

## **The scale of the central beach change processes in the west coast of Nha Trang bay**

**Vu Cong Huu\* , Dinh Van Uu**

*VNU University of Science, Hanoi, Vietnam*

\*E-mail: [vuconghuu80@gmail.com](mailto:vuconghuu80@gmail.com)

Received: 2 January 2019; Accepted: 8 July 2019

©2020 Vietnam Academy of Science and Technology (VAST)

### **Abstract**

The central beach in west coast of Nha Trang bay has experienced erosion in recent years. The determination of hydrodynamic regime and causes of this beach fluctuation is still an open problem and is concerned by scientists and managers. This study shows the causes and scales of the shoreline change processes based on the results of shoreline change model and the analysis of remote sensing images of shoreline location.

**Keywords:** Nha Trang beach, EBED wave model, shoreline change model, camera image.



Vịnh Nha Trang là một trong 29 vịnh đẹp nhất thế giới, có chiều dài khoảng 16 km và rộng khoảng 13 km. Vịnh thông với biển ngoài qua hai cửa: Cửa chính ở phía đông bắc, cửa nhỏ hơn ở phía đông nam (hình 1, bên phải) [1].



Bãi biển bị xói trong mùa gió Đông Bắc (ảnh T03/2013)



Bãi biển bồi trong mùa gió Tây Nam (ảnh T07/2013)

Hình 2. Biến động bãi biển trung tâm vịnh Nha Trang năm 2013

Cho đến nay, bãi biển này tồn tại một số vấn đề sau: a) Bãi biển chịu tác động của sóng lớn trong mùa gió Đông Bắc và khi có bão [1–3]; b) Bãi biển bị tác động bồi xói, biến đổi mạnh theo mùa [1–3]; c) Bãi biển hẹp, có độ dốc lớn và sâu, gây bất lợi cho việc tắm biển vào thời kỳ mùa gió Đông Bắc; d) Sự phát triển của các cồn ngầm ở cửa sông Cái tác động tới bãi tắm ở lân cận cửa [3]; e) Diễn biến bãi biển chịu sự chi phối của sóng và mực nước [2, 3]. Các nguyên nhân gây biến động bãi biển chưa được xác định rõ ràng.

Kết quả nghiên cứu [1] đã luận chứng sự cần thiết và cấp bách trong việc cải tạo và tôn tạo bãi tắm biển thành phố Nha Trang, đưa ra các định hướng về khoa học và công nghệ dựa trên các kết quả phân tích dữ liệu khảo sát địa hình, dữ liệu giám sát bằng camera và các kết quả mô hình số. Tiếp đó, trong nghiên cứu [4] đã khai thác đầy đủ hơn các số liệu thực đo, từ camera và sử dụng kỹ thuật phân tích hàm trực giao để xác định biến đổi của các thành phần chính và thu được phương trình dự báo vị trí đường bờ. Các kết quả cho thấy thành phần chính có mối quan hệ với diễn biến độ cao sóng ngoài nước sâu theo mùa. Tuy nhiên, phương pháp này không chỉ ra được quy mô thời gian của các thành phần chính gây biến đổi đường bờ cũng như không thể bao quát được hết các quy mô của các quá trình gây biến động bãi biển.

Bên cạnh những thế mạnh về du lịch, bãi biển trung tâm thuộc bờ tây của vịnh Nha Trang (hình 1, bên trái) đang phải đối mặt với sự biến đổi bãi biển trầm trọng. Cụ thể là biến đổi đường bờ và bãi biển bị thu hẹp (hình 2) [1–3].

Nghiên cứu tính toán về đặc trưng trường sóng ven bờ và dòng vận chuyển trầm tích dọc bờ [5] đã cho thấy dòng vận chuyển trầm tích có xu thế từ Bắc xuống Nam và cho thấy tồn tại quá trình vận chuyển ngang bờ làm biến đổi bãi biển hoặc thiếu hụt nguồn trầm tích cung cấp từ phía cửa sông Cái. Phương pháp mô hình toán được đề cập đến trong các công trình nghiên cứu [2, 3] đã tính toán các đặc trưng trường sóng chi tiết và diễn biến đường bờ do sự kết hợp của sóng và mực nước. Kết quả mô hình cho thấy diễn biến vị trí đường bờ có quan hệ mật thiết với sự hiện diện của các sự kiện gió mùa, các cơn bão và nước dâng. Nguyên nhân của mối quan hệ này là do sóng truyền từ ngoài khơi vào kết hợp với dao động của mực nước làm biến động bãi biển Nha Trang. Nghiên cứu này trình bày các kết quả của hệ thống mô hình số biến đổi đường bờ và các công cụ phân tích, xử lý dữ liệu đường bờ. Từ đó, chỉ ra các nguyên nhân và quy mô của các quá trình gây biến động bãi biển.

## HỆ THỐNG CÁC MÔ HÌNH VÀ CÔNG CỤ PHÂN TÍCH

*Mô hình biến động đường bờ:* Biến đổi đường bờ là quá trình phức tạp với nhiều quy mô khác nhau trong mối tương tác giữa các quá trình vận chuyển trầm tích ngang bờ và dọc bờ biển. Nghiên cứu này áp dụng một phương pháp mới mô phỏng biến đổi đường bờ được

rút ra từ các kết quả nghiên cứu thí nghiệm số và trong phòng thí nghiệm về biến đổi đường bờ với các quy mô lớn và nhỏ. Cả hai thí nghiệm quy mô lớn và nhỏ cho thấy rằng trong mỗi điều kiện tác động sóng và mực nước thì bãi biển sẽ tồn tại xu thế cân bằng theo quy mô thời gian xấp xỉ dạng hàm mũ. Các mô phỏng số [6, 7] cho thấy rằng sự biến đổi đường bờ được mô hình hóa theo phương trình có dạng:

$$\frac{dy(t)}{dt} = k(y_{eq}(t) - y(t)) \quad (1)$$

Với  $y(t)$  và  $y_{eq}(t)$  tương ứng là vị trí đường bờ và vị trí đường bờ cân bằng tại thời điểm  $t$ ;  $k$  là hệ số biến đổi của đường bờ so với đường bờ cân bằng. Phương trình (1) là dạng cân bằng được cải tiến từ phương trình cân bằng dạng kinh điển và cho thấy sự biến đổi đường bờ tỷ lệ với mức độ mất cân bằng của đường bờ.

Sơ đồ sai phân bán hiện Crank-Nicholson được áp dụng để giải số phương trình (1). Từ đó, thu được công thức tính hiện có dạng [2, 3, 6, 7]:

$$\frac{\partial(v_x S)}{\partial x} + \frac{\partial(v_y S)}{\partial y} + \frac{\partial(v_\theta S)}{\partial \theta} = \frac{\kappa}{2\omega} \left\{ (CC_g \cos^2 \theta S_y)_y - \frac{1}{2} CC_g \cos^2 \theta S_{yy} \right\} - \frac{K}{h} C_g (S - S_{stab}) \quad (3)$$

*Trong đó:*  $S$  là mật độ phổ tần số và góc hướng;  $(x, y)$  là tọa độ phương ngang;  $\theta$  là hướng sóng tới tính từ trục  $x$  ngược chiều kim đồng hồ;  $\omega$  là tần số;  $C$  là tốc độ sóng;  $C_g$ - tốc độ nhóm;  $h$  mực nước tĩnh;  $K, K$  là các tham số tự do để tối ưu hóa tác động của quá trình nhiễu xạ, khúc xạ và tiêu tán năng lượng;  $S_{stab}$  là mật độ phổ sóng ổn định. Với  $v_x, v_y, v_\theta$  là vận tốc lan truyền theo hướng tọa độ tương ứng.

*Mô hình xử lý ảnh camera [1]:* Công nghệ giải đoán đường bờ và các đặc trưng sóng, dòng chảy ven bờ bằng Video-Camera là phương pháp quan trắc mới, hiện đại đang được áp dụng để phân tích diễn biến bãi biển, các đặc trưng thủy động lực ven bờ. Phương pháp này cho phép quan trắc liên tục với khoảng thời gian đo đặc rất rộng, từ vài giây đến nhiều năm và quy mô không gian từ mét đến km. Việc phân tích, xử lý số liệu từ camera dựa vào nguyên tắc của

$$y^{n+1} = \frac{y^n + A((y_{eq}^{n+1} + y_{eq}^n) - y^n)}{1 + A}, A = \frac{k\Delta t}{2} \quad (2)$$

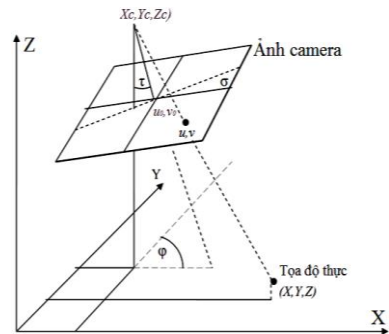
Với  $n$  là chỉ số theo thời gian.

Hệ số biến đổi đường bờ được tham số hóa theo các đặc trưng mực nước, sóng, trầm tích. Trong nghiên cứu này, đã xây dựng chương trình tính toán trên bảng ngôn lập trình Fortran và sử dụng thuật toán tự hiệu chỉnh mô hình của nhóm tác giả Jon K. Miller và Robert G. Dean (2004) nhằm lựa chọn các tham số thích hợp nhất đối với mỗi địa điểm trong thực tế [6, 7]. Dữ liệu đầu vào cho mô hình gồm có kích thước hạt trầm tích, tham số hình dạng mặt cắt ngang cân bằng, tham số sóng vỡ và mực nước. Thuật toán tự hiệu chỉnh mô hình cho phép thu được các hệ số tốc độ biến đổi  $k$ , độ lệch của vị trí đường bờ so với trạng thái cân bằng và sự biến đổi của chúng. Mô hình này sẽ được kết hợp với mô hình tính toán sóng (tham số đầu vào) và xử lý ảnh camera (dữ liệu phục vụ hiệu chỉnh).

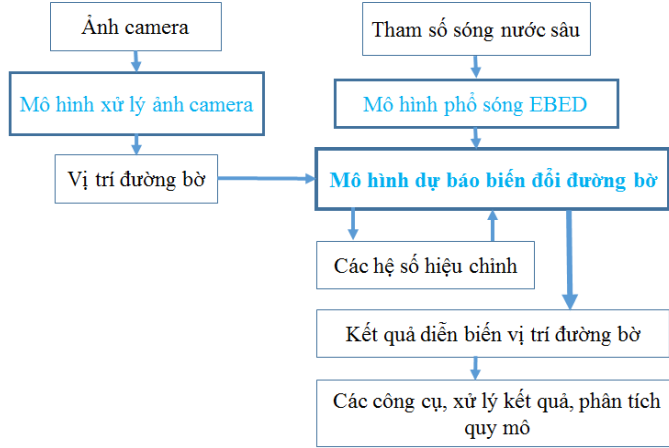
*Mô hình phổ sóng dùng EBED [5, 8, 9]*

Phương trình phổ sóng dùng có dạng:

hình học ảnh. Xét hệ tọa độ  $xyz$ , với trục  $x$  vuông góc bờ biển và dương 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 [1, 4].



*Hình 3.* Sơ đồ quan hệ hình học giữa tâm camera  $(X_0, Y_0, Z_0)$ , tọa độ ảnh  $(u, v)$  và tọa độ thực  $(X, Y, Z)$



Hình 4. Sơ đồ hệ thống mô hình và các công cụ

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 từ phép chiếu tâm từ điểm của vật thể qua tâm quang của camera đến ảnh trên mặt phẳng ảnh. Hệ phương trình như sau:

$$\begin{aligned}
 u - u_0 &= -f / \lambda_u \left[ \frac{m_{11}(x - x_c) + m_{12}(y - y_c) + m_{13}(z - z_c)}{m_{31}(x - x_c) + m_{32}(y - y_c) + m_{33}(z - z_c)} \right] \\
 v - v_0 &= -f / \lambda_v \left[ \frac{m_{21}(x - x_c) + m_{22}(y - y_c) + m_{23}(z - z_c)}{m_{31}(x - x_c) + m_{32}(y - y_c) + m_{33}(z - z_c)} \right]
 \end{aligned} \quad (4)$$

Với  $m_{ij}$  là ma trận  $3 \times 3$  của góc nghiêng ( $\tau$ ), phương vị ( $\varphi$ ), và góc quay ( $\sigma$ ):

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

Hệ phương trình (4) bao gồm 11 số chưa biết: Góc nghiêng ( $\tau$ ), góc phương vị ( $\varphi$ ), góc quay ( $\sigma$ ), tọa độ thực tâm camera  $(x_c, y_c, z_c)$ , tọa độ tâm ảnh  $(u_0; v_0)$ , chiều dài tiêu cự  $f$ , các hệ số tỷ lệ  $\lambda_u, \lambda_v$ .

**Kết nối các mô hình:** Mô hình biến đổi vị trí đường bờ kết hợp với mô hình tính sóng và mô hình xử lý ảnh camera tạo thành hệ thống mô hình như được trình bày trong hình 4.

**Công cụ phân tích hàm điều hòa:** Trên thế giới đã áp dụng phương pháp phân tích các hàm điều hòa để phân tích diễn biến đường bờ.

Từ đó, xác định được quy mô thời gian và độ lớn của các thành phần điều hòa khác nhau đóng góp vào diễn biến của vị trí đường bờ. Có thể kể đến các tác giả như Fi-John Chang và Horng-Cherng Lai (2014) đã áp dụng phân tích diễn biến đường bờ tại Đài Loan [10]. Bản chất của phương pháp này là triển khai vị trí đường bờ theo chuỗi Fourier hay hàm tuần hoàn được tách thành tổng của các hàm dao động đơn lẻ sin và cosin:

Giả thiết  $\hat{Y}_t$  là giá trị nhận được từ phân tích điều hòa của  $Y_t$ :

$$\hat{Y}_t = Y_t - \varepsilon_t = \mu + \sum_{i=1}^{\frac{N}{2}} \left( A_i \sin \frac{2\pi}{P} it + B_i \cos \frac{2\pi}{P} it \right), t = 1, 2, \dots, N/2 \quad (5)$$

Với:  $\mu$  là giá trị trung bình,  $A_i$  và  $B_i$  là các hệ số Fourier cho từng ngày trong năm,  $P$  là chu kỳ đầy đủ hay chu kỳ cơ bản của hàm tuần hoàn,  $P$  có giá trị bằng  $N$  khi khoảng gián đoạn thời gian

là 1, chỉ số  $i$  là số hiệu của hài điều hòa thứ  $i$ .

Dựa trên phương pháp bình phương tối thiểu thì các biến  $\mu$ ,  $A_i$  và  $B_i$  được tính theo các công thức:

$$\hat{Y}_t = Y_t - \varepsilon_t = \mu + \sum_{i=1}^{\frac{P}{2}} \left( A_i \sin \frac{2\pi}{P} it + B_i \cos \frac{2\pi}{P} it \right), t = 1, 2, \dots, P \quad (6)$$

$$\sum_{t=1}^P (\hat{Y}_t - Y_t) = \sum_{t=1}^P \left( Y_t - \mu - \sum_{i=1}^{P/2} A_i \sin \frac{2\pi}{P} it + \sum_{i=1}^{P/2} B_i \cos \frac{2\pi}{P} it \right)^2 \quad (7)$$

$$\mu = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P Y_t, A_i = \frac{2}{P} \sum_{i=1}^P Y_t \sin \left( \frac{2\pi}{P} it \right), B_i = \frac{2}{P} \sum_{i=1}^P Y_t \cos \left( \frac{2\pi}{P} it \right), i = 1, 2, \dots, \frac{P}{2} - 1 \quad (8)$$

$$A_{P/2} = 0, B_{P/2} = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P Y_t \cos \left( \frac{\pi}{P} Nt \right) \quad (9)$$

Trong các công thức trên, các số hạng chứa sin và cos có thể được viết gộp lại:

$$A_i \sin \frac{2\pi}{P} it + B_i \cos \frac{2\pi}{P} it = C_i \left[ \cos \frac{2\pi}{P} i(t - \tau_i) \right] \quad (10)$$

Với  $C_i = \sqrt{A_i^2 + B_i^2}$  gọi là biên độ của hài thứ  $i$ ,

$\tau_i = \frac{P}{2\pi i} \arctan \left( \frac{A_i}{B_i} \right)$  là pha của hài điều hòa thứ  $i$ .

Với  $P$  là chu kỳ cơ bản, hay chu kỳ đầy đủ của hàm tuần hoàn, đơn vị đo là các đơn vị thời gian.  $P$  không luôn luôn bằng  $N$  và chỉ bằng  $N$  về trị số khi khoảng gián đoạn quan trắc  $\Delta t = 1$ . Đại lượng  $i$  gọi là số hiệu của hài điều hòa và là số nguyên giữa 1 và  $2/N$ . Đơn vị đo của  $t$  và  $P$  phải cùng là một. Hai số hạng đầu tiên trong dấu tổng biến thiên một chu trình đầy đủ trong một chu kỳ cơ bản. Các số hạng thứ 3 và 4 biến thiên nhanh gấp đôi, hoàn thành một chu trình đầy đủ trong thời gian nửa chu kỳ cơ bản. Số hạng cuối cùng có chu kỳ biến thiên  $N/2P$ .

Dao động với số hiệu  $i$  đóng góp vào phương sai ( $D_x$ ) chung của hàm  $Y$  một lượng bằng  $C_i^2/2$ , ngoại trừ hài cuối cùng, bằng  $C_i^2$ . Tỷ lệ % đóng góp của mỗi hài thứ  $i$  sẽ bằng  $\frac{C_i^2}{D_x} 100\%$ .

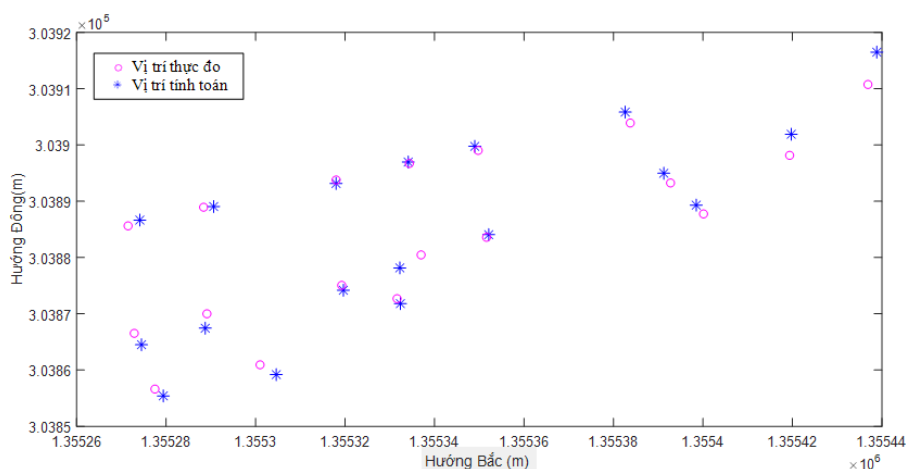
## ÁP DỤNG MÔ PHỎNG BIẾN ĐỘNG BÃI BIỂN TRUNG TÂM THUỘC BỜ TÂY VỊNH NHA TRANG

*Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình tính sóng:* Mô hình sóng được hiệu chỉnh và kiểm định dựa trên số liệu sóng thực đo trong các thời đoạn mùa gió Đông Bắc và gió mùa Tây Nam. Sau khi hiệu chỉnh và kiểm định, mô hình được sử dụng để khôi phục trường sóng phục vụ làm đầu vào cho mô hình biến đổi đường bờ [5].

Mục nước phục vụ tính toán là số liệu thực đo tại trạm hải văn Cầu Đá, Nha Trang.

*Hiệu chỉnh mô hình xử lý ảnh camera:* Mô hình xử lý ảnh camera cho kết quả vị trí đường bờ (đường mép nước), các đặc trưng hình thái bãi và các đặc trưng sóng ven bờ. Trong giới hạn của nghiên cứu này, chỉ xét đến vị trí đường bờ.

Số liệu phục vụ cho việc hiệu chỉnh mô hình xử lý ảnh camera ở đây gồm là tọa độ điểm khống chế (GCP-ground control points) và tọa độ vị trí đường mép nước (đường bờ) 20 điểm được đo bằng máy toàn đạc [1].



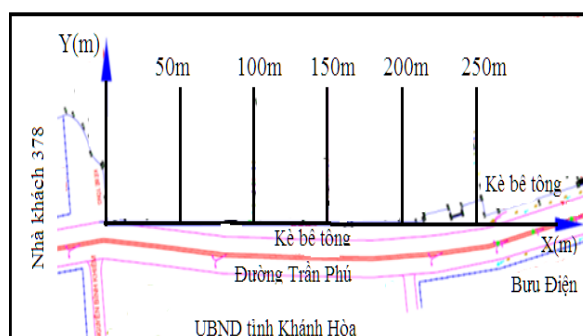
Hình 5. So sánh tọa độ thực đo và tính toán

Sai số được đánh giá thông qua công thức sai số bình phương quân phương (NMSE). Kết quả thu được  $RMSE = 3,83$ . Theo tác giả Dean, khoảng sai số đánh giá dự báo như sau:  $0 < NMSE < 0,3$  (rất tốt),  $0,3 < NMSE < 0,6$  (tốt),  $0,6 < NMSE < 0,8$  (hợp lý) và  $0,8 < NMSE < 1,0$  (kém).

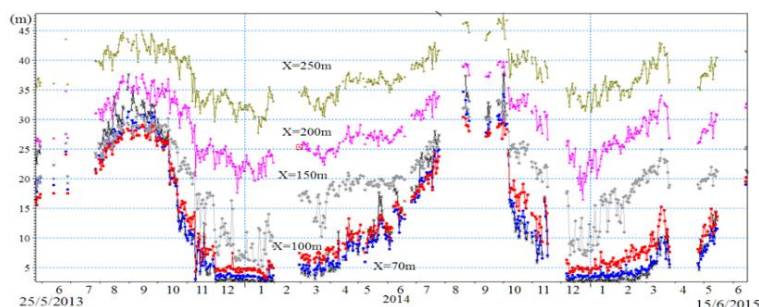
Sự tương đồng giữa các điểm đo không chế mặt đất được đo bằng máy toàn đạc điện

tử và các điểm phân tích từ công nghệ video-camera cho thấy các tham số mô hình đáp ứng tốt nhu cầu thực hiện các bước phân tích tiếp theo.

*Kết quả phân tích ảnh camera:* Tiến hành phân tích diễn biến của bờ biển trước UBND tỉnh tại thời điểm mực nước bằng mực nước trung bình nhiều năm, được kết quả đường bờ từ tháng 1/5/2013 đến tháng 15/6/2016:



Hình 6. Các vị trí trích xuất dữ liệu đường bờ từ camera



Hình 7. Diễn biến đường bờ tại các vị trí dọc bờ

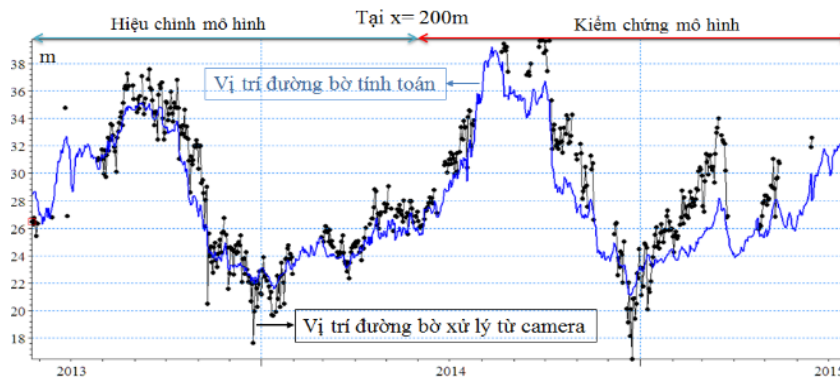
Diễn biến đường bờ theo thời gian được xác định từ kết quả phân tích ảnh video-camera cho thấy sự biến đổi đường bờ theo mùa rất rõ rệt, vào thời kỳ gió mùa Đông Bắc thì bãi biển bị xói, diễn biến xói nhiều nhất bắt đầu từ tháng 10 đến hết tháng 12. Vào thời kỳ gió mùa Tây Nam thì bãi biển được bồi và thể hiện rõ nhất là từ tháng 5 đến hết tháng 9.

*Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình biến đổi*

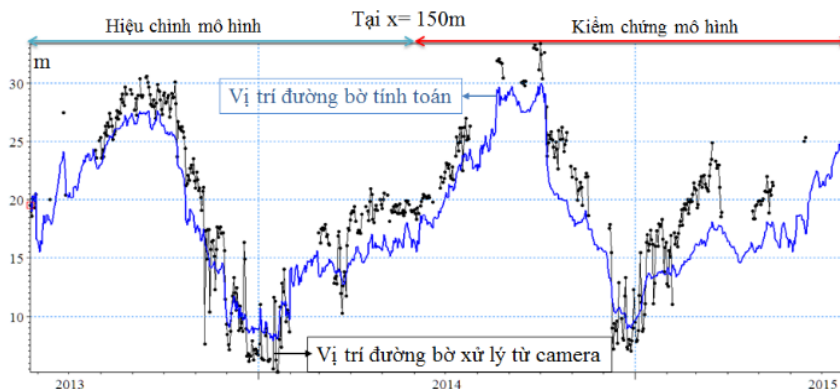
*đường bờ:* Trong nghiên cứu [2, 3], mô hình biến đổi đường bờ đã được hiệu chỉnh với số liệu phân tích từ ảnh camera cho khoảng thời gian từ tháng 1/5/2013 đến tháng 15/6/2014. Tiếp theo, trong nghiên cứu này, mô hình được kiểm chứng với số liệu từ tháng 6/2014 đến tháng 12/2015. Kết quả được thể hiện qua các hình dưới đây và được đánh giá thông qua chỉ số NMSE như trong bảng 1.



Hình 8. So sánh kết quả mô hình và vị trí đường bờ từ camera tại  $x = 250$  m



Hình 9. So sánh kết quả mô hình và vị trí đường bờ từ camera tại  $x = 200$  m

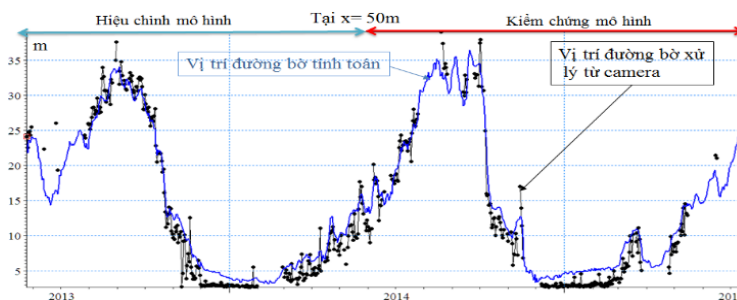


Hình 10. So sánh kết quả mô hình và vị trí đường bờ từ Camera tại  $x = 150$  m





Hình 11. So sánh kết quả mô hình và vị trí đường bờ từ camera tại  $x = 100\text{ m}$



Hình 12. So sánh kết quả mô hình và vị trí đường bờ từ camera tại  $x = 50\text{ m}$

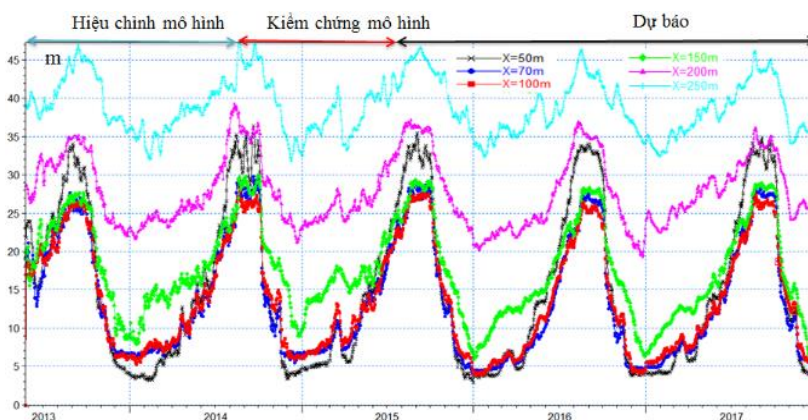
Bảng 1. Giá trị chỉ số NMSE tại các vị trí

Vị trí dọc bờ (m)	50	70	100	150	200	250
NMSE	0,47	0,44	0,35	0,36	0,35	0,32

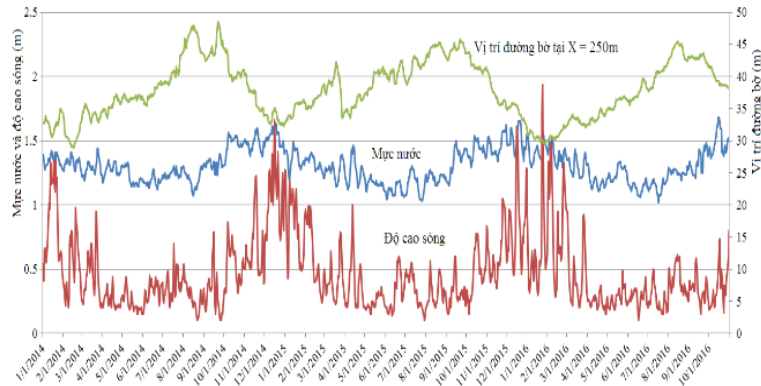
Các kết quả mô phỏng vị trí đường bờ tính toán và giải đoán từ ảnh camera đã có sự phù hợp khá tốt với chỉ số NMSE đạt giá trị tốt. Mô hình biến đổi đường bờ có thể dự báo diễn biến đường bờ dựa trên số liệu sóng mực nước.

### MÔ PHỎNG DIỄN BIẾN ĐƯỜNG BỜ

Mô hình sau khi hiệu chỉnh được áp dụng mô phỏng cho giai đoạn từ 1/1/2013 đến 31/12/2017 tại các mặt cắt tương ứng. Kết quả mô phỏng được trích xuất tại các vị trí dọc bờ như được trình bày trong hình 13.



Hình 13. Diễn biến đường bờ tại các vị trí dọc bờ



Hình 14. Diễn biến đường bờ, độ cao sóng và mực nước

Bảng 2. Độ rộng của bãi biển tại các vị trí

Vị trí dọc bờ (m)	50	70	100	150	200	250
Vị trí ngang bờ nhỏ nhất (m)	2,8	5,5	3,8	6,0	19,0	31,8
Vị trí ngang bờ lớn nhất (m)	36,4	30,3	27,6	30,0	39,1	47,3
Biến động độ rộng bãi biển (m)	33,6	24,8	23,6	24,0	20,1	5,5

Kết quả mô hình cho thấy diễn biến vị trí đường bờ có quan hệ mật thiết với sự hiện diện của các đợt gió mùa, các cơn bão và nước dâng. Nguyên nhân của mối quan hệ này là do sóng truyền từ ngoài khơi vào kết hợp với dao động của mực nước làm ảnh hưởng đến bãi biển Nha Trang [2]. Trong nghiên cứu này, kết quả mô hình được phân tích tương quan với tham số sóng và phân tích điều hòa để từ đó xác định tỷ trọng của các quy mô thời gian gắn liền với biến động bãi biển.

So sánh pha của các kỳ triều trong năm và diễn biến độ cao sóng cho thấy các thời kỳ mực nước cao trùng với thời kỳ độ cao sóng lớn hay các tháng mùa gió Đông Bắc. Trong các tháng mùa gió Đông Bắc, vị trí đường bờ tiến sâu vào phía lục địa và ngược lại, các tháng mùa gió Tây Nam, độ cao sóng nhỏ, mực nước thấp thì vị trí đường bờ tiến ra phía biển. Hình 14 cho thấy mối liên hệ giữa diễn biến của độ cao sóng, mực nước và vị trí đường bờ.

Tiến hành tính toán hệ số tương quan giữa độ cao sóng, mực nước và vị trí đường bờ (giá trị trung bình ngày) thu được:

Hệ số tương quan giữa mực nước và vị trí đường bờ: 0,35;

Hệ số tương quan giữa độ cao sóng và vị trí đường bờ: 0,55.

Xét riêng với các mùa thì hệ số tương quan thu được như sau:

Tương quan giữa độ cao sóng và vị trí đường bờ trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc: 0,66;

Tương quan giữa mực nước và vị trí đường bờ trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc: 0,03;

Tương quan giữa độ cao sóng và vị trí đường bờ trong thời kỳ gió mùa Tây Nam: 0,25;

Tương quan giữa mực nước và vị trí đường bờ trong thời kỳ gió mùa Tây Nam: 0,45.

Xét tổng thể thì tương quan giữa độ cao sóng với vị trí đường bờ lớn hơn so với tương quan của mực nước với vị trí đường bờ hay độ cao sóng có ý nghĩa lớn hơn so với mực nước trong diễn biến đường bờ.

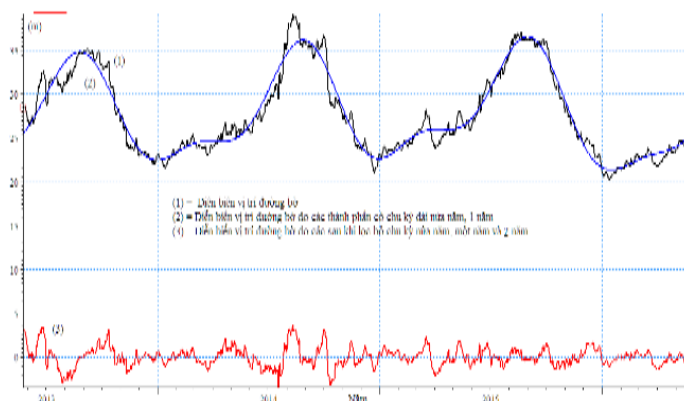
Trong mùa gió Đông Bắc, hệ số tương quan giữa độ cao sóng và vị trí đường bờ tăng lên ( $0,66 > 0,55$ ) và hệ số tương quan của mực nước so với vị trí đường bờ giảm xuống ( $0,03 < 0,35$ ). Như vậy, vai trò của sóng trong các tháng mùa gió Đông Bắc chiếm ưu thế hơn nhiều so với vai trò của mực nước đến quá trình diễn biến đường bờ. Trong mùa gió Tây Nam, độ cao sóng hầu như rất nhỏ (đa phần nhỏ hơn 0,5 m) thì vai trò của sóng lại rất nhỏ so với vai trò của mực nước đến quá trình diễn biến đường bờ.

## QUY MÔ THỜI GIAN CỦA CÁC QUÁ TRÌNH

Kết quả phân tích điều hòa cho thấy, biến đổi của vị trí đường bờ chủ yếu do 3 thành phần chính quyết định: Thành phần thứ nhất

ứng với số hiệu  $i = 1$ , có chu kỳ bằng 1.097 ngày (3 năm), biên độ bằng 0,81 m, pha ban đầu bằng 621 ngày, dao động này gây nên 1,5% phương sai chung của dao động trong 3 năm. Thành phần thứ 2 ứng với số hiệu  $i = 3$ , có chu kỳ 365 ngày, biên độ 6 m, pha ban đầu 86 ngày, góp 80,3% vào phương sai chung của dao động. Thành phần thứ 3 ứng

với số hiệu  $i = 6$ , có chu kỳ 182 ngày, biên độ 2,3 m, pha ban đầu 101 ngày, góp 12% vào phương sai chung của dao động. Còn lại là các thành phần có chu kỳ dao động biến thiên từ quy mô sự kiện đến quy mô tháng chiếm tỷ trọng 7,7% nhưng lại gây ra biến động vị trí đường bờ cục bộ và làm biến động bãi biển (hình 15).



Hình 15. So sánh diễn biến đường bờ sau khi lọc chu kỳ nửa năm, 1 năm và 3 năm



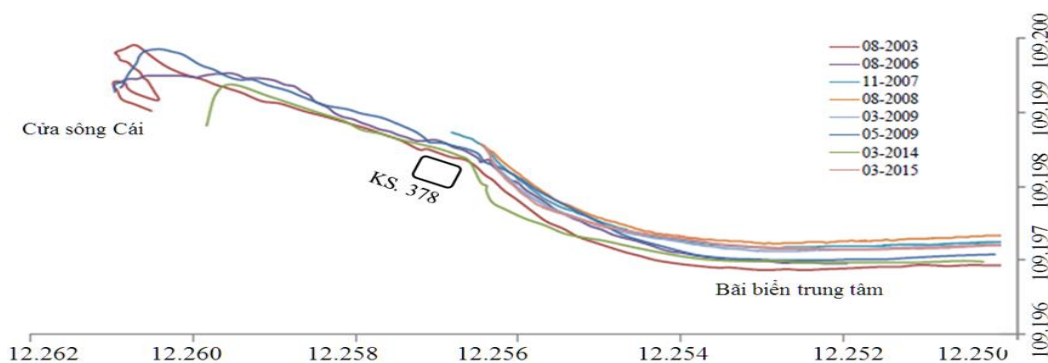
Hình 16. Diễn biến đường bờ theo các phương pháp tại vị trí 200 m

Tổng hợp hai thành phần thứ 3 và thứ 5 đồng góp 92,3% phương sai vào dao động năm. Kết hợp hai dao động này tạo nên biến trình điển hình của vị trí đường bờ gồm cực đại vào các thời điểm tháng 8 (trong mùa gió Tây Nam) và cực tiểu vào tháng 1 (trong mùa gió Đông Bắc) đặc trưng cho bãi biển Nha Trang. Kết hợp hai dao động này tạo nên biến trình điển hình gồm cực đại của vị trí đường bờ vào các thời điểm tháng 8 (trong mùa gió Tây Nam) và cực tiểu vào tháng 1 (trong mùa gió Đông Bắc) đặc trưng cho bãi biển Nha Trang.

Như vậy, qua việc phân tích đã xác định được các thành phần gây biến động vị trí đường bờ với chu kỳ, biên độ và pha khác nhau. Từ đó, việc dự báo được diễn biến đường bờ theo công thức (6).

Số liệu thực đo lưu lượng tại trạm thủy văn Đồng Trăng trên sông Cái cho thấy suất hiện lũ sớm vào khoảng tháng 6 đến 8 và lũ chính vụ vào khoảng tháng 9 đến tháng 12. So sánh quy mô thời gian này với kết quả mô hình, phân tích ảnh camera và phân tích điều hòa cho thấy có sự khớp về pha hay quá trình diễn biến bãi





Hình 18. Diễn biến vị trí đường bờ qua các năm

### CÁC NGUYÊN NHÂN GÂY BIẾN ĐỘNG BÃI BIỂN

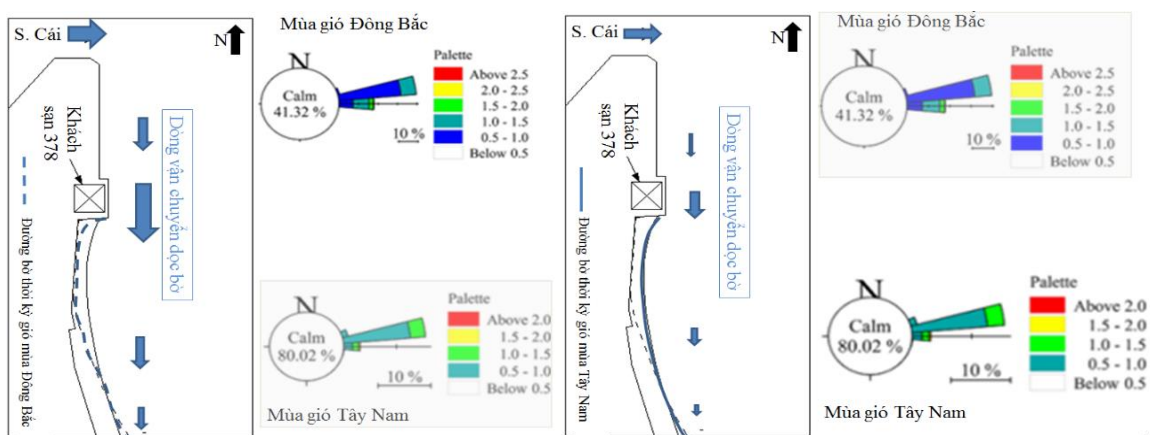
Kết quả tính toán mô hình mô phỏng về biến đổi vị trí đường bờ được phân tích thành các thành phần với các biên độ và chu kỳ khác nhau cho thấy:

Các thành phần quy mô ngắn hạn, sự kiện làm biến đổi bãi biển cục bộ và bãi biển được khôi phục lại sau mỗi sự kiện đó. Các thành phần có chu kỳ biến động theo mùa, gắn với quy mô của gió mùa Đông Bắc và Tây Nam hay đây là nguyên nhân của các tác động theo mùa. Các hệ số tương quan cho thấy vai trò của sóng là chủ đạo. Các thành phần chu kỳ dao động nửa năm và một năm trùng với chu kỳ lũ và lũ sớm hay chu kỳ cung cấp nguồn trầm tích của sông Cái.

Các kết quả phân tích ảnh vệ tinh cho thấy, quá trình xói bãi biển xuất hiện đồng thời với sự biến mất của roi cát cửa sông. Như vậy, nguyên nhân này có thể do sự thiếu hụt về nguồn trầm tích.

Kết quả tính toán dòng vận chuyển dọc bờ cho thấy bãi biển trung tâm thuộc bờ tây của vịnh có xu thế bồi nhưng thực tế bãi biển này đang xói. Do đó, có thể tồn tại quá trình vận chuyển trầm tích ngang bờ làm xói bãi biển hoặc thiếu hụt nguồn trầm tích từ cửa sông Cái.

Tổng hợp các nguyên nhân trên cho thấy, sự thiếu hụt nguồn trầm tích từ sông cái kết hợp với điều kiện sóng trong gió mùa Đông Bắc là nguyên nhân chính gây biến đổi bãi biển trung tâm thuộc bờ tây của vịnh Nha Trang.



Hình 19. Sơ đồ nguyên lý biến đổi bãi biển

### KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã lựa chọn và ứng dụng thành công bộ các mô hình lai ghép thống kê và số trị mô phỏng quy luật biến động các nhân tố

thủy động lực và hình thái bãi biển trung tâm thuộc bờ tây vịnh Nha Trang, đáp ứng nhu cầu mô phỏng quy mô từ ngắn hạn đến dài hạn (Quy mô công trình), tích hợp với mô hình

sóng, mô hình xử lý ảnh camera và các công cụ xử lý, phân tích kết quả. Những kết quả thu được góp phần bổ sung và tạo tiền đề cho những nghiên cứu mô phỏng biến đổi đường bờ và bãi biển ở nước ta để những nghiên cứu này ngày càng phát triển và hoàn thiện hơn trong tương lai. Các kết quả từ mô hình được phân tích và xử lý theo phương pháp phân tích điều hòa và phân tích tương quan đã xác định được quy mô thời gian của các quá trình chưa được làm rõ trong các nghiên cứu trước đây. Từ đó, xác định rõ quy mô và nguyên nhân của các quá trình làm biến động bãi biển.

**Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả xin cảm ơn ban chủ nhiệm đề tài cấp nhà nước KC.09.14/16–20 do GS.TS. Đinh Văn Ưu làm chủ nhiệm đã tạo điều kiện về kinh phí và sử dụng các số liệu, tài liệu và phân mềm liên quan đến thủy thạch động lực vùng bờ.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyen Trung Viet, 2014. Project of protocol “Study on hydrodynamic regime and sediment transport in estuarine and coastal zones of Nha Trang bay, Khanh Hoa province, 2013–2014”. (in Vietnamese).
- [2] Vu Cong Huu, Dinh Van Uu, Nguyen Kim Cuong, Le Xuan Hoan, Duong Cong Dien, Duong Hai Thuan, 2014. Toward a prediction and warning system of shoreline change due to water level and wave conditions. Vietnam association for fluid mechanics. ISBN: 1859-4182, pp. 287–295. (in Vietnamese).
- [3] Vu Cong Huu, Nguyen Kim Cuong, Dinh Van Uu, Nguyen Minh Huan, Nguyen Trung Viet, 2015. Characteristics of wave field and shoreline change in the Nha Trang bay. *VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology*, 31(3S), 179–185. (in Vietnamese).
- [4] Le Thanh Binh, 2017. Study on shoreline evolution and structural measures for beach protection in Nha Trang city. *Doctoral dissertation, Code No: 62-58-02-02, Thuyloi University, Hanoi.* (in Vietnamese).
- [5] Vu Cong Huu, Dinh Van Uu, 2016. Calculation of wave regime and longshore sediment transport in Nha Trang bay, Khanh Hoa province. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, 32(3S), 122–129. (in Vietnamese).
- [6] Miller, J. K., and Dean, R. G., 2004. A simple new shoreline change model. *Coastal Engineering*, 51(7), 531–556.
- [7] Miller, J. K., and Dean, R. G., 2005. A simple new shoreline evolution model. In *Coastal Engineering 2004: (In 4 Volumes)* (pp. 2009–2021).
- [8] Mase, H., 2001. Multi-directional random wave transformation model based on energy balance equation. *Coastal Engineering Journal*, 43(04), 317–337.
- [9] Mase, H., Oki, K., Hedges, T. S., and Li, H. J., 2005. Extended energy-balance-equation wave model for multidirectional random wave transformation. *Ocean Engineering*, 32(8–9), 961–985.
- [10] Chang, F. J., and Lai, H. C., 2014. Adaptive neuro-fuzzy inference system for the prediction of monthly shoreline changes in northeastern Taiwan. *Ocean engineering*, 84, 145–156.