

# MÔ PHỎNG VẬN CHUYỂN BÙN CÁT VÀ BIẾN ĐỔI ĐỊA HÌNH ĐÁY KHU VỰC CỬA SÔNG THU BỒN

Vũ Minh Cát<sup>1</sup>, Đặng Đình Đoàn<sup>2</sup>,

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày các kết quả mô phỏng diễn biến địa hình đáy vùng cửa sông và đáy biển trước cửa sông bằng mô hình MIKE21\_FM Couple và mô phỏng địa hình đáy theo các kịch bản khác nhau. Kết quả mô phỏng cho phép đánh giá định lượng sự thay đổi địa hình đáy sau những trận lũ điển hình, cũng như quá trình xả lũ từ hồ chứa, bùn cát từ trong sông cũng như sự thay đổi trường mực nước và trường sóng phía biển. Kết quả mô phỏng cho thấy sự phù hợp với số liệu khảo sát và qui luật diễn biến cửa sông. Đó là hiện tượng xói lòng sau những trận lũ và bồi cửa khá nhanh vào mùa nước kiệt kết hợp với gió mùa tây nam. Các kết quả nghiên cứu giúp các nhà ra quyết định lựa chọn các giải pháp hợp lý nhằm ổn định cửa sông phục vụ thoát lũ, giao thông thủy và phòng tránh xói lở, bồi tụ cho khu vực nghiên cứu.

**Từ khóa:** Đáy biển, mô phỏng, sóng nước sâu, vận chuyển bùn cát, MIKE21-FM Couple

## I. MỞ ĐẦU

Sông Thu Bồn là sông chính với diện tích lưu vực khoảng 10,350 km<sup>2</sup> thuộc lãnh thổ Quảng Nam và thành phố Đà Nẵng. Thu Bồn là một trong hai nhánh chính của con sông chảy ra thành phố Hội An ở phía Nam và có tên là cửa Đại. Với chế độ dòng chảy khá dồi dào, nhưng rất không đều trong năm thể hiện ở một mùa lũ kéo dài 3 tháng với khoảng 80% lượng dòng chảy năm và mùa cạn kéo dài 9 tháng mà chỉ có 20% lượng nước. Vào mùa lũ, một lượng phù sa đáng kể được mang từ lưu vực xuống vùng đồng bằng hẹp và dải ven biển gây ra hiện tượng biến hình bờ, đáy sông và đường bờ biển [1,2].

Do những biến đổi dị thường của thời tiết gây ra sự tương phản ngày càng khốc liệt giữa mùa mưa và mùa khô và thêm vào đó là các hoạt động kinh tế xã hội thiếu quản lý như chặt phá rừng, cày xới bề mặt lưu vực cho các mục đích mưu sinh, phát triển hệ thống cơ sở hạ tầng v.v... làm thay đổi chế độ dòng chảy, tăng đột ngột bùn cát làm vấn đề xói lở và bồi lấp lòng dẫn, vùng cửa sông các sông miền Trung nói chung và Vu Gia - Thu Bồn nói riêng hết sức nghiêm trọng.

Ở phía biển, với tác động của các yếu tố thủy động lực như sóng, gió, thủy triều, dòng chảy

tổng hợp mang bùn cát chuyển động dọc bờ với mức độ khác nhau cũng gây xói lở, bồi tụ đường bờ và lấp cửa sông gây khó khăn cho vận tải thủy tại cửa Đại – cảng cửa sông với số lượng tàu thuyền ra vào rất lớn [3].

Để xác định nguyên nhân, định lượng quá trình vận chuyển trầm tích cũng như đánh giá thay đổi địa hình đáy, có rất nhiều phương pháp đã và đang được sử dụng. Đó là phương pháp đo đạc định kỳ theo các tổ hợp sóng, triều, dòng chảy từ trong sông, sau đó chồng ghép bản đồ các ý đồ chuyên môn khác nhau có thể định lượng thay đổi địa hình đáy theo không thời gian. Cũng có thể dùng kỹ thuật viễn thám và hệ thống tin địa lý để đánh giá sự biến động của địa hình đáy. Trong nghiên cứu này, các tác giả sử dụng bộ mô hình số MIKE21 cho nghiên cứu [4].

Modul MIKE 21/3 Coupled mô phỏng kết hợp chế độ dòng chảy do triều và sóng sinh ra và khi kết hợp với modul vận chuyển bùn cát sẽ cho ta biết sự biến động của địa hình đáy. Mô hình này được sử dụng để tính toán tương tác giữa sóng và dòng chảy, kết hợp động lực học mô đun dòng chảy và mô đun sóng. Mô hình cũng bao gồm tính toán kết hợp động lực học giữa mô đun vận chuyển bùn, mô đun dòng chảy và sóng. Do đó, sự tác động qua lại đầy đủ của những thay đổi về độ sâu đến tính toán sóng và dòng chảy cũng được xem xét. Hệ thống các phương trình cơ bản bao gồm:

Phương trình liên tục, còn gọi là phương

<sup>1</sup>Trường ĐH Thủy lợi

<sup>2</sup>Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

trình bảo toàn khối lượng:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = S$$

Phương trình bảo toàn động lượng theo phương ngang (x và y), còn gọi là phương trình chuyển động theo phương ngang:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial vu}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} = \\ f_v - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_0}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^n \frac{\partial \rho}{\partial x} dz + F_n + \frac{\partial}{\partial z} \left( v \frac{\partial u}{\partial z} \right) + u_z S \\ \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial vu}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} = \\ -f_u - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_0}{\partial y} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^n \frac{\partial \rho}{\partial y} dz \\ + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left( v \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v_z S \end{aligned}$$

trong đó, t là thời gian; x, y và z là tọa độ Đề các,  $\eta$  là dao động mực nước, d là độ sâu;  $h = \eta + d$  là độ sâu tổng cộng, u, v và w là thành phần vận tốc theo phương x, y và z;  $f = 2\Omega \sin \phi$  là tham số Coriolis ( $\Omega$  là vận tốc góc và  $\phi$  là vĩ độ địa lý); g là gia tốc trọng trường;  $\rho$  là mật độ nước,  $v_t$  là nhớt rối thẳng đứng  $P_a$  là áp suất khí quyển,  $\rho_0$  là mật độ chuẩn; S là lưu lượng của các nguồn nước đổ vào vùng nghiên cứu và ( $u_s, v_s$ ) là vận tốc của dòng nước chảy từ nguồn vào miền tính.  $F_u, F_v$  là các số hạng ứng suất theo phương ngang.

Phương trình bảo toàn vật chất hay phương trình vận chuyển bùn cát:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial wC}{\partial z} = \\ = F_c + \frac{\partial}{\partial z} \left( D_v \frac{\partial C}{\partial z} \right) + k_p C + C_s S \end{aligned}$$

trong đó: C là nồng độ của đại lượng vô hướng;  $k_p$  là tốc độ phân hủy của đại lượng đó;  $C_s$  là nồng độ của đại lượng vô hướng tại điểm nguồn;  $D_v$  là hệ số khuếch tán thẳng đứng; và  $F_c$  là số hạng khuếch tán ngang.

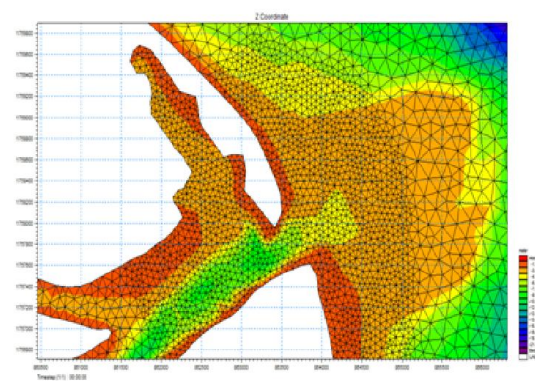
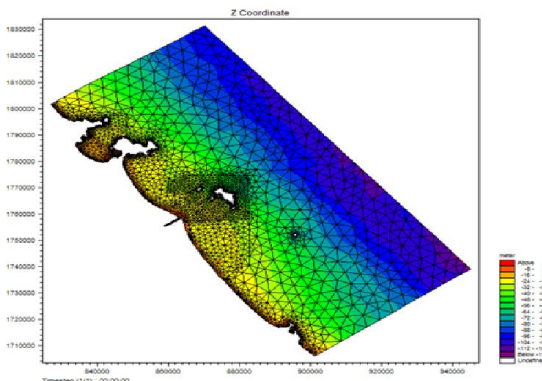
MIKE 21 áp dụng sơ đồ sai phân hữu hạn và phương pháp giải hiệu quả là kỹ thuật ADI (Alternating Direction Implicit) để giải các phương trình bảo toàn khối lượng và động lượng trong miền không gian và thời gian.

## II. MÔ PHỎNG VẬN CHUYỂN BÙN CÁT VÀ BIẾN ĐỔI ĐỊA HÌNH ĐÁY KHU VỰC CỬA SÔNG THU BÒN

### 1. Thiết lập miền tính, lưới tính

Khu vực nghiên cứu được thiết lập thành hai miền lưới tính: miền tính lớn và miền tính nhỏ. Miền tính lớn được thiết lập để hiệu chỉnh và kiểm định và tạo biên mực nước và sóng phục vụ cho tính toán ở lưới mịn hơn. Miền tính nhỏ để mô phỏng chi tiết biến đổi địa hình đáy khu vực cửa sông theo các kịch bản khác nhau.

Miền tính lớn được thiết lập từ các số liệu đo đạc địa hình phía ngoài khơi lấy từ hải đồ tỷ lệ 1/25000 do Hải quân Việt Nam đo đạc và xuất bản năm 2009. Phía cửa sông và trong sông được lấy từ số liệu thực đo vào tháng 9/2009. Lưới tính bao gồm 9643 phần tử bao trùm toàn bộ bán đảo Sơn Trà, phía Nam kéo qua mũi Tam Hải và mở rộng ra ngoài khơi đến độ sâu hơn 100m. Miền tính này có 3 biên mực nước là mực nước phía biển và 1 biên lưu lượng. Miền tính nhỏ bao gồm cửa sông cách cửa biển 7km về phía thượng lưu, mở rộng ra phía biển khoảng 8 km và sang 2 phía bờ biển khoảng 10 km với 8093 phần tử.

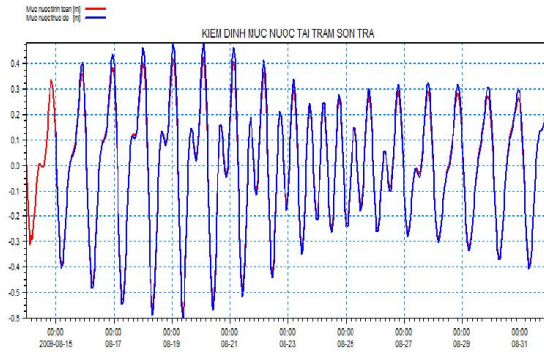


Hình 1: Số hóa địa hình miền tinh lớn

### 3. HIỆU CHỈNH/KIỂM ĐỊNH MÔ HÌNH

#### a. Mô hình triều

Chuỗi tài liệu đo đạc liên tục 24/24 trong 16 ngày (từ 0 giờ 15/8/2009 đến 23 giờ ngày 31/8/2009) tại 2 trạm Sơn Trà và cửa Đại được sử dụng để hiệu chỉnh mô hình. Kết quả kiểm



Hình 3: Kết quả hiệu chỉnh mực nước tại Sơn Trà

#### b. Mô hình sóng

Chuỗi số liệu sóng thực đo 15 ngày từ 07 giờ ngày 06/09/2009 đến 17 giờ ngày 20/09/2009 được sử dụng để hiệu chỉnh/kiểm định mô hình. Biên sóng được lấy từ số liệu WAVEWATCH III khu vực ngoài khơi tại tọa độ  $108^{\circ}56'29.85''E$  và  $16^{\circ}13'34.52''N$ . Kết quả kiểm định cho thấy thời gian một hai ngày đầu tính toán kết quả giữa thực đo và mô hình có sự sai khác tương đối lớn, những ngày tiếp theo có sự tương đồng về chiều cao sóng và pha sóng giữa thực đo và mô hình. Kết quả hiệu chỉnh cho kết quả tương đối tốt, đảm bảo độ chính xác và cho phép sử dụng bộ thông số phục vụ mô phỏng các kịch bản.

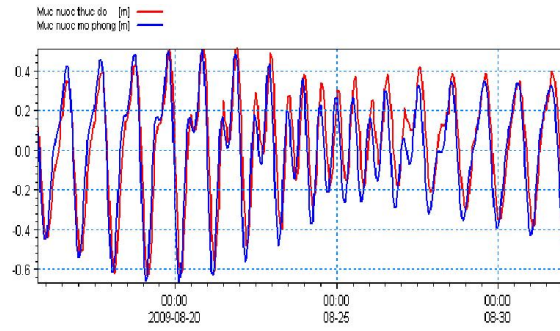
#### c. Vận chuyển bùn cát và biến đổi địa hình đáy

Tại khu vực cửa Đại có số liệu thực đo 9/2009 và 10/2009. Đây là 2 chuỗi số liệu để phục vụ cho hiệu chỉnh để xác định bộ thông số của mô hình vận chuyển bùn cát và sử dụng để mô phỏng theo các kịch bản.

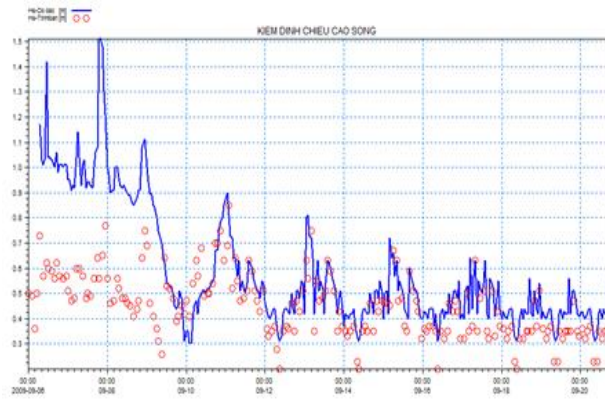
Trên vùng nghiên cứu, chiết xuất 5 mặt cắt để đánh giá kết quả mô phỏng với số liệu thực đo về địa hình đáy vùng cửa sông nghiên cứu. Các mặt cắt đó được thể hiện trong hình 6.

Kết quả mô phỏng được thể hiện trong các hình vẽ từ 7 đến 10, theo đó thấy rằng kết mô phỏng cho sự sai khác không lớn và có thể dùng bộ thông số trên để mô phỏng theo các kịch bản sẽ được

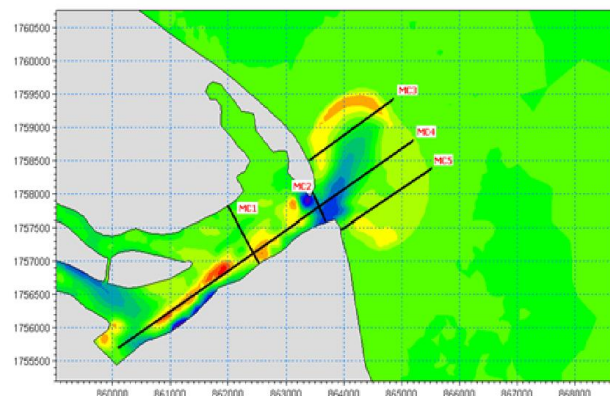
Hình 2: Địa hình chi tiết khu vực cửa Đại định mực nước tại Sơn Trà cho thấy hệ số tương quan  $R^2 = 0.93$  giữa số liệu thực đo và mực nước mô phỏng và tại trạm cửa Đại, hệ số tương quan  $R^2 = 0.891$ . Bộ thông số mô phỏng triều tại 2 trạm nói trên là rất cao và hoàn toàn cho phép sử dụng trong các mô phỏng kịch bản



Hình 4: Kết quả hiệu chỉnh mực nước tại cửa Đại

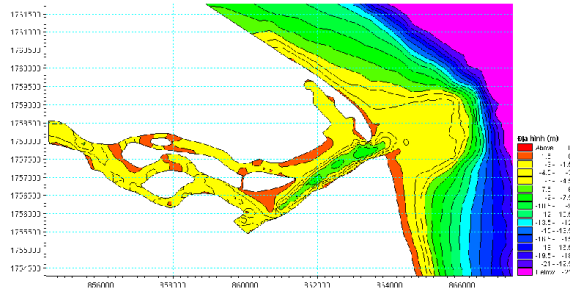


Hình 5: Kết quả so sánh chiều cao sóng tính toán và thực đo

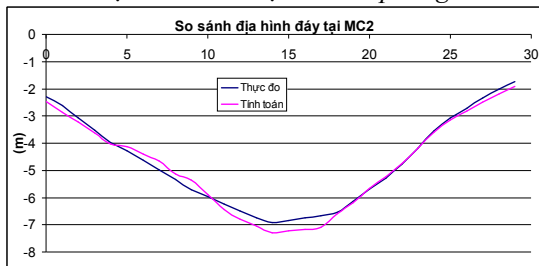


Hình 6: Các mặt cắt chiết xuất kết quả mô phỏng

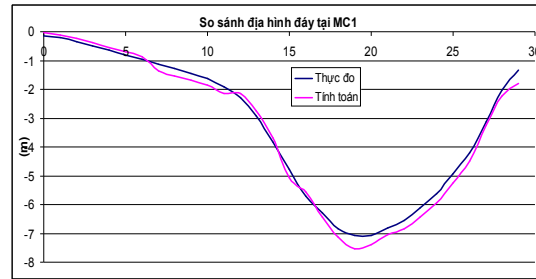
xây dựng ở phần tiếp theo.



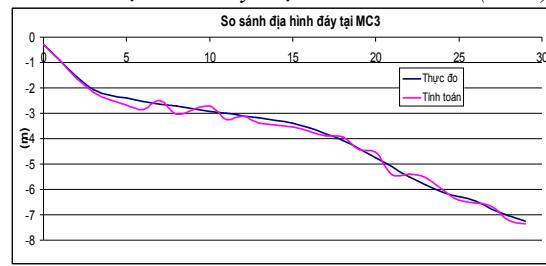
Hình 7: Địa hình cửa Đại sau mô phỏng



Hình 9: Địa hình đáy thực đo và tính toán (MC2)



Hình 8: Địa hình đáy thực đo & tính toán (MC1)



Hình 10: Địa hình đáy thực đo và tính toán (MC3)

#### 4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG SỰ THAY ĐỔI ĐỊA HÌNH ĐÁY THEO CÁC KỊCH BẢN

Sau khi hiệu chỉnh và kiểm định trường mực nước, sóng, dòng chảy và vận chuyển bùn cát, có thể thấy rằng bộ thông số của mô hình 2 chiều có thể sử dụng được để mô phỏng cho tập kịch bản đề xuất.

Mục tiêu ứng dụng mô hình nói chung là để đánh giá diễn biến đường bờ và đáy biển, cửa sông khu vực nghiên cứu sau những thời khoảng khác nhau như mùa, năm và nhiều năm. Tuy nhiên, do những hạn chế về điều kiện đầu vào như thiếu tài liệu mực nước, sóng và địa hình đồng bộ và khó khăn lớn nhất là công cụ tính toán không cho phép mô phỏng một thời gian quá dài vì thời gian chạy của máy tính quá lâu, gần tương đương với thời gian thực, do vậy mô hình 2 chiều sẽ được sử dụng để mô phỏng sự biến đổi địa hình đáy trong những khoảng thời gian ngắn, chẳng hạn cho một trận lũ và cho phép đánh giá sự biến động địa hình ứng với các tổ hợp các điều kiện biên xác định bao gồm lưu lượng sông, mực nước, sóng v.v... Trên cơ sở đó, có thể có những nhận định về diễn biến địa hình đáy. Với ý nghĩa đó, tập kịch bản đề xuất để mô phỏng bao gồm các trường hợp như dưới đây.

##### a. Tập kịch bản mô phỏng thay đổi địa hình

##### đáy

a.1 Mô hình lũ 1999 có xét đến ảnh hưởng của biến đổi khí hậu

-Mô phỏng lũ 1999 và không xét ảnh hưởng của nước biển dâng (A1)

-Mô phỏng con lũ 1999 và có xét tới ảnh hưởng của nước biển dâng 50cm (A2)

-Mô phỏng con lũ 1999 và xét tới ảnh hưởng của nước biển dâng 100cm (A3)

a.2 Mô hình lũ 1999 có xét đến điều tiết hồ chứa và ảnh hưởng biến đổi khí hậu

-Lũ 1999 điều tiết và không xét ảnh hưởng của hiện tượng nước biển dâng (B1)

-Lũ 1999 điều tiết và có xét tới ảnh hưởng của nước biển dâng 50cm (B2)

-Lũ 1999 điều tiết và có xét tới ảnh hưởng của nước biển dâng 100cm (B3)

a.3 Mô hình dòng chảy mùa cạn có xét đến ảnh hưởng của biến đổi khí hậu

-Dòng chảy từ 1 đến 18/VII/1999 và không xét ảnh hưởng của nước biển dâng (C1)

-Dòng chảy từ 1 đến 18/VII/1999 và có xét tới ảnh hưởng nước biển dâng 50cm (C2)

-Dòng chảy 01 đến 18/VII/1999, có xét tới ảnh hưởng nước biển dâng 100 cm (C3)

b. Kết quả mô phỏng vận chuyển bùn cát và biến đổi địa hình đáy

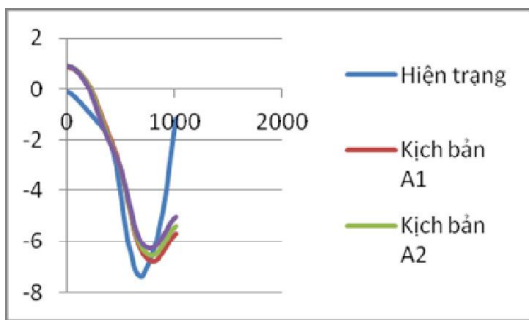
Mục tiêu của kịch bản trong phần này là đánh giá sự biến động của địa hình đáy sông và địa hình đáy biển khu vực cửa dưới tác động của lũ trong sông (chọn trận lũ điển hình từ 31/10 đến 11/11/1999), điều kiện bùn cát, mực nước và sóng truyền từ nước sâu vào vùng tính toán trong thời gian nói trên.

Các dữ liệu đầu vào để tính toán biến đổi lòng dẫn bao gồm: (i) quá trình lũ thực đo từ 31/X đến 11/XI/1999 và quá trình lũ có xét tới quá trình điều tiết của các hồ chứa ở thượng lưu tại cầu Câu Lâu được tính từ mô hình MIKE11, (ii) mực nước tính từ mô hình triều toàn cầu và

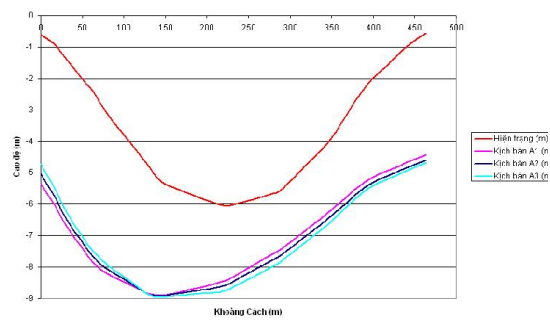
sóng được truyền từ ngoài khơi vào khu vực nghiên cứu cùng thời gian với trận lũ nêu trên

*b.1 Nhóm kịch bản chọn lũ 1999 có xét đến ảnh hưởng của biến đổi khí hậu*

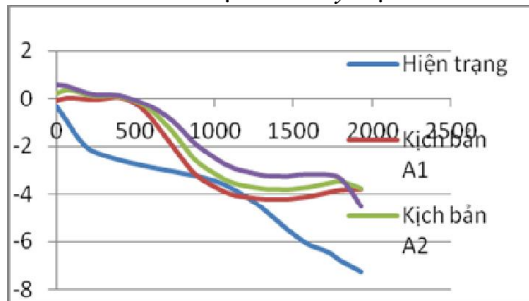
Các kết quả trung gian đã mô phỏng được gồm quá trình lũ tại cầu Câu Lâu, trường mực nước tại các biên lòng phía ngoài biển, trường sóng và trường lưu tốc. Khi có các kết quả đó, tiến hành mô phỏng biến đổi địa hình đáy cho các kịch bản thuộc nhóm này. Dưới đây xin trích kết quả đánh giá sự biến đổi địa hình đáy tại 5 mặt cắt được chọn như trong hình 5.



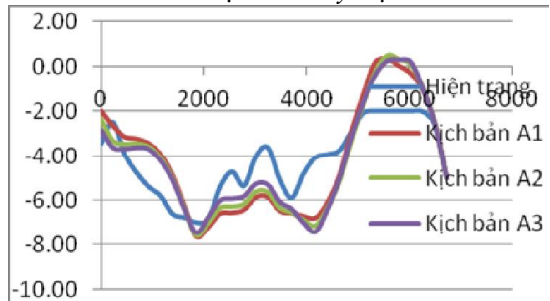
Hình 11: Biến đổi địa hình đáy mặt cắt 1



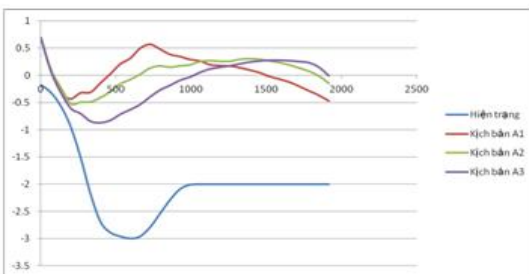
Hình 12: Biến đổi địa hình đáy mặt cắt 2



Hình 13: Biến đổi địa hình đáy mặt cắt 3



Hình 14: Biến đổi địa hình đáy mặt cắt 4



Hình 14: Biến đổi địa hình đáy mặt đáy MC5

Mặt cắt 4 biểu diễn sự thay đổi cao độ đáy dọc sông và được vẽ với 5000m phía trong cửa sông và 2000m đáy biển phía ngoài cửa sông. Kết quả trên hình vẽ 14 cho thấy đoạn từ cửa sông vào khoảng 2000m đáy sông bị xói khoảng

1.5 đến 2.0m và trong đoạn này độ rộng sông thay đổi từ 700m đến 1100m từ cửa vào trong. Khoảng 3000m nổi tiếp lên thượng lưu đáy sông được bồi cũng khoảng 1m và trong đoạn này độ rộng sông phổ biến khoảng 2000m và có chỗ lên tới 2500m.

Mặt cắt 1 và 2 nằm phía trong cửa sông, trong đó độ rộng mặt cắt 1 lớn hơn 2 lần mặt cắt 2, do vậy đoạn phía trong cửa sông được bồi. Tuy nhiên hiện tượng bồi chỉ xảy ra từ trực động lực sang phía bờ huyện Duy Xuyên, còn phía bờ thuộc thành phố Hội An lại có hiện tượng xói khá mạnh.

Mặt cắt 2 bị xói toàn bộ với lớp xói lên tới 1 – 2m, hay nói cách khác do độ rộng sông ở khu vực gần cửa bị co hẹp đột ngột nên lưu tốc dòng chảy lũ có lúc lên tới 3m/s, là nguyên nhân sinh ra xói sâu trên bộ đáy sông, toàn bộ lượng bùn cát này được mang ra ngoài biển phía trước cửa sông.

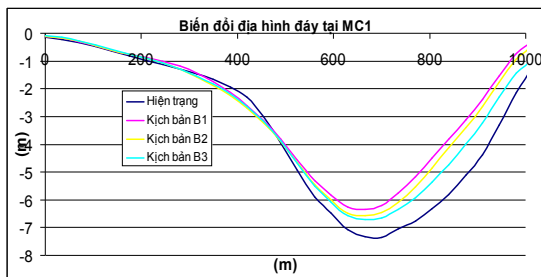
Từ các hình vẽ 14 và 15 cũng có thể thấy rằng khi mực nước biển dâng lên thêm 50cm hay 100cm thì ở những đoạn sông có độ rộng khá lớn, lớp bùn cát bồi lắng dày hơn khi mực nước ngoài biển cao hơn, hay có thể lý giải khi đó độ dốc mặt nước nhỏ hơn vì lưu lượng tại biên trên không thay đổi. Hiện tượng này không rõ ràng ở đoạn sông sát cửa với mức co hẹp đáng kể, khi đó có thể lưu tốc có giảm đi, nhưng vẫn còn lớn hơn nhiều lưu tốc không lắng dẫn tới độ dày xói không khác nhau nhiều trong các kịch bản.

Đối với các mặt cắt 3 và 5 trên các hình vẽ

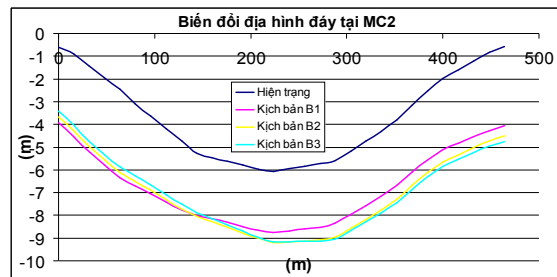
13 và 15 đều cho kết quả là đáy biển phía ngoài cửa sông được bồi sau mỗi trận lũ, nhưng mức độ bồi của mỗi mặt cắt khác nhau. Sự khác nhau này có thể phụ thuộc vào độ lớn và hướng sóng cũng như mực nước biển, do vậy mức độ bồi đáy biển phía ngoài cửa không đều nhau.

*b.2 Mô hình lũ 1999 có xét đến điều tiết hồ chứa và ảnh hưởng biến đổi khí hậu*

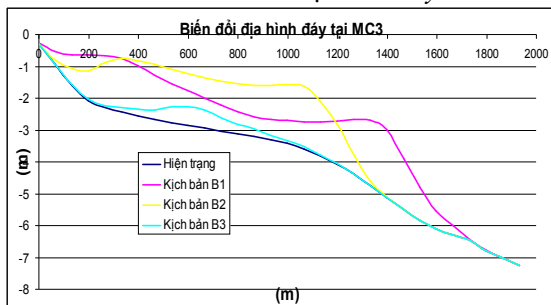
Các kết quả trung gian đã mô phỏng bao gồm quá trình lũ đã xem xét tới điều tiết, cắt lũ của các hồ chứa thượng lưu. Kết quả xác định lũ thiết kế đã được điều tiết lấy từ các nghiên cứu do viện quy hoạch thủy lợi Việt nam thực hiện [4] tại cầu Câu Lâu, trường mực nước tại các biên lòng phía ngoài biển, trường sóng và trường lưu tốc. Khi có các kết quả đó, tiến hành mô phỏng biến đổi địa hình đáy cho các kịch bản thuộc nhóm này. Dưới đây xin trích một số kết quả đánh giá sự biến đổi địa hình đáy tại 5 mặt cắt điển hình được chọn như trong hình 5.



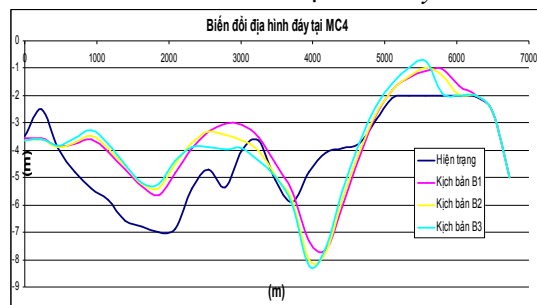
Hình 16: Biến đổi địa hình đáy MC1



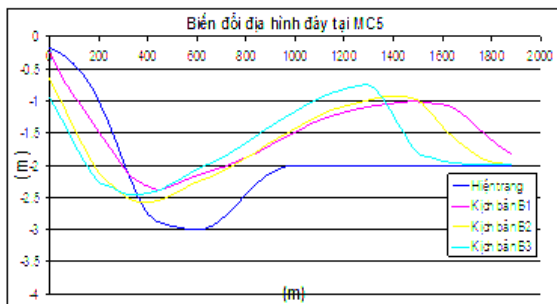
Hình 17: Biến đổi địa hình đáy MC2



Hình 18: Biến đổi địa hình đáy MC3



Hình 19: Biến đổi địa hình đáy MC4



Hình 20: Biến đổi địa hình đáy MC5

Về cơ bản diễn biến đáy sông, đáy biển tại 5 mặt cắt chọn giống với nhóm kịch bản A, nhưng lớp bồi ở mặt cắt 1, 3, 4 và 5 và lớp xói ở mặt cắt 2 đều nhỏ hơn trường hợp các kịch bản tương ứng của nhóm kịch bản A. Có thể lý giải sự sai khác này là do đỉnh lũ sau khi được điều

tiết qua hồ chứa nhỏ hơn đỉnh con lũ nguyên dạng tới trên  $1000\text{m}^3/\text{s}$ , trong khi điều kiện biên dưới được giữ nguyên, dẫn tới vận tốc dòng chảy tại mọi mặt cắt phía trong cửa sông sẽ nhỏ hơn khi con lũ chưa bị điều tiết, điều này dẫn tới tình trạng xói ở đoạn gần cửa hay bồi ở đoạn trên đó cũng nhỏ hơn so với con lũ nguyên dạng.

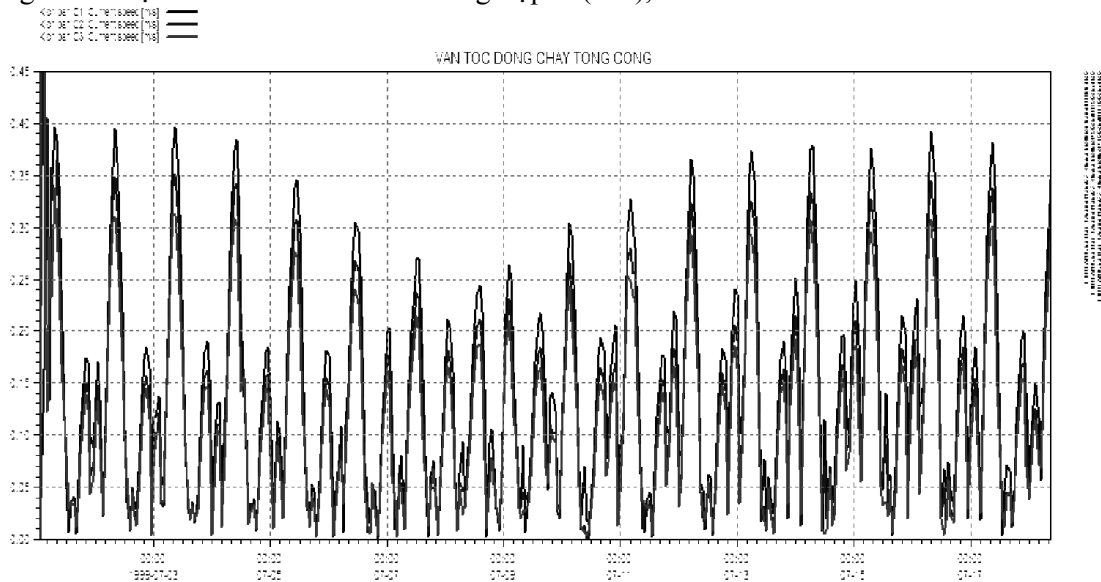
Đáy biển phía ngoài cửa sông cũng được bồi do bùn cát mang từ trong sông ra và qui luật bồi phù hợp với điều kiện thủy động lực ngoài biển, vì khi mực nước biển dâng lên, độ lớn của sóng cũng tăng lên, mặc dù hướng sóng không thay đổi dẫn tới lớp bùn cát lắng đọng tạo thành các bar ngầm phía ngoài cũng mỏng hơn.

Cũng phải nhấn mạnh rằng với kết quả mô phỏng cho 1 trận lũ năm 1999 dù là trường hợp

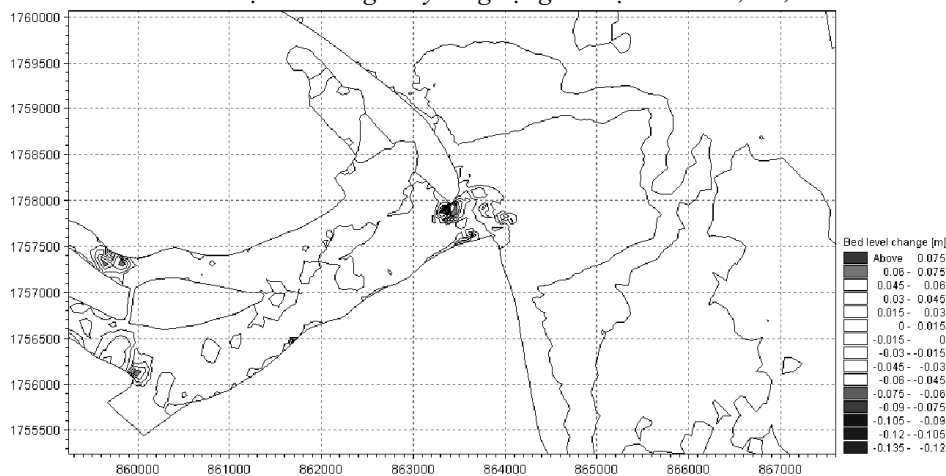
tự nhiên hay đã được điều tiết cũng khó lý giải một cách rõ ràng về qui luật bồi xói vùng cửa sông phía trong. Tính phù hợp của chúng chỉ đúng đối với trường hợp cụ thể là con lũ đó với các điều kiện thủy động lực ngoài biển đã xét, nhưng nếu thay đổi các điều kiện biên dưới, chẳng hạn tổ hợp giữa đỉnh lũ với chân triều sẽ khác với tổ hợp giữa đỉnh lũ với đỉnh triều.

### b.3 Mô hình dòng chảy mùa cạn có xét đến ảnh hưởng của biến đổi khí hậu

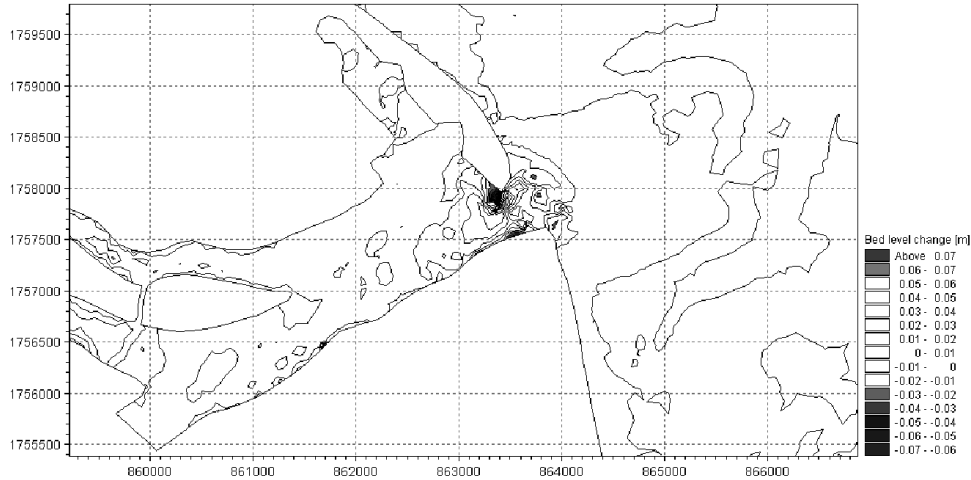
Thời gian mô phỏng từ 1 đến 18/VII/1999 là thời kỳ dòng chảy trong sông gần như nhỏ nhất, các số liệu mô phỏng trên MIKE11 tại Câu Lâu trong thời kỳ này đều có trị số lưu lượng dưới  $50\text{m}^3/\text{s}$ . Chính vì vậy, vận tốc dòng chảy tại khu vực cửa khá nhỏ (hình vẽ 21) phổ biến  $0.20$  (m/s), lớn nhất  $0.4\text{m/s}$ .



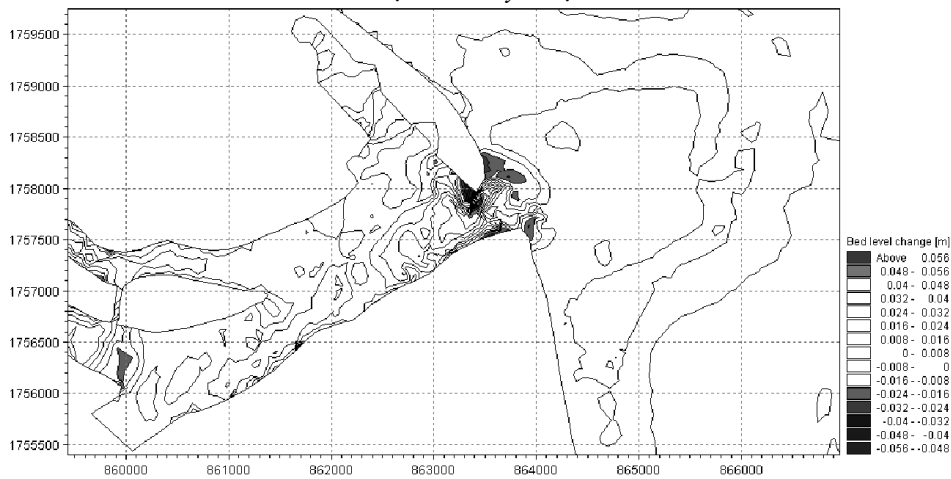
Hình 21: Vận tốc dòng chảy tổng cộng các kịch bản C1, C2, C3



Hình 22: Địa hình đáy – Kịch bản C1



Hình 23: Địa hình đáy – Kịch bản C2



Hình 24: Địa hình đáy – Kịch bản C3

Các hình vẽ 22 đến 24 biểu diễn địa hình đáy sau khi mô phỏng theo các kịch bản C1, C2 và C3. Từ kết quả mô phỏng, có thể thấy sự biến đổi địa hình đáy không lớn phổ biến khoảng 3 - 4 cm và lớn nhất khoảng 12 cm.

Phía ngoài biển các doi cát ngầm bị phá vỡ khi mực nước biển dâng lên và lý do là do sóng và dòng chảy ven bờ tăng đáng kể đã tác động vào các dải cát ngầm.

Khu vực ngay phía trong cửa sông hiện tượng bồi lớn hơn, các doi cát nổi lên khỏi mặt nước và mở rộng ra khi mực nước biển tăng lên. Nếu tính trong thời gian mô phỏng khoảng 20 ngày, mà độ cao bồi gia tăng thêm 8 - 10 cm thì có thể nói đây là con số rất có ý nghĩa gây nên tình trạng “đóng cửa” do bùn cát từ ngoài cửa do dòng dọc bờ và ngang bờ mang vào trong

thời kỳ nước từ thượng lưu về quá nhỏ và chịu tác động chủ yếu của gió mùa Tây Nam.

#### Kết luận

So sánh các kết quả mô phỏng bằng mô hình MIKE21FM và các số liệu đo đạc thực tế có thể khẳng định rằng các mô phỏng bằng mô hình toán cho các kết quả khá phù hợp với thực tế. Tuy nhiên, với năng lực máy tính như hiện tại thì không thể mô phỏng cho một chu kỳ đại diện (ở nước ta chu kỳ đại diện là 1 năm trùng với chu kỳ khí hậu), nên thời gian mô phỏng tốt nhất cho những điều kiện cực hạn, chẳng hạn như các trận lũ lớn, xả lũ từ hồ chứa kết hợp với các điều kiện sóng, triều khác nhau ở phía biển.

Việc mô phỏng để đánh giá xu thế diễn biến đáy sông và đáy biển dài hạn chỉ có thể thực hiện với các trường sóng và thủy triều đặc trưng

cũng như điều kiện dòng chảy, bùn cát từ trong sông ra với các tỉ lệ tương tự khác nhau. Cũng có thể mô phỏng sự biến đổi địa hình bằng mô hình hình thái.

Có thể khẳng định rằng việc ứng dụng MIKE21FM là hoàn toàn khả thi và kết quả của

mô phỏng giúp định hướng giải pháp công trình nhằm các mục đích đề ra là ngăn chặn bùn cát gây bồi ở cửa sông, giảm sóng gió tạo luồng giao thông thủy và đủ khẩu độ công trình thoát lũ, đẩy cát bồi phía cửa ra ngoài xa và ổn định cửa sông.

#### **Tài liệu tham khảo**

- [1] Nghiên cứu dự báo phòng chống sạt lở bờ sông hệ thống sông miền Trung; Đề tài khoa học công nghệ cấp nhà nước, 2001.
- [2] Nghiên cứu các giải pháp phòng tránh xói lở và bồi lấp cửa sông Thu Bồn – Vũ gia. Đề tài khoa học công nghệ cấp Bộ, 2003.
- [3] Nghiên cứu đề xuất giải pháp ổn định các cửa sông ven biển miền Trung; Đề tài khoa học công nghệ cấp nhà nước, 2009.
- [4] DHI - Mike11 Introduction and tutorial, User manual and Reference manual, 2008.

#### **Abstract**

### **SIMULATION OF SEDIMEN TRANSPORT AND BED EVOLUTION AT THU BON ESTUARY**

*Paper presents the simulated results on river and sea bed evolution by using MIKE21\_FM Couple and later simulate bed elevation variation under the different scenarios of typical flood events, flood release from reservoirs, sedimentation in the river as well as the different water level and wave spectrum in the sea. The simulated results show that it is a good agreement between observed data and simulated results. This is a river and sea bed erosion after big flood in the river and sedimentation in front of the river mouth during dry season and south west monsoon predominately. Simulated results support decision makers to select appropriate solutions to keep river mouth stably for flood release, navigation as well as protection against erosion and sedimentation for study area.*

**Key words:** *sea bed, simulation, deep sea wave, sediment transport, MIKE21-FM Couple*

---

Người phân biên: **TS. Trần Thanh Tùng**

BBT nhận bài: 25/10/2013

Phản biện xong: 7/11/2013