

TÍNH TOÁN CÁC ĐẶC TRƯNG SÓNG TẠI VÙNG NƯỚC NÔNG VEN BỜ BẰNG MÔ HÌNH SỐ TRỊ - SWAN

LÊ ĐÌNH MẪU

Tóm tắt: *SWAN (Simulating WAVes Nearshore) là mô hình số trị tính sóng thể hệ thứ 3. Mô hình được xây dựng trên cơ sở phương trình cân bằng phổ sóng hoạt động, dùng để tính toán sự truyền sóng trên vùng nước nông ven bờ có địa hình và dòng chảy biến đổi phức tạp như vùng cửa sông, lạch thủy triều, đảo và doi cát.....SWAN cho phép tính toán các hiệu ứng như khúc xạ, nước nông, phản xạ, ma sát đáy, đổ nhào, sóng bạc đầu, sự tạo sóng bởi gió địa phương, tương tác phi tuyến giữa sóng - dòng chảy, sóng - sóng. Các đặc trưng sóng ngoài khơi được xác định bằng mô hình số trị Dolphin, đây là mô hình phổ năng lượng sóng cho phép tính toán kết hợp sóng gió và sóng lừng. Quy trình tính sóng trên đã được áp dụng cho vùng biển Cửa Đại (Hội An) trong một số trường hợp tạo sóng điển hình, số liệu tính toán phù hợp khá tốt với số liệu đo đạc. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng đảo Cù Lao Chàm, trường gió địa phương và hệ dòng chảy có vai trò rất quan trọng trong việc phân bố năng lượng sóng tại khu vực nghiên cứu. Có thể áp dụng mô hình số trị SWAN để tính toán sự truyền sóng trong vùng nước nông ven bờ có điều kiện tạo sóng phức tạp trên toàn dải ven biển Việt Nam.*

I. MỞ ĐẦU

Hiện nay khoa học dự báo sóng biển đã đạt được những tiến bộ rất đáng kể với sự xuất hiện thể hệ thứ 3 của các mô hình số trị tính sóng (WAMDI Group, 1988). SWAN là mô hình số trị tính sóng thể hệ thứ 3 (Booij, *et al.*, 1999), được xây dựng trên cơ sở các công thức mới nhất của khoa học dự báo sóng, dùng để tính các đặc trưng sóng tại vùng nước nông ven bờ, vùng cửa sông, lạch thủy triều... nơi có sự biến đổi phức tạp của địa hình đáy và dòng chảy. SWAN cho phép tính các hiệu ứng như khúc xạ, nước nông, phản xạ, ma sát đáy, đổ nhào, tạo sóng bởi gió địa phương, sóng bạc đầu, tương tác phi tuyến giữa sóng - dòng chảy, sóng - sóng (quadruplets, triads). SWAN có hạn chế trong việc tính hiệu ứng nhiễu xạ, do vậy các đặc trưng sóng nằm đằng sau các đảo nhỏ, các doi cát hoặc vật chắn trong phạm vi vài độ dài sóng chỉ có tính chất tham khảo.

Tính toán các đặc trưng sóng tại vùng biển Cửa Đại (Hội An) đã được một số tác giả tiến hành. Nguyễn Thế Tường (1995); Bùi Hồng Long và Lê Đình Mẫu

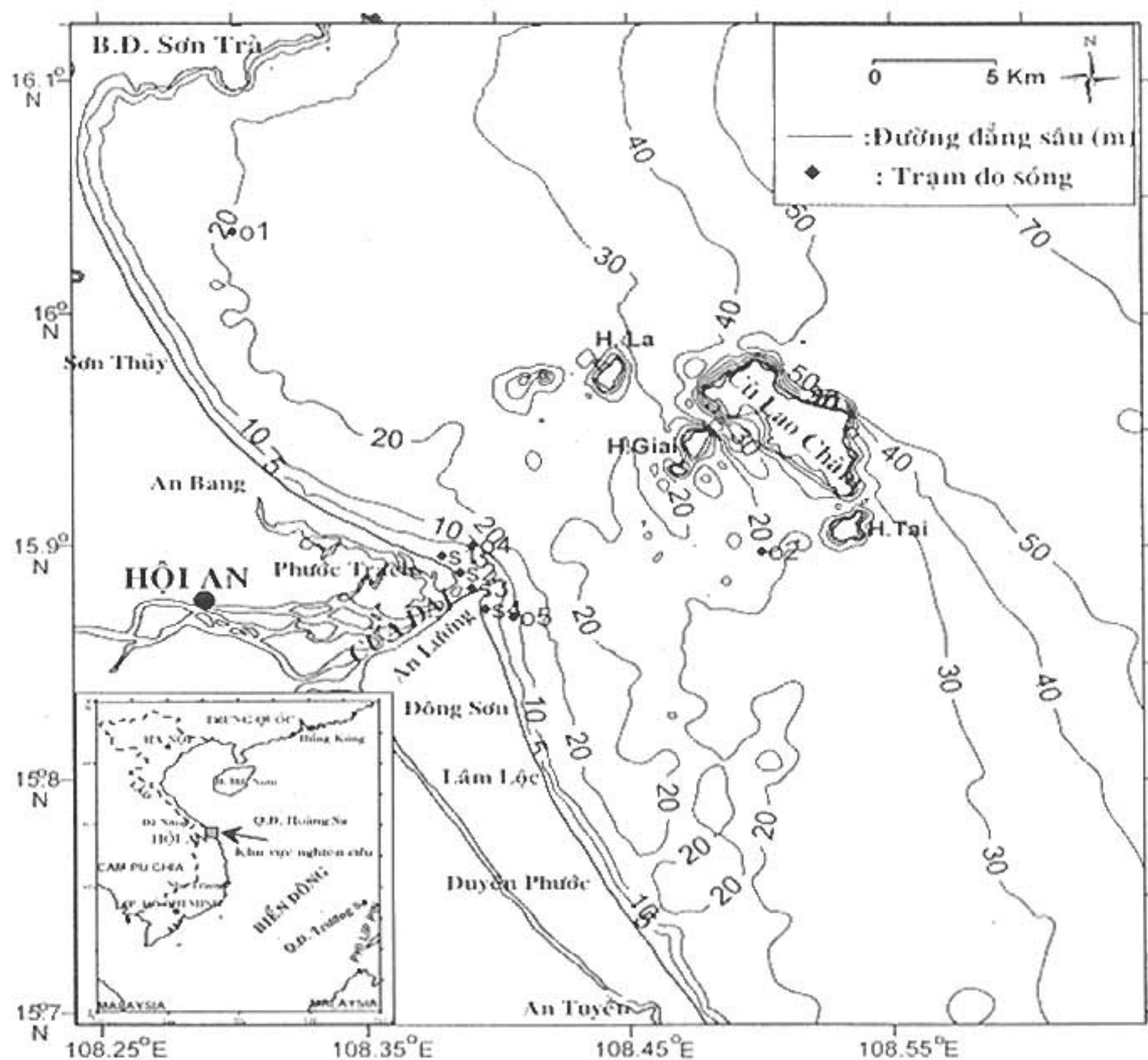
(2000); Lê Đình Mậu (2002) đã sử dụng mô hình khúc xạ sóng có tính đến hiệu ứng khúc xạ, nước nông, ma sát đáy, độ nhớt của nước biển, độ thấm của đáy biển. Phan Quảng và nnk (2000) đã sử dụng mô hình truyền sóng của Berkhoff (1972) có tính đến hiệu ứng khúc xạ, nhiễu xạ, ma sát đáy và đổ nhào. Hạn chế lớn nhất của các mô hình trên là không tính được sự tương tác giữa sóng – dòng chảy, sóng – sóng và sự tạo sóng bởi gió địa phương.

Trong bài báo này tác giả giới thiệu tổng quát mô hình số trị SWAN và áp dụng để tính toán các đặc trưng sóng tại vùng biển Cửa Đại trong một số điều kiện tạo sóng điển hình:

- Sóng tới ngoài khơi có hướng Đông Bắc (NE)
- Có và không có gió địa phương
- Pha triều lên và pha triều xuống

Để kiểm chứng kết quả tính toán của mô hình số liệu đo sóng, dòng chảy, gió... được lấy từ Đề tài KHCN0608 (Lê Phước Trình, 2000). Địa hình vùng biển Hội An được lấy từ Hải đồ tỉ lệ 1:100.000 xuất bản năm 1980 của Hải quân nhân dân Việt Nam (trong đó địa hình khu vực Cửa Đại lấy từ Đề tài KHCN0608, năm 1998). Phạm vi áp dụng mô hình là toàn bộ vùng biển Hội An. Kết quả tính toán được thể hiện cho khu vực cửa sông - ven bờ Cửa Đại.

Vị trí, đặc điểm địa hình khu vực nghiên cứu thể hiện trên hình 1.



Hình 1: Khu vực nghiên cứu

II. PHƯƠNG PHÁP

1. Mô hình số trị tính sóng biển khơi (Dolphin):

Mô hình số trị tính sóng biển khơi Dolphin (Mandal, 1985) tính toán kết hợp sóng gió và sóng lừng. Phương trình cân bằng năng lượng phổ sóng hai chiều cho trường hợp sóng gió trên hướng θ là:

$$\frac{dE_1(\theta)}{dt} = S_1(\theta) + \int_0^\infty S_2(f, \theta) df \quad (1)$$

Ở đây:

$E_1(\theta)$ = mật độ năng lượng phổ của sóng gió trên hướng θ ($m^2/rad.$)

$S_1(\theta)$ = tốc độ biến đổi của $E_1(\theta)$. Nếu E_1 nhỏ hơn giới hạn qui ước nó đại diện cho trường hợp sóng đang phát triển, ngược lại đại diện cho trường hợp sóng lừng ($m^2/rad/s$).

$S_2(f, \theta)$ = tốc độ chuyển giao của năng lượng sóng lừng 2 chiều E_2 sang sóng gió có cùng tần số ($m^2/rad/Hz/s$).

θ = hướng sóng tới (rad); f = tần số sóng (Hz).

Phương trình cân bằng năng lượng phổ sóng hai chiều trong trường hợp sóng lừng từ hướng θ được trình bày bằng phương trình sau:

$$\frac{dE_2}{dt} = -BS_{11}(f, \theta) - S_2(f, \theta) - S_3(f, \theta) \quad (2)$$

Ở đây:

$E_2(f, \theta)$ = mật độ năng lượng phổ hai chiều của thành phần sóng lừng với tần số (f), hướng truyền (θ) ($m^2/rad/Hz$).

$B = 1$ nếu $S_1 < 0$

$B = 0$ nếu $S_1 > 0$

S_{11} = tốc độ biến đổi của E_2 tương ứng với S_1 khi S_1 có giá trị âm (phân bố tần số của S_1 có dấu ngược lại).

S_2 = tốc độ chuyển giao của năng lượng sóng lừng E_2 sang sóng gió có cùng tần số, (giả thiết giá trị $E_2 \geq 0$) ($m^2/rad/Hz/s$).

S_3 = tốc độ biến đổi của năng lượng sóng lừng gây bởi hiệu ứng nước nông (dùng cho trường hợp nước nông).

* Số liệu đầu vào của mô hình là: vị trí điểm tính, trường gió (tốc độ, hướng), thời gian tác động của gió.

* Số liệu đầu ra của mô hình là: độ cao sóng hữu hiệu (H_s), chu kỳ của đỉnh phổ sóng (T_p), độ phân tán của phổ năng lượng sóng (coefficient of spectral directional spreading - DSPR) và hướng sóng (θ (độ)).

2. Mô hình số trị tính sóng vùng nước nông ven bờ (SWAN):

Các đặc trưng sóng tại vùng biển Hội An được xác định bằng mô hình số trị tính sóng SWAN (Booij, *et al.*, 1999; Ris, *et al.*, 1999; Holthuijsen *et al.*, 2003). SWAN được xây dựng trên cơ sở phương trình cân bằng hoạt động phổ (spectral action balance equation) như sau:

$$\frac{\partial}{\partial t} N + \frac{\partial}{\partial x} C_x N + \frac{\partial}{\partial y} C_y N + \frac{\partial}{\partial \sigma} C_\sigma N + \frac{\partial}{\partial \theta} C_\theta N = \frac{S}{\sigma} \quad (3)$$

Ở đây:

N = mật độ phổ hoạt động (action density); t = thời gian.

C_x, C_y = tốc độ lan truyền của N theo tọa độ không gian x và y .

C_σ, C_θ = tốc độ biến đổi của N theo tần số tương đối σ và hướng θ .

$S = S(\sigma, \theta)$ là hàm nguồn (mật độ năng lượng) đại diện cho quá trình tạo sóng (generation), phân hủy (dissipation) và tương tác phi tuyến giữa sóng – sóng (nonlinear wave-wave interactions) và sóng-dòng chảy.

Các thành phần cơ bản của hàm nguồn được trình bày như sau:

Sự thành tạo sóng bởi gió địa phương (wind input)

Được miêu tả bằng sự phát triển theo qui luật tuyến tính và hàm mũ của sóng:

$$S_{in}(\sigma, \theta) = A + BE(\sigma, \theta) \quad (4)$$

Ở đây:

$S_{in}(\sigma, \theta)$ = năng lượng được tiếp nhận từ gió địa phương.

A, B = hệ số phụ thuộc vào tần số sóng, hướng sóng, tốc độ và hướng gió.

$E(\sigma, \theta)$ = mật độ năng lượng sóng.

Sự tiêu tán năng lượng bởi sóng bạc đầu (white capping dissipation)

$$S_{dc,w}(\sigma, \theta) = -\Gamma \frac{\tilde{\sigma}}{\tilde{k}} E(\sigma, \theta) \quad (5)$$

Ở đây:

$S_{dc,w}(\sigma, \theta)$ = tiêu tán năng lượng bởi sóng bạc đầu.

Γ = hệ số phụ thuộc vào độ dốc sóng.

k = số sóng

$\tilde{\sigma}, \tilde{k}$ = tần số và số sóng trung bình.

Sự tiêu tán năng lượng sóng bởi ma sát đáy (bottom friction)

$$S_{ds,b}(\sigma, \theta) = -C_{bottom} \frac{\sigma^2}{g^2 \sinh^2(kd)} E(\sigma, \theta) \quad (6)$$

Ở đây:

$S_{ds,b}(\sigma, \theta)$ = tiêu tán năng lượng bởi ma sát đáy.

C_{bottom} = hệ số ma sát đáy.

Sự tiêu tán năng lượng bởi sóng đổ nhào (depth induced wave breaking)

$$S_{ds,br}(\sigma, \theta) = \frac{D_{tot}}{E_{tot}} E(\sigma, \theta) \quad (7)$$

Ở đây:

$S_{ds,br}(\sigma, \theta)$ = tiêu tán năng lượng bởi sóng đổ nhào.

E_{tot} = năng lượng tổng cộng của sóng.

D_{tot} = tốc độ tiêu tán năng lượng của E_{tot} trong quá trình đổ nhào, nó phụ thuộc vào thông số đổ nhào $\gamma = H_{max}/d$ (H_{max} là độ cao sóng tại điểm có độ sâu d), ở đây $\gamma = 0,73$.

Độ dâng mực nước do sóng (wave induced set-up)

Độ dâng mực nước do sóng là một tham số trong việc xác định mực nước thiết kế, nó được tính bằng tích phân theo phương thẳng đứng của phương trình cân bằng momen sóng, tức cân bằng giữa lực của sóng (theo hướng vuông góc với bờ) và gradient của áp lực thủy động, được trình bày bằng phương trình sau:

$$F_x + gd \frac{\partial \bar{\eta}}{\partial x} = 0 \quad (8)$$

Ở đây:

F_x = lực của sóng

d = độ sâu tổng cộng

η = mực nước trung bình

g = gia tốc trọng trường

Độ dâng mực nước do sóng sau khi được tính toán bởi mô hình, nó được tự động cộng vào ma trận độ sâu để tính các đặc trưng sóng. Giá trị của độ dâng mực nước do sóng chỉ đáng kể ở đới ven bờ và tại các thủy công trình.

Trên đây là những công thức cơ bản nhất, những chi tiết toán học khác của mô hình như tương tác phi tuyến sóng – sóng (triad and quadruplet wave-wave interactions), tính toán sự truyền sóng qua đập, kè (wave transmission),... xin tham khảo trong Qui phạm sử dụng SWAN (Holthuijsen *et al.*, 2003).

Phạm vi áp dụng mô hình tính sóng SWAN là toàn bộ vùng biển Hội An từ 108. 240° E đến 108. 645° E và từ 15. 695° N đến 16. 124° N (45.00 x 47.75 km) với kích thước ô lưới tính là 250 m x 250 m (hình 1). Phạm vi biến đổi của tần số sóng là 0,052 ÷ 1,0 Hz với bước tính là $\Delta f = 0,1f$; hướng sóng là 0 ÷ 360° với bước tính là $\Delta \theta = 10^\circ$.

Số liệu đầu vào của mô hình là:

- Các tham số sóng ngoài khơi: H_s , T_p , DSPR và θ được lấy từ kết quả của mô hình tính sóng Dolphin.
- Trường gió địa phương (tốc độ, hướng).
- Trường dòng chảy (tốc độ, hướng).
- Bản đồ phân bố độ sâu của vùng nghiên cứu.

Số liệu đầu ra của mô hình là các đặc trưng sóng: độ cao sóng hữu hiệu - H_s , hướng sóng trung bình - θ , chu kỳ sóng trung bình - T , chu kỳ của đỉnh phổ sóng -

T_p , độ dài sóng trung bình - L , hệ số phản xạ, độ dâng mực nước do sóng - wave setup, hệ số truyền sóng qua đập, kè, và các đặc trưng phổ năng lượng sóng khác..

Do khuôn khổ của bài báo tác giả chỉ đi sâu giới thiệu các khả năng chủ yếu của mô hình như tương tác sóng – gió, sóng – dòng chảy lên sự phân bố các đặc trưng sóng như độ cao sóng hữu hiệu - H_s , hướng sóng trung bình - θ và chu kỳ sóng trung bình - T .

III. KẾT QUẢ

1. Kết quả mô hình hóa và kiểm chứng:

Số liệu đo sóng tại trạm S2 và trạm O4 trong đợt khảo sát 8/1999 của Đề tài KHCN 0608 đã được sử dụng để kiểm chứng kết quả tính sóng của mô hình. Các dữ liệu so sánh được thể hiện trên hình 2.

* Tại trạm S2 ($\varphi = 15^\circ 52.834'N$; $\lambda = 108^\circ 23.693'E$)

Kết quả so sánh thể hiện trên hình 2a, ta thấy:

- Sai số tuyệt đối trung bình giữa đo đạc và tính toán độ cao sóng hữu hiệu là 0,15 m, sai số tương đối trung bình là 16,2%.

- Sai số tuyệt đối trung bình giữa đo đạc và tính toán chu kỳ sóng trung bình là 1,1s, sai số tương đối trung bình là 15,6%.

- Sai số tuyệt đối trung bình giữa đo đạc và tính toán hướng sóng là 11° .

* Tại trạm O4 ($\varphi = 15^\circ 53.539'N$; $\lambda = 108^\circ 23.870'E$)

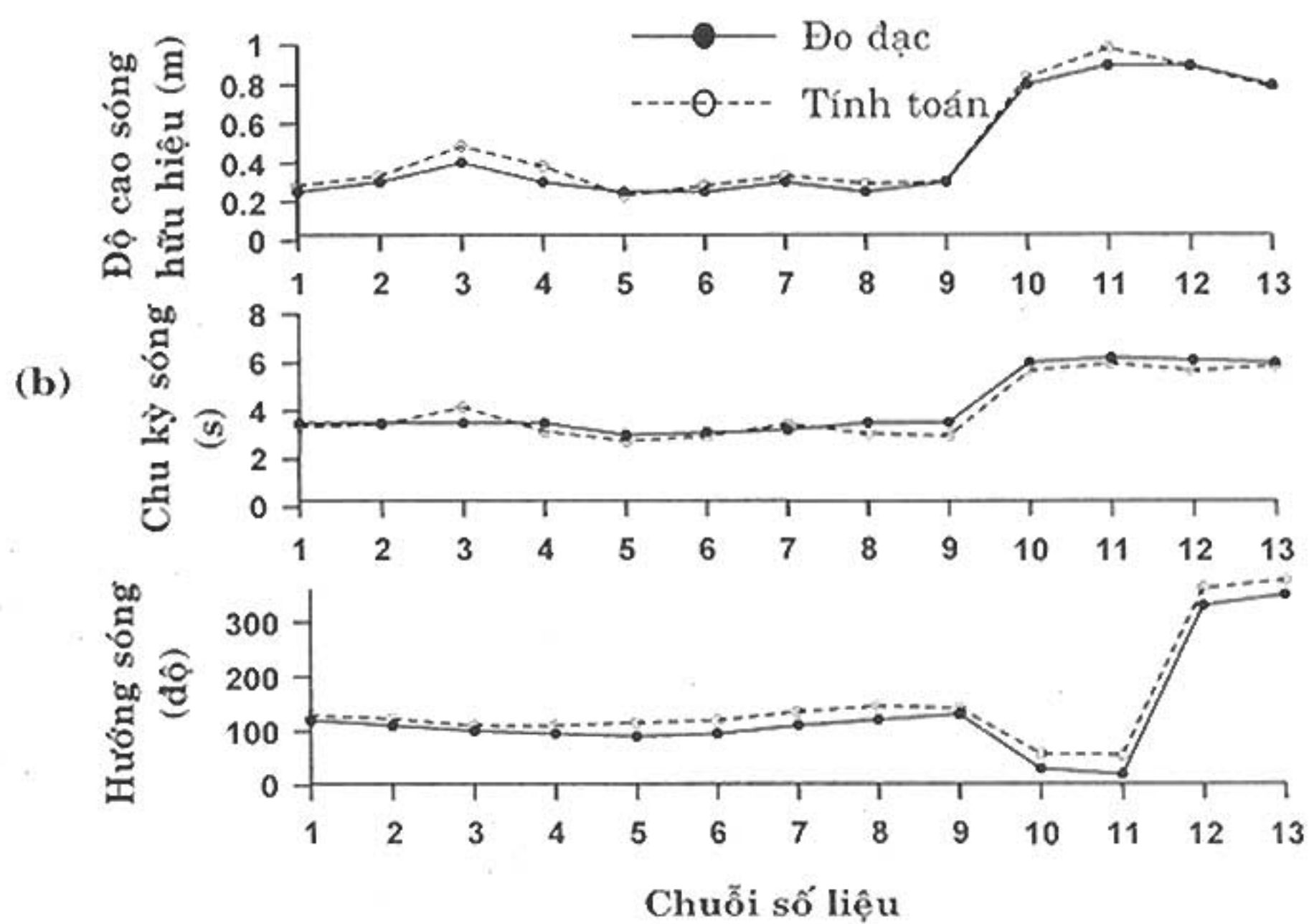
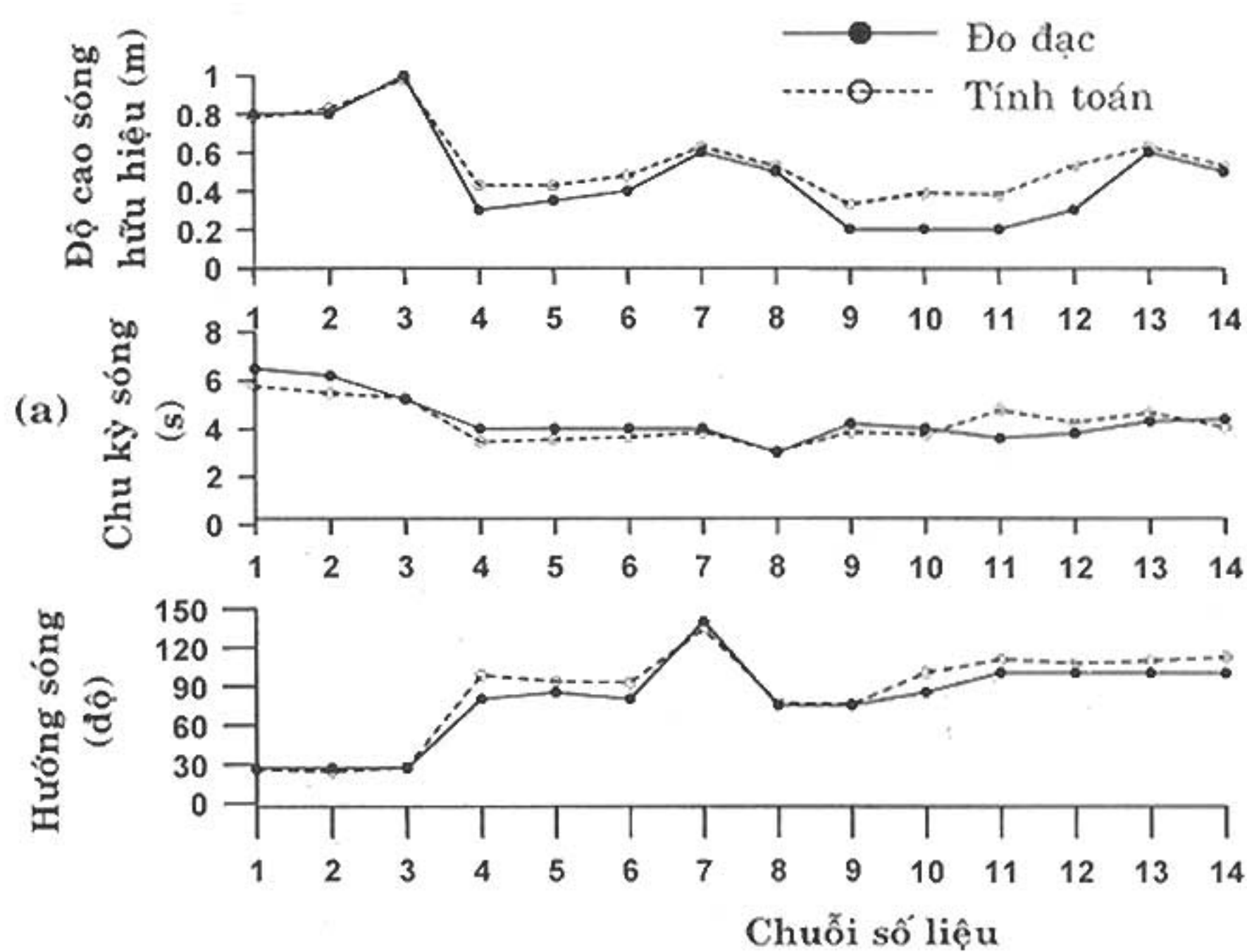
Kết quả so sánh thể hiện trên hình 2b, ta thấy:

- Sai số tuyệt đối trung bình giữa đo đạc và tính toán độ cao sóng hữu hiệu là 0,14 m, sai số tương đối trung bình là 18,1%.

- Sai số tuyệt đối trung bình giữa đo đạc và tính toán chu kỳ sóng trung bình là 0,8s, sai số tương đối trung bình là 14,8%.

- Sai số tuyệt đối trung bình giữa đo đạc và tính toán hướng sóng là 13° .

Kết quả kiểm chứng cho phép chúng ta kết luận có thể áp dụng các mô hình trên để tính các đặc trưng sóng tại vùng biển Cửa Đại.



Hình 2: So sánh kết quả đo đạc và tính toán các đặc trưng sóng tại trạm S2 (a) và O4 (b) (8/1999)

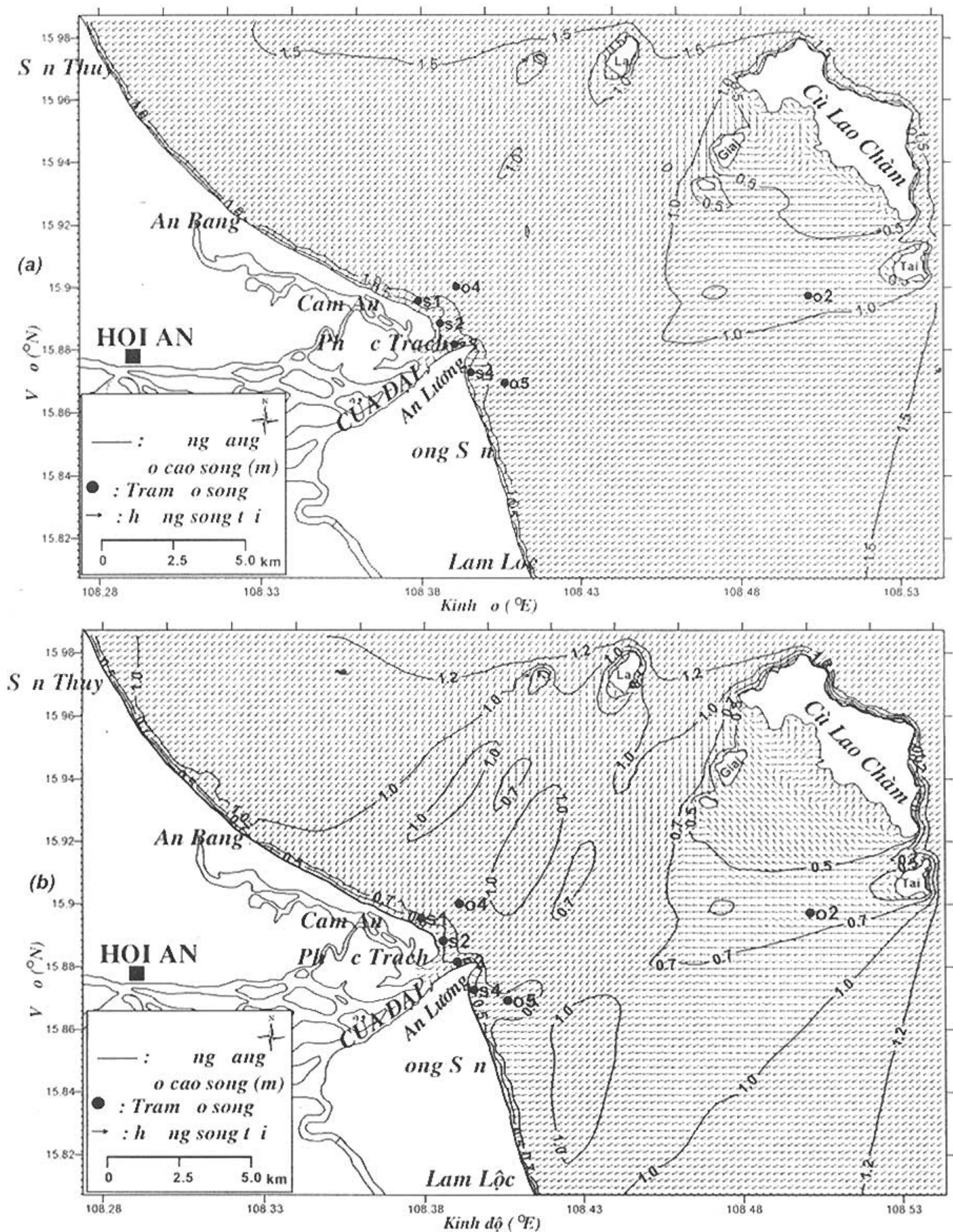
2. Ảnh hưởng của trường gió địa phương lên sự phân bố các đặc trưng sóng:

Hình 3a là kết quả tính trường độ cao sóng hữu hiệu cho vùng biển Cửa Đại với điều kiện sóng ngoài khơi là: $H_s = 1,5$ m, $T_p = 5,3$ s, $\theta = 45^\circ$ và $DSPR = 27,2$; gió địa phương có $V = 10$ m/s và $\theta = 45^\circ$.

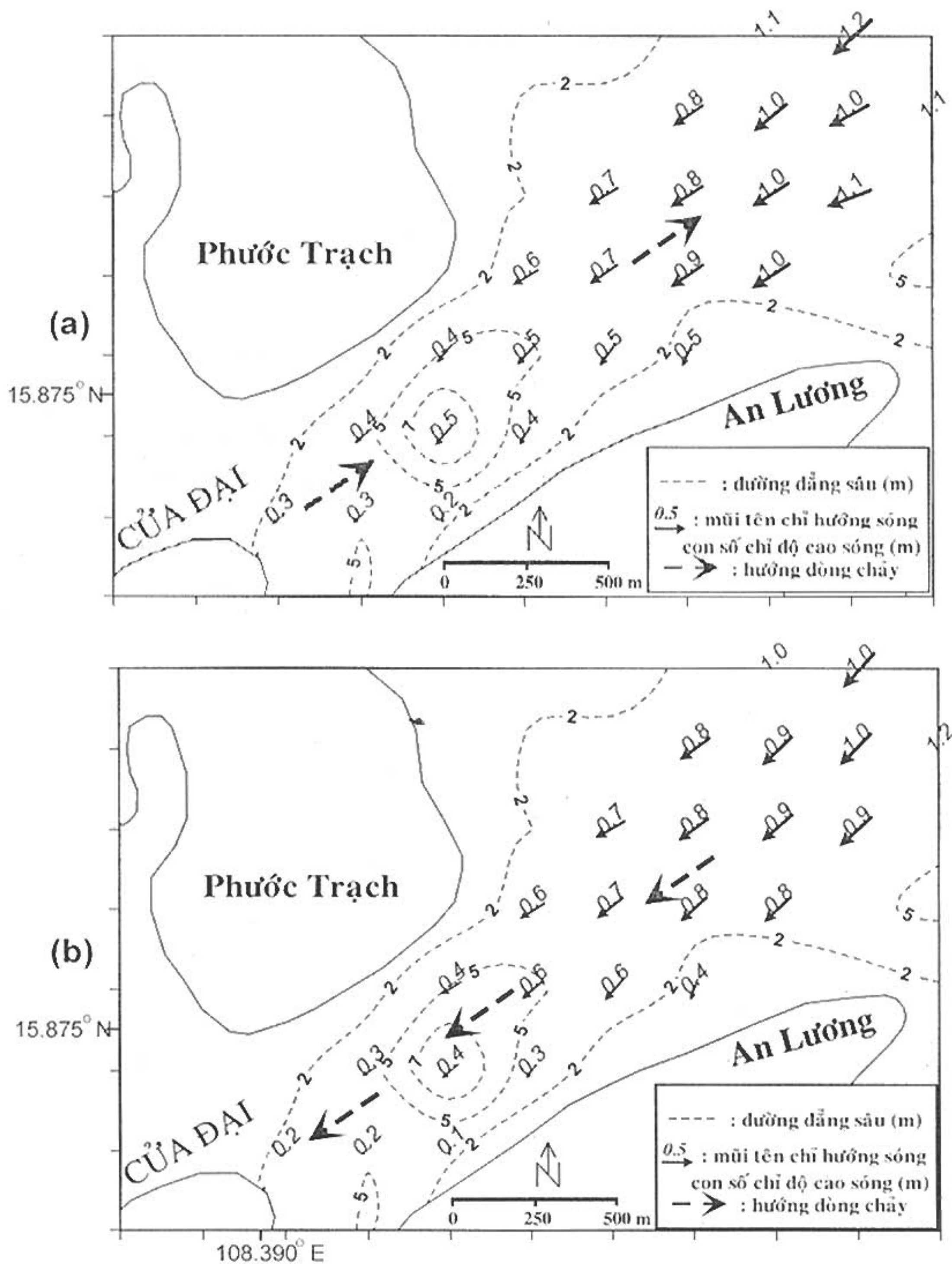
Kết quả tính toán cho thấy ngoài khơi vùng biển Cửa Đại $H_s = 1,5$ m, khi tiếp cận dải ven bờ $H_s \approx 1,0$ m do hiệu ứng nước nông, ma sát đáy và đổ nhào. Đằng sau đảo Cù Lao Chàm sóng mới được hình thành bởi gió địa phương nên độ cao sóng lớn dần khi đi xa khỏi đảo. Nhìn chung khu vực giữa đảo và đường bờ có $H_s \approx 1,0$ m. Trong trường hợp này vùng khuất sóng tạo bởi đảo Cù Lao Chàm không được thể hiện rõ nét.

Hình 3b là kết quả tính trường độ cao sóng hữu hiệu với điều kiện sóng ngoài khơi giống như trường hợp (a) nhưng không có gió địa phương, tức chỉ có sóng lừng từ ngoài khơi truyền vào. Ta thấy khu vực phía Nam của Cửa Đại rơi vào vùng khuất sóng của đảo Cù Lao Chàm với độ cao sóng phổ biến $H_s \leq 0,7$ m, ngay đằng sau đảo Cù Lao Chàm $H_s < 0,5$ m, vùng nước sâu xa bờ $H_s = 1,2$ m, dải ven bờ phía Bắc An Bang và phía Nam Lâm Lộc $H_s = 0,7 \div 1,0$ m. Phần lớn vùng nước giữa Cửa Đại và đảo Cù Lao Chàm có $H_s \approx 0,7$ m.

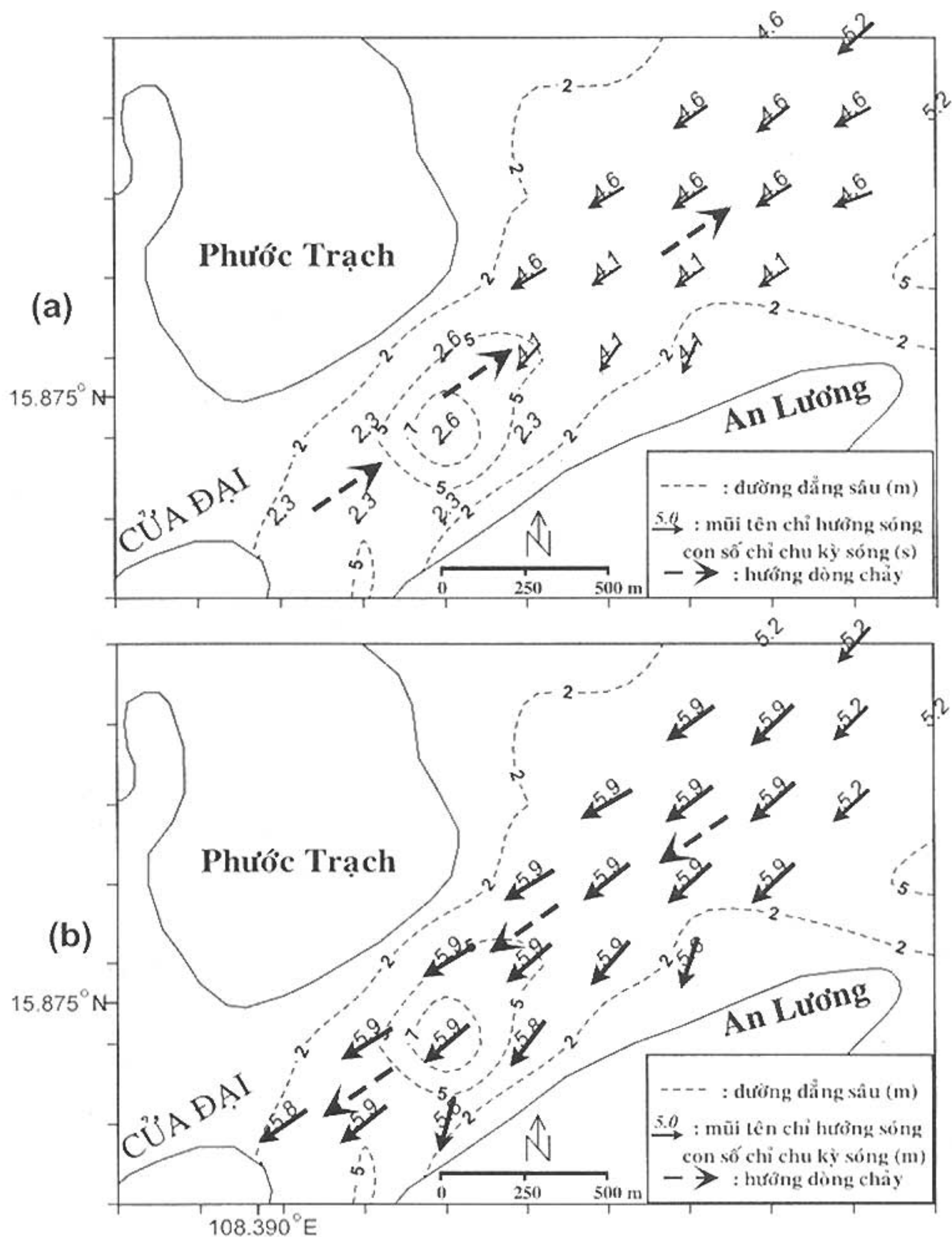
Mặt sau của đảo Cù Lao Chàm sóng mới được hình thành bởi gió địa phương có hướng đi về phía Cửa Đại (hình 3a). Ngược lại trường hợp không có gió địa phương chỉ có sóng lừng từ ngoài khơi truyền vào (hình 3b) mặt sau của đảo Cù Lao Chàm sóng từ 2 phía đổ về và có hướng đi vào mặt khuất sóng của đảo dưới tác dụng của hiệu ứng khúc xạ và tương tác phi tuyến sóng – sóng.



Hình 3: Trường độ cao sóng hữu hiệu tính toán tại vùng biển Cửa Đại
(Sóng ngoài khơi: $H_s = 1,5 \text{ m}$, $T_p = 5,3 \text{ s}$, $\theta = 45^\circ$, $\text{DSPR} = 27,2$)
(a): gió địa phương $V = 10 \text{ m/s}$, $\theta = 45^\circ$; (b): gió địa phương $V = 0 \text{ m/s}$



Hình 4: Phân bố độ cao sóng hữu hiệu dọc theo lạch thủy triều Cửa Đại
(Sóng ngoài khơi: $H_s = 1,5$ m, $T_p = 5,3$ s, $\theta = 45^\circ$, $DSPR = 27,2$;
gió địa phương $V = 10$ m/s, $\theta = 45^\circ$)
(a): pha triều xuống ($V = 0,8$ m/s); (b) : pha triều lên ($V = 0,7$ m/s)



Hình 5: Phân bố chu kỳ sóng trung bình dọc theo lạch thủy triều Cửa Đại
(Sóng ngoài khơi: $H_s = 1,5$ m, $T_p = 5,3$ s, $\theta = 45^\circ$, $DSPR = 27,2$;
gió địa phương $V = 10$ m/s, $\theta = 45^\circ$)
(a): pha triều xuống ($V = 0,8$ m/s); (b) : pha triều lên ($V = 0,7$ m/s)

3. Ảnh hưởng của dòng chảy lên sự phân bố các đặc trưng sóng:

Ảnh hưởng của dòng chảy lên sự phân bố các đặc trưng sóng được nghiên cứu cho khu vực dọc theo lạch thủy triều tại Cửa Đại với các số liệu như sau:

- Tốc độ dòng chảy $V = 0,8 \text{ m/s}$ (pha triều xuống), $V = 0,7 \text{ m/s}$ (pha triều lên) và phân bố đồng nhất dọc theo lạch thủy triều.
- Sóng ngoài khơi: $H_s = 1,5 \text{ m}$, $T_p = 5,3 \text{ s}$, $\theta = 45^\circ$, $\text{DSPR} = 27,2$.
- Gió địa phương: $V = 10 \text{ m/s}$, $\theta = 45^\circ$.
- Ảnh hưởng của dòng chảy lên sự phân bố độ cao sóng hữu hiệu và hướng sóng được thể hiện trên hình 4a và 4b.
- Ảnh hưởng của dòng chảy lên sự phân bố chu kỳ sóng trung bình được thể hiện trên hình 5a và 5b.

Nhìn chung khi hướng sóng tới ngược với hướng dòng chảy (hình 4a) độ cao sóng tăng lên khoảng $0,1 \div 0,2 \text{ m}$ so với trường hợp hướng sóng và hướng dòng chảy cùng chiều (hình 4b). Trong pha triều rút hướng sóng có xu thế phân tán về 2 bên bờ của lạch thủy triều, nhưng trong pha triều lên sóng hầu như truyền song song với trục của lạch. Khu vực bên ngoài Cửa Đại ảnh hưởng của dòng chảy lên hướng sóng mạnh hơn khu vực bên trong (độ chênh lệch lớn nhất của hướng sóng giữa hai pha triều $\approx 20^\circ$).

Từ hình 5a và 5b ta thấy trong pha triều xuống (sóng và dòng chảy ngược hướng) chu kỳ sóng bị giảm rất nhiều, càng vào sâu trong sông chu kỳ càng giảm mạnh. Khu vực bên ngoài cửa chu kỳ trung bình $\approx 5,0 \text{ s}$, nhưng vào sâu trong sông chu kỳ giảm xuống còn $\approx 2,3 \text{ s}$. Ngược lại trong pha triều lên (sóng và dòng chảy cùng chiều) chu kỳ sóng tăng lên đáng kể, càng vào sâu trong sông chu kỳ sóng càng tăng, khu vực bên trong cửa chu kỳ sóng từ giá trị $2,3 \text{ s}$ trong pha triều xuống tăng lên giá trị $5,9 \text{ s}$ trong pha triều lên.

IV. KẾT LUẬN

Từ các kết quả nghiên cứu trên có thể rút ra những kết luận sau:

1. Vùng biển Cửa Đại (Hội An) là một vùng nước nông ven bờ điển hình có địa hình đáy và dòng chảy có biến đổi phức tạp, các đặc trưng sóng đồng thời bị tác động bởi các hiệu ứng: nước nông, ma sát đáy, khúc xạ, nhiễu xạ, phản xạ, nhiễu xạ, thành tạo mới bởi gió địa phương, bạc đầu, tương tác phi tuyến giữa sóng – sóng, sóng – dòng chảy... Bởi vậy cần ứng dụng phương pháp tính toán hoàn thiện hơn, do là mô hình SWAN đã được giới thiệu trên đây.

2. Kết quả tính toán các đặc trưng sóng phù hợp với số liệu đo đạc, điều đó cho phép chúng ta có thể áp dụng mô hình số trị tính sóng SWAN để dự báo các đặc trưng sóng cho vùng biển Cửa Đại nói riêng và có thể cho các vùng nước nông ven bờ khác nữa.

3. Trường gió địa phương, hệ dòng chảy và đảo Cù Lao Chàm có vai trò rất quan trọng ảnh hưởng tới sự phân bố các đặc trưng sóng (độ cao, chu kỳ, hướng sóng...) tại vùng biển Cửa Đại.

LỜI CẢM ƠN

Tác giả chân thành cảm ơn TSKH. Lê Phước Trình chủ nhiệm Đề tài khoa học cấp Nhà nước KHCN 0608 cùng các đồng nghiệp đã tạo mọi điều kiện thuận lợi cho việc thu thập số liệu và động viên khích lệ trong quá trình hoàn thiện bài báo này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Berkhoff J. C. W., 1972.** Computation of combined refraction-diffraction. Proceedings of 13th International Conference on Coastal Engineering, Am. Soc. Of Civ. Eng., New York, pp. 471-490.
2. **Booij N., R. C. Ris, L. H. Holthuijsen, 1999.** A third generation wave model for coastal regions. Model description and validation. Journal of Geophysical Research. 104(C4): 7649-7666.
3. **Bùi Hồng Long, Lê Đình Mậu, 2000.** Các đặc điểm của trường sóng, ảnh hưởng của chúng tới các quá trình xói lở – bồi tụ tại Cửa Đại (Hội An), cửa sông Cái (Nha Trang), vịnh Phan Thiết trong các điều kiện gió địa phương điển hình. Tuyển tập Nghiên cứu biển, X: 21-33.
4. **Holthuijsen L. H., N. Booij, R. C. Ris, I. J. G. Haagsma, A. T. M. M. Kieftenburg, E. E. Kriezi and M. Zijlema, 2003.** SWAN Cycle III version 40.20. User Manual. The Netherlands: Delft University of Technology.
5. **Lê Đình Mậu, 2002.** Đặc điểm trường sóng khúc xạ và vận chuyển trầm tích dọc bờ tại vùng biển Hội An. Tuyển tập báo cáo khoa học Hội nghị khoa học Biển Đông 2002, Nha Trang. NXB Nông Nghiệp. Tr. 49 – 60.
6. **Lê Phước Trình, 2000.** Nghiên cứu qui luật và dự đoán xu thế bồi tụ – xói lở vùng ven biển và cửa sông Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài khoa học cấp Nhà nước KHCN 0608. Viện Hải dương học, Nha Trang. 88 trang.
7. **Mandal S., 1985.** A numerical wave prediction model DOLPHIN: Theory and test results. Report No. 3-85. The Netherlands: Delft University of Technology.
8. **Nguyễn Thế Tường, 1995.** Điều tra nghiên cứu quy hoạch bảo vệ thổ cư, môi trường và khai thác tiềm năng Nông Ngư nghiệp khu vực Cửa Đại – Hội An. Báo cáo tổng kết đề tài khoa học. Trung tâm Khí tượng-Thủy văn biển. Hà Nội.
9. **Phan Quảng, Lê Phước Trình, Lâu Và Khìn, 2000.** Mô hình hóa biến đổi đường bờ dưới tác động của sóng tại vùng biển Cửa Đại (Hội An). Tuyển tập báo cáo khoa học Hội nghị khoa học Biển Đông 2000, Nha Trang. NXB Nông Nghiệp. Tr. 391 – 396.

10. **Ris R. C., L. H. Holthuijsen, and N. Booij, 1999.** A third generation wave model for coastal regions. Verification. Journal of Geophysical Research, 104(C4): 7667-7681.
11. **WAMDI Group, 1988.** The WAM model – A third generation ocean wave prediction model, J. Phys. Oceanogr., 18: 1775 - 1810.

COMPUTATION OF WAVE CHARACTERISTICS IN THE COASTAL SHALLOW WATERS USING NUMERICAL WAVE MODEL - SWAN

LE DINH MAU

Summary: *SWAN (Simulating WAVes Nearshore) is a third-generation numerical wave model. The model based on the spectral wave action balance equation can be used for computation of wave characteristics over arbitrary bathymetry and current fields in coastal areas, tidal flats, tidal inlets, channels, barrier islands, estuaries etc. The model accounts for generation by wind, white-capping, nonlinear wave-current, wave-wave interactions (quadruplet, triad), bottom friction, shoaling, refraction, and depth-induced wave breaking. The offshore wave parameters were estimated by using Dolphin wave model. It is a hybrid point model as the combination of the parametric wind-sea and spectrally treated swells. The wave characteristics for typical conditions in the Cua Dai (Hoi An) area were estimated by using the above models, model results agreed well with measured ones. Obtained model results showed that Cu Lao Cham island, local wind and current conditions have an important role in the distribution of wave energy in the study area. The numerical SWAN model can be applied for further assessment of wave characteristics in the Cua Dai area and the coastal waters of Vietnam.*

Ngày nhận bài: 31 - 3 - 2005

Địa chỉ: Viện Hải dương học

Người nhận xét: - TS. Lã Văn Bài
- PGS, TS. Lê Phước Trình