

ẢNH HƯỞNG CỦA GIÓ CHUỐNG VÀ LƯU LƯỢNG THƯỢNG NGUỒN TỚI XÂM NHẬP MẶN Ở ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

Nguyễn Tất Đắc

Viện Cơ học ứng dụng, Trung tâm KHTN và CNQG

Tóm tắt

Trong bài báo đã khảo sát ảnh hưởng tới xâm nhập mặn của gió chống và sự thay đổi lưu lượng tại Phnom Penh bằng cách sử dụng mô hình ghép nối 1-2 chiều trong dự báo xâm nhập mặn ở Đồng Bằng Sông Cửu Long (ĐBSCL). Kết quả tính toán đã chỉ ra rằng gió chống làm tăng độ mặn và mực nước ở các cửa sông, vì vậy cần có những xử lý biên biển nếu chỉ dùng mô hình một chiều cho bài toán tính xâm nhập mặn. Cũng chỉ ra rằng việc tăng lưu lượng tức thời ở thượng lưu có tác dụng giảm mặn ở cửa sông ĐBSCL, nhưng không nhiều, vì thế ở mức độ nào đó có thể không cần hiệu chỉnh biên biển khi có sự thay đổi không lớn trong lưu lượng thượng lưu. Các cửa sông ĐBSCL rất rộng và độ mặn bờ khác nhiều độ mặn trung bình mặt cắt, vì thế cần được lưu ý khi đo đạc giá trị mặn đặc trưng cho mặt cắt.

1. Giới thiệu chung

Ở ĐBSCL, vào các tháng mùa khô 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 các đợt gió thổi liên tục trong vài ngày (gió chống) theo một hướng làm độ mặn đột ngột tăng cao.

Cho đến nay, ngoài một số trạm đo mặn thường xuyên để biết hiện trạng thì mô hình toán là công cụ chủ yếu dùng trong tính toán sự xâm nhập mặn cho các dự án khác nhau.

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 ĐBSCL, chẳng hạn MEKSAL, HYBRID, VRSAP, SAL98,... 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 (SAL98 chỉ lấy độ mặn khi triều vào). 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 chống. Chính vì vậy phải tìm một phương pháp có thể tính toán được mực nước và độ mặn tại các cửa

sông khi có sự thay đổi lưu lượng thượng nguồn cũng như khi có sự thay đổi mạnh chế độ gió ngoài khơi. Ta biết rằng đủ xa ngoài biển độ mặn không còn 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 có 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. 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. Mô hình này là một trong các kết quả của Dự án mặn giai đoạn 3 do Ủy ban sông Mêcông tài trợ. Trong nghiên cứu trình bày dưới đây sẽ sử dụng mô hình này để đánh giá sự thay đổi độ mặn của các cửa sông dưới tác động của sự thay đổi gió ngoài khơi và lưu lượng thượng nguồn.

2. Nội dung mô hình ghép nối 1-2 chiều

2.1- Mô hình một chiều trong sông [4]:

Vì khuôn khổ của bài viết, ở đây không trình bày chi tiết thuật toán mà chỉ trình bày tóm tắt nội dung chính được sử dụng trong mô hình (có thể xem chi tiết trong [4]).

Mực nước, lưu lượng, vận tốc và độ mặn tại các mặt cắt trong kênh sông được mô tả bởi hệ phương trình Saint-Venant và tải khuếch tán một chiều. Hệ phương trình Saint-Venant được giải số bằng phương pháp sai phân ẩn 4 điểm của Preissmann. Một hệ các công thức truy chứng được sử dụng để trước tiên giải hệ phương trình tìm mực nước tại các hợp lưu, sau đó mới giải từng nhánh để tìm mực nước, lưu lượng cho từng mặt cắt trong nhánh. Việc dùng các công thức truy chứng giúp dễ dàng ghép nối với bài toán hai chiều ngang ngoài biển.

Phương trình tải khuếch tán được giải bằng phương pháp phân rã. Phương trình tải thuần túy được giải bằng phương pháp đường đặc trưng, do đó giảm thiểu được hiện tượng khuếch tán số. Phương trình khuếch tán thuần túy được giải bằng phương pháp sai phân ẩn 6 điểm. Do ưu điểm của phương pháp đường đặc trưng, độ mặn tại các hợp lưu được tính từ điều kiện tổng lượng vật chất tới hợp lưu bằng tổng lượng vật chất ra khỏi hợp lưu.

2.2- Mô hình hai chiều ngang trên biển [2,5]

Trong vùng biển nông (thoả mãn giả thiết nước nông) mực nước, trường vận tốc (tất cả được lấy trung bình theo chiều sâu) được mô tả bởi hệ phương trình Saint-Venant hai chiều ngang. Độ mặn trung bình theo chiều sâu $C(x,y,t)$ thoả mãn phương trình tải khuếch tán hai chiều ngang sau đây:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U1 \frac{\partial C}{\partial x} + V1 \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) - \frac{q(C - C^*)}{H} \quad (1)$$

Trong đó $U_1 = \alpha U + \beta W_x$; $V_1 = \alpha V + \beta W_y$ với U, V là thành phần của vận tốc dòng chảy; W_x, W_y là thành phần theo x và y của vận tốc gió; α, β là các hệ số tính tới ảnh hưởng của dòng và gió tới quá trình xáo trộn mặn. Lưu ý rằng hiệu ứng gió làm tăng độ xáo trộn mặn và vì vậy làm tăng độ xâm nhập mặn; theo một số nghiên cứu $\beta = 0,03$ [1]. Đây là điều khác với các mô hình hiện có ($\alpha = 1$; $\beta = 0$) khi tính toán mặn bằng mô hình hai chiều ngang. Dx, Dy là các hệ số phân tán (dispersion); q là lưu lượng gia nhập trên một đơn vị diện tích; H là chiều sâu; C^* là độ mặn trong lưu lượng gia nhập.

Hệ phương trình Saint-Venant hai chiều và (1) đều được giải số bằng phương pháp phân tử hữu hạn lưới tam giác nhằm xấp xỉ tốt hình dạng thực của các miền nghiên cứu.

Điều kiện nối mô hình một chiều và hai chiều sẽ là : Tổng lượng nước và tổng lượng mặn tại các điểm nối tính từ mô hình một chiều và hai chiều phải bảo toàn. Theo đó khi dòng chảy từ biển vào sông thì độ mặn tại các điểm nối bằng độ mặn tính từ mô hình hai chiều. Khi dòng chảy từ sông ra biển thì độ mặn tại điểm nối bằng độ mặn tính từ mô hình một chiều. Do cách ghép nối, mực nước tại các hợp lưu trong sông và các nút ngoài biển được tính đồng thời. Phương pháp lặp SOR (Successive Over Relaxation) đã được áp dụng cho việc giải hệ phương trình đại số do vậy không làm tăng kích cỡ ma trận khi giải và tăng được tốc độ tính toán.

2.3- Điều kiện biên của mô hình

Với mô hình một chiều trong sông thì tại thượng lưu cho lưu lượng (độ mặn) bằng 0. Với mô hình hai chiều, tại biên ngoài biển cho dự báo triều và độ mặn không đổi (khoảng 34-35g/l tùy theo mùa). Các giá trị tại các cửa sông được tính nhờ mô hình ghép nối.

3. Tính toán độ mặn và mực nước ở các cửa sông chính thuộc Đồng Bằng Sông Cửu Long

Mô hình tính toán cho Đồng bằng sông Cửu Long gồm hai phần [5]:

- + Phần một chiều có 124 nhánh sông với 522 mặt cắt bao gồm các nhánh chính của sông Cửu Long, sông Vàm Cỏ (Đông, Tây), sông Sài Gòn, Đồng Nai, Lòng Tàu; các kênh Hồng Ngự, Đồng Tiến, Nguyễn Văn Tiếp, Quản Lộ-Phụng Hiệp; kênh Đoi, kênh Tẻ và Bình Điền nối sông Sài Gòn với sông Vàm Cỏ. Các sông Sài Gòn, Đồng Nai, Lòng Tàu được đưa vào sơ đồ tính bởi vì các nguồn Trị An, Dầu Tiếng có ảnh hưởng tới độ mặn tại Vịnh Gành Rái, Vũng Tàu. Các biên thượng lưu là Phnom Penh, Gò Dầu Hạ, Dầu Tiếng, Trị An. Tại Dầu Tiếng và Trị An ta biết chế độ xả của hồ, tại Gò Dầu về mùa khô có thể ước lượng được lưu lượng, chỉ cần dự báo lưu lượng tại Phnom Penh.

- + Phần hai chiều gồm 324 phần tử tam giác và 186 điểm nút. Phạm vi miền hai chiều từ vĩ độ 9 đến vĩ độ 10°25', từ kinh độ 105°25' đến 107°05' và ra tới độ sâu 20m. Trong phạm vi này có thể dùng các phương trình hai chiều loại nước nông. Tại các

biên ngoài biển của miền hai chiều độ mặn không đổi, mực nước được dự báo bằng phương pháp hằng số điều hoà do tác giả Bảo Thạnh (Phân viện Khí tượng Thủy văn phía Nam) cung cấp. Phần nổi một hai chiều gồm các cửa sông Hậu, Hàm Luông, Cổ Chiên, Cửa Đại, Cửa Tiểu, Cửa Soài Rạp. Sẽ tính mực nước và độ mặn tại các điểm nổi này.

Tài liệu địa hình: Tài liệu địa hình sông, kênh trên đồng bằng là số liệu được sử dụng trong các dự án của Ủy ban Mêcông. Tài liệu độ sâu trên biển lấy từ hải đồ. Lưu ý rằng độ sâu được xét theo số “0” hải đồ. Để sử dụng trong mô hình tất cả độ sâu đã được qui về mốc chuẩn Hà Tiên.

Số liệu gió: Mô hình được xây dựng với gió khác nhau tại từng điểm. Tuy nhiên, theo số liệu thống kê ta có gió cực đại và gió trung bình ngày tại các trạm Bạch Hổ, Sóc Trăng, Ba Tri. Tần suất (%) xuất hiện các hướng gió được cho trong bảng 1.

Bảng 1: Tần suất hướng gió tại một số trạm

Trạm	Tháng 1	Tháng 2	Tháng 3	Tháng 4	Tháng 5
Bạch Hổ	73,7ENE	65,3ENE	49,1ENE	33,5ENE	13,6E
Ba Tri	64,5E	73,2E	55,2E	40,2E	12,4E
Sóc Trăng	39,7E	60,9E	54,8E	34,4E	9,6E
Vũng Tàu	50,5E	68,2E	67,2E	50,3E	19,2E

(Ghi chú: E : đông ; ENE : đông-đông bắc)

Theo bảng thống kê trên, tại Bạch Hổ hướng gió chủ đạo là đông-đông bắc với tần suất cao nhất vào tháng 1 và giảm dần tới tháng 5. Với các trạm còn lại hướng gió chủ đạo là hướng đông gần như vuông góc với vùng cửa sông và làm gia tăng xâm nhập mặn. Về trường gió trung bình, một số tác giả của Phân viện Khí tượng Thủy văn phía Nam (trong đó có tác giả Bảo Thạnh) đã phân tích và tiến hành nội suy ra gió trung bình trên vùng biển cửa sông [3]. Trên cơ sở các tài liệu thống kê, dự báo và phân tích gió, trong mô hình đã đưa vào hệ số hiệu chỉnh gió cho từng điểm nút của vùng hai chiều và chỉ dùng số liệu gió tại trạm Bạch Hổ.

Cũng lưu ý rằng ở vùng cửa sông ĐBSCL từ tối đến sáng (18 đến 6 giờ) gió thổi từ đất liền ra biển và ban ngày thì ngược lại.

Về số liệu mực nước dùng làm biên ngoài biển: Cho đến nay phương pháp phân tích điều hoà đã đủ tin cậy để dự báo mực nước triều thiên văn và áp dụng khá tốt cho những trạm đo dọc bờ biển có liệt số liệu đủ dài, tuy nhiên ở xa ngoài biển không có số liệu thực đo cho nên tác giả Bảo Thạnh đã phải nội suy từ các trạm có số liệu ở ven bờ và một trạm ngoài biển. Như vậy, ảnh hưởng của gió đến mực nước lấy làm biên ngoài khơi cũng cần được xem xét tiếp. Tuy nhiên, ta biết rằng vì biên ngoài biển lấy đủ xa (cỡ 100km) cho nên ở mức độ nào đó, có thể bỏ qua ảnh hưởng của

gió ở biên mà chỉ tính ảnh hưởng ở trong miền.

Về lưu lượng thượng lưu: Biên trên duy nhất cần có số liệu dự báo là lưu lượng tại Phnôm Penh. Đây là biên nằm trên dòng chính chịu ảnh hưởng điều tiết của Biển Hồ nên ảnh hưởng khá nhiều tới chất lượng dự báo ở phía dưới. Tuy nhiên, cho đến nay chưa có các số liệu dự báo tin cậy cho cả mùa khô tại Phnôm Penh vì thế trong tính toán đã tạm dùng số liệu trung bình trong quá khứ.

Về kết quả tính toán từ mô hình: Với mô hình xây dựng như ở trên kết quả cho ra sẽ là: mực nước, lưu lượng và độ mặn tại tất cả các điểm quan tâm trên đồng bằng bao gồm cả các cửa sông giáp biển. Đối với vùng hai chiều sẽ có mực nước, độ mặn, trường vận tốc trung bình theo chiều sâu tại các điểm cần quan tâm trên vùng biển ven bờ trước các cửa sông Cửa Long.

4. Hiệu chỉnh mô hình với số liệu 1993-1994 [5]

Nhằm hiệu chỉnh các tham số cho mô hình đồng bằng, chương trình máy tính COUP được thiết lập dựa theo thuật toán nêu tóm tắt ở trên và đã chạy với các số liệu thu thập trong mùa khô 1993-1994. Từ so sánh giữa tính toán và thực đo có thể thấy rằng mực nước dự báo tại các trạm cửa sông tương đối tốt và có thể chấp nhận được.

Trước khi so sánh số liệu mặn ta cần lưu ý rằng độ mặn tính từ mô hình là độ mặn trung bình trên toàn mặt cắt, còn số liệu thực đo thì khó có thể phản ánh được số liệu trung bình này, nhất là đối với các cửa sông lớn. Vì thế việc so sánh giữa thực đo và tính toán mang tính tương đối. Nhìn chung độ mặn max và min có thể chấp nhận được. Có thể thấy rằng ở các trạm ven biển như Vàm Kênh, Bến Trại, Bình Đại có thể dự báo giá trị max, min nhưng chưa dự báo được chính xác giá trị từng đỉnh; ngay các giá trị max, min cũng có lúc tốt, có lúc sai số. Điều này có thể do yếu tố gió chưa xét được chính xác về hướng, thời gian xuất hiện các giá trị max, min của gió. Đối với các trạm sâu trong đất liền độ mặn dự báo có tốt hơn cả về dạng và giá trị.

5. Ảnh hưởng của gió chương và lưu lượng thượng lưu tới xâm nhập mặn

Để tính ảnh hưởng của gió chương đã sử dụng chương trình COUP với mô hình Đồng bằng nêu trên trong hai trường hợp: không có gió và gió thổi liên tục trong vòng 5 ngày tại Bạch Hổ với vận tốc trung bình 5m/s và cực đại là 15m/s. Góc gió là 135°C so với đường xích đạo. Lưu lượng bình quân ngày tại Phnôm Penh là $1500\text{m}^3/\text{s}$, $2200\text{m}^3/\text{s}$ và $3000\text{m}^3/\text{s}$. Triều dự báo ngoài biển ứng với 5 ngày đầu tháng 4-1993. Lưu ý rằng trong mô hình một chiều tại mỗi mặt cắt chỉ một giá trị mặn trung bình, nhưng từ mô hình ghép nối có thể tính được độ mặn trung bình theo chiều sâu tại bờ trái và bờ phải. Dưới đây là kết quả tính toán trong vòng 5 ngày.

Bảng 2 . Độ mặn max (g/l) tại một số trạm ven biển
với lưu lượng tại Phnôm Pênh Qu = 2200m³/s

Trạm →	Vàm Kênh			Tân Thủy			Cửa sông Hậu		
	SMC	B.Tr	B.Ph	SMC	B.Tr	B.Ph	SMC	B.Tr	B.Ph
Không gió	20,91	20,92	25,71	19,75	21,60	22,34	19,51	22,85	21,98
Có gió	21,41	20,81	26,18	25,08	24,57	33,37	22,72	24,23	22,02

Ghi chú : SMC : Độ mặn trung bình mặt cắt

B.Tr : Độ mặn bờ trái; B.Ph : Độ mặn bờ phải

Từ bảng 2 có thể thấy rằng khi có gió độ mặn trung bình mặt cắt đều tăng và tại trạm Tân Thủy tăng tới hơn 5g/l còn tại cửa sông Hậu tăng hơn 3g/l, tại Trạm Vàm Kênh tăng gần 1g/l. Cũng thấy rằng độ mặn bờ trái và bờ phải khác nhiều với độ mặn mặt cắt, từ đó cho thấy cần nghiên cứu qui trình lấy mẫu để giá trị đo có thể đại diện cho độ mặn trung bình mặt cắt.

Bảng 3 . Độ mặn max (g/l) (trung bình mặt cắt) tại một số trạm ven biển
với lưu lượng tại Phnôm Pênh Qu = 1500m³/s, 2200m³/s và 3000m³/s

Trạm →	Vàm Kênh			Tân Thủy			Cửa sông Hậu		
Qu →	1500	2200	3000	1500	2200	3000	1500	2200	3000
Không gió	20,91	20,91	20,91	19,9	19,75	19,75	19,69	19,51	19,33
Có gió		21,41	21,34		25,08	24,94		22,72	22,57

Từ bảng 3 có thể thấy rằng do sự phân bố lưu lượng vào các nhánh của dòng chính có khác nhau nên tác động của việc tăng lưu lượng tại Phnôm Pênh tới việc giảm độ mặn trong khoảng thời gian 5 ngày tính toán tại các cửa dòng chính không nhiều. Chẳng hạn từ các nghiên cứu trước đây cho thấy rằng sự phân bố lưu lượng thượng lưu về Vàm Kênh là không đáng kể, do đó việc gia tăng lưu lượng thượng lưu hầu như không làm thay đổi độ mặn max tại Vàm Kênh.

Các số liệu tính toán cũng cho thấy rằng khi có gió cực đại 15m/s và trung bình 5m/s tại Bạch Hổ, mực nước tại các cửa sông chính có thể tăng 3-5cm so với khi không có gió và là một nguyên nhân dẫn tới gia tăng xâm nhập mặn.

6. Nhận xét

Bằng cách sử dụng mô hình ghép nối 1-2 chiều trong dự báo mặn cho ĐBSCL có thể rút ra một số nhận xét sau đây:

- Gió thường làm gia tăng xâm nhập mặn và dâng mực nước. Cửa Hàm Luông (Tân Thủy) và cửa sông Hậu chịu độ gia tăng cao hơn các cửa khác. Vì vậy khi dùng mô hình một chiều để dự báo mặn cần có các xử lý điều kiện biên ở biển để có thể phản ánh được các yếu tố gia tăng này.

- Sự gia tăng lưu lượng tại Phnôm Pênh trong mùa khô trong một phạm vi nào đó (mức độ gia tăng và thời gian gia tăng) làm giảm không nhiều độ mặn ở cửa sông (và mức độ giảm cũng tùy thuộc cửa sông) và vì thế vẫn có thể sử dụng mô hình một chiều trong trường hợp này.
- Các cửa sông ĐBSCL rất rộng, độ mặn bờ và độ mặn trung bình mặt cắt khác nhau nhiều, vì thế cần được lưu ý trong đo đạc độ mặn đại biểu.

Tài liệu tham khảo

1. Proceedings of the Regional Workshop on Oil Spill Modelling 31 May to 3 June 1966, Pusan, Republic of Korea.
2. Nguyen Tat Duc and Nguyen Minh Son (1992). Report on a coupling of one and two dimensional models for flow and salinity intrusion, UNDP Project VIE/87/020.
3. Các báo cáo của “Dự án dự báo mặn giai đoạn III”. 1995, Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ.
4. Nguyễn Tất Đắc (1987). Mô hình toán học không dừng, một chiều cho dòng chảy và xâm nhập mặn trên hệ thống kênh sông. Luận án Phó tiến sĩ khoa học toán lý.
5. Nguyễn Tất Đắc (1995). Báo cáo về sử dụng mô hình ghép nối 1-2 chiều trong dự báo mực nước, độ mặn tại các cửa sông Cửu Long. Dự án “Dự báo xâm nhập mặn Đồng Bằng Sông Cửu Long giai đoạn III”.

(tiếp theo trang 21)

- + Khối mô hình hoạt động của trạm bơm Đặng Xá;
 - + Khối mô hình hoạt động của công trình phân lũ Trịnh Xá;
 - + Khối mô hình diễn toán lũ trên sông Ngũ Huyện Khê;
 - + Khối mô hình dự báo và nhận dạng mực nước lũ trên sông Cầu tại Đặng Xá.
2. Xây dựng chiến lược điều khiển hệ thống
 - + Phân tích cơ chế mưa, phân lớp mưa;
 - + Xác định các độ ngập giới hạn U_{MAX} trong các ô ruộng;
 - + Xác định tập biểu đồ mô phỏng quan hệ:
$$[Z_{NHK}] = f(\text{Mưa nội đồng, Lũ sông Cầu H, Mực nước Ngũ Huyện Khê})$$

Tài liệu tham khảo

1. Báo cáo tổng hợp qui hoạch thủy lợi hệ thống thủy nông Bắc Đổng -- Viện Qui hoạch và quản lý nước, Bộ NN và PTNT, 1989.
2. Trịnh Quang Hoà, Dương Văn Tiến. Đề cương dự án: “Xây dựng chương trình điều khiển hệ thống Ngũ Huyện Khê bằng sự trợ giúp của máy tính”. Bộ NN và PTNT, 1997.