

Xây dựng hệ thống dự báo tổ hợp bão ở Biển Đông hạn 5 ngày bằng phương pháp nuôi nhiễu

Công Thanh*, Trần Tân Tiến

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

Nhận ngày 01 tháng 4 năm 2013
Chấp nhận xuất bản ngày 29 tháng 4 năm 2013

Tóm tắt. Trong bài báo này chúng tôi giới thiệu phương pháp xây dựng hệ thống dự báo tổ hợp bão dựa trên phương pháp nuôi nhiễu môi trường kết hợp nhiễu xoáy với các sơ đồ vật lý khác nhau của mô hình RAMS. Thử nghiệm hệ thống để dự báo quỹ đạo cơn bão Washi năm 2011 với hạn 5 ngày, kết quả cho thấy, quỹ đạo tính bằng phương pháp trung bình các thành phần tham gia tổ hợp của hệ thống tương đối sát với quỹ đạo thực.

Từ khóa: Hệ thống dự báo tổ hợp, nuôi nhiễu, bão.

1. Mở đầu

Ngày nay dự báo thời tiết trên thế giới chủ yếu dựa vào mô hình dự báo số. Mô hình dự báo số ngày càng chính xác nhờ sự hiểu biết của con người về các quá trình của khí quyển, dữ liệu thám sát, phương pháp đồng hóa dữ liệu, độ phân giải lưới của mô hình và hệ thống tính toán. Tuy nhiên, dù có nắm bắt tốt các vấn đề trên thì hiểu biết về khí quyển vẫn nằm trong giới hạn. Theo Lorenz (Lorenz 1963; Lorenz 1969) [1,2] dự báo khí quyển bị giới hạn bởi 2 nguyên nhân, thứ nhất là do sự khác biệt giữa trạng thái thực và trạng thái phân tích số liệu ban đầu của khí quyển và nguyên nhân thứ 2 là do sai số gây ra bởi chưa mô phỏng được tất cả các quá trình vật lý khí quyển trong mô hình

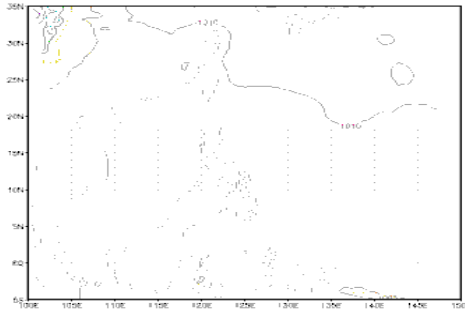
cũng như sử dụng cách tính gần đúng để giải các phương trình toán học trong mô hình, những sai số này gọi chung là sai số mô hình. Sai số do phân tích số liệu ban đầu gây ra bởi sai số do dụng cụ quan trắc, do thiếu số liệu thám sát như trên đại dương hoặc các vùng hẻo lánh... và do các quá trình nội suy từ trạm về lưới mô hình. Vì vậy, phân tích sai số ban đầu được xem như là những dự báo dựa trên tương tác phi tuyến giữa các chuyển động có quy mô khác nhau (Lorenz 1969) [2]. Khi sai số đạt đến giá trị đủ lớn dẫn tới kết quả dự báo của mô hình đạt sai số lớn. Vì trạng thái phân tích khí quyển ban đầu không giống như thực tế nên cần phải có sự khéo léo trong việc xây dựng mô hình. Bên cạnh sai số từ trạng thái ban đầu, sai số dự báo cũng sinh ra từ sai số mô hình (Tribbia 1988) [3], đặc biệt là xác định các tham số vật lý trong mô hình. Độ bất định tồn

* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-946180348
E-mail: thanhc@vnu.edu.vn

tại trong quá trình xử lý quy mô nhỏ như tham số hóa đối lưu, vi vật lý mây ... Các Trung tâm dự báo lớn trên thế giới như trung tâm dự báo môi trường Mỹ (NCEP) và Trung tâm dự báo hạn vừa Châu Âu (ECMWF) đã tạo ra hệ thống dự báo tổ hợp toàn cầu từ năm 1992 (Toth.Z 1993; Molteni 1996) [4,5]. Tiếp theo, hệ thống dự báo thời tiết hạn vừa được phát triển tại Trung tâm khí tượng Anh (UKMO), Nhật (JMA), Canada (CMC) và Úc. Tại Trung Quốc và Nhật, họ xây dựng hệ thống dự báo tổ hợp dự báo bão cho khu vực tây bắc Thái Bình Dương. Ở Việt Nam chúng tôi đã nghiên cứu xây dựng hệ thống dự báo tổ hợp để dự báo bão hạn 3 ngày. Trong bài báo này chúng tôi muốn giới thiệu một hệ thống dự báo tổ hợp quỹ đạo bão hạn 5 ngày do chúng tôi nghiên cứu ứng dụng và phát triển phương pháp dự báo của Trung Quốc (GRAPES-TCM).

2. Cấu hình hệ thống và phương pháp

2.1. Cấu hình miền tính



Hình 1. Miền dự báo quỹ đạo bão.

Mô hình RAMS được chạy với miền dự báo gồm 192x157 điểm lưới theo phương ngang với bước lưới 30 km. Miền tính từ 5°S-35°N và 100°E -150°E, tâm miền tính được đặt ở 15°N-110°E thuộc khu vực Tây Thái Bình Dương (Hình 1). Số liệu dự báo toàn cầu GFS của trung tâm NCEP được chọn làm trường phân

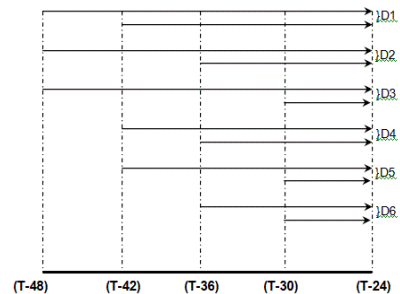
tích. Số mực theo chiều thẳng đứng là 26 mực, mực đẳng áp trên cùng là 10 mb. Bước thời gian tích phân được đặt là 60 giây.

Bảng 1. Cấu hình hệ thống dự báo tổ hợp bão hạn 5 ngày ở khu vực Biển Đông

| Cấu hình hệ thống | Phương pháp/ Số lượng |
|--------------------------|---|
| Mô hình | mô hình RAMS phiên bản 6.0 |
| Độ phân giải | 30 km |
| Số lưới | 1 |
| Nhiều IC | Phương pháp nuôi nhiều trên trường GFS |
| Nhiều vật lý | Sử dụng 3 sơ đồ đối lưu trong mô hình RAMS (KUO, KF và KF cải tiến) |
| Các biến được nuôi | Trường gió và nhiệt |
| Số trường hợp thử nghiệm | Bão Washi |
| Hạn dự báo | 5 ngày |

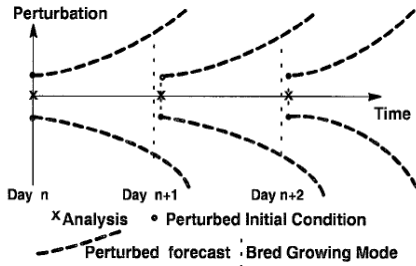
Nhiều động ban đầu tạo ra bởi nuôi nhiều của Toth (Toth.Z 1997) [6], trường gió và nhiệt được chọn làm đối tượng để nuôi dựa theo nghiên cứu của Zhang (Zhang 1997; Zhang 1999) [7,8] “biến đóng vai trò quan trọng nhất để dự báo thời tiết nhiệt đới là trường gió và nhiệt”. Nhiều vật lý của mô hình xác định bằng lựa chọn 3 sơ đồ vật lý khác nhau là: Kuo, Kain-Fritsch (KF) được tích hợp sẵn trong mô hình RAMS và sơ đồ KF cải tiến (KFCT) của TS. Nguyễn Minh Trường (Truong) [9]. Đối tượng nghiên cứu được lựa chọn là bão Washi năm 2011.

2.2. Phương pháp nuôi nhiều khi có bão (BV)

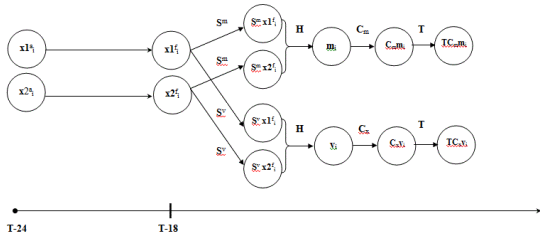


Hình 2. Cách tạo nhân ban đầu.

Xuất phát từ ý tưởng: “Các nhiễu không chỉ phản ánh hình dáng mà còn phản ánh kích thước của các sai số phân tích”. Do đó, Toth và Kalnay muốn có biên độ nhiễu trong một khu vực đạt kích thước lớn hơn ở các vùng thưa thớt quan sát, và ngược lại. Với quy mô khác nhau ở tại các điểm, biên độ nhiễu sẽ đạt kích thước lớn nhất trong khu vực có bất ổn định mạnh do các khu vực này thường ở trên các đại dương nơi mà có ít quan sát. Vì vậy Toth và Kalnay, 1997 đã sử dụng 1 cặp nhiễu (nhiều dương và nhiễu âm) để phát triển phiên bản 2 thay cho phiên bản 1: “chỉ sử dụng 1 nhiễu duy nhất và trường kiểm chứng.”



Hình 3. Sơ đồ 1 cặp nhiễu tổ hợp dự báo được nuôi (nguồn Toth,1997 (Toth,Z 1997) [6]).



Hình 4. Sơ đồ nuôi nhiễu môi trường kết hợp với nhiễu xoáy.

Chu kỳ nuôi của phiên bản này được thực hiện như sau (hình 4):

Trường phân tích tại thời điểm tích phân sau khi đã loại bỏ xoáy thô (vort) và thêm xoáy giả TCLAP của Úc (Bog) được ký hiệu là trường x^a .

a. Thêm vào và trừ đi trường A một nhiễu d_i ($i=1,2,\dots,6$), khi đó ta có 6 cặp trường ban đầu $x1_i^a = x^a + d_i$ (trường gán nhiễu dương) và $x2_i^a = x^a - d_i$ (trường gán nhiễu âm)

b. Tích phân mô hình 6 tiếng cho cả hai trường gán nhiễu dương và gán nhiễu âm.

c. Tách các trường dự báo sau 6 giờ (toán tử S^m và S^v) của trường gán nhiễu dương ($x1_i^f$) và trường gán nhiễu âm ($x2_i^f$) ra làm 2 phần là trường môi trường ($S^m x1_i^f$ và $S^m x2_i^f$) và trường xoáy ($S^v x1_i^f$ và $S^v x2_i^f$) (hình 4).

d. Tìm hiệu (toán tử H hình 4) của từng cặp sau khi tách ở thời điểm dự báo 6 giờ ta được các nhiễu môi trường m_i và nhiễu xoáy v_i .

e. Giảm quy mô của trường nhiễu môi trường bằng toán tử C_m ta được các nhiễu môi trường $C_m m_i$. Tiến hành trực giao bằng toán tử T cho các nhiễu môi trường $C_m m_i$ thu được nhiễu môi trường $TC_m m_i$. Giảm quy mô của trường nhiễu xoáy bằng toán tử C_x được nhiễu xoáy $C_x v_i$, sau đó trực giao bằng toán tử T cho các nhiễu xoáy $C_x v_i$, ta thu được nhiễu xoáy $TC_x v_i$.

Trường nhiễu sau khi thực hiện tại bước e được cộng vào và trừ đi trường phân tích đã lọc xoáy thô và cài xoáy nhân tạo ở thời điểm dự báo 6 giờ $x1_i^a = x^a + TC_m m_i + TC_x v_i$ và $x2_i^a = x^a - TC_m m_i - TC_x v_i$. Quá trình được quay lại bước b.

Chu kỳ này lặp cho tới thời điểm làm dự báo (hình 3). Nhiễu nuôi này được xác định hàng ngày từ sự khác nhau của nhiễu dương và âm. Quá trình giảm quy mô trong quy trình nuôi cho nhiễu môi trường (toán tử C_m) và nhiễu xoáy (toán tử C_x) được xác định bằng công thức (1)

$$\delta x_{C_{amp}} = C_{amp} \frac{\delta x}{\|\delta x\|} \tag{1}$$

Với δx là các nhiễu (trường nhiệt độ và gió). Giá trị $\delta x_{C_{amp}}$ và $\|\delta x\|$ được xác định cho nhiễu môi trường và nhiễu xoáy khác nhau.

Với nhiễu môi trường

$\|\delta x\|$ được xác định theo quy tắc năng lượng tổng (Barkmeijer 2001) [10]

$$\|\delta x\|^2 = \frac{1}{2} \int_{D_1} \int_1^{26} \left[u'^2 + v'^2 + \frac{c_p}{T_r} T'^2 \right] dz dD \quad (2)$$

với u', v' : nhiễu trường gió kinh hướng và vĩ hướng; T' : nhiễu trường nhiệt độ, D : Miền lưới to sau khi đã loại bỏ xoáy thô; $z = 26$ từ mực 1000hpa tới 10hpa,

C_{amp} được tính theo công thức

$$\|C_{amp}\|^2 = \frac{1}{2} \int_{D_1} \int_1^{26} \left[u'^2 + v'^2 + \frac{c_p}{T_r} T'^2 \right] dz dD \quad (3)$$

với $u'=v'=1.8 \text{ m.s}^{-1}$; $T'=0.7 \text{ K}$, (Saito K. 2008) [11]; $C_p = 1006 \text{ K}$; $T_r = 300 \text{ J/(kg } ^\circ\text{C)}$;

Nhiễu xoáy được xác định như sau

$\|\delta x\|$ Được tính theo công thức

$$\|\delta x\|^2 = \frac{1}{2} \int_{D_1} \int_1^{TopTC} \left[u'^2 + v'^2 + \frac{c_p}{T_r} T'^2 \right] dz dD \quad (4)$$

với u', v' : nhiễu trường gió kinh hướng và vĩ hướng; T' : nhiễu trường nhiệt độ D_1 : Miền tạo xoáy giả; $TopTC=17$ mực từ 1000hpa tới 300hpa,

C_{amp} được tính từ (5)

$$\|C_{amp}\|^2 = \frac{1}{2} \int_{D_1} \int_1^{TopTC} \left[u'^2 + v'^2 + \frac{c_p}{T_r} T'^2 \right] dz dD \quad (5)$$

với $u'=v'=6 \text{ m.s}^{-1}$; $T'=4 \text{ K}$, $C_p = 1006 \text{ K}$; $T_r = 300 \text{ J/(kg } ^\circ\text{C)}$;

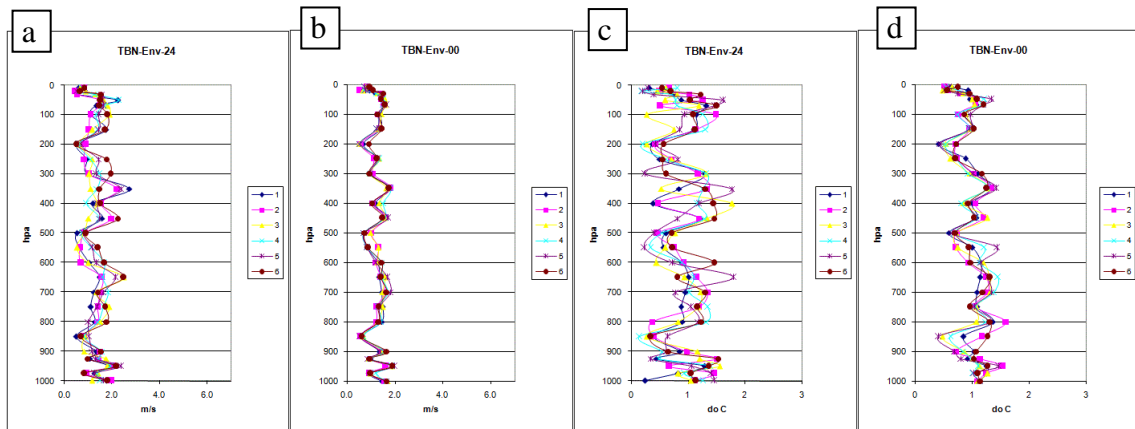
Để tránh cho các véc tơ nuôi phụ thuộc tuyến tính, theo (Magnusson L 2008a) [12], trực giao các véc tơ là cần thiết. Vì vậy chúng tôi tiến hành trực giao theo công thức:

$$E = B^T B \quad (6)$$

Với nhiễu môi trường B là $[C_{m1}, C_{m2}, \dots, C_{m6}]$; nhiễu xoáy B được xác định $[C_{m1}, C_{m2}, \dots, C_{m6}]$;

3. Kết quả thí nghiệm

Chúng tôi thử nghiệm hệ thống dự báo tổ hợp cho cơn bão Washi năm 2011.



Hình 5. Độ lớn bình phương trung bình của các nhiễu môi trường của trường gió và nhiệt trước và sau khi nuôi (a: TBN của trường gió trước khi nuôi, b: TBN của trường gió sau khi nuôi, c: TBN của trường nhiệt trước khi nuôi, d: TBN của trường nhiệt sau khi nuôi).

3.1. Nhiễu môi trường và nhiễu xoáy

Tiến hành thí nghiệm dự báo bão Washi tại thời điểm 12 giờ UTC ngày 13/12/2011 hạn 5 ngày. Để khảo sát biến đổi độ lớn của nhiễu trong chu kỳ nuôi, chúng tôi đã tính độ lớn trung bình bình phương của các nhiễu trên từng mực khí áp bằng công thức tính trung bình bình phương các nhiễu (TBN)

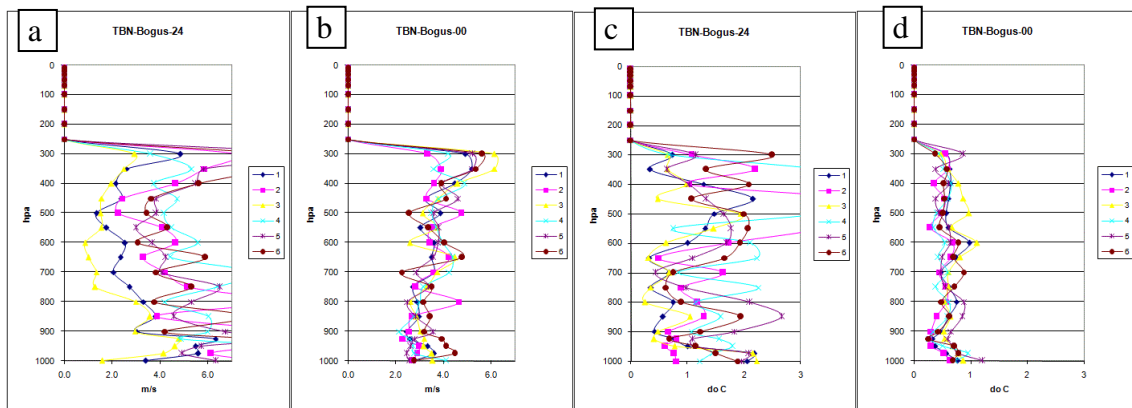
$$TBN = \frac{\sum_{i=1}^M A_i^2}{M} \quad (5)$$

M: số điểm trong miền dự báo; A_i nhiễu tại các điểm trong miền dự báo.

Nhiễu môi trường được tạo ra từ trường phân tích sau khi loại bỏ xoáy, miền tính của nhiễu môi trường là miền D (100 đến 150^oE, 5^oS đến 35^oN, 1000 đến 10 hpa). Kết quả tại thời điểm trước 24 giờ nhiễu trường nhiệt dao động với biên độ lớn, cụ thể tại mực 400 hpa

chênh lệch TBN của nhiệt độ nhiễu 2 với nhiễu 3 là 1 độ C (hình 5 c). Trong khi, chênh lệch TBN của 2 nhiễu này sau khi nuôi chỉ khoảng 0.2 độ. Tương tự như trường nhiệt, TBN giữa 6 nhiễu của trường gió trước khi nuôi cũng có biên độ dao động lớn hơn so với TBN của các nhiễu sau khi nuôi.

Nhiễu xoáy được tạo ra từ vùng được xác định cài xoáy giả, miền tính của nhiễu môi trường là miền D1 (vùng cài xoáy giả, 1000 đến 300 hpa). Giống nhiễu môi trường, các giá trị 3 đến TBN nhiễu xoáy sau khi nuôi đưa các giá trị TBN về gần cùng một biên độ. Trong trường hợp nghiên cứu này, TBN của trường gió dao động từ 3 đến 4 m/s đối từ mực 1000 đến mực 400, từ mực 400 đến 300 hpa biên độ dao động của TBN từ 3 đến 6m/s. Với trường nhiệt, TBN thay đổi từ 0.5 đến 1 độ C tại mực 1000 đến 300 hpa.



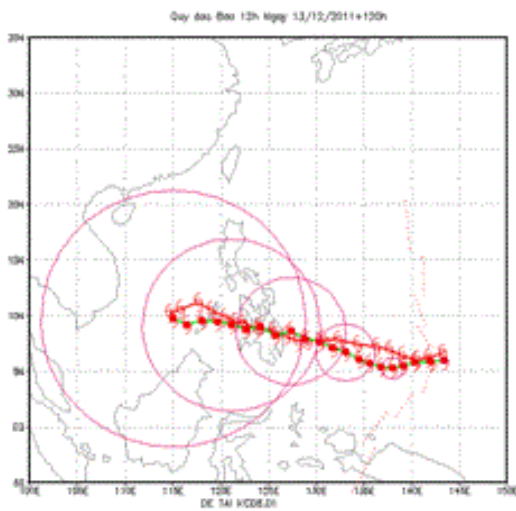
Hình 6. Độ lớn bình phương trung bình của các nhiễu xoáy của trường gió và nhiệt trước và sau khi nuôi (a: TBN của trường gió trước khi nuôi, b: TBN của trường gió sau khi nuôi, c: TBN của trường nhiệt trước khi nuôi, d: TBN của trường nhiệt sau khi nuôi).

3.2. Kết quả dự báo quỹ đạo bão 12 giờ UTC 13/12/2011

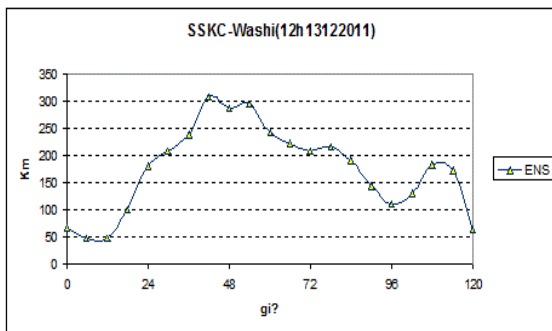
Sử dụng mô hình RAMS với 3 sơ đồ đối lưu, các trường ban đầu được tạo ra từ 6 nhiễu. Vì vậy, số thành phần tham gia tổ hợp là 39.

Kết quả trung bình tổ hợp (hình 7) dự báo trong 72 giờ đầu bão di chuyển chậm theo hướng tây (hơi chệch về phía nam trong 24 giờ đầu và di chuyển theo hướng tây bắc trong 24 giờ tiếp theo) thực tế quỹ đạo bão di chuyển

nhau về hướng tây nhưng hơi chệch lên phía bắc. Vì vậy, sai số trong 72 giờ đầu lớn (sai số 181 km trong 24 giờ đầu và 210 km với hạn 72 giờ, đặc biệt tại hạn 48 giờ sai số vị trí là 210 km). Tại các hạn dự báo tiếp theo, quỹ đạo tổ hợp trung bình dự báo khá phù hợp với quỹ đạo thực, sai số khoảng cách tại hạn 96 giờ là 110 km và hạn 120 giờ sai số khoảng cách chỉ là 60 km (hình 8).



Hình 7. Quỹ đạo thực (chấm tròn rộng) và dự báo (chấm tròn đặc) của cơn bão Washi 12 giờ UTC ngày 13/12/2011.



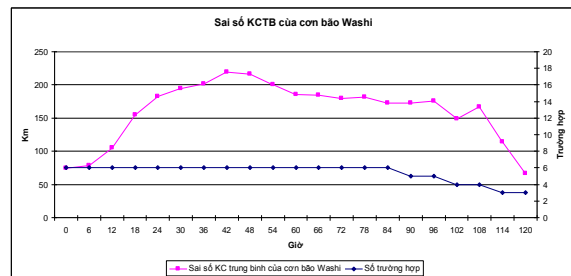
Hình 8. Sơ đồ sai số khoảng cách của cơn bão Washi tại thời điểm 12 giờ UTC ngày 13/12/2011.

3.3 Đánh giá kết quả dự báo quỹ đạo bão Washi

Bảng 2. Trường hợp thử nghiệm

| STT | Thời điểm tiến hành dự báo |
|-----|----------------------------|
| 1 | 12Z - 13/12/2011 |
| 2 | 00Z - 14/12/2011 |
| 3 | 12Z - 14/12/2011 |
| 4 | 00Z - 15/12/2011 |
| 5 | 12Z - 15/12/2011 |
| 6 | 00Z - 16/12/2011 |

So sánh kết quả sai số quỹ đạo trung bình các thành phần của hệ thống tổ hợp với quỹ đạo thực cho cơn bão Washi với 6 trường hợp được trình bày ở bảng 2.



Hình 9. Sơ đồ sai số khoảng cách trung bình của cơn bão Washi.

Kết quả đánh giá cho thấy hệ thống dự báo tổ hợp dự báo quỹ đạo cho cơn bão Washi rất tốt, sai số vị trí trong 96 giờ đầu chỉ vào khoảng 200 km, đặc biệt sai số khoảng cách với quỹ đạo thực tại thời điểm 120 giờ dưới 100 km. Tuy nhiên số trường hợp thử nghiệm còn ít, nên chưa khẳng định chính xác được khả năng dự báo của hệ thống. Vì vậy chúng tôi sẽ tiến hành đánh giá hệ thống trong các nghiên cứu tiếp theo.

4. Kết luận

Hệ thống tổ hợp dự báo quỹ đạo bão trên biển Đông đã kết hợp được các phương pháp hiện đại đang được sử dụng trên thế giới như: phương pháp kết hợp nuôi nhiều môi trường và nhiễu xoáy, sử dụng các sơ đồ vật lý của mô hình. Qua thử nghiệm với cơn bão Washi hoạt động tại khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương và Biển Đông của Việt Nam, bước đầu cho thấy tiềm năng của hệ thống dự báo tổ hợp quỹ đạo bão trên Biển Đông.

Tài liệu tham khảo

- [1] Truong, N. M., T.T. Tien, R.A. Pielke Sr., C.L. Castro, and G. Leoncini, 2009: A modified Kain-Fritsch scheme and its application for simulation of an extreme precipitation event in Vietnam. *Mon. Wea. Rev.*, 137, 766-789
- [2] Barkmeijer, J., R. Buizza, K. Puri, and J.-F. Mahfouf (2001). "Tropical singular vectors computed with linearized diabatic physics." *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 127: 685-708
- [3] Lorenz, E. N. (1963). "Deterministic nonperiodic flow." *J. Atmos. Sci.* 20: 131-140
- [4] Zhang, Z., and T. N. Krishnamurti (1999). "A perturbation method for hurricane ensemble predictions." *Mon. Wea. Rev.* 127: 447-469
- [5] Molteni, F., R. Buizza, T. N. Palmer, and T. Petroliagis (1996). "The ECMWF ensemble prediction system: Methodology and validation. ." *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* 122: 73-119
- [6] Zhang, Z., and T. N. Krishnamurti (1997). "Ensemble forecasting of hurricane tracks." *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 78: 2785-2795
- [7] Magnusson L, E. K. a. e., and J. Nycander (2008a). "Initial state perturbations in ensemble forecasting." *Nonlin. Processes Geophys.*, 15: 751-759
- [8] Saito K., H. S., M. Kunii and M. Hara, T. Hara and M. Yamaguchi (2008). "The WWRP Beijing Olympic 2008 RD Project." Meeting on the Study of data assimilation and evaluation of forecast reliabilities for dynamical prediction of heavy rainfall 2008/3/19 Meteorological Research Institute
- [9] Lorenz, E. N. (1969). "The predictability of a flow which possesses many scales of motion." *Tellus* 21: 289-307
- [10] Tribbia, J. J. a. D. P. B. (1988). "The reliability of improvements in deterministic short-range forecasts in the presence of initial state and modeling deficiencies." *Mon. Wea. Rev.* 116: 227-276
- [11] Toth, Z., E. K. (1993). "Ensemble forecasting at NMC." *Amer. Meteor. Soc.* 74: 2317-2330.
- [12] Toth, Z., E. K. (1997). "Ensemble Forecasting at NCEP and the Breeding Method." *Mon. Wea. Rev.* 125: 3297-3318.

Constructing breeding method for tropical cyclone in the East Sea for 5-day lead time

Cong Thanh, Tran Tan Tien

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

In this study, we introduce how to build an Ensemble Prediction System (EPS) based on breeding method and multi physical in the RAMS model. Perturbations of the environment and those of the vortex are first generated separately using the breeding of growing modes (BGM) method and then combined at each time. Results from the experimental Washi storm (2011) forecast in the East Sea by EPS for 5-day lead time show that, ensemble mean of tracking is equivalent with best track.

Keywords: Ensemble Prediction System, breeding method, tropical cyclone.