

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MIKE 11 MÔ PHỎNG VÀ TÍNH TOÁN XÂM NHẬP MẶN CHO KHU VỰC NAM BỘ

Đoàn Quang Trí

Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương

Nghiên cứu đã ứng dụng mô hình MIKE 11 kết hợp với MIKE-GIS để mô phỏng dòng chảy vùng hạ lưu sông Cửu Long và tính toán quá trình xâm nhập mặn cho khu vực Nam Bộ. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực MIKE 11 chỉ ra sự tương đồng về pha và biên độ dao động giữa mực nước tính toán và thực đo trong mùa khô năm 2014 - 2015 và 2015 - 2016. Kết quả tính toán quá trình xâm nhập mặn trong sông kết hợp với bản đồ số độ cao DEM trong MIKE-GIS phù hợp với thực tế. Các kết quả nghiên cứu cho thấy bộ mô hình có khả năng ứng dụng hiệu quả phục vụ tốt cho công tác dự báo dòng chảy và xâm nhập mặn tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương.

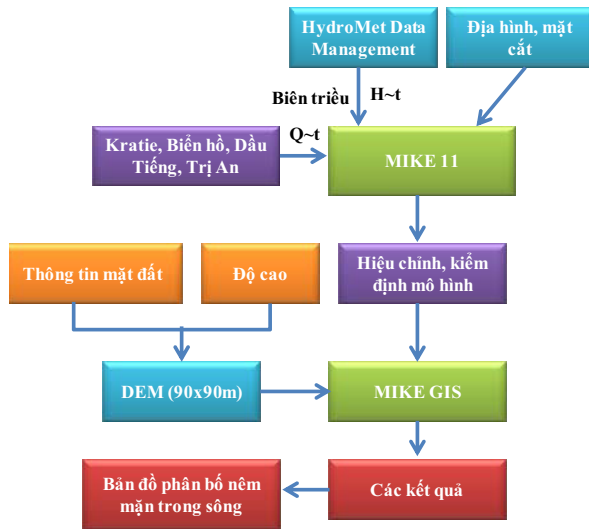
Từ khóa: Xâm nhập mặn, Nam Bộ, MIKE 11, MIKE-GIS.

1. Mở đầu

Tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) tới hạ lưu sông bao gồm sự gia tăng hiện tượng ngập lụt khu vực hạ lưu do nước biển dâng, giảm diện tích các khu ngập nước và đẩy mạnh quá trình xâm nhập mặn. Do tính chất quan trọng của hiện tượng xâm nhập mặn có liên quan đến hoạt động kinh tế - xã hội của nhiều quốc gia nên vấn đề tính toán và nghiên cứu đã được đặt ra từ lâu [1, 2, 3]. Các phương pháp cơ bản được thực hiện bao gồm: thực nghiệm (dựa trên số liệu quan trắc) và mô phỏng quá trình bằng các mô hình toán. Các phương pháp tính toán xâm nhập mặn đầu tiên thường sử dụng bài toán một chiều khi kết hợp với hệ phương trình Saint - Venant. Những mô hình mặn một chiều đã được xây dựng bởi nhiều tác giả [4]. Giả thiết cơ bản của các mô hình này là sự phân bố dòng chảy và độ mặn đồng nhất trên mặt cắt ngang. Mặc dù điều này khó gặp trong thực tế nhưng kết quả áp dụng mô hình lại có sự phù hợp khá tốt, đáp ứng được nhiều mục đích nghiên cứu và tính toán mặn. Ưu thế đặc biệt của các mô hình loại một chiều là yêu cầu tài liệu vừa phải và nhiều tài liệu đã có sẵn trong thực tế. Leendertse (1971) [5] đã xây dựng các mô hình hai chiều và một chiều trong đó mô hình một chiều có nhiều ưu thế trong việc giải các bài toán phục vụ yêu cầu thực tế tốt hơn. Các nhà khoa học cũng thống nhất nhận định

rằng, các mô hình một chiều thường hữu hiệu hơn các mô hình hai chiều trên các sông đơn. Chúng có thể áp dụng cho các vùng cửa sông có địa hình phức tạp gồm nhiều sông, kênh nối với nhau với cấu trúc bất kỳ.

Hiện tại công tác cảnh báo, dự báo xâm nhập mặn cho các hệ thống sông vẫn luôn là một vấn đề thách thức với những người làm trong lĩnh vực này, đặc biệt là dự báo cho các vị trí cửa sông ven biển. Khó khăn này có rất nhiều nguyên nhân như: thiếu số liệu địa hình chi tiết ở các cửa sông, số liệu đo mặn tại các vị trí cửa sông, hoặc có số liệu nhưng không được cập nhật thường xuyên tại vị trí các trạm đo. Vì vậy, các mô hình thường không đáp ứng được trong công tác dự báo xâm nhập mặn mà chỉ dừng lại ở mức xây dựng các kịch bản tương lai để cảnh báo, dự báo xâm nhập mặn. Mục đích của nghiên cứu này là: (1) Ứng dụng mô hình thủy lực MIKE 11 mô phỏng quá trình diễn toán dòng chảy ở khu vực hạ lưu khu vực Nam Bộ; (2) Kết hợp mô hình toán thủy lực trong sông (MIKE 11) và mô hình MIKE-GIS trong việc tính toán, mô phỏng quá trình diễn toán mặn vùng cửa sông ven biển đang là một hướng mới nhằm nâng cao chất lượng dự báo mặn cho các khu vực vùng cửa sông ven biển khu vực Nam Bộ. Sơ đồ mô phỏng và tính toán quá trình xâm nhập mặn ở khu vực nghiên cứu được thể hiện trong hình 1.



Hình 1. Sơ đồ quá trình mô phỏng, tính toán xâm nhập mặn khu vực nghiên cứu

2. Phương pháp nghiên cứu và tài liệu thu thập

2.1. Tổng quan khu vực nghiên cứu

Lưu vực sông Mê Kông có tổng diện tích 795,000 km² trong đó phần nằm trên lãnh thổ của bốn quốc gia Thái Lan, Lào, Campuchia và Việt

Nam là khu vực hạ lưu, chiếm trên 77%. Mê Kông là con sông dài thứ 12 trên thế giới và lớn thứ 10 về tổng lượng dòng chảy (hàng năm đạt khoảng 475 tỷ m³, lưu lượng trung bình khoảng 15.000 m³/s). Sông Mê Kông là sông chính và cũng là nguồn cấp nước ngọt chính của đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), sau ngã tư Phnompenh, sông chia thành 2 nhánh đổ vào Việt Nam, gọi là Mê Kông và Bassac (sông Tiền và sông Hậu) và sau đó chảy ra biển bằng 9 cửa là Tiểu, Đại, Ba Lại, Hàm Luông, Cổ Chiên, Cung Hầu, Định An, Trần Đề và Bát Thát (Hậu Giang). Tuy nhiên, quá trình bồi lắng vùng cửa sông đã làm biến mất cửa Bát Thát trên sông Hậu và cửa Ba Lại của sông Tiền cũng đã được xây cống kiểm soát mặn. Ngoài hệ thống sông Cửu Long, trong đồng bằng còn có các hệ thống sông chính sau: Hệ thống sông Vàm Cỏ, bao gồm hai nhánh Vàm Cỏ Tây và Vàm Cỏ Đông. Sông Vàm Cỏ Tây, bắt nguồn từ vùng đồng bằng tỉnh Prey-Veng, chảy theo hướng Tây Bắc - Đông Nam vào Việt Nam (tỉnh Long An) (Hình 2).



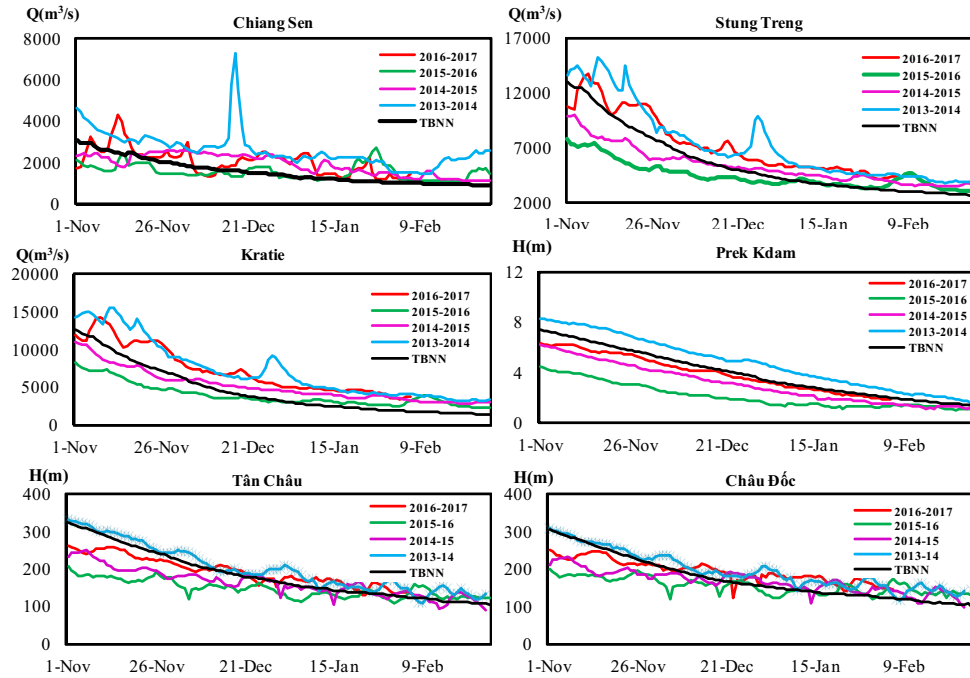
Hình 2: Bản đồ nghiên cứu khu vực Nam Bộ

Theo số liệu thống kê trên hệ thống sông Mê Kông từ mùa lũ năm 2013 - 2/2017 cho thấy mực nước phía thượng nguồn sông Mê Kông tại Chiang Sen, Strung Treng, Kratie và Prek Kdam đều thấp hơn so với trung bình nhiều năm

(TBNN). Đỉnh lũ năm tại 2 trạm Tân Châu và Châu Đốc trong 3 năm gần đây từ 2014 - 2016 mực nước đều thấp hơn TBNN, riêng đỉnh lũ năm 2015 ở mức rất thấp (là đỉnh lũ thấp nhất từ năm 1978 đến nay) (Hình 3). Mùa lũ năm 2015

ở Nam Bộ thuộc năm lũ nhỏ, dòng chảy từ thượng lưu sông Mê Kông về ĐBSCL thời kỳ đầu mùa khô đã xuống mức rất thấp và ở mức thấp lịch sử. Tiếp đó, trong các tháng mùa khô lượng mưa liên tục thiếu hụt từ 20 - 50% so với TBNN, nhiều tỉnh ở Nam Bộ cho đến hết tháng 04/2016 hầu như không có mưa. Do vậy, tình trạng thiếu nước và xâm nhập mặn đã xảy ra trên

diện rộng ở khu vực Nam Bộ và diễn ra sớm, lần sâu hơn so với cùng thời kỳ năm 2015. Sự thiếu hụt dòng chảy từ thượng nguồn sông Cửu Long luôn là nguyên nhân dẫn đến tình trạng xâm nhập mặn mùa khô năm 2016 ở ĐBSCL (đến sớm và xâm nhập sâu trên diện rộng), ảnh hưởng lớn đến sản xuất và sinh hoạt.



Hình 3. Biểu đồ đường quá trình lưu lượng mực nước tại một số trạm thượng nguồn và hạ lưu sông Mê Kông trong những năm gần đây và TBNN

2.2. Cơ sở lý thuyết của mô hình

MIKE 11 là mô hình động lực một chiều được sử dụng nhằm phân tích chi tiết, thiết kế, quản lý và vận hành cho sông và hệ thống kênh dẫn đơn giản hay phức tạp. Mô-đun mô hình thủy động lực (HD) là một phần trọng tâm của hệ thống mô hình MIKE 11 và hình thành cơ sở cho hầu hết các mô-đun bao gồm: dự báo lũ, tải khuếch tán, chất lượng nước và các mô-đun vận chuyển bùn lắng không có kết. Mô-đun HD giải các phương trình tổng hợp theo phương đứng để đảm bảo tính liên tục và bảo toàn động lượng, nghĩa là giải hệ phương trình Saint-Venant.

• Phương trình liên tục:

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

• Phương trình động lượng:

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

Trong đó: Q: Lưu lượng (m³/s), A: Diện tích mặt cắt (m²), q: Lưu lượng nhập lưu trên một đơn vị chiều dài dọc sông (m²/s), C: Hệ số Chezy, α : Hệ số sửa chữa động lượng, R: Bán kính thủy lực (m).

• Phương trình truyền tải - khuếch tán:

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) = -AKC + C_2 q \quad (3)$$

Trong đó: A: Diện tích mặt cắt (m²), C: Nồng độ (kg/m³), D: Hệ số phân tán, q: Lưu lượng nhập lưu trên 1 đơn vị chiều dài dọc sông (m²/s),

K: Hệ số phân huỷ sinh học, K chỉ được sử dụng khi các hiện tượng hay quá trình xem xét có liên quan đến các phản ứng sinh hóa.

2.3. Thống kê đánh giá mô hình

Trong nghiên cứu này, ba chỉ số NSE (Nash-Sutcliffe efficiency), PBIAS (Percent bias) và RSR (RMSE-observations standard deviation ratio) được sử dụng để so sánh, đánh giá chất lượng đường quá trình tính toán và thực đo từ mô hình. NSE, PBIAS và RSR được tính toán như theo các công thức (4, 5, 6). Tiêu chí đánh giá cho các chỉ số này được thể hiện trong bảng 1.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \left(Y_i^{tt} - Y_i^{td} \right)^2}{\sum_{i=1}^n \left(Y_i^{td} - Y^{TB} \right)^2} \quad (4)$$

$$PBIAS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \left(Y_i^{td} - Y_i^{tt} \right) * 100}{\sum_{i=1}^n \left(Y_i^{td} \right)} \quad (5)$$

$$RSR = \frac{RMSE}{STDEV_{obs}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n \left(Y_i^{td} - Y_i^{tt} \right)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \left(Y_i^{td} - Y^{TB} \right)^2}} \quad (6)$$

Trong đó: Y_i^{tt} là giá trị mô phỏng thứ i cho các thành phần đang được đánh giá; Y_i^{td} là giá trị thực đo thứ i cho các thành phần đang được đánh giá; Y^{TB} là giá trị trung bình thực đo; và n là tổng số giá trị thực đo.

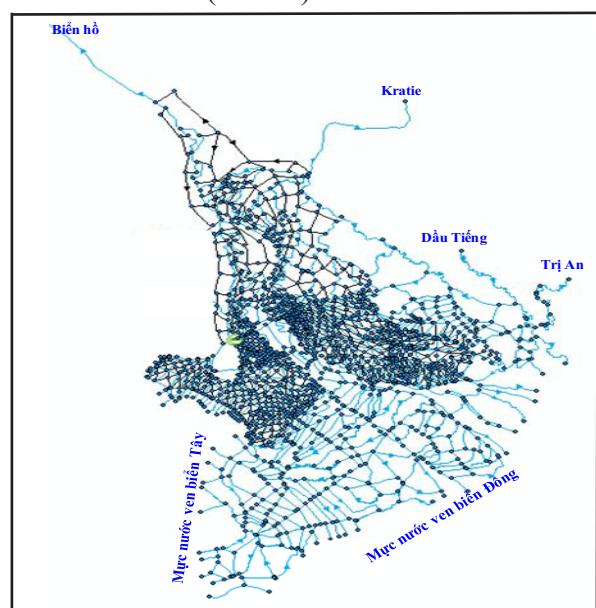
Bảng 1. Tiêu chí đánh giá chất lượng cho các chỉ số [6]

Xếp loại	RSR	NSE	PBIAS (%)
Rất tốt	$0 \leq RSR \leq 0,5$	$0,75 < NSE \leq 1$	$PBIAS < \pm 10$
Tốt	$0,5 \leq RSR \leq 0,6$	$0,65 < NSE \leq 0,75$	$\pm 10 \leq PBIAS < \pm 15$
Đạt yêu cầu	$0,6 \leq RSR \leq 0,7$	$0,5 < NSE \leq 0,65$	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 25$
Không đạt	$RSR > 0,7$	$NSE \leq 0,5$	$PBIAS \geq \pm 25$

2.4. Xây dựng mạng lưới thủy lực MIKE 11

Sơ đồ hóa toàn bộ hệ thống sông, kênh chính, từ Kratie tới cửa sông ven biển trong MIKE 11 được thể hiện trong hình 4. Trong đó, module HD được xác định bởi 4 biên lưu lượng phía thượng nguồn bao gồm: Biển hồ, Kratie, Dầu Tiếng và Trị An; 57 biên mực nước triều phía hạ lưu đại diện một số trạm chính gồm: Long Tàu, Vàm Cỏ, Mê Kông, Cửa Đại, Ba Lại, Hàm Luông, Cỏ Chiên, Sông Hậu (Bassac), Trần Đề, Mỹ Thanh, một số biên mực nước thuộc kênh rạch vùng bán đảo Cà Mau và Kiên Giang. Nhập lưu khu giữa, tính từ mô hình mưa dòng chảy (NAM), dòng chảy được nhập vào ô ruộng, sông và kênh. Bước thời gian tính toán trong mô hình là $\Delta t = 2$ phút. Tổng số mặt cắt thiết lập tính toán trên hệ thống sông chính và các kênh nhánh là 4.257 mặt cắt. Mạng sông được thiết lập dựa trên ảnh vệ tinh có 225 sông nhánh và các kênh rạch chằng chịt. Ước tính số lượng điểm tính toán

18.450 nút tính (Hình 4).



Hình 4. Sơ đồ mạng tính thủy lực khu vực nghiên cứu

2.5. Cơ sở dữ liệu sử dụng

Trong nghiên cứu này một số dữ liệu đầu vào

được sử dụng như sau:

- Tài liệu địa hình: Số liệu địa hình như mặt cắt sông kênh được cập nhật hàng năm theo các dự án và đề tài nghiên cứu; mô hình số độ cao DEM, của vùng nghiên cứu với tỷ lệ ô lưới 90x90m; tài liệu địa hình mới khảo sát phục vụ cho dự án: Số liệu đo ở các sông kênh chính trong lưu vực nghiên cứu như Sông Tiền, Sông Hậu và một số kênh chính trong dự án Quy hoạch ĐBSCL trong điều kiện BĐKH, sông Sài Gòn, sông Vàm Cỏ Đông, sông Đồng Nai đo đạc năm 2012.

- Tài liệu mưa: Tài liệu mưa của hầu hết các trạm phân bố đều trên lưu vực nghiên cứu như Tân Châu, Châu Đốc, Vàm Nao, Long Xuyên, Cao Lãnh, Cần Thơ, Mỹ Thuận;

Tài liệu về bốc hơi: Số liệu bốc hơi ở các trạm mưa tương ứng.

- Tài liệu thủy văn: Số liệu dòng chảy: Lưu lượng tại trạm Kratie, Biển hồ, lưu lượng xả tại các hồ: Trị An, Dầu Tiếng; lưu lượng dùng kiểm định tại Tân Châu, Châu Đốc, Mỹ Thuận và Cần Thơ; Số liệu mực nước tại các biên dưới: Mực nước tại các trạm Vũng Tàu, Xẻo Rô, Rạch Giá, Sông Đốc, Gành Hào, Bến Trại, An Thuận, Trần Đề, Vàm Kênh; Số liệu mực nước dùng kiểm định: Mực nước tại trạm Tân Châu, Châu Đốc, Cần Thơ và Mỹ Thuận.

- Thu thập tài liệu đo mặn: Để phục vụ cho bài toán phục vụ dự báo mặn cho lưu vực ĐBSCL đòi hỏi phải có một nguồn số liệu đo mặn đầy đủ và cập nhật liên tục. Hiện tại số liệu đo mặn được cung cấp bởi đài khí tượng thủy văn Nam Bộ.

3. Phân tích kết quả và đánh giá

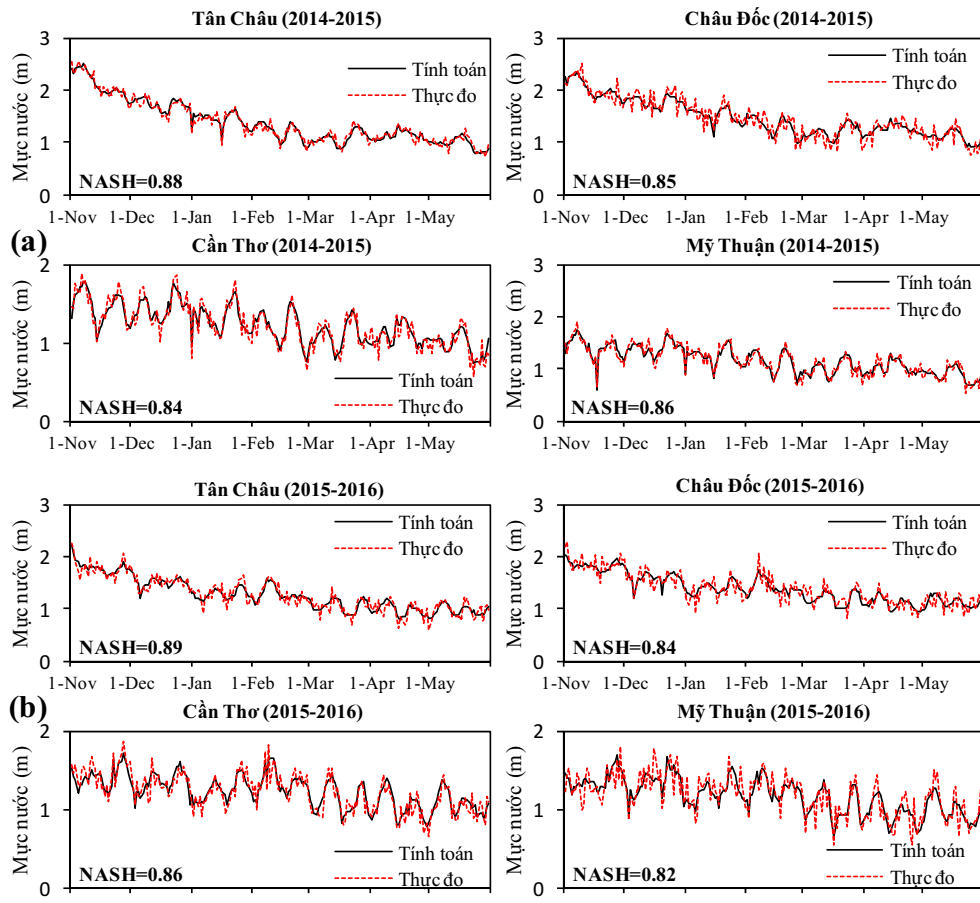
3.1. Đánh giá chất lượng hiệu chỉnh và kiểm định mô hình tại các trạm thủy văn

Dựa trên nguồn số liệu điều tra, đo đạc, mô hình thủy lực được hiệu chỉnh và kiểm định cho số liệu mùa khô của các năm 2014 - 2015 và 2015 - 2016 với thời gian từ 1/11 đến 31/05 các năm. Trong đó 4 trạm thủy văn được áp dụng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình trên sông Tiền tại 2 trạm Tân Châu và Mỹ Thuận, trên sông Hậu tại 2 trạm Châu Đốc và Cần Thơ. Biên trên của mô hình sử dụng số liệu lưu lượng lấy tại Kratie và lưu lượng xả tại 2 hồ Dầu Tiếng và Trị An; Biên dưới lấy đường quá trình mực nước triều thực đo tại 9 trạm đo chính sau: Vũng Tàu, Xẻo Rô, Rạch Giá, Sông Đốc, Gành Hào, Bến Trại, An Thuận, Trần Đề, Vàm Kênh.

Để đánh giá kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình chỉ số Nash-Sutcliffe [7] được áp dụng để đánh giá sai số giữa đường quá trình mực nước tính toán và thực đo. Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại 4 trạm Tân Châu, Châu Đốc, Mỹ Thuận và Cần Thơ chỉ ra sự tương đồng cao về pha và biên độ dao động với chỉ số Nash dao động từ 0,82 - 0,89 (Hình 5a, 5b). Giá trị RSR thay đổi từ 0,17 - 0,43 < 0,5 (rất tốt) trong cả hai quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình. Giá trị PBIAS dao động từ 0,15% - 1,91% với hiệu chỉnh, và từ 0,56% - 1,68% với kiểm định (Bảng 2). Giá trị mô phỏng diễn biến mực nước trung bình được đánh giá rất tốt ($PBIAS < \pm 10$) cho cả hai quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình. Thông số thủy lực trên các mặt cắt ngang đóng một vai trò rất quan trọng trong hiệu chỉnh mô hình với hệ số nhám dao động từ $n = 0,016 - 0,035$. Vì vậy, bộ thông số sử dụng trong quá trình hiệu chỉnh và kiểm định có thể được sử dụng để mô phỏng tính toán quá trình xâm nhập mặn vùng cửa sông ven biển khu vực Nam Bộ.

Bảng 2. Đánh giá chất lượng hiệu chỉnh, kiểm định mực nước

Quá trình	Năm	Chỉ tiêu	Tân Châu	Châu Đốc	Cần Thơ	Mỹ Thuận
Hiệu chỉnh	2014-2015	NSE	0,97	0,86	0,82	0,87
		PBIAS (%)	1,22	1,91	1,14	0,15
		RSR	0,17	0,37	0,43	0,36
Kiểm định	2015-2016	NSE	0,90	0,84	0,85	0,84
		PBIAS (%)	1,68	0,58	0,56	1,16
		RSR	0,32	0,40	0,39	0,40



Hình 5. Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại 4 trạm Tân Châu, Châu Đốc, Mỹ Thuận và Cần Thơ: (a) 2014 -2015; (b) 2015 - 2016

3.2. Kết quả tính toán xâm nhập mặn

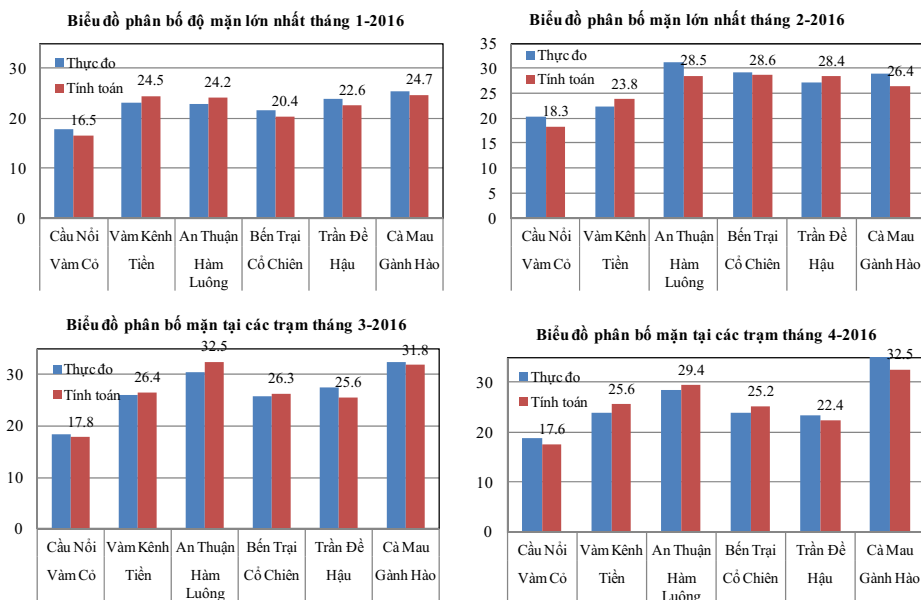
Trong nghiên cứu này, bộ thông số trong quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE 11 được sử dụng phục vụ tính toán phân bố nê m mặn trong sông khu vực Nam Bộ trong mùa khô năm 2015-2016. Kết quả tính toán từ mô hình thủy lực MIKE 11 kết hợp mô hình MIKE GIS với bản đồ địa hình DEM 90x90m, sản phẩm là bản đồ phân bố nê m mặn trong sông khu vực nghiên cứu (Hình 6).

Theo kết quả tính toán từ mô hình độ mặn đã bắt đầu xâm nhập vào các vùng ven biển và cửa sông, sớm hơn trung bình 1,5 tháng từ đầu tháng 11/2015 - 2/2016, ranh mặn đã xấp xỉ ranh mặn cao nhất trung bình nhiều năm. Đến tháng 3/2016, ranh mặn 4 g/l đã đạt đỉnh cao nhất, vượt năm trung bình 20 - 25 km, thậm chí có nơi trên

30 km (sông Vàm Cỏ Tây), tại một số trạm độ mặn đã lên tới 30 g/l, cao hơn từ 4 -14 g/lít so với trung bình nhiều năm. Trong tháng 3 - 4/2016 tại một số trạm đã xuất hiện độ mặn cao nhất so với số liệu quan trắc cùng kỳ. Phạm vi xâm nhập mặn khu vực sông Vàm Cỏ là 90 - 93 km, sâu hơn TBNN 10 -15 km; các cửa sông Tiền: 45 - 65 km, sâu hơn TBNN 20 - 25 km; các cửa sông Hậu: 55 - 60 km, sâu hơn TBNN 15 - 20 km; ven biển Tây: 60 - 65 km, sâu hơn TBNN 5 - 10 km (Hình 7). Kết quả tính toán sai số giữa độ mặn tính toán và thực đo tại một số trạm ở khu vực nghiên cứu từ 4 - 16%. Sai số độ mặn lớn nhất ở khu vực bán đảo Cà Mau do nền DEM địa hình ở khu vực này chưa đạt độ chi tiết để mô phỏng chính xác kết quả tính toán.



Hình 6. Bản đồ xâm nhập mặn lớn nhất trong sông khu vực Nam Bộ



Hình 7. Biểu đồ phân bố độ mặn lớn nhất tháng tại các trạm khu vực Nam Bộ

4. Kết luận

Xâm nhập mặn thời kỳ mùa khô ở đồng bằng Nam Bộ đã gây thiệt hại hết sức nghiêm trọng đến sản xuất nông nghiệp, thiếu nước sinh hoạt và nuôi trồng thủy sản đặc biệt mùa khô năm 2015 - 2016. Việc kết hợp mô hình toán trong việc mô phỏng, tính toán dòng chảy từ phía hạ nguồn sông Mê Kông tới khu vực cửa sông ven biển khu vực Nam Bộ đóng vai trò rất quan trọng trong việc theo dõi diễn biến quá trình xâm nhập mặn ở khu vực này. Kết quả tính toán xâm nhập

mặn từ mô hình cho thấy:

Quá trình xâm nhập mặn dọc sông Vàm Cỏ là cao nhất với khoảng cách từ cửa sông ven biển vào trong sông: 90 - 93 km, sâu hơn TBNN từ 10 - 15 km.

Quá trình xâm nhập mặn dọc sông Tiền với khoảng cách từ cửa sông ven biển vào trong sông: 45 - 65 km, sâu hơn TBNN 20 - 25 km.

Quá trình xâm nhập mặn dọc sông Hậu với khoảng cách từ cửa sông ven biển vào trong sông: 55 - 60 km, sâu hơn TBNN 15 - 20 km.

Quá trình xâm nhập mặn dọc sông ven biển Tây với khoảng cách từ cửa sông ven biển vào trong sông: 60 - 65 km, sâu hơn TBNN 5 -10 km.

Kết hợp kết quả tính toán từ mô hình và số liệu đo đạc thực tế tại các trạm đo sẽ giúp ích rất nhiều trong công tác đánh giá khả năng nguy cơ xâm nhập mặn cho toàn bộ khu vực nghiên cứu.

Từ đó đưa ra sự điều chỉnh hợp lý cho cơ cấu cây trồng, thay đổi giống vật nuôi phù hợp. Số liệu sử dụng trong tính toán được tham khảo, khảo sát, điều tra và cập nhật mới nhất hiện nay. Nguồn số liệu đảm bảo độ tin cậy, phù hợp với mục tiêu nghiên cứu khoa học.

Tài liệu tham khảo

1. Trần Quốc Đạt, Nguyễn Hiếu Trung và Kanchit Likitdecharote (2012), *Mô phỏng xâm nhập mặn đồng bằng sông Cửu Long dưới tác động mực nước biển dâng và sự suy giảm lưu lượng từ thượng nguồn*, Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ, 2012:21b, 141-150.
2. Lê Anh Tuấn, Hoàng Thị Thủy, Võ Văn Ngoan (2014), *Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu tới sinh kế người dân đồng bằng sông Cửu Long*, Diễn đàn Bảo tồn Thiên nhiên và Văn hóa vì sự phát triển Bền vững vùng Đồng bằng sông Cửu Long lần thứ 6, 1-9.
3. Japan International Cooperation Agency (JICA) (2013), *Dự án thích ứng với biến đổi khí hậu cho phát triển bền vững nông nghiệp và nông thôn vùng ven biển đồng bằng sông Cửu Long*, Báo cáo cuối kỳ Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn, Viện quy hoạch thủy lợi miền Nam.
4. Doan, Q.T., Nguyen, C.D., Chen, Y.C. and Pawan, K.M. (2014), *Modeling the Influence of River Flow and Salinity Intrusion Processing in the Mekong River Estuary*, Vietnam, Lowland Technology International (LTI), 16, 1, 14-25.
5. Leendertse (1971), *Aspect of a computational model for long period water wave propagation*, RM – RC-5294, Rand Corp, Santa Monica, California.
6. Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., Veith, T. L. (2007), *Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations*, Transactions of the ASABE, 50, 3, 885-900.
7. Nielsen, S. A. and Hansen, E. (1973), *Numerical simulation of the rainfall-runoff process on a daily basis*, Hydrology Research, 4, 3, 171-190.

APPLICATION MIKE 11 MODEL ON SIMULATION AND CALCULATION FOR SALTWATER INTRUSION IN SOUTHERN REGION

Doan Quang Tri

National Center for Hydro-Meteorological Forecasting

This study has combined the hydrodynamic modeling (MIKE 11) and MIKE-GIS to calculate and simulate the streamflow in Cuu Long River downstream and to calculate the saltwater intrusion in Southern region. The calibration and validation results of hydrodynamic model (MIKE 11) showed a high conformity about phase and amplitude between the observed and simulated water level in dry season during 2014-2015 and 2015-2016. Calculation results of saltwater intrusion processing in the river combined with digital elevation map (DEM) in MIKE-GIS are the conformity with reality. The results showed that the models are an effective tool to serve flow forecasting and saltwater intrusion in National Center for Hydro-meteorological Forecasting in the future.

Keywords: Saltwater intrusion, Sounthern, MIKE 11, MIKE-GIS.