

MÔ HÌNH GHÉP 1-2 CHIỀU SÔNG BIỂN TRONG TÍNH TOÁN QUY HOẠCH ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG CÓ XÉT TỚI ẢNH HƯỞNG CỦA BIẾN ĐỔI THƯỢNG LƯU, GIÓ CHƯỚNG VÀ NƯỚC BIỂN DÂNG

*GS.TS. Nguyễn Tấn Đắc, TS. Lương Quang Xô
Viện Quy Hoạch thủy lợi miền Nam*

Tóm tắt

Bài báo giới thiệu cách ghép nối mô hình thủy lực và lan truyền chất một chiều trong sông với mô hình hai chiều ngang trên biển về dòng chảy và lan truyền chất. Mô hình dòng chảy trong sông được giải bằng sơ đồ sai phân ẩn 4 điểm của Preissmann. Phương trình lan truyền chất được giải bằng phương pháp phân giã trong đó phương trình tải thuần túy được giải bằng phương pháp đường đặc trưng với phép nội suy ẩn spline bậc 3. Hệ phương trình hai chiều ngang trên biển (cả dòng chảy và lan truyền chất) được giải bằng phương pháp phần tử hữu hạn lưới tam giác. Hệ phương trình cho sông và biển được giải đồng thời bằng phương pháp ma trận thưa. Điều kiện nối sông biển là bảo toàn khối lượng và động lượng (lưu lượng, mực nước, độ mặn). Mô hình có thể tính được tác động của gió chướng, nước dâng(chăng hạn do biến đổi khí hậu), biến đổi điều kiện sử dụng nước trên Đồng bằng và thượng lưu. Mô hình là kết quả của một đề tài nghiên cứu cấp Bộ và một luận án Tiến sỹ. Mô hình đã được áp dụng trong đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ về các công trình ngăn các cửa sông lớn ở ĐBSCL.

I. Mở đầu

Với Đồng Bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), cho đến nay, thường thiếu nước ngọt về mùa khô làm mặn xâm nhập sâu vào đất liền, nhất là từ tháng 1 tới tháng 4, hướng gió chủ đạo là Đông và Đông Bắc, gần như thổi thẳng từ biển vào trực các cửa sông làm gia tăng độ mặn. Đặc biệt có những đợt gió thổi liên tục trong vài ngày hầu như chỉ theo một hướng (gió chướng) làm độ mặn đột ngột tăng cao. Về mùa mưa ĐBSCL cũng dư thừa nước gây lũ lụt, ngập úng. Trong tương lai gần, sự gia tăng các hoạt động phát triển ở các nước thượng lưu sẽ làm thay đổi chế độ dòng chảy kiệt và lũ đối với ĐBSCL. Chẳng hạn như việc gia tăng lấy nước cho nông nghiệp ở vùng Đông bắc Thái lan, việc xây dựng các đập thủy điện ở Trung quốc, và dự kiến xây các đập trên dòng chính thuộc Lào, thuộc Căm pu chia và trên dòng Ton le Sap. Trong vòng năm mươi năm tới, do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu toàn cầu, nước biển có thể dâng thêm từ 30 đến 50cm. Bản thân ĐBSCL cũng phải tự phát triển để đáp ứng các yêu cầu chung về kinh tế trong tương lai.

Trong bối cảnh đó công tác quy hoạch phải đi trước một bước để dự tính những biến đổi có thể có nhằm đề ra các biện pháp thích ứng. Để làm công tác quy hoạch, phải soạn thảo và tính toán các kịch bản với công cụ trợ giúp không thể thiếu là mô hình toán (hay mô hình thủy lực).

Hiện nay ở Việt nam có một số chương trình máy tính dùng để tính toán và dự báo mực nước, độ mặn trên toàn Đồng bằng sông Cửu long (nhiều người cũng gọi là mô hình), chẳng hạn MEKSAL, HYBRID, VRSAP, SAL, KOD, MIKE 11,... Ngoài HYBRID thiên về thống kê, thuật toán của các chương trình còn lại đều dựa trên việc giải hệ phương trình Saint-Venant một chiều để tính mực nước, lưu lượng; giải hệ phương trình tải khuếch tán một chiều để tính độ mặn trung bình trên toàn mặt cắt. Các thuật toán của các chương trình

vừa nêu có thể khác nhau về độ chính xác, cách xử lý điều kiện tại hợp lưu, cách sai phân, cách giải quyết khuếch tán số, nhưng đều phải lấy độ mặn và mực nước tại cửa sông làm biên. Trong thực tiễn các cửa sông Cửu long rất rộng, sóng to cho nên không phải lúc nào cũng đo đạc được độ mặn trung bình chưa nói đến độ chính xác của số liệu đo, mặt khác mực nước, độ mặn tại cửa sông cũng có thể thay đổi theo lưu lượng thượng nguồn và đặc biệt là thay đổi rất nhiều khi có gió chướng, nước biển dâng.

Nhằm phục vụ cho tính toán quy hoạch trong tương lai cỡ 20-30 năm tới, nhất là khi cần tính tới sự biến đổi khí hậu, nước biển dâng và sự thay đổi các điều kiện sử dụng nước ở thượng lưu và ngay trên Đồng bằng thì phải tìm được một công cụ tính toán có thể dự báo được các biên biên (mực nước, độ mặn) phụ thuộc vào các điều kiện khai thác trên đồng bằng, biến đổi thượng lưu, gió chướng, nước dâng. Trên cơ sở đó đã hình thành đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ về dự báo biên mực nước và độ mặn ở cửa sông Đồng Bằng sông Cửu Long dựa trên việc ghép nối mô hình 1 chiều trong sông và 2 chiều ngang trên biển. Đề tài đã được nghiệm thu năm 2007. Cơ sở học thuật về cơ bản là như sau. Ta biết rằng đủ xa ngoài biển độ mặn không chịu ảnh hưởng của nước ngọt trong sông và giữ một giá trị không đổi theo mùa (khoảng 34-35g/l). Mặt khác phương pháp hằng số điều hoà cũng phát triển đủ tốt để dự báo mực nước triều thiên văn với độ chính xác chấp nhận được. Vì thế đối với bài toán hai chiều ngang ngoài biển ta đủ dữ kiện (kể cả ảnh hưởng của gió) để tính triều và mặn. Với bài toán một chiều trong sông, các biên thượng lưu cũng có thể dự báo được bằng các phương pháp thủy văn. Vấn đề còn lại là làm thế nào nối được bài toán một chiều và hai chiều tại các cửa sông (điểm nối). Đó là nội dung của mô hình ghép nối 1-2 chiều để tính mực nước và độ mặn tại các cửa sông ĐBSCL.

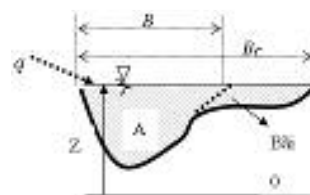
II. Ghép mô hình một chiều trong sông với mô hình hai chiều ngang trên biển

2.1- Phần một chiều: Theo truyền thống, hệ phương trình Saint-Venant và lan truyền chất một chiều sau đây được sử dụng để mô tả quá trình dòng chảy và lan truyền chất trong hệ thống kênh sông với các điều kiện sử dụng nước khác nhau:

$$B_c \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{gn^2 B^{4/3} |Q|}{A^{7/3}} - BL_1 W^2 \cos \psi = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{Q}{A} \frac{\partial S}{\partial x} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial S}{\partial x} \right) - \frac{q + Q_r + Q_m}{A} S + \frac{q S_q + Q_r S_r}{A} \quad (3)$$



Hình 1

Trong đó (Xem hình 1): Q (m^3/s) là lưu lượng, Z (m) là mực nước so với cao độ chuẩn; A (m^2), B (m) tương ứng là diện tích và chiều rộng chảy của mặt cắt ngang; B_c (m) là chiều rộng mặt nước (gồm cả phần trữ); g (m^2/s) là gia tốc trọng lực; n à hệ số nhám Manning, không thứ nguyên; q (m^2/s) là lưu lượng gia nhập trên một đơn vị chiều dài dọc sông ; W là vận tốc gió ở độ cao 10m; ψ là góc của vận tốc gió với trục sông; L_1 là hệ số; x là tọa độ dọc trục sông; t là thời gian. $S(x,t)$ là độ mặn trung bình (hay chất bảo toàn, trong trường hợp này có thêm số hạng chuyển hóa do các nguyên nhân khác nhau) trên mặt cắt ngang sông; q là lưu lượng gia nhập trên một đơn vị chiều dài như bơm, tưới, nguồn thải, S_q là độ mặn trong nguồn gia nhập, trong trường hợp q là nước lấy từ sông (bơm, tưới) thì $S_q = S$; Q_r là nước trao đổi giữa sông và ruộng và S_r là độ mặn trong Q_r , nếu Q_r là nước chảy từ sông vào ruộng thì $S_r = S$; Q_m là nước mưa (giả thiết không có độ mặn trong nước mưa);

D là hệ số phân tán dọc (dispersion coefficient, đã bỏ chỉ số x cho đơn giản cách viết); Q là lưu lượng của dòng chảy trong sông được tính từ mô hình thủy lực (lưu ý đơn vị của q, Q, hay Q_m là L^2/T).

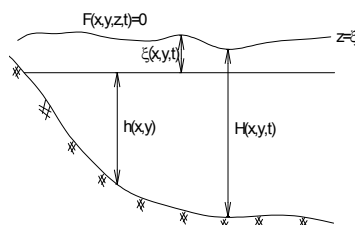
2.2- Phần hai chiều: Thông thường hệ Saint-Venant và lan truyền chất 2 chiều ngang sau đây được sử dụng cho các bài toán ngoài biển (Hình 2):

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(HU) + \frac{\partial}{\partial y}(HV) = q \quad (4)$$

$$\delta_U \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial U}{\partial t} + \xi \left(U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} \right) + \sigma U - fV + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} = \lambda_1 + N \Delta(HU) \quad (5)$$

$$\delta_V \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \left[\frac{\partial V}{\partial t} + \xi \left(U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} \right) \right] + fU + \sigma V + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} = \lambda_2 + N \Delta(HV) \quad (6)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} + V \frac{\partial C}{\partial y} - \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial x} (HD_x \frac{\partial C}{\partial x}) - \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial y} (HD_y \frac{\partial C}{\partial y}) = \frac{q(C_q - C)}{H} \quad (7)$$



Hình 2

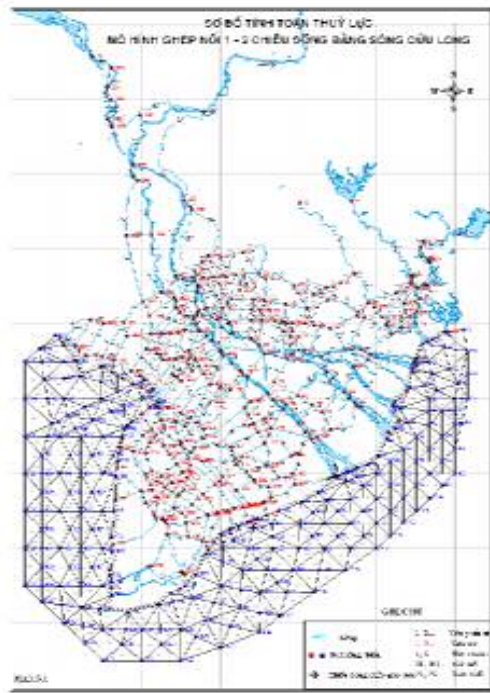
Trong đó ζ là mực nước biển, H là độ sâu, U, V là 2 thành phần vận tốc nằm ngang, C là độ mặn, f, σ , N, λ , D,.. là các hệ số.

Các phương trình (1) - (2) được giải bằng phương pháp sai phân ẩn 4 điểm của Preissmann. Phương trình (3) được giải bằng phương pháp phân rã kết hợp với đường đặc trưng [1,3]. Hệ (4) đến (7) được giải bằng phương pháp phần tử hữu hạn lưới tam giác. Điều kiện nối giữa mô hình một và 2 chiều là bảo đảm điều kiện cân bằng lưu lượng (vào bằng ra) tại cửa sông, và mực nước sông biển phải bằng nhau. Giải đồng thời hệ 1 và 2 chiều [2,3] từ đó các giá trị mực nước, lưu lượng, độ mặn tại các cửa sông được tính từ mô hình (không phải cho trước như các mô hình truyền thống).

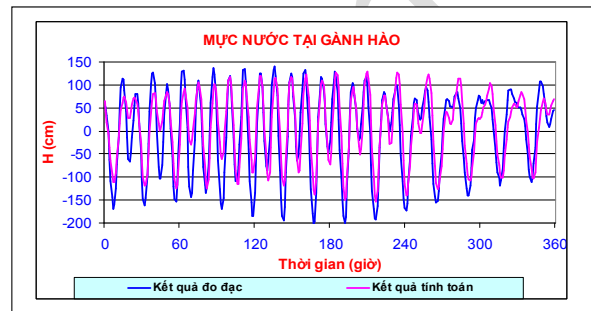
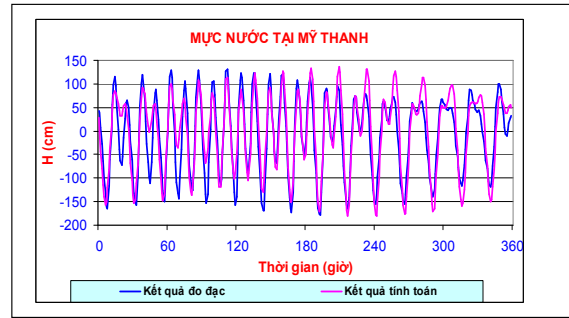
III- Ứng dụng mô hình ghép nối

3.1- Kiểm tra hiệu chỉnh mô hình:

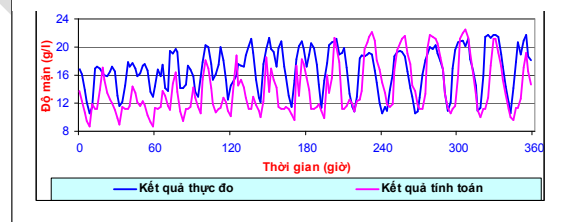
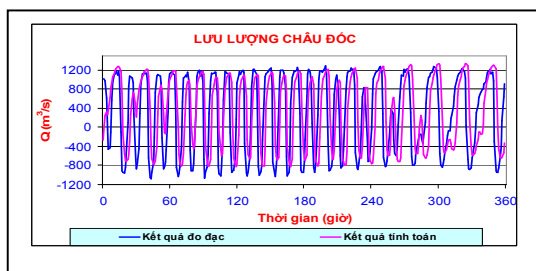
Để kiểm tra tính đúng đắn một sơ đồ tính của mô hình ghép nối gồm phần một chiều từ Kratie ra biển, và phần 2 chiều với 353 phần tử tam giác, 224 nút (hình 3). Việc lấy nước trên Đồng Bằng tùy thuộc từng tháng (phân theo 10 ngày một) được phân bổ trên 271-285 điểm. Một số kết quả tính trên hình 4 (a,b) về mực nước, lưu lượng, độ mặn với số liệu 2004 cho thấy mô hình ghép nối có thể sử dụng cho các kịch bản sử dụng nước trong tương lai với các điều kiện biến đổi về thượng lưu và nước dâng trên biển



Hình 3: Sơ đồ ghép nối 1-2 chiều dùng tính toán cho quy hoạch



Hình 4a: Một số kết quả tính kiểm tra mực nước của mô hình ghép nối 1-2 chiều



Hình 4b: Một số kết quả tính kiểm tra lưu lượng và độ mặn của mô hình ghép nối 1-2 chiều

3.2- Ứng dụng trong tính toán quy hoạch các công trình trên sông lớn

Mô hình ghép nối 1-2 chiều đã được sử dụng để dự báo biên mực nước và độ mặn tại các cửa sông ở ĐBSCL vào thời kỳ 2025 khi chưa có nước biển dâng và khi nước biển dâng 35cm trong điều kiện ngăn các cửa sông lớn. Sơ đồ tính một chiều trong sông gồm 2308 nhánh sông kênh, 6435 mặt cắt, 19 biên nổi sông biển, 159 công trình, 800 ô ruộng. Phần 2 chiều gồm 353 phần tử tam giác, 224 nút. Mô phỏng được thực hiện cho cả mùa lũ lẫn mùa kiệt.

Các kịch bản tính toán :

- a) Kịch bản phát triển tài nguyên nước mùa lũ:
 - + ĐBSCL: Như phương án lâu dài của quy hoạch lũ được duyệt năm 1999.
 - + Vùng đất Cấm pu chia lên đê bao cả năm
 - + Lũ năm 2000, mưa 10%
 - + Mực nước triều dự báo tới 2025 có tính tới mực nước biển dâng 0,35 m
- b) Kịch bản phát triển tài nguyên nước mùa kiệt

b1) Kịch bản 1:

+ Yêu cầu sử dụng nước như năm 2004 ở ĐBSCL

+ Biên thượng lưu tần suất 75%

+ Biên triều biển dự báo tới 2025 có tính tới mực nước biển dâng 0,35 m

b2) Kịch bản 2:

+ Yêu cầu sử dụng nước định hướng tới năm 2025 ở ĐBSCL

+ Biên thượng lưu tần suất 75% nhưng giảm 20%

+ Biên triều biển dự báo tới 2025 có tính tới mực nước biển dâng 0,35 m

b3) Kịch bản 3: Như kịch bản 2 nhưng biên thượng lưu giảm đi 40%

Mỗi kịch bản trên gồm 7 trường hợp tính toán tương ứng lần lượt như sau:

Trường hợp 1 (TH1): có cống Ba Lai (đóng, và xem như một hiện trạng chưa có cống trên các cửa sông lớn),

Trường hợp 2 (TH2): TH1 cộng với cống Cái lớn- Cái bé,

Trường hợp 3 (TH3): TH2 cộng với cống Vàm Cỏ,

Trường hợp 4 (TH4): TH3 cộng với cống Hàm Luông,

Trường hợp 5 (TH5): TH4 cộng với cống Cổ chiên,

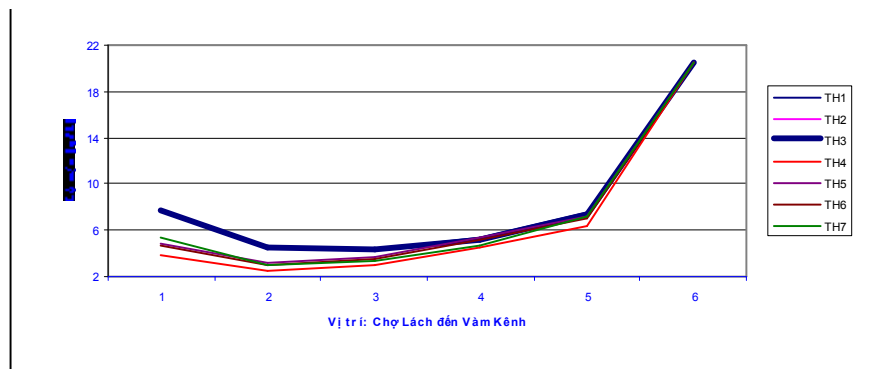
Trường hợp 6 (TH6): TH5 cộng với cống Cửa tiêu,

Trường hợp 7 (TH7) : TH6 cộng với cống Trần Đề, Định an (trường hợp có các cống trên các cửa sông lớn).

Hình 5 và bảng 1, 2 là một số kết quả về độ mặn max tương ứng với 7 trường hợp cống. (Kịch bản 3). Kết quả chi tiết được công bố trong đề tài nghiên cứu khoa học về các công trình ngăn sông lớn của Viện Khoa học thủy lợi Việt nam.

Bảng 1: Độ mặn max (g/L) từ Cần thơ tới cửa Định an trong 7 trường hợp

| Vị trí | Mặt cắt | TH1 | TH2 | TH3 | TH4 | TH5 | TH6 | TH7 |
|-------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Cần Thơ | 519 | 0.99 | 0.58 | 0.65 | 0.67 | 1.23 | 0.74 | 0.7 |
| | 522 | 1.13 | 0.75 | 0.81 | 0.84 | 1.41 | 0.97 | 0.92 |
| | 525 | 1.56 | 1.26 | 1.32 | 1.38 | 1.99 | 1.73 | 1.67 |
| | 527 | 1.89 | 1.6 | 1.65 | 1.73 | 2.36 | 2.27 | 2.2 |
| | 543 | 3.03 | 2.74 | 2.78 | 2.91 | 3.58 | 4.16 | 4.06 |
| | 549 | 5.2 | 4.93 | 4.96 | 5.11 | 5.79 | 7.8 | 7.69 |
| | 552 | 9.47 | 9.25 | 9.3 | 9.49 | 10.15 | 12.51 | 12.57 |
| | 556 | 17.8 | 17.72 | 17.74 | 17.84 | 18.15 | 19.78 | 19.82 |
| Cửa Định An | 559 | 20.57 | 20.53 | 20.54 | 20.59 | 20.77 | 21.62 | 21.6 |
| | 562 | 24.72 | 24.72 | 24.72 | 24.72 | 24.73 | 24.77 | 24.77 |



Bảng 2: Độ mặn max (g/L) từ Mộc Hóa tới ngã ba Sòai Rạp-Vàm Cỏ trong 7 trường hợp

| Vị trí | Mặt cắt | TH1 | TH2 | TH3 | TH4 | TH5 | TH6 | TH7 |
|------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Vàm Cỏ (Mộc Hóa) | 4888 | 0.56 | 0.23 | 0.29 | 0.32 | 0.7 | 0.3 | 0.28 |
| | 4890 | 0.55 | 0.23 | 0.29 | 0.31 | 0.69 | 0.3 | 0.28 |
| | 4892 | 0.62 | 0.27 | 0.31 | 0.34 | 0.76 | 0.34 | 0.31 |
| | 4894 | 0.77 | 0.34 | 0.39 | 0.43 | 0.93 | 0.42 | 0.39 |
| | 4896 | 0.71 | 0.35 | 0.38 | 0.43 | 0.92 | 0.42 | 0.38 |
| | 4898 | 0.7 | 0.34 | 0.38 | 0.4 | 0.89 | 0.41 | 0.38 |
| | 4900 | 0.73 | 0.38 | 0.41 | 0.41 | 0.9 | 0.42 | 0.39 |
| | 4902 | 0.75 | 0.41 | 0.43 | 0.42 | 0.92 | 0.43 | 0.4 |
| | 4904 | 0.78 | 0.45 | 0.45 | 0.44 | 0.96 | 0.45 | 0.42 |
| | 4906 | 0.85 | 0.52 | 0.48 | 0.47 | 0.97 | 0.48 | 0.45 |
| | 4908 | 0.94 | 0.62 | 0.53 | 0.51 | 1.01 | 0.53 | 0.5 |
| | 4910 | 1.59 | 1.27 | 0.84 | 0.84 | 1.33 | 0.87 | 0.84 |
| | 4912 | 2.02 | 1.71 | 1.11 | 1.1 | 1.59 | 1.14 | 1.11 |
| | 4914 | 2.15 | 1.84 | 1.19 | 1.17 | 1.67 | 1.22 | 1.19 |
| | 4916 | 2.59 | 2.29 | 1.48 | 1.44 | 1.95 | 1.51 | 1.48 |
| | 4918 | 4.32 | 4.04 | 2.61 | 2.5 | 3.02 | 2.62 | 2.6 |
| | 4920 | 6.22 | 5.96 | 3.93 | 3.77 | 4.3 | 3.93 | 3.92 |
| 4922 | 7.4 | 7.16 | 4.81 | 4.62 | 5.13 | 4.78 | 4.78 | |
| 4924 | 8.43 | 8.2 | 5.65 | 5.46 | 5.96 | 5.62 | 5.63 | |
| 4926 | 10.91 | 10.72 | 7.8 | 7.6 | 8.08 | 7.78 | 7.81 | |
| 4928 | 12.19 | 12.01 | 9.13 | 8.95 | 9.41 | 9.13 | 9.19 | |
| 4931 | 16.17 | 16.04 | 13.85 | 13.73 | 14.1 | 13.9 | 14.03 | |
| 5832 | 24.76 | 24.72 | 24.91 | 24.95 | 25.14 | 25.13 | 25.37 | |
| Ngã ba | 5834 | 25.58 | 25.54 | 25.71 | 25.72 | 25.87 | 25.87 | 26.04 |
| sông Sòai Rạp | 5836 | 26.5 | 26.47 | 26.91 | 26.92 | 27.03 | 27.03 | 27.15 |

Hình vẽ 5 và 2 bảng 1,2 chỉ cho ví dụ về kết quả tính toán. Những phân tích chi tiết được nêu trong đề tài, tuy nhiên ta thấy một số điều thú vị về tương tác và vai trò của các công trên sông lớn, chẳng hạn khi làm công Cái lớn-Cái bé (TH2) thì độ mặn một đoạn dưới Cần thơ có giảm, cũng tương tự với sông Vàm cỏ.

IV. Vài lời kết luận

Một số kiểm chứng và ứng dụng cho thấy mô hình ghép nối 1-2 chiều là một công cụ hữu hiệu và không thể thiếu cho công tác quy hoạch trong tương lai khi cần xem xét ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, nước biển dâng cũng như sự thay đổi các điều kiện sử dụng nước ở thượng lưu và trên Đồng bằng. Kết quả cho ra từ mô hình cho thấy được bức tranh toàn cảnh của Đồng bằng trong các trường hợp khác nhau. Điều thú vị của mô hình ghép nối là khắc phục được việc đòi hỏi về điều kiện biên (phải đo) ở các cửa trong trường hợp chính các điều kiện này lại bị ảnh hưởng bởi việc sử dụng nước trên Đồng bằng và trên thượng lưu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Tất Đắc (2005), Mô hình toán cho dòng chảy và chất lượng nước trên hệ thống kênh sông, NXB Nông Nghiệp.
2. Lương Quang Xô (2007), Nghiên cứu tính toán triều mặn vùng cửa sông Đồng bằng sông Cửu long có xét đến tương tác động lực sông biển, Luận án Tiến sỹ kỹ thuật.
3. Nguyễn Tất Đắc, Lương Quang Xô và các cộng sự (2006), Báo cáo tổng kết Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ “ Nghiên cứu xác định biên tính toán thủy lực và mặn Đồng bằng sông Cửu Long”, Viện Quy hoạch thủy lợi miền Nam.