

ĐẶC ĐIỂM XÂM NHẬP MẶN HẠ LƯU SÔNG ĐỒNG NAI MÔ HÌNH TÍNH TOÁN VÀ DỰ BÁO

Vũ Đình Chính, Đậu Văn Ngo, Nguyễn Việt Kỳ

Trường Đại học Bách Khoa - Đại học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh

(Bài nhận ngày 04 tháng 08 năm 2003)

TÓM TẮT: Bài viết gồm 2 phần chính:

Phần 1: Giới thiệu khái quát về đặc điểm xâm nhập mặn hạ lưu sông Đồng Nai - Sài Gòn.

Phần 2: Trên cơ sở của bài toán dòng chảy không ổn định và phần mềm MK4, tác giả xây dựng mô hình dự báo nhiễm mặn của vùng cửa sông Đồng Nai - Sài Gòn.

Hệ thống sông Đồng Nai (hình 1) bao gồm sông Đồng Nai và bốn phụ lưu lớn: Sông Bé, sông La Ngà, sông Sài Gòn và sông Vàm Cỏ với lưu vực 37.400km² bao trùm các tỉnh miền Đông Nam Bộ là nguồn cung cấp nước chủ yếu cho các hoạt động kinh tế - xã hội của khu vực. Nhiều công trình thủy lợi, thủy điện đầu nguồn được xây dựng, sự thay đổi về chất lượng môi trường nước cũng như chế độ xâm nhập mặn của hệ thống sông bị thay đổi đáng kể do sự xuất hiện của các công trình này.

Bài báo này giới thiệu đặc điểm xâm nhập mặn và xây dựng mô hình dự báo ranh giới xâm nhập mặn dưới tác động riêng lẻ của đập thủy điện Trị An.

I/ Đặc điểm xâm nhập mặn ở hạ du sông Đồng Nai - Sài Gòn

Xâm nhập mặn là một hiện tượng quan trọng và đáng chú ý hơn cả ở phần hạ lưu sông Đồng Nai - Sài Gòn, nó ảnh hưởng tới sự khai thác nguồn nước. Với đặc điểm lòng dẫn sâu, độ dốc đáy sông nhỏ, biên độ triều lớn, do đó nước mặn theo dòng triều xâm nhập rất cao lên thượng lưu, đặc biệt là các tháng giữa và cuối mùa khô (tháng III-V).

Mặn xâm nhập sâu trong mùa khô kéo dài đã gây nhiều khó khăn đối với sản xuất nông nghiệp và sinh hoạt cho nhân dân trong vùng (chủ yếu gồm các huyện Nhà Bè, Bình Chánh, và Thủ Đức của Tp. Hồ Chí Minh; Cần Giuộc, Bến Lức của Long An; Long Thành của Đồng Nai và Châu Thành của Bà Rịa - Vũng Tàu). Độ mặn nước sông của một số vị trí ở hạ lưu sông Đồng Nai được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1: Độ mặn lớn bình quân và độ mặn lớn nhất (g/l) tại một số vị trí ở hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai trước khi có đập Dầu Tiếng - Trị An. [1]

Vị trí	Đặc trưng	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Cái Lái	S_{bqmax}		6.3	8.8	12.2	13.4	7.7	3.7	0.4	1.5
	S_{max}		6.6	11.2	14.8	15.7	10.4	4.5	0.7	
Nhà Bè	S_{bqmax}	5.5	10.1	12.1	16.0	18.6	16.3	11.9	3.9	1.5
	S_{max}		12.5	15.6	19.5	20.8	26.7	18.6	9.5	
Phú An	S_{bqmax}		1.9	3.7	6.4	8.8	6.1	1.4		1.5
	S_{max}		2.4	4.9	7.2	10.0	7.8	1.5		

Cầu Nối	S_{bqmax}	1.8	3.5	11.8	13.0	19.0	14.8	7.7	2.2	1.0
	S_{max}		5.2	14.7	17.1	23.7	27.3	21.0	3.5	1.1
Cần Giuộc	S_{bqmax}	1.8	3.5	6.0	11.0	12.6	12.6	6.4	3.0	1.0
	S_{max}		5.2	9.4	16.6	17.1	20.9	14.4	3.5	1.0
Chợ Đệm	S_{bqmax}	2.4	5.4	6.5	7.8	3.7	8.2	4.8	2.6	2.4
	S_{max}	2.3	7.4	10.7	12.2	13.0	10.4	6.4	3.6	1.0

Trên sông Đồng Nai trong điều kiện tự nhiên, mặn 1g/l trung bình hàng năm có thể lên đến cầu Đồng Nai (124 km từ cửa biển), tương tự như thế tới Tương Bình Hiệp (145 km từ biển) trên sông Sài Gòn và trên Hiệp Hòa (151 km từ biển) trên sông Vàm Cỏ Đông. Những năm kiệt lịch sử, ranh giới này có thể lên cao thêm chừng 10 km. Như vậy, mặn có thể ảnh hưởng trực tiếp đến các vị trí cấp nước hiện nay như Hóa An (sông Đồng Nai) và Bến Than (sông Sài Gòn), nếu như không có biện pháp gia tăng dòng chảy kiệt. (Xem bảng2).

Bảng 2. Ranh giới trung bình xuất hiện độ mặn 1 và 4 g/l trên sông Đồng Nai. [1]

Sông	Độ mặn 1 g/l	Khoảng cách	Độ mặn 4 g/l	Khoảng cách
	Ranh giới	L(km) từ cửa	Ranh giới	L(km) từ cửa
Đồng Nai	Cầu Đồng Nai	124 (+10)	Tắc Thầy Bảy	112 (+6)

Ranh giới mặn nhạt vùng hạ lưu sông Đồng Nai diễn biến rất phức tạp vì đây là vùng ảnh hưởng rất lớn của chế độ thủy triều. Ranh giới này biến đổi theo không gian, thời gian và phụ thuộc rất nhiều vào lưu lượng thượng nguồn của các con sông trong lưu vực và nhất là khi công trình thủy điện Trị An xuất hiện thì diễn biến của quá trình nhiễm mặn ở đây càng phức tạp hơn nhiều.

Hồ Trị An làm yếu đi lưu lượng xả trong thời gian trữ nước (mùa lũ) song sẽ hoạt động với một thể nước cao gấp bội so với thể nước tự nhiên (62 – 64m). Độ dốc mặt nước tăng lên, lưu tốc tăng. Như vậy, công trình hồ Trị An đưa nguồn ra gần biển hơn. Do đó, ảnh hưởng của biển phía hạ lưu sông Đồng Nai sẽ bị thu hẹp. Trong điều kiện như vậy, biểu hiện rõ nét nhất là những thay đổi về thời gian và ranh giới nhiễm mặn (1g/l) của sông. Kết quả đo độ mặn trong những năm gần đây cho ta thấy rõ điều đó. Từ năm 1989 đến nay, diễn biến mặn trên sông Đồng Nai có xu thế tốt hơn, nhất là trong mùa kiệt. Khi chưa có đập Trị An ranh giới mặn (1g/l) là cầu Đồng Nai có khi lên đến tận nhà máy nước cầu Hóa an, sau khi đập thủy điện Trị An xuất hiện ranh giới này đã bị đẩy lùi xuống hơn 30km tức ở dưới Long Đại. Tuy nhiên do mùa lũ, nước còn phải được tích lại trong hồ, nên ngay giữa mùa lũ ở phần gần cửa sông nước mặn xâm nhập sâu hơn so với tự nhiên, điều này biểu hiện khá rõ nét ở vùng cửa biển.

II/ Tính toán xâm nhập mặn:

Như phần trên đã nêu, quá trình xâm nhập mặn có ý nghĩa rất quan trọng nhưng lại diễn biến rất phức tạp. Vì thế phải dự báo và điều khiển ranh giới mặn thông qua điều tiết nước ở thủy điện Trị An. Trong phần này trình bày kết quả nghiên cứu diễn biến xâm nhập mặn trên sông Đồng Nai bằng phương pháp mô phỏng số dưới ảnh hưởng của thủy điện Trị

An. Kết quả mô phỏng cho thấy thủy điện Trị An có vai trò tích cực trong việc đẩy mặn ở hạ lưu hệ thống sông Sài Gòn – Đồng Nai.

1/ Phương trình cơ bản:

Dòng chảy và vận tải chất trong hệ thống sông thường được quan niệm là bài toán 1 chiều không ổn định và được mô tả bởi hệ phương trình cơ bản [7] cùng các điều kiện biên sau:

*Phương trình cơ bản:

- Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{B} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{q}{B} = 0 \quad (1)$$

- Phương trình động lượng

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial z}{\partial x} + gA \frac{|Q|Q}{K^2} - \left(u_a - \frac{Q}{A} \right) q = 0 \quad (2)$$

- Phương trình vận tải chất:

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(QC - DA \frac{\partial C}{\partial x} \right) = S \quad (3)$$

Trong đó Q – lưu lượng dòng chảy; z – mực nước; A và B – diện tích mặt cắt ướt và bề rộng mặt thoáng; K – mô-đun lưu lượng; q – lưu lượng gia nhập theo chiều dài; u_a – thành phần dọc trục của vận tốc gia nhập; C – nồng độ chất; D – hệ số khuếch tán rối; S – thành phần nguồn.

Mô-đun lưu lượng, K, được tính:

$$K = \frac{1}{n} AR^{2/3} \quad (4)$$

Hệ số khuếch tán rối, D, được tính theo công thức [6]:

$$D = 3.132k.n.V.d^{5/6} \quad (5)$$

Với R – bán kính thủy lực; V – vận tốc dòng chảy; n – hệ số nhám Manning; d – độ sâu trung bình; k – hệ số kinh nghiệm, có giá trị trong khoảng 10-3000.

* Điều kiện biên:

Ta phân biệt loại 2 biên: đầu nguồn và cửa biển. Ở đầu nguồn, lưu lượng và khối lượng chất chảy vào được áp đặt theo thời gian. Tại cửa biển, mực nước được áp đặt theo thủy triều. Còn đối với phương trình truyền chất, nếu nước chảy từ biển vào sông thì nồng độ tại đây được lấy là 30g/lít; ngược lại, khi nước chảy ra, ta dùng điều kiện biên Neumann ($\partial C / \partial x = 0$).

2/ Phương pháp giải:

Các phương trình liên tục và động lượng (1)-(2) được giải trước theo phương pháp sai phân hữu hạn, sơ đồ Preismann. Phương trình vận tải chất (3) được giải theo phương pháp thể tích hữu hạn, sau khi đã có lời giải của các phương trình (1)-(2). Phương pháp giải này đã được trình bày trong tài liệu [2]. Quá trình giải có thể tóm tắt như sau.

Mạng sông được phân tích thành các nhánh, chúng nối với nhau tại các nút. Các nút có thể có hoặc không có thể tích. Sau đó các nhánh sông lại được chia thành các đoạn tính, phân cách bởi các mặt cắt. Cho mỗi đoạn tính, phương trình (1) và (2) được phân rã theo các công thức sai phân và tuyến tính hoá theo sơ đồ Adam-Bashforth thành 2 phương trình tuyến tính dạng:

$$\begin{cases} \Delta z_i - f_{1,i} \Delta Q_i + \Delta z_{i+1} + f_{1,i} \Delta Q_{i+1} = f_{2,i} \\ -f_{4,i} \Delta z_i + f_{3,i} \Delta Q_i + f_{4,i} \Delta z_{i+1} + f_{5,i} \Delta Q_{i+1} = f_{6,i} \end{cases} \quad (6)$$

Trong đó Δz và ΔQ là gia tăng của mực nước và lưu lượng sau mỗi bước thời gian tính tại các mặt cắt; $f_{1,i} - f_{6,i}$ là các hệ số của phương trình sai phân; chỉ số i ký hiệu cho mặt cắt thứ i . Nếu nhánh kênh có N mặt cắt (tức là nhánh kênh được chia thành $N-1$ đoạn tính), sau khi sai phân ta sẽ được hệ $2(N-1)$ phương trình dạng (6) cho $2N$ ẩn số là Δz và ΔQ tại N mặt cắt. Hệ phương trình này chưa thể giải vì còn thiếu 2 phương trình. Tuy nhiên, từ hệ này ta có thể rút ra:

$$\begin{cases} \Delta Q_1 = S_{11} \Delta z_1 + S_{12} \Delta z_N + R_1 \\ \Delta Q_N = S_{21} \Delta z_1 + S_{22} \Delta z_N + R_2 \end{cases} \quad (7)$$

z_1 và z_N chính là mực nước tại nút đầu và nút cuối của nhánh kênh, còn Q_1 và Q_N chính là lưu lượng chảy vào nút. Tại các nút, ta có phương trình cân bằng:

$$S_j \frac{dz_j}{dt} = \sum Q_{k,j} + Q_{b,j} \quad (8)$$

Trong đó Z_j là mực nước tại nút j ; S_j là diện tích nút; $Q_{k,j}$ là lưu lượng từ nhánh kênh k chảy vào nút j ; $Q_{b,j}$ là lưu lượng biên của nút j . Sai phân (8) rồi thay các phương trình (7) vào, ta được hệ phương trình cho biến thiên mực nước tại các nút:

$$[K][\Delta Z] = [F] \quad (9)$$

Với $[K]$ và $[F]$ là ma trận và vector hệ số. Hệ phương trình (9) được giải cùng với điều kiện biên mực nước và mực nước tính được tại 2 đầu nhánh kênh này được dùng làm điều kiện biên cho hệ phương trình (6) để giải mực nước và lưu lượng tại các mặt cắt trên các nhánh kênh.

Đối với phương trình (3), nó cũng được phân rã để trở thành dạng, tại mặt cắt i :

$$A_p \cdot \Delta C_i - A_E \cdot \Delta C_{i+1} - A_w \cdot \Delta C_{i-1} = Src \quad (10)$$

Phối hợp với phương trình bảo toàn tại nút, ta cũng rút ra được hệ phương trình cho nồng độ tại nút, dạng:

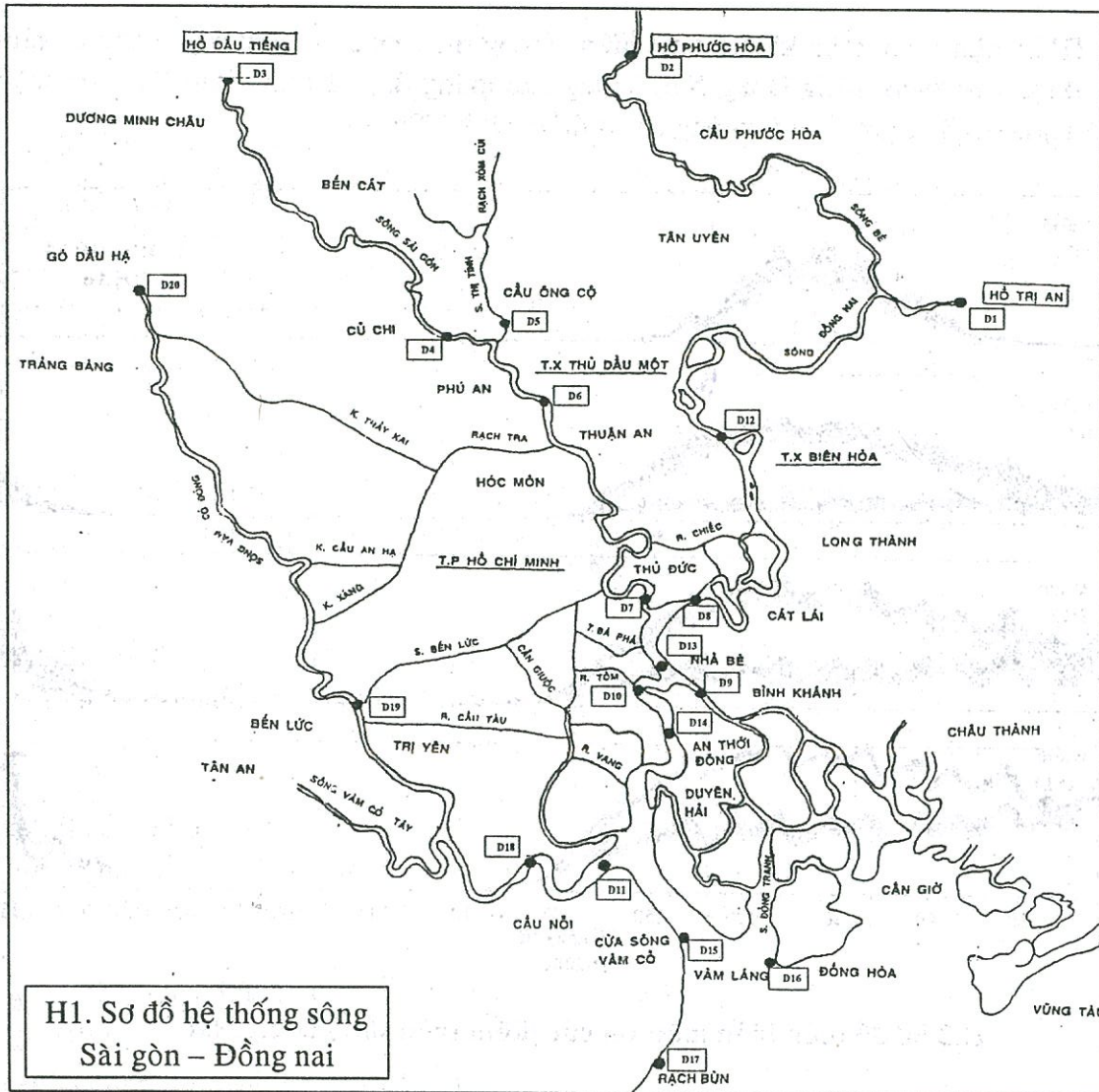
$$[K'][\Delta C] = [F'] \quad (11)$$

Giải hệ (11), dùng nồng độ tại nút làm điều kiện biên cho từng nhánh để giải hệ (10) cho từng nhánh kênh.

Các tính toán ở đây được thực hiện bằng phần mềm MK4 [2].

3/ Mô hình tính toán mạng sông Sài Gòn - Đồng Nai:

Hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai được mô hình hoá thành mạng lưới tính toán với 102 nhánh, 75 nút. Các nhánh kênh được chia thành 1130 đoạn tính toán với chiều dài mỗi đoạn xấp xỉ 1000m và được mô tả bởi 1232 mặt cắt.



H1. Sơ đồ hệ thống sông
Sài gòn - Đồng nai

4/ Kết quả tính:

* Hiệu chỉnh mô hình:

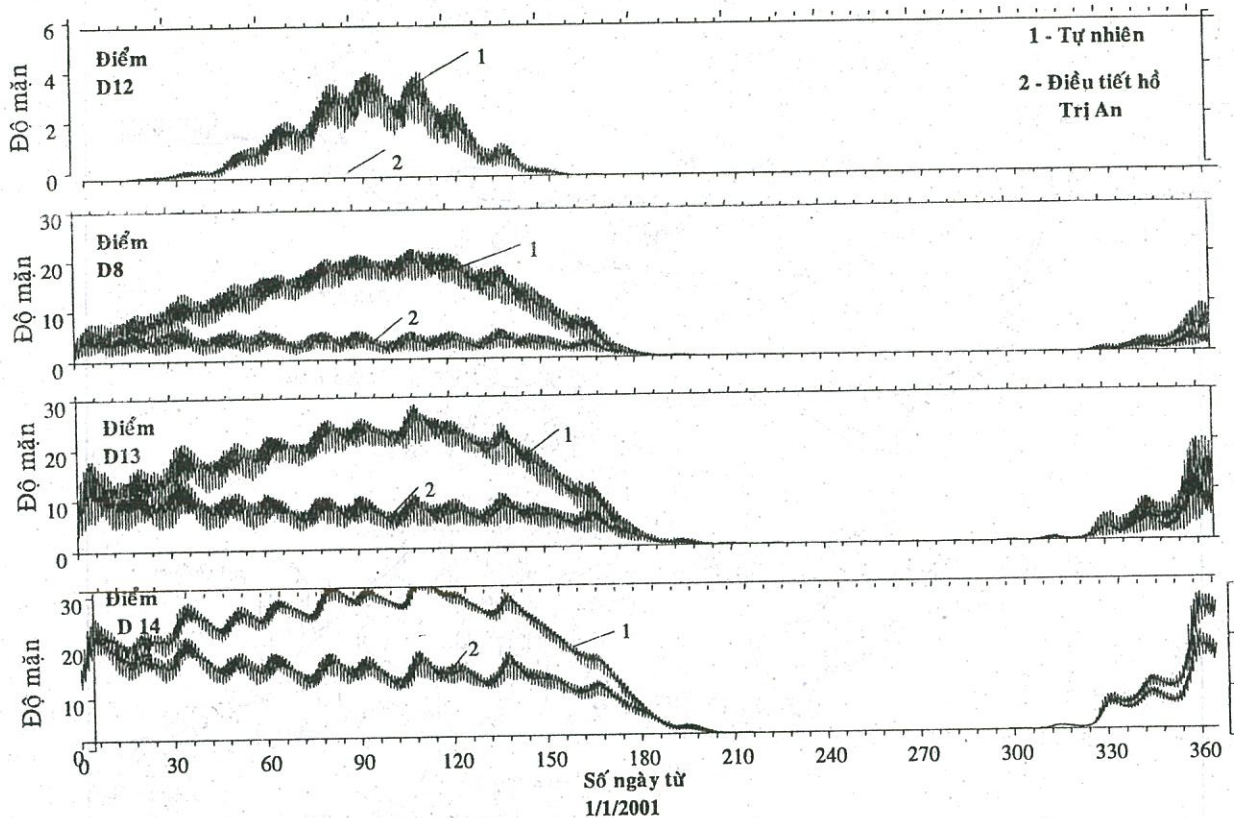
Hệ số nhám Manning n và hệ số kinh nghiệm k trong công thức tính hệ số khuếch tán rối (5) là các hệ số cần phải hiệu chỉnh. Có nhiều đợt đo đạc các số liệu thủy văn và chất lượng nước đã được thực hiện [1, 2]. Các tính toán cũng đã được tiến hành [1, 3, 7]. Trong bài viết này, số liệu thực đo của Viện NCTL Nam Bộ [1] trong khoảng thời gian từ 26/12/2001 tới 26/01/2002 được sử dụng cho việc hiệu chỉnh này. Có 20 điểm đo rải khắp hệ thống sông. Nhìn chung biên độ mực nước tính toán hơi nhỏ hơn số liệu đo. Tuy nhiên có sự tương đồng khá tốt giữa kết quả tính và số liệu đo lưu lượng, đặc biệt là trùng pha.

III/ Mô phỏng diễn biến xâm nhập mặn năm 2001

Xâm nhập mặn trên sông Đồng Nai theo 2 phương án có và không có điều tiết hồ Trị An được mô phỏng cho cả năm 2001. Lưu lượng trung bình tháng tại đầu nguồn và mực nước giữ tại Vũng Tàu được sử dụng làm các điều kiện biên.

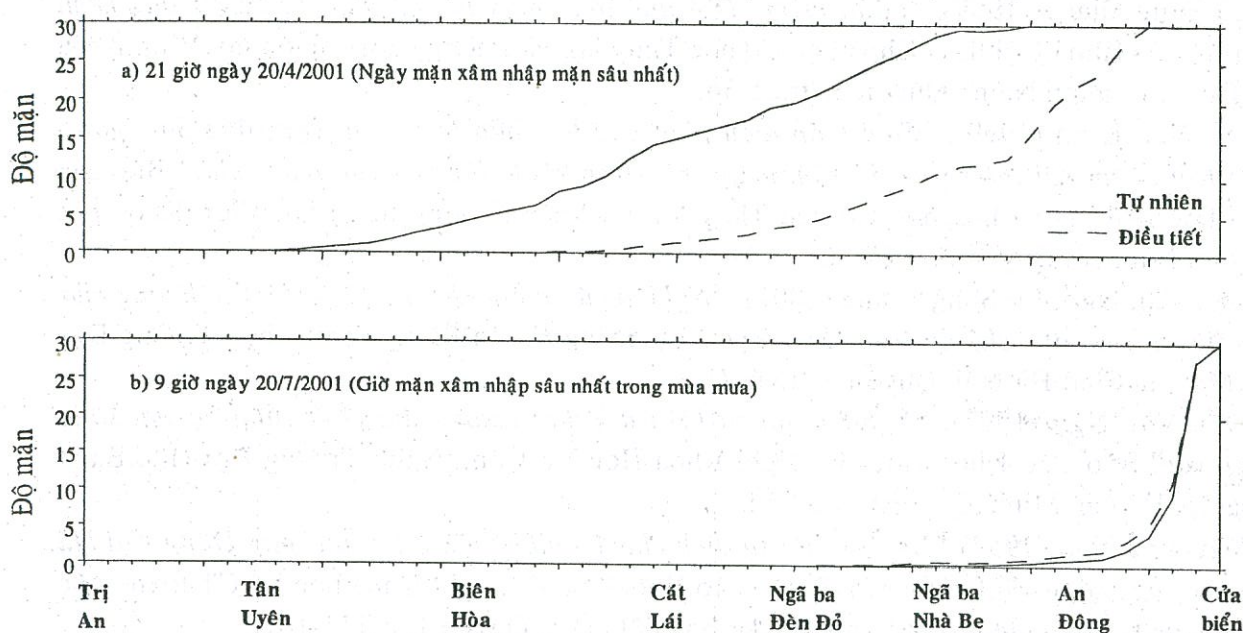
Hình H.2 trình bày diễn biến độ mặn trong năm tại các điểm D12, D8, D13 và D14 cho 2 trường hợp này. Trong mùa khô (từ tháng 1 tới tháng 5), điều tiết của hồ Trị An làm giảm đáng kể độ mặn trên sông Đồng Nai. Vào cuối mùa khô, khi mặn xâm nhập cao nhất, tại điểm D8 (Cát Lái), độ mặn đã giảm từ 22‰ xuống còn khoảng 5-7‰. Tại điểm D14 (An Thới Đông), độ mặn cũng đã giảm một nửa, từ 29‰ xuống còn khoảng 16‰. Tại Hóa

an (điểm D12) mặn hoàn toàn không xuất hiện. Trong mùa mưa, mặn hầu như không xâm nhập sâu được vào trong sông Đồng Nai. Trong các tháng 8, 9, 10 tại điểm D14, độ mặn không vượt quá 0,1‰ ngay cả khi không có sự điều tiết hồ Trị An.



H.2 Sơ đồ diễn biến mặn tại các điểm trên sông Đồng Nai

Hình H.3 trình bày phân bố mặn trên sông Đồng Nai trong 2 mùa, mùa khô và mùa mưa. Vào lúc 20 giờ ngày 20/04/2001 - thời điểm trong năm 2001 mà mặn xâm nhập sâu nhất - nếu không có hồ Trị An, tại Biên Hoà, độ mặn có thể lên tới gần 5‰ nhưng khi có hồ Trị An điều tiết, mặn 5‰ chỉ lên tới ngã ba Nhà Bè (cách Biên Hoà khoảng 43km). Vào mùa mưa, Trị An có ảnh ngược lại, mặn xâm nhập sâu hơn. Tuy nhiên, biến đổi độ mặn chỉ xảy ra ở vùng cửa sông.



H.3 Biểu đồ phân bố độ mặn sông Đồng Nai của thủy điện Trị An

KẾT LUẬN:

Ranh giới xâm nhập mặn trên sông Đồng Nai – Sài Gòn từ khi có đập thủy điện Trị An về mùa khô đã bị đẩy lùi về phía hạ lưu trung bình 30km.

Một mô hình nghiên cứu xâm nhập mặn trên hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai đã được trình bày. Phần mềm MK4 được sử dụng để mô phỏng mực nước, lưu lượng và độ mặn. Mô hình đã được hiệu chỉnh bằng so sánh mực nước, lưu lượng và độ mặn tại các điểm đo phân bố rải rác trên toàn bộ hệ thống trong khoảng thời gian 1 tháng từ 26/12/2001.

Mô hình xâm nhập mặn này có thể sử dụng để dự báo sự dịch chuyển của ranh giới mặn dưới tác dụng của các lưu lượng nguồn xả khác nhau của đập Trị An.

CHARACTERISTICS OF SALINE INTRUSION IN ĐONG NAI RIVER DOWNSTREAM AND MODELING OF ESTMATING AND PREDICTING

Vu Dinh Chinh, Dau Van Ngo, Nguyen Viet Ky

University of Technology – Vietnam National University-HCMC

ABSTRACT: The paper include two main parts:

Part 1: Introducing the characteristics of saline intrusion of DongNai – Sai Gon downstream.

Part 2: Based on the problem of unstable flow and MK4 software, the author sets up model to predict saline intrusion of DongNai – Sai Gon river mouth.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Lê Ngọc Bích (1995), *Nghiên cứu ảnh hưởng của các công trình thượng nguồn đến vùng hạ du sông Đồng Nai*, Báo cáo đề tài NCKH, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.

- [2] Lê Song Giang (1999), "*Phần mềm MK4 tính toán thủy lực và vận tải chất trong kênh hở*," Báo cáo Khoa Hội thảo Khoa học Cơ học Thủy khí và Phòng chống thiên tai, Viện Khoa học Thủy Lợi miền Nam, Quyển 2, tr.21-36.
- [3] Đỗ Tiến Lanh (1999), "*Tính toán điều phối các hồ chứa trong lưu vực sông Sài Gòn - Đồng Nai nhằm cải thiện chế độ xâm nhập mặn trên sông Sài Gòn vào mùa khô*" Báo cáo Khoa học Hội thảo Khoa học Cơ học Thủy khí và Phòng chống thiên tai, Viện Khoa học Thủy lợi Nam bộ, Quyển 2, tr.37-56.
- [4] Đậu Văn Ngọ, Lê Song Giang (2002). "*Nghiên cứu bằng phương pháp số ảnh hưởng của thủy điện Trị An đến chế độ xâm nhập mặn sông Đồng Nai*" Hội nghị Khoa học Trường Đại Học Mở Địa Chất Hà Nội. Quyển 3, tr.66-71.
- [5] Đậu Văn Ngọ (1995), "*Nghiên cứu sự biến đổi môi trường địa chất vùng hạ lưu sông Đồng Nai*" Báo Cáo Khoa Học Hội Nghị Khoa Học Và Công Nghệ Trường Đại Học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh, Quyển1, tr.53-54.
- [6] Đậu Văn Ngọ (1997) "*Nghiên cứu sự dịch chuyển biên mặn ở hạ lưu sông Đồng Nai khi xuất hiện các công trình thủy công*" Báo cáo Khoa học Hội nghị Khoa học ĐCCT toàn quốc với sự nghiệp công nghiệp hoá và hiện đại hoá đất nước, Quyển 1, tr.155-161.
- [7] Cunge, J. A. and Holly, F. M. (1980), *Practical Aspect of Computational River Hydraulics*, Pitman Advanced Publishing Program London, England.
- [8] Williams, G.P. (1978), *Bank-full discharge of rivers*, Water Resources Research, Dee.