



Original Article

Establishing a Model for the Deep Water Wave of Vietnam East Sea for Calculating Detailed Hydrodynamics in Coastal Area

Nguyen Xuan Loc^{1,*}, Dang Dinh Duc¹, Tran Ngoc Anh¹, Tran Thanh Tung²

¹*VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam*

²*Thuy Loi University, 175 Tay Son, Dong Da, Hanoi, Vietnam*

Received 15 September 2020

Revised 26 January 2021; Accepted 10 February 2021

Abstract: This study tested the development of a wavefield simulation model for the East Sea area with good quality, replacing global data sources to be proactive in data sources in order to serve detailed hydrodynamic calculations for coastal areas. The model toolkit used is MIKE 21 FM, this is a widely used toolkit in the world thanks to its advantages such as user-friendliness, good computing support, and simulation of many hydrodynamic problems. The model has been calibrated and verified with data from typical oceanographic stations representing the three marine areas in Vietnam, Bach Long Vi, Con Co and Phu Quy, which have shown good results. Along with that, the study also evaluated the calculation results with the coastal wave data and also showed positive results. However, some periods have complicated movements, the model has not really been closely calculated.

Keywords: Deep water wave, Vietnam East Sea.

* Corresponding author.

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

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4680>

Xây dựng mô hình sóng nước sâu cho khu vực Biển Đông phục vụ tính toán thủy động lực chi tiết khu vực ven bờ

Nguyễn Xuân Lộc^{1,*}, Đặng Đình Đức¹, Trần Ngọc Anh¹, Trần Thanh Tùng²

¹Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội,
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

²Trường Đại học Thủy lợi, 175 Tây Sơn, Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 15 tháng 9 năm 2020

Chỉnh sửa ngày 26 tháng 01 năm 2021; Chấp nhận đăng ngày 10 tháng 02 năm 2021

Tóm tắt: Nghiên cứu này thử nghiệm xây dựng bộ mô hình mô phỏng trường sóng cho khu vực Biển Đông với chất lượng đủ tốt, thay thế các nguồn số liệu toàn cầu để chủ động nguồn số liệu nhằm phục vụ tính toán thủy động lực chi tiết cho khu vực biển ven bờ. Bộ công cụ mô hình sử dụng là MIKE 21 FM, đây là một bộ công cụ được sử dụng rộng rãi trên thế giới nhờ những ưu điểm như thân thiện với người sử dụng, khả năng hỗ trợ tính toán tốt, mô phỏng được nhiều bài toán thủy động lực khác nhau. Mô hình đã được hiệu chỉnh và kiểm định với số liệu tại các trạm hải văn đặc trưng đại diện cho ba khu vực biển tại Việt Nam là Bạch Long Vĩ, Cồn Cỏ và Phú Quý cho kết quả khá tốt. Đồng thời, nghiên cứu cũng đánh giá kết quả tính toán với số liệu sóng ven bờ và số liệu sóng toàn cầu cho kết quả khả quan. Dù vậy, một số giai đoạn có diễn biến thời tiết phức tạp, kết quả mô phỏng của mô hình vẫn chưa thực sự sát với thực tế.

Từ khóa: Sóng nước sâu, Biển Đông, MIKE 21 FM.

1. Mở đầu

Trong những năm gần đây, vấn đề nghiên cứu các vùng duyên hải ven bờ và cửa sông ven biển đang được đặc biệt quan tâm và nghiên cứu nhiều hơn bao giờ hết, có thể kể đến như các đề tài nghiên cứu cấp Nhà nước như “Nghiên cứu đề xuất các giải pháp ổn định các cửa sông ven biển miền Trung” [1] được thực hiện từ 2007-2010, “Nghiên cứu nguyên nhân, cơ chế diễn biến hình thái và đề xuất các giải pháp KHCN nhằm ổn định vùng cửa biển Lộc An, Cửa Lấp tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu” [2] được thực hiện từ 2010-2013, “Nghiên cứu các giải pháp khoa học công nghệ để khắc phục hiện tượng bồi lấp cửa ra vào khu neo trú bão của tàu thuyền - Ứng dụng

cho cửa Tam Quan - Bình Định” (2014) [3] hay “Nghiên cứu cơ sở khoa học để xác định cơ chế bồi lấp, sạt lở và đề xuất các giải pháp ổn định các cửa sông Đà Diên và Đà Nông tỉnh Phú Yên phục vụ phát triển bền vững cơ sở hạ tầng và kinh tế xã hội” [4] được thực hiện trong giai đoạn 2016-2018,... và gần đây nhất đề tài “Nghiên cứu các giải pháp chính trị chống sa bồi luồng tàu cho các cảng cá và khu neo đậu tàu thuyền tỉnh Phú Yên và vùng lân cận, áp dụng cho cửa Tiên Châu” đang được triển khai. Các nghiên cứu đều có đặc điểm chung đều sử dụng các mô hình số để mô phỏng trường thủy động lực, trong đó có mô hình sóng. Để xây dựng được một bộ mô hình sóng ven bờ có thể mô phỏng sát nhất với thực tế, điều kiện biên cho mô hình phải đủ

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: nxloc@hus.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4680>

tốt và nguồn số liệu phải chủ động được để thiết lập các bài toán mô phỏng khác nhau. Các biên của mô hình sóng chủ yếu được thiết lập từ ba nguồn số liệu chính là số liệu sóng thực đo, số liệu tái phân tích từ các nguồn số liệu toàn cầu và từ bộ mô hình sóng nước sâu tự xây dựng. Theo đó, số liệu sóng thực đo là nguồn đầu vào tốt nhất nhưng do chi phí đo đạc tốn kém, đồng thời thời gian đo đạc ngắn nên nguồn số liệu này chủ yếu được dùng làm hiệu chỉnh kiểm định mô hình. Ngoài ra, hiện nay việc khai thác các nguồn số liệu tái phân tích (reanalysis data) được sử dụng khá phổ biến. Một số nguồn số liệu sóng được sử dụng phổ biến hiện nay như số liệu sóng tái phân tích của ECMWF [5], NOAA [6] hay số liệu sóng của COPERNICUS [7],... Tuy nhiên, điểm hạn chế của nguồn dữ liệu này là độ phân giải không cao (cỡ 0,125 độ), nguồn số liệu không tự chủ động được (mất vài tháng để các nguồn số liệu này cập nhật). Đặc biệt ở các khu vực nước nông, ven bờ, khi các khu vực này có đặc điểm về trường sóng cũng như các quá trình thủy động lực diễn ra rất phức tạp, các điểm lưới có số liệu một vài khu vực vẫn cách khá xa khu vực biển ven bờ. Trong khi đó, các nghiên cứu trong nước về xây dựng mô hình sóng nước sâu cho Biển Đông [8, 9, 12] đã có phân giải tốt hơn, chi tiết và hiện đang sử dụng trường đầu vào trung bình tháng hoặc đang thử nghiệm cho các thời đoạn ngắn hoặc cho thời tiết cực đoan (bão,...). Các cách tiếp cận này có những ưu điểm và cũng có nhược điểm về độ phân giải bước thời gian của số liệu và đánh giá trong quá trình dài hạn hơn. Vì vậy, nghiên cứu này sẽ tiến hành thiết lập bộ mô hình mô phỏng trường sóng toàn Biển Đông nhằm cung cấp số liệu sóng đầu vào đủ tốt, chủ động và các điểm lưới trích xuất dữ liệu chi tiết, có thể gần sát tới khu vực nước nông ven bờ cho các nghiên cứu chi tiết khu vực ven bờ biển Việt Nam.

2. Phương pháp nghiên cứu

Với nhiều ưu thế về tính hiệu quả và thuận tiện trong sử dụng, thích hợp với nhiều nguồn số liệu [8], mô hình MIKE 21 FM đã được sử dụng

trong nghiên cứu này với module về dòng chảy, sóng trong đó, module tính toán phổ sóng (spectral waves) được lựa chọn do có khả năng tính toán đầy đủ các quá trình vật lý từ sự phát triển của sóng do sự tác động của gió, sự tương tác phi tuyến giữa sóng với sóng, sự suy giảm sóng do sóng đổ bạc đầu, sự suy giảm sóng do ma sát đáy, sự suy giảm sóng do sóng đổ, hiệu ứng nhiễu xạ và nước nông do biến đổi độ sâu, sự tương tác giữa sóng và dòng chảy, hiệu ứng biến đổi theo thời gian của độ sâu [8].

2.1. Thiết lập mô hình cho khu vực nghiên cứu

Miền tính: để tính toán lan truyền sóng ngoài từ khu vực ngoài khơi, miền tính được xác định bao gồm toàn bộ Biển Đông được giới hạn từ kinh tuyến 99,0 đến 121,0 độ Đông (E) và từ vĩ tuyến 1,0 đến 25 độ Bắc (N). Khu vực này được bao trọn toàn bộ biển Việt Nam và các vùng biển lân cận trong khu vực Biển Đông (Hình 1). Lưới phân tử hữu hạn được sử dụng để rời rạc hóa thành các phần tử tính toán với kích thước lưới tính là 13km, được chia đều cho toàn miền của biển Đông. Tổng số ô lưới trên toàn vùng Biển Đông là 22167 ô lưới và 11578 nút lưới (Hình 1).

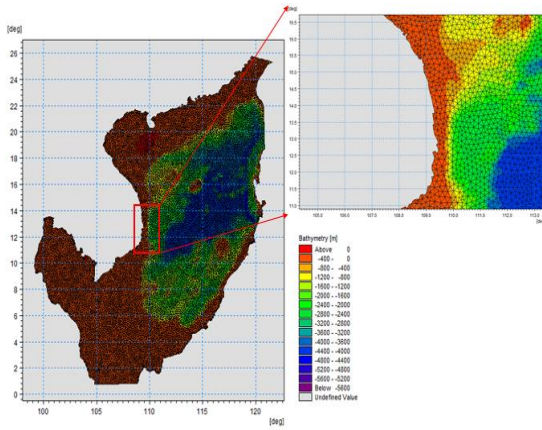
Tài liệu địa hình đáy biển sử dụng trong tính toán là địa hình GEBCO [9] được bổ sung bằng dữ liệu bản đồ địa hình tỷ lệ 1:100.000 và 1:25.000 khu vực gần bờ do Bộ Tư lệnh Hải quân xuất bản.

Điều kiện biên và điều kiện ban đầu:

Mục tiêu của bài toán này là tính toán các yếu tố sóng hình thành và lan truyền từ ngoài khơi nên các điều kiện biên mô hình được xác định: i) Trường gió trên toàn khu vực Biển Đông, bao gồm các thành phần (hướng gió và vận tốc gió): Hiện nay có nhiều nguồn gió khác nhau được sử dụng như các nguồn của NOAA [6], Copernicus [7] hay các nguồn NCEP-GFS, NCEP-FNL là những lựa chọn phù hợp cho các trường hợp tính toán thời gian thực vì tính sẵn có và cập nhật nhanh chóng [16]. Nghiên cứu sẽ sử dụng trường gió trên toàn Biển Đông (Hình 2) từ trường gió tái phân tích của ECMWF [5]; ii) Giá trị mực nước được lấy bằng "0", không xét đến chế độ

thủy triều nhằm giảm thời gian và khối lượng tính toán; và iii) Các biên lũng gồm eo Đài Loan, eo Bashi, eo Karimata, eo Luzon từ số liệu tái phân tích ECMWF [5]. Nguồn số liệu ECMWF là nguồn số liệu tin cậy để làm điều kiện biên và điều kiện ban đầu cho mô hình, được đánh giá sử dụng và ứng dụng bởi nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước khác nhau [16-20].

Điều kiện ban đầu sử dụng theo các tham số và công thức kinh nghiệm phổ sóng Jonswap. Đây là các tham số và công thức được sử dụng phổ biến làm điều kiện ban đầu trong các bài toán mô phỏng sóng [13].

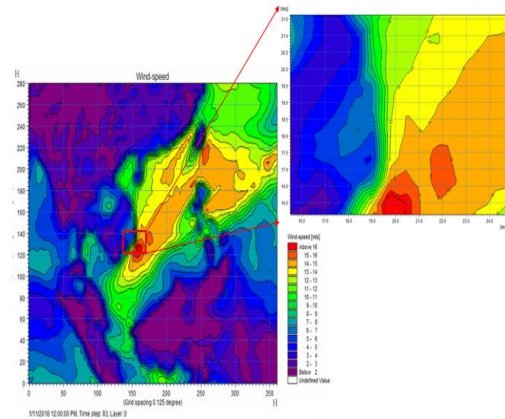


Hình 1. Lưới tính toán sử dụng trong mô hình.

2.2. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

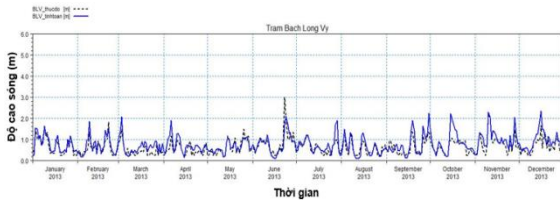
Số liệu đo đạc của 3 trạm sóng nước sâu được sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định kết quả tính sóng gồm: trạm Bạch Long Vĩ, trạm Cồn Cỏ và trạm Phú Quý. Vị trí các trạm được thể hiện trên Hình 3a. Thời kỳ hiệu chỉnh là từ ngày 1/1 đến 31/12/2013, và thời kỳ kiểm định từ ngày 1/1 đến 31/12/2018.

Ngoài ra, nghiên cứu đã so sánh kết quả tính toán với số liệu sóng thực đo ven bờ thuộc đề tài ĐTĐL.CN 15.15 [4] trong khoảng thời gian từ 13-28/11/2015 và 17-27/11/2016 tại khu vực cửa Đà Diễn, tỉnh Phú Yên (Hình 3b).

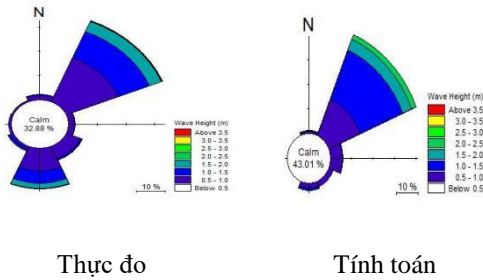


2.2.1. Hiệu chỉnh mô hình

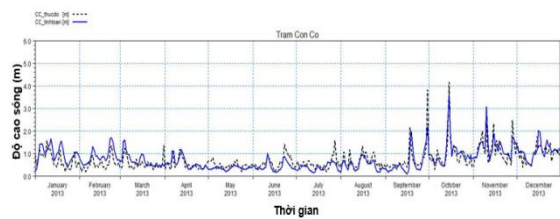
Quá trình hiệu chỉnh cho kết quả so sánh độ cao sóng giữa giá trị tính toán và giá trị thực đo tương đối khả quan tại các trạm đo sóng nước sâu được thể hiện trên các Hình 4-9.



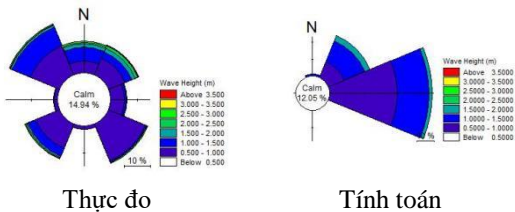
Hình 4. Biểu đồ so sánh giữa giá trị độ cao sóng tính toán hiệu chỉnh và thực đo tại trạm hải văn Bạch Long Vĩ.



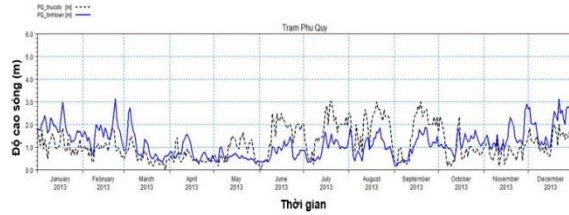
Hình 5. So sánh giữa hoa sóng tính toán hiệu chỉnh và thực đo tại trạm hải văn Bạch Long Vĩ.



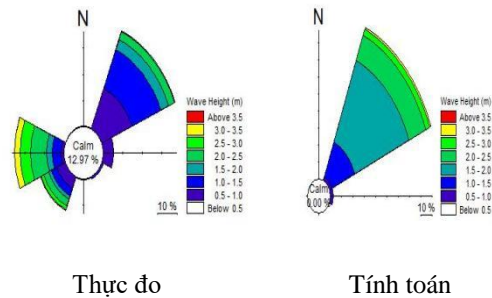
Hình 6. Biểu đồ so sánh giữa giá trị độ cao sóng tính toán hiệu chỉnh và thực đo tại trạm hải văn Côn Cỏ.



Hình 7. So sánh giữa hoa sóng tính toán hiệu chỉnh và thực đo tại trạm hải văn Côn Cỏ.



Hình 8. Biểu đồ so sánh giữa giá trị độ cao sóng tính toán hiệu chỉnh và thực đo tại trạm hải văn Phú Quý.

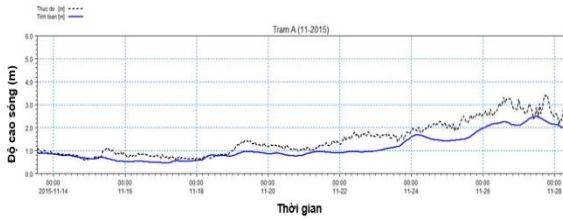


Hình 9. So sánh giữa hoa sóng tính toán hiệu chỉnh và thực đo tại trạm hải văn Phú Quý.

Kết quả tính toán sau khi hiệu chỉnh mô hình cho thấy giá trị độ cao sóng tính toán khá phù hợp với giá trị thực đo về độ lớn (Bảng 1). Các trạm Bạch Long Vĩ, Côn Cỏ cho kết quả hiệu chỉnh khá tốt trong khi trạm Phú Quý chưa cho kết quả hiệu chỉnh tốt như hai trạm còn lại với các kết quả mô phỏng chưa bắt được các xu thế của độ cao sóng thực đo. Nhìn chung, vào mùa gió Đông Bắc, các kết quả tính toán có xu hướng cao hơn số liệu sóng thực đo, kể cả với trạm Phú Quý với kết quả hiệu chỉnh không tốt. Ngược lại, đối với mùa gió Tây Nam, dù các kết quả tính toán sóng cho xu thế tốt nhưng về độ lớn, các kết quả có xu hướng thấp hơn các kết quả thực đo. Về hướng sóng, trạm Bạch Long Vĩ cho sự tương đồng cao về hướng so với thực đo cùng với trạm Phú Quý - tương đối trái ngược so độ cao sóng. Trong khi đó, hướng sóng tại trạm Côn Cỏ hiệu chỉnh không có sự tương đồng cao. Nguyên nhân không có sự tương đồng này có thể do vị trí người quan sát hướng sóng ở vị trí trên đảo Côn Cỏ bị khuất hướng sóng dẫn đến một tỉ lệ hướng sóng Tây Bắc và Tây Nam (hai hướng sóng đi từ bờ ra khơi) khá cao dẫn đến có sự sai khác giữa hướng sóng thực đo và tính toán.

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

TT	Trạm	R	NSE
1	Bạch Long Vĩ	0,80	0,81
2	Cồn Cỏ	0,76	0,78
3	Phú Quý	0,36	0,16



Hình 10. Biểu đồ so sánh giữa giá trị độ cao sóng tính toán và thực đo tại trạm đo sóng ven bờ 11/2015.

Bảng 2. Các thông số mô hình

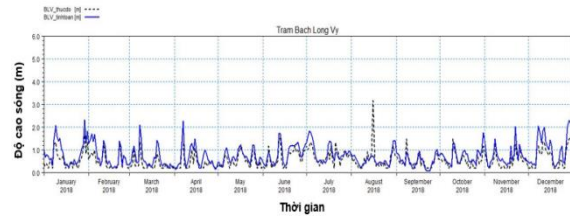
STT	Thông số	Giá trị
1	Phương trình cơ bản	Fully spectral formulation
2	Giải pháp kỹ thuật	Geographical space discretization low order, fast algorithm
3	Gió	type of air-sea: coupled
4	Điều kiện sóng vỡ	specified gamma: 0,8
5	Ma sát đáy	Nikuradse roughness: 0,04
6	Điều kiện sóng bậc đầu	Cdis=4,5; DELTA dis=0,5
7	Điều kiện ban đầu	JONSWAP fetch growth expression

Kết quả so sánh độ cao sóng tính toán và thực đo tại trạm đo sóng ven bờ (Hình 10) cho thấy các kết quả tính toán đã bắt được xu hướng độ cao sóng thực đo, tuy nhiên chưa bắt được các đỉnh sóng, nhất là thời điểm độ cao sóng lớn, lên tới hơn 3m. Điều này có thể giải thích bằng độ chi tiết địa hình khi lưới tính toán khá thưa (vì mục tiêu tính toán cho cả biển Đông) so với khu vực ven bờ, cần lưới tính toán có độ phân giải cao nhằm đưa ra địa hình chi tiết nhất, gần nhất với thực tế. Đây là yếu tố tác động mạnh tới độ cao sóng tại khu vực ven bờ và lý giải vì sao kết

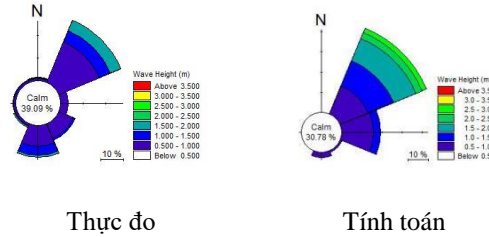
quả tính toán chưa bắt được các đỉnh sóng. Dù vậy, mô hình có thể trích xuất số liệu gần sát với thực đo đã tốt hơn khá nhiều so với nguồn số liệu toàn cầu không thể trích xuất dữ liệu điểm tại khu vực nước nông như trong trường hợp này.

2.2.2. Kiểm định mô hình

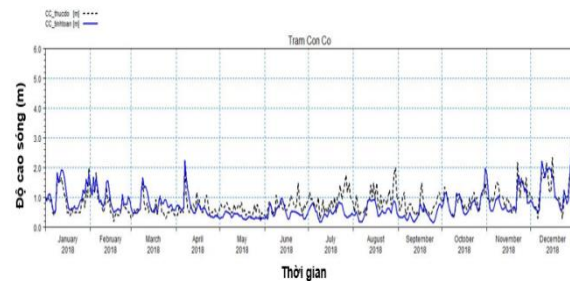
Để đánh giá độ tin cậy của mô hình đã hiệu chỉnh, nghiên cứu đã tiến hành kiểm định lại với chuỗi số liệu độc lập sóng nước sâu tại các trạm Bạch Long Vĩ, Cồn Cỏ, Phú Quý (Hình 11-16) và đánh giá với số liệu sóng thực đo ven bờ tại khu vực cửa Đà Điện, Phú Yên từ 17 – 27/11/2016 (Hình 17).



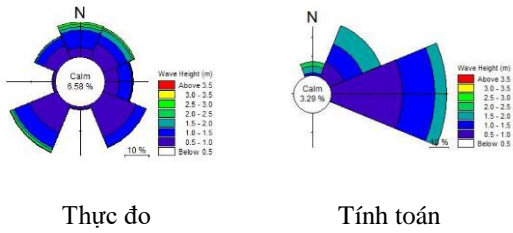
Hình 11. Biểu đồ so sánh giữa giá trị độ cao sóng tính toán kiểm định và thực đo tại trạm hải văn Bạch Long Vĩ.



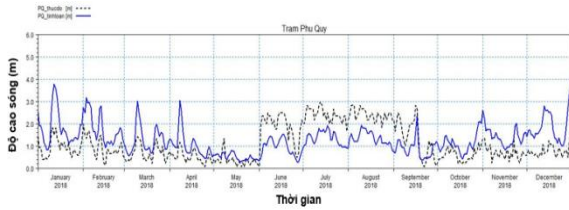
Hình 12. So sánh giữa hoa sóng tính toán kiểm định và thực đo tại trạm hải văn Bạch Long Vĩ.



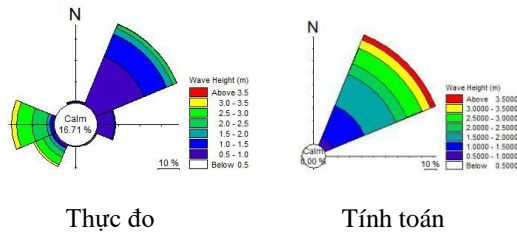
Hình 13. Biểu đồ so sánh giữa giá trị độ cao sóng tính toán kiểm định và thực đo tại trạm hải văn Cồn Cỏ.



Hình 14. So sánh giữa hoa sóng tính toán kiểm định và thực đo tại trạm hải văn Côn Cỏ.



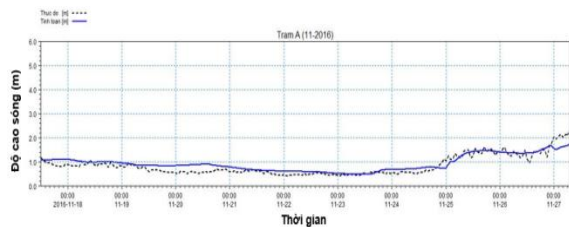
Hình 15. Biểu đồ so sánh giữa giá trị độ cao sóng tính toán kiểm định và thực đo tại trạm hải văn Phú Quý.



Hình 16. So sánh giữa hoa sóng tính toán kiểm định và thực đo tại trạm hải văn Phú Quý.

Bảng 3. Chỉ tiêu đánh giá sai số tính toán và thực đo thời kỳ kiểm định

TT	Trạm	R	NSE
1	Bạch Long Vĩ	0,80	0,6
2	Côn Cỏ	0,69	0,51
3	Phú Quý	0,31	0,12



Hình 17. Biểu đồ so sánh giữa giá trị độ cao sóng tính toán và thực đo tại trạm đo sóng ven bờ 11/2016.

Kết quả kiểm định cho thấy mô hình sử dụng bộ tham số đã được hiệu chỉnh (Bảng 2) cho kết quả khá 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, Côn Cỏ cho kết quả kiểm định khá tốt, đặc biệt trạm hải văn Bạch Long Vĩ. Tuy nhiên tương tự như ở pha hiệu chỉnh, các kết quả trạm Phú Quý chưa cho kết quả tốt, các chỉ tiêu đánh giá sai số cho kết quả tương đối thấp (Bảng 3), và xu thế thiên cao so với thực đo trong mùa gió Đông Bắc và thiên thấp trong mùa gió Tây Nam.

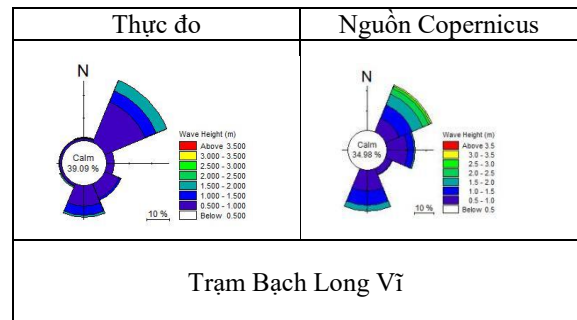
Kết quả so sánh độ cao sóng tính toán và thực đo tại trạm đo sóng ven bờ (Hình 17) cho thấy các kết quả tính toán đã bắt được tốt xu hướng và các đỉnh độ cao sóng thực đo tuy vẫn còn khó khăn ở các giá trị độ cao sóng lớn.

Bảng 4 và 5 trình bày kết quả so sánh tương quan giữa số liệu thực đo và số liệu toàn cầu Copernicus của hai yếu tố độ cao sóng và hướng sóng tại các trạm. So sánh các kết quả này với các kết quả ở phần hiệu chỉnh kiểm định, có thể thấy rằng các kết quả tính hoa sóng giữa tính toán và nguồn Copernicus khá tương đồng. Điều này cho thấy kết quả từ mô hình hoàn toàn có thể thay thế nguồn số liệu toàn cầu trong các tính toán khác nhau.

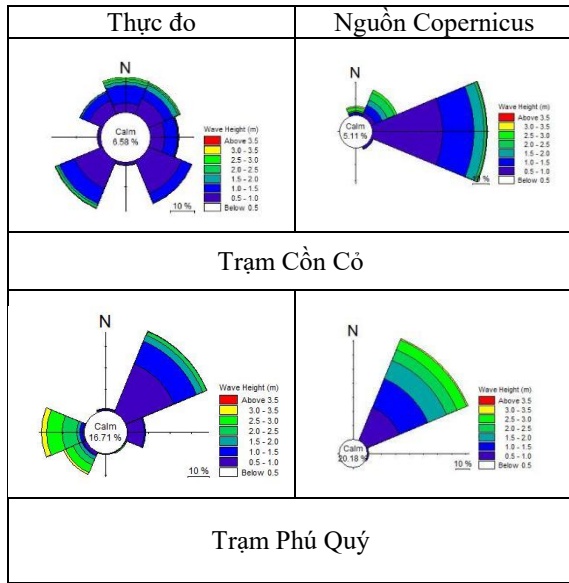
Bảng 4. Bảng đánh giá sai số giữa số liệu thực đo và số liệu sóng của Copernicus (2018)

TT	Trạm	R	NSE
1	Bạch Long Vĩ	0,84	0,74
2	Côn Cỏ	0,67	0,66
3	Phú Quý	0,29	0,1

Bảng 5. So sánh giữa hoa sóng năm 2018 nguồn Copernicus và thực đo tại các trạm hải văn



Trạm Bạch Long Vĩ



2.2.3. Một số kết quả trong thời gian hiệu chỉnh kiểm định

So sánh độ cao sóng mô phỏng và thực đo nhiều năm tại 3 trạm hải văn quốc gia Bạch Long Vỹ, Cồn Cỏ và Phú Quý trong Bảng 6, 7 cho thấy kết quả tính toán sóng khu vực trạm Bạch Long Vỹ cho kết quả tốt nhất. Tùy theo từng thời điểm, từng giai đoạn bị ảnh hưởng bởi các điều kiện thời tiết khác nhau mà độ chính xác của mô hình khác nhau.

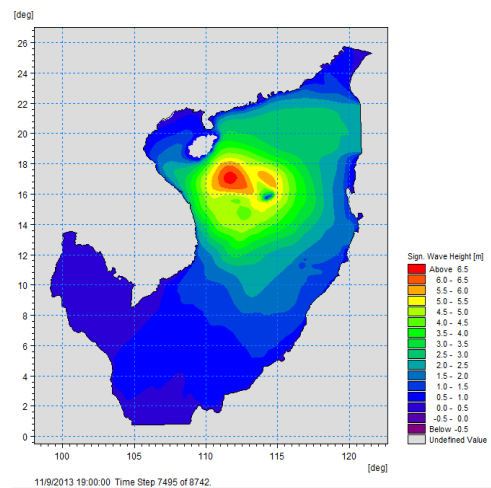
Bảng 6. Độ cao sóng trung bình tính toán năm 2013 và thống kê nhiều năm

Trạm		Bạch Long Vỹ	Cồn Cỏ	Phú Quý
X - I	Tính toán	0,9	1,1	1,6
	Thống kê	0,6	0,9	0,9
II - IV	Tính toán	0,7	0,7	1,1
	Thống kê	0,5	0,7	0,7
III - VII	Tính toán	0,7	0,5	0,8
	Thống kê	0,6	0,7	0,8
VIII - X	Tính toán	0,7	0,7	1,1
	Thống kê	0,5	1	0,8
Năm	Tính toán	0,8	0,7	1,2
	Thống kê	0,7	1	0,8

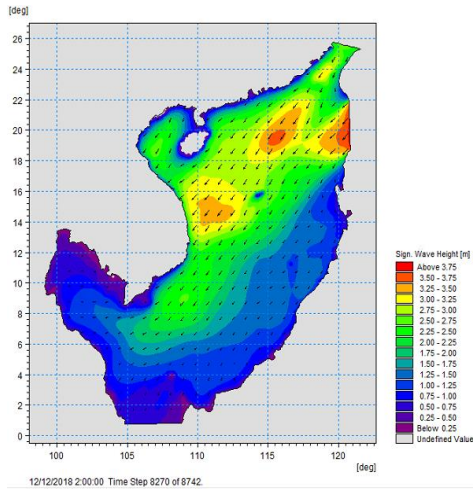
Bảng 7. Độ cao sóng trung bình tính toán năm 2018 và thống kê nhiều năm

Trạm		Bạch Long Vỹ	Cồn Cỏ	Phú Quý
X - I	Tính toán	0,9	1	1,6
	Thống kê	0,6	0,9	0,9
II - IV	Tính toán	0,7	0,8	0,4
	Thống kê	0,5	0,7	0,7
III - VII	Tính toán	0,7	0,6	1
	Thống kê	0,6	0,7	0,8
VIII - X	Tính toán	0,6	0,6	1,1
	Thống kê	0,5	1	0,8
Năm	Tính toán	0,7	0,7	1,3
	Thống kê	0,7	1	0,8

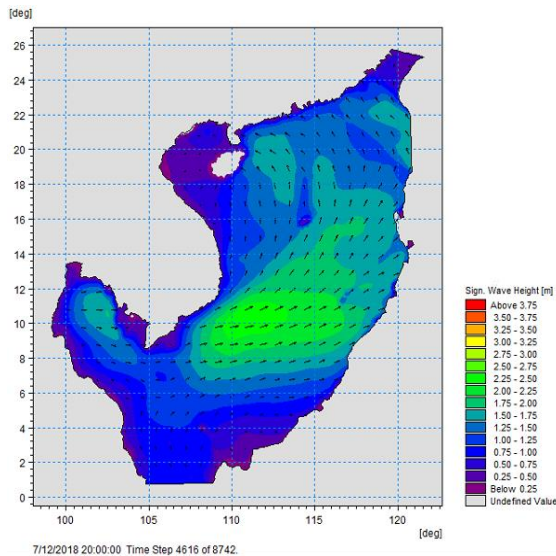
Tuy nhiên, có thể thấy trạm Bạch Long Vỹ cho kết quả tốt vào các thời đoạn khác nhau trong năm, vào mùa gió Đông Bắc có sự chênh lệch là 0,3m. Trạm Cồn Cỏ cho kết quả tốt các các thời đoạn khác nhau, nhưng vào đoạn thời gian từ tháng VIII - X, có sự chênh lệch độ cao sóng tương đối đáng kể. Trong khi đó, kết quả so sánh sóng tại trạm Phú Quý cho kết quả không tốt, các thời đoạn khác nhau có sự chênh lệch đáng kể.



Hình 18. Trường sóng trong bão Haiyan (11/2013) trên Biển Đông.



Hình 19. Trường sóng trong mùa gió Đông Bắc trên Biển Đông.



Hình 20. Trường sóng trong mùa gió Tây Nam trên Biển Đông.

Trong giai đoạn hiệu chỉnh - kiểm định mô hình, khu vực Biển Đông diễn ra nhiều hiện tượng thời tiết cực đoan mang tính lịch sử như siêu bão Haiyan (11/2013) - một trong 4 cơn bão lớn nhất trong lịch sử thế giới với sức gió lên đến 315 km/giờ [14] (Hình 18) hoặc các hiện tượng thời tiết đặc trưng trong như mùa gió Đông Bắc (Hình 19), mùa gió Tây Nam (Hình 20). Các hiện tượng thời tiết đặc trưng cũng như cực đoan đã được mô phỏng tốt thông qua bộ mô hình.

3. Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu đã thiết lập mô hình mô phỏng sóng nước sâu và hiệu chỉnh kiểm định với chuỗi số liệu sóng thực đo tại ba trạm hải văn quốc gia tương ứng với ba khu vực biển chính tại Việt Nam là Bạch Long Vĩ, Cồn Cỏ và Phú Quý trong các khoảng thời gian năm 2013 (thời kỳ hiệu chỉnh) và năm 2018 (thời kỳ kiểm định) kết hợp so sánh với nguồn số liệu của Copernicus nhằm đánh giá chất lượng của bộ số liệu của mô hình. Kết quả hiệu chỉnh kiểm định với các trạm hải văn nước sâu cho thấy các kết quả tính toán đã bắt được xu hướng độ lớn sóng ở cả ba trạm, cùng với đó, về độ lớn, các kết quả tại các trạm tương đối tốt, hệ số tương quan trong khoảng 0,62-0,84, độ cao sóng thiên lớn hơn số liệu thực đo vào mùa gió Đông Bắc và thiên nhỏ hơn vào mùa gió Tây Nam. Ngoài ra, khi so sánh kết quả số liệu toàn cầu và tính toán với số liệu thực đo, có thể thấy rằng, kết quả tính toán từ mô hình hoàn toàn ngang bằng và tốt hơn tại một số khu vực và các yếu tố khác nhau. Do đó, các bài toán thủy động lực ven bờ có thể hoàn toàn chủ động được với nguồn số liệu từ mô hình mang lại.

Tuy nhiên, một số giai đoạn có diễn biến thời tiết phức tạp, kết quả của mô hình vẫn chưa thực sự bám sát được số liệu thực đo (cụ thể 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). Có thể thấy rằng, giai đoạn 2017 - 2018, các kết quả kiểm định độ cao sóng cho kết quả khá tốt, cụ thể là Bạch Long Vĩ và Cồn Cỏ nhưng trạm chưa tốt. Các kết quả tính toán đều được thực hiện tính toán cho một chuỗi số liệu khá dài và có thể loại bỏ yếu tố thời tiết tức thời làm ảnh hưởng hay tác động tới các kết quả đánh giá. Thông qua nghiên cứu này, có thể thấy rằng, sẽ cần phải có các nghiên cứu sâu hơn để lí giải vấn đề độ cao sóng tại trạm Phú Quý có sự sai lệch lớn trong khi số liệu tại các trạm hải văn khác cho kết quả tương đối tốt. Về hướng sóng, các kết quả hướng sóng tính toán tại các trạm Bạch Long Vĩ và Phú Quý khá tương đồng với số liệu thực đo, tuy nhiên trạm Cồn Cỏ không cho kết quả tương đồng. Dù vậy, có thể thấy số liệu hướng sóng tại trạm Cồn Cỏ có tỉ lệ hướng sóng Tây Bắc Tây Nam (từ bờ ra khơi) khá lớn

gây ra sự không tương đồng này. Các kết quả mô phỏng sóng này cho kết quả tương đồng, tại một số thời điểm và vị trí có kết quả tốt hơn nguồn số liệu tái phân tích toàn cầu Copernicus khi so sánh với số liệu sóng thực đo. Với kết quả này, các số liệu sóng tính toán từ mô hình hoàn toàn có thể thay thế nguồn số liệu toàn cầu và tạo lợi thế chủ động nguồn số liệu cho các bài toán thủy động lực ven bờ.

Cùng với đó, nghiên cứu cũng đánh giá các kết quả từ mô hình sóng nước sâu với các số liệu sóng thực đo khu vực ven bờ và bước đầu cho kết quả khả quan. Kết quả từ mô hình cho kết quả bám khá sát với thực đo, khác với nguồn số liệu toàn cầu không thể trích xuất số liệu tương tự tại khu vực nước nông. Đây cũng là ưu thế kích thước lưới nhỏ hơn và bám sát đường bờ hơn của mô hình trong nghiên cứu này mang lại.

Ngoài ra, trong các nghiên cứu tiếp theo, nhóm tác giả sẽ tiếp cận hướng nghiên cứu dự báo trường sóng toàn Biển Đông gần thời gian thực.

4. Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ Đề tài: “Nghiên cứu các giải pháp chính trị chống sa bồi luồng tàu cho các cảng cá và khu neo đậu tàu thuyền tỉnh Phú Yên và vùng lân cận, áp dụng cho cửa Tiên Châu”, mã số ĐTDLCN.33/18. 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 ĐH KHTN, ĐHQGHN và Ban chủ nhiệm đề tài ĐTDLCN 15/15 đã hỗ trợ về số liệu cho các đợt khảo sát tại Đà Diễn, tỉnh Phú Yên.

Tài liệu tham khảo

- [1] L. D. Thanh et al., Research and Propose Solutions to Stabilize Central Coastal Estuaries, Report on topic KC0807/06-10, 2009 (in Vietnamese).
- [2] T. V. Bon, Studying The Causes, Mechanism Of Morphological Evolution and Proposing Scientific and Technological Solutions to Stabilize The Loc An and Cua Lap Estuaries, Ba Ria - Vung Tau Province, State-level independent project DTDL.2010T/27, 2009 (in Vietnamese).
- [3] D. M. Duc, Research on Scientific and Technological Solutions to Overcome the Phenomenon of Accretion at The Entrance to The Storm Shelter of Ships - Application for Tam Quan Estuary - Binh Dinh, State-level independent project, 2014 (in Vietnamese).
- [4] N. T. Giang, Research The Scientific Basis to Determine The Mechanism of Sedimentation and Landslides and Propose Solutions to Stabilize The Estuaries of Da Dien and Da Nong Rivers in Phu Yen Province for Sustainable Infrastructure and Socio-Economic Development, State-level independent project, 2017 (in Vietnamese).
- [5] Modelling and Prediction, European Centre For Medium-Range Weather Forecasts, <https://www.ecmwf.int/en/research/modelling-and-prediction>, 2020 (accessed on September 1st, 2020).
- [6] Data Access, National Center For Environmental Information, 2020, <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access>, (accessed on: September 1st, 2020).
- [7] Copernicus Marine Environment Monitoring Service, 2020, <https://www.marine.copernicus.eu>, (accessed on: September 1st, 2020).
- [8] N. T. Sao, T. Q. Tien, Application of WAM Model to Forecast The East Sea Wave Field, VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences, Vol. 3, 2004, pp. 29-43 (in Vietnamese).
- [9] T. Q. Tien, Ability to Apply WAM Wave Model and SWAN Coastal Wave Model to Calculate The Coastal Wave Field as Input for The Problem of Calculating Sediment Transport, Journal of Hydrometeorology, Vol. 4, 2002 (in Vietnamese).
- [10] Danish Hydraulic Institute, MIKE 21 User's Manual, Denmark, 2007.
- [11] General Bathymetric Chart of the Oceans, 2020, <https://www.gebco.net/>, (accessed on: March 21st, 2020).
- [12] N. M. Hung, N. T. Sao, T. Q. Tien, Verification of The Wave Field Prediction Model in The Gulf of Tonkin, Scientific Journal of Vietnam National University, Hanoi, Vol. 3, 2005, pp. 135-149 (in Vietnamese).
- [13] O. G. Nwogu, D. Lyzenga, Improved Estimation of Ocean Wave Fields from Marine Radars Using Data Assimilation Techniques, ISOPE-2008-TPC-450, 2008.

- [14] Haiyan Storm, Wikipeda, 2020, https://vi.wikipedia.org/wiki/B%C3%A3o_Haiyan (2013), (accessed on: August 15th, 2020).
- [15] D. Carvalho, A. Rocha, M. G. Gesteira, C. S. Santos, WRF Wind Simulation and Wind Energy Production Estimates Forced by Different Reanalyses: Comparison with Observed Data for Portugal, *Applied Energy*, Vol. 117, No. 15, 2014, pp 116-126, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.12.001>.
- [16] V. V. Hoa, N. D. Khoa, D. A. Tuan, Forecast Data of ECMWF and Applicability in Forecasting Drought in Vietnam, *Journal of Hydrometeorology*, Vol 09, 2016, pp 01-06, <http://tapchikttv.vn/article/605> (in Vietnamese).
- [17] S. Caires, A. Sterl, Comparative Assessment of ERA-40 Ocean Wave Data, Workshop on Re-Analysis, Conference Paper, ECMWF, November 2001, pp 5-9.
- [18] V. S. Kumar, T. M. Naseef, Performance of ERA-Interim Wave Data in The Nearshore Waters around India, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, Vol 32, No. 6, 2015, pp. 1257-1269, <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-14-00153.1>.
- [19] Sakari Uppala, Evolution of Reanalysis at ECMWF, 3rd International Conference on Reanalysis, 28 Jan - 1 Feb 2007.
- [20] M. F. Bruno, Matteo Gianluca Molfetta, V. Totaro, M. Mossa, Performance Assessment of ERA5 Wave Data in a Swell Dominated Region, *Journal of Marine Science and Engineering*, Vol. 8, No. 3, 2020, pp. 214-233, <https://doi.org/10.3390/jmse8030214>.