

Bài báo khoa học

Kết quả bước đầu dự báo tổ hợp sóng biển tại Việt Nam

Bùi Mạnh Hà¹, Nguyễn Bá Thủy^{1*}, Đỗ Đình Chiến²

¹ Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia, Tổng cục Khí tượng Thủy văn;
manhhamhc@gmail.com; thuybanguyen@gmail.com

² Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; chiendd@gmail.com

* Tác giả liên hệ: thuybanguyen@gmail.com; Tel.: +84-975853471

Ban Biên tập nhận bài: 25/10/2020; Ngày phản biện xong: 21/11/2020; Ngày đăng: 25/01/2021

Tóm tắt: Thông tin dự báo xác suất ứng với các khoảng độ cao sóng rất có ý nghĩa trong công tác tìm kiếm cứu nạn cũng như các hoạt động trên biển và tại vùng ven biển. Khi sử dụng hệ thống dự báo tổ hợp sóng biển chúng ta có thể đưa ra những thông tin dự báo độ cao sóng trung bình tổ hợp, cực trị độ cao sóng và xác suất ứng với các khoảng độ cao sóng khác nhau. Trong nghiên cứu này, hiệu chỉnh mô hình SWAN tính sóng trong gió mùa và trong bão Kaemi (2000) được thực hiện dựa trên việc điều chỉnh hệ số ma sát đáy tính theo công thức JONSWAP (Cfjon) để lựa chọn hệ số ma sát đáy phù hợp. Kết quả kiểm nghiệm mô hình tính sóng trong điều kiện thời tiết bình thường và trong gió mùa cho thấy độ cao sóng hiệu dụng tính toán xu hướng thiên cao so với quan trắc. Sai số tuyệt đối trung bình khi tính sóng trong gió mùa tây nam là 0,38m và trong gió mùa đông bắc là 0,52m. Biên độ trung bình của sai số tính toán sóng trong gió mùa dao động từ 0,55–0,76m và trong thời tiết tốt là 0,49m. Nhằm mục tiêu áp dụng trong nghiệp vụ tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia, quy trình vận hành hệ thống dự báo tổ hợp sóng biển đã được xây dựng. Những kết quả bước đầu thử nghiệm hệ thống dự báo tổ hợp sóng biển trong bão Damrey tháng 12/2017 đã được đưa vào Nam Trung Bộ với trường gió từ hệ thống dự báo tổ hợp 50 thành phần của Trung tâm Dự báo thời tiết hạn vừa Châu Âu (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF) được thực hiện.

Từ khóa: Dự báo tổ hợp; sóng biển; SWAN.

1. Mở đầu

Sóng biển là yếu tố hải văn được quan tâm bậc nhất đối các hoạt động kinh tế xã hội khu vực ven biển và giao thông hàng hải. Chính vì vậy mà các bản tin cảnh báo, dự báo sóng luôn được quan tâm không chỉ trong những thời điểm có thời tiết nguy hiểm trên biển (bão, áp thấp nhiệt đới, gió mùa mạnh...) mà hàng ngày để lập kế hoạch cho các hoạt động trên biển. Do đó, sóng biển đã được nghiên cứu trên nhiều phương diện khác nhau.

Phương pháp dự báo tổ hợp đã được áp dụng trong dự báo khí tượng và hải dương từ khá lâu. Những hạn chế trong kỹ năng dự báo của mô hình số dự báo khí tượng, hải văn và độ nhạy của các kết quả dự báo liên quan đến độ chính xác trong các trường ban đầu [1]. Hệ thống dự báo tổ hợp trong lĩnh vực khí tượng thủy văn, hải văn nói chung và dự báo tổ hợp sóng biển nói riêng đã được triển khai tại nhiều quốc gia trên thế giới. Kết quả đánh giá hệ thống dự báo tổ hợp sóng biển của NCEP, NOAA cho thấy khi sử dụng dự báo sóng trung bình tổ hợp hợp lý và sát thực tế hơn so với dự báo sóng chỉ sử dụng trường gió đầu vào đơn lẻ [2–3].

Tại Việt Nam, dự báo tổ hợp đã được thực hiện trong vòng gần 20 năm trở lại đây và chủ yếu là dự báo thời tiết [4–5]. Trong dự báo hải văn đã được đề cập đến trong một số nghiên

cứ, [6] đã tiến hành dự báo nước dâng bão theo phương pháp tổ hợp dựa trên 05 phương án về sai số vị trí bão đổ bộ. Trong khuôn khổ luận án tiến sĩ, [7] đã nghiên cứu tính toán sóng tổ hợp với các phương án về hiệu chỉnh mô hình và đồng hóa số liệu.

Nghiên cứu này trình bày một số kết quả hiệu chỉnh, kiểm nghiệm mô hình SWAN và thử nghiệm hệ thống dự báo tổ hợp sóng biển tại Trung tâm Dự báo KTTV quốc gia dựa trên mô hình sóng SWAN với trường gió đầu vào từ hệ thống dự báo tổ hợp 50 thành phần của ECMWF. Ngoài ra, để hỗ trợ dự báo viên trong nghiệp vụ, chương trình hỗ trợ hiển thị sản phẩm dự báo tổ hợp sóng biển đã được xây dựng.

2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Số liệu

Số liệu địa hình, là yếu tố đầu vào quan trọng của mô hình tính toán, dự báo sóng biển. Độ tin cậy của mô hình phụ thuộc rất lớn vào số liệu địa hình, đặc biệt là khu vực ven bờ và vùng có địa hình phức tạp. Số liệu địa hình đáy biển khu vực Biển Đông được lấy từ số liệu ETOPO của NOAA, địa hình khu vực ven biển được số hóa từ bản đồ tỉ lệ 1/100.000.

Số liệu gió, trường gió tái phân tích của ECMWF với bước thời gian 6 giờ, độ phân giải $0,125^\circ \times 0,125^\circ$ (khoảng 14km x 14km) được thu thập vụ việc hiệu chỉnh, kiểm định mô hình sóng. Trường gió dự báo từ hệ thống dự báo tổ hợp 50 thành phần của ECMWF được sử dụng làm đầu vào cho mô hình dự báo tổ hợp sóng biển.

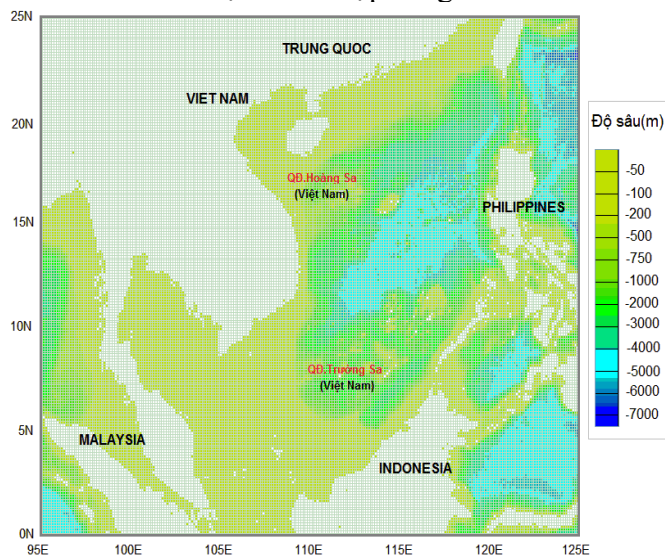
Số liệu sóng, sử dụng số liệu quan trắc từng giờ tại 03 trạm phao biển thuộc khuôn khổ dự án hợp tác giữa Chính phủ Na Uy và Việt Nam do Trung tâm Khí tượng Thủy văn biển (nay là Trung tâm Hải văn–Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam) chủ trì thực hiện được thu thập để hiệu chỉnh mô hình. Số liệu sóng quan trắc tại trạm Bạch Hổ của của Vietsovpetro với bước thời gian 01 giờ được thu thập để kiểm định mô hình tính sóng trong gió mùa đông bắc, gió mùa tây nam và trong điều kiện thời tiết ổn định.

Bảng 1. Số liệu sóng quan trắc từng giờ sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình sóng.

TT	Tên trạm	Kinh độ	Vĩ độ	Thời gian thu thập	Số số liệu	Ghi chú
1	Phao biển số 4001	107°34'E	17°15'N	01h 26/10/2000 đến 23h ngày 31/10/2000	143	Hiệu chỉnh mô hình tính sóng trong gió mùa
				01h 22/08/2000 đến 23h ngày 24/08/2000		71
2	Phao biển số 4002	105°48'E	18°49'N	01h 22/08/2000 đến 23h ngày 24/08/2000	71	Hiệu chỉnh mô hình tính sóng trong bão
				01h 26/10/2000 đến 23h ngày 31/10/2000		143
4	Bạch Hổ	107°58'59''E 09°45'22'6N	09°45'22'6N	0h ngày 15/01/2010 đến 0h ngày 30/01/2010	337	
				0h ngày 15/07/2014 đến 0h ngày 30/07/2014		337
				0h ngày 01/09/2015 đến 0h ngày 15/09/2015	337	Kiểm nghiệm mô hình tính sóng trong thời tiết ổn định

2.2. Miền tính, lưới tính

Miền tính cho mô hình SWAN dự báo tổ hợp sóng biển được thiết lập cho toàn Biển Đông được giới hạn từ 0° đến 25° độ vĩ Bắc và từ 95° đến 125° độ kinh Đông. Lưới tính được sử dụng là lưới vuông có độ phân giải ngang 14km x 14km. Độ sâu được sử dụng từ nguồn ETOPO của NOAA và chi tiết khu vực ven bờ là dữ liệu số hóa bản đồ, kế thừa từ đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường mã số TNMT.05.17. Hình 1 thể hiện trường độ sâu và lưới tính mô hình dự báo tổ hợp sóng biển.



Hình 1. Trường độ sâu và lưới tính mô hình dự báo tổ hợp sóng biển.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Sử dụng mô hình SWAN với 50 thành phần gió dự báo đầu vào khác nhau dự báo từ ECMWF để đưa ra các sản phẩm dự báo tổ hợp sóng biển. SWAN (*Simulating Waves Nearshore*) là mô hình tính toán, dự báo sóng thể hệ ba, tính toán phổ sóng hai chiều bằng cách giải phương trình cân bằng tác động sóng (trong trường hợp không có dòng chảy có thể dùng phương trình cân bằng năng lượng sóng) có tính tới sự lan truyền sóng từ vùng nước sâu vào vùng nước nông ven bờ, đồng thời trao đổi năng lượng với gió thông qua hàm nguồn cùng với sự tiêu tán năng lượng sóng. Cơ sở lý thuyết của mô hình SWAN được trình bày rất chi tiết trong các nghiên cứu [8].

Đánh giá kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình dựa trên các chỉ số đánh giá thông dụng như ME (Sai số trung bình, Mean Error), MAE (Sai số tuyệt đối trung bình, Mean Absolute Error–MAE) và RMSE (Căn bậc hai của sai số bình phương trung bình, Root Mean Square Error–RMSE). Các thành phần trung bình (hoặc cực đại) tổ hợp của các yếu tố sóng dự báo được tính trung bình (hoặc cực đại) của các thành phần dự báo với các trọng số như nhau.

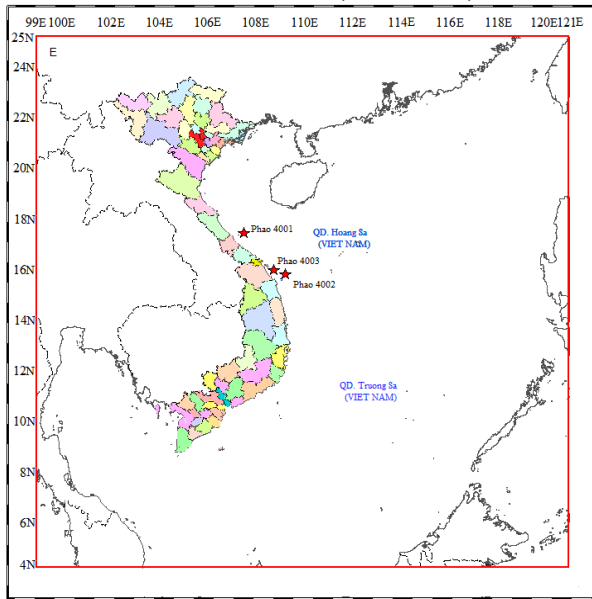
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hiệu chỉnh mô hình

Mô hình được hiệu chỉnh, kiểm nghiệm trước khi áp dụng dự báo thử nghiệm. Để hiệu chỉnh mô hình dữ liệu quan trắc sóng tại 03 trạm phao biển đã được sử dụng để so sánh, phân tích. Sơ đồ vị trí các trạm phao biển được thể hiện trên hình 2.

Trong quá trình hiệu chỉnh mô hình SWAN, các tham số chuẩn được giữ nguyên, và hệ số ma sát đáy sử dụng theo công thức của JONSWAP được điều chỉnh thay đổi từ 0,030 đến 0,040 với mỗi lần thay đổi là 0,001. Mô hình được hiệu chỉnh tính sóng trong gió mùa và tính sóng trong bão. Kết quả so sánh độ cao sóng giữa thực đo và tính toán bằng mô hình trong gió mùa với các hệ số ma sát đáy (C_{fjon}) khác nhau được thể hiện trên hình 3. Qua đó cho thấy, mô hình mô phỏng khá tốt sự biến thiên độ cao sóng theo thời gian với hệ số ma sát đáy

$C_{fjon}=0,037$ và $C_{fjon}=0,040$. Sai số trung bình (ME) âm khi $C_{fjon}=0,032$, nghĩa là trong lựa chọn này giá trị tính toán thiên thấp so với quan trắc.



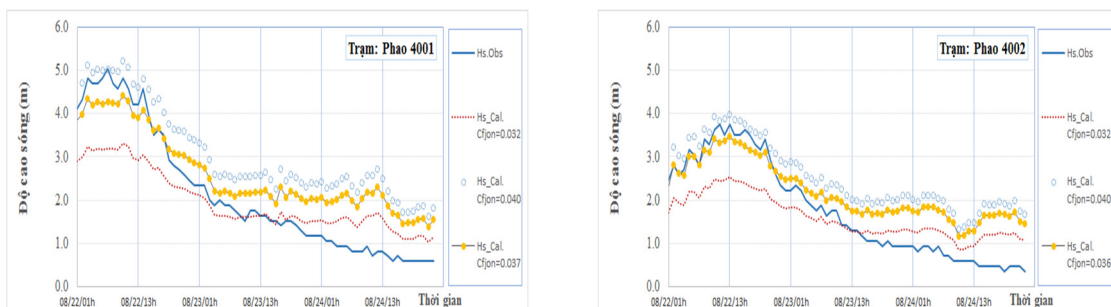
Hình 2. Sơ đồ vị trí trạm phao biển sử dụng số liệu để hiệu chỉnh mô hình.



Hình 3. Kết quả hiệu chỉnh mô hình tính sóng trong gió mùa đông bắc.

Trường hợp $C_{fjon}=0,040$ và $C_{fjon}=0,037$, sai số trung bình dương, điều đó cho thấy kết quả tính toán có xu thế cao hơn so với quan trắc. Khi lựa chọn $C_{fjon}=0,032$, sai số tuyệt đối trung bình (MAE) khi tính sóng trong gió mùa vào khoảng 0,36m và trong bão là 0,42m. Biên độ trung bình của sai số dự báo được đánh giá qua chỉ số RMSE cho thấy, khi chọn $C_{fjon}=0,032$ thì chỉ số RMSE tính sóng trong gió mùa dao động động từ 0,45–0,51m và trong bão từ 0,60–0,70m. Với trường hợp sử dụng $C_{fjon}=0,040$ thì các chỉ số đánh giá kết quả tính toán (ME, MAE, RMSE) đều khá lớn, chỉ số đánh giá RMSE dao động từ 0,74–0,83m khi tính sóng trong gió mùa và sóng trong bão. Khi lựa chọn $C_{fjon}=0,037$, nếu tính trung bình thì các sai số đều nhỏ hơn trường hợp $C_{fjon}=0,030$ và $C_{fjon}=0,040$. Đối với thời điểm xuất hiện độ cao sóng lớn nhất, kết quả tính toán khi $C_{fjon}=0,032$ nhỏ hơn rất nhiều so với quan trắc (biên độ dao động từ 1,05m đến 1,85m).

Khi lựa chọn $C_{fjon}=0,037$, trong trường hợp có gió mùa thì mô hình mô phỏng tương đối tốt thời điểm xuất hiện sóng lớn nhất, nhưng vẫn xu thế thấp hơn (trung bình trong gió mùa thấp hơn khoảng 0,43m và trong bão thấp hơn 0,52m). Chỉ số đánh giá MAE và RMSE khi tính sóng trong gió mùa với việc chọn $C_{fjon}=0,037$ đều thấp hơn khi chọn $C_{fjon}=0,032$ và $C_{fjon}=0,040$. So sánh kết quả hiệu chỉnh mô hình tính sóng trong bão được thể hiện trên hình 4.



Hình 4. Kết quả hiệu chỉnh mô hình tính sóng trong bão Kaemi (2000).

Chỉ số đánh giá kết quả hiệu chỉnh mô hình tính sóng trong bão Kaemi (năm 2000) được thể hiện trong bảng 2. Qua đó cho thấy, khi $C_{fjon}=0,040$ kết quả tính toán sóng trong bão cao hơn thực đo, trường hợp $C_{fjon}=0,032$ và $C_{fjon}=0,037$ độ cao sóng tính toán đều thấp hơn thực đo. Chỉ số đánh giá MAE với $C_{fjon}=0,032$ tại trạm phao 4001 là 0,7m và tại trạm phao 4002 là 0,63m (trung bình 0,67m). Chỉ số MAE tính trung bình tại cả 02 trạm phao với $C_{fjon}=0,040$ là 0,88m và $C_{fjon}=0,037$ là 0,59m. Chỉ số RMSE khi tính sóng trong bão với $C_{fjon}=0,032$ và $C_{fjon}=0,040$ cao hơn so khá nhiều so với trường hợp $C_{fjon}=0,037$. Tương tự như hiệu chỉnh tính sóng trong gió mùa, với $C_{fjon}=0,037$ mô hình tính toán sóng trong bão có kết quả tốt hơn so với trường hợp $C_{fjon}=0,032$ và $C_{fjon}=0,040$.

Bảng 2. Chỉ số đánh giá kết quả hiệu chỉnh mô hình tính sóng trong bão Kaemi.

Ma sát đáy	$C_{fjon}=0,032$			$C_{fjon}=0,040$			$C_{fjon}=0,037$		
	ME	MAE	RMSE	ME	MAE	RMSE	ME	MAE	RMSE
Chi số									
Phao 4001	-0,30	0,70	0,79	0,95	0,95	1,04	0,48	0,64	0,72
Phao 4001	-0,20	0,63	0,72	0,77	0,81	0,87	0,44	0,55	0,65
Trung bình	-0,25	0,67	0,76	0,86	0,88	0,96	0,46	0,59	0,69

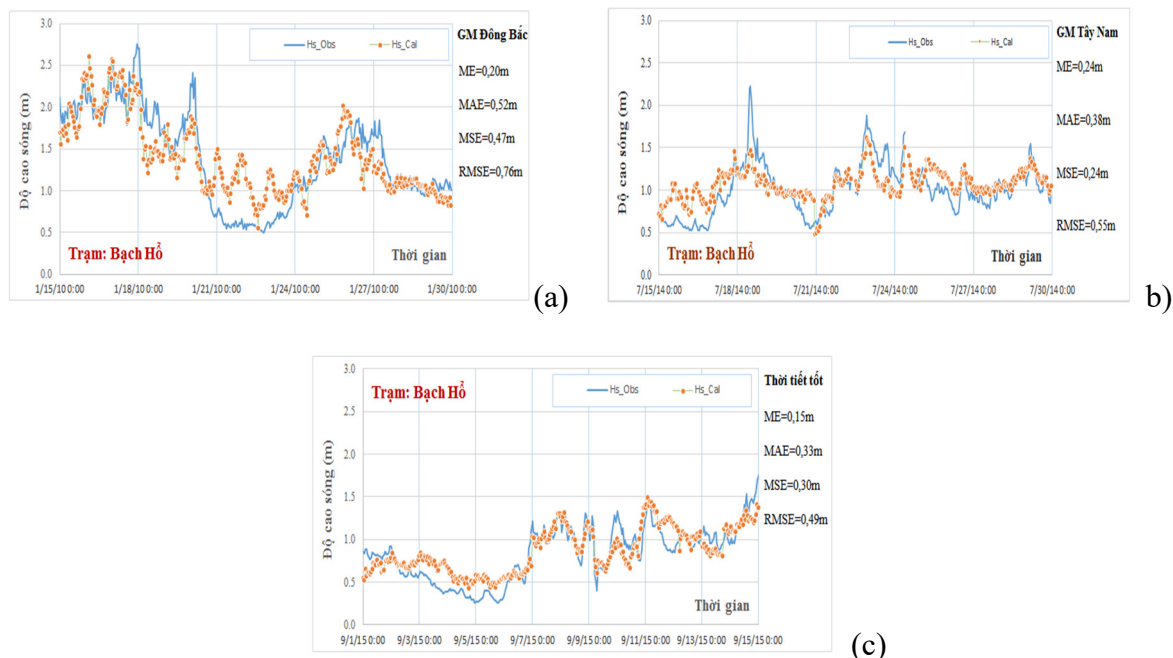
Qua hiệu chỉnh mô hình tính sóng trong gió mùa và trong bão cho thấy, đối với thời điểm xuất hiện sóng lớn nhất thì mô hình đều mô phỏng khá tốt với $c_{fjon}=0,040$ và $c_{fjon}=0,037$. Độ cao sóng hiệu dụng tính toán nhỏ hơn thực đo khi $c_{fjon}=0,032$ và xu hướng cao hơn thực đo khi $C_{fjon}=0,040$ và $c_{fjon}=0,037$. Với $C_{fjon}=0,037$, chỉ số đánh giá MAE và RMSE đều tốt hơn so với $C_{fjon}=0,032$ và $C_{fjon}=0,040$. Sai số tuyệt đối lớn nhất của độ cao sóng hiệu dụng (giá trị tuyệt đối lớn nhất giữa tính toán và thực đo, $\Delta H = |Max(F_i - O_i)|$); trong đó F_i là độ cao sóng tính toán tại thời điểm thứ i , O_i là độ cao sóng thực đo tại thời điểm thứ i) khi $C_{fjon}=0,032$ và $C_{fjon}=0,040$ đều khá lớn so với $C_{fjon}=0,037$. Kết quả hiệu chỉnh mô hình với cả hai trường hợp $C_{fjon}=0,032$ và $C_{fjon}=0,040$ cho thấy, khi tính sóng trong gió mùa trị số ΔH đều lớn hơn 1,23m và ΔH lớn hơn 1,84m khi tính sóng trong bão. Trong khi đó với $C_{fjon}=0,037$ thì $\Delta H = 0,85m$ khi tính sóng trong gió mùa và $\Delta H = 1,45m$ khi tính sóng trong bão. Như vậy, hệ số ma sát đáy $C_{fjon}=0,037$ cho kết quả tính sóng trong gió mùa cũng như tính sóng trong bão tốt hơn so với $C_{fjon}=0,032$ và $C_{fjon}=0,040$ và sẽ được lựa chọn. Hệ số ma sát đáy này được sử dụng để kiểm nghiệm mô hình SWAN.

3.2. Kiểm nghiệm mô hình

Mô hình SWAN sau khi đã hiệu chỉnh được kiểm nghiệm tính toán sóng trong hai đợt gió mùa (gió mùa đông bắc, gió mùa tây nam) và trong điều kiện thời tiết bình thường. Thời gian được lựa chọn kiểm nghiệm mô hình từ 0 giờ ngày 15/01 đến 0 giờ ngày 30/01/2010 (khi tính sóng trong gió mùa đông bắc), từ 0 giờ ngày 15/07 đến 0 giờ ngày 30/07/2014 (khi tính sóng trong gió mùa tây nam) và từ 0 giờ ngày 01/09 đến 0 giờ ngày 15/09/2015 (khi tính sóng trong điều kiện thời tiết bình thường). Để kiểm nghiệm mô hình cần có chuỗi dữ liệu sóng quan trắc có độ tin cậy cao. Do vậy, số liệu sóng quan trắc từng giờ tại Bạch Hổ được sử dụng để so sánh, phân tích đánh giá kết quả kiểm nghiệm mô hình.

Kết quả kiểm nghiệm mô hình tính sóng trong gió mùa và trong điều kiện thời tiết bình thường được đưa ra trên hình 5. Sai số trung bình khi kiểm nghiệm tính sóng trong gió mùa đều dương cho thấy kết quả tính toán xu hướng cao hơn quan trắc. Sai số tuyệt đối trung bình khi tính sóng trong gió mùa tây nam (MAE = 0,38m) thấp hơn so với tính sóng trong gió mùa đông bắc (MAE = 0,52 m), vào thời điểm sóng lớn nhất, trị số tính toán của mô hình thấp hơn thực đo là 0,76m. Phân tích chi tiết số liệu quan trắc từng giờ (từ 15–30/07/2014) tại trạm Bạch Hổ cho thấy, có thời điểm sóng tăng cao đột ngột, thời gian duy trì khoảng 1–2 giờ và

trùng với thời điểm có gió giật mạnh (cấp 6, cấp 7). Nhìn chung mô hình về xu thế cũng đã mô phỏng khá tốt sự biến đổi của độ cao sóng theo thời gian nhưng không mô phỏng được tốt độ cao sóng lúc sóng dâng cao đột ngột do gió giật. Cũng như trong gió mùa, kết quả tính sóng trong điều kiện thời tiết bình thường có xu thế thiên cao so với thực đo (ME = 0,15m), sai số tuyệt đối (MAE) là 0,33m.



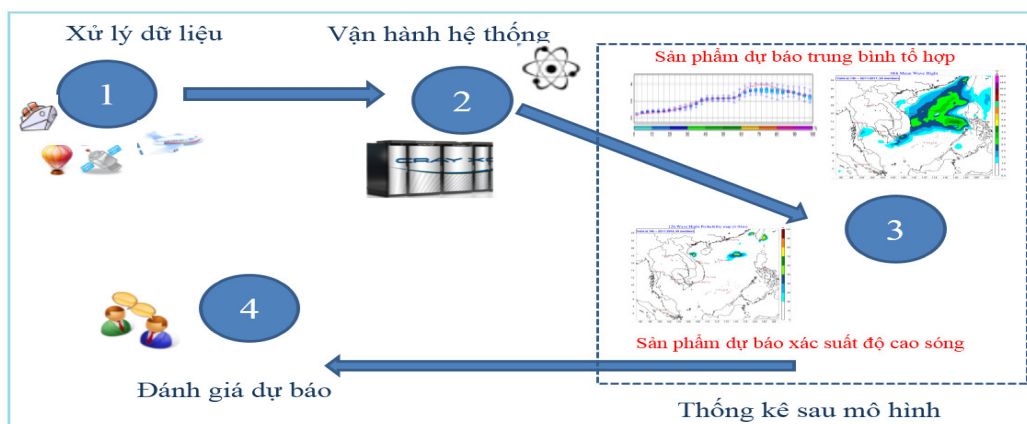
Hình 5. Kết quả kiểm nghiệm mô hình tính sóng (a): trong gió mùa đông bắc, tháng 01/2010; (b): trong gió mùa tây nam, tháng 07/2014 và (c): trong điều kiện thời tiết ổn định (tháng 09/2015).

3.3. Quy trình vận hành hệ thống dự báo tổ hợp sóng biển

Bước 1: Xử lý dữ liệu: Dữ liệu gió từ hệ thống dự báo tổ hợp 50 thành phần của ECMWF được tải trực tiếp từ website của ECMWF thông qua đoạn mã dạng Script, sau đó dữ liệu gió thu thập được chuyển theo định dạng chuẩn đầu vào cho mô hình SWAN bằng chương trình viết trên ngôn ngữ Fortran 90. Thông tin dự báo gió của ECMWF được thu thập với thời hạn dự báo 240 giờ, bước thời gian 06 giờ và được cập nhật 02 lần/ngày cho thời điểm dự báo 00UTC và 12UTC.

Bước 2: Vận hành hệ thống dự báo tổ hợp sóng biển: Để vận hành hệ thống dự báo tổ hợp sóng biển cần tài nguyên máy tính lớn và tốc độ xử lý cao nên mô hình SWAN đã được cài đặt trên siêu máy tính của Tổng cục Khí tượng Thủy văn phục vụ thử nghiệm dự báo tổ hợp sóng biển. Việc chạy mô hình SWAN được thực hiện dựa trên đoạn mã Script điều khiển các thao tác chính: Chuẩn bị số liệu đầu vào, chạy mô hình tại thời gian 00UTC và chạy mô hình tại lúc 12UTC. Sau khi mô hình chạy xong, kết quả dự báo tổ hợp sóng biển được cập nhật trực tiếp sang thư mục lưu trữ dữ liệu để phục vụ thực hiện các bước xử lý tiếp theo.

Bước 3: Tính toán thống kê sau mô hình: Chương trình tính toán thống kê sau mô hình đã được xây dựng để hỗ trợ công tác dự báo nghiệp vụ sóng biển. Chương trình sẽ hỗ trợ hiển thị kết quả dự báo sóng tại các điểm tính và theo dạng bản đồ trường. Để đưa ra biến trình dự báo chi tiết cho các điểm dự báo hoặc điểm bất kỳ trong miền dự báo từ hệ thống dự báo tổ hợp sóng biển, các thông tin dự báo về hướng sóng, chu kỳ sóng được thể hiện dưới dạng biểu đồ hộp và râu (*Box và Whisker*). Hệ thống dự báo tổ hợp sóng biển cũng đưa ra các bản đồ trường độ cao sóng trung bình, cực đại và xác suất độ cao sóng với từng ngưỡng độ cao sóng (ví dụ: >1m, >2m, >3m, >5m, >6m, >8m và >10m) tại từng thời điểm dự báo hoặc theo các hạn dự báo (ví dụ: 24 giờ, 48 giờ, 72 giờ và đến 10 ngày).



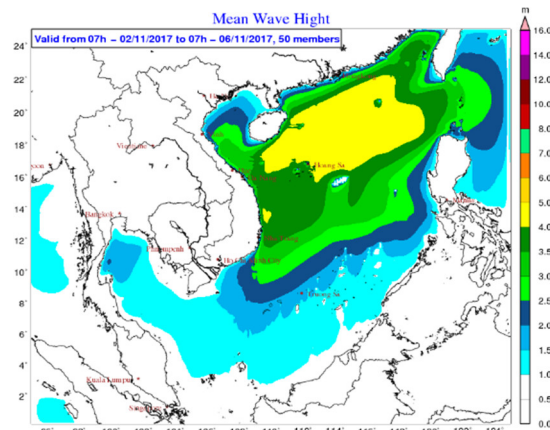
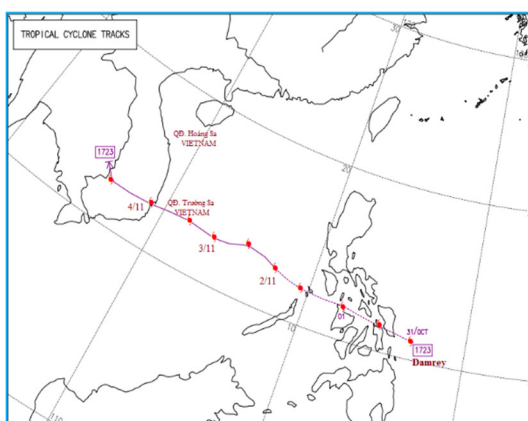
Hình 6. Sơ đồ quy trình vận hành hệ thống dự báo tổ hợp sóng biển.

Bước 4: *Đánh giá kết quả dự báo*: Trong dự báo nghiệp vụ, đánh giá dự báo là bước quan trọng để biết được độ tin cậy của bản tin dự báo. Trong quy trình này, đánh giá dự báo chỉ tiến hành đối với dự báo điểm và sử dụng độ cao sóng trung bình tổ hợp để so sánh với kết quả thực đo tại các trạm khí tượng hải văn. Các chỉ số được sử dụng để đánh giá là ME, MAE, MSE và RMSE.

3.4. Kết quả bước đầu thử nghiệm dự báo tổ hợp sóng biển trong bão

Đã thử nghiệm hệ thống dự báo tổ hợp sóng biển trong bão Damrey (năm 2017). Hệ thống dự báo tổ hợp sóng biển với 50 thành phần gió đầu vào sẽ đưa ra được tập hợp 50 dự báo thành phần tại các điểm lưới theo từng thời hạn dự báo, bước thời gian dự báo là 03 giờ.

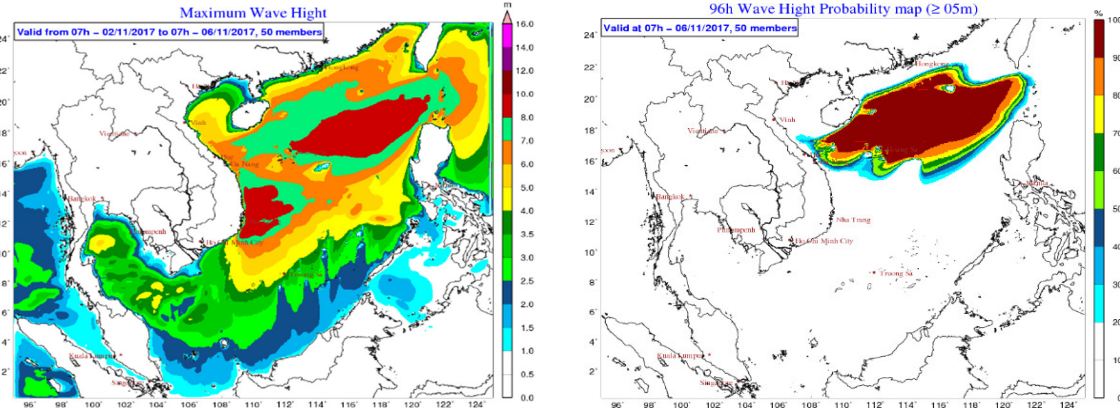
Trường độ cao sóng trung bình tổ hợp 50 thành phần, thời hạn dự báo 96 giờ, từ 07 giờ ngày 02/11 đến 07 giờ ngày 06/11/2017 được thể hiện trên hình 8. Kết quả dự báo cho thấy, độ cao sóng trung bình tổ hợp trong bão Damrey ở khu vực bắc, giữa Biển Đông và vùng biển ngoài khơi Nam Trung Bộ phổ biến trên 3,0m. Sản phẩm dự báo tổ hợp sóng biển cũng cho thấy, bão Damrey đã gây sóng lớn trên 2,5m dọc ven biển Trung Bộ và ngoài khơi phía nam Vịnh Bắc Bộ.



Hình 7. Quỹ đạo di chuyển của bão Damrey. Hình 8. Trường sóng trung bình tổ hợp trong bão Damrey.

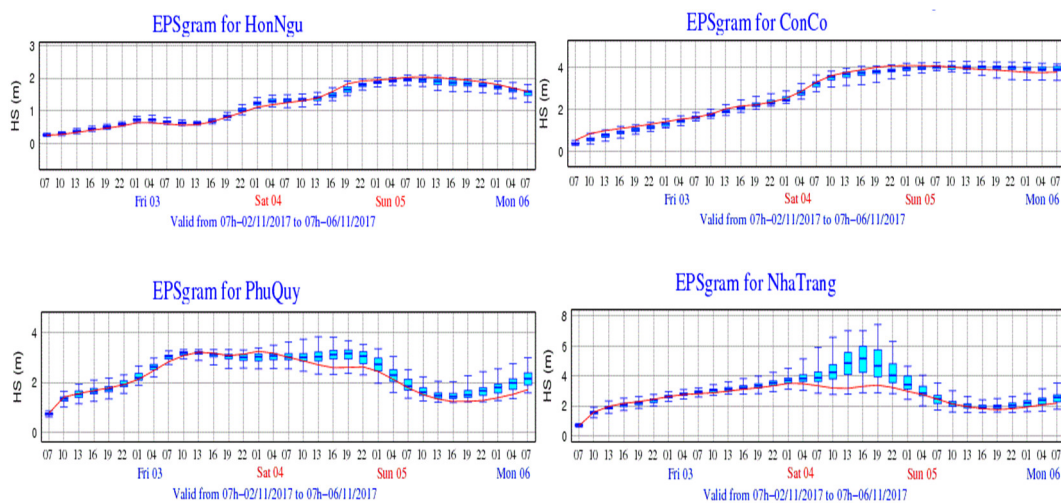
Trên hình 9 thể hiện trường độ cao sóng cực đại trong bão Damrey tính toán từ 50 thành phần dự báo tổ hợp. Phân bố xác suất độ cao sóng từ 5m trở lên trong bão Damrey (2017) được thể hiện trên hình 10. Theo sản phẩm dự báo tổ hợp sóng biển, trường sóng cực đại trong bão Damrey có thể lên đến trên 8,0m và xuất hiện ở khu vực giữa Biển Đông và vùng biển ngoài khơi Nam Trung Bộ. Tuy nhiên, trường sóng cực đại này có phân bố xác suất như thế nào thì phải dựa trên bản đồ phân bố xác suất theo các ngưỡng độ cao sóng. Nhận thấy

rằng, sản phẩm dự báo tổ hợp đưa ra độ cao sóng lớn nhất ở ngoài khơi Nam Trung Bộ đạt trên 8m nhưng phân bố xác suất cho thấy, xác suất sóng từ 5m trở lên ở vùng biển Nam Trung Bộ chỉ dưới 20%. Sóng trên 5m chủ yếu xuất hiện ở khu vực bắc và giữa Biển Đông với xác suất cao, trên 80%. Như vậy, dựa trên sản phẩm dự báo tổ hợp sóng biển dự báo viên có thể đưa ra thông tin dự báo sóng theo xác suất ứng với các ngưỡng độ cao sóng.



Hình 9. Trường sóng cực đại trong bão Damrey. **Hình 10.** Xác suất độ cao sóng $\geq 5m$ trong bão Damrey.

Bên cạnh sản phẩm dự báo trường, biểu đồ dự báo sóng tại các trạm hải văn, vị trí cảng biển, khu vực trọng điểm trên biển và ven bờ sẽ được thiết lập phục vụ dự báo điểm. Hình 11 thể hiện kết quả dự báo tổ hợp sóng biển tại Hòn Ngur, Cồn Cỏ, Phú Quý và Nha Trang với thời hạn dự báo 96 giờ, tính từ 07 giờ ngày 02/11/2017. Sản phẩm dự báo tổ hợp chỉ ra rằng, độ cao sóng trung bình tổ hợp trong bão Damrey tại Hòn Ngur dưới 2,5m và Cồn Cỏ dưới 4,5m. Độ cao sóng trung bình tổ hợp dự báo tại Phú Quý ở mức dưới 4m và Nha Trang là dưới 5m. Biên độ dao động của các độ cao sóng thành phần dự báo tại Hòn Ngur và Cồn Cỏ không lớn, độ tán của dự báo tổ hợp sóng biển tại Hòn Ngur và Cồn Cỏ khá nhỏ trong suốt thời hạn dự báo 96 giờ. Trong 36 giờ đầu, kết quả dự báo tổ hợp sóng biển tại Phú Quý và Nha Trang có độ tán khá nhỏ, biên độ dao động giữa độ cao sóng lớn nhất và nhỏ nhất cùng thời điểm khoảng dưới 1m. Với dự báo sau 36 giờ độ tán của dự báo tổ hợp sóng biển tại Phú Quý và Nha Trang khá lớn, chênh lệch giữa độ cao sóng lớn nhất và thấp nhất dự báo từ 50 thành phần khoảng gần 2m tại Phú Quý và trên 4m tại Nha Trang. Với những vị trí mà độ cao sóng có độ tán lớn, dự báo viên phải xem xét và có những phân tích trước khi đưa ra thông tin dự báo.



Hình 11. Biểu đồ độ cao sóng trong bão Damrey dự báo tại Hòn Ngur, Cồn Cỏ, Phú Quý và Nha Trang.

4. Kết luận

Mô hình SWAN đã được hiệu chỉnh để lựa chọn tham số, sau đó kiểm nghiệm tính sóng trong gió mùa, tính sóng trong điều kiện thời tiết ổn định trước khi tiến hành áp dụng thử nghiệm dự báo tổ hợp sóng biển trong bão. Bài báo này, mới chỉ tiến hành đánh giá kết quả hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình dựa trên chuỗi dữ liệu quan trắc sóng từng giờ có độ tin cậy cao. Để áp dụng trong nghiệp vụ tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia, quy trình dự báo tổ hợp sóng biển đã được xây dựng. Nội dung đánh giá kết quả từng thành phần tham gia dự báo tổ hợp sóng biển và trung bình tổ hợp sẽ được thực hiện trong các nghiên cứu tiếp theo.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.B.T., M.B.H.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: B.M.H., N.B.T., Đ.Đ.C; Xử lý số liệu: B.M.H.;Viết bản thảo bài báo: B.M.H., N.B.T., Đ.Đ.C; Chỉnh sửa bài báo: N.B.T.

Lời cảm ơn:Nghiên cứu này được hỗ trợ bởi Đề tài nghiên cứu khoa học cấp bộ Bộ Tài nguyên và Môi trường, “*Nghiên cứu xây dựng hệ thống dự báo tổ hợp sóng biển cho Việt Nam*”, mã số TNMT.2015.01.02. Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây, không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Hòa, V.V. Nghiên cứu phát triển hệ thống dự báo tổ hợp thời tiết hạn ngắn cho khu vực Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, 2012.
2. Chawla, A.; Cao, D.; Gerald,V.M.; Spindler, T.; Tolman,H.L. Operational implementation of a multi-grid wave forecasting system. 10th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting & Coastal Hazards Symposium, Turtle Bay, Oahu, Paper B3, 2007.
3. Chen, H.S. Ensemble prediction of ocean waves at NCEP. Proceedings of 28th Ocean Engineering Conference in Taiwan, NSYSU, 2006.
4. Mai, N.C.; Hằng, N.T. Phương pháp dự báo tổ hợp và khả năng ứng dụng ở Việt Nam. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* 2004, 518, 30–37.
5. Hòa, V.V. và cs. Nghiên cứu ứng dụng dự báo tổ hợp cho một số trường khí tượng dự báo bão. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, 2008.
6. Thủy, N.B. Nghiên cứu lựa chọn mô hình dự báo nghiệp vụ nước dâng do bão vào dự báo nghiệp vụ tại Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp, 2016.
7. Thành, N.T. Nghiên cứu ứng dụng phương pháp đồng hóa số liệu phục vụ mô hình dự báo sóng. Luận án Tiến sĩ Hải dương học, 2020.
8. SWAN team. Swan user manual, Delft University of Technology, 2016.

Some first results of using an ensemble approaching for the wave prediction in Vietnam

Bui Manh Ha¹, Nguyen Ba Thuy^{1*}, Do Dinh Chien²

¹ National Center for Hydro–Meteorological Forecasting, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration; manhhmhc@gmail.com; thuybanguyen@gmail.com

²Vietnam Institute of Meteorology Hydrology and Climate Change;chiendd@gmail.com

Abstract:The information on the probability of wave heights is very important in search and rescue tasks as well as activities at sea and in coastal areas. With an ensemble predict

system of waves, we can provide predictions of mean, max or min ensemble wave heights, and probabilities for different wave heights. In this study, the adjustment of SWAN model to simulate waves during monsoons and typhoon Kaemi (2000) is based on the adjustment of the coefficient of bottom friction calculated using the formula JONSWAP (C_{fjon}) to choose the best coefficient of friction. The results of the wave model validation in normal weather conditions and monsoon show that the wave heights are higher compared to the observation. The average absolute error in southwest monsoon is 0.38m and in northeast monsoon is 0.52 m. The average amplitude of the error in the monsoon ranges from 0.55 to 0.76 m and in good weather is 0.49 m. For the purpose of applying this on the operational forecasting at the National Center for Hydro–Meteorological Forecasting, the operating process of the ensemble forecasting system has been built. The initial experimental results of the ensemble wave forecasting system during Typhoon Damrey in December 2017 landing in the Southern Central of Vietnam with the wind field from the 50 component ensemble atmospheric forecasting system from the European Centre for Medium–Range Weather Forecasts (ECMWF) is implemented.

Keywords: Ensemble Prediction System; Sea wave; SWAN.