

Dự báo quỹ đạo bão trên Biển Đông bằng phương pháp tổ hợp theo trọng số

Trần Tân Tiến*, Công Thanh, Nguyễn Thị Hoàng Anh

*Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN,
334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 11 tháng 8 năm 2010

Tóm tắt. Bài báo này trình bày kết quả áp dụng phương pháp tổ hợp theo trọng số để dự báo quỹ đạo bão trên Biển Đông. Kết quả dự báo của các mô hình RAMS, WRF, ETA, HRM và MM5 cho các mùa bão từ 2004 đến 2008 được sử dụng để xây dựng các phương trình dự báo tổ hợp. Nhóm nghiên cứu đã xây dựng được các phương trình dự báo tổ hợp tối ưu với 3, 4 và 5 mô hình cho dự báo quỹ đạo bão trên khu vực Biển Đông. Các phương trình trên đã được kiểm nghiệm trên dãy số liệu phụ thuộc và độc lập. Kết quả đánh giá cho thấy dự báo quỹ đạo bão ở trên khu vực Biển Đông bằng phương pháp tổ hợp theo trọng số cho dự báo quỹ đạo tốt nhất khi sử dụng tổ hợp 3 mô hình. Đối với dự báo 1 ngày nên chọn tổ hợp HRM-MM5-RAMS, trong khi đó dự báo 2 đến 3 ngày thì dự báo tổ hợp 3 mô hình HRM-WRF-RAMS là phù hợp nhất. Kết quả nghiên cứu có thể đóng góp những thông tin hữu ích cho mục tiêu nghiên cứu và dự báo bão trên khu vực Biển Đông.

1. Giới thiệu

Gần đây phương pháp dự báo tổ hợp (DBTH) được phát triển rất nhanh trên thế giới. Bản chất của dự báo tổ hợp là sử dụng kết quả từ nhiều dự báo thành phần khác nhau để đưa ra một kết quả có sai số nhỏ nhất. Các phương pháp DBTH có thể được chia thành 3 nhóm chính như sau: Nhóm I: Sử dụng tập hợp kết quả dự báo từ một mô hình số với các điều kiện ban đầu khác nhau. Nhóm II: Sử dụng cùng một số liệu đầu vào nhưng mô hình dự báo thì khác nhau. Phương pháp này được gọi là tạo nhiều mô hình. Nhóm III: Sử dụng các kết quả của các mô hình khác nhau với số liệu đầu vào khác

nhau. Phương pháp này còn được gọi là phương pháp đa hệ (multisystem) hay là siêu tổ hợp (superensemble). Phương pháp đa hệ này nắm bắt được độ không xác định của cả số liệu ban đầu lẫn của các mô hình dự báo và do đó nó cho kết quả tốt hơn. Phần hiệu chỉnh thống kê các sai số hệ thống được thực hiện bằng phương pháp hồi qui, ví dụ như phương pháp được đề xuất bởi Krishnamurti và CS (2000) giúp tăng thêm hiệu quả của phương pháp. Ngoài các phương pháp nói trên, phương pháp DBTH tính trọng số theo phương sai của sai số cũng được sử dụng rộng rãi. Ưu điểm của phương pháp là chọn ra những mô hình có độ tán của sai số nhỏ thì có trọng số lớn.

* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-4-37847551.
E-mail: tientt@vnu.edu.vn

2. Cơ sở lý thuyết tính trọng số theo phương sai của sai số

Công thức tính trọng số:

$$F_{th} = \sum_{j=1}^N w_j F_j + C \quad (1)$$

trong đó: C là số hạng tự do

w_j : các hệ số hồi quy (trọng số của từng dự báo thành phần)

$$w_j = \frac{\sigma_j^{-2}}{\sum_{k=1}^N \sigma_k^{-2}} \quad (2)$$

trong đó: σ_j là phương sai của sai số các dự báo thành phần

Phải bảo đảm rằng tỷ trọng của từng dự báo thành phần tỷ lệ nghịch với phương sai của sai số tương ứng và tổng tỷ trọng bằng 1.

3. Xây dựng cấu hình miền tính cho các mô hình

Các mô hình sử dụng áp dụng vào điều kiện Việt Nam chúng tôi chọn tâm chiếu tại 15°N và 108.5°E . Độ phân giải ngang có kích thước bước lưới 28 km cho miền dự báo gồm 161×161 điểm lưới theo phương ngang, tạo ra miền tính có kích thước $4508 \times 4508 \text{ km}^2$.

4. Tập số liệu nghiên cứu

Tổng số cơn bão và áp thấp nhiệt đới được đưa vào nghiên cứu là 51 trong 5 mùa bão từ năm 2004 đến năm 2008. Thông tin thực về các cơn bão này được lấy từ trang web lưu trữ dữ liệu về bão của Hoa Kỳ: <http://weather.unisys.com/hurricane/archive>

Tập số liệu được nghiên cứu là kết quả dự báo tâm bão (kinh độ và vĩ độ) của các mô hình tại các thời hạn dự báo cách nhau 6h một. Số trường hợp tham gia tính toán của mỗi một mô hình ứng với từng thời điểm dự báo được liệt kê theo bảng 1:

Bảng 1. Số trường hợp tính toán của các mô hình

Mô hình \ Hạn DB	Hạn DB											
	6h	12h	18h	24h	30h	36h	42h	48h	54h	60h	66h	72h
HRM	658	631	601	570	536	498	459	420	379	338	300	267
WRF	728	710	675	646	609	570	533	497	449	413	375	338
ETA	774	742	710	676	639	601	565	525	481	439	398	357
MM5	397	381	364	346	328	306	284	261	238	216	193	171
RAMS	715	686	659	629	598	565	527	490	448	406	368	327

Tập số liệu trên được chia thành 2 tập số liệu: tập số liệu phụ thuộc (bảng 2) và tập số liệu độc (bảng 3). Trong đó chuỗi số liệu phụ thuộc là kết quả dự báo quỹ đạo bão của các mô hình thành phần trong các năm 2004 (con Chan

Thu), 2005 (con Kai-Tak) và 2006 (con Durian). Số liệu các cơn bão 2009 được sử dụng để kiểm chứng công nghệ dự báo trong điều kiện nghiệp vụ.

Bảng 2. Số trường hợp tính toán của các mô hình trong bộ số liệu phụ thuộc

Mô hình \ Hạn DB	Hạn DB											
	6h	12h	18h	24h	30h	36h	42h	48h	54h	60h	66h	72h
HRM	611	584	554	523	489	454	416	380	344	306	272	242
WRF	681	664	630	602	566	530	492	459	413	381	344	310
ETA	725	695	664	630	593	555	520	482	441	402	364	326
MM5	381	365	349	332	315	294	273	250	228	207	185	164
RAMS	670	642	615	585	556	524	488	454	414	375	340	302

Bảng 3. Số trường hợp tính toán của các mô hình trong bộ số liệu độc lập

Mô hình	Hạn DB											
	6h	12h	18h	24h	30h	36h	42h	48h	54h	60h	66h	72h
HRM	47	47	47	47	47	44	43	40	35	32	28	25
WRF	47	46	45	44	43	40	41	38	36	32	31	28
ETA	49	47	46	46	46	46	45	43	40	37	34	31
MM5	16	16	15	14	13	12	11	11	10	9	8	7
RAMS	45	44	44	44	42	41	39	36	34	31	28	25

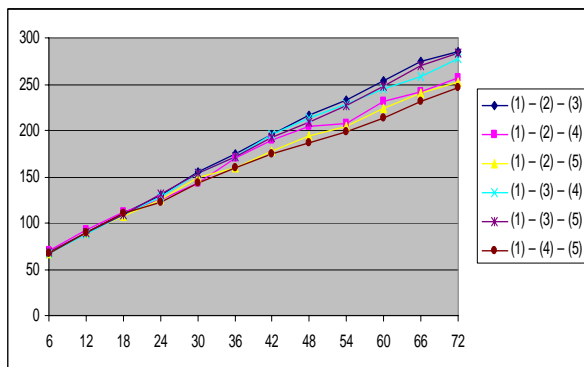
5. Dự báo tổ hợp quỹ đạo bão

Để thuận tiện các mô hình HRM, WRF, ETA, MM5 và RAMS ký hiệu tương ứng là (1), (2), (3), (4), (5) trong tổ hợp. Đã xây dựng các tổ hợp 3, 4 và 5 mô hình. Như vậy có tất cả 16 trường hợp, cụ thể là: 10 trường hợp tổ hợp 3 mô hình, 5 trường hợp tổ hợp 4 mô hình và 1 trường hợp tổ hợp 5 mô hình.

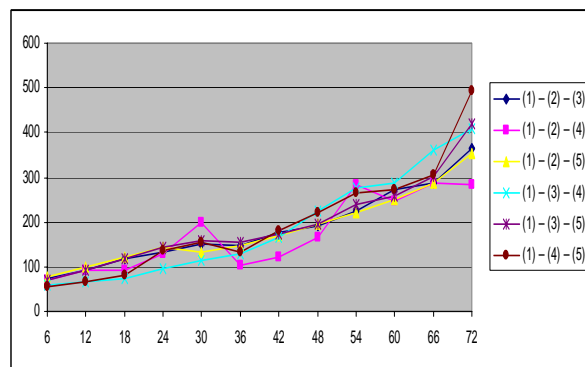
Phương pháp tính trọng số từng mô hình áp dụng theo công thức (2) cho từng hạn dự báo

và cho riêng từng thành phần kinh độ và vĩ độ. Dung lượng mẫu tính toán thông thường giảm khi tăng thời hạn dự báo hoặc số mô hình trong tổ hợp tăng lên. Số mẫu ít nhất thuộc về tổ hợp 5 mô hình là 107 ở thời hạn dự báo 72h.

Kết quả tính sai số trung bình dự báo khoảng cách tâm bão trên bộ số liệu phụ thuộc và độc lập cho các tổ hợp được trình bày trên các hình 1, 2 và 3.



(a)

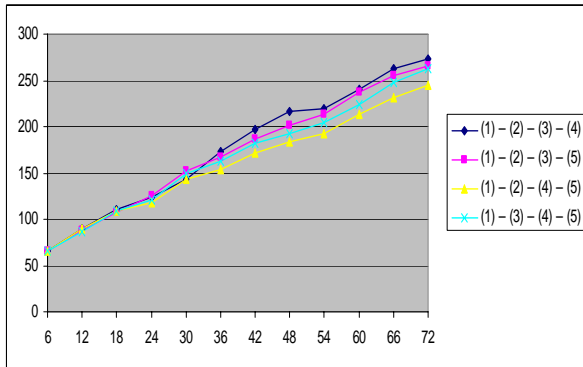


(b)

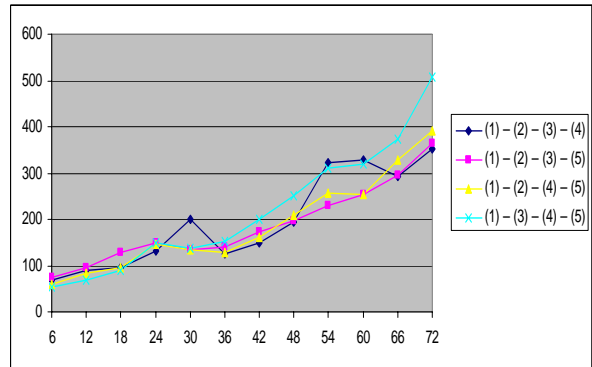
Hình 1. Sai số khoảng cách (km) của các tổ hợp 3 mô hình trên tập số mẫu phụ thuộc (a) và tập số mẫu độc lập (b)

Từ Hình 1 ta nhận thấy sai số khoảng cách của tổ hợp HRM-MM5-RAMS trên tập số mẫu phụ thuộc nhỏ nhất. Dựa vào các sai số khoảng cách này có thể đưa ra kết luận: Các tổ hợp mô hình có thể cho kết quả tốt hơn cả là HRM-ETA-MM5 thời hạn dự báo từ 0h đến 18h và từ

18h đến 36h và HRM-MM5-RAMS thời hạn dự báo từ 6h đến 18h. Ngoài ra cũng có thể tham khảo các tổ hợp HRM-WRF-MM5 và HRM-WRF-RAMS tương ứng với các thời hạn dự báo 36h-48h, 48h-66h.



(a)

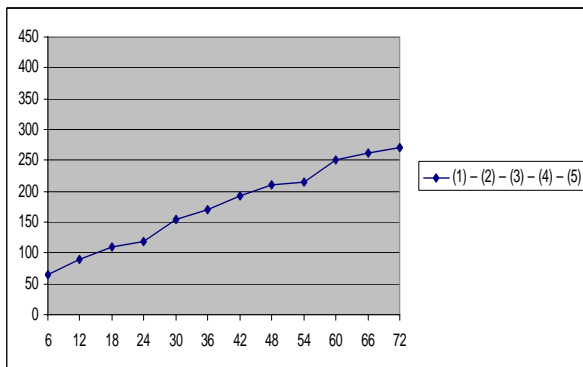


(b)

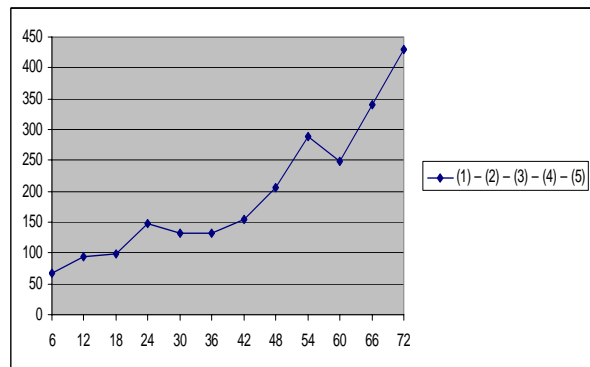
Hình 2. Sai số khoảng cách (km) của các tổ hợp 4 mô hình trên tập số mẫu phụ thuộc (a) và tập số mẫu độc lập (b).

Từ Hình 2 ta nhận thấy sai số khoảng cách của tổ hợp HRM-WRF-MM5-RAMS trên tập số mẫu phụ thuộc nhỏ nhất. Dựa vào các sai số khoảng cách này cho thấy: các tổ hợp mô hình

có thể cho kết quả tốt là HRM-WRF-MM5-RAMS từ thời hạn dự báo 24h đến 36h và HRM-ETA-MM5-RAMS từ thời hạn dự báo 6h-18h.



(a)



(b)

Hình 3. Sai số khoảng cách (km) của tổ hợp 5 mô hình trên tập số mẫu phụ thuộc (a) và tập số mẫu độc lập (b)

Từ hình 3 nhận thấy sai số khoảng cách trên tập số liệu độc lập tăng mạnh từ sau 48h. Vì vậy với tổ hợp 5 mô hình ta chỉ nên sử dụng kết quả dự báo trong vòng 48h đầu.

So sánh kết quả nghiên cứu tổ hợp này với kết quả siêu tổ hợp [3] cho thấy: trong 24 giờ

đầu sai số của 2 phương pháp là tương đương, sau 24 giờ phương pháp siêu tổ hợp cho kết quả tốt hơn.

Theo kết quả nghiên cứu về tính độc lập của kinh độ và vĩ độ tâm bão cho thấy phương án tổ hợp vô hướng (từng thành phần riêng biệt)

và phương pháp tối ưu hoá thống kê nhiều chiều [3], với hạn dự báo 48 giờ các kết quả tương đương nhau, với hạn dự báo trên 48 giờ thì cần tổ hợp theo phương pháp tối ưu hoá thống kê nhiều chiều.

Từ kết quả nghiên cứu tổ hợp các mô hình, ta có thể chọn ra các tổ hợp cho dự báo tốt nên sử dụng trong thực tế (Bảng 4)

Bảng 4. Bảng tổng kết các phương án cho kết quả dự báo tốt nhất trong các tổ hợp

Tổ hợp		Thời gian dự báo
3 mô hình	HRM-MM5-RAMS	$T \leq 18$
	HRM-ETA-MM5	$T \leq 36$
	HRM-WRF-MM5	$36 \leq T \leq 48$
	HRM-WRF-RAMS	$48 \leq T \leq 66$
4 mô hình	HRM-WRF-MM5-RAMS	$24 \leq T \leq 36$
	HRM-ETA-MM5-RAMS	$T \leq 18$
5 mô hình	HRM-WRF-ETA-MM5-RAMS	$T \leq 48$

6. Kết luận

Dự báo quỹ đạo bão bằng phương pháp tổ hợp với trọng số của từng mô hình tỷ lệ nghịch với phương sai của sai số mô hình đó cho kết quả dự báo tốt hơn từng mô hình tham gia tổ hợp.

Nên chọn tổ hợp 3 mô hình là kinh tế nhất. Đối với dự báo 1 ngày nên chọn tổ hợp HRM-MM5-RAMS, dự báo 2 đến 3 ngày nên chọn HRM-WRF-RAMS.

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Chi Mai, Thử nghiệm dự báo tổ hợp cho quỹ đạo bão bằng phương pháp thống kê từ dự

báo của các Trung tâm quốc tế, *Tạp chí KTTV* 3 (2004) 519.

- [2] Trần Tân Tiến, Nguyễn Đăng Quế, *Xử lý số liệu khí tượng và dự báo thời tiết bằng phương pháp Thống kê Vật lý*, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, 2002.
- [3] Trần Tân Tiến, Báo cáo tổng kết đề tài “Xây dựng công nghệ dự báo liên hoàn bão, nước dâng và sóng ở Việt Nam bằng mô hình số với thời gian dự báo trước 3 ngày”, MS: KC.08.05/06-10.
- [4] Trần Tân Tiến và nnk, Dự báo quỹ đạo bão trên biển Đông bằng phương pháp siêu tổ hợp, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* 25, Số 3S (2009) 517.
- [5] R.Sakai, H.Mino, M.Nagata; Verification of tropical cyclone Prediction of the new Numerical Models at JMA, March 2002.

Forecasting hurricane track over Eastern sea of Vietnam using weighted ensemble method

Tran Tan Tien, Cong Thanh, Nguyen Thi Hoang Anh

*Faculty of Hydro-Meteorology & Oceanography, Hanoi University of Science, VNU,
334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam*

This paper presents the result of the application of weighted ensemble method for predicting hurricane track over eastern sea of Vietnam. Products from mesoscale models, such as RAMS, WRF,

ETA, HRM, and MM5 during 5 hurricane seasons from 2004 to 2008, were used to develop forecast equations. Authors have developed optimal ensemble forecasting equations based on forecast products of 3, 4, and 5 models for predicting hurricane over eastern sea. These equations were verified using both the dependent and independent datasets. The results showed that prediction of hurricane track in this area is the best when using ensemble forecasting equation based on 3 models. For 1-day forecast, ensemble of three models including HRM, MM5 and RAMS is the best. However, for 2 and 3-days forecasts, ensemble of HRM-MM5-RAMS seems to be a better choice. The results of this study are intended to add to the body of knowledge concerning the application of the ensemble prediction for predicting hurricane over eastern sea of Vietnam.