

Bài báo khoa học

Phân bố sai số dự báo bão trên Biển Đông từ các mô hình số trị

Trần Như Quỳnh¹, Trần Tân Tiến², Trần Quang Năng^{1*}

¹ Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia; trannang030984@gmail.com; quynh199@gmail.com

² 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: 25/9/2020; Ngày phản biện xong: 18/11/2020; Ngày đăng bài: 25/11/2020

Tóm tắt: Bài báo tổng quan và đánh giá phân bố về mặt không gian sai số dự báo bão trên khu vực Biển Đông giai đoạn 2012–2016 từ các mô hình dự báo thời tiết số trị (NWP) quy mô toàn cầu đang được ứng dụng trong nghiệp vụ dự báo bão tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia hiện nay, bao gồm mô hình GFS (Hoa Kỳ), mô hình GSM (Nhật Bản) với độ phân giải 50km x 50km, mô hình IFS (Trung tâm Dự báo thời tiết hạn vừa Châu Âu, ECMWF) với độ phân giải 14km x 14km. Nghiên cứu sử dụng số liệu quỹ đạo chuẩn (best-track) của Trung tâm cảnh báo bão của Hải quân Hoa Kỳ (Joint Typhoon Warning Center – JTWC). Một lưới tính với độ phân giải 50km x 50km được thiết lập để xác định sai số trung bình trên từng ô lưới, qua đó đưa ra được phân bố về mặt không gian trên Biển Đông của cường độ bão và quỹ đạo bão của các mô hình này trong giai đoạn 2012–2016.

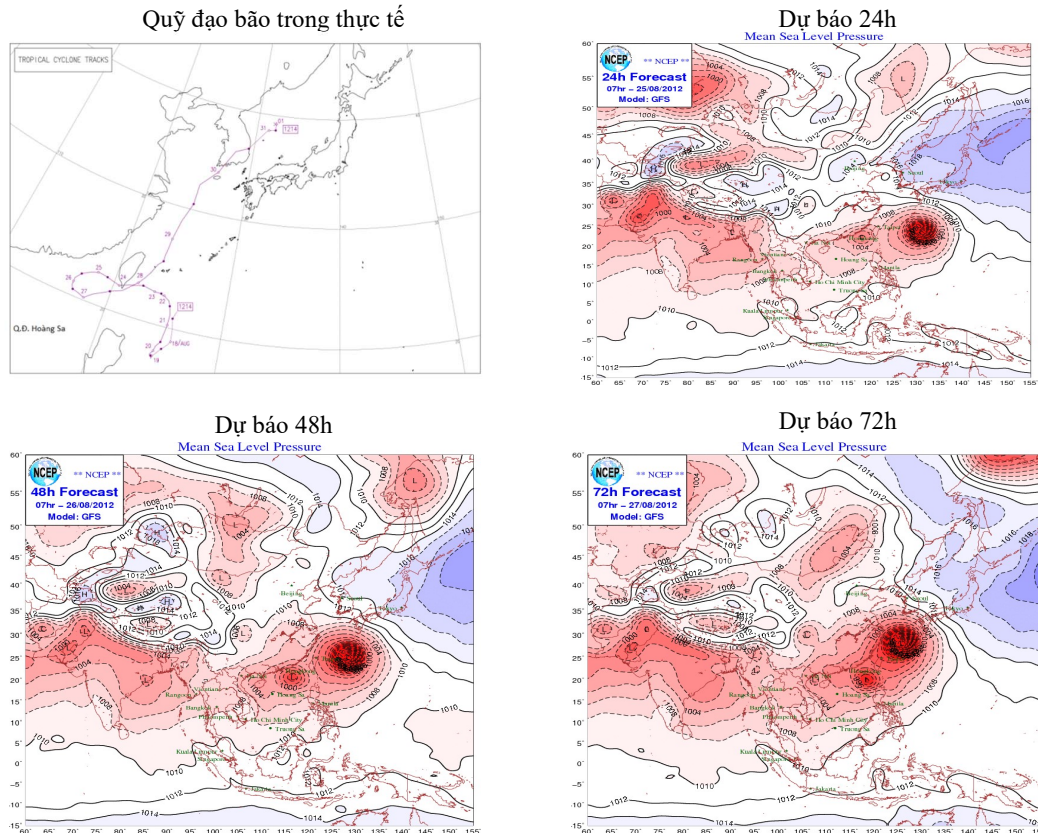
Từ khóa: Sai số dự báo bão trên Biển Đông; Phân bố sai số dự báo bão.

1. Đặt vấn đề

Các phương pháp cơ bản trong dự báo bão gồm: i) phương pháp Synop với bản chất dựa trên phân tích cơ chế động lực và tương tác giữa các trung tâm tác động đến bão, ii) phương pháp thống kê sử dụng số liệu quỹ đạo chuẩn nhiều năm để xây dựng phương trình thống kê trong dự báo quỹ đạo và cường độ bão (ví dụ xây dựng phương trình hồi quy tuyến tính với nhân tố quan trắc bão) và iii) phương pháp động lực sử dụng sản phẩm dự báo trường khí quyển từ các mô hình số [1, 2]. Phương pháp Synop dựa trên số liệu quan trắc truyền thống để thiết lập bản đồ bề mặt và trên cao, qua đó phân tích ảnh hưởng của các trung tâm tác động của quy mô lớn. Phương pháp thống kê dựa trên hai phương pháp chính gồm phương pháp quán tính (*persistence*) và phương pháp khí hậu (*climatology*). Phương pháp quán tính là phương pháp ngoại suy từ các thông số đã qua của cơn bão. Đây là phương pháp có hiệu quả tốt đối với thời đoạn dự báo ngắn xấp xỉ 12h. Phương pháp động lực (hoặc phương pháp số) là phương pháp tích phân các phương trình chuyển động thống trị trong khí quyển (hệ phương trình Navier–Stokes). Từ các mô hình chính áp (*barotropic*) đơn giản với giả thiết khí quyển khô (loại bỏ biến ẩm) đến mô hình phức tạp sau này với việc giải hệ phương trình đầy đủ, hiện nay các chuyển động quy mô lớn được những mô hình toàn cầu mô phỏng và dự báo khá tốt, qua đó mang lại kết quả dự báo quỹ đạo bão vượt bậc so với hai phương pháp trên, đặc biệt ở hạn sau 3 đến 10 ngày [3, 4].

Phương pháp động lực cho phép mô phỏng dự báo thành công các cơn bão có quỹ đạo hết sức phức tạp mà hai phương pháp trên không thể cung cấp, ví dụ như thời điểm tồn tại 2–3 cơn bão cùng một lúc cũng được mô hình toàn cầu nắm bắt (tồn tại hiệu ứng tương tác bão–

bão Fushiwa [1]). Ví dụ minh họa trong Hình 1 với dự báo cơn bão TEMBIN hoạt động trên Tây Bắc Thái Bình Dương và ảnh hưởng đến Biển Đông từ ngày 19 tháng 8 đến ngày 30 tháng 8 năm 2012, mô hình toàn cầu dự báo từ ngày 23/8/2012 trở đi đều mô phỏng được sự quay ngược quỹ đạo ra khỏi biển Đông của cơn bão này do ảnh hưởng của cơn bão BOLAVEN phía ngoài. Với đặc tính cung cấp dự báo một cách định lượng và chi tiết, hiện nay phương pháp dự báo số có vai trò lớn trong việc đưa ra những dự báo và cảnh báo hiện tượng thời tiết nói chung và dự báo bão nói riêng. Chất lượng dự báo từ mô hình số được cải thiện hết sức rõ rệt theo thời gian thông qua việc nâng lực máy tính có các bước tiến đột phá, tăng cường quan trắc thông qua vệ tinh thám sát tiên tiến và ứng dụng bài toán đồng hóa số liệu [5, 6].



Hình 1. Quỹ đạo chuẩn (trái ngoài cùng) và dự báo 3 ngày cơn bão TEMBIN của mô hình GFS.

Hiện nay trong nghiệp vụ dự báo bão tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia, 3 nguồn tham khảo chính bao gồm: i) từ các trung tâm dự báo quốc tế như JTWC của Hải quân Mỹ, RMSC của Nhật bản; ii) từ các mô hình dự báo toàn cầu gồm mô hình GFS của Mỹ và mô hình GSM của Nhật; iii) từ các mô hình khu vực hạ quy mô động lực từ các mô hình dự báo toàn cầu, ở đây gồm mô hình WRF (Mỹ) với biên điều khiển từ mô hình GFS (WRF–GFS) và biên điều khiển từ mô hình GSM (WRF–GSM) [7]. Từ năm 2012, Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia tiếp nhận thêm một nguồn dự báo từ mô hình IFS của Trung tâm Dự báo khí tượng hạn vừa Châu Âu–ECMWF [8]. Với những ưu điểm rõ rệt về dự báo bão nói chung và dự báo quỹ đạo bão nói riêng từ các nguồn dự báo mô hình động lực, việc đánh giá sai số dự báo bão từ các nguồn dự báo các mô hình số trị này sẽ cho phép biết được các thông tin về độ tin cậy khi ứng dụng trong nghiệp vụ và đây cũng là mục tiêu nghiên cứu của bài báo [9].

2. Phương pháp và tập số liệu nghiên cứu

2.1 Số liệu thử nghiệm

Trong nghiên cứu sử dụng số liệu quỹ đạo bão chuẩn (*best-track*) của Trung tâm cảnh báo bão JTWC của Hải quân Mỹ. Chi tiết các cơn bão và các phiên dự báo được đưa ra trong bảng 1. Các đánh giá thực hiện đến thời hạn dự báo 72h. Sử dụng số liệu quỹ đạo chuẩn của Trung tâm cảnh báo bão của JTWC, một lưới tính với độ phân giải 50km x 50km được thiết lập để xác định sai số trung bình trên từng ô lưới, qua đó đưa ra được phân bố về mặt không gian trên Biển Đông của sai số dự báo cường độ bão và quỹ đạo bão của các mô hình này trong giai đoạn 2012–2016.

Bảng 1. Các phiên dự báo của các cơn bão năm 2012–2016 hoạt động trên Biển Đông được đưa vào đánh giá cho các mô hình NWP.

Năm	Tên Bão theo quốc tế	Phiên dự báo đầu tiên (YYYY/MM/DD/HH)	Phiên dự báo kết thúc (YYYY/MM/DD/HH)
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
2013	CIMARON	2013071712	
	JEBI	2013073100	2013080212
	MANGKHUT	2013080612	2013080700
	UTOR	2013081112	2013081412
	USAGI	2013092012	2013092200
	WUTIP	2013092712	2013093000
	NARI	2013101112	2013101412
	KROSA	2013103100	2013110312
	HAIYAN	2013110812	2013110912
	HAGIBIS	2014061412	
2014	RAMMASUN	2014071512	2014071900
	KALMAEGI	2014091400	2014091612
	FUNG-WONG	2014091900	
	SINLAKU	2014112800	2014112812
	HAGUPIT	2014120812	2014121100
	JANGMI	2014123012	2014123100
	KUJIRA	2015062100	2015062312
	LINF A	2015070500	2015070812
2015	VAMCO	2015091400	
	DUJUAN	2015092800	
	MUJIGAE	2015100200	2015100400
2016	MELOR	2015121500	
	NEPARTAK	2016070712	2016070800
	MIRINAE	2016072612	

Năm	Tên Bão theo quốc tế	Phiên dự báo đầu tiên (YYYY/MM/DD/HH)	Phiên dự báo kết thúc (YYYY/MM/DD/HH)
	NIDA	2016073100	2016080112
	DIANMU	2016081800	2016081812
	MERANTI	2016091312	
	AERE	2016100600	2016100900
	SARIKA	2016101512	2016101800
	HAIMA	2016101912	2016102012
	TOKAGE	2016112500	2016112700
	NOCK-TEN	2016122600	2016122700

2.2 Sai số dự báo bão

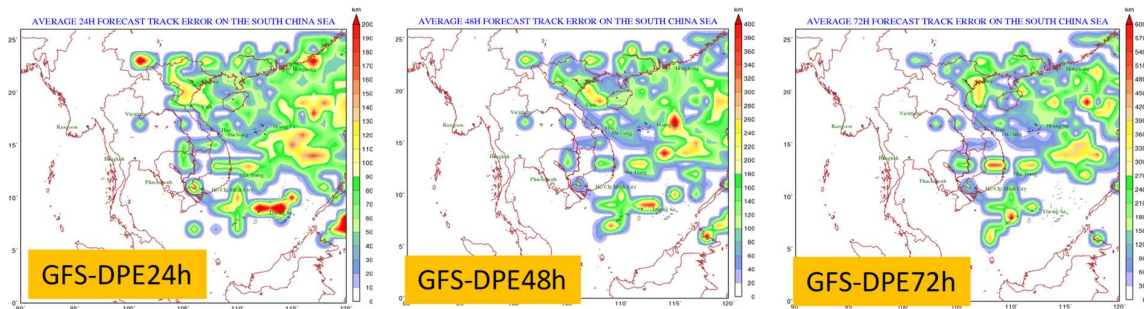
Sai số dự báo quỹ đạo *DPE* (*Direct Possition Error*) là khoảng cách giữa vị trí tâm bão quan trắc và vị trí tâm bão dự báo được tại từng thời hạn dự báo). Với R_e là bán kính Trái đất, kinh độ (lat) và vĩ độ (lon) của tâm bão dự báo từ mô hình, *DPE* được xác định trong hệ tọa độ cầu theo công thức (1) như sau [6]:

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

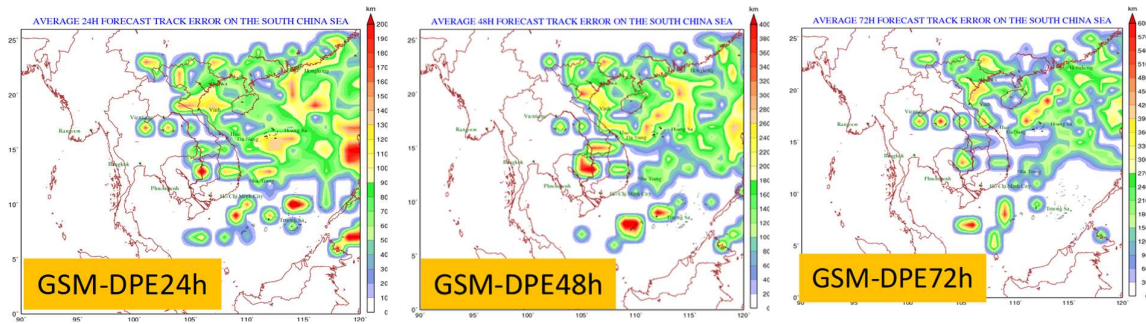
Sai số dự báo cường độ bão được xác định là sai số trung bình tuyệt đối giữa cường độ bão xác định từ các mô hình NWP và từ cường độ bão từ tập số liệu quỹ đạo bão chuẩn.

3. Kết quả

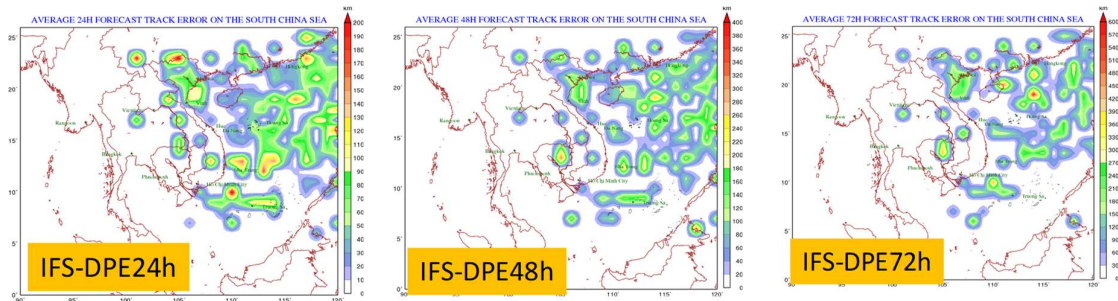
Trong hình 2, 3 và 4 đưa ra phân bố sai số dự báo quỹ đạo của mô hình GFS, GSM và IFS tại các thời hạn dự báo 24h, 48h và 72h. Có thể thấy rằng, khu vực sai số đặc biệt lớn khi bão đổ bộ vào khu vực ven biển các tỉnh Bắc Bộ tồn tại ở cả 3 thời hạn dự báo, khoảng 120–140 km với mô hình GFS hạn 24h, 180–260 km với hạn 48h và 300–380 km với hạn 72h. Đối với mô hình GSM, sai số nằm trong khoảng 120–130 km với hạn 24h, 220–260 km với hạn 48h và 360–420 km với hạn 72h. Đối với mô hình IFS, sai số nằm trong khoảng 120–130km với hạn 24h, 180–200 km với hạn 48h và 240–270 km với hạn 72h. Khu vực phía Bắc và giữa Biển Đông, đặc biệt khu vực phía Đông quần đảo Hoàng Sa cũng là khu vực có sai số quỹ đạo lớn. Trong 3 mô hình toàn cầu có thể thấy rõ được sai số thấp nhất từ mô hình IFS, với sai số hạn 72h có thể tương đương hạn 48h của các mô hình còn lại.



Hình 2. Phân bố sai số dự báo quỹ đạo của mô hình GFS tại các thời hạn dự báo 24h, 48h và 72h (Đơn vị km).



Hình 3. Phân bố sai số dự báo quỹ đạo của mô hình GSM tại các thời hạn dự báo 24h, 48h và 72h. (Đơn vị km).



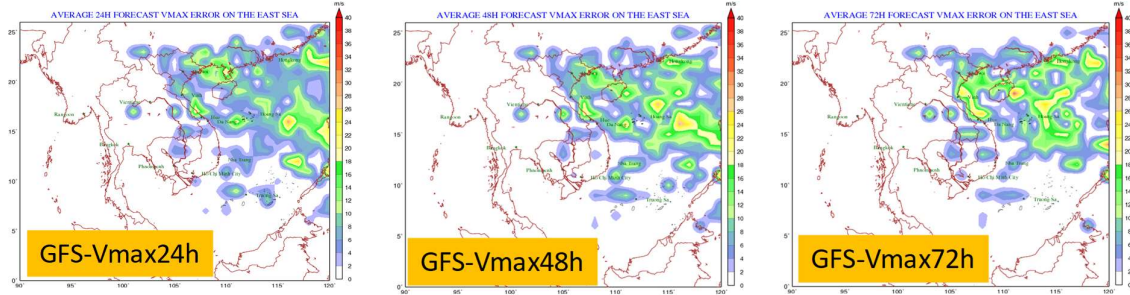
Hình 4. Phân bố sai số dự báo quỹ đạo của mô hình IFS tại các thời hạn dự báo 24h, 48h và 72h (Đơn vị km).

Trong hình 5, 6 và 7 đưa ra phân bố sai số dự báo cường độ của mô hình GFS, GSM và IFS tại các thời hạn dự báo 24h, 48h và 72h. Ta thấy rằng khu vực sai số đặc biệt lớn khi bão đổ bộ vào khu vực ven biển các tỉnh Đông Bắc Bộ và các tỉnh thuộc Bắc Trung Bộ và Trung Trung Bộ. Sai số cường độ bão đặc biệt lớn liên quan đến hai xu thế di chuyển của bão gồm qua phía Bắc đảo Hải Nam rồi đi vào vịnh Bắc Bộ và đổ bộ vào các tỉnh ven biển Đông Bắc Bộ và các cơn bão di chuyển phía dưới đảo Hải Nam ảnh hưởng đến khu vực Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ và Trung Trung Bộ.

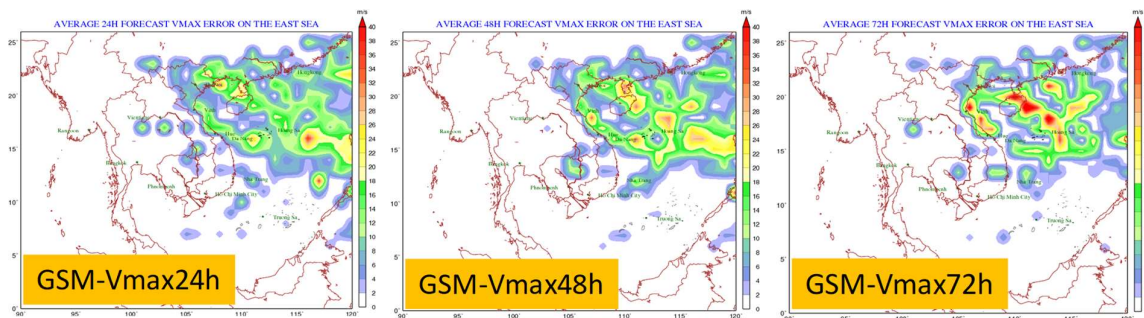
Đối với mô hình GFS, sai số trung bình tuyệt đối nằm trong khoảng 12–14 m/s cho khu vực Đông Bắc, khu vực Quảng Bình– Quảng Trị có sai số lớn hơn từ 16–20 m/s tại thời hạn dự báo 24h. Ở hạn 48h, sai số khu vực đổ bộ vào các tỉnh Bắc Trung Bộ và Trung Trung Bộ nằm ở khoảng 16–18 m/s trong khi khu vực Đông Bắc Bộ có sai số lớn hơn hẳn so với hạn 24h, nằm ở khoảng 18–24 m/s. Ở thời hạn dự báo 72h, sai số của mô hình GFS khá tương đương với hạn 24h. Điểm lưu ý rõ rệt của sai số cường độ từ mô hình GFS là phân bố theo hai hướng quỹ đạo chính của các cơn bão hoạt động đi qua khu vực phía bắc và phía nam của đảo Hải Nam Trung Quốc. Sai số đặc biệt lớn khi bão đi qua khu vực phía bắc đảo Hải Nam, phía nam của bán đảo Lôi Châu Trung Quốc trước khi đi vào vịnh Bắc Bộ.

Sai số trung bình tuyệt đối dự báo cường độ của mô hình GSM ở hạn 24h vào khoảng 14–16 m/s cho khu vực đổ bộ ven biển Bắc Trung Bộ và Trung Trung Bộ và vào khoảng 20–24m/s cho khu vực đổ bộ ven biển các tỉnh Đông Bắc Bộ. Khác so với mô hình GFS, sai số ở hạn 48h và 72h của mô hình GSM lớn hơn rất nhiều so với hạn 24h, khu vực ven biển Bắc Trung Bộ và Trung Trung Bộ từ 18–22 m/s tại hạn 48h và từ 26–32 m/s ở hạn 72h. Tuy nhiên khu vực phía Đông Bắc Bộ, sai số tại các hạn 48h và 72h của mô hình GSM thấp hơn so với hạn 24h. Đối với mô hình IFS, sai số ở 3 thời hạn dự báo khá đồng đều nhau, vào khoảng 18–22 m/s khu vực Bắc Trung Bộ và Trung Trung Bộ và phía Đông Bắc Bộ. Trong 3 mô hình toàn cầu có thể thấy, ở hạn 24h và 48h có sự tương đồng về sai số của mô hình GFS và IFS

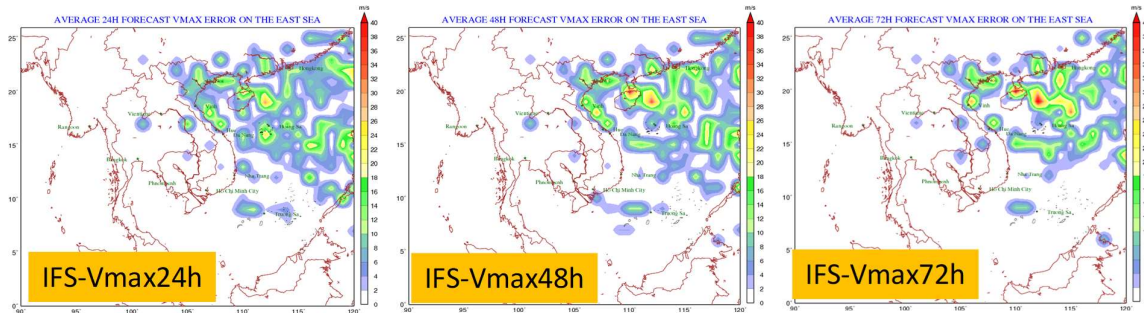
trong khi GSM có sai số lớn nhất liên quan đến khu vực Đông Bắc Bộ. Ở hạn 72h, mô hình GSM có sai số lớn nhất liên quan đến khu vực ven biển Bắc Trung Bộ và Trung Trung Bộ.



Hình 5. Phân bố sai số dự báo cường độ của mô hình GFS tại các thời hạn dự báo 24h, 48h và 72h (Đơn vị m/s).



Hình 6. Phân bố sai số dự báo cường độ của mô hình GSM tại các thời hạn dự báo 24h, 48h và 72h (Đơn vị m/s).



Hình 7. Phân bố sai số dự báo cường độ của mô hình IFS tại các thời hạn dự báo 24h, 48h và 72h (Đơn vị m/s).

4. Kết luận

Nghiên cứu đã bước đầu đưa ra các kết quả đánh giá phân bố về mặt không gian sai số dự báo bão trên khu vực Biển Đông giai đoạn 2012–2016 từ các mô hình số trị quy mô toàn cầu đang được ứng dụng trong nghiệp vụ dự báo bão tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia hiện nay. Một số kết quả chính cho thấy khu vực bão đổ bộ vào các tỉnh ven biển Đông Bắc Bộ có sai số lớn liên quan đến các cơn bão có quỹ đạo di chuyển qua phía bắc đảo Hải Nam (Trung Quốc), phía nam bán đảo Lô Châu (Trung Quốc) trước khi đi vào vịnh Bắc Bộ. Đối với các cơn bão đi vào các tỉnh ven biển Bắc Trung Bộ và Trung Trung Bộ cũng là khu vực có sai số dự báo lớn, đặc biệt đối với dự báo cường độ bão. Trong 3 mô hình toàn cầu có thể thấy rõ được sai số thấp nhất từ mô hình IFS, với sai số hạn 72h có thể tương đương hạn 48h của các mô hình còn lại. Đối với sai số cường độ bão, ở hạn 24h và 48h có sự tương đồng về sai số của mô hình GFS và IFS trong khi GSM có sai số lớn nhất liên quan

đến khu vực Đông Bắc Bộ. Ở hạn 72h, mô hình GSM có sai số lớn nhất liên quan đến khu vực ven biển Bắc Trung Bộ và Trung Trung Bộ. Về mặt tin cậy, mô hình IFS cho thấy rõ rệt về tính ổn định trong sai số ở các thời hạn dự báo khác nhau so với các mô hình còn lại. Với hạn chế về mặt mẫu đánh giá nên những kết quả trên đây là các giá trị mang tính trung bình, qua đó có được bức tranh sơ bộ về sai số dự báo bão phân bố theo không gian trên Biển Đông. Những nghiên cứu tiếp theo sẽ được thực hiện với lượng mẫu lớn hơn và các kích thước lưới xác định sai số khác nhau để đưa ra thêm mức độ tin cậy của các đánh giá này.

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., T.T.T.; Viết bản thảo bài báo: T.Q.N., T.N.Q.; Chỉnh sửa bài báo: T.Q.N.

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.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu được thực hiện trong khuôn khổ đề tài “Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn để xây dựng quy chuẩn về kỹ thuật dự báo, cảnh báo bão và áp thấp nhiệt đới”

Tài liệu tham khảo

1. Tiến, T.T. và cs. 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. Báo cáo tổng kết Đề tài NCKH cấp Nhà nước thuộc Chương trình "Khoa học và công nghệ phục vụ phòng tránh thiên tai, bảo vệ môi trường và sử dụng hợp lý tài nguyên thiên nhiên". MS: KC.08.05/06–10, **2010**.
2. Wang, B.; Elsberry, R.; Wang, Y.; Wu, L. Dynamics of the tropical cyclone motion: A review. *J. Atmos. Sci.* **1998**, *22*, 535–547.
3. Goerss, J.S.; Sampson, C.R.; Gross, J.M. A history of western North Pacific tropical cyclone track forecast skill. *Weather Forecasting* **2004**, *19*, 633–638.
4. Sampson, C.R.; Goerss J.S.; Weber, H.C. Operational performance of a new barotropic model (WBAR) in the Western North Pacific Basin. *Weather and Forecasting* **2006**, *21*, 656–662.
5. Tiến, T.T.; Thanh, C.; Phương, N.T. Dự báo cường độ bão bằng mô hình WRF hạn 5 ngày trên khu vực biển Đông. *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội* **2012**, 155–160.
6. Tiến, T.T.; Thanh, C.; Trường, N.M.; Hiền, T.D. Đánh giá bước đầu khả năng dự báo quỹ đạo bão bằng mô hình MM5 kết hợp với cài xoáy nhân tạo và cập nhật số liệu địa phương khu vực Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội* **2009**, 109–114.
7. Hoàng Đức Cường, 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*, **2011**.
8. 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**, 129.
9. Carr, L.E.; Elsberry, R.L. Dynamical tropical cyclone track forecast errors. Part I: Tropical region error sources. *Weather and Forecasting* **2000**, *15*, 641–661.

The spatial distribution of tropical cyclone forecast errors from numerical weather prediction models over Bien Dong sea

Tran Nhu Quynh¹, Tran Tan Tien², Tran Quang Nang^{1*}

¹ National Center for Hydrometeorological Forecasting; trannang030984@gmail.com;

² Ha Noi University of Science; tientt49@gmail.com

Abstract: The article evaluates the spatial distribution of tropical cyclone (TC) forecast errors in the Bien Dong Sea for the period 2012–2016 from global numerical weather prediction models (the US GFS model and Japanese GSM model with 50km x 50km resolution, the IFS model of the European Centre for Medium–Range Weather Forecasts – ECMWF with resolution 14km x 14km). Using the US Navy’s Joint Typhoon Warning Center (JTWC) best–track data, a grid with a resolution of 50km x 50km was set up to determine the average error on each grid, thereby giving the spatial distribution of TC’s forecast over the Bien Dong sea.

Keywords: Tropical cyclone forecast error over Bien Dong sea; Spatial distribution of tropical cyclone (TC) forecast errors.