

MÔ HÌNH HOÁ HOÀN LƯU DÒNG CHẢY DO GIÓ Ở KHU VỰC LIÊN VỊNH BÌNH CANG – NHA TRANG

ThS. Phạm Xuân Dương

Viện Hải dương học Nha Trang

Trong bài báo này chúng tôi nêu kết quả áp dụng mô hình số trị để giải bài toán thủy động lực học tính toán dòng chảy do gió ở khu vực liên vịnh Bình Cang – Nha Trang. Các kết quả tính toán dòng chảy do gió theo các hướng NE, E (đặc trưng của gió mùa Đông - Bắc) và SE (đặc trưng của gió mùa Tây - Nam), cho thấy các trường gió có hướng E, NE với tốc độ trung bình 5.0m/s và 2.0m/s ở hướng SE sẽ tạo ra các trường dòng chảy ở vùng nghiên cứu hết sức khác nhau.

1. Mở đầu

Trường gió là một trong những nhân tố hết sức quan trọng trong sự hình thành và phân bố dòng chảy trong biển, đặc biệt là trong các thời kỳ gió mùa. Sự phân bố dòng chảy biển thể hiện đậm nét ảnh hưởng đặc thù của trường gió. Sự hiểu biết tường tận về dòng chảy do gió trong biển, đem lại lợi ích thiết thực trong các lĩnh vực nghiên cứu khoa học biển.

Trong dải ven bờ dưới tác động của gió sẽ xuất hiện dòng chảy trôi, sự chuyển vận nước sẽ tạo thành sự dâng – rút nước và kéo theo là sự nghiêng tương ứng của mặt biển, từ đó tạo thành dòng gradient. Trong vùng ven bờ thường có các sông suối đổ nước ra biển vì vậy dòng chảy ở khu vực ven bờ cũng chịu ảnh hưởng của dòng chảy từ sông suối. Để có thể định lượng một cách gần đúng các thành phần dòng chảy này trong dòng chảy tổng hợp, chúng tôi sử dụng các số liệu thực tế đo đạc ở vùng nghiên cứu và mô hình thủy động lực học để định lượng chúng. Dòng chảy do gió ở vùng nước nông ven bờ là một trong các đối tượng nghiên cứu quan trọng của hoàn lưu ven bờ cần được quan tâm nghiên cứu. Để tính toán dòng chảy do gió ở khu vực liên vịnh Bình Cang – Nha Trang, chúng tôi đã

sử dụng mô hình thủy động lực học hai chiều, với các trường gió đặc trưng là NE, E (đặc trưng của gió mùa Đông - Bắc) và SE (đặc trưng của gió mùa Đông - Nam), các kết quả đã phản ánh được những nét cơ bản của hoàn lưu do gió trong vùng nghiên cứu.

2. Cơ sở, phương pháp và trình tự tính

a. Cơ sở nghiên cứu

1) Hệ phương trình xuất phát

Xuất phát của mô hình tính toán dòng chảy do gió hai chiều bao gồm các phương trình bảo toàn động lượng và phương trình liên tục có dạng như sau:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\tau_x^s}{\rho_0(H+\zeta)} + A_t \Delta u \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{\tau_y^s}{\rho_0(H+\zeta)} + A_t \Delta v \quad (2)$$

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

Trong các phương trình trên, ý nghĩa của các kí hiệu là:

u, v - các thành phần vận tốc dòng chảy trung

binh theo độ sâu theo phương vĩ tuyến và kinh tuyến (thứ nguyên cm/s).

H - độ sâu nước biển trung bình kể từ một mặt chuẩn nào đó hướng xuống đáy biển (thứ nguyên cm).

ζ - Dao động mực nước biển trung bình kể từ một mặt chuẩn đo hướng lên bề mặt biển tự do (thứ nguyên cm).

f - tham số Côriôli (f = 2Ωsin φ với Ω là vận tốc góc quay của Trái Đất và φ là vĩ độ địa lý trung bình của khu vực nghiên cứu).

t - thời gian (giây). g - gia tốc trọng trường (g = 981cm/s²).

A_t - là hệ số ma sát rối nằm ngang (cm² / s).

τ_x^s, τ_y^s - là các thành phần ứng suất tiếp tuyến gió trên mặt biển

Ứng suất tiếp tuyến gió được tính theo công thức:

$$\tau_x^s = C_{10}\rho_a|W|W_x, \quad \tau_y^s = C_{10}\rho_a|W|W_y; \quad \text{ở đây:} \quad (4)$$

$$|W| = \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$$

Trong đó W là tốc độ gió (m/s)

C_{10} được tính theo công thức của Garratt như sau:

$$C_{10} = (0.75 + 0.0067 \times 10^{-2} W) \cdot 10^{-3} \quad (5)$$

$\Delta(\mu)$: biểu diễn dưới dạng sau:

$$\Delta(\mu) = \frac{\partial}{\partial x} \left(f_{hk} \frac{\partial \mu}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(f_{hk} \frac{\partial \mu}{\partial y} \right) \quad (6)$$

Trong đó: μ thể l u, v v f_{hk} hm của khuếch tán rối, nhớt rối.

2) Các điều kiện ban đầu và điều kiện biên

Điều kiện ban đầu

Cho rằng tại thời điểm ban đầu, biển hoàn toàn yên tĩnh, vì vậy cho:

$$u(x, y, 0) = v(x, y, 0) = \zeta(x, y, 0) = 0 \quad (7)$$

*** Điều kiện cho biên cứng và biên lỏng**

- Tại biên cứng (bờ biển, bờ sông, đảo, bãi nổi), sử dụng điều kiện không xuyên qua.

$$\bar{V} \cdot \bar{n} \Big|_{G1} = 0 \quad (8)$$

*** Tại biên lỏng (biên mở)**

$$\bar{V} \cdot \bar{n} \Big|_{G2} = \bar{V} \cdot \bar{n} \Big|_{G2-1} \quad (9)$$

$\bar{n}$ là vector pháp tuyến ngoài với biên.

3) Phương pháp tính

Ngày nay, với phương pháp sai phân hữu hạn cùng với sự phát triển mạnh mẽ của ngành công nghệ thông tin ngoài các máy tính tốc độ cực nhanh, các bài toán hoàn lưu biển do gió được nhiều tác giả nghiên cứu, xây dựng cho kết quả tốt đẹp.

Để giải hệ phương trình (1), (2), (3) với các điều kiện biên (4), (7), (8), (9), chúng tôi sử dụng phương pháp sai phân hữu hạn và sử dụng lược đồ sai phân hiện. Miền tính được rời rạc hoá bằng mạng lưới hình chữ nhật và dùng các xấp xỉ sau:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} &\approx \frac{u(x, y, t+3) - u(x, y, t)}{2\Delta t}, & \frac{\partial u}{\partial x} &\approx \frac{1}{4} \frac{u(x+2, y, t) - u(x-2, y, t)}{\Delta x} \\ \frac{\partial u}{\partial y} &\approx \frac{1}{4} \frac{u(x, y+2, t) - u(x, y-2, t)}{\Delta y}, & \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} &\approx \frac{u(x+2, y, t) - 2u(x, y, t) + u(x-2, y, t)}{16\Delta x^2} \\ \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} &\approx \frac{u(x, y+2, t) - 2u(x, y, t) + u(x, y-2, t)}{16\Delta y^2} \end{aligned} \quad (10)$$

Cách làm sai phân tương tự như vậy đối với thành phần v (chi tiết [1], [4], [5], [6], [7], [9]). Thay các xấp xỉ đó vào (1), (2), chúng ta rút ra được các phương trình tính u(x, y, t+2), v(x, y, t+2).

Để tính ζ , ta dựa vào phương trình liên tục (3) và có xét đến biến đổi theo trục x và trục y (xem chi tiết trong [3], [4], [5]), sau đó thay các đẳng thức này vào phương trình liên tục (3) ta sẽ thu được phương trình tính $\zeta(x+1, y, t+3)$.

Giới hạn về bước thời gian, phải thỏa mãn tiêu chuẩn ổn định Courant – Fredrichs – Lewy [7], [8] như sau:

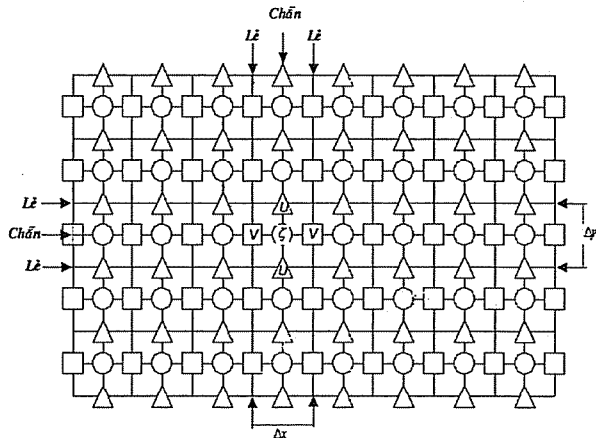
$$\frac{\sqrt{gH_{\max}} \Delta t}{\sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}} < 1 \quad (11)$$

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

4) Trình tự giải bài toán

Quá trình tính toán tuân theo trình tự các bước không gian và thời gian như sau:

- * Theo bước không gian:
- Theo phương nằm ngang.



Hình 1: Sơ đồ vị trí tính các thành phần dòng chảy

Dao động mực nước, các thành phần vận tốc dòng chảy theo phương nằm ngang ở tầng thứ i được tính luân phiên theo sơ đồ hình 1

- * Theo thời gian:

- Bước 1 : tại thời điểm ban đầu ($t = t_0$), cần phải cho giá trị ban đầu $u(x, y, z, t_0)$, $v(x, y, z, t_0)$, $w(x, y, z, t_0)$, (x, y, t_0) , $\rho(x, y, z, t_0)$.

- Bước 2 : tại thời điểm $t_0 + \Delta t$ hay $(t + 1)$ cần phải tính $\zeta(x, y, t_0 + \Delta t)$.

- Bước 3 : Tại thời điểm $t_0 + \Delta 2t$ hay $(t + 2)$ cần phải tính $u(x, y, t_0 + 2\Delta t)$, $v(x, y, t_0 + 2\Delta t)$.

- Bước 4 : Tại thời điểm $t_0 + 3\Delta t$ hay $(t + 3)$ cần phải tính $\zeta(x, y, t_0 + 3\Delta t)$.

Quá trình tính toán u , v và ζ cứ đan xen tuần tự như vậy.

3. Kết quả và thảo luận

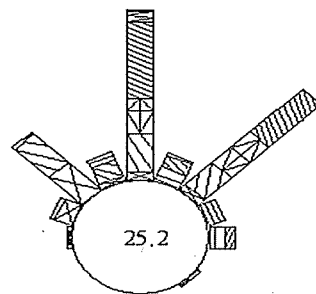
a. Kết quả

Mô hình được áp dụng cho khu vực nghiên cứu là vùng Bình Cang – Nha Trang, nằm trong khoảng

toạ độ $12^{\circ}11' - 12^{\circ}28' N$ và $109^{\circ}08' - 109^{\circ}28' E$. Địa hình được lấy từ bản đồ CAM RANH BAY TO CAPE VARELLA, tỉ lệ 1 : 150.000 xuất bản năm 1976 và được hiệu chỉnh lại qua số liệu đo đạc độ sâu của các chuyến khảo sát ở khu vực.

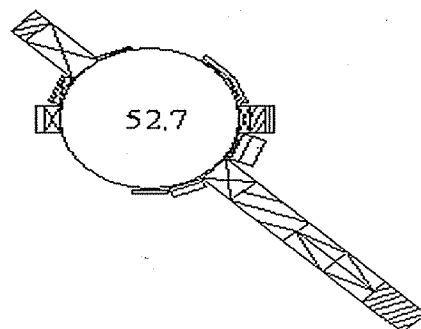
Khu vực nghiên cứu được phủ kín bởi một mạng lưới 74104 điểm lưới với bước lưới theo không gian $\Delta x = \Delta y = 31500 \text{ cm}$ và theo bước thời gian thoả mãn điều kiện Courant – Fedrich – Lewy = 25 s.

Đặc trưng của gió được lấy tốc độ và hướng thịnh hành theo số liệu thống kê trong 15 năm (1986 – 2000) ở Nha trang của các tháng 1 (đại diện cho mùa Đông) và tháng 7 (đại diện cho mùa Hè) và có tham khảo các tài liệu đã công bố trước đây. Theo tính toán thống kê thì gió trong tháng 1 của tỉnh Khánh Hoà, tốc độ cực đại là 12m/s, trung bình là 3m/s. Hướng gió có tần suất lớn là N và NE nhưng hướng gió có ảnh hưởng mạnh tới dòng chảy là hướng NE. Hướng NE gió có tốc độ cực đại là 10 m/s và trung bình là 4.8m/s. Tần suất lặng gió nhỏ nhất trong năm, chỉ chiếm 25.2 % (hình 2.a).

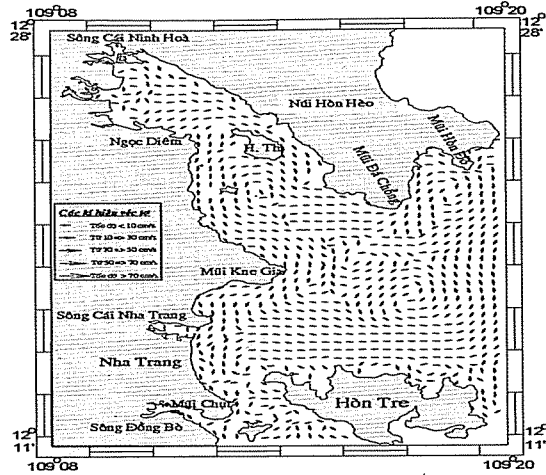


Hình 2a: Sơ đồ hoa gió tháng 1

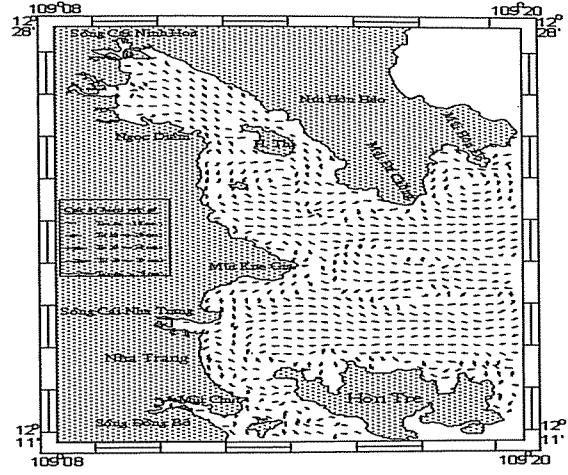
Vào mùa gió mùa Tây Nam gió không lớn lắm, trong các tháng 7 ở tỉnh Khánh Hoà, tốc độ gió cực đại chỉ là 8 m/s, trung bình là 1.3m/s (hình 2.b).



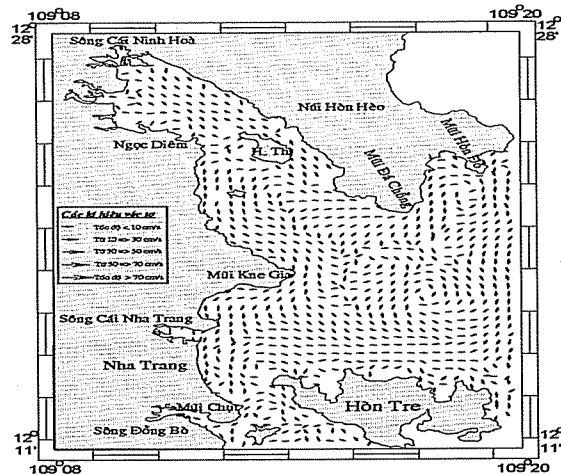
Hình 2b: Sơ đồ hoa gió tháng 7



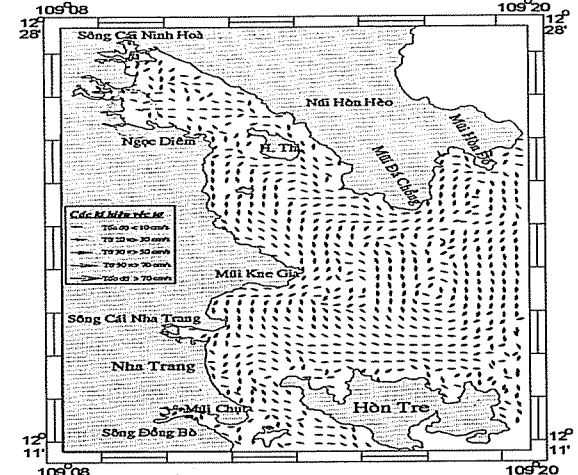
Hình 3a. Trường dòng chảy do gió, sau 24 h (gió NE, $V = 5\text{ m/s}$)



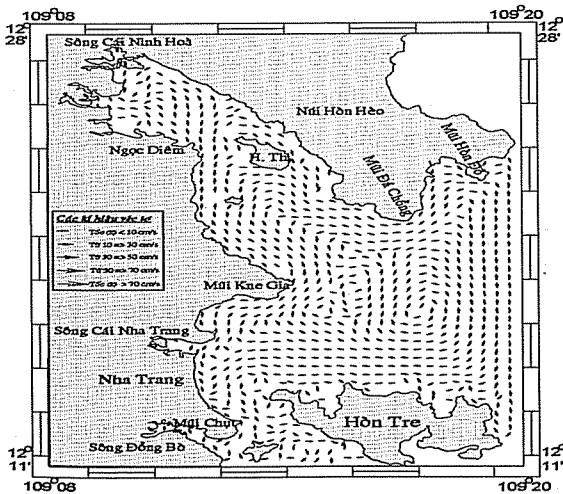
Hình 3b. Trường dòng chảy do gió, sau 24 h (gió E, $V = 5\text{ m/s}$)



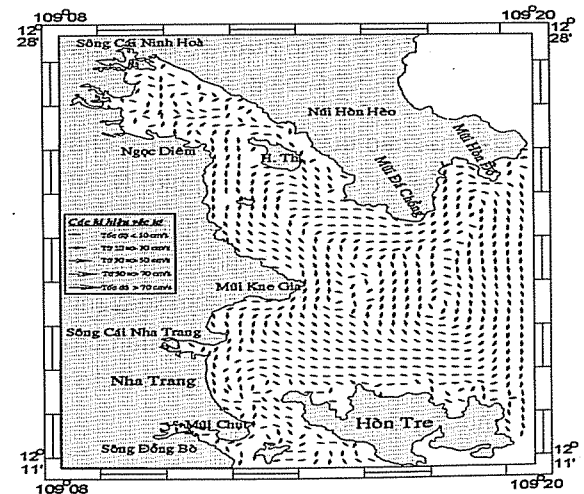
Hình 4a. Trường dòng chảy do gió, sau 36 h (gió NE, $V = 5\text{ m/s}$)



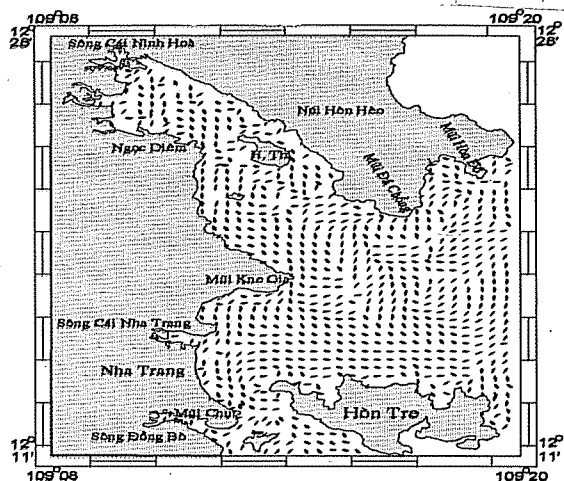
Hình 4b. Trường dòng chảy do gió, sau 36 h (gió E, $V = 5\text{ m/s}$)



Hình 5a. Trường dòng chảy do gió, sau 16 h (gió SE, $V = 2\text{ m/s}$)



Hình 5b. Trường dòng chảy do gió, sau 24 h (gió SE, $V = 2\text{ m/s}$)



Hình 6a. Trường dòng chảy do gió, sau 36 h (gió SE, $V = 2\text{m/s}$)

Hướng gió có tần suất chiếm tỉ trọng lớn là hướng SE, hướng này có tốc độ cực đại chỉ là 2m/s , trung bình là 1.5m/s . vì vậy trong mô hình chúng tôi đã sử dụng gió có hướng SE và tốc độ trung bình là 2.0m/s .

Các kết quả tính toán được thể hiện qua bản đồ phân bố vector dòng chảy (hình 3 đến hình 8), cho phép nhận định về các kết quả tính toán như sau:

* Giống nhau

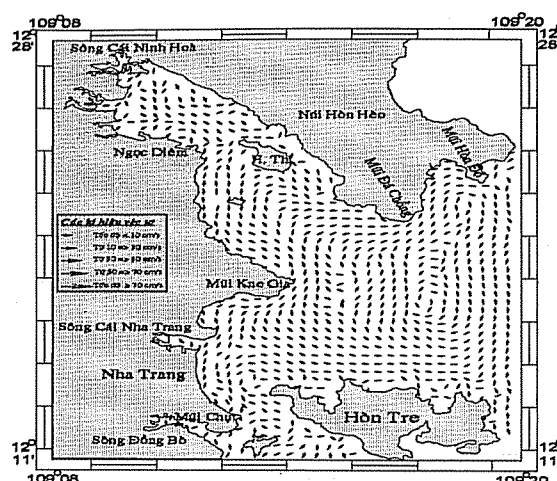
Kết quả tính toán dòng chảy do gió của các trường gió N, NE (đại diện cho mùa đông) và SE (đại diện cho mùa hè) trong khu vực liên vịnh Bình Cang – Nha Trang cho thấy:

- Hầu hết các trường dòng chảy ở tất cả các thời điểm khác nhau tạo nên bởi các trường gió N, NE và SE đều có tốc độ nhỏ dưới 10cm/s (xem các kí hiệu véc tơ, hình 3 đến hình 8).

- Hầu hết các trường véc tơ dòng chảy ở mọi thời điểm của tất cả các trường gió N, NE và SE gây nên dòng chảy ở trong vùng nghiên cứu đều hình thành nhiều tâm xoáy cục bộ, ít nhất là 2 tâm xoáy, nhiều nhất có thể có tới 5 tâm xoáy (hình 3). Vì vậy trường các vector dòng chảy phân chia thành các khu vực rõ rệt có hướng dòng rất khác nhau và tốc độ thường là nhỏ.

* Khác nhau

Nhìn chung, dưới tác động đơn thuần của trường



Hình 6b. Trường dòng chảy do gió, sau 48 h (gió SE, $V = 2\text{m/s}$)

gió sẽ gây nên cho vùng nghiên cứu các trường véc tơ dòng chảy mang tính đặc trưng riêng cho từng trường gió khác nhau. Tạo ra các hướng dòng khác nhau và hình thành nên các vòng xoáy khác nhau. Vòng xoáy dòng chảy tạo bởi trường gió NE thường tròn hơn xiết hơn, ngược lại vòng xoáy dòng chảy tạo bởi trường gió E thường dẹp hơn, thưa hơn (hình 3, 4). So sánh các trường dòng chảy gây nên bởi các trường gió N, NE và SE, cho thấy trường dòng chảy gây nên bởi trường gió SE thường có các vòng xoáy lan rộng hơn so với các trường dòng chảy gây nên bởi các trường gió NE và E (hình 3, 4, 5, 6).

b. Thảo luận

Bài toán 2D không dừng phi tuyến giải là tương đối phức tạp được giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn, mô hình cho các kết quả tính ổn định (không bị phân kỳ theo thời gian) cho kết quả khả quan, xây dựng bức tranh phác họa được dòng chảy do gió gây nên trong vùng nghiên cứu.

Kết quả tính toán dòng chảy do gió cho thấy phân bố trường dòng chảy khác nhau, nó phụ thuộc vào các trường gió mà chúng ta sử dụng và vào thời gian trường gió tác động lâu hay ngắn mà chúng ta lấy, nhìn chung tốc độ dòng chảy không quá 10cm/s . Hầu hết các trường véc tơ dòng chảy ở trong vùng nghiên cứu đều hình thành nhiều tâm xoáy cục bộ, ít nhất là 2 tâm xoáy, nhiều nhất có thể có tới 5 tâm xoáy.

Có thể nói trường gió là một trong những nhân tố quan trọng nhất cho sự hình thành và phát triển dòng chảy biển nói chung và vùng ven bờ nói riêng, do đó việc nghiên cứu, tính toán dòng chảy do gió có một ý nghĩa đặc biệt. Để nghiên cứu mối liên hệ giữa

dòng chảy và trường gió cần phải có một quá trình nghiên cứu đầy đủ, công phu về mặt lý thuyết, phương pháp tính và thực tế quan trắc dài ngày một cách rộng rãi và có hệ thống.

Tài liệu tham khảo

1. Bùi Hồng Long, Phan Quảng, 1998. Một vài kết quả tính toán lan truyền chất thải từ sông Cái ra vịnh Nha Trang trên cơ sở mô hình số trị. *Tuyển tập nghiên cứu biển tập VIII*, trang 20 - 28.
2. Phan Quảng, Lâu Và Khin, Lê Phước Trình, 1999. Mô hình hoá hoàn lưu nước biển vùng ven bờ tỉnh Quảng Nam. *Tuyển tập nghiên cứu biển tập IX*, trang 16 - 25.
3. Phạm Xuân Dương (2000), Mô hình hoá hoàn lưu triều, sông trong khu vực cửa sông Cửa Bé vịnh Nha Trang, *Tuyển tập nghiên cứu biển tập XI*, trang 22-34.
4. Phạm Xuân Dương (2004), "Mô hình hoá hoàn lưu nước biển trong vịnh Vũng Rô (Phú Yên)", *Tạp chí khoa học và công nghệ biển T4 (2004)*, số 1, Trang 22 – 34.
5. Phạm Xuân Dương, 2005. Tính toán dòng chảy vũng vịnh ven bờ tỉnh Khánh Hoà, *Luận văn thạc sĩ Hải Dương Học*, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên Thành Phố Hồ Chí Minh.
6. Phạm Xuân Dương (2006), "Mô hình hóa các quá trình truyền triều trong vùng sông cửa long trong mùa kho". *Tạp chí khoa học và công nghệ biển 2(T6)*, Trang 13-27.
7. Dale R. Durran, 1998. *Numerical methods for wave equations in geophysical fluid dynamics*. Springer publishers New York. Berlin. Heidelberg. Barcelona. Budapest. Hong Kong. London. Milan. Paris. Singapore. Tokyo.
8. Kwalik, Z and T.S.Murty. 1993. *Numerical Modeling of Ocean Dynamics*. World Scientific Publishing Co.Pte.Ltd. Singapore. New Jerrey. London. Hong Kong.
9. Arakawa, A. and V. R. Lamb, 1977. *Methods of computational physics*, volume 17, pages 174-265. Academic Press