



Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ
website: sj.ctu.edu.vn



ỨNG DỤNG MÔ HÌNH THỦY LỰC HAI CHIỀU MÔ PHỎNG ĐẶC TÍNH THỦY LỰC VÀ TÍNH TOÁN BỒI XÓI Ở VÙNG CỬA SÔNG ĐỊNH AN

Nguyễn Phương Tân¹, Văn Phạm Đăng Trí² và Võ Quốc Thành¹

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

Thông tin chung:

Ngày nhận: 22/10/2013

Ngày chấp nhận: 28/04/2014

Title:

The application of a two-dimensional hydraulic model to simulate the hydraulic properties and deposition and erosion patterns in the Dinh An estuary

Từ khóa:

Bồi lắng, xói lở, cửa sông, mô hình thủy lực hai chiều (CCHE2D), Đồng bằng sông Cửu Long

Keywords:

Deposition, erosion, river mouth, two-dimensional hydraulic model (CCHE2D), and Vietnamese Mekong Delta

ABSTRACT

In the recent years, estuary deposition and erosion due to hydrodynamics changes are amongst the major problems of the Dinh An estuary, one of the two river mouths of the Hau River in the Vietnamese Mekong Delta. Such natural phenomena are projected to be even greater in terms of magnitude and unpredictable in terms of time and space due to (i) the construction and operation of hydropower dams in the upstream section of the Mekong River, leading to changes of flow regime and sedimentation patterns along the river; (ii) on-going and planned hydraulic construction projects to meet different water requirements for agricultural land uses along the Mekong Basin, especially in the delta; and (iii) tidal regime changes in the East Sea. In this study, a two-dimensional hydraulic model (CCHE2D) is used to study the hydrodynamics, deposition and erosion patterns in the Dinh An estuary. The hydraulic component of the model is calibrated and validated based on the flows measured in August 2012. The sediment transport component is applied based on the calculated hydraulic properties and referenced sediment data (including suspended sediment concentration and transport sediment rate). The results obtained from this study set a stage for subsequent studies to understand the morphological changes of the river mouths in the Mekong Delta.

TÓM TẮT

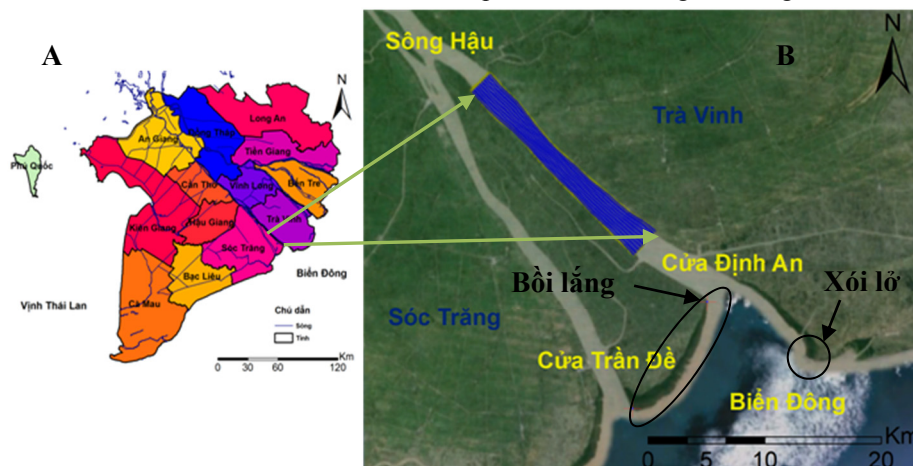
Trong những năm gần đây, bồi lắng và xói lở là những vấn đề chính cần được quan tâm ở cửa sông Định An, một trong hai cửa sông của sông Hậu ở Đồng bằng sông Cửu Long. Quá trình tự nhiên này được dự báo sẽ nghiêm trọng hơn và khó có thể dự đoán được trong tương lai do: (i) quá trình xây dựng và vận hành các đập thủy điện ở thượng nguồn sông Mekong, dẫn đến thay đổi của chế độ dòng chảy và vận chuyển bùn cát dọc dòng sông; (ii) các công trình thủy lợi đang được xây dựng và quy hoạch để phục vụ sản xuất nông nghiệp trên toàn lưu vực sông Mekong, đặc biệt là ở vùng đồng bằng; và, (iii) thay đổi của động thái thủy triều biển Đông. Trong nghiên cứu này, mô hình thủy lực hai chiều (CCHE2D) được sử dụng để xác định động thái dòng chảy, bồi lắng và xói lở ở cửa sông Định An. Thành phần thủy lực của mô hình được hiệu chỉnh và kiểm định dựa trên số liệu đo đạc vào tháng 8 năm 2012; thành phần vận chuyển bùn cát của mô hình được tính toán dựa vào các đặc tính thủy lực và số liệu bùn cát tham khảo từ các bài báo (bao gồm: nồng độ bùn cát lơ lửng và vận chuyển bùn cát đáy sông). Kết quả thu được từ nghiên cứu này sẽ tạo tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo để tính toán sự thay đổi địa mạo đáy sông cho các hệ thống cửa sông ở Đồng bằng sông Cửu Long.

1 GIỚI THIỆU

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) (Hình 1A) là vùng hạ lưu cuối cùng của sông Mekong trước khi đổ ra biển Đông. ĐBSCL được xem là vùng canh tác nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản lớn nhất Việt Nam và là khu vực quan trọng đóng góp (hơn 50% sản lượng lương thực và khoảng 70% sản lượng thủy sản) cho sự phát triển kinh tế - xã hội chung của Việt Nam (Trịnh Công Văn, 2009).

Sông Hậu là một trong hai phân lưu của sông Mekong. Trước khi đổ ra biển Đông, sông Hậu chia thành hai nhánh: Định An và Trần Đề (Hình 1B). Cửa sông Định An là một trong hai cửa sông giữ vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế - xã hội ở vùng bán đảo Cà Mau (Hoa Mạnh Hùng *et al.*, 2008). Tuy nhiên, trong những năm gần đây vùng cửa sông Định An thường xuyên xảy ra quá trình bồi lắng, xói lở, và xâm nhập mặn (Bùi Hồng Long & Tống Phước Hoàng Sơn, 2003; Hoa Mạnh Hùng *et al.*, 2008). Theo kết quả nghiên cứu từ ảnh

vệ tinh từ năm 1989 – 2001, cửa Định An xói lở khoảng 4.5 m/năm và bồi lắng khoảng 9.5 m/năm (Hình 1B) (Nguyễn Việt Thanh *et al.*, 2011). Trong tương lai gần, sự gia tăng các hoạt động phát triển ở các nước thượng nguồn (ví dụ: việc gia tăng lấy nước phục vụ cho nông nghiệp ở vùng Đông Bắc Thái Lan, dự kiến xây dựng các đập trên dòng chính sông Mekong thuộc Lào và Campuchia) được dự báo sẽ làm thay đổi đáng kể chế độ dòng chảy trên hệ thống các nhánh sông ở ĐBSCL. Bên cạnh đó, do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu toàn cầu nên nước biển có thể dâng lên thêm khoảng 23-27 cm vào năm 2050 theo kịch bản trung bình (B2) (Bảng 1) (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2012). Chính vì thế, việc tìm hiểu động thái dòng chảy và xác định xu hướng bồi lắng, xói lở là căn cứ quan trọng để đánh giá tính ổn định của hệ thống sông cũng như góp phần giải thích động thái nguồn tài nguyên nước mặt trên hệ thống dòng sông (dưới tác động của sự thay đổi của dòng chảy thượng nguồn và động thái thủy triều) nhằm đảm bảo sự phát triển bền vững của vùng.



Hình 1: Vùng nghiên cứu - đoạn cửa sông Định An (cách cửa biển khoảng 7 km)

Bảng 1: Mực nước biển dâng (cm) ở các kịch bản (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2012)

Kịch bản	Các mốc thời gian của thế kỷ 21								
	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Thấp (B1)	8-9	11-13	17-19	22-26	28-34	34-42	40-50	46-59	51-66
Trung bình (B2)	8-9	12-14	17-20	23-27	30-35	37-44	44-54	51-64	59-75
Cao (A1FI)	8-9	13-14	19-21	26-30	35-41	45-53	56-68	68-83	85-105

Ngày nay, với sự tiến bộ của khoa học máy tính cùng với sự phát triển của kỹ thuật tính toán hiện đại, các mô hình toán thủy lực một chiều (1D) đã được xây dựng và ứng dụng khá nhiều trong việc tìm hiểu động thái thủy lực dòng chảy ở ĐBSCL (Trần Quốc Đạt *et al.*, 2012; Văn Phạm Đăng Trí *et al.*, 2013). Các mô hình thủy lực 1D hiện nay chỉ

dừng lại ở mức độ tính toán giá trị thủy lực trung bình ở từng mặt cắt được đưa vào tính toán trong mô hình nhưng không xét đến dòng chảy ngang như trong mô hình thủy lực hai chiều (2D) và ba chiều (3D) vì thế chưa phản ánh đầy đủ bản chất động thái thủy lực dòng chảy. Hơn nữa, hệ số nhám thủy lực được áp dụng trong mô hình thủy lực 1D (thường) không thay đổi trên một mặt cắt

(hoặc cả đoạn sông mô phỏng) nhưng trên thực tế thì hệ số nhám thủy lực thay đổi trên từng phân đoạn của mặt cắt ngang và dọc (theo chiều dòng chảy) (Nguyễn Cảnh Cầm *et al.*, 2007; Wilson & Atkinson, 2007). Do đó, việc xác định động thái thủy lực dòng chảy và sự thay đổi hình thái lòng sông là quá trình phức tạp trong hệ thống sông/kênh tự nhiên và cần có sự hỗ trợ của các mô hình toán thích hợp (Wu, 2007).

Mô hình thủy lực 2D và 3D mô phỏng chi tiết hơn về sự thay đổi động thái thủy lực dòng chảy cũng như có thể đánh giá sự thay đổi hình thái của một đoạn sông (Wu, 2007). Tuy nhiên, do hạn chế của các số liệu được thu thập theo chiều thẳng đứng (từ mặt nước xuống đáy sông), mô hình thủy lực 2D thường được chấp nhận trong nghiên cứu (thay vì sử dụng mô hình thủy lực 3D) (Jia & Wang, 1999). Do vậy, việc ứng dụng mô hình thủy lực 2D nhằm xác định động thái thủy lực dòng chảy, xu hướng bồi lắng và xói lở ở vùng cửa sông ở ĐBSCL là cần thiết, đặc biệt là trong bối cảnh có sự thay đổi đáng kể của điều kiện thủy văn tự nhiên, tình hình phát triển ở thượng nguồn lưu vực sông Mekong và nước biển dâng. Hiện nay, một số mô hình thủy lực có khả năng tính toán mô phỏng

vận chuyển bùn cát và dự báo sự thay đổi hình thái sông như: CCHE2D, Delft2D-River, MIKE21C, TABS-MD và TELEMAC.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Khảo sát thực địa

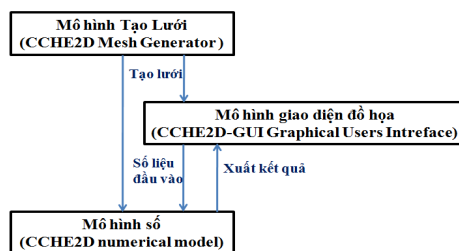
Thiết bị đo đạc đáy sông kỹ thuật số ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), thiết bị cảm ứng (sensor) và hệ thống định vị toàn cầu (Global Position System - GPS) được sử dụng trong chuyến đi thực địa từ ngày 23/8/2012 đến ngày 31/8/2012. Thiết bị ADCP được dùng để đo đạc cắt lớp dòng chảy bằng sóng hồi âm theo hiệu ứng Doppler. Thiết bị này được gắn phía bên ngoài thân tàu (Hình 2A) và được kết nối với máy tính để ghi nhận lại giá trị lưu lượng và cao trình cột nước tại các mặt cắt, cũng như vận tốc dòng chảy. Thiết bị cảm ứng (sensor) dùng để đo giá trị mực nước đầu vào và giá trị mực nước dùng để kiểm định mô hình. GPS được dùng để xác định vị trí tại điểm đo đạc và điểm xói lở bờ (Hình 2B). Dữ liệu đo đạc từ ADCP sẽ được xử lý từ phần mềm Winriver II với kết quả có được bao gồm lưu lượng, độ sâu, và vận tốc dòng chảy cho từng mặt cắt (Teledyne RD Instrument, 2007).



Hình 2: Tàu khảo sát và các thiết bị đo đạc (A); xác định vị trí xói lở ở gần cửa sông (B)

2.2 Mô hình thủy lực 2 chiều CCHE2D

Mô hình thủy lực CCHE2D (có khả năng mô phỏng đặc tính thủy động lực học hai chiều (Langendoen, 2001)) được sử dụng trong nghiên cứu này. Mô hình này được trường đại học công nghệ Mississippi phát triển nhằm mô phỏng quá trình truyền thủy lực, chất lượng nước, vận chuyển bùn cát và biến động lòng dẫn. Mô hình gồm 3 hợp phần (module) chính sau (Hình 3):



Hình 3: Thành phần của mô hình CCHE2D

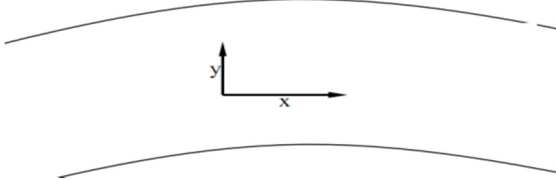
- Mô hình tạo lưới (CCHE2D Mesh Generator): tạo lưới giá trị trên hệ tọa độ cong.
- Mô hình số (CCHE2D Numerical model): tính toán quá trình thủy lực.
- Mô hình giao diện đồ họa (CCHE2D- GUI Graphical Users Intreface): nhập các thông số mô

Phương trình động lượng theo phương x (Hình 4) (PT2):

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{1}{h} \left(\frac{\partial(h\tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(h\tau_{xy})}{\partial y} \right) - \frac{\tau_{bx}}{\rho h} + f_{Cor} v \quad (PT2)$$

Phương trình động lượng theo phương y (Hình 4) (PT3):

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{1}{h} \left(\frac{\partial(h\tau_{yx})}{\partial x} + \frac{\partial(h\tau_{yy})}{\partial y} \right) - \frac{\tau_{by}}{\rho h} + f_{Cor} u \quad (PT3)$$



Hình 4: Hướng dòng chảy theo hai phương x, y

Mô hình CCHE2D tính toán vận chuyển bùn cát trong hai lớp: lớp bùn cát phía trên (lớp mặt) và

hình và số liệu đo đạc.

Cao độ mực nước tự do được tính toán bởi phương trình liên tục (PT1):

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (PT1)$$

lớp bùn cát đáy phía dưới; trong đó, dòng bùn cát trên chiếm hầu như toàn bộ độ sâu dòng chảy h và dòng bùn cát nằm ở lớp đáy có bề dày khá nhỏ.

Trong đó η : cao độ mực nước (m); t: thời gian (s); h: độ sâu cột nước (m); u,v : vận tốc trung bình theo hai phương x và y (m/s); fr: hệ số ma sát đáy; fCor: thông số Coriolis; τ_{xx} , τ_{xy} , τ_{yx} , τ_{yy} : ứng suất Reynolds (N/m²); và τ_{bx} , τ_{by} : ứng suất tiếp tuyến đáy (N/m²).

Phương trình truyền tải bùn cát lơ lửng có dạng sau (PT5):

$$\frac{\partial}{\partial y} [(h - \delta)C_k] + \frac{\partial}{\partial x} [U(h - \delta)C_k] + \frac{\partial}{\partial y} [V(h - \delta)C_k] = \frac{\partial}{\partial x} \left[\varepsilon_s (h - \delta) \frac{\partial C_k}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\varepsilon_s (h - \delta) \frac{\partial C_k}{\partial y} \right] + \frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} + E_{bk} - D_{bk} \quad (PT5)$$

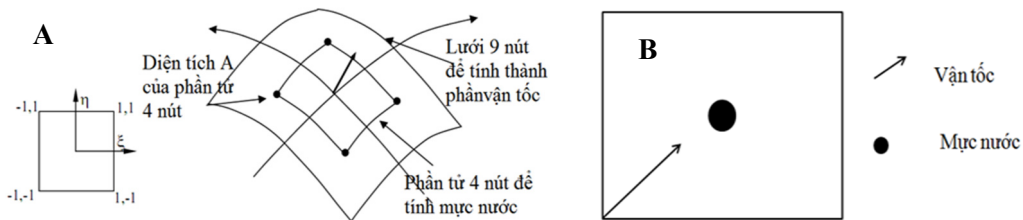
Phương trình liên tục vật chất đáy (PT6):

$$(1 - p') \frac{\partial Z_{bk}}{\partial t} + \frac{\partial(\delta \bar{C}_{bk})}{\partial t} + \frac{\partial q_{bkx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{bky}}{\partial y} = E_{bk} - D_{bk} \quad (PT6)$$

Trong đó: C_k : nồng độ bùn cát (kg/m³); u,v: vận tốc trung bình theo hai phương x và y (m/s); ε_s : hệ số khuếch tán rối của bùn cát (m²/s); δ : bề dày lớp bùn cát đáy (m); D_{bk} : lượng trầm tích bồi lắng; E_{bk} : lượng trầm tích xói lở; p' : độ rỗng (%); \bar{C}_{bk} : nồng độ trung bình của bùn cát tại đáy (kg/m³); và, q_{bkx}, q_{bky} : thành phần chuyển tải bùn cát theo phương x, y (kg/s/m) (Wu, 2001).

2.3 Phương pháp giải các phương trình trong mô hình CCHE2D

Các phương trình trên được giải bằng phương pháp phần tử hữu hiệu (Efficient Element Method); đây là phương pháp phần tử hữu hạn đặc biệt, và hệ phương trình được giải trong hệ tọa độ cong (ξ, η), ứng với lưới cong tính toán của miền thực.



Hình 5: Lưới cong xen kẽ trong tính toán u, v, z (A); vị trí tính toán thành phần vận tốc và mực nước trong lưới tính (B)

Trong lưới cong miền tính, các thành phần vận tốc được giải từ phương trình động lượng bằng phương pháp sai phân hữu hạn sơ đồ ẩn 9 nút theo không gian và mực nước được giải từ phương trình liên tục trên phần tử liên kết 4 điểm (Hình A). Trong lưới cong tính toán, thành phần vận tốc được bố trí tại nút lưới và mực nước được bố trí tại tâm ô lưới (Hình B).

2.4 Thành lập mô hình

Lưới tính: lưới tính được tạo thành bao gồm 9.000 nút (node) phân bố dọc miền lưới tính (bao gồm: 30 ô dọc theo hướng dòng chảy và 300 ô vuông góc với hướng dòng chảy).

Cao độ đáy: phương pháp nội suy tam giác (Triangulation interpolation) được áp dụng trong nghiên cứu vì cao trình đáy sông nội suy được xác định gần với giá trị thực đo.

Điều kiện biên tính toán thủy lực: biên trên là chuỗi giá trị lưu lượng (Q) thực đo và biên dưới là chuỗi giá trị mực nước (Z) thực đo (trong khoảng thời gian từ 9 giờ ngày 30/8/2012 đến 3 giờ ngày 31/8/2012).

Điều kiện biên tính toán bồi lắng và xói lở tại biên đầu vào:

Nồng độ bùn cát được gán là 0.25 kg/m³ và thành phần các hạt bùn cát lơ lửng được xác định như trong Bảng 2 (Wolanski *et al.*, 1996);

Bùn cát vận chuyển đáy là 0.034 kg/m/s và

phần các hạt bùn cát đáy sông được xác định như trong Bảng 3 (Albers & Lieberman, 2011; Nguyễn Việt Thanh *et al.*, 2011; Wolanski *et al.*, 1996); và

Thành phần mẫu bùn cát và độ rỗng được xác định như Bảng 4 (Rijn, 1993; Zou Xue *et al.*, 2010).

Bước thời gian: Bước thời gian được chọn trong tính toán là 60 giây, thiết lập thời gian xuất kết quả tại điểm quan sát là 1 giờ để so sánh với kết quả thực đo tại điểm quan sát.

Bảng 2: Thành phần bùn cát lơ lửng

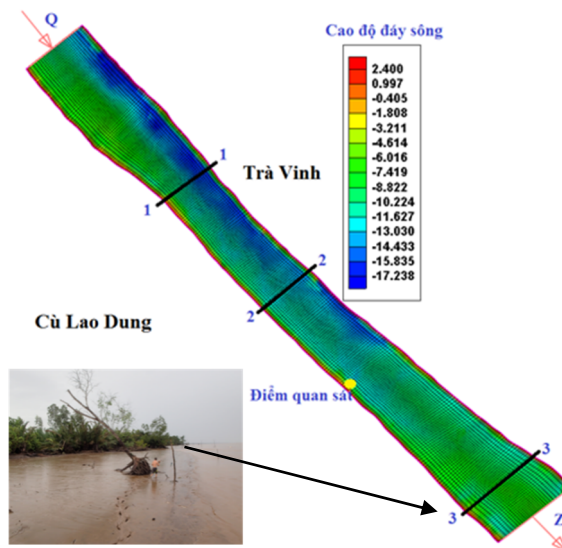
Kích Thước (mm)	Thành phần phần trăm (%)
0.00100	25
0.00425	75
0.12500	0

Bảng 3: Thành phần bùn cát đáy sông

Kích Thước (mm)	Thành phần phần trăm (%)
0.00100	0
0.00425	0
0.12500	100

Bảng 4: Thành phần mẫu bùn cát

Kích thước (mm)	Thành phần phần trăm (%)	Độ rỗng
0.00100	24.03	0.8
0.00425	48.26	
0.12500	27.71	



Hình 6: Lưới, biên, cao độ đáy sông, mặt cắt

2.5 Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Tính toán thủy lực: mô hình được hiệu chỉnh bằng cách thay đổi hệ số nhám thủy lực Manning's n dựa vào độ sâu cột nước. Hệ số nhám thủy lực của sông/kênh tự nhiên trên nền phù sa ở vùng đồng bằng được xác định nằm trong khoảng 0.02-0.05 (Chow, 1959). Dựa vào khoảng giá trị này, hệ số nhám thủy lực được thay đổi thông qua phương pháp thử sai (Phạm Thế Bảo, 2009) cho đến khi tìm ra hệ số nhám thích hợp cho quá trình mô phỏng (giá trị mô phỏng gần bằng giá trị thực đo). Hệ số nhám thủy lực được tính phương pháp giảm dần theo chiều sâu cột nước (Picado *et al.*, 2010); trong đó, (i) tại nút lưới có độ sâu cột nước nhỏ nhất (h_{min}) sẽ có hệ số nhám thủy lực lớn nhất (n_{max}); (ii) tại nút lưới có độ sâu cột nước lớn nhất (h_{max}) sẽ có hệ số nhám thủy lực nhỏ nhất (n_{min}); và, (iii) các vị trí khác hệ số nhám thủy lực sẽ thay đổi tuyến tính từng bước (Wendt, 2008) theo cột nước trong giới hạn [n_{min} tới n_{max}] (PT 7).

$$n_i = n_{min} + (n_{max} - n_{min}) \left(\frac{h_i - h_{max}}{h_{min} - h_{max}} \right) \quad (PT7)$$

Trong đó: n_i : hệ số nhám thủy lực tại nút i ($s/m^{1/3}$); n_{min} , n_{max} : hệ số nhám thủy lực lớn nhất và nhỏ nhất ($s/m^{1/3}$); (h_{min}) và (h_{max}): độ sâu cột nước lớn nhất và nhỏ nhất (m); và, h_i : độ sâu cột nước tại nút thứ i (m).

Sau khi hiệu chỉnh, mô hình được kiểm định bằng giá trị mực nước đo đạc từ 9 giờ 30 phút ngày 30/8/2012 đến 3 giờ 30 phút ngày 31/8/2012. Phương pháp kiểm định này dựa trên nền tảng của việc ứng dụng mô hình kiểm định nội tại (*internal validation*) (Shading *et al.*, 2002).

Tính toán xói lở: trong mô hình bồi xói ở cửa sông Định An, 3 hệ số cần quan tâm bao gồm: hệ số phù hợp của bùn cát lơ lửng α , độ rỗng của mẫu bùn cát p' và chiều dài lưới tính phù hợp của bùn cát đáy sông L_s ; trong đó, chiều dài lưới tính được tính như sau (PT8) (Qamar & Baig, 2012):

$$L_s = 3d_{50}D_*^{0.6}T^{0.9} = 32.644 \text{ (m)} \quad (PT8)$$

Trong đó:

$$D_* = d_{50} \left[\frac{(\rho_s - \rho)g}{\rho v^2} \right]^{1/3} = 3,110.804$$

$$T = \frac{\tau_b}{\tau_c} = \frac{0.05\rho g d_{50}}{0.047 * (\gamma_s - \gamma)d_{50}} = 0.671$$

Trong đó: L_s : chiều dài ô lưới tính phù hợp (m); d_{50} : kích thước trung bình của hạt bùn cát đáy sông (mm); ρ_s : tỷ trọng của bùn cát (kg/m^3); ρ : tỷ trọng của nước (kg/m^3); γ_s : trọng lượng riêng của bùn cát (N/m^3); và, γ : trọng lượng riêng của nước (N/m^3).

Wu và Li (1992) đề nghị rằng hệ số phù hợp của bùn cát lơ lửng: $\alpha=1$ cho trường hợp xói lở mạnh; $\alpha=0.25$ cho trường hợp lắng động mạnh; và, $\alpha=0.5$ cho trường hợp bồi lắng và xói lở yếu. Do khu vực hạ lưu sông Hậu thường xảy ra quá trình bồi lắng (Nguyễn Văn Lập *et al.*, 2000; Zuo Xue *et al.*, 2012) nên hệ số $\alpha=0.25$ được lựa chọn để tính toán quá trình bồi lắng và xói lở.

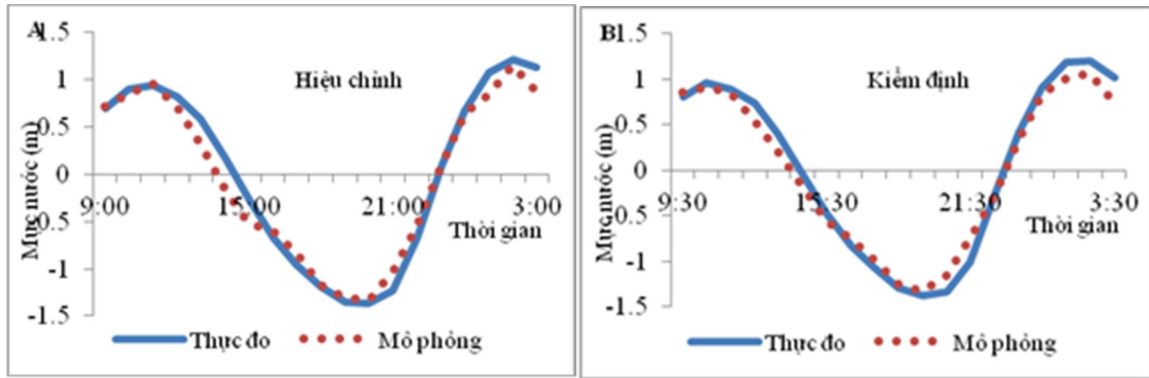
Theo nghiên cứu của Xue *et al.* (2010) bùn cát lơ lửng ở cửa sông Định An có độ rỗng cao và thành phần bùn cát chủ yếu là sét, bùn và cát. Sự bồi lắng của các thành phần bùn cát trên có độ rỗng khoảng 0.8 (Rijn, 1993); do đó, trong mô hình này, giá trị độ rỗng (bằng) 0.8 được áp dụng.

Trong điều kiện giới hạn về số liệu để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình, bên cạnh việc so sánh giữa số liệu mực nước mô phỏng và mực nước thực đo để kiểm chứng tính phù hợp của mô hình về khía cạnh thủy lực, kết quả mô phỏng bồi / xói bờ sông của mô hình còn dựa vào điều kiện khảo sát thực tế ngoài đồng.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Kết quả tính toán thủy lực

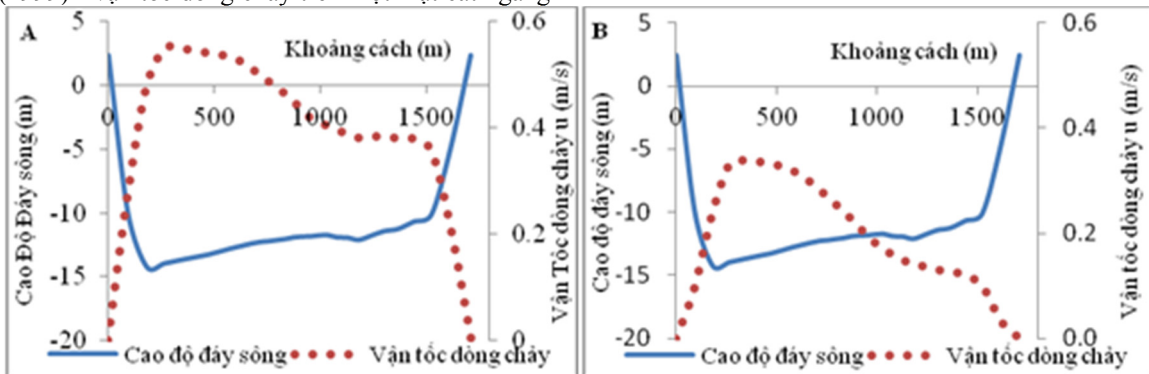
Mô hình được hiệu chỉnh thông qua việc thay đổi hệ số nhám thủy lực Manning's n ; với hệ số nhám thủy lực nằm trong khoảng 0.018-0.030 ($s/m^{1/3}$), kết quả mực nước mô phỏng tại điểm quan sát phù hợp với kết quả thực đo (Hình 7 A) (hệ số Nash Sutcliffe $NS = 0.97$). Ngoài ra, hệ số nhám được áp dụng trong mô hình phù hợp với hệ số nhám trong nghiên cứu trước đây của Trần Quốc Đạt, *et al.* (2012) và Lâm Mỹ Phụng *et al.* (2013). Bên cạnh đó, mô hình cũng đã được kiểm định (Hình 7 B) (hệ số Nash Sutcliffe $NS=0.98$); điều này cho thấy mô hình có thể được sử dụng để mô phỏng động thái thủy lực dòng chảy trên nhánh sông nghiên cứu.



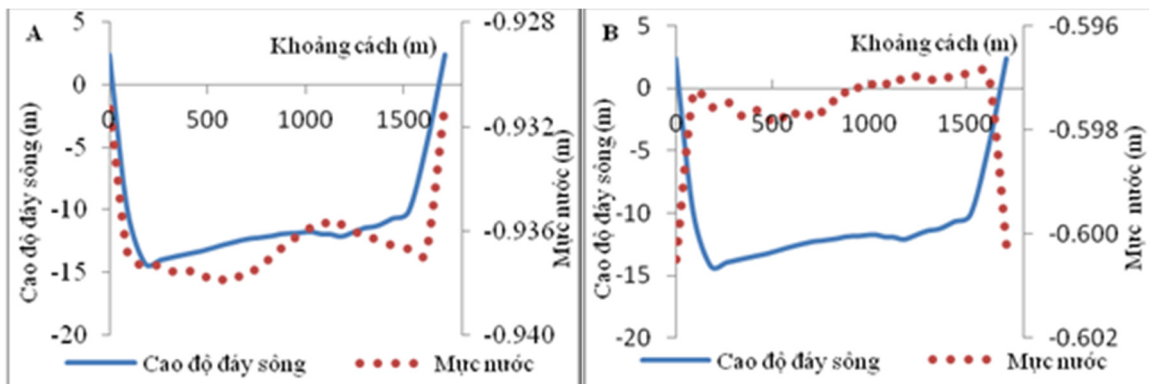
Hình 7: Mực nước thực đo và mô phỏng tại điểm quan sát

Vận tốc dòng chảy tại mặt cắt 2 (Hình 6) đạt giá trị lớn nhất tại thời điểm 18 giờ (Hình 8 A) và đạt giá trị nhỏ nhất tại thời điểm 22 giờ (Hình 8 B); kết quả này phù hợp nghiên cứu của Lane et al. (1999) - vận tốc dòng chảy trên một mặt cắt ngang

tăng dần theo độ sâu. Ngoài ra, do đoạn sông nghiên cứu tương đối thẳng nên mực nước trên từng phân đoạn của một mặt cắt không có sự chênh lệch đáng kể (Hình 9).



Hình 8: Vận tốc dòng chảy tại mặt cắt 2 tại thời điểm 18 giờ (A) và 20 giờ (B)



Hình 9: Mực nước tại mặt cắt 2 tại thời điểm 18 giờ (A) và 20 giờ (B)

3.2 Kết quả tính toán bồi lắng và xói lở

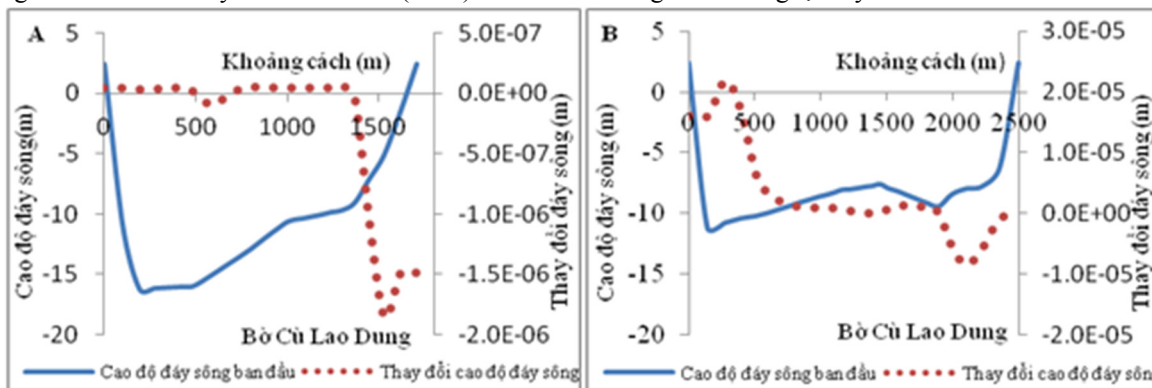
Kết quả tính toán bồi lắng và xói lở tại mặt cắt 1 (Hình 6) cho thấy sau thời gian mô phỏng có sự xói lở bờ Cù Lao Dung cụ thể là 1.9×10^{-6} m (Hình 10 A), xói lở ở bờ Cù Lao Dung tại mặt cắt 3

là 8.5×10^{-6} m (Hình 10 B), và bồi lắng ở bờ Trà Vinh là 2.1×10^{-5} m (Hình 10 B).

Sự xói lở bờ trái tại hai vị trí (mặt cắt 1 và 3) phù hợp với vị trí xác định xói lở bờ trong chuyến khảo sát thực địa (Hình 2 B). Xu hướng bồi lắng

gần cửa sông tại mặt cắt số 3 phù hợp với kết quả nghiên cứu trước đây của Xue et al. (2012) về bùn

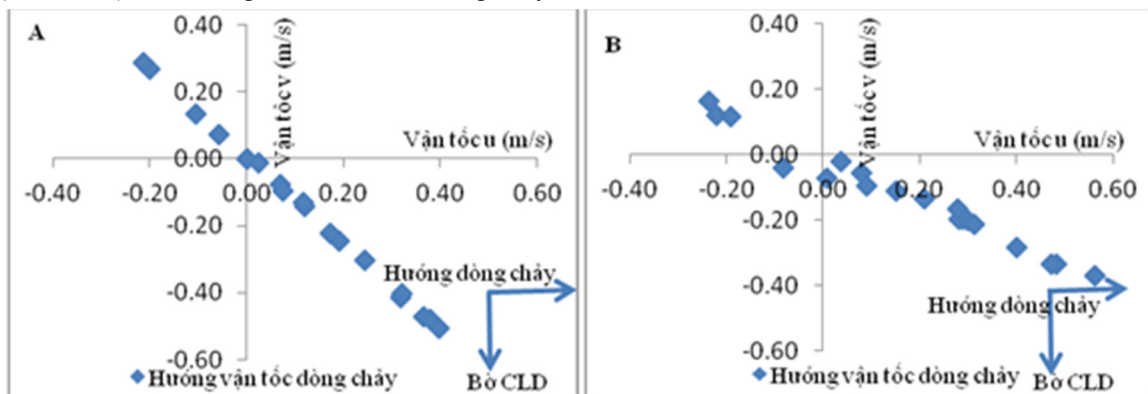
cát được lấy dọc bờ sông vận chuyển ra vùng cửa sông và bồi lắng tại đây.



Hình 10: Thay đổi đáy sông sau thời gian mô phỏng

Trong phần lớn thời gian mô phỏng, hướng dòng chảy ở mặt cắt 1 (Hình 11 A) và mặt cắt 3 (Hình 11 B) luôn hướng vào bờ Cù Lao Dung - đây

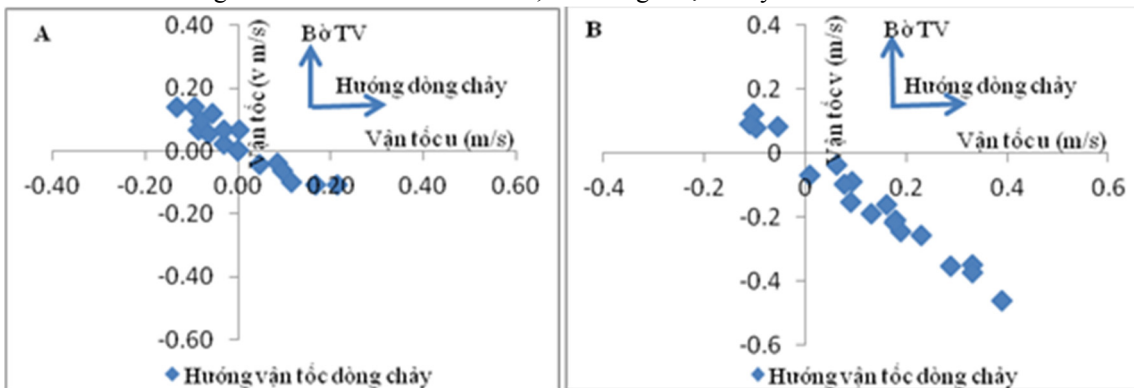
có thể là nguyên gây ra xói lở ở bờ Cù Lao Dung trong thực tế.



Hình 11: Hướng vận tốc dòng chảy ở mặt cắt 1(A) và 2 (B) tại bờ Cù Lao Dung

Vận tốc dòng chảy tại mặt cắt số 1 (Hình 12 A) hướng vào bờ Trà Vinh (TV) nhiều hơn so với hướng ra giữa sông. Tuy nhiên, vận tốc hướng vào bờ rất nhỏ nên không thể làm xói lở bờ Trà Vinh;

vận tốc dòng chảy tại mặt cắt số 3 (Hình 12 B) tại phía bờ Trà Vinh có hướng dòng chảy vào bờ Trà Vinh rất ít – đây có thể là nguyên nhân gây ra bồi lắng ở vị trí này.



Hình 12: Hướng vận tốc dòng chảy ở mặt cắt 1(A) và 2 (B) tại bờ tại bờ Trà Vinh

4 KẾT LUẬN

Bồi lắng và xói lở là tình trạng chung của các cửa sông ven biển ĐBSCL với quy mô không gian và thời gian khác nhau. Kết quả tính toán cho thấy vùng cửa sông Định An có xu hướng xói lở dọc bờ Cù Lao Dung.

Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình thủy lực hai chiều (CCHE2D) có thể mô phỏng động thái thủy lực dòng chảy trên đoạn sông nghiên cứu với độ tin cậy cao, có triển vọng ứng dụng nghiên cứu trên hệ thống các nhánh sông ở ĐBSCL. Tuy nhiên, do hạn chế về thời gian và số liệu đo đạc, nghiên cứu này chỉ được thực hiện nhằm mô phỏng đặc tính thủy lực dòng chảy (trên đoạn sông nghiên cứu) trong thời gian ngắn nên chưa phản ánh đầy đủ đặc tính thủy lực cũng như sự thay đổi hình thái lòng sông; mặc dù vậy, kết quả nghiên cứu vẫn có thể chứng minh được sự biến động địa mạo vùng cửa sông (phù hợp với kết quả của khảo sát thực địa).

Hiện nay, phần lớn các ứng dụng mô hình thủy lực ở ĐBSCL còn bị hạn chế về mặt số liệu (số liệu đo đạc đã cũ hoặc không có số liệu thực đo). Trong bối cảnh có sự thay đổi lớn về lưu lượng và hình thái lòng sông, việc áp dụng các thiết bị đo đạc hiện đại (như thiết bị ADCP, thiết bị đo mực nước bằng sensor) để thu thập các số liệu thực tế nhằm mục tiêu phục vụ cho việc nghiên cứu động thái địa mạo và thủy lực là điều cần được quan tâm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Albers, T., & Lieberman, N. v. (2011). Curren and Erosion Modelling Servey. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.73.
2. Bộ Tài Nguyên và Môi Trường. (2012). Kịch bản Biến đổi Khí hậu, Nước biển dâng cho Việt Nam. Nhà xuất bản Tài nguyên-Môi trường và Bản đồ Việt Nam.84.
3. Bùi Hồng Long, & Tống Phước Hoàng Sơn.(2003).Đặc điểm địa hình và biến động luồng lạch vùng cửa sông Định An.107-127.
4. Chow, V. T. (1959). Open Channel Hydraulics: Blackburn Press.700.
5. Hoa Mạnh Hùng, Nguyễn Quang Thành, & Phan Thị Thanh Hằng. (2008). Động lực phát triển vùng cửa sông Hậu (cửa Định An- Tranh Đề). Các khoa học về trái đất, 30: 130-135.
6. Jia, Y., & Wang, S. S. Y. (1999). Numerical Model for Channel Flow and Morphological Change Studies. Journal of Hydraulic Engineering, 125(9): 924-933.
7. Lâm Mỹ Phụng, Văn Phạm Đăng Trí, & Trần Quốc Đạt. (2013). Ứng dụng mô hình toán thủy lực một chiều đánh giá và dự báo tình hình xâm nhập mặn trên hệ thống sông chính trên địa bàn tỉnh Trà Vinh. Tạp chí Khoa học- Trường Đại học Cần Thơ, 25 (2013): 68-75.
8. Lane, S. N., Bradbrook, K. F., Richards, K. S., Biron, P. A., & Roy, A. G. (1999). The Application of Computational Fluid Dynamics to Natural River Channels: Three-Dimensional Versus Two-Dimensional Approaches. Geomorphology, 29: 1-20.
9. Langendoen, E. J.(2001).Evaluation of the effectiveness of selected computer models of depth-averaged free surface flow and sediment transport to predict the effects of hydraulic structures on river morphology.Project Report, USDA-ARS National Sedimentation Laboratory, Oxford M.S.
10. Nguyễn Cảnh Cầm, Lưu Công Đào, Nguyễn Văn Cung, Nguyễn Như Khuê, Võ Xuân Minh, Hoàng Văn Quý, & Vũ Văn Tảo. (2007). Thủy Lực Tập 2. Hà Nội Nhà Xuất Bản Xây Dựng.323.
11. Nguyễn Văn Lập, Tạ Thị Kim Oanh, & Tateishi, M. (2000). Late Holocene Depositional Environments and Coastal Evolution of the Mekong River Delta, Southern Vietnam. Journal of Asian Asian Earth Sciences, 18(2000): 427-439.
12. Nguyễn Việt Thanh, Hai, Z. J., & Hau, L. P. (2011). Morphological evolution of navigation channel in Dinh An estuary, Vietnam. River, Coast and Estuarne Morphodynamics: RCEM2011 Tsinghua University Press, Beijing.469-482.
13. Phạm Thế Bảo.(2009).Các phương pháp giải quyết bài toán trên máy tính. Khoa Toán – Tin,Trường Đại học Khoa học Tự nhiên.
14. Picado, A., Dias, J. M., & Fortunato, A. B. (2010). Tidal Changes in Estuarine Systems Induced by Local Geomorphologic Modifications. Continental Sheft Reseach, 30(2010): 1854-1864.
15. Qamar, M. U., & Baig, F. (2012). Calibration of CCHE2D for sediment simulation of Tarbela Reservoir.

- Proceedings of the World Congress on Engineering I: 978-988.
16. Rijn, L. C. V. (1993). Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas. The Netherlands: University of Utrecht Department of Physical Geography. 700.
17. Shading, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). Experimental and Quasi-Experimental Designs for Generalized Causal Inference Boston. Houghton Mifflin, Boston, New York.
18. Teledyne RD Instrument. (2007). Winriver II User's Guide.
19. 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. Tạp Chí Khoa Học, Trường Đại Học Cần Thơ, 21b: 141-150
20. Trịnh Công Văn. (2009). Identification Of Sea Level Rise Impacts on the Mekong Delta And Orientation Of Adaptation Activities. VietNam National Committee On Large Dams And Water Resources Development. 1-6.
21. Văn Phạm Đăng Trí, Popescu, I., Griensven, A. V., Solomatine, D., Nguyễn Hiếu Trung, & Green, A. (2013). A Study of the Climate Change Impacts on Fluvial Flood Propagation in the Vietnamese Mekong Delta. Hydrol. Earth Syst, 9: 7227-7270.
22. Wendt, J. F. (2008). Computational Fluid Dynamics. 72 Chaussée de Waterloo B-1640 Rhode- Saint- Genèse: Belgium. 299
23. Wilson, M. D., & Atkinson, P. M. (2007). The Use of Remotely Sensed Land Cover to Derive Floodplain Friction Coefficients for Flood Inundation Modelling. Hydrological Processes, 21(26): 3576-3586.
24. Wolanski, E., Nguyen Ngoc Huan, Le Trong Dao, Nguyen Huu Nhan, & Nguyen Ngoc Thuy. (1996). Fine- sediment Dynamic in the Mekong River Estuary, Vietnam. Estuarine, Coastal and Shelf Science., 43: 565-582.
25. Wu, W. (2001). CCHE2D Sediment Transport Model. School of Engineering The University of Mississippi. 43.
26. Wu, W. (2007). Computational River Dynamics. Taylor & Francis, London 2007
27. Wu, W., & Li, Y. (1992). One and two-dimensional nesting model for river flow and sedimentation. Proc. 5th Int. Symp. on River Sediment.
28. Xue, Z., He, R., Liu, J. P., & Warner, J. C. (2012). Modeling transport and deposition of the Mekong River sediment. Continental Shelf Research, 37(2012): 66-78.
29. Xue, Z., Liu, J. P., DeMaster, D., Lap, N. V., & Oanh, T. T. K. (2010). Late Holocene Evolution of the Mekong Subaqueous Delta, Southern Vietnam. Marine Geology, 18: 427-439.