

NGHIÊN CỨU BIẾN HÌNH LÒNG DẪN ĐOẠN SÔNG TÂN CHÂU – HỒNG NGỰ BẰNG MÔ HÌNH CCHE2D

TS. Nguyễn Kỳ Phùng - Đại học Khoa học Tự Nhiên Tp. HCM

TS. Nguyễn Thị Bảy - Đại học Bách Khoa Tp. HCM

Trong bài báo, các tác giả đã trình bày những kết quả nghiên cứu bằng mô hình về dòng chảy, dòng bùn cát và diễn biến đáy khu vực sông Tân Châu – Hồng Ngự trong hai mùa lũ và kiệt. Trong nghiên cứu, mô hình dòng chảy 2 chiều CCHE2D đã được sử dụng để tính toán. Các kết quả tính được có so sánh với số liệu thực tế, chỉ ra được những vị trí hồ xói, cũng như bãi bồi, đồng thời phân tích được xu hướng dịch chuyển của các cù lao.

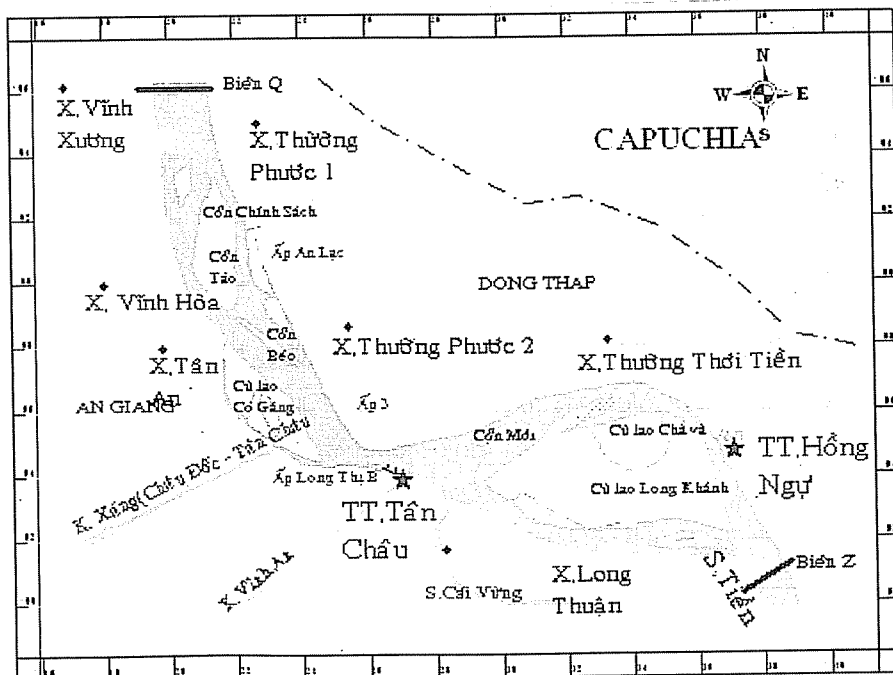
1. Khu vực nghiên cứu

Tân Châu – Hồng Ngự là một đoạn của sông Tiền dài khoảng 24km, bề rộng nhỏ nhất là 500m, rộng nhất 5500m. Trong vùng có nhiều cồn và cù lao lớn đan xen dòng chảy.

Khu vực này có chế độ thủy lực và dòng bùn cát rất phức tạp: Vào mùa lũ lớn, hiện tượng bồi xói bờ và lòng dẫn diễn ra mạnh và phức tạp. Trong đó, chịu ảnh hưởng nặng nề của việc xói lở trên là đoạn bờ của thị trấn Tân Châu. Thị trấn này trải dài trên

bờ sông Tiền khoảng 5 km từ kênh Châu Đốc đến sông Cái Vũng. Tại đây, dòng chảy chuyển hướng đột ngột với một góc 120^o (như một khủy tay) và bề rộng sông thay đổi đột ngột. Hiện nay đoạn sông này đang tiến hành lấp hồ xói, và xây bờ kè bảo vệ (xem vị trí khu vực nghiên cứu ở hình 1).

Trong bài nghiên cứu này, chúng tôi dựa vào mô hình CCHE2D để tính toán và mô phỏng chế độ thủy lực và diễn biến lòng dẫn cho đoạn Tân Châu - Hồng Ngự.



Hình 1. Khu vực Tân Châu – Hồng Ngự

Người phản biện: TS. Nguyễn Kiên Dũng

2. Mô hình CCHE2D

Mô hình CCHE2D là mô hình mô phỏng quá trình truyền thủy lực, chuyển động bùn cát lơ lửng, bùn cát đáy và diễn biến lòng dẫn thuộc trường Đại học Công Nghệ Mississippi, nó gồm 3 mô hình sau: [1]

- Mô hình tạo lưới: dùng để tạo lưới giá trị trên hệ tọa độ cong.

- Mô hình số: gồm 2 module để tính toán quá trình thủy lực và bùn cát.

- Mô hình giao diện đồ họa: dùng để giao diện để nhập các thông số, số liệu.

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{1}{h} \left[\frac{\partial(h\tau_{yx})}{\partial x} + \frac{\partial(h\tau_{yy})}{\partial y} \right] - \frac{\tau_{by}}{\rho h} - f_{Cor} v \quad (2b)$$

Trong đó: η : cao độ mặt nước (m).

h : độ sâu cột nước (m).

u, v : vận tốc trung bình chiều sâu theo hai phương x và y (m/s).

g : gia tốc trọng trường (m/s²).

f_r : hệ số ma sát đáy

f_{Cor} : thông số Coriolis.

$\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yx}$ và τ_{yy} : lần lượt là các ứng suất Reynolds (N/m²).

τ_{bx}, τ_{by} : lần lượt là các ứng suất tiếp đáy (N/m²).

Các phương trình trên được rời rạc hóa trong miền tính đã được tạo lưới trước, và giải bằng phương pháp phần tử hữu hạn, với các điều kiện biên và ban đầu sau:

Điều kiện ban đầu:

Nếu có dữ liệu: điều kiện ban đầu được cho

$$\frac{\partial c_k}{\partial t} + \frac{\partial(uc_k)}{\partial x} + \frac{\partial(wc_k)}{\partial z} - \frac{\partial(\omega_{sk})}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_s \frac{\partial c_k}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_s \frac{\partial c_k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_s \frac{\partial c_k}{\partial z} \right) \quad (3)$$

Với:

c_k : nồng độ phù sa(kg/m³);

ω_{sk} : vận tốc lắng đọng (m/s);

u, v, w : thành phần vận tốc theo hướng x, y, z (m/s);

ε_s : hệ số phân tán của bùn cát ($\varepsilon_s = \nu_t / \sigma_s$);

ν_t : là hệ số nhớt rối (m²/s);

a. Cơ sở lý thuyết của mô hình

Mô hình được thiết lập dựa vào lời giải của các phương trình cơ bản như sau:

Phương trình mô tả các quá trình thủy lực:[2]

- Phương trình liên tục :

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

- Phương trình động lượng theo phương x :

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{1}{h} \left[\frac{\partial(h\tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(h\tau_{xy})}{\partial y} \right] - \frac{\tau_{hx}}{\rho h} + f_{Cor} u \quad (2a)$$

dưới dạng mực nước và vận tốc tại thời điểm $t = 0$ trên từng điểm của lưới tính .

Nếu không có dữ liệu : điều kiện ban đầu được cho dưới dạng mực nước là mực nước tĩnh, vận tốc dòng chảy bằng không.

Điều kiện biên:

Tại biên cứng: vận tốc theo phương pháp tuyến với bờ bằng không: $u_n = 0$.

Tại biên lỏng: cho chuỗi dao động mực nước hoặc lưu lượng (vận tốc) theo thời gian.

Phương trình chuyển tải bùn cát [3]

Trong mô hình, chấp nhận sự di chuyển bùn cát chia thành hai lớp: dòng phù sa và dòng bùn cát đáy. Dòng phù sa chiếm lĩnh hầu như hoàn toàn dòng chảy theo độ sâu và nằm trên dòng bùn cát đáy.

Phương trình chuyển tải phù sa:

ν_t : hệ số rối Prandtl – Schmidt chấp nhận khoảng từ 0.5 đến 1.0);

c_b : là nồng độ phù sa tại mặt phân giới giữa dòng phù sa lơ lửng và dòng bùn cát đáy.

Để tính diễn biến đáy, mô hình đã sử dụng:

- Phương trình liên tục vật chất đáy:

$$(1-p') \frac{\partial z_{bk}}{\partial t} + \frac{\partial(\bar{c}_{bk})}{\partial t} + \frac{\partial q_{bkx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{bky}}{\partial y} = -E_{bk} + D_{bk} \quad (4)$$

Với: p' : độ rỗng của vật chất đáy.

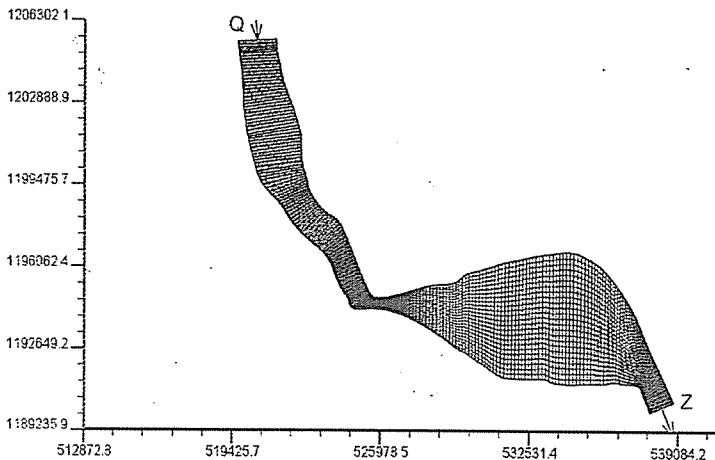
\bar{c}_{bk} : nồng độ trung bình của bùn cát tại đáy (kg/m^3).

q_{bkx}, q_{bky} : thành phần chuyển tải bùn cát đáy theo phương x và y (kg/s/m).

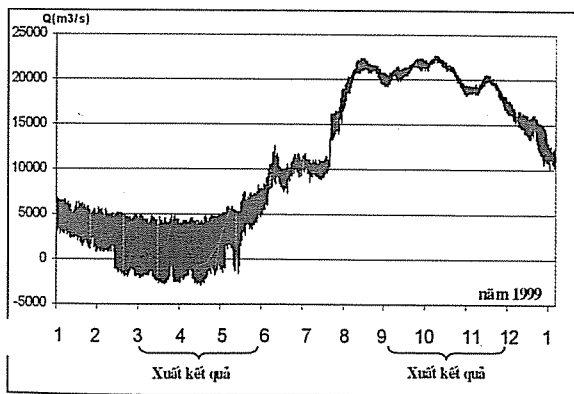
E_{bk} và D_{bk} : Hàm số nguồn, mô tả quá trình bốc lên và lắng xuống của hạt tại lớp phân giới.

Các phương trình sẽ được giải đồng nhất trong lưới cong của khu vực tính toán bằng phương pháp phần tử hữu hạn.

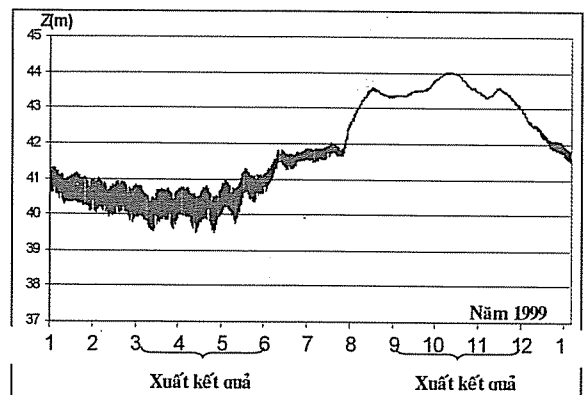
3. Tính toán cho đoạn sông Tân Châu - Hồng Ngự



Hình 2. Lưới tính toán và dạng điều kiện biên



Hình 3. Biên lưu lượng đầu miền tính



Hình 3b. Biên mực nước cuối miền tính

* (nguồn: Viện Khoa Học Thủy Lợi Miền Nam)

- Thông số chuyển tải bùn cát:
- Kết cấu đáy khu vực Tân Châu được tham khảo từ [5], [6], [7] và thống kê trong bảng sau:

Bảng 1. Kết cấu lòng dẫn khu vực Tân Châu

	Độ rỗng	Sét	Bụi	Cát bụi	Cát mịn
<i>Đường kính hạt (mm)</i>		0,001	0,035	0,05	0,150
<i>Lớp 1</i>	0,50	15%	25%	50%	10%
<i>Lớp 2</i>	0,50	15%	25%	25%	10%
<i>Lớp 3</i>	0,24	25%	25%	25%	25%

- Phương trình động lượng theo phương y : Tại biên vào, nồng độ phù sa = 0,6 kg/m³; dòng bùn cát đáy = 0,001 kg/m/s [4], [5], [6], [7].

Trình tự tính toán:

Bài toán được tính cho hai mùa lũ (tháng 9, 10, 11) và kiệt (tháng 3, 4, 5), mỗi mùa 3 tháng năm 1999 với biên cho như trong hình 3a, 3b.

Sau khi tính toán, dựa vào mô hình dao diện kết quả để xuất kết quả và phân tích đánh giá.

4. Kết quả và phân tích

a. Truy xuất kết quả

Trên hình 4 đánh dấu ba khu vực nhỏ A, B, C để xuất kết quả phân tích.

Trên hình 5, 6 trình bày dòng chảy khu A vào mùa lũ và kiệt.

Trên hình 7, 8a, 8b, 8c trình bày dòng chảy khu B vào mùa lũ và kiệt.

Trên hình 9, 10a, 10b, 10c trình bày dòng chảy khu C vào mùa lũ và kiệt.

Trên hình 11, 12 diễn biến đáy toàn bộ khu vực tương ứng sau 3 tháng lũ và 3 tháng kiệt

Hình 13, 14 biểu diễn dòng bùn cát trong sông vào mùa lũ và mùa kiệt lúc nước xuống.

Hình 15, 16 là nồng độ phù sa sau toàn miền vào mùa lũ và vào mùa kiệt lúc nước xuống.

Hình 17 biểu diễn sự thay đổi lòng dẫn đoạn Tân Châu sau từng tháng trong mùa lũ.

b. Phân tích và đánh giá kết quả

1) Dòng chảy

- Khu vực A (hình 5, 6): dòng chảy bị phân chia bởi một số cồn, cù lao nối tiếp nhau tạo nên một chuyển động phức tạp. Vào mùa lũ: nước ngập cồn từ khoảng 0.2 – 0.75 m; lưu lượng lớn tập trung phía bờ phải (70%); vận tốc dòng bên phải gấp 1.2 lần bên trái, vận tốc nối giữa các cồn tương đối nhỏ. Bên dòng phải vận tốc ép sát bờ, khả năng gây xói cao. Mùa kiệt: dòng chảy tách làm 2 dòng, chảy xen kẽ bởi dãy cồn nối tiếp; vận tốc tập trung và nén ép bờ phải.

- Khu vực B (xem hình 7, 8a, 8b, 8c): Vào mùa lũ: bắt đầu từ cồn Béo, dòng chảy tập trung, vận tốc mạnh dần ép sát bờ Thường Phước 2 (bờ trái). Tại thị trấn Tân Châu, đoạn sông cong đột ngột khoảng 1200, vận tốc chuyển hướng đâm thẳng vào bờ phải (bờ phía thị trấn Tân Châu); vận tốc lớn ép sát bờ khu vực này.

Bảng 2. So sánh vận tốc đo với kết quả từ mô hình đoạn Tân Châu vào mùa lũ 1996

Năm	Triều xuôi: Vmax(m/s)	Triều ngược: Vmax(m/s)
1996[4]	0.698	0.498
1999(mô hình)	0.687	0.401

- Khu vực C (hình 9, 10a, 10b, 10c): Mùa lũ: nước ngập nhẹ ở cù lao Long Khánh. Cù lao Long Khánh tách dòng chảy làm hai dòng bao quanh cù lao, vận

tốc lớn ép sát bờ cong và càng về gần cù lao vận tốc nhỏ dần. Cuối đoạn dòng chảy hợp lại, ép sát bờ phải. Mùa Kiệt: dòng chảy tiếp tục nén ép phía bờ

Nghiên cứu & Trao đổi

lớn, tập trung nhiều ở nhánh trên, còn Nổi nhô lên và quan sát thấy rõ ràng hai nhánh dòng bao quanh cù lao.

Có thể so sánh tỉ lệ lưu lượng tính toán trong các nhánh sông quanh cù lao Long Khánh (thống kê trung bình) với kết quả đo như sau:

Bảng 3. Bảng thống kê lưu lượng qua các nhánh quanh cù lao Long Khánh

	Mùa Lũ (1996)		Mùa kiệt:	
	Qtb tính; (phần trăm)	Qtbđo; (phần trăm)[4]	Qbtính; (phần trăm)	Qtbđo; (phần trăm)
Nhánh trên (so với cù lao Long Khánh)	14130 m ³ /s, (67,3%)	14229 m ³ /s, (59,6%)	2613 m ³ /s, 70.2%	
Nhánh dưới (so với cù lao Long Khánh)	6870 m ³ /s, (32.7%)	7344 , 30.76%	1117 m ³ /s, 29.8%	

Tuy mô hình không tính đến dòng chảy của sông Cái Vũng nhưng kết quả từ mô hình cũng phản ánh rõ nét lưu lượng tập trung chủ yếu vào nhánh trên là phù hợp với thực tế.

2) Dòng bùn cát và biến hình lòng dẫn

Căn cứ vào kết quả thu được (h. 11, 12), có thể xem xét 5 đoạn trên miền tính:

Đoạn 1: Kéo dài từ xã Vĩnh Xương đến Vĩnh Hòa, lòng sông bị đào xói tương đối mạnh, hình thành lạch sâu dài đến tận đầu cồn Cỏ Giáng (dài

khoảng 4.2 km).

Đoạn 2: Đoạn thị trấn Tân Châu: kéo dài sau cồn Béo đến sông Cái Vũng.

Đoạn 3: Đối diện với cù lao Chà Và (kéo dài khoảng 2.2 km).

Đoạn 4: Đoạn bờ thị trấn Hồng Ngự (kéo dài khoảng 2.0 km).

Đoạn 5: Nằm ở cồn Cỏ (kéo dài khoảng 0.6 km).

Từ kết quả mô hình, có thể truy xuất ra các giá trị như sau:

Bảng 4. Bảng thống kê lượng bồi xói của từng đoạn (1, 3, 4, 5) từ mô hình

		Đoạn 1	Đoạn 3	Đoạn 4	Đoạn 5
Độ dài:(km)		4,2	2,2	2	0,6
Diện tích miền tính(m ²):		1500	1259	885	132
Thể tích lắng đọng:(m ³)	Mùa lũ:	0	0	0	63,65
	Mùa kiệt:	176	172	232,45	20
Thể tích đào xói:(m ³)	Mùa lũ:	-1632	-880	-954	-12,25
	Mùa kiệt:	-4,7	0	0	0
Độ cao đáy thay đổi TB:(m)	Mùa lũ:	-1,19	-0,7	-1,1	0,39
	Mùa kiệt:	0,11	0,137	0,245	0,15
	TB cả năm: $2x(ML+MK)$	-2,16	-1,126	-1,71	1,08

Nhận xét riêng từng đoạn:

* Đoạn 1: hình thành lạch sâu hẹp bám sát bờ kéo dài xuống đầu cồn Cỏ Giáng; tốc độ đào xói trung bình là -2.16 m; vị trí đào xói lớn nhất: 3

m/năm. Đoạn này bờ sông có khả năng bị xói lở cao; tuy nhiên vị trí này ít ảnh hưởng đến đời sống con người.

* Đoạn 3 : đoạn bờ này đang hình thành lạch sâu

nhỏ, áp sát bờ cong; bên bờ lồi phía cù lao Chà Và đang có khuynh hướng bồi trên diện rộng càng nén ép dòng chảy về phía bờ lõm (hình11, 12).

* Đoạn 4: phía bờ thị trấn Hồng Ngự: đào xói trung bình 1.71m/năm; phía bờ đối diện là cuối cù lao Long Khánh, nơi tập trung phù sa lớn, mỗi năm bồi dần: 0.22 m.

* Đoạn 5: cồn Béo bồi dần phía sau, hướng ép sát bờ Thường Phước 2, dòng chảy hướng mạnh vào bờ Thường Phước 2, gây sạt lở mạnh ở đây.

Đoạn 2: Đặc biệt ở khu vực thị trấn Tân Châu (hình nhỏ trong hình 11, 12):

Có thể chia đoạn thị trấn Tân Châu làm 3 phần:

- Bờ Thường Phước 2: (3 km) từ đầu cồn Béo đến chùa Phước Hưng.

- Phía bờ Tân Châu: cuối cồn Cỏ Giàng đến đầu nhánh sông Cái Vũng (hố xói lớn).

- Đối diện thị trấn Tân Châu: bờ đối diện kênh Vĩnh An kéo dài khoảng 1.5 km.

Bảng 5. Bảng kết quả tính toán sự chuyển tải và lắng đọng vật chất tại khu vực thị trấn Tân Châu

		Bờ Thường Phước 2:	Hố xói lớn	Đối diện TT Tân Châu
Độ dài:(km)		3	1,2	1,5
Diện tích miền tính(m ²):		848	400	112
Thể tích lắng đọng:(m ³)	Mùa lũ	0	0	18.9
	Mùa	82	91.75	2.45
Thể tích đào xói:(m ³)	Mùa lũ	-932	663	0
	Mùa	-16	-0,88	-0,88
Độ cao thay đổi TB:(m)	Mùa lũ	-1,11	-1,7	0,22
	Mùa	0,38	0,19	0,013
	TB cả	-1,46	-3,02	0,466

Hố xói đoạn thị trấn Tân Châu ngày càng sâu (trung bình -3.02 m/năm). Vị trí hố xói nằm khoảng chùa Cao Đài đến cửa kênh Vĩnh An. Trong khi theo [4], đáy đoạn Tân Châu (khu vực hố xói) xói sâu trung bình 20m/ 6năm.

* Phía đối diện bờ Tân Châu: xuất hiện dải bãi bồi nhẹ 0.5m/năm kéo dài 1.5 km. Bãi bồi này ngày làm dòng chảy qua mặt cắt ngang tại khu vực Tân Châu hẹp dần, làm dòng chảy bị ép về phía bờ Tân Châu nhiều hơn. Sự đào xói khu vực này tập trung lớn vào mùa lũ, mùa kiệt hố xói bồi nhẹ.

Nhận xét chung:

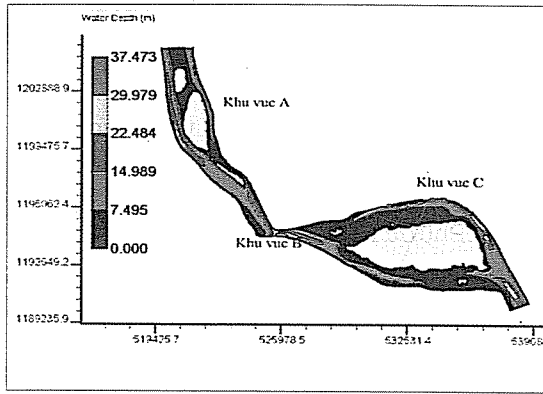
* Căn cứ vào bảng 3, nếu tính ước chừng trên 1 năm thì trong khu vực tổng lượng vật chất mang đi lớn hơn rất nhiều so với lượng vật chất mang đến.

Khả năng đào xói đáy tập trung vào mùa lũ (xói - 0.425 m cho trung bình toàn khu vực), còn vào mùa kiệt do vận tốc tương đối nhỏ, nên có chỗ có khuynh hướng bồi nhẹ (0.0208m) đặc biệt là ở những vị trí lạch sâu (đoạn 1; 2; 3; 4).

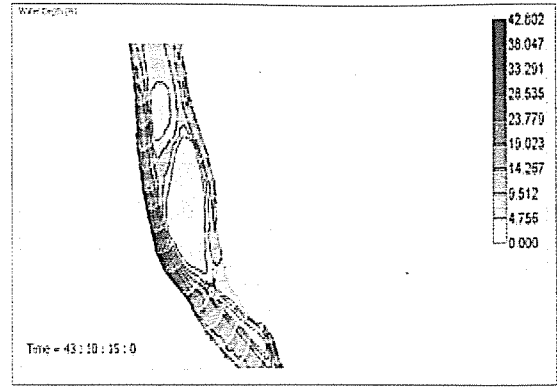
* Vào mùa lũ, hướng dòng chảy chỉ theo một chiều từ trên xuống nên mức độ bồi xói trên toàn khu vực tương đối ổn định. Ngược lại vào mùa kiệt, do chịu ảnh hưởng của thủy triều, nên sự bồi xói ở khu vực này phân bố rối loạn trên diện rộng.(hình 11, 12).

* Các cồn Béo, cồn Tảo có khả năng nối liền nhau và cùng với Cù lao Long Khánh dịch chuyển dần về phía hạ lưu. Bờ phía Thường Phước ngày càng xói lở sâu vào đây hố xói ở Tân Châu dịch chuyển dần về phía hạ lưu (hình 17).

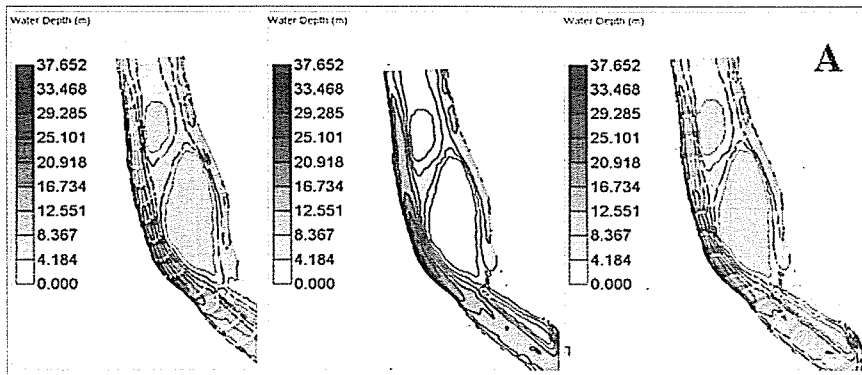
Nghiên cứu & Trao đổi



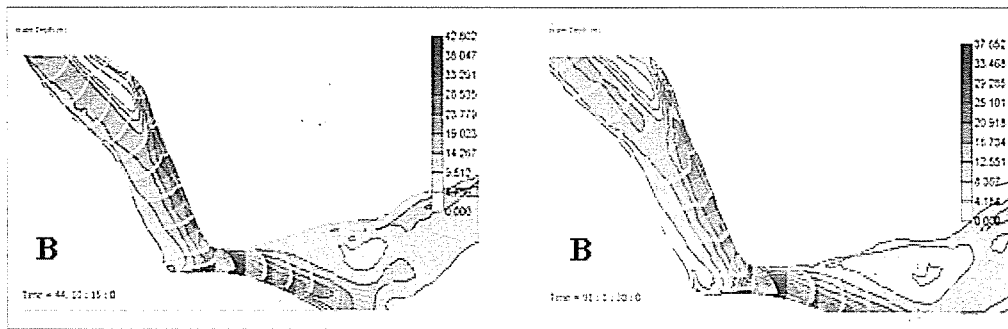
Hình 4. Ba khu vực thể hiện trên hình ảnh



Hình 5. Độ sâu và trường vận tốc mùa lũ khu vực A

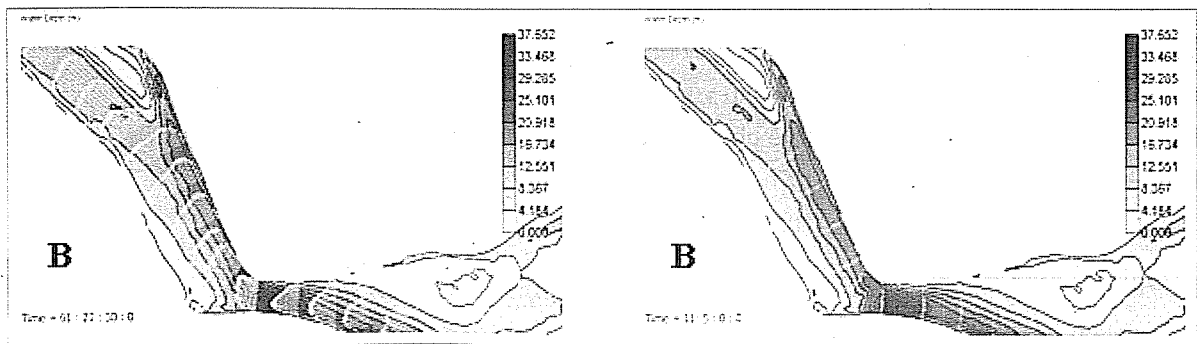


Hình 6. Dòng chảy mùa kiệt khu vực A lúc nước rút, nước đứng, và nước dâng



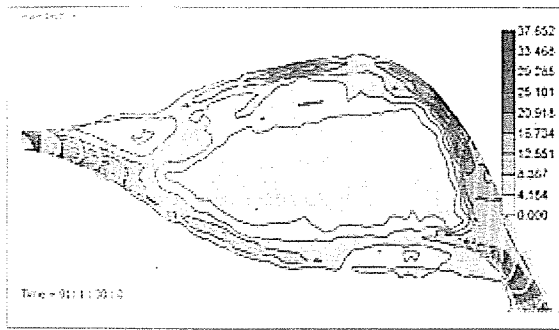
Hình 7. Độ sâu và trường vận tốc mùa lũ khu vực B

Hình 8a. Độ sâu và trường vận tốc mùa kiệt lúc nước hạ khu vực B mùa lũ khu vực B

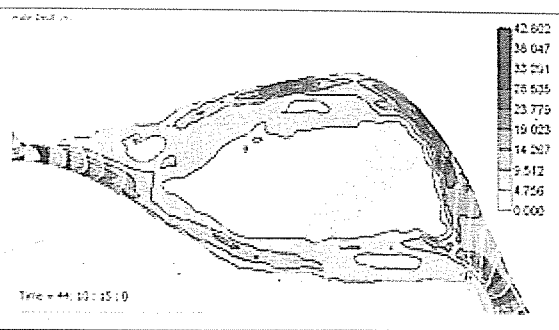


Hình 8b. Độ sâu và trường vận tốc mùa kiệt lúc nước dâng khu vực B mùa lũ khu vực B

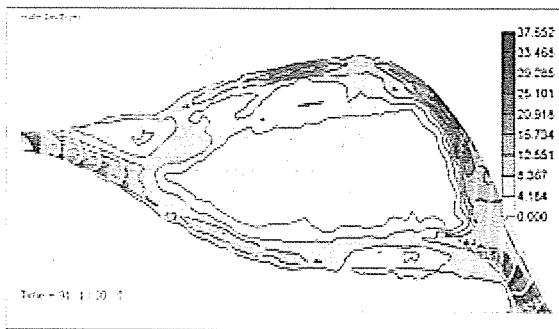
Hình 8c. Độ sâu và trường vận tốc mùa kiệt lúc nước đứng khu vực B



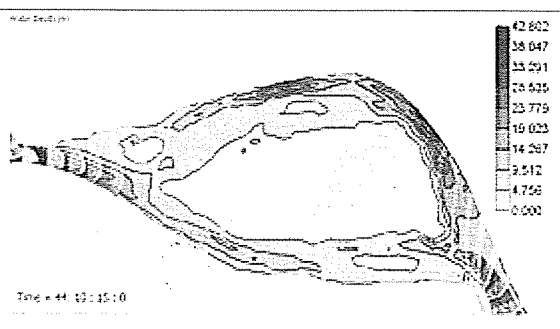
Hình 9. Độ sâu và trường vận tốc mùa lũ khu vực C



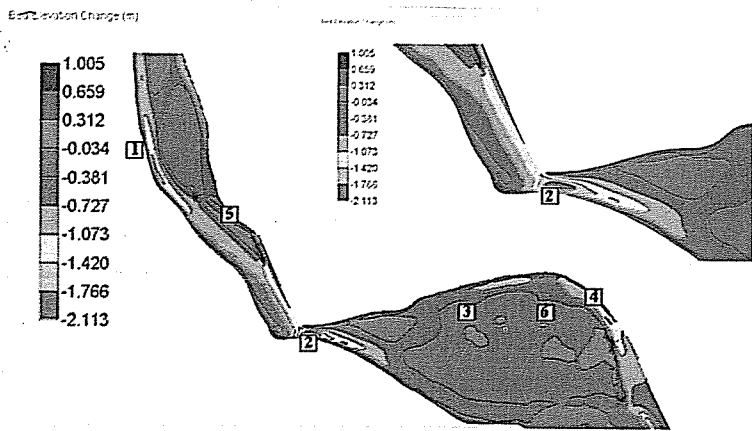
Hình 10a. Độ và trường vận tốc lúc nước dâng khu vực C



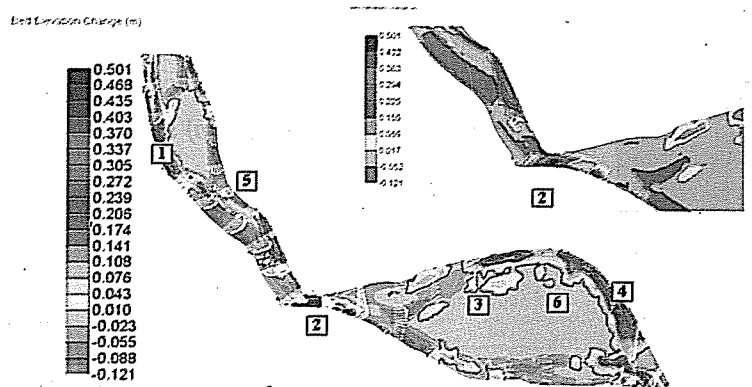
Hình 10b. Độ sâu cột nước và trường vận tốc mùa kiệt lúc nước dâng khu vực C



Hình 10c. Độ sâu và trường vận mùa kiệt lúc nước đứng khu vực C



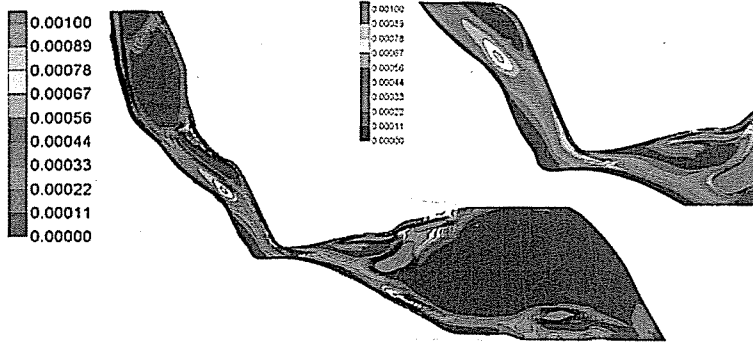
Hình 11. Sự thay đổi đáy sau 3 tháng mùa lũ ($dh > 0$: bồi; $dh < 0$: xói)



Hình 12. Sự thay đổi đáy sau 3 tháng mùa kiệt, ($dh > 0$: bồi; $dh < 0$: xói)

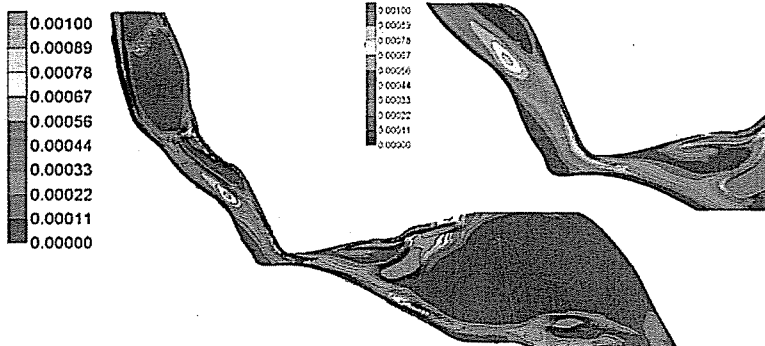
Nghiên cứu & Trao đổi

Erosion Transport Rate (kg/m/s)

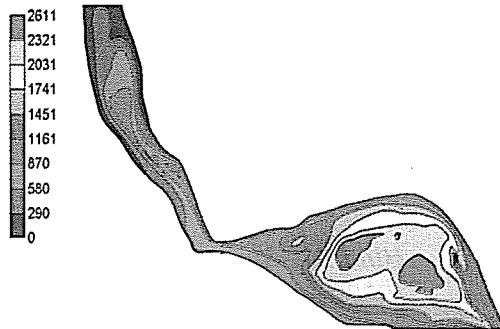


Hình 13. Khả năng chuyển tải bùn cát trong lòng dẫn trường hợp mùa lũ (kg/m/s)

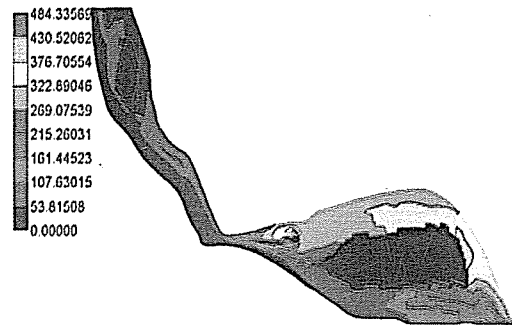
Erosion Transport Rate (kg/m/s)



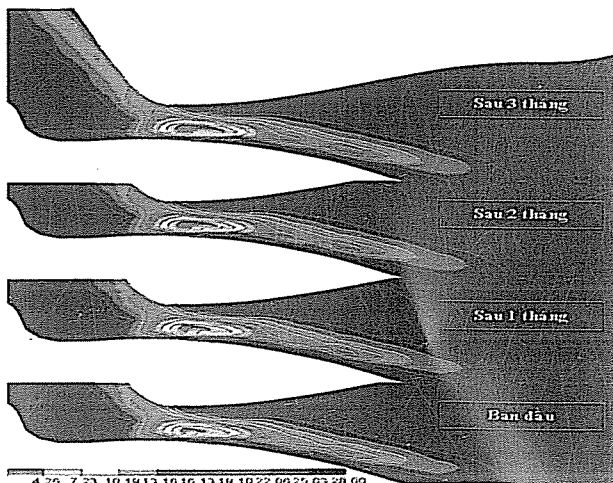
Hình 14. Khả năng chuyển tải bùn cát trong lòng dẫn trường hợp mùa kiệt (kg/m/s)



Hình 15. Nồng độ phù sa trong trường hợp mùa lũ (kg/m³)



Hình 16. Nồng độ phù sa trong trường hợp mùa kiệt (kg/m³)



Hình 17. Sự thay đổi đáy (m) sau 3 tháng (9,10,11)

4. Kết luận

Trước khi tính toán đoạn sông trên, mô hình đã được tính toán, kiểm tra và so sánh kết quả với kết quả tính toán từ lý thuyết cho dòng không ổn định trên kênh chữ nhật hẹp và tính toán chế độ thủy động lực cho dòng ổn định trên sông Luỹ, kết quả cho rất phù hợp, tuy nhiên do điều kiện giới hạn trang bài báo nên các tác giả đã không trình bày ở đây. Ngoài ra, kết quả thu được từ mô hình có so sánh với các kết quả đo đạc thực tế và kết quả nghiên cứu trước đây. Vì thế có thể kết luận rằng kết quả thu được như đã trình bày là rất tốt và phù hợp với thực tế, và mô hình CCHE2D đã được ứng

dụng và tính toán tốt cho khu vực Tân Châu – Hồng Ngự, là một khu vực cho tới nay diễn biến lòng dẫn vẫn chưa ổn định và vẫn còn đang được xã hội quan tâm nghiên cứu nhiều.

Kết quả của nghiên cứu trên hy vọng góp phần làm cơ sở cho việc nghiên cứu bảo vệ bờ khu vực sông Tiền đoạn Tân Châu – Hồng Ngự nhằm góp phần ổn định dân cư và phát triển kinh tế khu vực này. Ngoài ra cũng khẳng định được tính năng của mô hình CCHE2D trong việc ứng dụng tính toán chế độ thủy động lực học trong sông ngòi.

Nghiên cứu trên được thực hiện dưới sự hỗ trợ kinh phí của chương trình NCCB nhà nước.

Tài liệu tham khảo

1. Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn tỉnh An Giang (10/2000). "Báo cáo nghiên cứu thủy văn phục vụ xây dựng kè song Tiền chảy qua thị trấn Tân Châu -An Giang".
2. Công ty cổ phần Tư vấn và đầu tư phát triển An Giang (2006). "Dự án đầu tư kè chống sạt lở bờ sông Tiền bảo vệ thị trấn Tân Châu- Báo cáo mô hình thủy lực"
3. Công ty cổ phần Tư vấn và đầu tư phát triển An Giang (2006). "Dự án đầu tư kè chống sạt lở bờ sông Tiền bảo vệ thị trấn Tân Châu - Thuyết minh chung"
4. Công ty cổ phần Tư vấn và đầu tư phát triển An Giang (3/2001). "Báo cáo nghiên cứu khả thi kè bảo vệ bờ sông Tiền khu vực thị trấn Tân Châu – tỉnh An Giang"
5. Zhang, Yaoxin(2005,2007), "CCHE2D - Version (2.2),(2.21) – Quick Start Guide", School of Engineering The University of Mississippi.
6. Zhang, Yaoxin(2005), "CCHE2D: Two-dimensional Hydrodynamic and Sediment Transport Model For Unsteady Open Channel Flows Over Loose Bed", School of Engineering The University of Mississippi.
7. Zhang, Yaoxin(2007), "CCHE2D Sediment Transport Model Version (2.1)", School of Engineering The University of Mississippi.