

Phân tích diễn biến theo mùa của cửa sông Cửa Cạn, thành phố Phú Quốc, tỉnh Kiên Giang

Đinh Văn Duy¹, Phạm Tấn Đạt², Phạm Hoàng Huy³, Trần Văn Tý¹, Huỳnh Thị Cẩm Hồng¹

¹ Khoa Kỹ thuật Thủy lợi, Trường Bách Khoa, Trường Đại học Cần Thơ

² Khoa Kỹ thuật Cảng biển và Sông ngòi, Đại học Quốc lập Hải dương Đà Loan

³ Trung tâm quản lý, khai thác công trình thủy lợi Cà Mau

TỪ KHOÁ

Phú Quốc

Cửa Cạn

Đoi cát

Ảnh Sentinel – 2

Diễn biến theo mùa

TÓM TẮT

Ảnh Sentinel-2 với độ phân giải 10 m được sử dụng để khảo sát Diễn biến hình thái doi cát hai bên cửa sông Cửa Cạn thuộc thành phố Phú Quốc, tỉnh Kiên Giang kết hợp với số liệu sóng thực đo trong năm 2021 tại trạm khí tượng hải văn Phú Quốc. Kết quả phân tích cho thấy doi cát tại cửa sông Cửa Cạn Diễn biến theo mùa với sự đứt gãy và kéo dài xen kẽ nhau. Trong đó, sự đứt gãy của các doi cát chủ yếu do dòng chảy trong mùa lũ từ sông Cửa Cạn từ tháng 12 đến tháng 4, sự đứt gãy này tạo ra cồn cát chắn giữa cửa sông. Vào mùa gió mùa Tây Nam từ tháng 5 đến tháng 11, sóng theo hướng Tây Nam tạo ra dòng vận chuyển bùn cát ven bờ mang bùn cát đến cửa sông Cửa Cạn và bồi lấp cửa sông nối liền cồn cát vào bờ Nam tạo thành một doi cát mới. Dựa vào diễn biến diện tích doi cát ở bờ Nam, lưu lượng vận chuyển bùn cát dọc theo bờ Nam biển Cửa Cạn tính được gần 5.000 m³/năm. Giá trị này tương đương với các nghiên cứu trước về lưu lượng vận chuyển bùn cát tại biển Cửa Cạn. Nghiên cứu đã tìm ra được quy luật diễn biến theo mùa của cửa sông Cửa Cạn và góp phần vào việc đề xuất các giải pháp hợp lý nhằm ổn định cửa sông.

KEYWORDS

Phu Quoc

Cua Can

Sand spit

Sentinel-2 image

Seasonal variation

ABSTRACT

Sentinel-2 images with a resolution of 10 meters were used to survey the morphological changes of the sand-spits on both sides of the Cua Can River mouth in Phu Quoc City, Kien Giang Province, in combination with actual wave data from 2021 at the Phu Quoc hydro-meteorological station. The analysis results show that the sand-spits at the Cua Can River mouth change seasonally with alternating breaking and elongation. The breaking in the sand-spits are mainly due to the flow during the flood season from the Cua Can River from December to April, creating a sand barrier in the river mouth. During the Southwest monsoon season from May to November, southwest-directed waves generate littoral sediment transport, bringing sediment to the Cua Can River mouth and filling in the river mouth, connecting the sand barrier to the southern shore to form a new sand-spit. Based on the changes in the area of the sand-spit on the southern shore, the longshore sediment transport rate along the southern coast of Cua Can beach is estimated to be nearly 5,000 m³/year. This value is consistent with previous studies on sediment transport rates at Cua Can beach.

1. Mở đầu

Phú Quốc, được biết đến với tên gọi “Đảo Ngọc” nhờ vào vẻ đẹp tự nhiên, là thành phố đảo đầu tiên của Việt Nam và là một điểm đến du lịch nổi tiếng ở phía tây nam của đất nước. Thành phố Phú Quốc có 3 lưu vực sông chính là sông Dương Đông, sông Cửa Cạn và Rạch Tràm với diện tích lưu vực lần lượt là 105, 147 và 49 km² [1]. Ba lưu vực sông này là nguồn cung cấp phù sa chủ yếu cho các bãi biển dọc theo bờ Tây và bờ Bắc thành phố Phú Quốc. Trong ba cửa sông lớn của Phú Quốc là cửa sông Dương Đông, cửa sông Cửa Cạn và cửa sông Rạch Vẹm, chỉ có cửa sông Dương Đông đã được xây dựng cầu cảng để ổn định luồng tàu và hai bên cửa sông.

Sông Cửa Cạn là sông có chiều dài (28,75 km) và diện tích lưu vực lớn nhất Phú Quốc [1]. Hiện tại, đã có rất nhiều dự án xây dựng các cơ sở hạ tầng để phát triển du lịch và dịch vụ trên lưu vực sông Cửa Cạn trải dài từ thượng nguồn đến cửa sông. Tuy nhiên, giống như các cửa sông khác ở Phú Quốc, cửa sông Cửa Cạn đang chịu tác động xen kẽ nhau của quá trình bồi lắng tự nhiên và đứt gãy của các doi cát hai bên bờ sông do tác động của sóng và dòng chảy trong sông [2]. Sự không ổn định về hình thái của cửa sông Cửa Cạn đang ảnh hưởng trực tiếp đến việc khai thác và sử dụng tài nguyên thủy sản cũng như việc phát triển kinh tế trên lưu vực sông. Để giải quyết vấn đề này, nghiên cứu về diễn biến hình thái của cửa sông Cửa Cạn dưới tác động của các yếu tố tự nhiên như dòng chảy trong sông và sóng cần được thực hiện để có thể nắm rõ quy luật diễn biến của cửa sông và đề xuất các giải

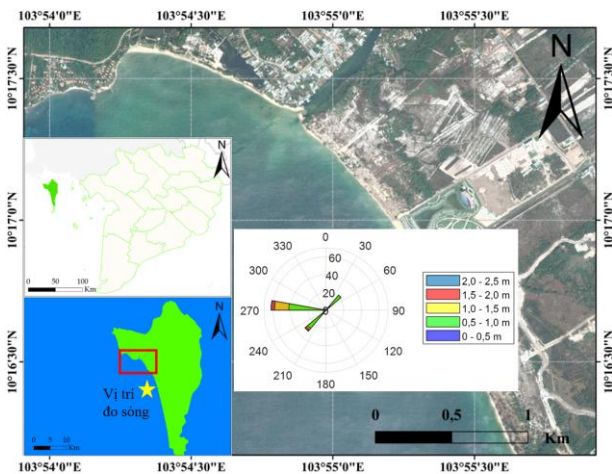
*Liên hệ tác giả: dveduy19@gmail.com

Nhận ngày 04/03/2025, sửa xong ngày 14/03/2025, chấp nhận đăng ngày 17/03/2025

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.02.2025.858>

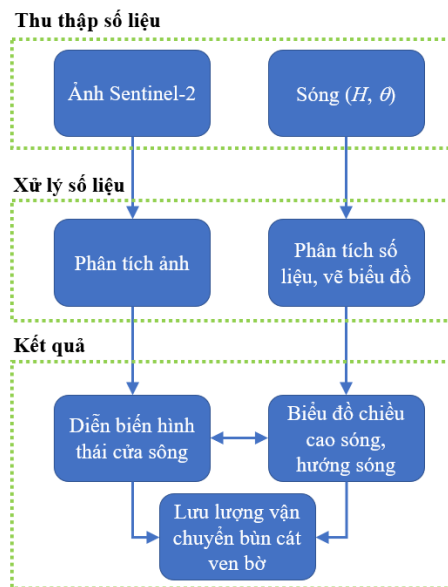
pháp ổn định cửa sông hợp lý nhằm phục phát triển kinh tế - xã hội một cách bền vững cho thành phố Phú Quốc.

Khu vực nghiên cứu là cửa sông Cửa Cạn thuộc thành phố Phú Quốc được trình bày như trên Hình 1 với điều kiện sóng được vẽ lại từ số liệu trong nghiên cứu của [2]. Có thể nhận thấy tại vùng biển khu vực nghiên cứu, sóng chiếm ưu thế có hướng Tây và Tây Nam. Theo nghiên cứu của [3], trong mùa gió mùa Tây Nam, chiều cao sóng cao hơn so với mùa gió mùa Đông Bắc. Chiều cao sóng tối đa đo được vào mùa hè là 2 m. Chiều cao sóng trung bình khoảng 0,6 - 1 m. Vào mùa đông (mùa gió mùa Đông Bắc), chiều cao sóng tối đa đo được khoảng 1,0 m. Chiều cao sóng trung bình là khoảng 0,5 m.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu.

2. Phương pháp nghiên cứu



Hình 2. Sơ đồ các bước nghiên cứu.

Phương pháp nghiên cứu được thể hiện như trên Hình 2. Trong bước 1, các số liệu về ảnh Sentinel-2 và sóng tại khu vực nghiên cứu

được thu thập. Phương pháp phân tích ảnh viễn thám được áp dụng để giải đoán đường bờ từ các ảnh Sentinel-2. Số liệu sóng cũng được sử dụng để vẽ các biểu đồ chiều cao sóng và hướng sóng. Kết quả diễn biến hình thái cửa sông Cửa Cạn được biện luận cùng với số liệu sóng để tìm ra quy luật diễn biến hình thái cửa sông Cửa Cạn. Cuối cùng các số liệu về diễn biến hình thái được sử dụng để tính toán lưu lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ tại bờ biển Cửa Cạn.

2.1. Phân tích ảnh viễn thám

Ảnh Sentinel-2 trong năm 2021 được sử dụng để phân tích sự thay đổi hình thái cửa sông Cửa Cạn trong năm 2021. Việc lựa chọn ảnh trong năm 2021 để phân tích nhằm so sánh số liệu phân tích ảnh với số liệu sóng thực đo thu thập được trong năm 2021. Thông số ảnh Sentinel-2 sử dụng trong nghiên cứu này được trình bày như trong Bảng 1.

Bảng 1. Số liệu ảnh Sentinel-2.

STT	Vệ tinh	Bộ cảm	Độ phân giải (m)	Thời gian thu ảnh
1	Sentinel - 2	MSI	10	31/12/2021
2	Sentinel - 2	MSI	10	26/11/2021
3	Sentinel - 2	MSI	10	20/10/2021
4	Sentinel - 2	MSI	10	27/09/2021
5	Sentinel - 2	MSI	10	08/08/2021
6	Sentinel - 2	MSI	10	02/07/2021
7	Sentinel - 2	MSI	10	17/06/2021
8	Sentinel - 2	MSI	10	28/05/2021
9	Sentinel - 2	MSI	10	20/04/2021
10	Sentinel - 2	MSI	10	11/03/2021
11	Sentinel - 2	MSI	10	19/02/2021
12	Sentinel - 2	MSI	10	20/01/2021

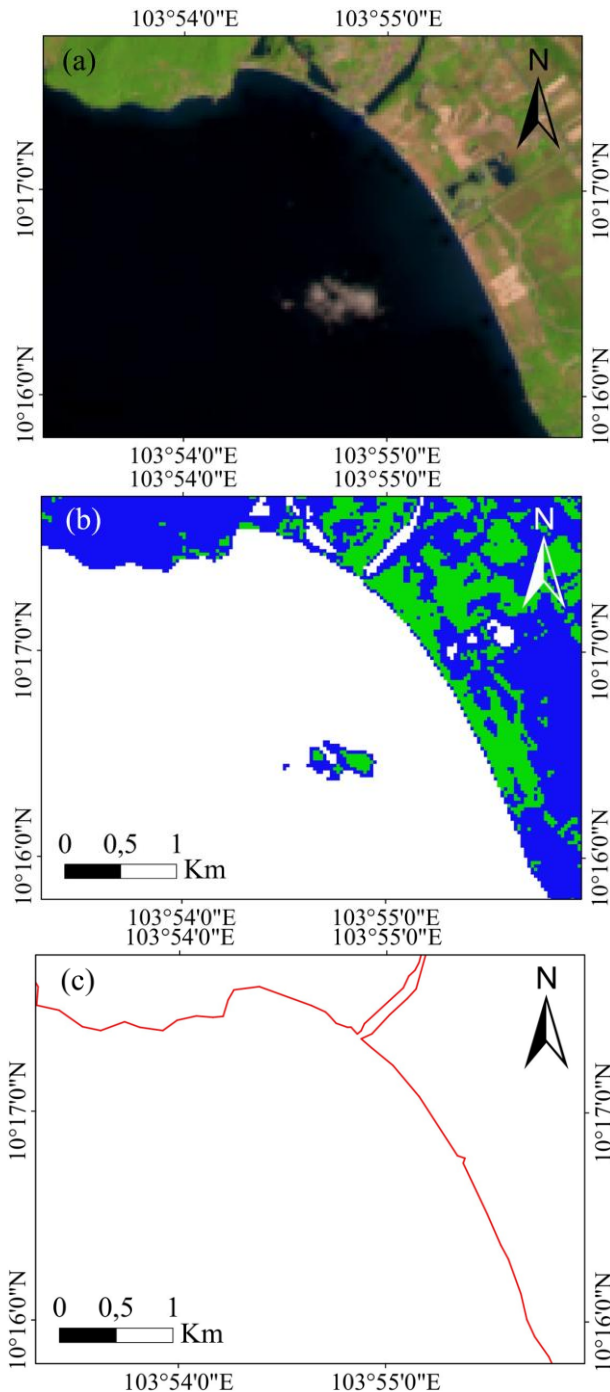
Chỉ số NDWI được sử dụng để phân tách vùng đất và vùng nước nhằm giải đoán đường bờ và tính toán chiều dài doi cát. Chỉ số NDWI được tính toán theo công thức [4]:

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR} \quad (1)$$

Trong đó GREEN là kênh ánh sáng xanh lục, có bước sóng từ 0,52 đến 0,60 μm , và NIR là kênh cận hồng ngoại, có bước sóng từ 0,76 đến 0,90 μm . Đối với hình ảnh vệ tinh Sentinel-2, GREEN là kênh 3 (r_3) và NIR là kênh 8 (r_8) nên ta có [5]:

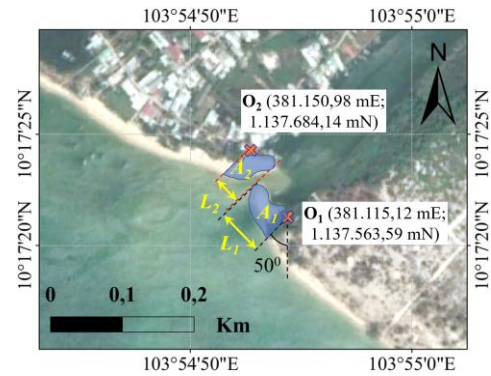
$$NDWI = \frac{\rho_3 - \rho_8}{\rho_3 + \rho_8} \quad (2)$$

Các bước xử lý ảnh được thể hiện như trên Hình 3. Trong đó, ảnh toàn sắc tải về được thể hiện trên Hình 3(a), ảnh NDWI được thể hiện trên Hình 3(b) và đường bờ dạng polygon được thể hiện trên Hình 3 (c). Sau khi giải đoán đường bờ, phần đường bờ của doi cát tại Cửa Cạn được chuyển vào phần mềm AutoCAD để xác định các đặc trưng hình học của doi cát như chiều dài và diện tích doi cát.



Hình 3. Các bước xử lý ảnh để giải đoán đường bờ.

2.2. Tính toán các đặc trưng hình học của doi cát



Hình 4. Sơ họa chiều dài và diện tích doi cát.

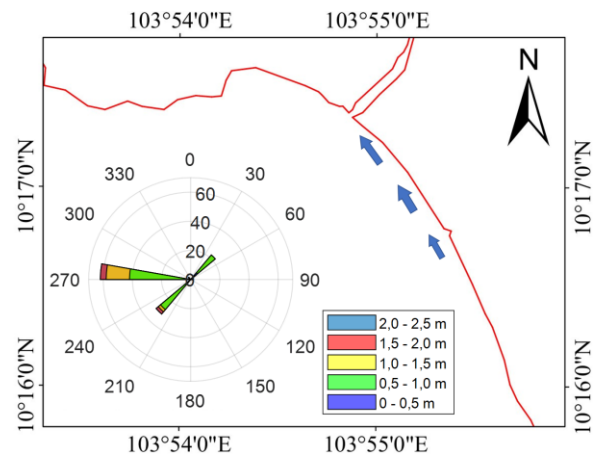
Phương pháp đo chiều dài và diện tích các doi cát được thể hiện như trên Hình 4 với điểm O_1 (381.115,12 mE; 1.137.563,59 mN) và O_2 (381.150,98 mE; 1.137.684,14 mN) được chọn làm các điểm gốc để đo chiều dài doi cát. Các đường dóng để đo chiều dài doi cát hợp với phương thẳng đứng một góc 50° . Diện tích của các doi cát cũng được đo đạc như trên Hình 4.

2.3. Lưu lượng vận chuyển bùn cát ven bờ

Lưu lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ đóng một vai trò rất quan trọng trong các nghiên cứu về bờ biển [6-11]. Từ diễn biến diện tích doi cát tại bờ Nam cửa sông Cửa Cạn, với giả thiết lưu lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ Nam theo hướng Đông Nam có tác dụng bồi lắng và nổi cồn cát với bờ Nam (Hình 5), lưu lượng vận chuyển bùn cát có thể tính được theo công thức sau:

$$Q = \frac{dA}{dt} (D_B + D_C) \quad (3)$$

Trong đó Q là lưu lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ, dA/dt là tỷ lệ thay đổi diện tích doi cát phía bờ Nam, D_B là chiều cao thềm bãi và D_C là chiều sâu vận chuyển bùn cát. Theo nghiên cứu của [2], $D_B + D_C = 6$ m cho bờ biển phía Tây thành phố Phú Quốc;



Hình 5. Vận chuyển bùn cát dọc bờ.

3. Kết quả

3.1. Diễn biến hình thái Cửa Cạn

Diễn biến hình thái cửa sông Cửa Cạn trong năm 2021 được trình bày trên Hình 6. Trong đó, đường bờ ngày 20/01/2021 được thể hiện xuyên suốt qua các tháng khác trong năm (đường nét liền màu đỏ). Có thể thấy trong mùa lũ từ các tháng 12 đến tháng 4, dưới tác động của dòng chảy lũ từ trong sông Cửa Cạn, doi cát tại cửa sông được đẩy ra phía biển và nằm thẳng hàng với đường bờ biển lân cận hoặc bị đứt gãy tạo thành các cồn cát chắn giữa cửa sông. Trong giai đoạn gió mùa Tây Nam từ tháng 5 đến tháng 11, dưới tác động của sóng từ hướng Tây Nam, các doi cát bị đẩy vào trong sông và có phương vuông góc với đường bờ. Dưới tác dụng của sóng, các dòng vận chuyển bùn cát ven bờ được hình thành và bùn cát có xu thế được vận chuyển về phía Cửa Cạn vì đây là bãi biển có dạng túi (pocket beach) [12]. Lượng bùn cát vận chuyển ven bờ có xu thế bồi lấp cửa sông và nối cồn cát với đường bờ tạo thành một doi cát mới ở phía bờ Nam của Cửa Cạn.

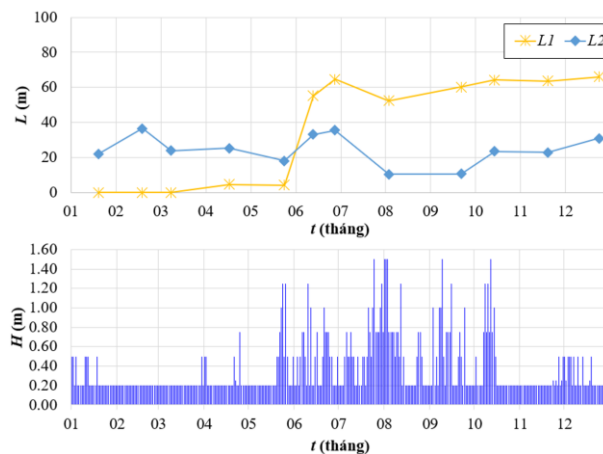


Hình 6. Diễn biến hình thái Cửa Cạn trong năm 2021.

3.2. Diễn biến hình thái doi cát

3.2.1. Diễn biến chiều dài doi cát

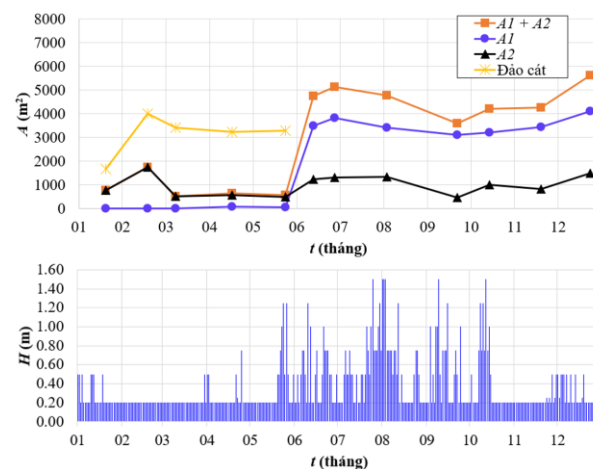
Diễn biến chiều dài doi cát tại cửa sông Cửa Cạn qua các tháng trong năm 2021 được thể hiện như trên Hình 7. Số liệu về chiều cao sóng thực đo trong năm 2021 cũng được thể hiện trên hình. Có thể nhận thấy doi cát bờ Nam (đường ký hiệu -*) thay đổi khá lớn trong khi doi cát bờ Bắc (ký hiệu bởi hình thoi) không có thay đổi đáng kể. Cụ thể, dưới tác động của dòng chảy trong mùa lũ, doi cát bờ Nam của cửa sông Cửa Cạn bị đứt gãy tạo thành một cồn cát chắn giữa cửa sông (Hình 6) và chiều dài của doi cát này (L_i) gần như bằng không trong các tháng 01, 02, 03 và 04/2021 (Hình 7). Từ tháng 05/2021, dưới tác động của gió mùa Tây Nam, sóng theo hướng Tây Nam tạo ra dòng vận chuyển bùn cát ven bờ bồi tụ và nối cồn cát với bờ Nam tạo thành một doi cát mới với chiều dài khoảng 60 m.



Hình 7. Diễn biến chiều dài doi cát.

3.2.2. Diễn biến diện tích doi cát

Diễn biến diện tích doi cát được thể hiện trên Hình 8. Tương tự như diễn biến chiều dài của các doi cát, diện tích doi cát bờ Nam thay đổi với biên độ rất lớn trong năm. Cụ thể, từ các tháng 01 đến tháng 05/2021, diện tích doi cát gần như bằng không vì đây là thời điểm doi cát bị đứt gãy dưới tác dụng của dòng chảy lũ trong sông Cửa Cạn. Từ tháng 06/2021, doi cát được bồi đắp bằng dòng bùn cát ven bờ và nối liền với cồn cát tạo thành một doi cát mới có diện tích khoảng 4000 m².



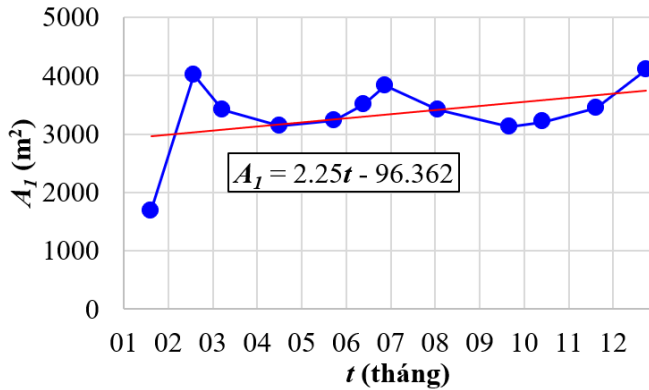
Hình 8. Diễn biến diện tích doi cát.

Trái với xu thế biến đổi của doi cát bờ Nam, doi cát bờ Bắc có diện tích ổn định trong khoảng 1000 m². Diện tích của các cồn cát hình thành từ tháng 01 đến tháng 05/2021 được thể hiện bằng ký hiệu -* trên Hình 8. Diện tích của cồn cát thay đổi lớn từ tháng 01 đến tháng 02/2021 và giữ ổn định từ tháng 02 đến tháng 05/2021.

3.3. Lưu lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ

Trong công thức (3), dA/dt có thể tính được theo phương trình hồi quy tuyến tính cho diễn biến diện tích của doi cát như trên Hình 9.

Từ Hình 9 ta có phương trình hồi quy tuyến tính cho tỷ lệ gia tăng diện tích doi cát phía Nam: $A_I = 2,25t - 96,362$, suy ra $dA/dt = 2,25 \text{ m}^2/\text{ngày} = 821,25 \text{ m}^2/\text{năm}$. Thế tất cả giá trị vào công thức (3) ta được: $Q = 821,25 \times 6 = 4.925 \approx 5.000 \text{ m}^3/\text{năm}$. Kết quả này tương đồng với kết quả tính lưu lượng vận chuyển bùn cát ven bờ bằng ảnh Google™ earth trong nghiên cứu của [12] với $Q = 6.500 \text{ m}^3/\text{năm}$.



Hình 9. Diễn biến diện tích doi cát phía Nam và tỷ lệ tăng diện tích doi cát.

4. Kết luận

Ảnh Sentinel-2 được sử dụng kết hợp với số liệu sóng thực đo để phân tích diễn biến hình thái cửa sông Cửa Cạn tại thành phố Phú Quốc tỉnh Kiên Giang, các kết quả phân tích cho thấy:

- Cửa sông Cửa Cạn không ổn định và biến động theo mùa trong năm.
- Hai doi cát bờ Nam và bờ Bắc của cửa sông Cửa Cạn có chiều dài lần lượt là 60 m và 20 m. Trong đó, chiều dài doi cát phía bờ Nam không ổn định và thường bị đứt gãy vào mùa lũ tạo thành một cồn cát chắn giữa cửa sông.
- Diện tích các doi cát bờ Nam và bờ Bắc cửa sông Cửa Cạn lần lượt khoảng 5000 m² và 1000 m². Trong đó, dòng chảy lũ từ sông Cửa Cạn trong các tháng từ 12 đến tháng 4 có xu thế làm đứt gãy doi cát và tạo thành một cồn cát. Trong thời gian gió mùa Tây Nam, sóng theo hướng Tây Nam tạo ra dòng vận chuyển bùn cát ven bờ bồi lấp và nổi cồn cát vào bờ Nam tạo thành một doi cát mới.

- Lưu lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ Nam bãi biển Cửa Cạn $Q = 5.000 \text{ m}^3/\text{năm}$. Kết quả này tương đồng với các nghiên cứu trước của [12].

- Các kết quả trong nghiên cứu này chưa xét đến tác động của thủy triều trong quá trình phân tích ảnh.

Tài liệu tham khảo

- [1]. N. Q. Hung and L. X. Hien, "Trend analysis of rainfall in the Phu Quoc Island," *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, vol. 37, no. 4, pp. 22-32, 2021.
- [2]. D. V. Duy *et al.*, "Sand Spit Morphology at an Inlet on Phu Quoc Island, Vietnam," *Water*, vol. 15, no. 10, p. 1941, 2023. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/10/1941>.
- [3]. H. T. Tin and B. T. Vinh, "Mechanism of beach erosion at the west of Phu Quoc Island, Southern Vietnam," *Vietnam Journal of Earth Sciences*, vol. 36, no. 1, pp. 69-74, 2014.
- [4]. S. K. McFeeters, "The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features," *International journal of remote sensing*, vol. 17, no. 7, pp. 1425-1432, 1996.
- [5]. Y. Du, Y. Zhang, F. Ling, Q. Wang, W. Li, and X. Li, "Water Bodies' Mapping from Sentinel-2 Imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m Spatial Resolution Produced by Sharpening the SWIR Band," *Remote Sensing*, vol. 8, no. 4, p. 354, 2016. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2072-4292/8/4/354>.
- [6]. N. C. Kraus, "Application of portable traps for obtaining point measurements of sediment transport rates in the surf zone," *Journal of coastal Research*, pp. 139-152, 1987.
- [7]. J. D. Rosati and N. C. Kraus, "Hydraulic test of streamer sediment trap," *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 114, no. 12, pp. 1527-1532, 1988.
- [8]. H. C. Miller, "Field measurements of longshore sediment transport during storms," *Coastal engineering*, vol. 36, no. 4, pp. 301-321, 1999.
- [9]. L. C. Van Rijn, "Longshore sand transport," in *Coastal Engineering 2002: Solving Coastal Conundrums*: World Scientific, 2003, pp. 2439-2451.
- [10]. V. Noujas, R. Kankara, and K. Rasheed, "Estimation of longshore sediment transport rate for a typical pocket beach along west coast of India," *Marine Geodesy*, vol. 41, no. 2, pp. 201-216, 2018.
- [11]. X. T. Nguyen, M. T. Tran, H. Tanaka, T. V. Nguyen, Y. Mitobe, and C. D. Duong, "Numerical investigation of the effect of seasonal variations of depth-of-closure on shoreline evolution," *International Journal of Sediment Research*, vol. 36, no. 1, pp. 1-16, 2021.
- [12]. N. A. Huy *et al.*, "Longshore sediment transport rate at a pocket beach in Phu Quoc City, Kien Giang Province, Vietnam," *Journal of Hydro-Meteorology*, vol. 19, pp. 36-46, 2024.