

THỬ NGHIỆM ÁP DỤNG MÔ HÌNH TỌA BA CHIỀU VỀ HOÀN LƯU ĐÀI DƯƠNG ĐỂ TÍNH THỦY TRIỀU CHO BIỂN ĐÔNG

PTS. Trương Văn Bốn

PTS. Lê Trọng Đào

Trung tâm Khí tượng Thủy văn Biển

1. TÓM TẮT NỘI DUNG

Các kết quả bước đầu thử nghiệm áp dụng mô hình tọa ba chiều để tính toán thủy triều cho toàn Biển Đông được trình bày trong công trình này. Các kết quả tính toán về thủy triều với bước lưới $1/4$ độ và 6 tầng theo chiều thẳng đứng cho toàn biển Đông của 4 sóng chính được kiểm nghiệm và so sánh với các số liệu quan trắc và các kết quả tính toán bằng mô hình hai chiều trước đây. Những kết quả bước đầu cho thấy:

- 1) Các kết quả tính toán về biên độ và pha của 4 sóng chính (M2, S2, K1, O1) bằng mô hình khá phù hợp với các số liệu phân tích hằng số điều hoà (HSDH) của 98 điểm trên biển Đông;
- 2) Các bức tranh phân bố theo không gian về biên độ và pha của 4 sóng chính khá phù hợp với các kết quả tính toán trước đây bằng mô hình 2 chiều;
- 3) Vận tốc thẳng đứng của dòng triều tại những nơi có gradien độ sâu lớn như vùng biển Nha Trang - Quy Nhơn có vai trò đặc biệt tạo nên vùng nước trôi;
- 4) Mô hình có khả năng dùng để tính toán thủy triều cho những nơi mà số liệu quan trắc không có hoặc thiếu chính xác.

2. GIỚI THIỆU CHUNG

Vùng thềm lục địa Việt Nam có địa hình đáy và đường bờ phức tạp là một trong những nguyên nhân chính tạo nên bức tranh đa dạng về thủy triều và dòng triều. Để hiểu biết chi tiết về thủy triều và dòng triều biển Đông, một vấn đề thực tế cấp thiết do yêu cầu của sự phát triển kinh tế, khoa học và khai thác khoáng sản vùng thềm lục địa, từ trước tới nay nhiều công trình nghiên cứu kể cả ở trong và ngoài nước đã khám phá ra những quá trình động lực quan trọng về thủy triều và dòng triều. Trước hết có thể kể đến các công trình như của Ye và Robinson (1983), Lê Trọng Đào, Đỗ Ngọc Quỳnh, Nguyễn Thọ Sáo (1996), Nguyễn Ngọc Thủy (1997) v.v. . Tuy nhiên, với sự hạn chế của mô hình hai chiều, các đặc trưng theo chiều thẳng đứng chưa được giải quyết như: vận tốc thẳng đứng của dòng triều ở những vùng có gradien độ sâu lớn như thế nào, có vai trò gì trong việc thành tạo vùng nước trôi ở những vùng biển này; cấu trúc thẳng đứng của nhiệt độ và độ mặn rất cần thiết được biết càng chi tiết càng tốt vì nó mang tính chất quyết định trong việc tính toán các quá trình sinh hoá phức tạp xảy ra trong cột nước. Hơn thế nữa, các chất nhiễm bẩn trong nước được phân bố phụ thuộc chủ yếu vào cấu trúc thẳng đứng của nhiệt độ và mật độ của nước. Cấu trúc thẳng đứng về nhiệt độ và độ mặn còn đóng vai trò quyết định cho sự sinh tồn của các loài cá khác nhau trong nước v.v. . Hiện nay ở nước ta trong chương trình biển cấp Nhà nước, mô hình ba chiều sử dụng hệ tọa độ sigma đang được nghiên cứu và áp dụng để tính toán hoàn lưu cho toàn biển Đông do PGS Đinh Văn Ưu chủ nhiệm. Một

số kết quả khả quan đã thu được, tuy nhiên hệ tọa độ sigma có những hạn chế nhất định khi tính toán cho vùng có gradien ngang lớn về mật độ, như đã chỉ ra trong công trình của Stelling và Kester (1994). Vì vậy, để đảm bảo độ tin cậy cao, cần sử dụng các mô hình khác nhau nghiên cứu và tính toán cho vùng biển này để so sánh với nhau nhằm tìm ra những quy luật chung. Đó là điều cần thiết trong nghiên cứu và ứng dụng. Xuất phát từ những yêu cầu thực tế và quan điểm trên đây, trong phạm vi bài này, trước hết chúng tôi trình bày cơ sở lý thuyết của mô hình tựa ba chiều về hoàn lưu đại dương và một số kết quả bước đầu tính thủy triều và dòng triều cho 4 sóng chính của toàn biển Đông. Mô hình hoàn lưu đại dương ba chiều này đã được sử dụng để tính toán các quá trình động lực tại vịnh Opunohu. Cơ sở lý thuyết của mô hình là việc giải hệ phương trình nước nông, như đã chỉ ra trong các công trình Tee (1981), Blumberg và Mellor (1987), Kowalik và Murty (1995), Trương Văn Bốn và những người khác (1995).

3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

3.1 Hệ phương trình cơ sở

Những phương trình cơ sở của mô hình mô tả trường dòng chảy 3 chiều, mực nước, độ mặn và nhiệt độ nước được rút ra từ các công trình của Blumberg và Mellor (1987), Kowalik và Murty (1995), Trương Văn Bốn và những người khác (1995) với giả thiết:

1) Trọng lực của cột chất lỏng cân bằng với áp suất thủy tĩnh;

2) Sự chênh lệch về mật độ được bỏ qua trong các thành phần của phương trình trừ thành phần trọng lực. Khi đó trong hệ tọa độ đề-các với trục x hướng về phía đông, trục y hướng về phía bắc, và trục z hướng lên trên ta có hệ phương trình động lượng Reynolds, phương trình liên tục, phương trình truyền nhiệt và truyền mặn sau đây:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = f v - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + A_x \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + A_z \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -f u - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + A_x \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + A_z \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = k_{xx} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + k_{yy} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + k_{zz} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (4)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} + w \frac{\partial S}{\partial z} = k_{xx} \frac{\partial^2 S}{\partial x^2} + k_{yy} \frac{\partial^2 S}{\partial y^2} + k_{zz} \frac{\partial^2 S}{\partial z^2} \quad (5)$$

Ở đây u, v, w - các thành phần vận tốc theo trục $x, y,$ và z ; f - tham số coriolis; p - áp suất; A_x, A_y, A_z - hệ số nhớt rối theo trục x, y, z ; k_{xx}, k_{yy}, k_{zz} và k_{xx}, k_{yy}, k_{zz} - hệ

khúc xạ của nhiệt độ và độ mặn theo trục x, y, z tương ứng: T và S , nhiệt độ và độ mặn nước biển.

3.2 Điều kiện biên

Tại mặt nước tự do $z = \eta(x, y, t)$ điều kiện động học như sau:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} \left(\int u dz \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\int v dz \right) \quad (6)$$

Tại đáy $z = -H(x, y)$ điều kiện ứng suất ma sát có dạng

$$\rho_0 (k_{bx}, k_{by}) \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = (\tau_{bx}, \tau_{by}) \quad (7)$$

$$w_b = -u_b \frac{\partial H}{\partial x} - v_b \frac{\partial H}{\partial y} \quad (8)$$

$$(\tau_{bx}, \tau_{by}) = \rho_0 C_D (|u_b|, |v_b|) (u_b, v_b) \quad (9)$$

$$C_D = \left[\frac{1}{\kappa} \ln(H + z_b) / z_0 \right]^2 \quad (10)$$

Ở đây, z_b và (u_b, v_b) là khoảng cách từ điểm lưới gần nhất tới đáy và vận tốc dòng chảy theo phương nằm ngang tương ứng; κ - hằng số von Karman; z_0 - phụ thuộc vào độ gồ ghề đáy, nếu không có thông tin chính xác lấy $z_0 = 1$ cm theo Blumberg và Mellor (1987).

Tại biên cứng thông lượng ngang và khúc xạ của nhiệt độ và độ mặn bằng không.

Tại biên có dòng chảy vào, cho nhiệt độ, độ muối và mực nước.

Tại biên có dòng chảy ra:

$$\frac{\partial}{\partial t} (T, S) + (u, v) \frac{\partial}{\partial (x, y)} (T, S) = 0 \quad (11)$$

3.3 Hệ số nhớt rối và hệ số khuếch tán rối theo chiều thẳng đứng

Hệ số nhớt rối và hệ số khuếch tán rối theo chiều thẳng đứng được tính theo Kowalik và Murty (1995) như sau:

$$A_z = A_{z_0} (1 + Ri)(1.0 - 0.1Ri)^{1/2} \quad (12)$$

$$k_z = k_{z_0} (1.0 - 0.1Ri)^{1/2} \quad (13)$$

$$Ri = (-g / \rho_0 \partial \rho / \partial z)^{1/2} / ((\partial u / \partial z)^2 + (\partial v / \partial z)^2) \quad (14)$$

Ở đây, A_{z_0} và k_{z_0} - các hệ số nhớt rối và hệ số khuếch tán rối theo chiều thẳng đứng trong nước biển đồng nhất về nhiệt độ và độ mặn; Ri - số gradien Richardson; và g - gia tốc trọng trường.

4. SƠ ĐỒ RỜI RẠC HOÁ VÀ CÁCH GIẢI

Phương pháp thể tích hữu hạn được sử dụng để rời rạc hoá các phương trình

(1)-(5). Sau khi tích phân từng tầng với độ sâu D^k cho các phương trình (1)-(5) với các điều kiện biên (6), (7), (11), (12) và tích phân theo chiều ngang ta có hệ phương trình của từng tầng k cho 3 thành phần vận tốc, nhiệt độ và độ mặn. Kết quả các biến u , v , w , T , S và η từ các phương trình trên được thể hiện trên hệ lưới hộp vuông so le theo Patanka (1980) và Fletcher (1990). Sơ đồ đón gió bậc 1 (first order upwind scheme) được sử dụng cho các thành phần bình lưu và sơ đồ hiện về thời gian được dùng trong mô hình theo Fletcher (1990) và Patanka (1980).

5. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ THẢO LUẬN

Trước hết mô hình được áp dụng để tính thủy triều và dòng triều của 4 sóng chính (M_2 , S_2 , K_1 , O_1) cho biển Đông với bước lưới $\Delta x = \Delta y = 1/4$ độ theo phương nằm ngang và 6 tầng với độ sâu lần lượt là 0-10 m, 10-30 m, 30-50 m, 50-100 m, 100-500 m và >500 m. Với mục tiêu xem xét đến sự đóng góp của dòng triều trong quá trình thành tạo vùng nước trời vùng biển Quy Nhơn-Nha Trang, nên trong công trình này tính không đồng nhất về mật độ và độ mặn trong không gian chưa xem xét đến. Các kết quả tính toán của 2 sóng triều chính về biên độ và pha được so sánh với các số liệu hằng số điều hoà của 98 điểm trên toàn biển Đông (bảng 1). Như trên hình 1 kết quả tính toán về biên độ và pha khá phù hợp với các số liệu phân tích hằng số điều hoà (HSDH) cho sóng K_1 như đã được ghi nhận ở các công trình Ye và Robinson (1983), Lê Trọng Đào, Đỗ Ngọc Quỳnh, Nguyễn Thọ Sáo . . . (1996).

Hình 2 mô tả trường vận tốc dòng triều của mặt cắt thẳng đứng tại Nha Trang của sóng K_1 vào thời điểm 7/24 chu kỳ. Với kết quả trên hình 2 ta thấy rõ vì cấu trúc thẳng đứng của đường bờ tại Nha Trang nên vận tốc thẳng đứng của dòng triều ở đây đóng vai trò rõ nét trong quá trình tạo nên vùng nước trời tại vùng biển này. Những kết quả tính toán trên và kết quả tính cho các sóng triều chính M_2 , O_1 và S_2 cho thấy vận tốc thẳng đứng của dòng triều của sóng M_2 là lớn nhất so với 4 sóng và đạt giá trị 2,4 cm/s.

6. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Mô hình có khả năng tính toán thủy triều cho toàn biển Đông với độ chính xác khá tốt. Có thể dùng mô hình để tính toán và dự tính thủy triều cho những nơi mà số liệu quan trắc chưa có hoặc khan hiếm. Với sự phát triển của kỹ thuật máy tính, lưới tính cho toàn biển Đông nếu như được dày thêm và số liệu đưa vào mô hình có độ tin cậy cao thì có thể nâng cao độ chính xác trong công việc tính toán và dự tính thủy triều cho bất kỳ nơi nào trên toàn biển Đông.

Vùng biển Nha Trang-Qui Nhơn cần phải tiếp tục nghiên cứu chi tiết hơn để hiểu biết rõ thêm về vai trò của thủy triều và gió trong quá trình hình thành vùng nước trời. Sự không đồng nhất về nhiệt độ và độ mặn theo chiều thẳng đứng cần thiết phải được xem xét trong những công trình tiếp theo.

Lời cảm ơn

Chúng tôi chân thành cảm ơn PTS. Nguyễn Tài Hợi, Trưởng Phòng nghiên cứu phục vụ, Trung tâm Khí tượng Thủy văn Biển, đã đóng góp những ý kiến quý báu, cung cấp những số liệu cần thiết và kịp thời trong quá trình thực hiện công việc trên.

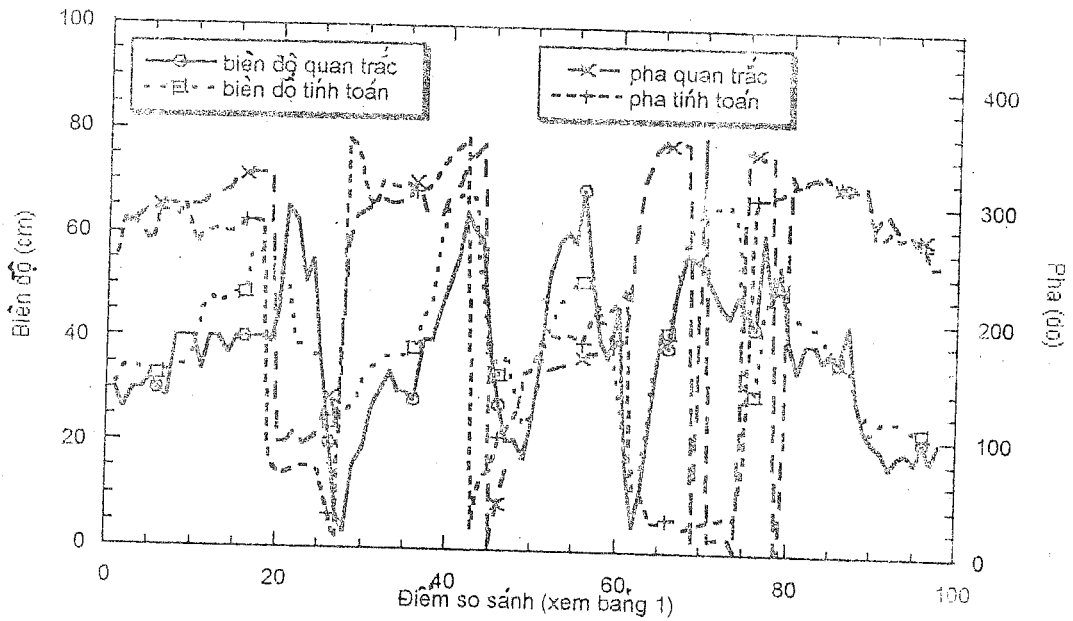
TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Trọng Đào, 1996. Thủy triều, dòng triều vịnh Bắc Bộ.- Báo cáo tổng kết đề tài KT-03-03, chương trình biển KT-03.
2. Đỗ Ngọc Quỳnh, 1996. Thủy triều, dòng triều vịnh Bắc Bộ.- Báo cáo tổng kết đề tài KT-03-03, Chương trình biển KT-03.
3. Nguyễn Thọ Sáo, 1996. Thủy triều, dòng triều vịnh Bắc Bộ.- Báo cáo tổng kết đề tài KT-03-03, chương trình biển KT-03.
4. Nguyễn Ngọc Thụy và Phạm Văn Huấn, 1997. Thủy triều đặc sắc, đa dạng ở Biển Đông và những sản phẩm khoa học có độ tin cậy cao.- Tuyển tập các báo cáo khoa học Khí tượng Thủy văn Biển, III: 9-13.
5. Bon, T.V., Asaeda, T., Ca, V.T. and Shibata, M., 1993. Simulation of the Dynamical Processes in the Opunohu Bay.- Proceedings of the 48th annual Conference of the Japan Society of Civil Engineers, II: 286-287.
6. Blumberg, A.F. and Mellor, G.L., 1987. A description of a three-dimensional ocean circulation model.- American Geoph. Union, 1-17.
7. Fletcher, C.A.J., 1990. Computational Techniques for Fluid Dynamics 1 & 2.- Springer-Verlag, 894 pp.
8. Kowalik, Z. and Murty, T.S., 1995. Numerical Modeling of Ocean Dynamics.- World Scientific. 481 pp.
9. Patanka, S.V., 1980. Numerical Heat Transfer and Fluid Flow.- Hemisphere Pub. Corp, 191 pp.
10. Stelling, G.S. and Van Kester, J.A.Th.M., 1994. On the approximation of horizontal gradients in sigma co-ordinate for bathymetry with steep bottom slopes.- Int. J. for Num. Methods in Fluids, 18:915-935.
11. Tee, K.T., 1981. A three-dimensional model for tidal and residual currents in bays. In: Transport models for inland and coastal waters.- Academic press, 284-309.
12. Ye, A.L. and Robinson, I.S., 1983. Tidal dynamics in the South China Sea.- Geophys. J.R.astr.Soc., 72:691-707.

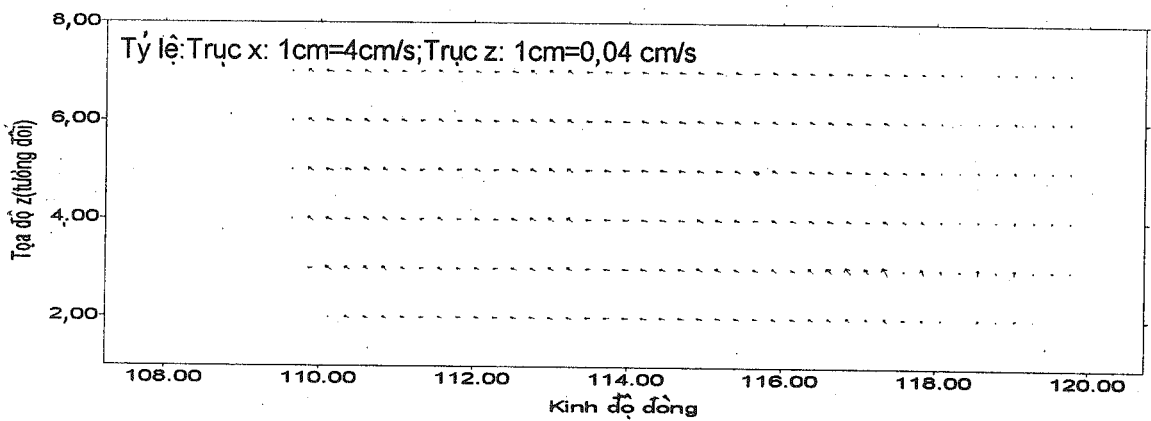
Bảng 1. Tọa độ các điểm so sánh giá trị quan trắc và tính toán về biên độ và pha của 4 sóng triều chính (K1, O1, M2 và S2) trên toàn biển Đông.

TT	KDĐ(do)	VDB(do)
1	117.83	24.22
2	117.59	23.97
3	117.11	23.72
4	116.87	23.48
5	116.63	23.23
6	116.39	22.98
7	116.15	22.98
8	115.91	22.74
9	115.42	22.49
10	114.70	22.49
11	114.22	22.49
12	113.74	22.24
13	113.50	21.99
14	113.01	21.99
15	112.77	21.75
16	112.05	21.25
17	111.33	21.25
18	110.85	21.25
19	110.12	21.01
20	109.64	20.02
21	109.40	20.27
22	106.51	20.02
23	106.27	19.77
24	106.27	19.52
25	106.27	19.03
26	106.99	18.04
27	107.47	17.55
28	107.95	17.06
29	108.19	16.81
30	108.68	16.31
31	109.16	15.82
32	109.64	14.34
33	109.64	13.60
34	109.64	13.10
35	109.64	12.61
36	109.40	11.87
37	108.68	11.13
38	108.43	11.13
39	107.71	10.63
40	107.23	10.39
41	106.99	10.14
42	106.75	9.89
43	106.03	9.40
44	105.06	8.66
45	104.58	8.66
46	104.58	9.64
47	104.82	9.89
48	104.34	10.14
49	103.37	10.39
50	103.37	10.63
51	102.89	11.37
52	102.41	11.87
53	101.93	12.36
54	101.45	12.36
55	100.96	12.61

TT	KDĐ(do)	VDB(do)
56	100.96	12.86
57	100.48	11.62
58	100.48	10.39
59	100.48	10.14
60	100.72	9.40
61	100.96	8.66
62	101.21	7.67
63	101.45	7.42
64	102.65	6.68
65	103.13	6.43
66	103.37	6.19
67	103.86	5.45
68	104.10	4.70
69	104.10	4.21
70	104.10	3.96
71	104.10	3.72
72	104.10	3.47
73	104.10	3.22
74	104.34	2.98
75	109.40	1.99
76	109.88	2.23
77	110.60	2.23
78	110.85	2.23
79	111.09	2.48
80	111.57	2.98
81	111.81	3.22
82	112.29	3.47
83	112.77	3.72
84	113.25	3.96
85	114.70	5.20
86	115.42	5.94
87	116.15	6.93
88	119.28	15.33
89	119.52	16.31
90	120.00	21.75
91	119.76	22.24
92	119.52	22.74
93	119.28	22.74
94	119.52	23.23
95	119.52	23.48
96	119.52	23.72
97	119.76	23.97
98	119.76	24.22



Hình 1. Đồ thị so sánh các điểm phân tích HSDH và tính toán về biên độ và pha sóng K1 trên biển Đông



Hình 2. Trường vectơ dòng triều Biển Đông; Mặt cắt x-z tại Nha Trang; Sóng K1; thời điểm 7/24 chu kỳ