

NGHIÊN CỨU QUY LUẬT DIỄN BIẾN DOI CÁT VEN BỜ KHU VỰC CỬA TIỀN CHÂU BẰNG ẢNH VỆ TINH LANDSAT

Trần Thanh Tùng¹, Mai Duy Khánh²

Tóm tắt: Cửa Tiên Châu, nơi sông Kỳ Lộ đổ vào phía nam vịnh Xuân Đài thuộc xã An Ninh Đông, huyện Tuy An là nơi tránh trú bão cho hơn 400 tàu thuyền của các xã thuộc huyện Tuy An và các địa phương khác thuộc tỉnh Phú Yên. Cửa Tiên Châu thường xuyên bị bồi lấp, dịch chuyển gây khó khăn, nguy hiểm cho các tàu thuyền ra vào tránh trú bão và tiêu thụ hải sản. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu quy luật diễn biến của doi cát phía bắc cửa Tiên Châu và phân tích mối liên hệ giữa các yếu tố động lực sóng tới các diễn biến của doi cát và cửa Tiên Châu trong quá khứ từ các tư liệu ảnh vệ tinh Landsat thu thập trong giai đoạn từ 1988 đến 2019. Kết quả nghiên cứu đã làm sáng tỏ mối liên hệ chặt chẽ giữa các yếu tố hình học của cửa Tiên Châu và doi cát bờ bắc cửa với lưu lượng đỉnh lũ Q_{max} của sông Kỳ Lộ.

Từ khóa: cửa sông, phát triển doi cát, ảnh vệ tinh, động lực lạch triều, Tiên Châu.

1. MỞ ĐẦU

Vùng cửa sông là nơi tương tác giữa các yếu tố động lực sông, động lực biển và từ các hoạt động của con người. Diễn biến dịch chuyển, bồi lấp các cửa sông diễn ra khá phổ biến ở các cửa sông ở khu vực miền Trung nước ta đã và đang gây ra nhiều thiệt hại về kinh tế - xã hội và môi trường sinh thái. Hiện tượng dịch chuyển, bồi lấp các cửa sông làm sa bồi luồng tàu, gây cản trở tàu thuyền ra vào, gây ảnh hưởng đến khả năng thoát lũ và ảnh hưởng đến nuôi trồng thủy sản, và môi trường.

Cửa Tiên Châu trên sông Cái (đoạn hạ lưu sông Kỳ Lộ), phía nam vịnh Xuân Đài thuộc xã An Ninh Đông, huyện Tuy An, tỉnh Phú Yên hiện đang là nơi tránh trú bão cho hơn 400 tàu thuyền của các xã An Ninh Tây, xã An Ninh Đông, huyện Tuy An và các địa phương khác thuộc tỉnh Phú Yên. Do tàu thuyền đi vào cảng cá Tiên Châu buộc phải đi qua cửa, nên cũng chịu ảnh hưởng rất lớn khi cửa Tiên Châu bị dịch chuyển, bồi lấp.



Hình 1. Bản đồ cửa Tiên Châu

Khi cửa bị bồi lấp, tàu thuyền muốn ra khơi phải chờ lúc triều lên mới đảm bảo an toàn. Có thời điểm, luồng tàu đi qua cửa Tiên Châu bị cát bồi lấp chỉ còn rộng từ 15m đến hơn 20m, độ sâu nước chỉ từ 1,5 m đến 2,5 m gây khó khăn, nguy hiểm cho các tàu thuyền có công suất từ 400 CV trở lên ra vào tránh trú bão và tiêu thụ hải sản. Trước những thực tế đang diễn ra tại cửa Tiên Châu, cần có những phân tích, đánh giá diễn biến, quy luật bồi lấp cửa vào làm căn cứ đề xuất định hướng các giải pháp chống bồi lấp cửa cũng như tăng cường khả năng thoát lũ qua cửa, nâng cao hiệu quả khai thác sử dụng các cảng cá góp phần

¹ Khoa Công trình - Trường Đại học Thủy lợi

² Viện Kỹ thuật công trình - Trường Đại học Thủy lợi

thúc đẩy phát triển kinh tế biển, tăng cường an ninh quốc phòng, chủ quyền biển đảo. Ngày nay, với sự phát triển vượt bậc của khoa học kỹ thuật, đặc biệt là những thành tựu to lớn trong ngành công nghệ vũ trụ và hệ thống thông tin địa lý GIS, công nghệ viễn thám đã được ứng dụng mạnh mẽ vào lĩnh vực nghiên cứu, giám sát môi trường, tài nguyên thiên nhiên và đánh giá biến động đường bờ tại Việt Nam với những ưu điểm nổi trội như tính hiệu quả và chi phí thấp.

(Bùi Kiên Trinh & Nguyễn Mạnh Cường, 2018) đã sử dụng tư liệu ảnh Landsat 8 và Sentinel-2 và công nghệ GIS nhằm phân tích biến động đường bờ biển Nha Trang, tỉnh Khánh Hòa từ năm 2013 đến 2018. Kết quả cho thấy xói lở xảy ra rõ rệt ở khu vực phía Bắc Vịnh Nha Trang trong giai đoạn trước năm 2015 đã được ngăn chặn hoàn toàn.

Với chuỗi ảnh Landsat từ năm 1999 đến 2014 khu vực Nha Trang, bằng công nghệ viễn thám và GIS. (Nguyễn Thành Luân & nnk., 2014) đã phân tích, tái hiện bức tranh thực trạng xói lở, bồi tụ cửa sông, bờ biển vịnh Nha Trang theo không gian và thời gian.

(Nguyễn Văn Trung & Nguyễn Văn Khánh, 2016) đã đánh giá biến động đường bờ khu vực Cửa Đại, Quảng Nam bằng tư liệu ảnh vệ tinh Landsat đa thời gian giai đoạn 1973-2014. Phương pháp tỉ lệ ảnh do Alesheikh đề xuất đã được các tác giả sử dụng nhằm chiết tách đường bờ sau đó chồng xếp bằng các phần mềm GIS để đánh giá biến động đường bờ.

Các nghiên cứu sử dụng phương pháp viễn thám và hệ thống thông tin địa lý GIS đã chứng minh tính hiệu quả của phương pháp này trong

nghiên cứu và đánh giá biến động đường bờ phục vụ công tác đánh giá, quản lý tài nguyên vùng cửa sông ven biển. Với những ưu điểm của phương pháp viễn thám và GIS. Nghiên cứu này đã sử dụng tư liệu ảnh vệ tinh đa thời gian Landsat từ năm 1988 đến 2018 để đánh giá quy luật diễn biến doi cát ven bờ cửa Tiên Châu, huyện Tuy An, tỉnh Phú Yên. Nghiên cứu lịch sử diễn biến cửa Tiên Châu từ các tư liệu ảnh vệ tinh giai đoạn từ 1988 đến 2019 cho thấy biến động cửa Tiên Châu chịu sự chi phối rất lớn của doi cát ở phía bắc cửa. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu quy luật diễn biến của doi cát phía bắc cửa Tiên Châu và phân tích mối liên hệ giữa các yếu tố động lực sông tới các diễn biến của doi cát và cửa Tiên Châu trong quá khứ. Kết quả nghiên cứu đã làm sáng tỏ mối liên hệ chặt chẽ giữa các yếu tố hình học của cửa Tiên Châu và doi cát bờ bắc cửa với lưu lượng đỉnh lũ Q_{max} của sông Kỳ Lộ.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ SỐ LIỆU

2.1 Thu thập ảnh vệ tinh và các số liệu phục vụ giải đoán ảnh

Dữ liệu khảo sát địa hình và diễn biến đường bờ biển, khu vực cửa sông trong quá khứ là cơ sở quan trọng để nghiên cứu quy luật diễn biến cửa sông và bờ biển lân cận cửa. Có nhiều phương pháp để khảo sát, đo đạc đường bờ và địa hình vùng cửa sông ven biển, nhưng phương pháp giải đoán đường bờ bằng các tư liệu ảnh vệ tinh đa phổ ngày càng trở nên phổ biến do dữ liệu ảnh vệ tinh có độ phân giải cao ngày càng nhiều, kỹ thuật giải đoán ảnh được nghiên cứu phát triển tốt, chi phí rẻ và độ chính xác phù hợp.

Bảng 1. Thống kê loại ảnh, số ảnh độ phân giải, và thời gian thu thập

Loại ảnh	Độ phân giải (m)	Số ảnh	Thời kỳ
Landsat 4 – 5	30m	40 ảnh	1988 đến 2011
Landsat 7 ETM +	15m	10 ảnh	1999 đến 2003
Landsat 8 OLI	15m	15 ảnh	2013 đến 2020

Các loại ảnh vệ tinh được sử dụng để giải đoán đường bờ phổ biến hiện nay là các ảnh vệ tinh Landsat, ảnh Spot, ảnh Sentinel và các ảnh vệ tinh

có độ phân dải cao (đến 1m) như Quickbird, Ikonos. Nghiên cứu này sử dụng các ảnh vệ tinh Landsat (<http://landcover.org>) được tải miễn

phí từ website: <http://earthexplorer.usgs.gov/>, bao gồm các ảnh của các vệ tinh Landsat 4-5 có độ phân giải 30m, Landsat 7 và Landsat 8 có độ phân giải là 15m (ảnh Panchromatic). Thời gian thu thập là từ năm 1988 đến 2020. Chi tiết về các ảnh vệ tinh được thu thập xem tại <http://landcover.org>. Trong tổng số hơn 5000 ảnh vệ tinh đã được chụp và lưu trữ, nghiên cứu đã thu thập 65 ảnh vệ tinh Landsat có độ phân giải phù hợp, không hoặc ít bị mây che phủ, và đảm bảo phân bố theo mùa và nhiều năm (xem Bảng 1).

Để hiệu chỉnh đường bờ theo mực nước triều, nghiên cứu đã thu thập chuỗi số liệu mực nước triều giờ tại cảng Tiên Châu (từ tháng 6/2019 đến tháng 6/2020) và mực nước triều tại Quy Nhơn (từ 1995 đến 2020) và tương quan mực nước giữa trạm Tiên Châu và trạm Quy Nhơn.

Để đánh giá tương quan giữa diễn biến doi cát và cửa với các yếu tố động lực sông và động lực biển, nghiên cứu này đã thu thập chuỗi số liệu mực nước đo đạc tại trạm thủy văn Hà Bằng (có tọa độ 13°21' vĩ độ bắc, 109°8' kinh độ đông), trên sông Kỳ Lộ, giai đoạn từ 1998 đến 2020. Do trạm thủy văn Hà Bằng chỉ đo mực nước nên chúng tôi đã sử dụng tương quan Q~H của trạm Hà Bằng để tính toán lưu lượng. Nghiên cứu này còn sử dụng chuỗi liệu đo đạc lưu lượng và mực nước từ 2012 đến 2019 của trạm quan trắc tài nguyên nước mặt An Thạnh (có tọa độ 13°20' vĩ độ bắc, 109°2' kinh độ đông) nằm ở phía bờ trái sông Kỳ Lộ. Cách cầu Ngân Sơn 130m về phía thượng lưu (Trần Thanh Tùng, nnk 2019a).

2.2 Phương pháp giải đoán đường bờ biển từ ảnh vệ tinh

Phương pháp giải đoán đường bờ biển từ ảnh vệ tinh Landsat đã được các tác giả (Boak, H., Elizabeth and I. L. Turner, 2005) mô tả chi tiết, bài báo này chỉ trình bày tóm tắt các bước xử lý ảnh như sau:

- Tăng cường chất lượng ảnh: Thông thường các ảnh vệ tinh quang học ở các trạm thu ảnh viễn thám (mức 1) sẽ nhìn không rõ nét, nhất là các ảnh ở các khu vực có các tán xạ ánh sáng mặt trời quá khác nhau. Do vậy cần tăng cường chất lượng ảnh, hiệu chỉnh quang sai bằng các

phương pháp sử dụng các thuật toán hoặc bằng phương pháp thủ công.

- Nắn chỉnh ảnh: Mục đích của quá trình nắn chỉnh là chuyển đổi các ảnh quét đang ở tọa độ hàng cột của các pixel về tọa độ trắc địa (tọa độ thực, hệ tọa độ địa lý hay tọa độ phẳng). Bước này sẽ loại trừ sai số vị trí điểm ảnh do góc nghiêng của ảnh gây ra và hạn chế sai số điểm ảnh do chênh lệch cao địa hình.

- Cắt ảnh: Do khu vực nghiên cứu chỉ là 1 phần của tờ ảnh nên cần phải tiến hành cắt ảnh. Nghiên cứu này cắt ảnh cho khu vực bao trùm toàn bộ của Tiên Châu và khu vực lân cận.

- Kỹ thuật phân tách đường bờ trên ảnh: Đường bờ biển là đường ranh giới giữa chiều mặt nước biển và đất liền. Việc chiết tách đường bờ từ ảnh vệ tinh cần phải dựa vào cả đường bờ, dao động của mực nước triều và các điều kiện khác để mà làm giảm ảnh hưởng của các sai số trong quá trình xác định vị trí đường bờ.

Trong các bước xử lý ảnh, phân tách chính xác giữa đất và nước là khâu khó nhất. Năm 2006, (Boak, H., Elizabeth and I. L. Turner, 2005) đã đề xuất 1 kỹ thuật phân tách đường bờ cải tiến là kỹ thuật Chỉ số nước khác biệt được hiệu chỉnh (MNDWI). Kỹ thuật này thay thế band cận hồng ngoại (NIR) bởi band giữa hồng ngoại-MIR (trong đó bộ cảm biến ETM+ là band 5 và OLI là band 6). Công thức tính chỉ số MNDWI như sau:

$$MNDWI = \frac{P_{green} - P_{SWIR}}{P_{green} + P_{SWIR}} \quad (1)$$

Nhìn chung, giá trị của mặt nước trong MNDWI thường lớn hơn trong NDWI vì kênh SWIR thường hấp thụ ánh sáng nhiều hơn kênh NIR và các đối tượng như đất, thực vật hay đất xây dựng thì lại có giá trị nhỏ hơn (thường giá trị âm) bởi vì chúng phản xạ ánh sáng ở SWIR cao hơn là ở màu xanh lá (green).

Trong nghiên cứu này, sử dụng phân tích đặc tính của biểu đồ độ xám theo phương pháp của (N.A.Otsu, 1975). Phương pháp này đưa ra cách phân ngưỡng dựa trên cơ sở hình dáng biểu đồ để chiết tách nước mặt, phân tích phân bố biểu đồ độ xám, so sánh điều chỉnh ngưỡng để cuối cùng đưa ra được ngưỡng hợp lý cho vùng nghiên

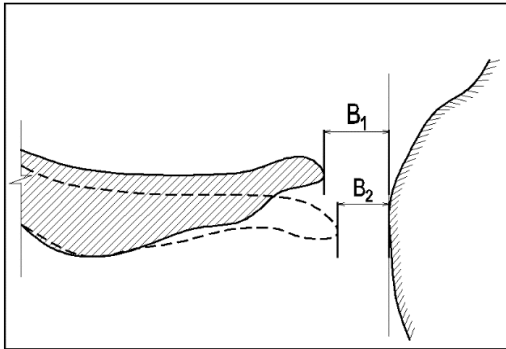
cứ: với ảnh Landsat pixel được chọn là nước có giá trị $> 0,12$ (Vũ Anh Tuấn, nnk 2018).

2.3 Giải đoán đường bờ từ ảnh viễn thám

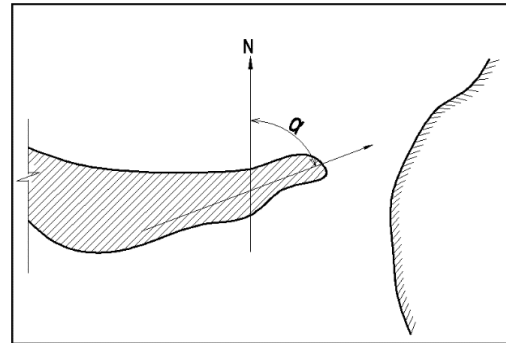
Các ảnh Landsat thu thập trong nghiên cứu này được hiệu chỉnh theo hệ tọa độ toàn cầu WGS-84, tất cả các ảnh đều đã được tiền xử lý ở mức trực ảnh nghĩa là đã được cải chỉnh biến dạng bởi chênh cao địa hình (Trần Thanh Tùng, nnk 2019b).

Từ kết quả phân tích ảnh viễn thám bằng công

cụ ArcGIS, kết quả của sản phẩm ảnh Landsat là các lớp dữ liệu về đường bờ tương ứng với thời gian của ảnh. Kết quả giải đoán đường bờ gồm 65 lớp đường bờ tương ứng với thời gian từ năm 1988 đến 2020 (Trần Thanh Tùng, nnk 2019b). Dựa trên kết quả các lớp đường bờ tương ứng được giải đoán. Các tham số về chiều rộng cửa, góc doi cát được trích xuất để phân tích các quy luật, diễn biến phát triển.



Hình 2. Sơ họa cách xác định chiều rộng cửa Tiên Châu

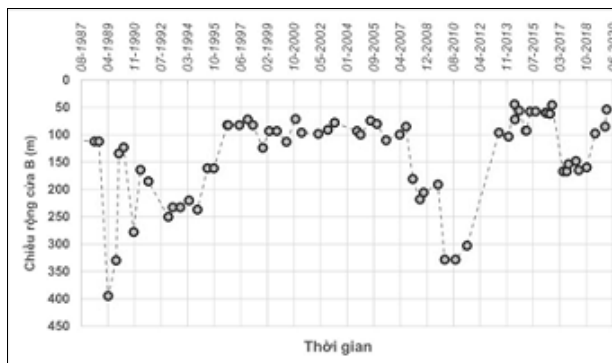


Hình 3. Sơ họa cách xác định góc của doi cát so với phương Bắc

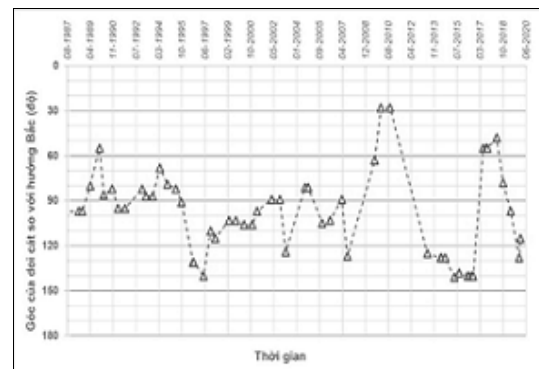
3. PHÂN TÍCH LỊCH SỬ DIỄN BIẾN DOI CÁT CỬA TIỀN CHÂU

Để phân tích lịch sử diễn biến doi cát cửa Tiên Châu, nghiên cứu đã tiến hành tham số hóa một số kích thước hình học cơ bản của doi cát và chiều rộng cửa Tiên Châu. Chiều rộng của cửa Tiên Châu được

xác định là khoảng cách giữa đường tiếp tuyến với mồm ngoài cùng của doi cát bờ bắc cửa Tiên Châu với đường tiếp tuyến tương ứng ở bờ nam cửa Tiên Châu như được sơ họa ở Hình 2 và Hình 3. Góc của doi cát so với phương bắc được định nghĩa là góc hợp bởi trục chính của doi cát so với hướng Bắc.



Hình 4. Diễn biến chiều rộng doi cát giai đoạn từ 1988 đến 2020



Hình 5. Diễn biến góc doi cát thời kỳ nhiều năm

3.1 Lịch sử diễn biến chiều rộng doi cát cửa Tiên Châu

Lịch sử biến động chiều rộng doi cát cửa Tiên Châu, thời kỳ từ 1988 đến 2020, đường trình bày

tại Hình 4. Xu thế diễn biến cửa Tiên Châu thời kỳ này được chia thành 5 giai đoạn:

- 1988-1995: Chiều rộng cửa có xu hướng tăng. Tuy nhiên, năm 1989 cửa mở gần 400m

- 1996-2003: Chiều rộng cửa có xu hướng ổn định, dao động trong khoảng từ 80-100m.
- 2004-2011: Chiều rộng cửa có xu hướng tăng nhanh, dao động trong khoảng 60-350m. Đây là hệ quả của trận lũ lịch sử xảy ra cuối năm 2009.
- 2012 đến 2016: Cửa có xu thế thu hẹp dần và B dao động trong khoảng từ 100 m đến 50 m.
- 2017-2020. Chiều rộng cửa có xu hướng giảm dần, dao động từ 180-80m, tương ứng với Qtb tháng trạm An Thạnh trong giai đoạn này tương đối nhỏ, và không xuất hiện lũ lớn.

3.2 Lịch sử diễn biến góc doi cát cửa Tiên Châu

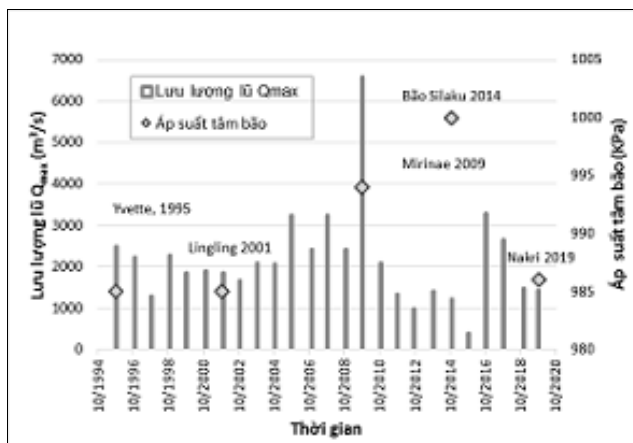
Từ các ảnh vệ tinh đã được giải đoán đường bờ, tham số góc doi cát được xác định so với phương Bắc như mô tả ở Hình 3. Diễn biến góc doi cát bờ bắc cửa Tiên Châu, giai đoạn 1998 đến 2020 được trình bày tại Hình 5. Kết quả phân tích thống kê cho thấy, có 37% góc doi cát < 90o, tương ứng với phần đầu của doi cát hướng ra phía ngoài cửa. Có 60% góc doi cát > 90o, tương ứng

với phần đầu của doi cát quạt vào phía trong cửa. Chỉ có 2% góc doi cát = 90o, tương ứng với hướng doi cát vuông góc với bờ nam cửa. Góc doi cát bờ bắc cửa Tiên Châu nhỏ nhất là khoảng 25 độ, tức là chệch về hướng bắc đông bắc ra phía ngoài cửa, xuất hiện vào thời gian sau khi có lũ lịch sử năm 2009. Góc doi cát bờ bắc cửa Tiên Châu lớn nhất là 140 độ, quạt vào trong cửa, theo hướng nam đông nam. Đây cũng là thời kỳ cửa bị thu hẹp nhiều nhất vào năm 2015, 2016.

4. PHÂN TÍCH TƯƠNG QUAN GIỮA DIỄN BIẾN CỬA VỚI ĐỘNG LỰC SÔNG

4.1 Tương quan giữa chiều rộng cửa B và lưu lượng đỉnh lũ Q_{max}

Để xây dựng tương quan giữa lưu lượng đỉnh lũ Q_{max} sông Kỳ Lộ tới diễn biến chiều rộng cửa B, nghiên cứu đã tiến hành thu thập bộ số liệu mực nước và tương quan $Q \sim H$ của trạm thủy văn Hà Bằng, số liệu trích các trận lũ lớn trên lưu vực sông Kỳ Lộ. Hình 6 biểu diễn các trận lũ lớn xuất hiện trên lưu vực sông Kỳ Lộ, từ 1995 tới 2020.



Hình 6. Biểu đồ các trận lũ và bão có ảnh hưởng tới khu vực nghiên cứu



Hình 7. Cửa Tiên Châu sau trận lũ lịch sử năm 2009

Hình 8 thể hiện diễn biến chiều rộng cửa Tiên Châu trong điều kiện lũ qua các năm từ 1995-2020. Có thể thấy rằng, dòng chảy lũ có vai trò quan trọng đối với diễn biến cửa Tiên Châu. Lưu lượng lũ lớn sẽ làm mở rộng cửa và điều chỉnh hướng của doi cát phía bắc cửa. Hình 7 thể hiện hình thái cửa tại thời điểm tháng 1/2010, ngay sau trận lũ lịch sử tháng 11/2009 trên lưu vực sông Kỳ Lộ, với mực nước lũ lịch

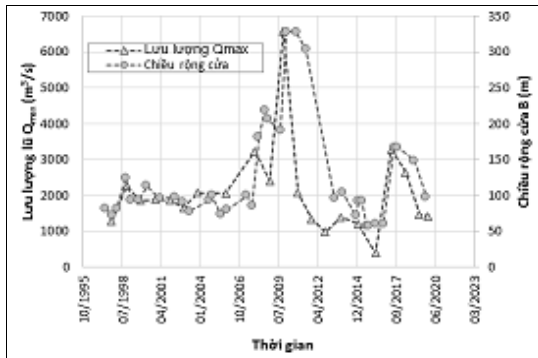
sử đo được tại trạm thủy văn Hà Bằng là 13.47 m và $Q_{đỉnh}$ lũ tính toán là 6578 m³/s. Giai đoạn sau lũ lịch sử, từ 2010 đến 2015, lưu lượng dòng chảy có xu hướng giảm dần, do vậy cửa Tiên Châu cũng có xu hướng thu hẹp dần từ 330m về chỉ còn 50m. Năm 2016, trên lưu vực có xuất hiện 1 trận lũ lớn $Q_{đỉnh}$ lũ = 3284 m³/s, cửa ngay sau đó mở rộng từ 50m lên tới 160m. Giai đoạn từ 1995 đến 2003, là thời kỳ nhóm năm ít nước,

hầu như không có trận lũ nào lớn trên lưu vực sông Kỳ Lộ nên cửa ít thay đổi trong thời kỳ này.

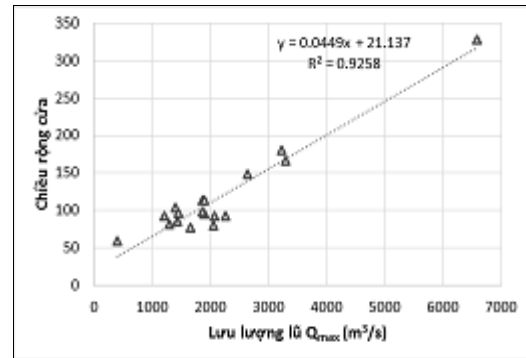
Nghiên cứu đã xây dựng phương trình tương quan tuyến tính giữa chiều rộng cửa (B) với lưu

lượng đỉnh lũ $Q_{\max}$ (xem Hình 9) với hệ số tương quan $R^2 = 0.93$.

$$B = 0.0449 Q_{\max} + 21.137 \quad (2)$$

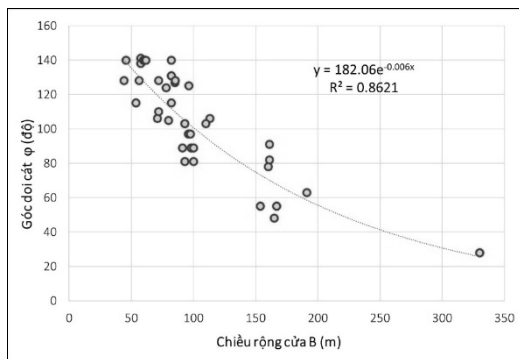


Hình 8. Diễn biến chiều rộng cửa Tiên Châu trong điều kiện lũ



Hình 9. Tương quan giữa chiều rộng cửa và lưu lượng đỉnh lũ $Q_{\max}$

4.2 Tương quan giữa chiều rộng cửa B và góc doi cát φ

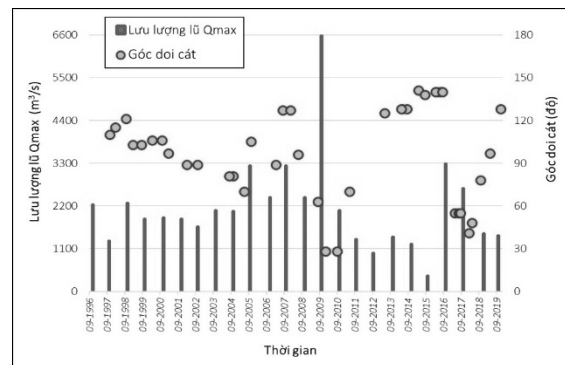


Hình 10. Tương quan giữa góc doi cát và chiều rộng cửa Tiên Châu

Diễn biến chiều rộng cửa Tiên Châu có liên quan mật thiết tới diễn biến của góc doi cát. Hình 10 biểu diễn tương quan giữa góc doi cát và chiều rộng cửa giai đoạn từ năm 1995 - 2020. Góc doi cát có tương quan với chiều rộng cửa theo dạng hàm logarit. Phương trình tương quan dạng hàm logarit giữa chiều rộng cửa (B) và góc doi cát (φ) có dạng như sau, với hệ số tương quan $R^2 = 0.86$.

$$\varphi = 182.06e^{-0.006B} \quad (3)$$

Khi chiều rộng cửa lớn, mũi tên cát có xu hướng quay ra phía biển và góc doi cát thường nhỏ hơn 60 độ. Ngược lại, khi chiều rộng cửa nhỏ, doi cát có xu hướng quạt vào bên trong cửa với góc lớn hơn 120 độ.



Hình 11. Diễn biến góc doi cát trong điều kiện lũ giai đoạn 1995-2020

4.3 Tương quan giữa góc doi cát φ với lưu lượng đỉnh lũ $Q_{\max}$

Hình 11 mô tả diễn biến của góc doi cát tương ứng với các trận lũ lớn xuất hiện trên lưu vực sông Kỳ Lộ. Diễn biến của góc doi cát, có tương quan chặt với lưu lượng đỉnh lũ $Q_{\max}$. Cụ thể là những năm xuất hiện lũ lớn, doi cát có xu thế hướng ra phía biển với góc doi cát giảm dần. Ngược lại, những năm chỉ xuất hiện lũ nhỏ, doi cát có xu thế quạt vào trong cửa, với góc doi cát tăng dần. Điển hình là giai đoạn từ 2007 đến 2010. Năm 2007, doi cát bờ bắc cửa hướng vào bên trong cửa với góc doi cát so với phương bắc xấp xỉ 130 độ. Đến năm 2009, sau trận lũ lịch sử tháng 11, cửa được

mở rộng và dòng chảy lũ đã thay đổi lại hướng doi cát gần như song song với hướng Bắc - Nam, góc doi cát chỉ còn 25 độ so với phương bắc. Các giai đoạn từ năm 2014 đến 2016, biến đổi của góc doi cát cũng diễn ra tương tự với góc doi cát năm 2014 từ 140 độ giảm về 50 độ năm 2016 sau trận lũ lớn xảy ra vào tháng 11/2016. Đối với những nhóm năm không có lũ lớn, góc doi cát cũng ít biến động và doi cát có xu thế quạt vào phía bên trong cửa như nhóm năm từ 2013 đến 2016, góc doi cát dao động từ 130 độ đến 140 độ.

Từ phương trình tương quan (2) giữa chiều rộng cửa B với lưu lượng đỉnh lũ $Q_{\max}$ và phương trình tương quan (3) giữa chiều rộng cửa B và góc doi cát φ , chúng tôi đã xây dựng được tương quan giữa góc doi cát φ với lưu lượng đỉnh lũ $Q_{\max}$, có dạng sau:

$$\varphi = 182,06 \cdot e^{-(0,127+2,69 \cdot 10^{-4} \cdot Q_{\max})} \quad (4)$$

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày lịch sử diễn biến cửa Tiên Châu thông qua các tư liệu ảnh vệ tinh Landsat, được thu thập trong giai đoạn từ 1988 đến 2019. Nghiên cứu cho thấy biến động cửa Tiên Châu chịu sự chi phối trực tiếp của doi cát ở phía bắc cửa và chế độ động lực trên sông Kỳ Lộ. Kết quả nghiên cứu đã làm sáng tỏ mối liên hệ chặt chẽ giữa các yếu tố hình học của cửa Tiên Châu và doi cát bờ bắc cửa với lưu lượng đỉnh lũ $Q_{\max}$ của sông Kỳ Lộ.

Dòng chảy của sông Kỳ Lộ có vai trò quan trọng trong việc duy trì chiều rộng cửa cũng như mở rộng cửa đột ngột khi có lũ lớn. Nghiên cứu đã xây dựng được phương trình tương quan tuyến tính giữa chiều rộng cửa (B) với lưu lượng đỉnh lũ

$Q_{\max}$, với hệ số tương quan $R^2 = 0.93$. Góc của doi cát bờ bắc cửa (φ) cũng có tương quan chặt chẽ với chiều rộng cửa (B) và được biểu diễn qua dạng hàm logarit với hệ số tương quan $R^2 = 0.86$. Các phương trình tương quan này cho thấy mối liên hệ chặt chẽ giữa các yếu tố hình học của cửa, doi cát bờ bắc với yếu tố động lực sông, thông qua lưu lượng đỉnh lũ $Q_{\max}$. Thời điểm xuất hiện lũ lớn trên sông cũng là thời kỳ dòng chảy lũ sẽ tác động làm thay đổi chiều rộng cũng như hướng của doi cát bờ bắc chắn cửa. Lưu lượng đỉnh lũ càng lớn, thì chiều rộng cửa sẽ tăng lên tương ứng cũng như góc doi cát sẽ mở rộng, hướng lên phía bắc. Ngược lại, khi dòng chảy sông đưa ra cửa giảm dần thì cửa sẽ bị thu hẹp (B nhỏ dần) và góc doi cát có xu hướng quạt vào bên trong cửa.

Kết quả nghiên cứu trình bày ở trên là cơ sở quan trọng để xác định quy luật diễn biến cửa Tiên Châu và doi cát bờ bắc cửa, phục vụ mô hình hóa diễn biến cửa và xây dựng các nhóm giải pháp chỉnh trị cửa Tiên Châu. Trong bài báo này, mặc dù chúng tôi không phân tích mối quan hệ giữa các yếu tố động lực sóng và dòng triều tới các tham số hình học của cửa và doi cát bờ bắc cửa Tiên Châu, nhưng các vấn đề này sẽ được trình bày chi tiết ở bài báo kế tiếp.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ Đề tài: “Nghiên cứu các giải pháp chỉnh trị chống sa bồi luồng tàu cho các cảng cá và khu neo đậu tàu thuyền tỉnh Phú Yên và vùng lân cận, áp dụng cho cửa Tiên Châu”, mã số ĐTĐLCN.33/18.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Trần Thanh Tùng, nnk 2019a, *Báo cáo khảo sát thủy hải văn khu vực cửa Tiên Châu và lưu vực sông Kỳ Lộ*. Đề tài KHCN cấp Nhà nước, mã số ĐTĐLCN.33/18, Đại học Thủy lợi, Hà Nội.
- Trần Thanh Tùng, nnk 2019b, *Báo cáo chuyên đề phân tích quy luật diễn biến cửa Tiên Châu giai đoạn 1988-2019*. Đề tài KHCN cấp Nhà nước mã số ĐTĐLCN.33/18, Đại học Thủy lợi, Hà Nội.
- Bùi Thị Kinh & Nguyễn Mạnh Cường (2018), *Phân tích biến động của đường bờ biển Nha Trang, tỉnh Khánh hòa ứng dụng công nghệ viễn thám và hệ thống tin địa lý*, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật thủy lợi và Môi trường, 63(12/2018), tr.120-127.

- Nguyễn Thành Luân, Nguyễn Hoàng Sơn, và Trần Thanh Tùng (2014), “*Nghiên cứu biến động vùng cửa sông Cái, Nha Trang qua các tư liệu viễn thám (giai đoạn 1999-2013)*”, Tạp chí Khoa học Thủy lợi và Môi trường, 45 (6/2014), tr.18-23.
- 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.
- Vũ Anh Tuấn, nnk (2018), “*Theo dõi biến động nước mặt đô thị bằng chỉ số MNDWI từ ảnh vệ tinh được tăng cường độ phân giải*”, Tập 15(11b), tr. 29-36
- Alesheikh A.A., Ghorbanali A., Nouri A. (2007), “*Coastline change detection using remote sensing*”, Int. J. Environ, Sci. Tech., p.61 - 66
- N. A. Otsu, (1975) “*Threshold selection method from gray-level histograms*,” Automatica, 11, pp. 23-27.
- GLCF: Landsat Imagery. Global Land Cover Facility, (2009), [Online] Available: <http://www.landcover.org/data/landsat/>.
- Boak, H., Elizabeth and I. L. Turner, (2005), “*Shoreline Definition and Detection*”, A Review, Journal of coastal research, Vol. 21, No. 4, p. 688–703.

Abstract:

STUDY EVOLUTON OF SAND-SPIT AT THE TIEN CHAU ESTUARY USING LANDSAT SATELLITE IMAGES

The Tien Chau inlet, where the Ky Lo river discharges into the southern part of Xuan Dai Bay, belongs to the An Ninh Dong ward, Tuy An district. This place has been a shelter area for over 400 vessels of Tuy An and other districts of Phu Yen province. The inlet is frequently accreted and shifted, causing difficult and unsafe navigation of vessels on their routes to seek for shelter and sell fishing products. This paper presents the results of a research on the evolution patterns of the sand-spit to the north of Tien Chau inlet as well as the analysis on the linkage between river dynamic factors to the past evolutions of the sand-spit and the inlet, using collected Landsat images from 1988 to 2019 and Sentinel images from 2016 to 2020. The results highlight the strong relationship between geometries of both the Tien Chau inlet and the northern sand-spit, and the peak discharge Q_{max} of the Ky Lo river.

Keywords: Estuary, sand spit evolution, satellite image, dynamics of tidal inlet, Tien Chau.

Ngày nhận bài: 29/9/2020

Ngày chấp nhận đăng: 10/11/2020