



ỨNG DỤNG MÔ HÌNH TOÁN THỦY LỰC MỘT CHIỀU ĐÁNH GIÁ VÀ DỰ BÁO TÌNH HÌNH XÂM NHẬP MẶN TRÊN HỆ THỐNG SÔNG CHÍNH TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH TRÀ VINH

Lâm Mỹ Phụng¹, Văn Phạm Đăng Trí¹ và Trần Quốc Đạt²

¹Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

²Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:

Ngày nhận: 26/10/2012

Ngày chấp nhận: 25/03/2013

Title:

Application of one-dimensional hydrodynamic model to assess the historical saline intrusion dynamics and to predict the future dynamics in the main river network in the Tra Vinh province

Từ khóa:

Động thái xâm nhập mặn, mực nước biển dâng, suy giảm lưu lượng thượng nguồn, mô hình toán thủy lực

Keywords:

Salinity intrusion dynamics, sea level rise, upstream flow decline, hydrodynamic model

ABSTRACT

Salinity intrusion is one of the major problems currently faced in the Vietnamese Mekong Delta (VMD). The sluices, built to prevent salinity intrusion to protect rice cultivation, were converted to sea-water intakes for aquaculture production leading to heavy salinity intrusion in different areas in Tra Vinh. This study was done to assess historical salinity intrusion dynamics within the main river system in Tra Vinh and to predict future changes due to projected sea level rise (SLR) and declined upstream flows. A hydrodynamic model (MIKE-11) constructed by using available topographical data in 2005 when a baseline scenario was developed to compare with any changes in salinity intrusion in the year 2020 and 2030. The simulated results of the study showed that with the impacts of SLR, saline intrusion could be found further inland; however, if the sluices were operated as designed, saline intrusion could be alleviated.

TÓM TẮT

Xâm nhập mặn là một trong những vấn đề lớn mà người dân ở đồng bằng sông Cửu Long đang phải đối mặt. Ở Trà Vinh, với việc tự phát mở rộng nuôi trồng thủy sản (NTTS), hệ thống các công trình thủy lợi (CTTL) (được thiết kế ban đầu nhằm hạn chế XNM) đã được vận hành theo hướng lấy nước mặn để NTTS làm cho mặn xâm nhập sâu vào nội đồng. Trong nghiên cứu này, mô hình thủy động lực học một chiều (MIKE-11) được áp dụng để đánh giá tình hình XNM trên hệ thống sông chính thuộc tỉnh Trà Vinh và dự báo sự XNM do nước biển dâng (NBD) và suy giảm lưu lượng nước thượng nguồn trong tương lai. Mô hình được xây dựng dựa trên cơ sở dữ liệu năm 2005; đây là kịch bản gốc để đánh giá tình hình chính xác của mô hình được áp dụng và so sánh với các kịch bản dự báo XNM vào các năm 2020 và 2030. Kết quả mô phỏng cho thấy trong điều kiện NBD, mặn sẽ xâm nhập sâu vào trong các hệ thống sông / kênh; mặc dù vậy, nếu các cống được vận hành theo thiết kế ban đầu thì XNM có thể được hạn chế.

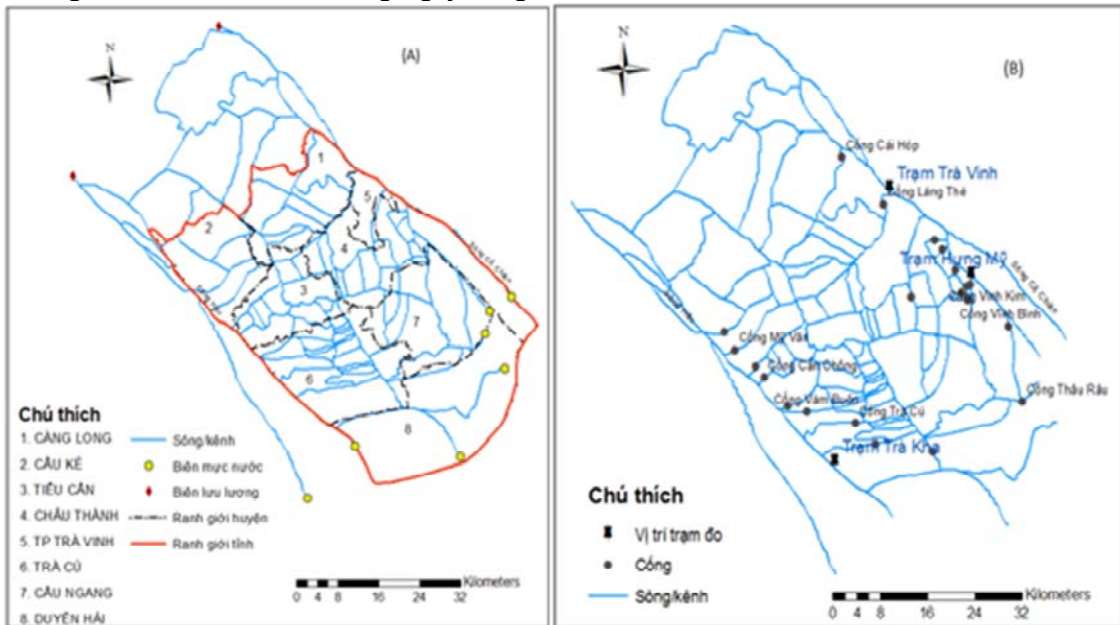
1 GIỚI THIỆU

Trà Vinh là một tỉnh ven biển đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), nằm giữa sông Hậu

và sông Cổ Chiên, tiếp giáp với biển Đông với chiều dài đường bờ biển là 65 km (Hình 1). Trong những năm gần đây, việc chuyển đổi cơ

cầu sản xuất ở vùng ven biển (từ trồng lúa sang nuôi tôm) một cách tự phát đã làm cho tình trạng xâm nhập mặn ở những vùng ven biển trở nên phức tạp và nghiêm trọng hơn (Lê Sâm, 2007). Bên cạnh đó, Trà Vinh có hệ thống sông / kênh chằng chịt - đây cũng là một trong những lý do làm gia tăng quá trình xâm nhập mặn vào sâu trong nội đồng. Những năm gần đây, với kế hoạch tăng cường sử dụng nguồn nước cho sản xuất nông nghiệp cũng như cho các hoạt động liên quan đến thủy điện và các hoạt động kinh tế khác ở các nước thượng nguồn sông Mekong (Chu Thai Hoanh *et al.*, 2003), làm cho tình hình xâm nhập mặn ở các tỉnh ven biển ĐBSCL nói chung và ở Trà Vinh nói riêng ngày càng

nghiêm trọng và phức tạp hơn. Một trong những vấn đề cần quan tâm trong việc đưa ra giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu (BĐKH) ở Trà Vinh là việc xác định động thái xâm nhập mặn trên hệ thống sông / kênh trên địa bàn tỉnh trong điều kiện nước biển dâng kết hợp với lưu lượng thượng nguồn sông Mekong suy giảm trong mùa khô (Nguyễn Hiếu Trung, 2011). Do vậy, trong nghiên cứu này, mô hình toán thủy lực một chiều (MIKE-11) được sử dụng để mô phỏng sự xâm nhập mặn ở tỉnh Trà Vinh và dự báo sự xâm nhập mặn cho tương lai theo các kịch bản (KB) nước biển dâng và lưu lượng thượng nguồn giảm.



Hình 1: Sơ đồ mạng lưới sông (A) và hệ thống các công trình thủy lợi trong vùng nghiên cứu (B)

2 PHƯƠNG PHÁP

2.1 Cơ sở lý thuyết mô hình MIKE 11

MIKE-11 là phần mềm được phát triển bởi Viện Nghiên cứu Thủy lực Đan Mạch (DHI), cung cấp các công cụ động lực học một chiều nhằm phân tích động thái dòng chảy trên một hệ thống sông và kênh rạch từ đơn giản đến phức tạp. 5 mô-đun chính của phần mềm bao gồm (DHI, 2007): (i) mô-đun thủy động lực

học; (ii) mô-đun truyền tải khuếch tán; (iii) mô-đun dự báo lũ; (iv) mô-đun vận chuyển bùn cát; và, (v) mô-đun chất lượng nước. Hệ phương trình cơ bản trong mô-đun thủy động lực học (HD) là hệ phương trình Saint-Venant bao gồm hai phương trình: Phương trình liên tục (công thức 1) và phương trình động lượng (công thức 2). Ngoài ra, khi tính toán truyền tải khuếch tán và lan truyền chất, phương trình khuếch tán (công thức 3) cũng được sử dụng.

Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q$$

(công thức 1)

Phương trình động lượng:
$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (\text{công thức 2})$$

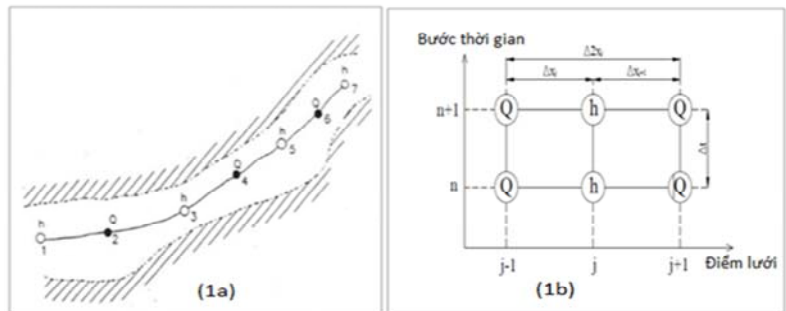
Phương trình khuếch tán:
$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) = -AKC + C_2q \quad (\text{công thức 3})$$

Trong đó: Q: lưu lượng (m³/s); A: diện tích mặt cắt ngang (m²); x: khoảng cách dọc dòng chảy (m); t: thời gian (s); R: bán kính thủy lực (m); h: mực nước so với độ cao chuẩn (m); g: gia tốc trọng trường (m²/s); C: nồng độ chất hòa tan (g/l); K: hệ số tự phân hủy tuyến tính; D: hệ số khuếch tán (m²/s); và, C₂: nồng độ dòng gia

nhập (g/l).

Phương pháp được sử dụng trong MIKE-11 để giải quyết các phương trình là phương pháp 6 điểm của Abbott-Ionescu (Abbott-Ionescu, 1967); thông qua phương pháp 6 điểm của Abbott-Ionescu, mực nước và lưu lượng được tính toán trên mạng lưới xen kẽ nhau (Hình 2).

Hình 2: Phương pháp 6 điểm của Abbott-Ionescu (Nguồn: Abbott-Ionescu, 1967)



2.2 Thành lập mô hình

Trong nghiên cứu này, mô-đun thủy lực (HD) và truyền tải khuếch tán được dùng để mô phỏng xâm nhập mặn cho hệ thống sông chính trên địa bàn tỉnh Trà Vinh. Các số liệu đầu vào để tính toán mô hình thủy lực (HD):

- Số liệu theo không gian: Hệ thống sông/kênh, mặt cắt ngang và hệ thống công trình ngăn mặn vào năm 2005.
- Số liệu theo thời gian: Chuỗi giá trị mực nước và lưu lượng theo thời gian (từ ngày 01/01/2005 đến ngày 01/04/2005)

Điều kiện ban đầu và điều kiện biên của mô hình:

- Điều kiện ban đầu (tại thời điểm t = 0): Giá trị ban đầu (tham khảo dựa vào các mô hình toàn đồng bằng đã có sẵn như ISIS và Mike) của chuỗi số liệu mực nước và lưu lượng.
- Điều kiện biên trong mô hình bao gồm 2 biên lưu lượng và 6 biên mực nước ở biển Đông (Hình 1).
- Mô hình bao gồm hệ thống công trình

công ngăn mặn trên các sông / kênh nối với sông Hậu và sông Cổ Chiên được đưa vào sử dụng vào năm 2005 (Hình 1).

- Bước thời gian tính toán trong mô hình là 1 giờ.

2.3 Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Mô hình được hiệu chỉnh qua 2 bước (với bộ số liệu bao gồm: bộ số liệu thủy lực và mặn từ ngày 01/01/2005 đến ngày 01/04/2005 tại 3 trạm Trà Vinh, Hưng Mỹ và Trà Kha (Hình 1) bằng cách thử dần các thông số trong mô hình (hệ số nhám Manning’s n trong mô-đun thủy lực và hệ số khuếch tán trong mô-đun truyền tải khuếch tán) cho đến khi kết quả mô hình phù hợp với kết quả thực đo. Việc thử dần các thông số trong mô hình dựa vào bộ thông số đã được hiệu chỉnh cho ĐBSCL: hệ số nhám nằm trong khoảng 0,025 – 0,045; hệ số khuếch tán nằm trong khoảng 100 – 1.000 m²/s đối với sông chính và 10 – 100 m²/s đối với các nhánh sông khác. Sau đó, mô hình được kiểm định bằng bộ số liệu năm 2011.

2.4 Xây dựng các kịch bản dự báo xâm nhập mặn

Việc xây dựng các KB cho mô hình dựa trên KB BĐKH và mực nước biển dâng. KB được khuyến nghị sử dụng trong thời điểm hiện nay là KB B2, ứng với mức phát thải trung bình (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2009; IPCC, 2007). Theo Chu Thai Hoanh *et al.* (2003), ứng với KB B2 lưu lượng mùa kiệt trên sông Mekong có thể giảm từ 15% - 33% trong giai đoạn 2010 - 2039 (so với giai đoạn 1962 - 1990) tùy mức độ thay đổi nhu cầu nước cho các hoạt động của các nước ở thượng nguồn sông Mekong.

Trong nghiên cứu này, xâm nhập mặn năm 2005 được chọn làm KB gốc, mô phỏng xâm nhập mặn để so sánh với các KB đã xây dựng dựa trên điều kiện nước biển dâng và lưu lượng nước thượng nguồn giảm. Vì năm 2005 là năm có số liệu đầy đủ, các công chính trong khu vực nghiên cứu đã được hoàn chỉnh và hoạt động theo nhu cầu sản xuất cho khu vực. Các KB (dựa trên sự suy giảm lưu lượng thượng nguồn và mực nước biển dâng) (Bảng 1) được xây dựng nhằm dự đoán tình hình xâm nhập mặn trong tương lai ở khu vực nghiên cứu.

Bảng 1: Các kịch bản mô phỏng

Kịch bản	Mực nước biển dâng (cm)	Tỉ lệ lưu lượng giảm so với kịch bản gốc (m ³ /s)
Kịch bản gốc	H ₂₀₀₅	Q ₂₀₀₅
1*	H ₂₀₀₅ + 12	Q ₂₀₀₅ - (Q ₂₀₀₅ * 15%)
2*	H ₂₀₀₅ + 12	Q ₂₀₀₅ - (Q ₂₀₀₅ * 20%) + thay đổi cách vận hành công
3**	H ₂₀₀₅ + 17	Q ₂₀₀₅ - (Q ₂₀₀₅ * 15%)
4**	H ₂₀₀₅ + 17	Q ₂₀₀₅ - (Q ₂₀₀₅ * 30%) + thay đổi cách vận hành công

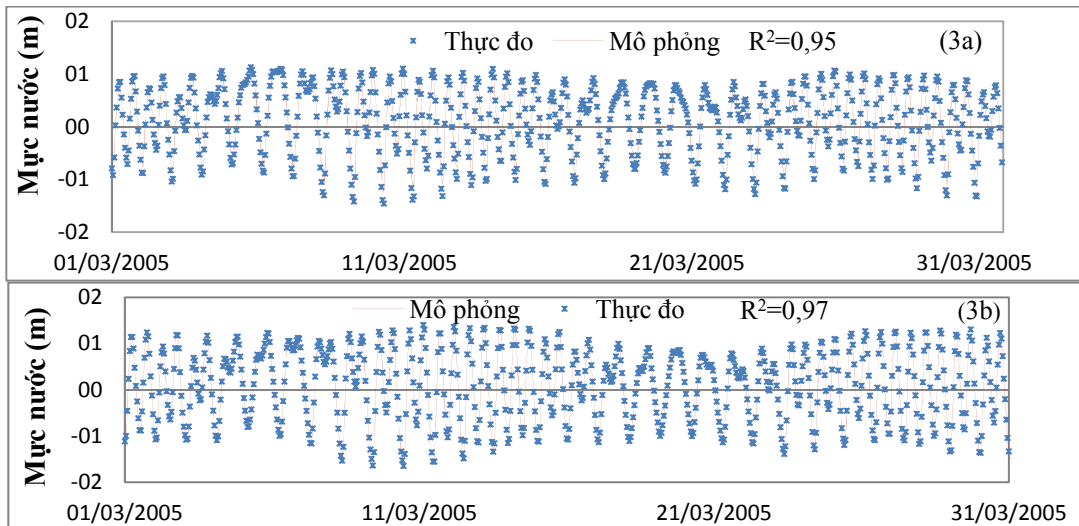
*: năm 2020; **: năm 2030

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Kết quả tính toán thủy lực

Hiệu chỉnh mô hình thủy lực thông qua việc thay đổi hệ số nhám Manning's *n*. Theo Jovanic *et al.* (2006), hệ số nhám thủy lực cho sông / kênh tự nhiên, trên nền phù sa ở đồng bằng nằm trong khoảng 0,025 - 0,045; trong đó,

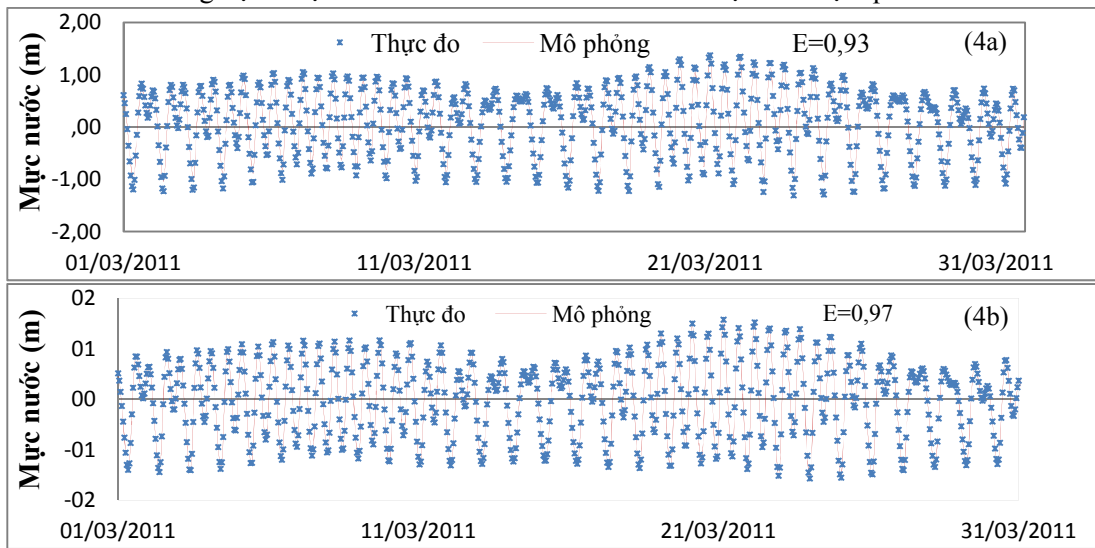
những đoạn kênh ngắn và thẳng sẽ có hệ số nhám Manning's *n* nằm trong khoảng 0,020 - 0,045; tùy vào điều kiện địa mạo dòng sông. Bên cạnh đó, kết quả mô hình phù hợp với thực đo về giá trị và cùng pha dao động. Kết quả hiệu chỉnh tại 2 trạm đo (Trà Vinh và Trà Kha) được thể hiện qua Hình 3a và 3b.



Hình 3: Mực nước mô phỏng hiệu chỉnh so với thực đo tại các trạm Trà Vinh (a) và Trà Kha (b) (từ ngày 01/03/2005 đến ngày 01/04/2005)

Kiểm định bộ thông số thủy lực đã được hiệu chỉnh ở trên bằng bộ số liệu năm 2011. Kết

quả kiểm định mô hình tại trạm Trà Vinh và Trà Kha được thể hiện qua Hình 4a và 4b.



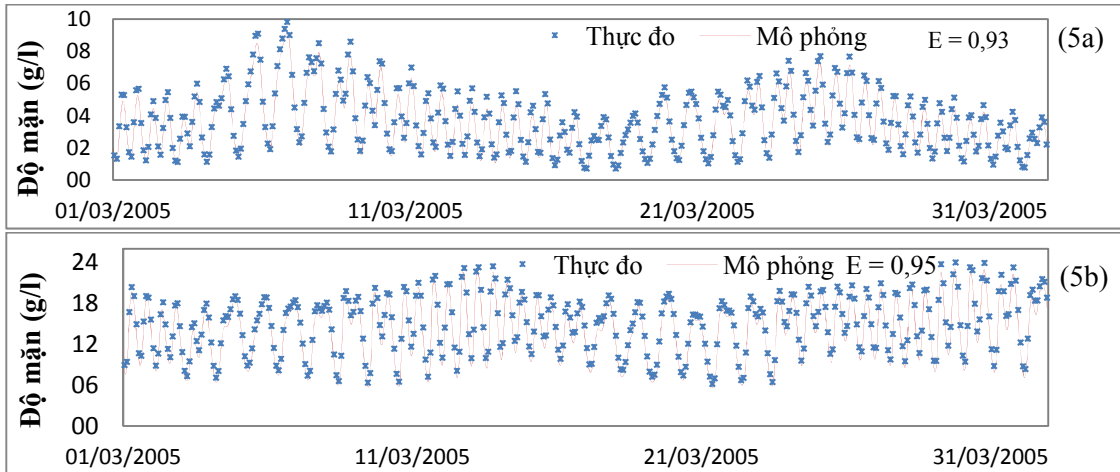
Hình 4: Mức nước mô phỏng và thực đo tại trạm Trà Vinh (a) và trạm Trà Kha (b) (từ ngày 01/03/2005 đến ngày 01/04/2005)

Qua kết quả hiệu chỉnh (Hình 3) và kiểm định (Hình 4) cho thấy, kết quả mức nước mô phỏng gần với giá trị thực đo cả về giá trị tuyệt đối và pha dao động (với $R^2 > 0,95$ và $E > 0,93$). Như vậy, mô hình đã được hiệu chỉnh và kiểm định có thể được sử dụng để tiếp tục mô phỏng xâm nhập mặn cho hệ thống sông khu vực nghiên cứu trong điều kiện giả định về sự thay đổi của điều kiện biên trong tương lai.

3.2 Kết quả tính toán xâm nhập mặn

Mô hình xâm nhập mặn được hiệu chỉnh thông qua việc thay đổi hệ số khuếch tán (D). Quá trình hiệu chỉnh mô hình xâm nhập mặn phức tạp hơn so với mô hình thủy lực do mặn bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như gió mùa, nhu cầu sử dụng nước trong khu vực, cách vận hành các công trình cống ngăn mặn,... Tuy nhiên, nghiên cứu này chỉ xét đến yếu tố thủy triều, lưu lượng nước thượng nguồn và cách vận hành các công trình cống ngăn mặn tại vùng nghiên cứu. Kết quả hiệu chỉnh cho thấy, hệ số khuếch

tán trong khoảng từ 200 m²/s – 500 m²/s đối với sông chính, các nhánh sông khác khoảng từ 50 m²/s – 100 m²/s. Hình 5 thể hiện kết quả hiệu chỉnh mặn giữa giá trị mô phỏng và thực đo vào năm 2005 tại trạm Trà Vinh (Hình 5a) và Trà Kha (Hình 5b). Do hạn chế về mặt số liệu, nghiên cứu này không thể thực hiện việc kiểm định mô hình xâm nhập mặn. Tuy nhiên, với hệ số khuếch tán đã hiệu chỉnh trong mô hình đã cho kết quả mặn phù hợp với thực đo. Theo Schnoor (1996), hệ số khuếch tán theo chiều dọc của dòng chảy từ cửa sông nằm trong khoảng 100 m²/s – 1000 m²/s, hệ số khuếch tán dọc theo chiều dọc dòng sông nằm trong khoảng từ 10 m²/s – 100 m²/s. Như vậy, khoảng hệ số khuếch tán sử dụng hiệu chỉnh cho mô hình mặn năm 2005 nằm trong khoảng phù hợp với các nghiên cứu trước đây. Từ đó, có thể sử dụng mô hình tính toán mặn năm 2005 để dự báo mặn cho tương lai theo các KB xây dựng.



Hình 5: Độ mặn mô phỏng và thực đo tại trạm Trà Vinh (5a) và Trà Kha (5b) (từ ngày 01/03/2005 đến ngày 01/04/2005)

4 KẾT QUẢ DỰ BÁO XÂM NHẬP MẶN CHO TƯƠNG LAI THEO CÁC KỊCH BẢN ĐÃ XÂY DỰNG

Dựa trên các KB đã xây dựng, đánh giá kết quả dự báo theo các KB. So sánh kết quả dự báo từ KB 1, 2, 3 và 4 với KB gốc để đánh giá tình trạng xâm nhập mặn và các yếu tố ảnh hưởng, làm gia tăng tình trạng xâm nhập mặn trong khu vực nghiên cứu. Tất cả các công trình trong mô hình (Hình 1) đều có cửa chốt phía ngoài sông và phía nội đồng. Trong KB 1 và 3, một số công như Thâu Râu, Vinh Kim, Chà Và vận hành cho nước ra vào thường xuyên vào mùa khô. Trong KB 2 và 4, ngoài yếu tố mực nước biển dâng và lưu lượng nước thượng nguồn giảm còn kết hợp cách vận hành các

công trình công trong dự án Nam Mang Thít (Bảng 2).

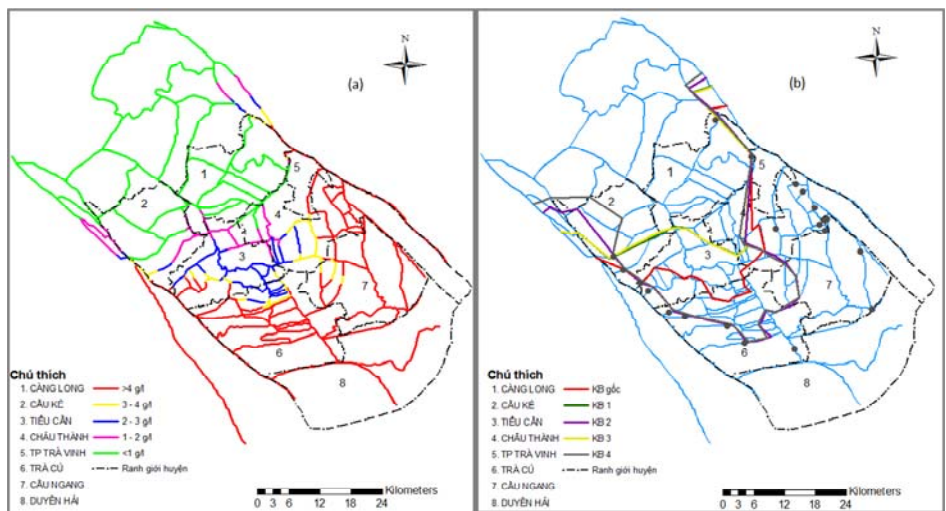
Bảng 2: Mô hình vận hành công trong Dự án Nam Mang Thít

Phương thức vận hành	Mùa khô
Mở (cửa chốt phía nội đồng)	Theo chu kỳ 1-2 tuần/lần
Đóng (cửa chốt cả phía sông và nội đồng)	Hầu hết thời gian trong mùa, hạn chế xâm nhập mặn

(Nguồn: Bộ Nông Nghiệp và PTNT, 2004)

Kết quả xâm nhập mặn ở KB gốc vào năm 2005 được thể hiện ở Hình 6a. Kết quả dự báo xâm nhập mặn cho tương lai theo các KB được thể hiện qua Hình 6b – đường đẳng mặn 4 g/l theo các KB.

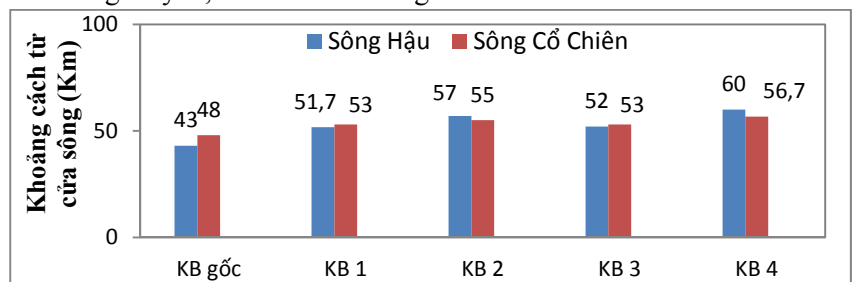
Hình 6: Phân bố xâm nhập mặn kịch bản gốc (a) và đường đẳng trị mặn (4g/l) các kịch bản (b)



Mặc dù, vào năm 2005, trong khu vực nghiên cứu, dự án Nam Măng Thít ngăn mặn xâm nhập từ biển Đông và tiêu nước cho khoảng 176.662 ha đất trong khu vực tỉnh Trà Vinh đã được triển khai (Bộ Nông nghiệp và PTNN, 2004), xâm nhập mặn vẫn xâm nhập sâu vào trong nội đồng. Đối với 2 huyện Trà Cú, Cầu Ngang mặn đã xâm nhập toàn bộ hệ thống sông, 293 km² diện tích đất huyện Châu Thành và 67 km² huyện Tiểu Cần với độ mặn 4 g/l. Độ mặn cao nhất lên tới 26 g/l. Mặn xâm nhập sâu vào trong nội đồng là do một số cống đầu mối trong khu vực như Thâu Râu, Vinh Kim, Chà Và vận hành cho nước ra vào thường xuyên,

phục vụ nhu cầu nuôi thủy sản đã làm mất chức năng ngăn mặn, tiêu nước cho nội đồng. Bên cạnh đó, KB 2 và 4 được thay đổi cách vận hành cống theo đúng thiết kế ban đầu (Bảng 1) đã hạn chế được mặn xâm nhập vào trong nội đồng (Hình 6b). Ngoài ra, kết quả tính toán về chiều dài xâm nhập mặn trên sông Hậu và Cổ Chiên (Hình 7) cho thấy, với việc thực hiện vận hành cống theo đúng thiết kế đã hạn chế xâm nhập mặn vào nội đồng nhưng trong tương lai với mực nước biển dâng 17 cm và lưu lượng thượng nguồn vào mùa kiệt giảm 30%, xâm nhập mặn trên sông chính sẽ vào sâu hơn 17 km so với KB gốc.

Hình 7: Chiều dài xâm nhập mặn trên sông Hậu và Cổ Chiên theo các kịch bản



5 KẾT LUẬN

Qua nghiên cứu này cho thấy, mô hình mô phỏng xâm nhập mặn năm 2005 trên hệ thống sông chính trên địa bàn tỉnh Trà Vinh đã được xây dựng và mô hình này cũng đã được áp dụng để dự báo cho tương lai theo các kịch bản nước biển dâng và lưu lượng thượng nguồn giảm. Kết quả theo các kịch bản đã xây dựng cho thấy, mặn vào mùa khô sẽ xâm nhập vào nội đồng. Đặc biệt ở kịch bản 2 và 4, mặc dù đã thực hiện cách vận hành cống theo thiết kế ban đầu, hạn chế mặn xâm nhập vào nội đồng nhưng trên sông chính mặn vẫn vào sâu trên sông chính 17 km so với kịch bản gốc. Trong nghiên cứu này, do hạn chế về nguồn số liệu, mô phỏng xâm nhập mặn vẫn chưa bao gồm hết các yếu tố ảnh hưởng bao gồm gió mùa, nhu cầu sử dụng nước. Vì thế, mô hình cần được hiệu chỉnh với đầy đủ các yếu tố ảnh hưởng đến xâm nhập mặn để có cái nhìn toàn diện hơn về động thái xâm nhập mặn trong hiện tại và tương lai. Kết quả đạt được trong nghiên cứu góp phần quan trọng trong việc quy hoạch tài nguyên nước trên địa bàn tỉnh Trà Vinh trong điều kiện có sự thay đổi của điều kiện thủy văn trong tương lai (ví

dụ, nước biển dâng và lưu lượng thượng nguồn biến động).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Nông nghiệp và PTNN, 2004. Kế hoạch cải tiến công tác quản lý thủy nông. Dự án thủy lợi đồng bằng sông Cửu Long.
2. Bộ Tài nguyên và Môi Trường, 2009. Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam.
3. Lê Sâm, 2007. Kết quả nghiên cứu xâm nhập mặn phục vụ kinh tế xã hội ĐBSCL. Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.
4. Nguyễn Hiếu Trung, 2011. Một số vấn đề chính cần quan tâm trong thích ứng với biến đổi khí hậu ở tỉnh Trà Vinh. Hội thảo ảnh hưởng của sự xâm nhập mặn đến khả năng sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản ở Trà Vinh.
5. Abbott, M. B. and Ionescu, F., 1967. On the numerical computation of nearly horizontal flows. *Journal of Hydraul Res*, 5:97-117.
6. DHI, 2007. A Modelling System for River and Channels-Mike 11 User Manual.
7. Chu Thai Hoanh, Guttuman, H., Droogers, P., and Aerts, J., 2003. Water, Climate, Food, and Environment in the Mekong basin in South Asia. Final Report, contribution to the Adaption

- strategies to changing environment ADAPT project.
8. Jovanic, M., E. Pasche, M. Toppel, M. Donner. 1D_Hydraulic. Technische Universitat Hamburg – Harburg, University of Belgrade, 2006, 120 pages.
 9. IPCC, 2007. Fourth Assessment Report: Climate Change. 2007. Working Group I Report “The Physical Science Basis”.
 10. Schnoor, Jerald L., 1996. Environmental Modeling: Fate and Transport of Pollutants in Water, Air, and Soil. Environmental Science and Technology, 704pp