

# Đánh giá kết quả dự báo quỹ đạo bão ở Biển Đông hạn 5 ngày bằng hệ thống dự báo tổ hợp trên mô hình RAMS

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 nghiên cứu này, chúng tôi đánh giá sai số dự báo quỹ đạo bão từ hệ thống dự báo tổ hợp bão dựa trên phương pháp nuôi nhiều môi trường kết hợp nhiều xoáy với các sơ đồ vật lý khác nhau của mô hình RAMS và dự báo thử nghiệm cho 3 mùa bão 2009, 2010 và 2011. Kết quả dự báo quỹ đạo bão trung bình cho 3 năm với hạn 120 giờ có sai số khoảng cách khoảng 541 km. Bên cạnh đó, chúng tôi tiến hành thử nghiệm xây dựng vòng tròn dự báo, kết quả đánh giá khả năng dự báo bão của các vòng dự báo cho độ chính xác 82% với hạn 96 giờ và 94% với hạn 120 giờ.

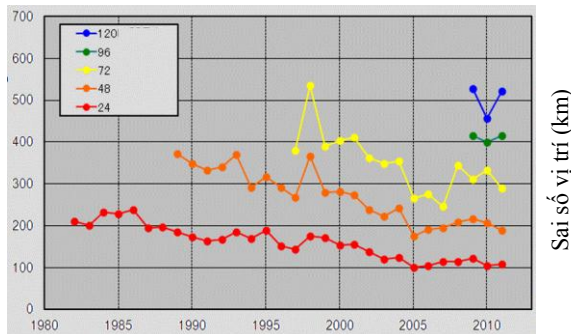
*Từ khóa:* Vòng tròn xác suất, dự báo tổ hợp, nuôi nhiều, bão.

## 1. Mở đầu

Ngày nay dự báo tổ hợp được sử dụng rộng rãi ở các trung tâm dự báo khí tượng lớn trên thế giới. Dự báo bằng phương pháp tổ hợp có thể thực hiện theo 3 cách, cách thứ nhất sử dụng các điều kiện ban đầu khác nhau cho một mô hình. Cách thứ hai là sử dụng cùng số liệu đầu vào nhưng với các phiên bản vật lý khác nhau của mô hình dự báo. Cách thứ ba sử dụng kết quả của các mô hình khác nhau với đầu vào khác nhau, hay còn gọi là phương pháp đa mô hình. Sản phẩm của dự báo tổ hợp cung cấp các thành phần tổ hợp. Các thành phần tổ hợp này chứa các sai số do sai số trường ban đầu và sai

số từ mô hình gây ra. Kết quả là trung bình tổ hợp cho kết quả tốt hơn bất kỳ thành phần riêng lẻ nào (Kalnay 2003) [1]. Độ mở tổ hợp trong các dự báo cần phải tương quan với kỹ năng dự báo tổ hợp trung bình (Loughe 1998), vì vậy chúng cung cấp dấu hiệu ban đầu của kỹ năng dự báo. Tập hợp các thành phần tổ hợp sẽ bao được trạng thái khí quyển thực trong hệ thống dự báo tổ hợp. Hiện nay trung tâm dự báo khí tượng Nhật Bản (JMA) dự báo bão nhiệt đới bằng cả hai cách tất định và xác suất. Với dự báo tất định, sai số khoảng cách thay đổi hàng năm, sai số khoảng cách được đánh giá năm gần nhất 2011 là 540 km/120 giờ (Hình 1).

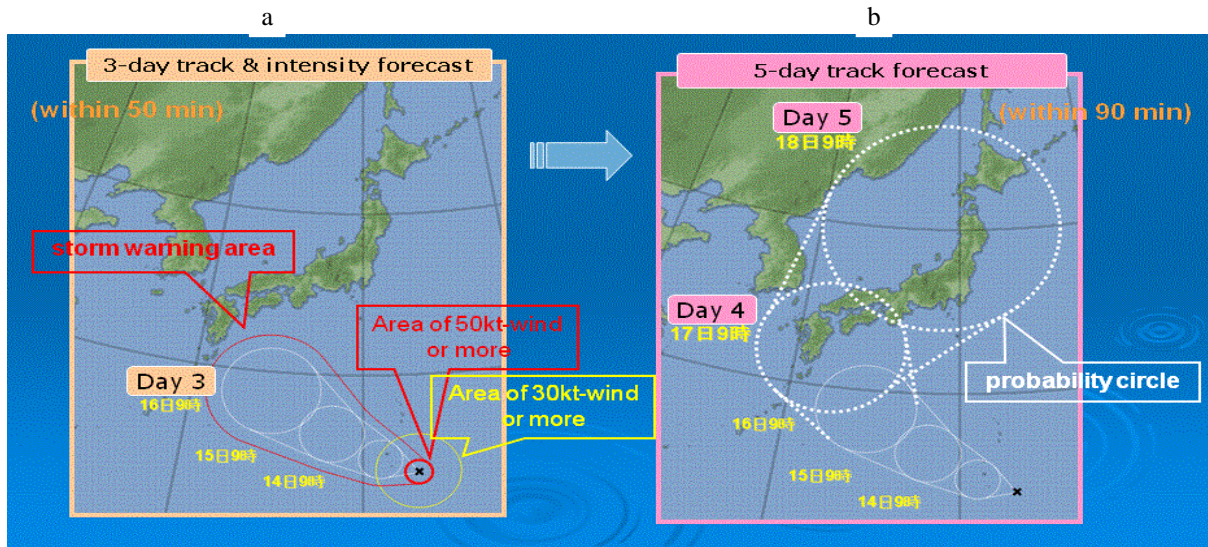
\* Tác giả liên hệ. ĐT: 84- 946180348  
E-mail: thanhc@vnu.edu.vn



Hình 1. Sai số dự báo quỹ đạo bão của hệ thống dự báo bất định của JMA (Yamaguchi 2012) [2].

JMA đã xây dựng kỹ năng dự báo xác suất xuất hiện của quỹ đạo và cường độ bão trong 3 ngày dựa trên các vòng tròn dự báo (Hình 2a). Quỹ đạo thực sẽ di chuyển vào các vòng tròn này với xác suất từ 70% trở lên tại một thời gian dự báo nhất định. Bán kính vòng tròn được xác định bằng phương pháp thống kê. Bán kính này là một hàm của thời gian dự báo, hướng di chuyển và tốc độ di chuyển của các cơn bão

trong những năm gần đây tại JMA (Mannoji 2004) [3]. Năm 2008, JMA bắt đầu sử dụng hệ thống dự báo tổ hợp bão (TEPS), họ đã chứng minh độ mở tổ hợp trong các dự báo tương quan với kỹ năng dự báo tổ hợp trung bình (Yamaguchi 2009) [4]. Tháng 4 năm 2009, hệ thống này bắt đầu dự báo quỹ đạo bão bằng các vòng tròn dự báo hạn 4 và 5 ngày (Hình 2b). Các vòng tròn dự báo tương tự vòng tròn xác suất 70% của các dự báo dưới 3 ngày. Tuy nhiên, vòng tròn này được xác định bằng cách sử dụng độ bất định của dự báo dựa trên độ mở tổ hợp (Kishimoto 2009) [5] của hệ thống dự báo tổ hợp bão của Nhật Bản. Để tiếp cận với các phương pháp dự báo bão mới trên thế giới, trong bài báo này, chúng tôi đánh giá sai số khoảng cách của hệ thống dự báo tổ hợp nuôi nhiều, xây dựng các vòng tròn dự báo và tìm xác suất xuất hiện của tâm bão thực trong vòng tròn dự báo được tạo ra.



Hình 2. Bản đồ dự báo xác suất quỹ đạo và cường độ bão hạn 3 và 5 ngày của hệ thống dự báo xác suất tại JMA (Yamaguchi 2012) [2].

1.1. Phương pháp đánh giá sai số dự báo khoảng cách

Giả sử mỗi trường hợp dự báo vị trí tâm bão chúng ta có N dự báo thành phần. Tọa độ tâm bão của dự báo tổ hợp (kinh độ và vĩ độ) được tính theo công thức (1):

$$F_{th} = \frac{\sum_{i=1}^N F_i}{N} \tag{1}$$

Trong đó:  $F_{th}$ : kết quả dự báo tổ hợp;  $F_i$ : dự báo thành phần i (kinh độ hoặc vĩ độ tâm bão dự báo); N: số thành phần tham gia tổ hợp

Để đánh giá sai số dự báo, chúng ta sử dụng công thức tính khoảng cách giữa tâm bão thực tế và tâm bão dự báo (2)

$$PE = R_e \cdot Arc\cos[\sin(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_2) + \cos(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_2) \cdot \cos(\beta_1 - \beta_2)] \tag{2}$$

Với  $R_e$  là bán kính Trái đất  $R_e = 6378,16$  km  $\alpha_1$  và  $\alpha_2$  là vĩ độ,  $\beta_1$  và  $\beta_2$  là kinh độ của tâm bão thực tế và tâm bão do mô hình dự báo sau khi đã đổi sang đơn vị radian.

Giá trị trung bình của sai số khoảng cách PE ở các kỳ dự báo j được tính bằng công thức (3):

$$MPE_j = \frac{\sum_{i=1}^n PE_{i,j}}{n} \tag{3}$$

1.2. Xây dựng và đánh giá xác suất vòng tròn dự báo

Theo giới thiệu của Kishimoto về cách xác định các vòng tròn dự báo, một trong các công cụ hỗ trợ dự báo bão của JMA (Kishimoto 2009) [6] gồm các bước như sau:

a) Tâm vòng tròn được xác định là vị trí tâm bão dự báo tổ hợp .

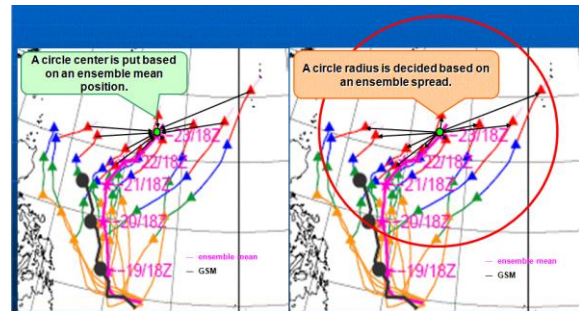
b) Bán kính của vòng tròn là độ mở tổ hợp tính theo công thức (4)

$$Spread = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (PE_i - PE_{mean})^2}{N}} \tag{4}$$

$PE_i$ : Sai số khoảng cách của dự báo thành phần

$PE_{mean}$ : Sai số khoảng cách trung bình

N: Số thành phần



Hình 3. Mô tả vòng tròn dự báo nguồn (Kishimoto 2009) [6].

c) Các vòng tròn có tâm là tọa độ tâm trung bình của các dự báo thành phần và bán kính là độ mở tổ hợp ( $O_{trung\text{bình}}$ , Spread). Để độ mở tổ hợp tăng dần theo thời gian dự báo thì bán kính của vòng tròn dự báo tại hạn dự báo sau sẽ bằng độ mở của hạn dự báo sau cộng với bán kính của hạn dự báo trước. Như vậy, mỗi lần dự báo, các vòng tròn xác suất tỷ lệ với độ mở tổ hợp (Hình 2).

Đánh giá xác suất bão đi vào các vòng tròn trên dựa trên tập số liệu quỹ đạo thực, tâm bão dự báo bằng phương pháp tổ hợp và độ mở của tổ hợp.

2. Số liệu để đánh giá

Chúng tôi xây dựng hệ thống dự báo tổ hợp quỹ đạo bão cho khu vực Biển Đông hạn 5 ngày. Cấu hình của hệ thống này được mô tả trong Bảng 1.

Bảng 1. Cấu hình hệ thống tổ hợp dự báo bão 5 ngày ở 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 môi trường và nhiều xoáy trên trường GFS
Nhiều vật lý	Mô hình RAMS với 3 sơ đồ (KUO, KF và KF cải tiến)
Các biến được nuôi	Gió và nhiệt độ
Số trường hợp thử nghiệm	88
Hạn dự báo	5 ngày

Hệ thống dự báo tổ hợp này được sử dụng để dự báo cho các cơn bão hoạt động tại Tây Bắc Thái Bình Dương và Biển Đông có vị trí quỹ đạo thực vượt qua 120 kinh độ Đông (hoạt động trên biển Đông) của các năm 2009, 2010 và 2011. Bộ số liệu này được mô tả tại Bảng 2, gồm 14 cơn bão, số lần thực hiện dự báo 88 trường hợp.

Bảng 2. Trường hợp thử nghiệm

Bão năm 2009			
STT	Tên	Ngày bắt đầu	Ngày kết thúc
1	CHANHOM	18z02052009	00z09052009
2	LINFA	06z17062009	12z22062009
3	GONI	00z11082009	12z09082009
4	MUJIGAE	12z08092009	00z12092009
5	KETSANA	00z25092009	06z30092009
6	PARMA	18z28092009	12z14102009
7	MIRINAE	18z26102009	12z02112009
Bão năm 2010			
8	CONSON	18z11072010	18z17072010
9	CHANTHU	00z18072010	06z23072010
Bão năm 2011			
10	HAIMA	00z19062011	18z24062011
11	NOCKTEN	06z25072011	15z30072011
12	NESAT	00z24092011	12z30092011
13	NALGAE	00z28092011	06z05102011
14	WASHI	00z15122011	18z19122011

Đã tiến hành đánh giá kết quả dự báo cho 88 trường hợp. Trung bình tổ hợp từ 39 thành phần được tạo ra từ hệ thống tổ hợp dự báo bão hạn 5 ngày. Tiếp theo, tiến hành xây dựng và tính xác suất của các vòng tròn dự báo.

### 3. Kết quả thí nghiệm

#### 3.1 Đánh giá kết quả dự báo quỹ đạo

Cấu hình của hệ thống dự báo tổ hợp quỹ đạo bão cho khu vực Biển Đông hạn 5 ngày được mô tả trong Bảng 1. Hệ thống dự báo tổ hợp này được sử dụng để dự báo cho các cơn bão hoạt động tại Tây Bắc Thái Bình Dương. Kết quả dự báo của mô hình luôn chứa sai số hệ thống, vì vậy chúng tôi tiến hành hiệu chỉnh bias tọa độ tâm bão (vĩ độ và kinh độ) cho các hạn dự báo theo công thức (5)

$$BIAS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i) \quad (5)$$

$F_i$ : Tọa độ tâm bão dự báo

$O_i$ : Tọa độ tâm bão thực.

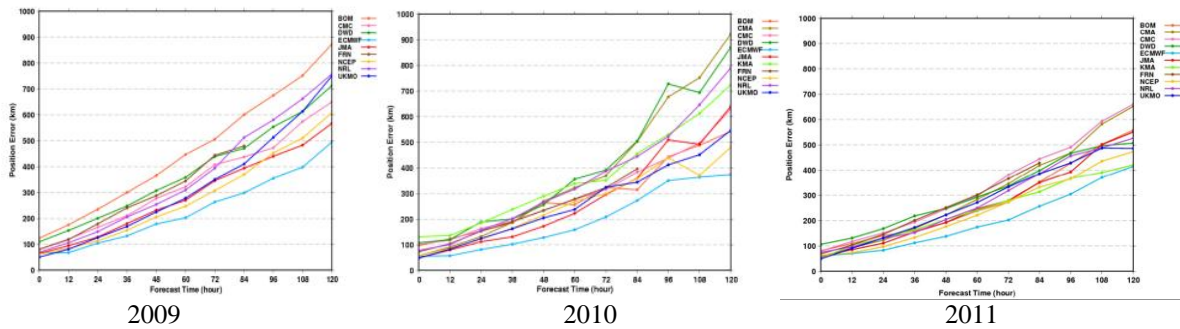
$N$ : Số trường hợp

Bảng 3. Sai số khoảng cách các cơn bão năm 2009, 2010, 2011

Hạn (giờ)	Số trường hợp	Sai số khoảng cách(km)	Sai số khoảng cách sau khi hiệu chỉnh bias (km)
24	88	151	120
48	87	273	203
72	84	365	278
96	73	470	406
120	55	568	541

Hiệu chỉnh bias được trình bày trong Bảng 3, kết quả sau khi hiệu chỉnh cho thấy: Tại các hạn dự báo 48 và 72 giờ, sai số dự báo vị trí bão sau khi hiệu chỉnh bias giảm tới 70 – 80 km.



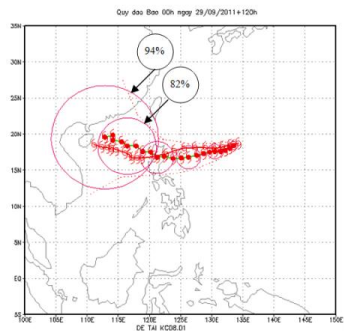


Hình 4. Sai số khoảng cách của hệ thống dự báo bão trên khu vực Tây Bắc Thái Bình dương của các trung tâm trên thế giới năm 2009, 2010, 2011 (nguồn (Shimokobe 2011)) [7].

Các kết quả sau khi hiệu chỉnh được so sánh kết quả sai số khoảng cách trung bình của hệ thống dự báo bão ở Việt Nam với các trung tâm trên thế giới (Hình 4) do tổ chức đánh giá mô hình số của Nhật Bản (WGNE), hệ thống cho kết quả sai số dự báo tại khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương tương đương với các nước trong khu vực và trên thế giới. Đặc biệt tại hạn dự báo 96 giờ sai số 406 km, và hạn 120 giờ sai số là 541 km tương đương với dự báo quỹ đạo bão của Nhật (Hình 4).

### 3.2 Đánh giá xác suất dự báo của các vòng tròn

Ngoài phương án dự báo bão bằng phương pháp tổ hợp trung bình dự báo các thành phần, chúng tôi còn tiến hành xây dựng những vòng tròn cảnh báo khả năng xuất hiện bão dựa trên sai số từ các thành phần tổ hợp. Các vòng tròn này được đưa ra tại các hạn dự báo 4 và 5 ngày (Hình 5).



Hình 5. Bản đồ xác suất của các vòng tròn dự báo hạn 96 và 120 giờ. Quỹ đạo thực là chấm tròn rộng, quỹ đạo dự báo trung bình tổ hợp là chấm tròn đặc.

Đánh giá xác suất xuất hiện của tâm bão trong vòng tròn tại các thời điểm, chúng tôi dựa trên bộ số liệu các cơn bão năm 2009, 2010 và 2011 từ Bảng 2 với phương pháp tính trình bày trong mục 2.2. Kết quả nhận được tại Bảng 4 cho thấy: Tại hạn dự báo 96 giờ, vòng tròn dự báo có tần suất xuất hiện 82%. Tại hạn 120 giờ, tâm bão thực xuất hiện trong vòng tròn dự báo có tần suất tới 94%.

Bảng 4. Bảng tần suất xuất hiện tâm bão trong vòng tròn ứng với các hạn dự báo bão [8]

Hạn (giờ)	Số trường hợp	Số lần xuất hiện	Xác suất (%)
96	73	60	82
120	55	52	94

## 4. Kết luận

Đánh giá bước đầu về hệ thống tổ hợp dự báo bão biển Đông trong các năm 2009, 2010 và 2011, kết quả cho thấy dự báo quỹ đạo trung bình của tổ hợp cho kết quả tương đương với dự báo của Nhật. Bên cạnh đó, hệ thống tổ hợp đưa ra các vòng tròn dự báo với độ chính xác cao ở các hạn dự báo 96 và 120 giờ. Kết quả đánh giá hệ thống tổ hợp bão của Việt Nam đã tiệm cận với dự báo khu vực.

### Lời cảm ơn

Đề tài hoàn thành nhờ sự trợ giúp từ đề tài cấp nhà nước KC08.01/11-15: “Xây dựng qui trình công nghệ dự báo quỹ đạo và cường độ bão trên khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương và Biển Đông hạn 5 ngày”

### Tài liệu tham khảo

- [1] Kalnay, E. *Atmospheric modeling, data assimilation and predictability*, Cambridge University Press, UK. (2003)
- [2] Shimokobe, A., Umezu H, Moriyasu S (2011). *WGNE intercomparison of Tropical Cyclone Track forecast, 2010*. 27th session of CAS/JSC WGNE, Oct. 2011, Boulder, USA
- [3] Mannoji, N. (2004). *Reduction of the Radius of Probability Circle in Typhoon Track Forecast*. Reports.
- [4] Yamaguchi, M., Ryota Sakai, Masayuki Kyoda, Takuya Komori, Takashi Kadowaki (2009). *Typhoon Ensemble Prediction System Developed at the Japan Meteorological Agency*. Mon. Wea. Rev. 137: 2592–2604
- [5] Kishimoto, K. (2009). *The latest products and tools provided by JMA*. Reports
- [6] Yamaguchi, M. (2012). *Japan Meteorological Agency and its Typhoon Forecasts*. Reports
- [7] Kishimoto, K. (2009). *JMA's Five-day Tropical Cyclone Track Forecast*. Reports
- Loughe, J. S. W. A. A. F. (1998). *The Relationship between Ensemble Spread and Ensemble Mean Skill*. Mon. Wea. Rev. 126: 3292-3302.

## Assessing ensemble prediction system ability to forecast TC track on 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 estimate distance error (PE) to forecast TC track with Ensemble Prediction System (EPS) using breeding method (BV) with 3 convective parameterization (KUO, KAIN-FRITSCH and modified KAIN-FRITSCH schemes) for 3 years (2009, 2010 and 2011). The number of cases is 88 for 5-day lead time. The perturbations of BV were combining with the perturbations of the environment and the vortex. Evaluation results show that, in the 120 hour forecast time, EPS has distance error of 541 km. Besides, we present tropical cyclone track forecasts with probability circles (PC) to indicate uncertainty of the forecasts. Initial assembling PC ability to forecast tropical cyclone track, a circular range in which a tropical cyclone is located with a probability of 82% at 96 hour forecast time and 94% at 120 hour forecast time.

*Keywords:* Probability circles, ensemble forecast, breeding method, tropical cyclone.