

THIẾT LẬP MÔ HÌNH VẬN CHUYỂN Bùn CÁT HỖN HỢP THEO KHÔNG GIAN MÔ PHỎNG DIỄN BIẾN HÌNH THÁI LÒNG DẪN TẠI CỬA SÔNG SOÀI RÁP BẰNG TELEMAR-2D

Lê Ngọc Anh^{1,2}, Hoàng Trung Thống², Ngô Bảo Châu²

Tóm tắt: Thiết lập mô hình vận chuyển bùn cát có đặc tính bùn cát biến đổi phức tạp theo không gian là vấn đề cần đặt ra trong nghiên cứu động lực bùn cát và hình thái vùng cửa sông. Bằng cách tận dụng thế mạnh của mô hình toán mã nguồn mở Telemac, nghiên cứu đã thay đổi cấu trúc đáy phù hợp với đặc tính vật lý lòng dẫn thông qua áp đặt giá trị $(ES_1, ES_2) = f(f_1, f_2, n, ES)$ để mô phỏng vận chuyển bùn cát theo đặc tính hỗn hợp (mixed sediment) trong sông và rời (non-cohesive sediment) phía ngoài biển áp dụng cho cửa sông Soài Ráp. Mô hình được thiết lập có độ tin cậy cao với sai số về hàm lượng bùn cát lơ lửng MSE từ 0,001 - 0,013. Kết quả mô phỏng sau 1 năm cho thấy, tại cửa Soài Ráp, ngay giữa dòng chủ lưu xuất hiện các hố xói có chiều sâu xói từ 0,3 - 1,0m; lượng xói đó được dòng chảy mang ra xa biển và hình thành nên các lồi cát có chiều cao bồi thêm từ 0,3 - 0,4m.

Từ khóa: Cửa sông Soài Ráp, Telemac, Sisyph, mô hình vận chuyển bùn cát hỗn hợp.

1. GIỚI THIỆU

Nghiên cứu quá trình biến đổi hình thái cửa sông là những thông tin cần thiết cho việc hoạch định các chiến lược quản lý tài nguyên nước. Phương pháp mô hình toán số được sử dụng phổ biến trong những nghiên cứu gần đây bởi khả năng xây dựng kịch bản phong phú, chi phí thấp, thời gian mô phỏng nhanh, phạm vi tính toán rộng so với phương pháp mô hình vật lý vốn rất khó đạt được các điều kiện tương tự về bùn cát. Nhiều nghiên cứu mô phỏng diễn biến lòng dẫn tại vùng HLSĐN bằng mô hình toán số với đặc tính bùn cát rời (Nguyễn Đức Vượng, et al., 2005; Nguyễn Thế Biên, et al., 2012), hoặc đặc tính bùn dính (Nguyễn Thị Bảy, et al., 2006; Nguyễn Thị Bảy, et al., 2012; Lê Mạnh Hùng, et al., 2015; Trần Bá Hoàng, et al., 2014; Bùi Trọng Vinh, 2016) là tiền đề cho các nghiên cứu sau này. Tuy nhiên, đặc tính bùn cát tại mỗi khu vực thường không giống nhau, khu vực sông và cửa sông thể hiện đặc tính bùn dính trong khi khu vực ngoài biển lại mang đặc tính rời. Chính vì thế, việc mô phỏng quá trình vận chuyển bùn cát tại các khu vực có đặc tính bùn cát biến đổi phức tạp theo không gian cần linh hoạt.

Như vậy, mục tiêu của nghiên cứu này là thiết lập mô hình vận chuyển bùn cát hỗn hợp thay đổi theo không gian dựa trên việc áp đặt chiều dày cát

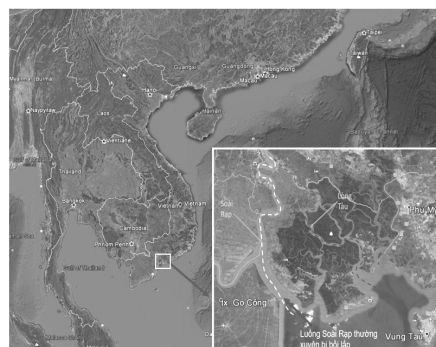
và bùn theo quan hệ $(ES_1, ES_2) = f(f_1, f_2, ES, n)$ bằng mô hình mã nguồn mở Telemac-2d ứng dụng tại khu vực cửa sông Soài Ráp. Cửa sông Soài Ráp nằm trong vùng hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai (HLSĐN) có diện tích lưu vực 40.700 km². Sông Soài Ráp là một nhánh của hệ thống HLSĐN, dài 45 km đi qua các xã Phú Xuân (H.Nhà Bè), xã Bình Khánh (H.Cần Giơ) và đổ ra biển Đông tại cửa Soài Ráp có chiều rộng ngang sông khoảng 2.420 m, cao trình đáy sông biến đổi từ -32,0m đến -8,0 m (Hình 1).

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Lý thuyết vận chuyển bùn cát hỗn hợp

2.1.2. Phương trình vận chuyển bùn cát hai chiều đối với bùn cát lơ lửng trung bình theo phương thẳng đứng $C = C(x, y, t)$

$$\frac{\partial C_k}{\partial t} + \frac{\partial (hUC_k)}{\partial x} + \frac{\partial (hVC_k)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(h\epsilon_s \frac{\partial C_k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(h\epsilon_s \frac{\partial C_k}{\partial y} \right) + E^k - D^k$$
$$(E^k - D^k)_{Z_{ref}} = \omega_s (C_{eq}^k - C_{ref}^k)$$



Hình 1. Cửa sông Soài Ráp

¹ NCS. Trường ĐH Bách Khoa Tp.HCM

² Trường Đại học Tài nguyên & Môi trường Tp.HCM

Hệ số k đại diện cho thành phần hạt k = 1, 2 đại diện cho hạt cát và bùn.

$h = Z_s - Z_f \approx Z_s - Z_{ref}$ là chiều sâu nước, giả thiết chiều dày của lớp bùn cát đáy rất mỏng; (U,V) là vận tốc trung bình theo phương x, y; E: suất xói lở (kg/m²/s); D: suất bồi tụ (kg/m²/s), (E - D) là lượng trữ của trầm tích lơ lửng; C_{eq} là nồng độ bùn cát ở trạng thái cân bằng sát đáy; C_{ref} là nồng độ bùn cát sát đáy.

Sự phân phối hàm lượng bùn cát lơ lửng tuân theo quy luật của Rouse:

$$C(z) = C_{Z_{ref}} \left(\frac{z-h}{z} \cdot \frac{a}{a-h} \right)^R$$

với $R = \frac{W_s}{\kappa u_*}$ là hằng số Rouse

✚ Sự thay đổi đáy của lòng dẫn được tính toán dựa trên sự cân bằng khối lượng giữa lưu lượng bồi/xói.

$$(1-\lambda) \frac{\partial z_b}{\partial t} + (E-D)_{z=Z_{ref}} = 0$$

Trong đó: λ là hệ số độ rỗng, z_b cao trình đáy

Ứng xử trong mô phỏng bùn cát hỗn hợp

Tỷ lệ phần trăm khối lượng của bùn trên một lớp $f_{2j} = M_{s_j}^2 / (M_{s_j}^1 + M_{s_j}^2)$ được sử dụng để xác định ứng suất đáy tới hạn trung bình trên mỗi lớp τ_{ce_j} và lưu lượng bồi/xói tương ứng.

Ứng suất đáy tới hạn trung bình

- Với $f_{2j} \leq 30\%$ (cát chiếm tỷ lệ lớn), vận chuyển bùn cát dựa trên đặc tính rời (non-cohesive sediment), khi đó $\tau_{ce_j} = \tau_{ce_j}^1$ (với $\tau_{ce_j}^1$ ứng suất tới hạn của cát).

- Với $f_{2j} \geq 50\%$ (bùn chiếm tỷ lệ lớn), vận chuyển bùn cát dựa trên đặc tính dính của bùn (cohesive sediment), khi đó $\tau_{ce_j} = \tau_{ce_j}^2$ (với $\tau_{ce_j}^2$ ứng suất tới hạn của bùn). Ứng suất xói tới hạn được xác định bằng thí nghiệm.

- Với $30\% \leq f_{2j} \leq 50\%$ thể hiện đặc tính bùn hỗn hợp và ứng suất tới hạn trung bình được tính theo nội suy tuyến tính như sau:

$$\tau_{ce_j} = \tau_{ce_j}^1 + \frac{(f_{2j} - 0,3)(\tau_{ce_j}^2 - \tau_{ce_j}^1)}{0,5 - 0,3}$$

Lưu lượng xói trung bình trên mỗi lớp \overline{E}_j

Lưu lượng xói trung bình trên một lớp \overline{E}_j được xác định như sau:

➤ Với $f_{2j} \leq 30\%$, lưu lượng xói được tính:

$$\overline{E}_j = E_j^1 = \begin{cases} w_{s1} \cdot C_{eq} \cdot f_{1j}; (\tau_b > \tau_{ce_j}) \\ 0; (\tau_b \leq \tau_{ce_j}) \end{cases}$$

Với f_{1j} là phần trăm thể tích của cát chứa trong một lớp, τ_b là ứng suất tổng tại đáy được tính theo $\tau_b = 0,5\rho C_f (U^2 + V^2)$; C_f là hệ số ma sát tổng.

➤ Với $f_{2j} \geq 50\%$, lưu lượng xói được tính:

$$\overline{E}_j = E_j^2 = \begin{cases} M \left[\left(\frac{\tau_b}{\tau_{ce_j}} \right) - 1 \right]; (\tau_b > \tau_{ce_j}) \\ 0; (\tau_b \leq \tau_{ce_j}) \end{cases}$$

Với M(kg/m²/s) là hằng số xói Krone-Partheniades

➤ Với $30\% \leq f_{2j} \leq 50\%$, lưu lượng xói được tính dựa trên nguyên tắc nội suy tuyến tính và được tính như sau:

$$\overline{E}_j = E_j^1 + \frac{(f_{2j} - 0,3)(E_j^2 - E_j^1)}{0,5 - 0,3}$$

Lượng bồi trên mỗi lớp

➤ Đối với cát:

$$D^1 = w_{s1} \cdot T_2$$

Với T_2 là tỷ số giữa hàm lượng bùn cát sát đáy và hàm lượng bùn cát trung bình được tính theo quy luật Rouse.

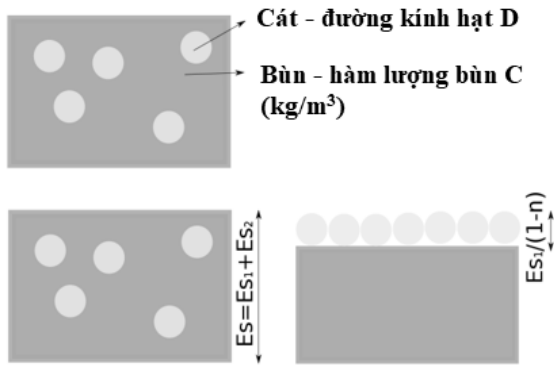
➤ Đối với bùn:

$$D^2 = w_{s2} \left[1 - \left(\frac{T_1}{u_{*mud}^{cr}} \right)^2 \right]$$

Với u_{*mud}^{cr} (m/s) là vận tốc tới hạn bồi sát đáy của bùn và $T_1 = \sqrt{\tau_b / \rho}$

2.2. Xây dựng công thức quan hệ (ES₁, ES₂) = f(f₁, f₂, n, ES)

Gọi M₁, M₂ là khối lượng tương ứng của cát và bùn trong khối đất; f₁, f₂ là tỷ lệ khối lượng tương ứng của cát và bùn; n: là độ rỗng giữa các hạt cát. Do kích thước các hạt bùn nhỏ nên bỏ qua độ rỗng giữa các hạt bùn (Hình 2).



Hình 2. Cấu tạo lớp bùn cát hỗn hợp

Ta có:

$$M_1 = \rho \cdot (1-n) \cdot ES_1 ; M_2 = C \cdot ES_2$$

ρ : khối lượng riêng của cát (2.650 kg/m^3); C : hàm lượng bùn (kg/m^3)

$$f_1 = \frac{M_1}{M_1 + M_2} ; f_2 = \frac{M_2}{M_1 + M_2}$$

$$\Rightarrow \frac{M_2}{M_1} = \frac{f_2}{f_1} \Leftrightarrow \frac{C \cdot ES_2}{\rho(1-n)ES_1} = \frac{f_2}{f_1}$$

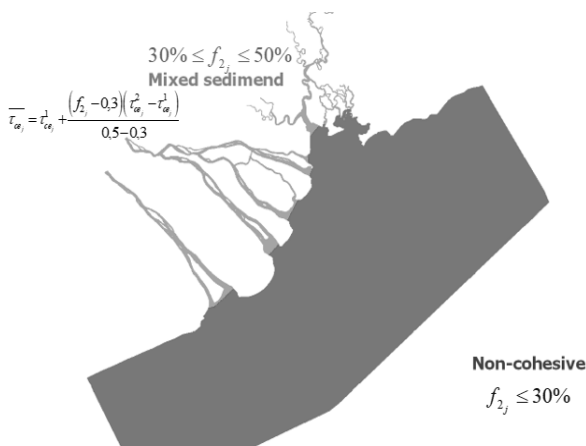
Cho trước chiều dày của lớp đất ES ta chứng minh được quan hệ sau:

$$\frac{C \cdot ES_2}{\rho(1-n)ES_1} = \frac{f_2}{f_1} \Leftrightarrow \frac{C \cdot ES_2}{\rho(1-n)(ES - ES_2)} = \frac{f_2}{f_1}$$

$$\Rightarrow ES_2 = \frac{f_1 \cdot f_2 (1-n) ES}{C \cdot f_1 + f_1 \cdot f_2 (1-n)}$$

$$\Rightarrow ES_1 = ES - ES_2 = \frac{C \cdot f_1}{C \cdot f_1 + f_1 \cdot f_2 (1-n)} ES$$

Hình 3: Minh họa sự thay đổi đặc tính bùn cát theo không gian ứng dụng tại cửa sông Soài Rạp.



Hình 3. Đặc tính bùn cát thay đổi theo không gian

2.3. Thiết lập mô hình

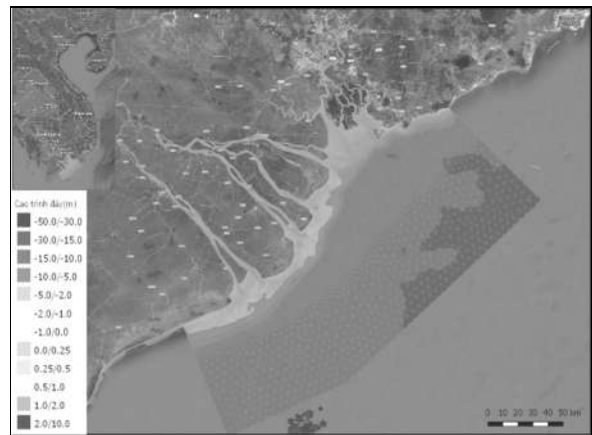
2.3.1. Mô hình Telemac

Hệ thống mô hình Telemac do Phòng Thí Nghiệm Thủy Lực và Môi Trường Quốc Gia thuộc trung tâm quốc gia nghiên cứu Thủy lực của Điện Lực Pháp (EDF) phát triển từ năm 1987. Đây là mô hình có khả năng mô phỏng quá trình thủy động lực, vận chuyển bùn cát và hình thái sông/biển, chất lượng nước ứng dụng cho hồ chứa, sông, cửa sông, ven biển, đại dương. Telemac là mô hình mã nguồn mở, hỗ trợ tính toán song song và hoàn toàn miễn phí.

Trong nghiên cứu này, mô hình Telemac2d – Sisyphe – Tomawac được kết nối để mô phỏng quá trình vận chuyển bùn cát; trong đó, mô hình Telemac-2d đóng vai trò là hạt nhân trao đổi các thông tin về thủy lực với các mô hình Sisyphe và Tomawac.

2.3.2. Sơ đồ mạng lưới thủy lực

Miền tính bao gồm sông Soài Rạp và sông Mekong được xây dựng bởi 154.459 phần tử tam giác, với 84.903 nút. Kích thước lưới nhỏ nhất từ 22 – 100m áp dụng cho sông và vùng cửa sông; vùng tiếp giáp giữa cửa sông và biển Đông có kích thước lưới từ 200 – 600m, ngoài biển Đông có kích thước 800 – 12.700m. Hình 4 thể hiện sơ đồ mạng lưới thủy lực.



Hình 4. Sơ đồ mạng lưới thủy lực

2.3.3. Telemac-2d

Lưu lượng biên thượng lưu được lấy tại trạm Cần Thơ (sông Hậu), trạm Mỹ Thuận (sông Tiền), Hồ Trị An (sông Đồng Nai) và Hồ Dầu Tiếng (sông Sài Gòn). Biên hạ lưu cách cửa Soài Rạp 120km gồm mực nước (Z) và thành phần vận tốc trung bình (U, V) theo hai phương X, Y được áp đặt trên biên hở ngoài biển. Các giá trị Z, U, V được xem là tổng của nhiều thành phần sóng khác nhau và được biểu diễn theo phương trình sau:

$$F_i(M,t) = f_i(t) A_{F_i}(M) \times \cos\left(2\pi \frac{t}{T_i} - \varphi_{F_i}(M) + u_i^0 - v_i(t)\right)$$

$$h = \sum_i h_i - z_b + z_{mean}; U = \sum_i U_i; V = \sum_i V_i$$

Trong đó: $F(M,t)$ = độ sâu nước (h), thành phần vận tốc theo phương ngang U, V, Z_b là cao trình đáy, Z_{mean} là mực nước biển hiệu chỉnh, $f_i(t)$ là hệ số suy biến, $u_i^0, v_i(t)$ là pha tại thời điểm $t = 0$ và t . $A_{F_i}(M)$, $\varphi_{F_i}(M)$ là các hằng số điều hòa được đọc vào từ dữ liệu triều (TPXO).

Qui luật ma sát Manning được áp dụng với hệ số ma sát từ 0,018 – 0,025.

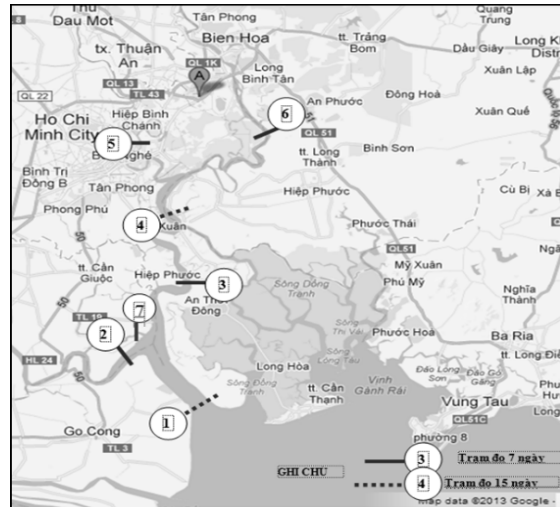
2.3.4. Sisyphé

Thành phần hạt bùn cát trên sông Soài Rạp rất không đồng đều và phức tạp bao gồm từ cuội sỏi đến bùn, sét có đường kính chủ yếu là các loại hạt có đường kính $d = 0,01 - 10,0\text{mm}$ (Hoàng Văn Huân, et al., 2005). Trong nghiên cứu này, cấu trúc đáy được thiết lập ở dạng bùn cát hỗn hợp gồm hai thành phần hạt cát ($d = 0,32.10^{-3}\text{m}$) và bùn ($d = 0,025.10^{-3}\text{m}$), chiều dày lớp cát (ES1) và lớp bùn (ES2) trên mỗi lớp thay đổi theo không gian bằng cách thay đổi lại hàm “INIT_COMPO_COH” dựa trên quan hệ (ES_1, ES_2) = $f(f_1, f_2, n, ES)$ sao cho khu vực trong sông thể hiện đặc tính bùn hỗn hợp ($30\% \leq f_2 \leq 50\%$), còn khu vực biển Đông thể hiện đặc tính bùn rời ($f_2 \leq 30\%$). Hàm lượng bùn cát lần lượt trên các lớp là $C_1 = 150$; $C_2 = 250$ (kg/m^3). Ứng suất tới hạn bồi $\tau_b = 1000\text{Pa}$; ứng suất tới hạn xói trên các lớp $\tau_{ce1} = 0,021(N/m^2)$ $\tau_{ce2} = 0,25(N/m^2)$.

Theo dữ liệu đo đạc của (McLachlan R. L., et al., 2017) trên sông MeKong, vận tốc lắng biến đổi từ 0,01 – 1,0 mm/s phụ thuộc vào thời kỳ triều cao và thấp và dòng chảy theo mùa trong sông. Trong nghiên cứu này, vận tốc lắng của hạt được chọn $v_s = 0,15$ mm/s và $v_s = 0,035$ mm/s tương ứng với thành phần cát và bùn. Active layer được thiết lập 0,05 m và bước thời gian mô phỏng 45s.

2.4. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

6 trạm đo vận tốc của dòng chảy và hàm lượng bùn cát trên sông Soài Rạp được dùng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình, sơ đồ vị trí Hình 5.



Hình 5. Sơ đồ tuyến đo vận tốc dòng chảy và hàm lượng bùn cát lơ lửng tại sông Soài Rạp

2.4.1. Vận tốc dòng chảy

Vận tốc dòng chảy là yếu tố quan trọng nhất và ảnh hưởng trực tiếp đến kết quả mô phỏng quá trình vận chuyển bùn cát trên sông và cửa sông.

Kết quả hiệu chỉnh cho kết quả khá tốt, sai số quân phương (MSE) từ 0,08 – 0,15, ME từ 0,05 – 0,22 và MAE từ 0,15 – 0,32. Sai số vận tốc tại một số vị trí còn chưa tốt như tại trạm TV5 (sông Đồng Nai xa cửa Soài Rạp), MAE là 0,322 (xem Bảng 1).

2.4.2. Hàm lượng bùn cát (SSC)

SSC được hiệu chỉnh trong mùa kiệt 04/2014 và kiểm định lại trong mùa lũ 11/2013. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định tại các trạm TV1, TV2, TV3, TV4, TV5, TV6 được thể hiện tại Bảng 1, Hình 6. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định cho thấy sai số quân phương rất nhỏ MSE từ 0,001 – 0,013, sai số trung bình MAE từ 0,014 – 0,128. Như vậy, kết quả mô phỏng rất tốt cho thấy mô hình có độ tin cậy cao.

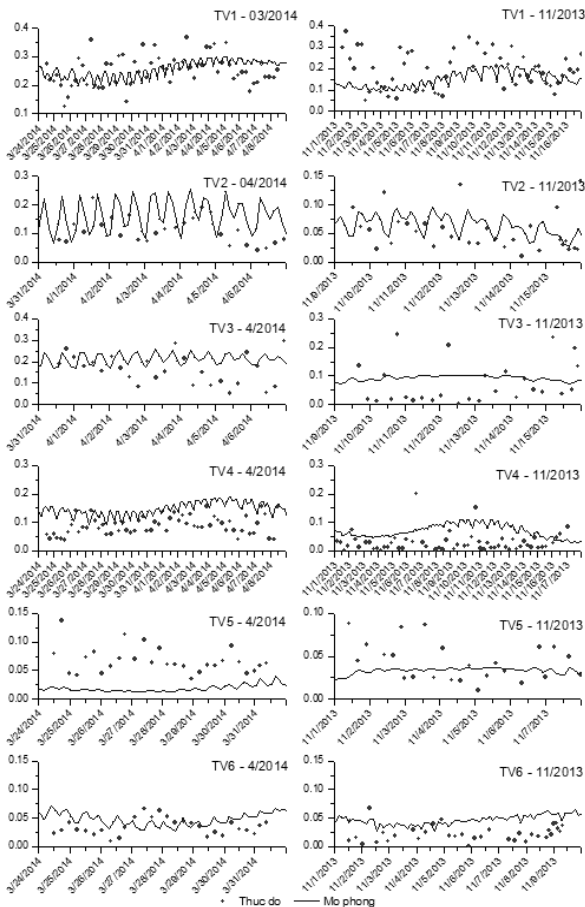
Bảng 1. Kết quả hiệu chỉnh vận tốc tại 6 trạm đo trên sông Soài Rạp

Vị trí	Sai số		ME	MAE	MSE
	Max	Min			
TV1	0,078	0,001	0,066	0,152	0,118
TV2	0,046	0,011	0,055	0,154	0,079
TV3	0,083	0,043	0,105	0,308	0,086
TV4	0,343	0,010	0,205	0,217	0,104
TV5	0,409	0,032	0,226	0,322	0,151
TV6	0,091	0,001	0,127	0,294	0,085

ME: sai số tuyệt đối trung bình, MAE: sai số trung bình, MSE: sai số quân phương

Bảng 2. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định hàm lượng bùn cát

Vị trí	Sai số		ME	MAE	MSE
	Max	Min			
Hiệu chỉnh (04/2014)					
TV1	0,076	0,147	0,128	0,128	0,003
TV2	0,020	0,101	0,041	0,055	0,002
TV3	0,030	0,171	0,098	0,105	0,005
TV4	0,003	0,020	0,003	0,027	0,001
TV5	0,004	0,003	0,018	0,031	0,001
TV6	0,007	0,028	0,009	0,014	0,000
Kiểm định (11/2013)					
TV1	0,046	0,373	0,068	0,099	0,013
TV2	0,010	0,085	0,040	0,044	0,001
TV3	0,012	0,148	0,011	0,059	0,005
TV4	0,047	0,099	0,047	0,054	0,001
TV5	0,010	0,011	0,019	0,033	0,001
TV6	0,019	0,135	0,005	0,018	0,001



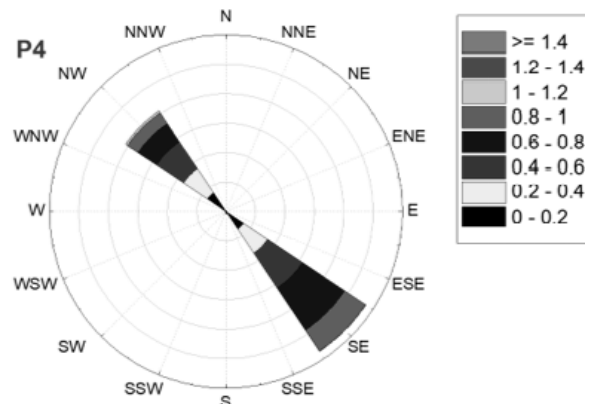
Hình 6. Hiệu chỉnh và kiểm định hàm lượng bùn cát tại trạm TV1, TV2, TV3, TV4, TV5, TV6

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Dòng chảy

Dòng chảy vào, ra cửa sông Soài Rạp chịu

tương tác động lực giữa sông và biển. Dòng chảy trong sông (nước ngọt) hình thành từ các quá trình thủy văn và phụ thuộc vào yếu tố mật độ trên lưu vực, nó chỉ chảy theo một chiều ra biển gọi là dòng dương. Dòng chảy từ biển chủ yếu là do dòng triều (nước mặn) chảy theo hai chiều: (1) chảy từ biển vào các hệ thống sông bên trong khi triều lên gọi là dòng âm, (2) chảy từ sông ra biển gọi là dòng dương khi triều rút. Khi triều rút, lượng dòng chảy dương là tổng của nước ngọt và nước mặn đã tích trong sông nên vận tốc dòng chảy theo chiều dương lớn hơn so với chiều âm. Hình 7 cho thấy dòng chảy theo chiều dương (ra biển) có giá trị lớn hơn và tần suất xuất hiện nhiều hơn so với chiều ngược lại. Tại cửa Soài Rạp (P1, P2, P3, P4), vận tốc dòng chảy lớn nhất có thể đạt 1,65 m/s, vận tốc trung bình đạt 0,52 m/s.



Hình 7. Vận tốc dòng chảy tại cửa sông Soài Rạp

Vận tốc dòng chảy trong kỳ triều cường lớn hơn so với kỳ triều kém (Hình 8). Do tác động nghịch của dòng chảy từ sông với dòng triều nên khi triều lên, vận tốc dòng chảy trong mùa lũ nhỏ hơn so với mùa kiệt; ngược lại khi triều xuống, vận tốc dòng chảy trong mùa lũ lớn hơn so với mùa kiệt (Hình 8).

Hàm lượng bùn cát

SSC trong thời kỳ triều cường lớn hơn so với kỳ triều kém. Trong mùa kiệt, ảnh hưởng của triều mạnh, SSC có giá trị lớn nhất từ $0,2 \div 0,50 \text{ kg/m}^3$ ngay tại vị trí cửa sông từ P3 đến P4; sang mùa lũ bùn cát được dòng chảy trong sông đẩy xa ra cửa sông SSC đạt giá trị lớn nhất từ $0,05 \div 0,60 \text{ kg/m}^3$ phạm vi từ P1 đến P3 (Hình 10).

Trong kỳ triều cường, tại vị trí cửa sông (P4) hàm lượng bùn cát đạt giá trị lớn nhất tại 1/7 sườn triều xuống và đạt giá trị nhỏ nhất khoảng 1/2 sườn triều lên; Trong kỳ triều kém, hàm lượng bùn cát lớn nhất tại chân triều. Trong kỳ triều

kém, động lực triều suy yếu do đó tương tác dòng chảy giữa sông và biển khác cân bằng, giao động SSC không cho thấy sự phân biệt rõ giữa chân và đỉnh (Hình 9).

Hình thái lòng dẫn

Hình 11 mô tả sự thay đổi của đáy tại khu vực cửa sông Soài Rạp trong một năm. Kết quả mô phỏng cho thấy có sự hình thành các lưỡi cát tại vùng cửa sông theo mùa. Mùa kiệt là giai đoạn tích lũy bùn cát tại các khu vực thượng lưu và được dòng chảy mang dần ra biển, tốc độ dịch chuyển chậm. Sang đến mùa lũ, vận tốc dòng chảy trong sông mạnh, kết hợp với dòng triều tạo thành dòng kết hợp với vận tốc lớn gây xói mạnh ở dòng chủ lưu và đẩy khối bùn cát đi về phía cửa sông rồi ra biển.

Kết quả mô phỏng sau 1 năm cho thấy, ngay giữa dòng chủ lưu xuất hiện các hố xói có chiều sâu xói từ 0,3 - 1,0m; lượng xói đó được dòng chảy mang ra xa biển và hình thành nên các lưỡi cát có chiều cao bồi thêm từ 0,3 - 0,4m.

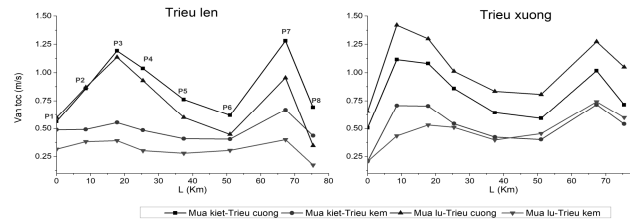
Kết luận và thảo luận

Mô phỏng vận chuyển bùn cát hỗn hợp theo hướng áp đặt linh hoạt đặc tính của bùn cát từ sông ra biển là cách tiếp cận phù hợp đối với bài toán có miền tính rộng với đặc tính bùn cát biến đổi phức tạp theo không gian.

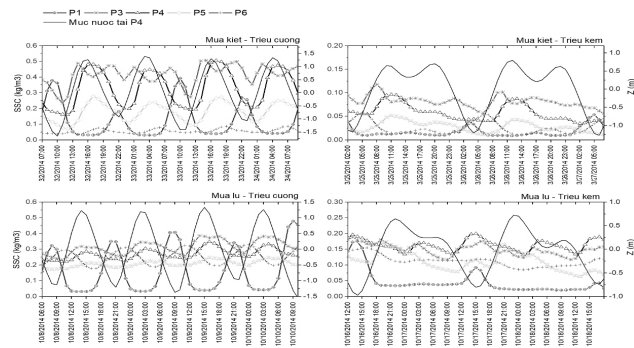
Mô hình được hiệu chỉnh và kiểm định đầy đủ các yếu tố thủy lực và bùn cát, có độ tin cậy cao thông qua việc lựa chọn các thông số vật lý và thông số toán học theo nguyên tắc: (1) các thông số vật lý như độ nhám thủy lực, kích thước hạt, vận tốc lắng, ứng suất đáy tới hạn... cần phải đảm bảo không sai khác quá lớn so với thực nghiệm; (2) các thông số về toán số cần được đảm bảo cho sự ổn định của sơ đồ toán số.

Kết quả cho thấy, vận chuyển bùn cát tại cửa sông Soài Rạp chịu sự chi phối của triều Biển Đông và chế độ dòng chảy theo mùa. Trong mùa kiệt, lượng bùn cát cùng với lưu lượng dòng chảy nhỏ nên phần lớn bùn cát sẽ tích trữ tại đây, chúng được mang đi dần về phía cửa sông vào mùa lũ cùng với sự tăng lên của dòng chảy lũ. Kết quả là hình thành các lưỡi cát phía cửa sông và lan dần ra đến biển.

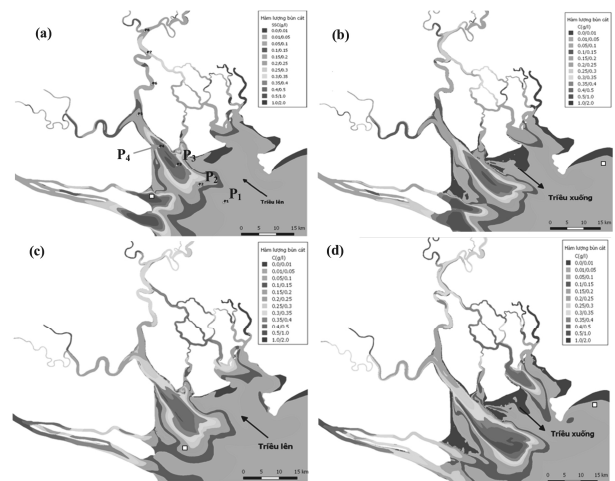
Giao động hàm lượng bùn cát tại vùng cửa sông trong các kỳ triều theo mùa và sự biến đổi hình thái cửa sông Soài Rạp trong một năm cho thấy sự phù hợp với quy luật vận chuyển bùn cát chung của các cửa sông chịu ảnh hưởng của thủy triều và yếu tố mùa sâu sắc.



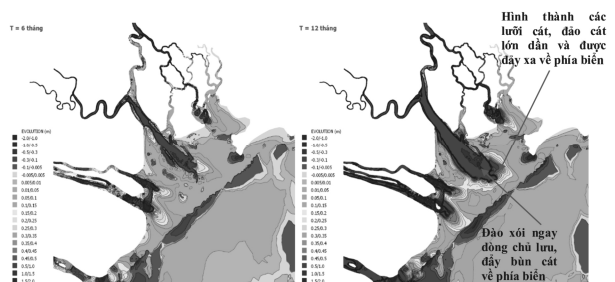
Hình 8. Vận tốc dòng chảy trên sông Đồng Nai từ điểm P1 – P8



Hình 9. SSC tại một số vị trí cửa sông trong mùa kiệt và lũ vào các kỳ triều



Hình 10. SSC trong kỳ triều cường khi vận tốc dòng chảy tại P₄ (tại cửa Soài Rạp) đạt giá trị lớn nhất. (a, b) vào mùa kiệt, (c, d) vào mùa lũ.



Hình 11. Quá trình biến đổi hình thái lòng dẫn sau 1 năm

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bùi Trọng Vinh (2016) 'Xói lở bờ biển gò Công Đông - Tiền Giang', Tạp chí phát triển KH&CN, 19(K1), pp. 59-69.
- Hoàng Văn Huân, Lê Ngọc Bích, et al. (2005), *Nghiên cứu diễn biến lòng sông, hình thái sông và các loại lòng dẫn hạ du sông Đồng Nai - Sài Gòn*, Tp. Hồ Chí Minh.
- Lê Mạnh Hùng, Đinh Công Sản, et al. (2015), *Nghiên cứu khoa học liên quan đến dự án về chỉnh trị luồng, đánh giá về sa bồi sau nạo vét*, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam
- Nguyễn Đức Vượng, Phạm Trung, et al. (2005), Đề tài KC-08-29: "Nghiên cứu đề xuất các giải pháp khoa học công nghệ để ổn định lòng dẫn hạ du hệ thống sông Đồng Nai - Sài Gòn phục vụ cho phát triển kinh tế - xã hội vùng Đông Nam bộ", Viện Khoa Học Thủy Lợi Miền Nam.
- Nguyễn Thế Biên, Hoàng Văn Huân, et al. (2012), *Nghiên cứu, điều tra, khảo sát, đánh giá ảnh hưởng và đề ra các giải pháp khắc phục, hạn chế sạt lở bờ do khai thác cát trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh*, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.
- Nguyễn Thị Bảy, Mạnh Quỳnh Trang (2006) 'Mô hình toán tính chuyển tải bùn cát kết dính vùng ven biển', Science & Technology Development, 9(4), pp. 31-39.
- Nguyễn Thị Bảy, Phan Văn Hoặc, et al. (2012), *Nghiên cứu đánh giá quá trình thay đổi luồng lạch và diễn biến thủy văn do nạo vét cửa sông Soài Rạp phục vụ giao thông thủy*, Viện Khí tượng thủy hải văn và Môi trường.
- Trần Bá Hoàng, Nguyễn Duy Khang (2014), *Nghiên cứu biến động của chế độ thủy thạch động lực vùng cửa sông ven biển chịu tác động của Dự án đê biển Vũng Tàu - Gò Công*, Trung tâm NC Chính trị sông và Phòng chống thiên tai - Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam
- McLachlan R. L., Ogston A. S., Allison M. A. (2017) 'Implications of tidally-varying bed stress and intermittent estuarine stratification on fine-sediment dynamics through the Mekong's tidal river to estuarine reach', Continental Shelf Research, 147, pp. 27-37.

Abstract:

ESTABLISHING A MIXED SEDIMENT TRANSPORT MODEL BASED ON SIMULATION SPACE OF MORPHOLOGICAL CHANGES OF THE MAINSTREAM AT SOAI RAP ESTUARY BY TELEMAC-2D

Establishing a sediment transport model with spatial complex variation of characteristics of sediment is a matter for research in the sediment dynamics and estuary morphology. By taking advantage of open source mathematical model Telemac, the study changed the riverbed structure suitable for physical characteristic by imposing the value $(ES_1, ES_2) = f(f_1, f_2, n, ES)$ to transport simulation mixed sediment in the river and non-cohesive sediment outside the sea apply to Soai Rap estuary. The model was established with high reliability and errors in the content of suspended sediment MSE were from 0.001 - 0.013. Simulation results after 1 year show that, at the Soai Rap estuary, in the middle of the mainstream there are erosion pits with the depth of erosion from 0.3 to 1.0 m; that erosion is carried far from the sea by the flow and forming sand dunes with an accretion height of 0.3 - 0.4m.

Keywords: Soai Rap estuary, Telemac, Sisyphus, mixed sediment transport model.

Ngày nhận bài: 06/5/2020

Ngày chấp nhận đăng: 30/6/2020