

NGHIÊN CỨU DIỄN BIẾN HÌNH THÁI VÀ XÂY DỰNG TƯƠNG QUAN GIỮA HÌNH THÁI CỬA TIÊN CHÂU VỚI YẾU TỐ ĐỘNG LỰC SÔNG

Đỗ Xuân Tình

Viện Đào tạo và Khoa học ứng dụng miền Trung

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: Cửa Tiên Châu là cửa ra của sông Kỳ Lộ đổ vào vịnh Xuân Đài và biển Đông, trước cửa có doi cát chắn ngang cửa sông, chạy dài từ Bắc xuống Nam đến sát chân núi Ông Ngõn. Phía trong cửa Tiên Châu có cảng cá Tiên Châu và khu neo đậu tàu thuyền. Do doi cát chắn cửa thường xuyên biến động mạnh dưới tác động của các yếu tố động lực sông và động lực biển nên do vậy cửa Tiên Châu cũng thường xuyên bị bồi lấp, gây khó khăn cho tàu cá ra vào cảng. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu diễn biến của doi cát ở cửa Tiên Châu từ các ảnh vệ tinh Landsat được thu thập từ năm 2000 đến 2022. Bài báo cũng đã xây dựng các tương quan giữa hình thái cửa sông với các yếu tố động lực sông để làm sáng tỏ các xu thế diễn biến của cửa Tiên Châu, phục vụ cho việc quy hoạch chỉnh trị, ổn định cửa sông trong tương lai.

Từ khóa: Cửa Tiên Châu, doi cát chắn cửa, hình thái cửa sông, ảnh Landsat, động lực sông.

Summary: Tien Chau estuary is the outlet of the Ky Lo River, which flows into the Xuan Dai Bay and the Bien Dong Sea. In front of the estuary, there is a sandbar that blocks the river, running from north to south to the foot of the Ong Ngon mount. Inside Tien Chau mouth, there is Tien Chau fish port and a ship anchorage area. Due to the frequent strong fluctuations of the sandbar under the influence of river and sea dynamics, Tien Chau mouth is also frequently silted up, making it difficult for fishing boats to enter the port. This paper presents the results of a study on the evolution of the Tien Chau inlet using Landsat satellite images in the period from 2000 to 2022. The paper also built correlations between the estuary morphology with river dynamics factors to clarify the trends of Tien Chau estuary evolution, serving for the planning of estuary stablisation in the future.

Keywords: Tien Chau Estuary, sandbar, estuary morphology, Landsat satellite images, river dynamic.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Cửa Tiên Châu là cửa sông Kỳ Lộ đổ ra biển tại xã An Ninh Đông, huyện Tuy An, tỉnh Phú Yên, có toạ độ địa lý: 13,36°N; 109,26°E. Phía Bắc tiếp giáp vịnh Xuân Đài, phía Nam tiếp xã An Ninh Đông, phía Tây là sông Kỳ Lộ và

Quốc lộ 1A, phía Đông tiếp giáp với biển Đông và núi Ông Ngõn. Cảng cá Tiên Châu và khu neo đậu tàu thuyền lạch Vạn Củi nằm trong cửa Tiên Châu, hàng ngày có hàng trăm tàu thuyền công suất lên đến 800 CV qua lại khu vực cửa biển này. Vì thế, khu vực cửa Tiên Châu và vịnh Xuân Đài là nguồn lợi lớn cho huyện Tuy An và thị xã sông Cầu nhờ vào các hoạt động đánh bắt, nuôi trồng thủy hải sản và du lịch. Mặc dù có vai trò rất quan

Ngày nhận bài: 19/02/2024

Ngày thông qua phản biện: 06/3/2024

Ngày duyệt đăng: 02/4/2024

trọng trong thúc đẩy phát triển kinh tế của vùng, nhưng cửa Tiên Châu lại thường xuyên xảy ra hiện tượng bồi lấp gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến hoạt động của tàu thuyền ra vào cảng và khu neo đậu.



Hình 1: Bản đồ vị trí cửa Tiên Châu và cảng cá Tiên Châu, tỉnh Phú Yên

Để có thể đưa ra được các giải pháp chỉnh trị thì việc xác định được quy luật bồi lấp để từ đó xác định sự biến động và thay đổi vị trí của đường bờ là thông số quan trọng nhất [1] cần có trong quản lý vùng ven bờ cửa Tiên Châu. Vì vậy, điều quan trọng là phải xác định được vị trí đường bờ biển trong những thời điểm khác nhau và có thể so sánh, đánh giá chúng để đưa ra dự đoán và đưa ra quyết định về tình trạng và vị trí đường bờ trong tương lai [2]. Công nghệ viễn thám là một phương pháp hiệu quả để thu thập dữ liệu cần thiết và phương pháp này không có giới hạn thông thường về thời gian và địa điểm [3] và hiện nay đây là phương pháp mới nhất và tiết kiệm nhất cho mục đích này.

Các công cụ phần mềm như ENVI, Arcgis, MapInfo,... có thể sử dụng để phân tích giải đoán ảnh viễn thám. Như các nghiên cứu của tác giả Như Quỳnh (2018) đã sử dụng ảnh vệ tinh Landsat để đánh giá biến động đường bờ sông Tiên, sông Hậu giai đoạn 1989-2014 [4]. Tác giả Lê Minh Hậu (2022) sử dụng ảnh vệ tinh Landsat đánh giá biến động đường bờ biển Thị xã Vĩnh Châu tỉnh Sóc Trăng giai đoạn 2006 – 2020 [5]

Tuy nhiên, việc phân tích hình ảnh vệ tinh ngoại tuyến hiện nay 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 [6]. 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.

Việc sử dụng GEE đã tăng nhanh trong vài năm qua, trong nhiều cơ quan (nghiên cứu, chính phủ, và tư nhân) cũng như trong nhiều lĩnh vực ứng dụng khác nhau (quản lý nước, nông nghiệp, bảo tồn thiên nhiên, v.v.). Sự phổ biến của công cụ có liên quan đến những lợi ích to lớn của nó so với các công nghệ thông thường khác, bao gồm: (1) Xử lý ảnh được thực hiện trên đám mây, giúp tiết kiệm dung lượng ổ cứng, chi phí cơ sở hạ tầng phần cứng; (2) Phần mềm xử lý ảnh viễn thám đặc biệt không còn cần thiết, giúp tiết kiệm chi phí cấp phép phần mềm; (3) Tốc độ xử lý cao và tiết kiệm thời gian làm việc; (4) Cung cấp quyền truy cập vào các bộ dữ liệu khổng lồ không chỉ ở quy mô quốc gia mà còn ở quy mô toàn cầu; (5) Cung cấp quyền truy cập vào dữ liệu lịch sử cách đây hàng thập kỷ; (6) Cung cấp quyền truy cập vào các tập dữ liệu vệ tinh đa cảm biến cho phép dễ dàng tích hợp nhiều nguồn dữ liệu khác nhau; (7) Chia sẻ công việc và kiến thức với chuyên gia khác cũng như công chúng.

Với những lợi thế nêu trên cũng như nhằm phân tích, xác định được các xu thế diễn biến của cửa Tiên Châu trong quá khứ, để từ đó đưa

ra được các giải pháp chỉnh trị ở cửa Tiên Châu trong tương lai, các tác giả đã ứng dụng nền tảng Google Earth Engine (GEE) để tự động chiết xuất thông tin đường bờ cửa Tiên Châu trong giai đoạn từ năm 2000 đến 2022 phục vụ để phân tích diễn biến hình thái và xây dựng tương quan hình thái cửa với yếu tố động lực sông.

2. SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Số liệu sử dụng

a. Bộ số liệu ảnh viễn thám

Để đánh giá sự diễn biến cửa sông và doi cát nhiều năm, nghiên cứu thu thập ảnh viễn thám giai đoạn từ năm 2000 đến 2022 và chỉ sử dụng ảnh Landsat để đảm bảo các ảnh giải đoán có cùng 1 độ phân giải không gian (30m), cũng như chuỗi ảnh đảm bảo có đầy đủ từ năm 2000 đến nay. Với mỗi năm, tiến hành thu thập 4 ảnh vào các tháng 2, 5, 8 và 12. Trong đó ảnh các tháng 2, 12 đại diện cho hình thái cửa mùa lũ/Đông Bắc, ảnh các tháng 5, 8 đại diện cho hình thái cửa mùa kiệt/Tây Nam. Điều này là rất quan trọng để đánh giá đúng tần suất của các yếu tố đặc trưng (B , φ) của hình thái cửa. Trong trường hợp ảnh có quá nhiều mây không sử dụng được để giải đoán đường bờ thì sẽ tiến hành lấy các ảnh kề sát thời điểm cần khảo sát nhưng vẫn đảm bảo nằm trong mùa đó.

b) Bộ số liệu lưu lượng đỉnh lũ thời kỳ nhiều năm

Nghiên cứu đã tiến hành thu thập bộ số liệu mực nước các trận lũ lớn từ năm 2000÷2022 và tương quan $Q\sim H$ của trạm thủy văn Hà Bằng trên sông Kỳ Lộ. Một số năm lũ lớn lịch sử như năm 2009, 2020. Một số năm lũ nhỏ như năm 2004, 2006, 2014, 2015. Trong đó các năm 2014, 2015, 2016 là những năm hạn hán kỷ lục tại khu vực miền Trung. Số liệu thống kê: $Q_{\min}=192 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_{tb}=2.079 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_{\max}=6.587 \text{ m}^3/\text{s}$; khoảng giá trị Q từ $1.500\div 2.500 \text{ m}^3/\text{s}$ có xác suất xuất hiện lớn nhất (43%).

c) Bộ số liệu về bề rộng cửa sông và góc đuôi doi cát

Diễn biến hình thái cửa Tiên Châu được đánh giá thông qua 02 tham số chính là bề rộng cửa (B) và góc đuôi doi cát (φ). Bề rộng cửa được xác định là khoảng cách ngắn nhất từ điểm mép ngoài cùng của doi cát đến đường cơ sở ở bờ nam của cửa Tiên Châu. Đường cơ sở này được lấy dọc theo mép bờ đá, phía nam cửa Tiên Châu, nơi đường bờ đá hầu như không bị dịch chuyển theo thời gian. Góc của đuôi doi cát (φ) được xác định là góc tạo bởi đường tim của doi cát với đường phương vị (lấy vuông góc với đường cơ sở ở bờ nam). Đường cơ sở, đường phương vị và cách xác định bề rộng cửa và góc đuôi doi cát được minh họa ở Hình 1. Từ bộ ảnh viễn thám Landsat đã thu thập, các tác giả đã xác định được bộ số liệu B và φ .



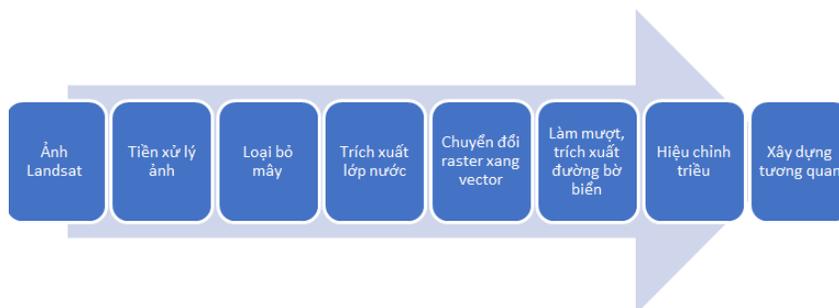
Hình 2: Cách xác định bề rộng cửa sông (B) và góc đuôi doi cát (φ)

d) Bộ số liệu mực nước triều

Các số liệu mực nước triều sử dụng trong nghiên cứu được thu thập từ trạm Quy Nhơn giai đoạn 1988 đến 2022 và từ trạm Tiên Châu [7] từ 04/09/2019 đến 14/05/2020. Từ dữ liệu mực nước triều của trạm Tiên Châu và trạm Quy Nhơn, đã xây dựng được phương trình tương quan mực nước giữa 2 trạm $y = 0,9831x + 1,0381$ trong đó x là mực nước trạm Tiên Châu, y là mực nước trạm Quy Nhơn, với hệ số tương quan $R^2 = 0,98$. Nghiên cứu đã sử dụng phương trình tương quan này để kéo dài số liệu mực nước trạm Tiên Châu đến năm 2020 từ số liệu mực nước triều của trạm Quy Nhơn.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

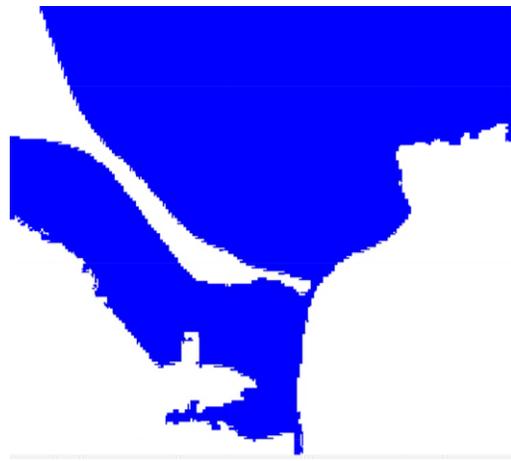
Hình 3 thể hiện quy trình giải đoán đường bờ dựa trên nền tảng GEE và xây dựng tương quan hình thái cửa với yếu tố động lực sông



Hình 3: Quy trình giải đoán đường bờ và xây dựng tương quan



a) Ảnh gốc ngày 26-07-2020



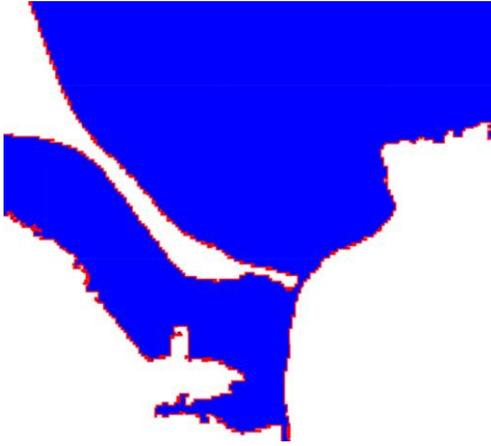
b) Kết quả phân tách lớp nước MNDWI

a) Tiền xử lý ảnh

Các bộ dữ liệu Landsat hiện nay trên nền tảng Google Earth Engine đều đã được tiền xử lý sẵn với các bước: (1) Chuyển đổi giá trị cấp độ xám; (2) Gộp kênh ảnh; (3) Tăng độ phân giải ảnh; (4) Tăng cường chất lượng ảnh; (5) Nắn chỉnh hình học; (6) Cắt ảnh.

b) Loại bỏ mây

Để có thể xác định đường bờ một cách chính xác, cần có ảnh vệ tinh không có mây. Tuy nhiên, việc chọn được một bức ảnh vệ tinh hoàn toàn không có mây thường rất khó, do vậy cần loại bỏ mây trên ảnh vệ tinh. 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 được áp dụng để loại bỏ mây cho ảnh vệ tinh.



c) Đường bờ giải đoán



d) Đường bờ sau khi được làm mượt

Hình 4: Kết quả giải đoán đường bờ cho mỗi cảnh ảnh

c) Trích xuất lớp nước

Chỉ số quang phổ nước được coi là một phương pháp hiệu quả để trích xuất mặt nước bằng cách tính toán từ hai hoặc nhiều dải (bands) từ các cảnh của vệ tinh. Trong nghiên cứu này, hai chỉ số NDWI (Normal Difference Water Index) và mNDWI (Modified Normal Difference Water Index) sẽ được sử dụng. Công thức (1) và (2).

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

$$mNDWI = \frac{(Green - MIR)}{(Green + MIR)} \quad (2)$$

Nghiên cứu thực hiện tính toán chỉ số NDWI trên GEE bằng chức năng normalized Difference với các band được thay đổi cho từng loại ảnh.

d) Chuyển đổi raster sang vector.

Từ kết quả tính toán NDWI chiết tách đường bờ từ ảnh bằng cách sử dụng công cụ chức năng reduceToVectors trên GEE, chức năng này sẽ hỗ trợ chuyển đổi định dạng tif ảnh sang dữ liệu Vectors dạng shapefile.

e) Làm mượt, trích xuất đường bờ biển

Sau khi vector hóa thu được đường bờ biển, tiến hành làm mượt bằng hàm Simplify và trích xuất đường bờ kết quả. Simplify tiến hành đơn giản hóa hình dạng của một đối

tượng trong một giới hạn lỗi nhất định.

f) Hiệu chỉnh vị trí đường bờ theo mực nước triều

Dựa vào số liệu mực nước triều tại thời điểm thu ảnh và độ dốc bãi biển tại khu vực nghiên cứu được trích xuất từ số liệu khảo sát địa hình, ta có thể hiệu chỉnh được vị trí đường bờ tại thời điểm thu ảnh so với mực nước triều trung bình tại khu vực nghiên cứu.

g) Xây dựng tương quan với các yếu tố động lực sông

Xây dựng mối tương quan giữa lưu lượng đỉnh lũ Q_{max} và bề rộng cửa sông B, lưu lượng đỉnh lũ Q_{max} và góc đuôi doi cát φ .

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ PHÂN TÍCH

3.1. Giải đoán và hiệu chỉnh đường bờ theo mực nước triều

Kết quả giải đoán đường bờ cho mỗi cảnh ảnh được minh họa tại Hình 4. Đường bờ sau đó được hiệu chỉnh với mực nước triều tại thời điểm thu ảnh. Dựa vào bình đồ địa hình khu vực cửa Tiên Châu, đã xác định được độ dốc trung bình của bãi biển phía bắc cửa là 1:20. Sử dụng giá trị độ dốc này để hiệu chỉnh vị trí đường bờ theo mực nước triều tại các thời điểm thu ảnh. Kết quả hiệu chỉnh vị trí đường bờ được trình bày tại Bảng 1.

Bảng 1: Kết quả hiệu chỉnh vị trí đường bờ theo mực nước triều

TT	Ngày, giờ nhận ảnh	MN trạm Quy Nhơn	MN trạm Tiên Châu	Khoảng cách hiệu chỉnh (m)
1	08/05/2000, 10:15 AM	2.14	2.56	-12.82
2	12/08/2000, 10:15 AM	1.60	1.96	-9.81
3	31/10/2000, 10:15 AM	1.44	1.78	-8.92
4	20/02/2001, 10:15 AM	1.55	1.90	-9.54
5	09/04/2001, 10:15 AM	1.77	2.15	-10.76
6	30/07/2001, 10:15 AM	1.40	1.74	-8.70
7	29/02/2004, 10:20 AM	1.55	1.90	-9.54
8	19/05/2004, 10:20 AM	1.98	2.38	-11.94
9	23/08/2004, 10:35 AM	1.14	1.45	-7.25
10	13/12/2004, 10:20 AM	1.16	1.47	-7.36
11	15/02/2005, 10:15 AM	1.52	1.87	-9.37
12	06/05/2005, 10:20 AM	1.52	1.87	-9.37
13	26/08/2005, 10:20 AM	1.02	1.31	-6.58
14	14/11/2005, 10:35 AM	1.62	1.98	-9.93

3.2. Phân tích diễn biến bề rộng cửa sông

Từ bộ số liệu bề rộng cửa tiến hành vẽ đồ thị diễn biến bề rộng cửa theo thời gian tại Hình 5 và phân bố mật độ bề rộng cửa theo thời gian tại Hình 6.

Hình 5 cho thấy diễn biến bề rộng cửa sông giữa các năm có sự chênh lệch khá lớn. Các năm 2009, 2016, 2020 cửa sông có bề rộng lớn cũng là những năm xuất hiện lũ lịch sử trên sông Kỳ Lộ. Những năm cửa sông bị thu hẹp như 2014, 2015, 2016 là những năm hạn hán lịch sử. Phân tích số liệu thống kê cho thấy $B_{\min} = 35\text{m}$; $B_{\text{tb}} = 115\text{m}$; $B_{\max} = 320\text{m}$. Khoảng bề rộng cửa $B = 80\text{m} \div 120\text{m}$ có xác suất xuất hiện lớn nhất, khoảng 33%.

Đặc trưng của động lực sông có thể phân thành 02 mùa: mùa kiệt và mùa lũ. Lưu vực sông Kỳ Lộ có mùa kiệt bắt đầu từ tháng 1 đến tháng 8, mùa lũ từ tháng 9 đến tháng 12. Đặc trưng động lực biển được phân theo mùa gió Đông Bắc và mùa gió Tây Nam. Mùa Tây Nam bắt đầu từ tháng 4 đến tháng 9, còn mùa Đông Bắc bắt đầu từ tháng 10 đến tháng 3 năm sau. Để đánh giá ảnh hưởng yếu tố động lực sông và

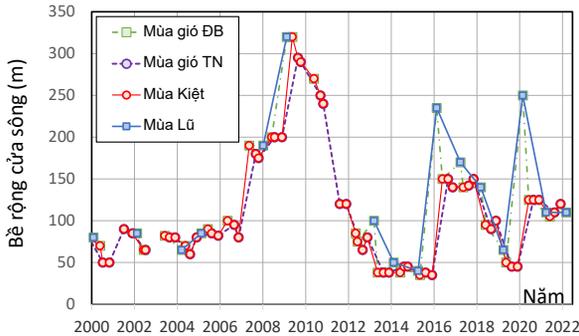
động lực biển theo mùa đến bề rộng cửa sông, nghiên cứu đã phân tích diễn biến chiều rộng cửa theo nhóm mùa ở trên (Hình 5).

Phân tích diễn biến bề rộng cửa sông tại Hình 5 cho thấy giai đoạn từ năm 2000 đến 2007, không có sự khác biệt nhiều giữa bề rộng cửa sông theo mùa lũ - mùa kiệt và theo mùa gió Đông Bắc - mùa gió Tây Nam. Tuy nhiên từ năm 2008 đến 2013, cửa sông có sự thay đổi đột biến do trận lũ lịch sử năm 2009, cửa được mở rộng từ khoảng 100m (năm 2008) ra tới 320 m (năm 2009) và sau đó dần thu hẹp lại còn 50m (năm 2013). Các dao động mùa trong thời kỳ này là không rõ rệt. Giai đoạn từ 2016 tới 2020, ghi nhận 2 lần mở rộng cửa vào năm 2016 và 2020. Trong giai đoạn này, sự khác biệt về chiều rộng cửa theo mùa là khá rõ.

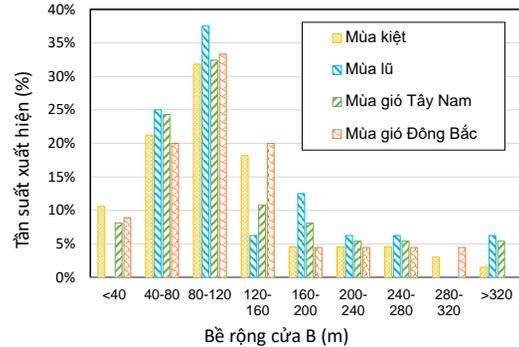
Đường đồ thị diễn biến bề rộng cửa sông đi lên đều rất dốc (trong 01 mùa) và thời điểm lên tới đỉnh thường trùng với thời điểm sông có lũ lớn, trong khi nhánh đồ thị đi xuống lại khá thoải và thời điểm xuống tới đáy thường trùng với thời điểm năm trước đó không có lũ hoặc chỉ có lũ nhỏ. Thời kỳ sông không có lũ hoặc chỉ có lũ nhỏ thì lượng bùn cát tải từ sông ra

cửa là không đáng kể, và do đó đây không phải là nguồn bùn cát bồi đắp cho doi cát và làm thu hẹp cửa sông. Do đó có thể nhận định sông

và dòng chảy phía biển là yếu tố động lực chính làm doi cát phát triển kéo dài và gây thu hẹp cửa sông.



Hình 5: Diễn biến bề rộng cửa sông (B) theo mùa kiệt-lũ và mùa gió Đông Bắc - Tây Nam



Hình 6: Phân bố mật độ bề rộng cửa mùa kiệt - lũ và mùa gió Đông Bắc - Tây Nam

Hình 6 cho thấy phân bố mật độ bề rộng cửa theo mùa kiệt – lũ khá tương đồng với mật độ phân bố xác suất bề rộng cửa theo mùa gió Đông Bắc-Tây Nam, đồng thời các biểu đồ này cũng tương đồng với biểu đồ mật độ phân bố xác suất bề rộng cửa theo năm. Bề rộng cửa nằm trong khoảng từ 80m đến 120m có xác suất xuất hiện lớn nhất trong cả mùa kiệt và mùa lũ cũng như trong mùa gió Đông Bắc và mùa gió Tây Nam.

3.3. Phân tích diễn biến góc đuôi doi cát

Từ bộ số liệu góc đuôi doi cát tiến hành vẽ đồ thị diễn biến góc đuôi doi cát thời gian và biểu đồ phân bố mật độ góc đuôi doi cát được tại Hình 7 và Hình 8.

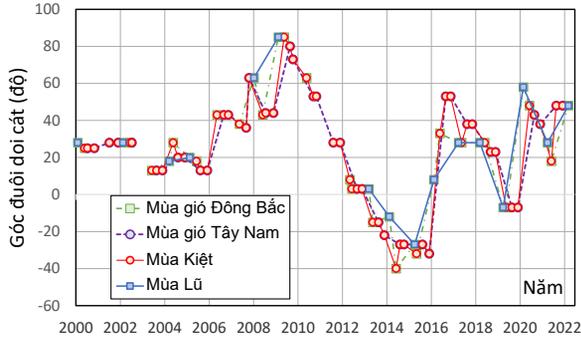
Từ số liệu trên ta thấy, góc đuôi doi cát giữa các năm có sự chênh lệch lớn và luôn biến động, khi thì hướng ra phía ngoài biển ($\varphi > 0$), khi thì hướng vào trong sông ($\varphi < 0$). Một số năm góc đuôi doi cát hướng xa ra phía biển như cuối các năm 2009, 2017, 2020, đây cũng là những năm xuất hiện lũ lịch sử. Một số năm góc đuôi doi cát hướng sâu vào trong sông như 2014, 2015, 2016, đây cũng là những năm hạn lịch sử của khu vực. Số liệu thống kê: $\varphi_{\min} = -40^0$; $\varphi_{\max} = 85^0$; $\varphi_{tb} = 24^0$; $\varphi_{\max} - \varphi_{\min} = 125^0$;

Khoảng góc xoay đuôi doi cát $\varphi = 15^0 \div 30^0$ có xác suất xuất hiện lớn nhất, khoảng 33%.

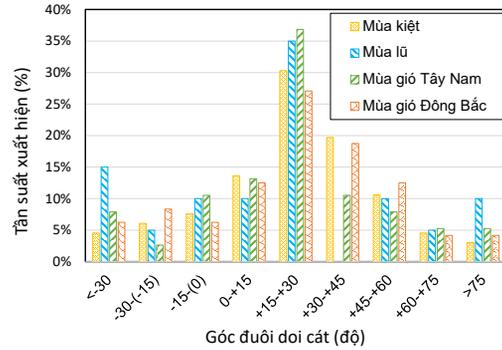
Để đánh giá ảnh hưởng của mùa đến góc đuôi doi cát, tiến hành phân loại góc đuôi doi cát theo mùa lũ-kiết và mùa gió Đông Bắc-Tây Nam.

Hình 7 cho thấy không có sự khác biệt giữa góc đuôi doi cát theo mùa lũ - kiệt và mùa gió Đông Bắc -Tây Nam. Biểu đồ diễn biến quá trình góc đuôi doi cát nhiều năm cho thấy đường góc đuôi doi cát phân theo mùa bám nhau khá sát. Từ đó có thể đi đến nhận định: Biến động góc đuôi doi cát không tuân theo chu kỳ mùa hay năm.

Đường đồ thị góc đuôi doi cát đi lên đều rất dốc (trong 01 mùa) và thời điểm góii đuôi doi cát đạt đỉnh thường trùng với thời điểm sông có lũ lớn. Nhánh đồ thị khi đi xuống lại khá thoải và thời điểm đồ thị xuống tới đáy thường trùng với thời điểm năm trước đó không có lũ hoặc chỉ có lũ nhỏ. Do đó có thể nhận định rằng điều kiện cần để góc đuôi doi cát hướng ra phía biển là trên sông Kỳ Lộ là sông có xuất hiện lũ lớn và điều kiện đủ để góc đuôi doi cát hướng vào trong sông là trên sông trước đó có lũ nhỏ hoặc không có lũ.



Hình 7: Diễn biến góc đuôi doi cát theo mùa lũ-kiết và mùa gió Đông Bắc - Tây Nam



Hình 8: Phân bố mật độ góc đuôi doi cát mùa kiết - lũ và mùa gió Đông Bắc - Tây Nam

Biểu đồ phân bố mật độ góc đuôi doi cát tại Hình 8 theo mùa lũ - kiết khá tương đồng với mật độ phân bố xác suất góc đuôi doi cát theo mùa gió Đông Bắc - Tây Nam. Độ lớn của góc đuôi doi cát φ nằm trong khoảng từ 15^0 tới 30^0 có xác suất xuất hiện lớn nhất trong cả mùa kiết và mùa lũ cũng như trong mùa gió Đông Bắc và mùa gió Tây Nam.

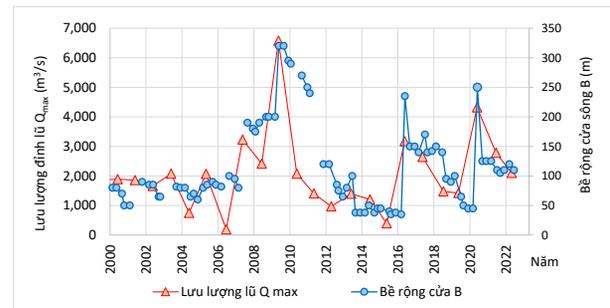
3.4. Phân tích tương quan giữa diễn biến cửa với yếu tố động lực sông

a) Tương quan giữa lưu lượng đỉnh lũ Q_{max} và bề rộng cửa sông B

Mục 3.2 ở trên đã cho thấy dòng chảy lũ là yếu tố động lực có vai trò quan trọng chi phối bề rộng cửa sông. Để làm rõ hơn vấn đề này, tiến hành phân tích diễn biến và tương quan giữa hai yếu tố lưu lượng đỉnh lũ sông Q_{max} và bề rộng cửa sông B . Từ chuỗi số liệu nhiều năm về Q_{max} và B , tiến hành vẽ đồ thị diễn biến theo thời gian của lưu lượng lũ Q_{max} theo thời gian và bề rộng cửa sông B theo thời gian (xem Hình 9).

Đường quá trình lưu lượng đỉnh lũ sông Q_{max} và bề rộng cửa sông B từ năm 2000 đến nay khá tương đồng về hình dạng, khi Q_{max} tăng thì B cũng tăng theo và ngược lại. Những năm có lũ lịch sử như năm 2009, 2016, 2020 thì bề rộng cửa sông cũng đạt tới giá trị B_{max} . Ngược lại, những năm có lũ nhỏ như năm 2014, 2015, 2016 thì bề rộng cửa sông cũng đạt tới giá trị

B_{min} . Thời điểm xảy ra đỉnh lũ xuất hiện trước, rồi sau đó mới xuất hiện B_{max} . Điều này chứng tỏ lũ là yếu tố động lực chính, chi phối bề rộng cửa sông, làm cửa sông mở rộng.



Hình 9: Diễn biến lưu lượng đỉnh lũ (Q_{max}) và bề rộng cửa sông (B) theo thời gian

Phân tích thống kê Q_{max} thời kỳ nhiều năm, xác định được Q_{max} trung bình thời kỳ nhiều năm = $2.000 \text{ m}^3/\text{s}$, tương ứng với khoảng giá trị có mật độ xác suất xuất hiện lớn nhất và tần suất xuất hiện $P=35\%$. Tương ứng với giá trị Q_{max} này, xác định được bề rộng cửa sông ổn định thời kỳ nhiều năm $B=100\text{m}$ và cũng là giá trị nằm trong khoảng có mật độ xác suất xuất hiện lớn nhất. Như vậy cửa sông sẽ có chiều rộng ổn định B nằm trong khoảng 100m , và $Q_{max} = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$. Khi $Q_{max} > 2.000\text{m}^3/\text{s}$ thì cửa sông có xu hướng mở rộng và ngược lại. Phương trình tương quan giữa Q_{max} và B có dạng hàm e mũ (3) với hệ số tương quan khá tốt ($R^2 = 0,88$).

$$Q_{\max} = 724,47e^{0,0071B} \quad (3)$$

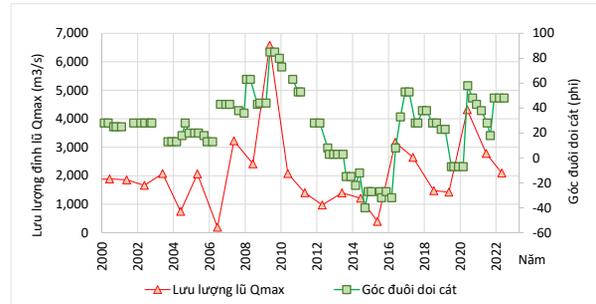
b) *Tương quan giữa lưu lượng đỉnh lũ Q_{\max} và góc đuôi doi cát φ*

Mục 3.3 ở trên đã có nhận định “điều kiện cần để góc đuôi doi cát hướng ra phía biển là trên sông Kỳ Lộ là sông có xuất hiện lũ lớn và điều kiện đủ để góc đuôi doi cát hướng vào trong sông là trên sông trước đó có lũ nhỏ hoặc không có lũ”. Do đó, dự kiến nhận định lũ là yếu tố tác động và có tương quan đến góc đuôi doi cát. Để làm rõ nhận định này, tiến hành phân tích diễn biến và tương quan giữa hai yếu tố lưu lượng đỉnh lũ sông Q_{\max} và góc đuôi doi cát φ . Từ chuỗi số liệu nhiều năm về Q_{\max} và φ , tiến hành vẽ đồ thị diễn biến theo thời gian $Q_{\max} \sim t$; $\varphi \sim t$ và đồ thị tương quan $Q_{\max} \sim \varphi$ được như Hình 10.

Giữa lưu lượng đỉnh lũ sông Q_{\max} và góc đuôi doi cát φ từ năm 2000 đến nay có diễn biến đồng dạng và chặt chẽ với nhau, khi Q_{\max} tăng thì B tăng ngay lập tức và ngược lại, khi Q_{\max} giảm thì B giảm một cách từ từ. Một số năm xuất hiện lũ lịch sử như cuối các năm 2009, 2016, 2020 thì góc đuôi doi cát cũng tăng đến các giá trị φ_{\max} . Một số năm hạn hán lịch sử và gần như không có lũ như các năm 2014, 2015, 2016 thì góc đuôi doi cát cũng thu hẹp đến các giá trị φ_{\min} . Khi hai đường đồ thị đi lên hay đi xuống thì đường đồ thị Q_{\max} luôn đi trước điều có chứng tỏ: lũ là điều kiện cần (lũ lớn) để đẩy góc đuôi doi cát hướng ra phía biển và là điều kiện đủ (lũ nhỏ) để góc đuôi doi cát hướng vào trong sông, hay lũ là yếu tố tác động đến góc đuôi doi cát.

Với đỉnh lũ sông đạt khoảng $Q_{\max}=2.000\text{m}^3/\text{s}$ (là giá trị trung bình, đồng thời cũng nằm trong khoảng giá trị có mật độ phân bố xác suất xuất hiện lớn nhất, tương đương với tần suất lũ khoảng $P=35\%$) thì tương ứng với góc đuôi doi cát ổn định nhiều năm $\varphi=24^0$ (là giá trị trung bình đồng thời cũng là giá trị có mật độ phân bố xác suất xuất hiện lớn nhất). Như vậy có thể nhận định rằng: Cặp giá trị

$Q_{\max}=2.000\text{m}^3/\text{s}$; $\varphi=24^0$ là cặp giá trị ổn định của cửa, khi $Q_{\max}>2.000\text{m}^3/\text{s}$ thì đuôi doi cát có hướng xoay ra phía biển và ngược lại với $Q_{\max}<2.000\text{m}^3/\text{s}$ thì đuôi doi cát có hướng xoay vào phía trong sông.



Hình 10: *Diễn biến và tương quan giữa đỉnh lũ Q_{\max} và góc đuôi doi cát φ*

Giữa Q_{\max} và φ có tương quan chặt chẽ với $R^2=0,77$ và Phương trình tương quan có dạng:

$$Q_{\max} = 1074,5e^{0,0213\varphi} \quad (4)$$

Hệ số tương quan giữa $Q_{\max} \sim \varphi$ thấp hơn hệ số tương quan giữa $Q_{\max} \sim B$, nguyên nhân là do thời điểm lũ thường trùng với thời điểm xuất hiện bão và gió mùa Đông Bắc có sóng gió lớn, kéo dài. Trong khi đó, bề rộng cửa chịu tác động chủ yếu bởi lũ, còn đuôi doi cát chịu tác động tổng hợp của cả 03 yếu tố lũ, bão và sóng gió mùa Đông Bắc.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Bằng phương pháp phân tích ảnh viễn thám, nghiên cứu đã làm sáng tỏ diễn biến hình thái cửa Tiên Châu và yếu tố động lực chi phối diễn biến hình thái cửa.

Cửa sông thường được mở rộng do tác động của dòng chảy lũ từ sông và bị thu hẹp do tác động của sóng trong mùa gió Đông Bắc và gió bão. Các đặc trưng hình thái của cửa Tiên Châu trong thời kỳ từ năm 2000 đến 2020 bao gồm chiều rộng nhỏ nhất là 35m; trung bình là 115m; và lớn nhất là 320m. Cửa có bề rộng ổn định nằm trong khoảng từ 80 đến 120m. Góc đuôi doi cát hướng ra phía biển khi có tác động của lũ sông và có hướng vào trong cửa khi có

tác động của sóng bão và sóng trong gió mùa Đông Bắc. Góc đuôi doi cát cửa nhỏ nhất là -40° ; lớn nhất là $+85^{\circ}$; và trung bình là $+24^{\circ}$; và góc đuôi doi cát ổn định dao động trong khoảng từ 15° ÷ 30° .

Yếu tố động lực sông có tương quan chặt chẽ với các đặc trưng hình thái cửa sông, cụ thể là lưu lượng đỉnh lũ Q_{\max} có tương quan với bề rộng cửa sông B theo phương trình (3) với hệ số tương quan $R^2=0,88$ và lưu lượng đỉnh lũ

Q_{\max} có tương quan với góc đuôi doi cát φ theo phương trình (4) với hệ số tương quan $R^2=0,77$.

Các đặc trưng hình thái của cửa Tiên Châu ở trạng thái ổn định sẽ tương ứng với $Q_{\max} = 2.000 \text{ m}^3/\text{s}$; bề rộng cửa $B = 100\text{m}$; và góc đuôi doi cát $\varphi = 24^{\circ}$. Khi $Q_{\max} > 2.000\text{m}^3/\text{s}$ thì cửa sông mở rộng và đuôi doi cát hướng ra ngoài biển. Khi $Q_{\max} < 2.000 \text{ m}^3/\text{s}$ thì cửa sông thu hẹp và đuôi doi cát hướng vào trong sông.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Winarso, G. and S. Budhiman, 2001 “The potential application of remote sensing data for coastal study”, Proc. 22nd Asian Conference on Remote Sensing.
- [2] 1] Alesheikh A.A Sadeghi Naeeni F and Talebzadeh A 2003 “Improving classification Accuracy using External Knowledge” GIM International, Aug Vol 17 No 8 pp: 12-15.
- [3] Darvish Zadeh A 2010 Geology of Iran. The Institute for Amir Kabir Publications Fourth Edition
- [4] Hồ Nguyễn Như Quỳnh, Đào Nguyên Khôi , Huỳnh Công Hoài , Nguyễn Thị Bảy, 2018. Ứng dụng viễn thám và GIS đánh giá biến động đường bờ sông Tiên và sông Hậu. Tạp chí Khí tượng Thủy văn số tháng 6-2018.
- [5] Lê Minh Hậu, Huỳnh Thị Cẩm Hồng, Trần Tuyết Lan. Đánh giá biến động đường bờ biển Thị xã Vĩnh Châu tỉnh Sóc Trăng bằng phương pháp ảnh viễn thám. Tạp chí Khí tượng Thủy văn 2022, 733, 98-108.
- [6] Naimi Nezamabad A Ghahroudi Tali M 2010 Monitoring of Shoreline Changes and Geomorphologically Persian Guif Using Remote Sensing and Geographic Information System (Case Study: Coastal Zone of Assaloyeh) Scientific- Research Journal Geographical Space Summer Issue 30 pp: 45-61.
- [7] Trần Thanh Tùng và nnk. 2022. Báo cáo chuyên đề thu thập số liệu. Đề tài KHCN cấp Bộ NN&PTNT Nghiên cứu ứng dụng giải pháp chuyển cát, chống bồi lấp cho các cửa sông miền Trung. Trường Đại học Thủy lợi. Hà Nội.
- [8] Winarso, G. and S. Budhiman, 2001 “The potential application of remote sensing data for coastal study”, Proc. 22nd Asian Conference on Remote Sensing.