

ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP DỰ BÁO TỔ HỢP ĐỂ DỰ BÁO QUỸ ĐẠO BÃO HẠN 5 NGÀY TRÊN KHU VỰC BIỂN ĐÔNG

TRẦN TÂN TIỀN, CÔNG THANH, HOÀNG THỊ MAI, HOÀNG THU THỦY, BÙI MINH TUÂN

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

Bài báo giới thiệu các phương pháp dự báo bão siêu tổ hợp: nuôi nhiều (BGM), lọc Kalman (LETKF) và sử dụng các thành phần của dự báo tổ hợp toàn cầu. Các tác giả đã áp dụng phương pháp lọc nhân tố kết hợp với siêu tổ hợp để xây dựng phương trình siêu tổ hợp dựa trên các dự báo của các cơn bão trong giai đoạn từ 2009 đến 2011. Đã sử dụng các phương trình tìm được để dự báo cho các cơn bão ảnh hưởng đến Việt Nam trong năm 2012 và 2013. Sai số khoảng cách cho các hạn dự báo 24, 48, 72, 96 và 120 giờ bằng phương pháp BGM trên mô hình RAMS (The Regional Atmospheric Modeling System) là khoảng 125, 197, 265, 275 và 354 km; bằng phương pháp LETKF trên mô hình WRF (Weather Research and Forecasting) là 145, 182, 290, 263 và 376 km; bằng phương pháp tích phân mô hình WRF với các trường ban đầu là các thành phần dự báo tổ hợp toàn cầu của NCEP (Trung tâm Dự báo môi trường Hoa Kỳ) là 107, 117, 272, 339 và 365 km. Kết quả này đáp ứng được yêu cầu hiện nay của vấn đề dự báo quỹ đạo bão hạn 5 ngày trên khu vực Biển Đông.

Từ khóa: phương pháp nuôi nhiều, lọc Kalman, dự báo tổ hợp, dự báo bão.

APPLICATION OF ENSEMBLE FORECAST METHOD TO FORECAST THE TYPHOON TRACK FOR 5 DAYS IN THE EAST SEA

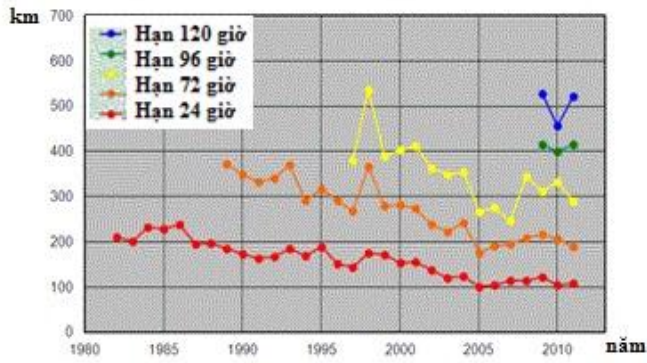
Summary

In this paper, the authors introduce superensemble methods including Breeding of growing mode (BGM), Kalman filter (LETKF) and WRF with input data which are components of the global ensemble forecast. To construct an operational procedure for ensemble typhoon track forecast with a forecast period up to 5 days, the authors have used the filtering method from 2009 to 2011 and its application from 2012 to 2013. Forecasting error of distance for 24, 48, 72, 96 and 120 hours based on the BGM method on RAMS model is about 125, 197, 265, 275 and 354 km; 145, 182, 290, 263 and 376 km for LETKF on WRF model; and 107, 117, 272, 339 and 365 km for WRF with input data which are components of the global ensemble forecast respectively. This result can meet the current requirements of typhoon track forecast for the 5-day period on the East sea.

Keyword: BGM, LETKF, ensemble forecast, typhoon forecast

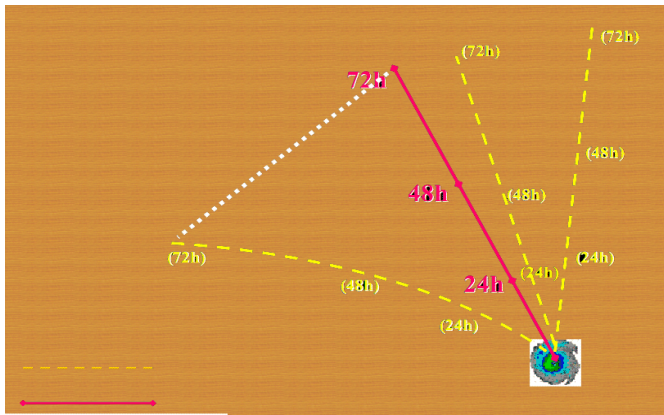
Tổ hợp kết quả dự báo quỹ đạo bão

Dự báo quỹ đạo bão luôn là vấn đề được các nước quan tâm vì mục đích khoa học, kinh tế và phòng chống thiên tai. Kết quả dự báo quỹ đạo bão thay đổi theo thời gian. Nhìn chung, xu thế sai số dự báo quỹ đạo bão ở các hạn dự báo giảm theo thời gian, song sai số này hàng năm vẫn dao động rất lớn, phụ thuộc đặc điểm của các cơn bão trong năm. Đánh giá sai số trung bình của dự báo bão Tây Bắc Thái Bình Dương được biểu diễn trên hình 1. Sai số dự báo hạn 5 ngày trong các năm gần đây khoảng 300-350 km.



Hình 1: sai số trung bình dự báo quỹ đạo bão trên khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương [5]

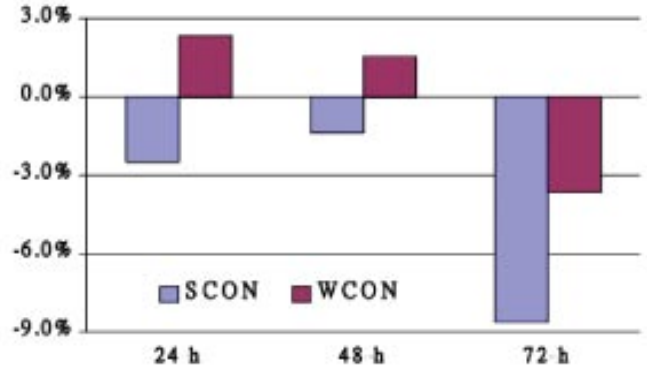
Sai số dự báo quỹ đạo bão là tổng các sai số do xác định trường ban đầu không chính xác, sai số do các mô hình dự báo chưa hoàn thiện, sai số do tổ hợp kết quả dự báo của các mô hình... Trong số đó, sai số tổ hợp kết quả dự báo đóng vai trò quan trọng trong tổng sai số dự báo tổ hợp quỹ đạo bão. Trên thế giới sử dụng 3 phương pháp tổ hợp là tổ hợp không chọn lọc NCON (non - selective consensus), tổ hợp có chọn lọc SCON (Selective consensus) và tổ hợp có trọng số WCON (Weighted consensus). Hình 2 biểu diễn cách tổ hợp của các phương pháp không tuyển chọn và sai số khoảng cách của các mô hình thành phần và của NCON.



Hình 2: phương pháp tổ hợp không lựa chọn NCON [4]

Phương pháp WCON dựa trên số liệu lịch sử để tìm trọng số cho các mô hình bằng phương pháp bình phương tối thiểu. Theo kết quả của Kuo-Chen Lu [4] với chuỗi số liệu phụ thuộc dự báo quỹ đạo bão bằng phương pháp WCON tốt hơn NCON khoảng 4%, 3% và 1% cho các dự báo 1, 2 và 3 ngày tương ứng. Đối với số liệu độc lập thì WCON tốt hơn NCON ở 2 ngày đầu, còn ngày thứ 3 thì không. Để so sánh phương pháp SCON và WCON với NCON, chúng tôi đã tiến hành tính toán mức độ giảm sai số dự báo (phần trăm) của phương pháp SCON và

WCON so với NCON. Số trường hợp sử dụng để tính là 613, 486 và 299 tương ứng với dự báo 24, 48 và 72 giờ. Kết quả tính được biểu diễn trên hình 3. Từ kết quả cho thấy SCON không làm tăng độ chính xác của dự báo quỹ đạo bão so với NCON ở tất cả các hạn dự báo, WCON làm tăng đáng kể kết quả dự báo ở 24 và 48 giờ, còn ở 72 giờ thì phương pháp NCON cho kết quả tốt nhất (hình 3). Phương pháp NCON cho kết quả tốt hơn các dự báo thành phần khoảng 10-15%.



Hình 3: hiệu quả của phương pháp SCON và WCON so với phương pháp NCON

Ở Việt Nam, chưa có chương trình nào nghiên cứu phương pháp siêu tổ hợp để dự báo quỹ đạo bão ngoài Chương trình KC08. Các nghiên cứu dự báo và đánh giá kết quả dự báo chỉ dựa trên trung bình tổ hợp [1, 2].

Phương pháp siêu tổ hợp

Sau khi chọn được các thành phần tham gia tổ hợp, sử dụng các phương pháp thống kê để đưa ra kết quả dự báo tổ hợp. Một trong các phương pháp thống kê được Krishnamurti đề xuất để dự báo quỹ đạo bão là phương pháp siêu tổ hợp [3].

Phương pháp “siêu tổ hợp” xác định cho mỗi thành phần (thành phần tham gia tổ hợp) một trọng số dựa trên tập số liệu về quỹ đạo bão thực và dự báo của các mô hình. Trọng số của các mô hình xác định bằng phương pháp bình phương tối thiểu. Qua đó làm giảm vai trò của các mô hình dự báo không tốt, đồng thời làm tăng vai trò của các mô hình có các dự báo tốt trong quá khứ.

Phương pháp “siêu tổ hợp” được thực hiện qua hai giai đoạn:

- Giai đoạn chuẩn bị: sử dụng chuỗi số liệu của các dự báo quỹ đạo bão đã qua từ các thành phần và quỹ đạo quan trắc thực tế của những cơn bão đó (có thể là từ mùa bão trước hoặc từ hai mùa bão trước) xây dựng phương trình hồi quy dự báo vị trí tâm bão (kinh độ, vĩ

độ). Ở đây, phương pháp hồi quy tuyến tính nhiều biến được sử dụng để tìm các trọng số cho mỗi thành phần ở thời điểm (00 h, 6 h..., 120 h) với từng biến dự báo (kinh độ, vĩ độ). Ngoài ra, cần lưu ý đến độ ổn định của các dự báo thành phần giữa các mùa bão khác nhau. Độ ổn định của các dự báo thành phần càng giảm, tức là sự biến động của các dự báo thành phần lớn, dẫn đến kết quả dự báo tổng hợp không tốt. Sau khi tính được các hệ số hồi quy (trọng số), các hệ số này được sử dụng trong giai đoạn dự báo.

- Giai đoạn dự báo: trong giai đoạn này, các dự báo được thực hiện nhờ kết quả dự báo của mô hình thành phần và những hiệu chỉnh thống kê được xây dựng trong giai đoạn chuẩn bị.

Phương trình siêu tổ hợp có dạng:

$$S(t) = \bar{O} + \sum_{i=1}^N a_i (F_i(t) - \bar{F}_i)$$

Trong đó: \bar{O} là giá trị trung bình đã quan trắc ở giai đoạn chuẩn bị, N là số các mô hình thành phần, a_i là trọng số hồi quy của mô hình i, $F_i(t)$ là giá trị dự báo của mô hình i, \bar{F}_i là giá trị trung bình của các dự báo của mô hình i trong giai đoạn chuẩn bị.

Kết quả dự báo siêu tổ hợp

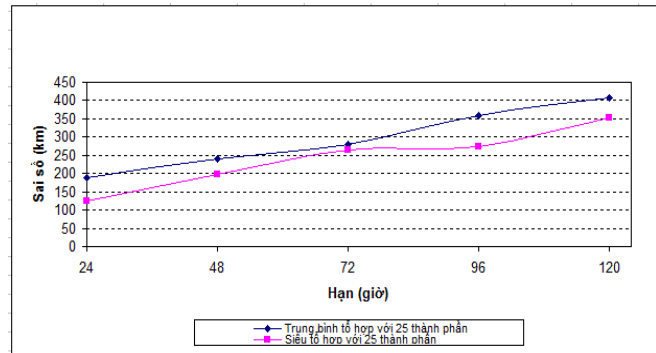
Số liệu

Bộ số liệu nghiên cứu là các cơn bão trong 5 mùa bão năm 2009, 2010, 2011, 2012 và 2013. Tổng số trường hợp thử nghiệm là 199 của 30 cơn bão ảnh hưởng đến khu vực Việt Nam. Số liệu toàn cầu lấy từ NCEP với độ phân giải 1x1 độ kinh vĩ độ.

Dự báo siêu tổ hợp cho các cơn bão năm 2012 và 2013

Dự báo siêu tổ hợp từ các thành phần được tạo ra bằng nuôi nhiều:

Phương pháp nuôi nhiều (BGM) là phương pháp tạo ra các trường ban đầu khác nhau từ một trường ban đầu chứa các dao động phát triển. Đã tạo được 25 trường ban đầu từ một trường ban đầu của NCEP. Các trường ban đầu này được đưa vào mô hình để tích phân 5 ngày cho 25 dự báo. Sử dụng số liệu dự báo từ năm 2009 đến 2011 dùng làm số liệu phụ thuộc để xây dựng phương trình siêu tổ hợp như đã trình bày trong phần chuẩn bị của mục thứ 2 (phương pháp siêu tổ hợp). Kết quả là tìm được các phương trình dự báo siêu tổ hợp với 25 thành phần. Giai đoạn dự báo, áp dụng các phương trình tìm được trên bộ số liệu độc lập là các cơn bão năm 2012 và 2013. Kết quả nhận được thể hiện trên hình 4.

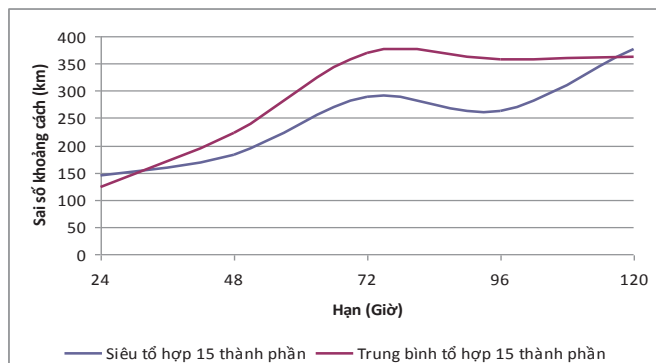


Hình 4: sai số vị trí trung bình của dự báo siêu tổ hợp và trung bình tổ hợp 25 thành phần nuôi nhiều trên bộ số liệu năm 2012 và 2013

So sánh kết quả siêu tổ hợp với phương án lấy trung bình đơn giản 25 thành phần do nuôi nhiều tạo ra cho thấy, phương án siêu tổ hợp cải thiện sai số vị trí tâm bão so với tâm bão thực tế giảm khoảng 50-70 km ở các hạn 24, 48, 96 và 120 giờ. Tại hạn dự báo 72 giờ sai số vị trí của phương án tổ hợp giảm khoảng 10 km so với trung bình đơn giản.

Dự báo siêu tổ hợp từ các thành phần được tạo ra từ phương pháp lọc Kalman (LETKF):

Phương pháp LETKF là phương pháp tạo ra các trường ban đầu từ bộ lọc Kalman có đồng hóa số liệu vệ tinh và số liệu cao không. Đã tạo 15 trường ban đầu bằng phương pháp này. Tích phân mô hình WRF với các trường ban đầu được tạo ra cho kỳ quan trắc 00 giờ các ngày có bão trên khu vực Biển Đông trong các năm từ 2009 đến 2013. Số liệu dự báo từ năm 2009 đến 2011 dùng để xây dựng phương trình siêu tổ hợp với 15 thành phần. Các phương trình tìm được đã kiểm nghiệm trên bộ số liệu độc lập năm 2012 và 2013. Kết quả nhận được thể hiện trên hình 5.

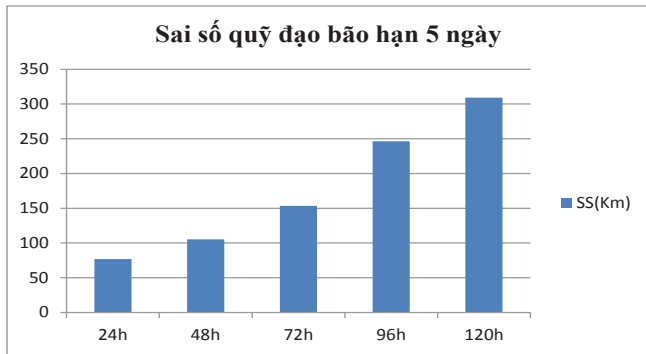


Hình 5: sai số vị trí trung bình của dự báo siêu tổ hợp và trung bình tổ hợp 15 thành phần LETKF trên bộ số liệu độc lập năm 2012 và 2013

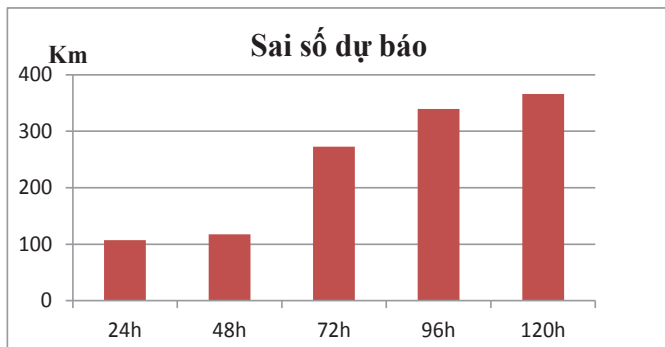
So sánh kết quả siêu tổ hợp 15 thành phần LETKF với phương án lấy trung bình đơn giản cho thấy, tại các hạn dự báo 24 và 120 giờ kết quả sai số là tương đương. Phương án siêu tổ hợp cải thiện sai số vị trí giảm khoảng 50, 80 và 100 km ở các hạn 48, 72 và 96 giờ.

Dự báo siêu tổ hợp từ các thành phần được tạo ra từ kết quả tích phân mô hình WRF với các trường ban đầu là các thành phần dự báo tổ hợp toàn cầu của NCEP:

Sử dụng 5 trường khí tượng toàn cầu của NCEP (các dự báo thành phần của dự báo tổ hợp toàn cầu) để làm trường ban đầu cho mô hình WRF. Trong mô hình WRF lần lượt sử dụng sơ đồ đối lưu Kain-Fritsch, Betts-Miller-Janjic và Grell_Devenyi để dự báo. Như vậy ta tạo ra 15 dự báo khác nhau. 15 dự báo này sẽ chứa đủ thông tin về trường khí tượng thực cần tìm. Số liệu dự báo từ năm 2009 đến 2011 dùng để xây dựng phương trình siêu tổ hợp với 15 thành phần. Các phương trình tìm được đã kiểm nghiệm trên bộ số liệu phụ thuộc (2009-2011) và độc lập (2012-2013). Kết quả nhận được thể hiện trên hình 6 và 7.



Hình 6: sai số trung bình dự báo quỹ đạo bão trên bộ số liệu phụ thuộc



Hình 7: sai số trung bình dự báo quỹ đạo bão trên bộ số liệu độc lập

Từ hình 6 và 7 cho thấy, sai số dự báo quỹ đạo bão với số liệu độc lập tương đương với sai số khi sử dụng

số liệu phụ thuộc, sai số dự báo quỹ đạo bão tăng theo hạn dự báo. Sai số quỹ đạo bão trên bộ số liệu độc lập sử dụng phương pháp siêu tổ hợp cho sai số dự báo tương đương với các nước trong khu vực (hình 1). Sai số dự báo hạn 72 giờ khoảng 270 km, và sai số dự báo hạn 120 giờ khoảng 360 km. Với sai số dự báo như trên, việc ứng dụng phương pháp này vào dự báo nghiệp vụ là hoàn toàn khả quan và dễ dàng thực hiện tại các trung tâm dự báo của Việt Nam.

Kết luận

Qua kết quả nghiên cứu cho thấy có thể dự báo quỹ đạo bão ảnh hưởng đến Việt Nam hạn 5 ngày bằng phương pháp siêu tổ hợp. Kết quả thử nghiệm trên bộ số liệu độc lập của 2 mùa bão (2012 và 2013) cho kết quả dự báo ở các hạn dự báo tương đương với các nước tiên tiến trong khu vực. Cụ thể sai số khoảng cách cho các hạn dự báo 24, 48, 72, 96 và 120 giờ bằng phương pháp nuôi nhiều trên mô hình RAMS là khoảng 125, 197, 265, 275 và 354 km; bằng phương pháp LETKF trên mô hình WRF là 145, 182, 290, 263 và 376 km; bằng phương pháp tích phân mô hình WRF với các trường ban đầu là các thành phần dự báo tổ hợp toàn cầu của NCEP là 107, 117, 272, 339 và 365 km. Các kết quả này hoàn toàn đáp ứng yêu cầu của dự báo nghiệp vụ ở Việt Nam nên các phương pháp trên có thể sử dụng cho các trung tâm khí tượng.

Tài liệu tham khảo

- [1] Hoàng Đức Cường (2011), Nghiên cứu ứng dụng mô hình WRF phục vụ dự báo thời tiết và bão ở Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp bộ.
- [2] Võ Văn Hòa, Lê Đức, Đỗ Lệ Thủy, Dư Đức Tiến, Nguyễn Mạnh Linh, Nguyễn Thanh Tùng, Nghiên cứu xây dựng hệ thống dự báo tổ hợp thời tiết ngắn cho khu vực Việt Nam dựa trên cách tiệm cận đa mô hình, đa phân tích. Phần 2 - Kết quả đánh giá dự báo trung bình tổ hợp. Tạp chí Khí tượng thủy văn số 616, tháng 4.2012, tr.23-31.
- [3] Krishnamurti T.N., Kishtawal C.M., Zhang Z., LaRow T.E., Bachiochi D.R., Williford C.E., Gadgil S. and Surendran S. (2000), Improving tropical precipitation forecasts from a multi analysis superensemble. J. Climate, 13, pp. 4217- 4227.
- [4] Kuo-Chen Lu (2007), Typhoon Forecast and Warning System in Taiwan, 2nd International Conference on Urban Disaster Reduction. November 27-29, 2007.
- [5] Yamaguchi M. (2012), Outline of the Typhoon Ensemble Prediction System at the Japan Meteorological Agency. Report.