



Original Article

Preliminary Results of Modelling Simulation for High-resolution Hydrodynamic Fields for Central Vietnam's Water

Dang Dinh Duc*, Nguyen Xuan Loc, Nguyen Kim Cuong, Tran Ngoc Anh

VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam

Received 15 September 2020

Revised 25 January 2021; Accepted 29 January 2021

Abstract: This paper presents the development of hydrodynamic simulation models (waves, currents) for the Vietnam East Sea and nestingto coastal area (applied in the coastal area of Phu Yen province). The COAWST modeling system has been used. This is an open source system which supports optimal parallel calculation and allows solving large-scale simulation problems. The model has been calibrated and verified by deep water wave data at the stations of Bach Long Vi, Con Co, Phu Quy and Phu Quoc for good results. Along with that, with the goal of having high resolution for the central Vietnam water, the model has been set up with coastal wave data in Phu Yen for very good results, the correlation coefficient between calculation and measurement is up to 0.95. The results of the current field, surface temperature from the model of the ocean shows the similarity with the verification data, especially simulating the typical rising water phenomenon in Ninh Thuan - Binh Thuan area. However, some stages have complicated movements, the model has not been closely simulated, for example in the area of Phu Quy island.

Keywords: COAWST, ROMS, SWAN, Nesting, Vietnam East Sea.

* Corresponding author.

E-mail address: dangduc@hus.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4691>

Kết quả thử nghiệm mô phỏng các trường thủy động lực học độ phân giải cao cho khu vực biển miền Trung Việt Nam

Đặng Đình Đức*, Nguyễn Xuân Lộc, Nguyễn Kim Cương, Trần Ngọc Anh

*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội,
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 15 tháng 9 năm 2021

Chỉnh sửa ngày 25 tháng 01 năm 2021; Chấp nhận đăng ngày 29 tháng 01 năm 2021

Tóm tắt: Nghiên cứu này thử nghiệm xây dựng bộ mô hình lưới lồng nhiều lớp mô phỏng thủy động lực (sóng, dòng chảy) cho khu vực Biển Đông và chi tiết hóa cho khu vực biển ven bờ (áp dụng tại khu vực biên tỉnh Phú Yên). Bộ công cụ mô hình sử dụng là COAWST, bộ công cụ đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới nhờ những ưu điểm như mã nguồn mở, khả năng hỗ trợ tính toán song song tối ưu cho phép giải quyết các bài toán mô phỏng quy mô lớn. Mô hình đã được hiệu chỉnh và kiểm định với số liệu sóng nước sâu tại các trạm hải văn Bạch Long Vĩ, Cồn Cỏ, Phú Quý và Phú Quốc cho kết quả tương đối tốt. Cùng với đó, với mục tiêu chi tiết hóa ven bờ sử dụng kỹ thuật lưới lồng nhiều lớp, mô hình đã được kiểm định với số liệu sóng ven bờ tại Phú Yên cho kết quả rất khả quan, hệ số tương quan giữa tính toán và thực đo cho kết quả tốt ($R = 0,95$). Kết quả trường dòng chảy, nhiệt độ bề mặt từ mô hình hải dương cho thấy sự tương đồng với số liệu kiểm chứng, đặc biệt mô phỏng được hiện tượng nước trời đặc trưng tại khu vực Ninh Thuận – Bình Thuận. Dù vậy, trong một số giai đoạn có diễn biến phức tạp, mô hình vẫn còn một số hạn chế, đặc biệt tại khu vực đảo Phú Quý.

Từ khóa: COAWST, ROMS, SWAN, Nesting, Biển Đông.

1. Mở đầu

Việt Nam có hơn 3000 km đường bờ biển. Các hoạt động kinh tế biển đang là ưu tiên hàng đầu. Tuy nhiên, các thông tin, số liệu cơ bản về trường thủy động lực: sóng, dòng chảy, mực nước, nhiệt độ, độ muối, ... chi tiết cho khu vực Biển Đông đặc biệt khu vực biển ven bờ còn khá hạn chế. Trong khi đó, đây là các tài liệu quan trọng, thiết yếu cho các dự án liên quan đến biển. Hiện nay, để giải quyết vấn đề này, các nghiên cứu thường thiết lập các công cụ mô phỏng kết hợp với khai thác các nguồn số liệu tái phân tích

(re-analysis). Các công cụ mô hình mã nguồn mở như SWAN [1], WAVEWATCH III [2], ROMS [3], POMS [4, 5], ... đã được triển khai ứng dụng trên khu vực Biển Đông từ lâu. Trên thế giới, các mô hình sóng, hải dương đang có xu hướng kết nối, trao đổi liên tục trong quá trình tính toán [6]. Tuy nhiên, tại Việt Nam các nghiên cứu hiện đang chủ yếu theo hướng mô phỏng riêng rẽ các quá trình sóng, dòng chảy hoặc mô phỏng kết hợp nhưng với lưới tính đồng nhất về không gian [7-12], khả năng tích hợp lưới lồng vẫn là một kỹ thuật khó. Các mô hình thương mại như MIKE 3 [13], DELFT 3D [14] cho phép xử lý

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: dangduc@hus.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4691>

vấn đề lồng lưới dễ dàng hơn, tuy nhiên đây là các mô hình thương mại do đó kém tính chủ động trong đào tạo, nghiên cứu cũng như ứng dụng thực tiễn. Mặt khác, khả năng tính toán tối ưu và thử nghiệm các tham số của mô hình mã nguồn mở cho thấy ưu thế nổi trội khi mô phỏng chế độ thủy động lực trong thời gian dài (năm, nhiều năm) do có thể song song hóa để chạy trên các hệ thống máy lớn. Vì vậy, nghiên cứu này tập trung xây dựng một bộ mô hình kết nối, sử dụng kỹ thuật lồng lưới (nesting) để mô phỏng trường thủy động lực chi tiết cho khu vực ven bờ làm cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo. Khu vực áp dụng thử nghiệm độ phân giải cao cho nghiên cứu này là khu vực biển ven bờ tỉnh Phú Yên.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Cách tiếp cận

Cách tiếp cận của nghiên cứu là sử dụng phương pháp mô hình hóa thủy động lực. Bộ mô hình số được lựa chọn là hệ thống mô hình liên hoàn Khí tượng – Hải văn, gồm các mô hình khí tượng và hải văn, tính toán đến các tương tác giữa khí quyển và đại dương nhằm mô phỏng chính xác nhất các đặc trưng thủy động lực. Bộ mô hình tích hợp gồm: mô hình dòng chảy, nhiệt muối và môi trường nước ba chiều (3D) (ROMS), mô hình sóng (SWAN) và mô hình khí tượng (WRF). Các mô hình này được kết nối trong bộ mô hình COAWST cho phép các mô đun kết hợp với nhau tự động theo thời gian thực thông qua MCT [15]. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, tập trung vào việc phát triển tích hợp các mô hình hải dương (ROMS và SWAN). Việc phát triển, hoàn thiện mô hình khí tượng, khí hậu WRF cho khu vực nghiên cứu sẽ được trình bày trong các nghiên cứu tiếp theo.

2.2. Thiết lập mô hình cho khu vực nghiên cứu

Miền tính của mô hình mô hình ROMS, SWAN: mô hình này được ứng dụng và thử nghiệm cho khu vực Biển Đông, chi tiết cho khu vực ven bờ bao gồm (Hình 1):

Miền tính 01: toàn bộ khu vực Biển Đông, độ phân giải không gian 7 x 7 km, số lớp theo độ sâu (cho mô hình ROMS) là 40 lớp;

Miền tính 02: khu vực Biển Đông, phần thềm lục địa và lân cận, độ phân giải 2,5 x 2,5 km, số lớp theo độ sâu (cho mô hình ROMS) là 40 lớp.

Miền tính 03: khu vực ven bờ, độ phân giải 460 x 460 m, miền tính này tập trung khu vực ven biển Phú Yên, số lớp theo độ sâu (cho mô hình ROMS) là 40 lớp.

Miền tính 3 là miền tính chi tiết cho từng khu vực, trong giai đoạn tiếp theo các miền này sẽ được tiếp tục mở rộng và chi tiết hóa hơn nữa tùy thuộc nhu cầu thực tế.

Điều kiện biên

Điều kiện biên mô hình ROMS: điều kiện tại biên lồng miền tính 01 gồm dòng chảy 3D (u , v , $ubar$, $vbar$), nhiệt độ, độ muối (3D), mực nước (zeta), các số liệu này được khai thác từ hệ thống mô hình HYCOM/NCODA [16]. Lưu lượng từ các sông Hồng, sông Cửu Long được lấy trung bình khí hậu dựa trên chuỗi số liệu trung bình năm tại trạm Sơn Tây (sông Hồng), trạm Tân Châu, Châu Đốc (sông Cửu Long). Các hằng số thủy triều được khai thác từ TPX08 có độ phân giải 1/6 độ, gồm 9 sóng thủy triều là M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, Q1, M4 [10].

Điều kiện biên mô hình SWAN: điều kiện biên lồng sử dụng giá trị phổ sóng tại các nút lưới từ mô hình sóng toàn cầu WaveWatch III.

Điều kiện ban đầu

Điều kiện ban đầu đối với mô hình ROMS: gồm các yếu tố 3D về dòng chảy (u , v), nhiệt độ (temp), độ muối (salt), mực nước (zeta). Điều kiện này được xây dựng với số liệu từ HYCOM cho thời gian bắt đầu mô phỏng của mô hình. Điều kiện này cũng có thể được khởi tạo nhờ chức năng hotstart của mô hình. Kết quả cuối cùng của kỳ mô phỏng trước sẽ làm điều kiện ban đầu cho kỳ mô phỏng sau (chức năng này phù hợp đối với nghiệp vụ dự báo).

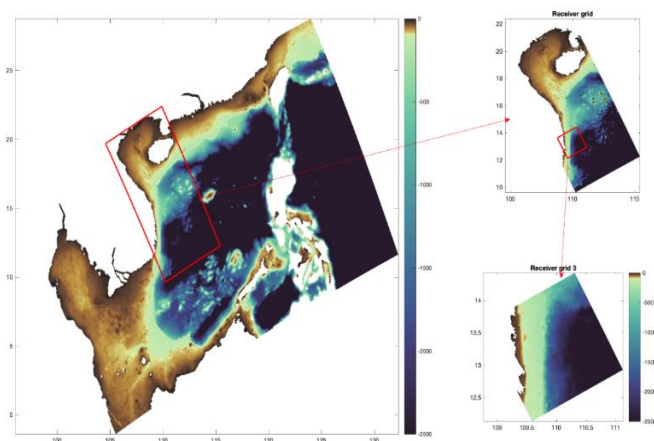
Đối với mô hình SWAN: điều kiện biên được nội suy tính toán từ kết quả dữ liệu của mô hình WaveWatch III bao gồm các yếu tố: độ cao sóng

có nghĩa, hướng và chu kì đỉnh sóng, hướng và chu kì sóng do gió.

Các tác động (forcings):

Các tác động có vai trò quan trọng trong việc hình thành, duy trì các quá trình thủy động lực, sóng biển. Trong nghiên cứu này, đối với mô hình ROMS đã xem xét đến vai trò của 7 tác động gồm: nhiệt độ bề mặt, thông lượng bức xạ sóng ngắn, thông lượng bức xạ sóng dài, vận tốc gió thành phần, áp suất không khí bề mặt, lượng mưa và độ ẩm tương đối không khí bề mặt.

Đối với mô hình sóng (SWAN), tác động gió được xem xét đóng vai trò chính, 2 thành phần gió (U_{wind} , V_{wind}) được sử dụng trực tiếp từ ECMWF với độ phân giải theo phương ngang là 0,125 độ, bước thời gian 3 h.



Hình 1. Lưới tính toán trong mô hình tích hợp.

2.3. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Đối với quy mô toàn Biển Đông: nghiên cứu sử dụng số liệu tại 4 trạm hải văn (Hình 2) để hiệu chỉnh và kiểm định kết quả tính sóng gồm: trạm Bạch Long Vĩ, trạm Cồn Cỏ, trạm Phú Quý và trạm Phú Quốc (năm 2017 được sử dụng để hiệu chỉnh, năm 2018 để kiểm định). Một số yếu tố khác gồm nhiệt độ bề mặt đo đạc từ số liệu vệ tinh SeaWiF, dòng chảy từ HYCOM cũng đã được sử dụng để đánh giá sự phù hợp của mô hình thủy lực.

Đối với quy mô khu vực biển ven bờ tỉnh Phú Yên (Miền lưới 3): do hạn chế về số liệu, nghiên cứu sử dụng số liệu sóng tại trạm đo xa bờ khu vực cửa Đà Diễn và Đà Nông đo đạc tháng 11/2016 [17] để kiểm định mô hình.

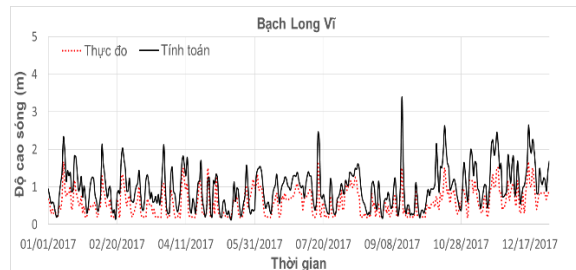


Hình 2. Vị trí các trạm sử dụng hiệu chỉnh và kiểm định.

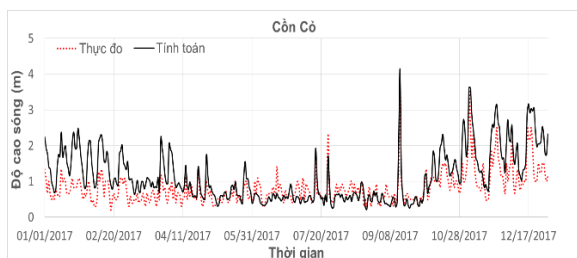
2.3.1. Hiệu chỉnh mô hình

i) Mô hình sóng

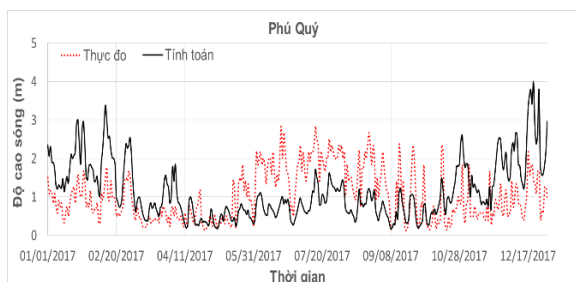
Để đánh giá mức độ tin cậy của mô hình tính toán sóng nước sâu (các quá trình hình thành, lan truyền, tương tác sóng – sóng, tiêu tán năng lượng,...), nghiên cứu đã tiến hành chạy hiệu chỉnh mô hình trong thời đoạn từ 1/1-31/12/2017 tại 4 trạm Hải văn Bạch Long Vĩ, Cồn Cỏ, Phú Quý và Phú Quốc. Số liệu độ cao sóng và hướng sóng được trích ra từ kết quả tính toán để so sánh với số liệu thực đo, kết quả được thể hiện trên các Hình 3 - 6;



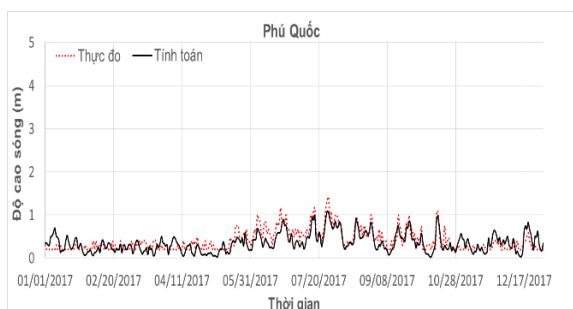
Hình 3. Biểu đồ so sánh giữa giá trị độ cao sóng tính toán và thực đo tại trạm hải văn Bạch Long Vĩ (năm 2017).



Hình 4. Biểu đồ so sánh giữa giá trị độ cao sóng tính toán và thực đo tại trạm hải văn Cồn Cỏ (năm 2017).



Hình 5. Biểu đồ so sánh giữa giá trị độ cao sóng tính toán và thực đo tại trạm hải văn Phú Quý (năm 2017),



Hình 6. Biểu đồ so sánh giữa giá trị độ cao sóng tính toán và thực đo tại trạm hải văn Phú Quốc (năm 2017).

Kết quả so sánh giữa giá trị tính toán và thực đo cho thấy, kết quả tính toán sau khi hiệu chỉnh mô hình cho kết quả khá khả quan, giá trị độ cao sóng tính toán phù hợp với giá trị thực đo về độ lớn. Các trạm Bạch Long Vĩ, Cồn Cỏ và Phú Quốc cho kết quả hiệu chỉnh tốt (chỉ số tương quan đạt 0,73 – 0,84). Tuy nhiên trạm Phú Quý chưa cho kết quả hiệu chỉnh tốt như trông đợi (Bảng 1). Trong đó, vào mùa gió Đông Bắc, các kết quả tính toán cho xu thế tương đồng với số liệu thực đo, tuy nhiên, về độ lớn, kết quả mô hình đang thiên cao hơn. Ngược lại, đối với mùa

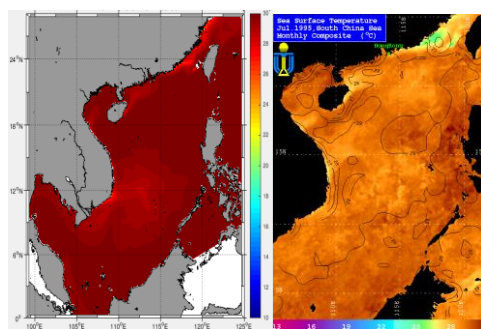
gió Tây Nam các kết quả tính toán sóng bám sát xu thế, tuy nhiên về độ lớn, kết quả mô hình có phần thiên thấp;

Bảng 1. Chỉ tiêu đánh giá sai số tính toán và thực đo thời kỳ hiệu chỉnh

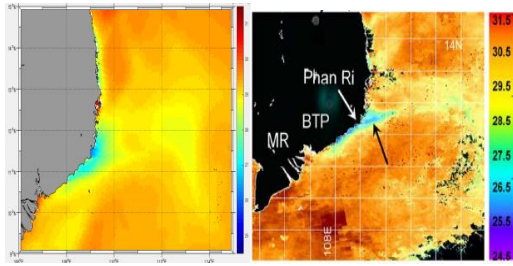
TT	Trạm	R	Bias	RMSE
1	Bạch Long Vĩ	0,84	0,38	0,49
2	Cồn Cỏ	0,79	0,31	0,56
3	Phú Quý	0,24	0,10	0,88
4	Phú Quốc	0,73	-0,05	0,18

ii) Mô hình hải dương

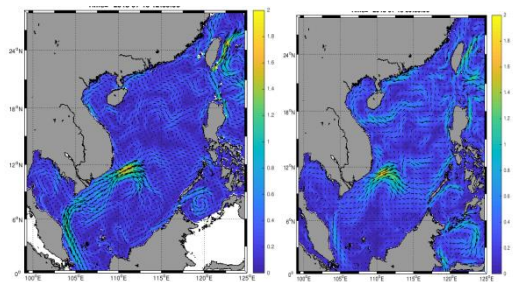
Để đánh giá mức độ tin cậy của mô hình thủy lực, nghiên cứu đã tiến hành chạy hiệu chỉnh bằng số liệu vệ tinh SeaWiF trên diện rộng và sử dụng trường dòng chảy của HYCOM làm nguồn số liệu hiệu chỉnh. Số liệu phân bố nhiệt độ bề mặt trung bình tháng VII nhiều năm trên toàn miền Biển Đông được so sánh với các kết quả tính toán từ mô hình (Hình 7, 8). Trường dòng chảy được hiệu chỉnh trong thời gian xuất hiện cơn bão số 3 trên Biển Đông (16 – 19/7/2018). Các kết quả cho thấy mô hình bắt khá tốt với số liệu trường nhiệt độ từ vệ tinh và trường dòng chảy tầng mặt của HYCOM, đặc biệt hiện tượng nước trời đặc trưng cho khu vực ven bờ Ninh Thuận và Bình Thuận vào mùa gió Tây Nam, các kết quả tính toán cũng đã mô phỏng được;



Hình 7. So sánh kết quả mô phỏng phân bố nhiệt độ bề mặt trung bình tháng VII (trái) với số liệu SST trung bình tháng VII của vệ tinh SeaWiF (phải) trên toàn miền Biển Đông.



Hình 8. Khu vực nước trôi vùng biển Nam Trung Bộ trong tháng VII: nhiệt độ bề mặt theo kết quả tính toán (trái) và nhiệt độ bề mặt từ ảnh vệ tinh SeaWiF (phải).

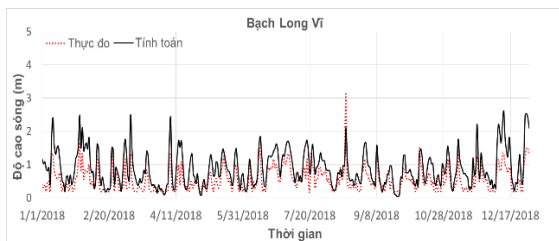


Hình 9. Kết quả mô phỏng trường dòng chảy tầng mặt (trái) và trường dòng chảy tầng mặt từ nguồn số liệu của HYCOM (phải) lúc 7 h ngày 16/7/2018.

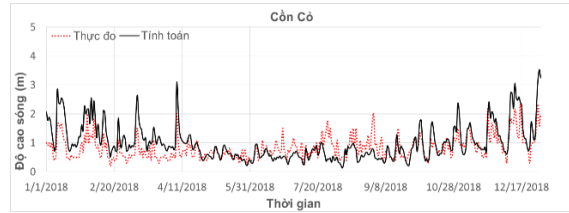
2.3.2. Kiểm định mô hình

i) Mô hình sóng

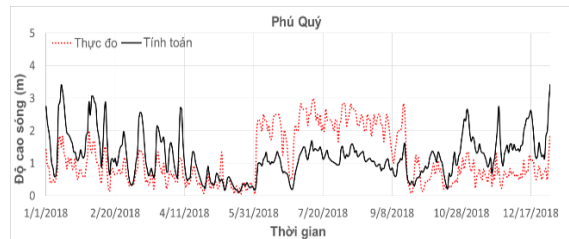
Để đánh giá mức độ tin cậy các hệ số mô hình đã được thiết lập trong hiệu chỉnh, nghiên cứu đã tiến hành kiểm định mô hình trong thời đoạn từ 1/1 - 31/12/2018 tại Bạch Long Vĩ, Côn Cỏ, Phú Quý và Phú Quốc. Số liệu độ cao sóng và hướng sóng được trích ra từ kết quả tính toán để so sánh với số liệu thực đo trên Hình 10 - 13 và Bảng 2;



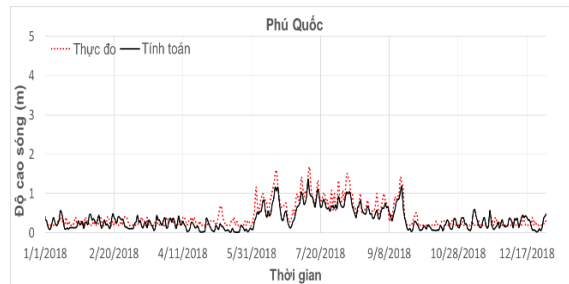
Hình 10. Biểu đồ so sánh giữa giá trị độ cao sóng tính toán và thực đo [kiểm định] tại trạm hải văn Bạch Long Vĩ.



Hình 11. Biểu đồ so sánh giữa giá trị độ cao sóng tính toán và thực đo [kiểm định] tại trạm hải văn Côn Cỏ.



Hình 12. Biểu đồ so sánh giữa giá trị độ cao sóng tính toán và thực đo [kiểm định] tại trạm hải văn Phú Quý.



Hình 13. Biểu đồ so sánh giữa giá trị độ cao sóng tính toán và thực đo [kiểm định] tại trạm hải văn Phú Quốc.

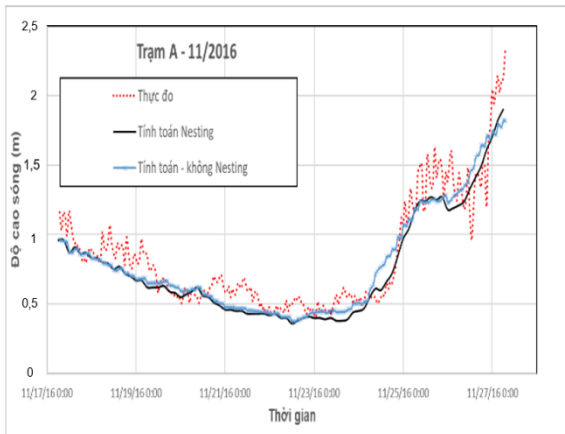
Bảng 2. Chỉ tiêu đánh giá sai số tính toán và thực đo thời kỳ kiểm định

TT	Trạm	R	Bias	RMSE
1	Bạch Long Vĩ	0,84	0,32	0,44
2	Côn Cỏ	0,67	0,16	0,49
3	Phú Quý	0,29	0,08	0,88
4	Phú Quốc	0,86	-0,09	0,19
5	Đà Diễn	0,95	-0,08	0,14
6	Đà Nông	0,89	-0,15	0,21

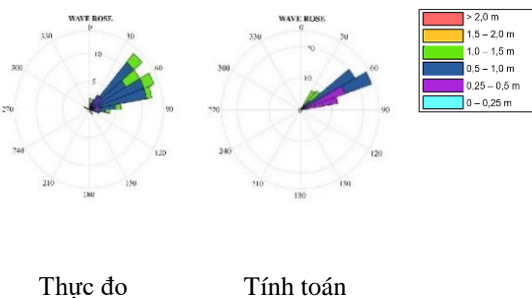
Kết quả kiểm định cho kết quả khả quan, giá trị độ cao sóng tính toán khá phù hợp với giá trị

thực đo về độ lớn. Các trạm Bạch Long Vĩ, Cồn Cỏ và Phú Quốc cho kết quả kiểm định khá tốt, đặc biệt trạm hải văn Phú Quốc. Tuy nhiên trạm Phú Quý chưa cho kết quả kiểm định tốt. Tương tự các kết quả hiệu chỉnh, mùa gió Đông Bắc, các kết quả tính toán cho xu thế tốt so với số liệu thực đo, tuy nhiên, về độ lớn có xu hướng cao hơn số liệu sóng thực đo, và ngược lại, đối với mùa gió Tây Nam.

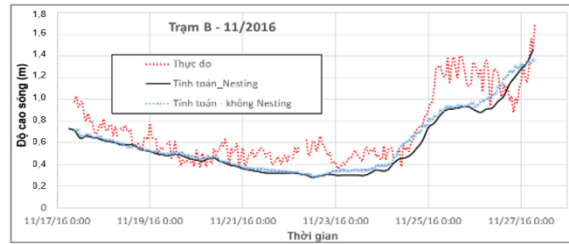
Đối với khu vực biển ven bờ tỉnh Phú Yên, kết quả mô phỏng về sóng đã bắt được xu hướng sóng thực đo cả về độ lớn cũng như hướng (Hình 14-17). Chỉ tiêu đánh giá chất lượng Nash đạt 0,86, hệ số tương quan đạt 0,91 đối với mô hình nesting, trong trường hợp không nesting lưới chỉ tiêu Nash đạt 0,86, hệ số tương quan đạt 0,88. Như vậy có thể thấy việc nesting lưới đã cải thiện chất lượng mô phỏng đối với khu vực ven bờ.



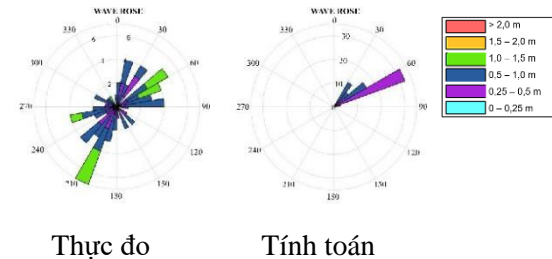
Hình 14. Biểu đồ so sánh giữa giá trị độ cao sóng tính toán kiểm định và thực đo tại trạm Đà Diễn.



Hình 15. So sánh hoa sóng giữa kết quả tính toán kiểm định và thực đo tại trạm Đà Diễn.

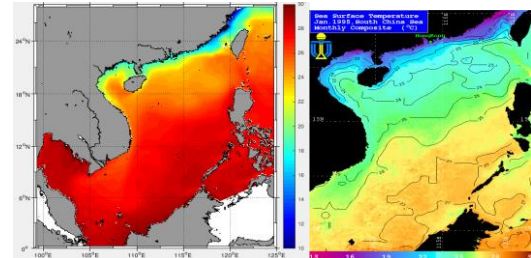


Hình 16. So sánh hoa sóng giữa kết quả tính toán kiểm định và thực đo tại trạm Đà Nông.

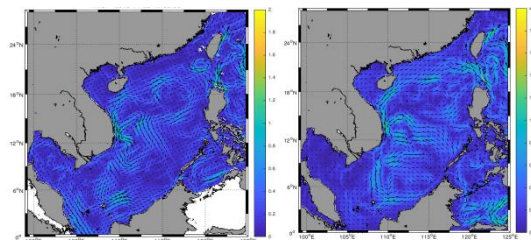


Hình 17. So sánh hoa sóng giữa kết quả tính toán kiểm định và thực đo tại trạm Đà Nông.

ii) Mô hình hải dương



Hình 18. So sánh kết quả mô phỏng phân bố nhiệt độ bề mặt trung bình tháng I (trái) với số liệu SST trung bình tháng I của vệ tinh SeaWiF (phải) trên toàn miền Biển Đông.



Hình 19. Kết quả mô phỏng trường dòng chảy tầng mặt (trái) và trường dòng chảy tầng mặt từ nguồn số liệu của HYCOM (phải) lúc 7 h ngày 25/11/2018.

Để đánh giá mức độ tin cậy của các thông số mô hình, nghiên cứu đã tiến hành kiểm định bằng số liệu vệ tinh SeaWiF trên diện rộng và sử dụng trường dòng chảy của HYCOM làm nguồn số liệu kiểm định. Số liệu phân bố nhiệt độ bề mặt trung bình tháng I nhiều năm trên toàn miền Biển Đông được so sánh với các kết quả tính toán từ mô hình (Hình 18, 19). Trường dòng chảy được hiệu chỉnh trong thời gian xuất hiện cơn bão số 9 trên Biển Đông (22 – 25/11/2018). Các kết quả cho thấy mô hình bắt khá tốt với số liệu trường nhiệt độ từ vệ tinh và trường dòng chảy tầng mặt của HYCOM;

Nhận xét: các kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình cho thấy:

- Khả năng mô phỏng sóng: độ cao sóng phù hợp với số liệu quan trắc. Hệ số tương quan trong khoảng từ 0,67 – 0,86 (ngoại trừ trạm Phú Quý cho kết quả không tốt), đặc biệt trạm Bạch Long Vĩ cho kết quả hệ số tương quan là 0,84 trong cả thời kì hiệu chỉnh (2017) và kiểm định (2018). Cụ thể, nhìn chung vào mùa gió Đông Bắc, kết quả tính toán có xu hướng lớn hơn số liệu thực đo, trong khi đối với mùa gió Tây Nam thì ngược lại. Trong khi đó kết quả kiểm định độ cao sóng ven bờ cho kết quả rất tốt cho cả hai trạm Đà Diên và Đà Nông, chỉ số tương quan R lần lượt là 0,95 và 0,89, chỉ số Nash. Hướng sóng cũng cho kết quả tương đối tốt so với thực đo;

- Khả năng mô phỏng dòng chảy, nhiệt bề mặt (mô hình hải dương). các kết quả mô phỏng trên diện rộng (toàn Biển Đông) cho kết quả khá tốt khi so với các số liệu vệ tinh SeaWiF. Vào mùa gió Đông Bắc. các kết quả mô phỏng đã cho mô phỏng tốt trường nhiệt độ duyên hải ven bờ vịnh Bắc Bộ và Trung Quốc tương đối thấp do ảnh hưởng các khối không khí lạnh, phù hợp với các số liệu vệ tinh. Vào mùa gió Tây Nam. các kết quả cũng mô phỏng tốt hiện tượng nước trời ven bờ biển Ninh Thuận – Bình Thuận, phù hợp với đặc trưng hải văn khu vực này và các số liệu vệ tinh.

3. Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu đã thử nghiệm xây dựng mô hình tích hợp sóng – dòng chảy và hiệu chỉnh, kiểm

định với chuỗi số liệu sóng thực đo tại bốn trạm hải văn quốc gia tương ứng với bốn khu vực biển chính tại Việt Nam là Bạch Long Vĩ, Cồn Cỏ, Phú Quý và Phú Quốc trong năm 2017 (thời kỳ hiệu chỉnh) và 2018 (thời kỳ kiểm định). Kết quả hiệu chỉnh kiểm định cho thấy các kết quả tính toán đã bắt được xu hướng độ lớn sóng ở cả bốn trạm. Cùng với đó, về độ lớn, các kết quả tại các trạm tương đối tốt, hệ số tương quan trong khoảng 0,67 – 0,86, thiên lớn hơn số liệu thực đo vào mùa gió Đông Bắc và thiên nhỏ hơn vào mùa gió Tây Nam. Dù vậy, một số giai đoạn có diễn biến phức tạp, mô hình vẫn chưa thực sự dự báo được sát (kết quả tính toán tại Phú Quý trong giai đoạn mùa gió Tây Nam, có sự chênh lệch và chưa bám sát được với thực đo). Cùng với đó, thời gian hiệu chỉnh kiểm định trong một thời gian dài (năm 2017, 2018) cũng có thể loại bỏ yếu tố thời tiết tức thời, dị thường tác động tới kết quả. Do đó, cần thiết phải có các nghiên cứu sâu hơn nhằm giải thích vấn đề này.

Nghiên cứu đã sử dụng kỹ thuật lưới lồng để chi tiết hóa độ phân giải cho khu vực biển ven bờ tại Phú Yên. Một số kết quả kiểm định với số liệu sóng thực đo tại hai trạm Đà Diên và Đà Nông trong tháng 11/2016 (đây là thời kỳ gió mùa Đông Bắc hoạt động mạnh). Như vậy có thể thấy kỹ thuật lưới lồng đã được áp dụng thành công cho khu vực biển ven bờ tỉnh Phú Yên, đây là tiền đề cho phép chủ động xây dựng bộ số liệu thủy động lực chi tiết cho khu vực biển ven bờ Việt Nam.

Đối với các yếu tố mô hình hải dương (dòng chảy, nhiệt,...), cũng như nhiều nghiên cứu ở Việt Nam, hiện nay nguồn số liệu thực đo rất hạn chế. Tuy vậy, kết quả so sánh với trường nhiệt độ từ nguồn số liệu vệ tinh của SeaWiF và trường dòng chảy của HYCOM cho thấy trường dòng chảy, nhiệt bề mặt khá tương đồng về phân bố không gian với số liệu vệ tinh SeaWiF và số liệu dòng chảy của HYCOM. Đặc biệt, mô hình đã bắt được các hiện tượng thủy động lực đặc trưng nước trời tại khu vực Ninh Thuận – Bình Thuận. Như vậy có thể thấy, bước đầu mô hình đã cho thấy khả năng mô phỏng của mô hình tiệm cận với các nguồn quốc tế.

Lời cảm ơn

Nhóm thực hiện xin cảm ơn sự hỗ trợ về số liệu, hệ thống tính toán hiệu năng cao được đầu tư từ dự án 08/FIRST/2a/CEFD (Ngân hàng Thế giới tài trợ) của Trung tâm Động lực học Thủy khí Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội và Ban chủ nhiệm đề tài ĐTDL.CN 15/15 và KC09.14/16-20 đã hỗ trợ về số liệu và kinh phí cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Delft University of Technology, SWAN Scientific and Technical Documentation, SWAN Cycle III, Version 41.31, Delft, Netherland, 2019.
- [2] National Centers for Environmental Prediction, User Manual and System Documentation of WAVEWATCH III, NOAA, the USA, 2016.
- [3] J. L. Wilkin, H. G. Arango, D. B. Haidvogel, C. S. Lichtenwalner, S. M. Durski, K. S. Hedstrom, A Regional Ocean Modeling System for the Long-Term Ecosystem Observatory, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 110, Issue C6, 2005, pp. 1-13, <https://doi.org/10.1029/2003JC002218>.
- [4] G. L. Mellor, User's Guide for a Three-Dimensional, Primitive Equation, Numerical Ocean Model, Program in Atmospheric and Oceanic Sciences, 1998.
- [5] A. F. Blumberg, G. L. Mellor, A Description of a Three-dimensional Coastal Ocean Circulation Model, in: Heaps, Norman S. Three Dimensional Coastal Ocean Models, Vol. 4, 1987, pp. 1-16.
- [6] J. C. Warner, B. Armstrong, R. He, J. B. Zambon, Development of a Coupled Ocean-atmosphere-wave-sediment Transport (COAWST) Modeling System, *Ocean Modelling* Vol. 35, 2010, pp. 230-244, <https://doi.org/10.1016/j.oce-mod.2010.07.010>.
- [7] T. H. Thai, D. Q. Tri, D. V. Hoang, Study on Simulation of the Effects of Waves and Storm Surge in the Coastal Area of Central Vietnam, *Journal of Hydrometeorology*, Vol. 687, 2018, 2018 (in Vietnamese).
- [8] N. B. Thuy, Study on the Storm Surge Forecasting Model and Service Forecasting in Vietnam, Report on Scientific and Technological Project of the Ministry of Natural Resources and Environment, National Center for Hydrometeorological Forecasting (NCHMF), 2005-2017 (in Vietnamese).
- [9] V. H. Dang, N. B. Thuy, D. D. Chien, S. Kim, The Study on Quantitative Assessment of Storm Surge Components by Numerical Model, *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 17, No. 2, 2017, <https://doi.org/10.15625/18593097/17/2/1-0157> (in Vietnamese).
- [10] D. D. Chien, N. B. Thuy, N. T. Sao, T. H. Thai, S. Kim, Study of Storm Surge and Storm Surge Interaction by Numerical Model, *Journal of Hydrometeorology*, Vol. 647, 2014, (in Vietnamese).
- [11] N. X. Hien, T. Thuc, D. V. Uu, Study on Storm Tide Along the Coast of Hai Phong City, *VNU Journal of Science, Natural Science and Technology*, Vol. 28, No. 3S, 2012, pp. 63-70 (in Vietnamese).
- [12] N. T. Sao, Storm Surge Predictions for Vietnam Coast by Delft3D Model Using Results from RAMS Model, *Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, Vol. 23, No. 3, 2008, pp. 39-47 (in Vietnamese).
- [13] DHI, MIKE 21/3 Couple Model FM - User Guide, DHI Software, Danish Hydraulic Institute, Denmark, 2014.
- [14] WL Delft Hydraulic, Detailed description of Processes, Delft3D-FLOW Technical Reference Manual, Delft University of Technology, Netherland, 2003.
- [15] J. W. Larson, R. L. Jacob, E. Ong, R. Loy, The Model Coupling Toolkit API Reference Manual: MCT v.2.10, Mathematics and Computer Science Division, Argonne National Laboratory, the USA, 2010.
- [16] GOFS 3.1: 41-Layer HYCOM + NCODA Global 1/12° Analysis, <https://www.hycom.org/>, 2020 (accessed on: March 15th, 2020).
- [17] N. T. Giang, Research on the Scientific Basis to Identify the Mechanism of Sedimentation, Landslide and Propose Solutions to Stabilize Da Dien and Da Nong Estuaries, Phu Yen Province for Sustainable Development of Infrastructure and Socio-Economic, State-Level Project Chaired by the VNU University of Sciences, 2017 (in Vietnamese).