

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG BỒI XÓI VÙNG VEN BIỂN CẦN GIỜ

NGUYỄN THỊ BẢY⁽¹⁾, NGUYỄN KỲ PHÙNG⁽²⁾

Tóm tắt: Trong bài báo này, các tác giả trình bày các nghiên cứu về tính toán dòng chảy, phù sa lơ lửng và khả năng bồi xói khu vực vùng ven biển Cần Giờ dưới ảnh hưởng của thủy triều và gió. Cơ sở lý thuyết của bài toán là hệ phương trình Reynolds, kết hợp với phương trình vận chuyển bùn cát, được lấy trung bình theo chiều sâu, có tính đến hàm nguồn, mô tả tốc độ bốc lên hay lắng xuống của hạt, và phương trình liên tục bùn cát đáy. Các kết quả về nồng độ phù sa lơ lửng và bồi xói đáy khu vực tương đối phù hợp với các ảnh chụp được từ vệ tinh.

I. VÙNG BIỂN CẦN GIỜ VÀ VỊ TRÍ NGHIÊN CỨU

Cần Giờ được giới hạn trong tọa độ địa lý $10^{\circ}15' - 10^{\circ}40'N$, $106^{\circ}45' - 107^{\circ}00'E$, nằm trong vùng cận xích đạo, thuộc vùng cửa sông Đồng Nai. Đây là vùng đất thấp, bằng phẳng, bị ngập mặn quanh năm hoặc một số thời gian trong năm. Cần Giờ vừa mang đặc trưng khí hậu biển vừa pha khí hậu lục địa Đông Nam bộ (h1).



Hình 1. Vị trí vùng biển Cần Giờ và khu vực tính toán

II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Các phương trình cơ bản là các phương trình đã lấy trung bình theo chiều sâu như sau:

1. Hệ phương trình Reynolds

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv = -g \frac{\partial(\zeta - \bar{\zeta})}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho(h+\zeta)} - Ku \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{h+\zeta} + A\nabla^2 u \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu = -g \frac{\partial(\zeta - \bar{\zeta})}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho(h+\zeta)} - Kv \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{h+\zeta} + A\nabla^2 v \quad (2)$$

2. Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial [(h+\zeta)u]}{\partial x} + \frac{\partial [(h+\zeta)v]}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

3. Phương trình chuyển tải phù sa lơ lửng

Việc nghiên cứu sự chuyển tải phù sa, bùn cát dựa trên những giả thiết sau đây: hạt vật chất chia làm hai dạng và chuyển động trong hai lớp: bùn cát đáy và bùn cát lơ lửng. Bùn cát đáy nằm trong lớp đáy có bề dày a , ở độ cao z trong khoảng: $-h < z < -h+a$. Lớp bùn cát lơ lửng nằm ở phía trên với cao độ: $-h+a < \zeta$. Theo thực nghiệm, giá trị "a" nhỏ nhất có thể chấp nhận: $a_{\min} = 0,01H$.

Sự phân bố bùn cát lơ lửng theo không gian và thời gian được mô tả bởi phương trình hai chiều tổng quát sau:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \gamma_v \left(\mathbf{u} \frac{\partial C}{\partial x} + \mathbf{v} \frac{\partial C}{\partial y} \right) = \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial x} (HD_x \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial y} (HD_y \frac{\partial C}{\partial y}) + \frac{S}{H} \quad (4)$$

Trong đó:

h : độ sâu tính từ mặt thoáng yên lặng đến đáy của tầng điểm trong miền tính.

K : hệ số ma sát đáy:

ζ : Dao động mực nước tại tầng điểm trong miền tính

$H = \zeta + h$

u, v : Thành phần vận tốc trung bình dòng chảy theo phương x, y .

τ_s : Ứng suất tiếp gió, tính theo công thức thực nghiệm [13]:

$$\tau_s = C_{10} \rho_a |W| W_s, \text{ đơn vị N/m}^2$$

$$C_{10} = (0.75 + 0.067|W|) \cdot 10^{-3}, |W| = \sqrt{W_x^2 + W_y^2},$$

W : Vận tốc gió (m/s)

$W_s = W_x, W_y$ thành phần vận tốc gió theo các phương x, y

ρ_a : Khối lượng riêng của không khí trên mặt thoáng [kg/m^3].

C : Nồng độ phù sa lơ lửng trung bình theo chiều sâu gian.

γ_v : Hệ số phân bố vận tốc và nồng độ theo chiều sâu.

$$\gamma_v = \frac{(1-Z) \left[1 - \left(\frac{a}{H} \right)^{0.2} \right]}{(1.2-Z) \left[1 - \left(\frac{a}{H} \right)^{1-Z} \right]} ; \quad Z = \frac{\omega_s}{\chi(u_* + 2\omega_s)}$$

Với Z : Thông số lơ lửng [3]; χ : Hằng số Karman.

u_* : Vận tốc động lực của dòng chảy, $u_*^2 = \frac{g}{C^2} (u^2 + v^2)$;

C : Hệ số Chezy, $C = 181 \lg \left(12 \frac{H}{K_s} \right)$

K_s : Độ nhám tuyệt đối ở đáy, $K_s = 3D_{90}$, D_{90} : đường kính hạt tương ứng với tần suất 90% [3]

D_x, D_y : Hệ số truyền chất theo phương x, y , tính thực nghiệm của Elder [14]:

$$D_x = 5.93 \sqrt{gh} |u| C^{-1} ; \quad D_y = 5.93 \sqrt{gh} |v| C^{-1}$$

S : Hàm nguồn, mô tả sự bốc lên hay lắng xuống của hạt, S được tính thực nghiệm theo Van Rijn [3]:

$$S = E \quad \text{đối với } \tau_b > \tau_e$$

$$S = -D \quad \text{đối với } \tau_b < \tau_d$$

$$S = 0 \quad \text{đối với } \tau_d \leq \tau_b \leq \tau_e$$

Với:

E : Tốc độ xói;

D : Tốc độ bồi lắng.

τ_b : Ứng suất tiếp đáy: $\tau_b = \frac{1}{2} \rho k V^2$

τ_d : Ứng suất tiếp đáy tới hạn để các hạt lắng xuống.

τ_e : Ứng suất tiếp đáy tới hạn để các hạt bốc lên.

ρ : Khối lượng riêng nước biển, k là hệ số ma sát đáy ; $V = \sqrt{u^2 + v^2}$.

$$E = M \frac{\tau_b - \tau_e}{\tau_e} ; \quad D = \left(1 - \frac{\tau_b}{\tau_d} \right) c w_{s,m} ; \quad \text{Với } M = 0,00001 \text{ kg/(sm}^2\text{)}$$

Trong đó $w_{s,m} = (1 - C)^\gamma w_s$ là độ thô thủy lực của hạt trong hỗn hợp nước biển-bùn cát.

w_s : độ thô thủy lực của hạt trong nước trong; $w_s = (s-1)gd^2/18\nu$.

γ : Hệ số thực nghiệm, γ dao động trong khoảng 2,3 - 4,6 tùy theo số Reynolds.

Đối với hạt có đường kính 0,05-0,5 mm, có thể chấp nhận $\gamma = 4$ [3].

s : Tỷ số giữa trọng lượng riêng của hạt và của nước.

4. Phương trình liên tục bùn cát đáy

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{1 - \varepsilon_p} \left[E + \frac{\partial}{\partial x} \left(HK_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(HK_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial q_{bx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{by}}{\partial y} \right] \quad (5)$$

Dòng bùn cát đáy $q_b = (q_{bx}, q_{by})$ được xác định theo công thức [3]:

$$q_b = 0.053((S - 1)g)^{0.5} d_m^{1.5} T^{2.1} D_*^{-0.3} \frac{(u, v)}{\sqrt{u^2 + v^2}} \quad (6)$$

ε_p : Độ rỗng của lớp bùn cát đáy;

ν : Hệ số động học nhớt.

D_* : Thông số đường kính hạt;

T : Thông số khả năng chuyển tải của hạt:

$$D_* = d_m \left[\frac{g(S - 1)}{\nu^2} \right]^{\frac{1}{3}} ; \quad T = \left[\frac{u_*^2 - u_{*,cr}^2}{u_{*,cr}^2} \right]$$

$u_{*,cr}$: Vận tốc tới hạn của dòng chảy, nếu lớn hơn vận tốc này, hạt sẽ bị dòng chảy bốc lên hòa vào chuyển động của dòng, theo Shills :

$$u_{*,cr} = 0.25(S - 1)^{15} d^{\frac{8}{15}} g^{\frac{9}{15}} v^{\frac{8}{15}}$$

d : Đường kính trung bình của hạt;

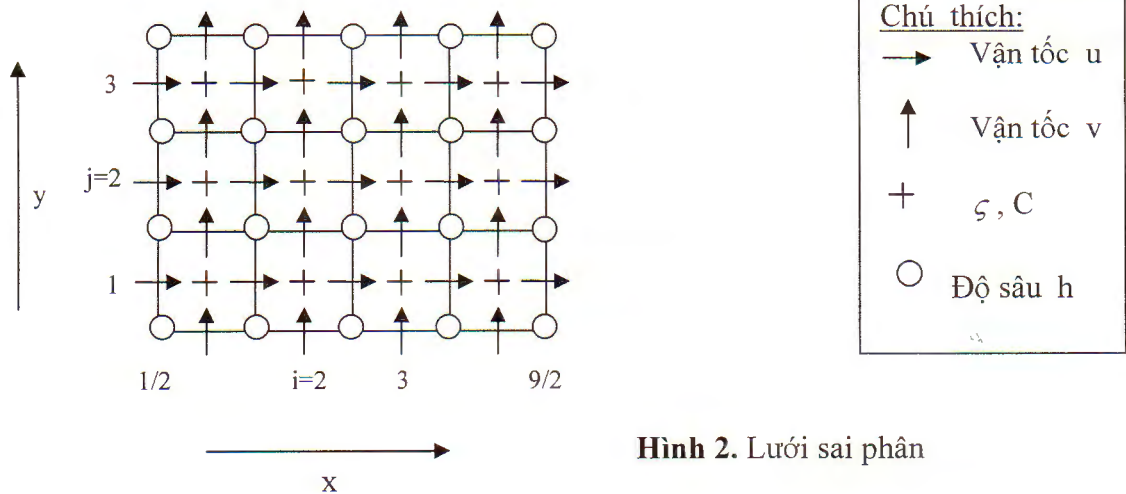
g: Gia tốc trọng trường

III. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

Các phương trình cơ bản trên được giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn sơ đồ ADI, sai phân luân hướng theo mỗi nửa bước thời gian.

Sau khi rời rạc hoá các phương trình vi phân trên từng nút của lưới sai phân, ta biến đổi về hệ phương trình đại số tuyến tính dạng 3 đường chéo, và sử dụng giải thuật truy đuổi để giải ra nghiệm số u, z, v, C cho từng nút được quy định như trong lưới sai phân h.2

1. Lưới sai phân:



Hình 2. Lưới sai phân

2. Xử lý biên

Điều kiện ban đầu

Ở thời điểm ban đầu, cho vận tốc bằng 0, mực nước bằng mực nước tĩnh, nồng độ phù sa bằng nồng độ nền thật nhỏ hoặc bằng 0.

Điều kiện biên :

- Đối với bài toán tính dòng chảy, áp dụng điều kiện biên không thấm ($u_n=0$) ở bờ và dao động mực nước triều : $\zeta=f(t)$ ở biên lỏng.

- Đối với bài toán chuyển tải:

- Biên bờ: $\frac{\partial C}{\partial s} = 0$

- Biên lỏng: Khi nước từ ngoài vào miền tính: $C=C_0$ với C_0 là nồng độ biên cho trước. Khi nước chảy từ miền tính ra: $\frac{\partial^2 C}{\partial S^2} = 0$

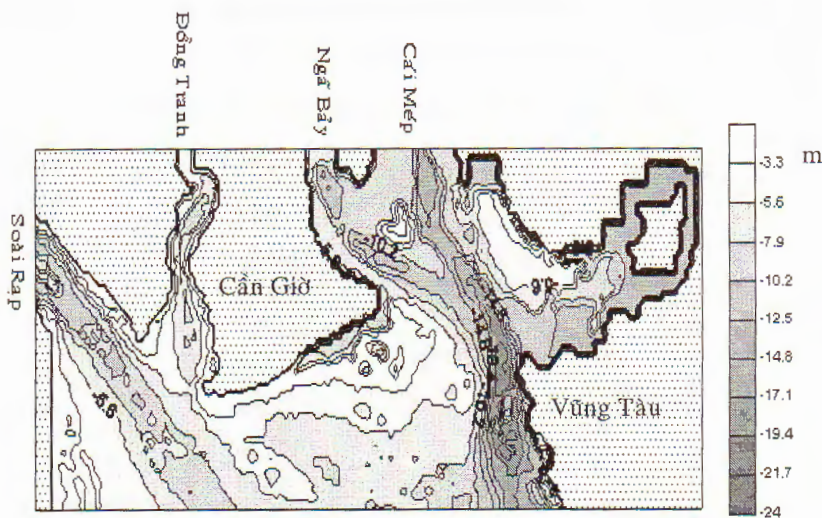
Tính toán đường bờ động

Việc tính toán các yếu tố thủy triều còn phụ thuộc vào lúc thủy triều lên hay xuống.

Khi thủy triều xuống, làm cho diện tích mặt nước giảm xuống, những vùng cạn sẽ hiện ra và không bị ngập nước. Khi đó, ta sẽ không tính tại những vùng đó (các ô lưới ở vùng đó được đóng lại). Giới hạn biên để tính toán sẽ được dời theo mực nước rút của thủy triều, nghĩa là mực nước thủy triều càng xuống thấp làm cho các vùng cạn trơ ra càng nhiều thì giới hạn của vùng tính toán càng nhỏ lại.

Khi thủy triều lên, những vùng cạn này lại dần dần ngập trong nước, các ô lưới tính toán của các vùng này lại được mở ra để tính. Giới hạn biên tính toán cũng sẽ lớn dần theo mực nước lên của thủy triều. Khi những vùng cạn mới bắt đầu ngập nước, những vùng này sẽ là những vùng biên mới thì ta cần có giá trị mực nước tại vùng này, ta sẽ gán giá trị mực nước và nồng độ của nó bằng với giá trị mực nước và nồng độ của vùng kế bên liền với nó.

VI. CÁC THÔNG SỐ SỬ DỤNG TRONG TÍNH TOÁN



Hình 3. Giới thiệu địa hình khu vực nghiên cứu

Lưới tính toán cho vùng biển Cần Giờ bao gồm 280 ô theo chiều ngang và 116 ô theo chiều thẳng đứng, với $\Delta x = \Delta y = 150\text{m}$; tham số Coriolis $f = 2\omega \sin\varphi$, với $\varphi = 10^\circ$, suy ra $f = 2,53 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ hệ số rối ngang $A = 100\text{m}^2/\text{s}$, hệ số ma sát đáy:

$$k = \frac{g}{C^2} = \frac{gn^2}{H^{1/3}} \quad \text{Với } n \text{ là hệ số nhám.}$$

Độ sâu h được lấy từ bản đồ phân bố độ sâu (h.3) [7]

Thời gian tính

Bài toán được tiến hành trong vòng 3 tháng với bước thời gian $\Delta t = 9\text{s}$.

Các điều kiện biên về dòng chảy:

Trên các biên lỏng, dao động mực nước được cho dưới dạng tổng hợp 11 sóng triều. Số liệu về các sóng được lấy từ [6,7,8]. Sau đây là một vài bảng số liệu:

Các điều kiện về nồng độ

Nồng độ ban đầu trên toàn miền tính: 0.015 kg/m^3

Nồng độ biên lỏng: Khi dòng chảy hướng vào miền tính, ta cho nồng độ ở các biên lỏng như sau [5,7]:

- Cửa biển: 0.02 kg/m^3
- Đồng Tranh: $2.418 - 0.052 \text{ kg/m}^3$
- Ngã Bảy: $0.08 - 0.02 \text{ kg/m}^3$
- Cái Mép: $0.08 - 0.02 \text{ kg/m}^3$
- Soài Rạp: $0.3 - 0.075 \text{ kg/m}^3$

Các thông số khác:

Dựa vào thành phần các chất hữu cơ từ các sông đổ ra biển Cần Giờ [4], theo tra cứu của Van-Rijn [3] và tham khảo thêm trong [10], ta chọn:

Bảng 1: Đặc điểm sóng tại trạm Soài Rạp

TT	Tên sóng	Biên độ (m)	Tần số (s^{-1})	Pha ban đầu (rad)
1	M2	0.8	0.000145	1.3
2	N2	0.089	0.000145	0.9632
3	S2	0.31	0.000145	1.6753
4	K2	0.153	0.000145	1.6753
5	K1	0.621	0.00007028	5.6751
6	O1	0.451	0.00007028	5.6751
7	P1	0.2	0.00007028	5.1751
8	Q1	0.092	0.00007028	6.4201
9	M4	0.015	0.000281	4.2567
10	M6	0.002	0.000421	1.2771
11	MS6	0.013	0.000281	5.2235

Bảng 2: Đặc điểm sóng tại trạm Đồng Tranh

TT	Tên sóng	Biên độ (m)	Tần số (s-1)	Pha ban đầu (rad)
1	M2	0.78	0.000145	1.39
2	N2	0.087	0.000145	1.0532
3	S2	0.312	0.000145	1.7653
4	K2	0.153	0.000145	1.7653
5	K1	0.621	0.0000702	5.3135
6	Q1	0.451	0.0000702	5.7651
7	P1	0.2	0.0000702	5.2651
8	Q1	0.099	0.0000702	6.5101
9	M4	0.015	0.000281	4.3466
10	M6	0.002	0.000421	1.3671
11	MS6	0.013	0.000281	5.7651

$$\tau_d = 0.06 \text{ N/m}^2; \quad \tau_e = 0.15 \text{ N/m}^2; \quad M = 0,00001 \text{ kg/sm}^2; \quad \nu = 1.011\text{E-}6 \text{ m}^2/\text{s}$$

Hệ số γ trong công thức : $w_{s,m} = (1 - C)^\gamma w_s$ được chọn = 4.

Khối lượng riêng trung bình của hạt: $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$

Khối lượng riêng của nước biển: $\rho_s = 1025 \text{ kg/m}^3$

V. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Các kết quả về mực nước, vận tốc và nồng độ phù sa lơ lửng được trình bày trong hình 4a,4b, 5a,5b.

Trên hình 4c là ảnh chụp từ vệ tinh [12] của bãi biển Cần giờ lúc triều rút cạn nhất vào ban đêm

Trên hình 5c là ảnh chụp từ vệ tinh [11] hình ảnh dòng phù sa đổ vào biển từ các cửa sông

a) Phân tích mực nước triều

Kết quả tính toán (hình 4a,4b) cho thấy khi triều rút cực đại, dọc ven bờ biển Cần Giờ mực nước rút ra xa trung bình khoảng 3 km, những khu vực mà mực nước rút xa nhất là ở bãi biển Ngọc Diệp 5,5 km, bãi bồi ở khu vực ngoài cửa sông Soài Rạp (về phía Tây Nam của vùng tính) 5 km. Ở bãi biển 30/4 khoảng 1,5 km.

Phân tích các kết quả tính toán và ảnh vệ tinh (h. 4c), ta thấy sự dao động đường bờ lúc nước lớn và lúc nước ròng trong một phạm vi khá lớn, điều này ảnh có hưởng nhiều đến tính toán dòng chảy, phù sa lơ lửng và bồi xói lòng dẫn cho vùng này.



Hình 4a. Lúc triều lên



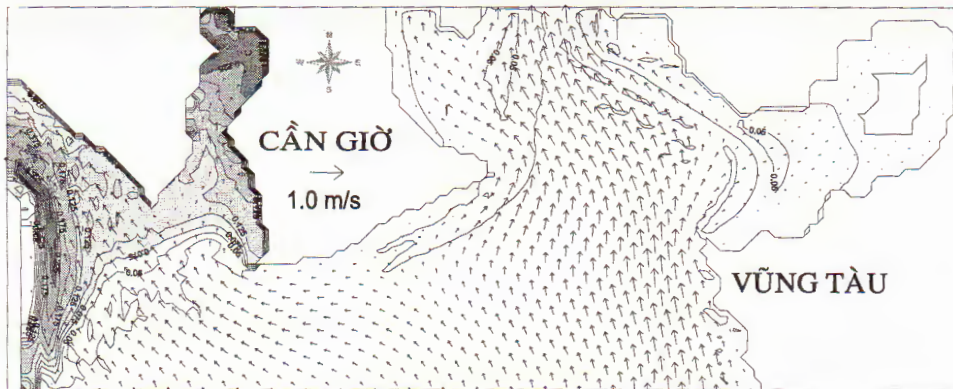
Hình 4b. Lúc triều Xuống



b) Phân tích phù sa lơ lửng

Nhìn chung nồng độ phù sa tập trung nhiều ở nhánh Đồng Tranh và Soài Rạp, có giá trị trong khoảng $0.1 - 0.2 \text{ kg/m}^3$. Trong khi đó nồng độ ở mũi Vũng Tàu tương đối thấp từ $0.025 - 0.05 \text{ kg/m}^3$. Điều này được lý giải do lượng phù sa từ thượng lưu đổ vào vùng tính từ phía sông Đồng Tranh và Soài Rạp cao, còn ở mũi Vũng Tàu chịu ảnh hưởng mạnh từ biên biển.

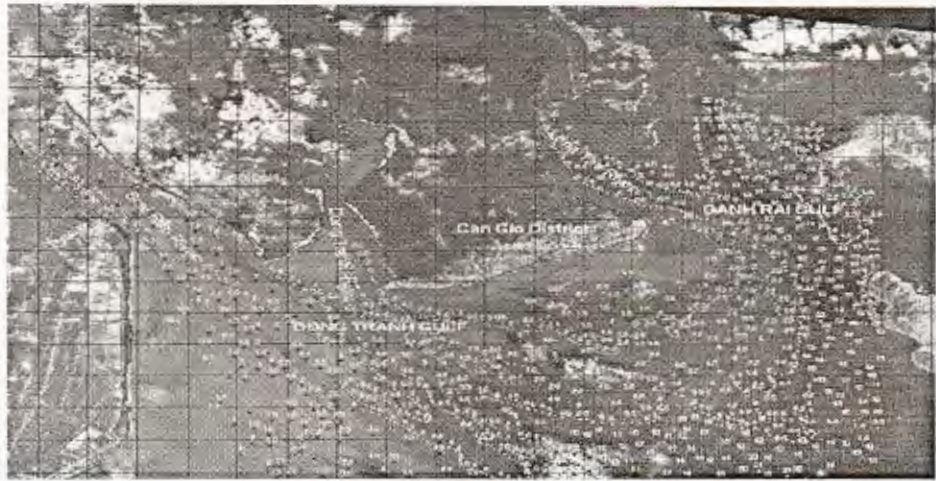
So sánh hình ảnh tính toán phù sa từ hình 5a, 5b với hình chụp được từ viễn thám, thấy các kết quả tính toán là tương đối phù hợp.



Hình 5a. Kết quả tính toán lúc triều lên



Hnh 5b. Kết quả tính toán lúc triều xuống



Hình 5c. Ảnh vệ tinh (9 / 2 / 2003) ([11])

Hình 5. Sự tập trung phù sa vùng ven biển Cần Giờ.

c) Tình hình

sự cân bằng vật chất tương đối trong vùng tính. Nhìn một cách tổng thể thì vùng biển Cần Giờ vẫn được xem là vùng bồi tụ trầm tích.

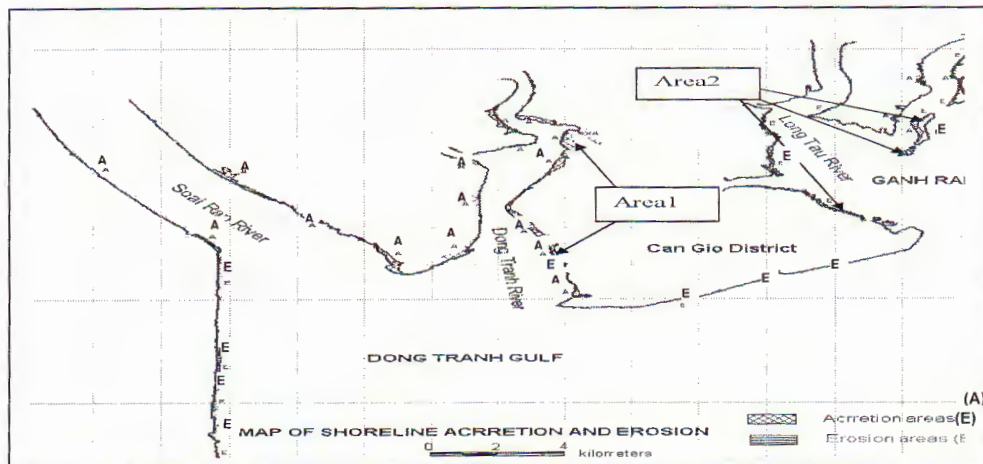
So sánh với phân tích tình hình bồi xói trong ảnh 6c [11], ta thấy các kết quả tính toán đã đánh giá được tình hình và khả năng bồi xói trong khu vực biển Cần Giờ.



Hình 6a. Kết quả tính toán



Hình 6b. Kết quả tính toán



Hình 6c. Kết quả phân tích những khu vực bồi xói qua ảnh vệ tinh, từ 1992-2003 (theo Bùi Trọng Vinh và Ichiro Deguchi, [11])

Hình 6. Sự thay đổi đáy biển Cần Giờ

VI KẾT LUẬN

Từ việc so sánh các hình ảnh vệ tinh về kích thước bãi triều, phù sa trong vùng tính toán, số liệu thực đo hàm lượng phù sa lơ lửng với kết quả tính được từ mô hình cho thấy rằng mô hình tính toán có độ tin cậy và nếu bổ sung tính toán thêm ảnh hưởng của sóng thì ta có khả năng áp dụng trong thực tế để tính toán. Đây là cách làm ít tốn kém và rất tiện lợi

Lời Cám ơn: Các tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ về mặt tài chính của chương trình CCCB Nhà nước 2006

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Đặng Công Minh, Nguyễn Hữu Nhân;** “Thủy triều biển Đông”, Chương trình NC cấp Nhà nước KT.03, đề tài KT.03.03, (1993).
2. **Leo C. van Rijn,** “Handbook- Sediment Transport by Currents and waves”.Delft Hydraulic June 1989.
3. **Leo C. van Rijn,**...Principles of Sediment Transport in rivers, estuaries and coastal seas”. Delft Hydraulic June 1993.
4. **Lê Trình,** “Nghiên cứu khả năng tác động của công nghiệp hoá, đô thị hoá , giao thông thủy đến môi trường Cần Giờ”. Đề tài cấp sở KH-CN & MT tp HCM(2001)
5. **Lê Quang Toại, Nguyễn Thế Hào, (1995),** Tính toán phân bố phù sa lơ lửng vùng cửa sông Soài Rạp, Báo cáo đề tài khoa học cấp Tổng cục, Tổng cục khí tượng
6. **Phan Văn Hoạch, Nguyễn Hữu Nhân.** “Nghiên cứu xâm nhập mặn trên sông Đòng Nai phục vụ nhà máy nước 100.000m³/ ngày”. Tổng cục Khí tượng thủy văn, Phân viện khí tượng thủy văn tại TPHCM, 1993.
7. **Phan Văn Hoạch (2004),** Báo cáo đề tài: “Nghiên cứu tương tác động lực học biển – sông ven biển Cần Giờ phục vụ xây dựng cơ sở hạ tầng cho du lịch TP. Hồ Chí Minh”, Sở Khoa học và Công nghệ thành phố Hồ Chí Minh, Tp Hồ Chí Minh.
8. **Trung tâm Khí tượng thủy văn phía Nam (2000),** “Vai trò của thủy triều trong vấn đề ngập lụt tại tp HCM”, tp HCM 12/2000.
9. **Ủy ban nhân dân tp HCM, Liên hiệp các hội khoa học và kỹ thuật.** “Những luận cứ khoa học làm cơ sở cho việc cải tạo bãi biển Cần Giờ thành khu bãi tắm, nghỉ ngơi, giải trí”, tp. HCM, 2001.

10. **U.Lumborg,A.Windelin.** “Hydrography and cohesive sediment modelling: application to the Romo Dyb tidal area”. J. of Marine systems, 38(2003) p.287-303.
11. **Bui Trong Vinh, Ichiro DEGUCHI (2004),** The potential application of remote sensing & gis and numerical models to investigate coastal process in Can Gio region (Saigon river mouth – South Vietnam), Faculty of Geology & Petroleum, HoChiMinh City University of Technology, Ho Chi Minh City 2004
12. **Ủy ban nhân dân Tp.HCM, Liên hiệp các hội khoa học và kỹ thuật.** “Những luận cứ khoa học làm cơ sở cho việc cải tạo bãi biển Cần Giờ thành khu bãi tắm, nghỉ ngơi, giải trí”, Tp.HCM, 2001.
13. **Viện Hải dương học Quốc gia Nga.** Bản tra cứu hải dương học. NXB Thủy văn, Leningrad, 1975, (tiếng Nga).
14. **V. M. Radikevich.** Khí động lực học dành cho các nhà Hải dương học. NXB Thủy văn, Leningrad, 1985

STUDY ON THE TENDENCY OF ACCRETION AND EROSION IN THE CAN GIO COASTAL ZONE

NGUYEN THI BAY⁽¹⁾, NGUYEN KY PHUNG⁽²⁾

Summary: This paper presents the studies on the numerical models to simulate the currents, sediment transport by tide and wind. The results from the models are used to estimate the tendency of accretion and erosion in the Can Gio coastal zone. The basic theory in the numerical models is Reynolds equation system combined with the sediment transport equation and the conservation equation for sediment mass. The computational results of the mass concentration of sediment and the tendency of accretion and erosion in the studied area are in agreement with the satellite photos.

Ngày nhận bài: 09 - 10 - 2007

Địa chỉ:

Người nhận xét: TS. Nguyễn Bá Xuân

⁽¹⁾ Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia
Tp. Hồ Chí Minh.

⁽²⁾ Đại học KHTN, Đại học Quốc gia
Tp. Hồ Chí Minh.