

PHÂN TÍCH DIỄN BIẾN HÌNH THÁI CỬA SÔNG ĐÀ RẰNG, PHÚ YÊN BẰNG ẢNH VỆ TINH

Võ Công Hoang¹, Hitoshi Tanaka²
Trần Minh Thanh², Nguyễn Trung Việt³

Tóm tắt: Trong những năm gần đây, hiện tượng xói lở bờ biển khu vực Cửa sông Đà Rằng, thành phố Tuy Hòa, tỉnh Phú Yên, trở nên nghiêm trọng. Nghiên cứu này trình bày diễn biến hình thái cửa sông này và bờ biển lân cận dựa trên phân tích ảnh vệ tinh. Hiện tượng xói lở xảy ra nghiêm trọng nhất trong khu vực dài 7 km lân cận cửa sông, và giảm dần tại các khu vực xa dần cửa sông. Kết quả phân tích cho thấy có các điểm mốc mà xa hơn điểm đó hiện tượng xói lở không xảy ra. Vai trò của cồn ngầm như nguồn cung cấp bùn cát ngầm cho đường bờ lân cận cũng được thảo luận. Diễn biến hình thái cửa sông Đà Rằng đóng vai trò rất quan trọng trong quá trình ổn định và phát triển kinh tế trong khu vực nên nghiên cứu sâu hơn là rất cần thiết.

Từ khóa: Cửa sông Đà Rằng, thay đổi hình thái, ảnh vệ tinh, xói lở, cồn ngầm

1. MỞ ĐẦU

Đọc theo bờ biển dài 3620 km của nước ta có nhiều cửa sông đổ ra Biển Đông. Trong những năm gần đây, hiện tượng xói lở bờ biển, đặc biệt các bãi biển lân cận các cửa sông diễn biến theo chiều hướng nghiêm trọng hơn, và cũng đã nhận được sự quan tâm nghiên cứu. (Hoang và nnk, 2016a, b) nghiên cứu diễn biến hình thái cửa sông Cửa Đại, thành phố Hội An, tỉnh Quảng Nam. Bãi biển bên bờ trái cửa sông này đã bị xâm thực khoảng 200 m trong một thập niên vừa qua, cửa sông dịch chuyển mạnh về phía nam. Lượng bùn cát cung cấp về cửa sông bị suy giảm do xây dựng các đập, hồ chứa ở thượng nguồn cũng như khai thác cát dọc sông và đặc biệt tại khu vực cửa sông được cho là nguyên nhân chính dẫn đến hiện tượng này.

Trong những năm gần đây, hiện tượng xói lở Cửa sông Đà Rằng, thành phố Tuy Hòa, tỉnh

Phú Yên trở nên nghiêm trọng. Hơn 60 m bờ biển đã bị xâm thực. Hiện tượng này xảy ra trong một khu vực nhất định tại cửa sông và bãi biển lân cận, đặc biệt bên bờ phải (phía nam). Đối với diễn biến hình thái Cửa sông Đà Rằng, trước đây đã được nghiên cứu như (Thành và nnk, 2009).

Các nghiên cứu này chỉ ra điều kiện thủy động lực học và cơ chế thay đổi hình thái theo mùa, theo năm. Hiện tượng bồi lấp bên trong sông cũng như ở cửa sông tại một số thời điểm trong năm cũng trở nên nghiêm trọng trong những năm gần đây.

Phú Yên được biết đến là một địa phương nổi tiếng với các đội tàu đánh bắt xa bờ, đặc biệt câu cá ngừ đại dương. Phần lớn đội tàu này đồn trú tại cảng cá bên trong Cửa sông Đà Rằng. Việc bồi lấp cửa sông và luồng lạch gây nên thiệt hại nghiêm trọng cho ngành đánh bắt thủy hải sản của địa phương. Nhằm đảm bảo luồng lạch được thông thoáng, khu vực cửa sông đã thường xuyên được nạo vét. Tuy nhiên hiện tượng xói lở nghiêm trọng bên bờ phải xảy ra như hệ quả tất yếu của quá trình nạo vét này. Việc xói lở này là do tác động gây mất bùn cát trong dòng chảy ven bờ của cửa sông

¹ Bộ môn Kỹ thuật Công trình, Đại học Thủy lợi – Cơ sở 2

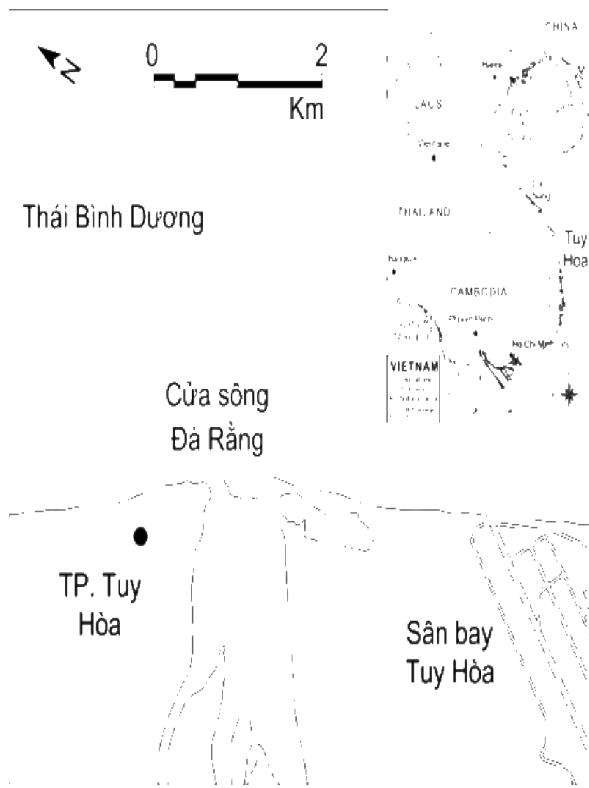
² Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Đại học Tohoku

³ Trường Cao đẳng Công nghệ - Kinh tế và Thủy lợi miền Trung

sau khi nạo vét (sink effect). Tác động này tương tự như sự bổ sung hay gây mất bùn cát của cửa hệ thống đầm phá, đã được nhiều nhà nghiên cứu chỉ ra. (FitzGerald, 1988) nghiên cứu hiện tượng bổ sung hay gây mất bùn cát của cửa đầm phá thông qua sự hình thành hay phân rã của bãi cạn bên trong cửa đầm phá gây ra bởi dòng lũ (flood shoal).

Ngoài ra, một trong những thách thức khi thực hiện các nghiên cứu về thay đổi hình thái ở Việt Nam nói chung và Cửa sông Đà Rằng nói riêng là sự thiếu hụt hoặc không phổ biến các loại số liệu đo đạc như sóng, địa hình đáy, v.v. Nên vai trò của ảnh vệ tinh độ phân giải cao trở nên rất quan trọng. Hơn nữa, đối với một số khu vực nguồn ảnh vệ tinh được chụp khá thường xuyên và được cho phép sử dụng rộng rãi.

Theo đó, nghiên cứu này mong muốn chỉ ra diễn biến hình thái Cửa sông Đà Rằng trong những năm gần đây dựa trên phân tích ảnh vệ tinh.



Hình 1. Bản đồ vị trí khu vực nghiên cứu

Bảng1. Giờ chụp ảnh vệ tinh xác định từ bóng nắng và độ chênh mực nước

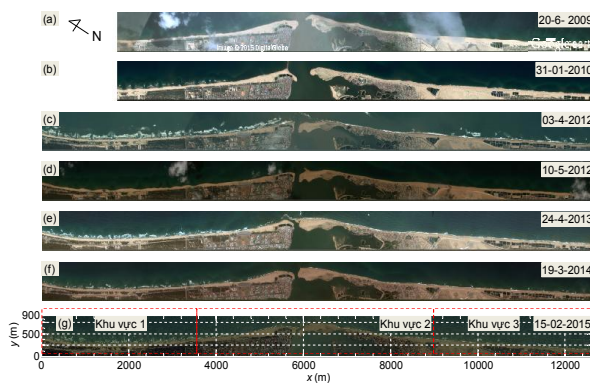
Ngày chụp	Thời điểm chụp		Chênh lệch với mực nước TB (cm)
	Giờ	phút	
20/6/2009	9	37	-50.95
31/1/2010	10	44	35
3/4/2012	10	2	46.3
10/5/2012	9	44	-14.5
6/2/2013	10	17	71.96
24/4/2013	10	47	1.23
19/3/2014	10	39	-19.4
21/3/2014	10	19	-15.4
17/4/2014	10	12	-39
3/7/2014	10	22	-18.2
15/2/2015	10	23	60.2
18/3/2015	10	27	35.3

2. TỔNG QUAN VỀ KHU VỰC NGHIÊN CỨU VÀ THU THẬP SỐ LIỆU

Hình 1 thể hiện bản đồ vị trí khu vực nghiên cứu. Sông Đà Rằng là tên của dòng chính và là phần hạ du của Sông Ba, con sông bắt nguồn từ vùng cao nguyên phía tây bắc tỉnh Kon Tum. Sông Đà Rằng đổ vào biển Đông tại cửa Đà Rằng (hay còn gọi là cửa Đà Diễn), tại thành phố Tuy Hòa, tỉnh Phú Yên, khoảng 400 km về phía Đông Bắc của thành phố Hồ Chí Minh. Sông Đà Rằng có chiều dài ước tính là 374 km, lưu vực 13900 km², lưu lượng bình quân năm vào khoảng 275 m³/s. Thông tin chi tiết về điều kiện thủy triều cũng như gió có thể tham khảo trong (Hương và nnk, 2005). Theo đó, khu vực này có biên độ triều là 1.7m trong thời kỳ triều cường (nước lớn, spring tide) và 0.5 m trong thời kỳ triều kiệt (nước ròng, neap tide). Số liệu quan trắc mực nước biển tại trạm đo Qui Nhơn được thu thập. Mực nước biển trung bình được tính từ bộ số liệu mực nước từ 2007 đến 2016 là 1.43 m. Số liệu này được dùng cho quá trình hiệu chỉnh vị trí đường bờ trích xuất từ ảnh vệ tinh để loại trừ ảnh hưởng của thủy triều. Ở khu vực nghiên cứu, Gió mùa Đông Bắc thịnh hành trong thời kỳ từ tháng mười đến tháng tư năm sau, trong khi đó thời gian còn lại là gió tây

nam. Khu vực nghiên cứu thường bị ảnh hưởng bởi các cơn bão nhiệt đới trong mùa mưa bão bắt đầu từ tháng chín đến tháng mười hai hàng năm. Các cơn bão nhiệt đới kéo theo mưa lớn trên lưu vực sông, gây ra lũ lớn trong cùng thời kỳ và làm cho cửa sông trở nên rộng hơn.

Ảnh vệ tinh sử dụng trong nghiên cứu này được download từ Google Earth. Ảnh vệ tinh được chụp trong thời kỳ từ 2009 đến 2015 (12 ảnh) với độ phân giải không gian cao (0.5-1 m). Mặc dù các ảnh thu thập đã được hiệu chỉnh theo hệ tọa độ toàn cầu WGS-84, nhưng vẫn có sự sai lệch đáng kể, nên các ảnh này được hiệu chỉnh lại một lần nữa về hệ tọa độ toàn cầu. Một đường thẳng hợp một góc 148 độ với hướng chính bắc theo chiều kim đồng hồ được sử dụng để làm đường cơ sở trong quá trình trích xuất vị trí đường bờ từ các ảnh vệ tinh.



Hình 2. Ảnh vệ tinh khu vực cửa sông Đà Rằng (download từ Google Earth)

Vị trí đường bờ, quy ước là ranh giới ướt-khô, được trích xuất từ ảnh vệ tinh theo hướng dọc bờ dựa trên sự chênh lệch cường độ màu giữa phía nước biển và cát phía bờ. Vị trí đường bờ sau khi trích xuất từ ảnh vệ tinh được hiệu chỉnh với mực triều để loại trừ ảnh hưởng của sự thay đổi mực nước biển giữa các lần chụp ảnh. Một trong các khó khăn khi sử dụng ảnh vệ tinh thu thập từ các nguồn mở là thời điểm chính xác chụp ảnh không được cung cấp. Ví dụ ảnh thu thập từ Google Earth chỉ biết được ngày chụp còn giờ chụp không có. Nên các nghiên cứu trước đây đều không thể thực hiện được việc hiệu chỉnh đường bờ với ảnh hưởng do dao

động mực nước biển. Tuy nhiên, trong nghiên cứu gần đây, (Hoang và nnk, 2016) đã giới thiệu một phương pháp xác định thời gian chụp ảnh vệ tinh dựa trên bóng nắng của các vật thẳng đứng trên mặt đất. Kết quả tính toán theo phương pháp đó cho ảnh vệ tinh trong nghiên cứu này được thể hiện trong bảng 1. Chính vì thế vị trí đường bờ trích xuất từ ảnh vệ tinh trong nghiên cứu này đều được hiệu chỉnh ảnh hưởng của thủy triều. Độ dốc trung bình bờ biển là 0.05. Số liệu này được xác định dựa số liệu địa hình bờ biển Đà Rằng năm 2008.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Diễn biến đường bờ trong những năm gần đây

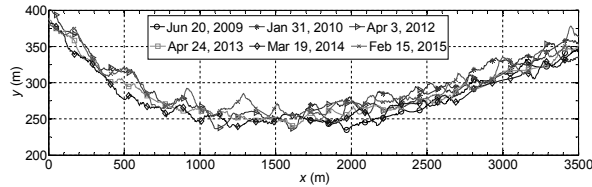
Hình 2 thể hiện một số ảnh vệ tinh chọn lọc sau khi đã hiệu chỉnh. Do nhận thấy có sự khác biệt về sự thay đổi vị trí đường bờ trong các khu vực khác nhau nên đoạn bờ biển trải dài trong khu vực nghiên cứu này được phân chia thành ba khu vực nhỏ để phân tích (xem thêm hình 2(g)).

Khu vực 1 – Bãi biển bên bờ trái cửa sông ($x=0-3500$ m); Khu vực 2 – Cửa sông và 2 bãi biển liền kề 2 bên ($x=3500-9000$ m); Khu vực 3 – Bãi biển bên bờ phải cửa sông ($x=9000-12600$ m). Diễn biến hình thái trong các khu vực này sẽ được làm rõ trong các phần tiếp theo.

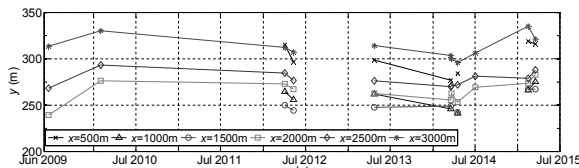
Khu vực 1 – Bãi biển bên bờ trái cửa sông ($x=0-3500$ m): Khu vực này nằm bên trái cửa sông Đà Rằng. Khoảng cách từ biên bên phải của khu vực này đến cửa sông là khoảng 1500 m. Hình 3(a) và (b) thể hiện vị trí đường bờ trích xuất từ ảnh vệ tinh và diễn biến vị trí đường bờ theo thời gian tại các mặt cắt trong khu vực 1. Qua đó cho thấy rằng biên độ thay đổi của đường bờ nhỏ. Không nhận thấy rõ xu hướng đường bờ được bồi tụ hay bị xâm thực. Ngoài ra đường bờ đỉnh nhọn (beach cusp) cũng hình thành trong một số thời điểm. Theo các phân tích nói trên, có thể nói rằng quá trình biến đổi đường bờ trong khu vực này liên quan đến sự thay đổi của các điều kiện sóng theo mùa.

Khu vực 2 - Cửa sông và 2 bãi biển liền kề 2 bên ($x = 3500 - 9000$ m): Khu vực này bao gồm cửa sông và hai bãi biển lân cận. Vị trí

đường bờ trích xuất từ ảnh vệ tinh và diễn biến theo thời gian tại các mặt cắt trong khu vực này được trình bày trong hình 4(a) và (b).

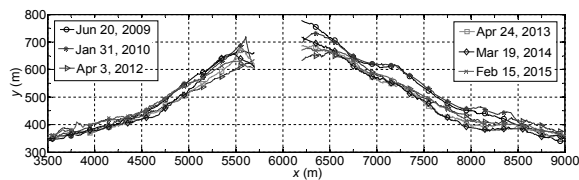


(a) Vị trí đường bờ trích xuất từ ảnh vệ tinh khu vực cửa sông Đà Rằng – Khu vực 1

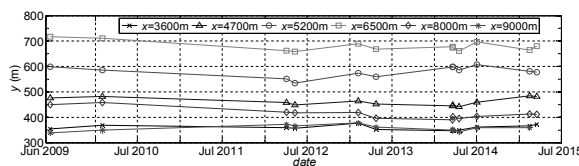


(b) Diễn biến vị trí đường bờ theo thời gian tại các mặt cắt – Khu vực 1

Hình 3. Vị trí đường bờ và diễn biến theo thời gian tại các mặt cắt – Khu vực 1



(a) Vị trí đường bờ trích xuất từ ảnh vệ tinh khu vực cửa sông Đà Rằng – Khu vực 2



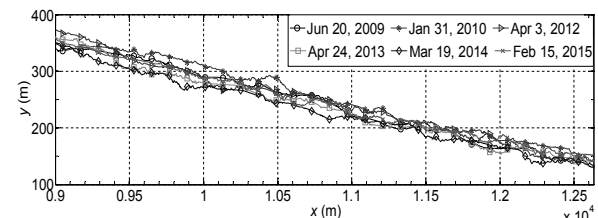
(b) Diễn biến vị trí đường bờ theo thời gian tại các mặt cắt – Khu vực 2

Hình 4. Vị trí đường bờ và diễn biến theo thời gian tại các mặt cắt – Khu vực 2

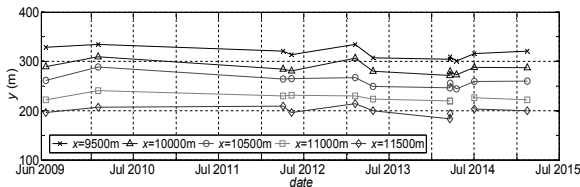
Kết quả trên cho thấy rằng xói lở nghiêm trọng xảy ra trên bờ biển cả hai phía. Mức độ xói lở nghiêm trọng nhất là khu vực gần cửa sông nhất, mức độ nghiêm trọng giảm dần khi đi về phía xa cửa sông hơn. Hơn nữa có thể nhận ra rằng xói lở xảy ra bên bờ phải nghiêm trọng hơn bên bờ trái. Một điểm đáng chú ý là hiện tượng xói lở chỉ xảy ra trên một khu vực nhất định. Có

thể dễ dàng nhận thấy các điểm mốc giới hạn khu vực xói lở, điểm tại khoảng $x = 4000$ m bên bờ trái và $x = 11400$ m bên bờ phải (thể hiện trong hình 5). Hiện tượng này sẽ được làm rõ trong phần tới của nghiên cứu này. Hình 4(b) cho thấy xói lở xảy ra nghiêm trọng hơn trong giai đoạn từ 2009 đến 2012, sau đó giảm dần và tiến tới ổn định hoặc thậm chí bồi đắp xảy ra trên một phần của bờ bên trái gần với cửa sông. Nhìn chung, khoảng 50 m đến 60 m bờ biển đã bị xâm thực trong giai đoạn từ 2009 đến 2015. Theo (Thành và nnk, 2009), tuy rằng xói cục bộ tại một số khu vực nhỏ có xảy ra nhưng phần lớn bờ biển trong khu vực lân cận bờ trái và bờ phải cửa sông được bồi tụ với khối lượng lớn trong giai đoạn từ 2007 đến 2009. Để bảo vệ khu dân cư bên bờ phải, khoảng 1 km kè và đập mở hàn được xây dựng trong năm 2015 và 2016. Do mới được xây dựng nên tác động của công trình này đến hình thái bờ biển chưa được đề cập đến trong nghiên cứu này.

Khu vực 3 – Bãi biển bên bờ phải cửa sông ($x = 9000 - 12600$ m): Hình 5 thể hiện vị trí đường bờ và diễn biến theo thời gian tại các mặt cắt trong khu vực 3. Khu vực này nằm bên phải cửa sông. Biên bên trái của khu vực này cách điểm giữa cửa sông khoảng 3000 m. Hiện tượng xói lở xảy ra trên phần bên trái của khu vực này, từ biên bên trái đến vị trí khoảng $x = 11400$ m. Biên độ biến đổi của đường bờ vào khoảng 15 m đến 20 m. Đường bờ biển bên phải khu vực 3 diễn biến tương tự như phần bên trái của khu vực 1. Do sự thay đổi rõ rệt giữa bên trái và bên phải điểm mốc $x=11400$ m nên điểm này được xem như là điểm biên cuối của khu vực bị xói lở bên bờ phải Cửa sông Đà Rằng.



(a) Vị trí đường bờ trích xuất từ ảnh vệ tinh khu vực cửa sông Đà Rằng – Khu vực 3



(b) Diễn biến vị trí đường bờ theo thời gian tại các mặt cắt – Khu vực 3

Hình 5. Vị trí đường bờ và diễn biến theo thời gian tại các mặt cắt – Khu vực 3

3.2 Biên độ và tỷ lệ biến đổi vị trí đường bờ

Nhằm mục đích phân tích chi tiết hơn về diễn biến đường bờ cho toàn khu vực nghiên cứu, mức độ được bồi tụ hoặc bị xâm thực đường bờ, Δy , và tỷ lệ biến đổi đường bờ, a , được thể hiện tương ứng trong các hình 6 và 7. Mức độ bồi tụ hoặc xâm thực có được khi trừ vị trí các đường bờ cho vị trí đường bờ đầu tiên. Quá trình đó được thể hiện qua công thức (1)

$$\Delta y(x, t) = y_n(x, t) - y_1(x) \quad (1)$$

trong đó: y_1 là vị trí đường bờ đầu tiên trong bộ số liệu đường bờ, tương ứng đường bờ ngày 20 tháng 6 năm 2009; y_n là số liệu đường bờ thứ n ($n=2, 3, \dots, 12$).

Tỷ lệ biến đổi đường bờ, a , được tính toán bằng phương pháp bình quân tối thiểu đối với tất cả các vị trí đường bờ trong bộ số liệu. Quá trình đó được thể hiện trong công thức (2).

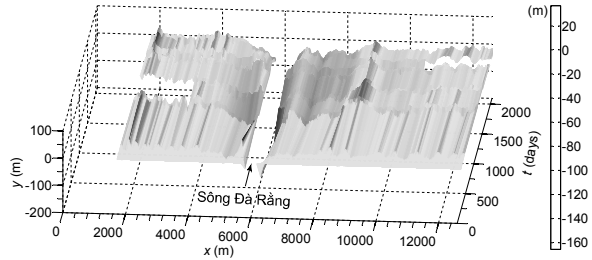
$$y = at + b \quad (2)$$

trong đó: a là tỷ lệ thay đổi vị trí đường bờ; b là một hằng số.

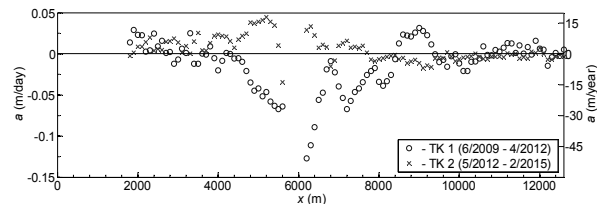
Hình 6 thể hiện khu vực xói lở bờ biển lân cận với cửa sông (khu vực 2 và phần bên trái của khu vực 3). Trong các khu vực khác, đường bờ có một trong các diễn biến sau đây, bị xói lở rất ít, ổn định hoặc bồi đắp ít.

Do diễn biến đường bờ có sự khác biệt rõ rệt theo từng thời đoạn nên tỷ lệ thay đổi đường bờ được tính toán cho hai thời kỳ riêng biệt. Thời kỳ 1 kéo dài từ 6/2009 đến 4/2013, trong khi đó thời kỳ 2 kéo dài từ 5/2012 đến 2/2015 (hình 7). Trong thời kỳ 1, giá trị của a đạt âm và giá trị tuyệt đối lớn tại khu vực cửa sông và bãi biển lân cận (lớn nhất khoảng -50 m/năm), trong khi đó đại lượng này tại các khu vực xa cửa sông hơn cũng âm nhưng giá trị nhỏ hơn nhiều. Đối với bờ

sông bên trái, tỷ lệ biến đổi đường bờ dao động âm/dương quanh đường giá trị 0. Ngoài ra, một điều thú vị là bên bờ phải có một khu vực nhỏ có giá trị a là dương. Đi xa hơn về phía nam (bờ phải), giá trị của a là âm và tương đối nhỏ.



Hình 6. Mức độ bồi tụ hoặc xâm thực đường bờ, Δy



Hình 7. Tỷ lệ thay đổi vị trí đường bờ trong các thời kỳ 1 và 2

Trong thời kỳ 2, xói lở xảy ra đối với khu vực lân cận cửa sông, trong khi đó, bờ biển tương đối ổn định tại các khu vực xa cửa sông. Sự biến thiên của giá trị của a trong thời kỳ 2 ít thay này nhỏ hơn rất nhiều so với thời kỳ 1.

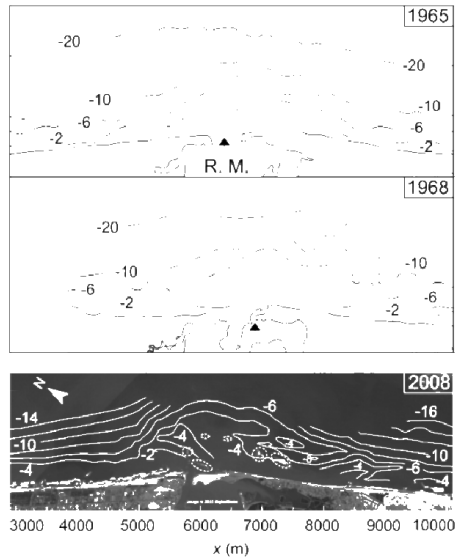
3.3 Vai trò của cồn ngầm đối với diễn biến đường bờ của các bãi biển lân cận

Quá trình thảo luận trong các phần trước chỉ ra rằng có sự tồn tại của các điểm mốc phân chia khu vực bị xói lở nghiêm trọng và khu vực tương đối ổn định trên cả 2 bãi biển lân cận cửa sông. Vị trí các mốc này tại $x = 4000$ m bên bờ trái và $x = 11400$ m bên bờ phải. Chúng có thể dễ dàng được nhận ra trong các hình 4(a) và 7, đặc biệt là bên phải.

Việc khu vực bị xói lở không bị mở rộng về phía xa cửa sông có thể có liên quan đến sự tồn tại và ảnh hưởng của cồn ngầm phía trước cửa sông. Cồn ngầm được hình thành khi xảy ra các cơn lũ lớn. Chúng đẩy bùn cát từ thượng nguồn, trong cửa sông hoặc từ doi cát tại cửa sông ra

khu vực bên ngoài ngay phía trước cửa sông. Sự hình thành cũng như sự biến đổi của cồn ngầm đã được nghiên cứu rất chi tiết bằng cả mô hình toán và vật lý, điển hình như trong các nghiên cứu (Butakov, 1971).

Hình 8 thể hiện địa hình đáy biển phía trước cửa sông được khảo sát trong các năm 1965, 1968 và 2008. Sự tồn tại của cồn ngầm có thể dễ dàng được nhận ra từ ba bộ số liệu này. Do có sự tồn tại của cồn ngầm này, khu vực phía trước cửa sông rất nông. Các điểm sóng vỡ cách rất xa cửa sông và bờ biển. Chúng được thể hiện bằng các hình ellipse nét đứt trong hình 8. Điểm sóng vỡ xa nhất cách bờ khoảng 800 m. (Suga và nnk. 1987) nghiên cứu vai trò và ảnh hưởng của cồn ngầm đối với diễn biến của đường bờ lân cận. Họ chỉ ra được cơ chế hình thành, biến đổi và vận chuyển bùn cát từ cồn ngầm vào bờ (hình 9). Hình dạng của các đường đồng mức -4 m và -6 m (số liệu địa hình đáy năm 2008) tại một số điểm bên bờ phải có hình dạng tương tự như doi cát (doi cát ngầm). Đó là bằng chứng rõ ràng của việc vận chuyển bùn cát từ cồn ngầm vào bờ. Loại địa hình đáy như vừa thảo luận chỉ được nhận thấy bên bờ phải.

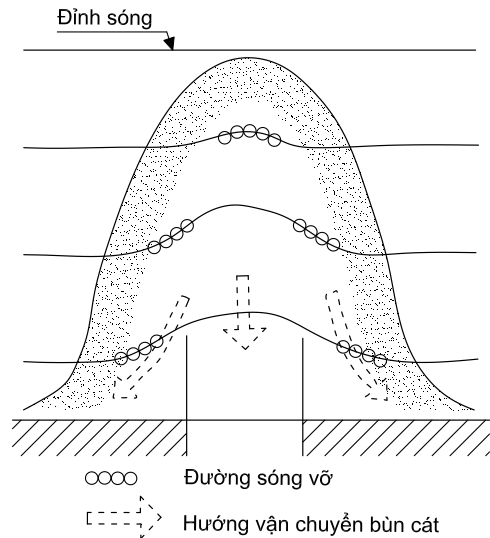


Hình 8. Địa hình đáy khu vực Cửa sông Đà Rằng (Số liệu năm 2008 được chia sẻ bởi đồng nghiệp, không rõ nguồn; ảnh nền được chụp ngày 3-4-2012 (Google Earth); các điểm sóng vỡ được thể hiện bằng các vòng tròn nét đứt)

Cồn ngầm đóng vai trò như một nguồn cung cấp cát ngầm giúp ổn định đường bờ lân cận, tuy nhiên, địa hình đáy bên bờ trái và bờ phải không đối xứng nhau. Cho nên có thể lượng bùn cát vận chuyển ngược vào bên phải từ cồn ngầm nhiều hơn so với bên trái. Do đó, đoạn bờ biển $x = 8500 - 9400$ m có sự bồi tụ rõ rệt.

Diễn biến xói lở và sự tồn tại của cồn ngầm tại cửa sông này tương tự như sự tồn tại của cồn ngầm tại Cửa sông Cửa Đại, được trình bày trong (Hoang và nnk, 2016b).

Trước đây (Công và nnk, 2007) đã thể hiện



Hình 9. Sơ đồ nguyên lý giải thích diễn biến của cồn ngầm dưới tác động của sóng biển

địa hình đáy trong các năm 2002 và 2004 nhưng các dấu hiệu của sự vận chuyển bùn cát từ cồn ngầm vào bờ chưa được chỉ ra.

4. KẾT LUẬN

Diễn biến hình thái tại Cửa sông Đà Rằng và các bãi biển lân cận trong những năm gần đây đã được chỉ ra trong nghiên cứu này thông qua việc phân tích ảnh vệ tinh. Bờ biển bị xói lở. Trong đó khu vực cửa sông và các bãi biển liền kề, 2 km bên bờ trái và 5 km bên bờ phải, bị xói lở nghiêm trọng nhất. Các khu vực khác tương đối ổn định hoặc có sự biến động nhỏ. Sự tồn tại của cồn

ngầm phía trước cửa sông được chỉ ra. Cồn ngầm đóng vai trò quan trọng như nguồn cung cấp bùn cát ngầm để ổn định bờ biển lân cận. Quá trình phân tích cũng chỉ ra các dấu hiệu của việc bổ sung bùn cát từ cồn ngầm vào bờ biển bên phải. Điều này giải thích cho sự tồn tại của các điểm

đánh mốc khu vực xói lở. Cũng như rất nhiều cửa sông khác ở Việt Nam, Cửa sông Đà Rằng đóng vai trò quan trọng trong việc ổn định và phát triển kinh tế xã hội của thành phố Tuy Hòa nói riêng và tỉnh Phú Yên nói chung, nên cần nghiên cứu sâu hơn về diễn biến hình thái của sông này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Butakov, A. N. (1971). *Study of development and deformation of mouth bar*, Proceedings of 14th Congress on IAHR, 95-102.
- FitzGerald, D. M. (1988). *Shoreline erosional-depositional processes associated with tidal inlets*, In Hydrodynamics and Sediment Dynamics of Tidal Inlets, Springer, 186-225.
- Hoang, V. C., Tanaka, H., Mitobe, Y. and Duy, D. V. (2016). *Tidal correction method for shoreline extracted from Google Earth image*. Journal of JSCE, Ser. B3 (Ocean Engineering), B3-72, (in Japanese).
- Hoang, V. C., Tanaka, H. and Việt, N. T. (2016a). *Diễn biến hình thái vùng cửa sông Cửa Đại, Hội An theo chu kỳ dài hạn - Phần 1: Phân tích ảnh vệ tinh*. Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, Trường Đại học Thủy lợi, Số 54.
- Hoang, V. C., Tanaka, H. and Việt, N. T. (2016b). *Diễn biến hình thái vùng cửa sông Cửa Đại, Hội An theo chu kỳ dài hạn - Phần 2: Mối liên hệ giữa sự thay đổi thềm sông và xói lở bờ biển*. Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, Trường Đại học Thủy lợi, Số 54.
- Lê Đình Thành, Ngô Lê Long, Phạm Thu Hương (2010). *Nghiên cứu đề xuất giải pháp ổn định cửa Đà Rằng*. Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, Trường Đại học Thủy lợi, 31, 34-39.
- Lê Văn Công, Nguyễn Văn Cừ, Hoàng Thái Bình (2007). *Một số kết quả điều tra nghiên cứu thủy thạch động lực và địa hình đáy vùng ven biển cửa sông Đà Rằng - Phú Yên*. Tạp chí Các khoa học về Trái đất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 29(1), 38-45.
- Suga, K., Ishikawa, T., Nadaoka K. and Tanaka, H. (1987). *Formation of sand terrace in front of a river mouth and its decline*, Proceedings of the Japan Society of Civil Engineers, No.381/11-7, 227-230 (in Japanese).

Abstract:

ANALYSIS OF SHORELINE EROSION AT THE DA RANG RIVER MOUTH, PHÚ YÊN

In recent years, the erosion of shoreline at the Da Rang River mouth that is located in Tuy Hoa City, south central Vietnam has become serious. This study presents changes of coastal morphology at this river mouth through the analysis of satellite images. Shoreline position in the area of about 7 km in length around the river mouth was eroded severely, while it was stable on other adjacent areas. The erosion was most severe at the river mouth, whereas it was mild on the beaches far away from the river mouth. There are demarcations where the severe erosion did not propagate beyond. The roles of sand terrace as submerged sand source providing sediment to the adjacent shoreline is also discussed. The evolution of morphology at this river mouth is very important; hence field survey data and further study are highly required.

Keywords: Da Rang River mouth, Morphology change, Aerial photograph, Erosion, River mouth terrace.

BBT nhận bài: 03/9/2016

Phản biện xong: 06/10/2016