

KẾT QUẢ MÔ PHỎNG CHẾ ĐỘ DÒNG TRIỀU VỊNH CAM RANH BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN

BÙI HỒNG LONG, TRẦN VĂN CHUNG

Tóm tắt: Trong bài báo này, chúng tôi trình bày các kết quả tính toán thử nghiệm bài toán mô phỏng dòng triều tại khu vực vịnh Cam Ranh, đầm Thủy Triều bằng phương pháp phần tử hữu hạn với các lý do sau:

- Khu vực có địa hình đáy phức tạp (đầm, vịnh), các điều kiện biên đủ chặt (biên lòng khá hẹp).

- Khu vực có các số liệu đo đạc tương đối đồng bộ để có thể so sánh với các kết quả tính toán.

- Đã qua những thử nghiệm trong môi trường vật lý giả định.

Kết quả mô phỏng dòng triều trong vịnh Cam Ranh cho thấy:

- Pha triều lên (dòng triều vào Vịnh), xuất hiện hai giai đoạn triều đặc trưng:

Giai đoạn I: hướng dòng triều đạt cực đại tập trung theo hướng Tây Tây Bắc, vận tốc dòng cực đại 103.4cm/s.

Giai đoạn II: hướng dòng triều cực đại thường tập trung vào hướng Bắc Đông Bắc, vận tốc dòng triều tại thời điểm này giảm gần 50% so với giai đoạn I. Vận tốc dòng cực đại 53.4cm/s.

- Pha triều xuống (dòng triều ra khỏi Vịnh), dòng triều cực đại tập trung theo hướng Nam Tây Nam với tốc độ có thể đạt tới 129.6cm/s.

So sánh kết quả tính toán với số liệu dòng triều của 23 trạm thực đo, cho thấy có sự phù hợp khá tốt giữa chúng. Độ lệch vận tốc theo trị tuyệt đối giữa số liệu đo đạc và tính toán cực đại là 2.7cm/s, trung bình khoảng 0.8cm/s. Độ lệch cực đại về hướng dòng theo tính toán khoảng 9.9° , trung bình là 2.6° . Các kết quả so sánh trên là khá tốt, tuy nhiên đây mới chỉ là các kết quả ban đầu. Trong tương lai mô hình sẽ tiếp tục hoàn thiện và phát triển.

I. MỞ ĐẦU

Việc nghiên cứu và mô phỏng các quá trình động lực nói chung và chế độ dòng chảy nói riêng bằng phương pháp phần tử hữu hạn còn khá mới mẻ ở nước ta. Trước đây, khi mô phỏng bài toán dòng chảy trong biển người ta thường sử dụng phương pháp sai phân hữu hạn, phương pháp này được sử dụng khá phổ biến bởi tính đơn giản và yêu cầu hệ thống máy tính không cao, phù hợp với không gian tính toán có kích thước lớn ... Với sự

phát triển của khoa học công nghệ, các mô hình sai phân hiện nay tuy đã cải thiện nhiều về cách thức lưới (giải theo biên di động, phân chia tỉ lệ lưới theo phân vùng độ sâu, ...) nhưng thực tế mạng lưới và cách tính này vẫn không phù hợp bởi cấu trúc hình học của lưới sai phân (lưới vuông hoặc lưới chữ nhật). Do đó, khi áp dụng vào vùng nghiên cứu có đặc điểm hình học phức tạp như các vùng ven bờ, cửa sông, vùng ven các đảo hoặc đê chắn (bến tàu, cảng, đê chắn sóng, ...), các khu vực đảo ngầm, rạn san hô ... phương pháp sai phân cho thấy không hoàn toàn phù hợp bởi khả năng xử lý biên của bài toán thường không khớp với biên rắn (biên cứng) trong mạng lưới, tính bất ổn định, ... Phương pháp phần tử hữu hạn ra đời đã khắc phục được khó khăn mà phương pháp sai phân hữu hạn thường gặp, đó là vấn đề lưới tính, biên, dòng dọc bờ, tính ổn định,.... Phương pháp này đã giải quyết bài toán nước nông dựa trên tính linh hoạt của lưới hình học, đặc biệt khi sử dụng để nghiên cứu trên mạng lưới không có cấu trúc chuẩn tại các vùng có địa hình đáy biến đổi phức tạp.

Trong bài toán này chúng tôi đã thử nghiệm bài toán mô phỏng dòng triều tại khu vực vịnh Cam Ranh, đầm Thủy Triều bằng phương pháp phần tử hữu hạn với các lý do sau:

- Khu vực có địa hình đáy phức tạp (đầm, vịnh), các điều kiện biên đủ chặt (có đường biên cứng đủ dài, biên lỏng khá hẹp) .

- Khu vực có các số liệu đo đạc tương đối đồng bộ để có thể so sánh với các kết quả tính toán.

- Mô hình đã qua giai đoạn thử nghiệm với các quá trình vật lý giả định.

- Như chúng ta đã biết, Cam Ranh gồm có hai phần: Phần đất liền và phần bán đảo. Bán đảo Cam Ranh dài 30km, bao gồm các vùng: Thủy Triều, Mỹ Ca, Vũng Nôm, Bình Ba. Đầm Thủy Triều là đầm nước nông dài 15km. Đầm Thủy Triều thông với vịnh Cam Ranh ở phía Nam. Vịnh Cam Ranh được che chở bởi hai dãy núi chạy từ phía Bắc xuống và phía Nam lên, cách nhau bởi một cửa ra vào rộng chừng 5km. Hai dãy núi trên, ngọn cao nhất là 463m, ngọn thấp nhất là 140m, nằm theo thế liên sơn tạo thành một bức tường thiên nhiên bao bọc lấy vịnh. Rất thuận lợi cho việc nghiên cứu thử nghiệm mô hình tính dòng triều. Mặt khác, vịnh Cam Ranh là một cảng nước sâu lý tưởng, là một trong những hải cảng tốt vào bậc nhất Thế giới, sau San Francisco (Hoa Kỳ) và Rio de Janeiro (Brazil). Cam Ranh có thể tiếp nhận các loại tàu có tải trọng lớn ra vào dễ dàng. Do đó vấn đề nghiên cứu chi tiết chế độ dòng triều tại khu vực này còn mang ý nghĩa thiết thực vào công tác quy hoạch và phát triển bền vững tại địa phương.

Một vấn đề nữa mà chúng tôi cần phải phát triển phương pháp phần tử hữu hạn trong tương lai gần. Đó là, khắc phục những khó khăn khi mô phỏng chế độ dòng triều bằng phương pháp sai phân hữu hạn mà nhóm tác giả Bùi Hồng Long và Trần Văn Chung

[4, 6, 7, 9] gặp phải, khi phân tích và lý giải các đặc trưng dòng triều tại các cửa sông và ven biển miền Trung. Khu vực thường có địa đáy tương đối phức tạp với nhiều đảo, rạn san hô, bãi nổi lớn nhỏ, nhiều kênh rạch, ... ảnh hưởng đáng kể đến quá trình lan truyền triều, như đầm Thị Nại, vịnh Nha Trang, vịnh Vân Phong, đầm Nha Phu, ... Với những gì đã phân tích ở trên, áp dụng phương pháp phần tử hữu hạn vào việc mô hình hóa chế độ dòng triều cho đầm Thủy Triều – vịnh Cam Ranh rất thiết thực. Giúp chúng ta có cái nhìn trực quan về quy luật dòng chảy do ảnh hưởng của triều tại khu vực nghiên cứu.

II. TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Các phương trình nước nông

Các phương trình nước nông được sử dụng để mô phỏng các quá trình thủy động lực học của cửa sông và ven biển. Các phương trình chủ đạo cho động lực của hệ thống bao gồm phương trình liên tục và phương trình động lượng. Để đơn giản các phương trình trên, chúng ta có các giả sử như sau [23]:

- (i) Mật độ là không đổi,
- (ii) áp suất thẳng đứng chỉ là thủy tĩnh,
- (iii) Hoàn lưu bình lưu lớn hơn nhiều so với hoàn lưu đối lưu.

Hai phương trình có thể được viết dưới dạng như sau:

- Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \nabla \cdot H\vec{V} = 0 \quad (1)$$

- Phương trình động lượng nằm ngang:

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \vec{f} \times \vec{V} + \vec{V} \cdot \nabla \vec{V} + g\nabla\zeta + \frac{c_d}{H} |\vec{V}| \vec{V} = \frac{\vec{W}}{H} \quad (2)$$

trong đó \vec{V} là vận tốc theo phương ngang được lấy trung bình theo độ sâu (m/s), t là thời gian (s), ∇ là toán tử vi phân gradient nằm ngang, ζ là độ nâng bề mặt so với mực nước tĩnh (m), g là gia tốc của trọng trường (m/s^2), \vec{f} là sự quay do Coriolis (s^{-1}), c_d là hệ số cản đáy, H là tổng độ sâu của cột nước (m) (với sự dâng mực nước:

$$H = \int_{-H}^0 dz + \int_0^{\zeta} dz = (H + \xi) \text{ và với sự rút mực nước: } H = \int_{-H}^{-\zeta} dz = (H - \xi)) \quad [1, 2, 3, 8] \text{ và } h \text{ là}$$

độ sâu so với mực nước tĩnh (m).

Trong trường hợp có xét đến dòng triều (bỏ qua các ứng suất gió bề mặt): Dao động thủy triều được đưa vào các nút tại giá trị biên mở.

Để tạo tổng hợp lực do triều thích hợp và áp đặt chính xác các điều kiện biên Dirichlet. Phương trình sau đây phải được lấy tổng trên tất cả các thành phần triều:

$$z(t) = Z_0 + \sum_k f_k(t) \cdot A_k \cdot \cos\left(\omega_k [t - t_0] + (V(t_0) + u(t))_k - \frac{\pi}{180} g_k\right) \quad (3)$$

trong đó $z(t)$ là độ cao thủy triều tổng hợp tại vị trí đã biết theo thời gian (m), Z_0 là giá trị mực nước biên trung bình tại điểm đã cho trên mực nước "không độ sâu" (m). (Số "0" độ sâu, hoặc số "0" hải đồ, số "0" bảng thủy triều) là mặt phẳng chuẩn quy ước được chọn làm gốc để đo độ sâu của mặt biển, mặt này là một mặt phẳng nằm ngang. Được quy định cho từng vùng biển sử dụng số "0" này. Chiều dương tính từ số "0" đi theo hướng xuống biển), chỉ số k biểu thị các sóng triều riêng biệt, f_k và $(V(t_0) + u(t))_k$ là các tham số thiên văn phụ thuộc vào thời gian quan trắc, trong đó f_k được gọi là nhân tử biên độ, $(V(t_0) + u(t))_k$ gọi là pha thiên văn, với $V(t_0)$ là điều chỉnh đối với thời gian vận hành, và $u(t)$ là thừa số thay đổi pha, A_k , g_k là các hằng số điều hòa biên độ (m) và pha trễ so với kinh tuyến Greenwich (độ) thành phần, chúng phụ thuộc vào điều kiện địa phương tại vị trí quan trắc, ω_k là tần số thủy triều thành phần (rad/s).

Sử dụng hệ số ma sát đáy c_d :

Để đưa vào hệ số này, thông thường có ba kiểu được lựa chọn: đưa vào hệ số cản không đổi (CD), xấp xỉ Manning (n) và xấp xỉ Chezy. Các hệ số này sẽ được dùng cho tính toán ứng suất đáy trong phương trình động lượng.

- Ma sát đáy CD: CD hoặc hệ số cản không đổi được sử dụng theo một cách đơn giản để xác định ứng suất lực cản ma sát mà được tạo bởi địa hình đáy. Lực cản ma sát này là một giá trị không đổi và không phải dựa trên độ cao nước. Giá trị độ cản không đổi chỉ xác định tại một điểm liên quan độ gồ ghề của địa hình kết hợp với điểm đo. Lựa chọn CD đưa vào trực tiếp hệ số ứng suất đáy c_d . Vì vậy:

$$c_d = CD \quad (4)$$

Theo đề tài KT.03.03, các mô hình tính ở Việt Nam thường chọn $c_d = 0.0026$ [10]

Hệ số này được đưa vào chương trình bằng cách tạo mảng CD cho tất cả các nút.

Hệ thống phi tuyến phương trình chủ đạo của mô hình được giải theo phép lặp tại mỗi bước thời gian. Tại điểm bắt đầu của mỗi phép lặp, trạng thái của hệ thống được xem xét để xác định rõ cơ sở của dạng vật lý. Trong quá trình tính, phần tử bất kỳ mà thuộc trong nút với độ sâu 0.5m hoặc nhỏ hơn được áp đặt cho sự chi phối bởi quá trình động học, trong khi đó toàn bộ các phần tử khác được quy cho sự chi phối bởi các quá trình động lực học.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

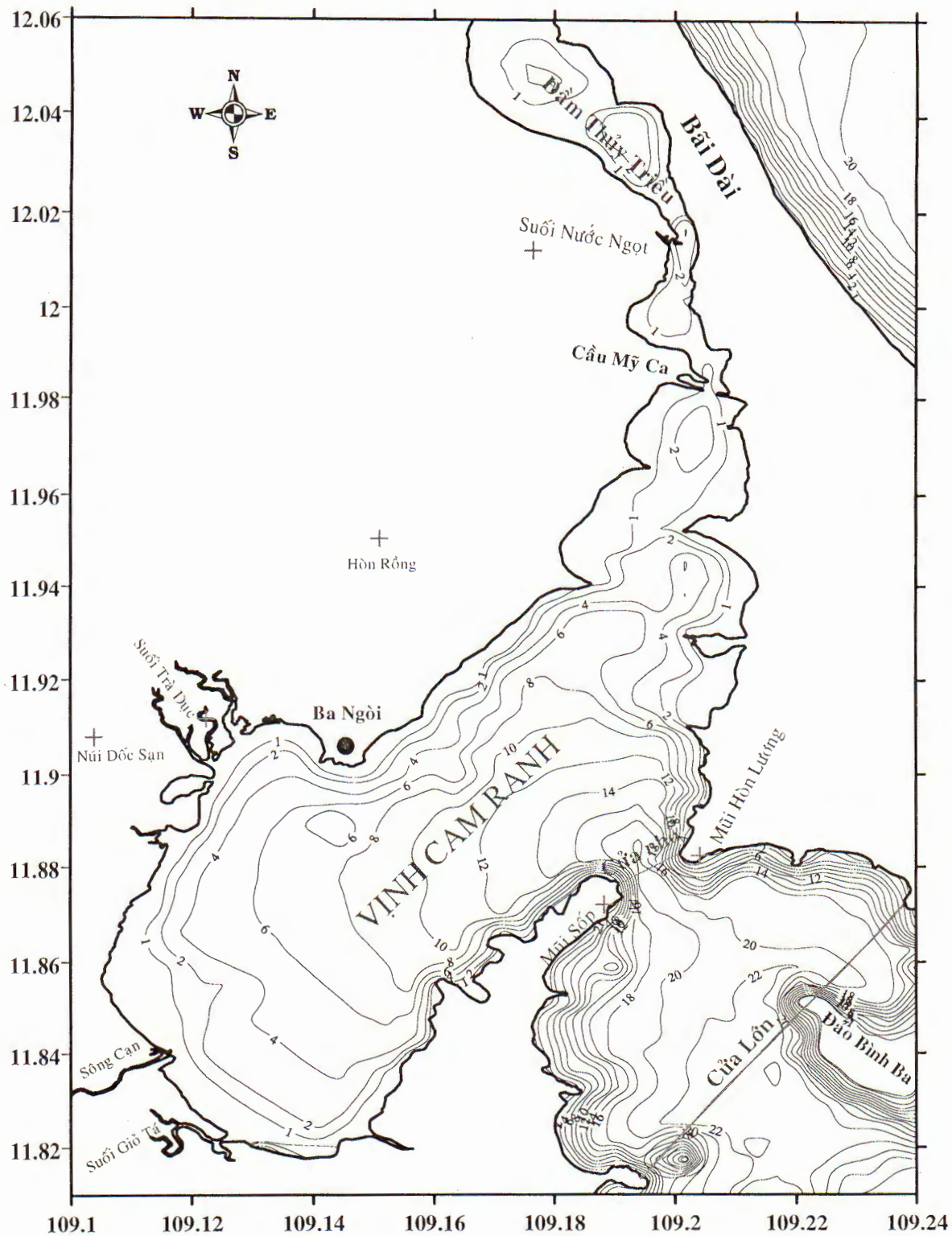
1. Các thông tin dữ liệu đầu vào

Để tính dòng chảy cho đầm Thủy Triều -- vịnh Cam Ranh, chúng tôi đã thiết lập mạng lưới tính với kinh độ từ $109^{\circ}06'21.312''E$ đến $109^{\circ}12'48.276''E$; vĩ độ từ $11^{\circ}49'04.451''N$ đến $12^{\circ}03'32.051''N$, tổng diện tích mặt thoáng cho tính toán khoảng 102.422km^2 . Mạng lưới tam giác được thiết lập với góc cực tiểu là 25° , diện tích tam giác cực đại $39.914.5\text{m}^2$, trung bình khoảng $24.926.3\text{m}^2$, nhỏ nhất $6.768.9\text{m}^2$. Trong mô hình có sử dụng một vài giả định như độ dày của môi trường rỗng (Porous medium thickness) là 1m, độ dẫn suất thủy lực của lớp rỗng (Hydraulic conductivity of the porous layer) là 3.16228×10^{-4} , trạng thái rỗng cực tiểu của lớp rỗng (Minimum porosity of porous layer) là 0.350. Để mô phỏng chế độ dòng triều cho đầm Thủy Triều -- vịnh Cam Ranh, chúng tôi đã xây dựng mạng lưới phân tử với số nút trong mạng lưới tam giác là 2254, tổng số tam giác là 4109, các nút được gán đưa vào điều kiện biên mở cho dao động thủy triều là 7 nút, với độ rộng cửa (cửa nhỏ, nơi thiết lập giá trị mực nước đưa vào biên mở của mô hình tính) khoảng 1,311m, có thể xem chi tiết trên hình 2. Trong đó độ sâu cực tiểu được tính toán 0.1m, bước thời gian 100s, số vòng lặp mỗi bước thời gian 100, hàm trọng số $\theta = 1$ (sai phân theo bước thời gian hoàn toàn ẩn vì vậy bài toán ổn định không điều kiện), hệ số ma sát đáy $c_d = 0.0026$ (sử dụng theo đề nghị của đề tài KT.03.03). Phân bố độ sâu của vùng nghiên cứu được thể hiện chi tiết trên hình 1

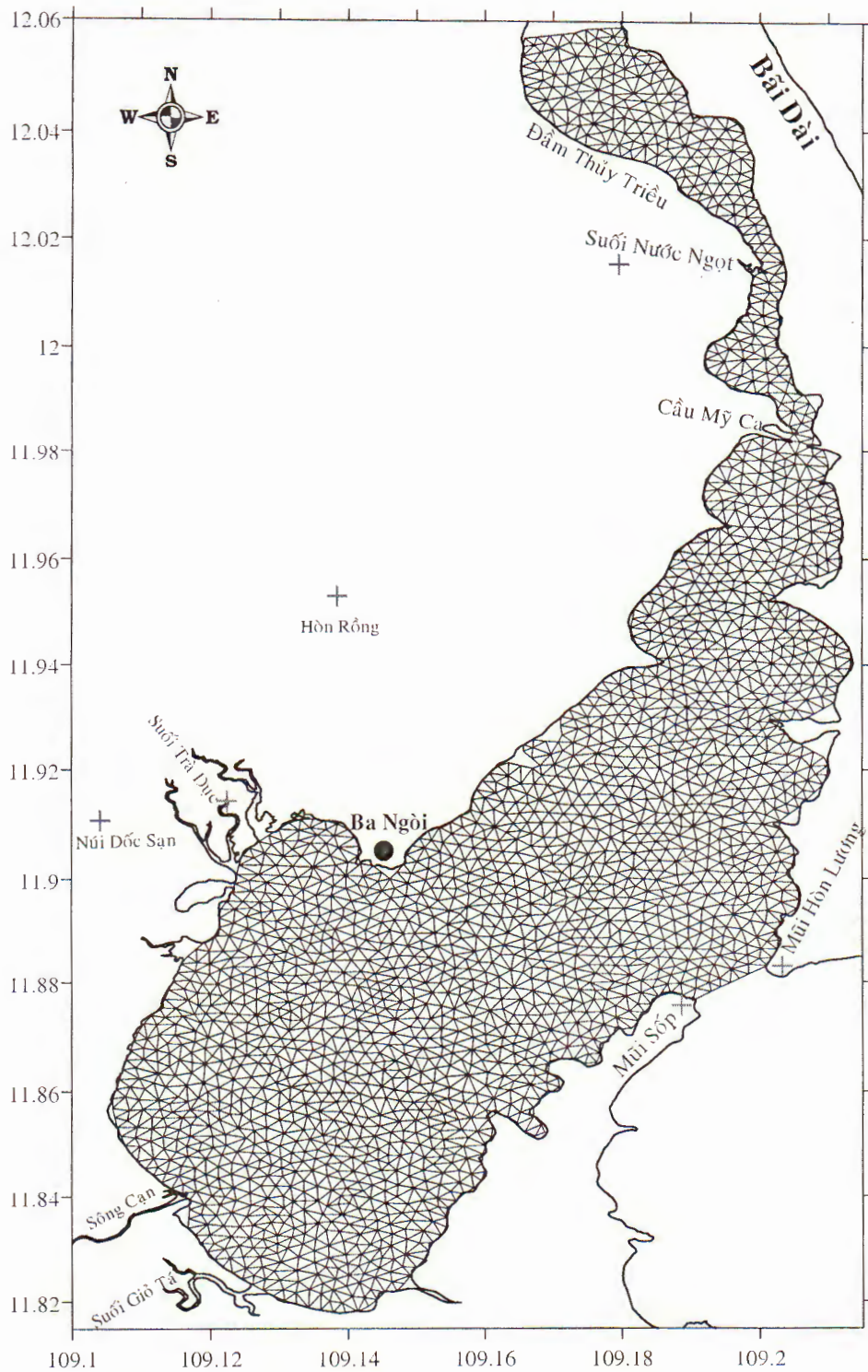
Để tính dòng triều, chúng tôi sử dụng các hằng số điều hòa làm điều kiện biên mở như sau:

Bảng 1 : Các thông tin về hằng số điều hòa tại các biên mở

Sóng triều	H(cm)	$G(^{\circ})$ theo múi giờ 7	$G(^{\circ})$ theo pha Greenwich
M_2	19.5	300.5	89.5
S_2	8.5	344.6	134.6
K_1	34.5	292.1	187.1
O_1	29.4	252.4	146.3



Hình 1. Mạng lưới độ sâu (m) cho mô phỏng chế độ dòng triều tại đầm Thủy Triều – vịnh Cam Ranh

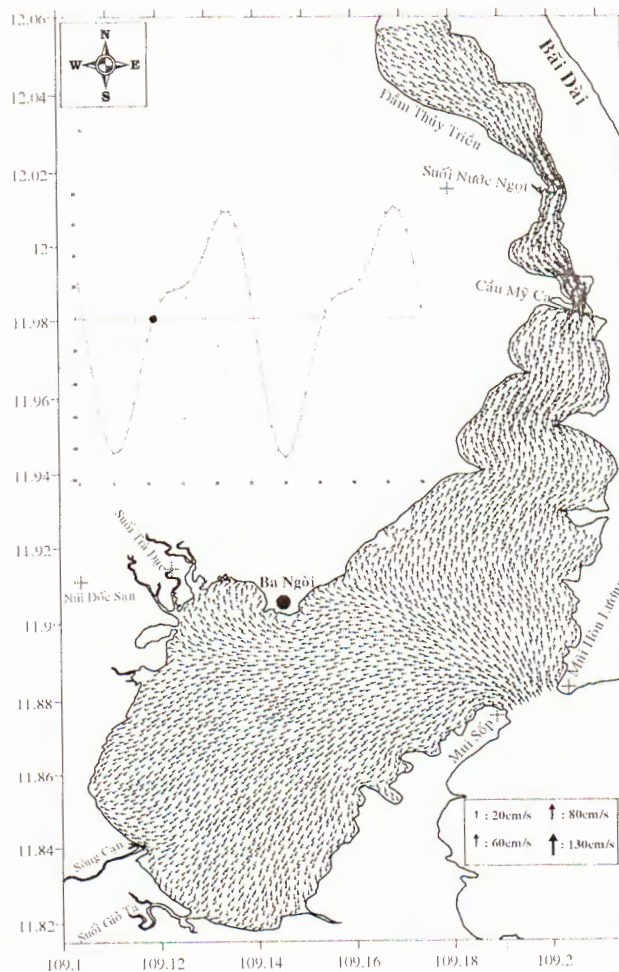


Hình 2. Mạng lưới tam giác cho mô phỏng chế độ dòng triều tại đầm Thủy Triều – vịnh Cam Ranh.

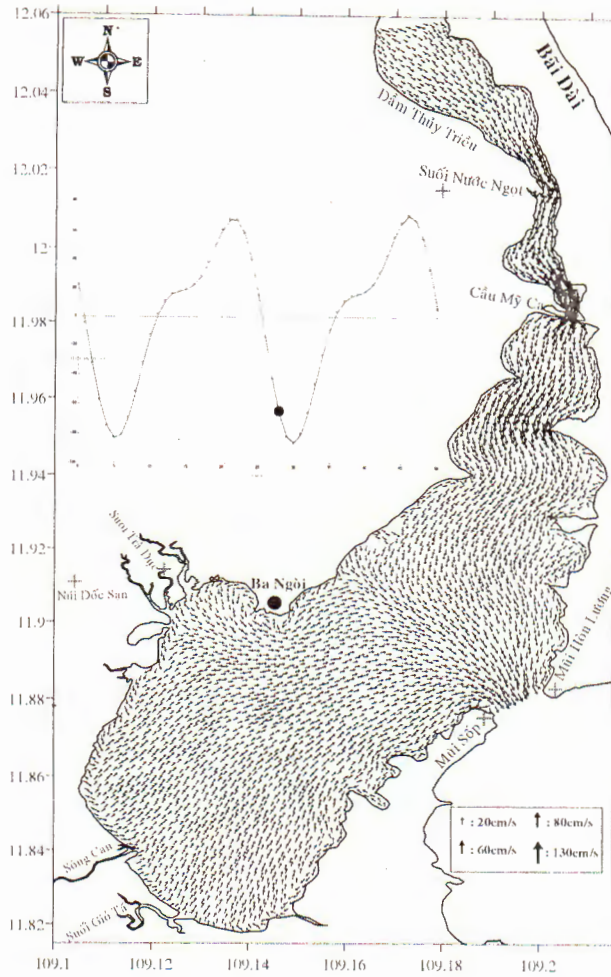
2. Kết quả tính toán

Từ các kết quả mô phỏng chế độ dòng triều của mô hình, chúng ta có thể phân ra các đặc điểm dao động triều căn cứ vào dao động mực nước thủy triều tại biên mở và các kết quả tính theo phương pháp phần tử hữu hạn. Chúng tôi thấy rằng trong vịnh Cam Ranh và đầm Thủy Triều, xuất hiện ba pha chính đặc trưng cho chế độ dòng triều với các đặc điểm phân bố hướng và tốc độ như sau:

2.1. Pha triều lên - Giai đoạn I: (Triều đang lên giai đoạn I, hướng dòng có tốc độ cực đại tập trung vào hướng Tây Tây Bắc): Trong giai đoạn này, vận tốc dòng đạt giá trị cao nhất là 103.4cm/s, hướng Tây Tây Bắc. (hình 3). Các kết quả mô hình hóa thể hiện khá phù hợp với quy luật tự nhiên của các quá trình động lực, thường dòng chảy khá mạnh ($20 < |v| < 30$ (cm/s)) và mạnh ($|v| \geq 30$ (cm/s)) xuất hiện khi dòng triều truyền qua các khe hẹp, nối giữa đầm Thủy Triều – vịnh Cam Ranh.



Hình 3. Phân bố dòng chảy tại đầm Thủy Triều – vịnh Cam Ranh khi mực thủy triều đang lên bắt đầu qua mực nước trung bình (giai đoạn I)

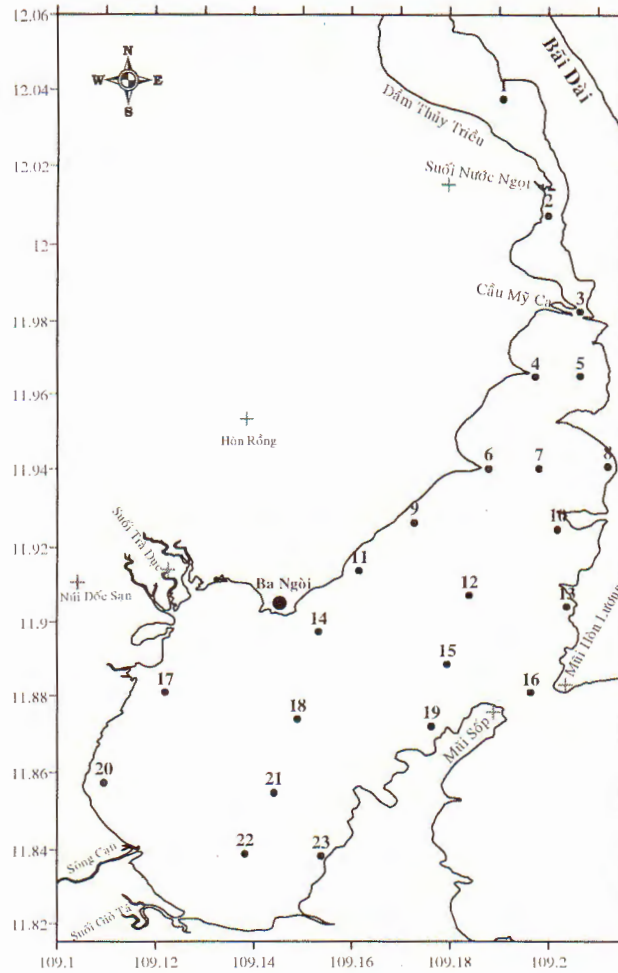


Hình 5. Phân bố không gian véc tơ dòng triều vịnh Cam Ranh thời điểm triều đang xuống.

3. So sánh kết quả tính với số liệu thực đo

3.1. So sánh kết quả tính tại các trạm đo

Sử dụng nguồn số liệu có được từ kết quả đo dòng chảy mới nhất của chuyến khảo sát theo Dự án NUFU vào tháng 08/2007 do TS. Bùi Hồng Long chủ trì. Các trạm được sử dụng để so sánh kết quả tính toán được thể hiện chi tiết trên hình 3.6



Hình 6. Sơ đồ các trạm vị đo đạc dùng để so sánh với kết quả mô hình tính

Thực tế chúng tôi đã sử dụng 23 trạm đo. Để có thể khớp với thời gian khảo sát thực địa, chúng tôi đã tính toán dự báo dòng triều trong tháng 08/2007. Việc so sánh các kết quả tính toán và đo đạc thực tế cho thấy có sự phù hợp khá tốt. Các kết quả so sánh chi tiết thể hiện trên bảng 3 cho thấy độ lệch vận tốc theo trị tuyệt đối giữa số liệu đo đạc và tính toán theo vận tốc cao nhất 2.7cm/s (hướng lệch 3.5°) (tại trạm 16, trên hình 6), trung bình khoảng 0.8cm/s . Xét về độ lệch cực đại về hướng dòng theo tính toán khoảng 9.9° (vận tốc lệch 0.4cm/s) tại trạm đo 22, trung bình là 2.6° . Như vậy các kết quả tính toán này so với thực địa là có thể chấp nhận được, tuy nhiên các số liệu thực đo này chỉ ở dạng đo tức thời, nên tính so sánh chỉ mang ý nghĩa định tính, chứ chưa thể đánh giá một cách định lượng được.

Bảng 2. Kết quả so sánh các giá trị tốc độ dòng triều tính toán và số liệu thực đo tháng 08/2007 tại vịnh Cam Ranh (Từ số liệu khảo sát thuộc dự án NUFU)

Trạm (trên bản đồ H. 3.6)	Kinh độ (°E)	Vĩ độ (°N)	Kết quả tính toán		Số liệu thực đo		Ngày (08/07)	Giờ: phút: giây	Tầng đo
			Vận tốc (cm/s)	Hướng (độ)	Vận tốc (cm/s)	Hướng (độ)			
1	109.191	12.038	9.1	223.2	9.4	224.2	19	16:23:00	2
2	109.200	12.008	26.2	186.6	25.9	183.7	19	15:58:15	5
3	109.206	11.983	3.4	326.9	3.5	331.0	19	16:52:35	2
4	109.197	11.965	6.7	218.9	8.4	218.7	19	17:20:30	2
5	109.206	11.965	5.2	11.0	6.0	10.8	20	15:05:05	2
6	109.188	11.940	6.9	36.9	7.3	40.3	20	15:24:45	8
7	109.198	11.940	15.4	184.6	15.6	179	20	14:12:20	2
8	109.212	11.941	6.3	165.8	8.3	169.6	20	14:27:10	2
9	109.173	11.926	0.7	205.6	1.1	206.9	20	6:54:00	5
10	109.202	11.925	6.3	162.9	5.3	163.3	20	12:44:00	14
11	109.161	11.914	6.3	64.4	6.7	64.4	20	12:22:15	18
12	109.184	11.907	1.6	152.9	1.3	152.2	20	10:12:30	8
13	109.204	11.904	9.7	162.2	9.9	164.8	20	10:32:05	11
14	109.153	11.897	4.6	32.5	4.5	32.4	20	9:15:50	7
15	109.179	11.889	5.4	98.5	5.2	92.8	20	8:40:05	2
16	109.196	11.881	13.2	147.8	15.9	144.3	21	7:12:25	2
17	109.122	11.881	5.0	237.9	7.0	236.8	21	5:30:30	15
18	109.149	11.874	16.7	58.8	15.2	56.1	21	8:17:35	2
19	109.176	11.872	5.5	228.9	5.5	230.1	21	8:48:15	16
20	109.109	11.857	2.9	216.2	4.2	216.2	21	5:55:20	9
21	109.144	11.855	4.2	219.4	6.7	212.7	21	7:57:15	2
22	109.138	11.839	3.1	211.2	3.5	221.1	21	6:12:50	16
23	109.154	11.838	8.9	209.7	8.7	207.7	21	7:37:15	2

Bảng 2. (Tiếp theo)

Trạm (trên bản đồ hình 3.6)	Kinh độ (⁰ E)	Vĩ độ (⁰ N)	Sai số trị tuyệt đối	
			Độ lệch Vận tốc (cm/s)	Độ lệch hướng (độ)
1	109.191	12.038	0.3	1.0
2	109.200	12.008	0.3	2.9
3	109.206	11.983	0.1	4.1
4	109.197	11.965	1.7	0.2
5	109.206	11.965	0.8	0.2
6	109.188	11.940	0.4	3.4
7	109.198	11.940	0.2	5.6
8	109.212	11.941	2	3.8
9	109.173	11.926	0.4	1.3
10	109.202	11.925	1	0.4
11	109.161	11.914	0.4	0.0
12	109.184	11.907	0.3	0.7
13	109.204	11.904	0.2	2.6
14	109.153	11.897	0.1	0.1
15	109.179	11.889	0.2	5.7
16	109.196	11.881	2.7	3.5
17	109.122	11.881	2	1.1
18	109.149	11.874	1.5	2.7
19	109.176	11.872	0.0	1.2
20	109.109	11.857	1.3	0
21	109.144	11.855	2.5	6.7
22	109.138	11.839	0.4	9.9
23	109.154	11.838	0.2	2.0

IV. THẢO LUẬN

Các kết quả tính dòng triều theo phương pháp phần tử hữu hạn cho đầm Thủy Triều – vịnh Cam Ranh cho thấy khả năng ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn vào việc mô phỏng chế độ dòng triều cho các vùng cửa sông – ven biển và các vùng nghiên cứu có địa hình đáy phức tạp, ... Thông thường các kết quả tính theo phương pháp phần tử hữu hạn thường cho kết quả mô tả phân bố tốc độ dòng chảy (xét trên toàn khu vực nghiên cứu) chi tiết và phù hợp thực tế hơn so với phương pháp sai phân hữu hạn (do khả năng chi tiết hóa được đặc điểm dòng chảy tại khu vực biên ven bờ - đảo, và ở nơi có cồn cát, bãi ngầm, ...). Trong bài toán giải bằng phương pháp phần tử hữu hạn, quá trình chuyển động của chất lỏng đã được chúng tôi mô phỏng theo hai quá trình vật lý động lực học và động học (từ độ sâu 0.5m vào đến độ sâu 0.1m), do đó đã phản ánh khá tốt quy luật vật lý của quá trình lan truyền sóng dài trong những vùng nước rất nông. Trong khi đó các bài toán giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn, nghiệm chỉ ổn định tốt tại các vị trí ven bờ thường phải có độ sâu lớn hơn 1.0m. Ngoài ra, vấn đề kích thước không gian của mạng lưới tính theo phương pháp sai phân (ô lưới phải bằng nhau, hình vuông hoặc hình chữ nhật với kích thước tương đối lớn) nên đã có những mặt hạn chế khi tính toán dòng chảy tại các vùng biên ven bờ, các điểm tính “*nhạy cảm*” (đảo chắn, bãi ngầm, ...), hoặc khi cần thể hiện chi tiết tính địa phương tại khu vực nghiên cứu. Từ những phân tích này, cho thấy triển vọng và hướng phát triển tương lai của phương pháp phần tử hữu hạn. Như vậy, với việc sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn, chúng ta có thể dễ dàng tìm ra các vị trí nhạy cảm, vị trí có phân bố dòng chảy tương đối đặc biệt. Việc kiểm nghiệm tính đúng đắn của phương pháp phần tử với thực tế đo đạc sẽ giúp chúng ta hiệu chỉnh lại các thông số tính toán cần thiết, phục vụ tốt hơn cho mô phỏng các bài toán dòng chảy trong vùng biển ven bờ và các vùng biển có địa hình đáy phức tạp. Nếu việc số liệu đo đạc được thực hiện đồng bộ, chi tiết, đáng tin cậy sẽ là các dữ liệu đầu vào tốt, như vậy kết quả mô phỏng bằng phương pháp phần tử hữu hạn sẽ mang tính định lượng cao. Các kết quả ở trên mới bước đầu thử nghiệm, tuy nhiên mô hình này cũng đã cho ta bức tranh dòng triều khá tốt tại đầm Thủy Triều – vịnh Cam Ranh. Chúng tôi tin rằng trong tương lai gần, mô hình sẽ được hoàn thiện hơn. Có thể đưa ra các kết quả tính toán tốt, cung cấp các tư liệu, các thông số kỹ thuật, cho các nhà thiết kế, các giải pháp hợp lý, tiết kiệm cho các nhà quản lý quy hoạch phát triển các lĩnh vực kinh tế biển.

Bài báo này được hoàn thành với sự hỗ trợ kinh phí của chương trình nghiên cứu cơ bản thuộc hướng vật lý địa cầu, địa vật lý, khí tượng, thủy văn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Bùi Hồng Long, Trần Văn Chung, 2001.** Tính toán thử nghiệm nước dâng trong bão bằng mô hình thủy động lực học với biên di động. Tuyển tập nghiên cứu biển tập XI. NXB khoa học và kỹ thuật, tr. 45-56.
2. **Bùi Hồng Long, Trần Văn Chung, 2003.** Tính toán nước dâng trong bão cho khu vực Định An - Gò Công do ảnh hưởng của cơn bão LinDa (1997) bằng phương pháp sai phân hữu hạn với biên di động. Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển, 3(1), tr. 1-17.
3. **Bùi Hồng Long, Trần Văn Chung, 2003.** Tính toán nước dâng trong bão cho vùng biển Vũng Rô (Phú Yên). Tuyển tập nghiên cứu biển tập XIII, tr. 25-36.
4. **Bùi Hồng Long, Trần Văn Chung, 2004.** Tính toán dòng chảy ba chiều cho vùng cửa sông. Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển, 4(3), tr. 43-53.
5. **Bùi Hồng Long - Trần Văn Chung, 2005.** Tính toán các hằng số điều hòa thủy triều và ảnh hưởng của nước dâng do bão bằng phương pháp phân tích điều hòa thủy triều tại vịnh Nha Trang. Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển, 5(1), tr. 14-24.
6. **Bùi Hồng Long - Trần Văn Chung, 2005.** Một vài kết quả tính toán dòng triều theo mô hình ba chiều tại đầm Thị Nại (Quy Nhơn). Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển, phụ trương 4 (T5), tr. 10-22.
7. **Bùi Hồng Long - Trần Văn Chung, 2006.** Tính toán thử nghiệm dòng chảy ba chiều (3-D) cho vùng vịnh Vân Phong. Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển, 6(1), tr. 12-27.
8. **Bùi Hồng Long, Trần Văn Chung, 2006.** Tính toán nước dâng do bão tại vùng biển Quy Nhơn. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, tr. 32-43.
9. **Bùi Hồng Long - Trần Văn Chung, 2006.** Tính toán dòng chảy cho vùng vịnh Nha Trang. Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển, 6(4), tr. 01-18.
10. **Chương trình điều tra nghiên cứu biển cấp nhà nước KHICN-06 (Phạm Văn Ninh (chủ biên), 1996-2000.** Biển Đông (phần khí tượng thủy văn động lực biển)" tập 2. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội -2003, 565tr
11. **Ata Bilgili, Jeffrey A. Proehl, Daniel R. Lynch, Keston W. Smith, M. Robinson Swift., 2005.** Estuary/ocean exchange and tidal mixing in a Gulf of Maine Estuary: A Lagrangian modeling study. Estuarine, Coastal and Shelf Science 65 (2005), 607-624pp.

12. **Foreman, M.G.G., 1978.** Manual for tidal currents analysis and prediction. Pacific Marine Science Report 78(6). Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Sidney, BC, 57pp.
13. **Foreman, M.G.G., 1977.** Manual for tidal heights analysis and prediction. Pacific Marine Science Report 77(10). Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Sidney, BC, 97pp.
14. **Godin, G., 1988.** Tides. Anadyomene Edition, Ottawa, Ontario, Canada, 348pp.
15. **Hones, J.E., Alan M. Davies, 2007.** A high resolution finite element model of the M_2 , M_4 , M_6 , S_2 , N_2 , K_1 và O_1 tides off the west coast of Britain. Ocean Modelling 19 (2007), 70-100pp
16. **Laurent White, Eric Deleersnijder, 2007.** Diagnoses of vertical transport in a three-dimensional finite element model of the tidal circulation around an island. Estuarine, Coastal Shelf Science 74 (2007), 655-669pp.
17. **Legrand, S., Legat, V. and Deleersnijder, E., 2000.** Delaunay mesh generation for an unstructured-grid ocean general circulation model. Accepted for publication in ocean modelling, june 2000, 14pp.
18. **McLaughlin, J.W., Bilgili, A., Lynch, D.R., 2003.** Numerical modeling of tides in the Great Bay Estuarine System: dynamical balance and spring–neap residual modulation”, Estuarine, Coastal and Shelf Science 57 (2003), 283-296pp.
19. **Mutsuto Kawahara, Yan Ding, 1998.** Bifurcation analysis of brown tide in tidal flow using finite element method. Computer methods in applied mechanics and engineering, 151 (1998), 195-213pp.

SIMULATION RESULTS OF THE TIDAL CURRENT REGIME IN CAMRANH BAY USING FINITE ELEMENT METHOD

BUI HONG LONG, TRAN VAN CHUNG

Summary: In this paper we present the experimental simulation results of the tidal currents in Camranh Bay, Thuytrieu Lagoon area. Finite element method was used here due to the following reasons:

- The bottom topography of the research area is complex (bay, lagoon), and the boundary conditions are sufficient (the fluid boundary is narrow).

- Measured data on the research area are comprehensive, which will enable the comparison with the calculated results.

- This model has already been tested in the proposed physical environment.

The simulation results of the tidal currents in Camranh bay show that:

- There are two typical tidal stages occurring at flood tide phase (tidal currents coming into the bay):

Stage I: The maximum tidal current directions are west-northwestward, maximum velocity of tidal currents reached 103.4cm/s.

Stage II: The peak tidal current directions are mainly north-northeastward, maximum of the peak currents at this stage was decreased by nearly 50% in comparison with stage I, reached 53.4cm/s.

- At ebb tide phase (tidal currents going out the bay), the peak tidal currents are mainly south-southwestward and their velocity may reach up to 129.6cm/s.

The comparison between calculated results and measured data of tidal currents collected from 23 field stations shows that both data agree well with each other. The deviation of velocity between the measured data and maximum calculated data is 2.7cm/s, average 0.8cm/s, according to their absolute values. The maximum deviation of current direction is about 9.9° , average is 2.6° . These compared results are quite good, however they are just initial results. The model will be further developed and improved in the coming time.

Ngày nhận bài: 05 - 7 - 2008

Địa chỉ: Viện Hải dương học

Người nhận xét: TS. Lê Đình Mậu