

TÍNH TOÁN VÀ DỰ BÁO SÓNG Ở BIỂN ĐÔNG VIỆT NAM

TS. PHAN VĂN HOẶC, KS. HỒ NGỌC SANG

Phân viện KTTV tại TP Hồ Chí Minh

I - MỞ ĐẦU

Vấn đề tính toán và dự báo sóng ở biển Đông Việt Nam hiện nay là hết sức cấp thiết nhằm phục vụ việc thăm dò khai thác dầu khí, đánh bắt hải sản, giao thông vận tải biển, an ninh quốc phòng.

Trong bài viết này, chúng tôi đặt vấn đề nghiên cứu phương pháp để tính toán và dự báo sóng ở biển Đông Việt Nam, với cách giải phương trình cân bằng năng lượng dưới dạng phẳng của giáo sư Tiến sĩ Davidan (Liên Xô) bằng phương pháp số trị, đồng thời kết hợp với các hình thế synop tiêu biểu liên quan đến sự phát sinh, phát triển sóng trên biển Đông.

II - GIẢI PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG NĂNG LƯỢNG PHẲNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP SỐ TRỊ

Xuất phát từ phương trình cân bằng năng lượng dưới dạng phẳng:

$$\frac{ds}{dt} + v_x \frac{ds}{dx} + v_y \frac{ds}{dy} = G \quad (1)$$

Trong đó :

$S(x, y, t, \omega, \theta)$: phẳng sóng, phụ thuộc vào vị trí, thời gian, tần số và hướng truyền.

$|v| = \frac{g}{2\omega}$: vận tốc truyền của phẳng sóng; với các thành phần :

$$v_x = \frac{g}{2\omega} \cos\theta \quad (2)$$

$$v_y = \frac{g}{2\omega} \sin\theta \quad (2)$$

$G = (\alpha + \beta S)(1 - \mu)$: hàm nguồn

α, β là hàm xác định sự phát triển của sóng, được xác định bởi :

$$\alpha = \frac{4\pi^2 k \omega^3}{2g^3} \square(k, \omega) \quad (4)$$

với : $\square(k, \omega) = (1,23\omega^{-2} U^6/\pi^2) [m_1/m_1^2 + k^2 \sin^2\theta] \times \left\{ m_2/[m_2^2 + (k \cos\theta - \lambda)^2] \right\}$

$$k = \frac{9.818}{U^2}; \quad \lambda = \frac{W}{U}; \quad m_1 = 0.52 \quad (\omega/U)^{0.95}; \quad m_2 = 0.33 \quad (\omega/U)^{1.28}.$$

$$\beta = \frac{\rho a}{\rho \omega} (kU - \omega) \quad (5)$$

với $\rho a = 1.2923 \text{ kg/m}^3; \quad \rho \omega = 1022 \text{ kg/m}^3$

Hệ số tiêu tán năng lượng: $\mu = 0.8 \exp(0.5 \frac{S - S_0}{S_p})$

$$S_p = \lambda g^2 \omega^{-5} Q(\theta)$$

$$\lambda = 8.1 \times 10^3; \quad Q(\theta) = \cos^4 \theta$$

Trong miền vuông góc phẳng D, chọn mạng lưới với các bước $\Delta x, \Delta y$ theo không gian và Δt theo thời gian,

Ký hiệu:

$$S_{i,j}^n = S(n\Delta t, i\Delta x, j\Delta y, \omega,) \quad (6)$$

$$n = 0, 1, \dots, N$$

$$i = 0, 1, \dots, I$$

$$j = 0, 1, \dots, J$$

Tính gần đúng phương trình (1) bằng sơ đồ sai phân 2 lớp:

$$\begin{aligned} & \frac{S_{i,j}^{n+1} - S_{i,j}^n}{\Delta t} + c_1 v_x \frac{S_{i,j}^n - S_{i-1,j}^n}{\Delta x} + c_2 v_y \frac{S_{i,j}^n - S_{i,j-1}^n}{\Delta y} + \\ & + c_3 v_x \frac{S_{i,j}^{n+1} - S_{i-1,j}^{n+1}}{\Delta x} + c_4 v_y \frac{S_{i,j}^{n+1} - S_{i,j-1}^{n+1}}{\Delta y} + c_5 v_x \frac{S_{i+1,j}^n - S_{i,j}^n}{\Delta x} + \\ & + c_6 v_y \frac{S_{i,j+1}^n - S_{i,j}^n}{\Delta y} + c_7 v_x \frac{S_{i+1,j}^{n+1} - S_{i,j}^{n+1}}{\Delta x} + c_8 v_y \frac{S_{i,j+1}^{n+1} - S_{i,j}^{n+1}}{\Delta y} = G_{i,j}^n \quad (7) \end{aligned}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Trong đó: } c_1 + c_3 + c_5 + c_7 = 1 \\ c_2 + c_4 + c_6 + c_8 = 1 \end{array} \right\} \quad (8)$$

Phương trình (7) được giải với điều kiện ban đầu:

$$S_{i,j}^0 = S(i\Delta x, j\Delta y, t_0, \omega,) \quad (9)$$

và điều kiện bù n viết theo dạng phụ thuộc vào hướng truyền của phè thành phẳng sóng.

- Khi $\Theta \in [0, \frac{\pi}{2}]$, (H. 1a), các điều kiện biên cần phải cho trên các đường thẳng OJ và OI, vì rằng bất kỳ tính chất nào cũng có điểm đầu trên một trong hai đường thẳng này, do vậy điều kiện biên có thể viết :

$$\begin{cases} S_{oi}^n = S(x_o, j\Delta y, n\Delta t) \\ S_{io}^n = S(i\Delta x, y_o, n\Delta t) \end{cases} \quad (10)$$

trong đó (x_o, y_o) là tọa độ của điểm 0, và $x_o = y_o = 0$.

- Khi $\Theta \in \left[-\Pi, -\frac{\Pi}{2}\right]$, (H. 1b) điều kiện biên cần phải cho trên các

đường thẳng JC và CI, do vậy có thể viết theo dạng (11):

$$\begin{cases} S_{ij}^n = S(i\Delta x, J\Delta y, n\Delta t) \\ S_{lj}^n = S(I\Delta x, j\Delta y, n\Delta t) \end{cases} \quad (11)$$

- Khi $\Theta \in \left[0, -\frac{\Pi}{2}\right]$, (H. 1c), điều kiện biên được viết theo dạng:

$$\begin{cases} S_{ij} = S(i\Delta x, J\Delta y, n\Delta t) \\ S_{oj} = S(x_o, j\Delta y, n\Delta t) \end{cases} \quad (12)$$

$$\begin{cases} S_{io}^n = S(i\Delta x, y_o, n\Delta t) \\ S_{lj}^n = S(I\Delta x, j\Delta y, n\Delta t) \end{cases} \quad (13)$$

- Khi $\Theta \in \left[\frac{\Pi}{2}, \Pi\right]$, (H. 1d), điều kiện biên được viết theo : (13).

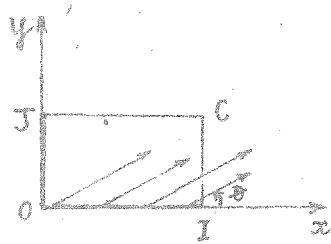
Sơ đồ sai phân (7) có độ chính xác bậc 1. Tham số C_i ($i = 1, 2, \dots, 8$) được xác định bằng dạng cụ thể của sơ đồ sai phân 2 lớp và chọn chúng phụ thuộc vào hướng Θ và điều kiện ổn định.

Từ sơ đồ chung (7), có thể lập ra sơ đồ sai phân cụ thể ứng với 2 loại: sơ đồ hiện ổn định tương đối và sơ đồ ẩn ổn định tuyệt đối. Sơ đồ ẩn có vùng giới hạn phụ thuộc vào lời giải của phương trình sai phân và vì vậy chỉ được ứng dụng trong trường hợp nếu như điều kiện ổn định:

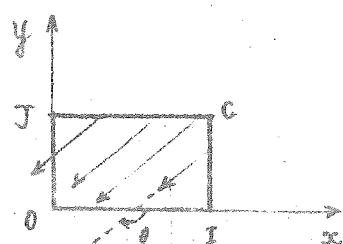
$$\frac{\Delta t}{\Delta x} \cos\Theta + \frac{\Delta t}{\Delta y} \sin\Theta < \frac{1}{v} \quad (14)$$

chỉ bị phá vỡ ở một số ít điểm (đối với v rất nhỏ). Còn nếu như điều kiện ổn định bị phá vỡ hầu như với mọi v , thì tốt hơn hết là giảm bước tính theo thời gian Δt .

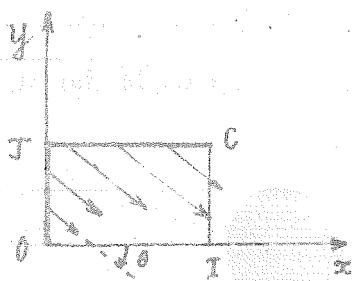
a)



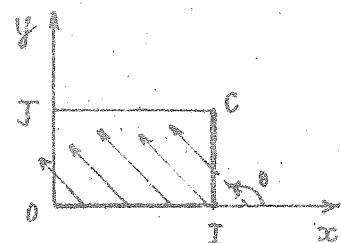
b)



c)



d)



Hình 1 – Cách xác định điều kiện biên theo các giá trị θ

Vùng biển Đông mà chúng ta tính toán và dự báo sóng, được phân chia ra thành mạng lưới có các ranh giới thẳng góc. Vùng mạng lưới bao gồm $I \times J$ của các hình chữ nhật thành phần với các cạnh $\Delta x, \Delta y$. Đường bờ của biển xấp xỉ gần đúng gãy khúc đi qua các cạnh tương ứng của các hình chữ nhật thành phần (hình 2).

Trường gió cho trong các điểm nút của vùng mạng lưới vào các thời điểm $t = n \Delta t$ ($n = 0, 1, \dots$) được viết theo dạng số trị mà các thành phần của nó là các giá trị mô-đuyn tốc độ U_{nij} và với hướng gió Θ_{nij} .

Các số liệu cho ban đầu của phương trình (7) là các giá trị phô mật độ $S(\omega, \Theta)$ của các điểm vùng mạng lưới vào điểm t_0 . Cho điều kiện biên là các giá trị phô mật độ hai chiều của sóng trên ranh giới ngoài của vùng mạng lưới vào các thời điểm khác nhau.

Chọn hướng $\Theta = 0$ dọc theo trục X, ở thời điểm đầu t_0 , chúng ta khảo sát 4 dạng sơ đồ phụ thuộc góc Θ ở góc phần tư nào trong điều kiện biên $\Theta \in [0, \frac{\pi}{2}]$, sử dụng điều kiện biên (10) và nếu như trong các giá trị đã cho $\Delta t, \Delta x, \Delta y, \Theta$ thỏa mãn điều kiện ổn định (14) thì:

$$c_1 = c_2 = 1; \quad c_3 = c_4 = 0$$

hoặc $c_1 = c_2 = 0; \quad c_3 = c_4 = 1$

Do vậy sơ đồ sai phân (7) được viết lại là:

$$\frac{S_{i,j}^{n+1} - S_{i,j}^n}{\Delta t} + v_x \frac{S_{i,j}^n - S_{i-1,j}^n}{\Delta x} + v_y \frac{S_{i,j}^n - S_{i,j-1}^n}{\Delta y} = G_{i,j}^n \quad (15)$$

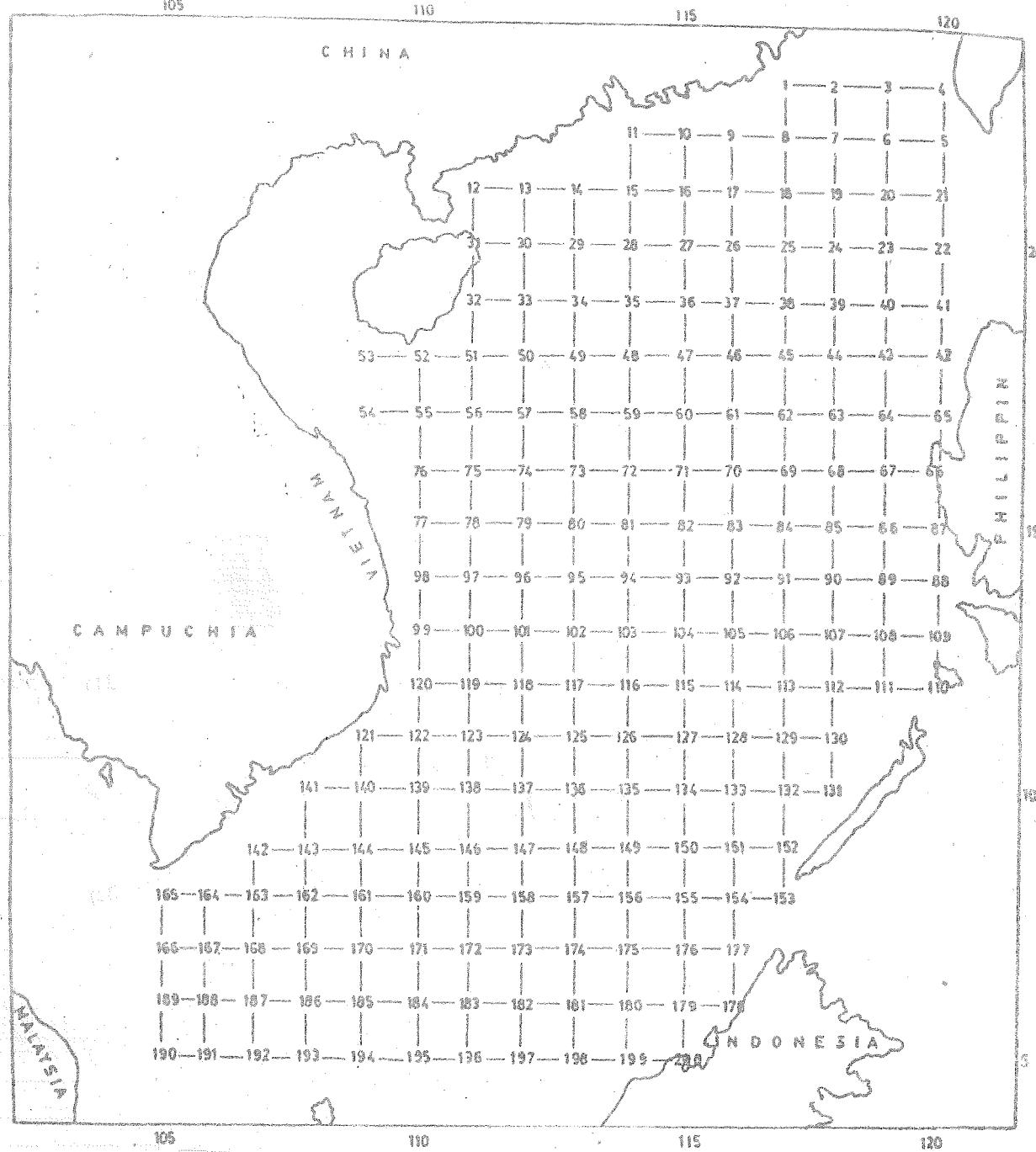
$$\frac{S_{i,j}^{n+1} - S_{i,j}^n}{\Delta t} + v_y \frac{S_{i,j}^{n+1} - S_{i-1,j}^{n+1}}{\Delta x} + v_y \frac{S_{i,j}^{n+1} - S_{i,j-1}^{n+1}}{\Delta y} = G_{i,j}^n \quad (16)$$

Khi tính đến $G_{i,j}^n = (\lambda_{i,j}^n + \beta_{i,j}^n S_{i,j}^n)(1 - \mu_{i,j}^n)$ thì (15) và (16) được viết trong dạng sau:

$$S_{i,j}^{n+1} = \left\{ 1 - v_x \frac{\Delta t}{\Delta x} - v_y \frac{\Delta t}{\Delta y} + \left[\beta_{i,j}^n (1 - \mu_{i,j}^n) \Delta t \right] \right\} S_{i,j}^n + v_x \frac{\Delta t}{\Delta x} S_{i-1,j}^n + v_y \frac{\Delta t}{\Delta y} S_{i,j-1}^n + \alpha_{i,j}^n (1 - \mu_{i,j}^n) t \quad (17)$$

$$S_{i,j}^{n+1} = \frac{1}{1 + v_x \frac{\Delta t}{\Delta x} + v_y \frac{\Delta t}{\Delta y}} \left[1 + \beta_{i,j}^n (1 - \mu_{i,j}^n) \Delta t \right] S_{i,j}^n. \quad (18)$$

$$S_{i,j}^{n+1} = v_x \frac{\Delta t}{\Delta x} S_{i-1,j}^{n+1} + v_y \frac{\Delta t}{\Delta y} S_{i,j-1}^{n+1} + \alpha_{i,j}^n (1 - \mu_{i,j}^n) \Delta t \quad (18)$$



Hình 2 –Sơ đồ mạng lưới điểm tinh

Hoàn toàn tương ứng với:

$\Theta \in \left[0, -\frac{\pi}{2}\right]$, ta có:

$$S_{i,j}^{n+1} = \left\{ 1 - v \cos \Theta \frac{\Delta t}{\Delta x} - v \sin |\Theta| \frac{\Delta t}{\Delta y} + \beta_{i,j}^n (1 - \mu_{i,j}^n) \Delta t \right\} \times \\ \times S_{i,j}^n + v \cos \Theta \frac{\Delta t}{\Delta x} S_{i-1,j}^n + v \sin |\Theta| \frac{\Delta t}{\Delta y} S_{i,j+1}^n + \alpha_{i,j}^n (1 - \mu_{i,j}^n) \Delta t \quad (19)$$

$$\text{và } S_{i,j}^{n+1} = \frac{1}{1 + v \cos \Theta \frac{\Delta t}{\Delta x} + v \sin |\Theta| \frac{\Delta t}{\Delta x}} \left\{ [1 + \beta_{i,j}^n (1 - \mu_{i,j}^n) \Delta t] S_{i,j}^n + \right. \\ \left. + v \cos \Theta \frac{\Delta t}{\Delta x} S_{i-1,j}^{n+1} + v \sin |\Theta| \frac{\Delta t}{\Delta y} S_{i,j+1}^{n+1} + \alpha_{i,j}^n (1 - \mu_{i,j}^n) \Delta t \right\} \quad (20)$$

Với $\Theta \in \left[\frac{\pi}{2}, \pi\right]$ ta có

$$S_{i,j}^{n+1} = \left\{ 1 + v_x \frac{\Delta t}{\Delta x} - v_y \frac{\Delta t}{\Delta x} + \beta_{i,j}^n (1 - \mu_{i,j}^n) \Delta t \right\} \times \\ \times S_{i,j}^n - v_x \frac{\Delta t}{\Delta x} S_{i+1,j}^n + v_y \frac{\Delta t}{\Delta y} S_{i,j-1}^n + \alpha_{i,j}^n (1 - \mu_{i,j}^n) \Delta t \quad (21)$$

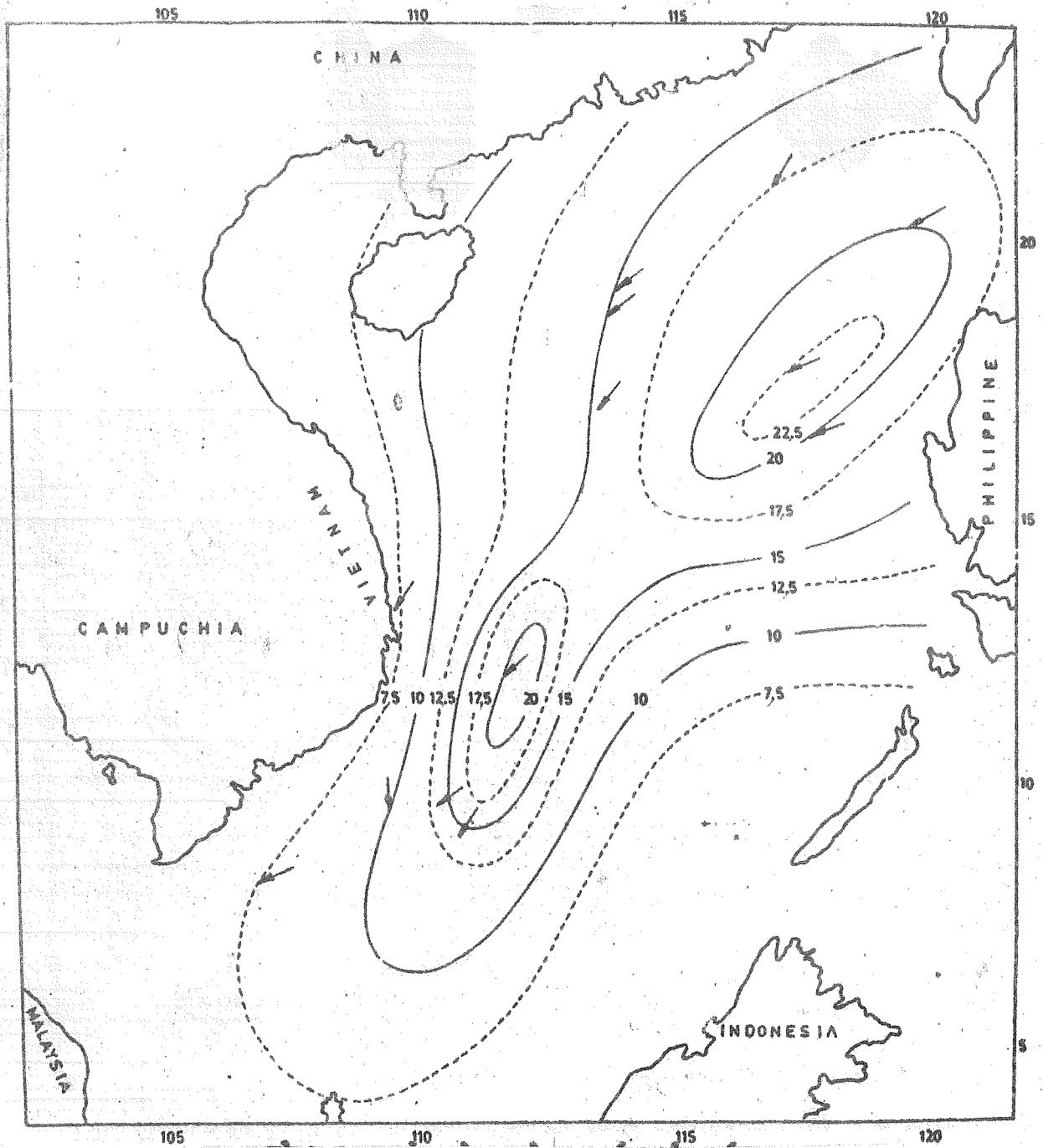
$$\text{và } S_{i,j}^{n+1} = \frac{1}{\left(1 + v_y \frac{\Delta t}{\Delta y} - v_x \frac{\Delta t}{\Delta x} \right)} \left\{ [1 + \beta_{i,j}^n (1 - \mu_{i,j}^n) \Delta t] \right.$$

$$S_{i,j}^n - v_x \frac{\Delta t}{\Delta x} S_{i+1,j}^{n+1} + v_y \frac{\Delta t}{\Delta y} S_{i,j-1}^n + \alpha_{i,j}^n (1 - \mu_{i,j}^n) \Delta t \quad (22)$$

Với $\Theta \in [-\frac{\pi}{2}, -\pi]$, ta có :

$$S_{i,j}^{n+1} = \left\{ 1 + v_x \frac{\Delta t}{\Delta x} + v_y \frac{\Delta t}{\Delta y} + \beta_{i,j}^n (1 - \mu_{i,j}^n) \Delta t \right\} \\ S_{i,j}^n - v_x \frac{\Delta t}{\Delta x} S_{i+1,j}^n - v_y \frac{\Delta t}{\Delta y} S_{i,j+1}^n + \alpha_{i,j}^n (1 - \mu_{i,j}^n) \Delta t \quad (23)$$

$$\text{và } S_{i,j}^{n+1} = \frac{1}{\left(1 - v_x \frac{\Delta t}{\Delta x} - v_y \frac{\Delta t}{\Delta y} \right)} \left\{ [1 + \beta_{i,j}^n (1 - \mu_{i,j}^n) \Delta t] S_{i,j}^n + \right.$$

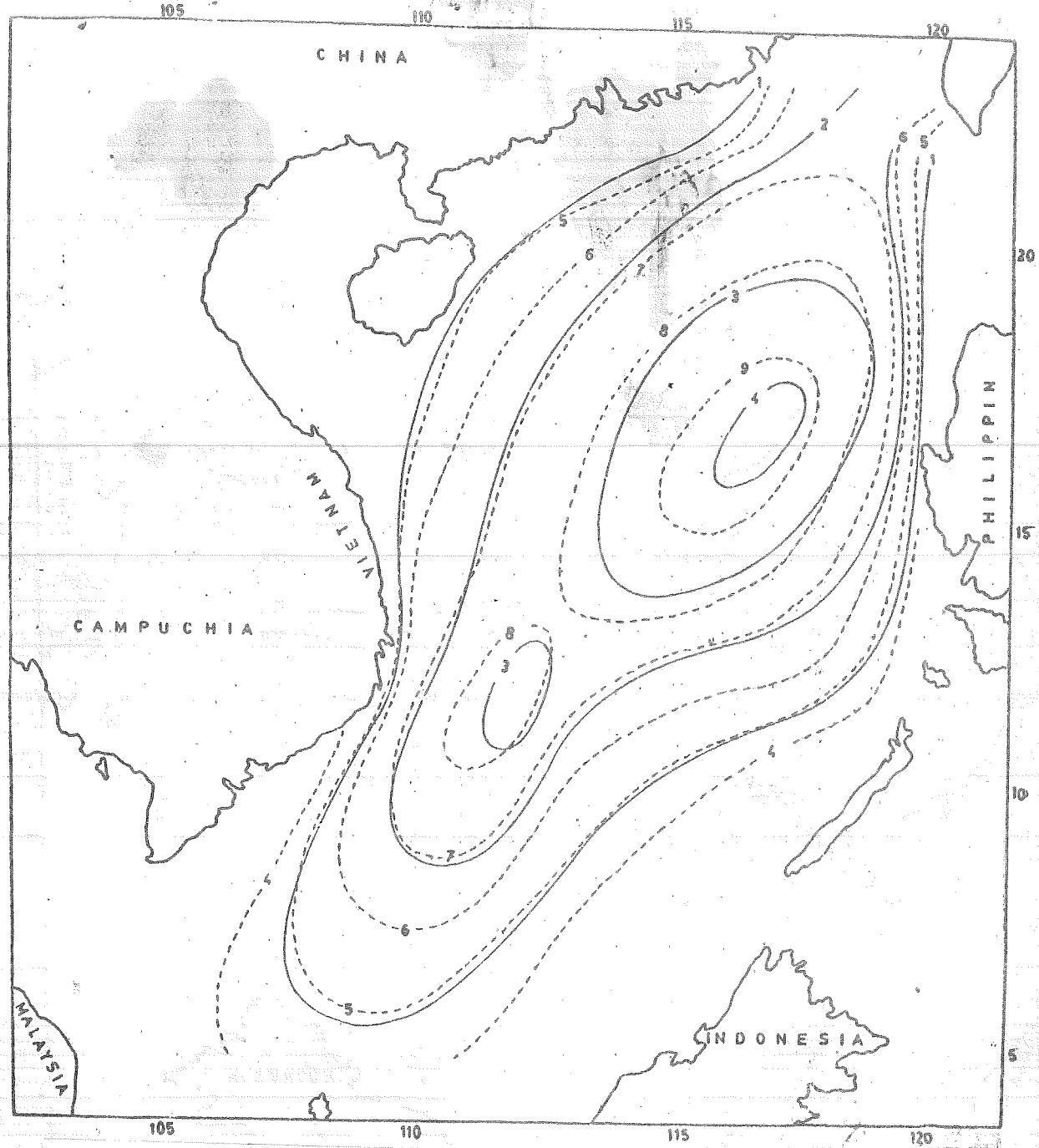


Hình 3 — Bản đồ trắc gió biển Đông lúc 0 giờ GMT ngày 12/12/1966

Chú thích: | | Đường dẫn tốc độ gió

— Vécto hướng gió

Vécto hướng gió



Hình 4—Bản đồ độ cao sóng dự báo—Chu kỳ dự báo sóng biển Đông Việt Nam—

6 giờ GMT ngày 1-12-1966

Chú thích: | Đường dảng độ cao sóng dự báo (m)

| Đường dảng chu kỳ sóng dự báo (s)

$$= v_x \frac{\Delta t}{\Delta x} S_{i+1,j}^{n+1} - v_y \frac{\Delta t}{\Delta y} S_{i,j+1}^{n+1} + \sigma_{ij}^n (1 - \mu_{ij}^n) \Delta t \quad (24)$$

Tóm lại, việc giải bài toán theo sơ đồ (7) được tiến hành như sau: Vào thời điểm $t_0 = 0$ ở tại mỗi điểm ($i \Delta x, j \Delta y$) của vùng mạng lưới, ta tính phồ $S(\omega, \Theta)$ cho tất cả ω và Θ theo các công thức từ (17) đến (14) ứng với từng trường hợp của góc Θ . Sau đó việc tính toán sẽ được lặp lại ở thời điểm $t_0 + \Delta t$.

III – TÍNH TOÁN VÀ DỰ BÁO SÓNG TRÊN BIỂN ĐÔNG VIỆT NAM VÀO MÙA ĐÔNG

Để tính toán, vùng biển Đông Việt Nam được chia thành một mạng lưới gồm 200 điểm tính, mỗi điểm cách nhau 1 độ kinh vĩ ($\Delta x = \Delta y = 111 \text{ km}$). Sơ đồ mạng lưới điểm tính (hình 2) phô bối từ 5° đến 23° vĩ bắc và từ 105° đến 120° kinh đông. Bước thời gian dùng để tính toán và dự báo sóng là $\Delta t = 6$ giờ. Để tính toán và dự báo vào mùa đông, chúng tôi sử dụng sơ đồ sai phân ẩn ôn định tuyệt đối với trường hợp $\Theta \in [-\frac{\pi}{2}, -\pi]$ tức là biểu thức sai phân (24).

Chương trình tính bằng ngôn ngữ Fortran 77 trên máy vi tính. Số liệu tính toán được lấy từ bản đồ hình thế synop tiêu biểu vào mùa đông ở biển Đông hồi 0 giờ GMT ngày 1-XII-1966.

So sánh các kết quả đã tính toán thử nghiệm trên máy vi tính với kết quả mà chúng tôi đã tính toán trước đây bằng các công thức và toán đố (phải tính từng điểm và mất nhiều thời gian), thì mô hình tính toán sóng trên may vi tính có nhiều ưu điểm: nhanh, chính xác, tính đồng thời một lúc trên các điểm mạng lưới của toàn vùng biển Đông, xác định được tính chất sóng gió – sóng lồng cho từng điểm của mạng lưới dự báo. Vì vậy, có thể khẳng định phương pháp tính toán này rất cần thiết để đưa vào phục vụ việc dự báo sóng ở biển Đông Việt Nam.

IV – KẾT LUẬN

Việc giải phương trình cân bằng năng lượng dưới dạng phồ biến bằng phương pháp số trị, mở ra một triển vọng để tính toán và dự báo sóng ở biển Đông.

Tài liệu tham khảo

1. Davidan, Lopatukhin... Sóng gió – 1978. (tiếng Nga).
2. Davidan, Lavrenov,... Mô hình toán và phương pháp tính nghiệp vụ sóng gió trên vùng biển Liên Xô – Tạp chí KT và TV, XI – 1938. (tiếng Nga).