

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MIKE 21 MÔ PHỎNG TRƯỜNG SÓNG VÀ NƯỚC DÂNG BÃO KHU VỰC BIỂN QUẢNG NAM

Vũ Văn Lân, Lương Hữu Phú, Phạm Thị Hương Quý
Trường Đại học Tài Nguyên và Môi Trường Hà Nội

Tóm tắt

Quảng Nam là một tỉnh ven biển miền Trung Việt Nam, hàng năm chịu tác động thường xuyên của các thiên tai như bão, nước dâng và là nguyên nhân của việc gia tăng hiện trạng xói lở bờ biển tại khu vực Cửa Đại - Quảng Nam. Để phục vụ cho việc đánh giá ảnh hưởng của nước dâng và sóng trong bão đến quá trình xói lở bờ biển. Mô hình MIKE 21FM được sử dụng để mô phỏng tác động của trận bão Nari từ 09/10/2013 đến 15/10/2013 và các kịch bản bão khác nhau đến các chế độ thủy động lực tại khu vực bờ biển Quảng Nam. Kết quả mô phỏng cho thấy trường mực nước dâng do bão lớn nhất đạt giá trị 3.1 m tại khu vực vịnh Dung Quất, Cửa Đại và chiều cao sóng trong bão lớn nhất xảy ra tại khu vực bờ đông của đảo Cù Lao Chàm và Cảng Dung Quất với giá trị 2.5 m.

Từ khóa: MIKE 21; Trường sóng trong bão; Nước dâng bão.

Abstract

Application of MIKE 21 model in simulation of waves and storm surge in Quang Nam area

Quang Nam is a coastal province in central Vietnam, which is annually affected by natural disasters such as storm, storm surge resulting in coastal erosion phenomenon in Cua Dai - Quang Nam. To evaluate the effect of wave and storm surge on coastal erosion process, MIKE 21FM is used to simulate and assess the impact of typhoon Nari occurring in Quang Nam coast from 9 to 15 October, 2013 and various storm scenarios to hydrodynamic regimes. The simulation results show that the highest storm surge field is 3.1 meter in Dung Quat gulf and Cua Dai; the highest wave height is 2.5 meter in the East of Cu Lao Cham island and Dung Quat gulf.

Keywords: MIKE 21; Wave field; Storm surge.

1. Đặt vấn đề

Quảng Nam là tỉnh ven biển ở khu vực Duyên hải Nam Trung Bộ Việt Nam có bờ biển chạy dài trên 125 km. Đây là khu vực có nhiều tiềm năng phát triển về du lịch cũng như phát triển các công trình cảng như khu vực Hội An và Cảng Dung Quất. Trong những năm gần đây, khu vực bờ biển phía bắc Hội An bị xói lở trầm trọng và đe dọa đến khu bảo tồn di sản phố cổ Hội An. Hiện tượng này do nhiều nguyên nhân gây ra trong đó bao gồm yếu tố do thiên tai như bão, nước

biển dâng. Vì vậy việc nghiên cứu chế độ thủy động lực trong điều kiện thời tiết cực đoan là rất cần thiết, nó phục vụ cho việc tính ổn định đường bờ biển, chống xói lở và phát triển kinh tế xã hội vùng bờ. Trong nghiên cứu này, mô hình MIKE 21FM được sử dụng để mô phỏng trường mực nước và trường sóng trong bão nhằm đánh giá sự tác động của chế độ thủy động lực đến quá trình xói lở bờ biển.

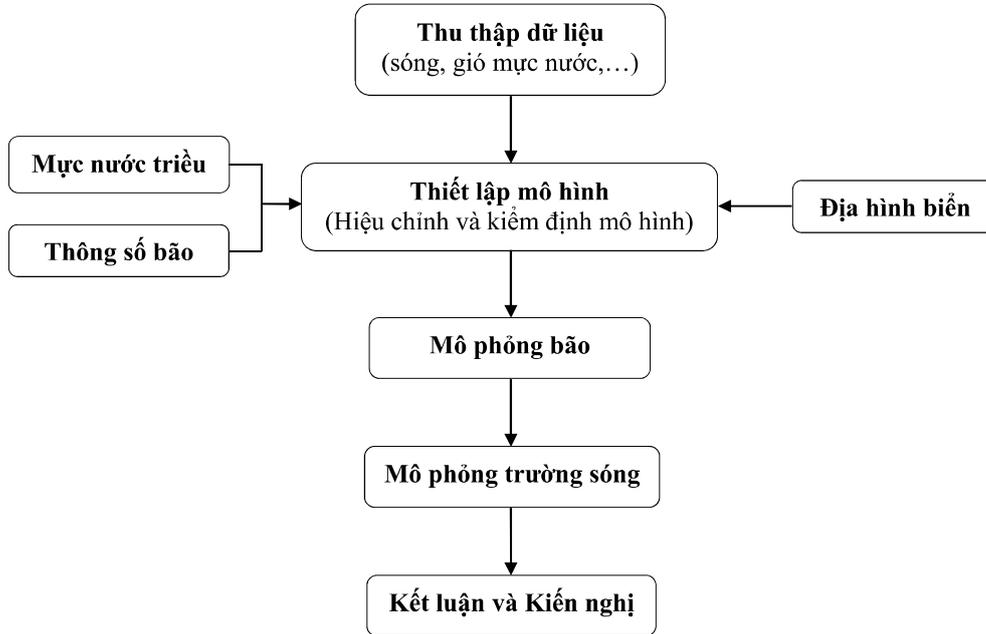
2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng mô hình MIKE 21, mô phỏng trường sóng và mực nước

Nghiên cứu

dâng do bão vực ven biển tỉnh Quảng Nam với việc tích hợp các trận bão đã xảy ra và các trận bão theo kịch bản qua đó đã xác định được mực nước dâng tổng cộng

và chiều cao sóng lớn nhất tại khu vực nghiên cứu tương ứng với các kịch bản bão khác nhau. Cách tiếp cận nghiên cứu được thể hiện trong sơ đồ khối hình 1.



Hình 1: Sơ đồ tiếp cận phương pháp nghiên cứu

3. Xây dựng mô hình

3.1. Cơ sở lý thuyết mô hình MIKE 21FM

MIKE 21FM, do DHI Water & Environment phát triển, là hệ thống mô hình mới cơ bản trong cách tiếp cận mắt lưới linh hoạt. Hệ thống mô hình được phát triển cho việc ứng dụng nghiên cứu hải dương học, môi trường vùng cửa sông ven biển. Mô hình MIKE 21FM bao gồm các module sau: Module thủy động lực học; Module vận chuyển tính toán vận chuyển bùn cát; Module sinh thái; Module giám sát chất điểm.

Modul thủy lực cơ bản trong phương pháp số của các phương trình nước nông 2 chiều - độ sâu - phương trình kết hợp Navier - Stoke lấy trung bình hệ số Renold không nén. Nó bao gồm các phương trình liên tục, phương trình động lượng, nhiệt độ, độ mặn và phương trình mật độ. Theo chiều nằm ngang cả hệ tọa độ Đề các và hệ tọa độ cầu đều được sử dụng.

Phương trình liên tục (bảo toàn khối lượng):

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0 \tag{1}$$

Phương trình bảo toàn động lượng theo phương X:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{(p^2+q^2)}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho\omega} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega q - fVV_x + \frac{h}{\rho\omega} \frac{\partial}{\partial x} (P_a) = 0 \tag{2}$$

Phương trình bảo toàn động lượng theo phương Y:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gp\sqrt{(p^2+q^2)}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho\omega} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega p - fVV_y + \frac{h}{\rho\omega} \frac{\partial}{\partial y} (P_a) = 0 \tag{3}$$

Các ký hiệu sử dụng trong công thức:

$h(x,y,t)$: Chiều sâu nước (m)

$\zeta(x,y,t)$: Cao độ mặt nước (m)

$p, q(x,y,t)$: Lưu lượng đơn vị dòng theo các hướng X, Y ($m^3/s/m$)= u_h, v_h

u, v : lưu tốc trung bình chiều sâu theo các hướng X, Y

$C(x,y)$: Hệ số Chezy ($m^{1/2}/s$).

g : Gia tốc trọng trường (m/s^2)

$f(V)$: Hệ số nhám do gió

$V; V_x; V_y(x,y,t)$: Tốc độ gió và các tốc độ gió thành phần theo các hướng X, Y

$\Omega(p,q)$: Thông số Coriolis phụ thuộc vào vĩ độ (s^{-1})

p_a : Áp suất khí quyển ($kg/m^2/s$)

ρ_w : Khối lượng riêng của nước (kg/m^3)

x, y : Tọa độ không gian (m)

t : Thời gian (s)

$\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$: Các thành phần của ứng suất tiếp hiệu dụng.

3.2. Nguồn tài liệu phục vụ nghiên cứu

Số liệu địa hình: Số liệu địa hình khu vực nghiên cứu bão gồm 02 tỷ lệ khác

nau vùng ven bờ có tỷ lệ là 1:5000 và vùng ngoài khơi có tỷ lệ là 1:10000 do đề tài “*Lượng giá kinh tế do xói lở, bồi tụ tại khu vực ven biển nhằm phục vụ công tác quản, nghiên cứu thí điểm tại Cửa Đại và cửa Ninh Cơ*”, mã số TNMT 2015.04.10/10 - 15 cung cấp.

Số liệu mực nước: Để phục vụ hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy động lực, trong nghiên cứu sử dụng bộ số liệu mực nước thực đo tại trạm Sơn Trà - Đà Nẵng.

Số liệu sóng: Để đánh giá trường sóng trong bão nghiên cứu đã sử dụng giá trị sóng từ mô hình WAVEWATCH II cho điểm có tọa độ 108°41' E và 15°25' N cho thời gian từ 09/10/2013 đến 16/10/2013.

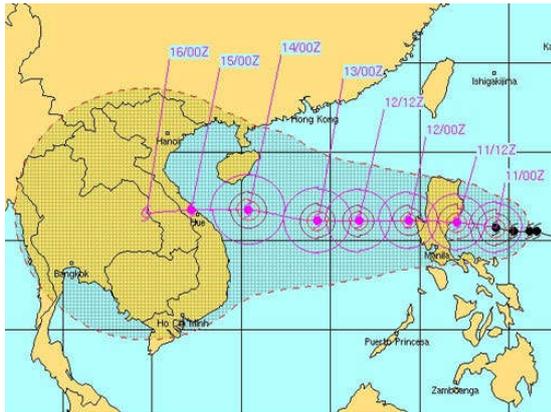
Số liệu bão khu vực nghiên cứu: Thông số bão di chuyển vùng nghiên cứu được thu thập từ website <http://weather.unisys.com/hurricane/> và <http://www.jma.go.jp/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/besttrack.html> của tổ chức khí tượng toàn cầu và cơ quan khí tượng Nhật Bản. Các thông số bão Nari được thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Các tham số của cơn bão Nari

Time	Long (độ)	Lat (độ)	R (km)	V (m/s)	Pc (hPa)	Pn (hPa)
9/10/2013 12:00	128.8	14.5	35	40	998	1030
9/10/2013 18:00	128.4	14.7	35	45	994	1030
10/10/2013 0:00	127.8	15.1	35	50	992	1030
10/10/2013 6:00	126.5	15.2	35	60	990	1030
10/10/2013 12:00	126	15.9	35	65	980	1030
10/10/2013 18:00	125.3	15.5	35	70	975	1030
11/10/2013 12:00	124.3	15.7	35	70	970	1030
11/10/2013 6:00	123.5	15.4	35	70	970	1030
11/10/2013 12:00	122.5	15.3	35	65	970	1030
11/10/2013 18:00	120.7	15.2	35	65	975	1030
12/10/2013 0:00	118.6	15.4	35	70	975	1030
12/10/2013 6:00	118	15.3	35	70	970	1030
12/10/2013 12:00	116.9	15.2	35	75	970	1030
12/10/2013 18:00	115.6	15.4	35	75	965	1030
13/10/2013 0:00	114.5	15.3	35	75	965	1030

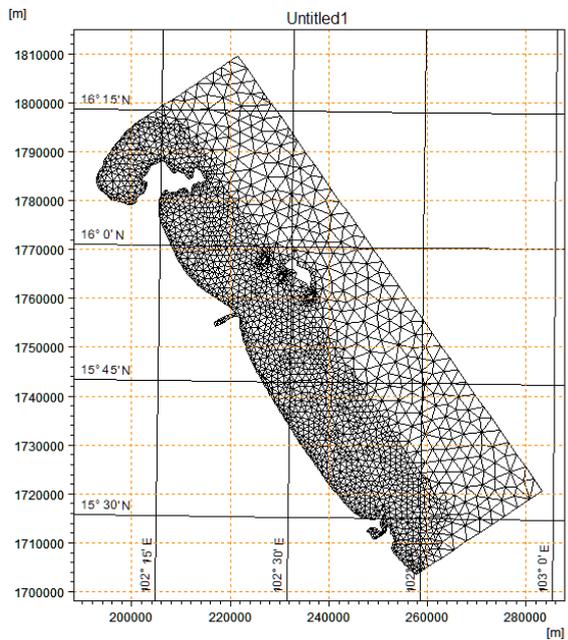
Nghiên cứu

13/10/2013 6:00	113.4	15.4	35	75	965	1030
13/10/2013 12:00	112.4	15.5	35	75	965	1030
13/10/2013 18:00	111.6	15.6	35	75	965	1030
14/10/2013 0:00	111.2	15.7	35	75	965	1030
14/10/2013 18:00	110.6	15.8	35	70	965	1030
14/10/2013 12:00	109.9	16	35	65	970	1030
14/10/2013 18:00	109.2	16.1	35	50	975	1030
15/10/2013 0:00	108.2	15.9	35	40	985	1030
15/10/2013 6:00	1289	155	35	0	994	1030
15/10/2013 12:00	1289	154	35	0	998	1030



Hình 2: Quỹ đạo bão Nari (11/10/2013 - 16/10/2013)

3.3. Xây dựng miền tính, lưới tính



Hình 3: Lưới tính khu vực nghiên cứu ven biển Quảng Nam

Miền tính được sử dụng trong nghiên cứu là toàn bộ khu vực ven biển khu vực biển tỉnh Quảng Nam với diện tích vùng

nghiên cứu lưới tính là 4,820.22 km² bao gồm 2500 điểm nút và 4000 ô lưới. Vùng nghiên cứu chia thành 2 vùng lưới với mật độ lưới khác nhau được thể hiện qua hình 3.

3.4. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Việc hiệu chỉnh và kiểm định mô hình nhằm tìm bộ thông số ổn định nhất để mô phỏng các kịch bản. Trong mô hình MIKE 21 sử dụng hệ số NASH để đánh giá độ chính xác dựa vào công thức

$$Nash = 1 - \frac{\sum (X_{o,i} - X_{s,i})^2}{\sum (X_{o,i} - \bar{X}_o)^2} \quad (4)$$

$X_{o,i}$: Giá trị thực đo

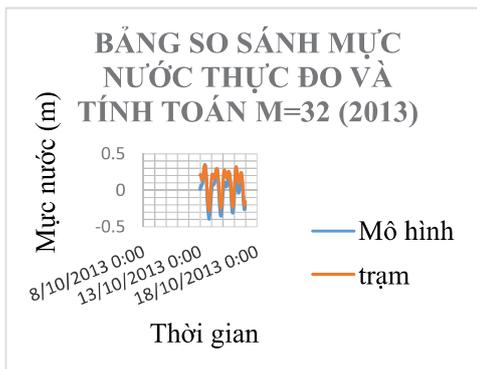
$X_{s,i}$: Giá trị tính toán hoặc mô phỏng.

\bar{X}_o : Giá trị thực đo trung bình

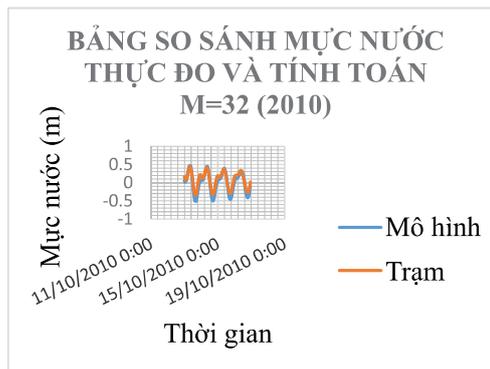
Chuỗi dữ liệu tại trạm Sơn Trà (108°13' - 16°06') từ 13/10/2010 đến 16/10/2010 được sử dụng để hiệu chỉnh mô hình và kết quả xác định hệ số Nash = 0.73.

Nghiên cứu sử dụng chuỗi số liệu mực nước từ ngày 13/10/2013 đến ngày 16/10/2013 tại trạm Sơn Trà, trùng với thời gian bão Nari đi vào vùng biển Quảng Nam. Kết quả hệ số Nash = 0.75 cho các bước kiểm định.

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định cho thấy hệ số Nash tương đối tốt và có thể sử dụng bộ thông số này cho việc mô phỏng các kịch bản. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định được thể hiện ở hình 4 và 5.



Hình 4: Kết quả hiệu chỉnh mô hình



Hình 5: Kết quả kiểm định mô hình

4. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

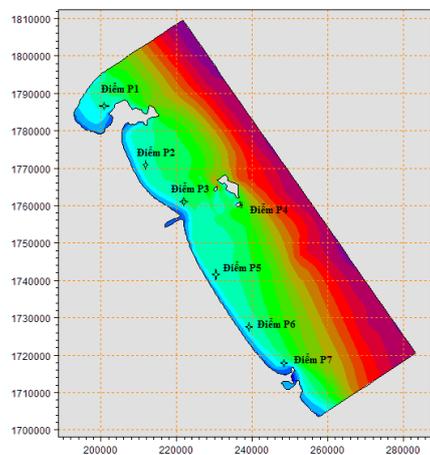
Để đánh giá được giá trị mực nước và trường sóng cực đại trong bao ở khu vực bờ biển Quảng Nam, nghiên cứu đề xuất các tập kịch bản sau:

(1) Mô phỏng trường sóng và mực nước trong bão Nari di chuyển vào khu vực nghiên cứu thời gian 9/10/2013 - 15/10/2013.

(2) Hiệu chỉnh đường đi của bão Nari di chuyển theo hướng vuông góc với đường bờ biển Quảng Nam.

(3) Thu phóng bão Nari tạo ra cơn bão cấp 16 với tốc độ gió lớn nhất lên tới 70 (km/giờ)

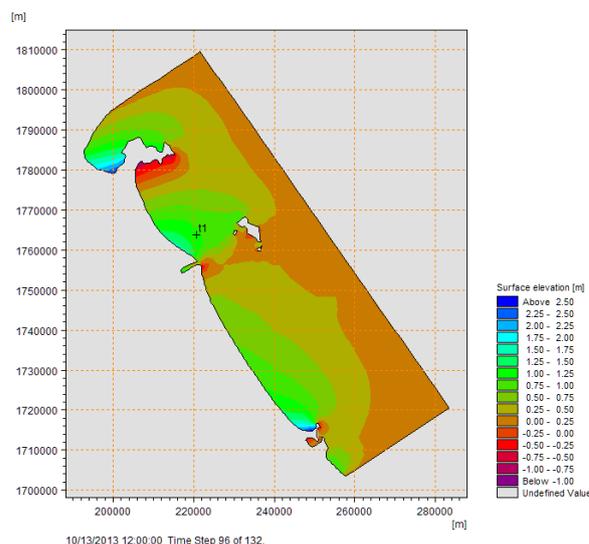
Để đánh giá kết quả mô phỏng trường sóng và mực nước dâng do bão, nghiên cứu đề xuất các vị trí kiểm tra được thể hiện qua hình 6.



Hình 6: Các điểm trích xuất mực nước khu vực nghiên cứu

4.1. Kết quả mô phỏng nước dâng do bão

Từ kết quả mô phỏng theo kịch bản 1, 2 và 3 so sánh với trường mực nước triều khi không có bão ta nhận thấy mực nước dâng lớn tại khu vực phía bắc Cửa Đại và khu vực vịnh Dung Quất với giá trị mực nước dâng từ 1.5 m đến 3 m. Tại khu vực biển phía nam Cửa Đại và bán đảo Sơn Trà có trường mực nước thấp hơn so với các vùng nước xung quanh.



Hình 7: Trường mực nước trong bão Nari

Mực nước dâng do bão tại kịch bản 1 khi bão Nari di chuyển vào khu vực nghiên cứu có mực nước dâng khoảng từ 0.22 đến 0.55 m và nước dâng lớn nhất đạt 0.55 m tại vị trí P₃. Do hướng di chuyển của tâm bão có hướng dịch chuyển về phía biển Huế - Đà Nẵng nên khu vực bờ biển Quảng Nam nằm trong vùng nước rút do

Nghiên cứu

hiện tượng xoáy thuận nhiệt đới trong bão vì vậy trường mực nước dâng do bão ở khu vực này không cao.

Kết quả mô phỏng kịch bản 2 ta nhận thấy sau khi điều chỉnh quỹ đạo di chuyển của bão có hướng đổ bộ vuông góc với đường bờ biển khu vực nghiên cứu, trường mực nước dâng do bão lớn hơn so với kịch bản 1. Tại vị trí P₁; P₃ có mực nước dâng lớn nhất so với các điểm kiểm tra là 0.59 m; 0.55 m.

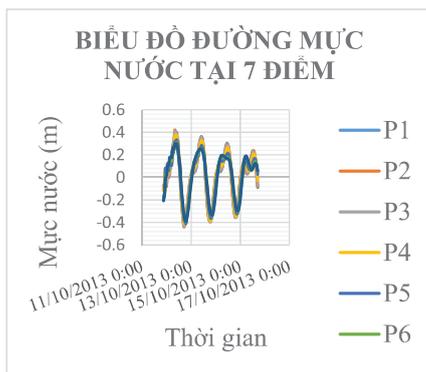
Kịch bản 3 sau khi hiệu chỉnh tốc độ gió trong bão lên tới 70 km/giờ ta nhận

thấy trường mực nước dâng tại các khu vực ven bờ tăng lên đáng kể từ 1.23 m đến 3.17 m. Tại các vị trí P₁; P₇ có giá trị mực nước dâng lớn nhất là 2.53 m và 3.17 m do vị trí này có hình dạng đường bờ nhô ra ngoài biển gây ra hiện tượng dồn nước khi bão nhiệt đới di chuyển vào vùng nghiên cứu.

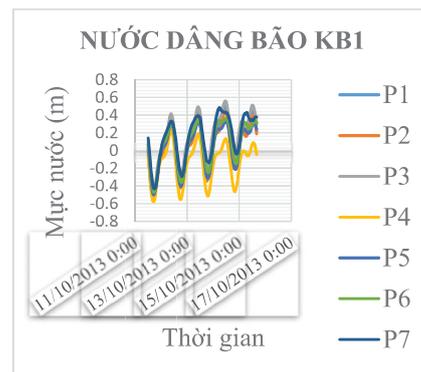
Điểm P₄ được che chắn bởi hệ thống đảo Cù Lao Chàm nên vị trí kiểm tra mực nước P₄ có giá trị mực nước dâng thấp nhất so với vùng nước ven bờ với giá trị khoảng 0.22 m của các kịch bản.

Bảng 2. Mực nước dâng tại các vị trí kiểm tra

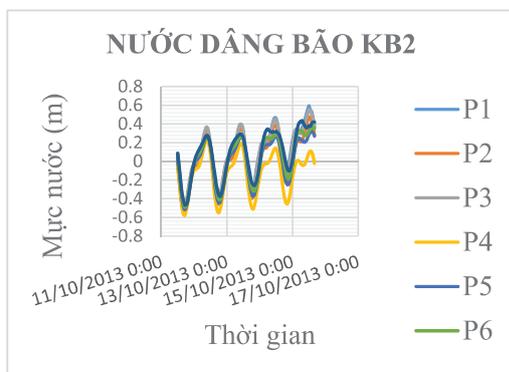
Kịch bản	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
KB1	0.5	0.43	0.55	0.22	0.33	0.36	0.48
KB2	0.59	0.47	0.55	0.23	0.32	0.36	0.43
KB3	2.35	1.48	1.89	0.22	1.23	1.74	3.17



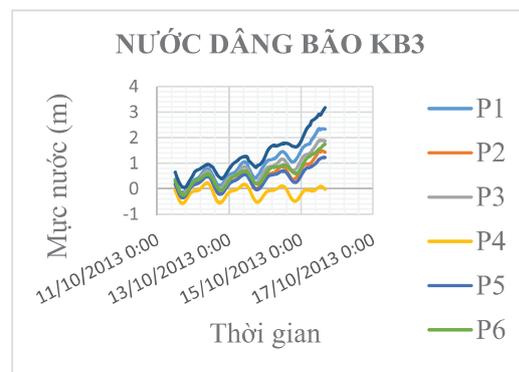
Hình 8: Biểu đồ mực nước triều khi không có bão



Hình 9: Biểu đồ mực nước KB1



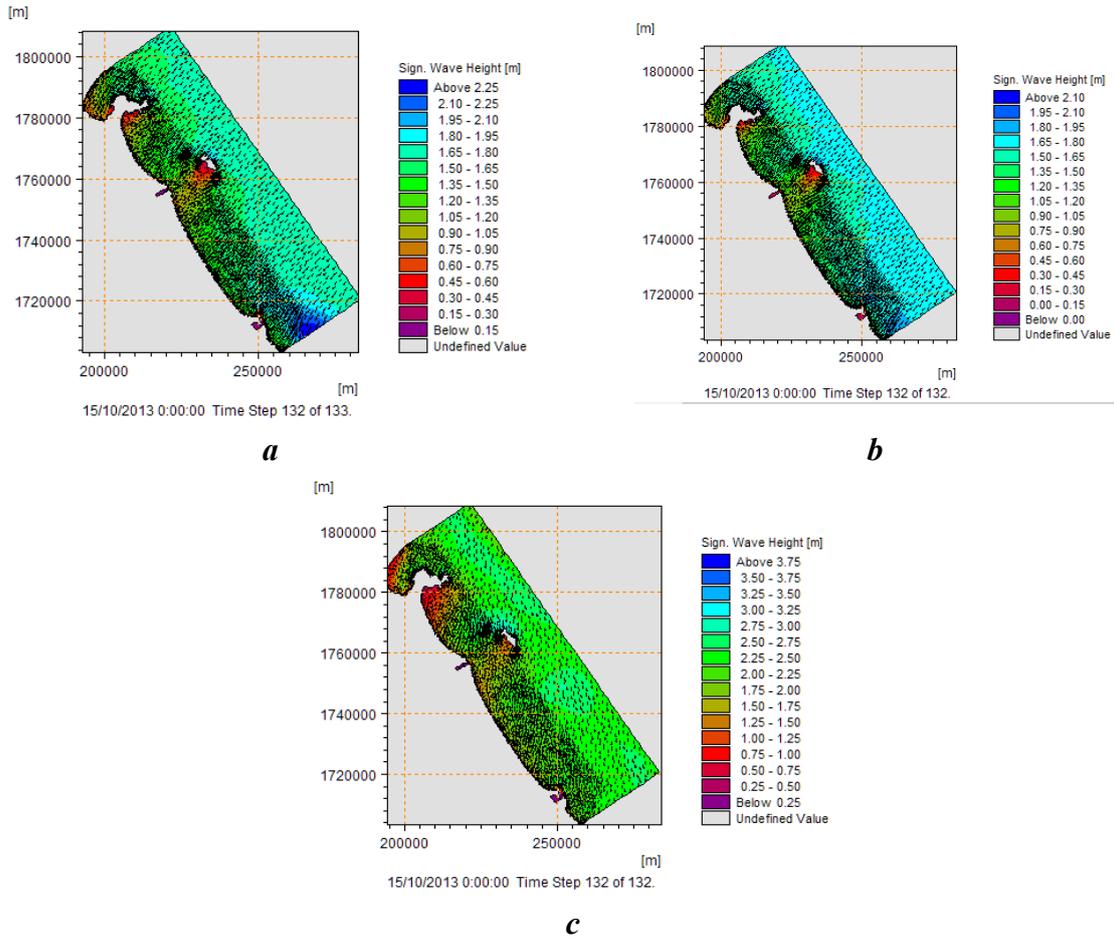
Hình 10: Biểu đồ mực nước KB2



Hình 11: Biểu đồ mực nước KB3

4.2. Kết quả mô phỏng trường sóng trong bão

4.2.1. Trường sóng trong bão theo 03 kịch bản



Hình 12: Trường sóng của 3 kịch bản mô phỏng vùng nghiên cứu KB1(a); KB2(b); KB3(c)

Bảng 3. Chiều cao sóng tại các điểm kiểm tra

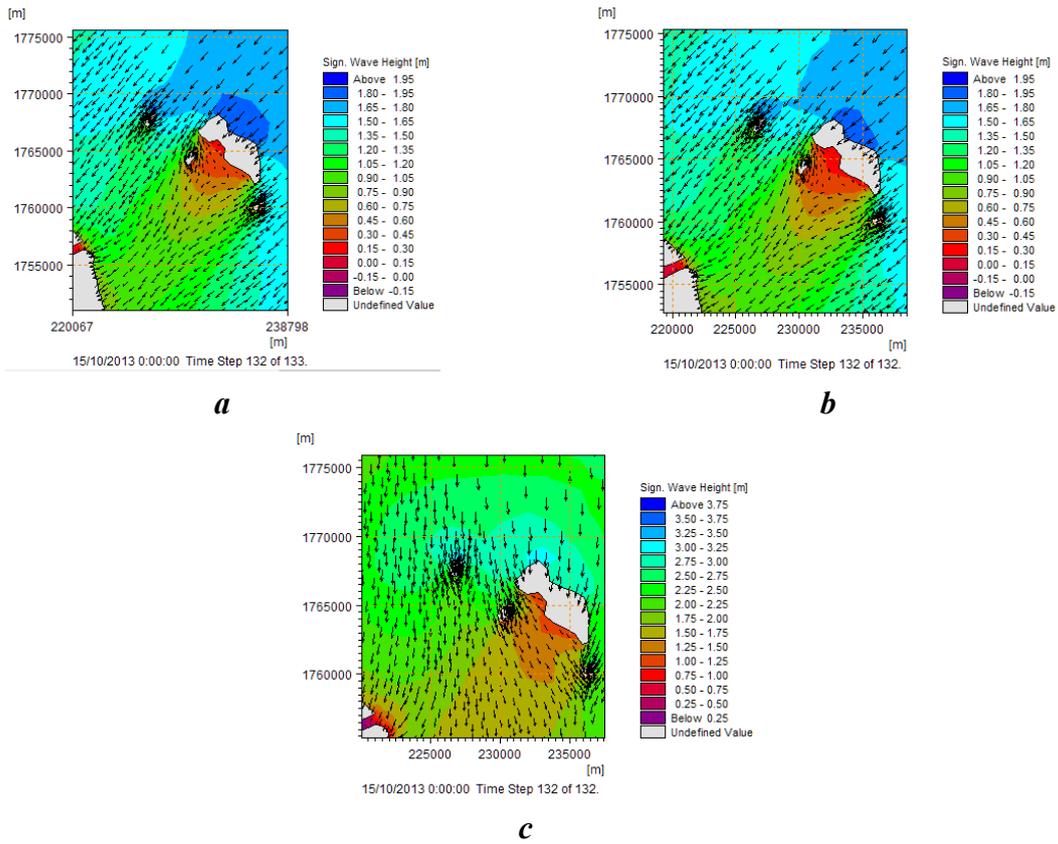
Kịch bản	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
KB1	1.39	1.36	1.39	1.65	1.48	1.49	1.86
KB2	1.41	1.33	1.44	1.55	1.42	1.51	1.99
KB3	2.26	1.26	2.21	2.03	2.21	2.24	2.49

Từ kết quả mô phỏng trường sóng trong bão ta nhận thấy rằng, kịch bản 3 có trường sóng cao hơn so với kịch bản 1 và kịch bản 2, do sự tác động của trường gió bão kết hợp với mực nước dâng làm cho trường sóng trong bão của kịch bản 3 tăng mạnh. Tại vị trí P₇; P₁ có chiều cao sóng đạt giá trị lớn nhất tại điểm lần lượt là 2.49 m; 2.26 m.

4.2.2. Trường sóng trong bão khu vực ven biển Hội An

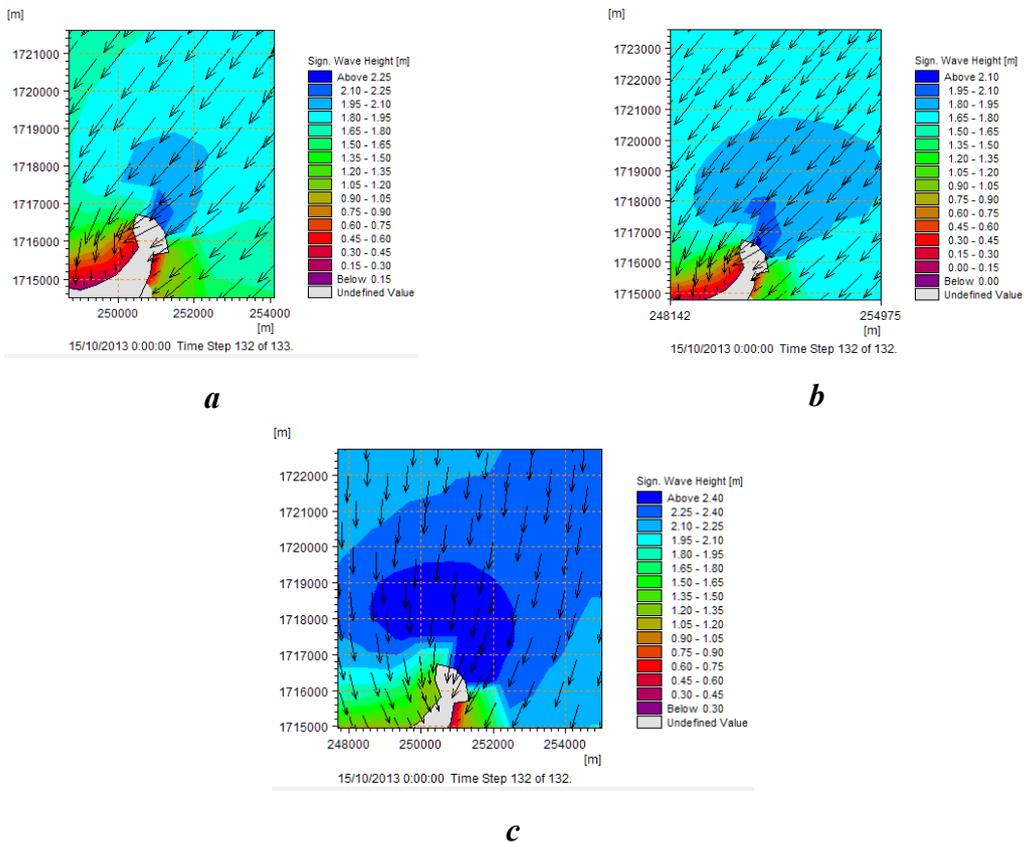
Do phía ngoài Cửa Đại có hệ thống đảo Cù Lao Chàm che chắn nên khu vực

cửa sông có chiều cao sóng nhỏ hơn so với các vùng lân cận. Tại vị trí phía bờ tây nam của đảo chiều cao sóng đạt giá trị khoảng 0.75 m trong khi phía bờ đông bắc thì chiều cao sóng lớn nhất 1.9 m. Khu vực Cửa Đại có chiều cao sóng thay đổi phức tạp, khu vực biển phía bắc của Cửa Đại có chiều cao sóng khoảng 2 m lớn hơn so với chiều cao sóng ở khu vực biển phía nam Cửa Đại.



Hình 13: Trường sóng của 3 kịch bản bão tại khu vực Cửa Đại KB1(a); KB2 (b) KB3(c)

4.2.3. Trường sóng trong bão khu vực vịnh Dung Quất



Hình 14: Trường sóng 3 kịch bản khu vực vịnh Dung Quất KB1(a); (KB2(b); KB3 (c)

Từ kết quả mô phỏng trường sóng trong bão ta nhận thấy chiều cao sóng lớn tập trung tại mũi đất của vịnh Dung Quất với giá trị chiều cao sóng đạt 2.3 m tại kịch bản 3. Phía trong vịnh, chiều cao sóng giảm mạnh do có sự chắn sóng của dải đất nhô ra biển đạt giá trị khoảng 0.45 đến 1.2 m. Đây là khu vực thuận lợi cho việc phát triển hệ thống cảng biển phục vụ cho tàu thuyền leo đậu và vận chuyển hàng hóa. Kết quả chiều cao sóng tại kịch bản 1 và kịch bản 2 tại phía đầu mũi đất vịnh Dung Quất lần lượt là 1.86 m, 1.99 m và giảm mạnh vào khu vực trong vịnh với giá trị khoảng 0.45 m.

Kết quả mô phỏng ta nhận thấy rằng những khu vực có trường mực nước dâng do bão lớn làm cho chiều cao sóng lớn hơn so với những khu vực có mực nước dâng thấp và được thể hiện qua các vị trí P_1 và P_7 .

5. Kết luận

Kết quả mô phỏng đã thể hiện được mối tương quan giữa trường mực nước dâng do bão và giá trị chiều cao sóng. Những khu vực có mực nước dâng càng lớn thì chiều cao sóng càng cao, tại những khu vực có mực nước dâng cao như vịnh Dung Quất, bán đảo Sơn Trà có mực nước lớn nhất là 2.53 m, 3.17 m thì giá trị chiều cao sóng lớn nhất đạt giá trị 2.26 m và 2.49 m.

Nghiên cứu đã tính toán được giá trị mực nước dâng do bão theo các kịch bản khác nhau, tại kịch bản 1 với giá trị mực nước dâng do bão Nari di chuyển vào khu vực nghiên cứu có mực nước dâng khoảng từ 0.22 đến 0.55 m và nước dâng lớn nhất đạt 0.55 m tại vị trí P_3 . Kịch bản 2 tại vị trí P_1 ; P_3 có mực nước dâng lớn nhất so với các điểm kiểm tra là 0.59 m; 0.55 m.

Kết quả mô phỏng của kịch bản 3 sau khi hiệu chỉnh tốc độ gió trong bão lên tới 70 km/giờ ta nhận thấy trường mực nước dâng lớn từ 1.23 m đến 3.17 m.

Tại các vị trí P_1 ; P_7 có giá trị mực nước dâng lớn nhất là 2.53 m và 3.17 m do đặc điểm về hình dạng đường bờ nhô ra ngoài biển, nó là nguyên nhân gây ra hiện tượng dồn nước khi bão nhiệt đới di chuyển vào vùng nghiên cứu.

Kết quả mô phỏng trường sóng trong bão của 3 kịch bản ta nhận thấy tại khu vực bán đảo Sơn Trà và khu vực vịnh Dung Quất có trường sóng lớn hơn so các vị trí ven bờ khác do đặc điểm về địa hình, hình thái kết hợp với tính chất xoáy thuận nhiệt đới của bão. Chiều cao sóng tại điểm $P1$ và $P7$ của kịch bản 3 là lớn nhất đạt giá trị 2.26 m, 2.49 m.

Do có sự che chắn của hệ thống các đảo Cù Lao Chàm nên chiều cao sóng trong bão ở khu vực này có sự chênh lệch rõ rệt. Phía bờ đông bắc của đảo có chiều cao sóng lớn nhất lên tới 3 m tại kịch bản 3 và phía bờ Tây nam của đảo thì chiều cao sóng chỉ đạt giá trị từ 0.7 m đến 1 m.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2014). *Quyết định về việc phê duyệt và công bố kết quả phân vùng bão và xác định nguy cơ bão, nước dâng do bão cho khu vực ven biển Việt Nam*. 29/8/2014, Hà Nội.

[2]. Đề tài Lượng giá kinh tế do xói lở, bồi tụ tại khu vực ven biển nhằm phục vụ công tác quản, nghiên cứu thí điểm tại Cửa Đại và cửa Ninh Cơ.

[3]. Nguyễn Ngọc Thanh, Nguyễn Hồng Lân, Vũ Văn Lân (2017). *Mô phỏng trường dòng chảy trong gió mùa khu vực Cửa Đại*. Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường, Trang 3 - 9 số 16.

[4]. *MIKE 21 Cyclone Wind Generation Tool Scientific*. Documentation.

[5]. *MIKE 21 Tidal Analysis and Prediction Module Scientific*. Documentation.

[6]. <http://weather.unisys.com/hurricane/>

BBT nhận bài: 01/4/2019; Phản biện
xong: 16/4/2019