



## ĐỘNG THÁI XÂM NHẬP MẶN TRÊN HỆ THỐNG SÔNG CHÍNH VÙNG HẠ LƯU SÔNG TIỀN DƯỚI TÁC ĐỘNG CÔNG TRÌNH CỐNG BA LAI

Trần Thị Lệ Hằng<sup>1</sup>, Văn Phạm Đăng Trí<sup>1</sup> và Nguyễn Thành Tựu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Khoa Môi trường & Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup> Viện Nghiên cứu Biến đổi Khí hậu, Trường Đại học Cần Thơ

### Thông tin chung:

Ngày nhận: 08/08/2015

Ngày chấp nhận: 17/09/2015

### Title:

Salinity intrusion dynamics in a downstream river network of the Mekong river in the Vietnamese Mekong Delta under impacts of the Ba Lai culverts

### Từ khóa:

Mô hình thủy lực một chiều, động thái dòng chảy, xâm nhập mặn, nước biển dâng, HEC-RAS, cống Ba Lai

### Keywords:

One dimensional (1D) hydraulic model, flow dynamic, salinity intrusion, sea level rise, HEC-RAS, Ba Lai culverts

### ABSTRACT

Salinity intrusion is one of the major physical problems currently faced in the downstream section of the Mekong River in the Vietnamese Mekong Delta. In the recent years, given impacts of the land use change (from rice to either intensive or semi-intensive shrimp farming systems) in the coastal area, the salinity intrusion becomes more serious with a highly complex process. In this study, a one-dimensional hydraulic model (HEC-RAS) was used to understand the general hydrodynamics of surface water resources of the downstream segments of the Tien River (Mekong River) under impacts of the Ba Lai culverts and to predict salinity intrusion in the future due to sea level rise and upstream discharge changes. The results showed that the Ba Lai culverts changed the river flow dynamics along the Ba Lai and An Hoa rivers but did not affect the flow dynamics of the others within the study river network. In addition, in the Ham Luong river, the salinity concentration of 4g/l could be found even greater than that of the baseline scenario in 2010 of about 25 km (further upstream). The results of this study confirm the applicability of the applied hydrodynamics model to predict the flow dynamics to support the hydraulic construction management and to assess environmental quality of surface water in the Vietnamese Mekong Delta.

### TÓM TẮT

Xâm nhập mặn là hiện tượng tự nhiên xảy ra thường xuyên ở sông Tiền do vị trí địa lý tiếp giáp với biển Đông. Trong những năm gần đây, cùng với việc chuyển đổi cơ cấu sản xuất (từ trồng lúa sang nuôi tôm chuyên canh hoặc bán thâm canh) ở vùng ven biển nhằm sử dụng hiệu quả vùng đất canh tác một cách tự phát đã làm cho tình trạng xâm nhập mặn càng trở nên phức tạp. Trong nghiên cứu này, mô hình thủy lực một chiều (HEC-RAS) được sử dụng để xem xét động thái dòng chảy vùng hạ lưu sông Tiền dưới tác động của công trình cống Ba Lai đồng thời dự báo tình hình xâm nhập mặn với các kịch bản khác nhau về mực nước biển dâng và lưu lượng nước thượng nguồn giảm. Kết quả mô phỏng thủy lực cho thấy cống Ba Lai chỉ làm thay đổi động thái dòng chảy trên sông Ba Lai và sông An Hóa mà ít làm ảnh hưởng đến động thái dòng chảy các nhánh sông khác. Ngoài ra, với độ mặn 4 g/L trên sông Hàm Luông xâm nhập sâu hơn 25 km so với kịch bản gốc năm 2010. Kết quả của nghiên cứu góp phần khẳng định khả năng ứng dụng mô hình toán vào công tác dự báo động thái dòng chảy và xâm nhập mặn, phục vụ công tác quản lý và đánh giá chất lượng môi trường nước mặt tại vùng ven biển Đồng bằng Sông Cửu Long.

## 1 GIỚI THIỆU

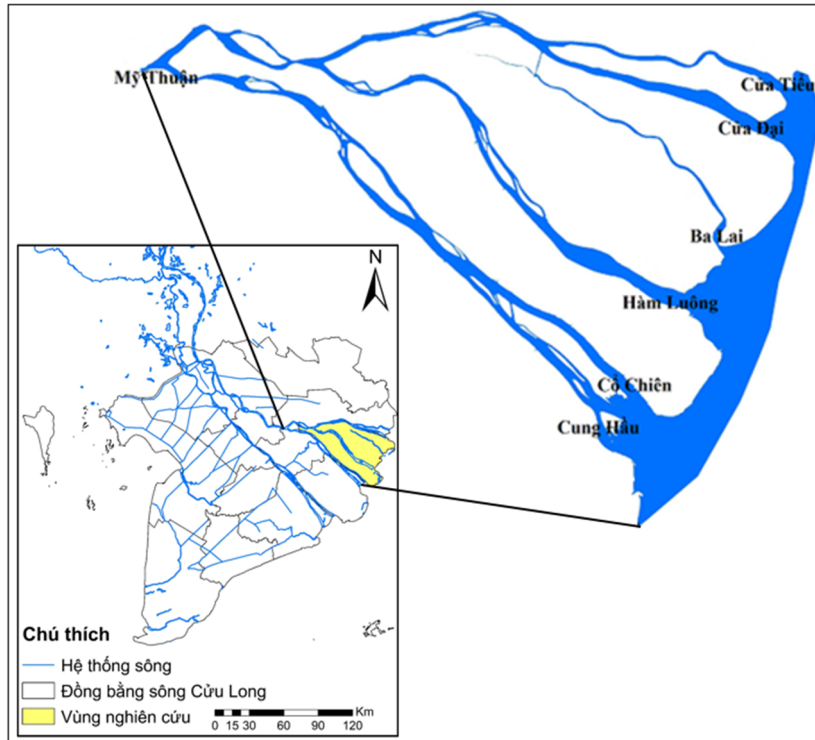
Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) được biết đến là một trong những trung tâm nông nghiệp lớn nhất Việt Nam và có tầm ảnh hưởng đến phạm vi toàn cầu (Lê Văn Khoa, 2003). Hoạt động sinh kế chủ yếu của người dân ĐBSCL là sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản (Hoanh *et al.*, 2010). Hàng năm, ĐBSCL đóng góp trên 50% sản lượng lúa, 65% sản lượng cá và khoảng 75% sản lượng trái cây cho cả nước (Lê Anh Tuấn, 2011), đặc biệt là cung cấp hơn 90% sản lượng gạo xuất khẩu cho quốc gia (TCTK, 2010). Chính những đóng góp này đã góp phần đưa Việt Nam trở thành nước xuất khẩu lúa gạo đứng thứ hai trên thế giới sau Thái Lan (USDA, 2010).

Sông Tiền (Hình 1) là một trong hai nhánh sông chính của sông Cửu Long, có vai trò quan trọng trong chiến lược phát triển kinh tế - xã hội của vùng ĐBSCL. Hàng năm, lưu lượng nước trung bình đổ về sông Tiền vào khoảng 4.000 tỷ m<sup>3</sup> và lượng bùn cát được truyền tải vào khoảng 100 triệu tấn (MRC, 2011). Lượng bùn cát từ dòng Mekong đổ về sông Tiền bổ sung thêm dưỡng chất cho đất canh tác nông nghiệp, rửa trôi các chất ô nhiễm và hạn chế sự xói lở dọc dòng sông (Cục Kiểm soát ô nhiễm, 2010). Bên cạnh đó, sông Tiền còn là nguồn cung cấp nước chính cho sinh hoạt, sản xuất, tưới tiêu, nuôi trồng thủy sản, phát triển thương mại, dịch vụ, phát triển công nghiệp (Cục Kiểm soát ô nhiễm, 2010).

Xâm nhập mặn là hiện tượng tự nhiên xảy ra thường xuyên ở sông Tiền do vị trí địa lý tiếp giáp với biển Đông (Lê Sâm, 2007). Cùng với việc chuyển đổi mạnh cơ cấu sản xuất từ trồng lúa sang nuôi tôm chuyên canh hoặc bán thâm canh ở vùng ven biển nhằm sử dụng hiệu quả vùng đất canh tác một cách tự phát đã làm cho tình trạng xâm nhập mặn càng trở nên phức tạp (Lê Sâm, 2007). Vào mùa khô xâm nhập mặn là một vấn đề nan giải ở vùng ven biển ĐBSCL (Hung *et al.*, 2001; Tuan *et al.*, 2007). Khi xâm nhập mặn kéo dài sẽ ảnh hưởng đến đời sống kinh tế - xã hội (KTXH) như thiếu nước ngọt cho sản xuất nông nghiệp, nguồn cung cấp nước cho sinh hoạt, từ đó gây tổn hại đến hệ sinh thái nước ngọt và đe dọa đến đa dạng sinh học, ảnh hưởng tiêu cực đến sinh kế của người dân (Đặng Kiều Nhân *et al.*, 2007). Thêm vào đó, xâm nhập mặn còn ảnh hưởng đến chất lượng nước ngầm, theo một nghiên cứu của (Lê Anh Tuấn,

2003), thì hầu hết các lớp nước ngầm vùng ven biển đều bị nước mặn xâm nhập.

Biến đổi khí hậu (BĐKH) và các tác động của BĐKH không chỉ ảnh hưởng đến mỗi khu vực ĐBSCL mà còn ảnh hưởng đến toàn bộ lưu vực sông Mekong làm tình hình càng thêm nghiêm trọng (Lê Anh Tuấn, 2011). Do nhu cầu phát triển kinh tế, an ninh năng lượng, an ninh lương thực và sức ép dân số, quốc gia thượng nguồn sông Mekong đã, đang và sẽ quyết tâm đẩy mạnh việc khai thác nguồn nước sông Mekong thông qua: (i) Các đập thủy điện ở thượng nguồn sông Mekong (dự kiến xây dựng các đập thủy điện trên dòng sông chính thuộc Lào, Campuchia và trên dòng Tonle Sap); (ii) Các dự án chuyển nước phục vụ sản xuất nông nghiệp ở vùng Đông Bắc Thái Lan (MRC, 2011); và (iii) Sự hình thành các khu công nghiệp, khu dân cư dọc theo hai bờ sông. Kết quả tất yếu của các tác động trên sẽ 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, 2009). Từ đó động thái dòng chảy sông Mekong thất thường hơn: mùa khô ít nước hơn và mùa lũ sẽ trở nên phức tạp hơn (Lê Anh Tuấn, 2011). Không dừng lại đó, lượng phù sa bị giữ lại ở các hồ chứa ở các nước thượng nguồn sẽ làm cho đất đai vùng đồng bằng hạ nguồn trở nên ít màu mỡ hơn, nguồn dinh dưỡng cho hệ thực vật nghèo nàn hơn (Lê Anh Tuấn, 2011). Những thực trạng trên đã và đang đặt dòng hạ lưu Mekong - sông Tiền trước một thách thức lớn trong việc duy trì và bảo vệ khả năng tự làm sạch của tự nhiên. Do đó, vấn đề được đặt ra là phải có giải pháp quản lý thích hợp cũng như việc nắm rõ động thái dòng chảy và biết được quy luật xâm nhập mặn của vùng, nhằm kiểm soát và giải quyết các vấn đề vệ sinh môi trường nước mặt sao cho phù hợp, đảm bảo được chất lượng nước sinh hoạt, sản xuất, tưới tiêu cho người dân nơi đây là rất cần thiết. Trong nghiên cứu này mô hình thủy lực một chiều (HEC-RAS) được sử dụng để mô phỏng đặc tính thủy lực và động thái xâm nhập mặn vùng hạ lưu sông Tiền. Qua đó, giúp các nhà quản lý dễ thực hiện việc đánh giá những diễn biến hiện tại đồng thời dự đoán được những viễn cảnh xảy ra ở tương lai từ đó có những hoạch định cũng như những chính sách đảm bảo sự phát triển bền vững và thích ứng với điều kiện BĐKH của dòng Mekong nói chung và vùng hạ lưu sông Tiền nói riêng có được cơ sở khoa học rõ ràng.



Hình 1: Khu vực vùng nghiên cứu

## 2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1 Cơ sở lý thuyết mô hình HEC-RAS

Mô hình HEC-RAS được xây dựng và phát triển nhằm mô phỏng thủy lực dòng chảy, chất lượng nước và sự thay đổi địa mạo đáy sông (HEC, 2010). Hệ phương trình sử dụng trong HEC-RAS gồm phương trình liên tục (công thức 2.1) và phương trình động lượng (công thức 2.2). Ngoài ra, hệ số nhám thủy lực Manning's  $n$  cũng được sử dụng để hiệu chỉnh mô hình (công thức 2.3).

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0 \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(VQ)}{\partial x} + gA \left( \frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (2.2)$$

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S_f^{1/2} \quad (2.3)$$

Trong đó:  $t$ : Thời gian (s);  $Q$ : Lưu lượng ( $m^3/s$ );  $x$ : Khoảng cách dọc theo kênh (m);  $A$ : Diện tích mặt cắt ngang ( $m^2$ );  $S$ : Lượng trữ của mặt cắt ướt ( $m^3$ );  $q_l$ : Lưu lượng chảy vào từ bên;  $g$ : Gia tốc trọng trường ( $m^2s^{-1}$ );  $v$ : Vận tốc trung bình dòng chảy tại mặt cắt ( $ms^{-1}$ ); và,  $S_f$ : Độ dốc đáy sông ( $mm^{-1}$ ).

### 2.2 Các bước xây dựng mô hình

Quá trình xây dựng mô hình được thực hiện theo các bước sau:

**Bước 1:** Xây dựng mạng lưới sông vùng nghiên cứu.

- Dữ liệu về mạng lưới sông vùng nghiên cứu được thu thập từ Ủy ban Sông Mekong bao gồm các dữ liệu về không gian: Dạng hình mặt cắt đáy sông (dựa vào mô hình ISIS-1D); bản đồ cao trình số (DEM) với độ phân giải 90 m, độ cao mặt nước ban đầu tại mỗi mặt cắt, giới hạn bờ mỗi mặt cắt và khoảng cách giữa các mặt cắt.

- Dữ liệu thời gian được thu thập từ Trung tâm thủy văn sông Cửu Long và Trung tâm Quan trắc Môi trường tỉnh Bến Tre bao gồm các số liệu sẵn có về thủy lực: số liệu về lưu lượng và mực nước được đo theo giờ trong hai năm (năm 2010 và năm 2011) dùng để xác định điều kiện biên trên  $Q(t)$ , biên dưới  $H(t)$ , cũng như cung cấp bộ thông tin cần thiết để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình.

- Dữ liệu về công trình cống đập Ba Lai (tọa độ địa lý cống Ba Lai, bề rộng cống, chiều cao và lịch vận hành cống) được thu thập từ Công ty Trách nhiệm hữu hạn Một thành viên công trình Thủy nông - Sở Nông nghiệp Phát triển nông thôn tỉnh Bến Tre.

**Bước 2:** Nhập điều kiện biên và điều kiện ban đầu cho mô hình.

– Do hạn chế về mặt số liệu nên nghiên cứu này chỉ thực hiện trong bốn tháng mùa khô (từ ngày 01/01/2010 đến ngày 30/4/2010).

– Dữ liệu thủy văn dùng làm điều kiện biên cho mô hình gồm có một biên lưu lượng tại Mỹ Thuận (biên trên) và 6 biên mực nước tại các trạm đo mực nước ở biển Đông (biên dưới) (bắt đầu từ ngày 01/01/2010 đến hết ngày 30/4/2010).

– Điều kiện ban đầu là giá trị lưu lượng ở mỗi mặt cắt được tính toán trong mô hình ISIS-1D.

**Bước 3:** Hiệu chỉnh mô hình

– Mô hình được hiệu chỉnh (với bộ số liệu thủy lực từ ngày 01/3/2010 đến ngày 31/3/2010 ở 4 trạm Trà Vinh, Chợ Lách, Mỹ Tho và Hòa Bình) bằng việc thay đổi hệ số nhám thủy lực Manning’s *n*. Quá trình này được thực hiện thông qua phương pháp thử sai cho đến khi kết quả mô phỏng mực nước tại mỗi mặt cắt trong mô hình phù hợp với kết quả thực đo.

– Sai số giữa kết quả mô phỏng và kết quả thực đo được đánh giá thông qua hai chỉ số: (i) Nash-Sutcliffe (*E*) (Nash and Sutcliffe, 1970) (công thức 2.4); và, (ii) hệ số tương quan *R* (*Correlation Coefficient*) (Lê Anh Tuấn, 2008) (công thức 2.5).

$$E = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - \bar{Q}_o)^2} \quad (2.4)$$

Trong đó:  $Q_o^t$ : giá trị quan trắc tại thời điểm *t*;

$Q_m^t$ : giá trị mô phỏng tại thời điểm *t*; và  $\bar{Q}_o$ : giá trị trung bình của các trị quan trắc. Hệ số *E* càng tiến gần đến 1 thì độ tin cậy của mô hình càng cao (Hoàng Thái Bình, 2009; Đặng Đình Đức và ctv., 2011).

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}} \quad (2.5)$$

Trong đó:  $\bar{X}$  và  $\bar{Y}$ : giá trị trung bình của các trị quan trắc và các trị mô phỏng;  $x_i$  và  $y_i$ : giá trị quan trắc và trị mô phỏng được ở thời điểm thứ *i*; *n*: số thời điểm quan trắc (hoặc tổng số giá trị quan

trắc). Hệ số tương quan *R* càng gần tiến đến ±1 thì mức đồng tương quan càng lớn. Khi  $R > 0$  thì tương quan là đồng biến, và khi  $R < 0$  thì tương quan là nghịch biến. Khi *R* càng tiến về 0 thì tương quan càng kém.

**Bước 4:** Kiểm định mô hình

– Kiểm định mô hình được thực hiện nhằm đánh giá mức độ phù hợp của mô hình đã được hiệu chỉnh có phù hợp với thực tế hay không thông qua việc vận hành mô hình cho 1 bộ số liệu đầu vào khác trong quá khứ. Khi kiểm định mô hình, các thông số của mô hình sẽ được giữ nguyên và không sử dụng lại chuỗi số liệu đã dùng để hiệu chỉnh mà tiến hành kiểm định trên chuỗi số liệu có thời gian và đặc trưng khác.

– Trong nghiên cứu này, việc kiểm định mô hình được thực hiện dựa trên bộ số liệu thủy lực thực đo năm 2011 (từ 0 giờ ngày 01/3/2011 đến 23 giờ ngày 31/3/2011). Vị trí kiểm định và hiệu chỉnh mô hình được thể hiện trong Hình bao gồm các trạm: Trà Vinh (A); Chợ Lách (B); Mỹ Tho (C) và Hòa Bình (D).

Sau khi đã hoàn thiện và ổn định thủy lực trong phần mô phỏng về thủy lực, bước tiếp theo là tiến hành mô phỏng xâm nhập mặn.

**Bước 5:** Nhập điều kiện biên và điều kiện ban đầu cho mô hình xâm nhập mặn

– Điều kiện biên của mô phỏng xâm nhập mặn là chuỗi số liệu các nồng độ mặn được đo liên tục tại các điểm quan trắc mặn.

– Điều kiện ban đầu là giá trị (nội suy của nồng độ mặn) ở mỗi mặt cắt (bên cạnh giá trị mặn ở biên dưới của mô hình).

– Do hạn chế về mặt số liệu nên trong nghiên cứu này chỉ thực hiện trong nửa tháng đầu của tháng 4 (từ ngày 1/4/2010 đến ngày 15/4/2010).

**Bước 6:** Hiệu chỉnh mô hình xâm nhập mặn

– Tương tự như việc hiệu chỉnh thủy lực. Trong nghiên cứu này, mô hình được hiệu chỉnh với bộ số liệu mặn thực đo (từ ngày 1/4/2010 đến ngày 15/4/2010) tại 3 trạm đo mặn Mỹ Long trên sông Hàm Luông; Phú Khánh trên sông Cung Hầu và Long Định trên sông Tiền.

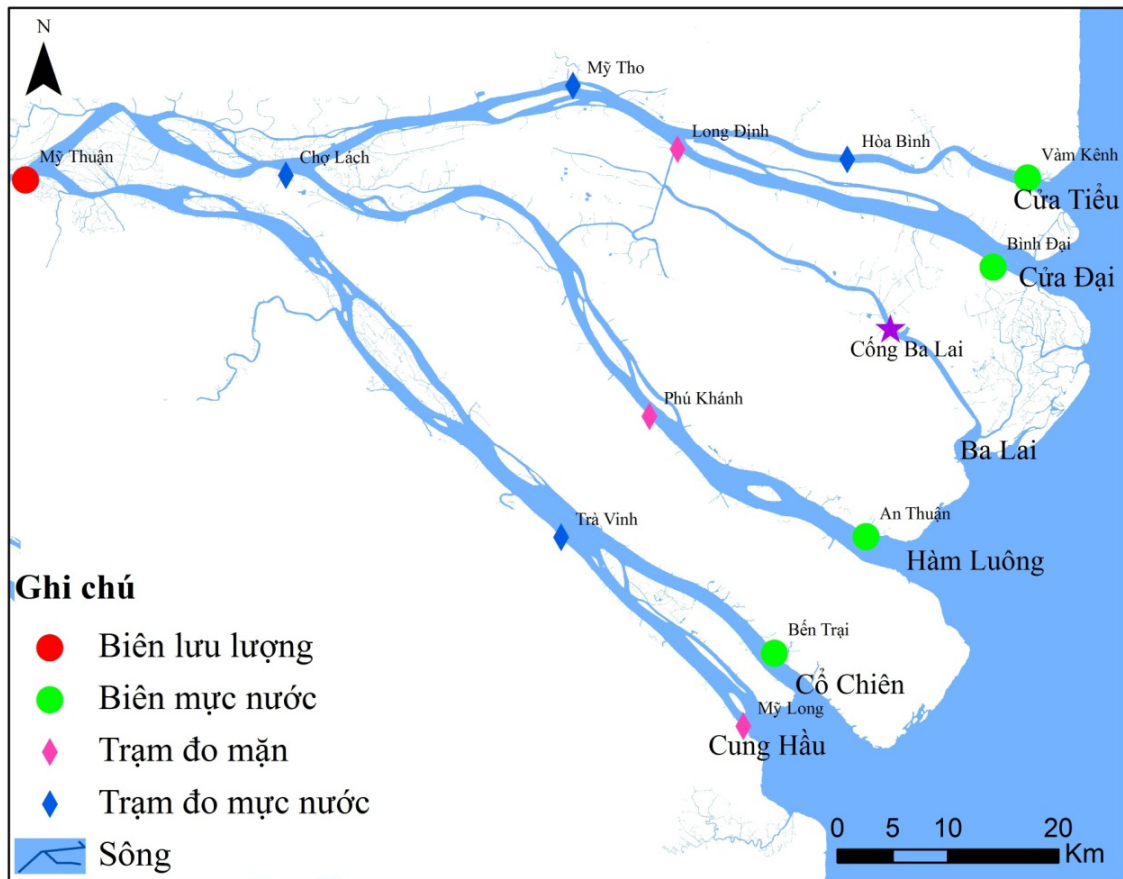
– Do hạn chế về mặt số liệu nên trong nghiên cứu này, đề tài không thực hiện bước kiểm định mô hình mặn mà chỉ tiến hành hiệu chỉnh mô hình xâm nhập mặn và sau đó là chạy các kịch bản (KB) được xây dựng.

**2.3 Xây dựng kịch bản và dự báo xâm nhập mặn**

Việc xây dựng các KB mô phỏng xâm nhập mặn trong mô hình dựa trên KB BĐKH và nước biển dâng (NBD). Theo Bộ Tài nguyên và Môi trường (2009), KB BĐKH và mực NBD đối với Việt Nam 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). Do vậy, trong nghiên cứu này, các KB được xây dựng dựa trên sự suy giảm lưu lượng thượng nguồn và NBD nhằm dự đoán tình hình xâm nhập mặn trong tương lai ở khu vực nghiên cứu. Mặt khác, theo Chu Thai Hoanh *et al.* (2010) 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, giá trị độ mặn 4 g/L được chọn làm giá trị giới hạn vì với giá trị độ mặn này nó có thể tác động xấu đến cây lúa trong giai đoạn lúa trở đòng cho đến lúa xanh chắc. Theo Yoshida (1981), khi nồng độ mặn trong nước lên đến 4 g/L, nếu kéo dài liên tục trong một tuần thì có thể gây ra tổn thất về sản lượng lúa và sự tổn thất này có thể lên mức 70% - 80%. Trong nghiên cứu này, KB xâm nhập mặn năm 2010 được chọn làm KB gốc để so sánh với các KB xây dựng vì năm 2010 là năm đề tài có số liệu đầy đủ nhất so với các năm khác và hơn nữa, vào thời gian này công Ba Lai đã được đưa vào hoạt động. Các KB xây dựng trong mô hình được thể hiện ở Bảng 1.



**Hình 2: Vị trí kiểm định và hiệu chỉnh thủy lực; mặn trong mô hình**

**Bảng 1: Các kịch bản xây dựng mô phỏng động thái xâm nhập mặn trong mô hình**

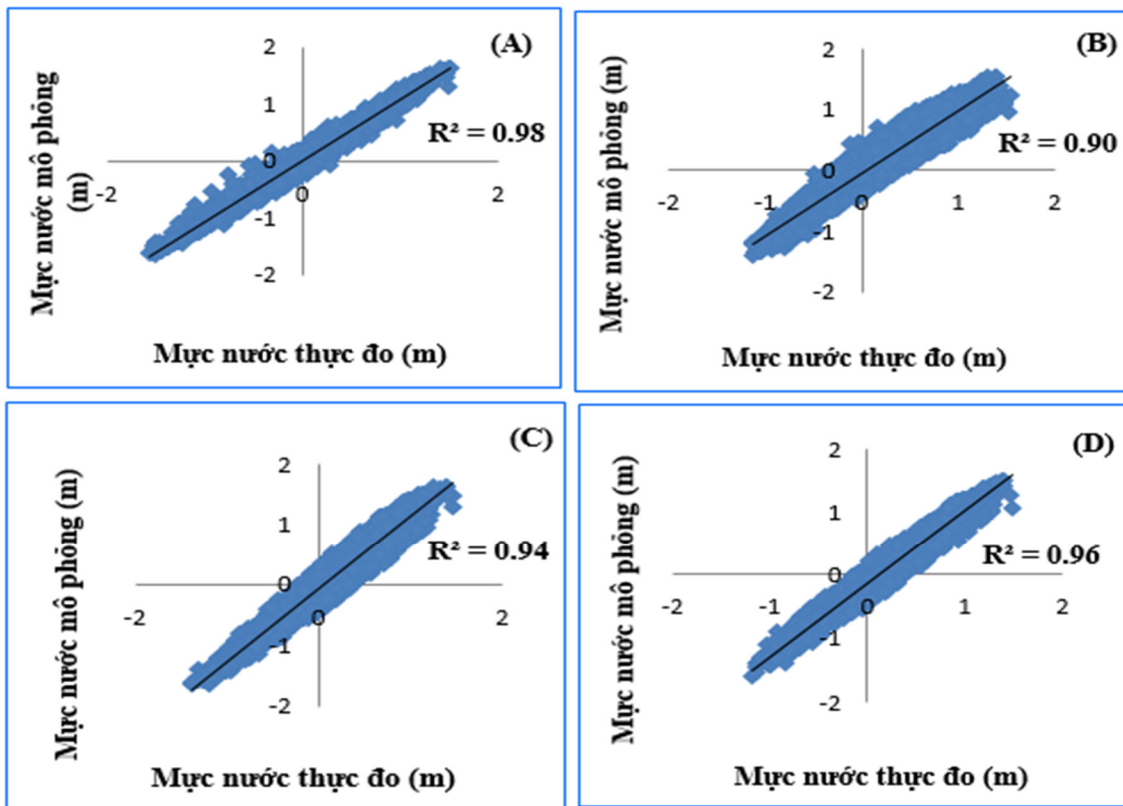
Kịch bản	Mức nước biển dâng	Tỷ lệ lưu lượng thượng nguồn giảm so với kịch bản gốc	Năm phỏng đoán
Kịch bản gốc	$H_{2010}$	$Q_{2010}$	2010
Kịch bản 1	$H_{2010} + 14$	$Q_{2010} - (Q_{2010} + 20\%)$	2020
Kịch bản 2	$H_{2010} + 14$	$Q_{2010} - (Q_{2010} + 30\%)$	2030

**3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**3.1 Kết quả hiệu chỉnh thủy lực**

Với hệ số nhám thủy lực Manning's  $n = 0,027$  (phù hợp với các nghiên cứu trước đây ở các sông tự nhiên ở đồng bằng trên nền phù sa, chịu tác

động của triều (Trần Quốc Đạt và *ctv.*, 2012)) cho toàn hệ thống sông. Kết quả mức nước mô phỏng được đánh giá thông qua hệ số tương quan  $R^2$  (Hình 3) và hệ số Nash-Sutcliffe E (Bảng 2) (trên 93%) cho từng vị trí trong A, B, C và D. Điều này cho thấy rằng mô hình đã xây dựng có độ tin cậy rất cao.



**Hình 3: Quan hệ tuyến tính giữa mức nước thực đo và mức nước mô phỏng tại trạm Trà Vinh (A), Chợ Lách (B), Mỹ Tho (C), Hòa Bình (D)**

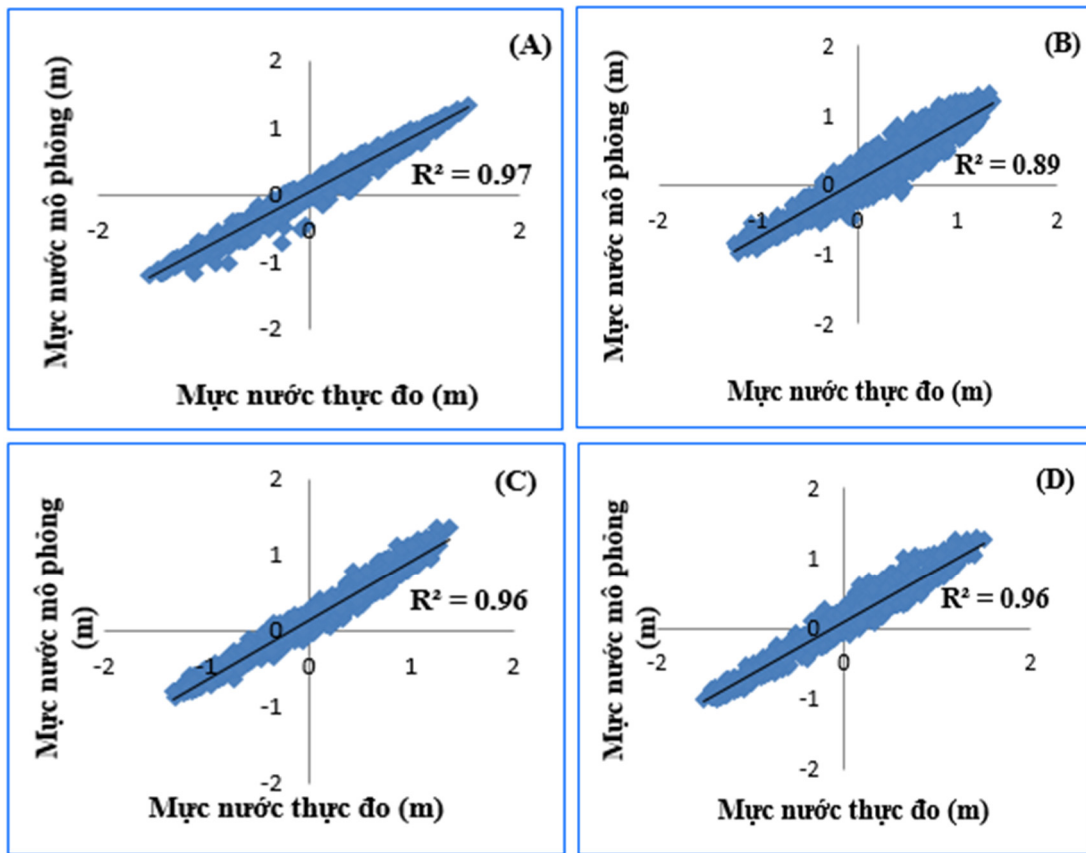
**Bảng 2: Phân tích hệ số Nash-Sutcliffe của hiệu chỉnh mô hình thủy lực**

STT	Vị trí hiệu chỉnh	Hệ số Nash-Sutcliffe
1	Trạm Trà Vinh	$E=0,98$
2	Trạm Chợ Lách	$E=0,90$
3	Trạm Mỹ Tho	$E=0,93$
4	Trạm Hòa Bình	$E=0,95$

**3.2 Kết quả hiệu chỉnh mô hình**

Kết quả kiểm định mô hình cho thấy mức nước

thực đo với mức nước mô phỏng khá phù hợp nhau cả về giá trị và pha dao động. Sai số giữa giá trị mô phỏng và giá trị thực đo trong quá trình kiểm định còn được đánh giá bằng hệ số tương quan mức nước thực đo và mức nước mô phỏng  $R^2$ . Hệ số Nash-Sutcliffe E cũng được sử dụng để đánh giá kết quả kiểm định tại 4 trạm đo kể trên. Giá trị hệ số tương quan  $R^2$  và hệ số Nash-Sutcliffe E lần lượt được thể hiện qua Hình 4 và Bảng 3.



Hình 4: Quan hệ tuyến tính giữa mức nước thực đo và mức nước mô phỏng tại trạm Trà Vinh (A), Chợ Lách (B) Mỹ Tho (C), Hòa Bình (D)

Bảng 3: Phân tích hệ số Nash-Sutcliffe E của kiểm định mô hình thủy lực

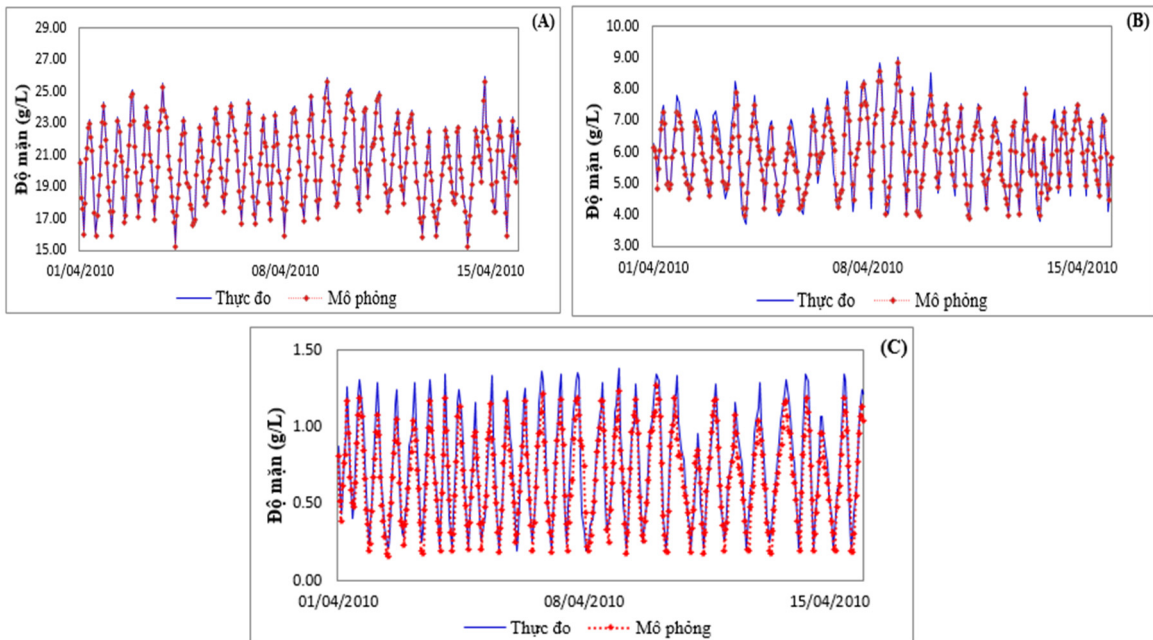
STT	Vị trí hiệu chỉnh	Hệ số Nash-Sutcliffe
1	Trạm Trà Vinh	E=0,96
2	Trạm Chợ Lách	E=0,89
3	Trạm Mỹ Tho	E=0,90
4	Trạm Hòa Bình	E=0,90

Như vậy, với việc đánh giá mô hình được xây dựng dựa trên hệ số tương quan  $R^2$  và hệ số Nash-Sutcliffe E cùng với việc phân tích các kết quả mô phỏng cho thấy rằng mô hình đã xây dựng cho kết quả mô phỏng trong phần hiệu chỉnh và kết quả

của phần kiểm định mô hình là tương đối tốt, đảm bảo được độ tin cậy để thực hiện mô phỏng cho phân xâm nhập mặn.

### 3.3 Kết quả mô phỏng xâm nhập mặn

Kết quả mô phỏng xâm nhập mặn được hiệu chỉnh tại ba trạm đo mặn: Mỹ Long (A); Phú Khánh (B); và, Long Định (C). Qua quá trình hiệu chỉnh với hệ số phân tán cho toàn mô hình được xác định là  $D = 570 \text{ m}^2\text{s}^{-1}$  phù hợp với các nghiên cứu trước đây. Kết quả hiệu chỉnh được thể hiện qua các Hình 5 A; B và C.

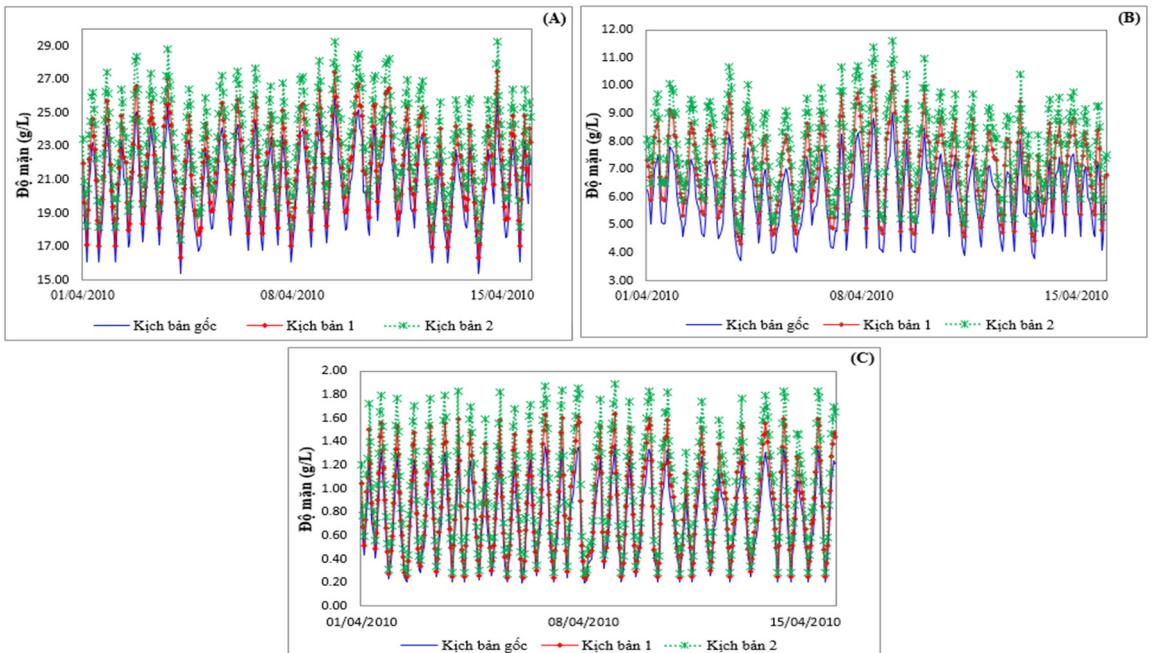


**Hình 5: Kết quả hiệu chỉnh độ mặn giữa thực đo và mô phỏng tại trạm Mỹ Long (A), Phú Khánh (B) và Long Định (C)**

**3.4 Kết quả dự báo xâm nhập mặn theo các kịch bản đã xây dựng**

Việc phân tích các kịch bản xâm nhập mặn nhằm xem xét động thái nồng độ mặn trong nước theo thời gian và không gian. Kết quả dự báo này được xây dựng thông qua sự thay đổi giá trị lưu

lượng nước ở thượng nguồn (lưu lượng nước thượng nguồn giảm lần lượt là 20%; 30%) đồng thời kết hợp với việc gia tăng mực nước biển 14 cm so với kịch bản gốc năm 2010. Kết quả dự báo xâm nhập mặn theo các kịch bản được thể hiện ở Hình 6 A; B và C.

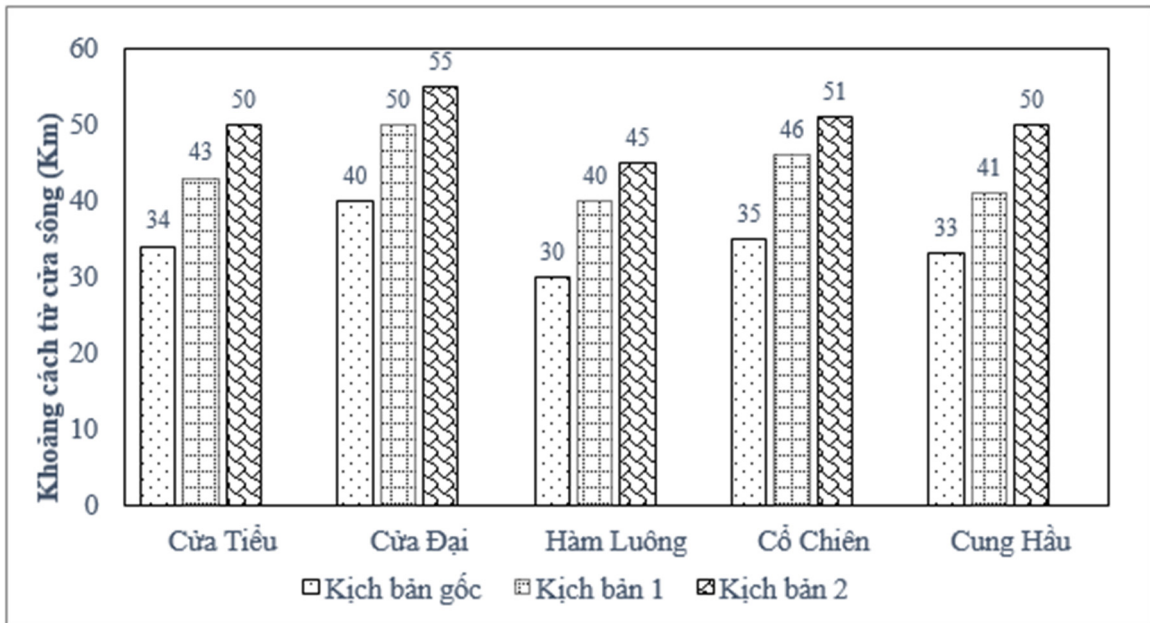


**Hình 6: Kết quả mô phỏng xâm nhập mặn theo các kịch bản tại trạm đo Mỹ Long (A), Phú Khánh (B) và Long Định (C)**



Với các kịch bản đã xây dựng có thể nhận thấy rằng, nồng độ mặn trong nước phụ thuộc rất nhiều vào lượng nước ngọt từ thượng nguồn đổ về, lượng nước thượng nguồn càng lớn, mặn càng bị đẩy ra xa và ngược lại lượng nước thượng nguồn càng giảm (ở KB2 và KB3) xâm nhập mặn càng lấn sâu vào nội đồng. Tại những vị trí gần biên, nồng độ mặn khá cao và sự thay đổi nồng độ mặn giữa các kịch bản là không nhiều, cụ thể ở trạm đo Mỹ Long, nồng độ mặn tăng lên giữa kịch bản là không đáng kể. Điều này là do tại Mỹ Long nồng độ mặn

gần như là nồng độ mặn của nước biển, chính vì thế mà khi mực nước biển có tăng lên bao nhiêu cm và lưu lượng nước ở thượng nguồn có giảm 20% hoặc 30% thì độ mặn tại khu vực này không biến động nhiều. Ngược lại, tại trạm đo Long Định, nồng độ mặn giữa các kịch bản tăng lên đáng kể, điều này là do tại Long Định, vị trí trạm đo khá xa với cửa biên, vì thế khi mực nước biển dâng thêm 14 cm cộng thêm lưu lượng nước ngọt thượng nguồn giảm nên tạo điều kiện cho nồng độ mặn càng tăng thêm.



Hình 7: Chiều sâu xâm nhập mặn (4g/L) trên các sông chính theo các KB

Kết quả dự báo cho thấy rằng, ứng với KB1 tức vào năm 2020 (lưu lượng nước ở thượng nguồn giảm 20%, mực nước biển tăng thêm 14 cm) thì chiều dài xâm nhập mặn ở các sông so với kịch bản gốc lần lượt là 10 km đối với sông Cửa Tiểu, Cửa Đại, Hàm Luông; 11 km đối với sông Cổ Chiên và 8 km so với sông Cung Hầu. Ứng với KB2 (lưu lượng nước thượng nguồn giảm 30%, mực nước biển tăng thêm 14 cm) độ mặn 4 g/L lấn sâu so với KB gốc là 24 km đối với sông Cửa Tiểu; 25 km với Cửa Đại và Hàm Luông; 16 km với sông Cổ Chiên và 17 km đối với sông Cung Hầu (Hình 7).

## 4 KẾT LUẬN

### 4.1 Kết luận

Về mô phỏng thủy lực: Mô hình thủy lực một chiều HEC-RAS đã được xây dựng nhằm mục tiêu mô phỏng động thái thủy lực dòng chảy cho hệ thống sông chính vùng hạ lưu sông Tiền. Mô hình được hiệu chỉnh với bộ số liệu thủy lực thực đo

năm 2010 và đã được kiểm định cho bộ số liệu thủy lực trong mùa khô năm 2011. Kết quả hiệu chỉnh mô hình cho thấy rằng mô hình đã xây dựng là khá tốt cho vùng nghiên cứu này: kết quả mô phỏng giá trị mực nước tại các vị trí kiểm định là khá phù hợp cả về biên độ và pha dao động.

Về mô phỏng xâm nhập mặn: Mô hình được hiệu chỉnh với bộ số liệu mặn thực đo năm 2010. Mô hình cũng dự báo được chiều sâu xâm nhập 4 g/L cho các kịch bản trong tương lai trên các sông chính. Kết quả dự báo cho thấy rằng, vào năm 2020, ứng với lưu lượng nước thượng nguồn giảm 20%; mực nước biển tăng thêm 14 cm thì độ mặn 4 g/L có thể lấn sâu vào thêm 11 km trên sông Hàm Luông và 25 km so với kịch bản gốc cho năm 2030. Kết quả có được từ các kịch bản này rất hữu ích cho các nhà quy hoạch tài nguyên nước vùng hạ lưu sông Tiền trong điều kiện tác động BĐKH hiện nay.

## 4.2 Đề xuất

Nghiên cứu chi tiết hành mô phỏng đặc tính thủy lực và động thái xâm nhập mặn trên hệ thống sông chính trong khi khu vực nghiên cứu có một mạng lưới kênh/sông khá chằng chịt và phức tạp. Mặt khác, nghiên cứu này chỉ tập trung đi sâu vào đặc tính thủy lực và diễn biến xâm nhập mặn mà chưa đi sâu nghiên cứu sự thay đổi địa mạo, bồi lắng và xói lở dọc bờ sông trong khi những năm gần đây bồi lắng và xói lở cũng là những vấn đề rất được quan tâm.

Về xâm nhập mặn, trong mô hình chỉ mới xét đến lịch vận của cống Ba Lai mà chưa xét đến một số các yếu tố khác như gió mùa, nhu cầu sử dụng nước, vì thế mô hình chưa phản ánh hết bức tranh về xâm nhập mặn cho toàn khu vực. Do đó, mô hình nên được hiệu chỉnh đầy đủ các yếu tố ảnh hưởng đến xâm nhập mặn để có cái nhìn toàn diện hơn về xâm nhập mặn trên toàn hệ thống sông chính vùng hạ lưu sông Tiền.

Hệ số nhám thủy lực và hệ số khuếch tán sử dụng trong mô hình là hệ số nhám (*Manning's n*) và hệ số khuếch tán (*Dispersion Coefficients*) chung cho cả mạng lưới sông chính. Do đó, việc hiệu chỉnh hệ số nhám và hệ số khuếch tán cho từng đoạn sông khác nhau là rất cần thiết để thực hiện trong các nghiên cứu tiếp theo.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường. 2009. “Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam.”
2. Carling, P. A., and Grodek, T. 1994. “Indirect Estimation of Ungauged Peak Discharges in a Bedrock Channel with Reference to Design Discharge Selection.” *Hydrological Processes* 8(6)(497-511).
3. Cục Kiểm soát ô nhiễm. 2010. “Báo cáo tổng hợp nhiệm vụ “quan trắc môi trường nước mặt vùng Tây Nam Bộ.”
4. Đặng Đình Đức, Trần Ngọc Anh, Nguyễn Ý Như, and Nguyễn Thanh Sơn. 2011. “Ứng Dụng Mô Hình MIKE FLOOD tính toán ngập lụt hệ thống sông Nhuệ - đáy trên địa bàn thành phố Hà Nội.” *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội* (37-43).
5. Đặng Kiều Nhân, Nguyễn Văn Bé, and Nguyễn Hiếu Trung. 2007. “Water Use and Competiton in the Mekong Delta, Vietnam. Challeges to Sustainable Development in the

Mekong Delta: Regional and Nation Policy Isuse and Research Needs.” (146-181).

6. HEC. 2010. “HEC-RAS River Analysis HEC-RAS River Analysis System: Hydraulic Reference Manual.” available at <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/index.html>.
7. Hoàng Thái Bình. 2009. “Xây dựng bản đồ ngập lụt hạ lưu hệ thống sông Nhật Lệ (Mỹ Trung – Tám Lu – Đồng Hới).” Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.
8. Hoanh, C. T., H. Guttuman, P. Droogers, and J. Aerts. 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.*
9. Hoanh, Chu Thai, K. Jirayoot, G. Lacombe, and V. Srinetr. 2010. “Comparision of Climate Change Impacts and Development Effects on Future Mekong Flow Regime. International Congress on Environmental Modelling and Software Modelling for Environment’s Sake, Fifth Biennial Meeting, Ottawa, Canada.”
10. Lê Anh Tuấn. 2011. “Phương pháp lồng ghép biến đổi khí hậu vào kế hoạch phát triển kinh tế - xã hội địa phương.” NXB Nông nghiệp: 80 trang.
11. Lê Anh Tuấn. 2003. *An Overview of the Drinking Water Situation in the Mekong River Delta, Vietnam.*
12. Lê Sâm. 2007. “Kết quả nghiên cứu xâm nhập mặn phục vụ kinh tế xã hội ĐBSCL.” Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.
13. Lê Văn Khoa. 2003. “Sự nén dẽ trong đất trồng lúa thâm canh ở Đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam.” *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ* (95-101).
14. MRC. 2011. *Mekong River Commission Website.* Available at: [Http://www.mrcmekong.org](http://www.mrcmekong.org). Nhóm công tác Mekong, 2011. Một số phân tích các vấn đề chính liên quan đến dự án thủy điện xayaburi và bậc thang thủy điện trên dòng chính hạ lưu vực Mekong.
15. N. N.Hung, L. V.Thinh, and N. H.Trung. 2001. “Macro-Level Perspective on Water Use in the Dry Season in Mekong Delta.” *Can Tho University.*

16. Nash, J. E., and Sutcliffe, J. V. 1970. "River Flow Forecasting through Conceptual Models Part I - A Discussion of Principles." *Journal of Hydrology* 10 (3)(282 – 290).
17. Sunada, K. 2009. "Study on Asian River Basin. CREST Asian River Basins: Water Policy Study Team."
18. TCTK (Tổng cục Thống kê). 2010. "Niên giám Thống kê 2009." Nhà xuất bản Thống kê: 831 trang.
19. Trần Quốc Đạt, Nguyễn Hiếu Trung and 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." *Đại học Cần Thơ* 2012:21b(141-150).
20. Tuan, L. A., C. T. Hoanh, F. Miller, and B. T Sinh. 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." (15-68).
21. "USDA." 2010. USDA Foreign Agriculture Service (2010), "Grain World Markets and Trade", Circular Series F, 06-10. <http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain.pdf>.
22. Yoshida S. 1981. "Fundamentals of Rice Crop Science. In: Chimate and Rice." Los Banxos Philippines, International rice research.