

VỀ MỘT HỆ THỐNG TRỢ GIÚP NGHIÊN CỨU SÓNG TRÊN VÙNG CỬA SÔNG VÀ VEN BỜ

PTS. Nguyễn Hữu Nhân

Trung tâm Khí tượng Thủy văn phía Nam

SV. Hồ Ngọc Diệp

Đại học quốc gia tp. Hồ Chí Minh

Tóm tắt

Hệ thống trợ giúp nghiên cứu sóng vùng cửa sông và ven biển bao gồm nhiều trình con có chức năng khác nhau như: lập môi trường giao diện, chỉnh biên các loại số liệu nhập, đào luồng tàu, xây đê kè chắn sóng, tạo bến đậu tàu, tính sóng ngoài khơi, sóng ven bờ, dòng chảy do sóng, động thái bồi xói do sóng và trình diễn kết quả tính toán lên máy in và màn hình.... Trong số đó, các mô hình số trị về động lực sóng, dòng chảy sóng trên vùng cận bờ biển và cửa sông là các thành phần quan trọng nhất sẽ được bàn đến trong bài viết này. Phần ví dụ được triển khai cho cửa sông Hậu Giang, nơi vấn đề chỉnh trị cửa sông để lập luồng chạy tàu đang được các chuyên gia Việt Nam và quốc tế quan tâm. Đây là một khu vực hội tụ các tia sóng tới. Dòng chảy sóng tại cửa sông Hậu Giang khá mạnh và phức tạp. Đáng chú ý nhất là sự tồn tại ổn định của luồng dòng chảy sóng mạnh sát bờ biển tỉnh Trà Vinh hướng về phía cửa Định An và nhiều cuộn xoáy nghịch bên ngoài cửa Định An. Có thể chúng là một trong số các nguyên nhân gây nên sự biến động theo mùa của địa hình đáy bên ngoài cửa Định An.

1. Mở đầu

Sóng biển là một yếu tố hải văn tác động nhiều đến hoạt động của con người và thiên nhiên. Các công trình nghiên cứu sóng ven bờ biển là rất lớn về số lượng và rất đa dạng về chủng loại. Ngày nay, nhiều mô hình động lực sóng đã có độ chính xác đáp ứng được các tiêu chuẩn kỹ thuật. Nhu cầu về hệ thống trợ giúp tính toán các thông số sóng gần bờ, các hệ quả cơ học và môi trường do nó gây ra (tác động lên công trình, thay đổi địa hình đáy biển và đường bờ...) trên cơ sở áp dụng các tiến bộ về nghiên cứu sóng trên thế giới là rất cấp bách đối với nhiều cơ quan chức năng Việt Nam. Tuy đã có nhiều nỗ lực theo hướng này, nhưng cho đến nay loại sản phẩm về một hệ thống như vậy ở Việt Nam vẫn chưa ra đời. Mục đích chính của việc ứng dụng công nghệ thông tin đối với lĩnh vực nghiên cứu các hiện tượng động lực sóng biển ven bờ và cửa sông là lập ra một hệ thống trợ giúp có tính khả thi và khả dụng cao nhằm nâng năng suất và chất lượng nghiên cứu các hiện tượng nói trên lên một tầm cao mới. Hệ thống này là kết quả nhen từ một khối lượng khá lớn công tác nghiên cứu triển khai mà nhóm chúng tôi đang thực hiện. Hệ thống trợ giúp nghiên cứu sóng vùng cửa sông và ven biển bao gồm nhiều trình con thực hiện các công tác như: tổ chức giao diện, biên tập số liệu nhập các loại, đào/lấp luồng, xây đê kè chắn sóng, tạo bến đậu tàu, tính sóng ngoài khơi, sóng ven bờ, dòng chảy do sóng, động thái bồi xói do sóng và trình diễn kết quả tính toán lên máy in và màn hình.... Trong phạm vi bài viết này, chúng tôi xin

giới thiệu kết quả ứng dụng hệ thống này để nghiên cứu một trường hợp sóng và dòng chảy do nó tạo ra trên cửa sông Hậu Giang.

2. Mô hình tính sóng

Hệ thống trợ giúp nghiên cứu sóng trên vùng cửa sông và ven bờ mà chúng tôi đang hình thành thiên về tính an toàn trong kết quả tư vấn, nâng cao năng suất lao động của người dùng trên các hệ thống máy vi tính pentium phổ cập. Các mô hình toán trong hệ thống trợ giúp như vậy thường là các thuật giải hiện đại và đã được ứng dụng nhiều nơi trên thế giới. Chúng tôi xin giới hạn mô tả ngắn về 2 mô hình quan trọng của hệ thống nói trên là: mô hình xác định các thông số sóng (hướng, độ cao, chu kỳ, bước sóng, tensor phóng xạ năng lượng sóng, vị trí sóng vỡ) và mô hình dòng chảy (trị số vận tốc, hướng dòng chảy, các thông số động lực rối), sinh ra do sự phóng xạ năng lượng trên vùng biển ven bờ và cửa sông.

Gọi sóng từ biển sâu truyền tới khu vực nghiên cứu có độ cao H_0 , hướng α và chu kỳ T . Giả sử khu vực khảo sát có độ dốc địa hình đáy biển không lớn (thành phần phản xạ của sóng bé). Sóng có vận tốc có thể biểu diễn dưới dạng hàm điều hoà: $\phi = ae^{is}$ với pha sóng thoả mãn điều kiện $\text{rot}(\nabla s) = 0$. Trước vùng sóng vỡ, ma sát đáy không đáng kể. Sau vùng sóng vỡ, ảnh hưởng của nhiều xạ là bé. Để đánh giá trường sóng trên vùng biển khu vực ven bờ và cửa sông, chúng tôi sử dụng mô hình RCPWAVE (xem [5]) đã được cải tiến để tăng độ ổn định của nghiệm số trị. Có thể tóm tắt nội dung mô hình xác định các thông số sóng ven bờ và cửa sông như sau:

Đối với vùng biển ngoài vùng sóng vỡ, các thông số sóng tính ra từ thế vận tốc và các quan hệ động học giữa các thông số sóng. Thế vận tốc tính theo phương trình Berkhoff (mild - slope wave model) có tính đến hiệu ứng đồng thời khúc xạ và nhiễu xạ dạng:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(C C_g \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(C C_g \frac{\partial \Phi}{\partial y} \right) + \sigma^2 \frac{C_q}{C} \Phi = 0$$

Trong đó ϕ, c, c_g, σ thứ tự là thế vận tốc phức, vận tốc pha, vận tốc nhóm và tần số góc của sóng. Tách phần thực và phần ảo, cuối cùng chúng ta có thể viết các quan hệ trên dưới dạng tường minh như sau:

$$\frac{1}{a} \left[\left(\frac{\partial^2 a}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 a}{\partial y^2} \right) + \frac{1}{CC_g} (\nabla a \cdot \nabla (ccg)) \right] - |\nabla s| = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} (|\nabla s| \sin \theta) - \frac{\partial}{\partial y} (|\nabla s| \cos \theta) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} (a^2 CC_g |\nabla s| \cos \theta) + \frac{\partial}{\partial y} (a^2 CC_g |s| \sin \theta) = 0 \quad (3)$$

Trong đó:

- $a(x,y) = gH(x,y)/(2\sigma)$ là biên độ sóng;
- $H(x,y)$ là chiều cao sóng;
- $s(x,y)$ là pha sóng;
- σ là tần số góc $= 2\pi/T$;

- $K(x,y)$ - σ gtanh (kd) là số sóng;

- h là độ sâu biển;

- C, C_g là vận tốc pha và vận tốc nhóm sóng.

Đối với khu vực biển sâu vùng sóng vỡ, phương trình truyền sóng có thêm số hạng tính đến sự tiêu tán năng lượng do sóng vỡ như sau:

$$\nabla (a^2 C C_g \nabla s) = - \frac{K}{h} \frac{g}{2\sigma} \left\{ \left(\frac{g}{h} \right)^2 \gamma^2 h^2 C C_g |\nabla s| \right\} \quad (4)$$

(trong đó $K = 0,2$ là hệ số tiêu tán năng lượng sóng và $\gamma = 0,4$) và phương trình Berkhoff vẫn được dùng cho vùng sóng vỡ.

Tiêu chuẩn sóng vỡ của Weggel (1972) được dùng để định vị trí sóng vỡ:

$$\frac{h}{H} = \frac{1}{\delta - (\zeta H / g T^2)}, \quad \xi = 43,75 (1 - e^{-191}), \quad \delta = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,51})} \quad (5)$$

Trong đó i là độ dốc đáy.

Điều kiện biên: Trục X được chọn hướng ra ngoài khơi và thẳng góc với bờ. Trục y hướng song song với đường bờ. Điều này có nghĩa là: tại hai đường biên (song song với trục x) đạo hàm các hàm số phải tìm theo phương $y = 0$. Tại biên biển, cho tất cả các thông số sóng tới. Tại bờ biển, sóng tự huỷ sau khi vỡ.

Hệ phương trình (1-5) được giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn theo sơ đồ sai phân trung tâm (theo phương y) kết hợp với sai phân lùi (theo phương x). Thuật giải có thể tóm tắt như sau:

1. Xấp xỉ các thông số động học sóng ngoài vùng sóng vỡ thông qua quy luật Snell kết hợp với điều kiện sóng nước sâu tại tất cả các nút lưới;

2. Tính biên độ sóng theo (3);

3. Chỉnh lại góc tới theo (2);

4. Tính gradien pha sóng theo (1);

5. Kiểm tra điều kiện sóng vỡ theo (5);

6. Tính biên độ sóng theo (4);

7. Hiệu chỉnh góc tới theo (2).

Quá trình này được lặp lại cho đến khi đạt độ chính xác cần thiết. Theo kinh nghiệm, nếu mạng lưới tính có độ phân giải cao (Δx bé hơn rất nhiều so với bước sóng), thì chất lượng số liệu tính sóng ven bờ theo mô hình trên đáp ứng tốt cho các ứng dụng kỹ thuật khác nhau.

Mặt khác, khi tiến vào sát bờ, sự phóng xạ năng lượng sóng xảy ra mạnh mẽ (do sóng bị vỡ, tan rã và hội tụ hướng truyền sóng). Một số nơi, hiện tượng này xảy ra mạnh và tập trung đến mức có thể tạo ra dòng chảy sóng có hướng ổn định trên một phạm vi khá rộng. Thông thường, dòng chảy này có hướng tùy thuộc góc tới của sóng với đường đẳng độ sâu gần bờ. Tại vùng cửa sông, đường bờ bị dòng sóng chia cắt. Dòng chảy sóng tại đây có cấu trúc rất phức tạp. Các công thức giải tích thường áp dụng cho vùng đường bờ liên tục sẽ không thích hợp cho vùng cửa sông. Trong trường hợp đó, mô hình động lực hai chiều ngang là phương tiện phù hợp nhất. Các

phương trình trong mô hình dòng chảy sóng như vậy có thể rút ra từ hệ phương trình Navier- Stokes. (Phillips, 1969; Ebersole, 1980; Rao, 1988; Connor, 1988). Trên cơ sở phân tích và thử nghiệm các loại mô hình đã được công bố [5,6,7,8], chúng tôi chọn ra mô hình dòng chảy sóng bao gồm các thành phần như sau:

- Phương trình bảo tồn khối lượng:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = 0 \quad h = d(x, y) + \zeta(x, y, t); \quad (6)$$

- Phương trình bảo tồn xung lượng:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} K_x \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y} K_y \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \tau_{wx} / h + \tau_{bx} / h = 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} K_x \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y} K_y \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \tau_{wy} / h + \tau_{by} / h = 0 \quad (8)$$

trong đó:

$$\tau_{wx} = \frac{1}{\rho} \left[\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right], \quad \tau_{wy} = \frac{1}{\rho} \left[\frac{\partial S_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial x} \right], \quad (9)$$

$$S_{xx} = E [(2n - 0,5) \cos^2 \theta + (n - 0,5) \sin^2 \theta]$$

$$S_{xy} = En \cos \theta \sin \theta$$

$$S_{yy} = E [(2n - 0,5) \sin^2 \theta + (n - 0,5) \cos^2 \theta],$$

$$n = 0,5 * \left[1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)} \right]$$

$$\tau_{bx} = C_d u \frac{2h}{T \sinh(kh)}, \quad \tau_{by} = C_d v \frac{2h}{T \sinh(kh)}, \quad (10)$$

$E = 0,125 \text{ gpH}^2$ là năng lượng sóng; θ là góc tới của hướng sóng so với trục x,

- d là độ sâu biển

- ζ là độ lệch mực nước do sóng.

- Các hệ số tán xạ ngang được xấp xỉ theo mô hình (Hess, 1988):

$$k_x = k_{00} + C_k \Delta x \sqrt{2 \left[\frac{\partial u}{\partial x} \right]^2 + 2 \left[\frac{\partial v}{\partial x} \right]^2 + \left[\frac{\partial u}{\partial x} \right] \left[\frac{\partial y}{\partial y} \right]},$$

$$k_y = k_{00} + C_k \Delta y \sqrt{2 \left[\frac{\partial u}{\partial x} \right]^2 + 2 \left[\frac{\partial v}{\partial x} \right]^2 + \left[\frac{\partial u}{\partial x} \right] \left[\frac{\partial y}{\partial y} \right]} \quad (11)$$

Điều kiện biên cho phương trình (6-8) có thể cho khác nhau:

- Trên các điểm biên rắn:

$$u_n = 0$$

- Trên các điểm biên lỏng, dòng nước không đổi, nghĩa là:

$$\partial(uh)/\partial x = 0 \text{ hay } \partial(vh)/\partial y = 0$$

tại các biên song song với trục y hay x tương ứng.

Nghiệm ổn định của hệ phương trình (6) $\rightarrow$ (8) sẽ là trường dòng chảy tương ứng với các dòng ứng suất phóng xạ từ năng lượng sóng S_{xx} , S_{yy} , S_{xy} được tính ra theo các công thức nêu trên.

Phương pháp luân hướng ẩn quen thuộc được áp dụng để giải hệ phương trình vi phân (6) $\rightarrow$ (8) [3]. Quá trình giải sẽ ngừng lại khi nghiệm số hai lớp thời gian kế tiếp trở nên rất gần nhau.

3. Ứng dụng

Hệ thống trợ giúp nghiên cứu sóng ven bờ nói trên đã được chúng tôi kiểm tra kỹ thông qua so sánh kết quả tính toán trên mô hình toán với kết quả thực nghiệm trên mô hình vật lý và số liệu đo đạc và đã được triển khai cho công tác tính sóng phục vụ công tác chọn và thiết kế đê chắn sóng trên các cảng Vũng Áng và cảng Dung Quất [2].

Hiện nay, công tác chỉnh trị mở luồng trên sông Hậu Giang đang được các nhà quản lý rất quan tâm. Trên cơ sở số liệu giả định (có căn cứ thực tế nhất định), chúng tôi xin nêu một số kết quả ứng dụng hệ thống trợ giúp nói trên để đánh giá sóng và dòng chảy sóng tại đây.

Sông Hậu Giang có độ sâu phía bên trong khá lớn. Độ sâu nhỏ nhất của nó là khu vực cửa Định An và cửa Tranh Đề, mặc dù trị số vận tốc dòng triều tại đây là rất lớn [1,4,9]. Theo đánh giá của các chuyên gia, đến 95% sa bồi từ thượng lưu đến được cửa sông Hậu Giang đều bị tổng ra biển và bồi lấp lên vùng cửa dưới dạng sa bồi kết tủa có độ kết dính cao [1,4,9]. Các tác giả còn phát hiện ra rằng địa hình đáy vùng cửa Định An là không ổn định, cấu trúc các luồng lạch biến đổi rất nhanh theo mùa thời tiết. Tuy nhiên, vấn đề nghiên cứu về nguyên nhân gây ra hiện tượng này vẫn còn chưa đầy đủ.

Dưới đây, chúng tôi muốn góp tiếng nói về vấn đề này thông qua một thực nghiệm số mang tính ví dụ.

Các dữ liệu nhập vào cho các mô hình toán làm việc như sau:

- Địa hình đáy lấy theo hải đồ tỷ lệ 1: 100.000 có bổ sung các số liệu khảo sát mới;

- Trục OY hướng dọc bờ, độ dài 50km, độ phân giải theo OY là 50m;
- Trục OX hướng ra biển, độ dài 30km, độ phân giải theo OX là 10m;
- Kích thước mạng lưới sai phân là 3.001×501 (bao gồm 1.500.000 nút);
- Sóng tới ngoài khơi có hướng đông, độ cao 3m và chu kỳ là 8 giây.

Một số kết quả xác định các thông số sóng và trường vận tốc dòng chảy do sóng bằng hệ thống trợ giúp nghiên cứu sóng nói trên với các số liệu nhập như vậy được trình bày trong các hình H.1 và H.2. Có thể nhận thấy:

1. Phân biển giáp cửa Định An là khu vực sóng hội tụ, nên độ cao sóng thường lớn và cao hơn khu vực lân cận 10 đến 20%. Do đó, đây là khu vực có đáy biển kém ổn định so với xung quanh. Cải tạo và duy tu một luồng tàu trên một khu vực như vậy là một công tác rất tốn kém.

2. Trong điều kiện sóng tới như trên, dòng chảy sóng trên vùng nghiên cứu có cấu trúc rất đa dạng. Phân biển xa bờ là các xoáy nghịch (chuyển động theo chiều

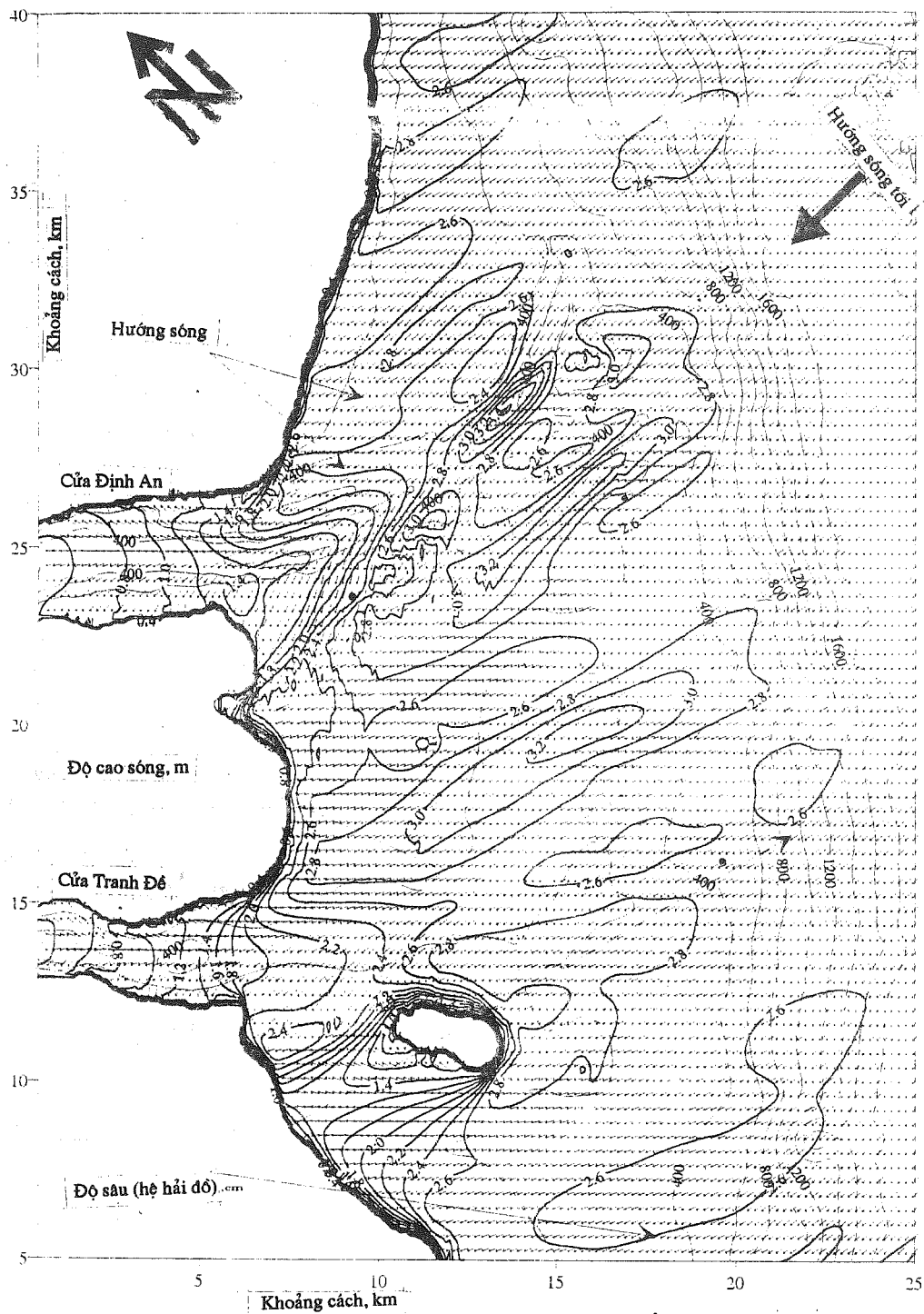
quay kim đồng hồ). Phân biến ven bờ (khu vực sóng vỡ) là hệ thống các dòng chảy dọc đường bờ có trị số vận tốc khá lớn. Hơn thế, các dòng này lại hội tụ về các cửa sông Định An và Tranh Đề. Chúng mang theo bùn cát từ vùng vỡ về phía các cửa sông này. Khi dòng triều đi vào, dòng sóng tại đây cùng hướng với dòng triều, do đó các hạt bùn cát mịn có thể đi khá sâu vào bên trong sông Hậu Giang. Nói chung, khu vực dòng triều và dòng sóng cùng chiều khi triều dâng sẽ là khu vực bồi lấp. Ngược lại, khu vực trong đó dòng sóng và dòng triều cùng chiều khi triều rút là khu vực ít bị bồi lấp. Điều này thể hiện rất rõ trên hình H.2. Đối với cửa sông Hậu Giang, các khu vực như vậy lại đan xen nhau. Mặt khác, hướng thịnh hành của sóng trên cửa Định An cũng bị thay đổi (tuy không nhiều) theo hướng gió. Tất cả các chi tiết nêu trên đã góp một phần nhất định giải thích tính biến động trong chế độ bồi lấp trên cửa sông Hậu Giang.

4. Kết luận

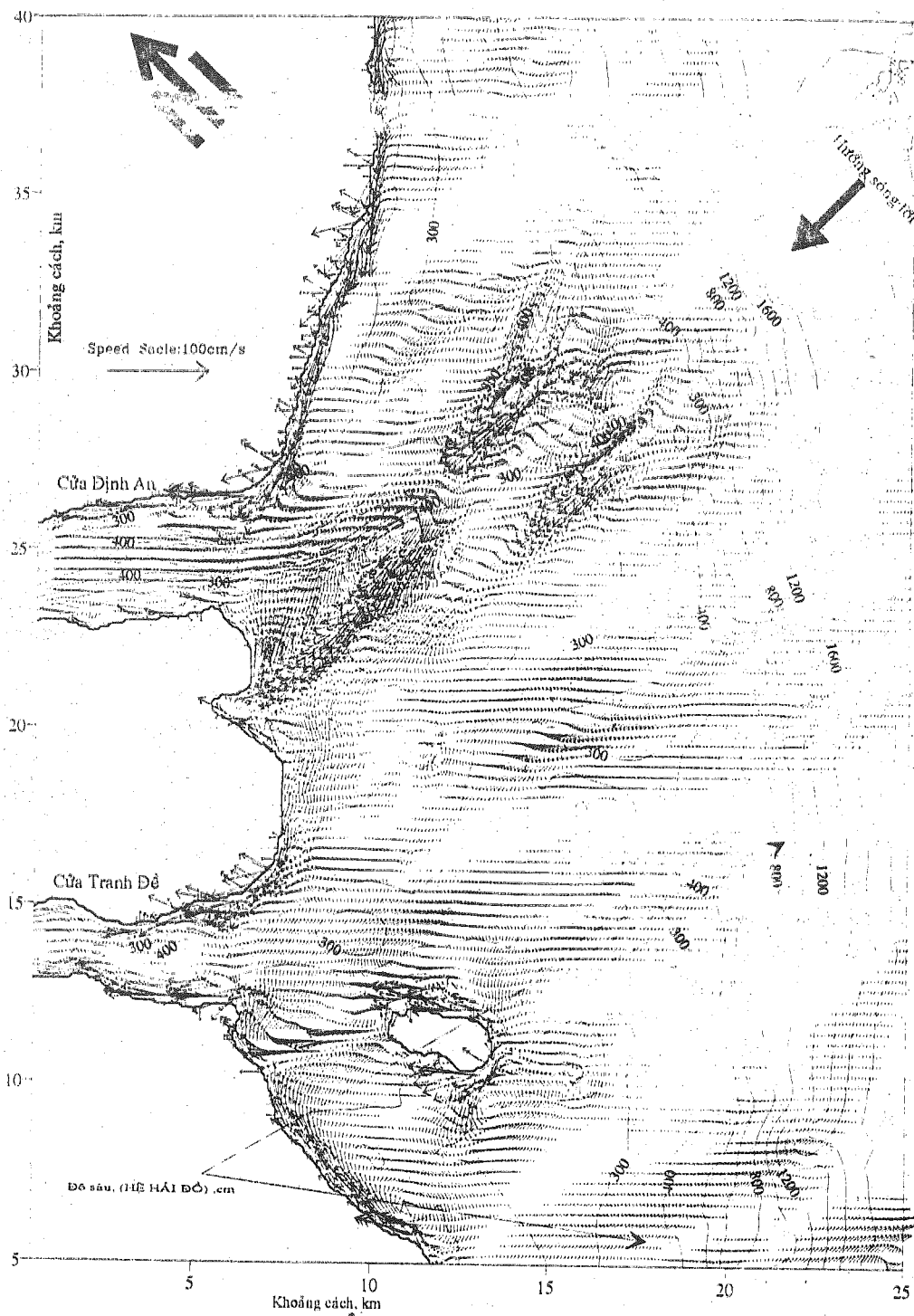
Ngày nay, điều kiện hình thành các hệ thống công nghệ thông tin nhằm trợ giúp công tác nghiên cứu và dự báo các thông số động lực sóng biển ven bờ và trên các cửa sông cũng như các hệ quả môi trường của nó đã chín muồi. Cơ quan quản lý Nhà nước về Khí tượng Thủy văn nên có kế hoạch triển khai công tác này để hỗ trợ và tư vấn cho các ngành chức năng khác nhằm quản lý và khai thác tối ưu các tiềm năng to lớn của vùng biển ven bờ rộng lớn và các cửa sông quan trọng của nước ta.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Hữu Nhân (1997). Vài suy nghĩ về động lực xói bồi cửa sông Hậu. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, số 6 (438). Hà Nội.
2. Nguyễn Hữu Nhân, Hồ Ngọc Diệp (1998). Nghiên cứu sóng vịnh Dung Quất trên mô hình toán. Báo cáo tư vấn. Công ty tư vấn XD cảng - Đường thủy. Hà Nội.
3. Nguyễn Hữu Nhân, Lê Trình (1997). Dự báo sự biến đổi sóng, dòng chảy và bồi xói vịnh Rạch Giá do lấn biển, mở rộng thị xã Rạch Giá, tỉnh Kiên Giang. Báo cáo tư vấn. Sở xây dựng tỉnh Kiên Giang.
4. Hoàng Xuân Nhuận và cộng sự (1991). Nghiên cứu chế độ khí tượng thủy văn và đặc điểm thủy thạch động lực khu vực cửa Định An phục vụ thiết kế luồng chạy tàu. Báo cáo tư vấn. Viện cơ học. Hà Nội.
5. Ebersole B.A., Cialone M.A., Plater M.D. (1986). Regional Coastal processes Numerical Modeling System. - Report 1., RCPWAVE. Technical Report CERC -86-4. US Army, CERC, Vicksburg, Miss.
6. Phillips, O.M. 1969. The Dynamics of the Upper Ocean. - Cambridge University Press, Cambridge, Mass.
7. Rao S.V., Norman W.S. Kings Bay Coastal Processes Numerical Model. - Technical Report CERC -88-3. US Army, CERC, Vicksburg, Miss.
8. Shore protection Manual. -1984, 4th ed., 2Vols, US Army, CERC, US Government Printing Office, Washington DC.
9. Wolanski E., Nguyen Ngoc Huan, Le Trong Dao, Nguyen Huu Nhan, Nguyen Ngoc Thuy (1996). Fine Sediment Dynamics in Mekong River Mouth, Vietnam. - J. Estuarine, Coastal and Shelf Science. No 43. USA.



H 1. MỘT VÍ DỤ VỀ ĐỘ CAO VÀ HƯỚNG SÓNG VÙNG CỬA SÔNG HẬU GIANG
(Sóng biển khơi: Độ cao 3m, chu kỳ 8 giây, hướng đông)



H.2 DÒNG CHẢY DO SÓNG VÙNG CỬA SÔNG HẬU GIANG
(Ứng với sóng tới trình bày trên hình H.1)