

NGHIÊN CỨU, ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MIKE 21 TÍNH TOÁN LAN TRUYỀN SÓNG NƯỚC SÂU VÀO CÁC VÙNG VEN BỜ

TS. Ngô Lê Long - Đại học Thủy lợi

ThS. Hà Trọng Ngọc - Trung tâm Ứng dụng công nghệ và Bồi dưỡng nghiệp vụ KTTV&MT

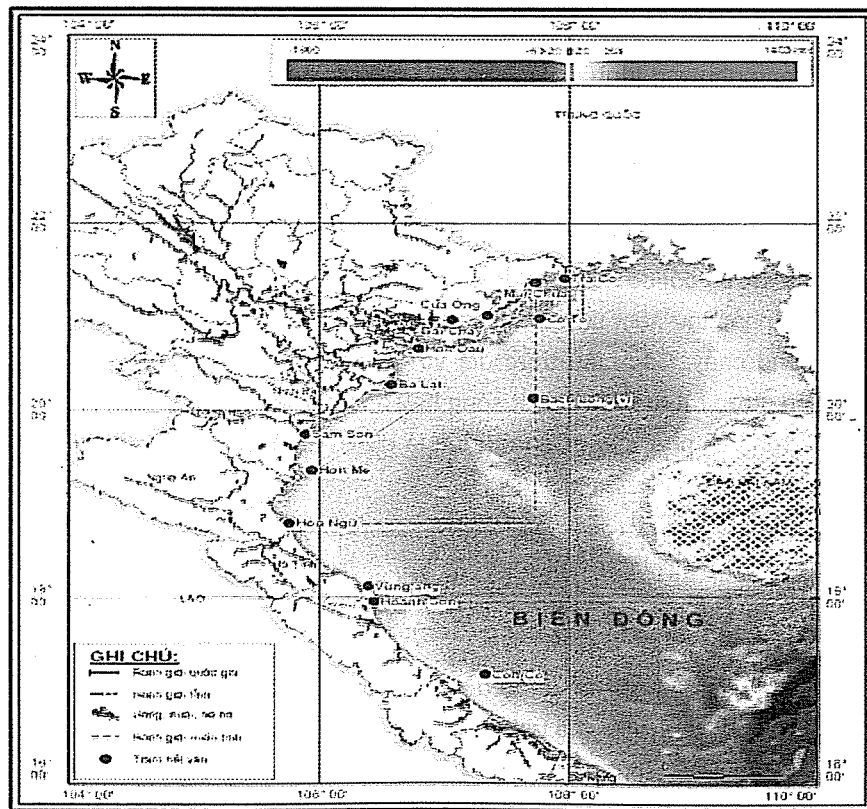
Hiện nay, với sự phát triển kinh tế, xã hội, nhu cầu đảm bảo an ninh quốc phòng của cả nước, cùng với chiến lược vươn ra biển để khai thác một cách hiệu quả hơn vùng biển, làm gia tăng khả năng thiệt hại do các thiên tai gây ra tại vùng biển và vùng ven biển Việt Nam.

Các hoạt động trên biển và vùng ven bờ phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện thời tiết, trạng thái mặt biển. Sóng biển là một trong những yếu tố động lực rất quan trọng. Sóng tác động lên tàu thuyền, công trình trên biển và ven bờ. Đối với vùng ven biển, sóng lại càng trở nên quan trọng, là yếu tố quyết định đến địa hình đường bờ, thiết kế các công trình cảng, luồng lạch và các công trình bảo vệ đường bờ. Sóng tạo ra các dạng vận chuyển bùn cát dọc và ngang bờ làm thay đổi địa hình đáy. Do vậy, việc nghiên cứu tính toán sóng là rất quan trọng và thực sự cần thiết cho công tác lập kế hoạch, thiết kế các công trình, quản lý dải ven bờ và phòng tránh giảm nhẹ thiên tai. Trong bài báo này, tác giả đưa ra một số nghiên cứu ứng dụng mô hình tính sóng MIKE 21 SW để tính toán sóng nước sâu vào vùng ven bờ.

1. Khu vực nghiên cứu

Vịnh Bắc Bộ có vị trí chiến lược quan trọng đối với Việt Nam và Trung Quốc cả về kinh tế lẫn quốc phòng. Vịnh là nơi có nhiều tiềm năng về hải sản và dầu khí. Tuy nhiên khu vực này cũng đang đối mặt với những thách thức không nhỏ về phát triển kinh tế, quản lý bền vững tài nguyên thiên nhiên và bảo vệ môi trường.

Khu vực nghiên cứu là một vùng đường bao gồm bờ biển phía Bắc tính từ trạm hải văn Hòn Ngư trở lên và phía Đông được giới hạn bởi trạm hải văn Bạch Long Vĩ (Hình 1).



Hình 1. Bản đồ khu vực Nghiên cứu

2. Cơ sở lý thuyết mô hình MIKE 21 SW

Nghiên cứu lựa chọn ứng dụng module Spectral Wave (M21SW) trong bộ mô hình MIKE 21 để tính toán trường sóng. M21SW là mô đun phổ năng lượng sóng tính toán các đặc trưng của trường sóng trong vùng ven bờ, trong các hồ và cửa sông từ các điều kiện gió, địa hình đáy và dòng chảy. Mô đun dựa trên phương trình cân bằng tác động sóng

(hoặc phương trình cân bằng năng lượng trong trường hợp không có dòng chảy) với các nguồn cung cấp và tiêu tán năng lượng.

Trong trường hợp quy mô tính toán nhỏ sử dụng hệ tọa độ Đề Các, với quy mô lớn sử dụng hệ tọa độ cầu.

*** Phương trình cân bằng tác động phổ trong hệ tọa độ Đề Các:**

$$\frac{\partial}{\partial t} N + \frac{\partial}{\partial x} c_x N + \frac{\partial}{\partial y} c_y N + \frac{\partial}{\partial \sigma} c_\sigma N + \frac{\partial}{\partial \theta} c_\theta N = \frac{S}{\sigma} \quad (1)$$

Trong đó: t là thời gian; c_x , c_y , và c_σ , c_θ là vận tốc truyền nhóm sóng theo các hướng x , y và theo σ (tần số góc), θ (hướng sóng); N là mật độ tác động sóng; S là hàm nguồn.

*** Phương trình cân bằng tác động phổ trong hệ tọa độ cầu:**

$$\frac{\partial}{\partial t} N + \frac{\partial}{\partial \lambda} c_\lambda N + (\cos \varphi)^{-1} \frac{\partial}{\partial \varphi} c_\varphi \cos \varphi N + \frac{\partial}{\partial \sigma} c_\sigma N + \frac{\partial}{\partial \theta} c_\theta N = \frac{S}{\sigma} \quad (2)$$

Trong đó: t là thời gian; c_λ , c_φ , và c_σ , c_θ là vận tốc truyền nhóm sóng theo các hướng λ (kinh tuyến), φ vĩ tuyến) và theo σ (tần số góc), θ (hướng sóng); N là mật độ tác động sóng; S là hàm nguồn.

Trong phương trình (1) và (2), thành phần đầu tiên trong vế trái biểu thị lượng thay đổi địa phương của mật độ tác động theo thời gian, thành phần thứ hai và ba biểu thị sự truyền tác động trong không gian địa lý. Thành phần thứ tư biểu thị thay đổi của tần số tương đối do thay đổi độ sâu và dòng chảy. Thành phần thứ năm đưa ra sự khúc xạ do độ sâu và dòng chảy. Các biểu thức đối với các tốc độ truyền được rút ra từ lý thuyết sóng tuyến tính. Giá trị S trong vế phải của phương trình là giá trị hàm

nguồn năng lượng tổng cộng tạo ra từ các hiệu ứng tạo sóng, ma sát, tiêu tán sóng và tương tác giữa các sóng.

Sự tăng trưởng của sóng, gió được mô tả bởi:

$$S_{in}(\sigma, \theta) = A + BE(\sigma, \theta) \quad (3)$$

*** Năng lượng cung cấp bởi gió (Sin):**

với: A - hệ số tăng tuyến tính,

BE - hệ số tăng theo hàm mũ.

Trong mô hình sử dụng tốc độ gió đưa vào là tốc độ tại độ cao 10 m U_{10} , trong khi tính toán sử dụng tốc độ ma sát U^* , công thức chuyển từ U_{10} sang U^* nhận được như sau.

$$U_*^2 = C_D U_{10}^2 \quad (4)$$

Trong đó C_D là hệ số kéo theo Wu (1982), ta có

$$C_D(U_{10}) = \begin{cases} 1.2875 \cdot 10^{-3} & U_{10} < 7.5 \text{ m/s} \\ (0.8 + 0.065 \text{ s/m} \cdot U_{10}) \cdot 10^{-3} & U_{10} \geq 7.5 \text{ m/s} \end{cases} \quad (5)$$

*** Tiêu tán năng lượng sóng (Sds):**

Sóng bạc đầu gây ra do độ dốc của sóng vượt quá giới hạn sóng vỡ. Quá trình sóng bạc đầu được mô tả bằng mô hình mạch động của Hasselmann (1974). Các giá trị của số sóng được sử dụng trong vùng có độ sâu nước giới hạn.

$$S_{ds,*}(\sigma, \theta) = -\Gamma \bar{\sigma} \frac{k}{k} E(\sigma, \theta) \quad (6)$$

Ở đây $\bar{\sigma}$, $\bar{k}$ là tần số góc và số sóng trung bình và Γ là hệ số phụ thuộc vào độ dốc sóng tổng hợp.

*** Ma sát đáy:**

Mô hình ma sát đáy trơ mô hình phổ năng lượng sóng là mô hình thực nghiệm của JONSWAP, mô hình sức kéo của Collin và mô hình nhớt xoáy

của Madsen(1988). Công thức của các mô hình trên như sau:

$$S_{ds,b}(\sigma, \theta) = -C_{bottom} \frac{\sigma^2}{g^2 \sinh^2(kd)} E(\sigma, \theta) \quad (7)$$

Ở đây C_{bottom} là hệ số ma sát, thường phụ thuộc vào tốc độ quỹ đạo chuyển động tại đáy Urms.

$$U_{rms}^2 = \iint_0^{2\pi\infty} \frac{\sigma^2}{\sinh^2(kd)} E(\sigma, \theta) d\sigma d\theta \quad (8)$$

* Sóng vỡ do độ sâu:

Năng lượng tiêu tán của trường sóng ngẫu nhiên do hiện tượng sóng vỡ, trong mô hình phổ năng lượng sóng sử dụng mô hình Bore của Battjes và Jansen. Tỷ lệ tiêu tán năng lượng trung bình trên một đơn vị bề ngang phụ thuộc vào độ vỡ của sóng D_{tot} .

$$D_{tot} = -\frac{1}{4} \alpha_{BJ} Q_b \left(\frac{\bar{\sigma}}{2\pi} \right) H_m^2 \quad (9)$$

Ở đây $\alpha_{BJ} = 1$ và Q_b là phân số sóng vỡ được xác định bằng phương trình:

$$\frac{1 - Q_b}{\ln Q_b} = -8 \frac{E_{tot}}{H_m^2} \quad (10)$$

Ở đây H_m là độ cao sóng cực đại có thể tồn tại trong độ sâu đó và $\bar{\sigma}$ là tần số sóng trung bình.

$$\bar{\sigma} = E_{tot}^{-1} \iint_0^{2\pi\infty} \sigma E(\sigma, \theta) d\sigma d\theta \quad (11)$$

3. Số liệu đầu vào cho mô hình

Số liệu đầu vào cho tính sóng lan truyền bao gồm:

a. Số liệu độ sâu

Số liệu độ sâu được lấy từ bản đồ số hóa độ cao DEM 1' – Etopo1 được thể hiện trong Hình 2.

Miền tính là một vùng bao gồm bờ biển phía Bắc tính từ trạm hải văn Hòn Ngur trở lên và phía Đông được giới hạn bởi trạm hải văn Bạch Long Vỹ. Tại mỗi điểm tính, giá trị độ sâu được xác định và là số liệu đầu vào của mô hình.

b. Số liệu độ cao sóng

Tại các biên lõng của miền tính sử dụng kết quả tính toán độ cao sóng có nghĩa theo 4 hướng chính với chu kỳ lặp lại khác nhau.

Sử dụng hàm thống kê toán học Weibull tính toán các yếu tố sóng thiết kế tại các trạm Bạch Long Vỹ, trạm Hòn Dấu và trạm Hòn Ngur theo 4 hướng chính bất lợi nhất đối với khu vực bờ biển phía Bắc của chuỗi thống kê sóng 8 hướng chính. Kết quả thể hiện trong Bảng 1, Bảng 2 và Bảng 3.

Bảng 1. Bảng kết quả tính toán độ cao sóng có nghĩa (H_s) thiết kế tại trạm Bạch Long Vỹ theo các hướng bất lợi

Đơn vị: m

P(%)	1	2	4	5	10	20	Tần suất xuất hiện
Tr(năm)	100	50	25	20	10	5	
Đông Bắc	9,3	9,1	8,7	8,6	8,3	7,8	35%
Đông	7,6	6,5	5,4	5,1	4,0	2,9	10%
Đông Nam	8,4	7,2	5,9	5,5	4,4	3,2	7%
Nam	11,8	9,4	7,3	6,6	4,9	3,4	19%

Bảng 2. Bảng kết quả tính toán độ cao sóng có nghĩa (H_s) thiết kế tại trạm Hòn Dấu theo các hướng bất lợi

Đơn vị: m

P(%)	1	2	4	5	10	20	Tần suất xuất hiện
Tr(năm)	100	50	25	20	10	5	
Đông Bắc	3,5	3,1	2,7	2,5	2,2	1,9	6%
Đông	4,8	4,2	3,6	3,4	2,9	2,4	25%
Đông Nam	4,7	4,3	3,9	3,7	3,3	2,8	19%
Nam	5,1	4,2	3,5	3,2	2,6	2,2	10%

Bảng 3. Bảng kết quả tính toán độ cao sóng có nghĩa (H_s) thiết kế tại trạm Hòn Ngur theo các hướng bất lợi

Đơn vị: m

P(%)	1	2	4	5	10	20	Tần suất xuất hiện
Tr(năm)	100	50	25	20	10	5	
Đông Bắc	8,8	7,3	5,9	5,4	4,3	3,3	15%
Đông	7,8	6,3	4,9	4,5	3,2	2,1	6%
Đông Nam	8,8	7,1	5,6	5,1	3,7	2,4	2%
Nam	6,2	4,7	3,4	3,0	2,0	1,3	11%

c. Số liệu độ tốc độ gió

Tại miền tính sử dụng tốc độ gió cực đại tính toán theo 4 hướng và với chu kỳ lặp lại tương ứng của độ cao sóng có nghĩa. Bài báo sử dụng tốc độ gió ngoài khơi cực đại tính toán theo 4 hướng chính bất lợi với chu kỳ lặp lại khác nhau của trạm khí tượng hải văn Bạch Long Vĩ làm tham số của mô hình.

Sử dụng hàm thống kê toán học Weibull tính tốc độ gió cực đại với 4 hướng chính bất lợi nhất đối với bờ biển phía Bắc của chuỗi gió thống kê 8 hướng chính đo tại trạm khí tượng hải văn Bạch Long Vĩ đã được chuẩn hóa về tốc độ gió ở độ cao 10m trên mặt nước trong vòng 26 năm theo các chu kỳ lặp lại khác nhau. Kết quả được trình bày trong Bảng 4.

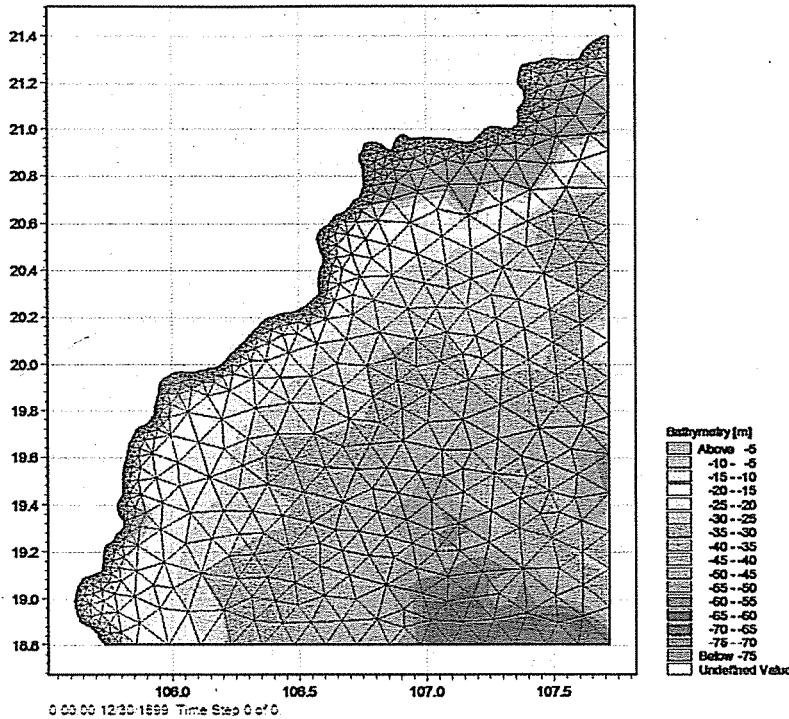
Bảng 4. Bảng kết quả tính toán tốc độ gió thiết kế tại trạm Bạch Long Vĩ theo các hướng bất lợi

Đơn vị: m/s

P(%)	1	2	4	5	10	20	Tần suất xuất hiện
Tr(năm)	100	50	25	20	10	5	
Đông Bắc	45,5	40,4	35,3	33,7	28,7	24,0	37%
Đông	42,8	34,0	26,4	24,2	18,5	14,6	15%
Đông Nam	35,8	30,9	26,3	24,9	20,7	16,8	9%
Nam	51,3	44,1	36,0	32,9	24,7	19,2	21%

Thiết lập các thông số về lưới tính với số ô lưới là 2.395 và số nút ở đường bờ là 1.340, sử dụng lưới tính tam giác để tính toán cho khu vực. Với biên trên là đường bờ ven biển phía Bắc – biên đóng. Biên phía Đông sử dụng độ cao sóng có nghĩa tại với các hướng bất lợi của các chu kỳ lặp lại khác

nhau tại trạm khí tượng hải văn Bạch Long Vỹ. Biên phía Tây sử dụng độ cao sóng có nghĩa tại với các hướng bất lợi của các chu kỳ lặp lại khác nhau tại trạm khí tượng hải văn Hòn Ngự. Bước thời gian tính toán $\Delta t = 60s$ với số bước tính toán là 2400 bước (để đảm bảo sự ổn định của mô hình).

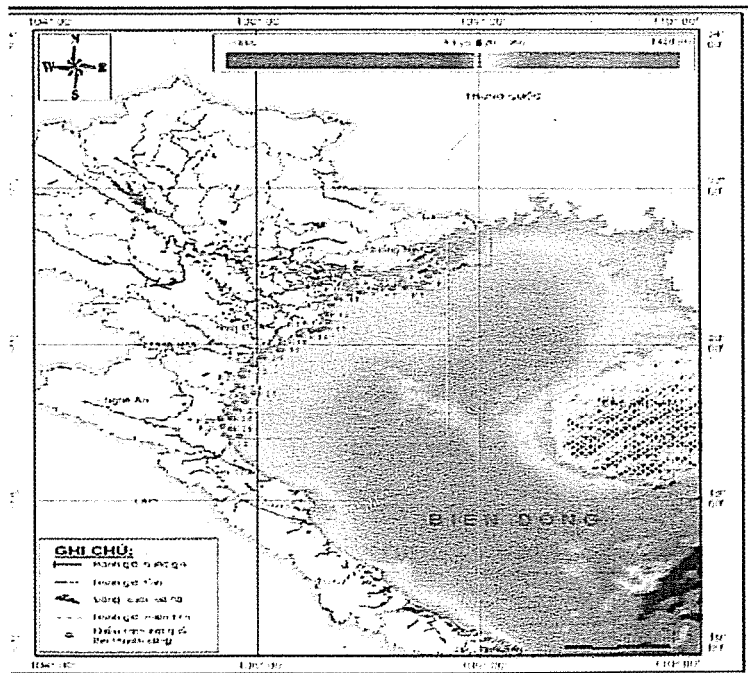


Hình 2. Lưới tính khu vực Vịnh Bắc Bộ

4. Một số kết quả tính toán lan truyền sóng nước sâu vào vùng ven bờ khu vực vịnh Bắc Bộ

Tại 2.395 nút lưới của mô hình Mike 21 SW cho kết quả độ cao sóng (m) hướng truyền sóng (độ) chu kỳ sóng (s) v.v... theo các phương án với các hướng và chu kỳ lặp lại khác nhau.

Do khối lượng tính toán lớn nên tác giả chỉ chọn các hướng sóng chính có ảnh hưởng lớn nhất để tính toán và gồm 4 phương án cho 6 chu kỳ lặp lại (năm). Để giảm bớt khối lượng, ở đây chỉ trích độ cao sóng, chu kỳ sóng và hướng sóng cho 32 vị trí nằm dọc trên đường bình độ độ sâu $Z = -10m$ (Hình 3). Kết quả độ cao sóng của 32 vị trí nằm dọc trên đường bình độ độ sâu $Z = -10m$ thể hiện trong Bảng 5.

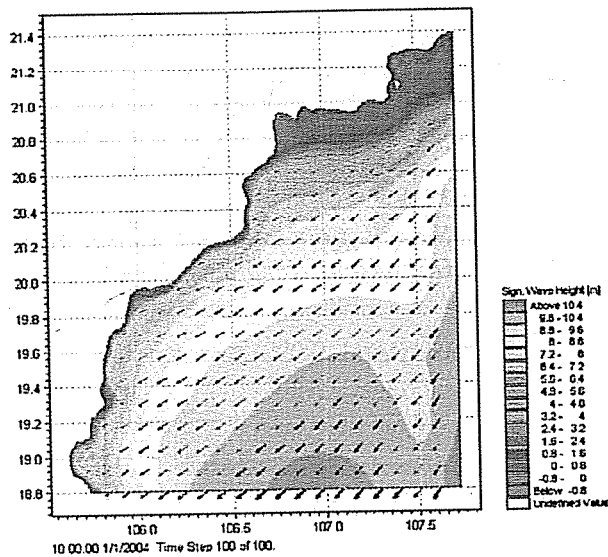


Hình 3. Lưới tính khu vực Vịnh Bắc Bộ

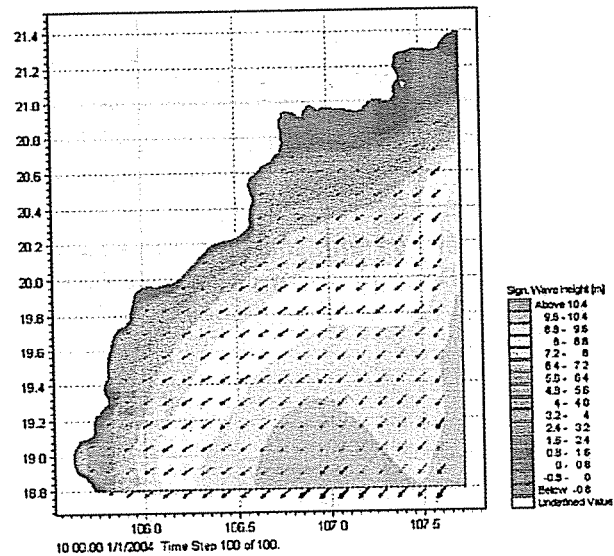
Bảng 5. Kết quả tính lan truyền sóng tại 32 vị trí trên đường bình đồ độ sâu $Z = -10\text{m}$ theo 4 hướng chính với chu kỳ lặp 100 năm

TT	Tên điểm	Kinh độ	Vĩ độ	Đông Bắc	Đông	Đông Nam	Nam
1	K1	107,675	20,940	4,40	4,41	5,00	4,99
2	K2	107,605	20,920	3,92	3,97	4,72	4,66
3	K3	107,544	20,870	3,91	3,97	4,65	4,67
4	K4	107,502	20,780	4,80	4,93	5,41	6,12
5	K5	107,459	20,719	5,32	5,56	5,82	7,02
6	K6	107,330	20,730	3,62	3,87	3,85	4,46
7	K7	107,214	20,715	2,93	3,12	3,04	3,50
8	K8	107,065	20,688	3,28	3,62	3,52	4,28
9	K9	106,929	20,669	3,28	3,68	3,52	4,26
10	K10	106,830	20,621	4,00	4,42	4,25	4,92
11	K11	106,720	20,587	3,73	3,97	3,85	4,20
12	K12	106,667	20,500	4,11	4,37	4,08	4,44
13	K13	106,634	20,380	4,09	4,46	4,04	4,13
14	K14	106,636	20,285	4,54	4,89	4,39	4,74
15	K15	106,605	20,208	4,21	4,66	4,36	4,92
16	K16	106,555	20,176	4,21	4,73	4,62	5,20
17	K17	106,485	20,171	3,49	3,85	4,00	4,35
18	K18	106,375	20,116	3,75	4,09	4,08	4,32
19	K19	106,195	19,932	3,68	3,99	3,88	4,11
20	K20	106,035	19,835	3,63	3,75	3,57	3,94
21	K21	105,960	19,734	4,15	4,25	4,10	4,36
22	K22	105,885	19,662	3,68	3,76	3,62	3,81
23	K23	105,866	19,580	4,09	4,20	3,99	4,16
24	K24	105,840	19,457	4,17	4,13	3,59	3,64
25	K25	105,972	19,380	6,90	7,00	5,90	6,83
26	K26	105,889	19,259	4,48	4,64	4,22	4,56
27	K27	105,815	19,165	3,96	4,03	3,84	4,02
28	K28	105,766	19,044	4,16	4,22	4,00	4,24
29	K29	105,669	19,027	3,36	3,51	3,30	3,55

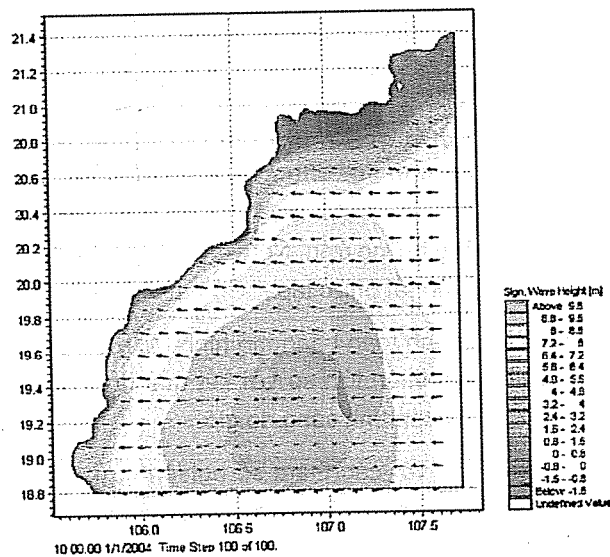
TT	Tên điểm	Kinh độ	Vĩ độ	Đông Bắc	Đông	Đông Nam	Nam
30	K30	105,690	18,937	3,64	3,57	3,17	3,23
31	K31	105,763	18,905	4,29	4,21	3,93	3,95
32	K32	105,844	18,812	4,80	4,79	5,21	4,58



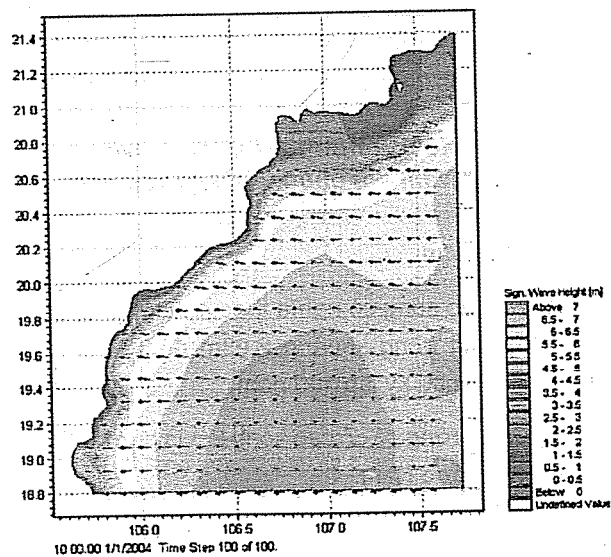
Hình 4. Kết quả tính toán lan truyền sóng theo hướng Đông Bắc với chu kỳ lặp lại 100 năm



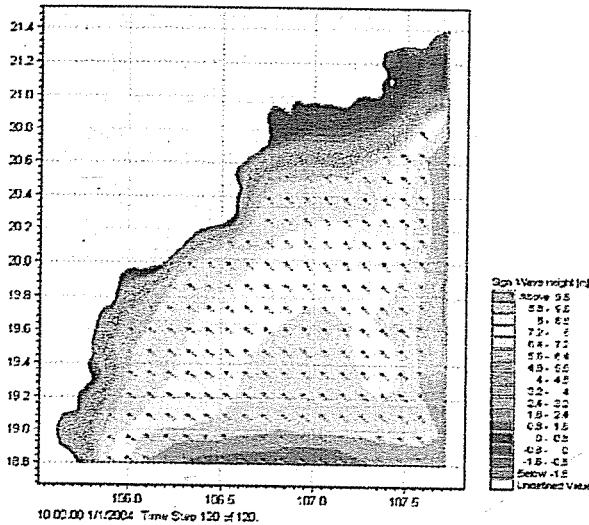
Hình 5. Kết quả tính toán lan truyền sóng theo hướng Đông Bắc với chu kỳ lặp lại 50 năm



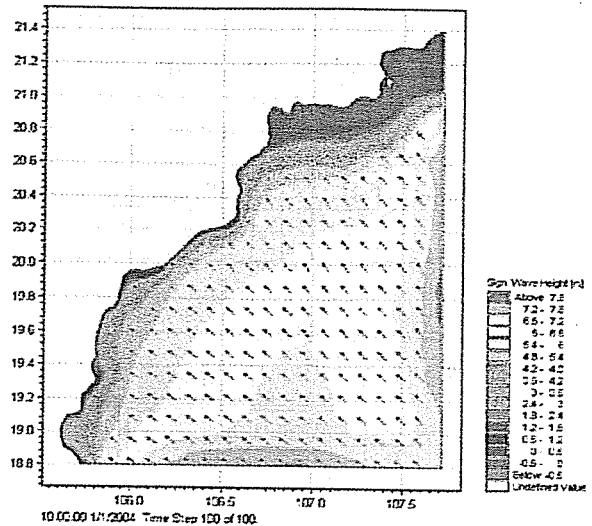
Hình 6. Kết quả tính toán lan truyền sóng theo hướng Đông với chu kỳ lặp lại 100 năm



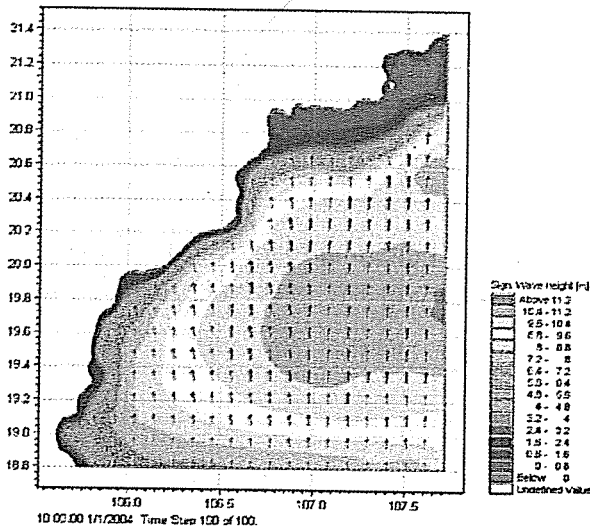
Hình 7. Kết quả tính toán lan truyền sóng theo hướng Đông với chu kỳ lặp lại 50 năm



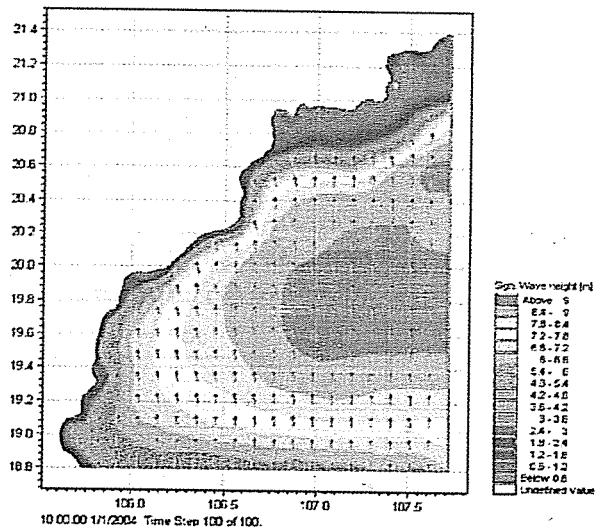
Hình 8. Kết quả tính toán lan truyền sóng theo hướng Đông Nam với chu kỳ lặp lại 100 năm



Hình 9. Kết quả tính toán lan truyền sóng theo hướng Đông Nam với chu kỳ lặp lại 50 năm



Hình 10. Kết quả tính toán lan truyền sóng theo hướng Nam với chu kỳ lặp lại 100 năm



Hình 11. Kết quả tính toán lan truyền sóng theo hướng Nam với chu kỳ lặp lại 50 năm

5. Kết luận

- 1) Độ cao sóng có nghĩa theo 4 hướng tại 32 vị trí dao động trong khoảng 2,93m đến 7,02m với trường hợp chu kỳ lặp 100 năm.
- 2) Các hướng có độ cao sóng lớn là hướng Đông Nam và Hướng Nam.
- 3) Các kết quả tính lan truyền sóng không bao gồm dao động mực nước triều.
- 4) Kết quả tính toán bằng mô hình Mike 21 SW tại trạm Hòn Dấu thiên bé so với kết quả quan trắc

các yếu tố sóng tương ứng. Nguyên nhân là do khu vực này địa hình rất phức tạp.

5) Kết quả tính toán bằng mô hình Mike 21 SW tại trạm Ba Lạt thiên lớn so với kết quả tính toán bằng phương pháp tính sóng đo gió.

6) Ngoài ra, với các tham số nghiên cứu, tính toán được ở chương 3 và chương 4 sẽ góp phần và việc xác định các điều kiện biên thủy động lực học vùng cửa sông ven biển như bài toán diễn biến hình thái, lan truyền chất, thiết kế công trình cầu cảng, các công trình nắn dòng, bảo vệ bờ ...

7) Phương pháp nghiên cứu trong bài báo mở ra hướng mới cho việc tính toán lan truyền sóng nước sâu vào các vùng ven bờ. Và là kênh khá tin cậy cho việc sử dụng số liệu sóng ở những nơi không quan

trắc sóng dùng làm các điều kiện biên thủy, động lực học cho các bài toán khác.

Tài liệu tham khảo

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2006), *Kỷ yếu, Các đề tài nghiên cứu khoa học công nghệ giai đoạn 2002-2006*.
2. Nguyễn Văn Lai (2006), *Giáo trình Hải dương học trường ĐHTL*.
3. Ngô Đình Tuấn (1977-1979), *Thủy triều và tính toán thủy triều ven biển Việt Nam. Bài giảng Thủy văn ĐHTL và ĐHBK thành phố HCM*.
4. Ngô Đình Tuấn (2006), *Thủy văn nâng cao, Bài giảng Cao học thủy văn*.
5. DHI Software (2007), *Step-by-Step training guide, Mike 21 & Mike 3 Flow model FM Hydrodynamic module*.
6. DHI Software (2007), *User guide, Mike 21 Flow model FM, Hydrodynamic module*.
7. DHI Software (2007), *User guide, Mike 21 SW, Spectral Wave FM module*.
8. DHI Software (2007), *Scientific Documentation, Mike 21 SW, Spectral Wave module*.
9. DHI Software (2007), *Scientific Documentation, Mike 21 Tidal Analysis and Prediction module*.
10. DHI Software (2007), *User guide, Mike 21 Toolbox*.
11. Leo H. Holthuijsen (2007), *Waves in Oceanic and Coastal Waters, Cambridge*.