



ĐỘNG THÁI DÒNG CHẢY Ở VÙNG TỨ GIÁC LONG XUYÊN DƯỚI TÁC ĐỘNG CỦA ĐÊ BAO NGẮN LŨ

Nguyễn Thành Tựu¹, Văn Phạm Đăng Trí¹ và Nguyễn Hiếu Trung¹

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

Thông tin chung:

Ngày nhận: 29/10/2012

Ngày chấp nhận: 25/03/2013

Title:

Flow dynamics of the Long Xuyen Quadrangle under the impacts of full-dyke systems

Từ khóa:

Mô hình thủy lực một chiều, động thái dòng chảy, HEC-RAS, Tứ Giác Long Xuyên, đê bao khép kín

Keywords:

One dimensional (1D) hydraulic model, flow dynamics, HEC-RAS, Long Xuyen Quadrangle, full-dyke systems

ABSTRACT

A one-dimensional (1D) flow hydraulic model for the river network of the Long Xuyen Quadrangle, Vietnamese Mekong Delta, was developed in HEC-RAS based on the available data of river network, cross-sections, boundary conditions and digital elevation model (DEM) in 2000. Developed scenarios included: (i) The first scenario based on the geometric data in 2000 (no dykes constructed); and, (ii) the second scenario based on the full-dyke systems. Such the scenarios were developed to understand possible impacts of the full-dyke systems to the area if the flood event in 2000 happened in the future. Moreover, through the model, the hydraulic properties and flow dynamics of the two scenarios were discovered, which provided a suitable base for any plan in related to irrigation network and (agriculture) land use. The obtained result of the study would provide strong base for the future research in the similar manner and be a useful tool for the water resource management.

TÓM TẮT

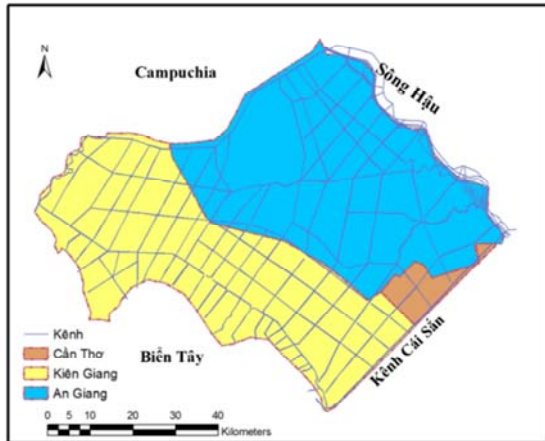
Mô hình thủy lực dòng chảy một chiều cho hệ thống sông vùng Tứ Giác Long Xuyên (đồng bằng sông Cửu Long) được xây dựng trên HEC-RAS dựa vào các số liệu có sẵn về mạng lưới sông, mặt cắt ngang, điều kiện biên và mô hình cao độ số của năm 2000. Các kịch bản được xây dựng cho mô hình bao gồm: (i) Kịch bản dựa trên dữ liệu năm 2000 (không có đê bao); và, (ii) kịch bản dựa trên hệ thống đê bao khép kín năm 2011 có hiệu chỉnh cao trình nhằm đảm bảo ngăn lũ triệt để. Việc xây dựng các kịch bản nhằm mục đích đánh giá những ảnh hưởng có thể xảy ra của hệ thống đê bao khép kín lên khu vực nghiên cứu nếu sự kiện lũ năm 2000 xuất hiện trong tương lai. Hơn nữa, thông qua mô hình, các đặc tính thủy lực và động thái dòng chảy đối với hai kịch bản được xác định; đây là một trong những cơ sở quan trọng phục vụ cho công tác qui hoạch thủy lợi và sử dụng đất nông nghiệp. Kết quả thu được từ nghiên cứu là nền tảng vững chắc cho các nghiên cứu có liên quan trong tương lai và cung cấp công cụ hữu ích cho công tác quản lý nguồn nước.

1 GIỚI THIỆU

Tứ Giác Long Xuyên (TGLX) nằm ở khu vực phía Tây của đồng bằng sông Cửu Long

(ĐBSCL) và nằm trên địa phận ba tỉnh An Giang, Kiên Giang và Cần Thơ. Bốn cạnh của TGLX bao gồm Biên giới Việt Nam-Campuchia, sông Hậu, kênh Cái Sắn và biển

Tây (Hình 1). Địa hình trũng, tương đối bằng phẳng với cao trình mặt đất thay đổi từ 0,4 đến 2,0 m so với mực nước biển (ngoại trừ một số khu vực vùng núi). Vào mùa lũ (từ tháng 7 đến tháng 11), vùng này thường xuyên bị ngập với độ sâu ngập từ 0,5 đến 2,5 m.



Hình 1: Khu vực nghiên cứu

Trong những năm gần đây, do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu cùng với việc phát triển của hệ thống cơ sở hạ tầng thủy lợi, đặc tính dòng chảy ở vùng nghiên cứu đã có những thay đổi dẫn đến những ảnh hưởng đáng kể đối với sản xuất nông nghiệp và thủy sản ở địa phương (Van *et al.*, 2012). Bên cạnh đó, việc xây dựng đê bao ngăn lũ để sản xuất lúa vụ 3 cũng đã có những tác động đáng kể đối với đặc tính dòng chảy (Smith *et al.*, 2006).

Cùng với sự phát triển của khoa học máy tính, các phần mềm về mô hình toán thủy lực dòng chảy đã được nâng cấp một cách đáng kể nhằm hỗ trợ tính toán sự lan truyền của lũ, xây dựng bản đồ ngập lũ và dự báo xu hướng của lũ trong tương lai. Hiện nay, những đề tài ứng dụng mô hình toán thủy lực (ví dụ: VRSAP, MIKE 11, ISIS, Hydro-GIS, HEC-RAS...) đã được thực hiện khá nhiều trên phạm vi thế giới và Việt Nam (Wassmann *et al.*, 2004, Le Thi Viet Hoa *et al.*, 2007, Nguyen Viet Dung, 2010 và Van *et al.*, 2012). Ở ĐBSCL, mặc dù đã có khá nhiều mô hình toán thủy lực được phát triển. Tuy vậy, những nghiên cứu trước đây chưa đi sâu vào các đặc tính thủy lực (lưu lượng

và mực nước theo thời gian tại từng vị trí khác nhau) và động thái dòng chảy (chuyển động của nước trong kênh) của khu vực. Mục tiêu của nghiên cứu là xây dựng mô hình thủy lực dòng chảy một chiều (Van, 2009) có thể áp dụng được cho vùng TGLX (bằng phần mềm HEC-RAS) nhằm xác định các đặc tính dòng chảy mùa lũ ở vùng nghiên cứu dựa vào một số kịch bản (KB) khác nhau.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Phương pháp tiếp cận

Nghiên cứu được thực hiện theo 5 bước: (i) thu thập dữ liệu đầu vào; (ii) xây dựng mô hình; (iii) hiệu chỉnh mô hình thông qua việc điều chỉnh độ nhám thủy lực Manning's *n*; (iv) vận hành mô hình theo các kịch bản khác nhau; và, (v) so sánh đặc tính thủy lực và xây dựng bản đồ ngập cho các kịch bản.

2.2 Cơ sở lý thuyết mô hình HEC-RAS

Nghiên cứu này sử dụng phần mềm HEC-RAS phiên bản 4.1. Đây là phần mềm dùng để xây dựng mô hình toán mô phỏng thủy lực dòng chảy một chiều cho mạng lưới sông/kênh. Mô hình dòng chảy không ổn định trong kênh hở chủ yếu dựa trên các công thức (1) và (2). Ngoài ra, hệ số nhám thủy lực Manning's *n* (công thức 3) cũng được sử dụng để hiệu chỉnh mô hình.

$$\text{Phương trình liên tục} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0 \quad (1)$$

$$\text{Phương trình động lượng} \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(VQ)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (2)$$

$$\text{Công thức Manning's } n \quad Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S_f^{1/2} \quad (3)$$

Trong đó, A: diện tích mặt cắt ướt (m²); t: thời gian (s); S: lượng trữ mặt cắt ướt (m³); Q: Lưu lượng (m³/s); x: khoảng cách dọc theo kênh (m); ql: lưu lượng bổ sung trên một đơn vị chiều dài (m²/s); V: vận tốc (m²/s); z: cao độ mực nước tại mặt cắt (m); Sf: độ dốc đáy sông; n: độ nhám thủy lực; và, R: bán kính thủy lực (m).

2.3 Phương pháp xây dựng mô hình

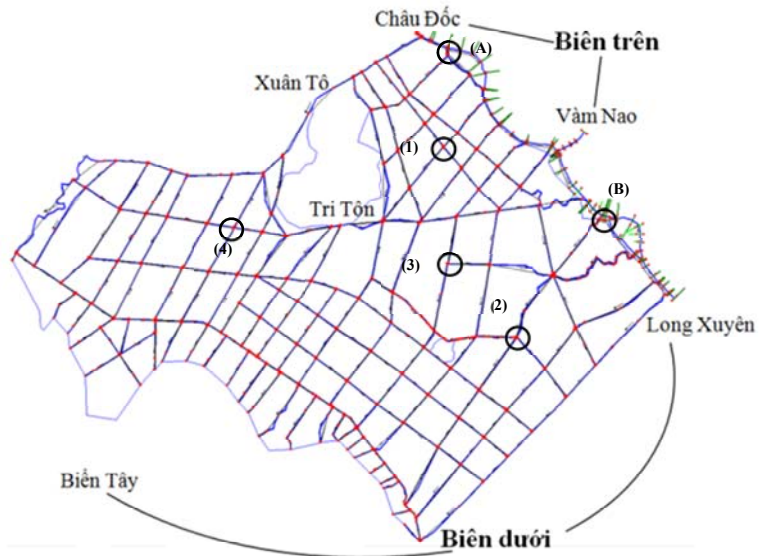
Bước 1: Dữ liệu đầu vào của năm 2000 được thu thập từ Ủy ban Sông Mekong bao gồm:

- DEM của vùng TGLX và dữ liệu hình học hệ thống sông, bao gồm: 257 đoạn kênh (kể cả sông Hậu), 1.280 mặt cắt ngang (kể cả mặt cắt ngang đã được nội suy), 145 điểm nối, và 130 vùng trữ nước.

- Dữ liệu biên, bao gồm: (i) Biên trên - chuỗi số liệu lưu lượng theo từng giờ tại hai vị trí Châu Đốc và Vàm Nao; và, (ii) Biên dưới - chuỗi số liệu mực nước theo từng giờ tại 25 vị trí ở biên Tây và 1 vị trí ở Long Xuyên.

- Dữ liệu hiệu chỉnh mô hình bao gồm chuỗi số liệu mực nước từ tháng 7 đến tháng 11 năm 2000 tại 2 trạm đo thủy văn Xuân Tô và Tri Tôn (Hình 2).

Hình 2: Mạng lưới sông vùng TGLX, các vị trí của điều kiện biên và hiệu chỉnh



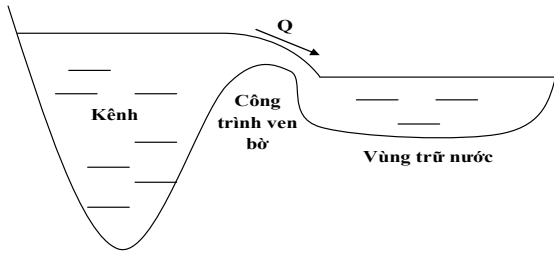
Các số liệu thứ cấp về cao trình bờ, cao trình đáy sông được thu thập để kiểm tra lại số liệu các mặt cắt. Ngoài ra, dữ liệu về hệ thống đê bao năm 2011 cũng được thu thập để xây dựng mô hình bao gồm vị trí, diện tích khu vực có đê bao và cao trình đê bao. Trong nghiên cứu này, tác giả chỉ sử dụng số liệu mặt cắt của năm 2000 để xây dựng mô hình và dựa vào hệ thống đê bao của năm 2011 có hiệu chỉnh cao trình nhằm đảm bảo ngăn lũ triệt để cho kịch bản trong tương lai. Đây chỉ là kịch bản giả định để xem xét sự thay đổi của đặc tính dòng chảy lũ trong điều kiện tất cả các vùng sản xuất lúa ở An Giang đều được bao đê khép kín triệt để.

Bước 2: Xây dựng mạng lưới sông dựa vào số liệu có sẵn của mô hình ISIS-1D từ Ủy ban Sông Mekong (Halcrow Group Limited, 2004). Dữ liệu được chuyển đổi sang ArcGIS dạng bản đồ và tạo mạng lưới sông định dạng HEC-RAS thông qua mô-đun HEC-GeoRAS trong ArcGIS.

Bước 3: Dữ liệu mặt cắt ngang được chuyển đổi bằng cách sao chép dữ liệu hình học từ mô hình ISIS-1D. Đồng thời, phương pháp nội suy mặt cắt ngang cho phép tạo ra các mặt cắt ngang nằm ở khoảng giữa hai mặt cắt ngang ở thượng nguồn và hạ nguồn để bổ sung ở những khu vực cần tính toán. Việc nội suy mặt cắt ngang theo yêu cầu của mô hình toán thủy lực nhằm đảm bảo tính ổn định trong quá trình tính toán.

Bước 4: Xây dựng vùng trữ nước (khu vực nằm ven sông và khi nước từ sông dâng cao hơn bờ thì sẽ chảy tràn vào bên trong nội đồng) và tạo dòng chảy bên. Vùng trữ nước được kết nối với một hay nhiều đoạn sông thông qua công trình ven bờ như đê/bờ kè dọc theo sông/kênh (Hình 3). Diện tích của vùng trữ nước có thể được tính toán trên bản đồ bằng công cụ đo và tính diện tích trên ArcGIS (và HEC-RAS). Cao trình đáy của vùng trữ nước được thiết lập dựa vào DEM của khu vực nghiên cứu. Khi

mực nước trong kênh rút xuống thấp hơn thì nước từ vùng trữ nước tràn trở ra kênh và xảy ra hiện tượng ngược lại, điều này được nhận biết khi lưu lượng có giá trị âm ($Q < 0$). Trong nghiên cứu này, lượng mưa bổ sung vào vùng trữ nước không được đề cập đến do khu vực nghiên cứu là khu vực đồng bằng, lưu lượng bổ sung do mưa rất khó được xác định.



Hình 3: Mô tả sự chảy tràn qua vùng trữ nước khi không có đê bao

Bước 5: Hiệu chỉnh mô hình được thực hiện nhằm điều chỉnh hệ số nhám thủy lực của từng đoạn sông/kênh sao cho giá trị mô phỏng phù hợp với giá trị thực. Sai số giữa giá trị mô phỏng và giá trị thực đo trong bước hiệu chỉnh mô hình được đánh giá theo chỉ số Nash-Sutcliffe (công thức 4) (Nash và Sutcliffe, 1970). Chỉ số Nash-Sutcliffe (R^2) càng gần đến 1 thì mô hình càng chính xác (Hoàng Thái Bình, 2009, Đặng Đình Đức, 2011, và Đinh Nhật Quang, 2011).

$$\text{Chỉ số Nash-Sutcliffe } R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N [Q_{obs,i} - Q_{sim,i}]^2}{\sum_{i=1}^N [Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs}]^2} \quad (4)$$

Trong đó: Q_{sim} : Giá trị mô phỏng; Q_{obs} : Giá trị thực đo; và, \bar{Q}_{obs} : Giá trị thực đo trung bình.

Bước 6: Mô-đun RAS Mapper của HEC-RAS cho phép xây dựng bản đồ ngập lũ dựa trên những số liệu kết quả mô hình kết hợp với DEM của khu vực nghiên cứu theo các kịch bản

khác nhau sau khi mô hình đã được hiệu chỉnh. Các dữ liệu đầu vào cho việc xây dựng bản đồ ngập bao gồm: mạng lưới sông, hệ thống mặt cắt ngang, hệ thống các vùng trữ nước, DEM của khu vực, và cao trình mực nước tại mỗi lát cắt ứng với từng kịch bản. Bản đồ ngập lũ là kết quả tính toán độ sâu ngập đối với khu vực nghiên cứu dựa vào các số liệu ở trên.

2.4 Các kịch bản của mô hình

Các kịch bản của mô hình được đưa ra với mục đích đánh giá ảnh hưởng của lũ năm 2000 lên khu vực nghiên cứu trong điều kiện có và không có đê bao khép kín (Bảng 1). Câu hỏi đặt ra là nếu sự kiện lũ năm 2000 xuất hiện vào năm 2011 hoặc những năm tiếp theo (sau khi hệ thống đê bao khép kín được xây dựng) thì đặc tính thủy lực dòng chảy sẽ thay đổi như thế nào?

Bảng 1: Các kịch bản của mô hình

Kịch bản	Lưu lượng	Mực nước	Hệ thống đê bao
Kịch bản 1	Năm 2000	Năm 2000	Năm 2000
Kịch bản 2	Năm 2000	Năm 2000	Đê bao khép kín

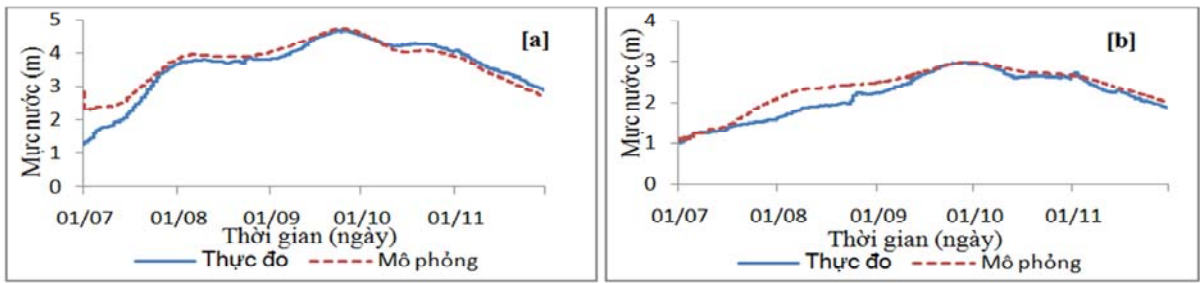
3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Kết quả hiệu chỉnh mô hình

Với hệ số nhám thủy lực của toàn hệ thống sông là 0,029 - nằm trong khoảng cho phép của các sông ở đồng bằng 0,018 - 0,03 (Trần Quốc Đạt *et al.*, 2012) - mô hình sau khi được hiệu chỉnh đã cho kết quả gần giống với giá trị thực đo ngoài thực tế (hệ số Nash-Sutcliffe đạt có giá trị trên 0,8; Bảng 2). Ngoài ra, mô hình có khả năng mô phỏng tốt nhất ở thời gian mực nước lũ lên cao nhất (Hình 4a và b).

Bảng 2: Bảng hệ số Nash-Sutcliffe tại các vị trí hiệu chỉnh

Trạm đo thủy văn	Hệ số Nash-Sutcliffe
Xuân Tô	0,88
Tri Tôn	0,81

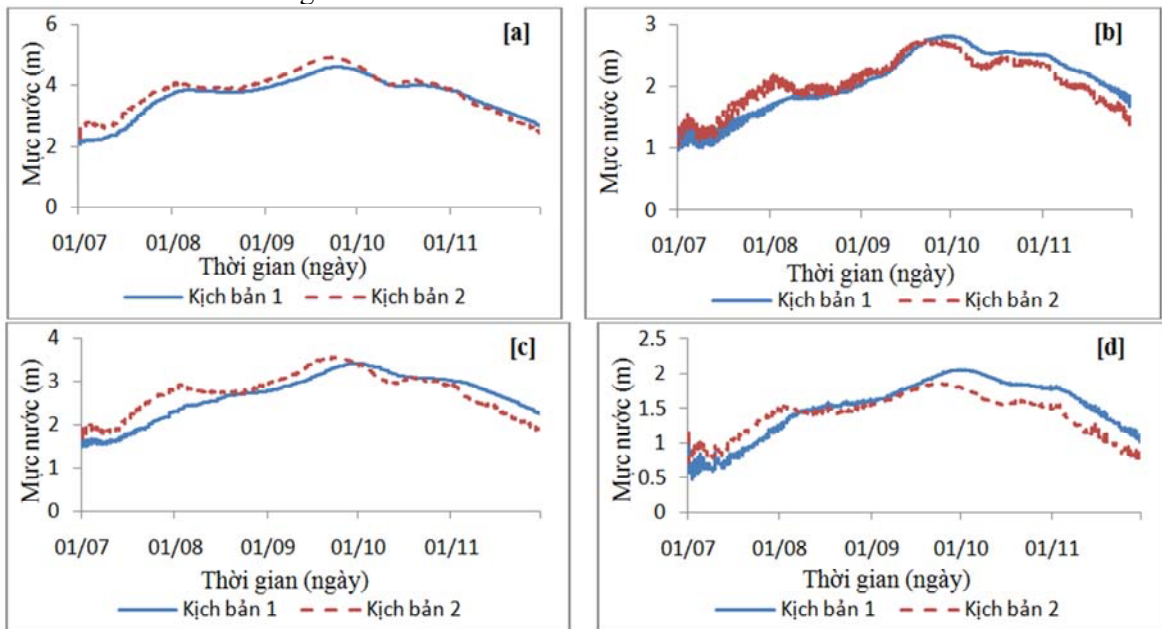


Hình 4: So sánh số liệu thực đo và mô phỏng tại Xuân Tô (a) và Tri Tôn (b)

3.2 Kết quả mô phỏng các kịch bản

Một số vị trí khác nhau trong khu vực được chọn để so sánh mực nước giữa hai KB (Hình 2). Kết quả cho thấy trong giai đoạn đầu thì mực nước lúc có đê bao (KB 2) cao hơn lúc không có đê bao (KB 1). Giai đoạn sau thì xảy ra hiện tượng ngược lại, tức là mực nước lúc có đê bao lại thấp hơn mực nước lúc không có đê bao (Hình 5a, b, c và d). Nguyên nhân của sự thay đổi này là do thời gian đầu, khi có đê bao thì nước chỉ chảy trong kênh nên không gian chứa nước sẽ ít hơn dẫn đến mực nước sẽ cao hơn. Còn đối với lúc không có đê bao thì nước

sẽ chảy tràn qua hai bên nên không gian chứa nước sẽ nhiều hơn dẫn đến mực nước sẽ thấp hơn. Khoảng thời gian sau thì ngược lại, tức là mực nước lúc có đê bao lại thấp hơn do lưu lượng nước ở thượng nguồn giảm dần. Lúc có đê bao thì lưu lượng nước chỉ phụ thuộc vào lưu lượng thượng nguồn, không chịu ảnh hưởng của lưu lượng ở hai bên. Đối với lúc không có đê bao thì ngoài lưu lượng ở thượng nguồn, hệ thống kênh còn tiếp nhận lưu lượng chảy vào từ hai bên (do nước lũ tích tụ ở vùng trữ nước trong quá trình lũ và chảy ngược trở ra kênh).



Hình 5: Thay đổi động thái mực nước tại vị trí 1 (a), 2 (b), 3 (c) và 4 (d)

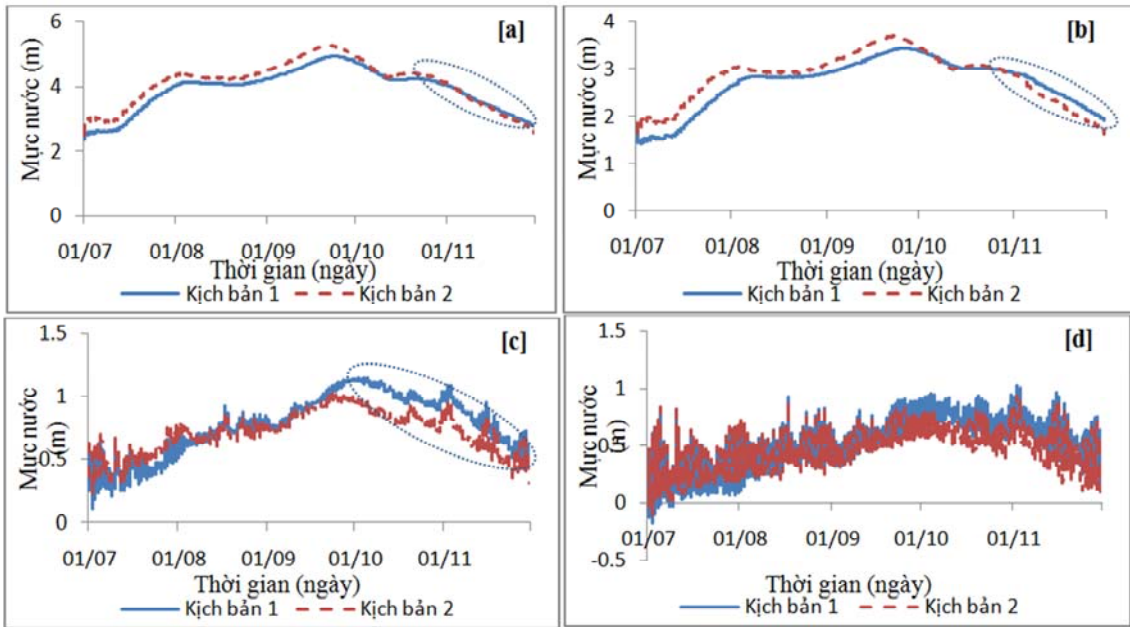
3.3 Ảnh hưởng của mực nước thượng nguồn đối với hạ nguồn

Ở vị trí thượng nguồn của kênh Vĩnh Tế (Hình 6a), lưu lượng chảy vào kênh Vĩnh Tế ở

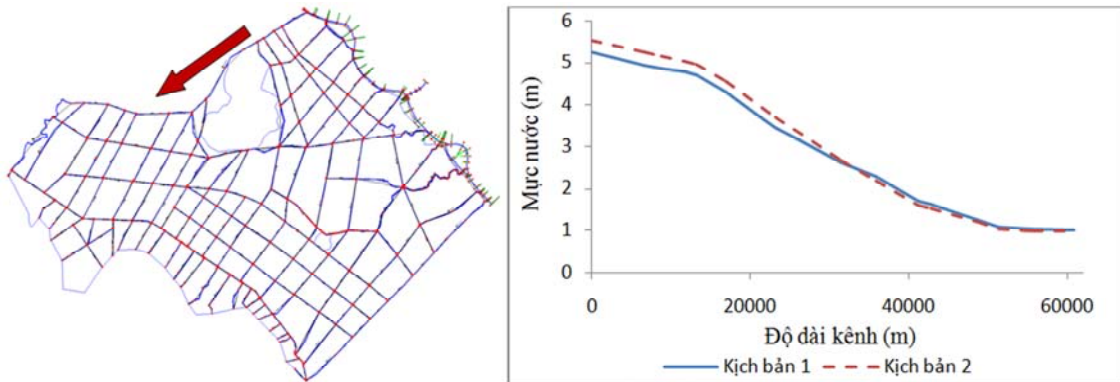
KB 2 lớn hơn KB 1 dẫn đến mực nước cũng tăng cao hơn so với KB 1 trong giai đoạn đầu. Giai đoạn sau, mực nước ở KB 2 lại thấp hơn so với KB 1.

Theo công thức Manning's n (công thức 3) thì ở giai đoạn sau, khi lưu lượng lớn nhưng mực nước không thay đổi nhiều dẫn đến độ dốc của dòng chảy sẽ tăng. Điều này sẽ ảnh hưởng đến mực nước ở hạ nguồn, tức là càng gần về phía hạ nguồn, mực nước ở KB 2 sẽ thấp hơn nhiều so với KB 1 trong giai đoạn sau. Các vị trí ở khoảng giữa (Hình 6b) và hạ nguồn (Hình 6c) của kênh Vĩnh Tế được chọn để so sánh. Có thể thấy rằng, do ảnh hưởng của độ dốc lớn nên

khi càng gần về phía hạ nguồn thì mực nước của KB 2 càng thấp hơn so với KB 1 (Hình 7). Ở các vị trí gần biên dưới thì mực nước giữa hai kịch bản không thay đổi nhiều hoặc hầu như không thay đổi do ảnh hưởng của biên dưới (mực nước) (Hình 6d). Cũng theo công thức Manning's n , khi độ dốc lớn dẫn đến vận tốc dòng chảy sẽ lớn; điều này có thể làm thay đổi địa mạo của dòng sông ở các khu vực hạ nguồn.



Hình 6: Thay đổi động thái mực nước từ thượng nguồn đến hạ nguồn



Hình 7: Sự khác nhau về độ dốc của dòng chảy kênh Vĩnh Tế giữa hai kịch bản

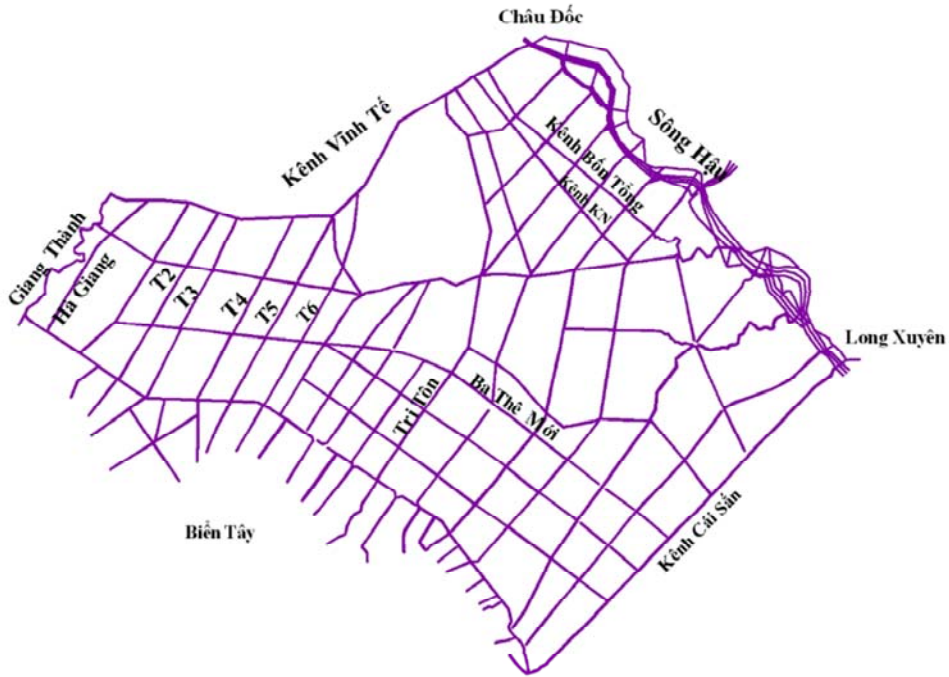
3.4 Động thái dòng chảy

Hướng dòng chảy trong khu vực nghiên cứu rất phức tạp và hướng chủ yếu (theo KB 2) được xác định như sau: (i) Dòng chảy từ thượng nguồn (Châu Đốc) đổ ra hai hướng, ngoài dòng

chảy chính trên sông Hậu đổ về Long Xuyên thì có một phần chảy ra kênh thoát lũ (Vĩnh Tế); (ii) Ở thượng nguồn của kênh Vĩnh Tế thì một phần lưu lượng của kênh này chảy theo chiều dọc theo các kênh cùng hướng với sông Hậu

như kênh Bốn Tổng và kênh KN đổ về hướng hạ nguồn; (iii) Ở hạ nguồn của kênh Vĩnh Tế, lưu lượng được phân bố qua các kênh thoát lũ ra biển Tây của tỉnh Kiên Giang như kênh T2, T3, T4, T5 và T6; (iv) Phần còn lại đổ ra kênh

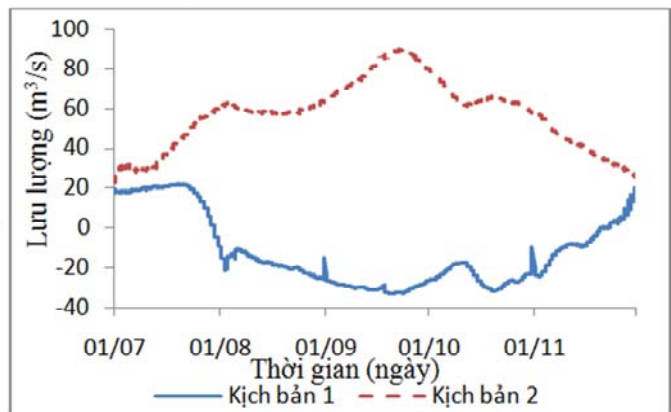
Hà Giang và kênh Giang Thành ra biển; và, (v) Bên cạnh hướng dòng chảy dọc theo kênh Tri Tôn và kênh Cái Sắn đổ ra biển, còn có một hướng lưu lượng chảy ngang cập kênh Ba Thê Mới từ Tây sang Đông (Hình 8).



Hình 8: Hướng dòng chảy của hệ thống sông

Sự thay đổi hướng dòng chảy - Xét tại vị trí ở giữa khu vực chịu ảnh hưởng từ động thái phức tạp của dòng chảy: Lưu lượng thay đổi đáng kể khi xây dựng đê bao ngăn lũ; khi không

có đê bao thì hướng dòng chảy tại vị trí này là hướng từ biển vào đất liền ($Q < 0$), nhưng khi có đê bao thì dòng chảy có hướng ngược lại tức là hướng từ đất liền ra biển ($Q > 0$) (Hình 9).

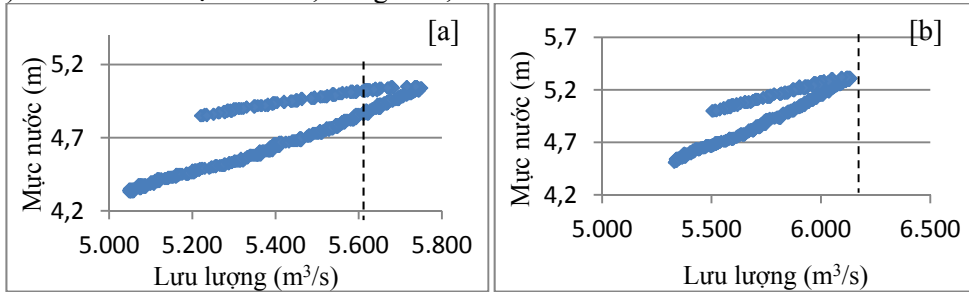


Hình 9: Sự thay đổi hướng dòng chảy khi có đê bao

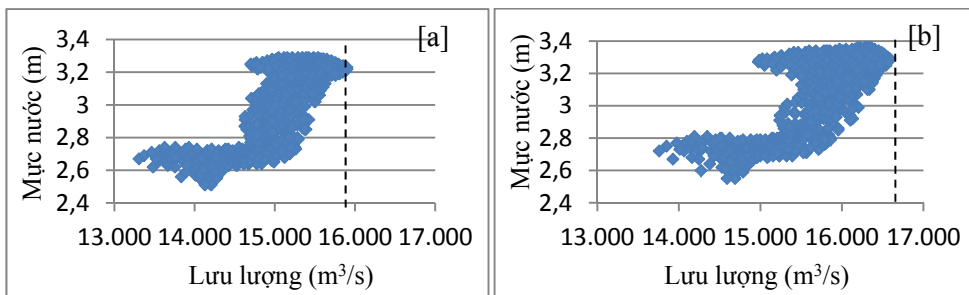
3.5 Ảnh hưởng của đê bao lên đặc tính dòng chảy trên sông chính

Mức nước và lưu lượng trên sông Hậu đối với cả hai kịch bản có mối tương quan với nhau, khi lưu lượng tăng thì mực nước tăng. Đối với kịch bản 2 thì lưu lượng ở cả thượng lưu (vị trí A, Hình 7) và hạ lưu sông Hậu (vị trí B, Hình 7) đều lớn hơn kịch bản 1, đồng thời,

mức nước cũng cao hơn (Hình 10 và 11). Do vậy, khi có đê bao, lưu lượng và mực nước trên dòng chảy sông chính đều cao đáng kể hơn khi chưa có đê bao; điều này có thể gây ra tác động tiêu cực đối với sản xuất nông nghiệp và đời sống người dân ở khu vực phía Bắc của tỉnh An Giang và các tỉnh ở hạ lưu sông Hậu như Cần Thơ.



Hình 10: Mối quan hệ mực nước và lưu lượng của kịch bản 1 [a] và kịch bản 2 [b] (vị trí A, Hình 2)



Hình 11: Mối quan hệ mực nước và lưu lượng của kịch bản 1 [a] và kịch bản 2 [b] (vị trí B, Hình 2)

4 KẾT LUẬN

Mô hình HEC-RAS mô phỏng dòng chảy thủy lực một chiều cho hệ thống sông vùng TGLX đã được xây dựng nhằm xác định đặc tính dòng chảy trong mùa lũ trong điều kiện có và không có đê bao ngăn lũ. Các đặc tính thủy lực và động thái dòng chảy của mô hình được tìm hiểu chi tiết hơn so với mô hình thủy lực của toàn ĐBSCL. Kết quả của đề tài nhằm mục đích thể hiện sự ảnh hưởng của đê bao lên động thái dòng chảy ở khu vực nghiên cứu. Mô hình được xây dựng có thể cung cấp công cụ hỗ trợ đáng tin cậy cho các nhà quản lý nhằm phục vụ công tác ra quyết định có liên quan đến qui hoạch thủy lợi và qui hoạch sử dụng đất đai nông nghiệp ở những vùng có liên quan trực tiếp (An Giang và Kiên Giang) và những vùng bị tác động (Cần Thơ).

Khi phân tích sự ảnh hưởng của đê bao lên khu vực nghiên cứu thì mực nước lúc có đê bao sẽ cao hơn lúc chưa có đê bao, đặc biệt là trên dòng chính. Đối với KB 2 (có đê bao) thì độ dốc của dòng chảy ở các đoạn kênh sẽ lớn hơn KB 1 (không có đê bao). Theo công thức Manning's n thì khi mực nước nhỏ, lưu lượng lớn sẽ dẫn đến vận tốc dòng chảy tăng. Điều này có thể gây ra sự thay đổi địa mạo lòng sông. Ngoài ra, khi có đê bao thì lưu lượng và mực nước trên dòng chảy chính (sông Hậu) sẽ cao hơn lúc chưa có đê bao; điều này có thể gây tác động tiêu cực đến sản xuất nông nghiệp và đời sống người dân khu vực phía Bắc tỉnh An Giang và vùng hạ lưu sông Hậu.

Trong nghiên cứu này, việc kiểm định mô hình chưa được thực hiện (do hạn chế về số liệu sẵn có); do vậy, số liệu về thủy lực dòng chảy

mùa lũ ở những năm về sau cần được thu thập để đảm bảo tính chính xác của mô hình (được kiểm định). Ngoài ra, nghiên cứu này chỉ đi sâu vào đặc tính thủy lực mà chưa nghiên cứu sự thay đổi địa mạo của lòng sông và xói lở bờ sông. Bên cạnh đó, vấn đề nghiên cứu thực nghiệm ngoài thực địa cũng cần được quan tâm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Dinh Nhat Quang, 2011. Flood risk analysis under climate change scenarios in Long Xuyen Quadrangle region of the Mekong Delta in Vietnam. Master of Science Thesis. UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, the Netherlands, 70.
2. Đặng Đình Đức, Trần Ngọc Anh, Nguyễn Ý Như và 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
3. 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 Commission, Phnom Penh, Cambodia.
4. HEC, 2010. HEC-RAS Hydraulic Reference Manual available at www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/hec-georas.html.
5. Hoàng Thái Bình, 2009. Luận văn thạc sĩ khoa học “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: 74.
6. J. K. Smith, E. J. Chacón-Moreno, R. H. G. Jongman, Ph. Wenting and J. H. Loedeman, 2006. Effect of dyke construction on water dynamics in the flooding savannahs of Venezuela. Earth Surface Processes and Landforms, British Society for Geomorphology, 31: 81-96.
7. Le Thi Viet Hoa, Nguyen Huu Nhan, et al., 2007. "The combined impact on the flooding in Vietnam's Mekong River delta of local man-made structures, sea level rise, and dams upstream in the river catchment." Estuarine, Coastal and Shelf Science 71(1-2): 110-116.
8. MRC, 2007. Structural Measures and Flood Proofing. Flood Management and Mitigation Programme.
9. Nash, J. E. and J. V. Sutcliffe, 1970. River flow forecasting through conceptual models part I - A discussion of principles, Journal of Hydrology, 10 (3), 282-290.
10. Nguyen Viet Dung, 2010. Flood modeling in the Mekong Delta at different scales. Potsdam, GeoForschungsZentrum.
11. Trần Quốc Đạt, Nguyễn Hiếu Trung và Kanchit Likitdecharote, 2012. Mô phỏng xâm nhập mặn Đồng bằng sông Cửu Long dưới tác động của mực nước biển dâng và sự suy giảm lưu lượng ở thượng nguồn. Tạp chí khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 2b: 141-150.
12. Van, P.D.T, 2009. Hydraulic modelling and flood inundation mapping in a bedrock-confined anabranching network: The Mekong River in the Siphandone wetlands, Laos. Unpublished PhD thesis submitted to the Faculty of Engineering, Science and Mathematics, University of Southampton, England.
13. Van, P.D.T., I. Popescu, A. van Grienvan, D. Solomatine, N.H. Trung and A. Green, 2012. A study of the climate change impacts on fluvial flood propagation in the Vietnamese Mekong Delta. Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss., 9, 7227 - 7270, doi: 10.5194/hessd-9-7227-2012.
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 Change 66: 89-107.