

KẾT QUẢ TÍNH SÓNG, NƯỚC DÂNG DO BÃO VÙNG VEN BIỂN ĐÔNG ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

Lê Thanh Chương, Nguyễn Duy Khang, Lê Mạnh Hùng
Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam

Tóm tắt: Việc tính toán mô phỏng chế độ sóng, nước dâng do bão gây ra ở vùng ven biển Đông nhằm có kế hoạch, giải pháp chủ động trong ứng phó ngăn ngừa thiệt hại có thể xảy ra là hết sức quan trọng và cần thiết. Bài báo này trình bày kết quả tính toán sóng, nước dâng do bão bằng phương pháp mô hình toán, gồm kết hợp các mô hình họ Mike (mô hình 1D - Mike 11, mô hình 2D - MIKE21/3 Coupled). Các thông số bão sử dụng để tính toán được giả định từ cơn bão Linda (năm 1997), quỹ đạo bão có dịch chuyển sao cho khả năng gây ảnh hưởng (nước dâng, sóng) lớn nhất cho vùng ven biển Đông các tỉnh Bạc Liêu và Cà Mau.

Từ khóa: Mô hình toán 1D/2D, chiều cao sóng, nước dâng do bão, quỹ đạo bão.

Summary: This paper presents the results of wave and storm surges by mathematical modeling method. The multiple scale models used including (model 1D - Mike 11, model 2D - MIKE21/3 Coupled). The data of Linda Hurricane (1997) were used for this simulation, the orbital track of the hurricane has shifted to create the extreme storm surges and wave height for the Eastern Coast of Bac Lieu and Ca Mau province. The results of this simulation are very important for natural disaster mitigation in order to have plans and proactive measures to prevent damage in the Eastern Coast Vietnam.

Keywords: 1D/2D mathematical model, wave height, sea level rise by storm, the orbital of storm.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vùng đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) của Việt Nam được hình thành từ những trầm tích phù sa và bồi dần qua những kỷ nguyên thay đổi mực nước biển. Những hoạt động hỗn hợp của sông và biển đã hình thành những vật đất phù sa phì nhiêu, dải rừng ngập mặn ven biển trù phú với hệ sinh thái rất đa dạng. Trong suốt hơn 300 năm khai thác chưa bao giờ phải đương đầu với những tác động khốc liệt của thời tiết, của biến đổi khí hậu, của xâm nhập mặn, hạn hán hay nước biển dâng... như hiện nay.

Những năm gần đây, thiên tai đã xảy ra liên tiếp, ngày càng khốc liệt với mật độ dày đặc, trong đó hai năm 2015-2016, nông dân ĐBSCL gặp phải trận hạn hán tồi tệ nhất, nước biển tràn sâu vào đồng đến 80 km, đã phá hủy ít nhất

160.000 hecta nông sản. Bão, áp thấp nhiệt đới ảnh hưởng nhiều hơn tới ĐBSCL, nơi mà trước đây hầu như rất hiếm gặp. Chỉ riêng năm 2017 từ ngày 1-3/11 cả áp thấp nhiệt đới và cơn bão số 12 đều hướng vào ĐBSCL, tiếp sau đó ngày 25/12 cơn bão số 16, siêu bão Tembi cũng hướng vào vùng biển ĐBSCL tạo sóng biển cao 2-4 m, nước dâng từ 4-4,5 m.

ĐBSCL với địa hình tương đối bằng phẳng, độ cao trung bình 2-3 m, có nhiều khu vực chỉ cao 0,5 – 1 m so với mặt nước biển, với cơ sở hạ tầng, nhà cửa thiếu kiên cố rất dễ bị tổn thương, tình trạng sạt lở bờ biển, suy thoái rừng ngập mặn ven biển đang ở mức báo động đỏ.

Vì vậy việc nghiên cứu xác định chiều cao sóng, nước dâng do bão cho vùng ven biển Đông ĐBSCL sẽ rất có ý nghĩa trong việc ổn định

Ngày nhận bài: 25/6/2018

Ngày thông qua phản biện: 11/8/2018

Ngày duyệt đăng: 12/10/2018

chống sạt lở bờ biển, khôi phục, bảo vệ rừng ngập mặn ven biển và phòng tránh giảm nhẹ thiên tai.

2. PHẠM VI, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ TÀI LIỆU SỬ DỤNG

2.1 Phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là sóng, nước dâng do bão vùng ven biển ĐBSCL. Đối tượng nghiên cứu ảnh hưởng các yếu tố: bão, quỹ đạo bão, sóng và nước dâng do bão truyền từ ngoài khơi vào khu vực ven bờ, dòng chảy lũ các cửa sông... Như vậy, phạm vi nghiên cứu là biển Đông, hệ thống sông Đồng Nai-Sài Gòn, sông Mekông.

2.2 Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp bằng mô hình toán, trong đó:

- Mô phỏng lan truyền sóng, nước dâng do bão từ biển Đông vào khu vực gần bờ bằng mô hình hai chiều MIKE21/3 Coupled.
- Mô phỏng quá trình truyền lũ từ thượng nguồn tới cửa sông bằng mô hình một chiều 1D (MIKE11) cho mạng lưới sông, kênh chính của hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai và sông Mekong;
- Tính toán sóng, nước dâng do bão vùng cửa sông, ven biển Đông ĐBSCL có xét tới tác động của lũ chảy ra các cửa sông bằng mô hình toán hai chiều (MIKE21/3 Coupled), với lưới tính toán mịn hơn để đảm bảo độ chính xác của kết quả nhận được.

Trong tính toán các mô hình toán được kết nối với nhau, kết quả của mô hình hai chiều 2D toàn biển đông và mô hình 1D một chiều mạng lưới sông là biên của mô hình 2D chi tiết tính sóng, nước dâng do bão có xét tới lũ chảy ra từ các cửa sông.

2.3 Tài liệu sử dụng

2.3.1 Tài liệu địa hình

Tài liệu địa hình hệ thống sông Đồng Nai - Sài Gòn, sông Mê Công gồm bình đồ tỉ lệ 1/5.000,

1:10.000 các năm 2010, 2012, 2014, lấy từ Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam và Viện Kỹ thuật Biển.

Khu vực biển ven bờ tính từ Bà Rịa - Vũng Tàu đến Kiên Giang sử dụng bản đồ địa hình đáy biển tỉ lệ 1/50,000 khảo sát trong khoảng thời gian từ 2002 - 2007 do Cục Bản đồ - Bộ TN&MT cung cấp từ chương trình tổng thể "Xây dựng bản đồ ngập lụt do nước biển dâng trong tình huống bão mạnh, siêu bão". Địa hình khu vực Gò Công, U Minh được bổ sung từ dự án "Vùng ven biển Đồng bằng sông Cửu Long" do AFD tài trợ 2017.

Địa hình biển Đông lấy từ số liệu SRTM30_PLUS V8.0 của Viện Hải dương học Scripps thuộc đại học California, Mỹ, độ phân giải 30" × 30", được xây dựng từ mô hình vệ tinh - trọng lực (satellite - gravity model) trong đó hệ số chuyển đổi trọng lực qua cao độ (gravity - to - topography ratio) được hiệu chỉnh bằng 298 triệu điểm đo sâu hồi âm.

2.3.2 Tài liệu khí tượng thủy hải văn

- Tài liệu khí tượng

a) Số liệu gió, trường gió

Số liệu trường gió và áp suất khí quyển nền được trích từ kết quả mô hình khí hậu toàn cầu CFSR (Climate Forecast System Reanalysis) của Trung tâm dự báo môi trường thuộc Cơ quan quản lý đại dương và khí quyển Mỹ (NCEP/NOAA). Số liệu trường gió có từ 1979 đến nay với bước thời gian là 1 giờ và bước lưới là $0.312^\circ \times 0.312^\circ$. Bên cạnh đó, số liệu gió quan trắc tại trạm Bạch Hổ cũng được thu thập để kiểm định mô hình.

b) Sóng

Số liệu sóng quan trắc từ vệ tinh sử dụng để kiểm định mô hình sóng biển Đông được cung cấp bởi tổ chức AVISO của Pháp, là bộ sản phẩm trường sóng Ssalto/Duacs được tổng hợp từ số liệu quan trắc của nhiều vệ tinh như Jason-1 và -2, Topex/Poseidon, Envisat, GFO, ERS-1 và -2, và Geosat. Số liệu này chỉ bao gồm chiều

cao sóng có nghĩa, có bước thời gian là 1 ngày, bước lưới khá thô $1^\circ \times 1^\circ$, và hiện sẵn có từ 14/9/2009 đến nay.

Bên cạnh đó, kết quả tính sóng từ mô hình WAVEWATCH-III được NCEP/NOAA cung cấp, với 03 thông số chính được sử dụng trong nghiên cứu này là chiều cao sóng có nghĩa (H_s), chu kỳ sóng đỉnh sóng (T_p) và hướng sóng (D_p) cũng được thu thập để so sánh, đánh giá.

Ngoài ra, số liệu sóng quan trắc tại trạm Bạch Hổ, cũng như số liệu sóng, dòng chảy ven bờ quan trắc tại các trạm ngắn hạn trong các đề tài, dự án trước cũng được thu thập.

- Tài liệu thủy văn

Tài liệu thủy văn trên hệ thống song bao gồm lưu lượng, mực nước tại các trạm thủy văn cố định trong khu vực đồng bằng châu thổ sông Mekong (từ Kratie trở xuống) và sông Sài Gòn - Đồng Nai và Vàm Cỏ. Các số liệu này được thu thập, bổ sung cập nhật đến 12/2013.

- Tài liệu hải văn

Mực nước thực đo tại các trạm thủy hải văn quốc gia ven biển và trong khu vực nghiên cứu bao gồm Qui Nhơn, Vũng Tàu, Phú An, Nhà Bè, Vàm Kênh, Bình Đại, An Thuận, Bến Trại, Mỹ Thanh, Gành Hào, Ông Đốc; các trạm ngoài khơi như Phú Quý, Côn Đảo, Phú Quốc; các trạm ven biển Đông ở các nước khác như KoLak (Thái Lan), Cindering (Malaysia), ... những năm gần đây (2007 - 2016) đã được thu thập và sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định các mô hình.

Bên cạnh đó, các số liệu mực nước triều dự báo sử dụng mô hình triều toàn cầu FES2014 cung cấp bởi AVISO cũng được sử dụng để tạo biên mô hình, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình. FES2014 dựa trên lời giải của hệ phương trình nước nông phi tuyến hai chiều (mô hình T-UGO) với các phương pháp mô hình hóa và đồng bộ hóa số liệu hiện đại, FES2014 dự báo mực nước và dòng triều dựa trên 34 hằng số điều hòa phân bố dưới dạng lưới với độ phân

giải chi tiết tới $1/16^\circ$ (biên độ và pha).

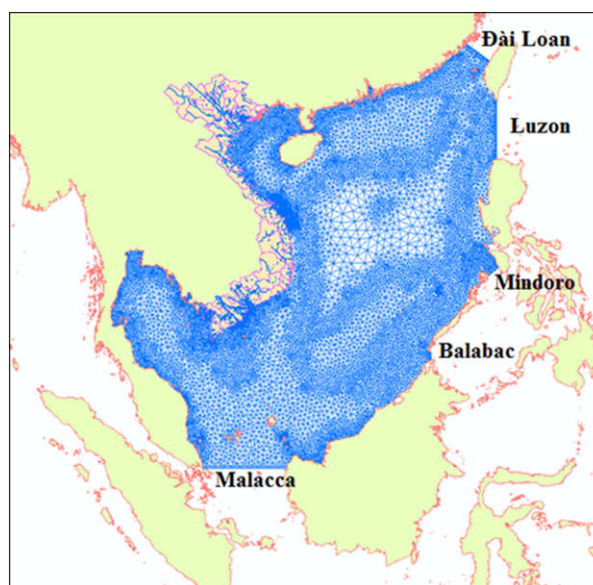
Ngoài ra tài liệu quan trắc của dự án “Vùng ven biển Đồng bằng sông Cửu Long”, do AFD tài trợ được sử dụng trong nghiên cứu này.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Thiết lập các mô hình toán

3.1.1 Mô hình biển đông

Phạm vi tính toán được thể hiện ở Hình 1, Các biên chính của mô hình là eo biển Đài Loan, Luzon, Mindoro, Babalac, và Malacca. Với module thủy động lực HD, module tính phổ sóng SW, các biên mực nước triều được xây dựng từ các hằng số điều hòa. Lưới tính mô hình biển Đông là lưới phi cấu trúc phần tử tam giác. Với tổng số 64.408 phần tử, 33.137 nút. Khu vực xa bờ bước lưới từ 15-30 km, khu vực biển nông ven bờ độ dài các cạnh ô lưới khoảng 2 km.



Hình 1. Phạm vi, lưới tính và các biên của mô hình Biển Đông

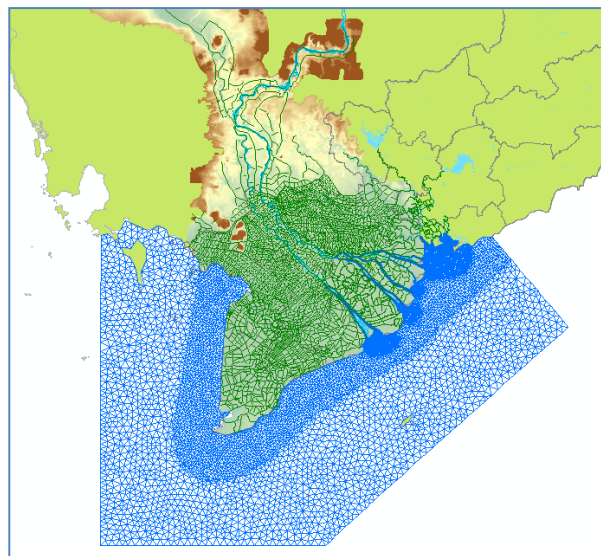
3.1.2 Mô hình 1D mạng lưới sông Đồng Nai-Sài Gòn và sông Mê Công

Mô hình 1D (MIKE11) được sử dụng thiết lập và sử dụng trong nghiên cứu này là mô hình 1D mạng lưới sông kênh toàn vùng ĐBSCL (hệ thống sông Cửu Long) và hệ thống sông Đồng Nai - Sài Gòn, được sử dụng để cung cấp biên phía

nội đồng cho mô hình chi tiết. Biên trên của mô hình là lưu lượng tại Kratie, lưu lượng sau hợp lưu suối Bến Đá-Vàm Cỏ Đông trên sông Vàm Cỏ Đông, sau hồ Dầu Tiếng trên sông Sài Gòn và sau đập hồ thủy điện Trị An trên sông Đồng Nai, sau đập hồ Phước Hòa trên sông Bé. Biên dưới là mực nước giờ tại các trạm cửa sông: Vũng Tàu, Vàm Kênh, An Thuận, Bến Trại, Mỹ Thanh, Gành Hào phía biển Đông và sông Đốc, Rạch Giá, Xẻo Rô phía biển Tây. Việc thiết lập, hiệu chỉnh mô hình này trên cơ sở kế thừa mô hình chuẩn của Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.

3.1.3 Mô hình tính toán sóng, nước dâng do bão vùng ven bờ

Mô hình 2D tính toán sóng và nước dâng do bão tại vùng nghiên cứu với phạm vi không gian đủ rộng để đảm bảo giảm thiểu ảnh hưởng do các yếu tố bất định tại các biên mở tới vùng nghiên cứu chính, cũng như tối ưu nhất về mặt thời gian chạy mô hình, được lựa chọn thông qua các bước tính thử, được thể hiện ở Hình 2. Phạm vi của mô hình mở rộng được kéo dài từ Vũng Tàu đến hầu hết vùng biển Tây thuộc Việt Nam. Trên sông Mekong, biên của mô hình là tại Mỹ Thuận trên sông Tiền và Cần Thơ trên sông Hậu. Lưới của mô hình là lưới phi cấu trúc với phần tử chữ nhật trong sông, phần tử tam giác ngoài biển, với tổng số 74.739 phần tử, 59.644 nút. Các khu vực nước sâu xa vùng nghiên cứu sử dụng lưới tam giác thô, cạnh ô lưới 3 km, khu vực ven bờ, khu vực có độ dốc đáy lớn (là vùng chuyển tiếp từ các vực sâu vào thềm lục địa), lưới mịn hơn, cạnh ô lưới từ 300 m ÷ 1.000 m. Các nhánh sông của hệ thống sông Mekong và Sài Gòn – Đồng Nai, được phủ bởi những ô lưới tứ giác có cạnh ngắn từ 15 m ÷ 250 m theo phương ngang sông và cạnh dài từ 100 m ÷ 700 m theo phương dọc sông.



Hình 2. Phạm vi, lưới tính của nhóm mô hình vùng nghiên cứu mở rộng

Điều kiện biên tại các biên các cửa sông được trích xuất từ mô hình 1D như trình bày ở trên. Đối với các biên mở phía biển, điều kiện biên được trích xuất từ mô hình toàn biển Đông (sóng, mực nước, vận tốc, ...).

3.2 Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

3.2.1 Kết quả kiểm định mô phỏng sóng

Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE21 SW tính sóng biển Đông, trên cơ sở so sánh kết quả với các số liệu sóng:

- (i) Số liệu sóng quan trắc từ các vệ tinh của tổ chức AVISO của Pháp và kết quả mô phỏng sóng bằng mô hình WAVEWATCH-III của tổ chức NCEP/NOAA của Mỹ;
- (ii) Số liệu sóng thực đo tại trạm Bạch Hổ;

Thời gian kiểm định kết quả tính sóng bằng mô hình MIKE21 SW với số liệu sóng quan trắc từ vệ tinh AVISO và với kết quả tính của mô hình WAVEWATCH-III, từ tháng 10/2009 ÷ 12/2009. Trong khoảng thời gian kiểm định mô hình có 2 cơn bão hoạt động trên biển Đông:

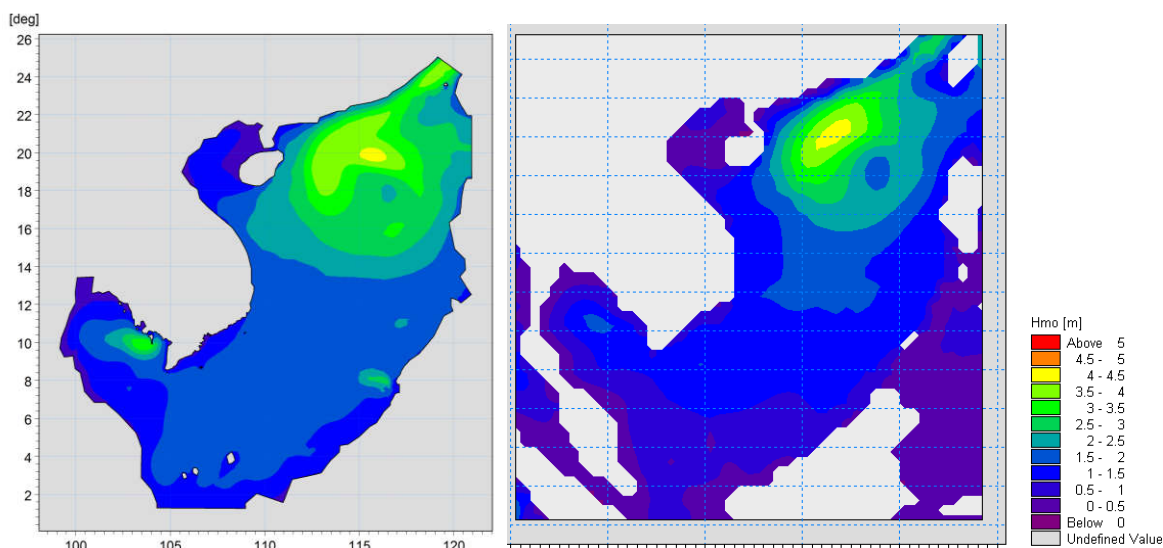
- Cơn bão PARMA hoạt động từ ngày 03/10 ÷ 14/10/2009, là cơn bão có diễn biến phức tạp, trước khi đổ bộ vào biển Đông bão đạt cấp 17, nhưng sau suy yếu dần xuống cấp 7;

- Con bão MIRINAE hoạt động từ ngày 31/10 ÷ 02/11/2009, sức gió lớn nhất vùng gần tâm bão là khoảng 23 m/s (cấp 9).

• Kiểm định kết quả tính sóng bằng mô hình MIKE 21 SW và số liệu sóng quan trắc từ các vệ tinh của tổ chức AVISO của Pháp và kết quả mô phỏng sóng bằng mô hình WAVEWATCH-III của

tổ chức NCEP/NOAA của Mỹ;

Trích xuất kết quả tính toán trường sóng biển Đông và vùng nghiên cứu bằng mô hình MIKE21 SW, so sánh với trường sóng mô phỏng bằng mô hình WAVEWATCH-III, tại thời điểm 18 h ngày 11/10/2009, khi có bão PARMA hoạt động trên biển Đông, được thể hiện ở Hình 3.



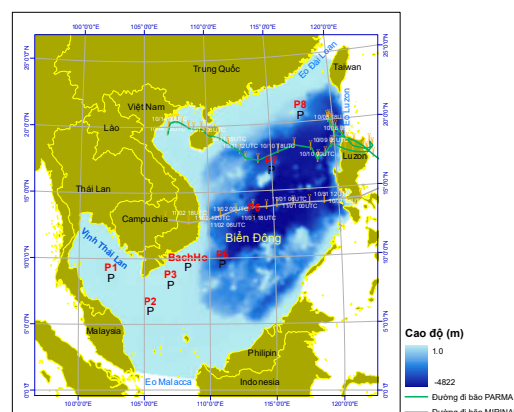
Hình 3. Trường sóng biển Đông tính bằng mô hình MIKE21 SW (bên trái) và kết quả mô hình WAVEWATCH-III (bên phải) tại thời điểm 18 h ngày 11/10/2009.

Để thấy rõ mức độ phù hợp của kết quả tính toán bằng mô hình MIKE 21 SW so với số liệu quan trắc AVISO và kết quả tính sóng theo mô hình WAVEWATCH-III, chúng tôi đã tiến hành kiểm định số liệu tại một số điểm (ký hiệu là P_i) trong phạm vi nghiên cứu, được thể hiện trên Hình 4 dưới đây.

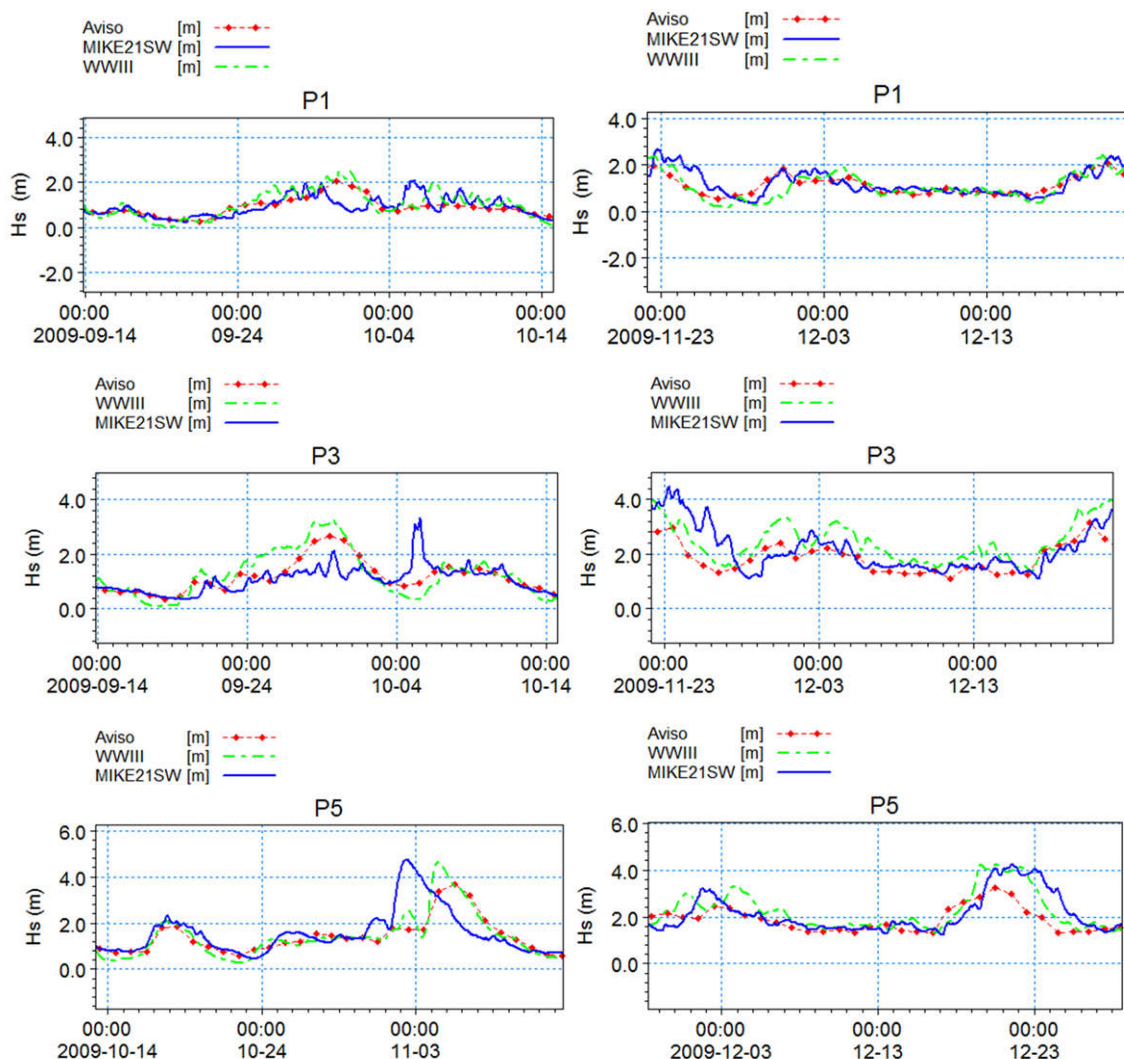
Số liệu kiểm định các điểm P₁, P₂ và P₃ được thể hiện trên Hình 5.

Kết quả cho thấy sự tương đồng cao giữa diễn biến sóng mô phỏng bởi MIKE21 SW, WAVEWATCH-III và số liệu quan trắc từ vệ tinh. Mức độ tương đồng cao nhất là tại điểm P₁ là điểm nằm trong khu vực ít chịu ảnh hưởng của nhiễu động thời tiết do bão nhiệt đới trên biển Đông gây ra. Kết quả cũng cho thấy số liệu chiều cao sóng quan trắc từ vệ tinh nhỏ hơn nhiều so với chiều cao sóng mong đợi tại các

thời điểm có bão, cụ thể như thời gian đầu tháng 11/2009 khi cơn bão MIRINAE với sức gió lên tới cấp 9 hoạt động nhưng chiều cao sóng quan trắc bằng vệ tinh chỉ đạt 4.0 m tại các điểm chịu ảnh hưởng trực tiếp là P₆, P₇, và P₈.

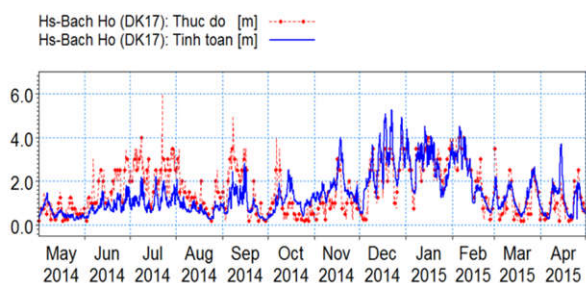


Hình 4. Vị trí các điểm kiểm định mô hình tính sóng và quỹ đạo của hai cơn bão

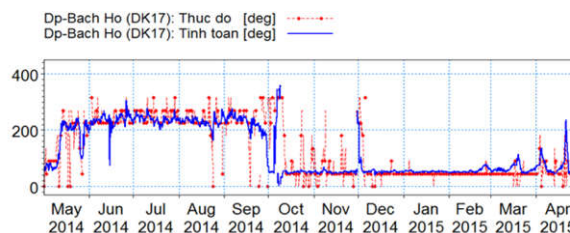


Hình 5. So sánh chiều cao sóng có nghĩa kết quả tính bằng mô hình MIKE21 SW với số liệu quan trắc sóng AVISO và kết quả của mô hình WAVEWATCH-III tại các điểm kiểm định P_1 , P_3 và P_5 .

- Kiểm định kết quả tính sóng bằng mô hình MIKE 21 SW và Số liệu sóng thực đo tại trạm Bạch Hổ



Hình 6. So sánh kết quả chiều cao sóng mô phỏng bằng mô hình MIKE21 SW với số liệu sóng quan trắc tại trạm Bạch Hổ năm 2014-2015.



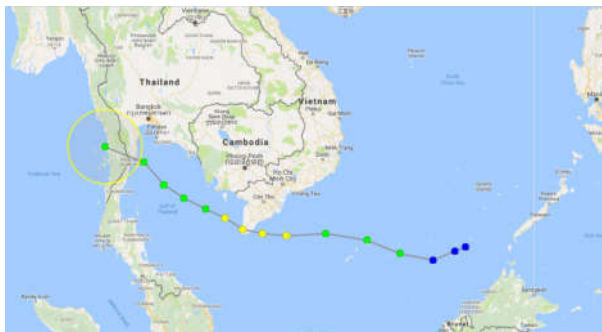
Hình 7. So sánh kết quả hướng sóng mô phỏng bằng mô hình MIKE21 SW với số liệu hướng sóng quan trắc tại trạm Bạch Hổ năm 2014-2015.

So sánh chiều cao và hướng di chuyển của sóng tính bằng mô hình MIKE21 SW với số liệu sóng thực đo tại giàn khoan Bạch Hổ được thể hiện trên Hình 6 và 7.

Quan sát hình 6 và 7 cho thấy kết quả tính bằng mô hình MIKE 21 SW rất phù hợp với số liệu thực đo tại trạm Bạch Hổ. So sánh kết quả tính toán và thực đo tại trạm Bạch Hổ cũng cho thấy, tại những thời điểm có sai khác giữa số liệu gió mô phỏng và thực đo thì tương ứng sẽ có sự sai khác giữa sóng tính toán bằng mô hình và số liệu quan trắc.

3.3 Kịch bản tính toán

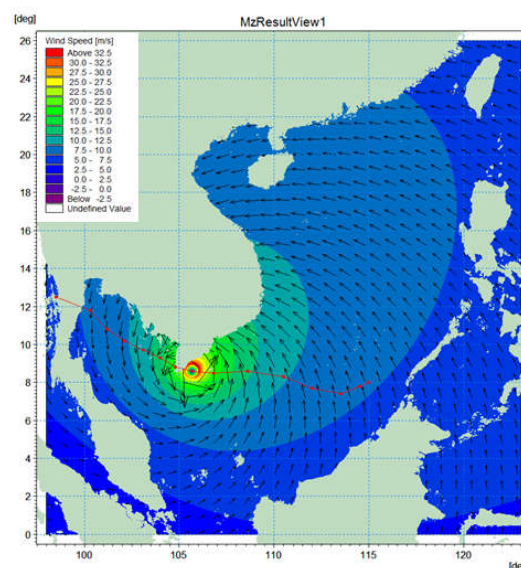
Việc lựa chọn quỹ đạo bão giả định để mô phỏng chế độ thủy động lực vùng ven biển Đông ĐBSCL được thực hiện trên nguyên tắc thống kê quỹ đạo của các cơn bão đã ảnh hưởng đến khu vực nghiên cứu, sau đó lựa chọn dạng quỹ đạo có khả năng gây nước dâng lớn nhất. Do khu vực bờ biển nước ta nằm trong khu vực bắc bán cầu nên trường gió trong bão luôn có dạng xoáy ngược chiều kim đồng hồ nên về lý thuyết thì bão sẽ gây ra nước dâng phía bắc và nước rút phía nam đường tâm bão đổ bộ. Vùng có nước dâng lớn nhất là vùng nằm trong khoảng 30 - 70 km về phía Bắc của tâm bão. Vì vùng ven biển Đông ĐBSCL rất rộng lớn, trong khi đó sạt lở và suy thoái rừng ngập mặn ven biển Bạc Liêu và Cà Mau đang xảy ra nghiêm trọng nhất, mặt khác cơn bão LINDA (1997) mạnh cấp 9-10 (xem Hình 8) khi đổ bộ vào tỉnh Cà Mau đã gây ra thảm họa lớn cho vùng này, do vậy trong nghiên cứu này chúng tôi tiến hành tính toán sóng, nước dâng do bão theo quỹ đạo giả định được xây dựng bằng cách dịch chuyển quỹ đạo bão LINDA để cho vùng nước dâng lớn nhất tập trung vào địa phận Gành Hào - Bạc Liêu với cấp bão 12 giả định.



Hình 8. Quỹ đạo của cơn bão LINDA (1997)
(Nguồn: <http://agora.ex.nii.ac.jp/>)

Từ quỹ đạo bão và cấp bão giả định chúng tôi xác định được tốc độ gió lớn nhất (V_{max}), áp suất tại tâm (P_c), bán kính vùng gió lớn nhất (R_{mw}), ... theo cấp bão 12 trên từng vị trí của quỹ đạo bão, được mô phỏng ở Hình 9.

Do bão ảnh hưởng đến khu vực Nam Bộ trong quá khứ thường vào khoảng từ tháng 10-12 hàng năm. Vì vậy, trong nghiên cứu này, mô phỏng nước dâng do bão sẽ xét đến trường hợp có lũ thượng nguồn ($P=50\%$) và xả lũ các hồ chứa. Trên sông Mekong, năm 2009 là năm lũ trung bình nên được chọn để xây dựng biên tính các kịch bản. Trên sông Sài Gòn - Đồng Nai, lưu lượng xả các hồ Dầu Tiếng và Trị An được lấy là lưu lượng xả lớn nhất trong khoảng 10 năm gần đây (Lưu lượng xả hồ Dầu tiếng là 200 m³/s, lưu lượng xả hồ Trị An lớn nhất là 3,500 m³/s). Thời điểm mô phỏng có triều cường tương ứng với các mực nước triều lựa chọn ở trạm Gành Hào là +1.9m làm thời điểm bão đổ bộ



Hình 9. Trường gió trong bão cấp 12 quỹ đạo giả định trùng với cơn bão LINDA

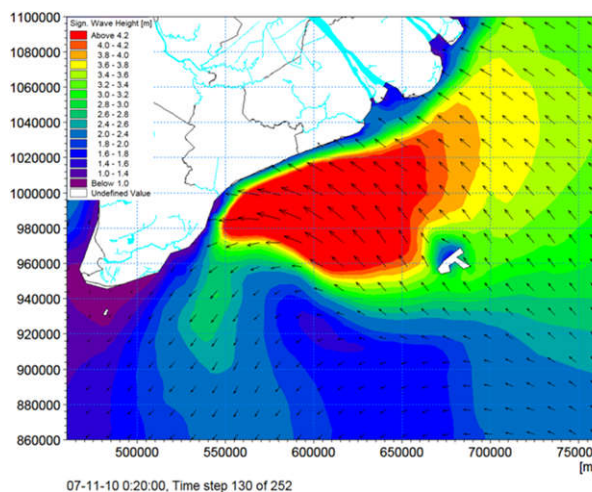
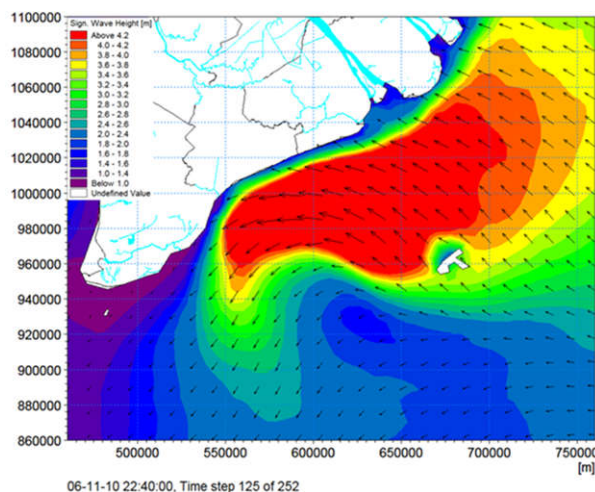
3.4 Kết quả mô phỏng sóng, nước dâng do bão ven biển Đông ĐBSCL

34.1 Kết quả mô phỏng sóng

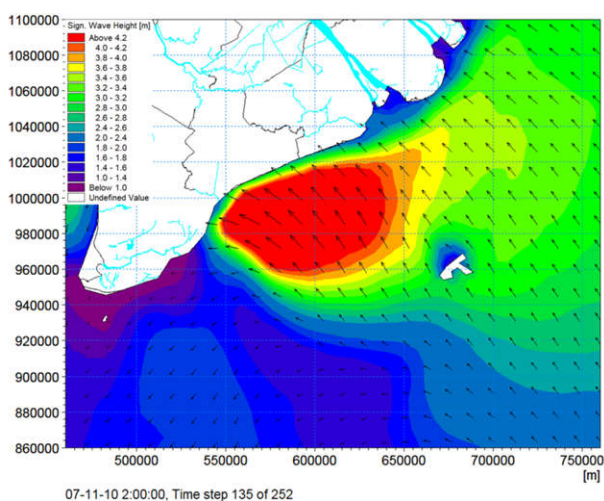
Kết quả trường phân bố chiều cao sóng khu vực nghiên cứu tại các thời điểm trước khi bão đổ

bộ, sắp đồ bộ và lúc bão đổ bộ thể hiện trên các Hình 10 ÷ Hình 11. Kết quả tính toán cho thấy, với quỹ đạo bão như giả định khu vực chịu tác động sóng cao trong bão kéo dài từ Trà Vinh đến Cà Mau. Thời gian duy trì bão ảnh hưởng tới khu vực nghiên cứu kéo dài khoảng 06 tiếng.

Kết quả tính toán sóng ứng với bão cấp 12 tại các vị trí ven biển P1 ÷ P3 trong điều kiện mực nước biển hiện tại (triều cường tại Gành Hào +1.9m) thể hiện trên Hình 12, chiều cao sóng lớn nhất dọc bờ biển Gành Hào có thể đạt 3.2m.

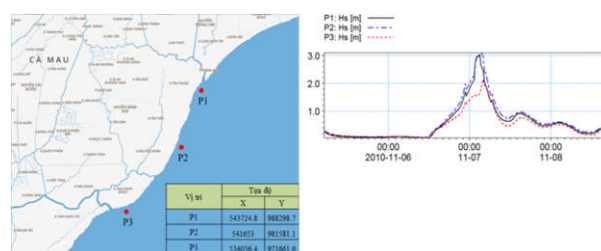


Hình 10. Phân bố chiều cao sóng thời điểm trước khi bão đổ bộ (trái) và sắp đổ bộ (phải) tại khu vực Gành Hào-Bạc Liêu.



Hình 11. Phân bố chiều cao sóng thời điểm khi bão đổ bộ tại tỉnh Cà Mau.

Với kết quả tính toán sóng với điều kiện bão giả định như trên, trong điều kiện địa hình, cơ sở hạ tầng, các công trình thủy lợi (cổng, đê...) khu vực nghiên cứu như hiện nay thì khả năng bị phá hủy các công trình ven biển dưới tác động của năng lượng sóng là rất lớn.

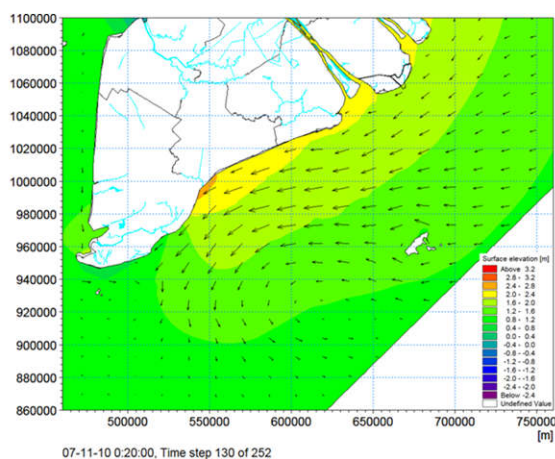
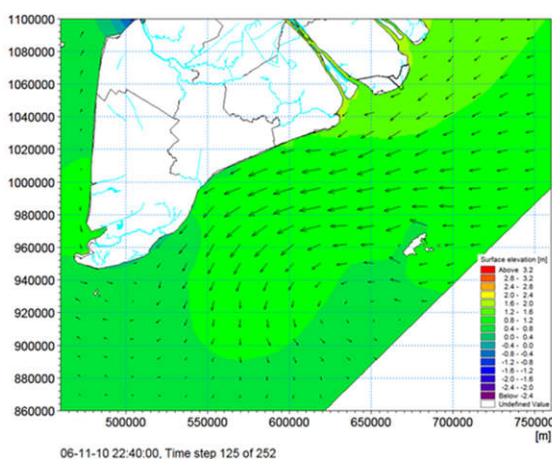


Hình 12. Vị trí và đường đường quá trình chiều cao sóng tại các điểm P1÷P3 trong thời đoạn bão đổ bộ

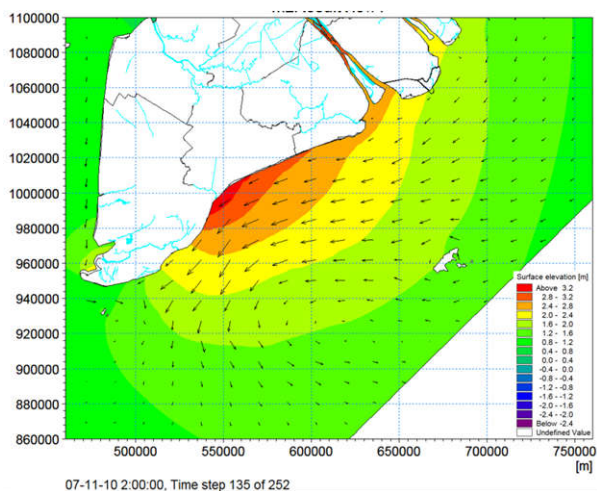
3.3.2 Kết quả mô phỏng nước dâng

Kết quả tính toán mực nước dâng lớn nhất tại các vị trí P1, P2, P3 (vị trí các điểm xem hình 11, **Error! Reference source not found.** 12 trái) trong điều kiện mực nước biển hiện tại (triều cường tại Gành Hào +1.9m) cho thấy, mực nước lớn nhất trong bão có thể đạt 3.2m tại vị trí P1 (cửa Gành Hào). Như vậy chiều cao nước dâng ở đây có thể đạt 1.3m. Mực nước khu vực ảnh hưởng của bão được thể hiện thông qua trường phân bố mực trước trước, sắp và

trong lúc bão đổ bộ trình bày từ Hình 4 ÷ Hình 5. Khu vực chịu ảnh hưởng nước dâng trong nghiên cứu này kéo dài từ Trà Vinh đến Cà Mau. Trong đó vùng chịu nước dâng lớn nhất là khu vực Gành Hào. Thời gian duy trì nước dâng không 03 tiếng. Với địa hình đất liền khu vực nghiên cứu ($< +2\text{m}$) các công trình đê biển thiết kế với bão cấp 9 thì khả năng vỡ đê gây ngập lụt trên diện rộng là rất cao.



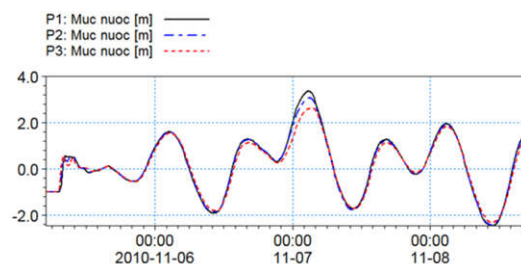
Hình 14. Mực nước thời điểm trước khi bão đổ bộ (phải) và thời điểm bão sắp đổ bộ (trái) tại khu vực nghiên cứu.



Hình 15. Mực nước thời điểm khi bão đổ bộ tại khu vực nghiên cứu

4. KẾT LUẬN

Sử dụng phương pháp kết hợp mô hình toán đa tỉ lệ (mô hình 2D toàn biển Đông, mô hình 1D hệ thống sông kênh, mô hình 2D chi tiết vùng



Hình 13. Mực nước thời điểm trước khi bão đổ bộ tại khu vực nghiên cứu

ven biển, cửa sông) để tính toán nước dâng, sóng cho khu vực ven biển Đông, với kịch bản bão mạnh cấp 12, sử dụng quỹ đạo cơn bão Linda (1997), lũ trung bình trên hệ thống sông Mekong. Kết quả tính toán cho thấy khi bão tiến đến gần bờ gây ra hiện tượng nước dâng dọc ven biển khu vực ven biển Đông các tỉnh Bạc Liêu, Cà Mau, độ dâng cao của mực nước khoảng $1.2 \div 1.4 \text{ m}$. Mực nước dâng tổng hợp trong kịch bản bão đổ bộ khi triều cường có thể đạt $+3.0 \div +3.3 \text{ m}$. Bên cạnh việc gây ra hiện tượng nước dâng, chiều cao sóng tại các vị trí ven bờ khu vực ven biển Đông các tỉnh Bạc Liêu, Cà Mau có thể đạt $2 \div 3 \text{ m}$ làm gia tăng năng lượng sóng tác động vào vùng ven bờ. Do đó khi bão đổ bộ vào khu vực này sẽ gây ngập lụt và nguy cơ xảy ra sạt lở bờ cấp tính, cũng như gây hư hỏng các công trình cơ sở hạ tầng ven biển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Duy Khang, Trần Bá Hoàng và nnk, 2012. Báo cáo chuyên đề "Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình tổng thể toàn vùng biển Đông". Đề tài độc lập cấp nhà nước ĐTĐL.2011-G/39 "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". Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.
- [2] Nguyễn Duy Khang, Trần Bá Hoàng và nnk, 2015. Đề tài độc lập cấp nhà nước ĐTĐL.2011-G/39 "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". Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.
- [3] Nguyễn Duy Khang, Trần Bá Hoàng, 2015. Chế độ vận chuyển bùn cát vùng ven biển ngoài các cửa sông Mekong và Đồng Nai. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*, số 25/2015, tr. 86-99
- [4] Nguyễn Duy Khang, và nnk, 2015. Dự án "Xây dựng bản đồ ngập lụt do nước biển dâng trong tình huống bão mạnh khu vực các tỉnh Bạc Liêu, Cà Mau, Kiên Giang". Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.
- [5] Lê Thanh Chương và nnk, 2017. Đề tài cấp Bộ "Nghiên cứu đề xuất giải pháp công nghệ chống xói lở cửa sông ven biển phù hợp vùng từ TP. Hồ Chí Minh đến Kiên Giang". Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.
- [6] Lê Mạnh Hùng và nnk, 2017, *Existing shoreline, sea dyke, and shore protection works in the lower Mekong delta, Vietnam and oriented solutions for stability*, International Water Technology Journal.
- [7] Lê Mạnh Hùng và nnk, 2018, *Situation, causes and solutions for coastal protection and restoration of coastal mangroves in the Mekong Delta*, International Journal of Recent Engineering Research and Development.