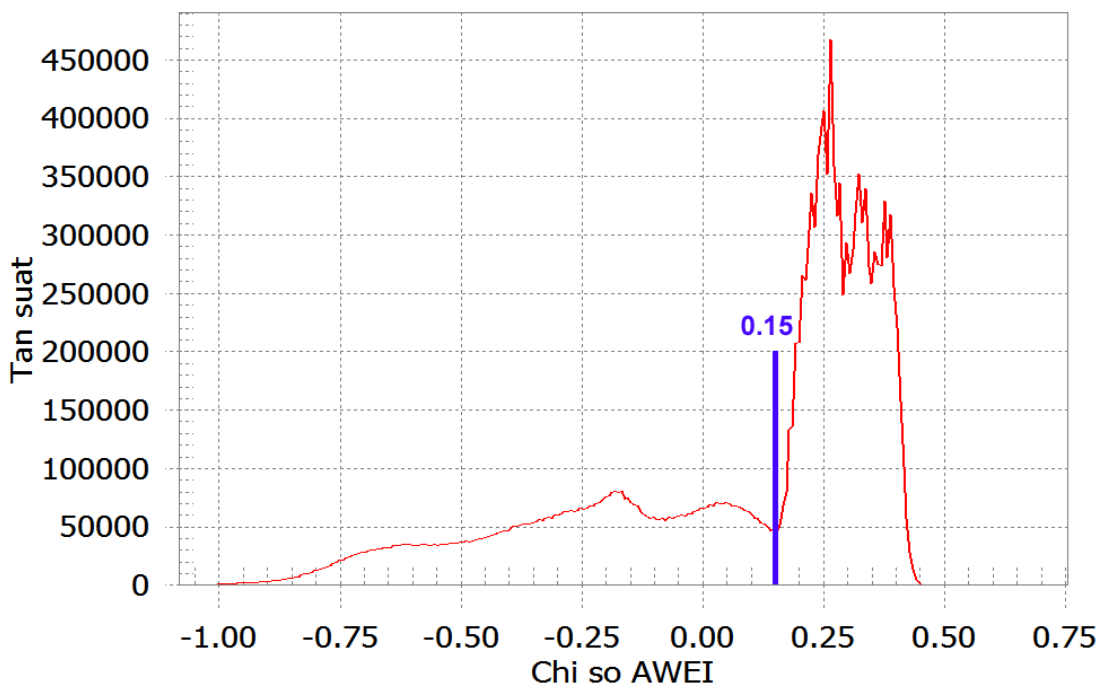
Từ những DEM (bản đồ mô hình số độ cao) xây dựng được, tiến hành dùng phép trừ giữa các giá trị pixel của các DEM với nhau để tìm ra sự biến động địa hình đáy qua các thời kỳ và theo phương án trước và sau khi nạo vét ở khu vực cảng vùng 5 Hải quân. Trên cơ sở đó định lượng được sự biến động địa hình đáy, bao gồm: Giá trị bồi lớn nhất, giá trị xói lớn nhất, giá trị xói lở - bồi tụ trung bình và thể tích xói lở - bồi tụ cho mỗi khu vực tính toán.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

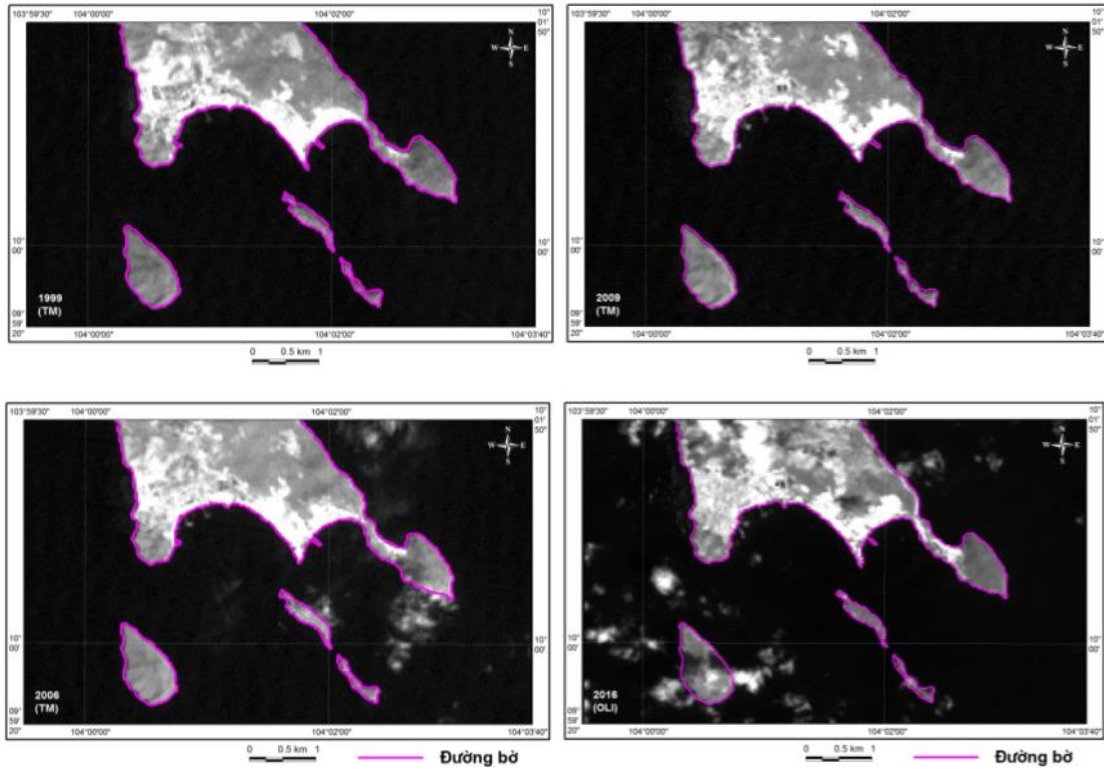
Kết quả đánh giá đường bờ

Chiết tách đường bờ từ ảnh vệ tinh Landsat

Bằng việc sử dụng công thức (1), ảnh AWEI được tính toán cho các cảnh ảnh từng năm, dựa vào biểu đồ phân phối giá trị, xác định được ranh giới đường bờ nước. Trong các ảnh AWEI giá trị ngưỡng được xác định là 0,15, nếu $AWEI > 0,15$ là nước và $AWEI < 0,15$ là đất (hình 2).



Hình 2. Biểu đồ phân phối giá trị AWEI và ngưỡng xác định ranh giới đất và nước

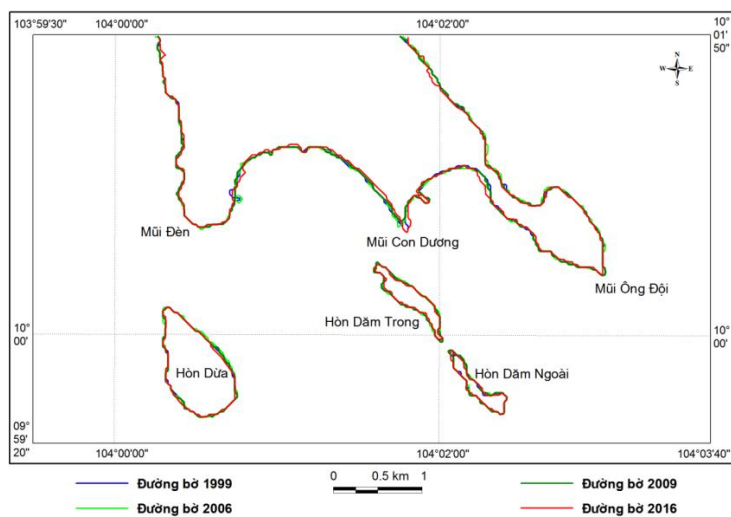


Hình 3. Đường bờ được chiết tách từ ảnh chỉ số AWEI

Biến động đường bờ khu vực nghiên cứu

Bằng việc sử dụng kỹ thuật chồng ghép GIS, đường bờ biển các năm 1999, 2009 và 2016 của khu vực nghiên cứu được chồng lên nhau để xác định sự biến động của chúng trong giai đoạn 1999–2016. Kết quả cho thấy,

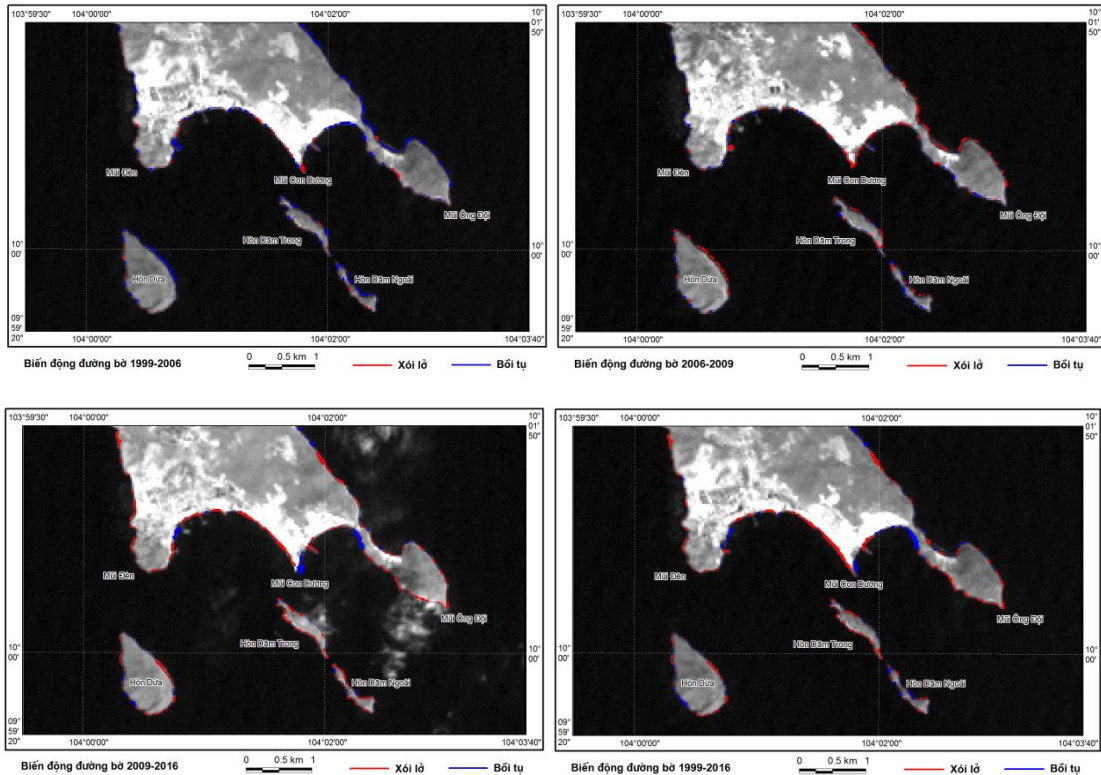
quá trình thay đổi đường bờ rõ nét nhất là các khu vực cảng An Thới (đoạn từ Mũi Đèn đến Mũi Ông Đội) (hình 4). Trong đó quá trình biến động mạnh nhất diễn ra ở khu vực Mũi Con Dương.



Hình 4. Các thể hệ đường bờ giai đoạn 1999–2016

Trên hình 5 là biến động đường bờ ở các giai đoạn khác nhau. Trong các năm 1999–2006 và 2006–2009 đường bờ hầu như ít biến động, biến động chủ yếu diễn ra trong giai đoạn 2009–2016, trong đó khu vực từ Mũi Đèn đến Mũi Con Dương, đường bờ có xu hướng biến động âm (xói lở) diễn ra là chủ yếu với độ rộng trung bình khoảng 40–50 m, một vài nơi đường bờ biến động dương (bồi tụ) đặc biệt là tại khu vực Mũi Con Dương với độ rộng đạt đến 60 m.

Nguyên nhân có thể ở khu vực quần đảo An Thới và khu vực quân cảng vùng 5 không được che chắn nên chịu tác động mạnh mẽ của các yếu tố động lực biển (sóng, gió, thủy triều, dòng chảy ven bờ, nước dâng...). Do cấu trúc bờ biển ở khu vực là cát bờ rời nên rất dễ sạt lở dưới tác động của sóng và dòng ven bờ, dẫn đến khu vực Mũi Đèn và vùng ngoài Mũi Ông Đội bị biến động mạnh theo mùa.



Hình 5. Biến động đường bờ các giai đoạn

Kết quả đánh giá biến động địa hình đáy khu vực cảng vùng 5

Các kết quả được đánh giá dưới dạng các mặt cắt AA', BB', CC', DD' được thể hiện trên hình 6.

Sự khác biệt của địa hình đáy giữa các thời điểm, từ năm 2007 đến năm 2010 là cơ sở để đánh giá diễn biến địa hình đáy khu vực cảng vùng 5 Hải quân.

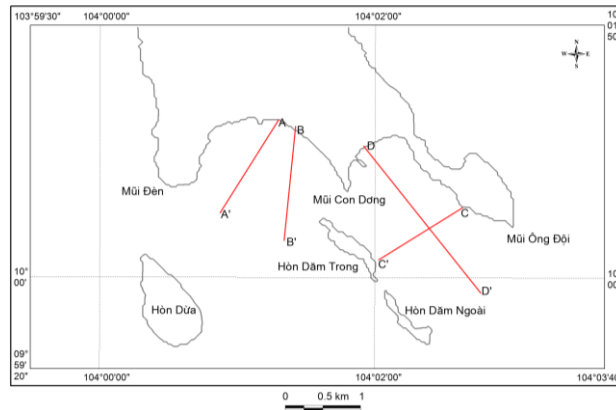
Kết quả cho thấy, trong thời điểm này địa hình đáy luồng được bồi lên với tốc độ khá lớn, nhất là khu vực luồng tàu vào cảng (hình 7a–7b), cụ thể:

Bờ phía phải cầu cảng số 3 nằm ở mũi đông nam đảo Phú Quốc thuộc thị trấn An Thới, huyện đảo Phú Quốc có xu hướng xói nhẹ, tốc độ xói trung bình khoảng từ 0,08–0,1 m/năm. Bờ trái của khu vực cảng có xu thế bồi, tốc độ bồi trung bình khoảng 0,1–0,15 m/năm. Hiện tượng bồi tụ này gây khó khăn cho tàu Hải quân có trọng tải lớn ra vào cảng.

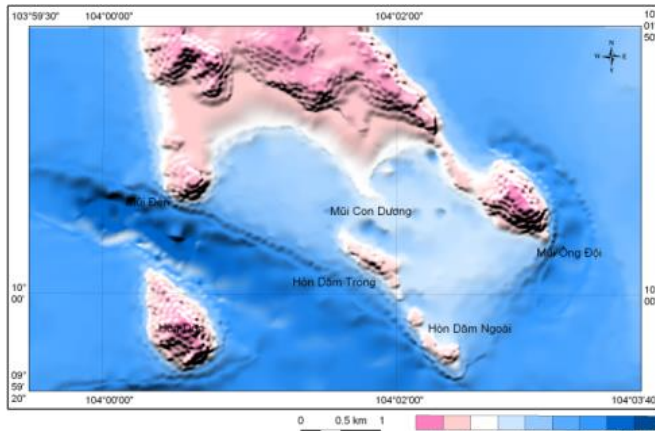
Nhìn chung, trong giai đoạn này, địa hình đáy khu vực cảng vùng 5 được bồi lên tương đối mạnh. Tốc độ bồi tụ trên toàn vùng tính toán khoảng 0,09 m² (diện tích của vùng tính toán khu vực cảng số 1, 2 có diện tích sử dụng

khoảng 607.000 m² ~ 60,7 ha, khu vực cảng số 3 có diện tích sử dụng khoảng 1.845.529 m² ~ 184,55 ha). Cầu cảng 1 và cầu cảng số 2 nằm

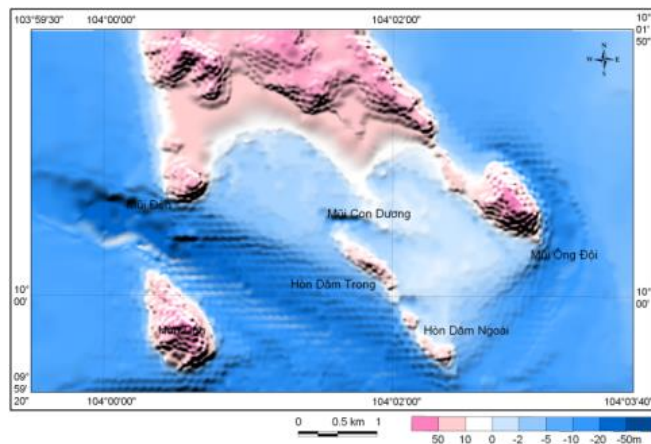
tại mũi nam đảo Phú Quốc với phạm vi khu nước của cảng có diện tích sử dụng khoảng 607.000 m² - 60,7 ha.



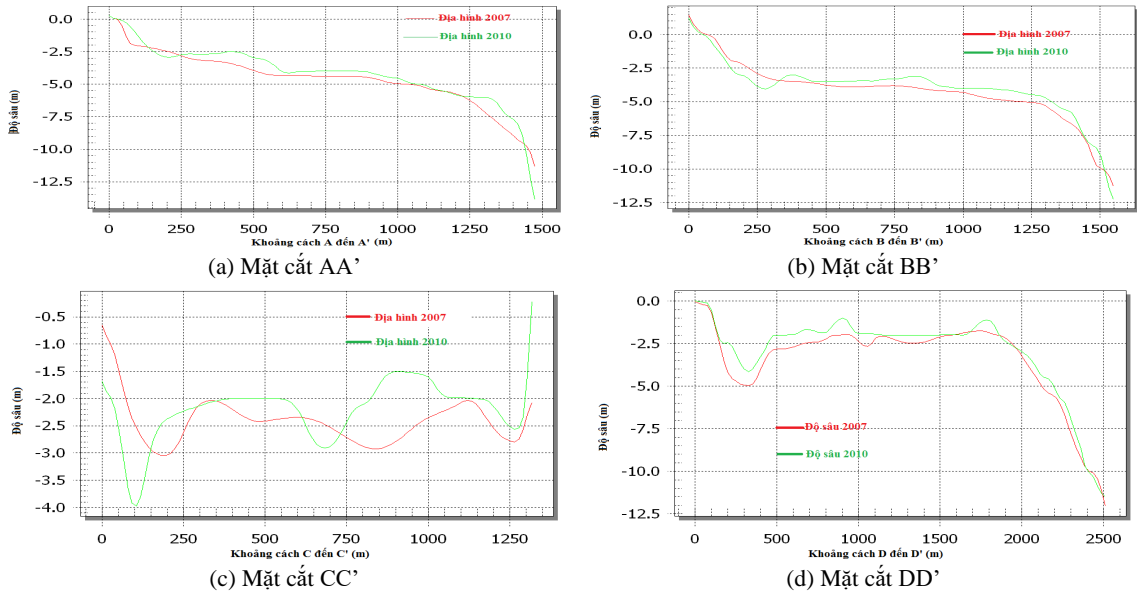
Hình 6. Sơ đồ mặt cát tại vùng nghiên cứu



Hình 7a. Mô hình số độ cao khu vực cảng vùng 5 năm 2007



Hình 7b. Mô hình số độ cao khu vực cảng vùng 5 năm 2010



Hình 8. Biến đổi địa hình từ năm 2007 đến 2010 tại mặt cắt AA', BB', CC', DD'

Các kết quả biến động địa hình đáy trong giai đoạn từ năm 2007 đến năm 2010 được thể hiện qua các mặt cắt AA', BB', CC', DD'. Nhìn vào các mặt cắt có thể thấy trước khi nạo vét địa hình tại luồng vào các cảng của quân cảng vùng 5 độ sâu chỉ dao động từ 2 m đến 4 m. Tốc độ bồi tụ trong giai đoạn này lên tới 1 m/năm. Nguyên nhân là do sóng đưa các vật liệu như bùn, cát từ phía ngoài biển nông vào và sự xói lở dọc bờ đã đưa bùn cát dọc bờ đưa ra lòng dẫn.

Ở dải ven biển khu vực huyện An Thới từ tháng 12 đến tháng 3 năm sau, sóng hướng đông bắc hoạt động khá mạnh tác động vào khu vực các đảo, vì vậy phía bờ phải vẫn bị xói lở mạnh. Từ tháng 3 trở đi các sóng hướng đông bắc hoạt động yếu dần, nhưng xuất hiện các sóng hướng đông và đông nam hoạt động mạnh nên dòng chảy dọc bờ mang vật liệu từ phía nam lên bồi ở phía bắc khu vực cảng. Ngoài ra, ở khu vực cảng có sự tương tác giữa các dòng thành phần như dòng sóng ven bờ, dòng triều và dòng chảy do sóng đã làm vật liệu được tích tụ mạnh gây bồi lấp ở khu vực luồng tàu vào cảng vùng 5. Đặc biệt trong giai đoạn từ năm 2007 đến năm 2010 ở khu vực cảng vùng 5 xuất hiện nhiều bar, bãi cát án ngữ ngay trước cửa gây khó khăn cho hoạt

động giao thông thủy. Điều này có thể lý giải như sau: Trong mùa khô vì dòng chảy có tốc độ nhỏ không thể đẩy được các vật liệu bùn cát ra xa cửa (các vật liệu này phần lớn do sóng đưa từ phía ngoài biển nông vào và dòng bùn cát dọc bờ đưa ra) nên lòng dẫn cửa sông thường bị bồi lấp mạnh và cửa sông bị thu hẹp lại vào khoảng thời gian này.

Nhận xét và thảo luận

Kết quả cho thấy, trong khu vực nghiên cứu đường bờ thay đổi rõ nét nhất là các khu vực cảng An Thới thuộc đoạn bờ từ Mũi Đèn đến Mũi Ông Đội. Trong đó, quá trình biến động mạnh nhất diễn ra ở khu vực Mũi Con Dương. Biến động chủ yếu diễn ra trong giai đoạn 2009–2016, trong đó khu vực từ Mũi Đèn đến Mũi Con Dương, đường bờ có xu hướng biến động âm (xói lở) diễn ra là chủ yếu với độ rộng trung bình khoảng 40–50 m, một vài nơi đường bờ biến động dương (bồi tụ) đặc biệt là tại khu vực Mũi Con Dương với độ rộng đạt đến 60 m.

Kết quả biến động địa hình đáy trong giai đoạn từ năm 2007 đến năm 2010 được thể hiện qua các mặt cắt AA', BB', CC', DD'. Nhìn vào các mặt cắt có thể thấy địa hình đáy tại luồng vào các cảng của quân cảng V5 độ sâu chỉ dao động từ 2 m đến 4 m. Tốc độ bồi tụ trong giai đoạn này lên tới 1 m/năm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ozturk, D., and Sesli, F. A., 2015. Shoreline change analysis of the Kizilirmak Lagoon Series. *Ocean & Coastal Management*, 118, 290–308.
- [2] Du, Z., Li, W., Zhou, D., Tian, L., Ling, F., Wang, H., ... and Sun, B., 2014. Analysis of Landsat-8 OLI imagery for land surface water mapping. *Remote sensing letters*, 5(7), 672–681.
- [3] McFeeters, S. K., 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432.
- [4] Xu, H., 2006. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025–3033.
- [5] Feyisa, G. L., Meilby, H., Fensholt, R., and Proud, S. R., 2014. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 140, 23–35.
- [6] Feyisa, G. L., Meilby, H., Fensholt, R., and Proud, S. R., 2014. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 140, 23–35.
- [7] Li, W., and Gong, P., 2016. Continuous monitoring of coastline dynamics in western Florida with a 30-year time series of Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 179, 196–209.
- [8] Klemas, P., and Victor, V., 2009. Remote sensing of coastal resources and environment. *Environmental Research, Engineering and Management*, 48(2), 11–18.
- [9] Proisy, C., Souza Filho, P., Fromard, F., Prost, M. T., Mendes, A. C., and De Coligny, F., 2003. Monitoring the Dynamic of the Amazon Coast (Pará, Brasil and French Guiana) Using a Common Methodology Based on a Spatial Analysis Coupled to a Simulation Tool. *Mangrove 2003*.
- [10] Winarso, G., and Budhiman, S., 2001. The potential application of remote sensing data for coastal study. In *Proc. 22nd. Asian Conference on Remote Sensing, Singapore* (pp. 1–5).
- [11] Trần Văn Điện, Trần Đình Lâm, Trần Đức Thạnh, Nguyễn Văn Thảo, Đỗ Thu Hương, 2005. Ứng dụng viễn thám giám sát xói lở bờ biển và biến động cửa đầm phá Tam Giang, Cầu Hai, Kỳ yếu Hội thảo Quốc gia về đầm phá Thừa Thiên-Huế. Tr. 277–287.
- [12] Phạm Thị Phương Thảo, Hồ Đình Duẩn, Đặng Văn Tô, 2011. Ứng dụng viễn thám và GIS trong theo dõi và tính toán biến động đường bờ vực Phan Thiết. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 11(3), 1–13.
- [13] Nguyễn Duy Khang, Lê Mạnh Hùng, 2012. Thực trạng xói lở bờ biển, suy thoái rừng phòng hộ và xu thế diễn biến đường bờ khu vực ven biển Gò Công Đông, tỉnh Tiền Giang. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*.
- [14] Trịnh Lê Hùng, Vũ Danh Tuyên, 2013. Nghiên cứu phương pháp xác định biến động đường bờ dựa trên kết quả phân loại ảnh viễn thám đa thời gian. *Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường*, 1, 42–47.
- [15] Đào Đình Châm, Nguyễn Thái Sơn, Nguyễn Quang Minh, 2013. Ứng dụng công nghệ viễn thám và hệ thống tin địa lý trong đánh giá diễn biến bãi bồi ven biển Cửa Đáy qua các thời kỳ (1996–2011). *Tạp chí Các khoa học về Trái đất*, 35(4), 349–356.
- [16] Huỳnh Văn Chương, Trần Huy Cường, Phạm Gia Tùng, 2014. Ứng dụng viễn thám và GIS đánh giá sự biến đổi địa hình bờ biển khu vực Núi Thành, tỉnh Quảng Nam giai đoạn 2000–2013. *Kỷ yếu Hội thảo Ứng dụng GIS toàn quốc 2014*. Tr. 1–8.
- [17] Nguyễn Văn Trung, Nguyễn Văn Khánh, 2016. Quan trắc sự biến động đường bờ sử dụng ảnh 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*.