

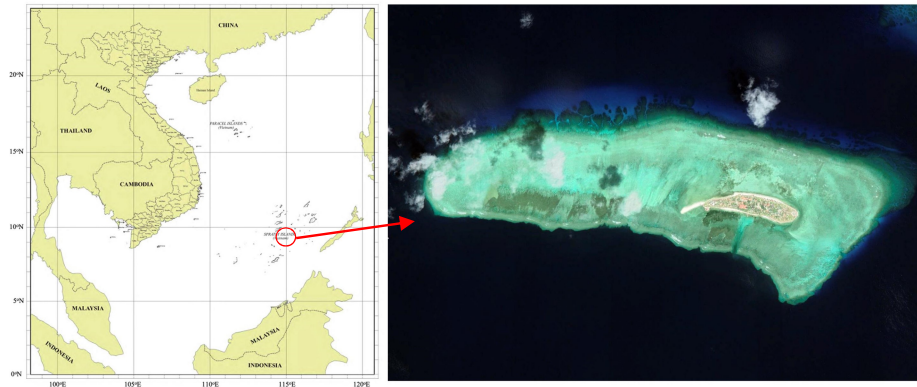
NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA TRƯỜNG THỦY ĐỘNG LỰC ĐẾN ĐỊA HÌNH ĐÁY BIỂN ĐẢO NAM YẾT - TRƯỜNG SA

KHƯƠNG VĂN LONG ⁽¹⁾, NGUYỄN ĐÌNH HẢI ⁽¹⁾,
LÊ VĂN TUẤN ⁽¹⁾, HOÀNG VĂN THÀNH ⁽¹⁾

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đảo Nam Yết có diện tích khoảng 0,104 km² (2020) là đảo nổi lớn thứ 3 trong các đảo thuộc quần đảo Trường Sa do Việt Nam quản lý, đảo có vị trí chiến lược quan trọng đối với các hoạt động huấn luyện, tác chiến và bảo vệ chủ quyền biển đảo của Tổ quốc. Đảo có hình bầu dục, hơi hẹp ngang, kéo dài theo hướng Đông - Tây, dài khoảng 650 m, rộng khoảng 170 m, được bao bọc bởi một thềm san hô ngập nước lan rộng từ 300 - 1000 m so với bờ đảo. Đảo cao 3 - 4 m khi thủy triều xuống thấp nhất, bãi san hô ngập nước bao quanh đảo, lan ra cách bờ đến trên 300 m. Khi thủy triều xuống thấp nhất, mặt bãi san hô trồi cao lên khỏi mặt nước khoảng 0,2 - 0,4 m [1].

Bờ đảo tại đây thường xuyên phải chịu các quá trình tương tác qua lại giữa đất và yếu tố thủy động lực. Trên thực tế bờ đảo luôn biến đổi một cách liên tục dưới tác động của sóng và dòng chảy tại nhiều phạm vi không gian và thời gian khác nhau. Phía Tây của đảo xuất hiện sự thay đổi hình dạng của doi cát theo 2 mùa gió Đông Bắc và Tây Nam. Quá trình tác động của sóng và dòng chảy ven đảo diễn ra liên tục trong nhiều ngày hoặc nhiều năm, có thể gây ra hiện tượng xói lở hoặc bồi tụ bờ biển kéo dài trên một vùng rộng vài chục mét đến hàng trăm mét [2].



Hình 1. Vị trí đảo Nam Yết và ảnh viễn thám khu vực vùng biển quanh đảo Nam Yết

Vùng biển khu vực đảo Nam Yết có chế độ thủy động lực phức tạp, có ảnh hưởng không nhỏ tới địa hình đáy biển và chưa được nghiên cứu, đánh giá tại nước ta do vị trí địa lý xa xôi giữa Biển Đông và nằm trong khu vực quần đảo Trường Sa đang có sự chiếm đóng trái phép của nhiều nước khác. Do đó, nghiên cứu về đặc điểm thủy động lực và đặc điểm địa hình đáy biển, sự biến đổi địa hình đáy biển là công tác quan trọng để đưa ra được bức tranh tổng quát về một số đặc điểm cơ bản của yếu tố tự nhiên tại đây. Bên cạnh đó, nghiên cứu còn giúp nước ta khẳng định vững chắc chủ quyền của Tổ quốc với đảo Nam Yết nói riêng và quần đảo Trường Sa nói chung.

Phương pháp nghiên cứu ngày càng phát triển cụ thể và chi tiết hơn. Theo đó, các nghiên cứu về đặc điểm thủy động lực, sự biến đổi của đường bờ và đáy biển đã tương đối toàn diện, có thể kể đến như: Khả năng phân tích, tổng hợp các quá trình xảy ra trong tự nhiên và diễn giải, giải thích các hiện tượng phức tạp và sử dụng mô hình số [3].

Trong những thập kỷ gần đây, khoa học mô hình số đang hỗ trợ cho việc nghiên cứu động lực học của cửa sông và đại dương đã có những bước tiến vượt bậc cả về mặt lý thuyết toán học về các hệ phương trình cơ bản để mô tả các quá trình động lực học và lý thuyết về sự rời rạc của các hệ phương trình cơ bản. Sự xuất hiện của các mô hình số 2D và 3D để mô phỏng quá trình thủy động lực học biển cho phép tái tạo hoặc dự đoán trường sóng, dòng chảy, sự phân bố trầm tích, sự tiến hóa của đường bờ và quá trình biến đổi địa hình đáy biển,... [4].

Từ đó, việc sử dụng mô hình số để mô phỏng các đặc điểm trường thủy động lực, vận chuyển trầm tích và bồi tụ - xói lở địa hình đáy biển tại khu vực đảo Nam Yết là phù hợp với thực trạng nghiên cứu trong nước và quốc tế. Có thể đánh giá, đưa ra được bức tranh của chế độ thủy động lực, đặc điểm địa hình đáy biển và sự biến đổi của chúng theo không gian và thời gian. Làm cơ sở cho công tác quy hoạch, đề xuất xây dựng công trình biển, lập kế hoạch tôn tạo, nạo vét luồng lạch, phòng chống xói lở, sụt lún và phục vụ cho các hoạt động huấn luyện, tác chiến hải quân bảo vệ vững chắc chủ quyền, hải đảo thiêng liêng của Tổ quốc.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Sử dụng bộ mô hình MIKE của Viện Nghiên cứu Thủy lực Đan Mạch với các module MIKE 21 SW để tính sóng, module MIKE 21 FM-HD để tính toán và mô phỏng thủy lực và module MIKE 21 ST tính vận chuyển trầm tích, biến đổi địa hình đáy biển.

2.1. Module thủy lực FM - HD

Đặc trưng dòng chảy được giải bằng phương pháp lưới phân tử hữu hạn. Module này dựa trên nghiệm số của hệ các phương trình Navier-Stokes trung bình Reynolds cho chất lỏng không nén được 2 hoặc 3 chiều kết hợp với giả thiết Boussinesq và giả thiết xấp xỉ thủy tĩnh. Do đó, module bao gồm các phương trình: phương trình liên tục, động lượng, nhiệt độ, độ muối và mật độ và chúng được khép kín bởi sơ đồ khép kín rồi [5, 6].

Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} + \frac{\partial hw}{\partial z} = hS \quad (1)$$

Phương trình động lượng theo phương ngang:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{h}u}{\partial t} + \frac{\partial \bar{h}u^2}{\partial x} + \frac{\partial \bar{h}uv}{\partial y} + \frac{\partial \bar{h}uw}{\partial z} = f\bar{v}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} \\ - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial s_{xz}}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial z} (hT_{xz}) + hu_s S \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{h}v}{\partial t} + \frac{\partial \bar{h}v^2}{\partial y} + \frac{\partial \bar{h}uv}{\partial x} + \frac{\partial \bar{h}vw}{\partial z} = f\bar{u}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} \\ - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial s_{yz}}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) + \frac{\partial}{\partial z} (hT_{yz}) + hv_s S \end{aligned} \quad (3)$$

Với S là lưu lượng thải do nguồn điểm; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ là gia tốc trọng trường, t là thời gian; x, y là tọa độ Decartes; $h = \eta + d$ là chiều cao cột nước; η là dao động mực nước; d là độ sâu; $f = 2\Omega \sin \theta$ là tham số Coriolis; θ là vĩ độ địa lý; ρ là mật độ nước; ρ_0 là mật độ tiêu chuẩn; p_a là áp suất khí quyển; T_{xx}, T_{yy}, T_{xy} là các thành phần ứng suất nhớt tổng cộng.

Các phương trình truyền tải nhiệt độ và độ mặn:

$$\frac{\partial \bar{h}T}{\partial t} + \frac{\partial \bar{h}uT}{\partial x} + \frac{\partial \bar{h}vT}{\partial y} + \frac{\partial \bar{h}wT}{\partial z} = hF_T + h\widehat{H} + hT_s S \quad (4)$$

$$\frac{\partial \bar{h}S}{\partial t} + \frac{\partial \bar{h}uS}{\partial x} + \frac{\partial \bar{h}vS}{\partial y} + \frac{\partial \bar{h}wS}{\partial z} = hF_s + h\widehat{H} + hS_s S \quad (5)$$

Trong đó H là hệ số khuếch tán rối thẳng đứng; S là số hạng nguồn do trao đổi nhiệt với khí quyển; T_s và S_s là nhiệt độ và độ muối của nguồn; F_T và F_s là các số hạng khuếch tán theo phương ngang.

2.2. Module phổ sóng SW

Module này tính toán sự phát triển, suy giảm và truyền sóng tạo ra bởi gió và sóng lừng ở ngoài khơi và khu vực ven bờ. Động lực học của sóng trọng lực được mô phỏng dựa trên phương trình mật độ tác động sóng (wave action density).

Phương trình cơ bản chính là phương trình cân bằng tác động sóng được xây dựng cho cả hệ tọa độ Decartes và tọa độ cầu [5]. Phương trình cho tác động sóng được viết như sau:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{v}N) = \frac{S}{\sigma} \quad (6)$$

Trong đó $N(\sigma, \theta)$ là mật độ tác động; t là thời gian; $\vec{v}$ là vận tốc truyền sóng trong không gian và S là số hạng nguồn cho phương trình cân bằng năng lượng. ∇ là toán tử trong không gian $\vec{v}, \sigma$ và θ .

Module phổ sóng bao gồm các hiện tượng vật lý như sau: sóng phát triển bởi tác động của gió; tương tác sóng - sóng là phi tuyến; tiêu tán sóng do sự bạc đầu; tiêu tán sóng do ma sát đáy; tiêu tán sóng do sóng vỡ; khúc xạ và hiệu ứng nước nông do sự thay đổi độ sâu; tương tác sóng - dòng chảy; ảnh hưởng của thay đổi độ sâu theo thời gian.

2.3. Module vận chuyển bùn cát ST

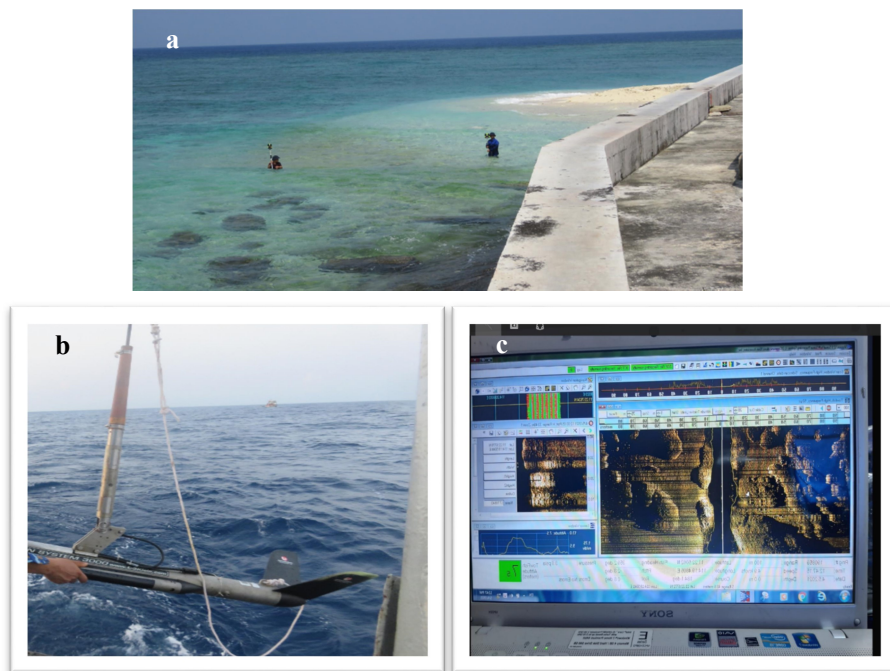
Module này tính toán tốc độ vận chuyển trầm tích (cát) không kết dính dưới tác động của cả sóng và dòng chảy. Các thành phần vận chuyển trầm tích có thể gây ra biến đổi đáy. Việc tính toán được thực hiện dưới điều kiện thủy động lực cơ bản tương ứng với độ sâu đã cho. Không có sự tương tác trở lại của thay đổi độ sâu đến sóng và dòng chảy. Do đó, kết quả cung cấp bởi MIKE 21 ST có thể được sử dụng để xác định khu vực có khả năng xói hoặc bồi và để chỉ ra tốc độ biến đổi đáy nhưng không xác định được việc cập nhật độ sâu ở cuối mỗi chu kỳ tính toán [6].

Đặc trưng chính của module vận chuyển trầm tích không kết dính MIKE 21 ST được mô tả từ các đặc trưng của vật chất đáy có thể không đổi hoặc biến đổi theo không gian (ví dụ tỉ lệ và cỡ hạt trung bình).

Thiết lập các thông số của mô hình sao cho phù hợp nhất với đặc điểm trầm tích tại khu vực nghiên cứu chủ yếu là san hô và đá cuội. Các yếu tố chính ảnh hưởng tới sự biến đổi của địa hình đáy biển như: hệ số biến đổi hình thái (Granding coefficient = 2,1); độ xốp lớp trầm tích (Bed Porosity = 0,2); độ dày lớp trầm tích (Sediment layer thickness = 2,0 m).

2.4. Thiết lập mô hình

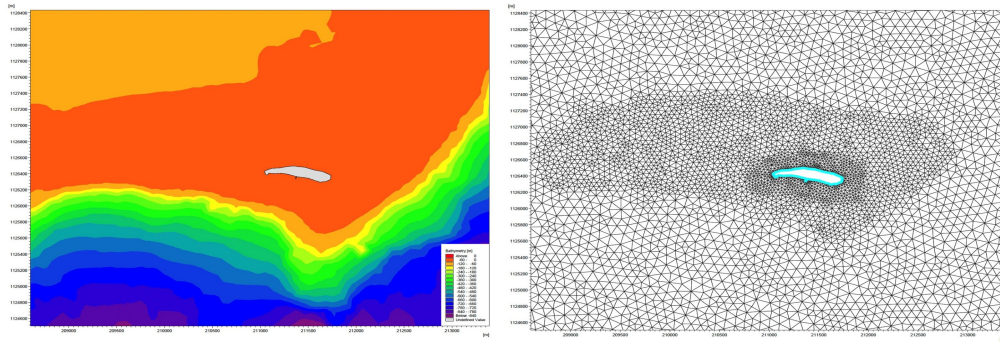
2.4.1. Thiết lập miền tính, lưới tính



Hình 2. Đo sâu bằng sào (a), quét Side Scan Sonar bằng máy Klein 3000 (b) và quá trình thu thập dữ liệu đo độ sâu bằng phần mềm Hypack (c)

Dữ liệu độ sâu đáy biển hiện có đến năm 2020 bởi Đoàn Đo đạc biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển và dữ liệu của đề tài KCB-TS. 02. Sử dụng công nghệ đo sâu đa tia bằng máy SeaBeam 3030, quét Side Scan Sonar bằng máy Klein 3000 và đo sâu bằng sào tại các khu vực nước nông ven bờ để thu thập dữ liệu độ sâu (Hình 2).

Trung tâm miền tính được xác định là vị trí tâm đảo Nam Yết, miền tính được tính từ tâm ra biên phía Đông - Tây hơn 1,5 km và mở theo 2 hướng Bắc - Nam 1,0 km, với diện tích hơn 6 km². Độ sâu lớn nhất trong miền tính là gần 900 m tại phía Nam của miền tính. Miền tính toán bao gồm 4 biên lồng xung quanh 4 phía của đảo.



Hình 3. Miền tính (*trái*) và lưới tính toán (*phải*) khu vực đảo Nam Yết

Lưới tính toán có kích thước giảm dần từ ngoài khơi vào bờ đảo. Lưới được chia chi tiết nhất từ đường đồng mức độ sâu 10 m (kích thước 5 - 20 m) và thô dần khi ra ngoài khơi (kích thước 30 - 70 m) (Hình 3).

2.4.2. Dữ liệu đầu vào

Để tính toán đặc điểm thủy động lực và vận chuyển trầm tích, biến đổi địa hình địa mạo đáy biển khu vực đảo Nam Yết, nghiên cứu đã sử dụng các số liệu làm điều kiện biên và điều kiện ban đầu như sau:

- Số liệu gió: Thu thập trong thời gian 20 năm (2000 - 2020) từ nguồn dữ liệu tái phân tích của European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) [7];

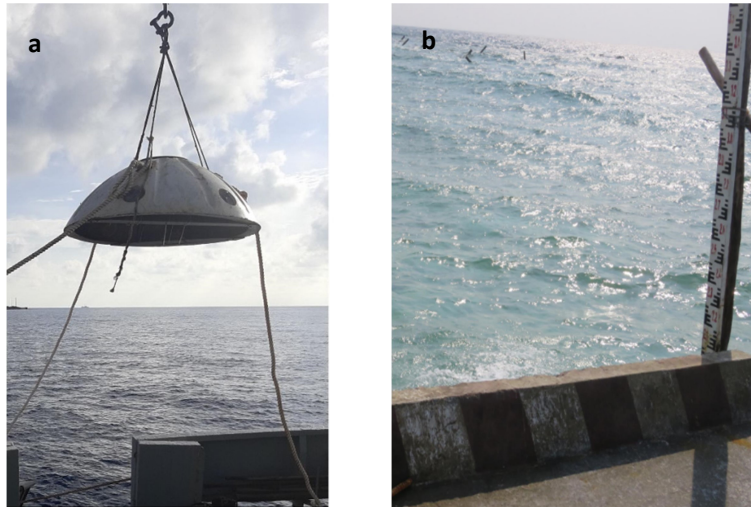
- Số liệu sóng: Thu thập từ dữ liệu tái phân tích ECMWF [7] được dùng để làm điều kiện biên cho module SW nhằm làm tăng độ chính xác của kết quả mô phỏng trường sóng tại khu vực nghiên cứu;

- Số liệu mực nước tại các biên: Sử dụng mực nước từ phân tích hằng số điều hòa toàn cầu của mô hình Mike 21;

- Dữ liệu về đặc điểm trầm tích: Qua công tác lấy mẫu chất đáy tại thực địa, thấy rằng cấu trúc địa mạo đáy biển tại khu vực này chủ yếu là đá, san hô và cát. Phân tích các mẫu chất đáy, sử dụng đường kính cấp phối hạt $d_{50} = 10$ mm cho mô hình toán.

Bên cạnh đó, nghiên cứu sử dụng các dữ liệu thực đo về sóng, dòng chảy bằng máy AWAC và dữ liệu mực nước từ quan trắc bằng thước nước tại đảo (Hình 4) để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình toán:

- Số liệu đo sóng: Thu thập từ số liệu đo đạc thực tế từ 01/6 đến 14/6/2018 tại tọa độ $114^{\circ}21'59''$ E; $10^{\circ}10'32''$ N;
- Số liệu đo dòng chảy: Thu thập từ đo đạc thực tế từ 08/10 đến 18/10/2020 tại tọa độ $114^{\circ}22'10''$ E; $10^{\circ}10'52''$ N;
- Số liệu quan trắc mực nước: Thu thập từ đo đạc thực tế bằng quan trắc thước nước từ 01/10 đến 21/10/2020 tại tọa độ $114^{\circ}21'57''$ E; $10^{\circ}10'43''$ N.



Hình 4. Thu thả máy AWAC (a) và đọc giá trị mực nước trên thước nước (b) tại khu vực nghiên cứu tháng 10 năm 2020

2.4.3. Thời gian mô phỏng, tính toán

Thời gian mô phỏng theo các giai đoạn khác nhau để hiệu chỉnh, kiểm định, chọn bộ thông số tốt nhất cho mô hình toán. Cụ thể, tiến hành mô phỏng, tính toán theo thứ tự 3 chuỗi thời gian như sau:

- Từ ngày 25/5/2018 đến 25/6/2018: mô phỏng, hiệu chỉnh mô hình toán;
- Từ ngày 25/9/2020 đến ngày 31/10/2020: kiểm định mô hình;
- Từ ngày 31/12/2000 đến ngày 31/12/2020: tính toán trường sóng, trường dòng chảy và biến đổi địa hình đáy biển của khu vực đảo Nam Yết. Nghiên cứu đánh giá đặc trưng thủy động lực và vận chuyển trầm tích, biến đổi địa hình đáy biển sau 20 năm dựa trên nguồn số liệu địa hình đáy biển cập nhật năm 2020 và dữ liệu trường khí tượng lịch sử (từ năm 2000 đến năm 2020). Đây là những nguồn dữ liệu tốt nhất trong quá trình thu thập để thực hiện nghiên cứu.

2.4.4. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

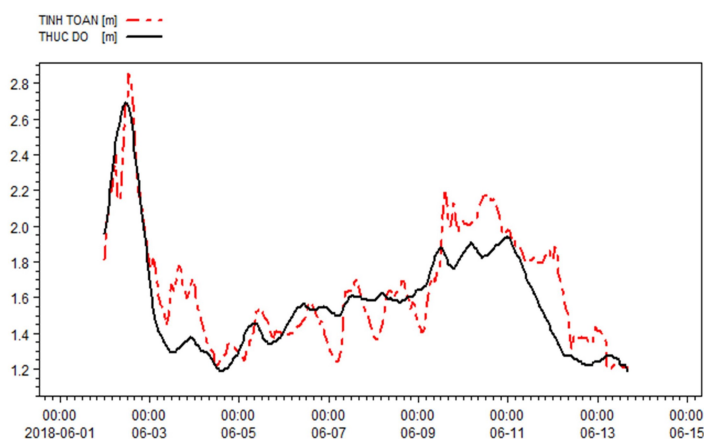
Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình bằng việc so sánh giữa giá trị tính toán và thực đo thông qua chỉ tiêu Nash (Nash Sutcliffe Efficiency - NSE) hay còn gọi là hệ số hiệu quả với phân cấp các chỉ tiêu thống kê đánh giá mức độ tin cậy kết quả mô phỏng của mô hình như sau:

Bảng 1. Phân cấp chỉ tiêu thống kê đánh giá mức độ tin cậy kết quả mô phỏng của mô hình [8]

	Không đạt	Đạt	Tốt	Rất tốt
NSE	0 - 0,5	0,5 - 0,65	0,65 - 0,75	0,75 - 1,00

a. Hiệu chỉnh mô hình

Thời gian hiệu chỉnh từ ngày 25/5 đến 25/6/2018. Khoảng giá trị độ cao sóng tính toán được gần đúng với khoảng giá trị thực đo. Chênh lệch giữa độ cao sóng thực đo và tính toán nhỏ nhất là 0,006 m và lớn nhất là 0,5 m. Trung bình độ cao sóng tính toán là 1,65 m lớn hơn 0,07 m so với trung bình giá trị thực đo, hệ số hiệu quả Nash = 69,1% (Hình 5). Nhưng nhìn chung, xu hướng của sóng tính toán khá giống với sóng thực đo.



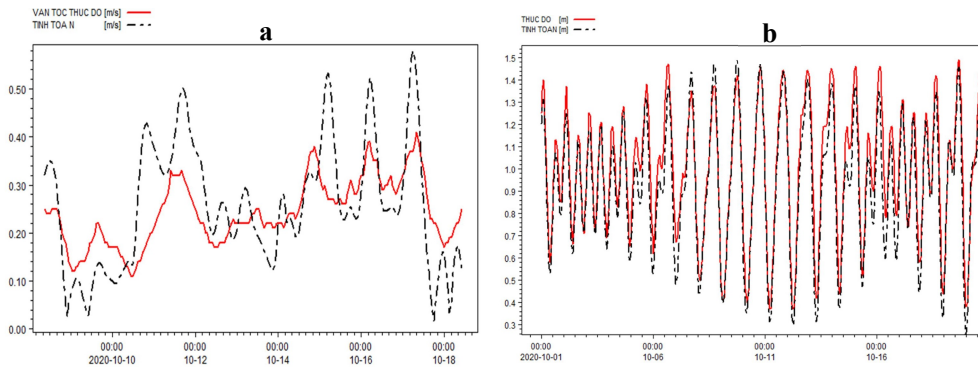
Hình 5. So sánh độ cao sóng tính toán và thực đo tháng 6 năm 2018

b. Kiểm định mô hình

Thời gian kiểm định từ ngày 01/10/2020 đến ngày 21/10/2020. Kiểm định mô hình thông qua dữ liệu thực đo dòng chảy và mực nước.

Giá trị vận tốc dòng chảy giữa tính toán và thực đo chênh lệch lớn nhất ở khoảng 0,2 m/s, còn mực nước có sự đồng nhất về độ lớn và pha ở đạt, hệ số hiệu quả Nash = 54,5%. Kết quả này cho thấy mô phỏng chế độ thủy động lực khá phù hợp so với thực tế tại vùng nghiên cứu (Hình 6a).

Mực nước qua tính toán cho thấy độ phù hợp khá cao với quan trắc thực tế, vào những ngày nước lớn độ cao mực nước chênh lệch chỉ nhỏ hơn 10 cm, còn vào những ngày nước ròng và đổi con nước chênh lệch độ cao mực nước đạt giá trị lớn hơn, lên tới 25 cm, hệ số hiệu quả Nash = 95,4%. Nhìn chung, xu hướng mực nước biển gần như đồng nhất cả về độ lớn và pha (Hình 6b).



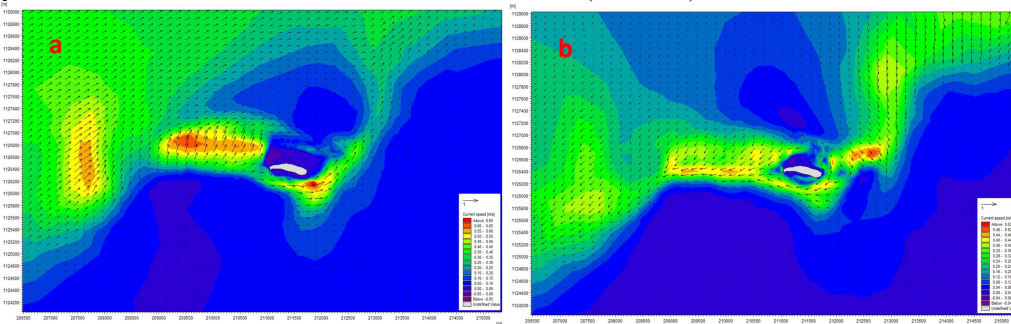
Hình 6. So sánh tốc độ dòng chảy (a) và mực nước biển (b) giữa tính toán và thực đo tháng 10 năm 2020

Quá trình hiệu chỉnh và kiểm định sử dụng các chuỗi số liệu với đặc trưng và thời gian khác nhau nhằm đưa ra được mô hình số phù hợp nhất với điều kiện tự nhiên của khu vực nghiên cứu. Từ đó, tiến hành mô phỏng trường thủy động lực và tính toán biến đổi địa hình đáy biển tại đây.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

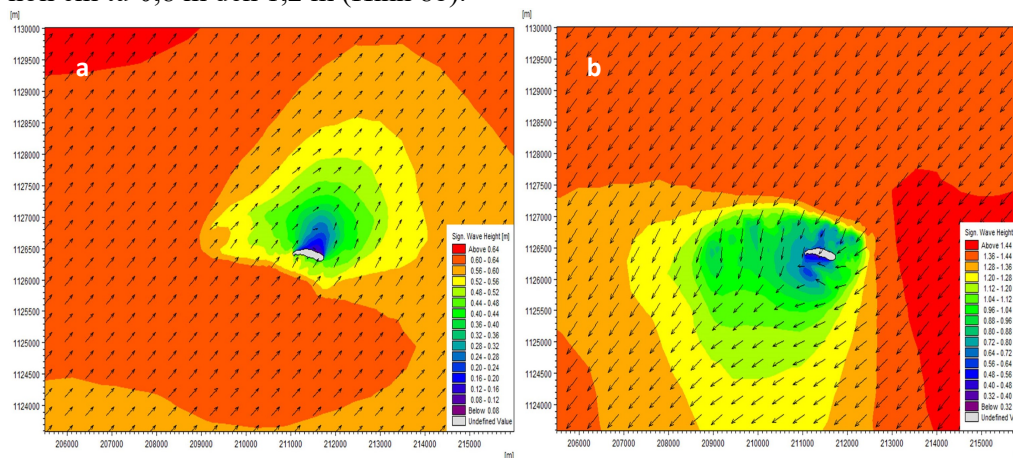
3.1. Đặc điểm trường thủy động lực

Dòng chảy trong mùa gió Đông Bắc có hướng Nam ở phía Đông Bắc đảo với tốc độ từ 0,24 đến 0,35 m/s, khi càng tiến gần bờ đảo bị bẻ thành hướng Đông Nam ở phía Đông của đảo với tốc độ có thể đạt tới 0,55 m/s và chuyển thành hướng Tây khi chảy xuống phía Nam đảo với tốc độ khoảng 0,2 - 0,4 m/s. Ở phía Tây đảo là sự tương tác giữa dòng chảy hướng Tây Nam và dòng chảy hướng Tây, chúng hòa trộn vào nhau trong dải tương tác với độ dài gần 1,0 km và tốc độ có thể đạt tới 0,48 m/s (Hình 7b). Dòng chảy trong mùa gió Tây Nam có hướng Đông Bắc là chủ đạo, với tốc độ lớn nhất có thể đạt 0,7 m/s tại vị trí cách đảo 100 m về phía Đông Nam và 1,5 km về phía Tây. Dòng chảy có hướng Bắc ở phía Tây đảo và hướng Đông ở phía Nam đảo do đặc điểm địa hình đảo gây nên sự chuyển hướng. Ở phía Tây của đảo, dòng chảy có xu hướng được cường hóa, tốc độ lớn hơn từ 0,5 đến 0,8 m/s trong phạm vi khu vực dài hơn 5 km cách đảo 2,5 km (Hình 7a).



Hình 7. Trường dòng chảy mùa gió Tây Nam (a) và mùa gió Đông Bắc (b) khu vực đảo Nam Yết

Trường sóng trong mùa gió Tây Nam có hướng chủ đạo là Tây Nam với độ cao sóng trung bình từ 0,45 m đến 0,7 m. Sóng có độ cao khoảng 0,65 m ở phía Tây Nam đảo và nhỏ dần khi lan truyền vào vùng thềm đảo còn 0,45 m và chỉ còn 0,3 m khi lan truyền vào bờ đảo. Phía Đông Bắc đảo do được địa hình che chắn khỏi gió Đông Bắc nên độ cao khá nhỏ, chỉ đạt 0,2 m ở ven bờ đảo và lớn hơn khi càng xa đảo (Hình 8a). Trường sóng trong mùa gió Đông Bắc có độ cao trung bình lớn hơn mùa hè, ở khoảng 0,8 m đến 1,5 m với sóng hướng Đông Bắc chiếm ưu thế. Cũng do đặc điểm địa hình che chắn nên trường sóng ở phía Đông Bắc đảo chiếm ưu thế cả về độ cao và hướng, còn ở phía Tây Nam và vùng thềm đảo có độ cao sóng nhỏ hơn chỉ từ 0,8 m đến 1,2 m (Hình 8b).



Hình 8. Trường sóng mùa gió Tây Nam (a) và mùa gió Đông Bắc (b) khu vực đảo Nam Yết

3.2. Đặc điểm hiện trạng và biến đổi địa hình đáy biển

3.2.1. Đặc điểm hiện trạng địa hình đáy biển

Địa hình đáy biển khu vực nghiên cứu rất phức tạp, cấu trúc địa hình đáy biển chủ yếu là đá, san hô và cát, độ sâu không đồng đều nhiều chỗ có độ dốc lớn chủ yếu từ mép san hô tính từ độ sâu 0,5 m ra phía biển có thể phân chia như sau:

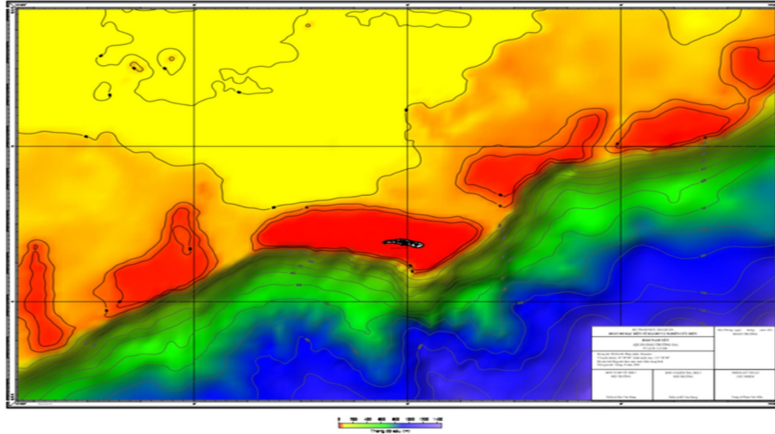
Vùng thềm đảo: Tính từ bờ đảo ra ngoài đến độ sâu 0,5 m tính theo mực nước biển thấp nhất, độ sâu vùng này chủ yếu là độ sâu âm, độ sâu chỗ nông nhất là -0,5 m, độ sâu trung bình -0,2 m (trên mực nước biển), khi thủy triều lớn toàn bộ thềm đảo ngập nước, khi gặp chu kỳ triều kiệt thì thềm đảo hiện ra; trên thềm đảo có rất nhiều tảng đá nằm độc lập to, nhỏ nhiều kích cỡ khác nhau (Hình 9).

Vùng ngoài thềm san hô: Tính từ độ sâu 0,5 m ra phía biển, địa hình đáy biển phía Nam đảo có độ dốc tương đối lớn; phía bắc đảo do nối liền với thềm của cụm đảo Nam Yết nên độ sâu nông hơn độ dốc địa hình nhỏ, chỗ sâu nhất nhỏ hơn 100 m.

Vùng biển phía Bắc đảo: Vùng độ sâu 0,5 m ra đến độ sâu 50 m cấu trúc địa hình tương đối phức tạp chủ yếu là đá và san hô; độ dốc địa hình nhỏ trung bình là 6°, chỗ dốc lớn nhất 10°.

Vùng biển phía Đông Bắc và phía Tây Nam đảo nằm trên dải bờ thềm của Cụm đảo Nam Yết nên độ sâu nông nhỏ hơn 10 m có dốc về hai phía Tây Bắc và Đông Nam của dải thềm.

Vùng biển phía Nam đảo: Vùng độ sâu 0,5 m ra đến độ sâu 200 m cấu trúc địa hình rất phức tạp chủ yếu là đá và san hô; độ dốc địa hình lớn trung bình là 35° chỗ dốc lớn nhất 48° ; vùng độ sâu 200 m ra đến độ sâu 1000 m độ dốc địa hình lớn trung bình là 40° .



Hình 9. Địa hình đáy biển khu vực đảo Nam Yết

3.2.2. Đặc điểm biến đổi địa hình đáy biển

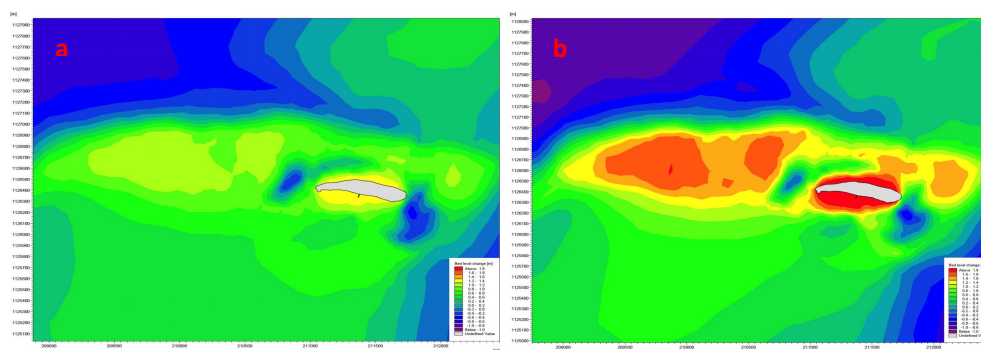
Đánh giá sự biến đổi địa hình đáy biển sau 20 năm (2000 - 2020), cho thấy rằng vào mùa gió Tây Nam tại khu vực quanh đảo bán kính nhỏ hơn 300 m diễn ra hoạt động bồi - xói mạnh mẽ nhất.

Trong mùa gió Tây Nam, khu vực từ độ sâu 10 m trở vào bờ đảo xuất hiện sự biến đổi địa hình đáy biển với xu hướng bồi tụ chiếm ưu thế (giá trị bồi tụ trong khoảng 0,5 - 1,8 m) bên cạnh một vài vị trí xói lở. Tại khu vực cách đảo 1,5 km về phía Tây xuất hiện trầm tích bồi tụ với diện tích lên tới gần 5 km^2 , độ dày trầm tích có thời điểm đạt tới 1,2 m. Ven bờ đảo ở phía Bắc và Nam xuất hiện bồi tụ với độ dày trầm tích lên tới 1,5 m. Tại khu vực cách đảo khoảng 200 m về 2 phía Tây và Đông xảy ra xói lở khiến độ dày trầm tích giảm từ 0,8 đến 1,0 m, có thời điểm xuất hiện xói lở trầm tích lên đến 1,2 m (Hình 10a). Tốc độ biến đổi của địa hình đáy biển trong mùa gió Tây Nam dao động từ -0,15 đến 0,2 mm/ngày, đây là giá trị ở mức trung bình. Xung quanh đảo ở bán kính nhỏ hơn 200 m xuất hiện các vùng bồi xói xen kẽ nhau với tốc độ tương đối nhỏ, từ -0,1 đến 0,18 mm/ngày.

Vào mùa gió Đông Bắc, khu vực quanh đảo từ độ sâu 10 m trở vào bờ vẫn xuất hiện hoạt động bồi tụ - xói lở địa hình đáy khá mạnh, có lúc bồi tụ tới hơn 1,8 m tại một số khu vực như phía Bắc và phía Nam của đảo. Tại khu vực cách đảo khoảng 200 m về 2 phía Tây và Đông xảy ra xói lở khiến độ dày trầm tích giảm từ 0,8 đến 1,0 m, có thời điểm xuất hiện xói lở trầm tích lên đến 1,2 m tương tự mùa gió Tây

Nam. Tại khu vực cách đảo 1,5 km về phía Tây xuất hiện trầm tích bồi tụ với diện tích lên tới gần 5 km², độ dày trầm tích có thời điểm đạt tới 1,6 m. Khu vực ở phía Tây Bắc cách đảo 5 - 15 km cũng xảy ra xói lở đáy biển tương tự trong mùa gió Tây Nam nhưng biến đổi lớn hơn, đạt giá trị từ 0,8 - 1,2 m (Hình 10b). Nhìn chung, xu hướng biến đổi địa hình đáy biển vào mùa gió Đông Bắc lớn hơn mùa gió Tây Nam do đặc điểm thủy động lực diễn ra với cường độ mạnh hơn. Tốc độ biến đổi của địa hình đáy biển trong mùa gió Đông Bắc dao động từ -0,2 đến 0,25 mm/ngày. Xung quanh đảo với bán kính nhỏ hơn 200 m xuất hiện các vùng bồi xói xen kẽ nhau với tốc độ từ -0,15 đến 0,2 mm/ngày.

Trong cả 2 mùa, xu thế biến đổi địa hình đáy biển xung quanh đảo Nam Yết có sự phân bố bồi - xói khá đa dạng, từ khu vực độ sâu từ 10 m trở vào bờ đảo diễn ra hoạt động bồi tụ chiếm ưu thế với độ dày lớn trầm tích có thể đạt tới gần 2,0 m. Vùng đáy biển với diện tích gần 5 km², cách đảo 1,5 km về phía Tây cũng có xu hướng bồi tụ với lớp trầm tích có thể đạt tới 1,5 m. Ở hai phía Đông và Tây cách đảo 200 m xuất hiện vùng xói lở với độ dày lớp trầm tích có thể giảm tới gần 1,0 m. Biến đổi địa hình đáy biển tự nhiên tại khu vực nghiên cứu chịu tác động chủ yếu từ quá trình bồi tụ, xói lở trầm tích do chế độ thủy động lực (sóng, dòng chảy, dao động mực nước biển) và quá trình phát triển, suy tàn của hệ san hô tại đáy biển gây ra.



Hình 10. Biến đổi địa hình đáy biển quanh đảo Nam Yết trong mùa gió Tây Nam (a) và mùa gió Đông Bắc (b)

4. KẾT LUẬN

- Dòng chảy trong mùa gió Đông Bắc có tốc độ từ 0,24 đến 0,35 m/s với hướng Tây Nam chiếm ưu thế, khi càng tiến gần bờ đảo tốc độ có thể đạt tới 0,55 m/s. Trong mùa gió Tây Nam, dòng chảy Đông Bắc là chủ đạo, với tốc độ lớn nhất có thể đạt 0,7 m/s tại vị trí cách đảo 100 m về phía Đông Nam và 1,5 km về phía Tây. Dòng chảy ven bờ đảo bị bề hướng theo bờ đảo do đặc điểm địa hình đảo gây nên sự chuyển hướng.

- Trường sóng trong mùa gió Tây Nam có hướng chủ đạo là Tây Nam với độ cao sóng trung bình từ 0,45 m đến 0,7 m. Vào mùa gió Đông Bắc, sóng có độ cao trung bình lớn hơn mùa hè, ở khoảng 0,8 m đến 1,5 m với sóng hướng Đông Bắc chiếm ưu thế. Độ cao sóng nhỏ dần khi lan truyền vào vùng thềm đảo và giảm chỉ còn khoảng 0,3 - 0,45 m và chỉ còn 0,2 - 0,3 m khi lan truyền vào bờ đảo.

- Đáy biển khu vực nghiên cứu rất phức tạp, cấu trúc địa hình đáy biển chủ yếu là đá, san hô và cát, độ sâu không đồng đều nhiều chỗ có độ dốc lớn. Vùng thềm đảo có độ sâu nông và có nhiều tầng đá nằm độc lập to, nhỏ nhiều kích cỡ khác nhau. Vùng ngoài thềm san hô có độ dốc tương đối lớn; phía Bắc đảo có độ sâu nông hơn, độ dốc địa hình nhỏ, chỗ sâu nhất nhỏ hơn 100 m.

- Biến đổi địa hình đáy quanh đảo Nam Yết có sự phân bố bồi - xói khá đa dạng, từ khu vực độ sâu từ 10 m trở vào bờ đảo diễn ra hoạt động bồi tụ chiếm ưu thế với độ dày lớp trầm tích có thể đạt tới gần 2,0 m. Vùng đáy biển với diện tích gần 5 km², cách đảo 1,5 km về phía Tây cũng có xu hướng bồi tụ với lớp trầm tích có thể đạt tới 1,5 m. Ở hai phía Đông và Tây cách đảo 200 m xuất hiện vùng xói lở với độ dày lớp trầm tích có thể giảm tới gần 1,0 m. Biến đổi địa hình đáy biển tự nhiên tại khu vực nghiên cứu chịu tác động chủ yếu từ quá trình bồi tụ, xói lở trầm tích do chế độ thủy động lực (sóng, dòng chảy, dao động mực nước biển) và quá trình phát triển, suy tàn của hệ san hô tại đáy biển gây ra.

- Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học cho công tác quy hoạch, đề xuất xây dựng công trình biển, lập kế hoạch tôn tạo, nạo vét luồng lạch, phòng chống xói lở, sụt lún và phục vụ cho các hoạt động huấn luyện, tác chiến hải quân bảo vệ vững chắc chủ quyền, hải đảo thiêng liêng của Tổ quốc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Vũ Quang Huy, *Điều tra khảo sát đánh giá hiện trạng môi trường khu vực quần đảo Trường Sa*, Nxb. Quân đội nhân dân, 1996.
2. EOSDIS WorldView, National Aeronautics and Space Administration NASA, 2020. <https://worldview.earthdata.nasa.gov>
3. Dean R., Dalrymple R., *Coastal Processes with Engineering Applications*. Cambridge University Press, 2004.
4. Smith T. J., and O'Connor B. A., *A Two-Dimensional Model for Suspended Sediment Transport*, IAHR-congress, Baden-Baden, West Germany, 1997.
5. DHI Water & Environment, MIKE 21/3 & MIKE 3 SW/HD, *Spectral Waves and Hydrodynamic Module - Scientific Documentation*, Denmark, 2017.
6. DHI Water & Environment, MIKE 21/3 & MIKE 3 HD/ST, *Flow Model FM and Sand Transport Module*, Denmark, 2017.
7. ECMWF, *Operational configurations of the ECMWF Integrated Forecasting System (IFS)*, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts ECMWF, 2021. <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/documentation-and-support>
8. Moriasi D. N., Arnold J. G., Liew M. W. V., Bingner R. L., Harmel R. D., Veith T. L., *Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations*, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2007, **50**(3):885-900.

SUMMARY

RESEARCH ASSESSMENT THE IMPACT OF THE HYDRODYNAMIC FIELDS ON THE SEABED TOPOGRAPHY OF NAMYIT ISLAND OF TRUONG SA ISLANDS

This research assesses the impact of major marine hydrodynamic factors, such as waves, currents, and sea levels on the changing processes of the seabed topography and the coastlines of the Namyit (Nam Yết) Island of Truong Sa (Spratly) Islands, based on a many continuous years-data set. The study uses MIKE model to calculate and simulate the impact of wave field and current field on the process of accretion and erosion that changes the topography of the seabed. The results show that when comparing between calculated wave height, speed of the currents, and sea level height and those observed on scene are 69.1%, 54.5%, and 95.4% respectively. These figures meet the requirement of Nash Sutcliffe Efficiency, in which calculated sea level shows highest reliability. The research results provide an overview of wave and currents regimes in Northeast and Southwest monsoon seasons, and the characteristics of the current seabed topography around Namyit Island. The changing of seabed around Namyit Island includes diversified accretion and erosion. In the area from the depth of 10 m to the Island's coastlines, the accretion dominant, with sediment thickness of up to 2.0 m. At 200 m West and East of the island, there have erosion areas, with sediment thickness reduces to 1.0 m. The changing of natural seabed topography of the researched area is mainly impacted by the process of accretion and erosion of sediment due to hydrodynamic regimes (waves, currents, and sea levels fluctuations) and the development and decline of seabed coral system. The research results are the scientific basis for planning, and proposing the construction around the island, planning for navigation channels dredging, and providing information for naval training, exercises, and operations around offshore islands.

Keywords: *Hydrodynamic, seabed topography change, MIKE model, Namyit Island, thủy động lực, biến đổi địa hình đáy biển, mô hình MIKE, đảo Nam Yết.*

Nhận bài ngày 31 tháng 7 năm 2022

Phản biện xong ngày 04 tháng 11 năm 2022

Hoàn thiện ngày 07 tháng 11 năm 2022

⁽¹⁾ *Đoàn Đo đạc biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển, Bộ Tham mưu Hải quân*

Liên hệ: Khương Văn Long

Đoàn Đo đạc biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển, Bộ Tham mưu Hải quân
Số 03 Mạc Quyết, Anh Dũng, Dương Kinh, Hải Phòng
Điện thoại: 0967.215.599; Email: longdoan6@gmail.com