

ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TỚI XÓI LỞ ĐƯỜNG BỜ BIỂN NGHỆ AN

Đoàn Quang Trí¹, Nguyễn Bá Thủy², Nguyễn Thị Thủy¹

Tóm tắt: Hiện tượng xói lở bờ biển gây nhiều thiệt hại về nhà cửa, công trình và ảnh hưởng đến đời sống của người dân ở khu vực ven biển. Đánh giá ảnh hưởng của xói lở đường bờ do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đối với khu vực đường bờ Nghệ An áp dụng kết hợp mô hình sóng STWAVE và mô hình biến đổi đường bờ GENESIS với các kịch bản biến đổi khí hậu năm 2030, 2050 và 2100. Đường bờ khu vực Nghệ An được phân thành 6 đoạn để áp dụng trong mô hình GENESIS. Kết quả mô phỏng và tính toán cho các kịch bản biến đổi khí hậu đường bờ của 6 khu vực đã chỉ ra rằng tốc độ biến động đường bờ giảm dần theo thời gian, sau năm 2030 có sự biến động rất lớn, sau đó tốc độ giảm dần tới kịch bản 2050 và 2100 năm. Một số nơi xảy ra xói lở mạnh tập trung chủ yếu ở các vùng đất nhô ra biển, các vùng cửa sông điển hình là 2 cửa sông: Cửa Lò và cửa Hội. Một số nơi được bồi, điển hình như khu vực xã Quỳnh Thọ - Sơn Hải, vùng ven bờ xã Quỳnh Hương. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra được xu thế xói lở đường bờ theo quy luật diễn biến tự nhiên, từ đó sẽ vạch ra cảnh báo nguy cơ tai biến xói lở đường bờ cho cư dân và chính quyền địa phương sớm đưa ra biện pháp khắc phục.

Từ khóa: Xói lở đường bờ Nghệ An, STWAVE, GENESIS, Biến đổi khí hậu.

Ban Biên tập nhận bài: 24/5/2018 Ngày phản biện xong: 12/7/2018 Ngày đăng bài: 25/8/2018

1. Đặt vấn đề

Có rất nhiều yếu tố cả về tự nhiên lẫn con người ảnh hưởng đến xói lở đường bờ. Những nhân tố khí hậu tác động đến xói lở đường bờ phải kể đến: nước biển dâng, nước dâng do bão, các đặc trưng cực trị của các yếu tố khí tượng thủy văn, các hiện tượng khí tượng thủy văn nguy hiểm đều có thể gây ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến xói lở đường bờ [1]. Địa hình đường bờ ven biển có thể bao gồm các bãi cát, bùn lầy được bảo vệ bởi đá cứng, rừng ngập mặn ven biển đã chỉ ra sự thay đổi khác nhau đối với quá trình xói lở và bồi tụ ven biển [2]. Tuy nhiên, các quá trình động lực học của các hoạt động ven bờ thường rất phức tạp gây ảnh hưởng trực tiếp và gián tiếp đến xói lở bùn cát và bồi tụ ven biển, vùng cửa sông. Bird (2008) [3] đã chỉ ra 21 yếu tố có thể ảnh hưởng đến sự thay đổi đường bờ ven biển, bao gồm ngập lụt, suy giảm nguồn cung cấp phù sa, tăng nguồn năng lượng sóng,

tăng cường độ và tần suất bão và sự suy giảm thủy triều. Trong số đó, quá trình thủy động lực học (sóng, thủy triều và dòng chảy) và khí động học (gió) là nhân tố tác động chính đến sự thay đổi của diễn biến đường bờ [3-5]. Ngoài ra, những thay đổi về sử dụng đất do con người gây ra cũng liên quan đến phát triển đường bờ ven biển và áp lực gia tăng dân số đang làm thay đổi các quá trình địa mạo, địa chất và thúc đẩy những thay đổi diễn biến đường bờ ven biển [6-9]. Xói lở bờ biển là một trong những hiện tượng trực quan và dễ dàng nhận thấy trên dải bờ biển. Hiện tượng xói lở bờ biển gây ra nhiều thiệt hại cho nhà cửa, công trình, đất đai canh tác, ảnh hưởng đến sản xuất nông nghiệp và sinh hoạt của nhân dân vùng ven biển. Mô hình hóa là một công cụ hiệu quả được ứng dụng để mô phỏng và dự tính sự thay đổi diễn biến đường bờ [10-13]. Nghiên cứu áp dụng mô hình STWAVE với đầu vào là trường gió tái phân tích trên khu vực biển

¹Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn, Hà Nội

²Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn quốc gia, Tổng cục Khí tượng Thủy văn, Hà Nội

Email: doanquangtrikttv@gmail.com

Nghệ An. Thực hiện đánh giá xói lở bờ biển do biến đổi khí hậu áp dụng mô hình số trị GENESIS để mô phỏng biến động đường bờ theo một số kịch bản biến đổi khí hậu năm 2030, 2050 và 2100.

2. Phương pháp nghiên cứu và thu thập tài liệu

2.1 Giới thiệu khu vực nghiên cứu

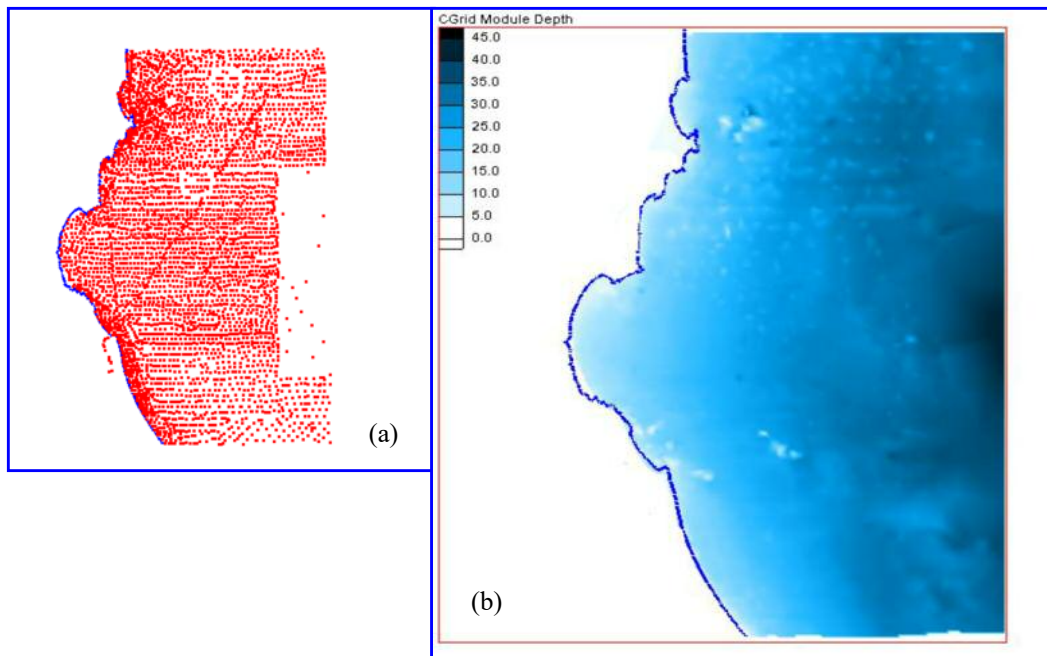
Nghệ An là một tỉnh thuộc vùng Bắc Trung Bộ, tỉnh Nghệ An nằm ở Đông Bắc dãy Trường Sơn, địa hình đa dạng, phức tạp và bị chia cắt bởi các hệ thống đồi núi, sông, suối, hướng nghiêng từ Tây Bắc xuống Đông Nam. Nghệ An có chiều dài bờ biển là 82 km, bắt đầu từ phía Bắc là xóm Đồng Minh xã Quỳnh Lập, huyện Quỳnh Lưu, kéo dài vào đến Cửa sông Cả tại Phường Nghi Hải, thị xã Cửa Lò (Hình 1). Hàng năm khi chưa có các rừng cây, tuyến đê bảo vệ vùng bờ biển Nghệ An bị xói lở bởi sóng biển do bão, thủy triều và nước dâng. Hàng năm trung bình bị xói lở vài mét, có những vùng xói sâu hơn như vùng bờ biển xã Quỳnh Long, Quỳnh Thuận huyện Quỳnh Lưu, hàng năm sóng biển

do bão, nước dâng đã làm khoét sâu vào vùng dân cư, mỗi năm khoảng 3 - 5m, làm cho một số nhà dân phải sơ tán vào trong. Nhân dân phải trồng cây sù vẹt và cây phi lao để ngăn sự xói lở, song xói lở cứ tiếp diễn. Nếu tính trên cả chiều dài vùng bờ biển, thì hàng năm đất bị xói lở khoảng 15 - 20ha đất; làm hàng chục nhà dân hư hỏng, phải di dời đi nơi khác. Đến nay, được sự đầu tư của Nhà nước, vùng ven biển Nghệ An đã được xây dựng nhiều tuyến đê, kè nhằm ngăn chặn sự xói lở của bờ biển. Tuy nhiên, hiện nay còn một số vùng bờ biển vẫn bị xói lở do chưa có công trình như vùng biển xã Quỳnh Lập huyện Quỳnh Lưu, xã Nghi Thiết huyện Nghi Lộc. Mặt khác, thời tiết, khí hậu phức tạp cũng tạo thêm xói lở các vùng bờ biển khác, làm hư hỏng các tuyến đê đã được xây dựng, nâng cấp.

2.2 Thu thập số liệu

a) Số liệu địa hình

Địa hình đáy biển khu vực Nghệ An được lấy từ bản đồ tỷ lệ 1/10.000 do cục xuất bản bản đồ cung cấp (Hình 2).



Hình 1. (a) Phân bố số liệu địa hình đáy biển khu vực Nghệ An; (b) Trường độ địa hình đáy biển khu vực Nghệ An

b) Số liệu đường bờ

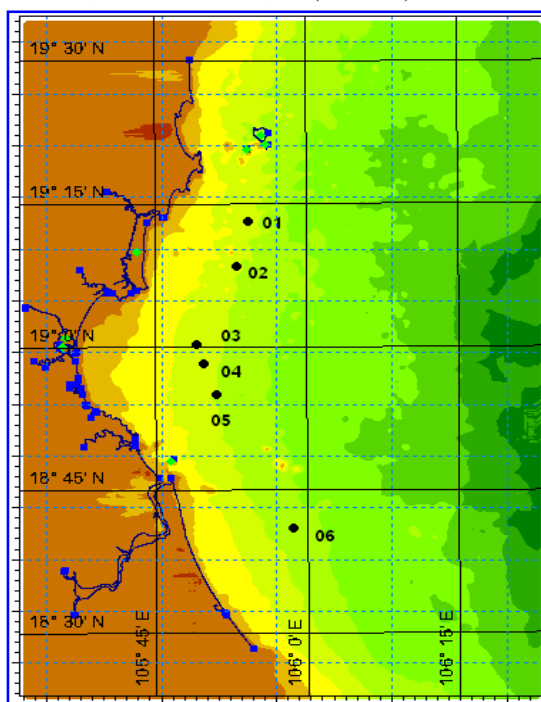
Trên cơ sở bản đồ số khu vực Nghệ An chúng

tôi đã trích xuất đường bờ khu vực Nghệ An phục vụ tính toán, đánh giá biến động đường bờ

bằng mô hình GENESIS (Hình 3).

c) Số liệu sóng

Số liệu sóng được tính toán từ mô hình sóng STWAVE với đầu vào là trường gió tái phân tích trên khu vực biển Nghệ An trong 3 năm, bước thời gian 3 giờ. Kết quả của mô hình STWAVE được trích xuất tại 6 điểm ngoài khơi tương ứng với 6 đoạn bờ đã xác định (Hình 2).



Hình 2. Đường bờ và vị trí các điểm trích xuất giá trị sóng khu vực Nghệ An

2.3 Ứng dụng mô hình tính toán xói lở đường bờ

Thực hiện đánh giá xói lở bờ biển do biến đổi khí hậu bằng áp dụng mô hình số trị GENESIS để mô phỏng biến động đường bờ theo một số kịch bản biến đổi khí hậu năm 2030, 2050 và 2100. Mô hình GENESIS là mô hình một chiều vì vậy việc áp dụng mô hình cho những đoạn bờ phức tạp cần nghiên cứu kỹ lưỡng để phân đoạn đường bờ tính toán cho đạt hiệu quả mô phỏng cao nhất. Đối với đường bờ biển thuộc khu vực tỉnh Nghệ An, đây là đoạn đường bờ phức tạp, có nhiều đoạn uốn khúc. Dựa vào đặc tính của đường bờ vùng biển này chúng tôi đã phân đoạn bờ biển Nghệ An thành 6 đoạn bờ biển để áp dụng trong mô hình GENESIS:

+ Đoạn 1: Đường bờ biển thuộc xã Quỳnh

Lập đến xã Quỳnh Hương;

+ Đoạn 2: Đường bờ biển thuộc xã Quỳnh Hương đến xã Quỳnh Nghĩa;

+ Đoạn 3: Đường bờ biển thuộc xã Quỳnh Nghĩa đến Quỳnh Thọ;

+ Đoạn 4: Đường bờ biển thuộc xã Quỳnh Thọ đến Diễn Trung;

+ Đoạn 5: Đường bờ biển thuộc Diễn Trung đến Cửa Lò;

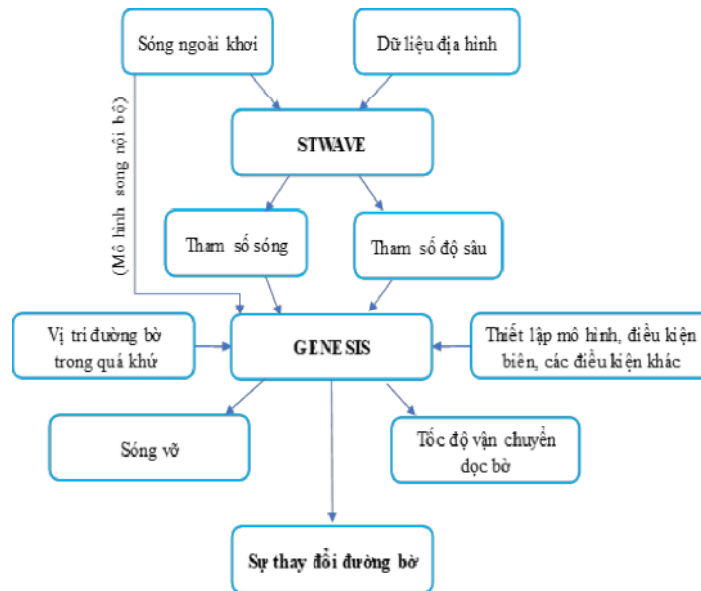
+ Đoạn 6: Đường bờ biển thuộc Cửa Lò đến Cửa Hội.

2.4 Giới thiệu về mô hình STWAVE

Việc áp dụng mô hình STWAVE là để xác định sự thay đổi trong các tham số sóng (chiều cao sóng, chu kỳ, hướng và phổ sóng) giữa vùng ngoài khơi (nơi mà trường sóng tương đối đồng nhất trên quy mô dặm) và vùng ven bờ (khu vực sóng bị ảnh hưởng mạnh mẽ bởi sự thay đổi của địa hình, độ sâu nước, và dòng chảy). Các tham số sóng ở gần bờ thay đổi đáng kể trên quy mô của hàng chục đến hàng trăm mét. Thông tin sóng vùng ven bờ rất cần thiết cho việc thiết kế của hầu hết các dự án kỹ thuật ven biển. Sóng tạo lên vận chuyển bùn cát và dòng chảy ven bờ gây ra sóng leo, kích thích các dao động riêng trong cảng, ảnh hưởng đến luồng lạch và tác động lên hình thái đường bờ. Hình dáng đường bờ và mặt cắt vuông góc với bờ đối với chiều cao và hướng sóng rất quan trọng trong các nghiên cứu về vận chuyển trầm tích và dòng ven bờ. Với công nghệ quan trắc trường hiện tại không thể cung cấp đầy đủ và chi tiết các tham số về trường sóng. STWAVE được xây dựng như là một mô hình ổn định. STWAVE chỉ tính đến khúc xạ nước nông tuyến tính, do đó không đại diện cho trường hợp sóng không đối xứng. Vì vậy làm giảm độ chính xác mô hình (chiều cao sóng thiên thấp) đối với những sóng lớn trong vùng nước nông. Sự tương tác sóng và dòng chảy mô hình dựa trên giả định là không thay đổi theo cột nước. Nếu gradient dòng chảy theo chiều thẳng đứng lớn xảy ra, thì hiệu ứng khúc xạ nước nông không được tính đến trong mô hình. Đối với hầu hết các ứng dụng, trường dòng chảy 3 chiều không được tính đến. STWAVE phiên bản 3.0

là mô hình phổ sóng ổn định. Những ứng dụng của STWAVE là cung cấp một số mô hình truyền sóng và sóng phát triển do gió vùng ven bờ một cách linh hoạt, dễ sử dụng và có tính ứng dụng cao. Phiên bản 3.0 được nâng cấp từ phiên bản 2.0 [14-15]. Hình 3 cho thấy vị trí của

STWAVE kết hợp với GENESIS, trong đó STWAVE cung cấp chiều cao và hướng sóng tại đường tham chiếu gần bờ, từ đó GENESIS sử dụng mô hình nội tại để tính truyền sóng đến đường sóng vỡ.



Hình 3. Biểu đồ kết hợp tính toán của mô hình GENESIS và STWAVE

2.5 Giới thiệu về mô hình GENESIS

Nghiên cứu tính toán và đánh giá xói lở bờ biển khu vực Nghệ An đã áp dụng mô hình số tính toán biến đổi đường bờ do tác động của các điều kiện khí hậu. Mô hình được áp dụng trong nghiên cứu này là mô hình GENESIS được tích hợp trong bộ phần mềm SMS. Từ các kết quả mô phỏng biến đổi đường bờ để đưa ra những đánh giá về xu thế biến động đường bờ trong một số kịch bản biến đổi khí hậu. GENESIS mô phỏng sự biến đổi đường bờ gây ra bởi biến thiên của lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ trong không gian và theo thời gian [16-17]. Mô hình cũng tính đến ảnh hưởng của nuôi dưỡng bãi và lượng bùn cát từ trong sông đổ ra. GENESIS không có khả năng mô phỏng vận chuyển bùn cát ngang bờ. Mô hình GENESIS có thể dự đoán vị trí của đường bờ biến đổi trong khoảng thời gian từ vài tháng đến vài năm; thích hợp nhất đối với những trường hợp có một xu hướng biến đổi đường bờ dài hạn và có quy luật, chẳng hạn sự thoái lui đường bờ phía khuất của một đập mở hàn hoặc

sự phát triển của đường bờ phía sau một đập phá sóng. Mô hình không thể mô phỏng được các biến động ngẫu nhiên của đường bờ mà không có xu thế rõ rệt, chẳng hạn biến đổi của dòng ven bờ do điều kiện sóng khác nhau, hoặc biến đổi của bờ biển tại lạch triều, biến đổi dòng chảy gây ra do gió, hoặc vận chuyển bùn cát ngang bờ trong các trận bão. Mô hình biến đổi đường bờ GENESIS, tổng quát hoá từ mô hình giải tích, nhưng xét tới nhiều yếu tố phức tạp hơn như công trình, sóng, các điều kiện biên điều kiện ban đầu... Ngoài ra, các nguồn bổ sung bùn cát như nuôi bãi, bổ sung bùn cát từ cửa sông, hoặc các hoạt động khai thác cát đều được xét đến.

Phương trình cơ bản của biến đổi đường bờ: Chọn hệ toạ độ Đề-các với trục x hướng song song với đường bờ và trục y hướng vuông góc với bờ ra ngoài khơi. Xét đoạn đường gần bờ Δx , trong khoảng thời gian Δt dịch chuyển một đoạn Δy . Nếu phạm vi thay đổi từ mặt cắt là từ thềm bãi (cao độ D_b) xuống tới độ sâu giới hạn vận chuyển bùn cát (D_c) thì thay đổi thể tích bùn cát

trong thời gian Δt là:

$$\Delta V = \Delta x \Delta y (D_b + D_c) \quad (1)$$

Trong đó chênh lệch vận chuyển bùn cát (Q) theo hướng dọc bờ (x), đã dẫn đến sự thay đổi thể tích bùn cát là:

$$\Delta Q \Delta t = \left(\frac{\partial Q}{\partial x} \right) \Delta x \Delta t \quad (2)$$

Từ cân bằng vận chuyển bùn cát có xét thêm lượng bổ sung bùn cát theo phương ngang bờ và chuyển ta được phương trình vi phân:

$$\frac{\Delta y}{\Delta t} + \frac{1}{D_b + D_c} \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - q \right) = 0 \quad (3)$$

Để giải phương trình (3) cần có vị trí đường bờ ban đầu, hai điều kiện biên cho hai đầu đường bờ, cũng như các giá trị Q , q , D_b và D_c .

Công thức tính lưu lượng vận chuyển cát dọc bờ là:

$$Q = (H^2 C_g)_b \left(a_1 \sin 2\theta_{bs} - a_2 \cos \theta_{bs} \frac{\partial H}{\partial x} \right)_b \quad (4)$$

Trong đó H là chiều cao sóng; C_g là vận tốc nhóm sóng trong lý thuyết sóng tuyến tính; b là chỉ số biểu thị điều kiện tính ở đường sóng vỡ; là góc sóng vỡ tạo với đường bờ.

Các hệ số không thứ nguyên a_1 và a_2 được cho bởi công thức:

$$a_1 = \frac{K_2}{16 \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) (1-n) \tan \beta (1,416)^{7/2}} \quad (5)$$

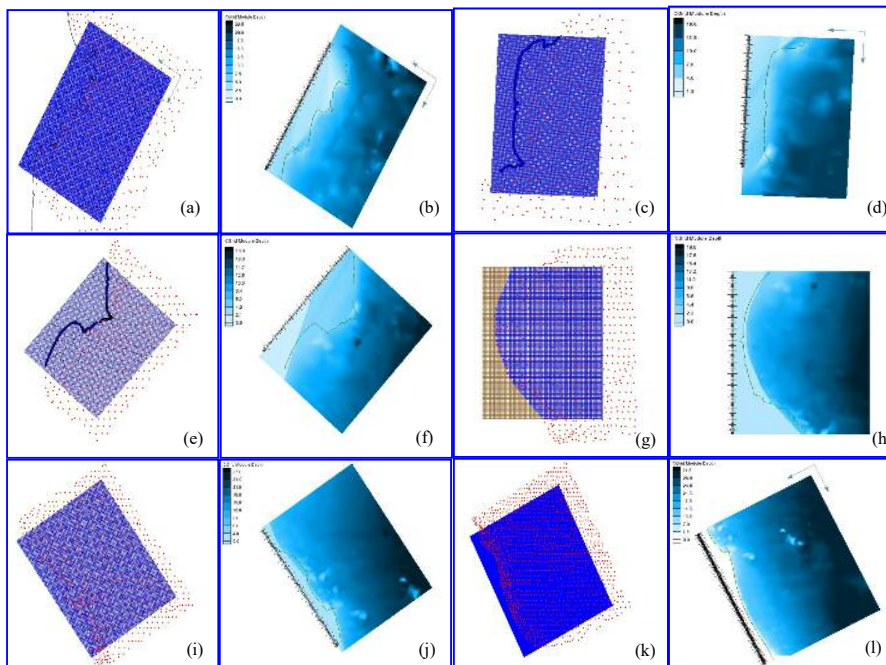
$$a_2 = \frac{K_2}{16 \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) (1-n) \tan \beta (1,416)^{7/2}}$$

Trong đó K_1 , K_2 là các hệ số kinh nghiệm đóng vai trò thông số của mô hình; là khối lượng riêng của cát (2650 kg/m^3 đối với cát quartz); là khối lượng riêng của nước (1030 kg/m^3 đối với nước biển); n là độ rỗng của lớp cát đáy (lấy = 0,4); là độ dốc trung bình của đáy biển lấy phạm vi từ đường bờ xuống đến độ sâu giới hạn vận chuyển bùn cát; hệ số 1,416 là để quy đổi chiều cao sóng ý nghĩa được nhập vào GENESIS, sang chiều cao sóng căn quân phương.

3. Kết quả và thảo luận

3.1 Xây dựng lưới tính

Trường sóng được mô phỏng bằng mô hình STWAVE, GENESIS được tính toán trên lưới phân tử hữu hạn. Lưới tính với độ phân giải cao nhất khu vực ven bờ biển Nghệ An với khoảng cách nút lưới khoảng 50 m và thưa dần khi ra ngoài khơi (Hình 4).



Hình 4. Lưới tính và trường độ sâu khu vực Nghệ An áp dụng trong mô hình STWAVE, GENESIS: (a, b) khu vực biển xã Quỳnh Lập đến xã Quỳnh Hương; (c, d) khu vực biển xã Quỳnh Hương đến xã Quỳnh Nghĩa; (e, f) khu vực biển Quỳnh Nghĩa đến Quỳnh Thọ; (g, h) khu vực biển Quỳnh Thọ đến Diễn Trung; (i, j) khu vực biển Diễn Trung đến Cửa Lò; (k, l) khu vực biển Cửa Lò đến Cửa Hội

3.2 Kịch bản biến đổi khí hậu được mô phỏng trong mô hình sóng STWAVE

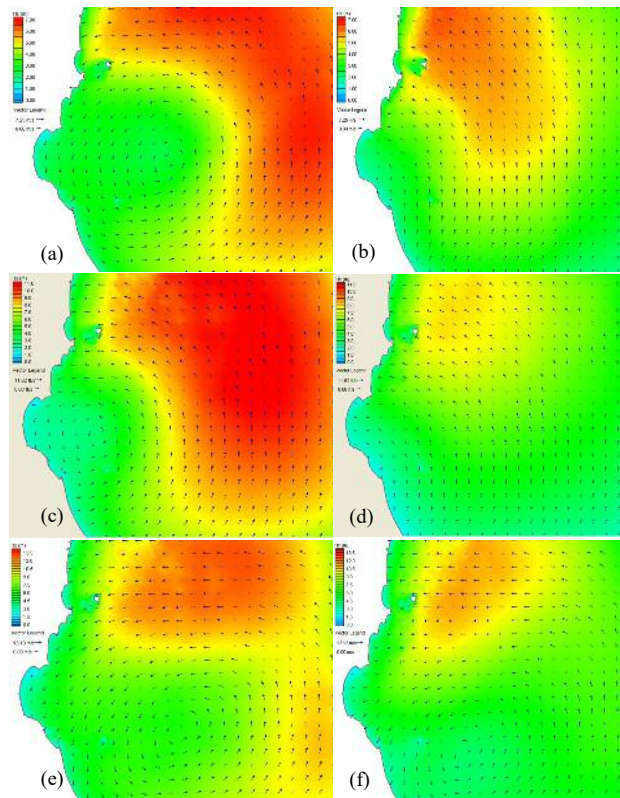
- Trường sóng theo kịch bản biến đổi khí hậu năm 2030, 2050 và 2100

Điều kiện biên bề mặt là trường gió được mô phỏng theo kịch bản biến đổi khí hậu năm 2030. Điều kiện mực nước được lấy từ mực nước dâng do biến đổi khí hậu năm 2030 trong kịch bản RCP8.5 khoảng 13 cm [18] (Hình 5a-5b).

Điều kiện biên bề mặt là trường gió được mô phỏng theo kịch bản biến đổi khí hậu năm 2050.

Điều kiện mực nước được lấy từ mực nước dâng do biến đổi khí hậu năm 2050 trong kịch bản RCP8.5, mực nước biển dâng khoảng 26 cm [18] (Hình 5c-5d).

Điều kiện biên bề mặt là trường gió được mô phỏng theo kịch bản biến đổi khí hậu năm 2100. Điều kiện mực nước được lấy từ mực nước dâng do biến đổi khí hậu năm 2100 trong kịch bản RCP8.5, mực nước biển dâng khoảng 77 cm [18] (Hình 5e-5f).



Hình 5. Trường sóng trong kịch bản biến đổi khí hậu thời điểm trước khi bão đổ bộ vào Nghệ An; Trường sóng trong kịch bản biến đổi khí hậu thời điểm khi bão đổ bộ vào Nghệ An: (a, b) 2030; (c, d) 2050; (e, f) 2100.

3.3 Kết quả tính toán, đánh giá xói lở bờ biển khu vực biển Nghệ An

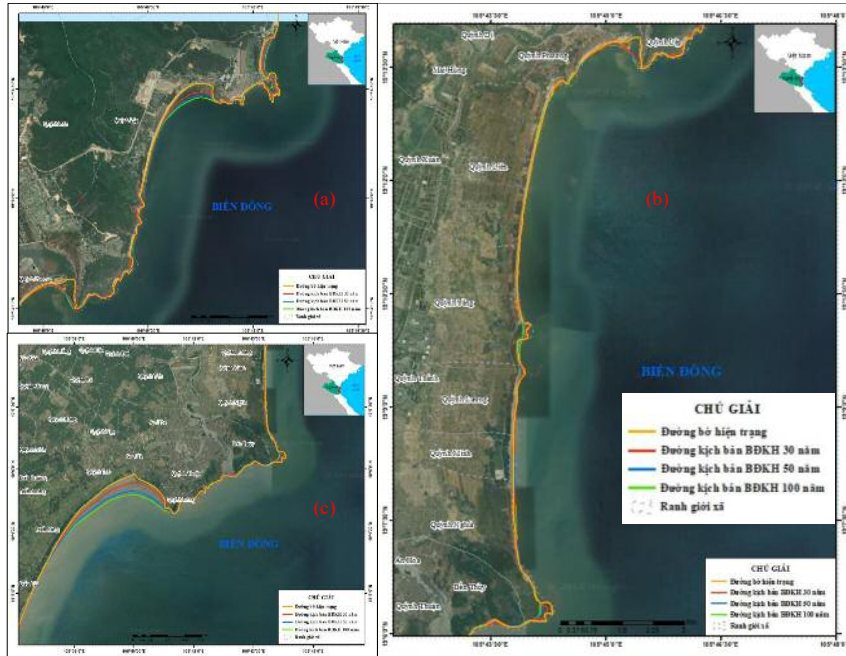
Kết quả tính toán, đánh giá xói lở bờ biển khu vực Nghệ An đoạn bờ biển 01 đến 06 (thuộc xã Quỳnh Lập đến Cửa Hội) được thiết lập như sau:

- Số liệu sóng đầu vào cho mô hình SWTAVE là số liệu sóng được trích xuất từ điểm 01 đến điểm 06 (ngoài khơi khu vực bờ biển xã Quỳnh Lập đến Cửa Hội) được mô

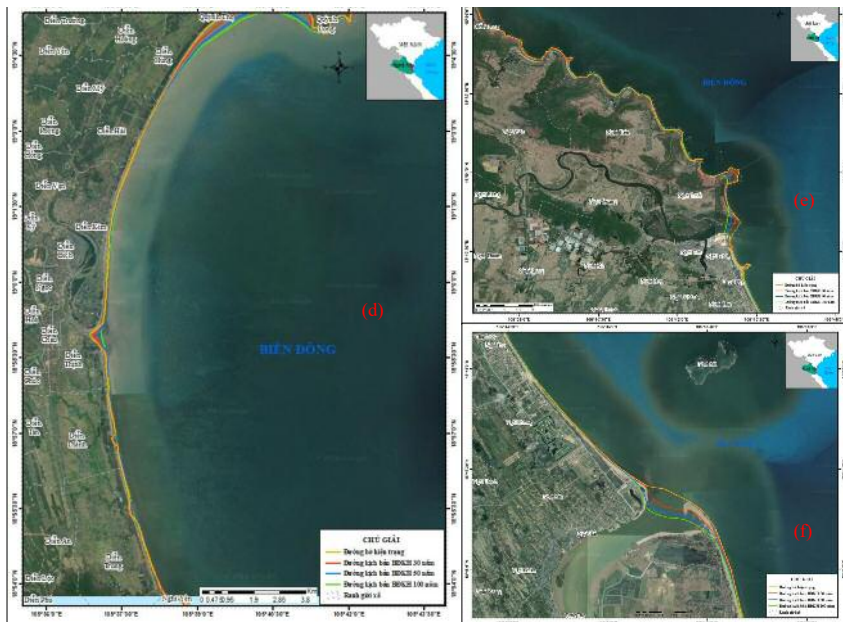
phỏng theo kịch bản biến đổi khí hậu sau năm 2030, 2050 và 2100.

- Điều kiện mực nước được lấy từ mực nước dâng do biến đổi khí hậu năm 2030, 2050 và 2100 trong kịch bản RCP8.5.

- Kết quả tính toán biến động đường bờ theo kịch bản biến đổi khí hậu bờ biển xã Quỳnh Lập đến Cửa Hội được thể hiện trên hình 6a đến hình 6f.



Hình 6. Kết quả mô phỏng biến động đường bờ hiện trạng và các kịch bản biến đổi khí hậu bờ biển xã: (a) Quỳnh Lập đến Xã Quỳnh Hương; (b) Quỳnh Hương đến xã Quỳnh Nghĩa; (c) Quỳnh Nghĩa đến Quỳnh Thọ.



Hình 6. Kết quả mô phỏng biến động đường bờ hiện trạng và các kịch bản biến đổi khí hậu bờ biển xã: (d) Quỳnh Thọ đến Diễn Trung; (e) Diễn Trung đến Cửa Lò; (f) Cửa Lò đến Cửa Hội.

Kết quả mô phỏng và tính toán cho các kịch bản biến đổi khí hậu biến động đường bờ của 6 khu vực chỉ ra rằng đường bờ khu vực Nghệ An bị biến đổi mạnh với điều kiện tự nhiên theo các kịch bản biến đổi khí hậu sau 2030, 2050 và 2100 năm. Tốc độ biến động đường bờ giảm dần theo thời gian, với thời gian sau 2030 sự biến động rất lớn, sau đó tốc độ giảm dần tới kịch bản

2050 và 2100 năm. Một số nơi xảy ra xói lở mạnh tập trung chủ yếu ở các vùng đất nhô ra biển, các vùng cửa sông điển hình là 2 cửa sông: Cửa Lò và cửa Hội. Bên cạnh đó một số nơi được bồi tụ hình thành bãi ven biển điển hình như khu vực: xã Quỳnh Thọ - Sơn Hải, vùng ven bờ xã Quỳnh Hương.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, biến động đường bờ do biến đổi khí hậu tại ven biển Nghệ An trong các giai đoạn 2030, 2050 và 2100 được mô phỏng bằng mô hình số trị 1 chiều GENESIS. Mô hình STWAVE với độ phân giải gần bờ 50m được áp dụng để tính các tham số sóng đầu vào cho mô hình GENESIS như độ cao, chu kỳ, hướng và phổ sóng. Trong đó, trường sóng được mô phỏng theo trường gió bề mặt ứng với kịch bản biến đổi khí hậu phát thải cao. Điều kiện mực nước biển dâng lấy theo kịch bản phát thải cao từ “Kịch bản về biến đổi khí hậu và nước biển dâng” đã được Bộ Tài nguyên và Môi

trường công bố năm 2016. Biến động đường bờ được phân tách theo 6 đoạn đường bờ. Kết quả cho thấy đường bờ khu vực biển Nghệ An bị biến đổi mạnh do tác động của biến đổi khí hậu. Khoảng thời gian sau năm 2030 sự biến động rất lớn, sau đó tốc độ giảm dần tới năm 2050 và 2100 năm. Các khu vực xói lở mạnh tập trung chủ yếu ở các vùng đất nhô ra biển, các vùng cửa sông như Cửa Lò và Cửa Hội. Bên cạnh đó, cũng có một số đoạn bờ có xu thế bồi như xã Quỳnh Thọ - Sơn Hải, vùng ven bờ xã Quỳnh Hương. Kết quả nghiên cứu là cơ sở để quy hoạch và xây dựng phương án ứng phó trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 105.06-2017.07. Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn.

Tài liệu tham khảo

1. West Africa Coastal Areas (WACA) (2016), *The effects of climate change on coastal erosion in West Africa*. World Bank Group, Knowledge sheet 6. www.worldbank.org/waca
2. Yin, J., Yin, Z., Wang, J., Xu, S. (2012), *National assessment of coastal vulnerability to sea-level rise for the Chinese coast*. J. Coast. Conserv. 16, 123-133.
3. Bird, E. (2008). *Coastal geomorphology: an introduction*. Wiley, New York.
4. Masselink G, Hughes MG (2003), *Introduction to coastal processes and geomorphology*. Oxford University Press, Oxford.
5. Doan, Q.T., Chen, Y.C., and Mishra, P.K. (2015). *Numerical Simulation of Typhoon Waves Propagation: Case Study of Tat Estuary, Vietnam*. *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, 08 (01), 164-171.
6. Thampanya, U., Vermaat, J., Sinsakul, S., Panapitukkul, P. (2006). *Coastal erosion and mangrove propagation of Southern Thailand*. *Estuar Coast Shelf Sci* 68, 75-85.
7. Olaniyi, A.O, Abdullah, A.M, Ramli, M.F., Alias, M.S. (2012). *Assessment of drivers of coastal land-use change in Malaysia*. *Ocean Coast. Manag.* 67, 113-123.
8. Valiela, I., Bowen, J.L., York, J.K. (2001). *Mangrove forests: one of the world's threatened major tropical environments*. *Bioscience* 51, 807-815.
9. Giri, C., Zhu, Z., Tieszen, L.L., Singh, A., Gillette, S., Kelmelis, J.A. (2008). *Mangrove forest distributions and dynamics (1975-2005) of the tsunami-affected region of Asia*. *J Biogeogr* 35, 519-528.
10. Delft (1993). *UNIBEST user's manual. Version 4.0*. Delft Hydraulics Laboratory, The Netherlands.
11. Vriend, H.J. (1987). *2DH mathematical modelling of morphological evolutions in shallow water*. *Coast. Eng.* 11, 1-27.
12. Doan, Q.T., Chen, Y.C., Quach, T.T.T., Mishra, P.K. (2013). *Numerical modeling in shore line evolution prediction: Case study of Tat dike, Vietnam*. *International of Earth Sciences and Engineering*, 06, 05(01), 1251-1259.

13. Tran H.T., Doan Q.T. (2019), *Application of Numerical Modeling for the Dyke Erosion in Trieu Do Commune on Thach Han River Basin in Vietnam*. In: Randolph M., Doan D., Tang A., Bui M., Dinh V. (Eds) Proceedings of the 1st Vietnam Symposium on Advances in Offshore Engineering. VSOE 2018. Lecture Notes in Civil Engineering, 18. Springer, Singapore.

14. Smith, J.K., Resio, D.T., Zundel, W.A.K. (1999). *STWAVE: Steady-state spectral wave model. Report 1 User's manual for STWAVE version 2.0*.

15. Smith, J.M., Sherlock, A.R., and Resio, D.T. (2001), *STWAVE: Steady-State Spectral Wave Model, user's guide for STWAVE Version 3.0, ERDC/CHL SR-01-01*, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.

<http://chl.wes.army.mil/research/wave/wavesprg/numeric/wtransformation/download/erdc-chl-sr-01-11.pdf>.

16. Hanson, H. (1987), *GENESIS-A Generalized Shoreline Change Numerical Model for Engineering Use. PhD Thesis, Dept. of Water Resources Engineering, University of Lund, Sweden*.

17. Hanson, H. (1989). Genesis: A generalized shoreline change numerical model. *Journal of Coastal Research*, 5 (01), 1-27.

18. *Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng năm 2016* (2016). Bộ Tài nguyên và Môi trường.

ASSESSING CLIMATE CHANGE IMPACTS ON COASTAL EROSION IN THE COASTAL AREAS OF NGHE AN PROVINCE

Doan Quang Tri¹, Nguyen Ba Thuy², Nguyen Thi Thuy¹

¹Viet Nam Journal of Hydro-meteorology, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration, Ha Noi, Viet Nam

²National Center for Hydro-meteorological Forecasting, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration, Ha Noi, Viet Nam

Abstract: Coastal erosion causes a great deal of damage to houses, structures and affects the lives of people living in coastal areas. The impact of coastal erosion in the context of climate change in the coastal area of Nghe An Province was assessed by using the combination of STWAVE and GEESES models with five climate change scenarios in 2030, 2050 and 2100. The coastline of Nghe An was divided into six sections by implementing the GENESIS model. The simulation and calculation results for six sections corresponding to climate change scenarios have shown that the variability in the rate of coastal change decreased over time. There is likely to have a considerable change after 2030, followed by gradually decrease in 2050 and 2100 respectively. Some sections mainly affected by coastal erosion were close to the sea, especially in Cua Lo and Hoi estuaries. However, several sections were built up, such as Quynh Tho - Son Hai Commune, the coastal area of Quynh Huong Commune. The results showed the trend of coastal erosion in accordance with the natural law so as to outline the risk of coastal erosion for residents and local authorities to put forward mitigation measures.

Keywords: Coastal erosion, Nghe An province, STWAVE, GENESIS, climate change.