

MÔ HÌNH HOÀN LƯU NƯỚC 3 CHIỀU TRONG VỊNH THÁI LAN

PTS. Nguyễn Hữu Nhân

Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ

Tóm tắt

Một vấn đề học thuật bức xúc cần giải quyết là: mô hình toán nào phù hợp cho việc khảo sát hoàn lưu nước của vịnh Thái Lan với những đặc điểm riêng của nó? Nội dung của bài viết này bàn về một cách giải quyết vấn đề này. Các chỉ tiêu để chọn mô hình cụ thể có thứ tự ưu tiên như sau: độ tin cậy về vật lý; phù hợp với vịnh Thái Lan; khả thi; cho các kết quả hợp lý và phù hợp với số liệu thực đo; hiệu quả sử dụng cao. MECCA là mô hình chúng tôi đề nghị vì nó tối ưu nhất so với các mô hình khác theo các chỉ tiêu chính đã nêu trên khi áp dụng cho vịnh Thái Lan. Chúng tôi nghĩ MECCA cũng phù hợp cho vịnh Bắc Bộ, thềm lục địa Nam Bộ, dải biển 10 hải lý ven bờ và cửa sông của Việt Nam.

I. Đặt vấn đề và hướng tiếp cận

Để hiểu, khai thác và bảo vệ tốt tài nguyên vịnh Thái Lan, bước cơ bản là làm chủ được quy luật hoàn lưu nước của nó. Rất tiếc, đây là một lĩnh vực được nghiên cứu chưa tốt vì nhiều lý do, trong đó có một vấn đề học thuật chưa được tháo gỡ là mô hình toán nào phù hợp cho việc khảo sát hoàn lưu nước vịnh Thái Lan trong số vô số các thuật toán đã được công bố trong các bài báo và các nghiên cứu tư vấn [1...8]? Do sự phát triển không đồng đều, các thuật toán về hoàn lưu nước 3 chiều thường do các cơ quan nghiên cứu lớn thuộc các cường quốc về hải dương học soạn ra và áp dụng cho hoàn cảnh của chính họ. Thời gian gần đây, ở nước ta, các nghiên cứu học thuật theo hướng này có chững lại. Bài viết này bàn về một mô hình số trị phù hợp cho việc khám phá các quy luật hoàn lưu nước 3 chiều vịnh Thái Lan thông qua các nghiên cứu đối chiếu giữa các mô hình khác nhau và giữa kết quả tính toán và số liệu thực đo.

Các mô hình được cộng đồng các nhà khoa học quốc tế thừa nhận và đang được sử dụng rộng rãi là đối tượng quan tâm của chúng tôi. Hơn thế, vịnh Thái Lan có những nét đặc thù riêng là nông, địa hình đáy đơn giản có độ dốc nhỏ, tương đối khép kín vì ba phía giáp đất liền và cửa vịnh thông ra biển Đông quay mặt về phía đông-nam có thiết diện ngang hẹp (chỉ bằng 30% thiết diện ngang ở giữa vịnh) và nằm trong miền vĩ độ thấp. Con đường khả thi và tối ưu để tiếp cận vấn đề nghiên cứu hoàn lưu nước vịnh Thái Lan là sự kết hợp hài hòa giữa tiềm năng của các nghiên cứu cơ bản về mô hình toán với các đặc điểm tự nhiên của chính vịnh Thái Lan và tiềm năng của cơ sở dữ liệu đã tích lũy được, theo thứ tự, có 3 bước tiếp cận đối tượng là:

1. Đầu tiên là thử áp dụng các mô hình toán đã được thử thách và tương đối phù hợp để mô phỏng hoàn lưu vịnh Thái Lan với mục đích kiểm tra chéo giữa

các mô hình, độ tin cậy của số liệu nhập, từ đó sơ bộ chọn ra một mô hình tốt nhất.

2. Tiếp theo là thẩm định lại mô hình đã được chọn một lần nữa bằng cách so sánh kết quả tính toán theo nó với số liệu thực đo trong vịnh Thái Lan.
3. Kế đến là đối chứng các kết quả nghiên cứu trên mô hình này với kết quả nghiên cứu của một số tác giả khác.

II. Kiểm tra chéo giữa các mô hình

Các chỉ tiêu để chọn mô hình cụ thể có thứ tự ưu tiên như sau: độ bảo đảm vật lý; phù hợp với vịnh Thái Lan; khả thi; cho các kết quả hợp lý và chính xác; hiệu quả. Chúng ta đều biết, các mô hình 3 chiều dựa vào các phương trình Reynoldtz đầy đủ (bao gồm cả các mô hình động lực rõ) rất khó giải. Lúc này, chúng ta không có ảo tưởng là sẽ soạn ra một bộ chương trình để giải mô hình như vậy trên máy tính để bàn vì không khả thi. Sau khi tham khảo nhiều mô hình 3 chiều đang được dùng trên thế giới [6,7] và cân nhắc tính khả thi của các mô hình, chúng tôi đã thử áp dụng 3 mô hình quen thuộc để khảo sát hoàn lưu nước vịnh Thái Lan là: mô hình 3 chiều, dừng và tuyến tính do FENZENBAUM đề xuất (1960); mô hình nước nông 2 chiều ngang, không dừng, phi tuyến (mô hình Saint-Venant 2 chiều mở rộng) và mô hình 3 chiều, phi tuyến và không dừng trong tọa độ sigma (Model for Estuarine and Coastal Circulation Assessment: MECCA).

Theo điều kiện tự nhiên, thì vịnh Thái Lan là một đối tượng tốt để áp dụng mô hình FENZENBAUM đề xuất năm 1960 nhằm nghiên cứu dòng chảy gió 3 chiều cho vùng biển nông và khép kín hay gần khép kín [5]. Mô hình này được sử dụng nhiều ở Nga và nhiều quốc gia khác, trong đó có Việt Nam. Việc thử nghiệm mô hình FENZENBAUM để nghiên cứu hoàn lưu vịnh Thái Lan là một công tác có ý nghĩa về khoa học và thực tiễn (xem [1]). Mô hình nước nông 2 chiều, phi tuyến không dừng có tính đến sự khuếch tán ngang là công cụ phổ biến nhất để nghiên cứu hoàn lưu trung bình theo độ sâu trong vùng biển ven bờ, cửa sông và vịnh nước nông. Do đó, việc áp dụng mô hình này như là công cụ đối chứng với các mô hình khác có ý nghĩa về học thuật rất quan trọng. Mô hình MECCA là công cụ có độ bảo đảm vật lý cao để khảo sát hoàn lưu nước 3 chiều trong nước vùng cửa sông, ven bờ và vịnh nước nông [2,3]. Đây là một mô hình lớn, phức tạp nhưng có tính khả thi rất cao so với các mô hình khác cùng quy mô. Nó được hình thành sau khi các mô hình khác đã được công bố công khai trong các báo cáo tư vấn và tạp chí khoa học (Hess, 1989; Blumberg and Mellor, 1987). Vài nét chính của MECCA như dưới đây.

Trong phép gần đúng Boussinesq, hệ phương trình cơ bản của MECCA viết trong hệ tọa độ sigma $\{x, y, q, t\}$ bao gồm: các phương trình chuyển động ngang, phương trình liên tục, phương trình cân bằng độ mặn hòa tan hay vật chất hòa tan và lơ lửng, phương trình cân bằng nhiệt lượng, phương trình trạng thái

(công thức Mamaev rút gọn), hệ số khuếch tán rối ngang, khuếch tán rối đứng và số Richardson động lực theo thứ tự như sau:

$$\frac{\partial(Hu)}{\partial t} + \frac{\partial(Huu)}{\partial x} + \frac{\partial(Huv)}{\partial y} + \frac{\partial(uw)}{\partial q} = -gH \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{\partial p_a}{\rho_0 \partial x} - HG_x + f Hv \\ + \frac{\partial}{\partial x} \left[2HA_h \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[HA_h \frac{\partial v}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[HA_h \frac{\partial u}{\partial y} \right] + \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial q} \left[A_v \frac{\partial u}{\partial q} \right] \quad (1)$$

$$\frac{\partial(Hv)}{\partial t} + \frac{\partial(Hvu)}{\partial x} + \frac{\partial(Hvv)}{\partial y} + \frac{\partial(vw)}{\partial q} = -gH \frac{\partial h}{\partial y} - \frac{\partial p_a}{\rho_0 \partial y} - HG_y - f H \\ + \frac{\partial}{\partial y} \left[2HA_h \frac{\partial v}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[HA_h \frac{\partial v}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[HA_h \frac{\partial v}{\partial y} \right] + \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial q} \left[A_v \frac{\partial v}{\partial q} \right] \quad (2)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(Hu)}{\partial x} + \frac{\partial(Hv)}{\partial y} + W = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial(HS)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left[H(uS - D_h \frac{\partial S}{\partial x}) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[H(vS - D_h \frac{\partial S}{\partial y}) \right] + \frac{\partial}{\partial q} \left[H(wS - D_v \frac{\partial S}{\partial q}) \right] = F_s \quad (4)$$

$$\frac{\partial(HT)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left[H(uT - D_h \frac{\partial T}{\partial x}) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[H(vT - D_h \frac{\partial T}{\partial y}) \right] + \frac{\partial}{\partial q} \left[H(wT - D_v \frac{\partial T}{\partial q}) \right] = F_T \quad (5)$$

$$\rho = \rho_0 (1 + f(S, T)); F = C_{SO} + C_{SI}S + C_{TI}T + C_{ST}ST + C_{T2}T^2 \quad (6)$$

$$A_h = A_{ho} + C_{AH} \Delta L |U_r|, U_r = \sqrt{2(u_x^2 + v_y^2 + 2u_x v_y)}, D_h = A_h \quad (7)$$

$$A_v = D_{vo} + A_z [C_{RO}(1 + C_{R1}R_1)^{-C_{R2}}] D_v = D_{vo} + A_z [C_{R3}(1 + C_{R4}R_1)^{-C_{R5}}] \quad (8)$$

$$A_z = \left[\frac{0,4z(1-z)}{H} \right]^2 \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 \right]^{1/2}, R_1 = - \frac{g \partial p / \partial z}{\rho_0 \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2}}$$

Ý nghĩa các ký hiệu như sau:

- x, y, z - toạ độ không gian và thời gian, $q=(z-h)/(h+d)$,
- u, v, w - thành phần vận tốc theo chiều x, y, z,
- C với chỉ số là các hệ số thực nghiệm,
- A với chỉ số là các hệ số khuếch tán xung lượng,
- F với các chỉ số là nguồn vật chất hay nhiệt lượng,
- f - tham số Coriolis,
- D với các chỉ số là các hệ số khuếch tán chất bảo thủ,
- h - độ lệch mực nước tức thời so với chuẩn cao trình,
- d - độ sâu biển so với chuẩn cao trình,
- H - độ sâu biển tức thời, $H=h+d$,
- T - nhiệt độ,

- S - độ mặn (hay hàm lượng chất bất kỳ),
- P - áp suất không khí trên mặt biển,
- G_x, G_y - là các thành phần gradien độ nghiêng áp do sự bất đồng nhất theo phương ngang của trường mật độ $\rho(x,y,q,t)$.

Điều kiện biên như sau:

- Tại biên rắn, dòng nước và vật chất theo phương pháp tuyến bằng 0.
- Tại biên lỏng (cửa sông và biển khơi) cho:
 1. Mực nước (hay vận tốc),
 2. Khi nước chảy vào vùng khảo sát cho: nhiệt độ, hàm lượng muối (và chất khác) tại 4 tầng: mặt, đáy lớp đồng nhất, đáy lớp hoạt động biển và đáy biển, trái lại,
 3. Khi dòng chảy đi ra khỏi vùng khảo sát, trị số biên của hàm lượng chất tan, độ mặn và nhiệt độ trên biên sẽ được ngoại suy từ các ô bên trong bằng phương trình tải thuần túy theo phương pháp tuyến đường biên.
- Tại mặt biển cho:
 4. Vận tốc và hướng gió trên độ cao 10m so với mặt biển,
 5. Nhiệt độ không khí, các thông số tính dòng nhiệt, dòng mặn, dòng vật chất đi qua mặt biển,
 6. Vận tốc thẳng đứng bằng không,
 7. Cho ứng suất tiếp tuyến mặt biển bằng ứng suất ma sát gió tại mặt nước.
- Tại đáy biển cho:
 8. Ma sát đáy,
 9. Các thông số để tính dòng nhiệt đáy và nhiệt độ đáy, dòng mặn và dòng vật chất trên tầng cạn đáy,
 10. Vận tốc thẳng đứng bằng không.

Hoàn lưu nước trung bình theo độ sâu vịnh Thái Lan do gió được tính ra theo 3 mô hình nói trên với cùng một cơ sở dữ liệu như nhau: địa hình như trong [1]; độ phân giải phương ngang là 3880m; kích thước mảng tính là 201x248; độ phân giải phương đứng của MECCA là 6 lớp; độ phân giải thời gian: 300 giây; gió của tháng 8 như trong [1]. So sánh kết quả các thực nghiệm số trị trình bày trên các hình H.1 và so sánh các cơ sở lý thuyết của chúng cho thấy:

- Bức tranh về hoàn lưu tính ra theo 3 mô hình khá phù hợp nhau. Lưu tốc và lưu hướng có khác nhau cho vùng sát bờ và vùng gần cửa vịnh. Mô hình nước nông 2 chiều cho các đánh giá trị số vận tốc cao nhất, mô hình FE NZENBAUM cho đánh giá thấp nhất và MECCA cho đánh giá ổn định nhất, nằm giữa đánh giá của hai mô hình kia. Kết quả kiểm tra chéo giữa các mô hình cho ta niềm tin về tính khách quan và sự đúng đắn của các mô hình.

và các phần mềm tương ứng cho thấy, xác suất MECCA cho kết quả tốt cao hơn hai mô hình kia.

- Mô hình FENZENBAUM không cho phép khảo sát dòng không ổn định và sự bồi qua các số hạng phi tuyến là kém thuyết phục khi áp dụng để nghiên cứu vịnh Thái Lan-một vùng biển nóng, vĩ độ thấp. Mô hình nước nóng 2 chiều ngang không cho phép nghiên cứu dòng chảy trên các tầng nước. Chỉ có MECCA là khắc phục được cả hai nhược điểm rất nghiêm trọng nói trên.

Về mặt lý thuyết, ta có thể kết luận rằng: để đánh giá các đặc điểm của chế độ hoàn lưu nước trong vịnh Thái Lan, MECCA là một công cụ hợp lý nhất.

III. So sánh với số liệu thực đo

Tiêu chuẩn quan trọng nhất để chọn một mô hình toán là số liệu tính toán theo mô hình phải phù hợp với thực tế thông qua so sánh kết quả thực nghiệm số trị với kết quả đo đạc trực tiếp trên biển. Đối với một địa bàn rộng lớn như vịnh Thái Lan, đây là một công tác rất khó. Nguyên nhân dẫn đến sự khác nhau không thể tránh khỏi giữa số liệu tính toán và thực đo bao gồm:

- Hiện nay độ phân giải của mạng lưới tích phân các phương trình toán cho cả vịnh Thái Lan là 3880m (cao nhất hiện nay đối với vịnh Thái Lan). Số liệu đo đạc tại một điểm luôn chịu ảnh hưởng của các yếu tố cục bộ, nhất là địa hình. Để khắc phục, cần có nhiều điểm đo nằm cách nhau một khoảng cách hợp lý để loại bỏ các yếu tố cục bộ. Tuy nhiên, chúng ta chưa có điều kiện làm như thế. Do vậy, so sánh giữa số liệu tính toán và số liệu thực đo tại các điểm chịu tác động mạnh của các yếu tố cục bộ là rất khó vì nếu giảm bước tính đến 10 lần (độ phân giải sẽ là 388m) thì chúng ta sẽ gấp rắc rối lớn về số liệu nhập (chẳng hạn địa hình và biên mực nước).
- Số sóng triều có ý nghĩa trong vịnh Thái Lan ít nhất là 11 sóng, trong khi đó mô hình xác định biên mực nước theo hằng số điều hòa của 4 sóng chính: M2, S2, K1 và O1 vì chúng ta chưa có đủ số liệu hằng số điều hòa cho các sóng khác trên toàn cửa vịnh Thái Lan.
- Sai số đo đạc và sai số xấp xỉ mô hình xuất phát bằng các công thức sai phân là không thể nào khắc phục hết được.

Số liệu thực đo chất lượng cao về dòng chảy tầng đáy bằng máy tự ghi DNC-2M trong đợt khảo sát vùng biển Tây vào khoảng thời gian 10-3-1998 → 18-3-1998 thuộc đề tài KHCN.06.03 được chọn làm số liệu mẫu để kiểm tra mô hình tính dòng chảy 3 chiều MECCA cho vịnh Thái Lan. Các so sánh được biểu thị trên các hình H.2 cho thấy rằng: sự phù hợp giữa thực đo và tính toán là khá tốt (trong điều kiện độ phân giải của mô hình là 3880m) và sự khác nhau giữa nghiệm số lý thuyết và số liệu thực đo là chấp nhận được trong hoàn cảnh hiện nay. Điều đó chứng tỏ mô hình tính toán, các cơ sở dữ liệu nhập và các

thông số mô hình đã mô phỏng đúng các quy luật dòng chảy tổng hợp của vịnh Thái Lan. Tức là, MECCA cho các kết quả tin cậy hợp lý về mặt thực tế.

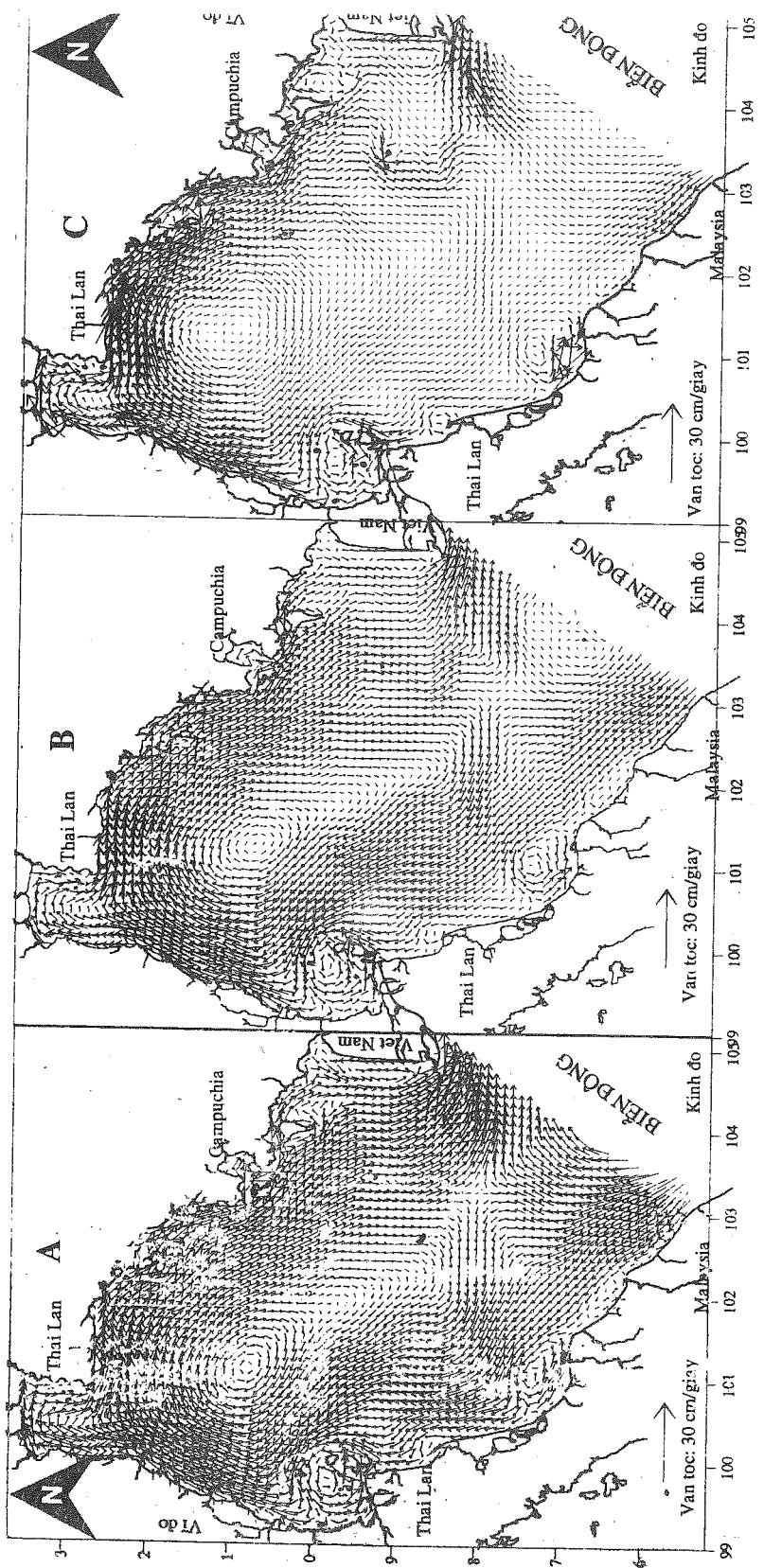
Bức tranh hoàn lưu nước trong mùa gió tây nam do MECCA hoàn nguyên trên hình H.1 rất phù hợp với kết quả nghiên cứu của các tác giả có uy tín trong giới các nhà khoa học nghiên cứu biển [6,7,8].

IV. Kết luận

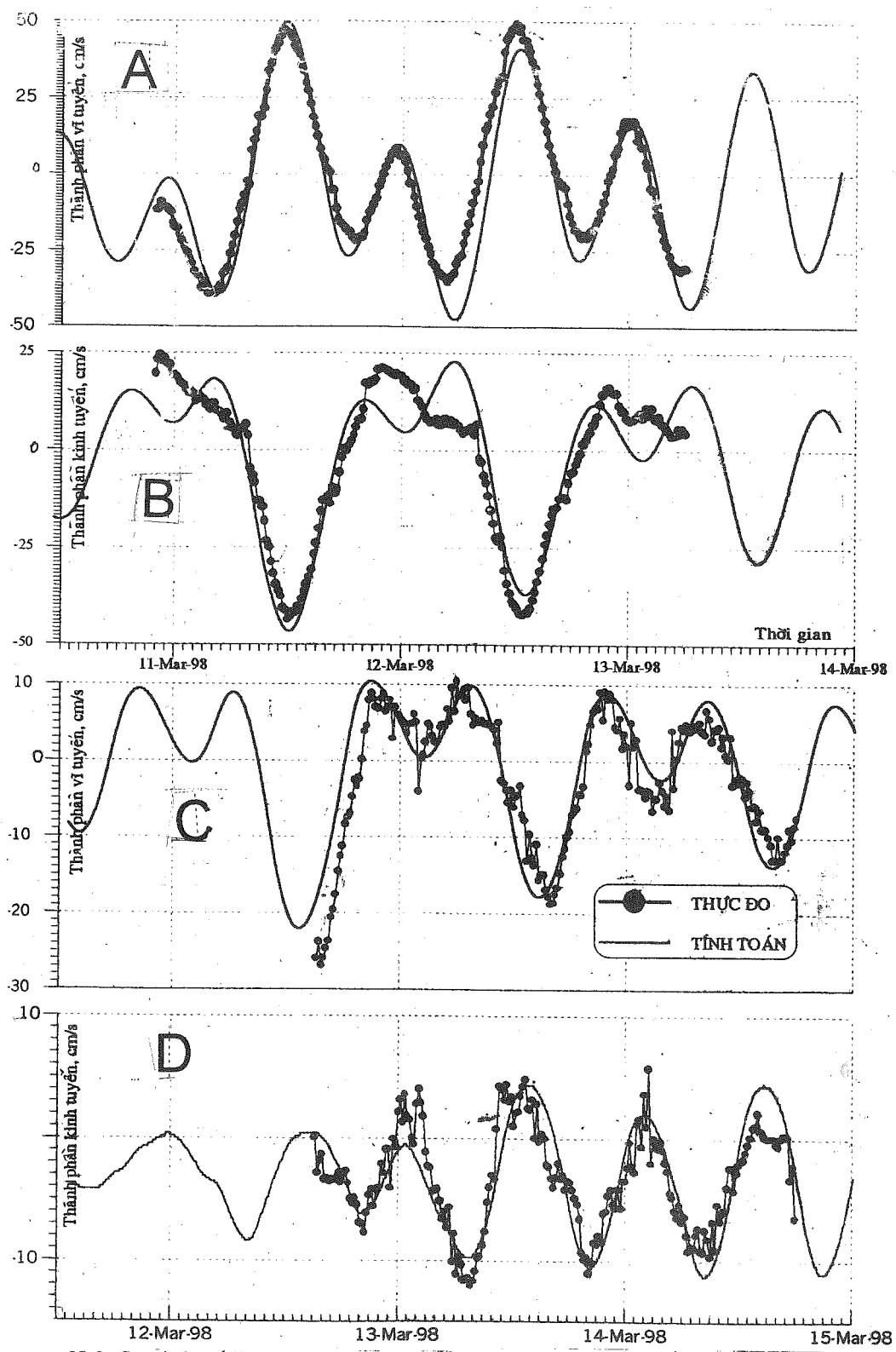
1. Mô hình đánh giá hoàn lưu nước 3 chiều MECCA có nhiều thuộc tính tốt và bộ chương trình số trị để giải nó trên vi tính để bàn là một công cụ tin cậy và bảo đảm tính khả thi đối với vấn đề nghiên cứu hoàn lưu 3 chiều trong vịnh Thái Lan.
2. Ngoài hoàn lưu nước, MECCA còn có thể dùng để nghiên cứu vấn đề dự báo các trường vật lý khác như: độ mặn, nhiệt độ, hàm lượng các chất tan, chất lơ lửng, bùn cát trên các cửa sông, dải biển nông có độ dốc đáy nhỏ dọc bờ biển Việt Nam. Do vậy, tương lai ứng dụng MECCA là rất sáng sủa.

Tài liệu tham khảo chính

1. Nguyễn Hữu Nhân (1998). Nghiên cứu hoàn lưu nước vịnh Thái Lan bằng mô hình FEN ZENBAUM. Tạp chí Khí tượng Thủy văn số 6 (451), 50-57.
2. Nguyễn Hữu Nhân (1998). Dự báo cấu trúc dòng chảy 3 chiều trong vịnh Thái Lan bằng mô hình MECCA. Tạp chí Khí tượng Thủy văn số 6 (451), 29-35.
3. Nguyễn Hữu Nhân (1997). Đánh giá sự biến đổi của sóng, dòng chảy và bồi xói trong dự án lấn biển mở rộng thị xã Rạch Giá. Báo cáo tư vấn. Tỉnh Kiên Giang. 187 tr.
4. Blumberg A.F., and Mellor G.L. (1987): "A Description of Three-Dimensional Coastal ocean Model". in "Three-Dimensional Coastal ocean Models". N.S. Heaps Ed., American Geophysical Union, Washington, D.C.
5. FE N'ZENBAUM.E.F (1960). Cơ sở lý thuyết và phương pháp tính dòng hải lưu gió ổn định. Nauka. Maxcova. 202 tr. (tiếng Nga).
6. Robinson M.K. (1974), The physical oceanography of the Gulf of Thailand. NAGA Expedition. NAGA report Vol.3, Lajolla, California. 214 pp.
7. Wyrtki K..(1961), The physical oceanography of the Southeast Asian waters. NAGA report Vol.2, Lajolla, California. 357 pp.
8. Wolanski E., Wattayakorn G. (1999). Water circulation and pollution transport in the Gulf of Thailand. J.Estuuarine Coastal and Shelf Science. V.43. V.43, No3, 545-552



H 1. Kết quả hoàn lưu nguyên trùng hải lưu gió trung bình theo độ sâu trong vịnh Thái Lan vào mùa gió tây nam (tháng VIII) bằng mô hình nước nông phi tuyến 2 chiều (A),
mô hình ME CCA (B) và mô hình PENZENBAUM (C)



H 2. So sánh số liệu vận tốc dòng chảy theo thực nghiệm số trị trên MECCA và theo thực do bằng máy tự ghi DNC-2M trên tầng 0,8H (H là độ sâu) tại các vị trí có toạ độ: $\{8^{\circ}20'N - 104^{\circ}25'E\}$ (hình A và B) và $\{9^{\circ}10'N - 104^{\circ}35'E\}$ (hình C và D)