



ỨNG DỤNG MÔ HÌNH TOÁN THỦY LỰC MỘT CHIỀU MÔ PHỎNG DÒNG CHẢY TRONG GIAI ĐOẠN MÙA KHÔ TRÊN SÔNG HẬU

Phạm Lê Mỹ Duyên và Văn Phạm Đăng Trí

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

Thông tin chung:

Ngày nhận: 29/12/2015

Ngày chấp nhận: 24/05/2016

Title:

The application of a one-dimensional (1D) hydraulic model to simulate dry-months flows in the Hau river

Từ khóa:

Mô hình thủy lực một chiều, dòng chảy, sông Hậu

Keywords:

One-dimensional (1D) hydraulic model, flow, the Hau river

ABSTRACT

The Hau river is one of two main branches of the Mekong River contributing a large amount of fertile sediment for agriculture and maintaining the Vietnamese Mekong Delta system. Given projected impacts of hydropower dams along the Mekong River, flows and sediment loaded along the Hau River have been projected to be strongly modified. A one-dimension hydraulic model (HEC-RAS) was applied to simulate two dry months flows in the current condition. Besides, assumptions were set out in the research, including: (i) tributaries of the Long Xuyen Quadrangle region were added to represent the out-flows from the Hau River, and (ii) the existing river network in the Dong Thap, Vinh Long province and the Can Tho city was ignored. The calibration and validation processes with $n=0.022$ (in the Hau river) and $n=0.032$ (in other rivers) made reasonable agreement between the measured and observed stages. In addition, the linear correlation index (R^2) between simulation and observation values was greater than 0.5; therefore, the one-dimension hydraulic HEC-RAS model could be used to simulate and assess the water resource dynamics along the Hau river.

TÓM TẮT

Sông Hậu là một trong hai nhánh chính của sông Mê Kông, đóng góp lượng phù sa màu mỡ cho sản xuất nông nghiệp và duy trì hệ thống Đồng bằng sông Cửu Long. Những dự đoán về tác động của việc xây dựng các đập thủy điện dọc sông Mê Kông, dòng chảy và trầm tích dọc sông Hậu được dự đoán sẽ thay đổi mạnh mẽ. Mô hình thủy lực một chiều (HEC-RAS) đã được xây dựng trên đoạn sông Hậu nhằm mô phỏng dòng chảy trong hai tháng mùa khô trong điều kiện hiện tại. Bên cạnh đó, những giả thiết đặt ra trong đề tài gồm: (i) bổ sung các nhánh sông thuộc vùng Tứ giác Long Xuyên để thể hiện lượng nước mất của sông Hậu, và (ii) lược bỏ các nhánh sông ở tỉnh Đồng Tháp, Vĩnh Long và Thành phố Cần Thơ. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình với hệ số nhám $n = 0,022$ (sông Hậu) và $n = 0,032$ (các nhánh sông còn lại trong vùng nghiên cứu) cho kết quả mực nước tốt nhất. Ngoài ra, hệ số tương quan tuyến tính (R^2) giữa mô phỏng và thực đo cũng có giá trị trên 0,5 nên mô hình HEC-RAS có khả năng sử dụng để đánh giá động thái nguồn tài nguyên nước dọc sông Hậu.

Trích dẫn: Phạm Lê Mỹ Duyên và Văn Phạm Đăng Trí, 2016. Ứng dụng mô hình toán thủy lực một chiều mô phỏng dòng chảy trong giai đoạn mùa khô trên sông Hậu. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 43a: 52-58.

1 GIỚI THIỆU

Sông Mê Kông là một trong 12 con sông lớn nhất thế giới, đóng vai trò quan trọng cho nền kinh tế của nhiều nước trong lưu vực trong đó có Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), Việt Nam cũng như sinh kế của người dân địa phương và an ninh lương thực (MRC, 2010). Sông Hậu là một trong hai sông nhánh của sông Mê Kông khi chảy vào lãnh thổ Việt Nam, có vai trò to lớn trong chiến lược phát triển vùng ĐBSCL. Mực nước hệ thống sông ở ĐBSCL phụ thuộc vào lưu lượng dòng chảy của sông Mê Kông cũng như chế độ thủy triều của Biển Đông và Vịnh Thái Lan (Vo Khắc Tri, 2012). Tuy nhiên, lưu lượng nước ở thượng nguồn sông Mê Kông có xu hướng giảm và xâm nhập mặn gia tăng ở hạ nguồn ĐBSCL dẫn đến tình trạng thiếu nước ngọt sử dụng đặc biệt là vào mùa khô (Nguyễn Hiếu Trung và Văn Phạm Đăng Trí, 2014; Smajgl et al., 2015). Sự gia tăng dân số và phát triển kinh tế, xã hội cũng dẫn đến nhu cầu sử dụng nước gia tăng. Bên cạnh đó, việc xây dựng công trình thủy lợi (đê bao, cống, đập) nhằm giảm thiểu tác động của xâm nhập mặn và lũ hàng năm đã tác động đến dòng chảy của những dòng sông tự nhiên (vận tốc, địa mạo dòng sông) (Phạm Công Huu, 2011). Những nguyên nhân trên đã gây ra áp lực đến nguồn tài nguyên nước mặt về số lượng cũng như chất lượng.

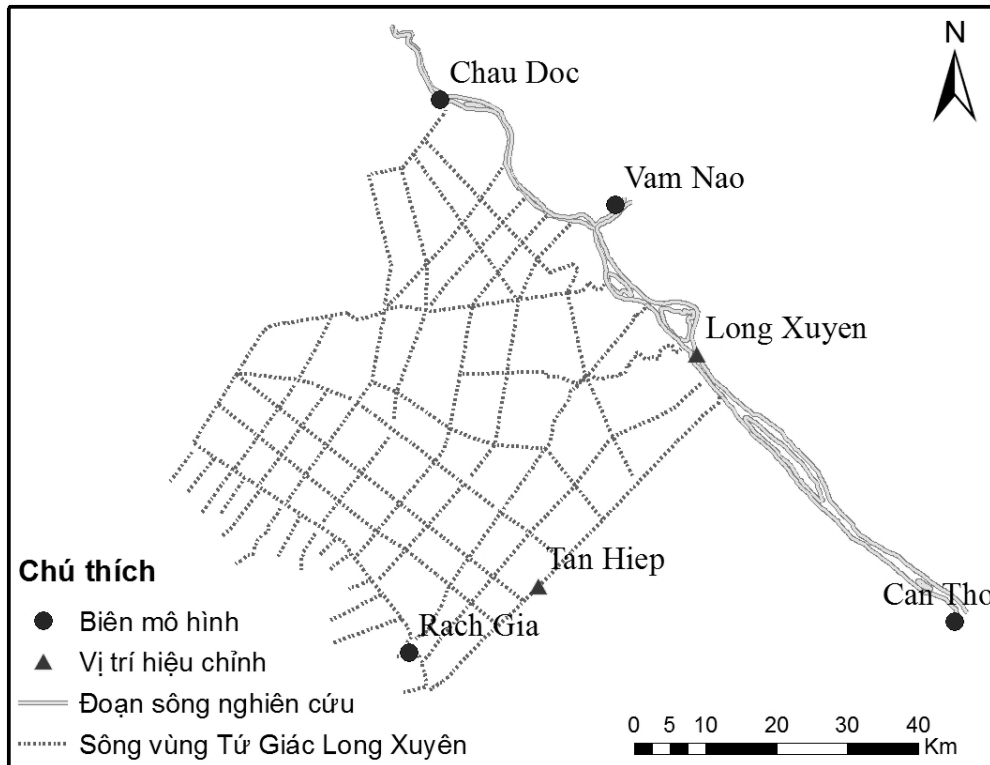
Hiện nay, mô hình toán thủy lực đã và đang trở thành một công cụ thích hợp, hỗ trợ trong lĩnh vực quản lý tài nguyên nước (Phan Viết Chính, 2011). Mô hình toán thủy lực một chiều nghiên cứu về động thái thủy lực của dòng chảy đã được thực

hiện rất nhiều cho hệ thống sông ở ĐBSCL, điển hình như nghiên cứu của Dinh Nhật Quang và *ctv.*, (2012); Văn Phạm Đăng Trí và *ctv.*, (2012); Trần Thị Lệ Hằng và *ctv.*, (2014). Nghiên cứu này đã được thực hiện trên nhánh sông Hậu với mặt cắt ngang của dòng sông đã được cập nhật mới nhằm đánh giá lại sự thay đổi dòng chảy trong điều kiện hiện tại.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Nghiên cứu chỉ tập trung thực hiện trên nhánh sông Hậu, đoạn từ Châu Đốc, tỉnh An Giang đến phường Cái Khế, quận Ninh Kiều, thành phố Cần Thơ (Hình 1). Do không có đủ số liệu thực đo nên nghiên cứu đặt ra giả thiết là lượng nước sông Hậu cung cấp cho phía Đồng Tháp và Vĩnh Long không đáng kể. Vào mùa khô, người dân thường giữ nước lại trong đồng ruộng và hệ thống kênh rạch nên lượng nước từ phía Đồng Tháp và Vĩnh Long đổ vào sông Hậu cũng không ảnh hưởng lượng nước sông Hậu. Một giả thiết khác đặt ra trong nghiên cứu là bỏ qua những nhánh sông từ kênh Cái Sắn tới trạm Cần Thơ. Theo Vo Khắc Tri (2012), lưu lượng nước sông Hậu được phân phối theo các hướng sau: (i) cho vùng Tứ giác Long Xuyên (TGLX), (ii) chảy ra biển Tây thông qua sông Cái Lớn, và (iii) chảy ra Biển Đông. Bên cạnh đó, lượng nước của sông Hậu còn được cung cấp bởi sông Tiền thông qua sông Vàm Nao. Vì thế, mô hình thủy lực xây dựng trên sông Hậu đã được bổ sung thêm các nhánh sông ở vùng TGLX nhằm thể hiện lượng nước mất của sông Hậu.



Hình 1: Đoạn sông nghiên cứu và vị trí hiệu chỉnh, kiểm định mô hình thủy lực

2.2 Mô hình HEC-RAS

Mô hình phân tích dòng chảy 1 chiều (1D) HEC-RAS (*Hydrological Engineering Centre - River Analysis System*) (phiên bản 4.1) được thiết kế bởi trung tâm công trình thủy văn của Cục Kỹ thuật Công trình Quân đội Hoa Kỳ (Gary W. Brunner *et al.*, 2010). Phần mềm này nhằm mô phỏng lại động thái dòng chảy ổn định hoặc không ổn định, vận chuyển bùn cát và phân tích chất lượng nước của mạng lưới sông / kênh thông qua hệ phương trình Saint – Venant. Hệ phương trình này gồm phương trình liên tục và phương trình động lực được thể hiện ở công thức 2.1 và công thức 2.2. Mô hình HEC-RAS được hiệu chỉnh dựa trên việc điều chỉnh hệ số Manning, được trình bày qua công thức 2.3.

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

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

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

Trong đó: S: lượng trữ mặt cắt ngang (m²); A: diện tích mặt cắt ngang (m²); Q: lưu lượng dòng chảy (m³/s); t: thời gian tính toán (s); x: chiều dài của sông (kênh) (m); V: vận tốc trung bình dòng chảy (m/s); q_l: lưu lượng bổ sung trên mỗi đơn vị chiều dài sông (kênh) (m²/s); z: cao trình mực nước tại mặt cắt (m); g: gia tốc trọng trường (m/s²); R: bán kính thủy lực (m); và, S_f: độ dốc thủy lực (m/m).

2.3 Các bước xây dựng mô hình

Quá trình xây dựng mô hình được thực hiện theo các bước sau, điều kiện biên và các vị trí hiệu chỉnh, kiểm định mô hình được thiết lập như trình bày ở Hình 1.

Bước 1: Xây dựng mạng lưới sông của khu vực nghiên cứu. Dữ liệu hệ thống kênh được xây dựng trong phần mềm ArcGIS, dựa vào số liệu có sẵn từ mô hình ISIS -1D của Ủy Ban sông Mê Kông (Halcrow Group Limited, 2004) và được chuyển sang định dạng HEC-RAS thông qua mô-đun HEC-GeoRAS (trong ArcGIS).

Bước 2: Nhập thông số mặt cắt kênh và điều kiện biên vào mô hình (lưu lượng và mực nước).

– Dữ liệu mặt cắt kênh được thu thập bởi hai nguồn: (i) Trung tâm Tài nguyên nước và Môi trường, trực thuộc Công ty Tài nguyên và Môi trường miền Nam – đoạn từ trạm Long Xuyên tới trạm Cần Thơ (thuộc sông Hậu) (gồm 113 mặt cắt thực đo và cách nhau 50 m) và (ii) và 912 mặt cắt xuất từ mô hình ISIS-1D – phần còn lại của sông Hậu và các nhánh sông thuộc vùng TGLX.

– Số liệu được thu thập theo giờ vào tháng 4 đến tháng 5 năm 2012 và tháng 4 đến tháng 5 năm 2013. Số liệu lưu lượng được thu thập tại trạm Châu Đốc, Vàm Nao, biên mực nước tại các trạm Tri Tôn, Long Xuyên, Tân Hiệp, Rạch Giá và Cần Thơ. Các số liệu này được thu thập từ Trung tâm sông Cửu Long và Trạm Khí tượng Thủy văn tỉnh An Giang. Các số liệu này nhằm cung cấp thông tin biên đầu vào (lưu lượng) và biên đầu ra (mực nước) cũng như là việc phục vụ cho quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình.

Bước 3: Hiệu chỉnh mô hình thủy lực bằng cách điều chỉnh hệ số nhám cho từng sông/ kênh trong khu vực nghiên cứu. Số liệu mực nước vào 01/4/2012 – 31/5/2012 (thuộc mùa khô) tại trạm Long Xuyên và Tân Hiệp được sử dụng để hiệu chỉnh mô hình. Kết quả hiệu chỉnh mô hình sẽ được đánh giá thông qua hệ số tương quan giữa giá trị thực đo và mô phỏng (R^2).

Đối với mô hình thủy lực, hiệu chỉnh mô hình là điều chỉnh các thông số thủy lực để kết quả mô phỏng gần với thực đo. Theo Melching (1992), các thông số thủy lực gồm: (1) các thông số có thể đo trực tiếp như mặt cắt ngang, mực nước; và, (2) các thông số khó để đo trực tiếp: độ nhám thủy lực, các hệ số thất thoát năng lượng. Theo hầu hết những nghiên cứu trước về mô hình thủy lực, hệ số nhám thủy lực Manning's được sử dụng trong hiệu chỉnh mô hình. Độ nhám thủy lực giữa các sông và trong những mặt cắt khác nhau của cùng một sông sẽ có giá trị khác nhau; và, độ nhám giữa hai bên bờ cũng khác nhau. Ngoài ra, độ nhám thủy lực còn phụ thuộc vào mực nước và lưu lượng của sông (Nguyễn Cảnh Cầm và *ctv.*, 2007).

Bước 4: Quá trình kiểm định được thực hiện bằng cách giữ nguyên các thông số kỹ thuật ở giai đoạn hiệu chỉnh và thay đổi bộ số liệu điều kiện biên từ ngày 01/4/2013 – 31/5/2013 (thuộc mùa khô). Mục đích của quá trình này nhằm đánh giá mức độ phù hợp của mô hình đã hiệu chỉnh so với

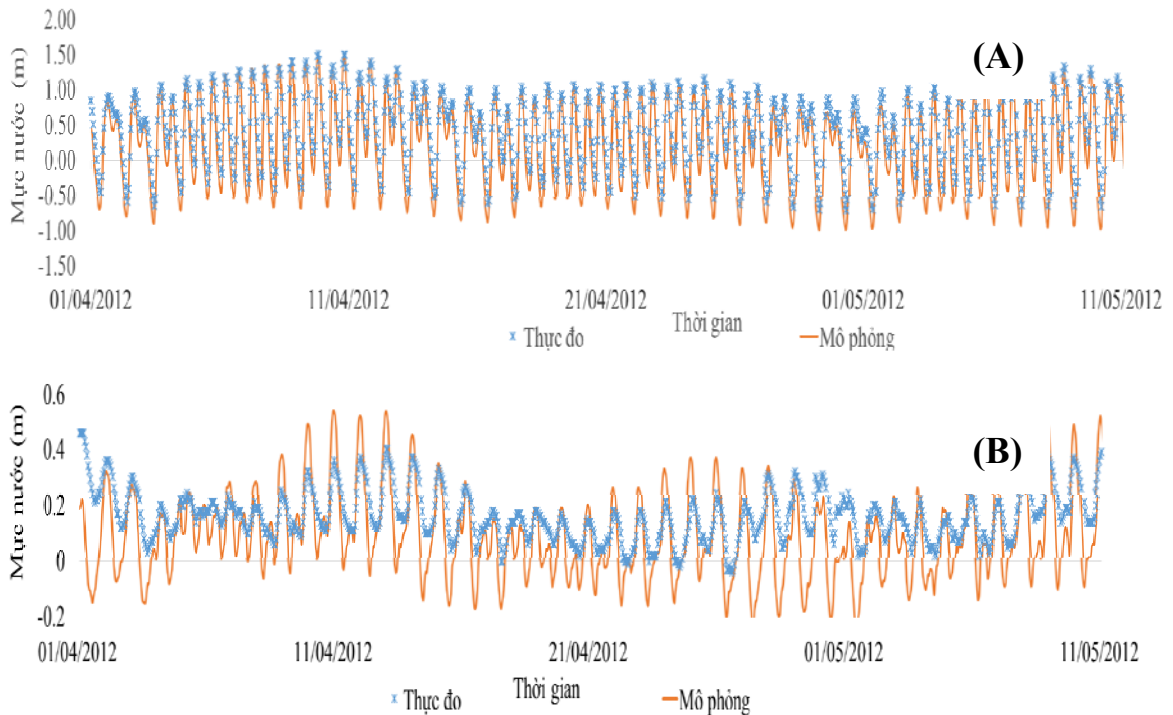
thực tế. Ngoài ra, nghiên cứu chỉ xem xét diễn biến của mực nước của sông Hậu những tháng đỉnh điểm của mùa khô, không xem xét vào mùa lũ nên chuỗi số liệu thu thập để hiệu chỉnh và kiểm định chỉ trong tháng 4 và tháng 5.

3 KẾT QUẢ THẢO LUẬN

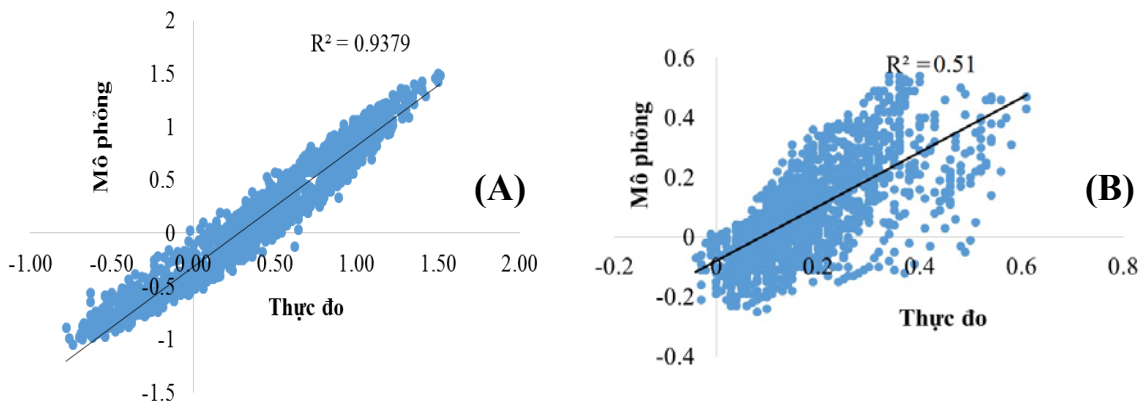
3.1 Kết quả hiệu chỉnh mô hình thủy lực

Mô hình được hiệu chỉnh với hệ số nhám khác nhau cho từng nhánh sông; trong đó, hệ số Manning's $n = 0.022$ cho nhánh sông Hậu và $n = 0.032$ cho các nhánh sông vùng TGLX. Kết quả này phù hợp với những đề tài nghiên cứu trước (Trần Quốc Đạt và *ctv.*, 2012; Nguyễn Thành Tựu và *ctv.*, 2013) cho nhánh sông tự nhiên chảy trên nền phù sa. Theo Hình 2A cho thấy rằng, mực nước mô phỏng tại trạm Long Xuyên có biên dao động và pha dao động khá phù hợp với kết quả thực đo. Tuy nhiên, đối với trạm Tân Hiệp, pha dao động của mực nước mô phỏng khá phù hợp với mực nước thực đo nhưng biên dao động của giá trị thực đo và mô phỏng có sự sai lệch khá nhiều (Hình 2B). Sự sai lệch kết quả mô phỏng thủy lực tại trạm Tân Hiệp là do một số nguyên nhân sau: (i) nghiên cứu hiện tại không có đầy đủ các dữ liệu cần thiết để thiết lập các công trình thủy lợi (đê bao, cống, đập ngăn mặn từ biên Tây và lũ thượng nguồn) vào trong mô hình; và, (ii) đa phần mặt cắt kênh được thu thập từ mô hình ISIS-1D nên số liệu này tương đối cũ (năm 2000) so với địa mạo lòng sông hiện tại. Số liệu thực đo về lưu lượng mất đi qua các khu vực của tỉnh Đồng Tháp, Vĩnh Long và thành phố Cần Thơ lại không có; vì vậy, nghiên cứu đã đặt ra giả thuyết bỏ qua lượng nước mất qua các vùng này. Sự sai lệch kết quả cũng có thể do giả thuyết đặt ra không thật sự phù hợp và cần được nghiên cứu thêm.

Kết quả hiệu chỉnh mô hình còn được đánh giá thông qua mối tương quan giữa mực nước thực đo và mô phỏng. Giá trị R^2 tại trạm Long Xuyên trên 0,9 và trạm Tân Hiệp trên 0,5 (Hình 3) nên mô hình có thể áp dụng được cho khu nghiên cứu. Mô hình chỉ tập trung nghiên cứu diễn biến mực nước trên nhánh sông Hậu nên sự sai lệch về biên dao động trong kết quả hiệu chỉnh của trạm Tân Hiệp cũng không ảnh hưởng đến kết quả mô hình; vì vậy, mô hình có thể áp dụng để mô phỏng thủy lực trên đoạn sông Hậu.



Hình 2: Mức nước mô phỏng và thực đo sau khi hiệu chỉnh tại trạm Long Xuyên (A) và trạm Tân Hiệp (B)

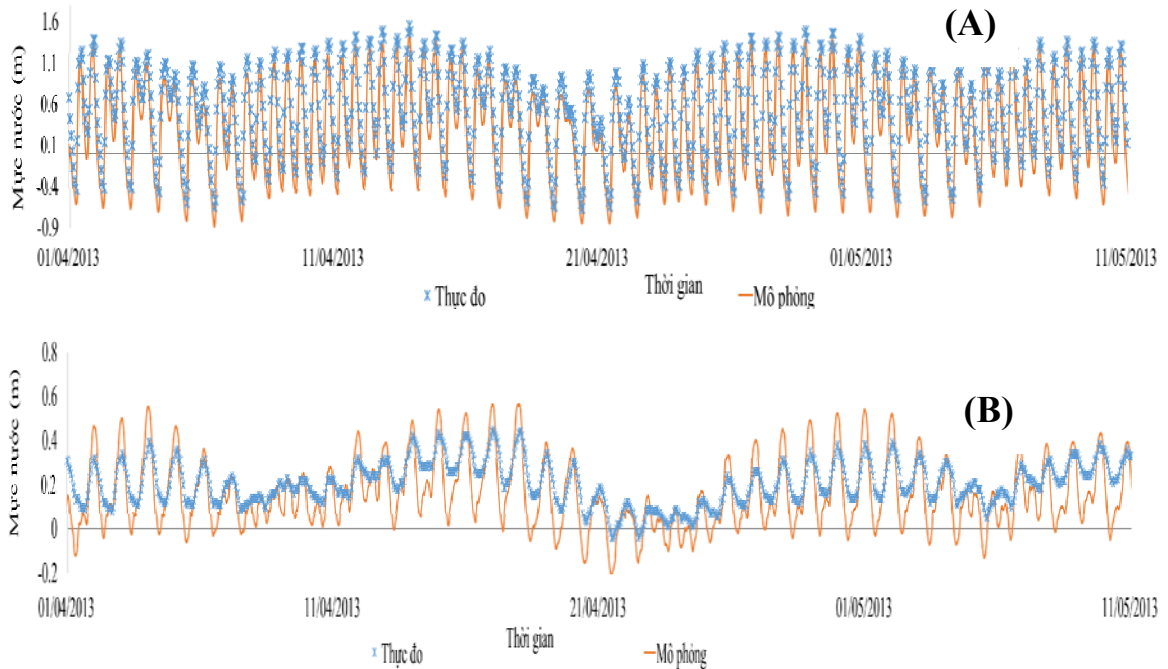


Hình 3: Quan hệ giữa mực nước thực đo và mực nước mô phỏng tại trạm Long Xuyên (A) và trạm Tân Hiệp (B)

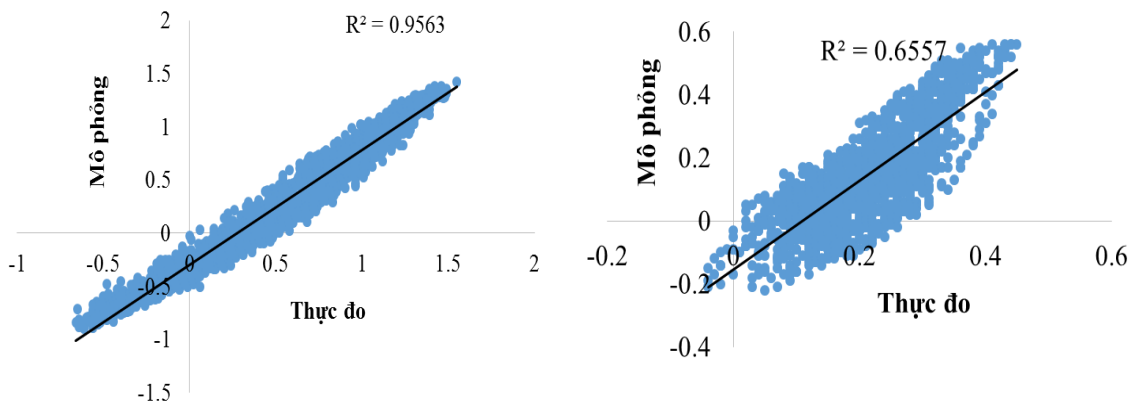
3.2 Kết quả kiểm định mô hình thủy lực

Kết quả kiểm định mô hình được thể hiện qua Hình 4. Tại trạm Long Xuyên, giá trị mực nước mô phỏng khá phù hợp với giá trị thực đo về biên lẫn pha dao động. Kết quả kiểm định mực nước tại trạm Tân Hiệp tốt hơn so với quá trình hiệu chỉnh mực nước (Hình 4B) về pha dao động. Kết quả kiểm định tốt hơn so với hiệu chỉnh có thể là do dòng chảy tại trạm này vào năm 2013 không quá

biến động. Cũng như quá trình hiệu chỉnh mô hình, mối quan hệ tương quan giữa giá trị mô phỏng và thực đo cũng được thực hiện nhằm đánh giá kết quả của quá trình kiểm định (Hình 5). Giá trị R^2 tại trạm Long Xuyên và Tân Hiệp đều trên 0,6 nên mô hình có thể sử dụng để mô phỏng động thái thủy lực hay thực hiện các nghiên cứu tiếp theo bằng việc kết hợp phát triển mô hình 2D từ mô hình 1D này.



Hình 4: Mức nước mô phỏng và thực đo sau khi kiểm định tại trạm Long Xuyên (A) và trạm Tân Hiệp (B)



Hình 5: Quan hệ giữa mực nước thực đo và mực nước mô phỏng tại trạm Long Xuyên (A) và trạm Tân Hiệp (B)

4 KẾT LUẬN

Mô hình mô phỏng thủy lực đã được xây dựng đáp ứng được mục tiêu đề ra nhằm đánh giá động thái thủy lực tại đoạn sông Hậu. Mô hình được hiệu chỉnh và kiểm định với hệ số nhám Manning's $n = 0,022$ cho nhánh sông Hậu và $n = 0,032$ cho các sông còn lại. Bên cạnh đó, giá trị tương quan (R^2) giữa mực nước mô phỏng và thực đo của quá trình hiệu chỉnh, kiểm định mô hình đều trên 0,5 và nghiên cứu chỉ tập trung xem xét trên sông Hậu

nên mô hình có thể áp dụng và làm cơ sở cho việc phát triển mô hình thủy lực 2D cho vùng nghiên cứu nhằm tìm hiểu về động thái thủy lực chi tiết hơn.

Nghiên cứu thực hiện còn đặt ra nhiều giả thuyết do thiếu nguồn số liệu thực đo cũng như chưa xem xét đến tác động của công trình thủy lợi đến dòng chảy nên đã ảnh hưởng đến kết quả mô phỏng. Do vậy, nghiên cứu đề xuất cần có những nghiên cứu tiếp theo để làm rõ tính đúng đắn của

các giả thuyết trong nghiên cứu này. Ngoài ra, nghiên cứu này chỉ tập trung vào đặc tính thủy lực trung bình tại mỗi mặt cắt mà chưa xem xét đến tính khác biệt dòng chảy tại các vị trí khác nhau trên cùng một mặt cắt. Vì thế, để xem xét những đặc tính thủy lực sâu hơn (dòng chảy đổ về bên trái hay bên phải của nhánh sông nhiều hơn hoặc hướng dòng chảy thay đổi như thế nào theo thời gian, không gian) cần thông qua việc phát triển mô hình thủy lực 2D tiếp theo đó.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Dinh Nhat Quang, S. Balica, I. Popescu, A. Jonoski, and Đinh Nhật Quang. 2012. Climate change impact on flood hazard, vulnerability and risk of the Long Xuyen Quadrangle in the Mekong Delta. *Int. J. River Basin Manag.* 10(1): 103–120.
- Gary W. Brunner, CEIWR-HEC, and Gary W. Brunner. 2010. HEC-RAS River analysis system user's manual Version 4.1. US Army Corps Eng.
- Halcrow Group Limited. 2004. Technical Reference Report DSF 620. SWAT and IQQM Models. Water Utilisation Project Component A: Development of Basin Modelling Package and Knowledge Base (WUP-A). Mekong River Comm.
- Melching, C.S. 1992. An improved first-order reliability approach for assessing uncertainties in hydrologic modeling. 132: 157–177.
- MRC. 2010. State of the Basin Report. Mekong River Comm.
- Nguyễn Cảnh Cầm, Lưu Công Đào, Nguyễn Văn Cung, Nguyễn Như Khuê, Võ Xuân Minh, Hoàng Văn Quý, and Vũ Văn Tào. 2007. Thủy lực tập II. Nhà xuất bản xây dựng Hà Nội.
- Nguyễn Hiếu Trung, and Văn Phạm Đăng Trí. 2014. Possible Impacts of Seawater Intrusion and Strategies for Water Management in Coastal Areas in the Vietnamese Mekong Delta in the Context of Climate Change. In *Coastal Disasters and Climate Change in Vietnam*. Elsevier Inc.
- Nguyễn Thành Tựu, Văn Phạm Đăng Trí, and Nguyễn Hiếu Trung. 2013. Động thái dòng chảy ở vùng Tứ giác Long Xuyên dưới tác động của đê bao ngăn lũ. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ* 25a.
- Pham Cong Huu. 2011. Planning and Implementation of the Dyke Systems in the Mekong Delta, Vietnam.
- Phan Viết Chính. 2011. Ứng dụng mô hình toán đánh giá chất lượng nước hạ lưu sông Đồng Nai đến năm 2020. *Tạp chí khoa học - Đại học Đông Á* 4: 40–53.
- Smajgl, A., T.Q. Toan, D.K. Nhan, J. Ward, N.H. Trung, L.Q. Tri, V.P.D. Tri, and P.T. Vu. 2015. Responding to rising sea levels in the Mekong Delta. *Nat. Clim. Chang.* 5(2): 167–174 Available at <http://www.nature.com/doi/10.1038/nclimate2469>.
- 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. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ* 21: 141–150.
- Trần Thị Lệ Hằng, Văn Phạm Đăng Trí, and Nguyễn Thành Tựu. 2014. Động thái dòng chảy trên hệ thống sông chính vùng hạ lưu sông Tiền dưới tác động công trình cống đập Ba Lai. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ* 31: 116–124.
- Văn Phạm Đăng Trí, Nguyễn Hiếu Trung, and Nguyễn Thành Tựu. 2012. Flow dynamics in the Long Xuyen Quadrangle under the impacts of full-dyke systems and sea level rise. *VNU J. Sci. Earth Sci.* 28: 205–214.
- Vo Khắc Tri. 2012. Hydrology and hydraulic infrastructure system in the Mekong Delta, Vietnam. p. 49–81. In F.G.Renaud, C.Kuenzer (eds.), *The Mekong Delta System: Interdisciplinary analyses of a river delta*. Springer E. Springer.