

MÔ PHỎNG XÂM NHẬP MẶN ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG DƯỚI TÁC ĐỘNG MỨC NƯỚC BIỂN DÂNG VÀ SỰ SUY GIẢM LƯU LƯỢNG TỪ THƯỢNG NGUỒN

Trần Quốc Đạt¹, Nguyễn Hiếu Trung² và Kanchit Likitdecharote³

ABSTRACT

Salinity intrusion is one of the major problems that the Mekong Delta is facing. It would increase in the future due to sea level rise and upstream flow decline. In this study, salinity intrusion in Mekong Delta was simulated by using MIKE11 under climate change and upstream flow reduction scenarios. The model constructed by using topographical in 1998 and 2005. The simulation result for the year 1998 was chosen as baseline scenario to measure any changes in salinity intrusion in the year 2020 and 2030. Four modeling scenarios were set up basing on their results from the SRES B2 scenario, CC-NoAgri (No Change in Agricultural) scenario and CC-Agri (Change in Agricultural) scenario. The two first scenarios and the rest were respectively in the year 2020 and 2030. In the first and second scenario, sea level was projected to rise up to 14cm while upstream discharge rate of Mekong River was assumed to decrease 11% for the first scenario and 22% for the second one. In the third and the fourth scenario, sea level increased 20cm but upstream discharge rate declined 15% in the third scenario and fell twice as much in the fourth scenario. The result obtained, namely 2.5g/l saline likely shifted 14km to upstream in main rivers in comparison to serious salinity intrusion time in 1998. Also, saline intrusion area was expanded most of saline intrusion projects in Mekong Delta.

Keywords: Agricultural, Sea level, Mekong Delta, Salinity intrusion, Upstream flow

Title: Modeling the influence of river discharge and sea level rise on salinity intrusion in the Mekong Delta

TÓM TẮT

Xâm nhập mặn là một trong những vấn đề lớn ở đồng bằng sông Cửu Long và nó có xu hướng trầm trọng hơn trong tương lai do mực nước biển dâng và lưu lượng từ thượng nguồn suy giảm. Trong nghiên cứu này, xâm nhập mặn ở đồng bằng sông Cửu Long được mô phỏng cho những kịch bản khác nhau của mực nước biển dâng và lưu lượng thượng nguồn giảm bằng mô hình MIKE11. Mô hình được xây dựng dựa trên cơ sở dữ liệu của hai năm 1998 và 2005. Kết quả mô phỏng xâm nhập mặn năm 1998 được chọn kịch bản gốc so sánh với bốn kịch bản xâm nhập mặn vào các năm 2020 và 2030. Bốn kịch bản này được xây dựng dựa trên kịch bản CRES B2, kịch bản tăng diện tích nông nghiệp và kịch bản diện tích nông nghiệp không đổi. Hai kịch bản đầu là khi mực nước biển dâng 14 cm và lưu lượng thượng nguồn giảm 11% và 22%. Kịch bản số ba và bốn là khi mực nước biển dâng 20cm và lưu lượng thượng nguồn giảm 15%. Kết quả mô phỏng cho thấy rằng độ mặn 2.5g/l xâm nhập 14km sâu hơn kịch bản gốc năm 1998. Ngoài ra xâm nhập mặn cũng tác động hầu hết các dự án ngăn mặn ở đồng bằng sông Cửu Long.

Từ khóa: Nông nghiệp, mực nước biển dâng, đồng bằng sông Cửu Long, xâm nhập mặn, lưu lượng thượng nguồn

¹ Khoa Công Nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

² Khoa Môi Trường và Tài Nguyên Thiên Nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

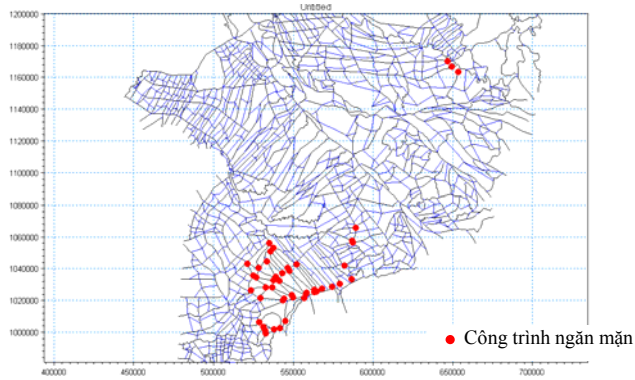
³ Bộ môn Tài Nguyên Nước, Khoa Công Nghệ, Trường Đại Học Chulalongkorn, Thái Lan

1 GIỚI THIỆU

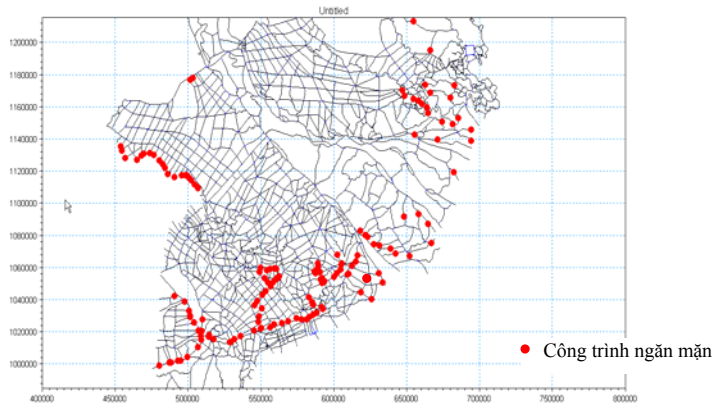
Sông Mekong bắt nguồn từ cao nguyên Tây Tạng chảy qua Myanmar, Lào, Thái Lan, Campuchia và chia làm hai nhánh khi đổ vào Việt Nam (Sông Tiền và Sông Hậu). Hạ lưu sông Mekong rộng 49.502km² trong đó đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) chiếm phần lớn với 39.000km² với hơn 18 triệu người sinh sống. ĐBSCL cung cấp hơn 50% lương thực và hơn 60% thủy sản cho cả nước. Từ xa xưa đời sống nhân dân đồng bằng sông Cửu Long phụ thuộc vào chế độ dòng chảy của hai con sông này. Nhìn chung tài nguyên nước ở đồng bằng sông Cửu Long dồi dào nhưng phân bố không đều theo mùa, vào mùa khô lưu lượng bình quân khoảng 2.500m³/s có những thời điểm thấp hơn 1,500m³/s (Kite, 2001). Ngoài ra đồng bằng sông Cửu Long chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của thủy triều bán nhật triều không đều từ Biển Đông với biên độ từ 3-3.5m và nhật triều không đều với biên độ từ 0.8-1.2m từ Biển Tây (MRC, 2005; Tuan *et al.*, 2007). Thủy triều ảnh hưởng đồng bằng sông Cửu Long theo ba hướng (biển Đông, Biển Tây và vùng giáp biển Đông và Tây) thông qua hệ thống sông rạch chằng chịt của đồng bằng. Vào mùa khô xâm nhập mặn là một vấn đề nan giải ở đồng bằng sông Cửu Long (Hung, *et al.*, 2001; Tuan *et al.*, 2007).

Trong những thập niên gần đây, các nước thượng nguồn sông Mekong có kế hoạch tăng cường sử dụng nguồn nước cho sản xuất nông nghiệp cũng như cho thủy điện và các hoạt động kinh tế khác. Kết quả tất yếu dẫn tới sự suy giảm lưu lượng nước từ thượng nguồn (Hoanh *et al.*, 2003) và thiếu nước vào mùa khô từ tháng tư đến tháng năm hàng năm (Sunada, K., 2009). Ngoài ra dưới tác động của biến đổi khí hậu mực nước biển càng ngày càng dâng cao (IPCC, 2007). Hiện tại cũng như trong tương lai đồng bằng sông Cửu Long đang đầu tư xâm nhập mặn nghiêm trọng hơn vào mùa khô (Sam, 2006; Tuan *et al.*, 2007; Nhan *et al.*, 2007).

Khang, *et al.* (2008) kết hợp mô hình toán và GIS mô phỏng và dự đoán xâm nhập mặn cho đồng bằng sông Cửu Long từ tháng 12 đến tháng 6 với hai kịch bản cho năm 2030 và 2090 trong điều kiện biến đổi khí hậu và mực nước biển dâng. Kịch bản một khi mực nước biển dâng +20cm và lưu lượng thượng nguồn giảm -15%, kịch bản hai khi mực nước biển dâng +45cm và lưu lượng thượng nguồn giảm -29%. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng trong tương lai khoảng 0.6 triệu ha lúa bị đe dọa bởi xâm nhập mặn. Trong nghiên cứu này mô hình được xây dựng dựa vào dữ liệu từ năm 1998 trở về trước nên chưa mô phỏng chính xác điều kiện thủy lực đồng bằng. Đặc biệt từ năm 1999 tới năm 2007, đồng bằng sông Cửu Long được bảo vệ bởi các dự án xâm nhập mặn, sau khi các dự án hoàn thành điều kiện thủy lực thủy văn của đồng bằng hoàn toàn thay đổi (Sam, 2006). Hơn thế nữa lưu lượng thượng nguồn được dự báo giảm từ 15% đến 33% trong giai đoạn từ năm 2010 đến 2039 (Hoanh, *et al.*, 2003). Trong nghiên cứu này, xâm nhập mặn ở đồng bằng sông Cửu Long được mô phỏng bằng mô hình MIKE11 với các kịch bản nước biển dâng và sự suy giảm lưu lượng thượng nguồn. Cơ sở dữ liệu trong mô hình được cập nhật bao gồm toàn bộ các công trình ngăn mặn của đồng bằng được thu thập từ Viện Khoa Học Thủy Lợi Miền Nam (SIWRR), Ủy Ban Sông Mekong (MRC) và Ban Quản Lý Dự Án Thủy Lợi 10 (PMU10). Module thủy lực và Module tải khuếch tán trong MIKE11 được ứng dụng cho việc mô phỏng xâm nhập mặn trong mô hình này.



Hình 1: Hệ thống công trình ngăn mặn trước năm 1998 (Nguồn: SIWRR, 2006)



Hình 2: Hệ thống công trình ngăn mặn sau năm 2005 (Nguồn: SIWRR, 2006)

2 PHƯƠNG PHÁP

2.1 Mô hình

MIKE11 là mô hình thủy động lực học một chiều cho mô phỏng dòng chảy không đều trên kênh, sông. MIKE11 được Viện thủy lực Đan Mạch phát triển trong đó module thủy lực là module chính (DHI, 2007). Module thủy lực (HD) dùng tính dòng chảy, Module tải khuếch tán (AD) dùng tính lan truyền chất (mặn,...). Để tính dòng chảy trong kênh sông, mô hình MIKE11 sử dụng phương trình St.Venant (phương trình bảo toàn động lượng và bảo toàn chất) một chiều và áp dụng sơ đồ sai phân 6 điểm xen kẽ Q,H của Abbott, and Ionescu, (1976)

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

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (2)$$

Module AD dựa trên phương trình bảo toàn chất hòa tan

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) = -AKC + C_2q \quad (3)$$

Trong đó:

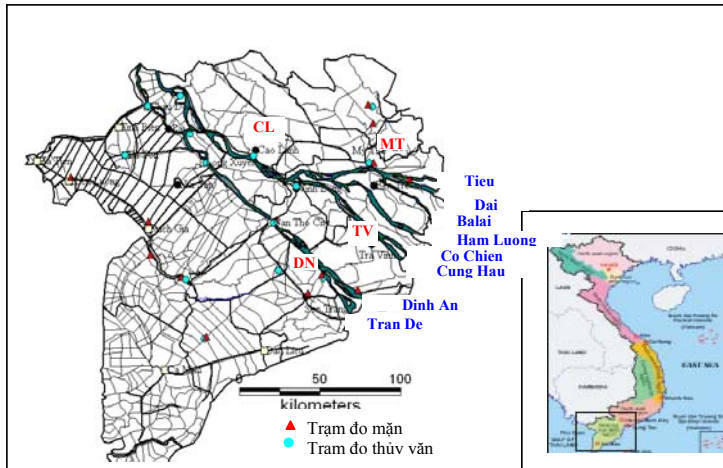
Q = lưu lượng (m³/s); A = mặt cắt ướt (m²); q = dòng gia nhập dòng chảy (m²/s); x = khoảng cách dọc dòng chảy (m); t = thời gian (s); C = nồng độ chất hòa tan (g/l); R = bán kính thủy lực (m); h = mực nước so với độ cao chuẩn (m); g = gia tốc trọng trường (m²/s); D = hệ số khuếch tán; C₂ = nồng độ dòng gia nhập (g/l).

2.2 Thành lập mô hình

Trong nghiên cứu này, hai module trong MIKE11 được sử dụng để mô phỏng mặn (HD và AD). Trong module HD, hai nhóm số liệu đầu vào bao gồm: (i) Số liệu theo không gian gồm hệ thống kênh sông và mặt cắt ngang của chúng, hệ thống công trình ngăn mặn (ii) số liệu theo thời gian gồm số liệu mực nước và lưu lượng theo thời gian, điều kiện ban đầu tại các biên tính toán. Biên trong mô hình gồm 6 biên lưu lượng trên thượng lưu (hai trong số đó nằm trên dòng chính sông Mekong) và 82 biên mực nước ở Biển Đông và Biển Tây. Bước thời gian tính toán trong mô hình là Δt=2 phút. Khoảng cách tối đa giữa các điểm tính toán là Δx=750m. Mô hình còn bao gồm toàn bộ hệ thống công trình ngăn mặn được hoàn thiện trước từ năm 2005.

2.3 Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

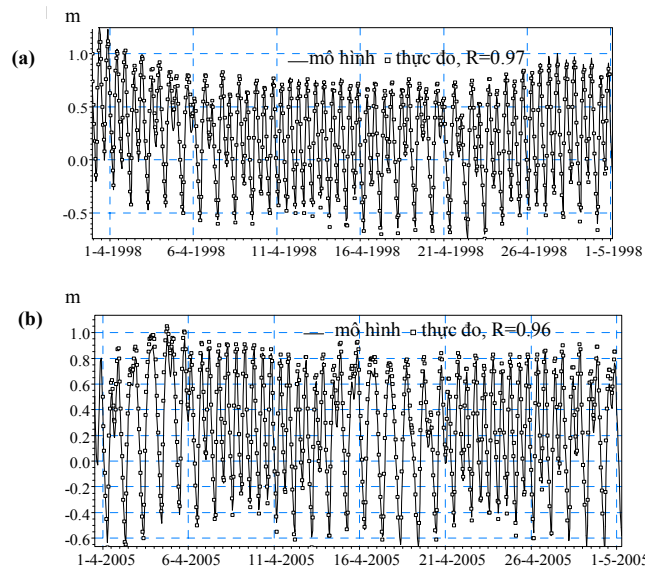
Mô hình được hiệu chỉnh qua 2 bước với số liệu thủy văn và nồng độ mặn năm 1998 bằng cách thay đổi các thông số trong mô hình (hệ số nhám Manning trong module HD và hệ số khuếch tán trong module AD) cho đến khi kết quả mô hình phù hợp với kết quả thực đo. Sau đó mô hình được kiểm định bằng bộ cơ sở dữ liệu năm 2005.



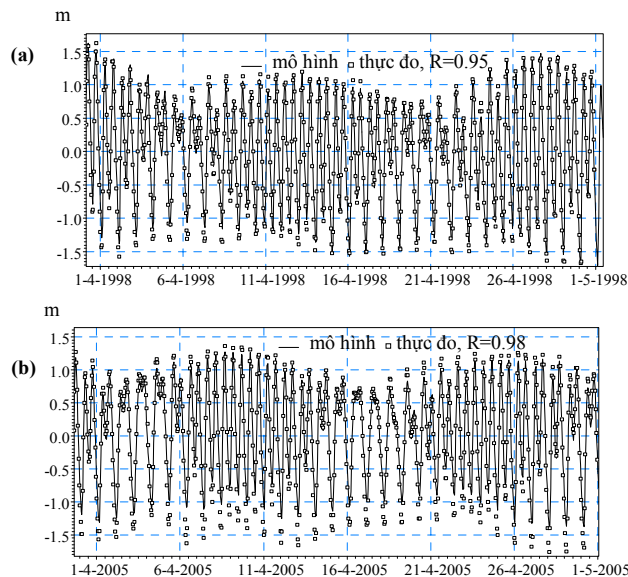
Hình 3: Vị trí các trạm đo mặn và thủy văn được sử dụng trong mô hình

Bước thứ nhất, hiệu chỉnh mô hình HD thông qua việc thay đổi hệ nhám Manning trong khoảng 0.03-0.018. Hình 4a và 5a thể hiện kết quả đại diện cho hai trạm Cao Lãnh (CL) và Đại Ngãi (ĐN). Kết quả chỉ ra rằng kết quả mô hình phù hợp với

thực đo cả về trị số lẫn xu thế. Kiểm định mô hình với cơ sở dữ liệu năm 2005, kết quả thể hiện trong hình 4b và 5b.



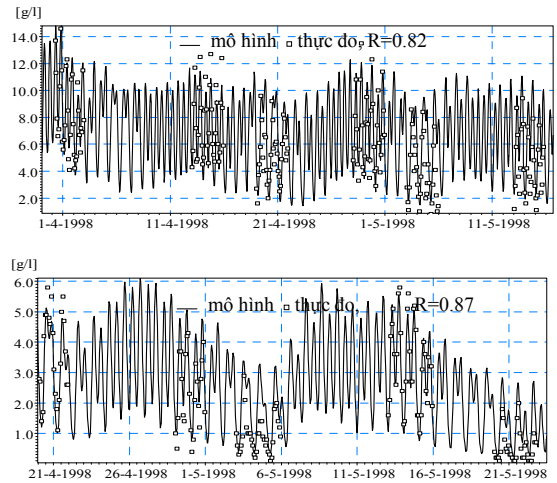
Hình 4: So sánh kết quả thực đo và mô hình tại trạm Cao Lãnh năm 1998 và năm 2005



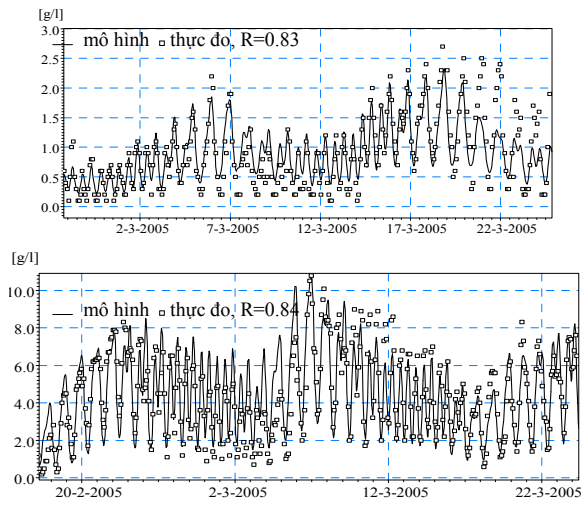
Hình 5: So sánh kết quả thực đo và mô hình tại trạm Đại Ngãi năm 1998 và năm 2005

Tiếp theo, hiệu chỉnh mô hình AD thông qua việc thay đổi hệ tải khuếch tán trong khoảng 700-300 cho sông chính và từ 125-50 cho các sông khác. Hình 6 và 7 thể hiện kết quả đại diện cho hai trạm Cao Lãnh và Đại Ngãi. Kiểm định mô hình với cơ sở dữ liệu năm 2005, kết quả thể hiện trong hình 6 và 7. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình lan truyền mặn phức tạp hơn so với mô hình thủy lực vì mặn chịu

ảnh hưởng của nhiều yếu tố như gió mùa (mô hình không xét đến), nhu cầu dùng nước, qui luật vận hành các công trình ngăn mặn, ... Hơn nữa kết quả của module AD rất nhạy với hệ số tải khuếch tán. Ngoài ra, hệ thống sông kênh rạch đồng bằng sông Cửu Long rất phức tạp không thể xác định giá trị của hệ số khuếch tán chính xác cho từng đoạn sông cụ thể. Hơn thế nữa, thiếu số liệu cho hiệu chỉnh và kiểm định mô hình xâm nhập mặn. Đặc biệt trong năm 1998 số liệu mặn không được thu thập liên tục. Mặc dù vậy so sánh từ kết quả mô hình và thực đo cho thấy kết quả mô hình phù hợp với thực đo cả về trị số lẫn xu thế, đây chính là cơ sở cho việc dự báo mặn trong tương lai.



Hình 6: So sánh kết quả thực đo và mô hình tại trạm Đại Ngãi và Mỹ Tho năm 1998



Hình 7: So sánh kết quả thực đo và mô hình tại trạm Mỹ Tho năm 2005

2.4 Các kịch bản mô phỏng

2.4.1 Kịch bản gốc

Trong nghiên cứu này xâm nhập mặn năm 1998 được chọn làm kịch bản xâm nhập mặn gốc vì mặn năm 1998 xâm nhập sâu nhất trong vài thập niên trở lại đây (Sam,

2006). Hơn nữa năm 1998 có đủ số liệu cho điều kiện biên cho mô phỏng xâm nhập mặn.

2.4.2 Phỏng đoán mực nước biển dâng và lượng lưu lượng mùa kiệt thượng nguồn giảm

Nijissen *et al.*, (2002) phân tích độ nhạy các yếu tố thủy văn và biến đổi khí hậu trên các con sông lớn trên thế giới trong giai đoạn 2025-2045. Nghiên cứu chỉ ra rằng lưu lượng sông Mekong sẽ tăng trong mùa mưa và giảm trong mùa khô. Hoanh *et al.*, (2003) đánh giá mức độ thay đổi của lưu lượng sông Mekong ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu (IPPC, 2007) và khả năng mở rộng diện tích nông nghiệp trên lưu vực sông Mekong. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng ứng với kịch bản biến đổi khí hậu B2 lưu lượng mùa kiệt trên sông Mekong có thể giảm từ 15%-33% trong giai đoạn 2010-2039 so với giai đoạn 1961-1990 tùy mức độ thay đổi nhu cầu dùng nước cho các hoạt động của con người trên lưu vực sông Mekong.

Theo báo cáo lần thứ 4 của Ủy Ban Liên Chính Phủ Về Biến Đổi Khí Hậu (IPCC, 2007), đến giữa 2090s, mực nước biển sẽ tăng lên 43cm ứng với kịch bản biến đổi khí hậu B2, trung bình mực nước biển dâng 5.6mm/năm so với mực nước biển của 1990s. Có nghĩa là mực nước biển có thể dâng lên khoảng 20cm vào năm 2030 so với giai đoạn 1980-1999.

Trong nghiên cứu này, bốn kịch bản mực nước biển dâng và suy giảm lưu lượng vào mùa kiệt của sông Mekong được thành lập như bảng 1 với mục đích là ước đoán mức độ xâm nhập mặn trong tương lai khi các yếu tố bất lợi cho xâm nhập mặn xảy ra.

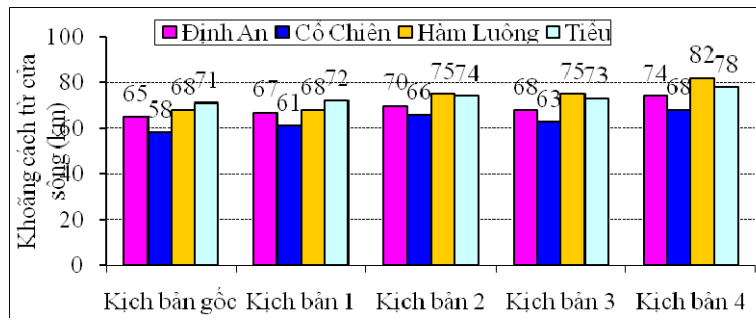
Bảng 1: Tổng hợp các kịch bản

Kịch bản	Mực nước biển dâng	Tỷ lệ lưu lượng thượng nguồn giảm so với kịch bản gốc	Năm phỏng đoán
Kịch bản gốc			1998
1	14 cm	11%	2020
2	14 cm	22%	2020
3	20 cm	15%	2030
4	20 cm	30%	2030

3 KẾT QUẢ THẢO LUẬN

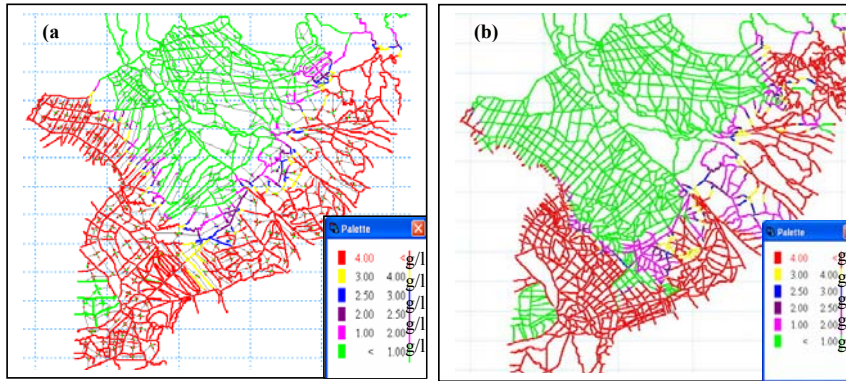
3.1 Khoảng cách xâm nhập mặn lớn nhất trên các dòng chính sông Mekong

Trong nghiên cứu này giá trị độ mặn 2,5g/l được chọn bằng giá trị giới hạn có thể tác động xấu đến năng suất cây trồng, làm giảm 25% năng suất lúa (Grattan *et al.*, 2002). Chiều sâu xâm nhập mặn trên các dòng chính sông Tiền và Hậu (Hình 8) chỉ ra rằng trong tương lai (năm 2030) nếu mực nước biển dâng cao 20cm và lưu lượng mùa kiệt giảm 22%, xâm nhập mặn trên sông chính của đồng bằng sông Cửu Long sâu hơn 14km so với kịch bản gốc và diện tích xâm nhập mặn mở rộng ra hầu hết các vùng được ngọt hóa thuộc các dự án ngăn mặn như hình 10.



Hình 8: Chiều sâu xâm nhập mặn (2,5g/l) trên các sông chính

3.2 Diện tích xâm nhập mặn



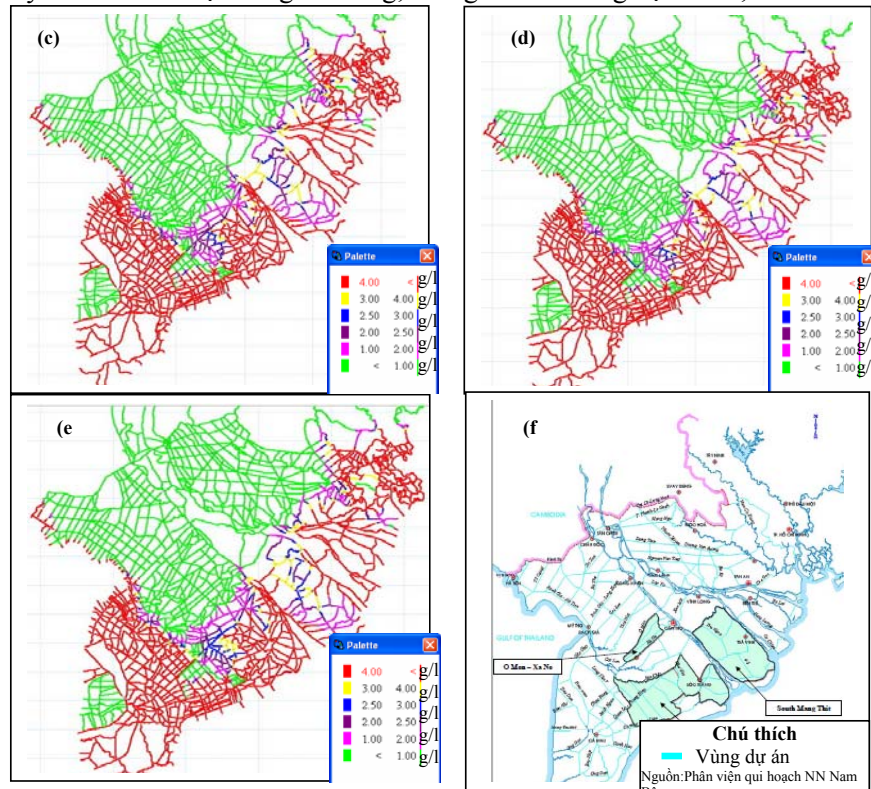
Hình 9: Diện tích xâm nhập mặn cho các kịch bản. (a) kịch bản gốc (b) kịch bản số 1

Kết quả xâm nhập mặn ở kịch bản gốc cho ta thấy rằng trong năm 1998, mặn ảnh hưởng hầu hết bán đảo Cà Mau, tỉnh Trà Vinh, một phần tỉnh Vĩnh Long và tỉnh Bến Tre. Diện tích xâm nhập mặn ở các kịch bản số 1 và 2 giảm đi mặc dù ở các kịch bản này mực nước biển tăng lên và lưu lượng mùa khô giảm, điều này có thể giải thích do từ năm 1999 hệ thống công trình ngăn mặn từ Biên Đông và Biên Tây đã được thực hiện để ngăn mặn cho 534.860 ha (Hình 10f), bao gồm các dự án Nam Măng Thít, Quản Lộ Phụng Hiệp, Ô Môn-Xà No (World Bank, 2008). Hơn thế nữa, kết quả ở các kịch bản số 3 và 4 chỉ ra rằng ngay cả khi tất cả hệ thống công trình ngăn mặn hiện thời vận hành đúng như thiết kế mặn vẫn xâm nhập sâu vào nội đồng và ảnh hưởng đến hầu hết các vùng được bảo vệ bởi dự án xâm nhập mặn như hình 10d, 10e, 10f.

4 KẾT LUẬN

Xâm nhập mặn của đồng bằng sông Cửu Long được dự đoán dựa trên bốn kịch bản được hình thành từ giá trị mực nước biển dâng theo kịch bản biến đổi khí hậu B2 và lưu lượng thượng nguồn mùa kiệt suy giảm theo các kịch bản sử dụng nước từ thượng nguồn. Kết quả các kịch bản cho ta thấy bức tranh toàn cảnh về xâm nhập mặn ở ĐBSCL vào mùa khô có thể xảy ra trong tương lai. Đặc biệt ở 2 kịch bản cuối cho thấy rằng, mặn có thể xâm nhập vào nội đồng ở hầu hết các diện tích được bảo vệ bởi các dự án ngăn mặn. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, mô hình

xâm nhập mặn chưa bao gồm hết tất cả các yếu tố tác động đến xâm nhập mặn ở ĐBSCL trong hiện tại cũng như trong tương lai như gió mùa, nhu cầu dùng nước cho thay đổi trên lưu vực sông Mekong, thời gian và cường độ của lũ...



Hình 10: Diện tích xâm nhập mặn cho các kịch bản và diện tích ngọt hóa của các dự án xâm nhập mặn. (c) kịch bản số 2, (d) kịch bản số 3, (e) kịch bản số 4, (f) diện tích ngọt hóa của các dự án xâm nhập mặn ở ĐBSCL

Kết quả của nghiên cứu này hữu ích cho quy hoạch tài nguyên nước ở ĐBSCL trong tương lai trong điều kiện mực nước biển dâng và các nước thượng nguồn sông Mekong tăng cường sử dụng nguồn nước của sông Mekong.

Chế độ thủy lực thủy văn của ĐBSCL rất phức tạp vì vậy mô hình chưa thể cho một kết quả chính xác nhất về xâm nhập mặn cho ĐBSCL. Đặc biệt trong điều kiện biến đổi khí hậu và thay đổi ở thượng nguồn sông Mekong. Mô hình cần được hiệu chỉnh với tất cả các yếu tố ảnh hưởng đến xâm nhập mặn của vùng và nhiều kịch bản hơn nữa nên được thành lập để có cái nhìn toàn diện hơn về vấn đề xâm nhập mặn của khu vực ĐBSCL.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Abbott, M. B. and Ionescu, F. 1967. On the numerical computation of nearly horizontal flows. *Journal of Hydraul Res*, 5:97-117.

DHI. 2007. A Modelling System for River and Channels-Mike 11 User Manual.

Grattan, S. R., Zeng, L., Shannon, M. C., and Robert, S. R. 2002. Rice is more sensitivity than previous thought. *California Agriculture*, 56: 189-195.

- Hung, N. N., Thinh, L. V., and Trung, N. H. 2001. Macro-level perspective on water use in the dry season in Mekong Delta, Can Tho University.
- Hoanh, C. T., 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.
- IPCC. 2007. Fourth Assessment Report: Climate Change. 2007. Working Group I Report “The Physical Science Basis”.
- Khang, D. N., Kotera, A., Sakamoto, T., and Yokozawa, M. 2008. Sensitivity of Salinity Intrusion to Sea Level Rise and River Flow Change in Vietnamese Mekong Delta- Impacts on Availability of Irrigation Water for Rice Cropping. *Journal of Agricultural and Meteorological*, 64 : 167-176.
- Kite, G. 2001. Modelling the Mekong: hydrological simulation for environmental impact studies. *Journal of Hydrology*, 253: 1-13.
- Mekong River Commission (MRC). 2005. Overview of the Hydrology of the Mekong Basin. Mekong River Commission, Vientiane.
- Nhan, D.K., Be, N.V., and Trung, N.H. 2007. Water Use and Competition in the Mekong Delta, Vietnam. Challenges to Sustainable Development in the Mekong Delta: Regional and National Policy Issues and research Needs. The Sustainable Mekong Research Network: 143-188.
- Nijssen, B., O’Donnell, G. M., Hamlet, A. F., and Lettenmaier, D. P. 2001. Hydrologic sensitivity of global rivers to climate change. *Climate Change*, 50 : 143-175.
- Sam, L. 2006. Results of study on salinity intrusion for socio-economic development in the Mekong Delta. *Results of Science and Technology*. Agriculture Press: 104-112.
- Sunada, K. 2009. Study on Asian River Basin. CREST Asian River Basins: Water Policy Study Team.
- Tuan, L. A., Hoanh, C. T., Miller, F., and Sinh, B. T. 2007. Flood and Salinity Management in the Mekong Delta, Vietnam. Challenges to sustainable development in the Mekong Delta: Regional and national policy issues and research needs: Literature analysis. Bangkok, Thailand: The Sustainable Mekong Research Network (Sumernet): 15-68.
- World Bank. 2008. Vietnam Mekong Delta Water Resources Project Implementation Completion And Results Report.