

KẾT NỐI MÔ HÌNH SWAN VỚI WAM THÀNH HỆ THỐNG DỰ BÁO SÓNG BIỂN CHO VÙNG VỊNH BẮC BỘ

TS. **Trần Quang Tiến** - Trung tâm Ứng dụng Công nghệ và Bồi dưỡng nghiệp vụ KTTV&MT.
Phạm Khánh Ngọc - Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn trung ương

Thông tin về sóng biển có ý nghĩa vô cùng quan trọng đối với các hoạt động kinh tế, giao thông trên biển cũng như vùng ven bờ. Chính vì vậy việc dự báo sóng chính xác luôn là mối quan tâm hàng đầu. Trong bài báo này, chúng tôi trình bày kết quả dự báo thử nghiệm trường sóng bằng mô hình kết nối WAM – SWAN dựa trên nghiên cứu về các tính năng mới của mô hình dự báo sóng ngoài khơi WAM và mô hình sóng ven bờ SWAN. Mục đích của việc kết nối hai mô hình WAM và SWAN nhằm sử dụng kết quả dự báo trường sóng nước sâu của mô hình WAM làm điều kiện biên đầu vào cho mô hình SWAN với lưới tính phi cấu trúc để làm tăng tính chính xác của kết quả dự báo sóng.

Đặt vấn đề

Sóng biển nói chung và sóng trong các điều kiện thời tiết bất thường nói riêng (gió mùa mạnh, bão và áp thấp nhiệt đới) là một yếu tố hải văn có tác động mạnh đến các công trình trên và ven biển, các phương tiện giao thông đường biển, các ngành kinh tế về biển. Sóng biển đã được nghiên cứu trên nhiều phương diện khác nhau, đặc biệt là công nghệ dự báo sóng biển. Trong công nghệ dự báo sóng biển, đóng góp lớn nhất và hiệu quả nhất là việc ứng dụng công nghệ thông tin để giải các mô hình số trị động lực sóng biển và quản lý dữ liệu vào ra. Hiện tại, đã có nhiều mô hình, công nghệ dự báo sóng cho vùng biển ngoài khơi và ven bờ đã được xây dựng và đang ứng dụng trong dự báo nghiệp vụ, như các mô hình WAM, SWAN, STWAVE, WAVEWATCH-III.... Mỗi một mô hình có những điểm mạnh và hạn chế khác nhau. Việc kết nối các mô hình dự báo sóng biển với nhau để tạo ra hệ thống dự báo sóng hoàn thiện hơn nhờ tận dụng được các thế mạnh của mô hình thành phần riêng rẽ đang là một hướng nghiên cứu tương đối mới, hứa hẹn nhiều ứng dụng trong thực tiễn dự báo sóng biển. Bài báo trình bày kết nối mô hình SWAN với WAM thành hệ thống dự báo sóng biển nghiệp vụ.

1. Mô hình dự báo sóng ngoài khơi WAM

Năm 1988, ở Đức đã thiết lập mô hình tính toán và dự báo sóng gió thể hệ 3 gọi là WAM. WAM là mô hình sóng đại dương nhưng nó cho phép tính đến ảnh hưởng của dòng chảy và ảnh hưởng nước

nông, nên có thể chạy cho nước nông và sâu có xét đến khúc xạ do biến đổi độ sâu và khúc xạ do dòng chảy. Mô hình liên tục được cập nhật để hợp nhất với những kết quả nghiên cứu. Cho đến nay WAM và người bạn song hành với nó là WAVEWATCH III là các mô hình hiện đại nhất mô tả sự phát triển và lan truyền sóng trong đại dương có xét đến độ cong của trái đất. WAM đã được cài đặt cho khoảng 35 cơ quan trên thế giới và sử dụng cho nghiên cứu và dự báo nghiệp vụ. Nó cũng được áp dụng cho việc đồng nhất dữ liệu sóng từ vệ tinh.

WAM chạy cho bất kỳ lưới địa phương hoặc toàn cầu nào với tập hợp dữ liệu địa hình đã cho. Mô hình có tính năng chạy lưới lồng: Trong một lưới thô, có thể truy xuất phổ tại ranh giới của lưới tinh, nội suy theo không gian và thời gian cho những điểm biên của lưới tinh và mô hình có thể chạy lại trên lưới tinh. Độ phân giải lưới có thể tùy ý theo không gian và thời gian. Tính toán lan truyền sóng có thể thực hiện trên lưới kinh vĩ hoặc lưới cartesian. Với quy mô toàn cầu và quy mô khu vực trong vùng nước sâu và trung bình (độ sâu 15 - 20 m), WAM đã được áp dụng và cho những kết quả khả quan, hầu như tất cả các quốc gia và các tổ chức khí tượng thủy văn trên thế giới đều sử dụng mô hình này. Tại Việt Nam WAM cũng đã được sử dụng tại nhiều cơ quan, viện nghiên cứu, các đơn vị tư vấn thiết kế [5].

2. Mô hình dự báo sóng ven bờ SWAN

SWAN (Simulating Waves Nearshore) là mô hình

tính toán 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. SWAN cho phép tính toán các đặc trưng sóng vùng gần bờ, trong các hồ và vùng cửa sông từ các điều kiện của gió, điều kiện đáy và dòng chảy. Hiện tại phiên bản SWAN 40.85 ngoài những tính năng đã có ở các phiên bản trước thì SWAN còn tích hợp thêm khả năng tính toán trên lưới phi cấu trúc là lưới tam giác [6].

3. Kết nối mô hình SWAN với mô hình WAM

Qua thực tế sử dụng, mô hình WAM mô phỏng tốt trường sóng biển ở ngoài khơi và khu vực gần bờ có độ sâu ≥ 15 m. Khu vực ven bờ có độ sâu < 15 m, nơi có nhiều hiệu ứng nước nông xảy ra thì WAM mô phỏng trường sóng không tốt bằng SWAN, SWAN cho phép tính toán các đặc trưng sóng vùng gần bờ, trong các hồ và vùng cửa sông từ các điều kiện của gió, điều kiện địa hình và dòng chảy. Chính vì sự khác biệt trên mà cần có sự kết nối mô hình SWAN với mô hình WAM để tận dụng các thế mạnh của từng mô hình riêng rẽ trong công nghệ dự báo sóng.

Để kết nối SWAN với WAM cần khai thác chức năng chạy lưới lồng của WAM và chức năng chọn các files điều kiện biên từ ngoài vào SWAN.

a. Chức năng (option) chạy lưới lồng và chiết xuất điều kiện biên trong mô hình WAM, chức năng (option) lựa chọn file điều kiện biên từ bên ngoài vào trong mô hình SWAN

- Chức năng (option) chạy lưới lồng và chiết xuất điều kiện biên trong mô hình WAM: Như đã trình bày ở trên, mô hình WAM có tích hợp tính năng chạy lưới lồng, với tính năng này trên lưới tính thô có thể tạo ra một miền tính nhỏ hơn với độ phân giải mịn hơn. Lựa chọn này được thể hiện trong modul (chương trình thành phần) PREPROC và CHIEF của hệ thống chương trình WAM.

Từ mô hình lưới thô, chương trình nội suy phổ

tại biên theo thời gian BOUINT cho mô hình lưới tinh. Mô hình lưới thô lưu lại phổ tại biên của miền tính theo mỗi bước thời gian tính. Các phổ này được nội suy theo thời gian bằng chương trình BOUINT. Mô hình lưới tinh sử dụng các phổ đã được nội suy này làm giá trị biên đầu vào. Một lưới tinh cũng có thể được sử dụng như là một lưới thô tốt hơn. Vì vậy việc chạy lưới lồng có thể được thực hiện nhiều lần.

Các hạn chế khi sử dụng lựa chọn lưới lồng:

+ Tần số và góc phải như nhau cho cả hai mô hình.

+ Lưới tinh phải là hình chữ nhật và nằm bên trong lưới thô.

+ Tất cả các điểm gốc của lưới tinh phải là các điểm tính của lưới thô.

+ Tất cả các điểm của lưới thô nằm trong khu vực lưới lồng phải là các điểm của lưới tinh.

Để thiết lập lưới lồng cho WAM cần khai báo các thông số trong chương trình PREPROC, WAMMODEL và BOUINT (Chi tiết xem [5]).

Kết quả của việc chạy lưới lồng trong WAM cho ra các file CBO chứa điều kiện biên dưới dạng binary sử dụng làm điều kiện đầu vào cho mô hình SWAN.

- Chức năng (option) lựa chọn file điều kiện biên từ bên ngoài vào trong mô hình SWAN: Để nhận được các files điều kiện biên CBO từ WAM cần phải khai báo chọn lựa điều kiện biên trong file INPUT.swn theo hướng dẫn sử dụng của SWAN. SWAN cho phép tiếp nhận trực tiếp các files điều kiện biên được chiết xuất từ mô hình WAM qua các bước thời gian tính toán. Tuy nhiên mô hình SWAN chỉ nhận trực tiếp các files CBO từ mô hình WAM với lưới tính của SWAN có cấu trúc (lưới chữ nhật, lưới kinh vĩ).

b. Kết nối mô hình SWAN với mô hình

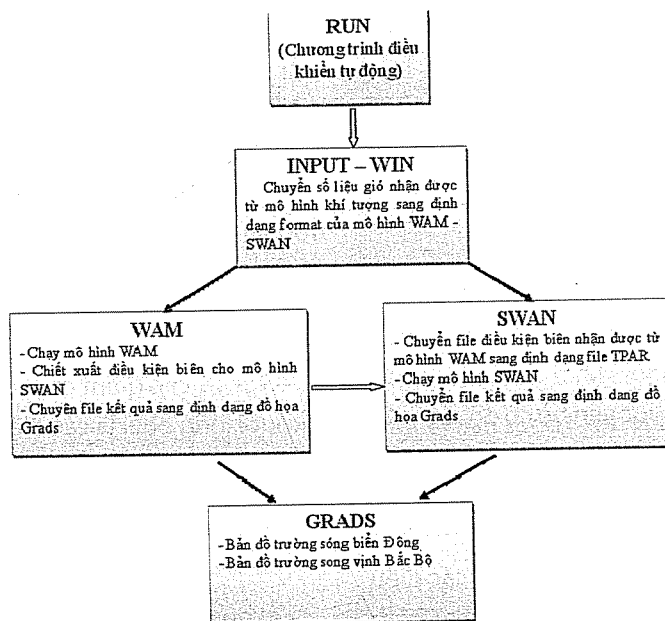
Để có thể áp dụng mô hình SWAN phiên bản 40.85 có lưới phi cấu trúc với điều kiện biên đầu vào từ WAM chúng tôi đã cải tiến chương trình nguồn của WAM bằng cách nhúng thêm một chương trình thành phần khác chiết xuất các điều kiện sóng tại biên cho SWAN theo định dạng của SWAN với lưới

phi cấu trúc. Chương trình này được lập trình để chiết xuất các tham số sóng làm điều kiện biên cho mô hình SWAN tại mỗi điểm biên được yêu cầu bởi người sử dụng (chietxuat.f).

Sau khi chiết xuất được các tham số sóng từ mô hình WAM nhờ chương trình chietxuat.f ở trên, một chương trình khác có tên là bien.f được viết để

chuyển đổi các tham số này thành dạng file TPAR theo định dạng của SWAN làm điều kiện biên cho mô hình SWAN. Mỗi file TPAR chỉ ứng với một vị trí trên biên của lưới tính SWAN.

Hệ thống kết nối WAM-SWAN được thể hiện ở hình 1:



Hình 1. Sơ đồ kết nối WAM-SWAN

Quy trình chạy kết nối hai mô hình WAM-SWAN: Sau khi các file số liệu đầu vào và thông số được khai báo đầy đủ cho hai mô hình WAM và SWAN, hai mô hình sẽ được chạy kết hợp thông qua một

chương trình điều khiển tự động có tên là "run.bat", phần mềm đồ họa GRAD dùng để hiển thị trường sóng dự báo qua các lát cắt thời gian.

```

cd ./wam/wind
./uv20.exe
mv wamwind.dat ~/Documents/Detai/Hoithao/wam/src
cd -
cd ./wam/src
./wamrun
./h_d.exe
./chxuat.exe
mv HsDIRTS.dat ~/Documents/Detai/Hoithao/swan-wam
cd -
cd ./swan-wam
./bien.exe
chmod +rx ./swanrun
./swanrun -input INPUT.swn
./swantoadcir.exe
    
```

4. Thử nghiệm hệ thống mô hình dự báo sóng WAM-SWAN

Sau khi nghiên cứu và hoàn thiện mô hình dự báo sóng WAM – SWAN cho khu vực vịnh Bắc Bộ. Nhóm nghiên cứu đã tiến hành cài đặt và dự báo

thử nghiệm tại Đài Khí tượng Thủy văn Đông Bắc cho mùa bão và gió mùa mạnh năm 2012 – 2013. Nhóm nghiên cứu tiến hành dự báo sóng thử nghiệm với 5 cơn bão và 5 đợt gió mùa mạnh điển hình ảnh hưởng trực tiếp tới vùng vịnh Bắc Bộ trong năm 2012 – 2013. Kết quả dự báo sóng thử nghiệm

được so sánh với số liệu quan trắc thực tế tại 4 trạm quan trắc sóng là Bạch Long Vĩ, Cô Tô, Hòn Dấu và Hòn Ngư tại cùng thời điểm.

- Thiết lập lưới tính cho mô hình WAM: Lựa chọn chạy thử nghiệm mô hình WAM cho khu vực Biển Đông trên hệ điều hành Linux. Miền tính được xác định từ 0,2 - 31,8°N và 91,2 - 130,8°E. Độ phân giải ngang 0,2 x 0,2 kinh vĩ độ, với số ô lưới tương ứng theo các trục x là 199 và y là 159. Số liệu địa hình cung cấp cho mô hình WAM là giá trị độ sâu tại mỗi nút lưới trong miền tính, các giá trị độ sâu được tính bằng mét có dấu "-"; các điểm đặt được gán một giá trị là -32767.

Thiết lập lưới tính cho mô hình SWAN: Lựa chọn chạy thử nghiệm mô hình SWAN cho khu vực vịnh Bắc Bộ. Lưới tính là lưới phi cấu trúc (ADCIR) được tạo từ mô hình SMS với 22904 ô lưới và 13332 nodes. Trường độ sâu được lấy từ các hải đồ có tỷ lệ chi tiết cho từng khu vực và có cập nhật các số liệu đo sâu của từng đợt khảo sát biển trong vùng.

Số liệu đầu vào:

- Trường gió là trường gió dự báo tại các thời điểm cách đều nhau 6h trên miền tính trong từng cơn bão và đợt gió mùa mạnh.

- Các file input: Đối với mô hình WAM các thông số đầu vào (địa hình, gió) được khai báo đầy đủ trong các file preproc.inp và wammodel.inp. Trong

mô hình SWAN các thông số đầu vào được khai báo trong file INPUT.swn.

- Kết quả ra:

+ File kết quả dự báo sóng của mô hình WAM (wam00.dat) dưới định dạng binary chứa các tham số sóng (độ cao, hướng, chu kỳ, tần số...), gió và số liệu địa hình.

+ File kết quả dự báo sóng của mô hình SWAN được xuất ra theo lựa chọn cho vùng vịnh Bắc Bộ.

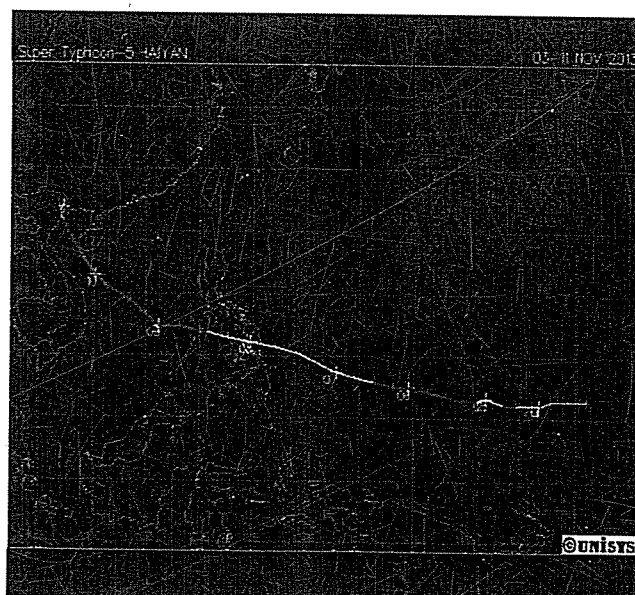
+ Bản đồ trường sóng dự báo cho toàn biển Đông (của WAM)

+ Bản đồ trường sóng dự báo chi tiết cho vịnh Bắc Bộ (của SWAN)

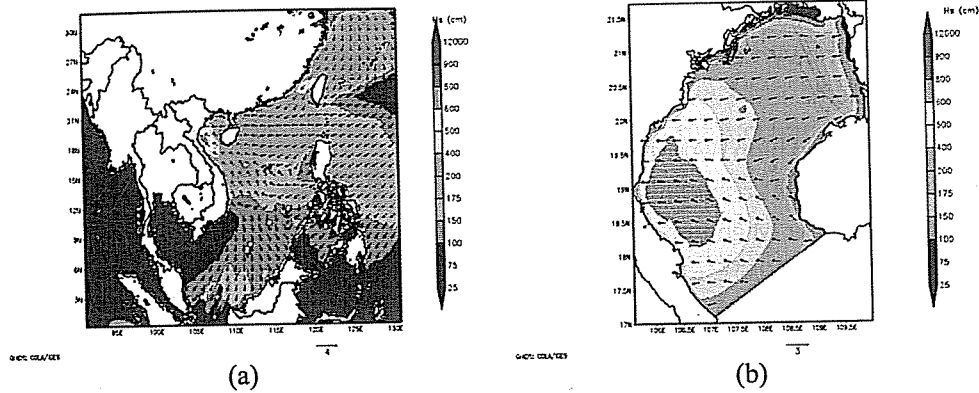
- Kết quả chạy thử nghiệm

* Bão Haiyan

Haiyan là cơn bão số 14 xuất hiện trên biển Đông vào tháng 11 năm 2013, đây được coi là một trong những siêu bão mạnh nhất trong lịch sử đổ bộ vào Việt Nam. Cơn bão đã để lại nhiều hậu quả nặng nề khi đi qua Philippin, tuy nhiên, do bão liên tục đổi hướng và đã suy yếu nhiều trong quá trình hoạt động trên Biển Đông nên đã không gây ra thiệt hại quá lớn tại Việt Nam như dự kiến ban đầu. Đường đi của cơn bão Haiyan được thể hiện trên hình 2.



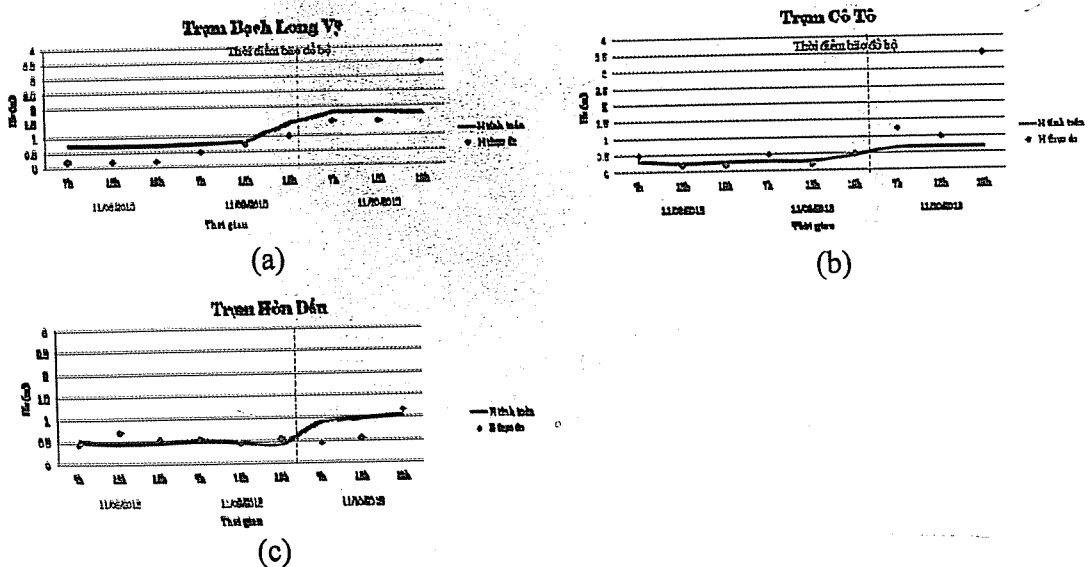
Hình 2. Đường đi của cơn bão Haiyan



Hình 3. Bản đồ trường sóng lúc 19h ngày 09 tháng 11 năm 2013 từ (a) mô hình WAM; (b) mô hình SWAN (Thời gian bắt đầu dự báo lúc 19h ngày 07 tháng 11 năm 2013)

Bảng 1. Đánh giá sai số giữa độ cao sóng tính toán và thực đo

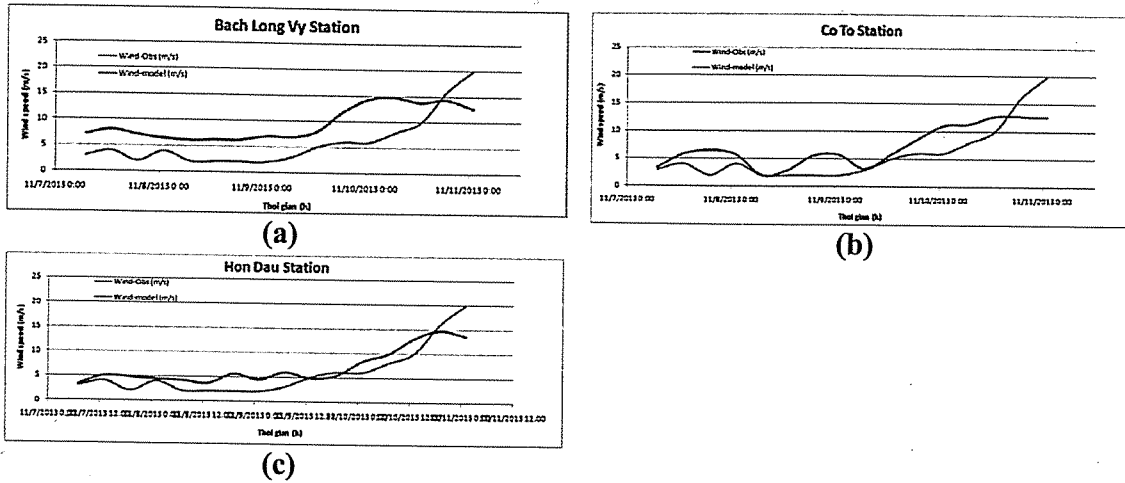
Time		Trạm Bạch Long Vĩ		Trạm Cỏ Tré		Trạm Hòn Dấu		Trạm Hòn Ngu	
		H thực đo	H tính toán	H thực đo	H tính toán	H thực đo	H tính toán	H thực đo	H tính toán
8/11/2018	7h	0.2	0.72	0.6	0.3	0.45	0.6	0.6	0.65
	18h	0.2	0.7	0.2	0.23	0.72	0.45	0.6	0.66
	19h	0.2	0.7	0.2	0.23	0.54	0.46	0.6	0.69
9/11/2018	7h	0.6	0.75	0.6	0.23	0.54	0.49	0.6	0.87
	18h	0.75	0.81	0.2	0.27	0.45	0.47	0.6	0.91
	19h	1	1.4	0.6	0.43	0.54	0.42	0.6	1.69
10/11/2018	7h	1.6	1.77	1.25	0.67	0.45	0.89	0.75	3.8
	18h	1.6	1.77	1	0.63	0.54	0.98	1	4
	19h	3.6	1.74	3.6	0.63	1.17	1.03	1.6	4
		BIAS=0.12; RMS=0.68		BIAS=-0.44; RMS=0.97		BIAS=0.082; RMS=0.29		BIAS=1.18; RMS=1.7	



Hình 4. So sánh giữa độ cao sóng tính toán và giá trị thực đo tại các trạm

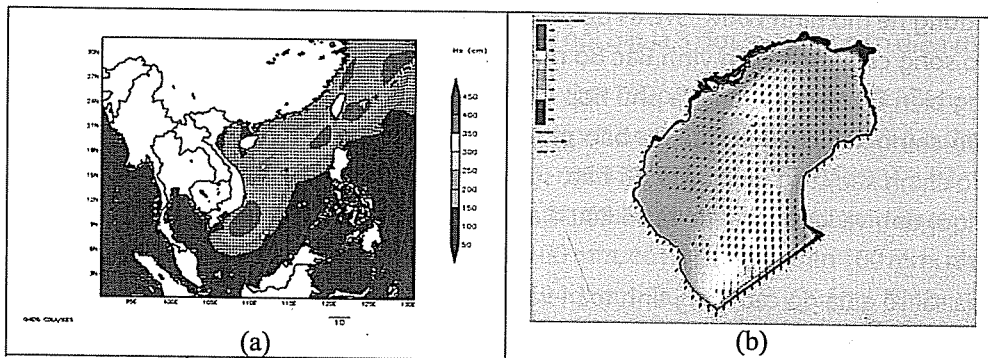
Nguyên nhân dẫn đến những sai số lớn tại thời điểm cuối của thời hạn dự báo là do trường gió dự báo lúc này có sự sai khác lớn với số liệu quan trắc tại cả 3 trạm Bạch Long Vĩ, Cô Tô và Hòn Dấu như

trên các hình ..., ở đó số liệu gió dự báo có xu hướng giảm trong khi đó số liệu quan trắc có xu hướng tăng lên.



Hình 5. So sánh giữa vận tốc gió quan trắc và thực đo tại (a) trạm Bạch Long Vĩ, (b) trạm Cô Tô, (c) trạm Hòn Dấu

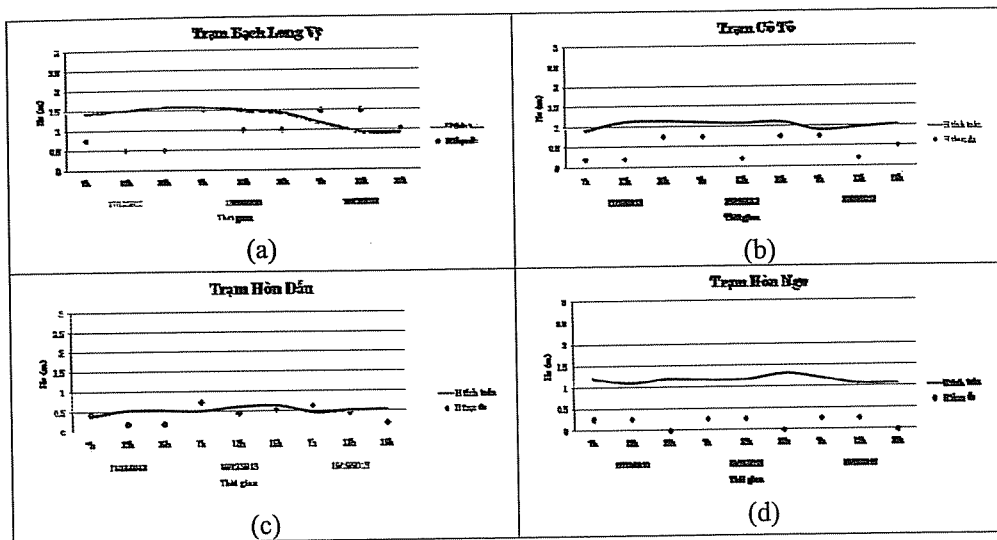
* Đợt gió mùa Đông Bắc tháng 12 năm 2013



Hình 6. Bản đồ trường sóng lúc 7h ngày 17 tháng 12 năm 2013 từ (a) mô hình WAM; (b) mô hình SWAN

Bảng 2. Đánh giá sai số giữa độ cao sóng tính toán và thực đo

Time		Trạm Bạch Long Vĩ		Trạm Cô Tô		Trạm Hòn Dấu		Trạm Hòn Ngự	
		H thực đo	H tính toán	H thực đo	H tính toán	H thực đo	H tính toán	H thực đo	H tính toán
17/12/2013	7h	0.75	1.44	0.2	0.92	0.45	0.4	0.25	1.2
	13h	0.5	1.49	0.2	1.12	0.2	0.52	0.25	1.1
	19h	0.5	1.67	0.75	1.14	0.2	0.53	0	1.19
18/12/2013	7h	1.5	1.56	0.75	1.1	0.72	0.5	0.25	1.16
	13h	1	1.5	0.2	1.08	0.45	0.5	0.25	1.17
	19h	1	1.43	0.75	1.1	0.54	0.53	0	1.3
19/12/2013	7h	1.5	1.16	0.75	0.91	0.53	0.47	0.25	1.2
	13h	1.5	0.94	0.2	0.97	0.45	0.5	0.25	1.06
	19h	1	0.92	0.5	1.03	0.2	0.53	0	1.06
		BIAS= 0.3; RMS= 0.62		BIAS= 0.55; RMS= 0.61		BIAS= 0.09 ; RMS= 0.22		BIAS= 1; RMS= 1	



Hình 7. So sánh giữa độ cao sóng tính toán và giá trị thực đo tại các trạm (a) Bạch Long Vỹ, (b) Cô Tô, (c) Hòn Dấu, (d) Hòn Ngư

Kết luận

Qua kết quả dự báo thử nghiệm trường sóng trong bão và gió mùa mạnh 2013, nhóm nghiên cứu có những nhận định như sau:

- Việc sử dụng hệ mô hình WAM- SWAN để tiến hành dự báo sóng cho vùng biển vịnh Bắc Bộ nói riêng và vùng biển Đông nói chung là phù hợp và khả quan. Độ chính xác của kết quả dự báo phụ thuộc vào độ chính xác của trường gió dự báo, sự chi tiết của lưới tính và kèm theo đó là số liệu địa hình.

- Đánh giá sai số giữa độ cao sóng tính toán và thực đo, có thể thấy kết quả dự báo trong các đợt gió mùa mạnh khá tốt. Số liệu sóng thực đo tại các trạm Hòn Dấu và Hòn Ngư được đo bằng máy ngắm sóng IVANOB, do vậy sai số so với độ cao sóng tính toán hầu như nhỏ hơn tại các trạm Bạch

Long Vỹ và Cô Tô (ước lượng bằng mắt thường). Đánh giá chung, kết quả dự báo là rất khả quan, cho sai số chấp nhận được.

- Đánh giá sai số giữa độ cao sóng tính toán và thực đo trong bão cho thấy trong nhiều trường hợp cho kết quả dự báo sóng khá tốt. Một số trường hợp sai số còn lớn. Nguyên nhân dẫn đến các sai số có thể từ: Số liệu trường gió đầu vào, nghiên cứu này chưa đánh giá được. Hơn nữa số liệu sóng quan trắc tại trạm Bạch Long Vỹ và Cô Tô được ước lượng bằng mắt nên chất lượng số liệu sóng quan trắc phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm và tinh thần trách nhiệm của quan trắc viên. Qua một số trường hợp nhóm nghiên cứu đã xử lý, phân tích thì thấy rằng số liệu quan trắc tại một vài thời điểm có nhiều nghi vấn như sóng trong bão lại quá nhỏ, hay có sự tăng giảm độ cao sóng một cách đột ngột.

Tài liệu tham khảo

1. Trần Quang Tiến, Trần Hồng Lam, Dự báo thử nghiệm sóng trên biển Đông bằng mô hình WAM", tuyển tập các công trình khoa học tại hội nghị khoa học về dự báo biển tại Hải Phòng tháng 9 năm 2001.
2. Trần Quang Tiến, Về khả năng ứng dụng mô hình sóng WAM và mô hình sóng ven bờ SWAN để tính trường sóng ven bờ làm đầu vào cho bài toán "tính dòng vận chuyển bùn cát", Tạp chí Khí tượng Thủy văn tháng IV năm 2002.
3. Nguyễn Thọ Sáo, Trần Quang Tiến, Ứng dụng mô hình WAM dự báo trường sóng Biển Đông", Tạp chí khoa học, Đại học Quốc gia Hà Nội, 2003.
4. Nguyễn Mạnh Hùng, Nguyễn Thọ Sáo, Trần Quang Tiến, Kiểm chứng mô hình dự báo trường sóng vùng vịnh Bắc Bộ, Tạp chí khoa học của Đại học Quốc gia Hà Nội, 4/2005.
5. The WAM model cycle 4, User manual.
6. SWAN ver.40.85, User manual.
7. Allan R. Robinson, Forcecasting and Samulating Coastal Ocean Processes and Variabilities with the Harvard Ocean Prediction Sytem.
8. Siddons, L.A.; Wyatt, L. R.; Wolf, J.. 2008, Assimilation of HF radar data into the SWAN wave model