

NGHIÊN CỨU CHẾ ĐỘ DÒNG CHẢY KHU VỰC VEN BIỂN CỬA LẤP - VŨNG TÀU

PGS.TS. **Nguyễn Thị Bầy** - Trường Đại học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh

PGS.TS. **Nguyễn Kỳ Phùng** - Phân Viện Khí tượng Thủy văn và Môi trường phía Nam

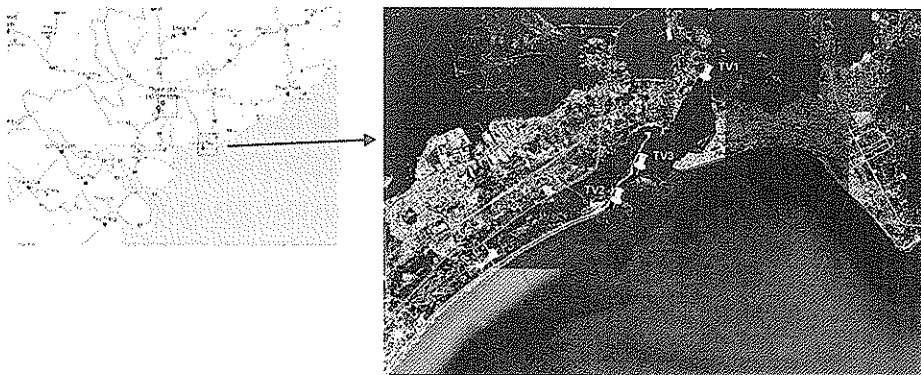
Bài báo này giới thiệu việc ứng dụng mô hình toán 2D nghiên cứu chế độ dòng chảy ở khu vực cửa Lấp. Tác giả đã tiến hành mô phỏng dòng chảy trong hai mùa: gió mùa Đông Bắc và gió mùa Tây Nam. So sánh kết quả dòng chảy tính toán mô hình với kết quả nghiên cứu của Phân Viện Vật Lý số liệu thực đo khá phù hợp chứng tỏ mô phỏng tốt.

1. Giới thiệu

Cửa Lấp mở về hướng Nam, đây là khu vực cuối cùng của đoạn hợp lưu giữa sông Cỏ May và rạch Cửa Lấp đổ ra biển. Nằm trên dải ven bờ Vũng Tàu - Bình Châu, Cửa Lấp cách mũi Vũng Tàu 13.5 km,

bãi Thù Vân 11.5 km về phía Tây Nam, cách Long Hải 8.5 km về phía Đông Nam, cách Lộc An 22.5 km về phía Đông Đông Bắc vùng nghiên cứu. Đây là một khu vực có các quá trình động lực hết sức phức tạp đặc biệt là sự tác động của các quá trình sóng, gió và thủy triều. Việc tính toán, đánh giá chính xác chế độ dòng chảy rất cần thiết cho các bài toán xâm nhập mặn, ô nhiễm môi trường, xói lở - bồi tụ,... nhằm phục vụ cho việc xây dựng chiến lược phát triển kinh tế - xã hội bền vững cho khu vực này.

Để hiểu rõ hơn chế độ thủy - động lực tại đây, các tác giả đã dựa vào mô hình toán để tính dòng chảy dưới ảnh hưởng của các yếu tố động lực sóng, gió, triều.



Hình 1. Khu vực biển cửa Lấp

2. Cơ sở lý thuyết mô hình

Mô hình dòng chảy 2D được thiết lập dựa trên

hệ phương trình sau:

a. Phương trình chuyển động

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\tau_{Sx,wind} - \tau_{Sx,w}}{\rho(h+\zeta)} - \frac{\tau_{bx}}{\rho(h+\zeta)} + A\nabla^2 \bar{u} \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{\tau_{Sy,wind} - \tau_{Sy,w}}{\rho(h+\zeta)} - \frac{\tau_{by}}{\rho(h+\zeta)} + A\nabla^2 \bar{v} \quad (2)$$

b. Phương trình liên tục

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

theo phương Ox và Oy [m/s];

h: Độ sâu [m];

ζ : Độ dâng mực nước [m];

f: Tham số Coriolis [1/s];

Trong đó:

u, v: Thành phần vận tốc trung bình theo độ sâu

NGHIÊN CỨU & TRAO ĐỔI

$\tau_{Sx,wind} > \tau_{Sy,wind}$: Ứng suất tiếp bề mặt do gió theo phương Ox, Oy [N/m²].

$\tau_{Sx,w} > \tau_{Sy,w}$: Ứng suất tiếp do sóng theo phương Ox, Oy [N/m²].

$\tau_{Sx,w} > \tau_{Sy,w}$: Ứng suất tiếp đáy phương Ox, Oy [N/m²].

A : Hệ số nhớt rối phương ngang [m²/s].

- Ứng suất tiếp bề mặt do gió: $\tau_{S,wind}$ được tính theo công thức (Wu, 1969):

$$\left(\tau_{Sx,wind} > \tau_{Sy,wind} \right) = \rho_a C_D \sqrt{W_x^2 + W_y^2} (W_x, W_y) \text{ [N/m}^2\text{]}$$

Trong đó:

W = (W_x, W_y): Vận tốc gió đo tại độ cao 10 m trên mặt biển;

Pa: Khối lượng riêng của không khí trên mặt biển [kg/m³];

CD: Hệ số ma sát gió; $C_D = (0.75 + 0.067|W|) \cdot 10^{-3}$

- Ứng suất tiếp bề mặt do sóng: $\tau_{S,w}$ được tính theo công thức (Longuet-Higgins, 1970):

$$\tau_{Sx,w} = \frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \quad (4)$$

$$\tau_{Sy,w} = \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial S_{yx}}{\partial x}$$

Trong đó:

S_{xx}, S_{yy}, S_{xy} : Các thành phần ứng suất tán xạ do sóng [N/m]; các thành phần này có thể được tính dựa vào kết quả từ mô hình sóng (chiều cao sóng, chu kỳ sóng, hướng sóng) như các mô hình RCP-Wave, REFDIFF, MIKE 21 NSW,...

- Ứng suất tiếp đáy: τ_b được tính theo công thức (VanRijn, 1993):

$$K_b : \text{Hệ số ma sát đáy [-]; } \tau_b = K_b \rho_w \sqrt{u^2 + v^2}$$

$$C : \text{Hệ số Chezy. } K_b = \frac{g}{C^2}$$

P: Khối lượng riêng của nước [kg/m³].

- Hệ số nhớt Eddy: được tính như một hàm số của độ sâu mực nước, vận tốc dòng chảy và ma sát đáy (Falconer, 1980).

$$A = 1.154g(h + \zeta) \frac{|U|}{C^2}$$

Các điều kiện biên và ban đầu của bài toán:

• Điều kiện ban đầu

- Vận tốc dòng chảy toàn miền tính bằng không.

- Mực nước bằng không (z=0), với gốc tọa độ tại mực nước biển yên lặng, hướng lên.

• Điều kiện biên

- Tại biên lỏng biển cho dao động mực nước triều.

- Tại biên lỏng sông cho lưu lượng sông.

- Trên biên bờ cho điều kiện un=0.

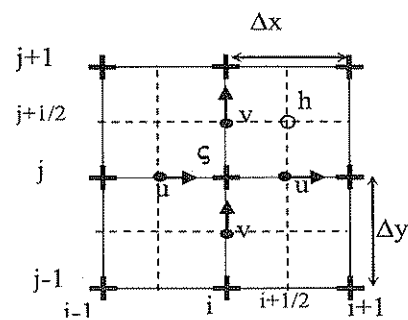
Lời giải số của mô hình:

Hệ phương trình (3,4) được giải kết hợp với (5) bằng phương pháp sai phân hữu hạn, sơ đồ ẩn luân hướng ADI. Nghiệm của bài toán được tính theo từng nửa bước thời gian:

- Tại nửa bước thời gian đầu t+1/2, thực hiện giải mực nước và vận tốc u ẩn, còn vận tốc v được giải hiện.

- Tại nửa bước thời gian sau t+1, mực nước và vận tốc v được giải ẩn, vận tốc u được giải hiện.

Lưới tính toán của sơ đồ ADI được bố trí như sau: các thành phần u, v, ζ không được tính trên cùng một vị trí của lưới, mà sắp xếp xen kẽ như hình 2.



Hình 2; Lưới sai phân

3. Áp dụng tính toán vùng biển cửa Lấp

Trong khu vực cửa Lấp, sự hình thành hệ thống dòng chảy trong trường gió mùa đông bắc và gió mùa tây nam cũng như dòng chảy ven bờ đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành chế độ động lực dòng chảy trong khu vực này. Do đó, trong bài này tác giả bước đầu ứng dụng mô hình để tính

toán chế độ dòng chảy diễn ra trong hai đợt gió mùa: gió đông bắc và gió tây nam.

Trong mỗi mùa, trình tự tính toán như sau:

– Dòng chảy gió.

– Dòng chảy sóng: trong mô hình, các tác giả đã tính trường ứng suất sóng S_{xx}, S_{yy}, S_{xy} nhờ mô hình MIKE 21 NSW. Sau đó dựa vào phương trình sai phân (6) để giải ra ứng suất tiếp bề mặt do sóng $\tau_{s,w}$ m và từ đó tìm ra dòng chảy sóng.

– Dòng chảy tổng cộng (triều, sóng và gió kết hợp).

a. Các thông số tính toán /3,4/

– Lưới tính: (17 x 11) km với $\Delta x = \Delta y = 50$ m;

$\Delta t = 8s$.

– Số liệu gió: gió đông bắc vận tốc = 4 m/s, gió tây nam vận tốc = 3 m/s;

– Số liệu sóng (tính theo quy phạm SNIP dựa vào vận tốc gió trung bình trạm Bạch Hổ)

+ Sóng truyền hướng đông; chu kỳ sóng $T = 6.34$ s; chiều cao sóng = 1.3 m (gió mùa đông bắc).

+ Sóng truyền hướng tây nam; chu kỳ sóng $T =$

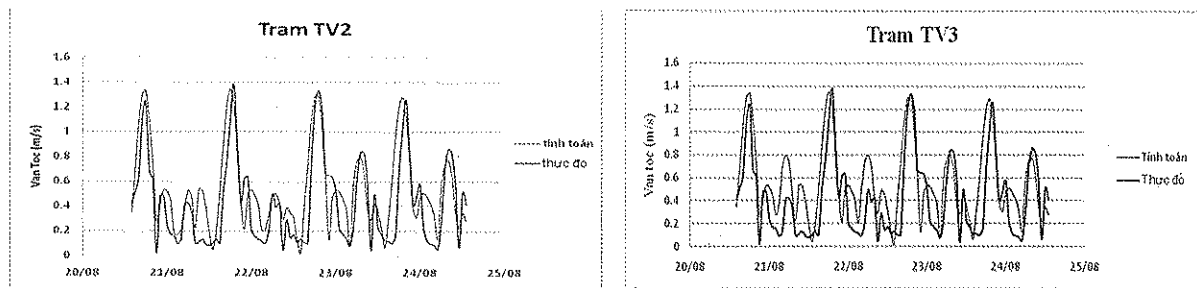
5.6 s; chiều cao sóng = 1.11 m (gió mùa tây nam).

– Điều kiện biên: dao động mực nước tại các biên được lấy dựa vào số liệu đo đạc tại cửa Lấp và các hằng số điều hòa mực nước thủy triều tại trạm Kỳ Vân và Vũng Tàu.

b. Kết quả hiệu chỉnh mô hình dòng chảy tổng cộng

Khi tiến hành mô phỏng dòng chảy khu vực cửa Lấp trong hai mùa, điều kiện tiên quyết là kết quả tính toán dòng chảy phải phù hợp với chế độ dòng chảy xảy ra trong khu vực nghiên cứu. Phần này sẽ chứng minh tính đúng đắn của mô hình thủy lực.

Đồ thị so sánh giá trị vận tốc tính toán và thực đo tại hai trạm TV2 và TV3 (xem vị trí các trạm khảo sát ở hình 1) trong 4 ngày (từ ngày 20/08 đến ngày 24/08) thể hiện ở hình 3. Các kết quả tính toán từ mô hình có một sự phù hợp tốt với giá trị thực đo cả về biên độ lẫn pha. Bảng 1 thể hiện kết quả so sánh giá trị vận tốc thực đo và tính toán, hai kết quả này tương đối giống nhau về giá trị. Trên cơ sở đó, sử dụng bộ số liệu dòng chảy đã hiệu chỉnh này để mô phỏng chế độ dòng chảy khu vực cửa Lấp trong hai mùa (gió mùa đông bắc và tây nam).



Hình 3. Đồ thị so sánh giá trị vận tốc tính toán và thực đo tại trạm TV2 và TV3

Bảng 1. Bảng so sánh giá trị vận tốc thực đo và tính toán

Trạm	Vận tốc (m/s) thực đo			Vận tốc (m/s) tính toán		
	Max	Min	Trung bình	Max	Min	Trung bình
TV3	1.25	0.02	0.551	1.375	0.023	0.555
TV2	1.38	0.023	0.423	1.349	0.028	0.548

c. Kết quả mô phỏng dòng chảy tại cửa Lấp theo hai mùa

Mô phỏng dòng chảy trong trường hợp gió mùa đông bắc

- Dòng chảy dưới ảnh hưởng của gió đông bắc

Dưới ảnh hưởng của gió đông bắc (hình 4), dòng chảy sinh ra do gió trong khu vực tính chảy dọc ven theo đường bờ và có hướng di chuyển từ mũi Kỳ Vân về phía mũi Nghinh Phong, vận tốc dòng chảy ở khu vực ven biển cửa Lấp lớn hơn các khu vực khác và dao động khoảng 1 - 1,3 cm/s; vận tốc dòng chảy ở khu vực sát bờ nhỏ hơn vì chịu ảnh hưởng bởi địa hình và ma sát đáy lớn. Gió đông bắc ảnh hưởng rất ít trong khu vực cửa Lấp, vận tốc dòng chảy trong khu vực này nhỏ khoảng 0,3 - 0,5 cm/s vì đặc điểm địa hình khu vực này là nhỏ và hẹp, chính điều này làm giảm ảnh hưởng của gió lên dòng chảy.

- Dòng chảy dưới ảnh hưởng của sóng đông

Từ hình 5, ta thấy dưới ảnh hưởng của sóng truyền theo hướng đông sinh ra dòng chảy chạy dọc ven bờ có hướng từ cửa Lấp về phía Vũng Tàu, vận tốc dòng chảy khu vực này dao động khoảng 1-6 cm/s. Khu vực từ cửa Lấp đến mũi Kỳ Vân không xuất hiện dòng chảy ven bờ, điều này dễ hiểu vì khu vực này bị che chắn bởi mũi Kỳ Vân nên sóng truyền theo hướng đông không ảnh hưởng nhiều lên khu vực này.

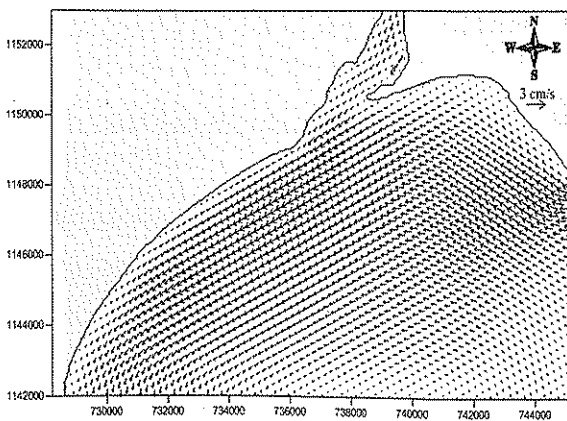
Trong khi đó kết quả nghiên cứu của Phân viện Vật lý tại Tp.HCM /4/ đưa ra trong trường hợp này dòng chảy ven bờ có hướng từ cửa Lấp về Vũng Tàu, với vận tốc dòng ven bờ khoảng 2 - 7 cm/s. Nhận thấy, hai kết quả này khá tương đồng.

- Dòng chảy tổng cộng (ảnh hưởng của triều, sóng đông và gió đông bắc kết hợp).

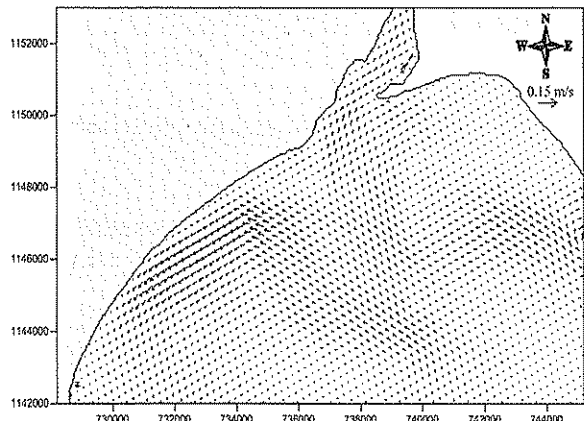
Kết quả tính toán dòng chảy tổng hợp do triều, sóng và gió kết hợp được trình bày ở các hình 6 đến 9. Dòng chảy trong khu vực nghiên cứu có tính chất bán nhật triều không đều, trong một chu kỳ ngày đêm có hai lần triều lên và hai lần triều xuống. Dòng chảy trong khu vực nghiên cứu nhìn chung lớn.

Vào lúc triều lên (hình 6 và 8), vận tốc trung bình ở luồng cửa Lấp đạt khoảng 0,7 - 0,8 m/s và dòng chảy lúc này có hướng từ mũi Kỳ Vân đổ vào cửa Lấp. Ngược lại, lúc triều xuống (hình 7 và 9), dòng chảy có hướng từ cửa Lấp chảy về phía mũi Kỳ Vân, vận tốc trung bình lúc này đạt khoảng 0,8-0,9 m/s. Khu vực ven bờ bên ngoài cửa Lấp vận tốc dòng chảy trung bình khoảng 0,3-0,4 m/s. Dòng chảy ven bờ có xu hướng chảy mạnh về phía mũi Kỳ Vân, điều này là hợp lý vì dòng chảy vào mùa này phần nào chịu ảnh hưởng bởi sóng truyền theo hướng đông và gió đông bắc.

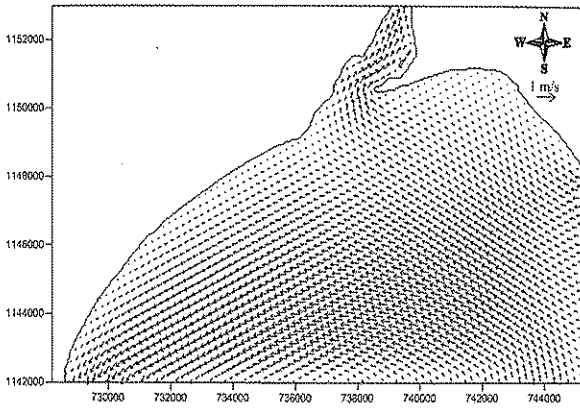
Nhìn chung, dòng chảy khu vực nghiên cứu chịu ảnh hưởng mạnh bởi dòng triều, chịu ảnh hưởng một phần do sóng và ảnh hưởng của gió lên dòng chảy là không đáng kể.



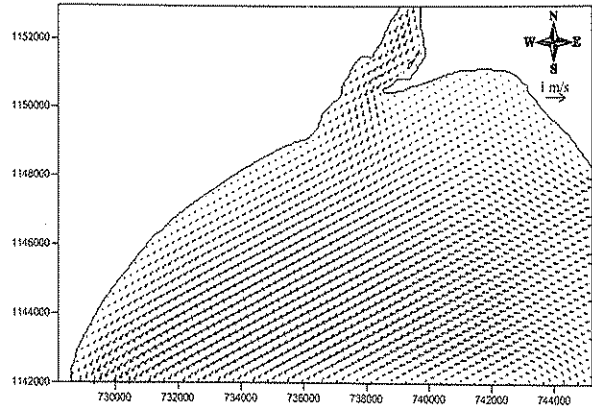
Hình 4. Trường vận tốc dòng chảy dưới ảnh hưởng của gió đông bắc (4m/s)



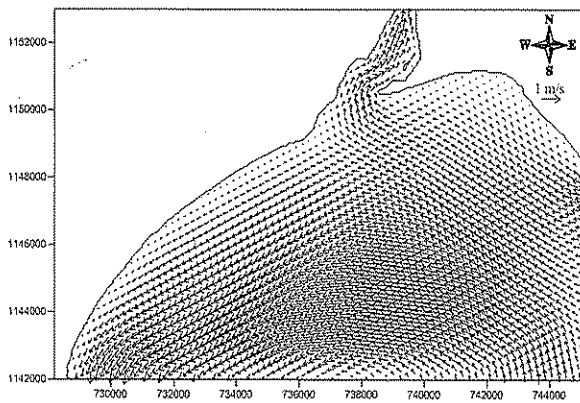
Hình 5. Trường vận tốc dòng chảy ảnh hưởng của sóng đông



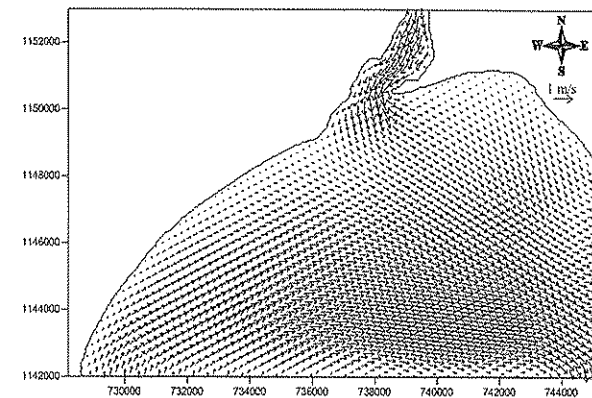
Hình 6. Trường vận tốc dòng chảy lúc triều lên yếu



Hình 7. Trường vận tốc dòng chảy dưới ảnh hưởng của sóng đông



Hình 8. Trường vận tốc dòng chảy lúc triều lên mạnh



Hình 9. Trường vận tốc dòng chảy lúc triều xuống mạnh

Mô phỏng dòng chảy trong trường hợp gió mùa tây nam

- Dòng chảy dưới ảnh hưởng của gió tây nam

Kết quả tính toán dòng chảy dưới ảnh hưởng của gió trong trường hợp này (hình 10) cho thấy vận tốc dòng chảy ở khu vực ven bờ biển cửa Lấp lớn hơn các khu vực khác, dao động khoảng 0,8 – 1,2 cm/s. Ngược với dòng chảy do gió đông bắc, gió tây nam gây ra dòng chảy có hướng di chuyển từ mũi Nghinh Phong về mũi Kỳ Vân, một phần chảy vào cửa Lấp. Trong trường hợp này, gió cũng ảnh hưởng rất ít đến bên trong khu vực cửa Lấp.

- Dòng chảy dưới ảnh hưởng của sóng tây nam

Trong trường hợp này (hình 11), dòng chảy ven bờ gây ra bởi sóng truyền theo hướng tây nam có hướng từ mũi Nghinh Phong đổ vào cửa Lấp, ngược với trong trường hợp do sóng truyền theo hướng đông. Điều này dẫn đến dòng phù sa do sóng đào xói trong dải ven bờ sẽ dịch chuyển theo hướng từ

mũi Nghinh Phong về cửa Lấp. Vận tốc dòng chảy dao động khoảng từ 3 - 12 cm/s. Ở khu vực từ cửa Lấp đến mũi Kỳ Vân, có xuất hiện dòng chảy xoáy ở ven bờ tuy nhiên vận tốc dòng chảy ở đây nhỏ.

Nhìn chung, sóng truyền theo hướng tây nam gây ra dòng chảy ven bờ có hướng từ mũi Nghinh Phong đổ về phía cửa Lấp. Điều này cũng tương đối phù hợp với kết quả nghiên cứu của Phân viện Vật lý tại Tp.HCM /4/, trong trường hợp này dòng chảy có hướng từ mũi Nghinh Phong về phía Kỳ Vân với vận tốc từ 2-16 cm/s.

- Dòng chảy tổng cộng (ảnh hưởng của triều, sóng tây nam và gió tây nam kết hợp).

Kết quả tính toán dòng chảy tổng hợp được thể hiện ở các hình 12 – 15. Ở khu vực cửa Lấp, về hướng dòng chảy lúc triều lên (hình 12 và 14) và triều xuống (hình 13 và 15) không khác mấy so với hướng dòng chảy trong trường hợp gió mùa đông bắc. Tuy nhiên có sự thay đổi về độ lớn, vận tốc dòng chảy trung bình lúc triều lên đạt khoảng 0,5 -

0,6 m/s và lúc triều xuống là 0,7 - 0,8 m/s. Điều này cũng hợp lý vì dòng chảy vào mùa này chịu ảnh hưởng bởi sóng tây nam và gió tây nam.

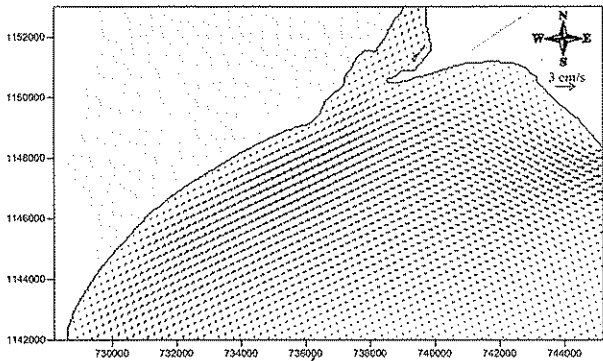
Nhìn chung, dòng chảy khu vực nghiên cứu trong trường hợp gió mùa tây nam cũng chịu ảnh hưởng mạnh bởi dòng triều, chịu ảnh hưởng một phần do sóng và ảnh hưởng của gió lên dòng chảy là không đáng kể.

Nhận xét

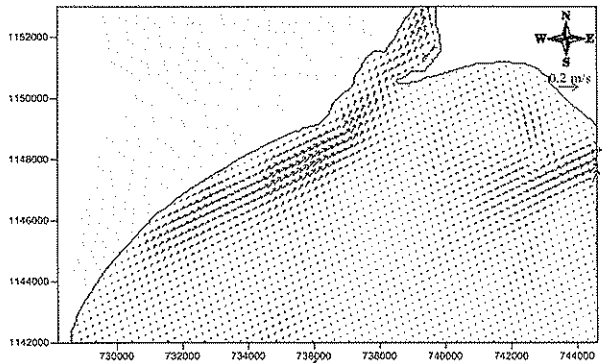
Từ các kết quả tính toán cho hai trường hợp trên

(gió mùa đông bắc và gió mùa tây nam), dòng chảy trong khu vực biển cửa Lấp chịu tác động của tổ hợp triều, sóng và gió. Trong đó, dòng chảy khu vực này chịu ảnh hưởng mạnh bởi dòng triều, ảnh hưởng một phần do sóng và ảnh hưởng của gió lên dòng chảy là không đáng kể.

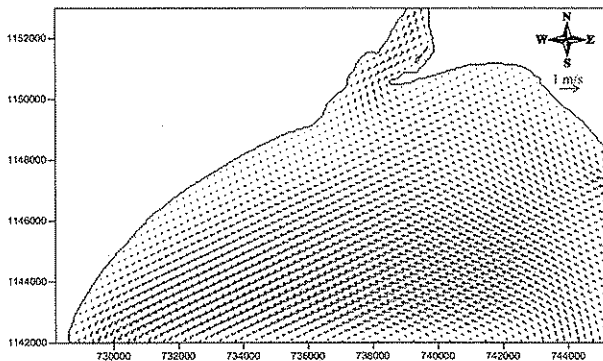
Dòng chảy ở khu vực này có chu kỳ bán nhật triều không đều với sự dịch chuyển dòng chảy theo mùa.



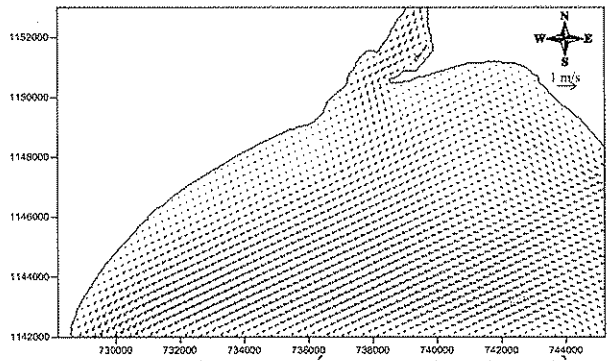
Hình 10: Trường vận tốc dòng chảy dưới ảnh hưởng của gió Tây Nam (3 m/s)



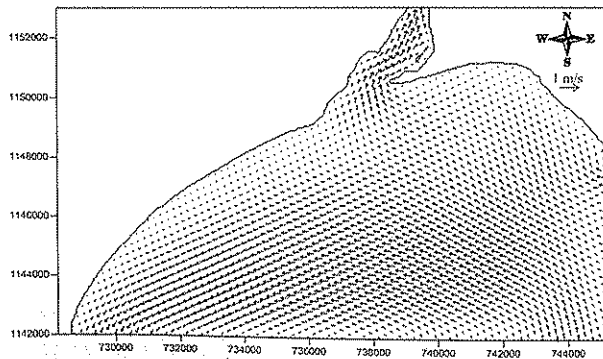
Hình 11: Trường vận tốc dòng chảy dưới ảnh hưởng của sóng Tây Nam



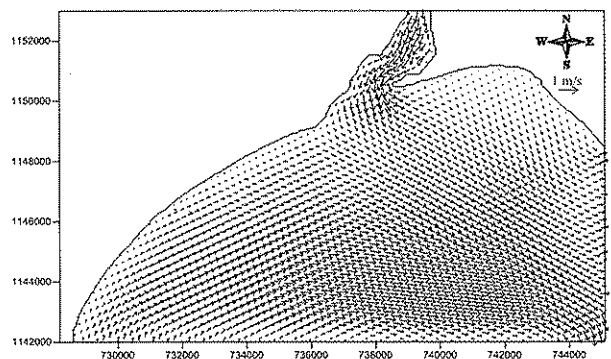
Hình 12: Trường vận tốc dòng chảy lúc triều lên yếu.



Hình 13: Trường vận tốc dòng chảy lúc triều xuống yếu.



Hình 14: Trường vận tốc dòng chảy lúc triều lên mạnh.



Hình 15: Trường vận tốc dòng chảy lúc triều xuống mạnh.

4. Kết luận

Chế độ dòng chảy mô phỏng được trong khu vực này phần nào phản ánh phù hợp với quy luật động lực học vùng biển cửa Lấp. Các tác giả hy vọng rằng

khi đăng tải bài báo này sẽ nhận được nhiều nhận xét và sự giúp đỡ của các độc giả về số liệu, nhằm mô phỏng tốt hơn nữa chế độ dòng chảy trong khu vực này, phục vụ cho chiến lược xây dựng và phát triển kinh tế cho khu vực này.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Thị Bảy, Nguyễn Anh Dũng (2005). *Mô hình tính Thủy triều vùng ven biển-Áp dụng tính năng lượng triều cho vùng biển Cần giờ. Tạp chí Phát triển Khoa học và công nghệ ĐHQG TP. HCM, Vol.8,52-58.*
2. Nguyễn Thị Bảy, Đào Nguyên Khôi (2007). *Mô hình tính toán dòng chảy và vận chuyển bùn cát vùng ven biển dưới ảnh hưởng của sóng, gió và triều – Áp dụng tính cho vùng biển cửa Thuận An. Tuyển tập công trình HNKH Cơ học Thủy khí toàn quốc, Huế, 26-28/07/2007.*
3. Phân viện Khí tượng Thủy văn và Môi trường phía Nam (09/2009). *Báo cáo kết quả khảo sát thủy văn khu neo đậu tránh trú bão tại cửa Lấp (Phước Tĩnh) – tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu.*
4. Sở Khoa học, Công nghệ và Môi trường tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu (06/2000). *Báo cáo nghiên cứu các điều kiện động lực học khu vực cửa Lấp và phụ cận nhằm phục vụ quy hoạch và phát triển Kinh tế - Xã hội tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu.*
5. Loannis Tsanis (2006). *Environmental Hydraulics -Volume 56: Hydrodynamic and Pollutant Transport Models of Lakes and Coastal Waters. Elsevier Press.*
6. Kiyoshi Horikawa (1988). *Nearshore Dynamics and Coastal Processes. University of Tokyo Press.*
7. Usama Saied, I.K. Tsanis (2008). *A coastal area morphodynamics model. Journal of Environmental Modelling & Software 23, 35-49.*
8. DHI Software (2007). *MIKE 21 NSW - Nearshore spectral wind-wave module. User guide.*
9. DHI Software (2007). *MIKE 21 Flow Model – Hydrodynamics module. Scientific Background.*