



Original Article

Assessment of Do Son Beach Changes using Monitoring Camera Images

Vu Cong Huu^{1,*}, Dinh Van Uu²

¹*Vietnam Academy for Water Resources, No. 1, Alley 165, Chua Boc, Dong Da, Hanoi, Vietnam*

²*VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam*

Received 17 September 2020

Revised 25 January 2021; Accepted 29 January 2021

Abstract: In recent years, camera technology has been used in the field of beach variation and beach protection. This study presents the results of processing images of Do Son beach based on images. Camera image processing is calibrated based on real measurements of control points. Camera images are processed to capture shoreline and beach developments for the period from August 2018 to October 2019. The results show that Do Son beach has short term and seasonal fluctuations. Beach geomorphology tends to reach equilibrium form.

Keywords: Do Son Beach, camera image processing model, beach change.

* Corresponding author.

E-mail address: vuconghuu80@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4692>

Đánh giá biến động bãi biển Đồ Sơn Hải Phòng dựa trên ảnh camera giám sát

Vũ Công Hữu^{1,*}, Đinh Văn Ưu²

¹*Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, Số 1 Ngõ 165 Chùa Bộc, Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam*

²*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội,
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 17 tháng 9 năm 2020

Chỉnh sửa ngày 25 tháng 01 năm 2021; Chấp nhận đăng ngày 29 tháng 01 năm 2021

Tóm tắt: Trong những năm gần đây, công nghệ camera đã được ứng dụng trong lĩnh vực bảo vệ bờ và bãi biển. Nghiên cứu này trình bày các kết quả xử lý ảnh giám sát bãi biển Đồ Sơn dựa trên ảnh camera mặt đất. Mô hình xử lý ảnh camera được hiệu chỉnh dựa trên số liệu tọa độ thực đo tại các vị trí của bãi biển. Diễn biến đường bờ và bãi biển được xử lý từ các ảnh camera trong thời gian từ tháng 8/2018 đến tháng 10/2019. Các kết quả cho thấy, bãi biển Đồ Sơn với hai mũi bờ kè nhỏ ra biển có biến động nhỏ của đường bờ và có xu thế đạt trạng thái cân bằng.

Từ khóa: Camera image processing model, beach change, Bãi biển Đồ Sơn.

1. Mở đầu

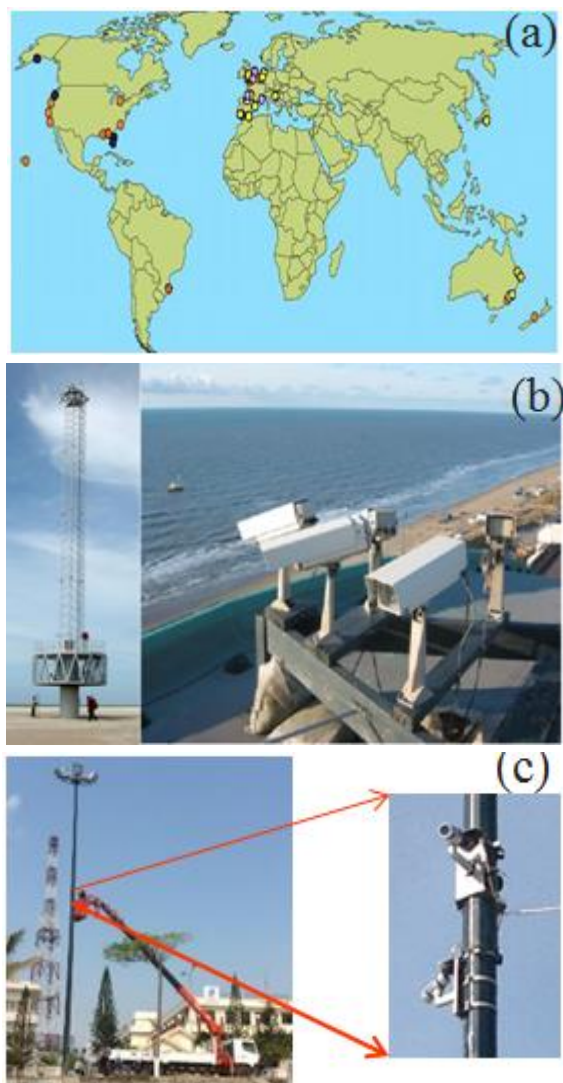
Công nghệ phân tích ảnh từ video-camera phát triển từ phương pháp phân tích ảnh chụp từ máy bay. Bắt đầu từ những năm 1930 đã có những nghiên cứu đầu tiên về diễn biến bờ biển bằng ảnh chụp máy bay. Tuy nhiên, các ảnh chụp thường không liên tục, chi phí khá tốn kém và hạn chế trong điều kiện thời tiết xấu. Đến năm 1980, phòng Thí nghiệm hình ảnh ven biển (Coastal Imaging Lab – CIL) của Trường Đại học Oregon (Mỹ) đã tiến hành nghiên cứu và áp dụng thành công việc sử dụng ảnh chụp viễn thám kết hợp với quay phim để đo đạc sóng leo [1-4]. Những năm cuối của thập niên 80, nghiên cứu ảnh video bắt đầu được sử dụng để khảo sát các quá trình ven bờ. Các tác giả Lippman và Holman (1989, 1993) đã sử dụng video để xác định biến đổi của doi cát ngầm, đã so sánh tốc độ

pha, chu kỳ, hướng sóng tính được từ cường độ ảnh với số liệu đo trực tiếp bằng cảm biến áp suất và kết quả cho hệ số tương quan phổ cao [5, 6]. Dựa vào ảnh camera giám sát, các tác giả Konicki và Holman (2000) phân tích được sóng leo, hình thái mái dốc bờ và đặc biệt là xác định được doi cát ngầm trong điều kiện thiếu dữ liệu độ sâu [7]. Trong nghiên cứu của Tanaka và Nguyen (2007) [4] sử dụng công nghệ video-camera để quan trắc sự thay đổi độ rộng của cửa sông và sự phát triển liên tục của các doi cát ở cửa sông theo thời gian. Các tác giả Lê Thanh Bình, Nguyễn Trung Việt, Tanaka đã xử lý ảnh biến đổi bãi biển trong dài hạn cũng như trước và sau bão, tính toán độ cao sóng vùng ven bờ [8]. Trong nghiên cứu của Lefebvre [9] đã xử lý ảnh camera quan trắc bãi biển Nha Trang và cho thấy ảnh hưởng của các quá trình sóng tràn do sóng gió đến bãi biển sau những cơn bão, đợt gió mùa.

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: vuconghuu80@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4692>



Hình 1. Vị trí các trạm quan trắc Argus bằng camera trên toàn thế giới (a), tại Hà Lan (b) và tại bãi biển Nha Trang (c).

Cho tới nay, hệ thống quan trắc và giám sát bãi biển tự động Argus đã được xây dựng ở hơn 30 bãi biển trên khắp thế giới tại các quốc gia có nền khoa học tiên tiến như Mỹ, Pháp, Hà Lan, Úc, New Zeland, Nhật Bản, Đài Loan (Hình 1a).

Công nghệ phân tích đường bờ, các đặc trưng sóng, dòng chảy ven bờ bằng video-camera là phương pháp quan trắc mới, hiện đại có thể thay thế cho các phương pháp đo đạc truyền thống. Nó đặc biệt thích hợp để giám sát bờ biển bởi vì phương pháp này cho phép quan trắc liên tục với

khoảng thời gian đo đạc rất rộng, quy mô thời gian từ cỡ giây đến vài năm và quy mô không gian từ mét đến km. Kỹ thuật video rất hữu ích đối với nghiên cứu các quá trình hải dương học ven bờ, đặc biệt hiệu quả trong điều kiện bão và đông, khắc phục sự khó khăn đối với thiết bị đo trực tiếp gặp phải tại hiện trường.

Ở nước ta, hệ thống giám sát bãi biển bằng hệ thống camera đã được áp dụng cho một số nơi như bãi biển Nha Trang (Hình 1c), bãi biển Hội An - Cửa Đại, bãi biển Đồ Sơn của Hải Phòng. Các kết quả nghiên cứu trên thế giới và nước ta đã và đang được phân tích xử lý để thu được diễn biến đường bờ và bãi biển theo thời gian. Cụ thể:

i) Phân tích diễn biến đường bờ và bãi biển, xác định các nguy cơ xói lở hoặc các tác động của bão đối với bãi biển;

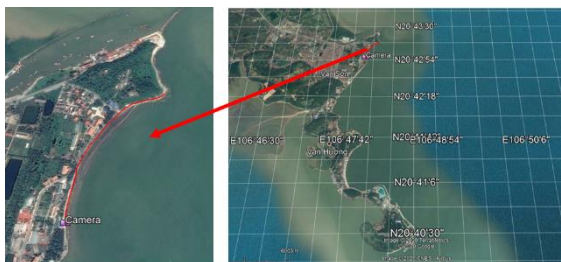
ii) Nghiên cứu địa hình các bãi biển trong vùng dao động của thủy triều, từ đó xác định thể tích bùn cát bồi tụ, xói lở trên bề mặt bãi biển. Giúp đánh giá những tác động của các công trình bảo vệ bờ biển tới vùng lân cận cũng như khảo sát các biến động của bãi biển theo mùa hoặc nghiên cứu các đặc trưng hình thái ven bờ như cồn ngầm, bãi triều ở các cửa sông, cửa vào các cảng;

iii) Nghiên cứu các yếu tố thủy động lực ở vùng ven bờ xác định các đặc trưng sóng nước sâu, định lượng nước dâng do sóng phục vụ đánh giá mức độ ổn định của công trình biển như tường chắn sóng, kè bảo vệ bờ và đê chắn sóng bển cảng.

Trong điều kiện biến đổi khí hậu, mực nước biển dâng thêm sẽ làm cho bãi biển biến đổi mạnh cả về độ dốc và bề rộng. Bãi Đồ Sơn cũng giống như các bãi biển khác cần được giám sát và nghiên cứu để tiến tới dự báo và cảnh báo các nguy hiểm có thể xảy ra. Tuy nhiên, trong phạm vi nghiên cứu này chỉ quan tâm đến biến động đường bờ và bãi biển.

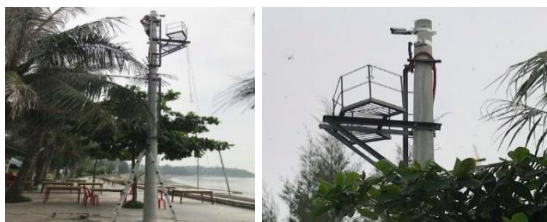
2. Hệ thống camera giám sát bãi biển Đồ Sơn

Trong khuôn khổ của đề tài KC09.14/16-20, việc giám sát diễn biến đường bờ và bãi biển biển phía bắc Đồ Sơn được thực hiện bằng công nghệ giám sát hình ảnh.



Hình 2. Bãi biển Đồ Sơn (phải) và khu vực bãi biển phía bắc (trái).

Lắp đặt 2 camera với độ phân giải 14 MegaPixel và đặt trên cột cao 4,2 m ở phía trước nhà hàng Hải Tụ (Hình 3), có tọa độ (20°42'53,51"N, 106°47'53,12"E).

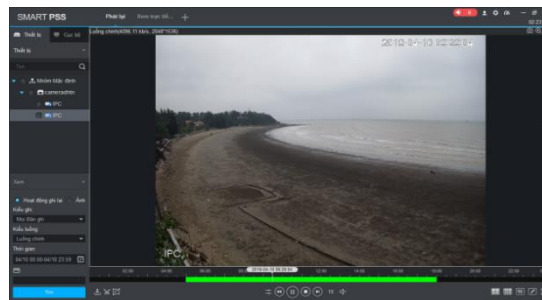


Hình 3. Cột camera hướng Bắc (trái) và hướng vuông góc bờ (phải).

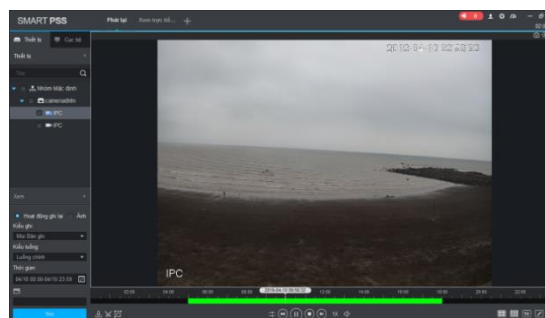


Hình 4. Hệ thống theo dõi và truyền dữ liệu về máy tính của camera.

Hệ thống này bắt đầu hoạt động từ tháng 7/2018 cho đến nay. Đường truyền internet băng thông rộng được kết nối để truyền dữ liệu video trực tuyến về trung tâm xử lý tại Trường Đại học Khoa học Tự nhiên (Hình 4). Phạm vi quan sát của hai camera hướng bắc và hướng vuông góc với bờ được thể hiện trên Hình 5 và Hình 6. Trong đó, các camera thiết lập ghi hình với độ phân giải 2000x1600 điểm ảnh, tốc độ ghi 5 ảnh/giây, file video có định dạng *.mp4.



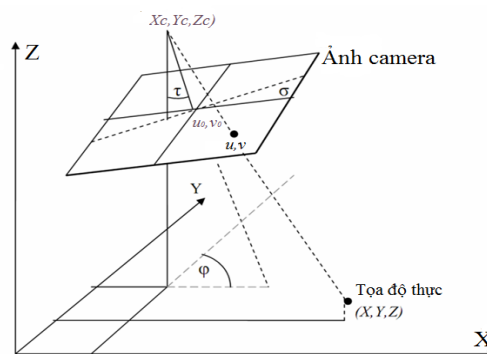
Hình 5. Ghi hình của camera hướng Bắc.



Hình 6. Ghi hình của camera hướng vuông góc.

3. Phương pháp nghiên cứu

Việc phân tích, xử lý số liệu từ camera dựa vào nguyên tắc của hình học ảnh. Xét hệ tọa độ quy ước được thể hiện trên Hình 7 với trục x vuông góc bờ biển và hướng ra xa bờ, trục y vuông góc với trục x, trục z hướng thẳng đứng lên phía trên với mực chuẩn tham chiếu ($z=0$), thường đặt trùng với mực nước triều trung bình hoặc mực chuẩn quốc gia.



Hình 7. Sơ đồ quan hệ hình học giữa tâm Camera (X_0, Y_0, Z_0), tọa độ ảnh (u, v) và tọa độ thực (X, Y, Z).

Hệ phương trình quang trắc gồm 2 phương trình liên kết giữa tọa độ trong mặt phẳng của cảm biến (2D) hay mặt phẳng ảnh (u, v) với tọa độ của vật thể (3D) hay tọa độ thực (X, Y, Z). Các phương trình này thiết lập theo phép chiếu tâm từ điểm của vật thể qua tâm quang của camera đến ảnh trên mặt phẳng ảnh. Hệ phương trình như sau [6]:

$$\begin{aligned} u - u_0 &= -f / \lambda_u \left[\frac{m_{11}(x - x_c) + m_{12}(y - y_c) + m_{13}(z - z_c)}{m_{31}(x - x_c) + m_{32}(y - y_c) + m_{33}(z - z_c)} \right] \\ v - v_0 &= -f / \lambda_v \left[\frac{m_{21}(x - x_c) + m_{22}(y - y_c) + m_{23}(z - z_c)}{m_{31}(x - x_c) + m_{32}(y - y_c) + m_{33}(z - z_c)} \right] \end{aligned} \quad (1)$$

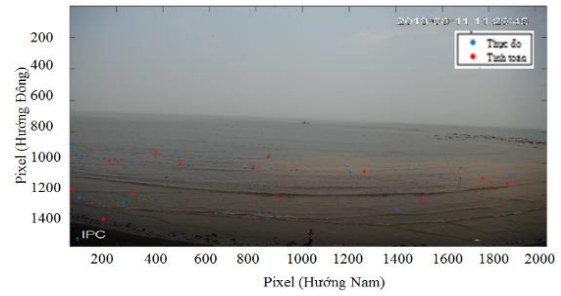
Với m_{ij} là ma trận (3x3) của góc nghiêng (τ), phương vị (φ), và góc quay (σ):

$$M = \begin{pmatrix} \cos(\varphi) & \sin(\varphi) & 0 \\ \sin(\varphi) & \cos(\varphi) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\tau) & -\sin(\tau) \\ 0 & \sin(\tau) & \cos(\tau) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -\cos(\sigma) & -\sin(\sigma) & 0 \\ -\sin(\sigma) & \cos(\sigma) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

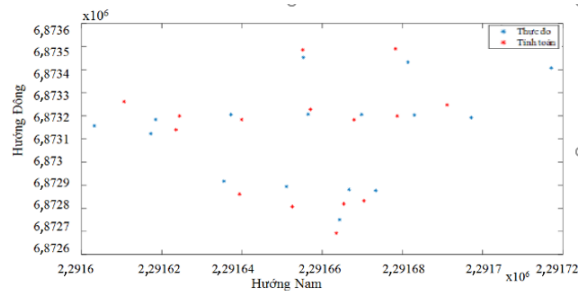
Hệ phương trình (1) bao gồm 11 ẩn số chưa biết: Góc nghiêng (τ), góc phương vị (φ), góc quay (σ), tọa độ thực tâm camera (x_c, y_c, z_c), tọa độ tâm ảnh (u_0, v_0), tiêu cự f, các hệ số tỷ lệ λ_u, λ_v . Trên cơ sở chương trình tính toán viết bằng Matlab được phát triển bởi nhóm tác giả R. Almar et al., (2008) từ IRD; R. Almar et al., (2012); H. Tanaka, T. V Nguyen (2007); Lê Thanh Bình, nghiên cứu này đã sử dụng và tiến hành tính toán phân tích diễn biến vị trí đường bờ từ ảnh camera giám sát của bãi biển Đồ Sơn, Hải Phòng. Kết quả thu được diễn biến vị trí đường bờ trung bình ngày từ tháng 8 năm 2018 đến tháng 10 năm 2019.

4. Hiệu chỉnh hệ thống camera giám sát bãi biển Đồ Sơn

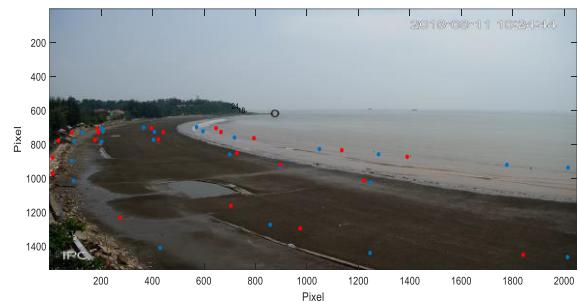
Các ẩn số gồm có góc nghiêng (τ), góc phương vị (φ), góc quay (σ) và tiêu cự f được tính theo phương pháp bình phương tối thiểu phi tuyến từ hệ phương trình (1) để xác định sai số nhỏ nhất giữa các cặp điểm với tiêu cự của camera. Tọa độ của các điểm tính toán được so sánh với tọa độ thực đo tương ứng như các hình sau.



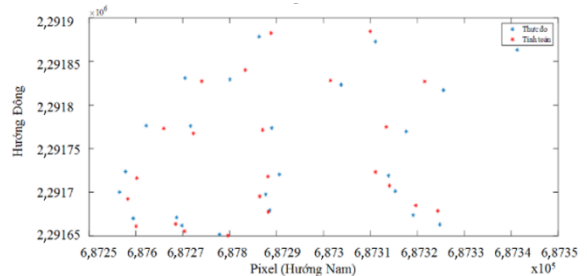
Hình 8. So sánh vị trí tính toán và thực đo của camera hướng vuông góc với bờ (pixel).



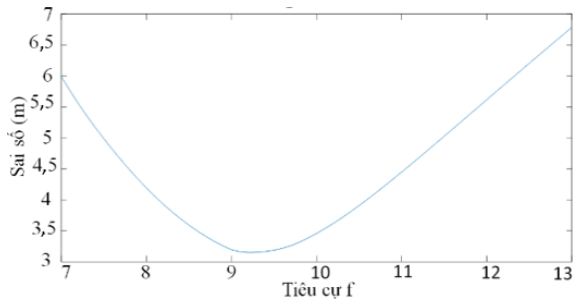
Hình 9. So sánh vị trí tính toán và thực đo của camera hướng vuông góc với bờ (tọa độ).



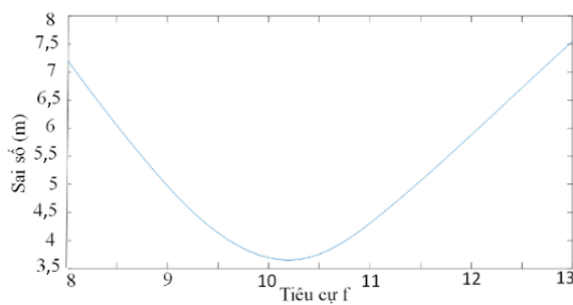
Hình 10. So sánh vị trí tính toán (chấm đỏ) và thực đo (chấm xanh) của camera hướng Bắc (tọa độ pixel).



Hình 11. So sánh vị trí tính toán và thực đo của camera hướng Bắc.



Hình 12. Mối quan hệ giữa sai số tính toán và tiêu cự f của camera hướng vuông góc với bờ.



Hình 13. Mối quan hệ giữa sai số tính toán và tiêu cự f của camera phía Bắc.

Hiệu chỉnh mô hình được đánh giá thông qua độ chính xác giữa số liệu thực đo và tính toán. Sử dụng phương pháp đánh giá sai số quân phương RMSE (Root Mean Square Error) và sai số trung bình (ME) như sau:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (F_i - O_i)^2}{N}} \quad (2)$$

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N (F_i - O_i)$$

Với F_i là giá trị tính toán tại thời điểm i ; O_i là giá trị thực đo tại thời điểm i tương ứng; N là số điểm so sánh.

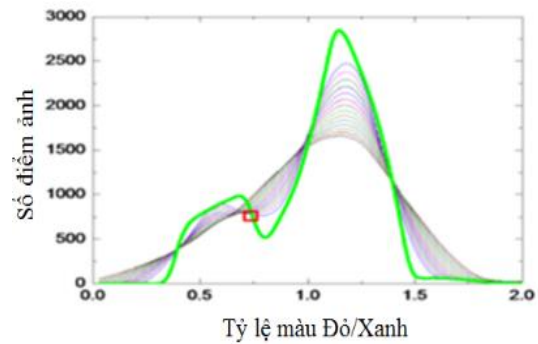
Kết quả thu được sai số $RMSE = 3,65$ m và sai số $ME = 0,28$ m và hệ số tiêu cự $f = 10,25$ đối với camera phía Bắc. Đối với camera hướng vuông góc với bờ thì $RMSE = 3,15$ m và $ME = 0,26$ m, hệ số tiêu cự tương ứng $f = 9,2$. Sự tương đồng giữa các điểm đo không chế mặt đất được đo bằng máy toàn đạc điện tử và các điểm phân tích từ công nghệ video-camera đã cho thấy

mô hình cho kết quả tốt và được sử dụng để phân tích ảnh camera cho bãi biển Đồ Sơn, Hải Phòng.

5. Kết quả phân tích diễn biến đường bờ và bãi biển

Sau khi hiệu chỉnh mô hình xử lý ảnh camera, tiến hành tạo các ảnh trung bình và ảnh theo chuỗi thời gian. Các video thu được từ camera tự động tách thành các khung ảnh tức thời và trung bình hóa theo thời đoạn định trước là 5 phút, đồng thời trích xuất ảnh chuỗi thời gian tại mỗi một mặt cắt định trước.

Đường bờ được nhận diện thông qua sự chênh lệch phổ màu giữa màu nước biển (Blue) và bờ biển (Red). Vị trí đường bờ được xác định dựa trên tỷ lệ độ sáng giữa màu đỏ và xanh.



Hình 14. Tỷ lệ màu nhận diện đường bờ.

Dữ liệu ảnh camera từ 25/7/2018 đến 15/9/2019 được trích xuất từ các video liên tục theo thời gian (tọa độ các đường bờ theo tọa độ VN2000 và cao độ Quốc gia). Mô hình xử lý ảnh camera trình bày ở trên được áp dụng để xử lý ảnh camera giám sát bãi biển Đồ Sơn (bãi biển ứng với camera hướng Bắc).

Đường bờ ở đây được xét là đường mép nước và diễn biến đường bờ theo thời gian được chọn tương ứng với các thời điểm của mực nước triều có trị số bằng mực nước triều trung bình tại trạm hải văn Hòn Dấu.

Tập hợp các kết quả nhận diện đường bờ theo thời gian cho thấy đường bờ biến đổi qua các giai đoạn khác nhau và có cùng xu thế. Do vậy, lựa chọn vị trí trung tâm bãi để phân tích và đánh giá

kết quả. Cụ thể, mức biến đổi tại mặt cắt trung tâm như sau:

Từ 25/10/2018 đến 11/11/2018 đường bờ xu thế bồi, lớn nhất đạt 16 m;

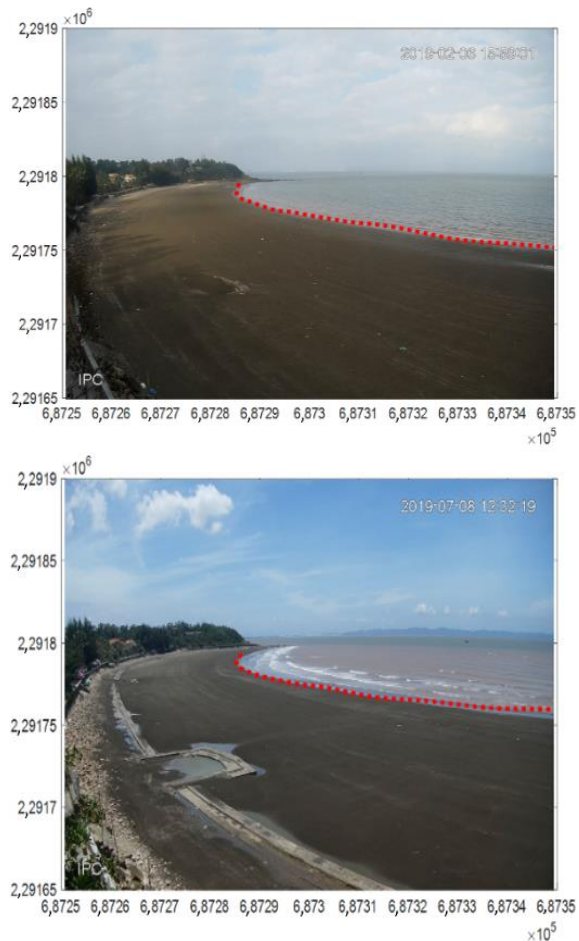
Từ 11/11/2018 đến 30/1/2019 đường bờ có xu thế xói, mức xói lớn nhất đạt 6 m;

Từ 30/1 đến 7/3/2019 đường bờ tiếp tục bị xói sâu 14 m;

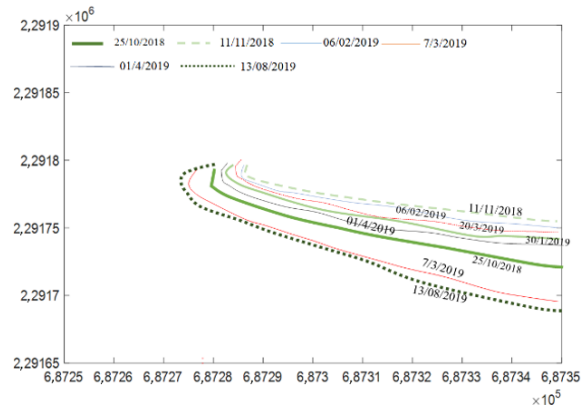
Từ 7/3 đến 20/3/2019 đường bờ có xu thế bồi 17 m;

Từ 20/3/2019 đến 13/6/2019 đường bờ tiếp tục có xu thế bồi;

Từ 13/6 đến 13/8/2019 đường bờ tiếp tục bị xói sâu 19 m do trong khoảng thời gian này, đường bờ chịu ảnh hưởng của 2 cơn bão. Bão số 2 bắt đầu ảnh hưởng từ 3/7/2019. Cơn bão số 3 bắt đầu ảnh hưởng từ ngày 2/8/2019 (Wipha).



Hình 15. Một số kết quả nhận diện đường bờ.

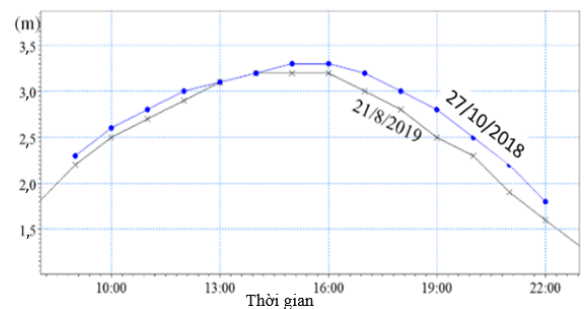


Hình 16. Diễn biến đường bờ giai đoạn từ 25/10/2018 đến 13/8/2019.

Kết quả phân tích diễn biến đường bờ trong thời đoạn từ 25 tháng 10 năm 2018 đến 13 tháng 8 năm 2019 cho thấy quá trình bồi xói đan xen nhau. Quá trình xói xảy ra khi có xuất hiện những đợt gió mùa và bão và quá trình bồi xuất hiện ngay sau đó. Trong thời đoạn trên, đường bờ bị xói và mức xói lớn nhất đạt 14 m. Mức độ xói tăng dần từ Bắc xuống Nam.

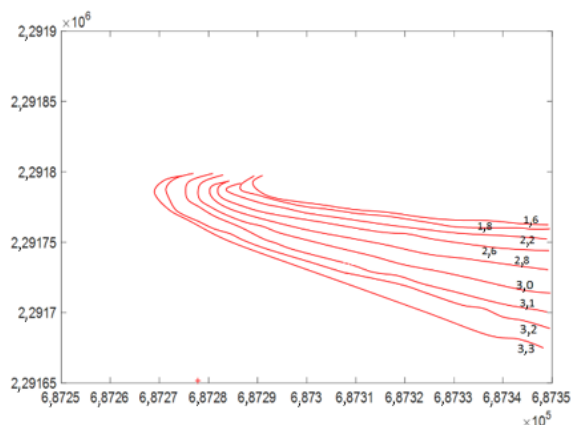
Biến đổi địa hình bãi biển:

Để đánh giá được biến đổi bãi biển, phương pháp chụp bản đồ tại các thời điểm được áp dụng. Lựa chọn các ngày 27/10/2018 và ngày 21/8/2019 để xây dựng các bản đồ các đường đồng mức tương ứng với các mực nước triều khác nhau. Trong 2 ngày này, điều kiện biển yên tĩnh, sự dao động của mực nước giả thiết chỉ có tác động của thủy triều. Từ đó, tiến hành chụp 2 bản đồ DEM tương ứng với 2 ngày trên đã cho thấy được mức độ biến đổi của bãi biển.

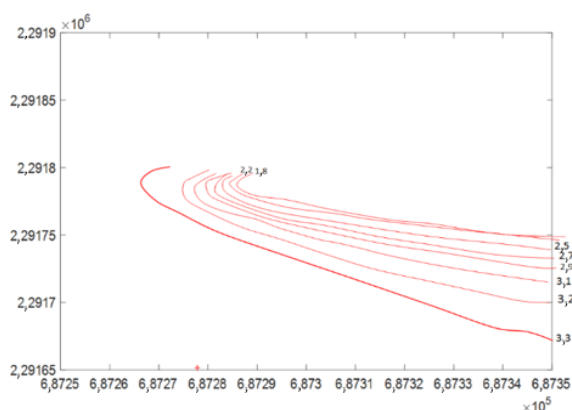


Hình 17. Diễn biến mực nước tại các thời điểm trong các ngày 21/8/2019 và 27/10/2018.

Tại các thời điểm ứng với các mực nước khác nhau của ngày 27/10/2018 và 21/8/2019 đã xây dựng được bản đồ địa hình tương ứng.



Hình 18. Các đường đồng mức ứng với mực nước triều ngày 27/10/2018.



Hình 19. Các đường đồng mức ứng với mực nước triều ngày 21/8/2019.

Các kết quả cho thấy trong thời gian từ 27/10/2018 đến 21/8/2019, bãi biển từ bờ kè đến đường đồng mức 3,3 m bị xói và bồi từ đường đồng mức 3,2 m ra phía ngoài khơi ra đến đường đồng mức 1,8 m.

Mức độ bồi xói xảy ra không lớn, phía trong bãi đến đường đồng mức 3,3 m lớn nhất chỉ đạt 26 cm và bồi phía ngoài nước sâu lớn nhất đạt 14 cm. Sự biến động bãi biển như vậy có thể do ảnh hưởng của các cơn bão xảy ra là bão số 2 bắt đầu ảnh hưởng từ 3/7/2019 và cơn bão số 3 bắt đầu ảnh hưởng từ ngày 2/8/2019 (Wipha). Tuy nhiên, nhìn trên ảnh camera trong những ngày từ tháng

10/2019 thì bãi biển phía trong từ chân kè ra đến đường mép nước 3,3 m lại bị bồi. Như vậy, kết quả tính biến đổi bãi biển trong thời gian từ 27/10/2018 đến 21/8/2019 cho thấy bãi biển hầu như không biến đổi hay bãi biển ở trạng thái cân bằng.

6. Kết luận

Hệ thống video-camera trực tuyến để giám sát diễn biến đường bờ, vùng cửa sông và bờ biển đã được thiết lập và vận hành cho bãi biển phía bắc Đồ Sơn. Hệ thống video-camera này được kết nối với máy chủ đặt tại Trường Đại học Khoa học Tự nhiên để lưu một bộ cơ sở dữ liệu vô cùng hữu ích phục vụ cho công tác nghiên cứu, đào tạo. Từ việc lắp đặt hệ thống video-camera nêu trên, nghiên cứu này đã thành công trong việc triển khai công nghệ giải đoán diễn biến bờ biển bằng việc xây dựng bộ phần mềm đồ sộ trên nền ngôn ngữ Matlab cho phép tự động giải đoán diễn biến đường bờ vùng cửa sông và bờ biển. Đây là bộ số liệu vô cùng quan trọng và rất có ý nghĩa phục vụ cho việc hiệu chỉnh, kiểm định các mô hình toán và làm rõ cơ chế bồi/xói vùng cửa sông và bờ biển với quy mô dài hạn.

Bên cạnh đó, bằng việc sử dụng công nghệ nêu trên cho phép giải đoán các đặc trưng sóng trong vùng nước nông và đới sóng đổ (chiều cao sóng H, chu kỳ sóng T), trắc ngang bãi biển (beach profiles) và tính toán được khối lượng bùn cát thay đổi trong thời đoạn yêu cầu ở khu vực tính toán. Điều này có ý nghĩa lớn về mặt khoa học đồng thời có giá trị về mặt thực tiễn. Bộ số liệu quan trắc bãi biển liên tục theo thời gian (thời đoạn mùa và nhiều năm) là cơ sở quan trọng phục vụ công tác quy hoạch, quản lý, khai thác bền vững bãi biển để phát triển kinh tế xã hội.

Các kết quả thu được cũng cho thấy sự ưu việt của công nghệ giải đoán hình ảnh video-camera so với những phương pháp quan trắc truyền thống trước đây, vì sẽ rất khó khăn và tốn kém trong việc quan trắc trực tiếp diễn biến đường bờ và các tham số sóng, dòng chảy ven bờ một cách liên tục, cũng như lựa chọn đúng thời điểm xảy ra hiện tượng bất thường về thời tiết.

Trong thời gian tiếp theo, nhóm nghiên cứu tiếp tục xử lý đến các tham số thủy động lực ven bờ bãi biển Đồ Sơn.

Lời cảm ơn

Nhóm nghiên cứu xin cảm ơn đề tài cấp nhà nước KC09.14/16-20 đã hỗ trợ kinh phí cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1] K. T. Holland, R. A. Holman, T. C. Lippmann, J. Stanley, N. Plant, Practical Use of Video Imagery in Nearshore Oceanographic Field Studies. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, Vol. 22, No. 1, 1997, pp. 81-92.
- [2] R. A. Holman, J. Stanley, The History and Technical Capabilities of Argus, *Coastal Engineering*, Vol. 54, No. 6-7, 2007, pp. 477-491.
- [3] M. W. J. Smit, S. G. J. Aarninkhof, K. M. Wijnberg, M. González, K. S. Kingston, H. N. Southgate, B. G. Ruessink, R. A. Holman, E. Siegle, M. Davidson, R. Medina, The Role of Video Imagery in Predicting Daily to Monthly Coastal Evolution, *Coastal Engineering*, Vol. 54, 2007, pp. 539-553.
- [4] H. Tanaka, T. V. Nguyen, Monitoring and Modeling of Short-term Morphology Change at a River Entrance. *Proceedings of Indo-Japan Workshop on Coastal Problems and Mitigation Measures - Including the Effects of Tsunami IITMadrass, India*, Vol. 16-17, 2007, pp. 174-183.
- [5] T. C. Lippmann, R. A. Holman, Quantification of Sand Bar Morphology: A Video Technique Based on Wave Dissipation. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 94, No. C1, 1989, pp. 995-1011.
- [6] R. A. Holman, A. H. Sallenger, J. T. C. Lippmann, J. W. Haines, The Application of Video Image processing to the Study of Nearshore Processes, *Oceanography*, Vol. 6, 1993, pp. 78-89.
- [7] K. M. Konicki, R. A. Holman, The Statistics and Kinematics of Transverse Sand Bars on an Open Coast, *Marine Geology*, Vol. 169, No. 1-2, 2000, pp. 69-101.
- [8] L. T. Binh, N. V. Duc, N. T. Viet, D. H. Thuan, N. V. Thin, T. T. Tung, D. V. Uu, R. Almar, J. P. Lefebvre, Some Initial Findings on Shoreline Changes Nha Trang Using Video Surveillance Technology, *National Fluid Mechanics Conference*, ISSN: 1859-4182, 2013, pp. 50-59 (in Vietnamese).
- [9] J. P. Lefebvre, R. Almar, N. T. Viet, D. V. Uu, D. H. Thuan, L. T. Binh, R. Ibaceta, N. V. Duc, Contribution of the Swash Generated by Low Energy Wind Waves in the Recovery Process of a Beach Impacted by Extreme Events: Nha Trang, Vietnam, in: Green, A. N. and Cooper, J. A. G. (eds.), *Proceedings 13th International Coastal Symposium (Durban, South Africa)*, *Journal of Coastal Research*, Special Issue, No. 66, 2014, ISSN: 0749-0208.