

Bài báo Khoa học

Đánh giá biến động cửa sông Tiên Châu, tỉnh Phú Yên bằng công nghệ viễn thám

Phạm Duy Huy Bình^{2*}, Hoàng Thu Thảo¹, Nguyễn Thanh Bình²

¹ Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; htthao@hus.edu.vn

² Trung tâm Động lực học Thủy khí Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; phambinh@hus.edu.vn; binh.gis.cefd@hus.edu.vn

* Tác giả liên hệ: phambinh@hus.edu.vn; Tel.: +84-366228113

Ban Biên tập nhận bài: 4/12/2020; Ngày phản biện xong: 9/1/2021; Ngày đăng: 25/2/2021

Tóm tắt: Cửa Tiên Châu, sông Kỳ Lộ nằm ở phía nam vịnh Xuân Đài thuộc xã An Ninh Đông, huyện Tuy An, tỉnh Phú Yên. Trong những năm gần đây cửa sông và khu vực trong cảng cá Tiên Châu bị bồi lấp rất nặng nề, tàu thuyền ra vào cảng khó khăn, đã có một số tàu khi vào cảng neo đậu bị nghiêng và chìm ảnh hưởng trực tiếp đến phát triển kinh tế của tỉnh. Để thực hiện việc nạo vét cát tại cửa sông hiệu quả cũng như phục vụ cho công tác thiết kế các công trình tại cửa sông sau này, việc nghiên cứu lịch sử biến động của cửa sông là rất cần thiết. Bài báo ứng dụng công nghệ viễn thám nghiên cứu hình thái khu vực cửa sông qua một giai đoạn dài từ năm 1988–2019, từ đó tìm ra được những xu thế biến động hình thái khu vực cửa sông Tiên Châu tỉnh Phú Yên. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khu vực cửa sông bị bồi lấp chủ yếu gây bởi sự thay đổi của dải bờ biển phía Bắc cửa. Trong đó, chiều dài cửa sông dao động khá ổn định trong khoảng 50–150 m. Dải đường bờ phía Bắc cửa sông có xu thế cong lõm vào trong đất liền.

Từ khóa: Biến động cửa sông; Viễn thám; Ảnh vệ tinh; GIS.

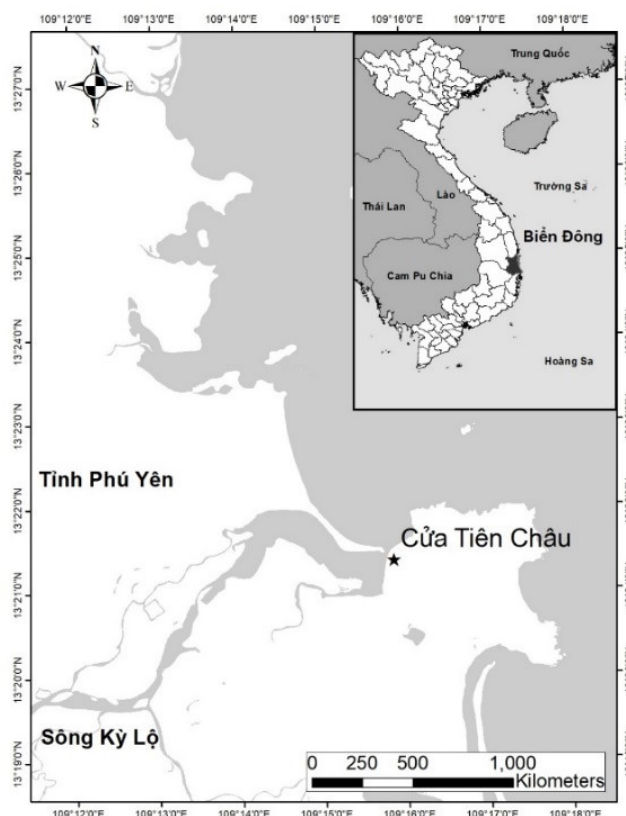
1. Mở đầu

Quá trình biến đổi tự nhiên của một khu vực thường chịu ảnh hưởng các yếu tố nội sinh, ngoại sinh và nhân sinh. Trong đó, yếu tố nước mặt và đường bờ thường xảy ra nhiều thay đổi nhất do tác động của thời tiết, khí hậu, thay đổi mục đích sử dụng đất, thảm phủ và yếu tố môi trường khác. Việc nghiên cứu biến động đường bờ đã được chú trọng nghiên cứu trong rất nhiều nghiên cứu trên thế giới với rất nhiều hướng tiếp cận khác nhau như sử dụng ảnh vệ tinh hoặc ảnh hàng không [1], mô hình toán [2], quan trắc [3, 4]. Sự biến động của đường bờ là hệ quả của một số thảm họa tự nhiên như lũ lụt, nước biển dâng, nước tràn bờ, dẫn đến những thiệt hại rất lớn về vật chất và con người. Quá trình diễn biến đường bờ còn là sự tích lũy lâu dài và là kết quả của quá trình vận động để đạt tới trạng thái cân bằng của hệ thống. Theo dõi diễn biến đường bờ theo thời gian và thu thập các dữ liệu biến động theo các sự kiện cực đoan sẽ giúp cho người dân và chính quyền địa phương đưa ra được những quyết định chính xác trong việc quản lý rủi ro, ứng phó biến đổi khí hậu [1].

Sự phát triển mạnh mẽ của khoa học công nghệ trong đó có công nghệ viễn thám (*remote sensing*) đã góp phần giải quyết được nhiều bài toán mà thực tiễn đặt ra. Các thông tin trích xuất được từ các thể hệ ảnh viễn thám cung cấp nguồn dữ liệu về quá trình thay đổi của các nguồn tài nguyên khác nhau của Trái Đất, trong đó có tài nguyên nước mặt. Một số ứng dụng công nghệ viễn thám trong các nghiên cứu liên quan tài nguyên nước như đánh giá và quản lý thiệt hại do lũ lụt [5–7] biến động nước mặt và đường bờ [8–10], giám sát và đánh giá chất lượng nước [11].

Tại Việt Nam, các nghiên cứu ứng dụng ảnh viễn thám trong nghiên cứu về diễn biến đường bờ biển và cửa sông ngày càng trở nên phổ biến. Một số nghiên cứu có thể kể đến như nghiên cứu về diễn biến đường bờ tại biển Phan Thiết của Phạm Thị Phương Thảo và nhóm nghiên cứu [12], nghiên cứu biến động bờ sông Tiền và sông Hậu [13], ứng dụng ảnh vệ tinh để đánh giá biến động cửa sông Đà Diên, Phú Yên...[14]. Việc ứng dụng công nghệ viễn thám nói chung và sử dụng tư liệu vệ tinh độ phân giải cao nói riêng là một hướng nghiên cứu hiện đại, có thể giám sát, đánh giá một cách nhanh chóng và khách quan về sự biến động của khu vực cửa sông ven biển.

Lưu vực sông Kỳ Lộ nằm trong khoảng $13^{\circ}09'15'' - 13^{\circ}46'40''$ vĩ độ Bắc, $108^{\circ}42'08'' - 109^{\circ}19'08''$ kinh độ Đông. Phía Bắc giáp lưu vực sông Hà Thanh, phía Tây và phía nam giáp lưu vực sông Ba, phía Đông giáp Biển Đông. Sông chảy qua các huyện Đồng Xuân và Tuy An của tỉnh Phú Yên và một phần phía tây và tây bắc thuộc huyện Vân Canh tỉnh Bình Định, huyện KrongChro và Krongpa tỉnh Kon Tum. Diện tích lưu vực tính đến cửa biển là 2058km^2 , chiều dài sông chính 103 km, chiều rộng bình quân lưu vực 15,8 km, mật độ sông suối $0,14\text{ km/km}^2$. Sông Kỳ Lộ là sông lớn thứ hai ở tỉnh Phú Yên, với có 11 nhánh sông cấp I chảy trực tiếp vào dòng chính như các sông: Tiouan, Khe Cách, Gâm, Cà Tơn, suối Đập, Trà Bương, Cồ, Cạy, Tà Hồ... Tổng lượng mưa trung bình năm ở Phú Yên rất không đồng đều. Theo số liệu đo đạc được ở nơi nhiều mưa nhất và ít mưa nhất chênh lệch nhau khoảng 487 mm. Dãy núi Vọng Phu đèo Cả và khu vực cách chân của dãy núi này trên dưới 10km về phía bắc là vùng mưa lớn nhất tỉnh với lượng mưa trung bình là 2244 mm. Mưa thấp nhất là vùng ven biển phía bắc, thung lũng sông Kỳ Lộ và sông Ba, lượng mưa năm trung bình đạt 1750–1800 mm, trong đó tầm mưa thấp nhất là khu vực Thị xã Sông Cầu với lượng mưa trung bình năm dưới 1800 mm. Trong năm, lượng mưa của mùa mưa từ tháng 9 đến tháng 12 đạt được từ 1152–1738 mm chiếm 68–84% lượng mưa cả năm, còn mùa khô 260–684 mm chiếm từ 13–32% cho nên mùa mưa quyết định chủ yếu đến lượng mưa năm. Lưu lượng trung bình năm trên sông Kỳ Lộ khoảng $77,9\text{ m}^3/\text{s}$, tổng lượng dòng chảy năm vào khoảng $2,46\text{ km}^3$. Mùa lũ trên sông Kỳ Lộ bắt đầu từ tháng 9 đến tháng 12, trong đó tháng 10 và tháng 11 là những tháng thường xuyên xuất hiện lũ lớn.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu.

Cửa Tiên Châu nằm ở cửa 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. Trong những năm gần đây cửa sông và khu vực trong cảng cá Tiên Châu bị bồi lấp rất nặng nề, tàu thuyền ra vào cảng khó khăn, đã có một số tàu khi vào cảng neo đậu bị nghiêng và chìm ảnh hưởng trực tiếp đến phát triển kinh tế của tỉnh. Năm 2008, UBND tỉnh Phú Yên cũng đã đầu tư nạo vét cát bồi lấp tại cửa Tiên Châu. Tuy nhiên, sau 1 thời gian dài không được nạo vét định kỳ và ảnh hưởng của thời tiết mưa bão đã làm cho luồng tàu qua cửa Tiên Châu bị bồi lấp trở lại, gây khó khăn cho tàu thuyền vào ra và ảnh hưởng lớn tới khả năng thoát lũ qua cửa Tiên Châu.

Theo kết quả nghiên cứu [15], ảnh viễn thám có thể được sử dụng để quan trắc sự thay đổi của độ rộng cửa sông. Các loại ảnh viễn thám được sử dụng phổ biến hiện nay trong nghiên cứu cửa sông ven biển trên Thế giới có thể kể đến LANDSAT (LANDSAT 7 ETM+ và LANDSAT 5 TM), SPOT, SPOT-2, các ảnh có độ phân giải cao hơn như QuickBird, IKONOS, SPOT-5, SPOT-6,... Các tài liệu ảnh viễn thám được xử lý và phân tích bằng các phần mềm chuyên dụng như ERDAS, ENVI và ArcGIS. Vệ tinh Landsat là tên chung cho hệ thống các vệ tinh chuyên dùng vào mục đích thăm dò tài nguyên Trái Đất. Đầu tiên nó mang tên ERTS (*Earth Resource Technology Satellite*) – kỹ thuật vệ tinh thăm dò Trái đất. Hệ thống vệ tinh Landsat cho tới nay có thể nói là hệ thống vệ tinh mang tính chất quốc tế. Ảnh Landsat có nhiều thế hệ với số lượng kênh phổ và độ phân giải khác nhau. Tuy nhiên, thế hệ ảnh Landsat TM được thu từ vệ tinh Landsat-4 và -5 và ảnh Landsat ETM+ được thu từ vệ tinh Landsat-7 được sử dụng phổ biến nhất. Ảnh Landsat TM gồm 6 kênh phổ nằm trên dải sóng nhìn thấy và hồng ngoại với độ phân giải không gian 30mx30m và một giải phổ hồng ngoại nhiệt ở kênh 6, độ phân giải 120mx120m để đo nhiệt độ bề mặt. Ảnh Landsat ETM+ ghi phổ trên 8 kênh ở các bước sóng giống như của ảnh Landsat TM, điều khác biệt là ở Landsat ETM+, kênh hồng ngoại nhiệt (Thermal) có độ phân giải cao hơn (60 m x 60 m) và có thêm kênh toàn sắc (Pan) với độ phân giải không gian là 15 m x 15 m. Ảnh Landsat được ứng dụng trong nghiên cứu của nhiều lĩnh vực từ nghiên cứu hiện trạng đến giám sát biến động và được công bố rộng rãi và sử dụng phổ biến nhất. Bên cạnh đó, ảnh Landsat có chuỗi thời gian quan trắc trong quá khứ tương đối dài với thời đoạn trung bình có thể thu thập được là từ năm 1988 đến nay. Với những ưu điểm trên, Nghiên cứu sử dụng các ảnh vệ tinh Landsat được tải về từ website: <http://earthexplorer.usgs.gov/> [16], bao gồm các ảnh của các vệ tinh Landsat 4-5 với độ phân giải là 30 m, Landsat 7 và Landsat 8 có độ phân giải là 15 m (sử dụng ảnh Panchromatic). Các ảnh viễn thám được xử lý thông qua phần mềm chuyên dụng ENVI và ArcGIS.

Kết quả của nghiên cứu cung cấp thông tin về quá trình đóng mở cửa sông Tiên Châu trong thời đoạn 30 năm từ năm 1988–2018 và mối quan hệ của hiện tượng này với một số sự kiện lũ lụt trên khu vực thượng lưu sông Kỳ Lộ. Từ đó đánh giá được mức độ ảnh hưởng của lượng nước từ thượng lưu đổ ra biển đến diễn biến bồi xói tại khu vực cửa, vốn là nơi diễn ra nhiều hoạt động dân sinh kinh tế địa phương. Đây cũng là bước nghiên cứu đầu tiên để phục vụ cho công tác xây dựng mô hình nhận thức về cơ chế biến động của cửa sông nhằm phục vụ mục đích thiết kế các công trình chỉnh trị cửa sông sau này [14].

2. Phương pháp và số liệu

2.1. Phương pháp

Với sự phát triển của kỹ thuật xử lý ảnh tự động bằng phần mềm máy tính, rất nhiều bộ chỉ số đã được phát triển và áp dụng để có thể phân tách được nước với đất, tiêu biểu có NDWI (*Normalized Difference Water Index*), MNDWI (*Modified Normalized Difference Water Index*) và AWEI (*Automated Water Extraction Index*). Trong nghiên cứu [17] đã chỉ ra rằng MNDWI và AWEI thể hiện tốt hơn so với NDWI. Do đó nghiên cứu lựa chọn chỉ số MNDWI để thực hiện xác định đường mép nước cho cửa sông Tiên Châu. MNDWI phân tách nước bề mặt bằng cách lọc ra những thành phần khác có thể có như đất xây dựng, đất đá và thực vật. Việc xác

định sự thay đổi của nước mặt thường được thực hiện bằng cách phân tách nước ra riêng biệt bằng ảnh viễn thám theo thời gian, sau đó so sánh để xác định được sự thay đổi của cửa sông. Trong dải hồng ngoại, giá trị phản xạ của nước thường gần bằng không, đặc biệt là trong dải hồng ngoại giữa (đối với cảm biến của Landsat TM/ETM+). Đây là cơ sở để xây dựng lên MNDWI. Như được trình bày trong công thức (1), dải hồng ngoại giữa trong TM với bước sóng từ 1.550–1.750 μm tương ứng với dải SWIR với bước sóng từ 1.560–1.660 μm . Trong nghiên cứu này, MNDWI được lựa chọn để phân tách nước bề mặt từ ảnh Landsat. Chỉ số MNDWI (*Modified Normalized Difference Water Index*) [16] được áp dụng để phân tách hình ảnh của nước và đất ra thành 2 màu riêng biệt. Công thức tính chỉ số MNDWI như sau:

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

Trong đó ρ_{green} là phổ ảnh xanh lá cây, ρ_{SWIR} là phổ ảnh hồng ngoại.

2.2. Số liệu

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. Trong tổng số hơn 5000 ảnh đã được vệ tinh chụp lại và lưu trữ, 54 ảnh vệ tinh Landsat (Bảng 1) được sử dụng trong nghiên cứu này do các ảnh được lựa chọn phải đảm bảo các tiêu chí:

- Ảnh được chụp với thời điểm xuất hiện giá trị tương đương mức triều trung bình nhiều năm trong giai đoạn 1988 – 2019: đảm bảo các ảnh cùng mức triều, từ đó việc so sánh biến động đường bờ đảm bảo được tính tin cậy.

- Không bị mây che phủ.

Ngoài ra, một số vấn đề cần lưu ý trong quá trình sử dụng dữ liệu từ các thể hệ vệ tinh Landsat cụ thể như sau:

- Riêng vệ tinh Landsat 7 gặp lỗi từ năm 2003 nên ảnh về từ thời điểm này trở đi, ảnh thu thập được từ vệ tinh này xuất hiện những đường chéo đen không thể xử lý để sử dụng được.

- Landsat 4–5 với độ phân giải 30 m; Landsat 7_SLC-off và Landsat 8 với độ phân giải 15m.

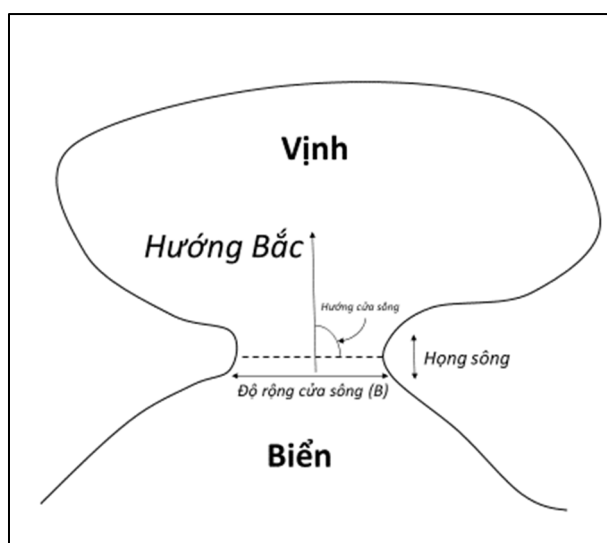
Bảng 1. Số liệu ảnh viễn thám khu vực cửa sông Tiên Châu sử dụng trong nghiên cứu.

STT	Thời gian	Vệ tinh	STT	Thời gian	Vệ tinh
1	8/6/1988	Landsat45	28	4/4/2002	Landsat7
2	12/9/1988	Landsat45	29	7/6/2002	Landsat7
3	8/4/1989	Landsat45	30	10/8/2002	Landsat7
4	10/5/1989	Landsat45	31	26/08/2002	Landsat7
5	11/4/1990	Landsat45	32	6/3/2003	Landsat7
6	30/04/1991	Landsat45	33	7/4/2003	Landsat7
7	28/12/1992	Landsat45	34	6/7/2004	Landsat45
8	16/01/1994	Landsat45	35	6/3/2006	Landsat45
9	12/8/1994	Landsat45	36	25/05/2006	Landsat45
10	27/05/1995	Landsat45	37	25/03/2007	Landsat45
11	15/08/1995	Landsat45	38	30/05/2008	Landsat45
12	26/03/1996	Landsat45	39	21/08/2009	Landsat45
13	29/05/1996	Landsat45	40	20/05/2010	Landsat45
14	17/08/1996	Landsat45	41	8/6/2011	Landsat45
15	1/6/1997	Landsat45	42	28/05/2012	Landsat 8
16	5/9/1997	Landsat45	43	18/05/2015	Landsat 8
17	16/03/1998	Landsat45	44	5/7/2015	Landsat 8
18	3/5/1998	Landsat45	45	1/3/2016	Landsat 8
19	23/08/1998	Landsat45	46	5/6/2016	Landsat 8

STT	Thời gian	Vệ tinh	STT	Thời gian	Vệ tinh
20	23/06/1999	Landsat45	47	7/7/2016	Landsat 8
21	22/04/2000	Landsat45	48	23/07/2016	Landsat 8
22	8/5/2000	Landsat45	49	23/05/2017	Landsat 8
23	24/05/2000	Landsat45	50	8/6/2017	Landsat 8
24	9/6/2000	Landsat45	51	11/8/2017	Landsat 8
25	12/6/2001	Landsat45	52	23/03/2018	Landsat 8
26	14/07/2001	Landsat45	53	11/4/2019	Landsat 8
27	23/08/2001	Landsat7	54	14/06/2019	Landsat 8

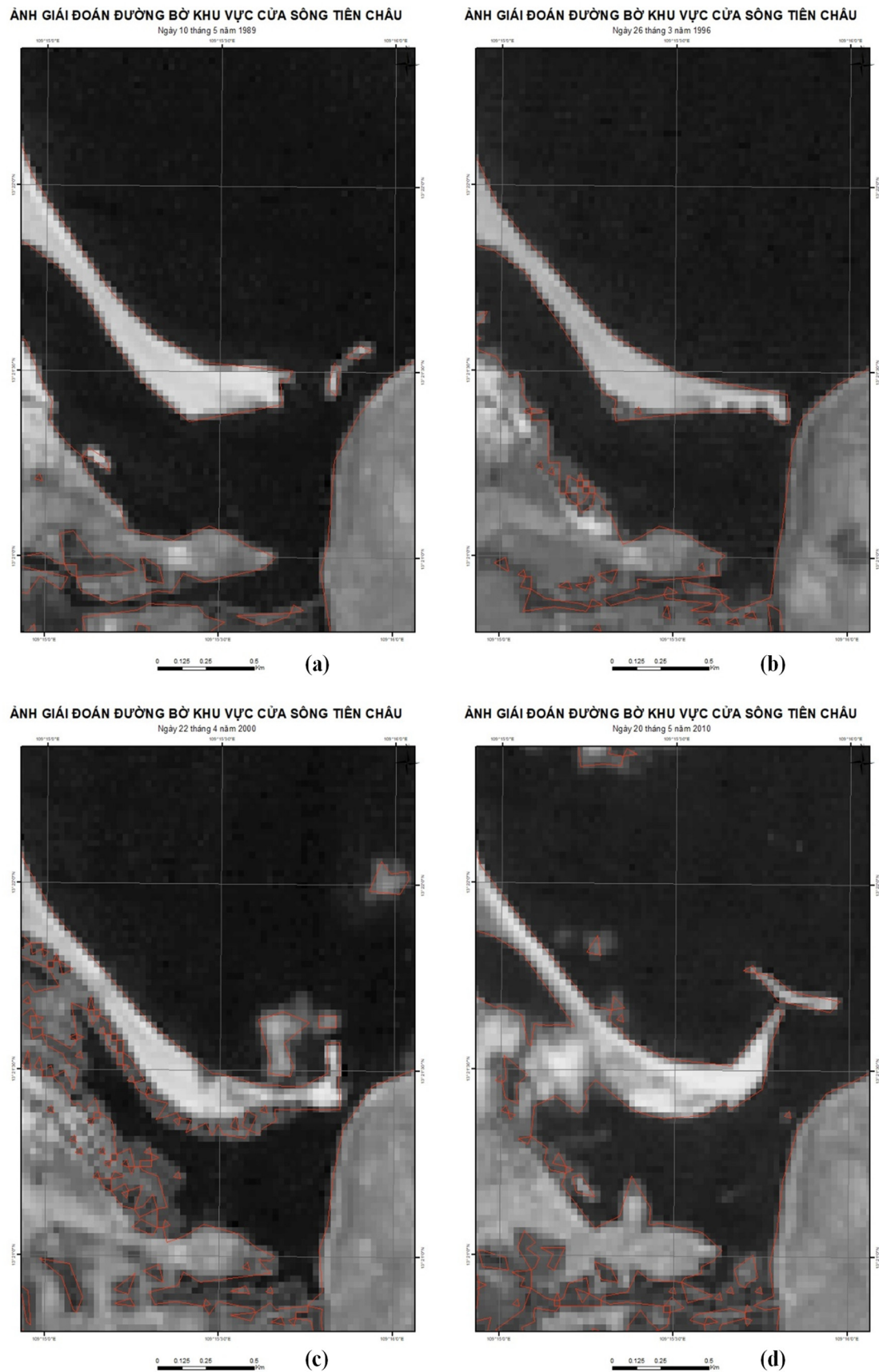
3. Kết quả

Các thông số của cửa sông được phân tích bao gồm: (i) Độ rộng cửa sông; (ii) Hướng của sông và (iii) Diện tích dải bờ biển phía Bắc cửa sông.

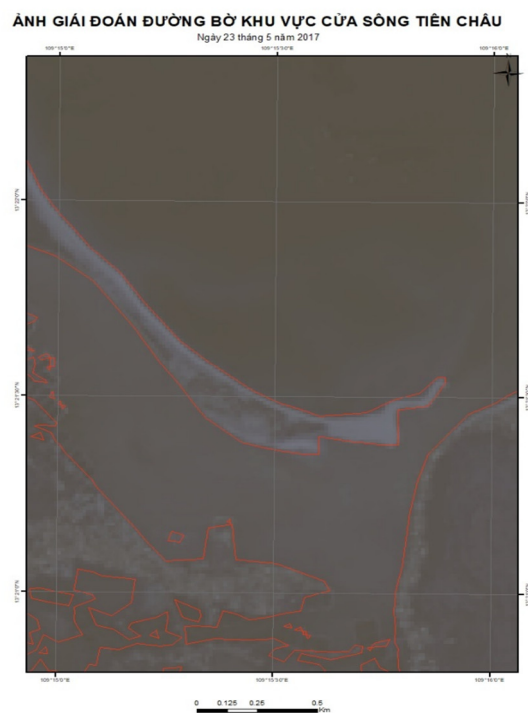


Hình 2. Độ rộng và hướng cửa sông.

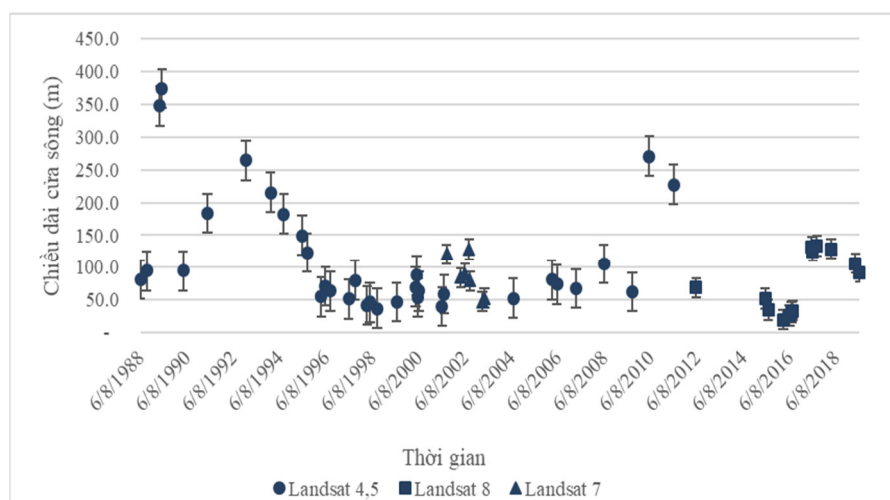
Độ rộng cửa sông được xác định là chiều dài của đoạn hẹp nhất ngay tại cửa sông (Hình 2). Qua kết quả phân tích ảnh viễn thám có thể thấy, độ rộng cửa sông chủ yếu nằm trong khoảng từ 50–150 m (Hình 4). Hai thời điểm ảnh vào năm 1989 có độ rộng cửa sông lớn nhất. Trong đó, hai thời điểm ảnh này cách nhau 1 tháng (từ 8/4/1989 đến 10/5/1989) và độ rộng cửa sông nằm trong khoảng 370–380 m (Hình 3a). Thời điểm ảnh trước đó (năm 1988) và sau đó (năm 1990), giá trị độ rộng cửa sông đều được xác định nằm trong khoảng 80–95 m. Nguyên nhân của sự mở rộng của cửa sông vào năm 1989 là do trên sông Kỳ Lộ xuất hiện lũ lịch sử vượt mức báo động III vào thời điểm trước đó, mực nước tại trạm Hà Bằng ghi nhận được vào tháng 11/1988 là 12,47 m [18]. Giai đoạn từ năm 1992 đến năm 1997, cho thấy sự tăng đột ngột độ rộng cửa sông vào năm 1993 rồi giá trị này giảm dần đều khoảng 40 m qua các thời điểm ảnh (Hình 3b). Trong đó, năm 1993 cũng là một năm xuất hiện lũ lớn lịch sử tại Phú Yên với lưu lượng lũ là 21.500 m³/s đo đạc tại trạm thủy văn Củng Sơn [10]. Trong giai đoạn từ năm 1997 đến năm 2009, giá trị độ rộng cửa sông tương đối ổn định, nằm trong khoảng từ 50–150 m, trung bình khoảng 70 m (Hình 3c). Vào cuối năm 2009, trên sông Kỳ Lộ xuất hiện trận lũ lớn với mực nước lớn nhất đo được tại trạm Hà Bằng là 13,47 m (ngày 2/11/2009), do đó cửa sông mở rộng đột ngột và số liệu cho thấy năm 2010 độ rộng cửa sông lên đến 270 m (Hình 3d) (tại ngày 20/5/2010) và duy trì giá trị độ rộng trên 200 m vào năm 2011. Sau đó độ rộng cửa sông giảm vào năm 2012 và độ rộng dao động trong khoảng 50–150 m. Như vậy, có thể thấy, cửa sông Tiên Châu có dải độ rộng ổn định phổ biến là 50–150 m (Hình 3e).



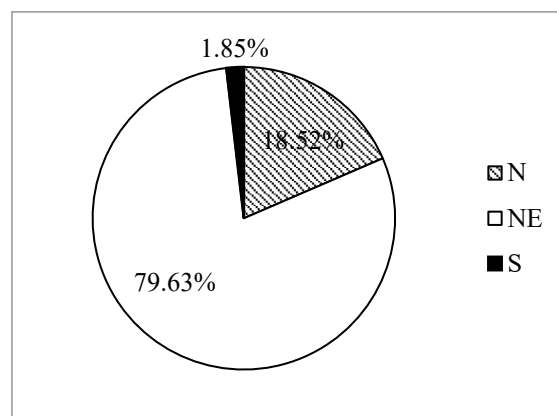
Hình 3. Minh họa diễn biến cửa sông Tiên Châu: (a) Cửa sông Tiên Châu mở rộng 370 m (Ngày chụp: 10/05/1989); (b) Cửa sông Tiên Châu thu hẹp khoảng 50 m (Ngày chụp: 10/05/1989); (c) Cửa sông Tiên Châu giai đoạn 1997–2009 khoảng 70 m (Ngày chụp: 22/04/2000); (d) Cửa sông Tiên Châu mở lớn 270 m (Ngày chụp: 20/05/2010).



Hình 4. Minh họa diễn biến cửa sông Tiên Châu: (c) Cửa sông Tiên Châu giai đoạn sau 2009 khoảng 130m (Ngày chụp 23/05/2017).



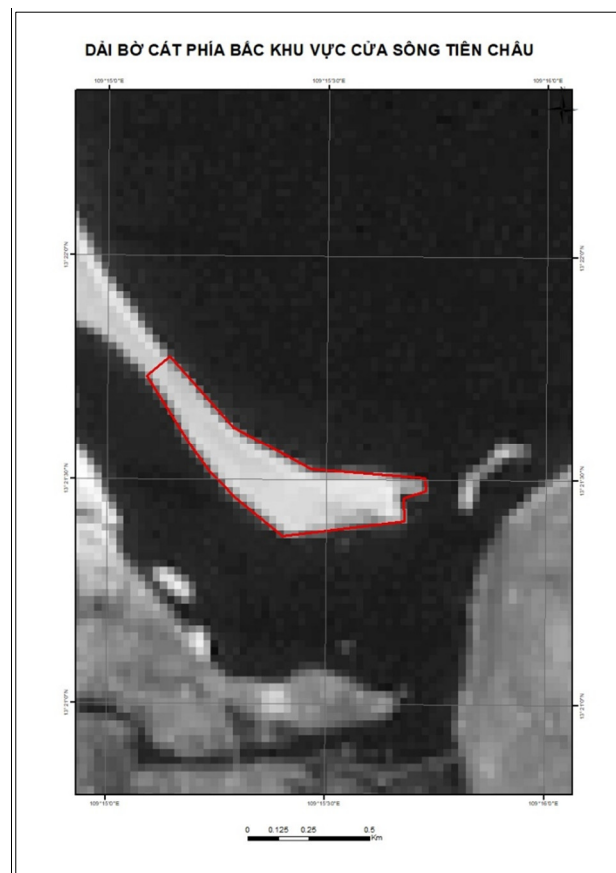
Hình 5. Biểu đồ biến động chiều dài cửa sông Tiên Châu, tỉnh Phú Yên.



Hình 6. Tần suất hướng cửa sông.

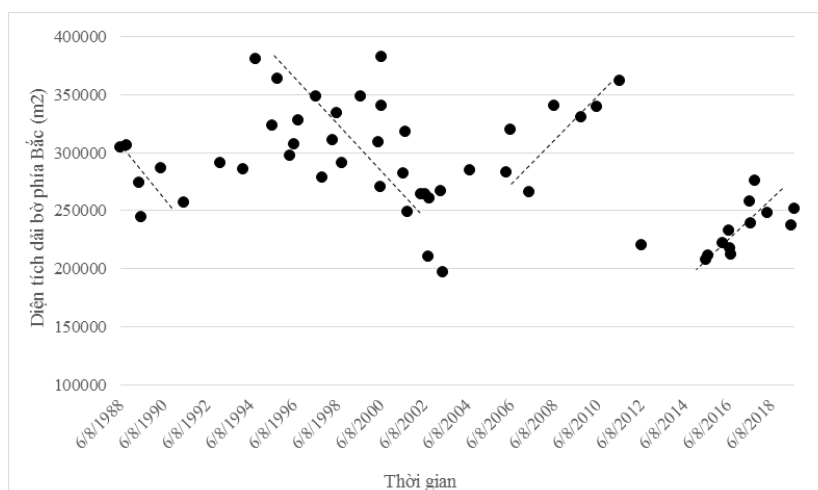
Hướng của cửa sông được xác định bởi góc tạo bởi hướng Bắc với đường vuông góc với đoạn hẹp nhất của cửa sông (Hình 5). Hướng của cửa sông chủ yếu là hướng Đông Bắc (chiếm 79,63%) và Bắc (chiếm 18,52%). Đây là hướng cửa rất dễ đón gió mùa Đông Bắc và sóng biển đi thẳng trực diện vào cửa sông do đó đỉnh sóng và đường bờ hướng của sông gần như vuông góc với nhau. Theo công thức tính dòng vận chuyển bùn cát dọc bờ CERC (1984) [19], có thể thấy đây là góc gây ra dòng vận chuyển ven bờ lớn nhất, từ đó dễ gây bồi lấp khi nguồn bùn cát từ biển và vùng ven bờ đưa vào. Đây cũng là tác động khiến độ rộng cửa sông luôn có xu hướng bị thu hẹp lại sau khi cửa sông bị xói đến độ rộng lớn hơn 200 m.

Khu vực bờ phía Nam cửa sông Tiên Châu khá ổn định do sự phát triển của khu vực dân cư. Thêm vào đó, việc bờ phía Nam đã được xây dựng hệ thống kè chống xói lở khiến cho phía bờ này của cửa sông Tiên Châu không có nhiều biến động qua thời gian. Ảnh viễn thám khu vực cửa sông cũng cho thấy, sự thay đổi chiều dài cửa sông hầu hết đều phụ thuộc vào sự thay đổi của dải bờ cát phía Bắc của cửa. Diện tích dải bờ phía Bắc của cửa sông được tính từ mũi nhô của dải đường bờ ngay tại cửa sông đến đoạn hẹp nhất của dải đường bờ về phía Bắc (Hình 6).



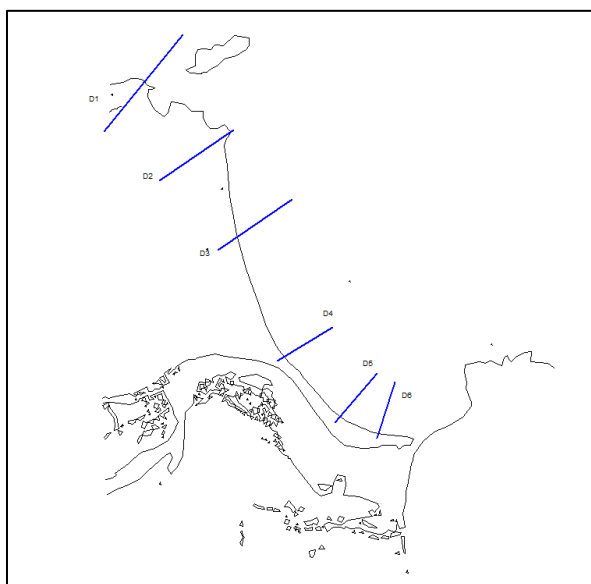
Hình 7. Diện tích dải bờ cát phía Bắc cửa Tiên Châu.

Diện tích dải bờ phía Bắc thay đổi khá rõ theo từng giai đoạn (Hình 7). Từ năm 1988 đến năm 1992, diện tích dải bờ cát này có xu hướng giảm và dao động trong khoảng từ 250.000 đến hơn 300.000 m². Diện tích dải bờ có sự tăng mạnh vào năm 1994 nhưng lại có xu hướng giảm xuống còn khoảng 250.000 m² trong giai đoạn từ năm 1994 đến năm 2002, và giảm mạnh xuống còn 200.000 m² vào năm 2004. Sau đó, dải bờ cát phía Bắc cửa lại có xu hướng được bồi đắp và tăng dần về diện tích từ năm 2006 đến năm 2011. Đây là giai đoạn cửa sông liên tục bị bồi lấp và có chiều dài cửa sông rất hẹp. Năm 2012 đến năm 2014, diện tích dải bờ phía Bắc bị giảm mạnh do quá trình nạo vét khai thông tại cửa Tiên Châu diễn ra. Nhưng sau đó, dải bờ lại được bồi đắp và có xu hướng dao động xung quanh ngưỡng 250.000 m². Nhìn chung, có thể thấy ngưỡng diện tích ổn định của dải bờ phía Bắc là khoảng 200.000 đến 250.000 m².



Hình 8. Biến động diện tích dải bờ phía Bắc cửa sông.

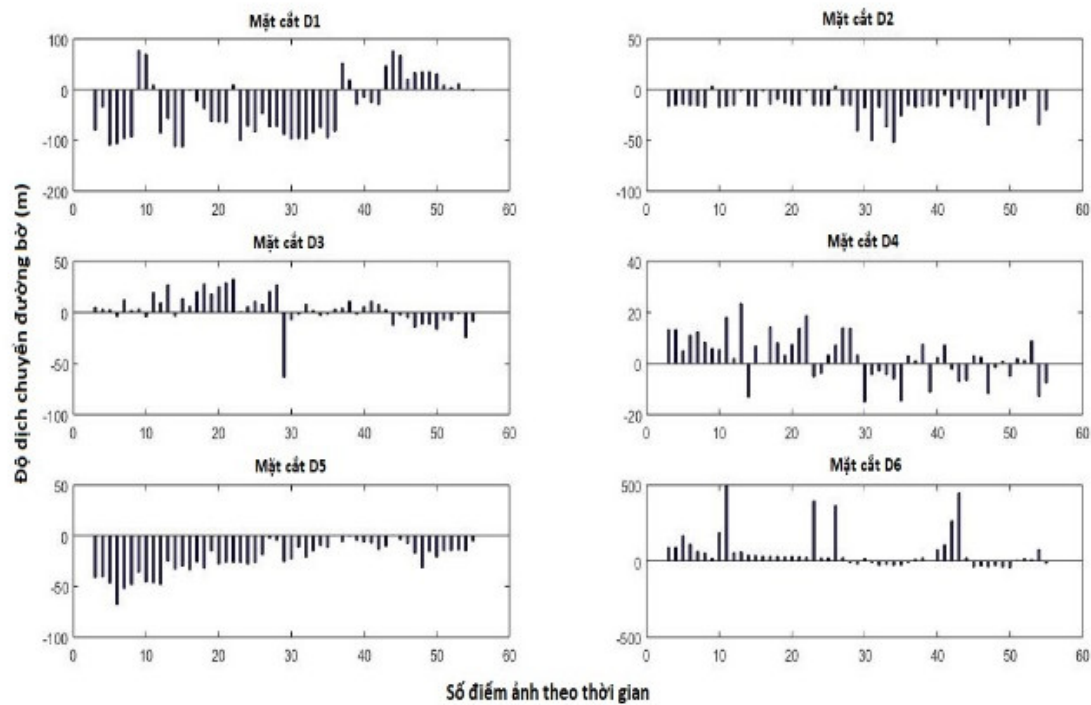
Để đánh giá rõ nét hơn về sự biến đổi đường bờ phía Bắc cửa sông Tiên Châu, nghiên cứu phân tích 6 mặt cắt dọc trên dải đường bờ này như Hình 8.



Hình 9. Vị trí 6 mặt cắt dọc đường bờ phía Bắc cửa sông.

Kết quả phân tích vị trí đường bờ quá khứ so với vị trí hiện tại cho thấy, sự thay đổi của vị trí mặt cắt D6 lớn hơn nhiều so với các mặt cắt D1 đến mặt cắt D5 (Hình 9).

Trong đó, mặt cắt D2 và mặt cắt D5 có xu hướng dịch chuyển hướng ra phía biển với khoảng dịch chuyển dao động khoảng -50 m. Mặt cắt D3, D4 và D6 có xu hướng chủ yếu là tiến vào đất liền. Đặc biệt, tại mặt cắt D6 cho thấy có những thời điểm ảnh, độ dịch chuyển đường bờ là rất lớn (lên đến gần 500 m). Các thời điểm ảnh có độ dịch chuyển lớn hơn 300 m vào năm 1994, 2000 và 2011. Độ dịch chuyển của mặt cắt D4 dao động trong khoảng ± 20 m với xu hướng chủ đạo là tiến vào đất liền đến năm 2001 và dao động khá ổn định quanh vị trí gốc (năm 1988) đến nay. Có thể coi mức độ dịch chuyển này là ổn định do khoảng dao động ± 20 m trùng với khoảng sai số của ảnh viễn thám. Mặt cắt D3 có điểm ảnh bất thường vào thời điểm năm 2001, đường bờ dịch chuyển ra phía biển với độ dịch chuyển là -63 m, khác biệt so với xu hướng tiến vào đất liền trong khoảng thời gian trước đó. Ở thời điểm này, xu hướng dịch chuyển của cả 4 mặt cắt còn lại cũng là hướng ra biển. Từ năm 1988 đến năm 2011, mặt cắt D1 chủ yếu dịch chuyển hướng ra biển với độ dao động khoảng $60-100$ m. Từ năm 2011, xu hướng của mặt cắt D1 chuyển thành tiến vào đất liền với khoảng dao động nhỏ hơn ($20-60$ m).



Hình 10. Biến động đường bờ phía Bắc tại 6 mặt cắt.

4. Kết luận và kiến nghị

Qua 32 năm (từ năm 1988 đến năm 2019), cửa sông Tiên Châu đã có những biến động nhất định. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khu vực cửa sông bị bồi lấp chủ yếu gây bởi sự thay đổi của dải bờ biển phía Bắc cửa. Trong đó, chiều dài cửa sông có xu hướng giảm từ năm 1992 đến năm 2000, tương ứng với đó, khu vực dải cát phía Bắc cửa sông cũng có xu hướng giảm trong những năm này. Diện tích dải cát phía Bắc cửa sông có sự biến động theo từng giai đoạn, tuy nhiên, có thể thấy ngưỡng diện tích ổn định của dải cát này luôn nằm trong khoảng 200.000 đến 250.000 m².

Trong những năm gần đây, độ rộng cửa sông tương đối hẹp nhưng dao động khá ổn định trong khoảng từ 50–150 m. Kết quả phân tích cho thấy, cửa sông chỉ mở rộng lớn hơn 200 m khi có sự xuất hiện của lũ lớn lịch sử (năm 1988, 1993 và 2009) [3] và sau đó lại thu hẹp dần về khoảng độ rộng ổn định.

Xét trên toàn dải đường bờ Gành Đỏ đến cửa sông Tiên Châu có thể thấy sự khác biệt về biến động đường bờ tại từng khu vực. Khu vực mặt cắt 2 và mặt cắt 5 (đầu mũi của dải đường bờ) có xu hướng tiến ra biển; trong khi đó, khu vực mặt cắt 3 và mặt cắt 4 (phần lõm của dải đường bờ) lại càng có xu hướng bị xói vào đất liền. Có thể thấy, dải đường bờ này có xu hướng cong lõm vào trong đất liền. Khu vực đường bờ gần với cửa sông (mặt cắt 6) có sự biến động mạnh mẽ nhất và có xu hướng bị xói vào đất liền.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: P.D.H.B., H.T.T.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: P.D.H.B., N.T.B.; Xử lý số liệu: H.T.T., N.T.B., P.D.H.B.; Viết bản thảo bài báo: H.T.T., P.D.H.B.; Chỉnh sửa bài báo: P.D.H.B., H.T.T.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây, không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Feyisa, G.L.; Meilby, H.; Fensholt, R.; Proud, S.R. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sens. Environ.* **2014**, *140*, 23–35. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.029>.

2. Hans, H. Genesis: A Generalized Shoreline Change Numerical Model. *J. Coastal Res.* **1989**, 5, 1–27.
3. Thieler, E.R.; et al. The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 4.0 – An ArcGIS extension for calculating shoreline change, 2009.
4. Mark, C.; Leatherman, S.P.; Michael, K.B. Historical Shoreline Change: Error Analysis and Mapping Accuracy. *J. Coastal Res.* **1991**, 7, 839–852.
5. Schumann, G.; Hostache, R.; Puech, C.; Hoffmann, L.; Matgen, P.; Pappenberger, F.; Pfister, L. High-Resolution 3-D Flood Information From Radar Imagery for Flood Hazard Management. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* **2007**, 45, 1715–1725.
6. Proud, S.R.; Fensholt, R.; Rasmussen, L.V.; Sandholt, I. Rapid response flood detection using the MSG geostationary satellite. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* **2011**, 13, 536–544.
7. Uddin, K.; Gurung, D.R.; Giriraj, A.; Shrestha, B. Application of Remote Sensing and GIS for Flood Hazard Management: A Case Study from Sindh Province, Pakistan. *Am. J. Geog. Inf. Syst.* **2013**, 2, 1–5.
8. Fromard, F.; Vega, C.; Proisy, C. Half a century of dynamic coastal change affecting mangrove shorelines of French Guiana. A case study based on remote sensing data analyses and field surveys. *Mar. Geol.* **2004**, 208, 265–280.
9. Maiti, S.; Bhattacharya, A.K. Shoreline change analysis and its application to prediction: A remote sensing and statistics based approach. *Mar. Geol.* **2009**, 257, 11–23.
10. Pham, D.H.B.; Hoang, T.T.; Bui, Q.T.; Tran, N.A.; Nguyen, T.G. Application of Machine Learning Methods for the Prediction of River Mouth Morphological Variation: A Comparative Analysis of the Da Dien Estuary, Vietnam. *J. Coastal Res.* **2019**, 35, 1024–1035.
11. Güttler, F.N.; Niculescu, S.; Gohin, F. Turbidity retrieval and monitoring of Danube Delta waters using multi-sensor optical remote sensing data: An integrated view from the delta plain lakes to the western-northwestern Black Sea coastal zone. *Remote Sens. Environ.* **2013**, 132, 86–101.
12. Thảo, P.T.P.; Duẩn, H.Đ.; Tô, Đ.V. 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* **2012**, 11, 1–13.
13. Quỳnh, H.N.N.; Khôi, Đ.N.; Hoài, H.C.; Bảy, N.T. Ứng dụng viễn thám và GIS đánh giá biến động đường bờ sông Tiền và sông Hậu. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2018**, 691, 12–22.
14. Pham, D.H.B, et al. Application of remote sensing and GIS in assessment of driving forces of Da Dien estuary change: A case study in Phu Yen, Vietnam. in Proceedings of the 8th Asia-Pacific Workshop on Marine Hydrodynamics-APHydro 2016, 2016.
15. Liu, Y.; Huang, H., Yan, J. Using landsat data to detect long-term morphodynamic behavior of estuaries: A case study in the Xiaoqing River estuary, China. Proceeding in 2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2010, 417–420.
16. Available from: <http://earthexplorer.usgs.gov/>.
17. Zhai, K.; Wu, X.; Qin, Y.; Du, P. Comparison of surface water extraction performances of different classic water indices using OLI and TM imageries in different situations. *Geo-spatial Inf. Sci.* **2015**, 18, 32–42.
18. Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung Ương. Tổng quan về tình hình thời tiết –thủy văn năm 2009. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2009**, 588, 1–16.
19. U.S. ARMY CORP OF ENGINEERS. Hydrodynamics of tidal inlets. EM 1110–2–1100 part II, 1992.

Study on Tien Chau River mouth's revolution, Phu Yen Province

Pham Duy Huy Binh^{2*}, Hoang Thu Thao¹, Nguyen Thanh Binh²

¹ Faculty of Hydrology Meteorology Oceanography, University of Science, Vietnam National University, Hanoi; htthao@hus.edu.vn

² Center for Environmental Fluid Dynamics, University of Science, Vietnam National University, Hanoi; phambinh@hus.edu.vn; binh.gis.cefd@hus.edu.vn

Abstract: Tien Chau estuary, Ky Lo river is in the south of Xuan Dai bay, An Ninh Dong commune, Tuy An district, Phu Yen province. In recent years, Tien Chau fishing port have been heavily deposited, waterway for boats are difficult. Several numbers of ships are tilted and sunk when entering the docking port, directly affecting the economic development of the province. In order to effectively dredge sand at the river mouth as well as serve the design of future plans at the river mouth, the study of the history of the river mouth is very necessary. The paper applies remote sensing technology to study the morphology of the estuary area over a long period, thereby finding out the morphological fluctuation trends in Tien Chau river mouth's revolution. The study results show that the estuary area is filled mainly by the change of the northern coastline of the mouth. In which, the length of the river mouth fluctuates quite stably in the range of 50–150 m. The strip of north bank of estuaries tends to curl and concave inland.

Keywords: River mouth's revolution; GIS; Satellite; Remote sensing.