

MO HÌNH HOA HOAN LỒU TRIỆU, SÔNG TRONG KHU VỰC CỬA SÔNG CỬA BE VĨNH NHA TRANG

Phạm Xuân Đông
Viện Hải Dương Học (Nha Trang)

TÓM TẮT Trong bài báo này chúng tôi nêu kết quả sử dụng mô hình số trị phổ biến để giải các bài toán liên quan tới môi trường biển. Nội dung giải hệ phương trình Saint – Venant hai chiều biến đổi theo thời gian nhằm mô tả ra trường phân bố không gian – thời gian của các yếu tố vật lý như dòng chảy, mực nước v.v.... Kết hợp với các số liệu cập nhật nước mô hình cho phép nhận giải đối với các yếu tố môi trường. Xuất phát từ yêu cầu thực tiễn, chúng tôi ứng dụng giải hệ phương trình Saint – Venant cho khu vực cửa sông Cửa Be Vịnh Nha Trang, các kết quả tính toán so sánh với các kết quả đo đạc ở khu vực này.

TWO DIMENSIONAL MODEL OF THE WATER CIRCULATION IN THE CUA BE ESTUARY OF NHATRANG BAY

Pham Xuan Duong
Institute of Oceanography (Nha Trang)

SUMMARY In this paper, the results of using the numerical modeling to decide the problems related to the marine environment are presented. The two – dimensional Saint – Venant's equation system is decided with time variability to receive space – time fields of such physical characteristics as current, sea level etc. With the up – to – date data this model can provide estimating and forecasting of those characteristics. This model was applied to Cua Be area and the calculated results were compared with the measured values.

I. MÔ HÌNH

Từ những kết quả nhiều tra khảo sát biển ở vịnh Nha Trang, một cơ sở dữ liệu tổng thể phong phú về nước hình thành cho phép mô tả tại các địa điểm trong cửa biển của nhiều yếu tố thủy văn như mực nước, thủy triều, sóng v.v.... Tuy nhiên việc sử dụng các mô hình số để giải các bài toán liên quan tới môi trường biển khu

vực vẫn rất cần thiết. Do vậy đây chúng tôi tiến hành giải hệ phương trình Saint – Venant hai chiều biến đổi theo thời gian, nhằm mô tả ra trường phân bố không gian - thời gian của các yếu tố vật lý như dòng chảy, mực nước ở khu vực cửa sông Cửa Be vịnh Nha Trang. Các kết quả tính toán nước thể hiện qua phân bố không gian của các yếu tố tại từng thời điểm, biến đổi theo thời gian trên các năm có hình. Các kết

quai tính toán coi số sinh và hình giải với các kết quả nó nằm trong các nốt khai sát ôi khu vực này. Tính toán phân bố không gian – thời gian các yếu tố dòng chảy, dao động mức nước, nồng độ thời kết hợp các số liệu cập nhật cho phép hình giải và đối baio chung.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Cơ sở của phương pháp nghiên cứu

Mô hình nước thiết lập dựa trên việc giải số tử hệ phương trình Saint – Venant [1]. Hệ phương trình Saint – Venant bao gồm các phương trình nồng độ và phương trình liên tục như sau:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - \Omega v = -g \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{gu(u^2 + v^2)^{1/2}}{c^2(a_0 + h)} \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + \Omega u = -g \frac{\partial h}{\partial y} - \frac{gv(u^2 + v^2)^{1/2}}{c^2(a_0 + h)} \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} u(a_0 + h) + \frac{\partial}{\partial y} v(a_0 + h) + \frac{\partial h}{\partial t} = 0 \quad (3)$$

Các ký hiệu trong các phương trình trên là:

u, v - các thành phần vận tốc dòng chảy trung bình theo chiều sâu theo phương kính tuyến và vó tuyến.

a₀ - chiều sâu trung bình kể từ mặt chuẩn nạo nội xuống mặt biển.

h - mức nước trung bình kể từ mặt chuẩn nội lên mặt biển.

g - gia tốc trọng trường.

Ω - tham số Coriolis.

c - hệ số của Chezy.

t - thời gian.

Nếu với khu vực cửa sông và vùng nước nông ven bờ coi mặt thoáng như là coi thể bôi qua thành phần liên quan đến giới trong hệ phương trình trên.

Vùng cửa sông ra biển là vùng nước ven bờ rộng và thoáng, không thể bôi qua các nông cửa giới nước.

Mô hình tính toán cần 3 loại điều kiện biên gồm:

- Biên công lao ranh giới bờ biển, bờ sông, cửa lao, bãi nôi v.v....

- Biên lỏng phía biển lao dao động mức nước biển theo thủy triều.

- Biên lỏng phía sông lao dòng chảy sông.

Tại biên công số dùng điều kiện không thấm, tức là U_n = 0 (U_n vận tốc pháp tuyến).

Tại các biên lỏng hồng biển, số dùng các bờ hàng số nước hoặc mức nước tính theo thời gian. Cơ sở của phương pháp tính hàng số nước hoặc dạng:

$$h_i = H_0 + \sum H_i F_i \text{Cos} [q_i t + \varphi_i + (V_0 + U)_i] \quad (4)$$

trong đó:

H₀ là mức nước trung bình tại điểm nạo hoặc tính.

H_i, φ_i là các giá trị hàng số nước hoặc biên nạo và pha.

q_i là tốc nạo góc các sông thành phần thời.

F_i, (V₀ + U)_i là các tham số thiên vận.

Tại các biên lỏng hồng sông tính theo công thức:

$$V = \frac{Q}{S} \quad (5)$$

trong đó Q là lưu lượng nước sông, S là mặt cắt ôit ngang sông.

2. Phương pháp tính

Nếu giải hệ phương trình Saint – Venant cho vùng tính lao khu vực cửa sông Cửa Be và vịnh Nha Trang, trong mô hình số dùng các số nạo sai phân hữu hạn, khi giải nạo số dùng lược nạo sai phân hiện. Miền tính nước rồi raic hoặc bảng lược ô vuông và dùng các xấp xê sau:

$$\frac{\partial u}{\partial t} \approx \frac{1}{2} [u(x,y,t+2) - u(x,y,t)](\Delta t)^{-1} \quad (6)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} \approx \frac{1}{4} [u(x+2,y,t) - u(x-2,y,t)](\Delta x)^{-1} \quad (7)$$

$$\frac{\partial u}{\partial y} \approx \frac{1}{4} [u(x,y+2,t) - u(x,y-2,t)](\Delta y)^{-1} \quad (8)$$

$$(u^2+v^2)^{1/2} = \{ [u(x,y,t)] + \frac{1}{16} [v(x+1,y+1,t) + v(x+1,y-1,t) + v(x-1,y+1,t) + v(x-1,y-1,t)]^2 \}^{1/2} = A_1(x,y,t) \quad (9)$$

Thay các xấp xỉ (6), (7), (8), (9) vào (1), (2), rút ra được các phương trình tính $u(x,y,t+2)$, $v(x,y,t+2)$.

Nếu tính h , ta đưa vào phương trình liên tục (3) và có thể nên biến đổi theo trục x như sau:

$$2 \Delta x \left[\frac{\partial}{\partial x} (a_0+h)u \right]_{(x+1,y,t+3)} = a_0(x+1,y) [u(x+2,y,t+2) - u(x,y,t+2)] + \frac{1}{2} \{ [h(x+3,y,t+1) + h(x+1,y,t+1)u(x+2,y,t+2)] - [h(x+1,y,t+1) + h(x-1,y,t+1)u(x,y,t+2)] \} \quad (10)$$

Tổng tử theo trục y ta có

$$2 \Delta y \left[\frac{\partial}{\partial y} (a_0+h)v \right]_{(x+1,y,t+3)} = a_0(x+1,y) [v(x+1,y,t+2) - v(x+1,y,t-2)] + \frac{1}{2} \{ [h(x+1,y+2,t+1) + h(x+1,y,t+1)v(x+1,y,t+2)] - [h(x+1,y,-2,t+1)v(x+1,y,-2,t+2)] \} = SH_2 \quad (11)$$

Thay các xấp xỉ (10), (11) vào phương trình liên tục (3), sẽ thu được phương trình tính $h(x+1,y,t+3)$.

Tóm lại quá trình tính có thể thực hiện bằng phương pháp giải như sau:

❖ Bước 1: tại thời điểm ban đầu ($t = t_0$), cần phải cho giá trị ban đầu $u(x, y,$

$t_0)$, $v(x, y, t_0)$. Tại thời điểm $t_0 + \Delta t$ cần cho giá trị của $h(x, y, t_0 + \Delta t)$, hay $h(x, y, t+1)$.

❖ Bước 2: Tại thời điểm $t_0 + 2 \Delta t$ (hay $t+2$) cần phải tính u, v .

❖ Bước 3: Tại thời điểm $t_0 + 3 \Delta t$ (hay $t+3$) cần phải tính h .

Quá trình tính toán u, v và h có liên quan xen kẽ nhau. Giới hạn về bước thời gian, phải thỏa mãn điều kiện:

$$\frac{\sqrt{gH_{max} \Delta t}}{\sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}} < 1 \quad (12)$$

trong đó H_{max} là độ sâu cực đại trong miền tính.

Điều kiện ổn định và ổn định nghiệm tại mỗi thời điểm là các nghiệm u, v, h ổn định lặp thời và các nghiệm ổn định lặp thời $i-1$ sai khác nhau nhỏ hơn hoặc bằng một số ϵ nếu bé ($\epsilon = 10^{-1}$ cm khi điều kiện giới hạn về bước thời gian thỏa mãn thì điều kiện này đang được thực hiện).

3. Các thông số điều kiện biến và điều kiện ban đầu

3.1. Các thông số mô hình

Các hệ số và các thông số cho trước của mô hình như sau:

❖ Tham số Coriolis $\Omega = 2 \omega \sin \varphi$ trong đó ω là tốc độ góc quay của trái đất ($\omega = 0,000072921$)

φ là vĩ độ trung bình của miền tính ($\varphi = 12,20^\circ$)

❖ Độ sâu đáy đáy biển ngoài vịnh Nha Trang, xuất bản năm 1950, tỷ lệ là 1/30.000, có chênh lệch bổ sung thêm theo số liệu đo đạc độ sâu của lan khảo sát tháng 4/2000.

❖ $\Delta x = \Delta y = 12.500 \text{ cm}$, $\Delta t = 9 \text{ s}$.

3.2. Điều kiện biên

❖ - Tại biên lỏng:

Nối với $h(x,y,t)$, độ sâu ngoài cao một nước nước tiến hành theo công

thời cô bain (4). Các số liệu đo mức nước ở trạm Cầu Nại số liệu dòng chảy trong các đợt khai sạt tháng 4/2000, tháng 11/2000, nước dâng để tìm các thông số của hàng số niều hoa tại khu vực này.

Nói với tốc độ dòng chảy ở các biên lỏng, giả thiết rằng tốc độ dòng chảy tại đây phụ thuộc tuyến tính với tốc độ dòng chảy ở các điểm lân cận biên như sau:

- Theo bước không gian ở thời điểm $t=n$, tại biên

$$i=N, j= M$$

$$U_{Nj}^n = (5U_{N-1,j}^n - 4U_{N-2,j}^n + U_{N-3,j}^n) / 2$$

$$V_{i,M}^n = (5V_{i,M-1}^n - 4V_{i,M-2}^n + U_{i,M-3}^n) / 2$$

- Theo bước thời gian ở thời điểm $t=n$, tại biên

$$i=N, j= M$$

$$U_{Nj}^n = (5U_{N,j}^{n-1} - 4U_{N,j}^{n-2} + U_{N,j}^{n-3}) / 2$$

$$V_{i,M}^n = (5V_{i,M}^{n-1} - 4V_{i,M}^{n-2} + U_{i,M}^{n-3}) / 2$$

3.3. Niều kiến ban nầu

Giải mô hình bằng số hệ phương trình Saint – Venant vùng vịnh Nha Trang khu vực sông Cửa Bej niều kiến ban nầu cho lại ở thời điểm $t=t_0$, giả thiết giới không tải nước, biên ở trạng thái hoàn toàn yên tĩnh.

$$u(x,y,t_0)=0, v(x,y,t_0)=0, h(x,y,t_0)=0.$$

Quá trình tính toán sẽ làm cụ thể như sau:

Vùng nghiên cứu có tọa độ (109°12', 12°13'), (109°12', 12°11'), (109°16', 12°11'), (109°16', 12°13'), nước chia thành mảng lưới 65 * 56 ô

Khu vực cửa sông Cửa Bej có hình này và hình không bờ phức tạp, không bờ ở khu vực này tổng hợp cả bờ biển, bờ sông, cầu lao, bãi nôi. Trên cô sô đo đạc và tài liệu sẵn có tại khu vực này về hình này và hình không bờ chúng tôi xây dựng một

chương trình tính dòng triều và dòng tổng hợp tổng ứng bằng ngôn ngữ lập trình Visual Basic cho máy PC và nước kiểm nghiệm về mô hình tính toán trong thời gian dài ($10^{12}s$, phụ thuộc bộ nhớ của máy tính) và các kết quả tính toán nước trình bày dưới dạng các bức tranh dòng triều (Hình 1, 2, 3, 4), mô tả trường vận tốc, giải trò của tốc độ dòng chảy cho khoảng thời gian khác nhau, miền dòng nước rồi vẽ ra bảng các vẽ thể hiện mô hình và hướng dòng, cho phép mô phỏng bức tranh dòng triều trong khu vực cửa sông Cửa Bej vịnh Nha Trang.

III. KẾT QUẢ

1. Các kết quả

Kết quả tính toán nước thể hiện qua các bản mô hình (Hình 1, 2, 3, 4) và các bản mô hình không mức của mô hình cao mức nước (Hình 5, 6).

Khi triều bắt đầu lên (Hình 1), dòng chảy nhỏ dưới 10 cm/s tạo thành các luồng dòng theo các hướng khác nhau, dòng trong sông chảy ra lớn hơn dòng do triều gây ra.

Khi triều lên mạnh: dòng từ phía bắc chảy xuống, dòng từ phía đông, phía nam chảy vào, dòng từ sông chảy ra và ảnh hưởng của các bãi Hòn Miếu, Hòn Tằm, Hòn Tre tạo nên dòng chảy ở trong vùng này có các luồng mạnh rất rõ rệt (Hình 2). Trong khi triều lại có vùng có tốc độ dòng chảy nhỏ ở khu vực cửa sông do có dòng chảy mạnh từ phía bắc chảy vào, dòng chảy từ phía nam chảy tới và dòng trong sông nhỏ ra nên khu vực này có sóng nhỏ và dạng nước (Hình 5), dòng chảy ở vùng này lại yếu. Khi triều bắt đầu xuống: dòng chảy của toàn khu vực lại yếu, tốc độ dòng sông chảy ra nhỏ lúc này nhỏ cao mức nước trong sông và nhỏ cao mức nước triều lại ngang nhau (các không hướng mức của mức nước triều khi

triều bắt đầu lên và triều bắt đầu dòng phần bờ rất thõa, khi về dòng dòng một cửa một nước sẽ không có khi các dòng một có giải trừ khác nhau trên 5 cm).

Khi triều xuống mạnh: dòng chảy tạo thành các luồng chảy mạnh lên các hướng khác nhau, luồng chảy ra phía bắc, dòng chảy xuống phía nam và dòng chảy ra phía đông (Hình 4), lúc này một nước hai thập (Hình 6). Từ các tính toán cho thấy rằng dòng chảy ở khu vực này là rất phức tạp do ảnh hưởng rất nhiều của dòng bồi các bãi và rìa hình này gây ra.

2. Kiểm chứng

Nốt khảo sát vào mùa khô tháng 4/2000 đo dòng chảy tại trạm liên tục ở gần mặt cắt ngắn nhất giữa khu Hòn Ông và Hòn Mieu, nằm ở cửa biển sâu 6,5 m và ở tại 2 tầng (tầng 1m và tầng 5m), đo một ngày năm bằng máy DNC – 2M của Anh [3], qua tính toán cho thấy, dòng chảy tại tầng 1m có vận tốc trung bình là 14 cm/s và lớn hơn 2 cm/s chiếm 83,32%, tốc độ cực tiểu là 2 cm/s, tốc độ cực đại là 20 cm/s, tốc độ trung bình là 8,4 cm/s, hướng SW chiếm tới 64,58% và hướng NE chiếm 0% ở tầng 5m. Ở tầng 5m, vận tốc dòng chảy tại tầng 5m xuất hiện trong khoảng nhỏ hơn 14 cm/s và lớn hơn 2 cm/s chiếm tuyệt đại đa số 98,95%. Tốc độ cực tiểu là 3 cm/s, tốc độ cực đại là 14 cm/s, tốc độ trung bình là 7,4 cm/s, hướng SW chiếm tới 70,83%, hướng S chiếm 26,04% và hướng N, E, SE, W chiếm 0%, nhờ vậy dòng chảy chủ yếu là chảy theo hướng SW (hướng dòng sông).

Khu vực này có biển rạn, biển lồng, rìa hình này hết sức phức tạp, khu vực có diện tích rất lớn với chiều theo trục X (hướng vuông góc với dòng bồi) rộng khoảng $0,05^\circ$, chiều theo trục Y (hướng song song với dòng

bồi) rộng khoảng $0,04^\circ$. Vì vậy khi biển lồng hướng biển có cùng một giải trừ và cùng pha nhỏ vậy khi nước chảy vào thì sẽ có khu vực nào nơi sẽ có giao thoa giữa 2 luồng nước, kết quả tính toán cũng cho ra nước nhiều nơi nhìn vào các hình (Hình 2), ta thấy ngay khu vực giữa Hòn Mieu và Hòn Tam là rõ rệt nhất.

IV. KẾT LUẬN

Từ các kết quả tính toán khi áp dụng mô hình hoán lưu triều, kết quả sử dụng mô hình Saint – Venant hai chiều cho vùng nghiên cứu ta có những nhận định như sau:

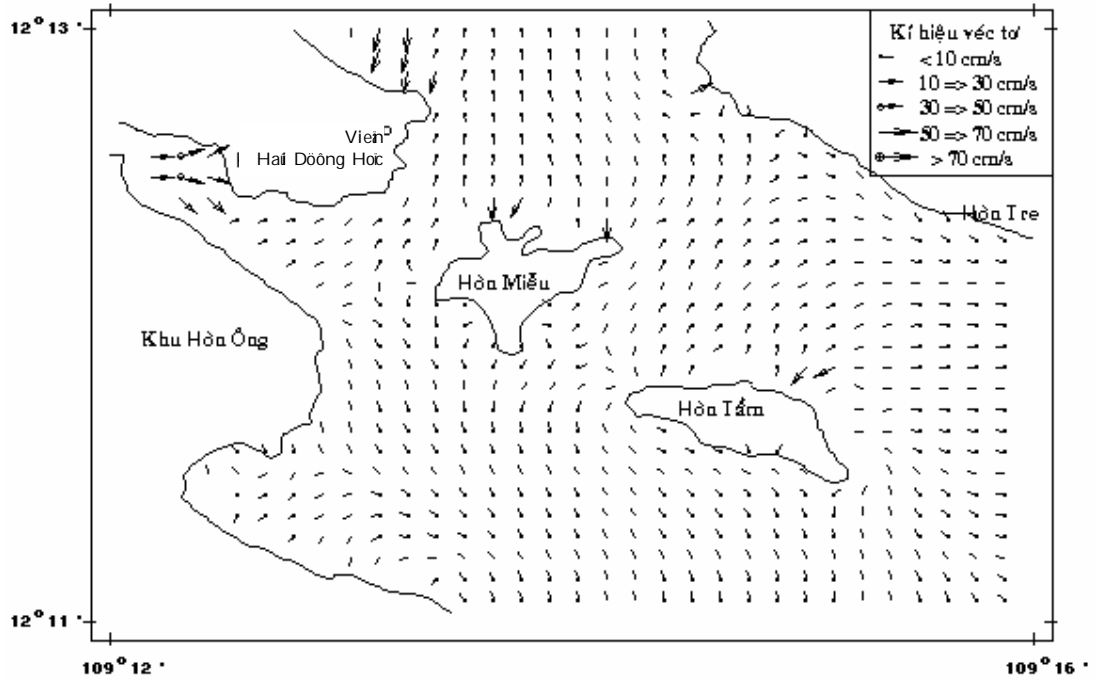
1. Mô hình này áp dụng có kết quả cho khu vực cửa rìa hình phức tạp ở khu vực này.

2. Thời tiết là khi có hai hoặc nhiều dòng nước cùng chảy vào một khu vực nào thì sẽ có hiện tượng giao thoa của các dòng nước và có sự dâng nước ở khu vực, kết quả tính toán này cho thấy (Hình 2) khi triều lên mạnh thì ở khu vực giữa Hòn Tam và Hòn Mieu và khu vực cửa sông Cửa Be có sự giao thoa và dâng nước ở đây rất rõ rệt.

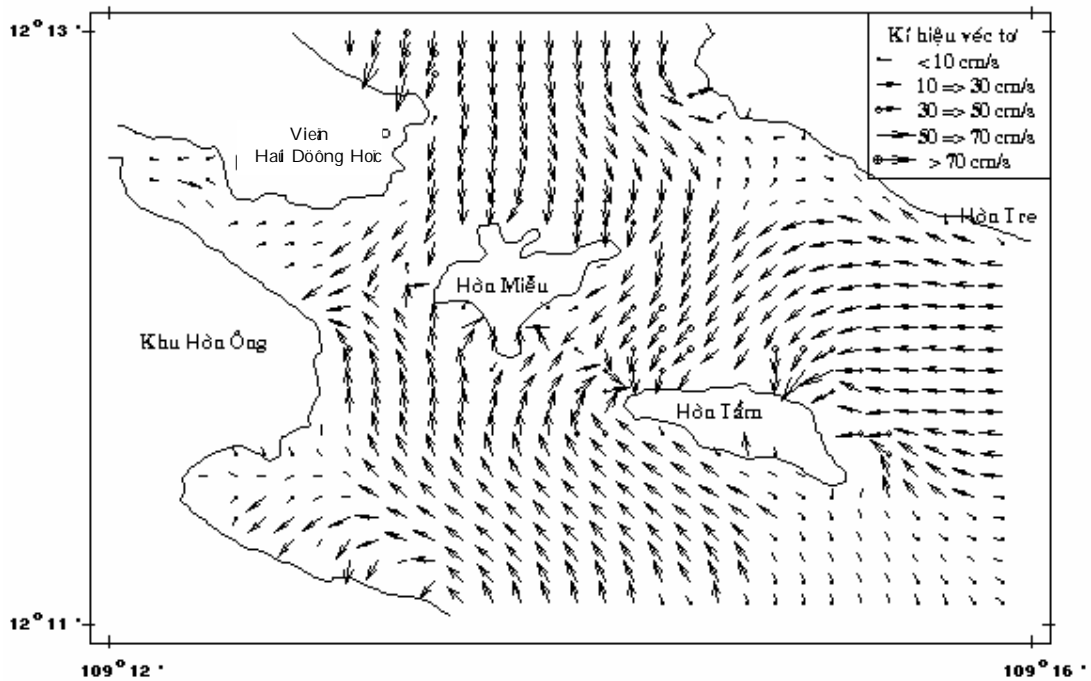
3. Các kết quả tính toán và các bản đồ vẽ đồ dòng triều có xu thế là phù hợp với thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

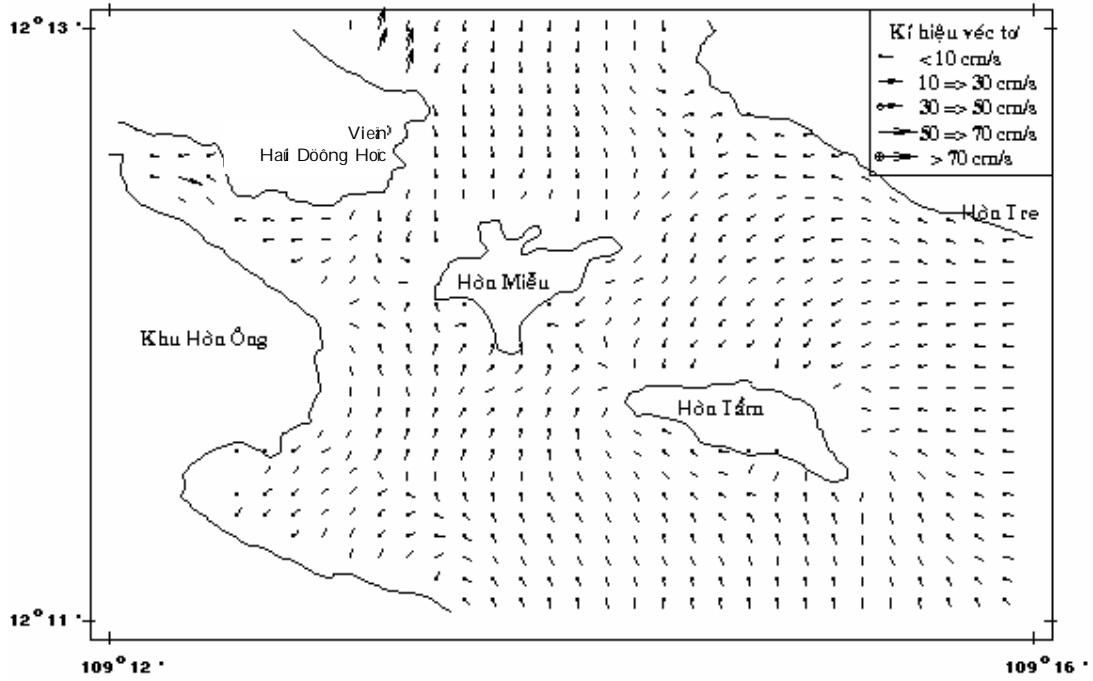
1. Dronkers J. J., 1989. Tidal computations in rivers and coastal waters, Chapters X, XI, 18 trang.
2. Hải quân Pháp, 1950. Bản đồ vịnh Nha Trang, tỷ lệ 1/30.000.
3. Nguyễn Bài Xuân, 2000. Báo cáo về tài liệu "Nghiên cứu các kiến kiến thủy văn và năng lực vùng biển Cửa Be - vịnh Nha Trang" (lưu trữ tại Viện Hải Dương Học).



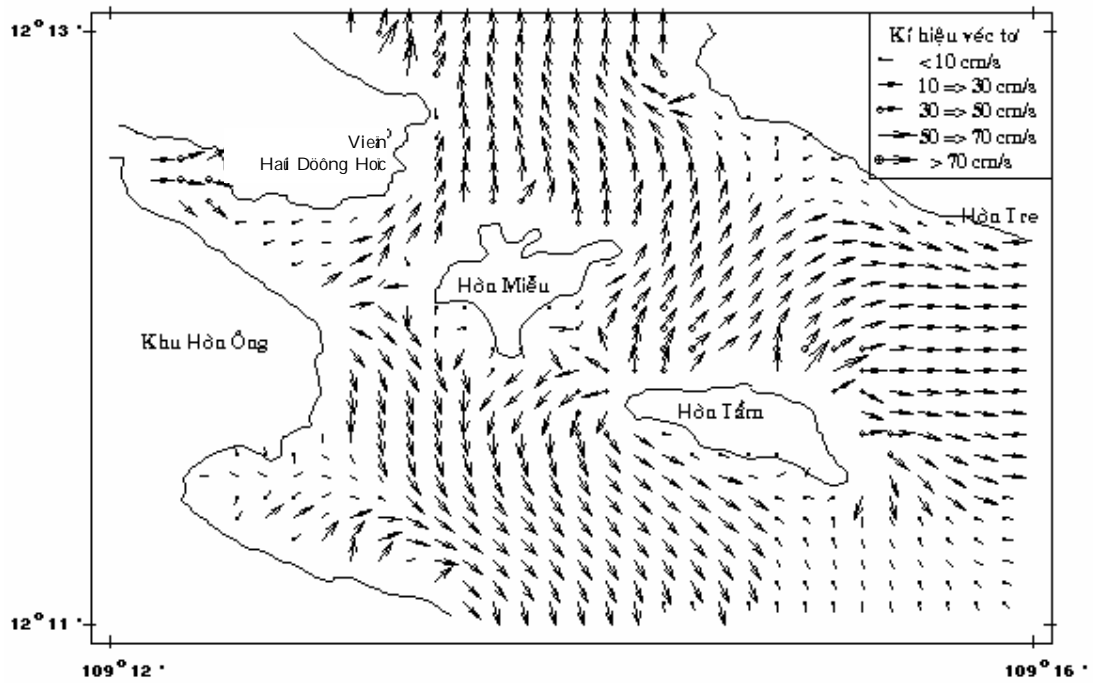
Hình 1: Bản đồ các vectơ dòng triều lúc 00 h 30' (khi triều bắt đầu lên)
 Distribution of the vectors of tidal current at 00 h 30' (beginning of the ebb tide)



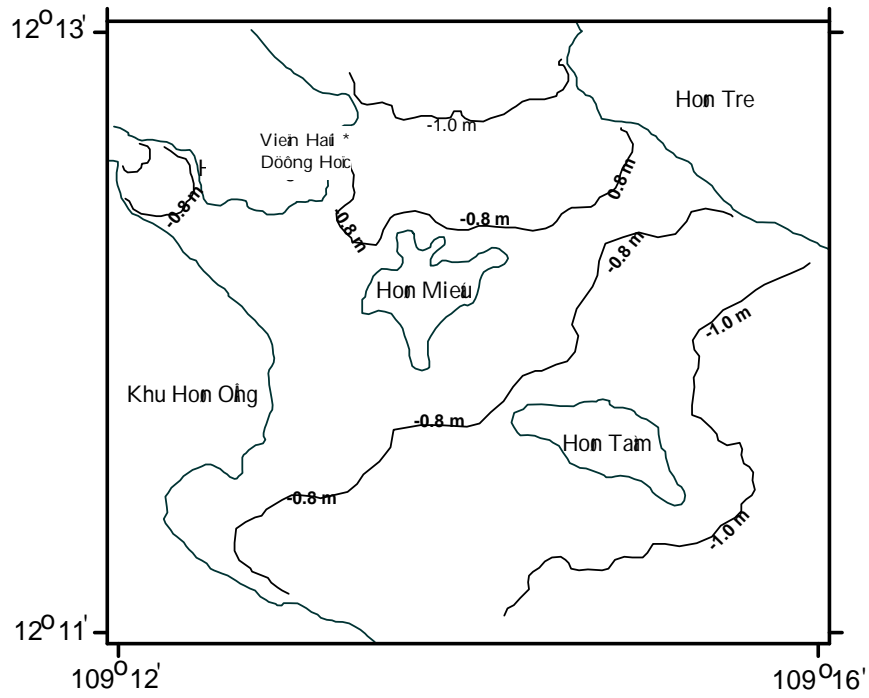
Hình 2: Bản đồ các vectơ dòng triều lúc 05 h 00' (khi triều lên mạnh)
 Distribution of the vectors of tidal current at 05 h 00' (the phase of ebb tide)



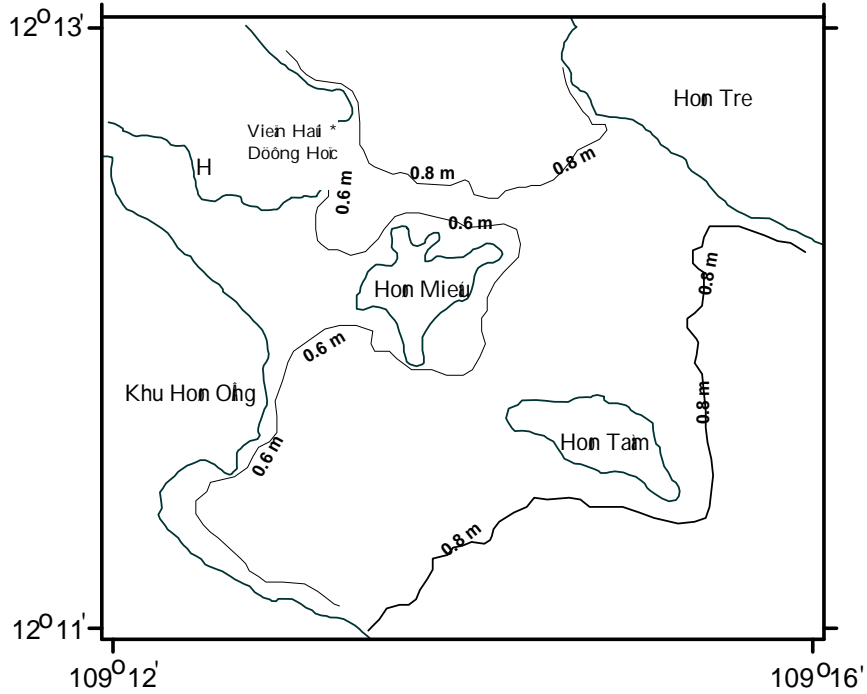
Hình 3: Bản đồ các vectơ dòng triều lúc 08 h 00' (khi triều bắt hạ xuống)
 Distribution of the vectors of tidal current at 08 h 00' (beginning of the ebb tide)



Hình 4: Bản đồ các vectơ dòng triều lúc 15 h 00' (khi triều xuống mạnh)
 Distribution of the vectors of tidal current at 15 h 00' (the phase of ebb tide)



Hình 5: Bản đồ đường đẳng mức mực nước triều lúc 05 h 00'
The contour of tidal level after 05 h 00' computing



Hình 6: Bản đồ đường đẳng mức mực nước triều lúc 15 h 00'
The contour of tidal level after 15 h 00' computing