

Bài báo khoa học

## Đánh giá tác động của địa hình ven bờ tỉnh Khánh Hòa đến phân bố sóng trong bão Damrey bằng mô hình Mike 21SW

Bùi Văn Chanh<sup>1\*</sup>, Nguyễn Đăng Hùng<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ, Tổng cục Khí tượng Thủy văn;  
buivanchanh@gmail.com; hungntb@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: buivanchanh @gmail.com; Tel.: +84–915620289

Ban Biên tập nhận bài: 02/10/2021; Ngày phản biện xong: 09/11/2021; Ngày đăng bài: 25/1/2022

**Tóm tắt:** Bão Damrey là cơn bão lịch sử đổ bộ vào tỉnh Khánh Hòa và đã gây thiệt hại rất lớn, đặc biệt là các xã/phường ven biển của huyện Vạn Ninh, thị xã Ninh Hòa và thành phố Nha Trang. Trong đó, sóng trong bão gây ra thiệt hại rất lớn; tuy nhiên địa hình ven bờ tỉnh Khánh Hòa đã tác động đến sự phân bố phức tạp của sóng. Do vậy, mô phỏng chi tiết trường sóng trong bão Damrey có ý nghĩa rất quan trọng trong phòng chống thiên tai, lập quy hoạch và thiết kế các công trình khu nuôi trồng thủy sản của tỉnh Khánh Hòa. Để mô phỏng trường sóng trong bão Damrey, mô hình Mike 21SW được áp dụng thiết lập 03 lưới tính lồng, với độ phân giải chi tiết lưới khu vực ven bờ tỉnh Khánh Hòa tới 450 m. Số liệu gió tái phân tích ERA Interim được sử dụng để mô phỏng sóng khu vực nam Biển Đông, số liệu gió các trạm ven bờ và trên biển ở khu vực Nam Trung Bộ được nội suy bằng phương pháp IDW cho khu vực ven bờ tỉnh Khánh Hòa. Kết quả mô phỏng độ cao sóng cho thấy, khu vực vịnh Vân Phong từ 0,5–7,0 m, khu vực vịnh Nha Trang từ 0,5–8,0 m, khu vực vịnh Cam Ranh từ 0,3–6,0 m. Sóng lớn nhất ven biển tỉnh Khánh Hòa là ở cửa vịnh Vân Phong, với độ cao từ 9–10 m.

**Từ khóa:** Mô hình Mike 21SW; Bão Damrey; Sóng biển Khánh Hòa.

### 1. Mở đầu

Ứng dụng mô hình để nghiên cứu phân bố sóng khá phổ biến, đặc biệt là ứng dụng trong tính toán các thông số sóng để thiết kế cầu cảng, công trình ven biển, tính toán năng lượng sóng, dự báo và làm đầu vào cho các mô hình vận chuyển trầm tích [1]. Mô hình ứng dụng để mô phỏng sóng điển hình trên thế giới như WAM, SWAN, STWAVE, WAVEWATCH III, OVBM, bộ mô hình Mike (Mike 21SW, Mike 21NSW, Mike 21BW); trong đó mô hình WAM và WAVEWATCH III (WW3) sử dụng để mô phỏng sóng ngoài khơi và đang được ứng dụng mô phỏng sóng đại dương; các mô hình như SWAN, TOMAWAC, STWAVE, Mike 21SW được sử dụng mô phỏng sóng ven bờ và vùng nước nông [2–3]. Tuy nhiên, để mô phỏng sóng ven bờ cần phải sử dụng hệ thống ven bờ và kết nối với đầu ra mô hình sóng đại dương, điển hình như kết nối của mô hình WAM, WW3 với SWAN, FEM, OVBM, Mike 21SW [1–2, 4–5].

Các mô hình sóng đại dương với lưới tính thô, phù hợp với các vùng nước sâu, nhưng để mô hình hóa chính xác khu vực ven bờ và vùng nước nông cần sử dụng lưới tính mịn. Mô hình phổ sóng thế hệ thứ ba (SWAN) cho quy mô nhỏ, vùng ven biển có nước nông, đảo, bãi và gió địa phương có khả năng mô phỏng tương tác sóng, khúc xạ và sự vỡ sóng do địa hình; tuy nhiên, hình dạng của quang phổ thường không được tốt, đặc biệt là chu kỳ đỉnh sóng cao. Điều này dẫn đến sự phát triển của mô hình sóng thế hệ thứ ba mới là Mike 21SW có khả

năng mô phỏng tốt cho lưới tính mịn [1]. Mô hình SWAN có độ nhạy cao hơn và Mike 21SW ít nhạy hơn với dữ liệu gió, Mike 21SW tăng thời gian tính toán đáng kể khi tăng dữ liệu gió; tuy nhiên, tăng gió vào trong cả hai mô hình trên đều dẫn đến sự suy giảm của sóng giảm đáng kể [1, 6]. Cả mô hình SWAN và Mike 21SW mô phỏng được nhiều yếu tố tác động đến sóng với nhiều công thức và thông số; mặc dù SWAN tính nhanh hơn, nhưng mô hình Mike 21SW tích hợp được nhiều mô đun và mô phỏng vùng nước nông, khu vực công trình tốt hơn [7]. Một nghiên cứu tương tự được thực hiện bởi Sharifi (2012), trong đó mô hình Mike 21SW so sánh với WW3 và kết quả cho thấy WW3 cho kết quả mô phỏng tin cậy hơn so với Mike 21SW ở vùng nước sâu; trong khi ở khu vực nước nông, Mike 21SW cho kết quả nhất quán hơn [1]. So sánh mô hình Mike 21SW với Mạng thần kinh nhân tạo (ANN) tích hợp với thuật toán lọc Geno–Kalman cho thấy: Mike 21SW mô phỏng rất tốt chiều cao sóng hiệu dụng, hệ số tương quan và hiệu quả cao hơn [8].

Nghiên cứu sóng vịnh Nha Trang được nhiều sự quan tâm hơn so với các khu vực khác của tỉnh Khánh Hòa; tuy nhiên, mới chỉ có nghiên cứu sơ bộ của cơn bão cấp 8 có tên là FAITH đổ bộ vào Nha Trang tháng 12 năm 1998 và cơn bão mạnh ảnh hưởng gián tiếp là THIRTY và HAIYAN [4]. Hầu hết các nghiên cứu tập trung vào phân bố sóng do gió mùa Đông Bắc và Tây Nam trong vịnh Nha Trang [4–5, 9], hoặc mô phỏng sóng do gió mùa làm đầu vào cho mô hình vận chuyển trầm tích và đề xuất giải pháp ổn định bãi biển [10–11]. Nghiên cứu phân bố sóng khu vực vịnh Cam Ranh và Vân Phong khá ít, chủ yếu là mô phỏng sóng để làm đầu vào cho mô hình hải lưu ven bờ và vận chuyển trầm tích do gió mùa hoạt động mạnh [12]. Như vậy, nghiên cứu phân bố sóng chi tiết cho ven bờ tỉnh Khánh Hòa chủ yếu đã thực hiện ở vịnh Nha Trang và đến nay cũng rất ít nghiên cứu phân bố sóng do bão ảnh hưởng trực tiếp đến vịnh Vân Phong, Cam Ranh.

Bão Damrey (bão số 12 năm 2017) là cơn bão có cường độ lịch sử đổ bộ vào tỉnh Khánh Hòa và đã gây thiệt hại rất lớn, đặc biệt là các xã/phường ven biển của huyện Vạn Ninh, thị xã Ninh Hòa, thành phố Nha Trang. Bão làm cho 34 người chết, 4 người mất tích, 993 nhà bị sập hoàn toàn, 97.851 nhà hư hỏng và tốc mái, 1.141 tàu thuyền bị chìm và hư hỏng nặng, 24.320 lồng bè bị mất trắng [13]. Ngoài thiệt hại do gió mạnh, những cơn sóng thiệt hại rất lớn về tàu thuyền và nuôi trồng hải sản cho thấy sức tàn phá của sóng bão; do đó, sử dụng độ cao sóng do bão Damrey để bổ sung kế hoạch phòng chống ứng phó và sử dụng thiết kế các công trình ven biển, quy hoạch vùng nuôi trồng hải sản là rất cần thiết. Tuy nhiên, khu vực ven bờ tỉnh Khánh Hòa không có số liệu đo sóng và đến nay chưa có nghiên cứu về phân bố sóng do bão Damrey. Mặc dù đã có một số nghiên cứu về sóng khu vực ven bờ tỉnh Khánh Hòa, nhưng mới chỉ đề cập đến các cơn bão ảnh hưởng gián tiếp và sóng do gió mùa Đông Bắc, Tây Nam.

Như vậy, mô phỏng chi tiết sóng ven bờ do bão Damrey để hoàn thiện phương án phòng chống thiên tai, tính toán đặc trưng sóng cho thiết kế công trình, quy hoạch vùng nuôi trồng hải sản, kết nối với mô hình thủy thạch động lực học là rất cần thiết. Hiện nay có nhiều mô hình được sử dụng để nghiên cứu phân bố sóng, với ưu thế về mô phỏng sóng ven bờ và thuận tiện trong ứng dụng, mô hình Mike 21SW được lựa chọn để mô phỏng chi tiết sóng bão Damrey khu vực ven bờ tỉnh Khánh Hòa và trong các vịnh Vân Phong, Nha Trang, Cam Ranh. Để đánh giá tác động của địa hình bờ biển Khánh Hòa đến phân bố sóng bão Damrey, nghiên cứu đã sử dụng 03 hệ thống lưới lồng; trong đó; miền tính lớn nhất là khu vực nam Biển Đông, miền tính nhỏ hơn là vùng biển tỉnh Khánh Hòa và miền tính chi tiết nhất là vịnh Vân Phong, Nha Trang và Cam Ranh.

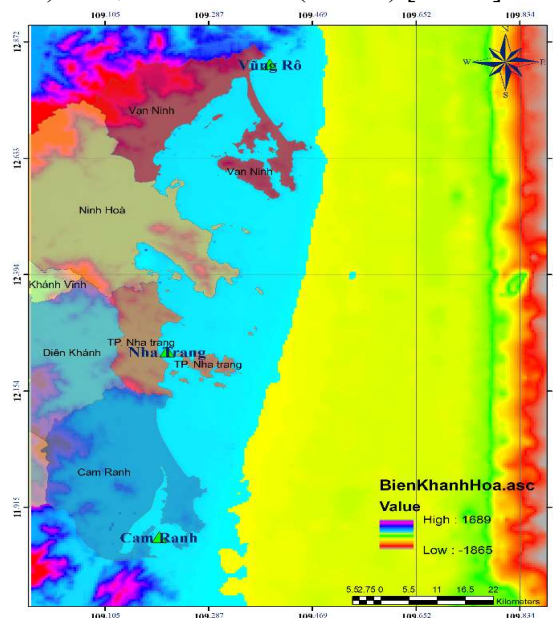
## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Giới thiệu về khu vực nghiên cứu

Khánh Hòa là một tỉnh thuộc duyên hải Nam Trung Bộ của Việt Nam, phía bắc giáp với tỉnh Phú Yên, phía nam giáp với tỉnh Ninh Thuận, phía tây giáp với tỉnh Đắk Lắk và Lâm

Đông, phía đông giáp với Biển Đông. Đường bờ biển kéo dài từ xã Đại Lãnh tới cuối vịnh Cam Ranh, độ dài tính theo mép nước khoảng 385 km với nhiều cửa lạch, đầm, vịnh và có khoảng 200 đảo. Khánh Hòa có 6 đầm và vịnh lớn, đó là Đại Lãnh, vịnh Vân Phong, Hòn Khoai, vịnh Nha Phu, vịnh Nha Trang (Cù Huân) và vịnh Cam Ranh (Hình 1) [14–15].

Thềm lục địa tỉnh Khánh Hòa rất hẹp, địa hình dốc gần bờ; vùng thềm lục địa phản ánh sự tiếp nối của cấu trúc địa hình trên đất liền. Mép thềm lục địa tỉnh Khánh Hòa phổ biến có độ sâu từ 600–1000 m, đường bờ cỏ có độ sâu biến đổi từ 150–200 m, độ dốc thềm lục địa giảm dần từ phía bắc xuống phía nam (Hình 1). Các nhánh núi của dãy Trường Sơn đâm ra biển như dãy Phước Hà Sơn, núi Hòn Khoai, dãy Hoàng Ngưu tạo thành các mũi Hòn Thi, Con Rùa, Mũi Đông Ba và hình thành núi ngầm dưới biển mà các đỉnh cao của nó nhô lên khỏi mặt nước hình thành các đảo như Hòn Tre, Hòn Miếu, Hòn Mun. Xen giữa các bãi đảo nổi, đảo ngầm là những vùng trũng tương đối bằng phẳng gọi là các đồng bằng biển, đó chính là đáy các vũng, vịnh như Vân Phong, Nha Trang và Cam Ranh [14–15].



Hình 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu.

## 2.2. Cơ sở lý thuyết mô hình Mike 21SW

Để áp dụng cho phạm vi không gian nhỏ, phương trình chuyển động cơ bản thường được tạo thành công thức trong hệ tọa độ Đề–các, trong khi đó hệ tọa độ cực được sử dụng cho phạm vi không gian lớn. Phổ sóng biến đổi theo không gian và thời gian và là một hàm của hai tham số pha sóng. Hai tham số pha sóng có thể là véc tơ số của sóng  $\vec{k}$ , bao gồm cả độ lớn  $k$  và hướng  $\theta$ . Bên cạnh đó các tham số pha sóng cũng có thể là hướng sóng  $\theta$ , hoặc là tần số góc tương đối ( $\delta = 2\pi fr$ ), hoặc là tần số góc tuyệt đối ( $\omega = 2\pi fa$ ). Công thức hướng sóng được chọn là  $\theta$  và tần số góc tương đối là  $\delta$ . Mật độ hoạt động  $N(\delta, \theta)$  và mật độ năng lượng  $E(\delta, \theta)$  có mối quan hệ  $N = E/\delta$ . Đối với lan truyền sóng qua vùng có sự biến đổi chậm của dòng và độ sâu, tần số góc tương đối và tần số góc tuyệt đối có mối quan hệ phân tán tuyến tính [16]:

$$\delta = \sqrt{gk \cdot \tan(kd)} = \omega - \vec{k} \cdot \vec{U} \quad (1)$$

Trong đó  $g$  là gia tốc trọng trường,  $d$  là độ sâu của nước,  $\vec{U}$  là véc tơ vận tốc dòng. Độ lớn của nhóm vận tốc  $c_g$ , năng lượng sóng có quan hệ với dòng như sau [16]:

$$c_g = \frac{\partial \delta}{\partial k} = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{2kd}{\sin(2kd)} \right) \frac{\delta}{k} \quad (2)$$

Pha vận tốc  $c$  của sóng có mối quan hệ với dòng như sau:  $c = \delta/k$ . Phổ tần số được giới hạn trong phạm vi tần số nhỏ nhất ( $\delta_{\min}$ ) và lớn nhất ( $\delta_{\max}$ ). Phần phổ quyết định được định đoạt theo giải pháp phương trình chuyển động, sử dụng phương pháp số cho mật độ hoạt động sóng. Mật độ năng lượng được thể hiện như sau [16]:

$$E(\delta, \theta) = E(\delta_{\max}, \theta) \left( \frac{\delta}{\delta_{\max}} \right)^{-m} \quad (3)$$

Trong đó  $m$  là hằng số, trong mô hình này  $m = 5$ . Tần số định trước lớn nhất được xác định như sau:  $\delta_{cut-o} = \min[\delta_{max}, \max(2.5\bar{\delta}, 4\delta_{PM})]$ . Trong đó:  $\delta_{max}$  là tần số tách rời lớn nhất, được sử dụng trong quyết định mô hình sóng.  $\bar{\delta}$  là tần số trung bình tương đối.  $\delta_{PM} = g/(28u_{10})$  là tần số đỉnh Pierson Moskowitz cho phát triển sóng đầy đủ,  $u_{10}$  là vận tốc gió tại độ cao 10 m so với mặt nước biển.

Trong hệ tọa độ Đề-các theo phương ngang phương trình bảo toàn sóng như sau [16]:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{v}N) = \frac{S}{\delta} \quad (4)$$

Trong đó  $N(\vec{x}, \delta, \theta, t)$  là mật độ hoạt động;  $t$  là thời gian,  $\vec{x} = (xy)$  là hệ tọa độ Đề-các,  $\vec{v} = (c_x, c_y, c_\delta, c_\theta)$  là vận tốc lan truyền của một nhóm sóng trong không gian 4 chiều  $\vec{x}$ ,  $\delta$  và  $\theta$ ,  $S$  là giới hạn góc cho phương trình cân bằng năng lượng,  $\nabla$  là 4 chiều hoạt động riêng biệt trong không gian  $\vec{x}$ ,  $\delta$  và  $\theta$ . Lan truyền sóng của 4 chiều không gian có như sau [16]:

$$(c_x, c_y) = \frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{c}_g + \vec{U} \quad (5)$$

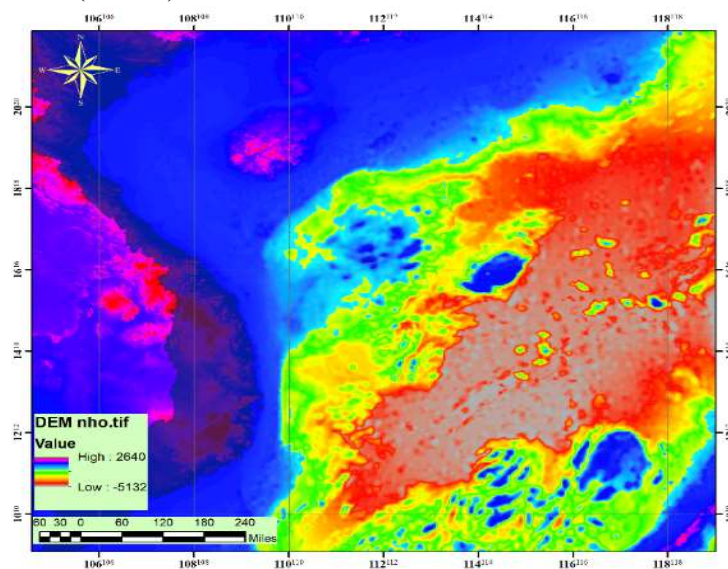
$$c_\delta = \frac{d\delta}{dt} = \frac{\partial \delta}{\partial d} \left[ \frac{\partial d}{\partial t} + \vec{U} \cdot \nabla_{\vec{x}} d \right] - c_g \cdot \vec{k} \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial s} \quad (6)$$

$$c_\theta = \frac{d\theta}{dt} = -\frac{1}{k} \left[ \frac{\partial \delta}{\partial d} \frac{\partial d}{\partial m} + \vec{k} \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial m} \right] \quad (7)$$

Trong đó  $s$  là tọa độ không gian trong hướng sóng  $\theta$ ,  $m$  là hệ tọa độ vuông góc với  $s$ ,  $\nabla_{\vec{x}}$  là 2 chiều hoạt động riêng biệt trong không gian  $\vec{x}$ .

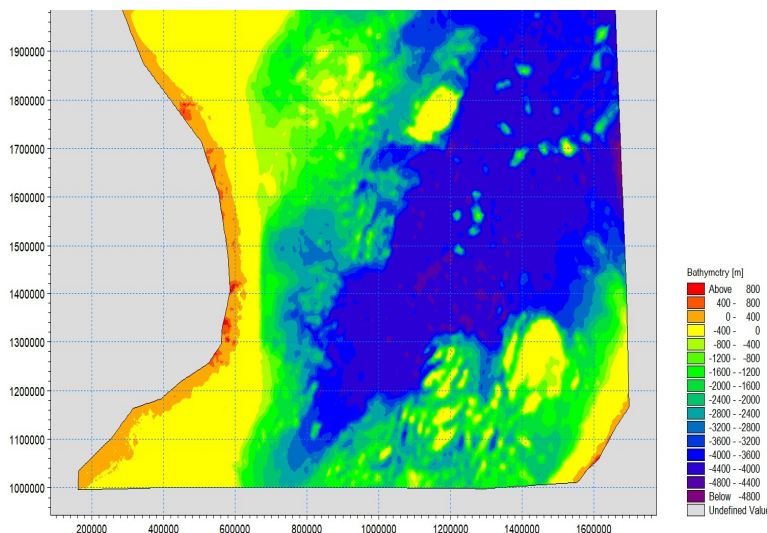
### 2.3. Thiết lập mô hình Mike 21SW khu vực nam Biển Đông

Địa hình đầu vào cho mô hình Mike 21SW khu vực nam Biển Đông được tính toán từ bản đồ DEM độ phân giải 1800 m và miền tính được chia lưới phi cấu trúc (lưới tam giác không đều) với diện tích nút lưới lớn nhất là 50 km<sup>2</sup>, riêng khu vực quần đảo Trường Sa, Hoàng Sa và ven bờ nước ta có địa hình biển đổi mạnh được chia lưới chi tiết hơn với diện tích nút lưới lớn nhất là 5 km<sup>2</sup>; ô lưới có diện tích nhỏ nhất là 26 m<sup>2</sup> [17–18] (Hình 2). Miền tính khu vực nam Biển Đông, bao gồm quần đảo Trường Sa, Hoàng Sa và ven bờ được chia thành 64156 nút lưới (Hình 3).

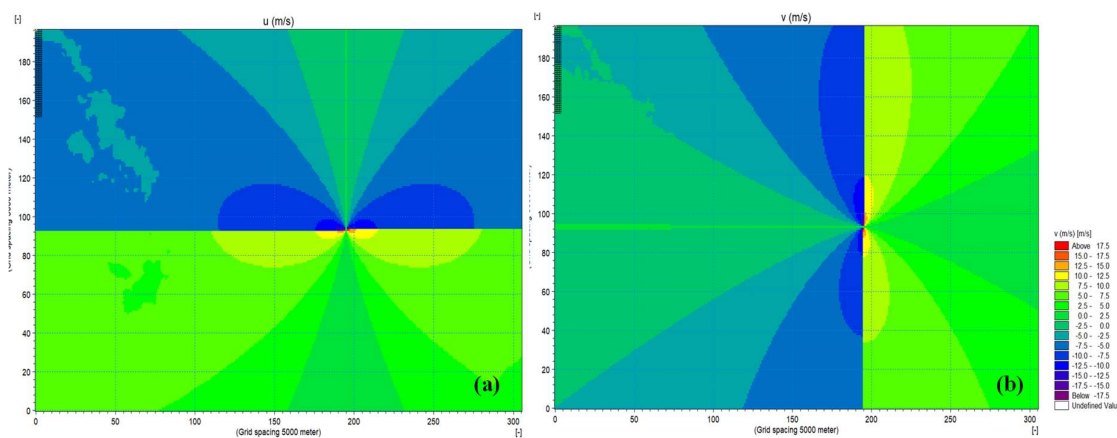


Hình 2. Bản đồ DEM 1800m Biển Đông.





Hình 3. Chia lưới miền tính khu vực nam Biển Đông.



Hình 4. Lốp gió bão Damrey thành phần  $\vec{u}$  (a) và  $\vec{v}$  (b) ở giữa Biển Đông lúc 7h/3/11 trong Mike 21SW.

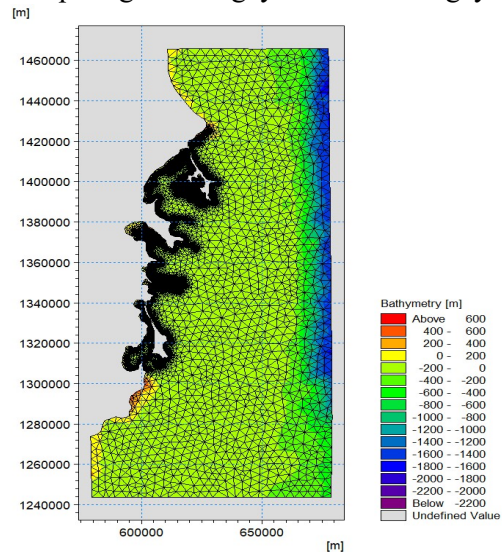
Số liệu gió thành phần theo các lưới ô vuông của bộ số liệu tái phân tích ERA Interim của Trung tâm Dự báo Hạn vừa châu Âu với độ phân giải  $0,125^\circ$  và được chuyển đổi, biên tập theo cấu trúc đầu vào của mô hình Mike 21SW [18–19]. Số liệu gió đầu vào là mảng dữ liệu 4 chiều, trong đó có 2 chiều không gian phẳng, 1 chiều gió thành phần (gồm hai hướng thành phần  $\vec{u}$  và  $\vec{v}$ ), 1 chiều thời gian được xác định từ 7h ngày 02 đến 10h ngày 4 tháng 11 năm 2017. Số liệu gió gồm 197 hàng và 306 cột, số lượng nút lưới ô vuông là 60282. Thời gian tính toán được thiết lập 6120 bước, mỗi bước  $\Delta t = 30$  giây; các biên phía bắc, phía nam, đất liền Việt Nam và các đảo của Phi-lip-pin được đóng kín. Mô hình Mike 21SW thiết lập cho khu vực nam Biển Đông được thiết lập để mô phỏng và tạo biên đầu vào cho vùng biển tỉnh Khánh Hòa.

#### 2.4. Thiết lập mô hình Mike 21SW vùng biển Khánh Hòa

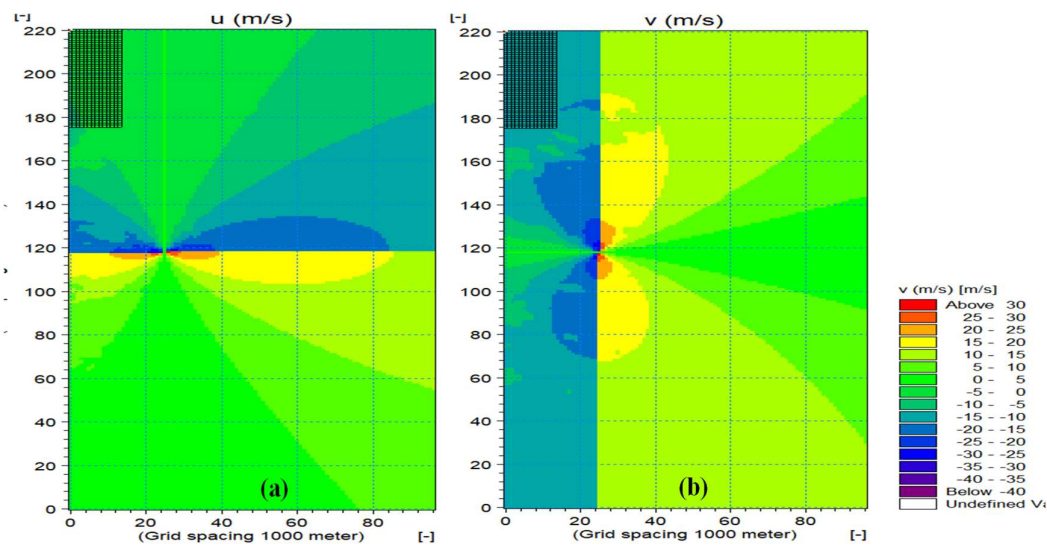
Do ảnh hưởng trực tiếp của cơn bão số 12, nên các tỉnh từ Bình Định đến Khánh Hòa đã có gió giật cấp 11–12, các tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận giật cấp 7 cụ thể như sau: An Nhơn 28 m/s, Quy Nhơn 24 m/s, Tuy Hòa 30 m/s, Ninh Hòa 34 m/s, Nha Trang 33 m/s, Cam Ranh 18 m/s, Phan Rang 17 m/s. Với mức độ biến đổi của gió theo không gian như trên, gió bão

thành phần vùng biển Khánh Hòa nội suy từ số liệu obs typh các trạm bằng phương pháp IDW và được lập trình trên Fortran với độ phân giải 1000 m, trong đó có 221 hàng và 97 cột, số nút lưới là 21437 ô vuông [20–21]. Thời gian mô phỏng từ 7h ngày 02 đến 10h ngày 4 tháng 11 năm 2017, tổng số bước tính là 36720, mỗi bước tính  $\Delta t = 5$  giây.

Địa hình vùng biển Khánh Hòa được tính toán từ bản đồ DEM độ phân giải 450 m (Hình 7a); lưới miền tính phi cấu trúc với diện tích ô lưới lớn nhất 10 km<sup>2</sup>, khu vực ven bờ và các đảo được chia chi tiết với ô lưới lớn nhất có diện tích 0,04 km<sup>2</sup> (40.000 m<sup>2</sup>), ô lưới có diện tích nhỏ nhất là 26 m<sup>2</sup>; miền tính sóng ngoài khơi và chi tiết ven bờ tỉnh Khánh Hòa có 55985 nút (Hình 5) [17–18]. Các biên phía bắc, phía nam và phía đông được kết nối với đầu ra mô hình Mike 21SW thiết lập cho khu vực nam Biển Đông ở trên; biên đất liền của tỉnh Khánh Hòa là biên đóng kín. Mô hình Mike 21SW thiết lập cho tỉnh Khánh Hòa trích xuất vùng mô phỏng đầu ra và các biên đầu vào để tiếp tục mô phỏng cho vịnh Vân Phong, Nha Trang và Cam Ranh.



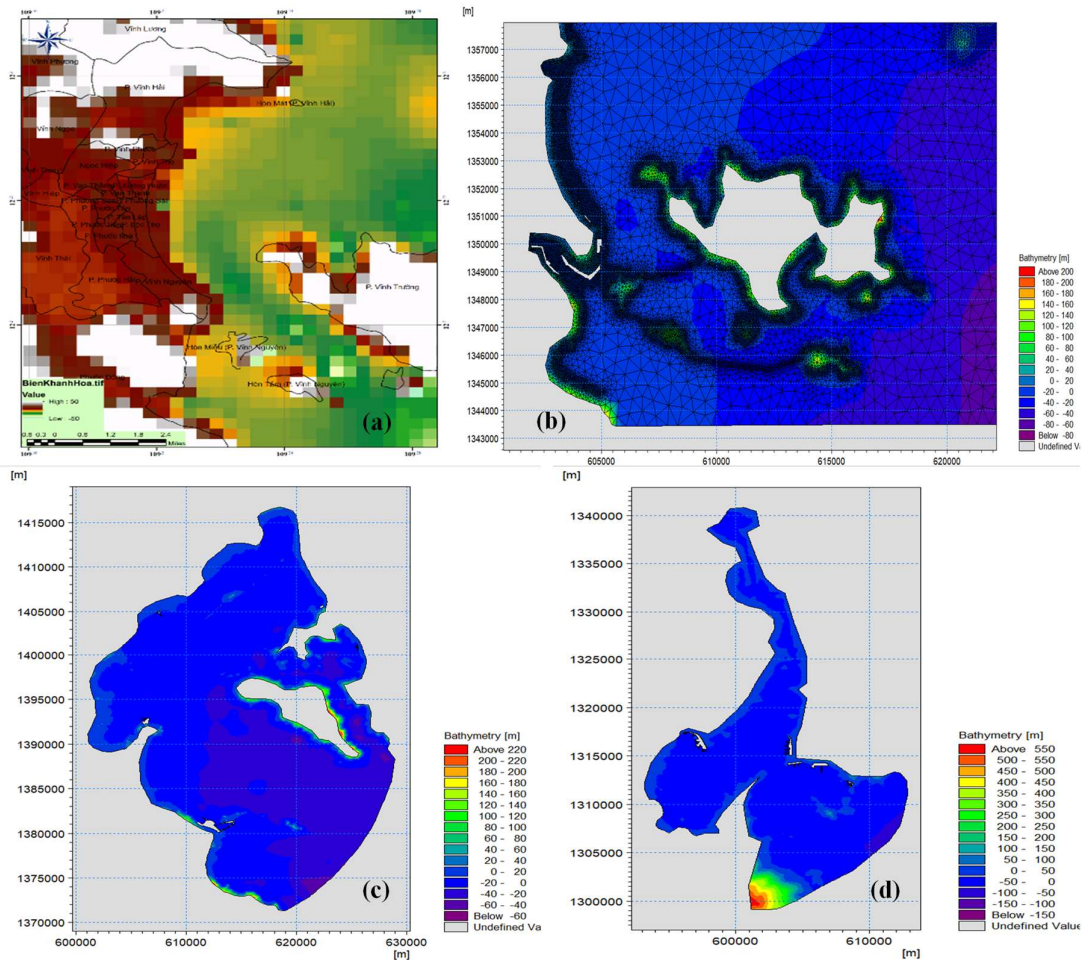
Hình 5. Chia lưới miền tính vùng biển Khánh Hòa.



Hình 6. Lốp gió bão Damrey thành phần  $\vec{u}$  (a) và  $\vec{v}$  (b) khi đổ bộ vào Khánh Hòa lúc 7h/4/11 trong mô hình Mike 21SW.

### 2.5. Thiết lập mô hình Mike 21SW các vịnh

Mô hình Mike 21SW thiết lập cho vịnh Nha Trang, Vân Phong, Cam Ranh tương tự như thiết lập cho khu vực nam Biển Đông và vùng biển Khánh Hòa như ở trên. Thời gian mô phỏng từ 7h ngày 02 đến 10h ngày 4 tháng 11 năm 2017, với bước tính  $\Delta t = 5$  giây. Số liệu gió đầu vào trên vịnh các vịnh được lấy đồng nhất với số liệu gió quan trắc được tại các trạm quan trắc tự động Ninh Hòa, khí tượng Nha Trang và Cam Ranh. Các vịnh trên có địa hình đáy biển biến đổi phức tạp, có nhiều đảo, công trình tác động đến sóng và hoạt động kinh tế biển phát triển, vùng quốc phòng an ninh quan trọng; do đó, cần được mô phỏng chi tiết hơn các vùng biển khác của tỉnh Khánh Hòa.



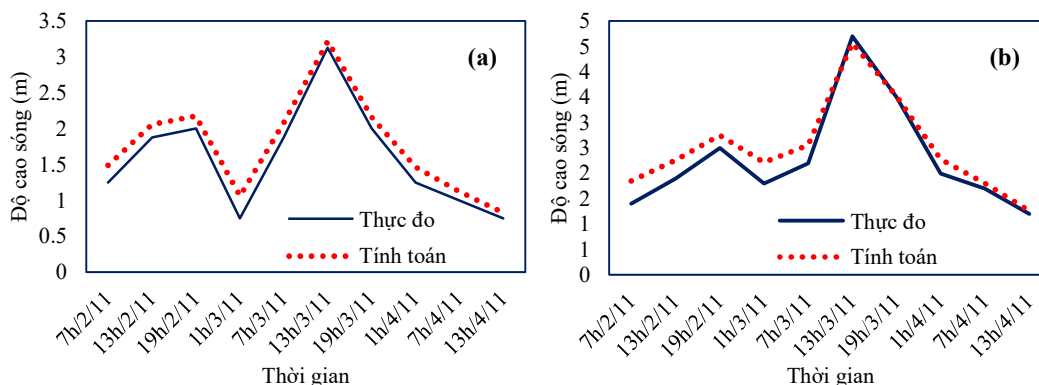
**Hình 7.** (a) Bản đồ DEM 450 m vịnh Nha Trang; (b) Chia lưới miền tính vịnh Nha Trang; (c) Địa hình miền tính vịnh Vân Phong; (d) Địa hình miền tính vịnh Cam Ranh.

Dữ liệu địa hình các vịnh là bản đồ DEM đáy biển độ phân giải 450 m, bản đồ địa hình tỷ lệ 1/10.000 và số liệu địa hình thực đo tại vịnh Nha Trang [22]. Lưới miền tính phi cấu trúc trên vịnh Nha Trang có diện tích ô lưới lớn nhất là 5000 m<sup>2</sup>, khu vực ven bờ, các đảo và công trình được chia chi tiết với ô lưới lớn nhất là 500 m<sup>2</sup> (Hình 7b); trên vịnh Vân Phong có diện tích ô lưới lớn nhất là 7000 m<sup>2</sup>, khu vực ven bờ, các đảo và công trình được chia chi tiết với ô lưới lớn nhất là 700 m<sup>2</sup> (Hình 7c); trên vịnh Cam Ranh có diện tích ô lưới lớn nhất là 6000 m<sup>2</sup>, khu vực ven bờ, các đảo và công trình được chia chi tiết với ô lưới lớn nhất là 600 m<sup>2</sup> (Hình 7d). Ô lưới nhỏ nhất trong miền tính các vịnh trên có diện tích là 26 m<sup>2</sup> [18].

## 2.6. Hiệu chỉnh và kiểm định

Bộ thông số mô hình Mike 21SW sau khi thiết lập được hiệu chỉnh với số liệu tại trạm Khí tượng Hải văn Trường Sa trong trận bão Damrey và kiểm định với số liệu trạm Khí tượng Hải văn Song Tử Tây. Đánh giá chất lượng mô phỏng bằng chỉ tiêu Nash–Sutcliffe với số liệu hiệu chỉnh là 0,90, với số liệu kiểm định là 0,87; chất lượng hiệu chỉnh và kiểm định đều đạt loại tốt (Hình 8a, 8b) [23].





**Hình 8.** (a) So sánh kết quả tính độ cao sóng từ mô hình Mike 21SW với số liệu quan trắc tại trạm Khí tượng Hải văn Trường Sa trong bão Damrey; (b) So sánh kết quả tính độ cao sóng từ mô hình Mike 21SW với số liệu quan trắc tại trạm Khí tượng Hải văn Song Tử Tây trong bão Damrey.

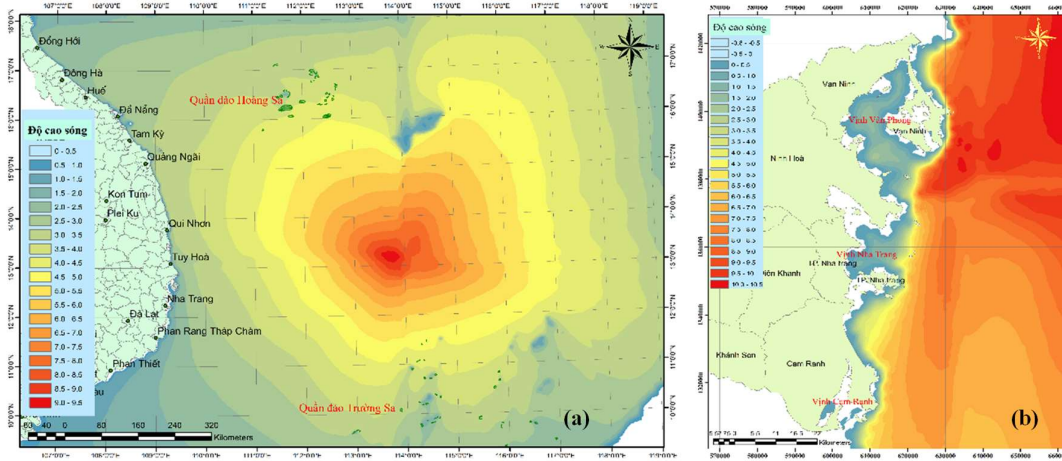
### 3. Kết quả và thảo luận

Mô hình Mike 21SW mô phỏng sóng khu vực nam Biển Đông khi bão Damrey đang phát triển và tăng cường độ trước khi đổ bộ vào đất liền, độ cao sóng lớn nhất ở rìa phía tây bắc của tâm bão. Mô hình thiết lập cho khu vực nam Biển Đông mô phỏng quá trình hình thành và phát triển của sóng bão, kết quả đầu ra được sử dụng làm biên cho mô hình được thiết lập cho vùng biển Khánh Hòa. Khi vị trí tâm bão ở khu vực giữa Biển Đông, sóng đang có xu hướng tăng dần với độ cao lớn nhất gần tâm bão từ 9–10 m; độ cao sóng đạt cực đại ngay trước khi đổ bộ vào Ninh Hòa. Do khu vực ngoài vịnh Vân Phong đến Vũng Rô ở gần phía bắc tâm bão nên có độ cao sóng lớn nhất từ 10–11 m; khu vực ngoài vịnh Nha Trang và Cam Ranh ở phía nam tâm bão nên sóng nhỏ hơn, với độ cao sóng lần lượt từ 7–8 m và từ 5–6 m (Hình 11).

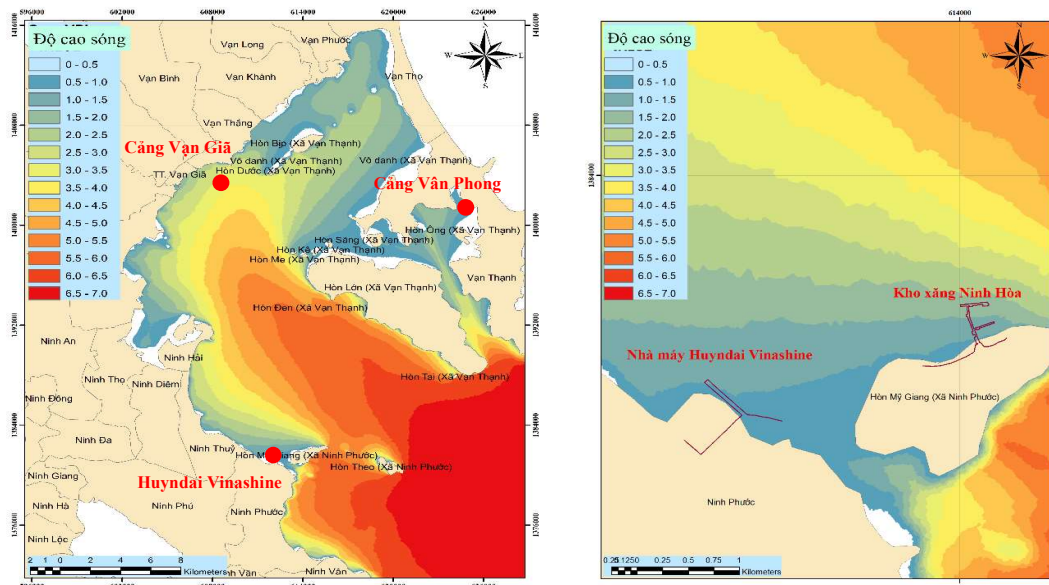
Cửa vịnh Vân Phong có độ cao sóng lớn nhất là ngay trước khi bão đổ bộ, tạo ra sóng lớn nhất từ 6–7 m và giảm mạnh khi vào sâu trong vịnh với độ cao sóng từ 1,0–1,5 m, riêng khu vực cảng Vạn Giã từ 2,5–3,5 m (Hình 10). Khu vực nhà máy đóng tàu Hyundai Vinashine và kho xăng Ninh Hòa mặc dù gần cửa vịnh Vân Phong, nhưng do được che chắn bởi đảo Hòn Mỹ Giang nên sóng giảm với độ cao từ 2,0–4,0 m (Hình 11). Khu vực cảng Vân Phong nằm trong luồng nhỏ giữa đảo Hòn Lớn và bán đảo Vạn Thạnh nên sóng giảm mạnh, với độ cao sóng từ 0,5–1,0 m (Hình 12a). Khu vực phía tây Diệp Sơn có độ cao sóng giảm mạnh do sự che chắn của đảo Hòn Bịp và Hòn Dước (Hình 12b).

Do phía bắc vịnh Nha Trang gần tâm bão nên sóng khu vực này là lớn nhất so với các khu vực khác của trong vịnh, độ cao sóng lớn nhất phía bắc vịnh Nha Trang từ 6–8m, khu vực phía tây nam đảo Hòn Tre có độ cao sóng nhỏ nhất do được đảo này che chắn (Hình 14a). Ngoài ra phía tây các đảo Trí Nguyên, Hòn Mun, Hòn Tằm, Hòn Một vừa có sự che chắn của các đảo này và đảo Hòn Tre nên sóng giảm mạnh và có độ cao từ 1–2 m; khu vực cảng Nha Trang và cáp treo Vinpearl Land có độ nằm ở phía tây nam đảo Hòn Tre nên sóng nhỏ hơn các khu vực khác với độ cao sóng từ 1–2 m (Hình 14b). Khu vực Bến Du Thuyền độ sâu giảm và tác động của công trình nên sóng giảm mạnh, với độ cao sóng từ 0,5–1,5 m (Hình 14a).





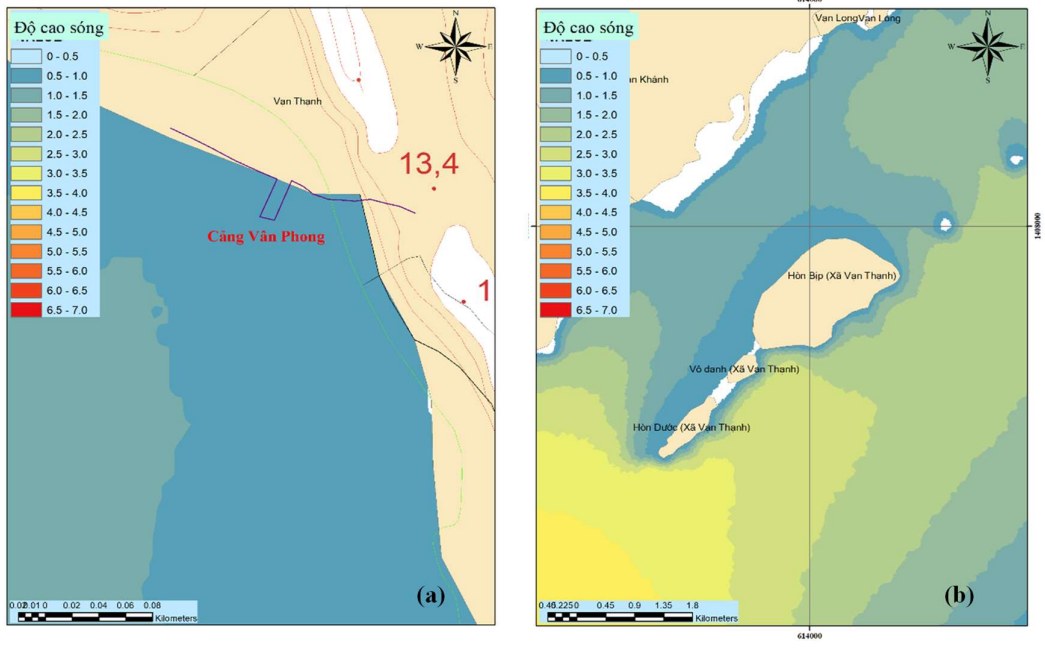
**Hình 9.** (a) Phân bố độ cao sóng trong bão Damrey trên khu vực giữa Biển Đông lúc 7h/3/11; (b) Phân bố độ cao sóng vùng biển Khánh Hòa thời điểm bão đổ bộ.



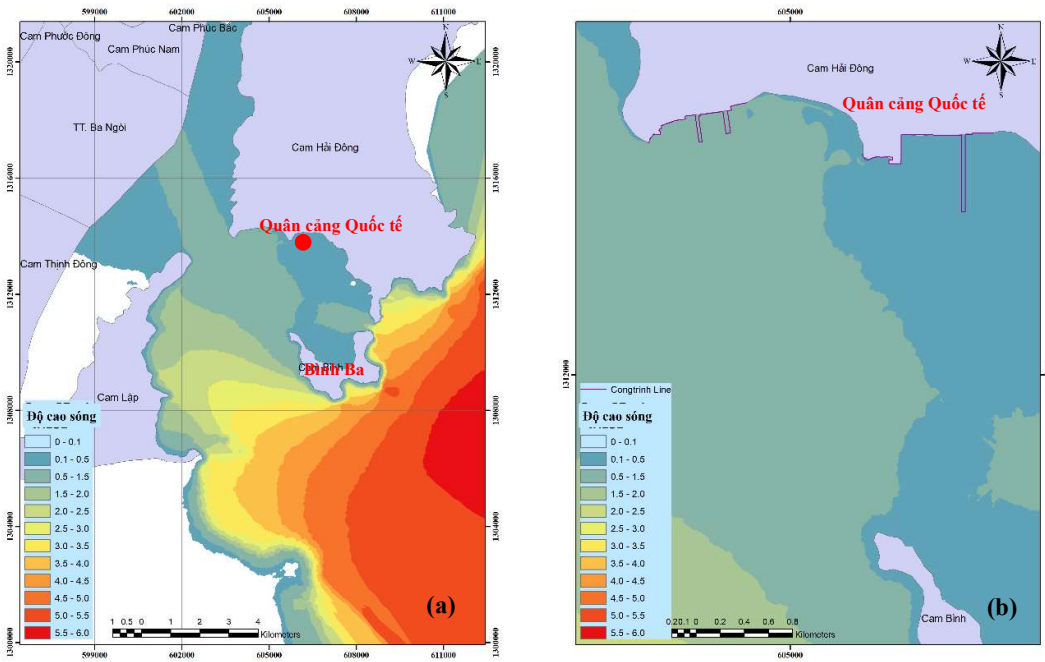
**Hình 10.** Phân bố độ cao sóng trong bão Damrey vịnh Vân Phong tại thời điểm bão đổ bộ.

**Hình 11.** Phân bố độ cao sóng trong bão Damrey cảng Hyundai Vinashine tại thời điểm bão đổ bộ.

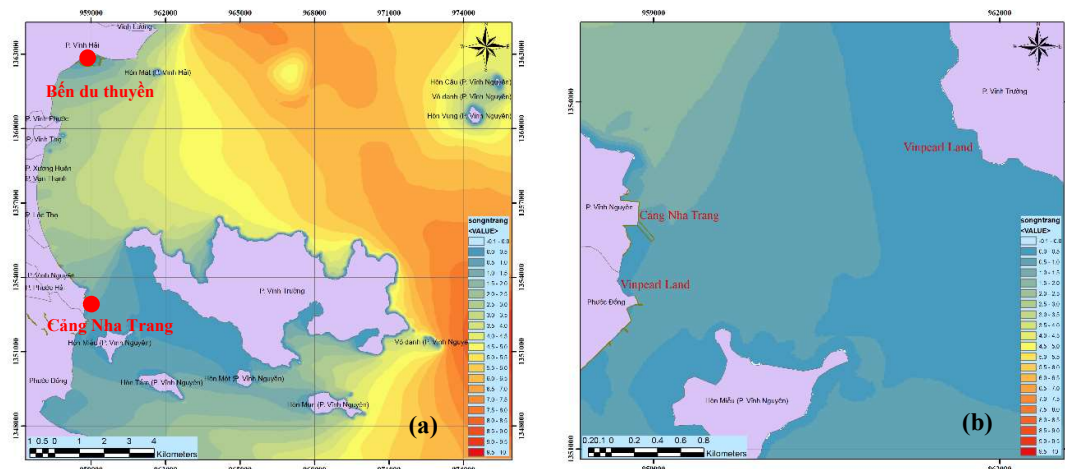
Vịnh Cam Ranh là một vịnh rất kín, với cửa ra nhỏ, phía trước có sự che chắn của đảo Bình Ba nên độ cao sóng giảm rất nhanh. Khu vực ngoài vịnh Cam Ranh có độ cao sóng lớn nhất từ 5–6 m, khu vực Cửa Lớn có độ cao sóng từ 4–5 m, Cửa Nhỏ từ 2–3 m; phía trong vịnh độ cao sóng chỉ từ 0,5–1,0 m (Hình 13a). Khu vực Quân cảng Quốc tế Cam Ranh, có sự che chắn của đảo Bình Ba, nên dù ở gần cửa vịnh Cam Ranh nhưng sóng khá nhỏ so với khu vực cửa ngoài vịnh, với độ cao sóng từ 1–2 m (Hình 13b).



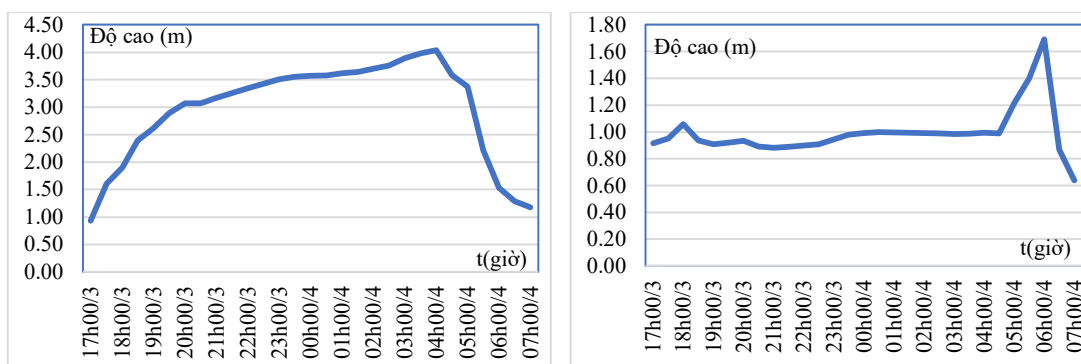
**Hình 12.** (a) Phân bố sóng bão Damrey cảng Vân Phong tại thời điểm bão đổ bộ; (b) Phân bố sóng bão Damrey đảo Diệp Sơn tại thời điểm bão đổ bộ.



**Hình 13.** (a) Phân bố sóng bão Damrey vịnh Cam Ranh tại thời điểm bão đổ bộ; (b) Phân bố sóng bão Damrey Quân cảng Quốc tế Cam Ranh tại thời điểm bão đổ bộ.



**Hình 14.** (a) Phân bố sóng bão Damrey vịnh Nha Trang tại thời điểm bão đổ bộ; (b) Phân bố sóng bão Damrey cảng Nha Trang và Vinpearl tại thời điểm bão đổ bộ.



**Hình 15.** (a) Diễn biến độ cao sóng khu vực Huynhai Vinashine do ảnh hưởng của bão Damrey; (b) Diễn biến độ cao sóng khu vực cảng Nha Trang do ảnh hưởng của bão Damrey.

Diễn biến sóng tại một số vị trí ven bờ biển Khánh Hòa cho thấy, tại khu vực nhà máy đóng tàu Huynhai Vinashine bắt đầu từ 17h ngày 3 có độ cao sóng tăng dần, độ cao sóng lớn nhất khoảng 4,0m; xuất hiện lúc 4h ngày 4, là thời điểm bão đổ bộ, sau đó độ cao sóng giảm rất nhanh. Trong khi đó tại cảng Nha Trang (cảng Cầu Đá), độ cao sóng dao động từ 0,9m đến 1,1m, tăng nhanh lúc 4h ngày 4, độ cao sóng lớn nhất khoảng 1,7 m, xuất hiện lúc 6h ngày 4, sau đó độ cao sóng giảm nhanh (Hình 15a–15b).

#### 4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, mô hình Mike 21SW được thiết lập để tính toán sóng trong bão Damrey đổ bộ vào ven biển Khánh Hòa–Phú Yên tháng 11 năm 2017. Mô hình được thiết lập trên 02 lưới tính, bao gồm lưới tính có độ phân giải thô trên phạm vi Biển Đông và lưới tính chi tiết cho ven biển tỉnh Khánh Hòa. Một số kết quả đạt được có thể được tóm tắt như sau:

- Mô hình đã được kiểm chứng với số liệu quan trắc tại điểm nước sâu, kết quả mô phỏng phù hợp với quan trắc kể cả về xu thế và độ cao sóng.
- Kết quả mô phỏng cho thấy độ cao sóng tương đồng với phân bố gió trong bão Damrey. Địa hình ven bờ, bao gồm các đảo đã làm suy giảm đáng kể độ cao sóng khi lan truyền vào bờ. Nhìn chung, các công trình biển trọng điểm của tỉnh Khánh Hòa được xây dựng ở những nơi được các đảo che chắn nên tác động của sóng bão Damrey là không lớn.
- Mặc dù đảo Hòn Lớn ở cửa vịnh Vân Phong, nhưng do Damrey là cơn bão mạnh và vịnh Vân Phong ở gần phía bắc tâm bão nên độ cao sóng trong vịnh vẫn còn khá lớn. Chính

vì vậy, thiệt hại tới nuôi trồng hải sản trên vịnh là rất lớn, đặc biệt là các lồng bè nuôi trồng hải sản ở khu vực giữa vịnh bị thiệt hại hoàn toàn do sóng lớn.

Trong nghiên cứu này, mô hình Mike 21SW mới được kiểm chứng tại vị trí nước sâu trên lưới tính Biển Đông, việc kiểm chứng mô hình đối với vùng nước nông ven bờ, nơi chế độ sóng phức tạp bị chi phối bởi nhiều yếu tố cần triển khai thực hiện trong nghiên cứu tiếp theo.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: B.V.C., N.B.T.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: B.V.C., N.B.T.; Xử lý số liệu: B.V.C., N.Đ.H.; Thiết lập mô hình: B.V.C., N.B.T.; Ứng dụng thử nghiệm: B.V.C., N.Đ.H.; Viết bản thảo bài báo: B.V.C., N.B.T.; Chỉnh sửa bài báo: B.V.C., N.B.T.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được thực hiện dựa trên kết quả nghiên cứu đề tài cấp tỉnh “Điều tra, đánh giá xác định nguyên nhân và đề xuất các giải pháp nhằm ổn định các cửa sông và vùng bờ ven biển tỉnh Khánh Hòa”.

**Lời cam đoan:** Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

### Tài liệu tham khảo

1. Thomas, J.; Dwarakish, G.S. International conference on water resources coastal and ocean engineering. *Aquatic Procedia* **2015**, 4, 443–448.
2. Tiến, T.Q.; Khánh, P.N. Kết nối mô hình SWAN với WAM thành hệ thống dự báo sóng biển cho vùng vịnh Bắc Bộ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2014**, 646, 48–54.
3. Mackay, E.B.L. Resource Assessment for Wave Energy. *Compr. Renewable Energy* **2012**, 8, 11–77.
4. Hoàn, P.S.; Mậu, L.Đ.; Tuấn, N.V.; Thịnh, N.Đ.; Công, N.C. Nghiên cứu các đặc trưng của trường sóng trong vịnh Nha Trang bằng mô hình Mike 21. *Tuyển Tập Nghiên Cứu Biển* **2015**, 21, (2), 1–12.
5. Chung, T.V.; Tiến, N.M.; Quang, V.V. Phát triển mô hình sóng – dòng qua cặp mô hình FEM và SWAN tại vịnh Nha Trang. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Duy Tân* **2020**, 06(43), 52–59.
6. Strauss, D.; Mirferendesk, H.; Tomlinson, R. Comparison of two wave models for Gold Coast – Australia. *J. Coastal Res.* **2007**, 50 (ICS 2007), 312–316.
7. Fonseca, R.B.; Gonçalves, M.; Guedes Soares, C. Comparing the Performance of Spectral Wave Models for Coastal Areas. *J. Coastal Res.* **2007**, 33(2), 331–346.
8. Akdogan, F. Spectral wave analysis of using MIKE 21 SW and artificial neural network (ANN). *Inst. Nat. Applied Sci.* **2015**, pp. 150. <https://tez.yok.gov.tr>.
9. Mỹ, T.V. Nghiên cứu động lực học của sóng sau đới sóng đổ tại bãi biển Nha Trang. Luận văn thạc sĩ – Đại học Khoa học Tự nhiên – Đại học Quốc gia Hà Nội, 2015.
10. Bình, N.T. Nghiên cứu mô phỏng biến động của mặt cắt nuôi bãi đánh giá khả năng ứng dụng tại khu vực phía bắc vịnh Nha Trang. Luận văn thạc sĩ – Đại học Thủy lợi, 2015.
11. Hữu, V.V.; Cường, N.K.; Ưu, Đ.V.; Huân, N.M.; Việt, N.T. Đặc trưng trường sóng và diễn biến đường bờ bãi tắm khu vực vịnh Nha Trang. *Tạp chí Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* **2015**, 31(3S), 172–185.
12. Tiến, N.N. Ứng dụng mô hình Mike 21/3FM couple nghiên cứu quá trình vận chuyển trầm tích tại vịnh Cam Ranh. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển* **2014**, 14(3), 229–237.
13. Báo cáo thiệt hại Con bão số 12. Ban chỉ huy Phòng chống thiên tai và Tìm kiếm cứu nạn tỉnh Khánh Hòa, 2017.



14. Hương, N.T. Báo cáo tổng hợp đề tài cấp tỉnh: Nghiên cứu bổ sung đặc điểm khí hậu thủy văn tỉnh Khánh Hòa. Sở Khoa học Công nghệ tỉnh Khánh Hòa, 2014.
15. Màu, L.Đ. Báo cáo tổng hợp đề tài cấp tỉnh: Đặc điểm khí tượng, hải văn, động lực biển tỉnh Khánh Hòa. Sở Khoa học Công nghệ tỉnh Khánh Hòa, 2019.
16. Mike 21 Spectral Wave Module. Scientific Documentation. DHI, 2014.
17. <https://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily>.
18. Mike 21 Spectral Waves FM Module. User Guide. DHI, 2014.
19. <https://earthexplorer.usgs.gov>.
20. Báo cáo tình hình gió, mưa, lũ do ảnh hưởng của Bão số 12. Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ, 2017.
21. Implementing Inverse Distance Weighted (IDW). ArcGIS 9.2 Desktop Help. <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2>.
22. Chanh, B.V. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp tỉnh: Điều tra, đánh giá xác định nguyên nhân và đề xuất các giải pháp nhằm ổn định các cửa sông và vùng bờ ven biển tỉnh Khánh Hòa. Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Khánh Hòa, 2021.
23. Moriasi, D.N.; Arnold, J.G.; Liew, M.W. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Am. Soc. Agric. Biolo. Eng.* 2007, 50, 885–900.

## Assessing the impact of coastal topography in Khanh Hoa province on wave distribution in Damrey typhoon by Mike model 21SW

Bui Van Chanh<sup>1\*</sup>, Nguyen Dang Hung<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Southern Central Region Hydro–Meteorology Center, Vietnam Meteorological and Hydrological Administration; [buivanchanh@gmail.com](mailto:buivanchanh@gmail.com); [hungntb@gmail.com](mailto:hungntb@gmail.com)

**Abstract:** The Damrey is the strongest typhoon that has ever landed on Khanh Hoa province and caused great damage, especially the coastal communes/wards of Van Ninh district, Ninh Hoa town, and Nha Trang City. In which, waves in storms caused great damage; however, the coastal topography of Khanh Hoa province has affected the complex distribution of waves. Therefore, detailed simulation of the wave in Damrey typhoon is very important in the preparedness natural risk plan, planning and design of aquaculture projects in Khanh Hoa province. To simulate the wave field in storm Damrey, the Mike 21SW model is applied to set up 03 mesh which was interlocked, with a detailed grid resolution of the coastal area of Khanh Hoa province is 450m. ERA Interim reanalyzed wind data are used to simulate waves in the East Sea southern region, wind data from coastal and marine stations in the South Central Region are interpolated by IDW method for coastal areas of Khanh Hoa province. The wave height simulation results show that the area of Van Phong bay is from 0.5 to 7.0 m, the area of Nha Trang bay from 0.5 to 8.0 m, the area of Cam Ranh bay from 0.3 to 6, 0 m. The largest wave in coastal Khanh Hoa province is at the mouth of Van Phong bay, with a height from 9 to 10 m.

**Keywords:** Mike 21SW model; Damrey typhoon; Wave on nearshore Khanh Hoa.