



**ĐÁNH GIÁ XÓI LỞ VÀ BỒI TỤ VÙNG CỬA SÔNG VEN BIỂN  
BẰNG VIỄN THÁM VÀ GIS:  
TRƯỜNG HỢP NGHIÊN CỨU VÙNG CỬA SÔNG TỈNH HÀ TĨNH, VIỆT NAM**  
*Nguyễn Quang Tuấn\*, Đỗ Thị Việt Hương, Nguyễn Quang Việt*  
*Khoa Địa lí – Địa chất, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế*  
Ngày nhận bài: 15-9-2018; ngày nhận bài sửa: 26-10-2018; ngày duyệt đăng: 21-11-2018

**TÓM TẮT**

Bài báo trình bày ứng dụng kỹ thuật viễn thám và GIS để giải đoán và phân tích sự thay đổi về không gian và thời gian đường bờ biển các khu vực cửa sông tỉnh Hà Tĩnh, Việt Nam. Việc kết hợp kỹ thuật phân loại dựa vào định hướng đối tượng và phân ngưỡng đồ thị histogram chỉ số khác biệt về nước NDWI, hệ thống phân tích đường bờ (DSAS) trên các ảnh vệ tinh Landsat đa thời gian, tốc độ biến động đường bờ được phân tích một cách dễ dàng và nhanh chóng. Bốn cửa sông phân bố dọc theo 137 km đường bờ biển tỉnh Hà Tĩnh được đưa vào phân tích bao gồm: Cửa Hội, cửa Sót, cửa Nhượng và cửa Khâu. Kết quả nghiên cứu thể hiện những quá trình bồi và xói trong suốt 16 năm (2000-2016). Xu hướng bồi tụ và xói lở diễn ra theo nhiều cách khác nhau tùy thuộc vào từng cửa sông. Trong đó cửa Hội ở khu vực phía Bắc có tốc độ bồi lắng cao với tốc độ trung bình 1,48 m/năm, những cửa sông còn lại ở phía Nam lại bị xói lở nhiều. Từ đó, các biện pháp cơ trong trong quan lý và bảo vệ của sông, bờ biển cũng được đề xuất.

**Từ khóa:** ảnh Landsat, NDWI, DSAS, xói lở, bồi tụ, Hà Tĩnh.

**ABSTRACT**

***Evaluating estuary erosion and deposition using remote sensing and GIS:  
A case study on Ha Tinh estuary regions, Vietnam***

This paper presents an application of satellite remote sensing and GIS techniques to detect and analyze the spatial changes as well as quantify the shoreline change for estuary regions in Ha Tinh province, Vietnam. By integrating modern techniques of object-based image processing techniques, histogram thresholding of Normalized Difference Water Index (NDWI), Digital Shoreline Analysis System (DSAS) with temporal Landsat images, the rates of shoreline change would be easily and quickly assessed the hot spots estuary region. The four estuaries which distributed evenly over 137 km of Ha Tinh coastal line from North to South was examined as Hoi, Sot, Nhung, and Khau. The results of this study present shoreline change map of Ha Tinh estuary regions and the accretions – erosion processes for last 16 years (2000-2016). The trend of accretions and erosion process were occurred a difference in each estuary, in which Hoi estuary in the northern indicated a high rate of accretion with the average of 1.48m/yr whereas the other estuaries toward the southern indicated a high rate of erosion. This study will provide the basis for proposing the management and protection solutions in estuaries and coastal areas.

**Keywords:** estuary erosion and deposition, DSAS, Landsat, NDWI, Ha Tinh.

**1. Đặt vấn đề**

Hà Tĩnh có diện tích tự nhiên là 6055,6 km<sup>2</sup>, thuộc vùng Bắc Trung Bộ, với tọa độ địa lí phần đất liền được giới hạn từ 17<sup>0</sup>53' đến 18<sup>0</sup>45' vĩ độ Bắc và từ 105<sup>0</sup>05' đến 106<sup>0</sup>30' kinh độ Đông, có đường bờ biển kéo dài 137 km. Tổng diện tích của vùng ven biển vào

\* Email: tuanhuegis@gmail.com

khoảng 41,4 ngàn ha chiếm 6,9% diện tích đất tự nhiên của tỉnh [1]. Đường bờ biển chạy theo hướng Tây Bắc – Đông Nam kéo dài từ huyện Nghi Xuân đến đèo Ngang của huyện Kỳ Anh. Địa hình vùng này dốc thoải từ Tây sang Đông, có độ cao tự nhiên từ +2,00 m đến +4,00 m, khu vực sát biển có độ cao dưới +1,00 m, phần lớn đất đai chua và bị nhiễm mặn. Sản xuất, canh tác vùng này chủ yếu là trồng lúa và rau màu. Các vùng cửa sông, ven biển chủ yếu là sinh vật nước mặn, lợi sinh sống nên rất thích hợp với nuôi trồng thủy sản [2], [3]. Trên địa bàn ảnh hưởng chế độ lũ chính từ tháng 9 đến tháng 10 và lũ tiểu mãn tháng 5 hoặc tháng 6 gây ra thiên tai lũ lụt dữ dội với đỉnh lũ thường đạt tới 4-5 m/s.km<sup>2</sup>. Một số loại hình thiên tai liên quan đến dòng chảy như lũ quét, sạt lở đất, xói lở bờ sông, bờ biển, rửa trôi xói mòn bề mặt và tích tụ lầy hoá thường xuyên xảy ra gây ảnh hưởng đến đời sống và tính mạng người dân địa phương. Hiện tượng xói lở – bồi tụ (XL – BT) vùng cửa sông ven biển (CSVB) đã và đang là mối đe dọa đối với đất sản xuất, hệ thống giao thông và nơi sinh sống của người dân. Hệ thống đê biển của tỉnh thường xuyên bị sạt lở, đặc biệt là do tác động của sóng, bão. Hàng năm, Hà Tĩnh phải huy động một khoản kinh phí và nhân lực không nhỏ để duy trì hoạt động của hệ thống. Cùng với sự gia tăng thời tiết bất thường do tác động của biến đổi khí hậu, các loại hình thiên tai xảy ra càng nghiêm trọng, bất thường, việc ứng dụng viễn thám và GIS để tiến hành nghiên cứu thực trạng, kiến giải nguyên nhân, dự báo hiện tượng XL – BT vùng CSVB tỉnh Hà Tĩnh, kiến nghị các giải pháp làm giảm nhẹ thiệt hại do hiện tượng này gây ra góp phần phát triển kinh tế – xã hội (KT – XH) của tỉnh theo hướng bền vững là rất cần thiết.

## **2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu**

### **2.1. Dữ liệu**

Vùng ven biển Hà Tĩnh bao gồm bốn cửa sông chính: Cửa Hội (Nghi Xuân – Nghi Lộc, Nghệ An), Cửa Sót (Lộc Hà – Thạch Hà), Cửa Nhượng (Cẩm Xuyên – Cẩm Lĩnh) và Cửa Khẩu (Kỳ Anh) (Hình 1). Dữ liệu thu thập cho nghiên cứu bao gồm các tài liệu điều tra khảo sát của các chương trình, đề tài, dự án từ trước đến nay có liên quan đến nội dung của đề tài: Địa chất, địa mạo, địa động lực, khí hậu, thủy văn (mực nước, lưu lượng...), địa chất công trình, hải văn (sóng, thủy triều...) và các hoạt động kinh tế công trình trên địa bàn tỉnh. Để phân tích hiện trạng XL – BT bốn cửa sông Hà Tĩnh giai đoạn 2000-2016, nghiên cứu đã sử dụng ảnh viễn thám Landsat đa thời gian (2000, 2005, 2010 và 2016) với độ phân giải 30 x 30 m để tách chiết đường bờ. Nguồn dữ liệu ảnh Landsat thu thập từ trang web của Cơ quan Địa chất Hoa Kỳ (USGS) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), hàng và cột tương ứng 126/047 với hệ quy chiếu WGS-84 UTM, múi thứ 48 ở bán cầu Bắc (Bảng 1).

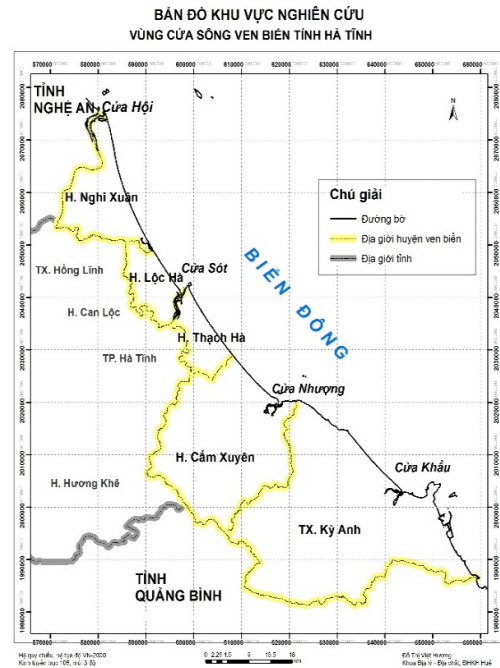
**Bảng 1.** Các ảnh Landsat sử dụng trong nghiên cứu tại khu vực tỉnh Hà Tĩnh

Loại ảnh	Độ che phủ mây (%)	Ngày chụp	Năm quy ước
Landsat 8 OLI	5,52	09-5-2016	2016
Landsat 5 TM	26	12-7-2010	2010
Landsat 5 TM	5	14-7-2005	2005
Landsat 7 ETM+	3	06-6-2000	2000

Ngoài ra, nghiên cứu còn sử dụng cơ sở dữ liệu bản đồ địa hình tỉnh Hà Tĩnh, tỉ lệ 1/10.000 làm cơ sở tham chiếu cho công tác nắn chỉnh hệ quy chiếu, hệ tọa độ quốc gia VN-2000.

**2.2. Phương pháp nghiên cứu**

Việc tiếp cận kỹ thuật viễn thám và GIS trong trích xuất đường bờ đã được nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới và Việt Nam đưa ra trong thời gian qua. Các kỹ thuật có thể thực hiện bằng phương pháp phân loại ảnh (Maximum Likelihood) [4], phân tích giá trị ngưỡng (threshold) các kênh ảnh [5], ảnh tỉ số các kênh ảnh [6]; ảnh chỉ số [7] - [10] và có thể dựa trên điểm ảnh (pixel based) hay dựa trên định hướng đối tượng (object based) (Bảng 2).



**Hình 1.** Khu vực nghiên cứu

**Bảng 2.** Các thuật toán trích xuất đường bờ áp dụng trên ảnh viễn thám

Thuật toán trích xuất	Tư liệu viễn thám	Phương pháp	Tác giả
Band 5 (MIR)			
B2/B4 (Green/NIR)	Landsat TM, ETM+	Điểm ảnh	Alesheikh, A.A. et al., 2007
B2/B5 Green/MIR			
(B3+B4)/B1	Landsat MSS	Điểm ảnh	Phạm Thị Phương Thảo, Hồ Đình Duẩn, Đặng Văn Tô, 2011
(Red+NIR)/Blue			
NDVI	WordView-2	Điểm ảnh	
(NIR-RED)/(NIR+RED)	Quickbird	Định hướng đối tượng	Pasquale Maglione và nnk., 2014
NDWI	WordView-2	Điểm ảnh	Pasquale Maglione và nnk. 2014
(GREEN-NIR)/(GREEN+NIR)			

Thuật toán trích xuất	Tư liệu viễn thám	Phương pháp	Tác giả
B2/B4; B2/B5; NDVI, NDWI	Landsat 7 ETM+	Điểm ảnh	Claire Cassé, et al., 2012.
Maximum Likelihood Classification	Landsat TM-5	Điểm ảnh	Tamassoki E, et al., 2014.
NDVI, NDWI	DubaiSat-1 (DS1)		Saeed AL-Mansoori and F. AL-Marzouqi, 2016.
	DubaiSat-2 (DS2)	Điểm ảnh	Marzouqi, 2016.
	Landsat TM		Xizhi Ge, et al., 2014.

Việc sử dụng ảnh chỉ số NDVI, NDWI trong việc phân tách đường bờ được nhiều nghiên cứu sử dụng cho kết quả cao do hiệu quả phân biệt giữa đất và nước [7], [8]. Bên cạnh đó, xu hướng giải đoán ảnh viễn thám theo hướng định hướng đối tượng (Object – based) cũng cho thấy được ưu tiên nghiên cứu trong thời gian gần đây do khả năng nâng cao tính chính xác và hạn chế điểm yếu của phương pháp phân loại truyền thống [11], [12]. Chính vì vậy, trong nghiên cứu này đường bờ được chiết xuất với phân loại ảnh dựa trên định hướng đối tượng dựa trên phân tích ngưỡng ảnh chỉ số khác biệt về nước Normalised Difference Water Index (NDWI) dựa trên sử dụng sự khác biệt giữa kênh Green và kênh NIR để tách chiết diện tích mặt nước.

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR}$$

Áp dụng kết quả phân mảnh và chỉ số NDWI, ngưỡng phân tách đối tượng nước và đất được xác định. Kết quả giải đoán được đối chiếu với kết quả điều tra khảo sát thực địa và số liệu báo cáo thống kê qua các năm.

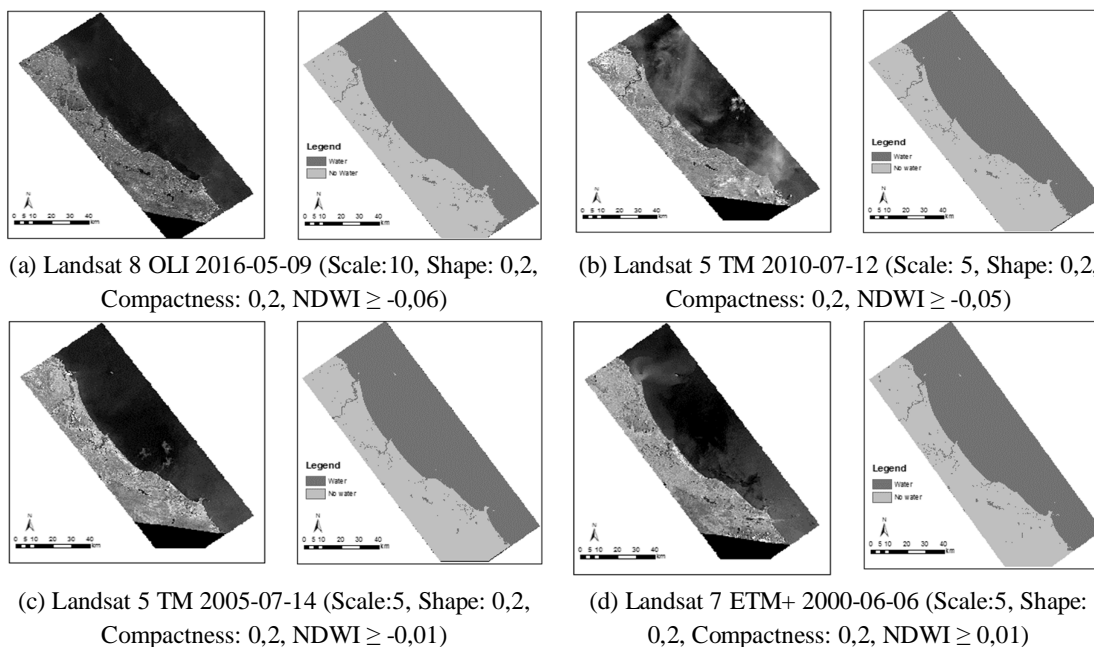
Để phân tích biến động đường bờ bốn cửa sông tỉnh Hà Tĩnh, nghiên cứu sử dụng Tool DSAS (Digital Shoreline Analysis System) được tích hợp vào phần mềm ArcGIS. DSAS được sử dụng rất phổ biến, và là công cụ thể hiện rất rõ ràng khoảng cách biến động, tốc độ biến động... cho các đường bờ trong khoảng thời gian nào đó. Thiết lập các thông số cho các mặt cắt (transect) bao gồm: Vị trí các mặt cắt so với đường bờ, khoảng cách giữa các mặt cắt là 25 m, chiều dài mặt cắt 1000 m). Đường cơ sở (baseline) được thiết lập xung quanh vị trí các đường bờ nghiên cứu. Phương pháp tính toán được lựa chọn là Closest intersection (thống kê sự thay đổi theo các vị trí gần nhất so với baselines); Hướng sắp xếp các transect: Smoothed baseline cast; Hướng của baseline: Offshore. Trong phân tích biến động đường bờ vùng cửa sông hai chỉ số EPR (End Point Rate) và SCE (Shoreline Change Envelope) được lựa chọn để tính toán. Trong đó, chỉ số EPR cho biết tốc độ biến động khoảng cách đường bờ có thời gian lâu nhất và thời gian gần nhất; chỉ số SCE biểu thị khoảng cách giữa đường bờ xa nhất và gần nhất so với baseline mà mỗi transect cắt qua.

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Kết quả phân tích, giải đoán hiện trạng xói lở – bồi tụ ở khu vực nghiên cứu giai đoạn 2000-2016 từ tư liệu viễn thám

##### a. Phân tách đối tượng đất và nước dựa trên phân loại định hướng đối tượng

Ảnh Landsat được thực hiện các bước tiền xử lí ảnh và được chuẩn hóa theo hệ tọa độ VN-2000. Để phân tách đối tượng đất và nước ở khu vực nghiên cứu qua các năm, nghiên cứu sử dụng hai lớp phân loại: Lớp mặt nước (Water) và Lớp không phải mặt nước (No water). Các tham số cho phân mảnh ảnh được kiểm tra và chạy thử nhiều lần, kết quả đã phân mảnh ảnh cho từng ảnh cụ thể. Dựa vào các chỉ số và ngưỡng phân loại đã xác định, bộ quy tắc được sử dụng để phân tách đối tượng nước. Trong đó, quy tắc được xác định dựa trên kiểm tra giá trị ngưỡng của thống số NDWI trên các đối tượng lớp Water/No Water. Dựa trên chức năng truy xuất thông tin giá trị của đối tượng ảnh (Image Object Information) và tăng giảm các giá trị NDWI trên Update range cho phép xác định ngưỡng phân tách lớp Mặt nước. Để tăng độ chính xác, quá trình tìm ngưỡng phân tách còn được dựa trên tham chiếu ảnh tổ hợp RGB tăng cường khả năng hiển thị đối tượng mặt nước tương ứng với kênh (5, 6, 4) trên Landsat 8 OLI và kênh 4, 5, 3 trên Landsat 5 và 7. Kết quả các tham số phân mảnh: Tỷ lệ (Scale) Hình dạng (Shape) Độ chặt (Compactness) và bộ quy tắc phân ngưỡng tách đối tượng Lớp mặt nước được thể hiện rõ trên Hình 2.



**Hình 2.** Quy tắc phân tách đất mặt nước trên các ảnh Landsat

(a) Năm 2016 (b) Năm 2010 (c) Năm 2005 (d) Năm 2000

b. Phân tích hiện trạng xói lở – bồi tụ vùng cửa sông giai đoạn 2000-2016

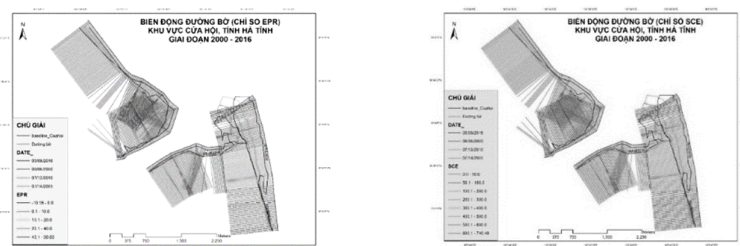
Nhìn chung, qua các năm 2000, 2005, 2010 và 2016, các đường bờ có xu hướng biến động tập trung ở phần 4 cửa sông đổ ra biển Đông. Hiện trạng đường bờ ở bốn cửa sông ở bốn giai đoạn được tách chiết dựa trên phân tích ảnh viễn thám. Từ kết quả giải đoán đường bờ bốn giai đoạn, các chỉ số biến động khoảng cách bờ (SCE) và tốc độ biến động (EPR) được tính toán cho mỗi cửa sông để xem xét mức độ xói lở bồi tụ ở các cửa sông giai đoạn 2000-2016. Kết quả đánh giá được thể hiện rõ trên Bảng 3 và Hình 3.

**Bảng 3. Thống kê biến động đường bờ theo chỉ số SCE và EPR ở 4 cửa sông giai đoạn 2000-2016**

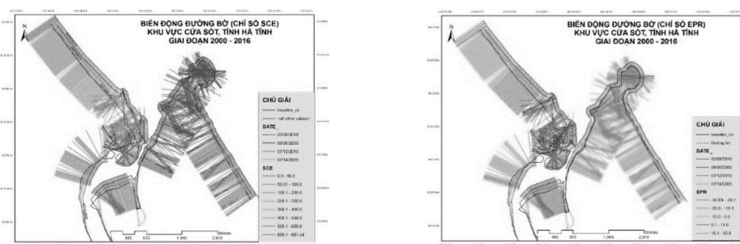
STT	Cửa sông	Chỉ số SCE			Chỉ số EPR		
		Min	Max	Mean	Min	Max	Mean
1	Cửa Hội	0	740,48	175,77	-10,18	50,03	7,82
2	Cửa Sốt	0	881,44	150,39	-44,83	50,50	-3,8
3	Cửa Nhượng	0	893,47	89,2	-174,33	36,2	-3,08
4	Cửa Khâu	0	880,47	146,48	-72,32	11,58	-4,3

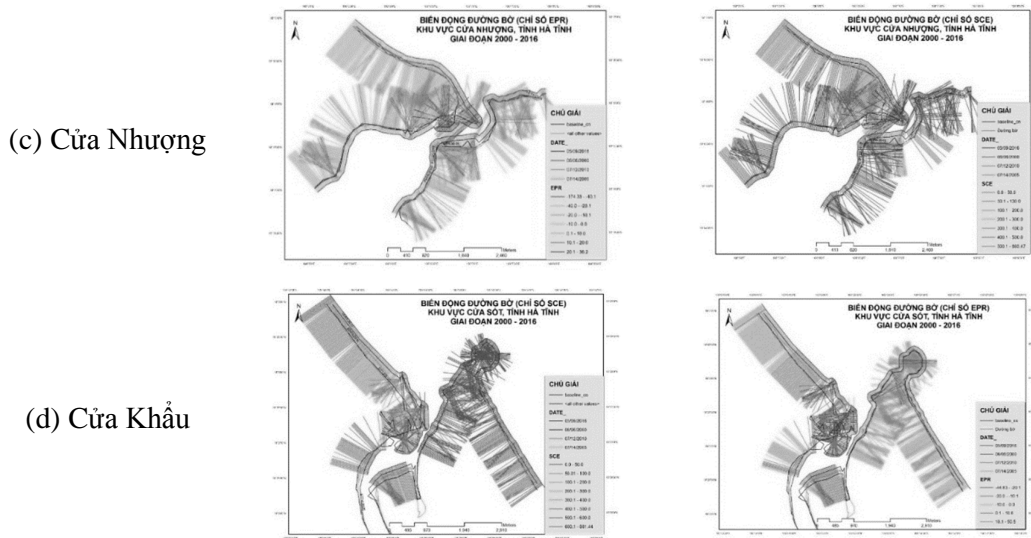
\* Cửa Hội: Biến động khoảng cách đường bờ (SCE) từ 0-740,48 m, trung bình dao động 175,77 m. Trong đó, biến động mạnh diễn ra ở doi cát bờ phía Nam cửa sông trên 400 m và một phần khu vực bờ phía ngoài cửa sông khu vực phía Bắc; các khu vực khác biến động ít hơn với biên độ phổ biến từ 0-100 m. Quá trình bồi tụ vùng cửa sông phổ biến hơn xói lở, với tốc độ bồi tụ trung bình là 1,48 m/năm. Biên độ bồi tụ mạnh nhất là -10,18 m/năm và xói lở là 50,03 m/năm. Trong đó, vùng doi cát phía Nam bị xói lở mạnh với biên độ 10-50,03 m/năm với chiều dài khoảng 1,5 km và càng đi về phía Nam tốc độ xói lở giảm dần và chuyển sang tích tụ.

(a) Cửa Hội



(b) Cửa Sốt





**Hình 3.** Biến động đường bờ theo chỉ số SCE và EPR ở 4 cửa sông giai đoạn 2000-2016  
(a) Cửa Hội (b) Cửa Sốt (c) Cửa Nhượng (d) Cửa Khâu

\* Cửa Sốt: Trong giai đoạn này đường bờ (chỉ số SCE) có sự biến động từ 0 đến 881,44 m, trung bình dao động khoảng 150,39 m. Nhìn chung, các khu vực đường bờ ít bị dao động, mức độ dưới 100 m. Biến động mạnh nhất là khu vực cửa sông phía Bắc với biên độ > 400 m, hình thành doi cát. Những khu vực khác, đặc biệt là bờ phía Nam ít bị biến động, phổ biến 0-50 m. Giai đoạn 2000-2016, quá trình bồi xói lở vùng cửa sông chiếm ưu thế so với quá trình bồi tụ, với tốc độ xói lở trung bình là -3,8 m/năm. Tốc độ xói lở mạnh nhất là -44,83 m/năm và bồi tụ là 50,50 m/năm. Trong đó, vùng cửa sông phía Bắc được bồi tụ mạnh hình thành doi cát với tốc độ > 10 m/năm với chiều dài khoảng trên 500 m; đoạn bờ biển phía Bắc dài trên 2 km xảy ra xói lở nhưng tốc độ thấp hơn 10-20 m/năm. Khu vực phía trong cửa sông, phía Bắc xảy ra bồi tụ nhưng bờ phía Nam lại xảy ra xói lở với tốc độ  $\pm 10$  m.

\* Cửa Nhượng: Trong giai đoạn này đường bờ (chỉ số SCE) có sự biến động từ 0 đến 893,12 m, trung bình dao động khoảng 89,2 m. Nhìn chung các khu vực đường bờ biển ngoài và phía trong cửa sông ít bị dao động, mức độ dưới 100 m. Biến động mạnh nhất là khu vực cửa sông phía Bắc và phía trong cửa sông khu vực bờ phía Nam với biên độ phổ biến trên 200 m, còn những khu vực khác biến động không nhiều dưới 100 m. Nhìn chung đường bờ cửa Nhượng giai đoạn 2000-2016 có xu thế xói lở lớn hơn bồi tụ, với tốc độ xói lở trung bình là -3,08 m/năm; trong đó xói lở mạnh nhất là -174,3 m/năm và bồi tụ lớn nhất là 36,2 m/năm. Khu vực xói lở mạnh nhất là cửa sông phía Bắc làm doi cát biến mất sau năm 2005, trong khi đó phía bên trong doi cát này lại xảy ra bồi tụ với tốc độ trên 10 m. Những khu vực còn lại về cơ bản không có sự biến động đáng kể với tốc độ dưới 10 m.

\* Cửa Khẩu: Sự biến động đường bờ giai đoạn này diễn ra với biên độ lớn từ 0 - 880,47 m, trung bình trên toàn đường bờ là 146,48 m. Biến động mạnh nhất vẫn xảy ra ở vùng bờ phía Nam bên trong cửa sông và một đoạn ở vùng bờ cửa sông khu vực phía Bắc. Những đoạn còn lại biến động quy mô nhỏ với biên độ 0-100 m. Trong vòng 16 năm, quá trình xói lở chiếm ưu thế nhưng với tốc độ 4,30 m/năm; tốc độ xói lở mạnh nhất là 72,32 m và bồi tụ lớn nhất là 11,58 m. Vùng phía Nam bên trong cửa sông và vùng bờ cửa sông khu vực phía Bắc xói lở khá mạnh với tốc độ 20-72,32 m/năm với chiều dài hơn 300 m. Những khu vực khác tốc độ xói lở không nhiều với tốc độ  $\pm 10-20$  m. Khu vực bồi tụ diễn ra một số đoạn bên trong cửa sông khu vực phía Bắc và một doi cát nhỏ ở bờ phía Nam với tốc độ khoảng 10 m/năm.

Qua triển khai điều tra khảo sát thực địa kết hợp với số liệu báo cáo từ chính quyền địa phương cho thấy kết quả giải đoán ảnh viễn thám và phân tích hiện trạng xói lở bồi tụ đúng với xu thế ở ngoài thực tế.

#### 4. Kết luận

Vùng ven biển Hà Tĩnh trên suốt chiều dài 137 km, từ Bắc đến Nam bao gồm bốn cửa sông chính: Cửa Hội (Nghị Xuân, Hà Tĩnh), Cửa Sót (Lộc Hà – Thạch Hà), Cửa Nhượng (Cẩm Xuyên – Cẩm Lĩnh) và Cửa Khẩu (Kỳ Anh) với khoảng cách tương đối đều và cách nhau 30-40 km. Bờ Bắc các cửa sông cấu tạo từ cát hạt nhỏ – trung, bờ Nam là đá gốc, riêng tại cửa Hội hai bờ sông được cấu tạo từ cát nhỏ, phía trước cửa sông thường có các đảo đóng vai trò như bức tường chắn sóng tự nhiên, nên hoạt động bồi lấp xảy ra phổ biến. Kết quả nghiên cứu hoạt động XL – BT vùng CSVB Hà Tĩnh đã được nhóm nghiên cứu thể hiện qua kết quả phân tích, đo đạc, khảo sát thực địa và phương pháp giải đoán tư liệu viễn thám. Ảnh viễn thám Landsat các năm 2000, 2005, 2010 và 2016 đã được giải đoán để chiết xuất được hiện trạng đường bờ qua các thời điểm với phương pháp tiếp cận định hướng đối tượng và chỉ số phân tích khác biệt về nước NDWI. Từ đó đã phân tích được thực trạng XL – BT vùng CSVB Hà Tĩnh, thống kê được các khu vực XL – BT trọng điểm ở vùng CSVB nghiên cứu giai đoạn 2000-2016. Kết quả được kiểm chứng trong quá trình thực địa cả hai mùa khô và mùa mưa ở khu vực nghiên cứu cho kết quả cao. Đây là cơ sở để phục vụ cho kiến giải nguyên nhân, dự báo hiện tượng XL – BT vùng cửa sông ven biển (CSVB) tỉnh Hà Tĩnh từ đó đưa ra các giải pháp làm giảm nhẹ thiệt hại do hiện tượng này gây ra góp phần phát triển kinh tế – xã hội của tỉnh theo hướng bền vững.

❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Quang Tuấn, *Cơ sở địa lí của việc sử dụng hợp lí tài nguyên thiên nhiên và bảo vệ môi trường huyện Kỳ Anh, tỉnh Hà Tĩnh*. Luận án Tiến sĩ Địa lí – Đại học Quốc gia Hà Nội, Việt Nam, 2014.
- [2] Ủy ban nhân dân tỉnh Hà Tĩnh, *Báo cáo thực trạng công tác xây dựng tu bổ và quản lí bảo vệ hệ thống đê điều Hà Tĩnh*, Hà Tĩnh, 2006.
- [3] Ủy ban nhân dân tỉnh Hà Tĩnh, *Báo cáo đánh giá hiện trạng công trình đê điều, xác định trọng điểm và xây dựng phương án hộ đê năm 2018*, tỉnh Hà Tĩnh, 2018.
- [4] Tamassoki, E. et al., “Monitoring of shoreline changes using remote sensing (case study: coastal city of Bandar Abbas),” *7<sup>th</sup> IGRSM International Remote Sensing & GIS Conference and Exhibition*, I. C. S. E. a. E. Science, 2014.
- [5] Alesheikh, A.A., and A. Ghorbanali, N. Nouri, “Coastline change detection using remote sensing,” *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 4(1), pp. 61-66, 2007.
- [6] Phạm Phương Thảo, Hồ Đình Duân, Đặng Văn Tô, “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*, số 3, tr. 1-13, 2011.
- [7] Pasquale Maglione, et al., “Coastline extraction using high resolution WorldView-2 satellite imagery,” *European Journal of Remote Sensing*, vol.47 (1), pp. 685-699, 2014.
- [8] Claire Cassé, et al., “Remote sensing application for coastline detection in ca mau,” Mekong delta. *International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences 2012*. Ha Noi, 2012.
- [9] Saeed AL-Mansoori and F. AL-Marzouqi, Coastline Extraction using Satellite Imagery and Image Processing Techniques, *International Journal of Current Engineering and Technology*, 6(4), pp. 1245-1251, 2016.
- [10] Xizhi Ge, et al., “Object-oriented coastline classification and extraction from remote sensing imagery,” *Remote Sensing of the Environment*, 18<sup>th</sup> National Symposium on Remote Sensing of China, vol. 9158: 91580M, pp. 91581-91587, 2014.
- [11] Trinh Thi Hoai Thu, et al., “Rule set of object-oriented classification using Landsat imagery in Dong Anh, Hanoi, Vietnam,” *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, vol. 31, Issue (6-2), pp. 521-527, 2013.
- [12] Kanta Tamta, H.S. Bhadauria, and A.S. Bhadauria, “Object-Oriented Approach of Information Extraction from High Resolution Satellite Imagery,” *IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE)*, vol 17, Issue 3, pp. 47-52, 2015.