



ĐỘNG THÁI DÒNG CHẢY TRÊN HỆ THỐNG SÔNG CHÍNH VÙNG HẠ LƯU SÔNG TIỀN DƯỚI TÁC ĐỘNG CÔNG TRÌNH CỐNG ĐẬP BA LAI

Trần Thị Lệ Hằng¹, Văn Phạm Đăng Trí¹ và Nguyễn Thành Tụ²

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

² Viện Nghiên cứu Biến đổi Khí hậu, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:

Ngày nhận: 22/10/2013

Ngày chấp nhận: 28/04/2014

Title:

Water dynamics in a downstream main river network of the Tien River in the Vietnamese Mekong Delta under impacts of the Ba Lai sluice gate

Từ khóa:

Động thái dòng chảy, HEC-RAS, hạ lưu sông Tiền, mô hình thủy lực một chiều, cống đập Ba Lai

Keywords:

Flow dynamics, HEC-RAS, downstream Tien river, one dimensional, Ba Lai sluice gate

ABSTRACT

This study is to briefly assess the general hydrodynamics of surface water resources of the downstream segments of the Tien River network (in the Vietnamese Mekong Delta) under impacts of the Ba Lai sluice gates via the application of a one-dimensional hydraulic model (HEC-RAS). The considered scenarios in the study include the fully open and fully close sluice in the Ba Lai station. The established model was calibrated and validated; therefore, it can be applicable to examine possible impacts of the boundary conditions changes on the hydrodynamics of the study river network. The developed hydrodynamics model will provide an important base for evaluating surface water resource dynamics in time in the Tien River network. The research results also show that HEC-RAS is capable to simulate the flow dynamics in a complex river network under different scenarios of boundary conditions (sea level rise, and upstream discharge changes).

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá động thái nguồn tài nguyên nước vùng hạ lưu sông Tiền dưới tác động của công trình cống đập Ba Lai. Mô hình thủy lực một chiều (HEC-RAS) được xây dựng cho hệ thống sông chịu tác động bởi chế độ triều biển Đông ở Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Các kịch bản xây dựng cho mô hình được thiết lập dựa vào công tác vận hành của công trình cống đập Ba Lai: (i) Các cửa cống đập Ba Lai sẽ đóng hoàn toàn; và, (ii) các cửa cống đập Ba Lai sẽ mở hoàn toàn. Mô hình đã được kiểm định và do vậy đủ tin cậy cho việc đánh giá các kịch bản được xây dựng. Đây sẽ là một trong những cơ sở quan trọng nhằm hỗ trợ công tác đánh giá động thái nguồn tài nguyên nước trên sông Tiền. Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình HEC-RAS có khả năng sử dụng để mô phỏng và đánh giá động thái nguồn tài nguyên nước ở vùng hạ lưu sông Tiền theo các kịch bản khác nhau (kịch bản về sự thay đổi điều kiện thủy văn ở thượng nguồn và kịch bản nước biển dâng).

1 GIỚI THIỆU

Sông Tiền là một trong hai nhánh sông chính của sông Cửu Long, có vai trò quan trọng trong

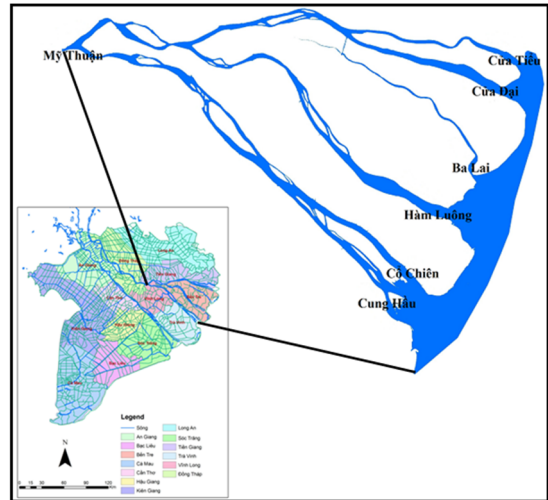
chiến lược phát triển kinh tế - xã hội của vùng Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Hằng năm, lưu lượng nước trung bình đổ về sông Tiền vào

khoảng 4.000 tỷ m³ 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 xói lở dọc dòng sông (Cục kiểm soát ô nhiễm, 2010).

Biến đổi khí hậu (BĐKH) đã và đang diễn ra với các tác động không chỉ có ảnh hưởng đến riêng khu vực ĐBSCL mà còn ảnh hưởng đến toàn bộ lưu vực sông Mekong (Lê Anh Tuấn, 2011). Chiến lược phát triển hệ thống các đập thủy điện trên sông Mekong của các quốc gia ở thượng nguồn (ví dụ, dự án xây dựng các đập thủy điện trên dòng chính sông Mekong thuộc Lào và Campuchia) cùng với một số dự án chuyển nước phục vụ sản xuất nông nghiệp ở vùng Đông Bắc Thái Lan có thể làm thay đổi (suy giảm) lưu lượng nước từ thượng nguồn (Hoanh *et al.*, 2003) và do vậy có thể dẫn đến tình trạng thiếu nước vào mùa khô hàng năm ở ĐBSCL (Sunada, 2009).

Trong những năm gần đây, cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật cũng như công nghệ thông tin, các phần mềm về mô hình toán thủy lực (ví dụ: VRSAP, MIKE 11, ISIS, Hydro-GIS, và HEC-RAS) đã được ứng dụng một cách rộng rãi trên phạm vi toàn thế giới cũng như ở Việt Nam (Wassmann *et al.*, 2004; Van *et al.*, 2012). Với một số ưu điểm nổi bật như cho kết quả tính toán nhanh và linh hoạt trong việc thay đổi các kích bản, mô hình toán thủy lực đã và đang trở thành một công cụ thích hợp, hỗ trợ đắc lực trong lĩnh vực quản lý tài nguyên nước (Trần Hồng Thái *et al.*, 2009). Trong nghiên cứu này, mô hình thủy lực một chiều HEC-RAS được sử dụng vì đây là phần mềm có khả năng tính toán động thái thủy lực và bùn cát ở mạng lưới sông/kênh có độ dốc địa hình tương đối thấp, có khả năng tự động hóa cao trong việc nhập số liệu, nội suy mặt cắt ngang (HEC, 2010). Hơn nữa, mô hình HEC-RAS đã và đang được ứng dụng rộng rãi cả trên thế giới và Việt Nam và cho phép người sử dụng miễn phí nên tạo điều kiện thuận lợi cho việc nghiên cứu, đặc biệt là việc chuyển giao công nghệ cho một số địa phương hoặc đơn vị nghiên cứu / quản lý có quan tâm.

Khu vực nghiên cứu bao gồm hệ thống các nhánh sông chính vùng hạ lưu sông Tiền chảy trực tiếp ra biển Đông (đoạn qua Mỹ Thuận đổ ra các cửa biển: Cửa Tiêu, Cửa Đại, Ba Lai, Hàm Luông, Cổ Chiên và Cung Hầu) (Hình 1).



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).

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

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

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

Trong đó: *t*: Thời gian (s); *Q*: Lưu lượng (m³/s); *x*: Khoảng cách dọc theo kênh (m); *A*: Diện tích mặt cắt ngang (m²); *S*: Lượng trữ của mặt cắt utor (m³); *q_l*: Lưu lượng chảy vào từ bên; *g*: Gia tốc trọng trường (m²s⁻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

Nghiên cứu được thực hiện theo hai bước chính (Hình 2), trong đó:

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 viên công Công trình Thủy nông - Sở Nông nghiệp và 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 30/04/2010).

– 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 30/04/2010).

– 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 01/03/2010 đến ngày 31/03/2010 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 hệ số Nash-Sutcliffe (E) (Nash and Sutcliffe, 1970) (công thức 2.4). Hệ số E càng tiến gần đến 1 thì độ tin cậy của mô hình càng cao (Hoàng Thái Bình, 2009; Đặng Đình Đức *et al.*, 2011):

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

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

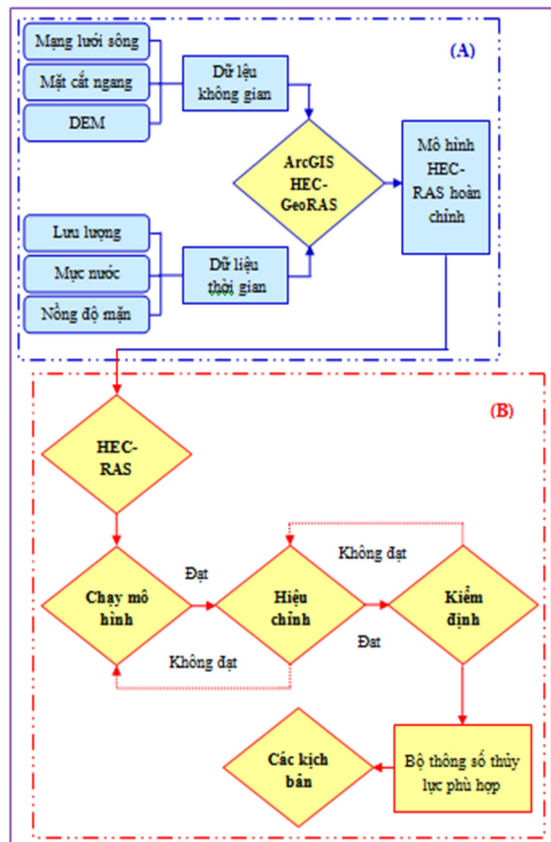
Q_m^t : giá trị mô phỏng tại thời điểm t ; và, \bar{Q}_o : giá trị trung bình của các trị quan trắc.

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.

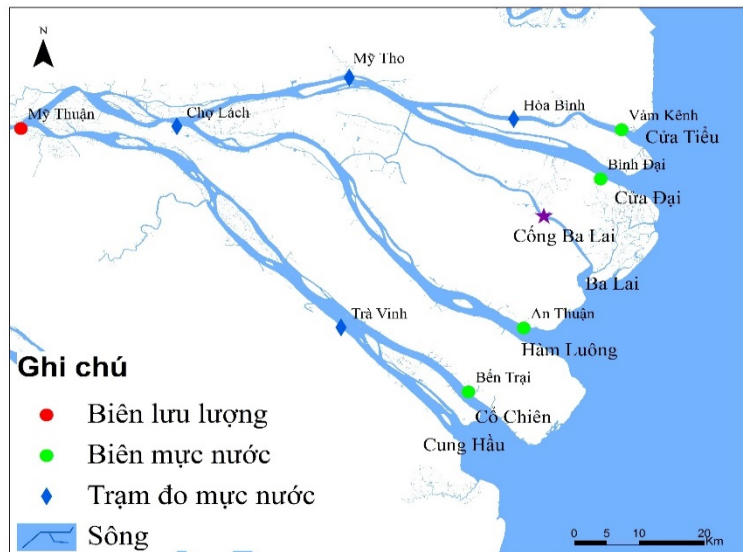
– Trong nghiên cứu này, việc kiểm định mô hình được thực hiện dựa trên bộ số liệu thủy lực thực đo năm 2011 (từ 0 giờ ngày 01/03/2011 đến 23 giờ ngày 31/03/2011).

– Vị trí kiểm định và hiệu chỉnh mô hình được thể hiện trong Hình 3; bao gồm các trạm: Trà Vinh (A); Chợ Lách (B); Mỹ Tho (C); và, Hòa Bình (D).



Hình 2: Sơ đồ phương pháp nghiên cứu

Hình 3: Vị trí kiểm định và hiệu chỉnh mô hình



2.3 Xây dựng kịch bản mô hình

Các kịch bản mô phỏng động thái thủy lực dòng chảy trong mô hình được thiết lập dựa vào hoạt động hiện tại của cống Ba Lai (Bảng 1).

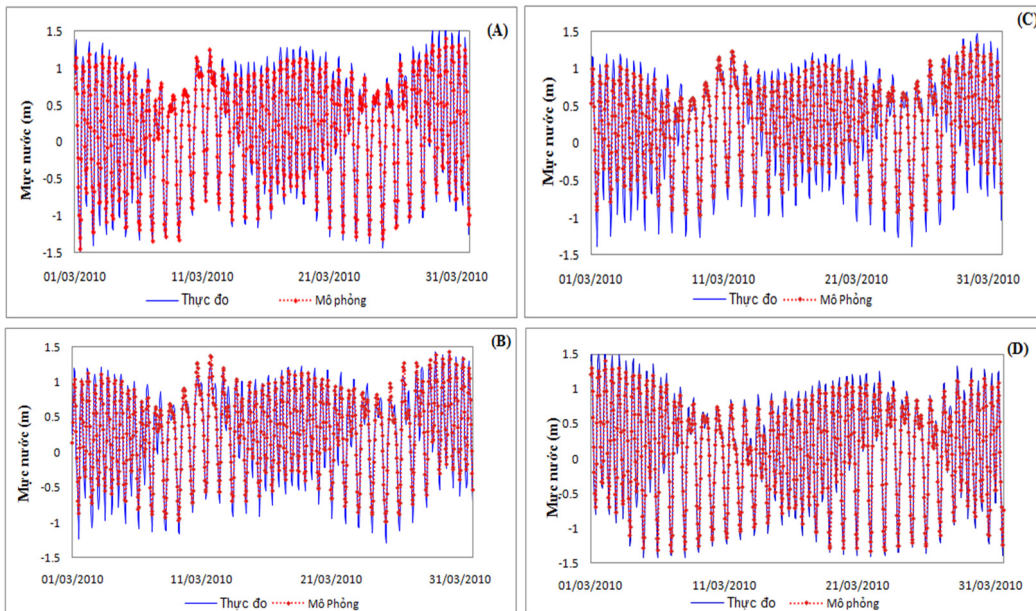
Bảng 1: Các kịch bản xây dựng trong mô hình

Kịch bản	Tình trạng cống đập Ba Lai	Thời gian so sánh
Kịch bản 1	Hoạt động bình thường	2010
Kịch bản 2	Đóng hoàn toàn	2010
Kịch bản 3	Mở hoàn toàn	2010

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 *et al.*, 2012)) cho toàn hệ thống sông, kết quả mực nước mô phỏng được xác định là phù hợp tại các trạm đo (cả về biên độ và pha dao động). Hệ số Nash-Sutcliffe E có giá trị lần lượt 0,98; 0,90; 0,92 và 0,92 cho từng vị trí trong Hình 4A, B, C và D.

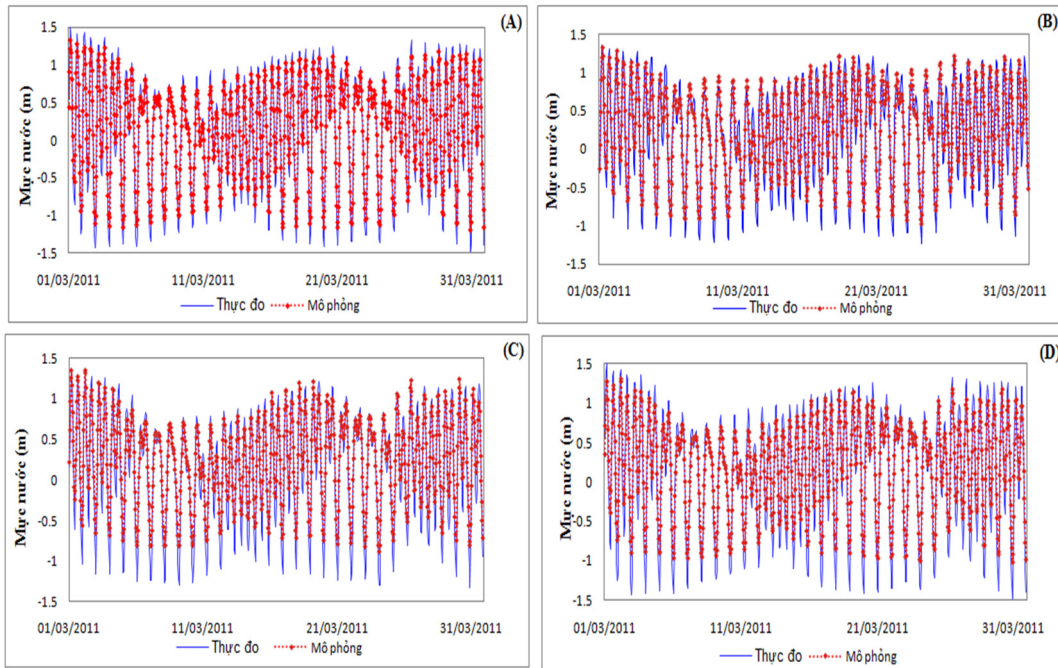


Hình 4: Mực thực đo và mô phỏng tại trạm Trà Vinh (A); Chợ Lách (B); Mỹ Tho (C) và Hòa Bình (D) (từ 01/03/2010 đến 31/03/2010)

3.2 Kết quả hiệu kiểm định mô hình

Kết quả kiểm định mô hình được thể hiện qua

Hình 5A, B, C và D với hệ số Nash-Sutcliffe E có giá trị lần lượt là 0,96; 0,89; 0,90; và 0,90.

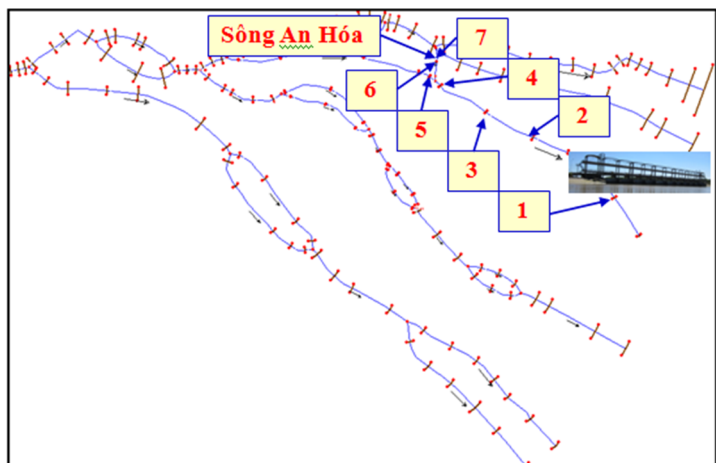


Hình 5: Mức nước thực đo và mô phỏng tại trạm Trà Vinh (A); Chợ Lách (B); Mỹ Tho (C) và Hòa Bình (D) (từ 01/03/2011 đến 31/03/2011)

3.3 Kết quả mô phỏng động thái dòng chảy theo các kịch bản đã xây dựng

Hình 6 thể hiện vị trí các điểm được chọn để

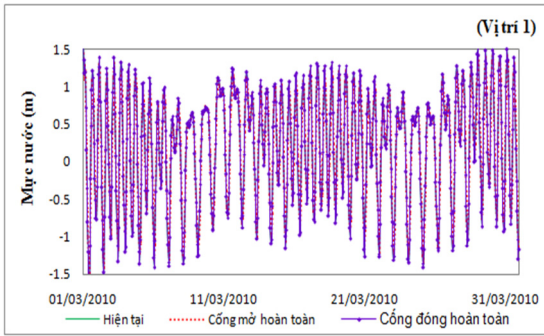
đánh giá động thái dòng chảy trên sông Ba Lai và các nhánh sông lân cận ở các kịch bản khác nhau.



Hình 6: Vị trí theo dõi động thái dòng chảy các kịch bản

Kết quả mô phỏng mực nước giữa các kịch bản cho thấy tại vị trí ngay sau cống Ba Lai (vị trí 1; Hình 6) đến cửa biển Ba Lai, biên độ pha dao động mực nước giữa các kịch bản không sai lệch nhau.

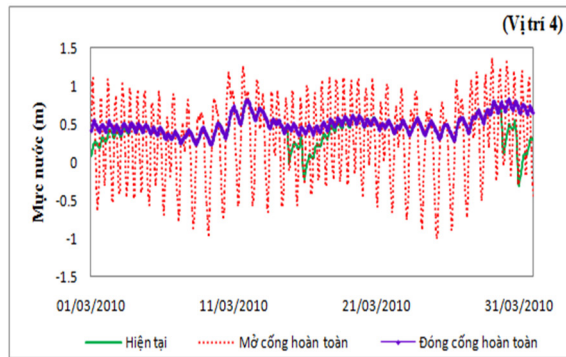
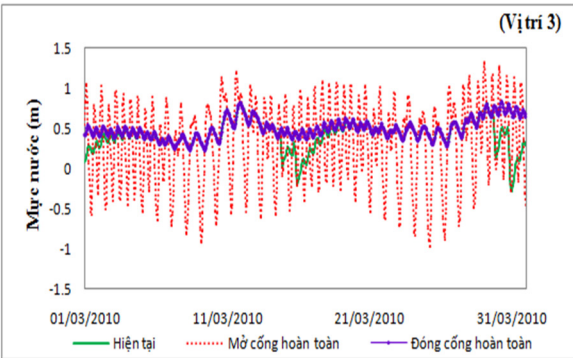
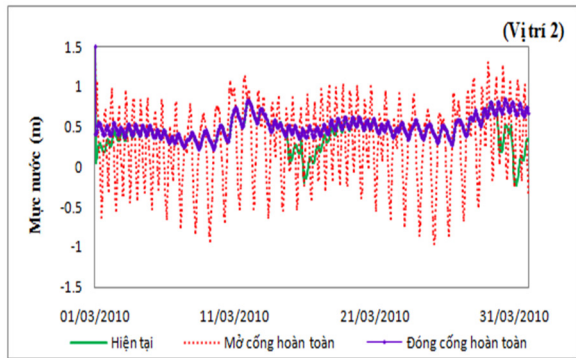
Điều này là do mực nước ở vị trí 1 chịu tác động trực tiếp của triều biển Đông nên khi cống Ba Lai đóng lại hoặc mở ra hoàn toàn cũng không có ảnh hưởng gì đến mực nước ngoài cống (Hình 7).



Hình 7: Biến thiên mực nước theo thời gian giữa các kịch bản ở vị trí 1

Từ cống Ba Lai đến vị trí số 4 (vị trí 2, 3, 4; Hình 6) biên độ pha dao động mực nước giữa các kịch bản có sự khác biệt rõ rệt. Cụ thể: Khi cống Ba Lai hoạt động như hiện tại thì biên độ pha dao động mực nước có sự thay đổi đáng kể giữa các ngày đóng cống hoàn toàn với các ngày mở cống

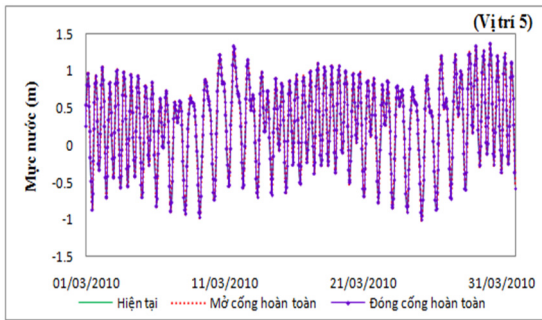
theo lịch vận hành; rõ nhất là vào các ngày mở cống (14-15 và 29-30 hàng tháng). Khi cống được mở ra thì nước trên sông Ba Lai sẽ đổ dồn ra cửa biển Ba Lai (lúc này triều biển Đông rút xuống). Vì thế, biên độ pha dao động mực nước ở các ngày này thấp hơn so với biên độ pha dao động mực nước ở các ngày đóng cống (Hình 8). Khi cống Ba Lai bị đóng lại hoàn toàn, biên độ pha dao động mực nước giữa các kịch bản gần như không có sự sai khác nào so với kịch bản hoạt động bình thường của cống (trừ những ngày mở cống). Khi cống Ba Lai được mở ra hoàn toàn, biên độ pha dao động của mực nước trên sông lúc này dao động khá mạnh, mực nước trên sông lúc này là cao nhất so với kịch bản đóng cống hoàn toàn và kịch bản hoạt động bình thường; điều này là do, khi cống Ba Lai được mở ra hoàn toàn, nước từ cửa biển Ba Lai sẽ đổ trực tiếp vào sông Ba Lai tạo nên biên độ pha dao động (mực nước) trên sông cao hơn so với các kịch bản khác (vị trí 2, 3, 4; Hình 8).



Hình 8: Biến thiên mực nước theo thời gian giữa các kịch bản ở vị trí 2, 3 và 4

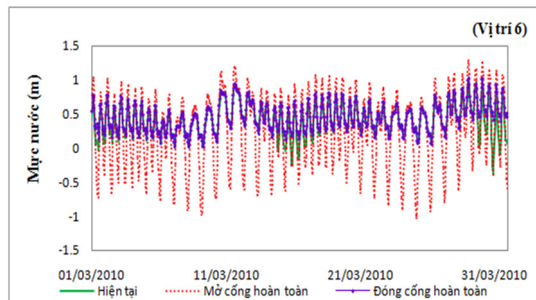
Từ vị trí sông An Hóa trở về phía thượng nguồn (vị trí 5; Hình 6), biên độ pha dao động mực nước của các kịch bản không có sự thay đổi nhiều (Hình 9); điều này là do tại sông An Hóa, lưu lượng nước trên sông Ba Lai bị phân tách chuyển thành hai dòng nước, một phần tiếp tục đổ về phía thượng nguồn sông Ba Lai và một phần bị tách nước theo sông An Hóa ra cửa Đại. Kết quả

mô phỏng cho thấy, biên độ pha dao động mực nước ở các kịch bản (từ vị trí 5 trở về thượng nguồn; Hình 6) không sai khác nhiều. Kết quả cho thấy từ vị trí 5 trên sông Ba Lai (Hình 6) trở về phía thượng nguồn sông Ba Lai, động thái dòng chảy sẽ ít chịu tác động bởi hoạt động hiện tại của cống Ba Lai.



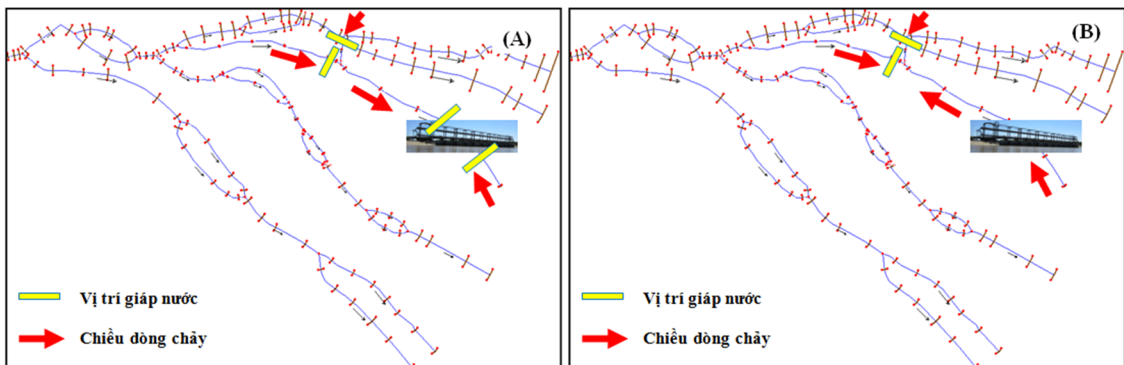
Hình 9: Biến thiên mực nước theo thời gian giữa các kịch bản ở vị trí 5

Trên sông An Hóa (vị trí 6; Hình 6) biên độ dao động mực nước giữa các kịch bản có sự khác biệt rõ (Hình 10) (tương tự với các vị trí 2, 3 và 4 trên sông Ba Lai). Như vậy, động thái dòng chảy trên sông An Hóa chịu tác động đáng kể bởi dòng chảy trên sông Ba Lai. Cụ thể, khi cống Ba Lai hoạt động bình thường, mực nước trên sông An Hóa bị biến động đúng vào các ngày mở cống và khi cống mở hoàn toàn thì biên độ pha dao động mực nước trên sông An Hóa dao động theo biên độ triều biển Đông; ngược lại, khi cống Ba Lai đóng hoàn toàn, mực nước trên sông An Hóa dao động như mực nước trên sông Ba Lai.



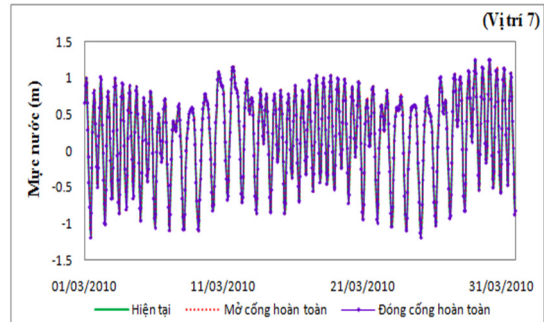
Hình 10: Biến thiên mực nước theo thời gian giữa các kịch bản ở vị trí 6

Ở vị trí giao nhau giữa sông Ba Lai và sông



Hình 12: Động thái dòng chảy ở hai kịch bản đóng (A) và mở cống hoàn toàn (B)

cửa Đại (vị trí 7; Hình 6), biên độ pha dao động mực nước giữa các kịch bản không có sự khác biệt. Biên độ pha dao động này gần giống với biên độ pha dao động mực nước ở vị trí 5 trên sông Ba Lai - biên độ pha dao động mực nước ở các vị trí này khá ổn định và không có sự khác biệt giữa các kịch bản. Như vậy, ở vị trí hạ nguồn sông An Hóa (Hình 11, vị trí số 7), mực nước trên sông không chịu tác động đáng kể bởi chế độ vận hành của cống Ba Lai.



Hình 11: Mực nước mô phỏng theo thời gian giữa các kịch bản ở vị trí 7

Như vậy, hoạt động vận hành của cống đập Ba Lai theo các kịch bản (hoạt động bình thường, mở cống hoàn toàn và đóng cống hoàn toàn) chủ yếu chỉ làm thay đổi động thái dòng chảy trên hệ thống sông Ba Lai và một phần trên sông An Hóa mà không làm thay đổi đáng kể động thái dòng chảy trên toàn bộ hệ thống sông trong vùng nghiên cứu. Hướng dòng trên các nhánh sông An Hóa và Ba Lai được thể hiện ở Hình 12(A) và (B). Ngoài ra, vị trí giáp nước được theo dõi được xác định là nhiều hơn so với theo kịch bản mở cống hoàn toàn – đây là vấn đề cần được quan tâm nghiên cứu sâu hơn để xác định tác động của động thái thủy lực dòng chảy lên đặc tính địa mạo của hệ thống sông nghiên cứu.

4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

4.1 Kết luận

– 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 theo các kịch bản về vận hành của cống đập Ba Lai. 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 mô phỏng các kịch bản khác nhau về vận hành của cống đập Ba Lai cho thấy: cống Ba Lai chỉ làm thay đổi động thái dòng chảy trên sông chính Ba Lai và trên sông An Hóa và có tác động không đáng kể đến động thái dòng chảy ở các nhánh sông chính còn lại. Kết quả mô phỏng cũng cho thấy khi cống Ba Lai được mở ra hoàn toàn thì mực nước trên sông Ba Lai cao hơn mực nước của các kịch bản khác (đóng cống hoàn toàn và theo lịch vận hành cống ở hiện tại).

– Nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục đích xem xét động thái thủy lực dòng chảy của hệ thống sông Tiền dưới tác động của các kịch bản vận hành của cống Ba Lai. Kết quả của nghiên cứu này là công cụ hỗ trợ cho các nhà quản lý và các nhà hoạch định chính sách có liên quan đến nguồn tài nguyên nước mặt có cơ sở khoa học cụ thể để đưa ra được những quyết định có liên quan (như, quy hoạch thủy lợi và quy hoạch sử dụng đất đai) ở địa phương.

4.2 Đề xuất

– Nghiên cứu này chỉ tập trung đi sâu vào đặc tính động thái thủy lực mà chưa đi sâu nghiên cứu sự thay đổi địa mạo và bồi / xói dọc bờ sông – vấn đề đang rất được quan tâm trong giai đoạn hiện nay. Do vậy, những nghiên cứu liên quan đến tìm hiểu động thái địa mạo lòng sông (bao gồm cả việc đo đạc / khảo sát thực tế cũng như ứng dụng mô hình toán) được đề xuất thực hiện trong những nghiên cứu về sau.

– Trong nghiên cứu này, mô hình toán thủy lực HEC-RAS chỉ sử dụng một hệ số nhám thủy lực (Manning's n) chung cho cả mạng lưới sông chính. Do đó, việc hiệu chỉnh hệ số nhám cho từng đoạn sông khác nhau là rất cần thiết để trong các nghiên cứu tiếp theo (Van *et al.*, 2012).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Carling, P. A., & 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).
2. Cục kiểm soát ô nhiễm. (2010). Báo cáo tổng hợp Nhiệm vụ “Quan trắc môi trường nước mặt vùng Tây Nam Bộ.
3. Đặng Đình Đức, Trần Ngọc Anh, Nguyễn Ý Như, & 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).
4. HEC. (2010). HEC-RAS River Analysis HEC-RAS River Analysis System: Hydraulic Reference Manual. Retrieved from available at <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/index.html>
5. 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.
6. Hoanh, C. T., Guttuman, H., Droogers, P., & 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.
7. 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.
8. MRC. (2011). Mekong River Commission Website. Available at: <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.
9. Nash, J. E., & Sutcliffe, J. V. (1970). River flow forecasting through conceptual models part I - A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10 (3)(282 – 290).

10. Sunada, K. (2009). Study on Asian River Basin. CREST Asian River Basins: Water Policy Study Team.
11. Trần Hồng Thái, Hoàng Thị Thu Trang, Thao, N. V., & ctv. (2009). Ứng dụng mô hình MIKE 11 tính toán thủy lực, chất lượng nước cho lưu vực sông Sài Gòn – Đồng Nai. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường.
12. Trần Quốc Đạt, Nguyễn Hiếu Trung, & Likitdecharote, K. (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).
13. Van, P. D. T., Popescu, I., Grienvan, A. van, Solomatine, D., Trung, N. H., & Green, A. (2012). A study of the climate change impacts on fluvial flood propagation in the Vietnamese Mekong Delta. Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.
14. Wassmann, & R., N. X. Hien, *et al.* (2004). Sea level rise affecting the Vietnamese Mekong Delta: water elevation in the flood season and implications for rice production, Climatic C.