

# VỀ ÁP DỤNG MÔ HÌNH LAN TRUYỀN TRIỀU HAI CHIỀU TRONG VỊNH GÀNH RÁI VÀ CÁC CỬA SÔNG TIẾP GIÁP

PTS. Nguyễn Hữu Nhân, KS. Bảo Thanh

Phân viện KTTV tại TP. Hồ Chí Minh

## 1. Đặt vấn đề

Động lực triều của vịnh Gành Rái và hạ lưu sông Đồng Nai từ lâu đã được quan tâm và các khảo sát chủ yếu là các đợt đo đạc thực nghiệm [12]. Các số liệu này cho thấy: cường độ triều tại khu vực này rất lớn, lại có cấu trúc không ổn định theo thời gian phức tạp. Trong bài này trình bày một số kết quả ban đầu theo hướng áp dụng mô hình thủy lực nước nông phi tuyến hai chiều có độ phân giải cao để nghiên cứu động lực triều trong vịnh Gành Rái và hệ thống các cửa sông tiếp giáp với nó.

## 2. Phương trình xuất phát

Về tổng thể, vịnh Gành Rái và hạ lưu sông Đồng Nai thuộc loại nước nông. Trừ lớp gần đáy, vận tốc dòng chảy các hạt nước ít thay đổi theo độ sâu, vì vậy, các thông số động lực triều trên miền này có thể tính theo mô hình nước nông dạng (các phương trình Saint Venant hai chiều):

$$\frac{\partial U_x}{\partial t} + U_x \frac{\partial U_x}{\partial x} + U_y \frac{\partial U_x}{\partial y} = -\Omega U_y + g \frac{\partial Z}{\partial x} + C_b \frac{|U| \cdot U_x}{H} - \frac{\gamma_x}{\rho H} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial U_y}{\partial t} + U_x \frac{\partial U_y}{\partial x} + U_y \frac{\partial U_y}{\partial y} = \Omega U_x + g \frac{\partial Z}{\partial y} + C_b \frac{|U| \cdot U_y}{H} - \frac{\gamma_y}{\rho H} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial (HU_x)}{\partial x} + \frac{\partial (HU_y)}{\partial y} = 0, \quad U = U_x \cdot \vec{i} + U_y \cdot \vec{j}, \quad H = h + Z \quad (3)$$

Trong đó:  $g$  - gia tốc trọng trường;  $\Omega = 2\omega \sin(\varphi)$  - tham số Coriolis;  $C_b \approx 0,0026$  hệ số ma sát;  $Z$  - độ dao động mực nước;  $h$  - độ sâu;  $\gamma_x, \gamma_y$  - các ứng suất gió đặt lên mặt nước xác định theo luật trở kháng dòng khí trên mặt nước. Các phương trình trên mô tả sự biến thiên và bảo toàn xung lượng và khối lượng cho các cột nước có thiết diện đáy là một đơn vị có tính đến sự tương tác của nó với đáy và dòng khí trên mặt nước.

Ảnh hưởng của bờ và sự cưỡng bức các dao động thủy triều đối với miền sông nước này được tham số hóa qua điều kiện biên. Đây là hệ thống các phương trình hyperbolic phi tuyến hai chiều. Việc nghiên cứu thấu đáo về tính chất toán học các bài toán biên cho hệ thống phương trình như vậy còn bỏ ngỏ. Tuy nhiên, kinh nghiệm giải số hệ phương trình này trong bài toán biên về chuyển động hai chiều trên miền nước nông rất phong phú [2,3,4,7]. Với giả thiết dòng chảy là êm, đối với một phương trình chỉ cần cho một điều kiện biên. Thông thường, trong ứng dụng kỹ thuật, có thể sử dụng các giả thiết như sau:

sự cưỡng bức các sóng triều xảy ra tại các điểm biên lỏng và nó được tham số hóa nhờ các công thức xác định mực nước theo các hằng số điều hòa cho trước dạng:

$$Z(t) = \sum_1 a_1 \cdot \cos \left[ \frac{2\pi t}{T_1} + \varphi_1 \right], \quad a_1 = H_1 \cdot B, C, \varphi_1 = \theta_1 + c + b; \quad (4)$$

Ở đây: B, C, b, c là các hằng số thiên văn;  $H_1, \theta_1, T_1$  là các hằng số điều hòa và chu kỳ các sóng thủy triều tương ứng; tại bờ rắn thành phần vận tốc pháp tuyến đường bờ bằng không:

$$U_n = 0 \quad (5)$$

Điều kiện đầu là:

$$U_x = U_{ox}(x, y), \quad U_y = U_{oy}(x, y), \quad Z = Z_0(x, y) \quad (6)$$

### 3. Mô hình tính toán

Để thiết lập mô hình tính toán, thủ tục xấp xỉ bài toán xuất phát trên là phương pháp sai phân hữu hạn luân hướng ẩn (FADI) [2,7,11]. Sơ đồ xấp xỉ FADI hiện nay được đánh giá là rất ổn định và có độ chính xác cao.

Việc tính toán tiến hành theo hai bước; bước 1 tính thô là áp dụng mô hình trên đối với mạng lưới thô với bước tính  $\Delta X = \Delta Y = 2500$  m phủ lên miền thềm lục địa phía Nam Việt Nam; bước 2 sử dụng các kết quả bước tính thô xác định điều kiện biên tại biên lỏng để tính toán cho mạng lưới mịn hơn với  $\Delta X = \Delta y = 250$  m. Mạng lưới phủ mỗi mạng là 5000 nút. Bước tính theo thời gian miền thô là  $\Delta t = 180$  giây và miền mịn là  $\Delta t = 18$  giây. Điều kiện ban đầu là nước yên tĩnh. Như vậy, kết quả tính chỉ lấy tại các thời điểm, sao cho nghiệm số đã "quên" ảnh hưởng của điều kiện đầu. Cả hai bước tính dùng chung một bộ chương trình soạn cho máy vi tính với các phương tiện phân tích và biểu diễn kết quả kèm theo.

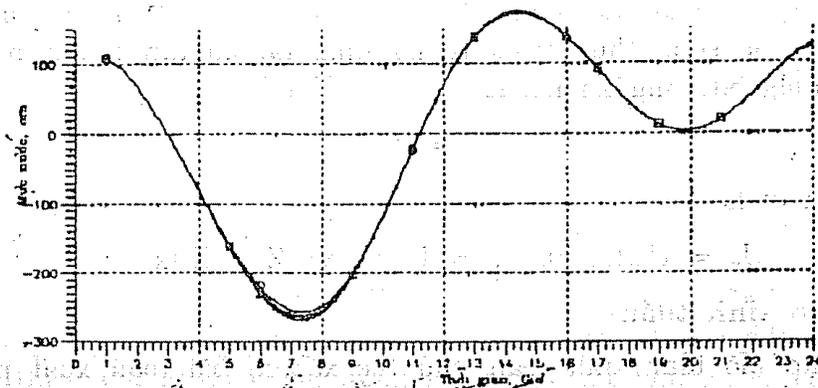
### 4. Một số kết quả

Thời tiết được xem là lặng gió. Tại các nhánh sông cho hằng số điều hòa của 8 sóng triều M2, S2, O1, K1, P1, Q1, N2 và K2. Phía ngoài khơi thềm lục địa các hằng số điều hòa lấy từ bản đồ đường đồng mức thực nghiệm [10]. Địa hình đáy miền thô lấy từ hải đồ tỷ lệ 1:1.000.000.000 và miền mịn lấy từ bản đồ tỷ lệ 1:50.000.

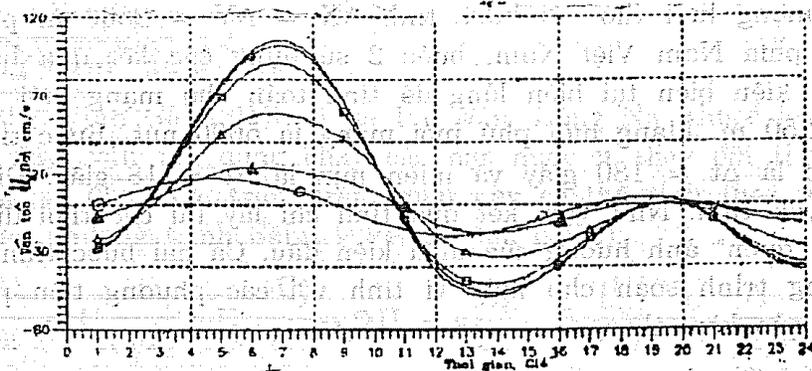
Việc tính toán thực hiện cho 48 giờ (2 chu kỳ triều). Vài kết quả tính toán minh họa trên các hình 1, 2 và bảng 1, 2.

Trên hình 1 biểu diễn biến thiên của các yếu tố động lực triều theo thời gian trong vòng 24 giờ tại các nút tiêu biểu dọc theo tuyến từ Cần Giờ chạy lên theo hướng đông bắc. Từ hình 1a, ta thấy độ lớn và pha của dao động mực nước tại các nút trên tuyến này hầu như không khác nhau. Đây là một quy luật có ý nghĩa thực tế quan trọng trong việc thiết lập các điều kiện biên các bài toán lan truyền triều trong hệ thống sông Đồng Nai cũng như việc tổ chức khảo sát mực nước triều vì các mực đích khác nhau. Biên độ triều tại vịnh Gành Rái rất lớn, đạt đến 4m. Trong khi đó cấu trúc dòng triều tại các nút đó lại rất khác nhau tại thời điểm khác nhau. Nguyên nhân của sự khác nhau là ảnh hưởng của đường bờ, ma sát đáy và độ sâu lên dòng triều các nút đó rất khác nhau. Các nút trên tuyến gần Cần Giờ chuyển động chủ yếu diễn ra theo

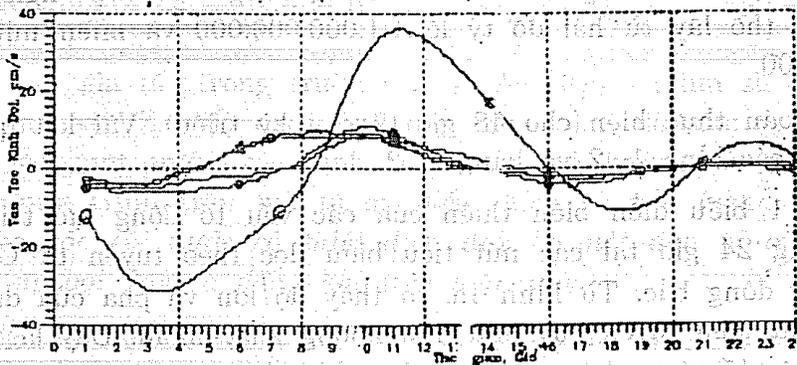
phương vĩ tuyến với trị số vận tốc đạt tới 100 cm/s, trong khi các nút gần cửa sông Cái Mép chuyển động triều chủ yếu diễn ra theo phương kinh tuyến nhưng trị số vận tốc không lớn lắm (Hình 1b, và 1c). Trên tuyến này dòng triều mang tính vĩ đới khá rõ.



a) Dao động mực nước:  $Z$ , cm.



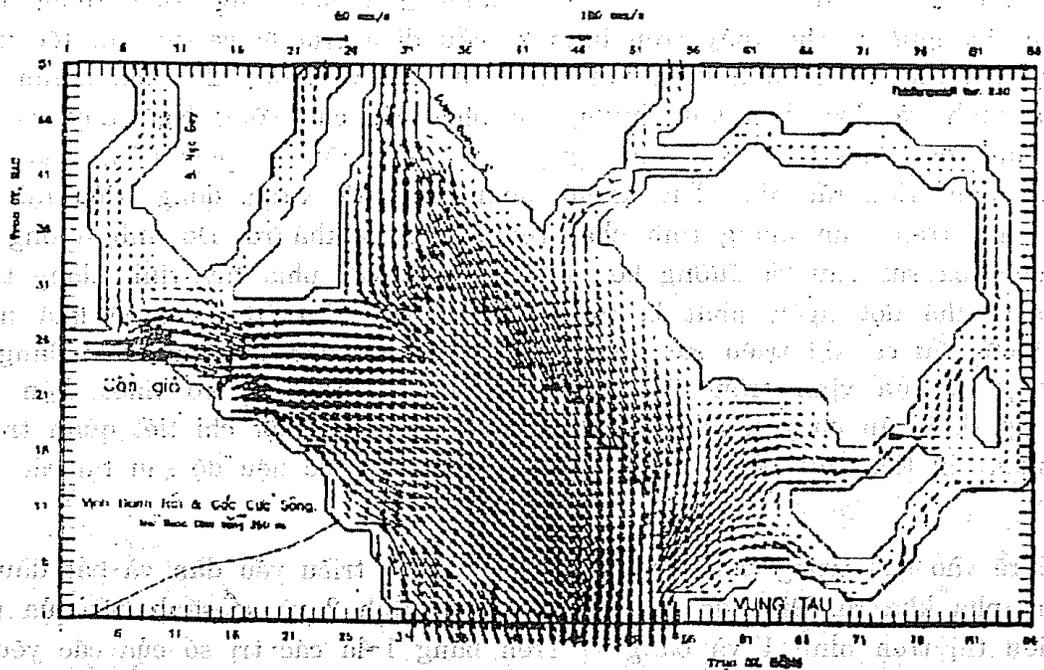
b) Dao động vận tốc vĩ đới:  $U_x$ , cm/s



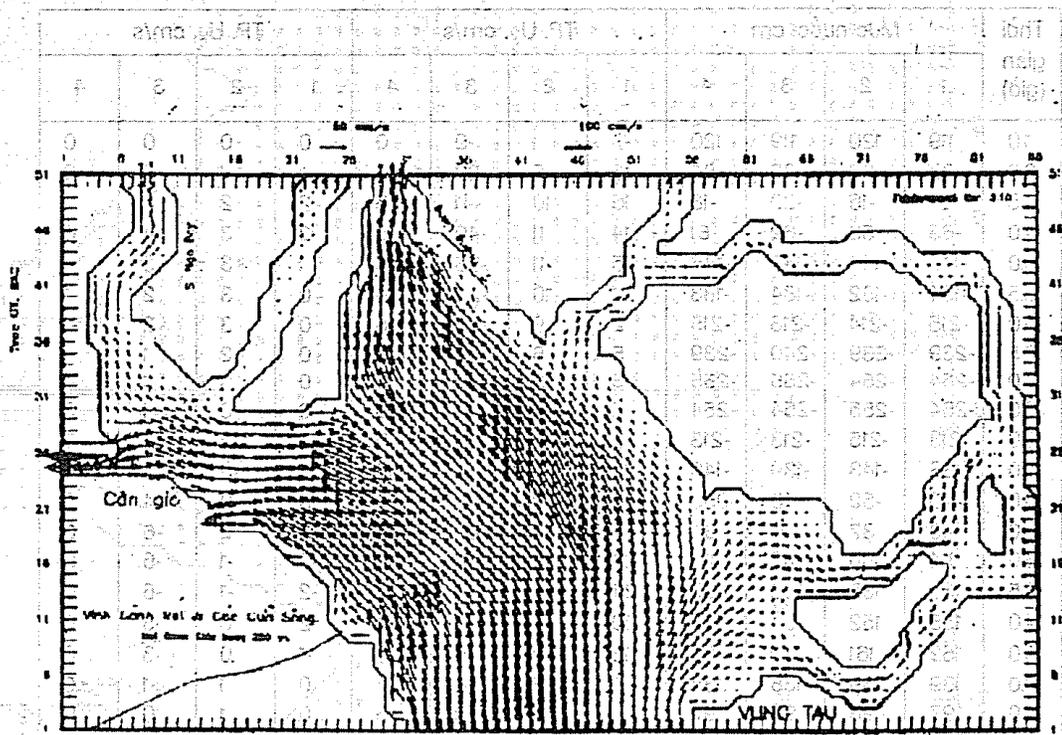
c) Dao động vận tốc kinh vĩ:  $U_y$ , cm/s

Hình 1. Biến thiên các yếu tố động lực triều tại các điểm:

(19, 23); (21, 25), (23, 27) (25, 229); (27, 31) (30, 33). Vị trí các điểm này xem trên hình 2



a) Trường vận tốc dòng triều vào lúc 5 giờ, cm/s.



b) Trường vận tốc dòng triều vào lúc 13 giờ, cm/s

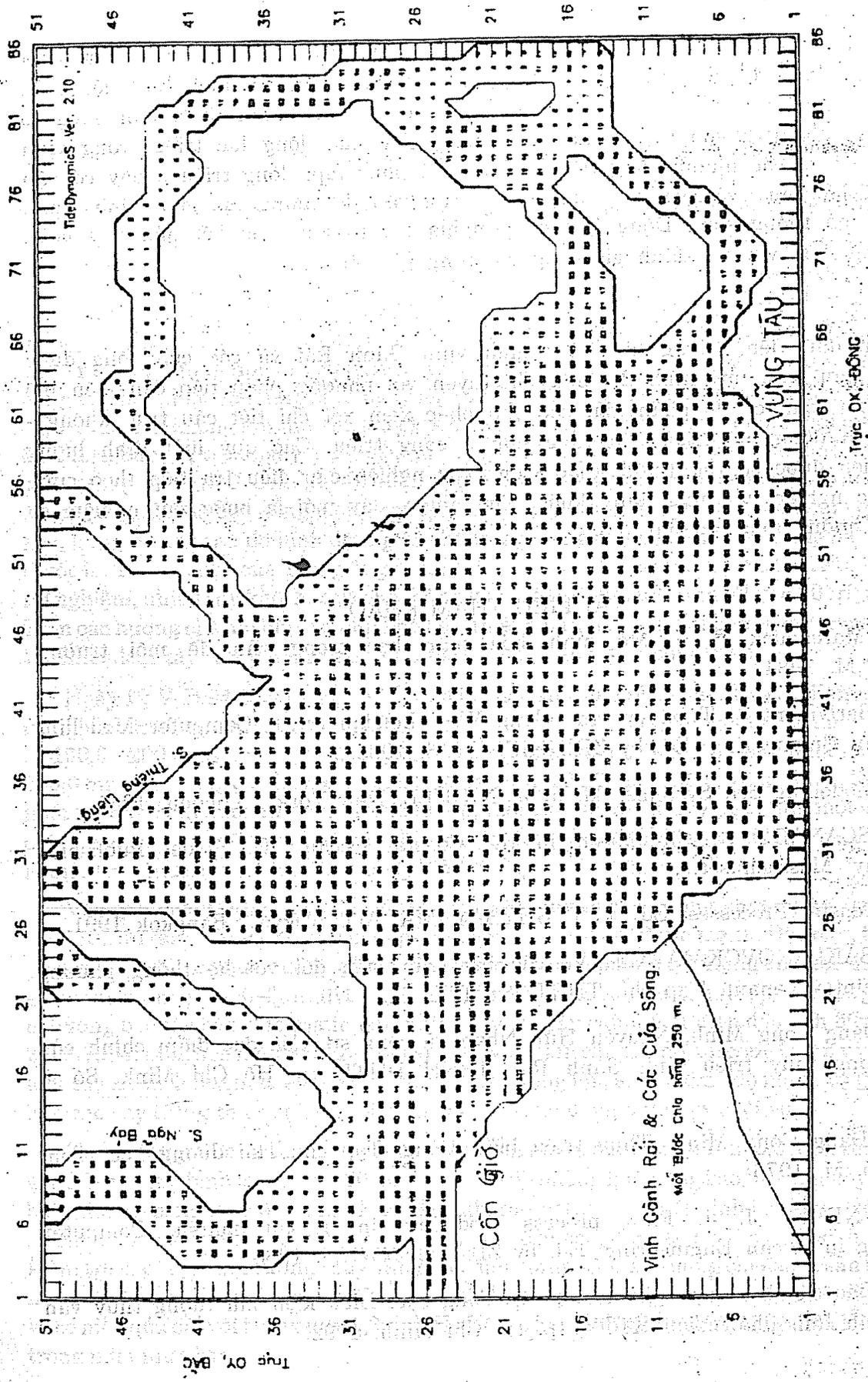
Hình 2 - Cấu trúc không gian về dòng triều trên Vịnh Gành Rái và các cửa sông tiếp cận tại các thời điểm triều rút và triều cường mạnh ứng với tổng hợp của 8 sóng triều

Tuy nhiên, trên toàn vịnh, cấu trúc không gian của dòng triều không theo quy luật đó, như có thể thấy trên hình 2 biểu diễn trường vec-tơ vận tốc dòng triều tại hai thời điểm điển hình khi triều rút (2a) và dâng (2b) khá mãnh liệt. Tại cửa vịnh và dọc theo trục hướng về phía các cửa sông Ngã Bảy và Cái Mép, cường độ dòng triều rất lớn, ngược lại, phần gần bờ phía đông của vịnh vận tốc dòng triều rất nhỏ. Tuy không hoàn toàn đối xứng, dòng triều tại hầu hết các nút trên vịnh mang tính chất thuận nghịch khá rõ. Do ảnh hưởng rất mạnh của ma sát đáy và đường bờ, một vài khu vực phía tây vịnh, dòng triều đổi hướng khá đột ngột, nhất là tại khu vực gần Cần Giờ, nơi có khả năng nước bị dôn lại cả khi triều rút do các sóng xả ra mạnh lẫn khi triều dâng do lưu lượng từ cửa vịnh tràn vào nhiều trong khi các sóng có thiết diện nhỏ không kịp thời vận chuyển lượng nước tràn tới. Đây là một chi tiết quan trọng. Tuy nhiên, chi tiết này cần được kiểm tra lại nhất là số liệu độ sâu tại các khu vực này.

Khi rẽ vào sâu trong các nhánh sông, cường độ triều yếu dần và bắt đầu có sự chậm pha khá rõ. Điều đó có thể thấy trên hình 2 và so sánh kết quả tính toán biểu thị trên hình 1 và bảng 1. Trên bảng 1 là các trị số của các yếu tố động lực trên 4 nhánh sông phía bắc vịnh Gành Rái.

Bảng 1 - Biến thiên các yếu tố triều trong nhánh sông:  
1. S. Ngã Bảy, 2. S. Đòng Đình, 3. S. Cái Mép, 4. S. Dinh.

Thời gian (giờ)	Mức nước, cm				TP. $U_y$ , cm/s				TP. $U_x$ , cm/s			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.0	119	120	119	120	-7	1	-9	0	0	0	0	0
2.0	83	86	83	84	15	5	-29	5	1	-1	3	0
3.5	-20	-16	-20	-18	16	10	-41	13	2	2	4	0
4.0	-63	-59	-62	-61	14	11	-40	15	2	3	4	0
5.0	-147	-144	-147	-146	5	11	-33	18	1	3	3	-1
5.5	-184	-182	-184	-183	-1	10	-29	19	0	3	2	-1
6.0	-215	-214	-216	-215	2	9	-25	18	0	3	2	-1
6.5	-239	-239	-240	-239	5	6	-22	16	0	2	1	-1
7.0	-254	-254	-255	-255	6	3	-20	12	0	1	1	-1
8.0	-254	-255	-254	-254	5	-2	-12	0	0	0	1	0
9.0	-213	-215	-213	-213	5	-8	6	-9	-1	-2	0	0
10.0	-138	-143	-139	-140	15	-11	31	-15	-2	-3	-2	0
11.0	-46	-52	-48	-50	26	-11	50	-16	-3	-3	-4	0
12.0	43	37	41	39	29	-9	60	-14	-3	-2	-6	0
13.0	114	110	113	110	27	-6	61	-9	-3	-1	-6	0
13.5	139	135	138	135	24	-4	57	-7	-2	-1	-6	0
14.0	155	152	154	152	20	-2	51	-4	-2	0	-5	0
15.0	162	161	161	160	12	0	35	0	-1	0	-3	0
16.0	139	139	138	138	5	3	16	4	0	1	-1	0
17.0	97	98	97	97	0	5	-1	6	0	1	0	0
18.0	52	53	52	52	-4	4	-12	7	0	-1	1	0
19.0	18	19	18	19	-5	3	-14	5	0	0	1	0
20.0	5	6	6	6	-4	0	-10	1	0	0	1	0
21.0	18	17	18	18	-1	-2	0	-2	0	0	0	0
22.0	50	49	50	50	1	-4	10	-5	0	-1	-1	0
23.0	90	89	91	90	2	-4	16	-5	0	-1	-1	0
24.0	123	122	123	123	0	-2	13	-4	0	0	-1	0



Bảng 2 - Trị số cực đại của vận tốc dòng triều (cm/s)

Trị số mức nước giảm đi 5% tại các điểm cách cửa sông 10 km so với trị số tại cửa sông. Dòng triều chủ yếu hướng dọc theo bờ sông (TP. Uy). Các đánh giá này hoàn toàn phù hợp với toàn cảnh vật lý tương tác giữa biển và các cửa sông.

Cuối cùng là kết quả đánh giá trị số vận tốc triều cực đại trên toàn vịnh Gành Rái và các nhánh sông tiếp cận nó. Các kết quả đó được thể hiện trên bảng 2. Trừ các điểm dị thường gần khu vực Cần Giờ cần được làm sáng tỏ tiếp theo, bảng 2 cho thấy: cấu trúc không gian của dòng lực triều trong vịnh Gành Rái và các nhánh sông tiếp cận nó khá phức tạp; dòng triều ở đây có vận tốc rất lớn; như vậy vai trò của triều trong vấn đề tương tác giữa vịnh Gành Rái và hệ thống sông Đồng Nai có ý nghĩa rất to lớn. Các kết quả này hoàn toàn phù hợp với các đánh giá công bố trong [9, 12].

## 5. Kết luận

Lần đầu tiên, tương tác triều giữa vịnh Gành Rái và các cửa sông được nghiên cứu bằng mô hình 2 chiều phi tuyến với phương pháp tiếp cận trên mô hình tính toán có độ phân giải cao cho phép xem xét chi tiết cấu trúc không-thời gian dòng lực triều của tổng hợp 8 sóng triều. Các quy luật định lượng phát hiện được có thể tham khảo trong các nghiên cứu điều tra tiếp theo cũng như các nghiên cứu ứng dụng khác. Tuy nhiên, đây mới là bước thử nghiệm sơ bộ của hướng tiếp cận này.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Marchouck B. I. Mô hình hóa toán học trong vấn đề môi trường. "Nauka", M. 1984.
2. Berlamont J. Tidal current along West Belgian coast. Computer Modelling in Ocean Engineering. Ed. by ZIENKIENWICS. 1988.
3. Modelling Sea Systems. Ed. by J. NIOULL. New York - London, 1985.
4. SCANADY G. Circulation in the Coastal Ocean. "D. Reidel Publishing Company" Massachusetts, 1990.
6. Coastal Processes. Ed. by T. SHYBAYAMA, AIT, Tokyo - Bangkok 1991.
7. BAKLANOVCKAIA V.F. Về các bài toán biên đối với hệ thống phương trình Saint-Venant. Tạp chí: THPT & PTTL, M. 1979.
9. Đặng Công Minh, Nguyễn Hữu Nhân và cộng sự. Các đặc điểm chính của hiện tượng thủy triều vịnh Gành Rái. TBKH ĐHTH tp. Hồ Chí Minh. Số 4, 1990.
10. Đặng Công Minh. Thủy triều biển Đông. Tạp chí: Hải dương học, Tom 16, Số 5, M, 1976.
11. NEVES J. J. Flow process modelling in a salt marsh. Computer Modelling in Ocean Engineering. Ed. by ZIENKIENWICS. 1988.
12. Báo cáo kết quả nghiên cứu cấp Tổng cục: Điều kiện khí tượng thủy văn vịnh Gành Rái. Phân Viện-KTTV, tp. Hồ Chí Minh, 1992.