

# NGHIÊN CỨU QUÁ TRÌNH VẬN CHUYỂN Bùn CÁT VÙNG CỬA SÔNG VEN BIỂN ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG SỬ DỤNG MÔ HÌNH TOÁN 3 CHIỀU DELFT 3D

Lê Xuân Tú

Viện khoa học Thủy lợi miền Nam

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu quá trình vận chuyển bùn cát khu vực cửa sông ven biển đồng bằng sông Cửu Long sử dụng mô hình toán 3 chiều Delft 3D. Kết quả mô phỏng cho thấy lượng bùn cát đổ ra biển chủ yếu trong mùa lũ trên 90% và bồi lắng tại trước cửa sông. Bùn cát vận chuyển dọc bờ chiếm ưu thế trong mùa gió Đông Bắc đặc biệt là Tháng 11, 12 và Tháng 1.

**Từ khóa:** Vận chuyển bùn cát, cửa sông, ven biển, đồng bằng sông Cửu Long

**Abstract:** This paper presents sediment dynamics in the Mekong estuaries and coastal zone using the Delft3D-4 modeling system. The results show that the Mekong and Bassac River provide a large amount of sediment (more than 90%) that is deposited in front of the mouths due to coastal processes in the flood season. The sediment transport along the coast changes with the monsoon and is dominantly south-west directed during the north-east monsoon, especially in November, December and January.

**Keywords:** Sediment transport, estuary, coastal zone, Mekong delta

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sông Mekong là con sông lớn thứ 10 trên thế giới, với diện tích lưu vực sông khoảng 795,000 km<sup>2</sup>, và chiều dài khoảng 4.400 km. Dòng chính sông Mekong chảy qua 6 nước bao gồm: Trung quốc, Myanma, Thái lan, Lào, Căm pu chia và Việt nam (MRC, 2005). Tổng lượng dòng chảy trung bình khoảng 470 km<sup>3</sup>/năm (Milliman và Syvitski, 1991) và lượng bùn cát vận chuyển được ước lượng dao động lớn khoảng từ 40 đến 160 triệu tấn (Nowacki et al., 2015).

Sông Mekong từ Căm pu chia chảy vào Việt nam chia thành 2 sông chính là sông Tiền và sông Hậu. Hiện nay, trên lãnh thổ Việt nam cụ thể là Đồng bằng sông Cửu Long 2 sông này đổ ra biển Đông với tám cửa là cửa Đại, Cửa Tiểu, Ba lai, Hàm Luông, Cổ Chiên, Cung Hầu, Định An và Trần Đề (xem Hình 1).



Hình 1. Bản đồ vị trí Sông Cửu Long ở Việt nam

Hiện nay, lưu vực sông Mekong đang trở thành một khu vực mà thủy điện được xây dựng và phát triển nhanh nhất trên thế giới, theo Ủy ban sông Mekong (Mekong River Commission 2011) hiện nay có khoảng 136 đập thủy điện đã xây dựng trên sông Mekong chủ yếu là ở Trung Quốc, Lào và Căm pu chia. Đặc biệt là đập Manwan sau khi xây dựng năm 1993 đã

làm suy giảm 56% lượng bùn cát (khoảng 40 triệu tấn hàng năm) đổ về đồng bằng sông Mekong (Kummu and Varis, 2007). Theo khảo sát của Ủy ban sông Mekong từ năm 1992 đến năm 2014 lượng bùn cát đã suy giảm đáng kể từ 160 triệu tấn xuống còn 75 triệu tấn/năm. Nhiều đập mới đang trong quá trình xây dựng được dự đoán sẽ giữ lại trên 90% lượng bùn cát di chuyển về hạ lưu sông Mekong (Kondolf et al., 2015; Manh et al., 2015). Thêm vào đó, quá trình khai thác cát quy mô lớn ở sông Mekong cũng làm ảnh hưởng đến quá trình vận chuyển bùn cát và thay đổi hình thái, theo nghiên cứu của (Bravard et al., 2013) lượng cát khai thác trên nhánh chính sông Cửu Long ở Việt Nam khoảng 7.750 ngàn m<sup>3</sup>/năm.

Hiện nay, quá trình xói lở đang diễn ra nghiêm trọng trong những năm gần đây, theo nghiên cứu của Viện khoa học Thủy lợi miền Nam (SIWRR) xói lở bờ biển đã xảy ra trên 280 km đường bờ với tốc độ xói lở từ 1-20m/năm. Liên quan đến vấn đề lún sụt đất ở đồng bằng theo nghiên cứu của (P. S. J. Minderhoud et al., 2015) cho thấy tốc độ lún sụt khoảng 1-4 cm/năm. Những yếu tố kể trên đang ảnh hưởng đáng kể đến quá trình biến động bùn cát và diễn biến hình thái của sông Mekong và xa hơn nữa là ảnh hưởng đến quá trình phát triển của toàn đồng bằng Mekong.

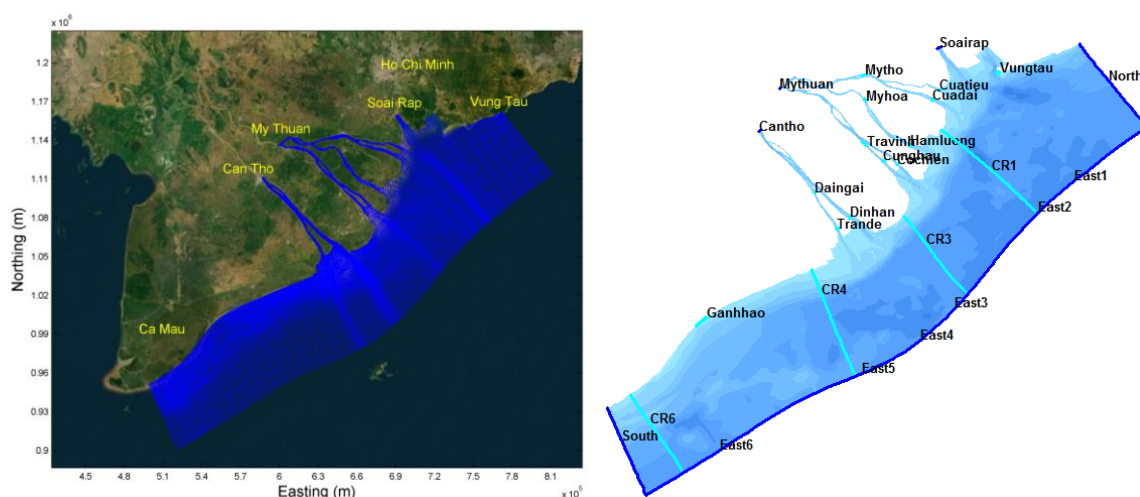
Để nghiên cứu về vận chuyển bùn cát và hình thái sông Mekong là một thách thức lớn nó yêu cầu một số lượng lớn dữ liệu, sự nỗ lực lớn và các mô hình tiên tiến. Một số nghiên cứu đã được thực hiện để nghiên cứu quá trình vận chuyển bùn cát và xói lở nhưng do thiếu dữ liệu và các mô hình nghiên cứu còn đơn giản nên kết quả đưa ra chưa cao và nghiên cứu chưa mang tính hệ thống. Do đó, bài báo này sẽ nghiên cứu quá trình vận chuyển bùn cát ở sông Cửu Long thông qua các tài liệu đo đạc, xem xét các quá trình vật lý và thông qua các mô hình toán hiện đại để nâng cao phương pháp tiếp cận và giải quyết vấn đề.

## 2. PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN, THIẾT LẬP MÔ HÌNH VÀ SỐ LIỆU ĐẦU VÀO

### 2.1 Phương pháp thực hiện

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp mô hình toán Delft 3D gồm mô đun Delft3D –Flow và Delft 3D –Wave để mô phỏng quá trình thủy động lực và vận chuyển bùn cát. Mô hình sóng Delft 3D Wave là mô hình SWAN thế hệ thứ 3. Các mô hình được thiết lập, kiểm định và hiệu chỉnh dựa vào các số liệu đo đạc và ảnh vệ tinh.

### 2.2 Thiết lập mô hình



Hình 2. Khu vực nghiên cứu, lưới, biên và vị trí trích xuất kết quả

Khu vực nghiên cứu được thiết lập bao gồm sông Soai Ráp, sông Tiền và sông Hậu với biên tại Soai Ráp, Cần Thơ và Mỹ Thuận, phía bờ biển từ Vũng Tàu đến Cà Mau khoảng 340 km và mở rộng ra phía biển 70 km. Mô hình được thiết lập 3 chiều với ô lưới vuông trực giao theo phương dọc và phương ngang (188x133) ô lưới với kích thước lưới thay đổi từ 100 – 9841 m

với độ phân giải nhỏ cho khu vực cửa sông và ven biển và phân giải lớn cho khu vực ngoài khơi và lưới chia 10 lớp theo phương đứng.

### 2.3 Điều kiện biên và thông số thiết lập

Tài liệu địa hình, mực nước, lưu lượng, dòng chảy, bùn cát, độ mặn, sóng được sử dụng từ kết quả khảo sát trong giai đoạn 2009-2010 các dự án điều tra cơ bản sông Cửu Long của Viện khoa học thủy lợi miền Nam và các dự án khác. Mô hình được mô phỏng trong một năm khí hậu giai đoạn từ 4/2009-5/2010 đây là năm khí hậu điển hình tương ứng năm lũ trung bình trong vòng 80 năm.

Biên đầu vào lưu lượng cho mô hình tại Soài Rạp, Mỹ Thuận, Cần Thơ được trích xuất từ mô hình 1 chiều của SIWRR, biên mực nước phía biển được trích xuất các thành phần triều từ mô hình triều toàn cầu TPXO7.2. Số liệu sóng và gió được sử dụng từ website của The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF).

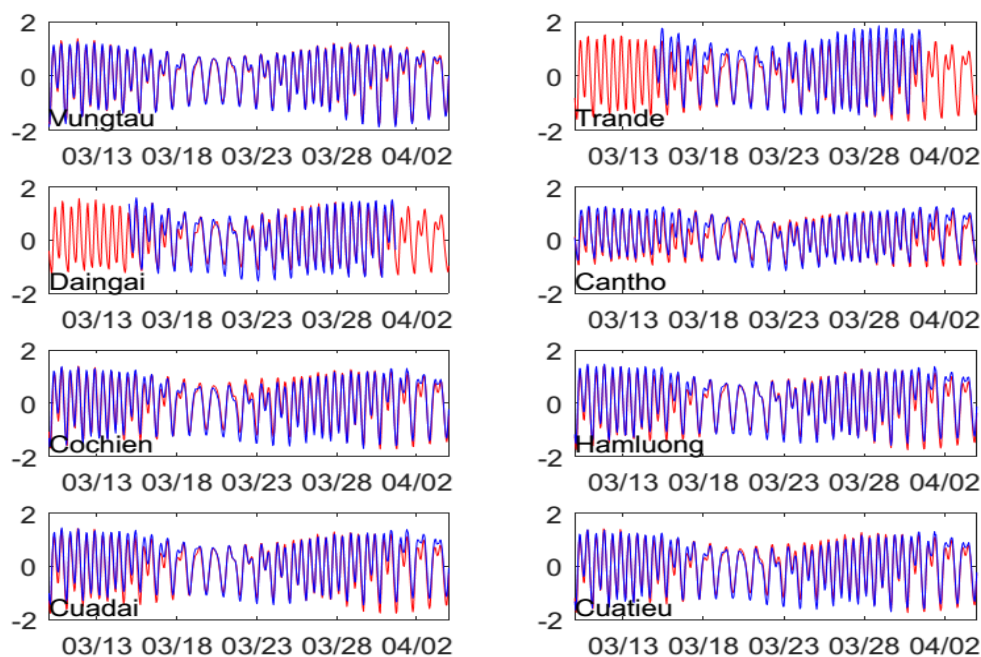
Biên bùn cát được đưa vào tại 3 vị trí thượng lưu: Soài Rạp, Mỹ Thuận, Cần Thơ. Thành phần bùn cát đưa vào mô hình bao gồm bùn cát lơ lửng và bùn cát đáy.

Nhiệt độ nước trung bình  $T = 27^{\circ}\text{C}$ . Độ mặn thiết lập cho biên phía biển  $S=34$  ppt (Wyrski 1961) và  $S=0$  ppt cho biên sông. Mô hình sử dụng mô hình rối 3 chiều là K-Epsilon. Mô hình xem xét quá trình rối nhớt và khuếch tán các số liệu đưa vào dựa trên quá trình kiểm định và phù hợp với nghiên cứu của Vũ Duy Vĩnh ntk 2016. Giá trị hệ số nhám thay đổi từ  $0.016-0.023 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$  phù hợp với nghiên cứu của Vũ Duy Vĩnh ntk 2016 và Nguyễn Văn Mạnh 2014, 2015b. Bùn cát được mô phỏng bao gồm bùn cát dính và không dính có xem xét đến quá trình kết bông của các hạt bùn cát lơ lửng.

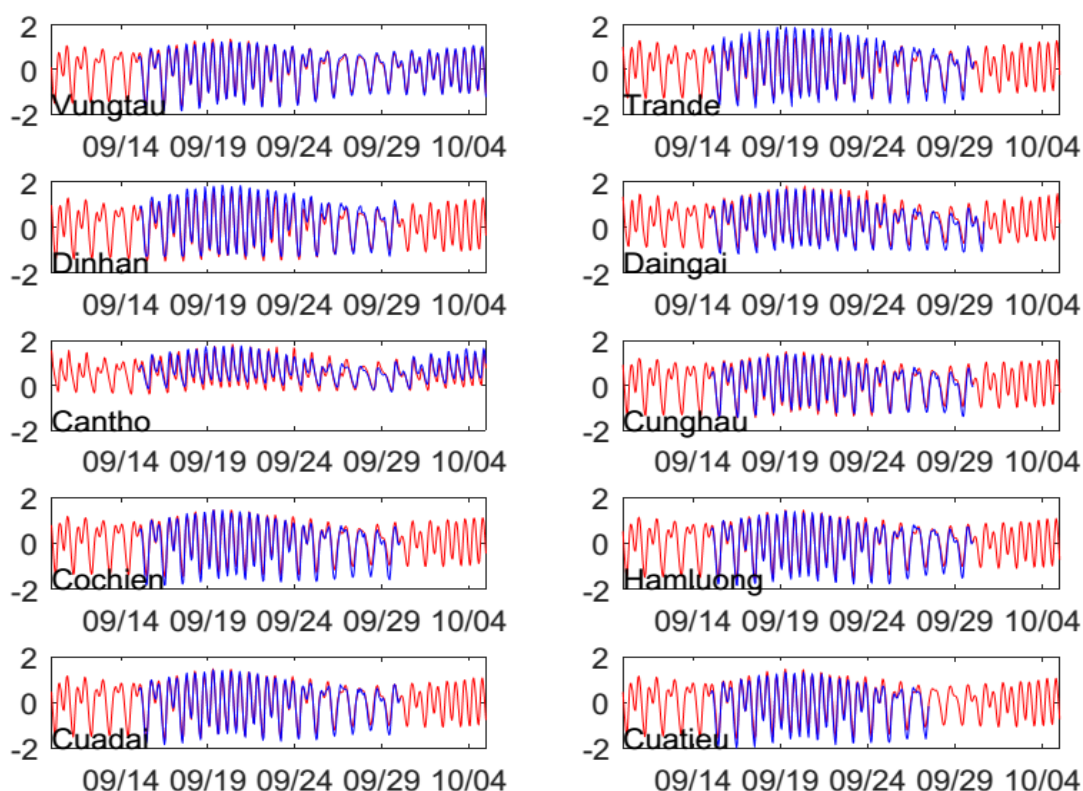
### 3. KIỂM ĐỊNH MÔ HÌNH TOÁN VỚI SỐ LIỆU THỰC ĐO

Mô hình được kiểm định cho 2 giai đoạn: 3-4/2009 và 9-10/2009. Mực nước được kiểm định tại 10 vị trí: Vũng Tàu, Cửa Tiểu, Cửa Đại, Hàm Luông, Cổ Chiên, Cung Hầu, Trần Đề, Định An, Đại Ngãi, Cần Thơ. Lưu lượng được kiểm định tại 7 vị trí đo: Cửa Tiểu, Cửa Đại, Hàm Luông, Cổ Chiên, Cung Hầu, Trần Đề, Định An, các vị trí này đã bao phủ 7 cửa sông chính của sông Tiền và sông Hậu đổ ra biển.

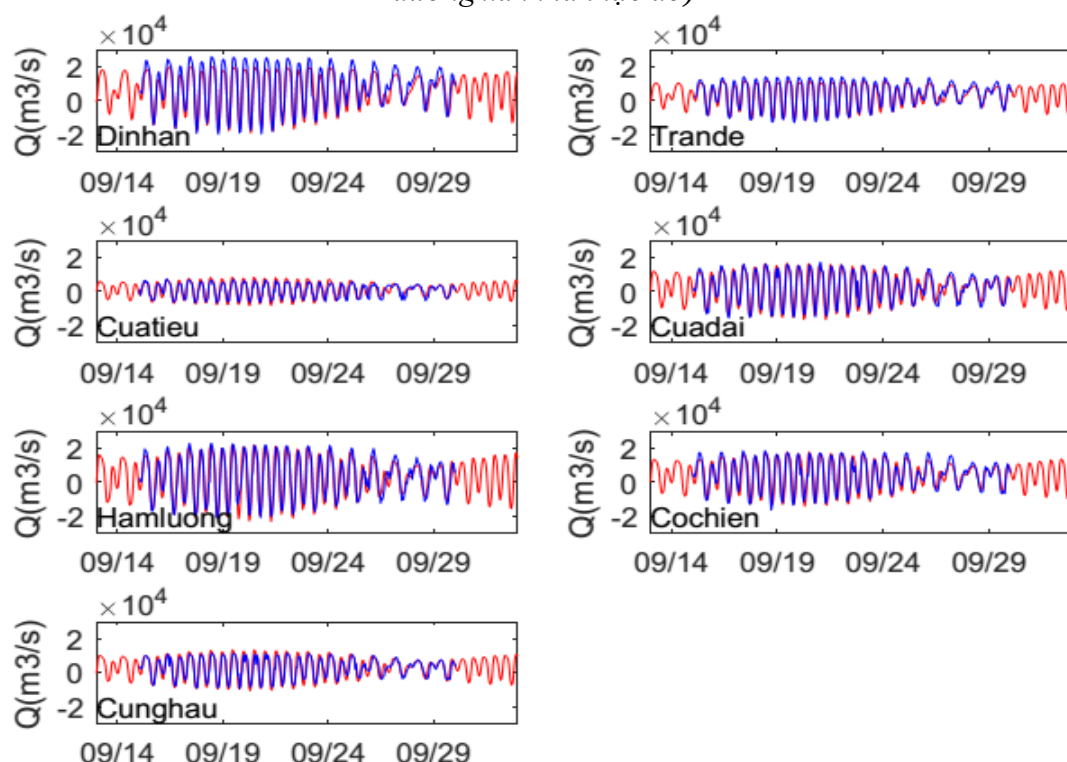
Kết quả kiểm định thủy lực cho thấy mô hình Delft 3D mô phỏng khá tốt điều kiện thủy lực giữa mô phỏng và thực đo tại các vị trí Hình 3, Hình 4, Hình 5 và được đánh giá bằng chỉ số NSE (Nash-Sutcliffe efficiency) với kết quả khá tốt từ  $\text{NSE} = 0.76-0.98$ .



Hình 3. So sánh mực nước mô phỏng và thực đo trong mùa khô 2009 (đường đỏ là mô phỏng, đường xanh là thực đo)



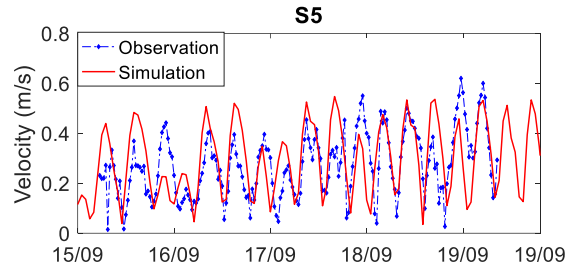
Hình 4. So sánh mực nước mô phỏng và thực đo trong mùa lũ 2009 (đường đỏ là mô phỏng, đường xanh là thực đo)



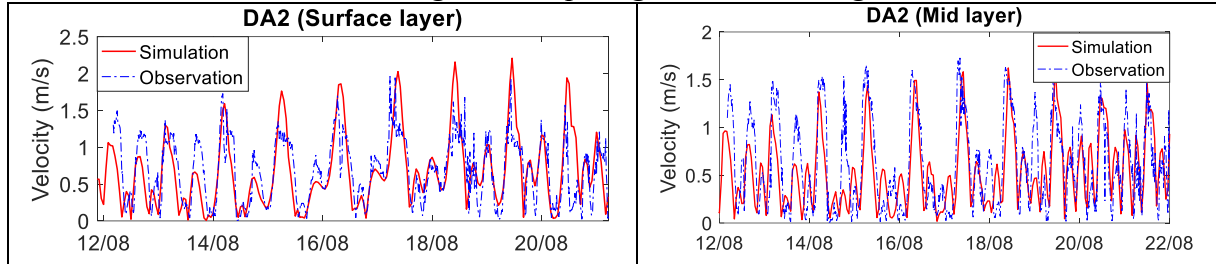
Hình 5. So sánh lưu lượng mô phỏng và thực đo trong mùa lũ 2009 (đường đỏ là mô phỏng, đường xanh là thực đo)

Vận tốc dòng chảy cũng được so sánh, kiểm định giữa mô phỏng (Simulation) và thực đo (Observation) tại vị trí DA2 cho tầng mặt và tầng giữa và tại S5 cho giá trị trung bình. Hình 6 và Hình 7 cho thấy kết quả thể hiện khá hợp lý giữa thực đo và mô phỏng.



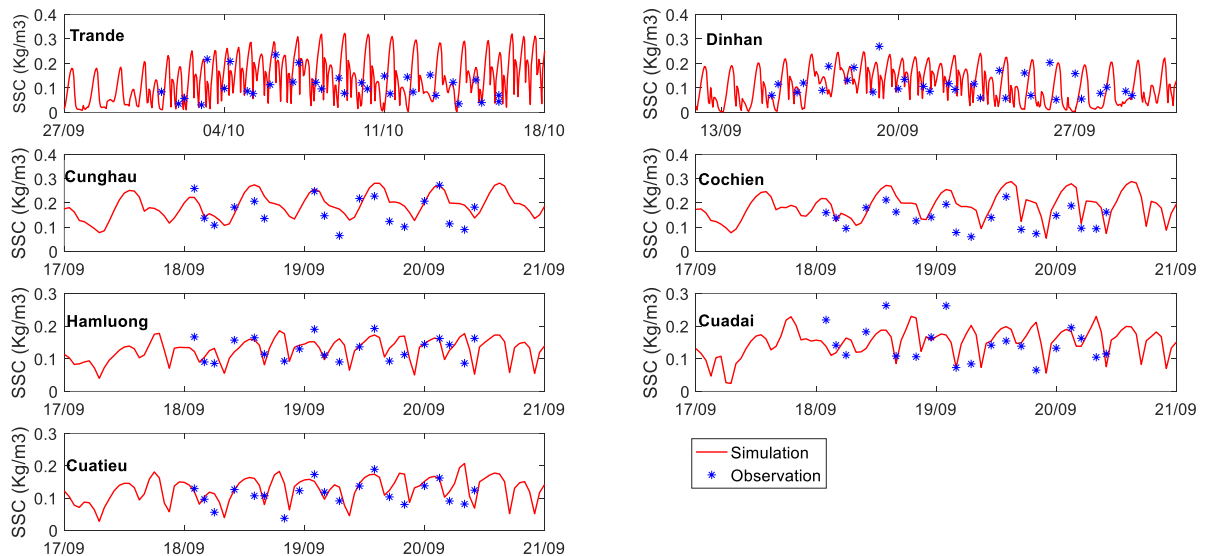


Hình 6. So sánh vận tốc trung bình mô phỏng và thực đo trong mùa lũ 2009 tại vị trí S5



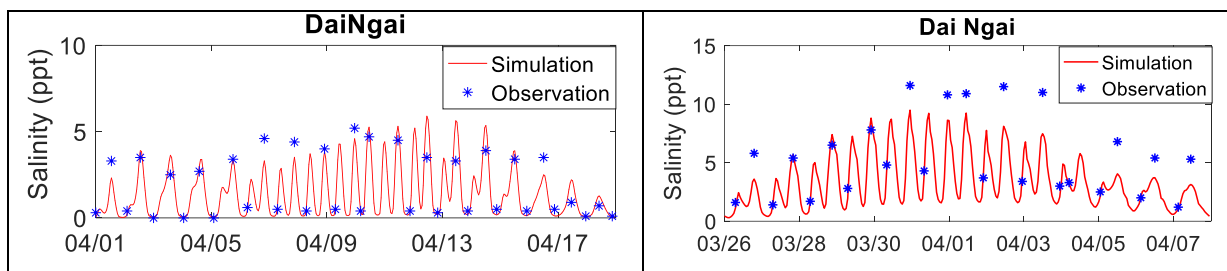
Hình 7. So sánh vận tốc mô phỏng và thực đo tại tầng mặt (bên trái) và tầng giữa (bên phải) trong mùa lũ 2009 tại vị trí DA2

Hàm lượng bùn cát lơ lửng (SSC) cũng được kiểm định giữa mô phỏng và thực đo tại 7 vị trí: Cửa Tiểu, Cửa Đại, Hàm Luông, Cổ Chiên, Cung Hầu, Trần Đề, Định An trong tháng 9-10/2009. Kết quả mô phỏng khá phù hợp với số liệu thực đo



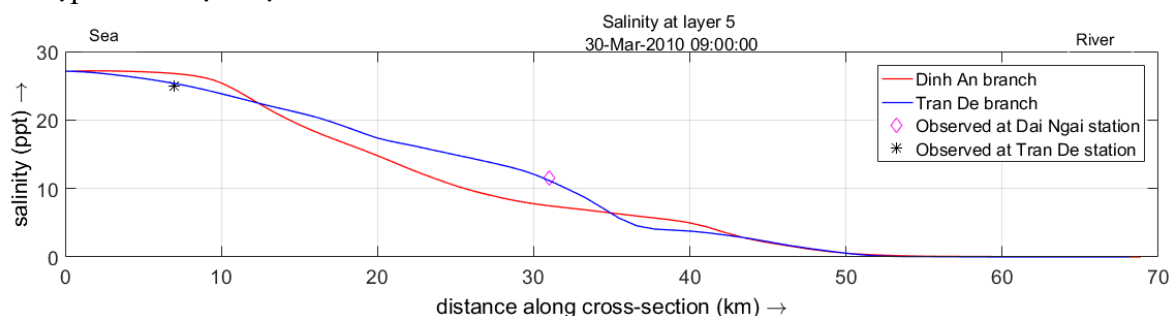
Hình 8. So sánh SSC mô phỏng và thực đo tại 7 vị trí trong mùa lũ 2009

Độ mặn cũng được kiểm định trong 2 giai đoạn mùa khô từ 1-19/4/2009 và 26/3-8/4/2010 tại trạm Đại Ngãi. Mô hình cũng thể hiện khá tốt xu thế và giá trị độ mặn so với giá trị thực đo tại độ sâu trung bình. Tuy nhiên, từ 1-7/4 mùa khô năm 2010 giá trị thực đo có xu thế cao hơn mô phỏng lý do đây là năm mặn xâm nhập sâu nhất vào cửa sông trong vòng 60 năm do đó mặn từ một số sông kênh khu vực này đổ vào sông hậu trong cuối mùa làm cho độ mặn cao hơn, trong mô hình chưa xem xét đến hệ thống này.



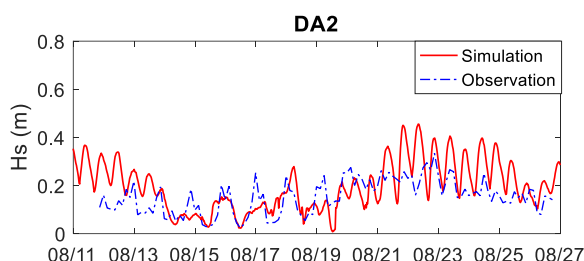
Hình 9. So sánh độ mặn mùa khô 2009 (trái) và 2010 (phải) tại trạm Đại Ngãi.

Hình 10 thể hiện sự xâm nhập mặn lớn nhất tại tầng giữa trong mùa khô trên 2 nhánh sông Định An và Trần Đề trên sông Hậu, mặn xâm nhập khoảng 50km vào đất liền từ cửa sông và tại trạm Đại Ngãi độ mặn lớn nhất khoảng 10-12 phần ngàn, kết quả mô phỏng này cũng khá phù hợp với số liệu thực đo.

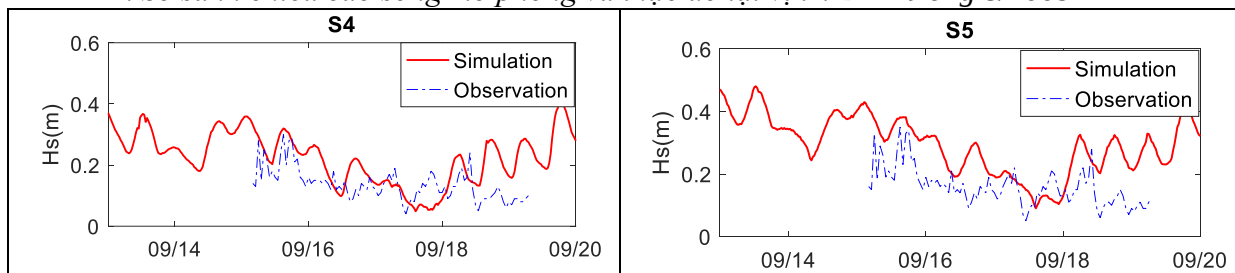


Hình 10. Xâm nhập mặn lớn nhất vào cửa sông Định An và Trần Đề trong mùa khô 2010

Mô hình sóng và dòng chảy được kết hợp chạy song song để mô phỏng chế độ thủy lực và sóng truyền từ biên biển vào khu vực gần bờ. Hình 11 và Hình 12 thể hiện kết quả kiểm định sóng giữa mô phỏng và thực đo tại vị trí DA2, S4, S5. Kết quả cho thấy mô hình mô phỏng xu thế và giá trị khá phù hợp với số liệu thực đo.



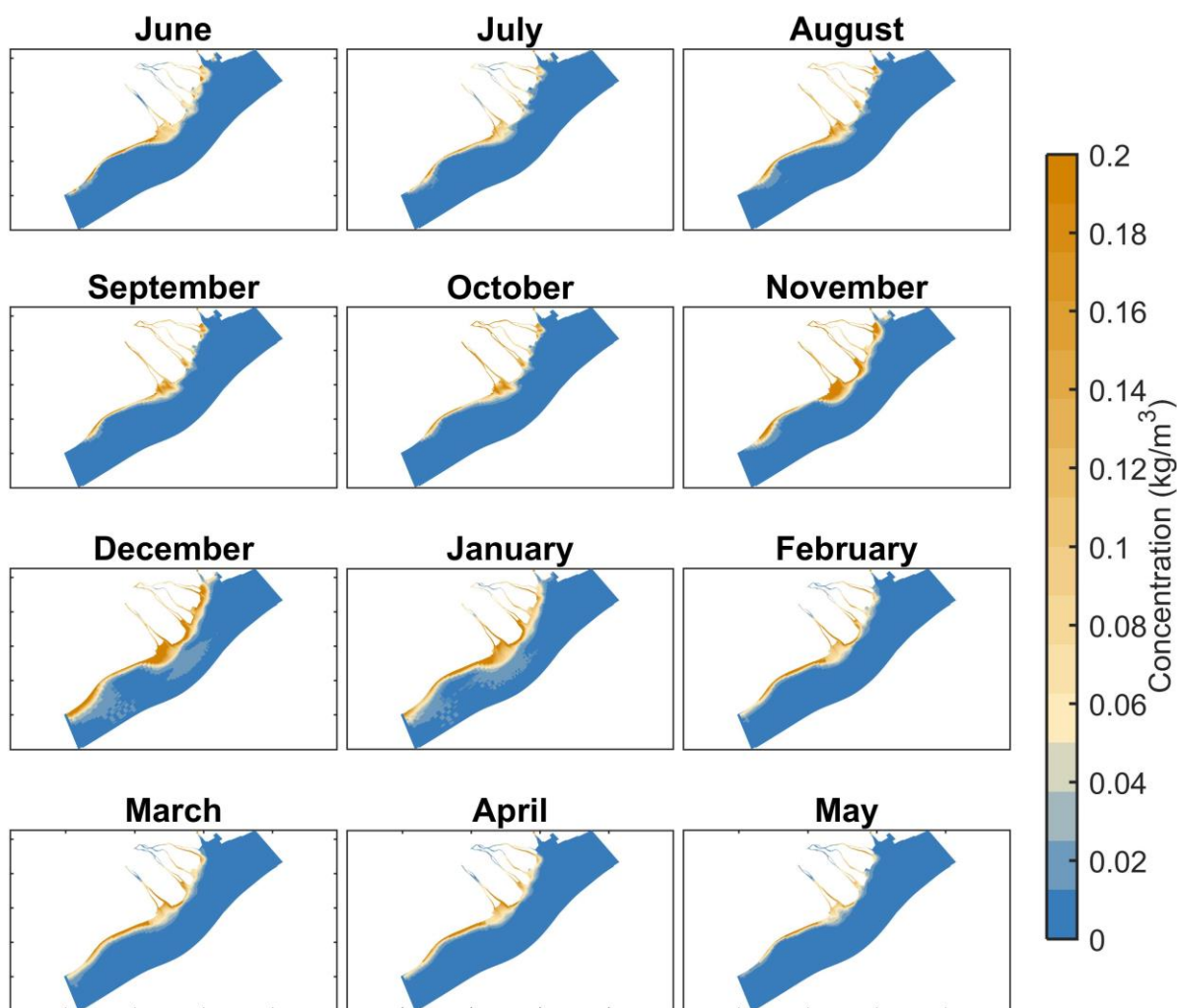
Hình 11. So sánh chiều cao sóng mô phỏng và thực đo tại vị trí DA2 trong 8/2009



Hình 12. So sánh chiều cao sóng mô phỏng và thực đo tại vị trí S4, S5 trong 9/2009

#### 4. SO SÁNH KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VỚI ẢNH VỆ TINH

Sự phân bố bùn cát trên không gian được so sánh giữa mô phỏng và ảnh vệ tinh thu thập từ dự án “Kalicôtier, ACRI-ST” ([http://kalicotier.gis-cooc.org/data\\_access/mekong/SPM](http://kalicotier.gis-cooc.org/data_access/mekong/SPM)) trong giai đoạn 2009-2010, với độ phân giải 300x300m<sup>2</sup>.

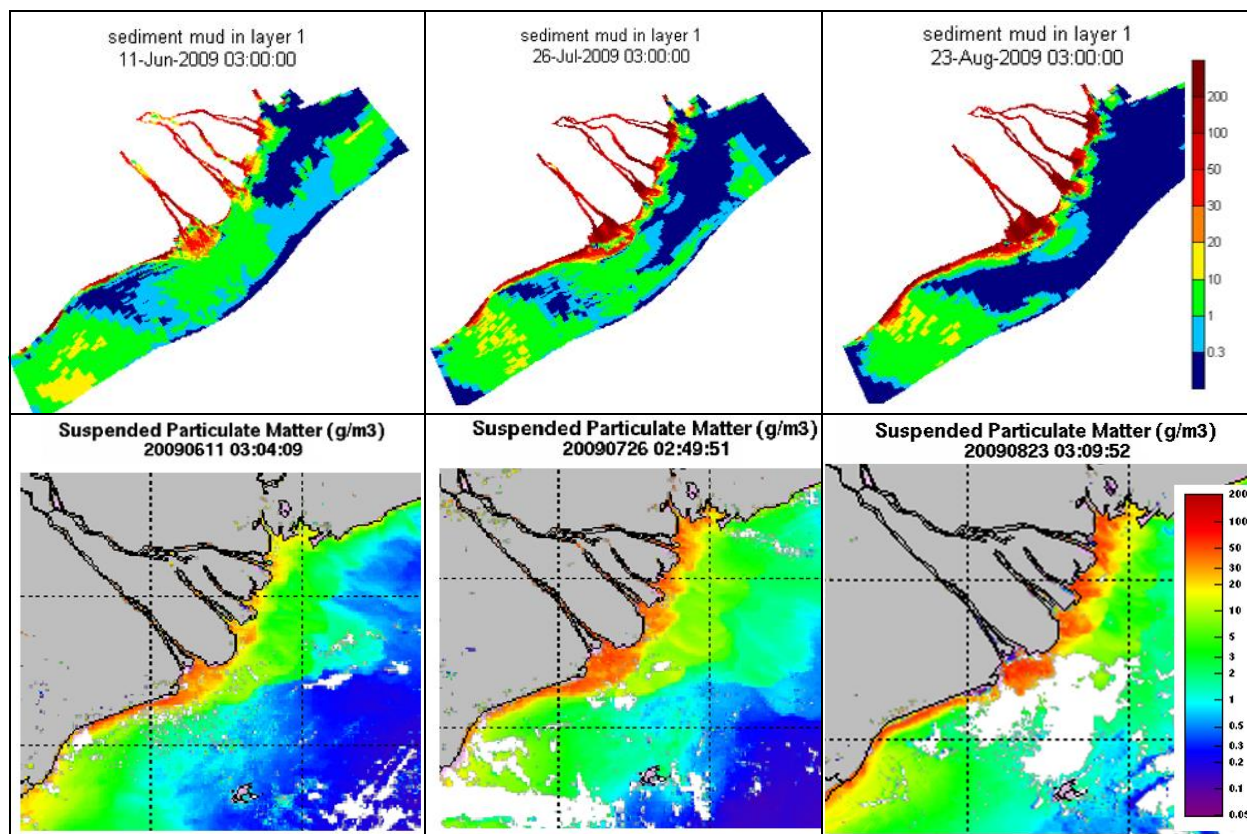


Hình 13. Phân bố SSC trung bình tháng trong thời gian mô phỏng

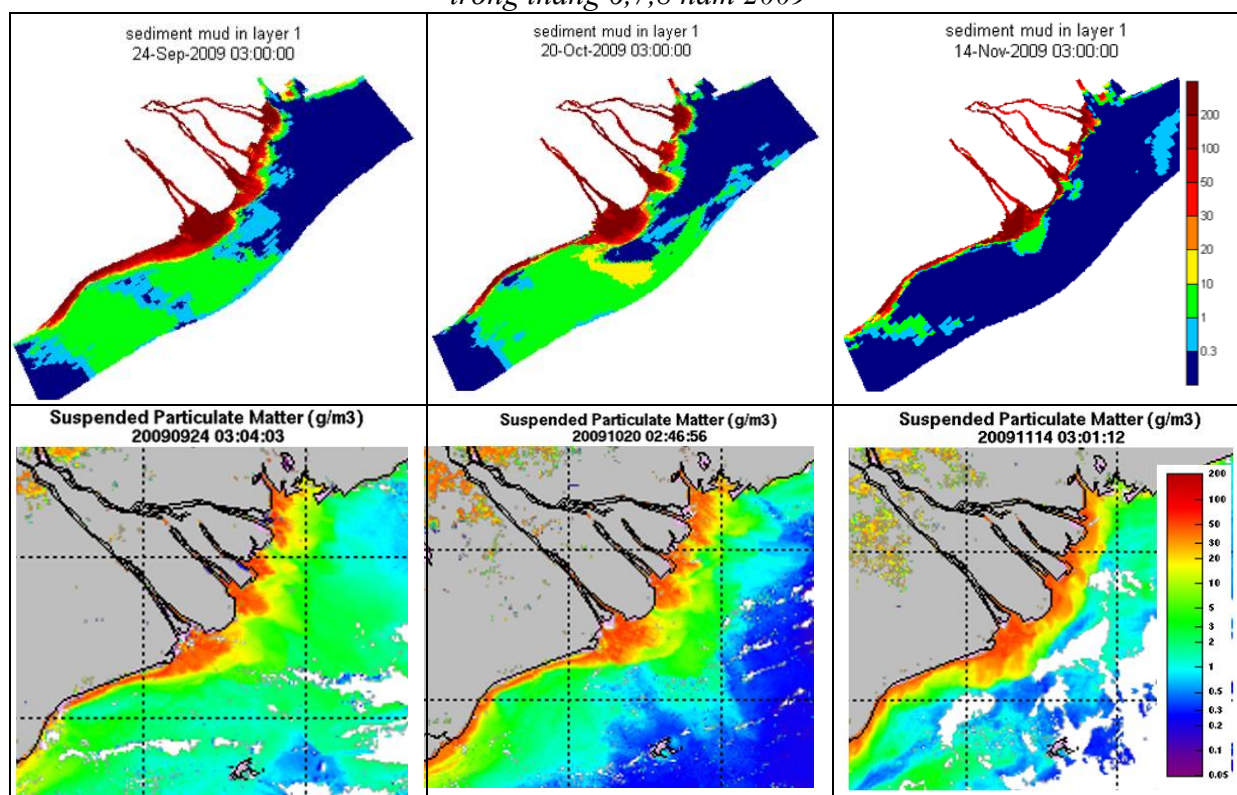
Kết quả mô phỏng được so sánh với 12 ảnh vệ tinh ứng với 12 tháng thể hiện sự phân bố và dòng bùn cát trong cả mùa lũ và mùa kiệt.

Hình 14 thể hiện sự phân bố bùn cát trung bình tháng trong thời gian mô phỏng và Hình 14, Hình 15, Hình 16 và Hình 17 so sánh sự phân bố dòng bùn cát giữa mô phỏng (bên trên) và ảnh vệ tinh (bên dưới). Có thể thấy rằng sự phân bố SSC cao nhất ở khu vực cửa sông trong tháng 9, 10 là khá hợp lý vì trong thời gian đó lưu lượng và SSC từ biên Cần Thơ và Mỹ Thuận đổ về là lớn nhất. Thêm vào đó, hướng dòng bùn cát có xu thế đi về phía Đông- Bắc vì thời điểm này là mùa gió Tây-Nam chiếm ưu thế. Trong tháng 11 hướng sóng và gió chuyển sang gió mùa Đông- Bắc nên hướng dòng bùn cát theo hướng Tây-Nam, kết quả là hình thành dòng bùn cát di chuyển rất mạnh dọc theo bờ biển bắt đầu từ cửa Soài Rạp hướng về phía Tây-Nam trong mùa khô, từ đó có thể kết luận rằng mô hình đã mô phỏng và thể hiện khá phù hợp cơ chế vận chuyển SSC khu vực cửa sông và ven biển Mekong. Kết quả này cũng khá phù hợp với kết quả nghiên cứu của Hein, H nnk 2013, Nguyễn Duy Khang nnk 2015.



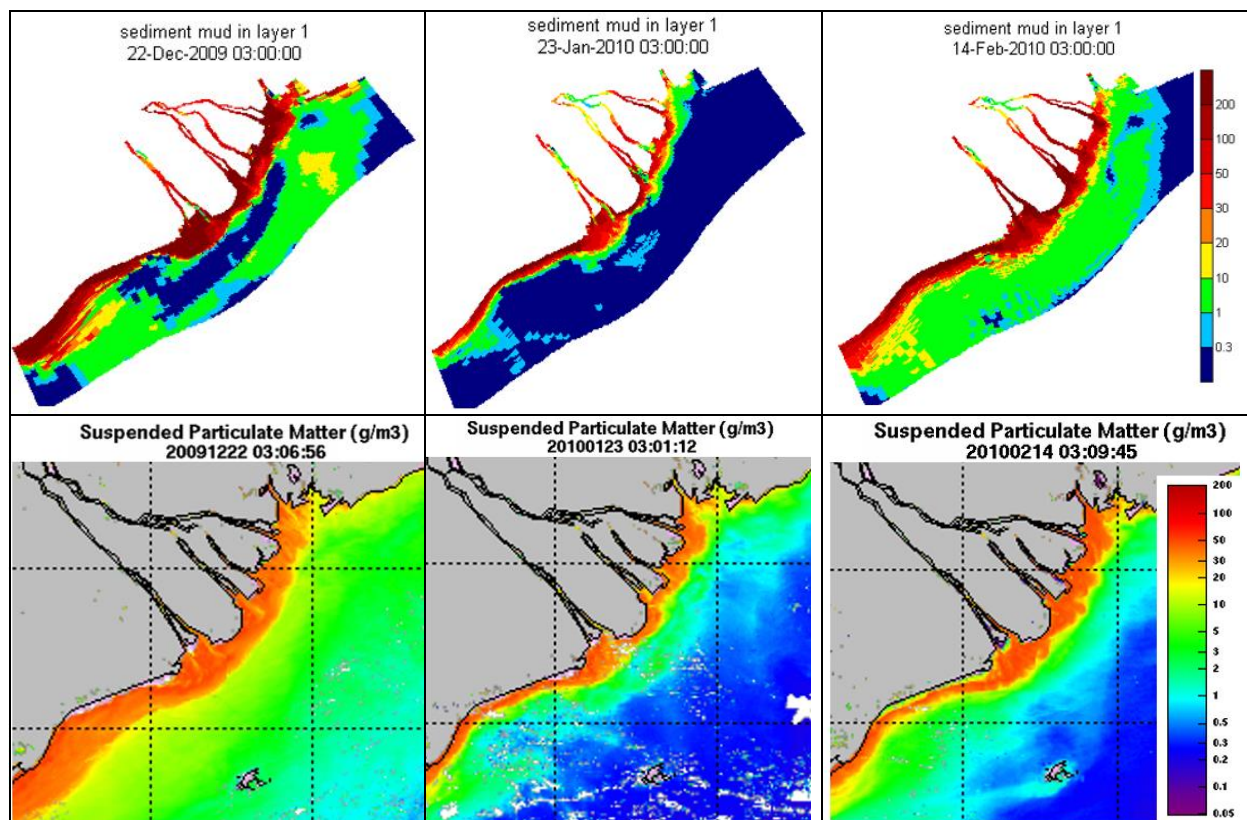


Hình 14. So sánh sự phân bố bùn cát giữa mô phỏng (phía trên) và ảnh vệ tinh (phía dưới) trong tháng 6,7,8 năm 2009

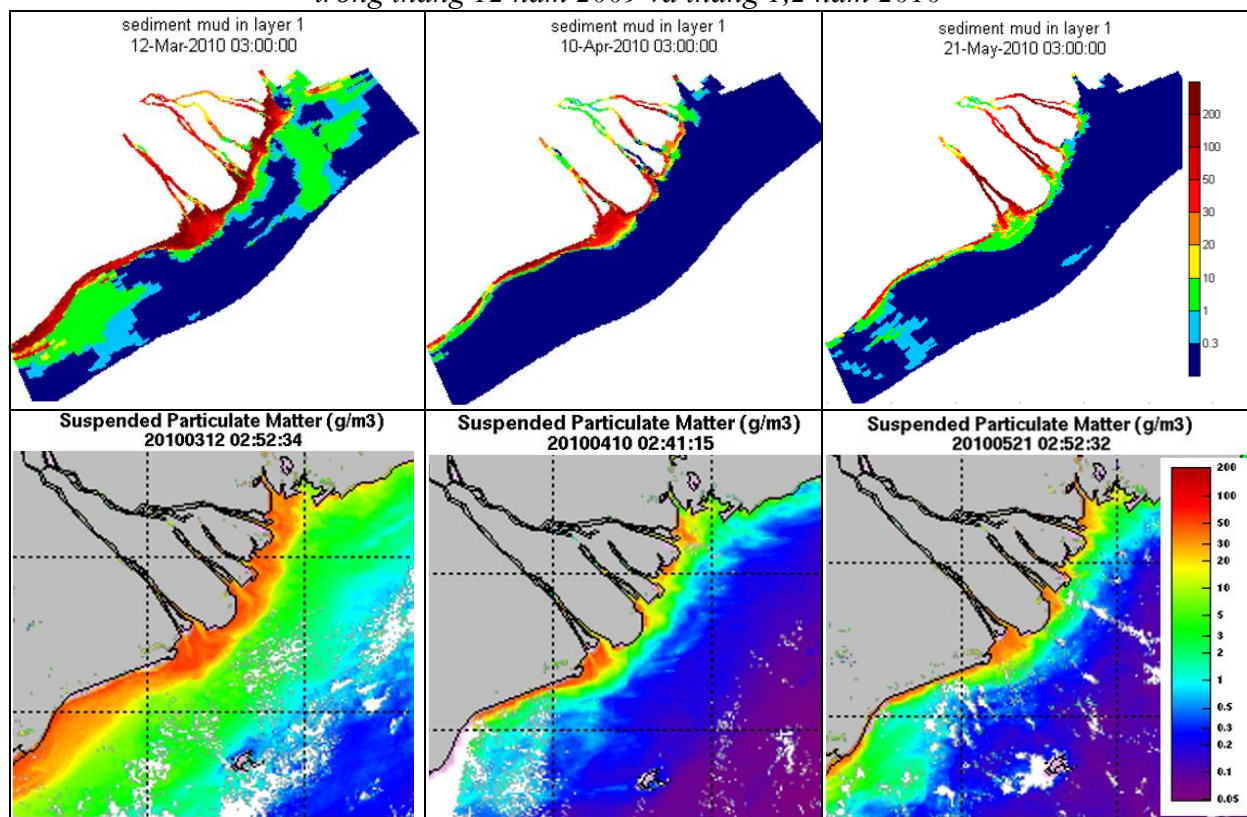


Hình 15. So sánh sự phân bố bùn cát giữa mô phỏng (phía trên) và ảnh vệ tinh (phía dưới) trong tháng 9,10,11 năm 2009





Hình 16. So sánh sự phân bố bùn cát giữa mô phỏng (phía trên) và ảnh vệ tinh (phía dưới) trong tháng 12 năm 2009 và tháng 1,2 năm 2010



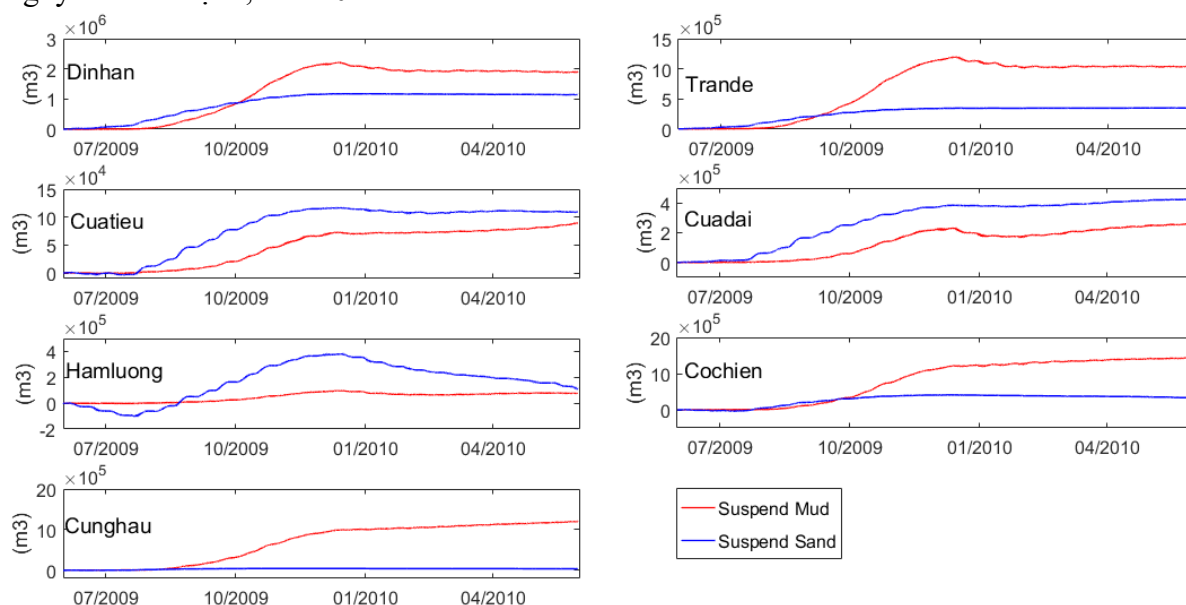
Hình 17. So sánh sự phân bố bùn cát giữa mô phỏng (phía trên) và ảnh vệ tinh (phía dưới) trong tháng 3,4,5 năm 2010

## 5. ĐÁNH GIÁ QUÁ TRÌNH VẬN CHUYỂN BÙN CÁT

Để xem xét quá trình vận chuyển bùn cát từ các cửa sông ra biển, lượng vận chuyển bùn cát đã trích xuất tại 7 mặt cắt cửa sông là: Cửa Tiểu, Cửa Đại, Hàm Luông, Cỏ Chiên, Cung Hầu, Định An và Trần Đề. Quá trình vận chuyển bùn cát dọc bờ cũng được trích xuất tại các mặt cắt vuông góc với bờ là CR1, CR3, CR4 và CR6. Vị trí các mặt cắt xem **Error! Reference source not found.**

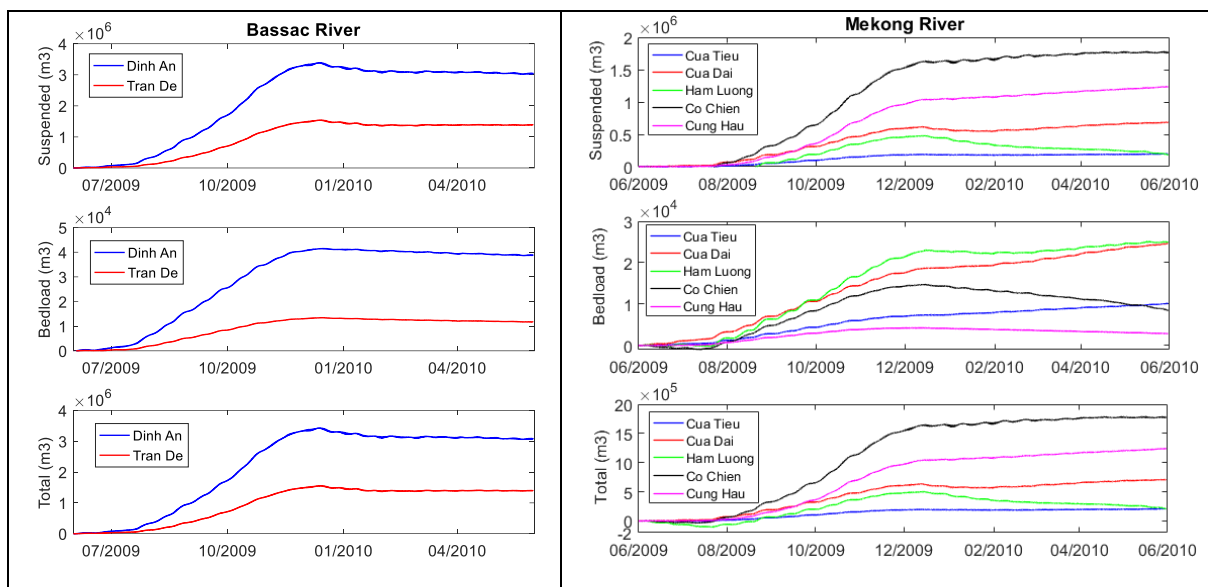
### 5.1 Vận chuyển bùn cát tại các mặt cắt cửa sông

Kết quả mô phỏng cho thấy rằng tỷ lệ phần trăm vận chuyển bùn cát qua Cần Thơ và Mỹ Thuận trong mùa lũ lần lượt là 46% và 57% điều này khá phù hợp với nghiên cứu của Nguyễn Văn Mạnh, nnk 2014.



Hình 18. Lượng tích lũy bùn và cát lơ lửng vận chuyển tại các cửa sông trong thời gian mô phỏng 6/2009-5/2010

Hình 19 thể hiện lượng bùn cát tích lũy (cả bùn cát lơ lửng và bùn cát đáy) tại các cửa sông Tiền (Mekong river) và sông Hậu (Bassac river) từ 6/2009-5/2010. Nhìn chung, bùn cát vận chuyển từ sông ra biển chủ yếu trong mùa lũ (Tháng 8,9,10 và 11). Ngược lại, trong mùa kiệt lượng bùn cát đổ ra biển giảm một cách nhanh chóng tại một số cửa sông như Định An, Trần Đề trên sông Hậu và Cửa Đại, Hàm Luông, Cỏ Chiên và Cung Hầu trên sông Tiền bùn cát từ biển vận chuyển ngược lại vào trong sông, điều này khá phù hợp với nghiên cứu của Nowacki nnk. 2015 tại cửa Định An.



Hình 19. Lượng bùn cát tích lũy vận chuyển qua sông Tiền và sông Hậu trong năm 2009-2010

Bảng 1. Thể tích ( $10^6 m^3$ ) và phần trăm lượng bùn cát vận chuyển ra biển ở đồng bằng Mekong

| Sông  | Tên mặt cắt | Mùa lũ          |             |      | Mùa kiệt        |             |       | Tổng thời gian mô phỏng |             |      |            |        |
|-------|-------------|-----------------|-------------|------|-----------------|-------------|-------|-------------------------|-------------|------|------------|--------|
|       |             | 06-12/2009      |             |      | 01-05/2010      |             |       | 06/2009-05/2010         |             |      |            |        |
|       |             | Bùn cát lơ lửng | Bùn cát đáy | Tổng | Bùn cát lơ lửng | Bùn cát đáy | Tổng  | Bùn cát lơ lửng         | Bùn cát đáy | Tổng | $10^6 m^3$ | %      |
| Hậu   | Định An     | 3.30            | 0.04        | 3.34 | -0.30           | -0.002      | -0.30 | 3.0                     | 0.039       | 3.04 | 4.45       | 51.68  |
|       | Trần Đề     | 1.60            | 0.01        | 1.61 | -0.20           | -0.002      | -0.20 | 1.4                     | 0.011       | 1.41 |            |        |
| Tiền  | Cửa Tiểu    | 0.19            | 0.007       | 0.20 | 0.01            | 0.003       | 0.01  | 0.2                     | 0.010       | 0.21 | 4.16       | 48.32  |
|       | Cửa Đại     | 0.61            | 0.018       | 0.63 | 0.08            | 0.007       | 0.09  | 0.7                     | 0.025       | 0.72 |            |        |
|       | Hàm Luông   | 0.48            | 0.023       | 0.50 | -0.28           | 0.002       | -0.28 | 0.2                     | 0.025       | 0.23 |            |        |
|       | Cổ Chiên    | 1.63            | 0.015       | 1.65 | 0.14            | -0.007      | 0.13  | 1.8                     | 0.008       | 1.78 |            |        |
|       | Cung Hậu    | 1.04            | 0.004       | 1.04 | 0.19            | -0.001      | 0.19  | 1.2                     | 0.003       | 1.23 |            |        |
| Total |             | 8.85            | 0.12        | 8.97 | -0.36           | 0.000       | -0.36 | 8.49                    | 0.12        | 8.61 | 8.61       | 100.00 |

(Giá trị dương là hướng vận chuyển ra biển, âm là vận chuyển ngược lại sông)

Bảng 1 thể hiện thể tích và phần trăm tổng lượng bùn cát vận chuyển ra biển trong mùa lũ và mùa kiệt. Tổng lượng bùn cát đổ ra biển cả sông Tiền và sông Hậu khoảng 8.6 triệu  $m^3$  trong thời gian mô phỏng, trong đó sông Tiền là 4.2 triệu  $m^3$  (48%) và sông Hậu 4.4 triệu  $m^3$  (52%). Hầu hết bùn cát đổ ra biển trong mùa lũ chiếm trên 90% trong khi mùa kiệt chỉ chiếm 7-10% điều này khá phù hợp với nghiên cứu của Xue nnk 2012.

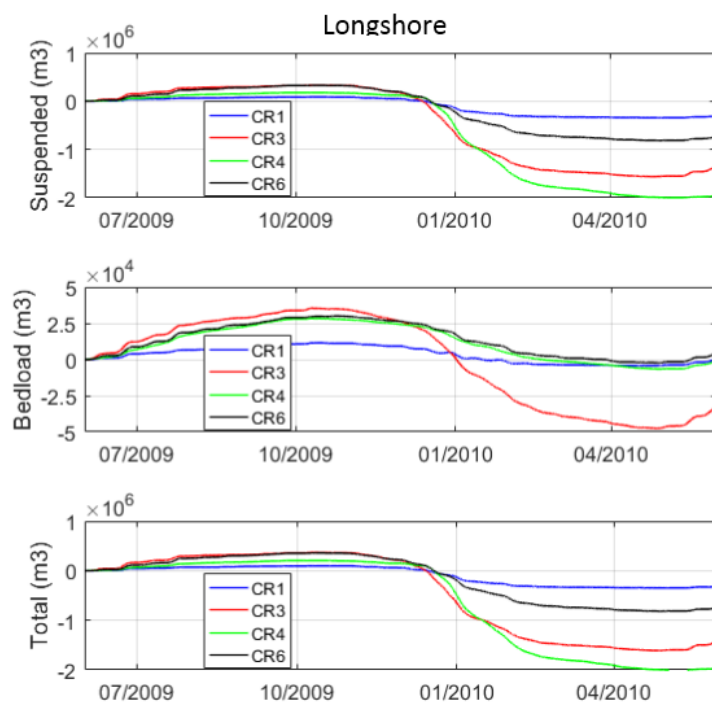
Tại cửa sông Hậu (bao gồm Định An và Trần Đề) lượng bùn cát đổ ra biển khoảng 5.0 triệu  $m^3$  trong mùa lũ 2009. Tuy nhiên, 0.5 triệu  $m^3$  đã vận chuyển ngược lại trong sông trong mùa khô năm 2010 do đó tổng lượng bùn cát đổ ra biển là 4.5 triệu  $m^3$  trong thời gian mô phỏng. Trong đó Định An chiếm 3.0 triệu  $m^3$  (68 %) và Trần Đề là 1.4 triệu  $m^3$  (32%).

Tại cửa sông Tiền (bao gồm: Cửa Tiểu, Cửa Đại, Hàm Luông, Cổ Chiên, Cung Hậu) lượng bùn cát đổ ra biển khoảng 4.2 triệu  $m^3$ , trong đó Cổ Chiên và Cung Hậu là 3.0 triệu  $m^3$ , chiếm 72%, các nhánh còn lại là 1.2 triệu  $m^3$ , chiếm 28%.

## 5.2 Vận chuyển bùn cát dọc bờ

Lượng bùn cát vận chuyển qua 4 mặt cắt vuông góc với bờ là CR1, CR3, CR4 và CR6 được trích xuất để xem xét quá trình vận chuyển bùn cát dọc bờ cả bùn cát lơ lửng (suspended) và bùn cát đáy (bedload).

Hình 20 thể hiện lượng vận chuyển bùn cát tích lũy trong mùa Tây-Nam (6-11/2009) ứng với mùa lũ và mùa Đông-Bắc (12/2009-5/2010) ứng với mùa khô (giá trị dương vận chuyển theo hướng Đông-Bắc và giá trị âm vận chuyển theo hướng Tây-Nam). Điều rất rõ ràng là bùn cát vận chuyển chiếm ưu thế là theo hướng Tây-Nam. Lượng bùn cát vận chuyển qua mặt cắt CR3 là lớn nhất trong mùa Tây-Nam. Thêm vào đó, lượng bùn cát vận chuyển dọc bờ chiếm ưu thế trong Tháng 11,12 và Tháng 1, lý do là trong thời gian này sóng và gió thịnh hành trong mùa Đông- Bắc với cường độ lớn hơn mùa Tây-Nam, những tháng còn lại thì lượng bùn cát vận chuyển ít hơn.



Hình 20. Lượng bùn cát vận chuyển trong thời gian mô phỏng tại các mặt cắt dọc theo bờ biển đồng bằng Mekong

Bảng 2. Thể tích ( $10^6 m^3$ ) và phần trăm lượng bùn cát vận chuyển dọc bờ ở đồng bằng Mekong

| Vị trí               | Tên mặt cắt | Mùa Tây Nam     |             |      | Mùa Đông Bắc    |             |       | Tổng thời gian mô phỏng |             |        |
|----------------------|-------------|-----------------|-------------|------|-----------------|-------------|-------|-------------------------|-------------|--------|
|                      |             | 06-11/2009      |             |      | 12/2009-05/2010 |             |       | 06/2009-05/2010         |             |        |
|                      |             | Bùn cát lơ lửng | Bùn cát đáy | Tổng | Bùn cát lơ lửng | Bùn cát đáy | Tổng  | Bùn cát lơ lửng         | Bùn cát đáy | Tổng   |
| Trước các cửa sông   | CR1         | 0.09            | 0.011       | 0.10 | -0.39           | -0.011      | -0.40 | -0.30                   | 0.000       | -0.300 |
|                      | CR3         | 0.32            | 0.035       | 0.35 | -1.62           | -0.070      | -1.69 | -1.31                   | -0.035      | -1.340 |
| Khu vực phía Tây Nam | CR4         | 0.18            | 0.028       | 0.21 | -2.18           | -0.029      | -2.21 | -2.00                   | -0.001      | -2.001 |
|                      | CR6         | 0.32            | 0.030       | 0.35 | -1.12           | -0.030      | -1.15 | -0.80                   | 0.000       | -0.800 |

Bảng 2 thể hiện quá trình vận chuyển bùn cát thay đổi trong mùa Tây-Nam (6-11/2009) ứng với mùa lũ và mùa Đông-Bắc (12/2009-5/2010) ứng với mùa khô (giá trị dương vận chuyển theo hướng Đông-Bắc và giá trị âm vận chuyển theo hướng Tây-Nam) tại các mặt cắt dọc bờ. Điều khá rõ ràng là lượng bùn cát vận chuyển theo hướng Đông- Bắc tại mặt cắt CR1,



CR3, CR4 và CR6 khoảng 0.1 - 0.35 triệu m<sup>3</sup>, nó khá nhỏ so với hướng vận chuyển Tây-Nam khoảng 0.4-2.21 triệu m<sup>3</sup>. Xu thế này khá phù hợp với nghiên cứu của Vũ Duy Vĩnh nnk 2016. Tổng lượng bùn cát thực vận chuyển theo hướng Tây-Nam khoảng 0.3-2.0 triệu m<sup>3</sup> trong thời gian mô phỏng (6/2009-5/2010). Thêm vào đó, lượng bùn cát vận chuyển qua mặt cắt CR3 và CR4 lớn hơn CR1 và CR6, lý do là mặt cắt CR3 gần cửa Hàm Luông và Cổ Chiên còn mặt cắt CR4 gần cửa Định An và Trần Đề nơi lượng bùn cát đổ ra biển là lớn nhất so với các cửa còn lại.

## 6. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã áp dụng mô hình 3 chiều Delft 3D để mô phỏng quá trình vận chuyển bùn cát ở cửa sông và ven biển đồng bằng sông Cửu Long từ 2009 đến 2010. Mô hình đã kết hợp mô phỏng các quá trình phức tạp khu vực này chịu chi phối bởi các yếu tố như: dòng chảy và bùn cát từ sông đổ ra biển, thủy triều, sóng gió và dòng mật độ. Mô hình đã được hiệu chỉnh và kiểm định khá tốt với các số liệu thực đo và ảnh vệ tinh.

Quá trình vận chuyển bùn cát bị chi phối mạnh bởi lưu lượng từ cửa sông và gió mùa. Có thể tóm tắt ngắn gọn như sau: trong mùa lũ sông Tiền và sông Hậu cung cấp một lượng lớn bùn cát (trên 90%) nó bồi lắng trước các cửa sông dưới tác động của trọng lực, quá trình kết bông và sóng gió yếu. Trong mùa khô, khi lượng bùn cát trong sông đổ ra giảm đáng kể thì sóng và dòng chảy đã tái lơ lửng bùn cát lắng đọng trong giai đoạn trước do triều chiếm ưu thế và nê-mạn đã đưa một phần bùn cát trở lại trong sông, phần còn lại di chuyển theo hướng Tây-Nam do sóng và dòng chảy. Hơn nữa, hướng vận chuyển của bùn cát phụ thuộc vào hướng gió mùa điều này thể hiện rất rõ ràng trong sự phân bố không gian luồng bùn cát. Bùn cát vận chuyển dọc bờ chiếm ưu thế trong gió mùa Đông- Bắc đặc biệt là Tháng 11,12 và Tháng 1.

Tổng lượng bùn cát vận chuyển từ sông ra biển khoảng 8.6 triệu m<sup>3</sup> trong thời gian mô phỏng 06/2009-05/2010. Trong đó, trong đó sông Tiền là 4.2 triệu m<sup>3</sup> (48%) và sông Hậu 4.4 triệu m<sup>3</sup> (52%).

Trong nghiên cứu tới tác giả sẽ trình bày quá trình diễn biến hình thái và sự chi phối của các yếu tố thủy động lực học lên quá trình vận chuyển bùn cát khu vực này.

## 7. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bravard, J.P., Goichot, M., Gailliot, S., 2013. Geography of sand and gravel mining in the Lower Mekong River. First survey and impact assessment. *EchoGéo.* /13659).
- Duy Vinh, V., Ouillon, S., Van Thao, N., Ngoc Tien, N., 2016. Numerical Simulations of Suspended Sediment Dynamics Due to Seasonal Forcing in the Mekong Coastal Area. *Water* 8, 255
- Hein, H., Hein, B., and Pohlmann, T.: Recent sediment dynamics in the region of Mekong Water influence, *Global and Planetary change*, 110, 183-194, 2013
- Kondolf, G. M.; Rubin, Z.; Minear, J. T.; Alford, C. 2012 Cumulative sediment reduction to the Lower Mekong River from planned dams.
- Kummu M, Varis O. 2007. Sediment-related impacts due to upstream reservoir trapping, the Lower Mekong River. *Geomorphology* 85: 275–293.
- Manh, N. V., Dung, N. V., Hung, N. N., Merz, B., and Apel, H.: Large-scale suspended sediment transport and sediment deposition in the Mekong Delta, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 3033-3053, 10.5194/hess-18-3033-2014, 2014b.
- Manh, N. V., Merz, B., and Apel, H.: Sedimentation monitoring including uncertainty analysis in complex floodplains: a case study in the Mekong Delta, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 3039-3057, 10.5194/hess-17-3039-2013, 2013.
- MRC, 2011. Planning Atlas of the Lower Mekong River Basin, Mekong River Commission.
- MRC, 2010. State of the Basin Report 2010, Mekong River Commission. Vientiane, Laos.

- MRC, 2005. Overview of the Hydrology of the Mekong Basin, Mekong River Commission. Vientiane, Laos.
- Milliman, J.D., Farnsworth, K.L., 2011. River discharge to the coastal ocean: A global synthesis. Cambridge University Press.
- Nguyễn Duy Khang, Trần Bá Hoàng 2015. Chế độ vận chuyển bùn cát vùng ven biển bên ngoài các cửa sông Mekong và Đồng Nai.
- Nowacki, D.J., Ogston, A.S., Nittrouer, C.A., Fricke, A.T., Van Pham, D.T., 2015. Sediment dynamics in the lower Mekong River: Transition from tidal river to estuary. *J. Geophys. Res. Ocean.* 120.
- P. S. J. Minderhoud, G. Erkens, V. H. Pham, B. T. Vuong, and E. Stouthamer, 2015 Assessing the potential of the multi-aquifer subsurface of the Mekong Delta (Vietnam) for land subsidence due to groundwater extraction.
- Trần Bá Hoàng, 2009-2010. Điều tra cơ bản các cửa sông cho nghiên cứu và phát triển bền vững.
- Wyrtki, K., 1961. Physical Oceanography of the Southeast Asian water. NAGA Report 2, Scientific Result of Marine Investigation of the South China Sea and Gulf of Thailand 1959-1961: 195
- Xue, Z., He, R., Liu, J.P., Warner, J.C., 2012. Modeling transport and deposition of the Mekong River sediment. *Cont. Shelf Res.* 37, 66–78.
- Xue, Z., Liu, J.P., Ge, Q., 2011. Changes in hydrology and sediment delivery of the Mekong River in the last 50 years: connection to damming, monsoon, and ENSO. *Earth Surf. Process. Landforms* 36, 296–308.