

Bài báo khoa học

# Đánh giá kĩ năng dự báo quỹ đạo bão của hệ thống mô hình tổ hợp

Trần Quang Năng<sup>1\*</sup>, Trần Tân Tiến<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia; trannang030984@gmail.com;

<sup>2</sup> Trường Đại học khoa học tự nhiên Hà Nội; tientt49@gmail.com

\* Tác giả liên hệ: trannang030984@gmail.com; Tel.: +84-936328136

Ban Biên tập nhận bài: 25/7/2020; Ngày phản biện xong: 18/8/2020; Ngày đăng bài: 25/9/2020

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày phương pháp đánh giá kĩ năng dự báo quỹ đạo bão cho hệ thống tổ hợp để đánh giá thông tin xác suất dự báo được vị trí đi qua của cơn bão (strike probability map) – hay sai số xác suất của quỹ đạo. Một số kết quả đã được áp dụng cho hai hệ thống dự báo tổ hợp khu vực SREPS (dựa trên mô hình WRF-ARW, WRF-NMM và HRM, sử dụng đa đầu vào GFS, GSM, GME, GEM và NOGAPS) và tổ hợp toàn cầu Var\_EPS của Trung tâm Dự báo thời tiết hạn vừa Châu Âu (ECMWF) cho một số cơn bão hoạt động trên Biển Đông và ảnh hưởng đến đất liền Việt Nam trong giai đoạn 2012–2016. Đối với dự báo tắt định từ sản phẩm dự báo trung bình tổ hợp, các kết quả cho thấy việc giảm sai số khi so sánh với dự báo quỹ đạo của từng thành phần đơn lẻ đối với cả hệ thống SREPS và Var\_EPS. Áp dụng phương pháp tính toán sai số xác suất dựa trên điểm số BS đã cho thấy kĩ năng dự báo quỹ đạo từ tổ hợp toàn cầu ổn định hơn so với dự báo tổ hợp khu vực.

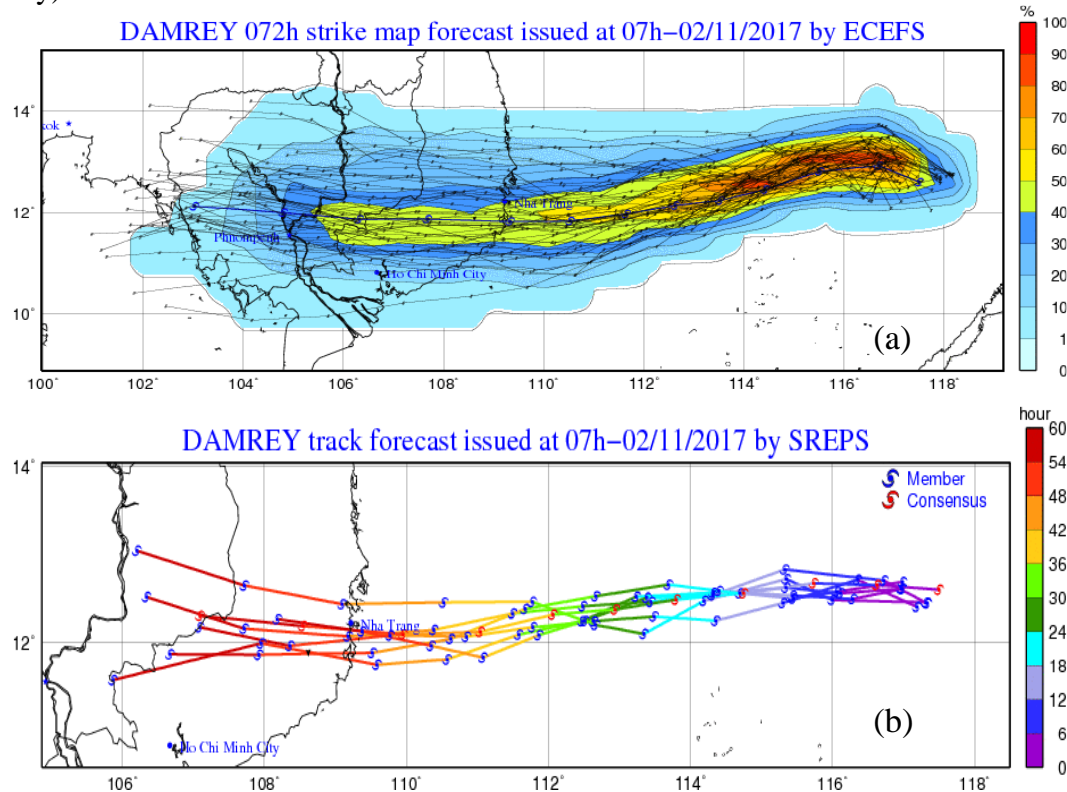
**Từ khóa:** Dự báo tổ hợp; Đánh giá kĩ năng dự báo xác suất quỹ đạo bão; SREPS; Var\_EPS.

## 1. Đặt vấn đề

Dự báo tổ hợp (*Ensemble Forecast-EF*) là một tập hợp dự báo xác định tại cùng một thời điểm (có thể được bắt đầu từ các điều kiện ban đầu khác nhau [1], thời điểm bắt đầu dự báo khác nhau, hoặc dựa trên các mô hình khác nhau) và hướng đến 3 mục đích: i) Tăng cường chất lượng dự báo thông qua trung bình tổ hợp (dự báo tắt định từ dự báo tổ hợp); ii) Cung cấp một chỉ số định lượng về độ tin cậy của dự báo (dự báo kĩ năng dự báo) và iii) Làm cơ sở cho dự báo xác suất (dự báo xác suất từ dự báo tổ hợp). Lý thuyết EF được đặt nền móng từ những năm 70 và bắt đầu đưa vào ứng dụng đầu những năm 90 của thế kỷ trước với mục đích sử dụng đầu tiên áp dụng cho dự báo hạn vừa trên quy mô hành tinh. Một số hệ thống dự báo tổ hợp (*Ensemble Prediction System-EPS*) nghiệp vụ điển hình như tại Trung tâm quốc gia dự báo môi trường của Mỹ (*NCEP-National Center for Environmental Prediction*) được sử dụng từ năm 1992 dựa trên phương pháp nuôi nhiều động phát triển nhanh (*BGM-Breeding of Growing Mode*) để tạo tập hợp các trường ban đầu khác nhau cho mô hình toàn cầu T126 với 28 mực thẳng đứng và tích phân tới 180 giờ [2], tại Trung tâm dự báo thời tiết hạn vừa Châu Âu (*ECMWF-European Center for Medium-range Weather Forecasts*), EPS cũng được đưa vào nghiệp vụ từ năm 1992 bằng việc sử dụng phương pháp tách vector kỳ dị để tạo nhiều động ban đầu [3]. EPS này hiện nay có tới 51 dự báo thành phần, thực hiện dự báo hàng ngày và cung cấp kết quả cho các nước trong Cộng đồng Châu Âu là thành viên của ECMWF. Ở quy mô vừa với các ứng dụng dựa trên mô hình khu vực

phân giải cao, các hệ thống tổ hợp quy mô vừa cũng được thiết lập, một trong những nghiên cứu điển hình trong vấn đề xây dựng hệ thống tổ hợp cho hạn 3–5 ngày [4].

Ứng dụng của EF đối với dự báo thời tiết nói chung và riêng dự báo bão đã mang lại những thông tin hết sức hữu ích như độ tán của dự báo quỹ đạo hay dự báo cường độ bão, qua đó cho phép xây dựng các kịch bản ứng phó và đánh giá được mức độ rủi ro trong việc ứng dụng các sản phẩm dự báo bão từ mô hình số. Hình 1 minh họa dự báo quỹ đạo bão tổ hợp từ hệ thống tổ hợp Var\_EPS của ECMWF (a) và hệ thống tổ hợp khu vực SREPS (b) đang chạy nghiệp vụ tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia cho cơn bão số 12 (Damrey) năm 2017.



**Hình 1.** Dự báo cơn bão số 12 (Damrey) năm 2017 từ các hệ thống dự báo tổ hợp SREPS (trái) và Var\_EPS (phải).

Việc đánh giá dự báo quỹ đạo bão từ dự báo tổ hợp khác với việc đánh giá dự báo quỹ đạo bão từ dự báo tất định (01 mô hình), ngoài việc đánh giá được sai số dự báo trung bình tổ hợp (ensemble mean) với ý nghĩa như một dự báo tất định, các thông tin liên quan đến độ tán của dự báo tổ hợp cũng cần được đánh giá, qua đó cho phép đánh giá được mức độ tin cậy của từng hệ thống dự báo tổ hợp trong ứng dụng dự báo bão.

Với mục tiêu đánh giá dự báo quỹ đạo bão từ dự báo tổ hợp, nghiên cứu này sẽ trình bày phương pháp đánh giá trong mục 2 cùng một số kết quả đánh giá cho hệ thống dự báo tổ hợp khu vực SREPS gồm 15 thành phần dựa trên mô hình WRF (NCEP, Mỹ) và HRM (DWD, Đức) và hệ thống dự báo tổ hợp toàn cầu Var\_EPS (ECMWF). Mô tả về hệ thống dự báo tổ hợp được trình bày trong phần 2 cùng phương pháp đánh giá kỹ năng dự báo xác suất quỹ đạo bão. Các kết quả chính được đưa ra trong phần 3.

## 2. Phương pháp đánh giá

### 2.1 Sai số dự báo quỹ đạo

Sai số dự báo quỹ đạo DPE (*Direct Possition Error*) là khoảng cách giữa vị trí tâm bão quan trắc (từ số liệu quỹ đạo chuẩn, nghiên cứu sử dụng dữ liệu từ Trung tâm khí tượng quốc tế chịu trách nhiệm cho khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương đặt tại Tokyo–RSMC Tokyo) và

vị trí tâm bão dự báo được lấy tại từng hạn dự báo. Với  $R_e$  là bán kính trái đất, kinh độ ( $lat$ ) và vĩ độ ( $lon$ ) của tâm bão dự báo từ mô hình, DPE được xác định trong hệ tọa độ cầu theo công thức (1) như sau [5]:

$$DPE = R_e \times \text{Arccos}\{\sin(lat_{\text{RSMC}}) \times \sin(lat_{\text{dự báo}}) + \cos(lat_{\text{RSMC}}) \times \cos(lon_{\text{RSMC}} - lon_{\text{dự báo}})\} \quad (1)$$

## 2.2 Phương pháp đánh giá kỹ năng dự báo xác suất tổ hợp

Gọi giá trị dự báo tại một hạn xác định của  $N$  thành phần dự báo là  $X_1, \dots, X_N$ , khi đó trung bình tổ hợp  $\bar{X}$  và độ tán  $\sigma_X$  tương ứng được tính theo công thức (2) và (3) như sau [6]:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N X_k \quad (2)$$

Với đặc trưng trung bình tổ hợp ta có thể áp dụng các sai số trung bình, sai số trung bình tuyệt đối sau khi có giá trị trung bình tổ hợp và xem như đây là dự báo từ mô hình. Đối với đặc trưng thứ hai thể sự khác biệt giữa dự báo tổ hợp và dự báo tất định. Dự báo từ các thành phần được sử dụng để đưa ra kết quả dưới dạng xác suất và có thể hiện kỹ năng của hệ thống dự báo tổ hợp cho trước. Ngoài ra, độ tán của hệ tổ hợp với khả năng phủ được tối đa không gian nghiệm thực sẽ đặc trưng cho một hệ tổ hợp có độ tin cậy cao hoặc hệ tổ hợp có kỹ năng dự báo. Đối với đánh giá kỹ năng dự báo quỹ đạo cho hệ thống tổ hợp, khi đánh giá sản phẩm dự báo quỹ đạo từ hệ thống tổ hợp của ECMWF [8–9] để đánh giá sản phẩm dự báo tổ hợp bão tại Cơ quan khí tượng Vương quốc Anh [9]. Các công trình này đề xuất sử dụng điểm số BS (*Brier Score*) để đánh giá xác suất dự báo được vị trí đi qua của cơn bão (*Strike probability map*) hay sai số xác suất của quỹ đạo. Khi áp dụng cần phải thực hiện quá trình tiền xử lý để biến đổi dự báo xác suất quỹ đạo thành dạng đánh giá hiện tượng dự báo. Quá trình xử lý này phát sinh khái niệm về vòng tròn tin cậy của dự báo quỹ đạo. Để minh họa phương pháp một cách cụ thể, ứng với một vị trí quan trắc bão ở hạn dự báo 24h là 15°N; 110°E và ta định nghĩa một vòng tròn tin cậy ở hạn 24h có bán kính là 50 km, khi đó bất kỳ thành phần dự báo nào dự báo vị trí ở hạn 24h rơi vào bên trong đường tròn này được gán là có xảy ra hiện tượng dự báo đúng. Một minh họa tổng quát được đưa ra trong Hình đối với trường hợp dự báo tổ hợp gồm 21 thành phần cho cơn bão Krosa lúc 12z ngày 30/10/2013. Thông tin về hệ thống dự báo 21 thành phần được tham khảo tại [10].

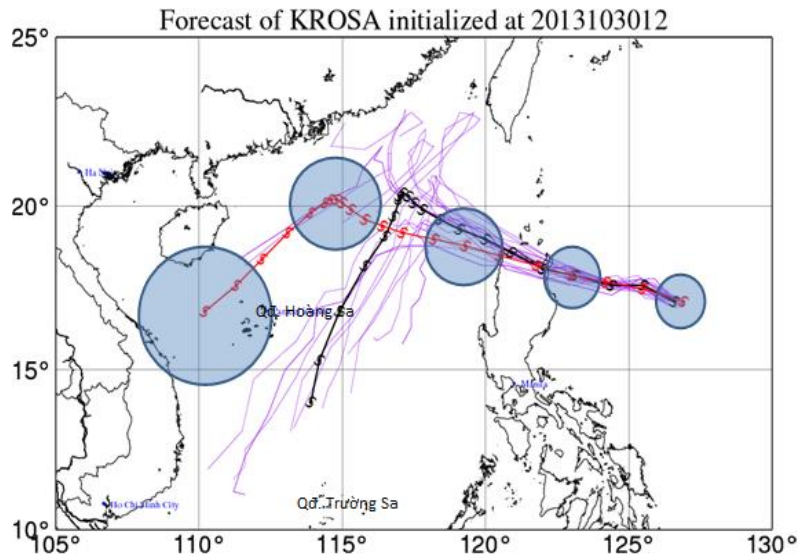
Với minh họa theo hình 2 trên, trong tổng số 21 thành phần dự báo, nếu có 7 thành phần dự báo đi vào vòng tròn nêu trên thì xác suất dự báo là 7/21, xấp xỉ 33%. Các giá trị điển hình cho bán kính vòng tròn để xác định quỹ đạo dự báo đúng được đặt khác nhau tùy theo từng hạn dự báo, ví dụ đối với hạn dự báo 120h bán kính dùng để đánh giá sản phẩm ECMWF là 65 nm, xấp xỉ 130 km [9]. Thông thường các giá trị bán kính này có thể lấy xấp xỉ bằng 25%–30% so với các sai số trung bình quỹ đạo điển hình hiện nay, cụ thể với hạn trước 72h là 30 km, 96h là 100 km và 120h là 120 km [8–9].

Việc xem xét kỹ năng dự báo xác suất sẽ bổ sung thêm thông tin về chất lượng của hệ thống tổ hợp bên cạnh việc đánh giá trực tiếp như sai số trung bình tuyệt đối của các đặc trưng trung bình tổ hợp. Ví dụ tại một thời điểm dự báo, có thể có 40% số thành phần dự báo tốt vị trí, tuy nhiên 60% còn lại có sai số rất lớn sẽ kéo theo sai số lớn của chỉ số trung bình tuyệt đối nhưng trong tính toán sai số kỹ năng rõ ràng vẫn giữ được thông tin nắm bắt được của các thành phần tổ hợp này. Sau khi có các giá trị xác suất rơi vào từng vòng tròn tin cậy, sai số xác suất sẽ được xác định từ chỉ số BS (*Brier Score*) có dạng:

$$BS = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (p_k - o_k)^2 \quad (4)$$

Trong đó  $N$  là số trường hợp dự báo,  $p_k$  là xác suất dự báo của trường hợp dự báo thứ  $k$  đối với quan trắc  $o_k$ . Ví dụ nếu áp dụng tính toán chỉ số BS trong dự báo xảy ra hiện tượng mưa, quan trắc  $o_k$  sẽ bao gồm cả hiện tượng xảy ra (bằng 1) và không xảy ra (bằng 0), tuy

nhiên đối với đánh giá quỹ đạo bão chỉ xem xét trên các vị trí bão đi qua theo quỹ đạo chuẩn xác định được, hay hiện tượng quan trắc là luôn xảy ra để tham chiếu tính toán xác suất dự báo  $p_k$ . Chỉ số BS là hoàn hảo khi có giá trị bằng 0 và có kỹ năng thấp khi bằng 1.



**Hình 2.** Minh họa các vòng tròn để chuyển đổi dự báo quỹ đạo thành hiện tượng dự báo đúng sai phục vụ tính toán chỉ số BS. Đường đỏ là quỹ đạo bão chuẩn, đường đen là quỹ đạo trung bình tổ hợp, đường tím là dự báo quỹ đạo từ các thành phần tổ hợp [10].

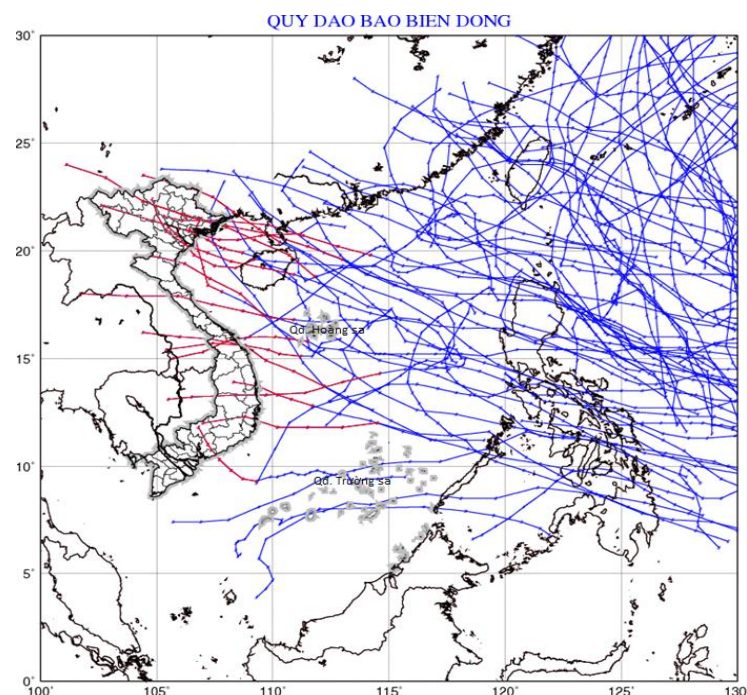
### 2.3 Danh sách cơn bão đánh giá

Trong nghiên cứu sử dụng số liệu quỹ đạo bão chuẩn của Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia. Chi tiết các cơn bão và các thời điểm dự báo được đưa ra trong bảng 1 và minh họa cụ thể quỹ đạo bão chuẩn trong hình 3. Các đánh giá thực hiện đến hạn dự báo 3 ngày (72h).

**Bảng 1.** Danh sách cơn bão năm 2012–2016.

	Tên bão	Thời điểm bắt đầu dự báo	Thời điểm kết thúc dự báo
2012	TALIM	2012061800	2012061900
	DOKSURI	2012062800	2012062900
	VICENTE	2012072012	2012072400
	KAI-TAK	2012081500	2012081700
	TEMBIN	2012082312	2012082612
	GAEMI	2012092900	2012100512
	SON-TINH	2012102412	2012102800
	BOPHA	2012120500	2012120800
	WUKONG	2012122700	2012122800
	SONAMU	2013010312	2013010412
	BEBINCA	2013062100	2013062212
	RUMBIA	2013070100	2013070100
	CIMARON	2013071712	
	JEBI	2013073100	2013080212
2013	MANGKHUT	2013080612	2013080700
	UTOR	2013081112	2013081412
	USAGI	2013092012	2013092200
	WUTIP	2013092712	2013093000
	NARI	2013101112	2013101412
	KROSA	2013103100	2013110312
	HAIYAN	2013110812	2013110912
2014	HAGIBIS	2014061412	

	Tên bão	Thời điểm bắt đầu dự báo	Thời điểm kết thúc dự báo
2015	RAMMASUN	2014071512	2014071900
	KALMAEGI	2014091400	2014091612
	FUNG-WONG	2014091900	
	SINLAKU	2014112800	2014112812
	HAGUPIT	2014120812	2014121100
	JANGMI	2014123012	2014123100
	KUJIRA	2015062100	2015062312
	LINFA	2015070500	2015070812
	VAMCO	2015091400	
	DUJUAN	2015092800	
	MUJIGAE	2015100200	2015100400
	MELOR	2015121500	
	NEPARTAK	2016070712	2016070800
	MIRINAE	2016072612	
	NIDA	2016073100	2016080112
2016	DIANMU	2016081800	2016081812
	MERANTI	2016091312	
	AERE	2016100600	2016100900
	SARIKA	2016101512	2016101800
	HAIMA	2016101912	2016102012
	TOKAGE	2016112500	2016112700
	NOCK-TEN	2016122600	2016122700



**Hình 3.** Quỹ đạo bão của các cơn bão được đánh giá trong giai đoạn 2012–2016.

## 2.4 Các hệ thống dự báo tổ hợp

Được đưa vào nghiệp vụ từ những năm 2000, hệ thống dự báo tổ hợp khu vực tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia được phát triển trên cách tiếp cận đa mô hình đa phân tích (*Multi-Model Multi-Analysis*) để xây dựng hệ thống dự báo tổ hợp thời tiết hạn ngắn cho khu vực Việt Nam–SREPS (*Short-Range Ensemble Prediction System*). Để đảm bảo việc tính toán được các nguồn bất định từ trường ban đầu (giả thiết rằng sự khác biệt trong các trường phân tích của các mô hình toàn cầu khác nhau mô tả các nguồn bất định trong trường ban đầu) và từ mô hình (giả thiết rằng các dự báo khác nhau được tạo ra bởi các

mô hình số khu vực khác nhau sẽ mô tả nguồn bất định do mô hình). Các mô hình khu vực được sử dụng gồm WRF với nhân động lực ARW (kí hiệu là WRF–ARW) và WRF với nhân động lực NMM (kí hiệu là WRF–NMM) và mô hình HRM. Các nguồn dự báo điều kiện biên khác nhau gồm mô hình GFS, GSM, GME, GEM và NOGAPS. Chi tiết về hệ thống SREPS được mô tả đầy đủ tại [5]. Dự báo SREPS được lưu trữ đến hạn 60h nên các đánh giá trong nghiên cứu này chỉ thực hiện cho SREPS đến hạn 60h. Từ năm 2010, hệ thống SREPS từ năm có độ phân giải ngang xấp xỉ 16 km. Cuối năm 2019, hệ thống SREPS được thay thế dựa trên toàn bộ việc sử dụng mô hình WRF–ARW với cấu hình đa vật lý, chi tiết có thể xem trong [11]. Từ cuối năm 2011, Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia đã bắt đầu mua được số liệu dự báo toàn cầu, bao gồm sản phẩm tất định và tổ hợp từ Trung tâm dự báo hạn vừa Châu Âu (ECMWF) [12]. Hệ thống dự báo tổ hợp toàn cầu của ECMWF, kí hiệu là Var\_EPS, bao gồm 51 thành phần dự báo. Hệ thống Var\_EPS từ năm 2014 có độ phân giải ngang xấp xỉ 28 km và năm 2020 đã xuống còn 16 km. Chi tiết về hệ thống Var\_EPS được mô tả trong nghiên cứu “Nghiên cứu ứng dụng số liệu dự báo của Trung tâm Dự báo thời tiết hạn vừa Châu Âu để nâng cao chất lượng dự báo hạn tháng và hạn mùa cho khu vực Việt Nam” [12].

### 3. Kết quả

Trước hết, sai số quỹ đạo DPE của dự báo tất định và trung bình tổ hợp được tính toán và các kết quả được đưa ra tại các bảng 2–4. Các kết quả cho thấy rõ ưu điểm của dự báo quỹ đạo từ sản phẩm Châu Âu, từ dự báo tất định IFS, đến trung bình tổ hợp (EM). Sai số của các mô hình toàn cầu nằm trong khoảng từ 80–100 km đối với hạn 24h, 100–150 km cho hạn dự báo 48h và 150–250 km cho hạn 72h. Sai số của trung bình tổ hợp giảm từ 10–15% so với dự báo tất định. Hai thành phần của hệ SREPS có sai số khá lớn, thậm chí lớn hơn khá rõ các mô hình toàn cầu. Đặc biệt thành phần WRF–ARW sử dụng điều kiện biên GSM và ngay bản thân mô hình GSM cũng cho sai số quỹ đạo khá lớn, thể hiện ở hạn 48h (Bảng 3). Sai số quỹ đạo từ mô hình GFS và GSM khi so sánh với hai thành phần WRF–GFS và WRF–GSM cho thấy vai trò của điều kiện biên từ mô hình toàn cầu là khá lớn trong bài toán dự báo quỹ đạo bão cho các mô hình khu vực. Trong đánh giá về kĩ năng dự báo cường độ bão trên khu vực Biển Đông [13] cho thấy thấy mặc dù các dự báo từ mô hình khu vực có thể cải thiện dự báo cường độ bão một cách rõ rệt, tuy nhiên dự báo quỹ đạo bão có kĩ năng thấp hơn so với các hệ thống toàn cầu. Nguyên nhân chủ yếu liên quan đến khả năng mô phỏng các tương tác quy mô lớn với bão tốt hơn trong hệ thống toàn cầu.

**Bảng 2.** Sai số dự báo các mô hình toàn cầu hạn 24h, và trung bình tổ hợp (EM) của hai hệ thống dự báo toàn cầu (Var\_EPS) và khu vực (SREPS).

	24h						
	IFS	GFS	GSM	WRF– GFS	WRF– GSM	EM–Var– EPS	EM– SREPS
2012	80,80	101,7	106,6	111,2	116,6	77,72	99,68
2013	60,40	69,40	86,40	71,65	89,07	60,02	66,65
2014	76,10	78,20	91,50	82,73	102,6	70,55	89,12
2015	59,10	65,90	69,40	67,33	78,24	57,95	61,72
2016	53,20	53,90	74,20	54,82	81,51	45,28	65,15

**Bảng 3.** Tương tự bảng 2 nhưng cho hạn dự báo 48h.

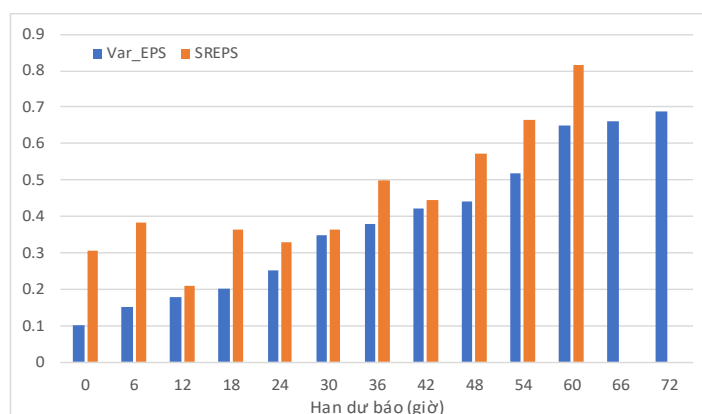
	48h						
	IFS	GFS	GSM	WRF– GFS	WRF– GSM	EM–Var– EPS	EM– SREPS
2012	139,40	157,70	171,20	158,14	176,57	137,03	160,49
2013	102,60	124,90	164,00	130,18	142,50	99,37	154,42
2014	119,80	110,30	148,90	112,65	124,02	112,19	118,94

	48h						
	IFS	GFS	GSM	WRF– GFS	WRF– GSM	EM–Var– EPS	EM– SREPS
2015	126,60	155,00	121,50	159,95	125,64	119,85	139,90
2016	82,40	108,40	163,90	112,76	171,82	79,55	128,59

**Bảng 4.** Tương tự bảng 2 nhưng cho hạn dự báo 72h.

	IFS	GFS	GSM	EM–Var–EPS
2012	295,30	237,70	243,50	286,97
2013	174,20	236,60	160,00	167,10
2014	161,40	188,40	143,70	153,74
2015	160,30	202,70	174,70	154,08
2016	163,50	220,80	86,20	156,80

Đánh giá về kỹ năng dự báo xác suất của hai hệ SREPS và Var\_EPS, hình 4 đưa ra chỉ số BS tính toán chi tiết ở từng thời đoạn 6h một. Do sản phẩm SREPS chỉ có đến 60h nên chỉ thực hiện đánh giá đến hạn này. Đối với hệ thống dự báo tổ hợp gồm 51 thành phần của Trung tâm hạn vừa Châu Âu ECMWF, chỉ số BS có giá trị trung bình từ 0,2–0,5 cho các hạn đến 48h và từ 0,5 đến 0,7 cho các hạn sau 48h. Trong 24h đầu, kỹ năng dự báo từ các mô hình khu vực khá thấp, độ tán quá rộng so với thực tế xuất phát từ việc sử dụng các mô hình khác nhau và các điều kiện biên độc lập, khi đó tâm phân tích và tâm dự báo của SREPS có sự khác biệt rõ rệt ở hạn đến 24h. Tuy nhiên, kỹ năng dự báo ở hạn 48h khá tương đương với kỹ năng của tổ hợp Châu Âu, nằm trong khoảng từ 0,4–0,6. Ở thời hạn dự báo 3 ngày thấy rõ sự ổn định khi sử dụng thông tin từ hệ thống dự báo tổ hợp Châu Âu. Như vậy có thể thấy, thông qua đánh giá hệ thống SREPS, việc áp dụng phương pháp tổ hợp cho phép giảm sai số dự báo của từng thành phần và cho phép cung cấp được dự báo có độ tin cậy hơn với việc sử dụng từng thành phần riêng lẻ.



**Hình 4.** Chỉ số BS đánh giá kỹ năng dự báo xác suất theo hạn dự báo của hệ thống SREPS và Var\_EPS giai đoạn 2012–2016.

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu đã trình bày phương pháp đánh giá kỹ năng dự báo quỹ đạo cho hệ thống tổ hợp sử dụng điểm số BS (*Brier Score*). Một số kết quả áp dụng cho hai hệ thống dự báo tổ hợp khu vực SREPS và tổ hợp toàn cầu của Trung tâm Dự báo khí tượng hạn vừa Châu Âu cho một số cơn bão hoạt động trên Biển Đông và ảnh hưởng đến lãnh thổ Việt Nam trong năm 2012–2016. Các kết quả đánh giá cho thấy, dự báo trung bình tổ hợp đối với cả khu vực và toàn cầu đều cho phép giảm sai số khi sử dụng dự báo quỹ đạo của từng thành phần đơn lẻ. Sai số của các mô hình toàn cầu nằm trong khoảng từ 80–100 km đối với hạn 24h, 100–150 km cho hạn dự báo 48h và 150–250 km cho hạn 72h. Đối với đánh giá kỹ năng dự báo quỹ đạo, dự báo từ hệ thống tổ hợp toàn cầu ổn định và có kỹ năng hơn so với dự báo tổ

hợp khu vực, đặc biệt ở hạn 24h giờ đầu. Ở hạn 48h có kỹ năng khá tương đồng, tuy nhiên ở hạn sau 48h, hệ thống toàn cầu cho thấy kỹ năng tốt hơn. Một trong những nguyên nhân ngoài việc số thành phần của hệ thống khu vực ít hơn so với toàn cầu, nguyên nhân chính còn nằm ở khả năng mô phỏng các tương tác quy mô lớn với bão tốt hơn trong hệ thống toàn cầu.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: T.Q.N., T.T.T.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: T.Q.N., T.T.T.; Xử lý số liệu: T.Q.N.; Viết bản thảo bài báo: T.Q.N.; Chỉnh sửa bài báo: T.Q.N., T.T.T.

**Lời cam đoan:** Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

### **Tài liệu tham khảo**

1. Kalnay, E. Atmospheric modeling, data assimilation and predictability. Cambridge University Press, Cambridge, 2003.
2. Toth, Z.; Kalnay, E. Ensemble forecasting at NCEP and the Breeding method. *Mon. Wea. Rev.* **1997**, *125*, 3297–3319. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1997\)125<3297:EFANAT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1997)125<3297:EFANAT>2.0.CO;2).
3. Palmer, T.N.; Monteni, F.; Mureau, R.; Buizza, R.; Chapelet, P.; Tribbia, J. Ensemble prediction. ECMWF Technical Memorandum, 1992, pp. 188.
4. Molteni, F.; Marsigli, C.; Montani, A.; Nerozzi, F.; Paccagnella, T. A strategy for high-resolution ensemble prediction. Part I: Definition of representative members and global-model experiments. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* **2001**, *127*, 2069–2094. <https://doi.org/10.21957/ckrej99i3>.
5. Hòa, V.V. và cs. Nghiên cứu ứng dụng dự báo tổ hợp cho một số trường khí tượng dự báo bão. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, 2007, 117tr.
6. Thanh, C. Dự báo quỹ đạo bão ảnh hưởng đến Việt Nam hạn 5 ngày bằng phương pháp tổ hợp, sử dụng kỹ thuật nuôi nhiều. Luận án Tiến sĩ, Đại học Quốc gia Hà Nội, 2014.
7. Wilks, D.S. Statistical Methods in the Atmospheric Sciences, Academic Press, 2006, pp. 704.
8. Grijn, V.D. 2002. Tropical cyclone forecasting at ECMWF: New products and validation. ECMWF Tech. Memo. 2002, pp. 386.
9. Heming, J.T. Tropical cyclone ensemble forecast product development and verification at the Met Office. The 26<sup>th</sup> Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, Miami, FL. *Amer. Meteor. Soc.* **2004**, 5C.6.
10. Tiến, D.Đ. Khảo sát mối quan hệ giữa kỹ năng mô phỏng quỹ đạo bão và cường độ bão cho khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương bằng hệ thống dự báo tổ hợp. Luận án tiến sĩ, Đại học quốc gia Hà Nội, 2017.
11. Tiến, D.Đ.; Cường, H.Đ.; Hưng, M.K.; Lâm, H.P. Đánh giá tác động của việc sử dụng tham số hóa đối lưu trong dự báo đợt mưa lớn tháng 7 năm 2015 trên khu vực Bắc Bộ bằng mô hình phân giải cao. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, *699*, 1–8. [https://doi.org/10.36335/VNJHM.2019\(699\).1–8](https://doi.org/10.36335/VNJHM.2019(699).1–8).
12. Hòa, V.V. và cs. Nghiên cứu ứng dụng số liệu dự báo của Trung tâm Dự báo thời tiết hạn vừa Châu Âu để nâng cao chất lượng dự báo hạn tháng và hạn mùa cho khu vực Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ, 2016, 129tr.
13. Tiến, D.Đ.; Thành, N.Đ.; Chánh, K.Q.; Hằng, N.T. Khảo sát sai số dự báo và kỹ năng dự báo quỹ đạo và cường độ bão của các trung tâm dự báo và các mô hình động lực trên khu vực Biển Đông. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2016**, *661*, 17–23.

## **Skill validation of probability tropical cyclone track forecast in Bien Dong**

**Tran Quang Nang<sup>1\*</sup>, Tran Tan Tien<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> National Center for Hydrometeorological Forecasting; trannang030984@gmail.com;

<sup>2</sup> Ha Noi University of Science; tientt49@gmail.com

**Abstract:** This study presents the method of skill evaluating of probability forecast for tropical cyclone's track in Bien Dong by using the BS score (Brier Score). Some results apply to SREPS—a regional ensemble system (based on the WRF–ARW, WRF–NMM and HRM models, using multiple inputs GFS, GSM, GME, GEM, and NOGAPS) and the global ensemble system from European Center for Medium Meteorological Forecasting (ECMWF) for tropical cyclones operating in Bien Dong sea and affecting the territory of Vietnam in 2012–2016. The ensemble mean forecast allows for the reduction error in comparison with any individual member. The global ensemble system has more skill than regional ensemble system in term of probability forecast for tropical cyclone's tracks.

**Keywords:** Ensemble forecast for tropssical cyclone; Skill validation; SREPS; Var\_EPS.