

NGHIÊN CỨU DỰ BÁO CƠN BÃO MEGI NĂM 2010 ẢNH HƯỞNG ĐẾN VIỆT NAM BẰNG HỆ THỐNG DỰ BÁO TỔ HỢP WRF-LETKF HẠN 1 - 5 NGÀY

Phạm Thị Minh¹, Trần Tân Tiên²

Tóm tắt: Bài báo này trình bày một số kết quả đánh giá khả năng của hệ thống dự báo tổ hợp WRF-LETKF trong dự báo bão hạn 5 ngày dựa trên 9 thử nghiệm dự báo cơn bão Megi 2010. Trong đó, ngoài việc sử dụng chỉ số thống kê MAE (sai số trung bình tuyệt đối), tác giả còn dựa trên một tiêu chuẩn đánh giá khác, đó là tỷ số giữa độ tán tổ hợp và sai số tuyệt đối. Kết quả cho thấy, hệ thống WRF-LETKF có những ưu điểm nhất định trong dự báo quỹ đạo và cường độ bão hạn 5 ngày. Cụ thể, sai số quỹ đạo bão giảm từ 25% đến 50% ở hạn 5 ngày tương ứng với 6 trường hợp dự báo hiệu quả, chiếm khoảng 66%, còn cường độ bão (PMIN và VMAX), sai số giảm từ 3% đến 8% ở hạn dự báo 5 ngày tương ứng với 3-4 trường hợp dự báo hiệu quả, chiếm khoảng 36,6%. Ngoài ra, kết quả thống kê cho thấy, hệ thống WRF-LETKF khi đồng hóa số liệu hỗn hợp (vệ tinh - cao không), cải thiện đáng kể chất lượng dự báo bão so với thử nghiệm chỉ đồng hóa số liệu gió vệ tinh. Tuy nhiên, sai số cường độ bão trong 12 giờ tích phân đầu tiên không được cải thiện nhiều. Từ kết quả trên, có thể nhận định rằng đồng hóa số liệu giúp cải thiện chất lượng dự báo dài hơn 1 ngày, song không tác động nhiều đến trường xoáy ban đầu. Vì vậy, trong hệ thống dự báo tổ hợp WRF-LETKF, cần chính xác hóa trường xoáy ban đầu để kết quả dự báo hạn 1 ngày và dưới 1 ngày được cải thiện hơn.

Từ khóa: Đồng hóa số liệu, Lọc Kalman, Mô hình WRF, Bão, Dự báo tổ hợp.

Ban Biên tập nhận bài: 10/11/2017 Ngày phản biện xong: 15/12/2017 Ngày đăng bài: 25/01/2017

1. Giới thiệu

Hệ thống WRF-LETKF là hệ thống dự báo tổ hợp ứng dụng sơ đồ đồng hóa số liệu lọc Kalman tổ hợp địa phương hóa chuyển đổi trong mô hình WRF. Hệ thống này được phát triển tại Phòng thí nghiệm nghiên cứu dự báo thời tiết và khí hậu-Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải Dương - Trường Đại học Khoa học Tự nhiên bởi tác giả Kiều Quốc Chánh [1]. Trong nghiên cứu này tác giả thử nghiệm 9 trường hợp dự báo cơn bão Megi với hệ thống WRF-LETKF nhằm xem xét chất lượng dự báo bão của hệ thống WRF-LETKF.

Thông thường, các nghiên cứu đánh giá thường sử dụng mối quan hệ giữa một chuỗi giá trị dự báo và một chuỗi các giá trị quan trắc tương ứng [11]. Còn trong bài toán dự báo tổ hợp định lượng cơ bản nhất sử dụng để đánh giá là kỹ năng ¹Khoa Khí tượng Thủy văn và BDKH - Trường ĐH Tài Nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh ²Khoa Khí tượng Thủy văn và HDH - Trường ĐH Khoa học Tự Nhiên - ĐH Quốc Gia Hà Nội Email: minhpt201@gmail.com

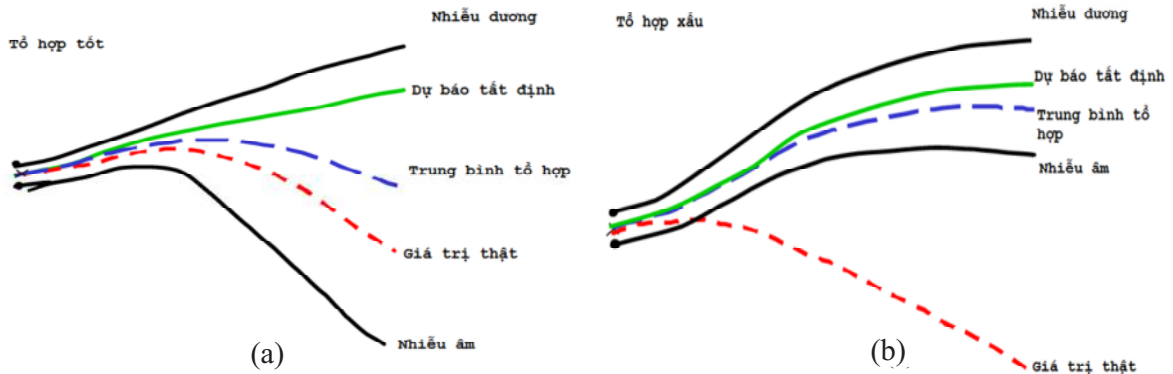
dự báo trung bình tổ hợp [2]. Kỹ năng dự báo trung bình tổ hợp có thể dựa vào các chỉ số thống kê, ví dụ như sai số trung bình tuyệt đối (MAE). Mặt khác theo Wilks [11], MAE là thước đo sai số dự báo của các biến khí quyển liên tục, và MAE đã được sử dụng để kiểm định các dự báo nhiệt độ ở Hoa Kỳ.

Ngoài ra, theo Eric P. Gritmit và Clifford F. Mass [5] cho rằng một trong những cách để xác định khả năng thực hiện của hệ thống dự báo tổ hợp là mối quan hệ giữa độ tán tổ hợp và độ chính xác của dự báo. Còn tác giả Kiều và cộng sự [7] lại đánh giá khả năng thực hiện của hệ thống dự báo tổ hợp dựa theo tỷ số giữa độ tán tổ hợp và sai số tuyệt đối (ký hiệu tỷ số là η). Nếu $\eta > 1$ tương ứng với hệ thống tổ hợp dự báo hiệu quả, ngược lại nếu $\eta < 1$, tương ứng với hệ thống tổ hợp dự báo chưa hiệu quả. Cách đánh giá hệ thống dự báo tổ hợp của tác giả Kiều ở trên phù hợp với cách xác định “tổ hợp tốt” và “tổ hợp xấu” của tác giả Kalnay [4]. Trong đó, “tổ hợp tốt” là một tổ hợp

bao phủ được giá trị thật ($\eta > 1$) còn “tổ hợp xấu” là độ tán tổ hợp không phủ được giá trị thật ($\eta < 1$) như được minh họa ở hình 1.

Vì vậy trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng sai số trung bình tuyệt đối và tỷ số giữa độ tán tổ

hợp và sai số trung bình tuyệt đối để đánh giá khả năng dự báo bão của hệ thống WRF-LETKF. Các phương pháp đánh giá được đề cập cụ thể trong phần II.



Hình 1. Sơ đồ các thành phần của một “tổ hợp dự báo tốt” (a) và ” tổ hợp dự báo xấu” (b) trong hệ thống dự báo tổ hợp [4]

2. Lọc Kalman tổ hợp và các phương pháp đánh giá.

2.1. Lọc Kalman tổ hợp

Ý tưởng chính của thuật toán LETKF là sử dụng ma trận tổ hợp nền như một toán tử chuyển đổi từ không gian mô hình dựa trên các điểm lưới trong khu vực địa phương đã chọn sang không gian tổ hợp dựa trên các thành phần tổ hợp, và thực hiện phân tích trong không gian tổ hợp này ở mỗi điểm lưới. Tham khảo chi tiết thuật toán Kalman tổ hợp trong tài liệu của Hunt và cộng sự, 2007 [10].

Tổ hợp phân tích xa cuối cùng được thực hiện như sau:

$$\mathbf{x}^{a(i)} = \bar{\mathbf{x}}^b + \mathbf{X}^b \{ \bar{\mathbf{w}}^a + [(k-1)\hat{\mathbf{P}}^a]^{1/2} \} \quad (1)$$

Trong đó: $\bar{\mathbf{x}}^b$ ma trận trung bình tổ hợp; \mathbf{X}^b ma trận nhiễu tổ hợp; $\hat{\mathbf{P}}^a$ ma trận tương quan sai số phân tích và $\bar{\mathbf{w}}^a$ là ma trận trọng số trong không gian tổ hợp.

2.2. Phương pháp đánh giá dựa vào MAE.

Theo Wilks (1995) [11], sai số trung bình tuyệt đối (MAE) được sử dụng để đánh giá các dự báo của biến khí quyển liên tục. Do vậy, MAE được áp dụng như một chỉ số để đánh giá sai số cường độ bão (áp suất mực biển cực tiểu tại tâm - PMIN và tốc độ gió cực đại gần tâm - VMAX). Với MAE - sai số trung bình tuyệt đối

được tính bằng công thức (2):

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - O_i| \quad (2)$$

Trong đó: MAE là sai số trung bình tuyệt đối; y_i là giá trị dự báo; O_i là giá trị quan trắc; n là độ dài chuỗi số liệu.

2.3. Phương pháp đánh giá dựa vào tỷ số giữa độ tán tổ hợp và sai số trung bình tuyệt đối

Theo Simon C. Scherrer [9], không có một định nghĩa chính xác nào về độ tán tổ hợp. Có nhiều tác giả đã đưa ra các định nghĩa khác nhau về độ tán tổ hợp, nhưng một định nghĩa dễ hiểu nhất về độ tán tổ hợp chính là độ lệch chuẩn so với dự báo trung bình tổ hợp [7]. Vì vậy, trong nghiên cứu này tác giả cũng xem độ tán tổ hợp là độ lệch chuẩn so với trung bình tổ hợp. Độ lệch chuẩn xác định theo biểu thức (3) [11]:

$$\text{Độ tán} = RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (3)$$

Trong đó: RMSE là độ lệch căn quân phương trung bình - độ lệch chuẩn; y_i là giá trị của các thành phần tổ hợp; \bar{y} là giá trị trung bình tổ hợp; n là số thành phần tổ hợp.

Ký hiệu η là tỷ số giữa độ tán tổ hợp và sai số trung bình tuyệt đối, khi đó ta có biểu thức (4):

$$\eta = \frac{RMSE}{MAE} \quad (4)$$

Nếu $\eta > 1$, hệ thống dự báo tổ hợp hiệu quả, tương ứng với độ tán tổ hợp phù hợp được “giá trị thật”. Đây là trường hợp mong đợi của tất cả các hệ thống tổ hợp.

Nếu $\eta < 1$, hệ thống dự báo tổ hợp kém hiệu

$$PE = R_e * \arccos[\sin(\alpha_1) * \sin(\alpha_2) + \cos(\alpha_1) * \cos(\alpha_2) * \cos(\beta_1 - \beta_2)] \quad (5)$$

Trong đó: R_e là bán kính trái đất (6378.16 km); α_1, α_2 là vĩ độ của tâm bão thực tế và tâm bão do mô hình dự báo (đv radian); β_1, β_2 là kinh độ của tâm bão thực tế và tâm bão dự báo (đv radian). Sai số trung bình khoảng cách được tính như sau:

$$MPE_j = \frac{\sum_{i=1}^n PE_{i,j}}{n} \quad (6)$$

Trong đó: PE là sai số khoảng cách của từng trường hợp dự báo; n là số trường hợp thử nghiệm; j là hạn dự báo.

3. Mô tả thí nghiệm

3.1. Cấu trúc miền lưới thử nghiệm

Miền lưới thiết kế cho thử nghiệm dự báo cơn bão Megi là lưới lồng gồm 2 miền tính với độ phân giải ngang tương ứng 36/12 km, miền lưới 1 gồm 203x203 điểm lưới và miền lưới 2 là 181x181 với tâm miền tính cố định ở 120°E và 18°N sử dụng trong mô hình WRF phiên bản 3.3.1. Điều kiện biên được cập nhật 6 giờ một lần từ mô hình dự báo toàn cầu GFS. Ngoài ra, số liệu cao không và số liệu vệ tinh được lấy trên các trang website [12], trong đó số liệu cao không được bổ sung thêm một số trạm trên khu vực Việt Nam.

3.2. Cấu trúc tổ hợp

Để đánh giá khả năng dự báo bão của hệ

thống WRF-LETKF, tác giả tiến hành thử nghiệm dự báo cơn bão Megi 2010 với hạn 5 ngày (12Z15 - 00Z19) theo 3 trường hợp: a) dự báo tất định với điều kiện ban đầu và điều kiện biên từ mô hình toàn cầu GFS (CTL); b) dự báo tổ hợp với điều kiện ban đầu được tạo ra từ LETKF đồng hóa số liệu vệ tinh (CIMSS); c) và dự báo tổ hợp với điều kiện ban đầu được tạo ra từ LETKF đồng hóa số liệu hỗn hợp vệ tinh và cao không (MIX) với 21 thành phần tổ hợp.

Sai số quỹ đạo tính theo công thức (5):

Trong đó dự báo tất định với điều kiện ban đầu và điều kiện biên từ mô hình toàn cầu GFS (CTL) với sơ đồ vi vật lý 3 lớp đơn, sơ đồ tham số hóa bức xạ sóng ngắn và sóng dài rrtmg, sơ đồ tham số hóa lớp biên YSU và sơ đồ tham số hóa đối lưu Betts Miller Janjic; Dự báo tổ hợp với điều kiện ban đầu được tạo ra từ Kalman tổ hợp đồng hóa số gió vệ tinh (CIMSS), và số liệu hỗn hợp (MIX) cho 21 thành phần tổ hợp sơ đồ vật lý khác nhau tương ứng với 21 lần dự báo. Vì hiện tại trong mô hình WRF V3.3.1 có các sơ đồ tham số hóa vi vật lý, tham số hóa bức xạ sóng dài và sóng ngắn, tham số hóa đối lưu; tương ứng với các lựa chọn như trong bảng 1, do đó có thể kết hợp giữa các sơ đồ vật lý khác nhau đó để tạo ra thành phần tổ hợp tương ứng với 1 dự báo (bảng 2).

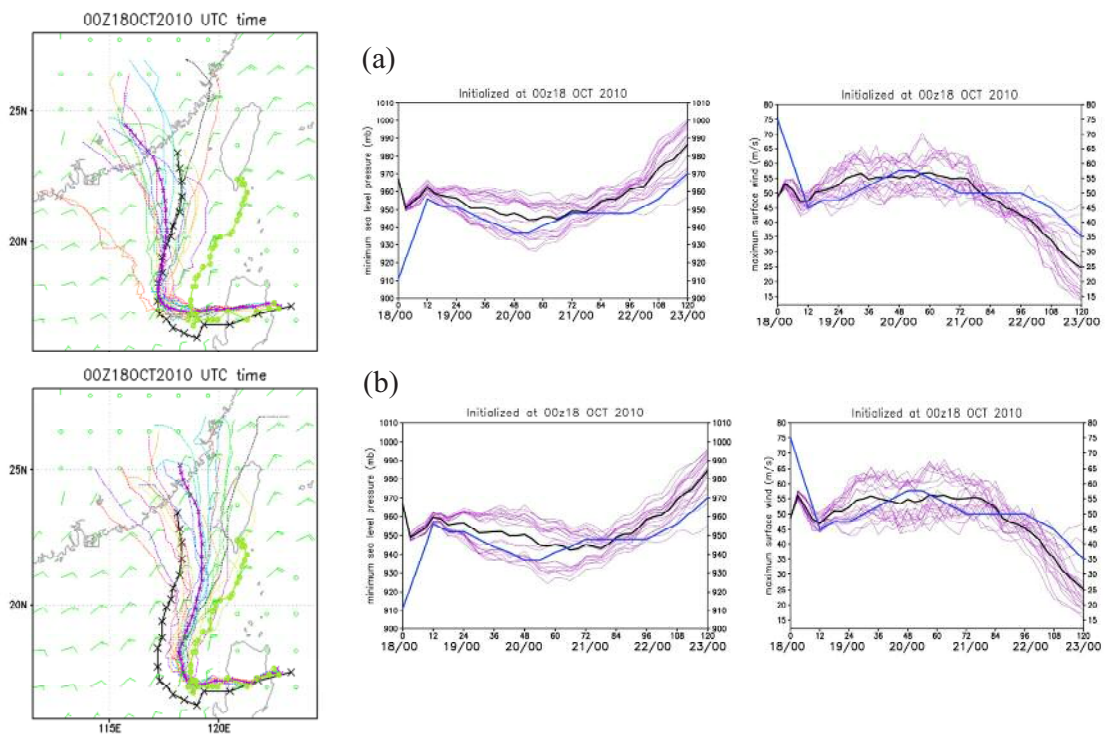
Bảng 1. Sơ đồ tham số hóa trong mô hình WRF ứng với các lựa chọn cụ thể

| Sơ đồ | Kí hiệu | Các option |
|------------------|----------------------|-------------------------------------|
| Vi vật lý | mp_physics | = 1, Kessler scheme |
| | | = 2, Lin et al. scheme |
| | | = 3, WSM 3-class simple ice scheme |
| | | = 4, WSM 5-class scheme |
| | | = 5, Ferrier (new Eta) microphysics |
| Bức xạ sóng ngắn | ra_sw_physics | = 6, WSM 6-class graupel scheme |
| | | = 1, Dudhia scheme |
| | | = 2, Goddard short wave |
| Đối lưu | cu_physics | = 1, Kain-Fritsch (new Eta) scheme |
| | | = 2, Betts-Miller-Janjic scheme |

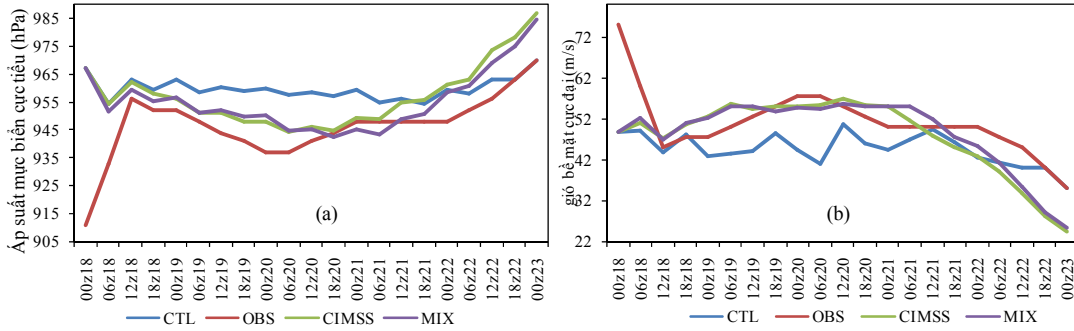
Bảng 2. Thành phần tổ hợp tương ứng với các lựa chọn sơ đồ vật lý khác nhau

| Tổ hợp | Ra_lw_physics | Ra_sw_physics | mp_physics | cu_physics |
|--------|---------------|---------------|------------|------------|
| 001 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 002 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 003 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 004 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 005 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| 006 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 007 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 008 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 021 | 1 | 2 | 6 | 1 |

3.3. Thử nghiệm dự báo cơn bão Megi 2010



Hình 2. Quỹ đạo bão trung bình tổ hợp (màu tím), quan trắc (màu đen), các thành phần tổ hợp (đường mảnh tím), và trường hợp CTL (xanh lá cây) của cơn bão Megi trong trường hợp CIMSS (hình a) và trường hợp MIX (hình b), và biến trình áp suất mực biển cực tiểu của các thành phần tổ hợp (đường mảnh tím), trung bình tổ hợp (màu đen), và quan trắc (xanh dương) trong trường hợp CIMSS (hình a giữa) và trường hợp MIX (hình b giữa). Hình (a phải) tương tự hình (a giữa) với gió bề mặt 10 m cực đại. Bắt đầu dự báo lúc 00 giờ ngày 18/10/2010



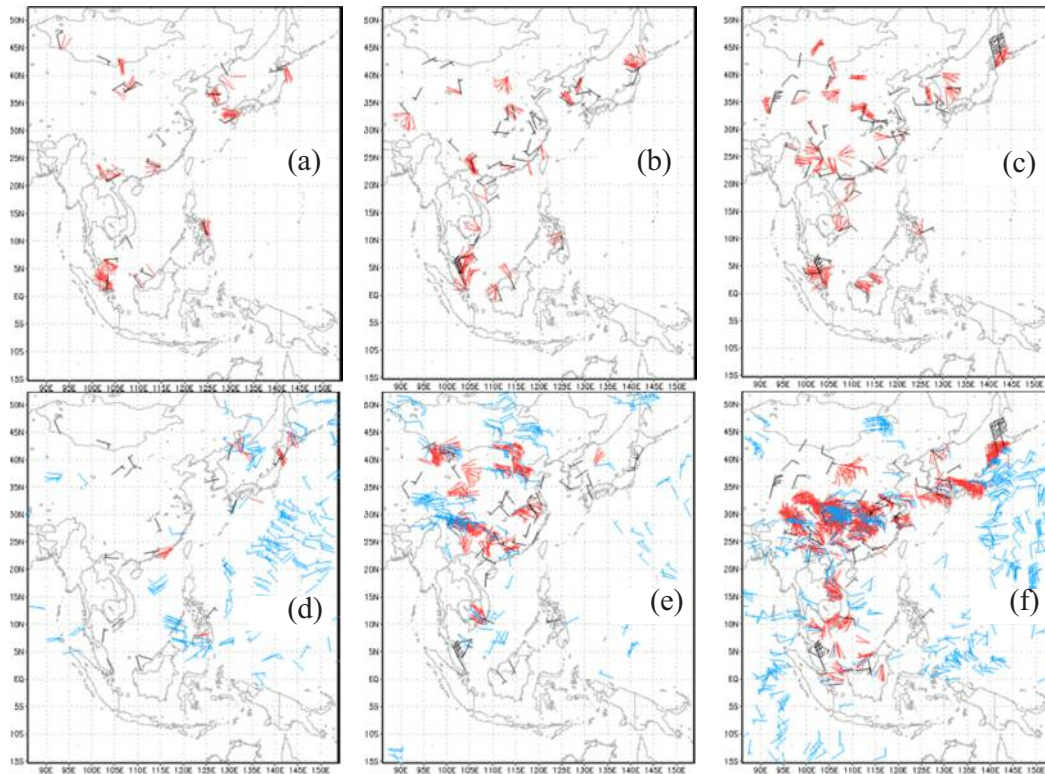
Hình 3. Biến trình áp suất mực biển cực tiểu, quan trắc (đỏ) và dự báo tất định (CTL- xanh dương) và dự báo tổ hợp (CIMSS-xanh lá cây; MIX-tím)(trái); (phải) tương tự hình (trái) với biến trình gió bề mặt cực đại. Thời điểm bắt đầu dự báo 00 giờ ngày 18/10/2010

Phần này tác giả minh họa một trường hợp dự báo cơn Megi lúc 00 giờ UTC ngày 18/10/2010 trong các thử nghiệm CTL, CIMSS và MIX, với trường gió phân tích và quan trắc được đưa ra trong hình 4.

Hình 2 chỉ ra kết quả dự báo quỹ đạo cơn bão Megi từ trường hợp CIMSS và trường hợp MIX với thời điểm bắt đầu dự báo lúc 00 giờ (UTC) ngày 18/10/2010. Qua đó cho thấy trong cả 2 trường hợp quỹ đạo bão đều giảm độ lệch đông và có sai số nhỏ hơn so với thử nghiệm CTL. Trong đó trường hợp CIMSS sau hạn dự báo 3

ngày, quỹ đạo bão lệch về phía tây so với quỹ đạo thực và có sai số quỹ đạo hạn dự báo 5 ngày là 259 km. Còn quỹ đạo bão trong trường hợp MIX sau khi đổi hướng, quỹ đạo bão gần như song song với quỹ đạo thực với sai số quỹ đạo hạn 5 ngày là 179 km. Tuy nhiên, ở hạn dự báo 3 ngày sai số quỹ đạo trong trường hợp CIMSS nhỏ hơn so với sai số quỹ đạo trong trường hợp MIX.

Còn cường độ bão được thể hiện trong hình 3, là biến trình khí áp cực tiểu gần tâm và tốc độ gió bề mặt cực đại của 3 thử nghiệm CTL, CIMSS và MIX.



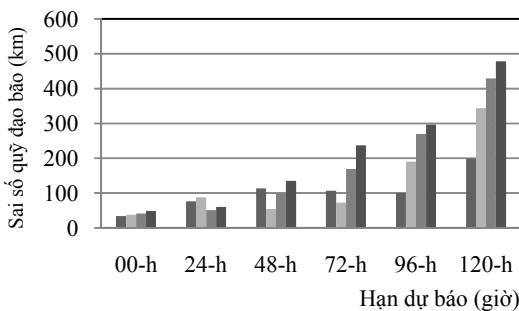
Hình 4. Trường gió phân tích do LETKF đồng hóa số liệu cao không (a, b và c) và hỗn hợp (cao không+gió vệ tinh) (d, e và f) (màu đỏ) và gió quan trắc cao không (màu đen) và gió vệ tinh (màu xanh) lúc 00 giờ UTC ngày 18/10/2010 ở các mực 750 hPa (a, d), 300 hPa (b, e) và 200 hPa (c, f)

4. Khả năng dự báo bão của hệ thống dự báo tổ hợp WRF-LETKF

Để thấy được hiệu quả của WRF-LETKF, ngoài việc sử dụng thử nghiệm đối chứng CTL tác giả còn tính sai số dự báo quỹ đạo và cường độ bão của mô hình toàn cầu GFS.

4.1. Dự báo quỹ đạo bão

Trung bình sai số quỹ đạo của 9 trường hợp thử nghiệm được thể hiện trong hình 5. Nhìn chung, trong cả 2 thử nghiệm CIMSS và MIX, cho sai số nhỏ hơn trong thử nghiệm CTL và GFS, với sai số quỹ đạo hạn 5 ngày trong thử nghiệm CIMSS và MIX lần lượt là 300 km và 200 km, tương tự ở hạn dự báo 4 ngày sai số quỹ đạo trong thử nghiệm MIX giảm đáng kể so với trung bình sai số quỹ đạo trong thử nghiệm CIMSS. Còn ở hạn dự báo 3 ngày và ngắn hơn thì hầu như đồng hóa số liệu vệ tinh hiệu quả hơn, tuy nhiên sai số quỹ đạo giữa 2 trường hợp chênh lệch không nhiều (hình 5). Kết quả dự báo quỹ đạo bão được cải thiện một mặt là do trường ban đầu được bổ sung thêm các thông tin quan trắc nhờ đó dòng môi trường được mô phỏng một cách đầy đủ hơn, mặt khác là do sai số nội tại của mô hình được khắc phục bằng việc sử dụng các thành phần tổ hợp đa vật lý [7].



Hình 5. Sai số quỹ đạo bão trung bình của 9 trường hợp thử nghiệm, MIX (màu xám sậm); CIMSS (màu xám nhẹ); CTL (màu xám); và GFS (màu đen).

Ngoài ra, khả năng dự báo của hệ thống WRF-LETKF còn được đánh giá thông qua tỷ số giữa độ tán tổ hợp và sai số quỹ đạo (η) [7]. Kết quả thống kê các tỷ số lớn hơn 1 được đưa ra ở Bảng 3.

Bảng 3 cho thấy hệ thống WRF-LETKF đồng hóa số liệu hỗn hợp (MIX) dự báo quỹ đạo bão hiệu quả (độ tán phủ được giá trị thật) ở hạn 5 ngày với 6 trường hợp thử nghiệm có tỷ số η lớn hơn 1, chiếm khoảng 67%, trong khi thử nghiệm CIMSS chỉ có 1/9 trường hợp thử nghiệm có tỷ số η lớn hơn 1, chiếm khoảng 11.1%. Còn ở hạn 4 ngày thử nghiệm MIX có số trường hợp dự báo hiệu quả là 8 trường hợp, chiếm khoảng 88.8% trong khi thử nghiệm CIMSS chỉ có 3 trường hợp dự báo hiệu quả, chiếm khoảng 33.3%. Tương tự ở hạn 3 ngày thử nghiệm MIX cũng có nhiều trường hợp dự báo hiệu quả hơn thử nghiệm CIMSS. Như vậy, trong thử nghiệm MIX số trường hợp dự báo quỹ đạo bão hiệu quả ở hạn dự báo dài hơn 3 ngày là lớn hơn so với số trường hợp dự báo quỹ đạo bão hiệu quả trong thử nghiệm CIMSS. Căn cứ vào kết quả thống kê trên, tác giả có thể nhận định rằng hệ thống WRF-LETKF dự báo quỹ đạo bão hạn 5 ngày hiệu quả. Kết quả này khẳng định thêm vai trò của việc bổ sung số liệu quan trắc cao không vào quá trình đồng hóa số liệu vệ tinh bằng lọc Kalman tổ hợp địa phương hóa biến đổi.

Bảng 3. Thống kê các trường hợp hệ thống WRF-LETKF sự báo quỹ đạo bão hiệu quả trong hai thử nghiệm CIMSS và MIX

| HDB (giờ) | CIMSS (trường hợp) | MIX (trường hợp) |
|-----------|--------------------|------------------|
| 24-h | 0 | 2 |
| 48-h | 2 | 1 |
| 72-h | 3 | 4 |
| 96-h | 3 | 8 |
| 120-h | 1 | 6 |

4.2. Dự báo cường độ bão

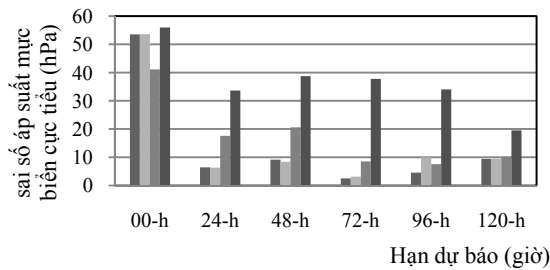
Trong phần này tác giả xem xét khả năng dự báo cường độ bão của hệ thống WRF-LETKF dựa trên 9 trường hợp thử nghiệm.

4.2.1. Khả năng dự báo áp suất cực tiểu tại tâm của hệ thống WRF-LETKF

Kết quả dự báo cường độ bão trong 9 trường hợp khảo sát cho trung bình sai số tuyệt đối áp suất mực biển cực tiểu tại tâm (PMIN) phù hợp với các nghiên cứu trước đây [6]. Cụ thể, sai số

PMIN trong thử nghiệm MIX và thử nghiệm CIMS nhỏ hơn so với sai số PMIN trong thử nghiệm CTL và GFS ở hầu hết các hạn dự báo (hình 3). Các kết quả trên là do hệ thống WRF-LETKF khắc phục được sai số do các quá trình vật lý không được mô tả một cách đầy đủ trong mô hình số bằng phương pháp đa vật lý [7]. Ngoài ra kết quả dự báo quỹ đạo tốt trong hai thử nghiệm MIX và CIMSS (phần 4.1) cũng tác động đáng kể đến kỹ năng dự báo cường độ bão.

Mặt khác, khi so sánh sai số PMIN trong thử nghiệm MIX với sai số PMIN trong thử nghiệm CIMSS, cho thấy thử nghiệm MIX có sai số PMIN nhỏ hơn so với sai số PMIN trong thử nghiệm CIMSS (hình 6). Kết quả này cho thấy, ngoài tác động của thành phần đa vật lý đến kỹ năng dự báo cường độ [6], thì việc bổ sung thêm các thông tin quan trắc vào trường ban đầu của mô hình số cũng góp phần không nhỏ trong việc nâng cao chất lượng dự báo cường độ bão.



Hình 6. Trung bình sai số tuyệt đối áp suất mực biển cực tiểu, MIX (màu xám sậm); CIMSS (màu xám nhẹ); CTL (màu xám); và GFS (màu đen).

Tiếp theo tác giả xem xét khả năng dự báo PMIN của hệ thống WRF-LETKF thông qua tỷ số độ tán tổ hợp và sai số tuyệt đối (η). Bảng 4 thống kê các trường hợp dự báo hiệu quả ($\eta > 1$) trong hai thử nghiệm MIX và CIMSS. Căn cứ vào tỷ số η , cho thấy trong 9 trường hợp dự báo thử nghiệm, có 6 trường hợp dự báo PMIN hiệu quả trong thử nghiệm MIX ở hạn dự báo 4 ngày, còn trong thử nghiệm CIMSS thì chỉ có 1 trường hợp dự báo hiệu quả. Trong khi ở các hạn dự báo 2 ngày, 3 ngày và 5 ngày số trường hợp dự báo hiệu quả trong hai thử nghiệm MIX và CIMSS là tương đương nhau.

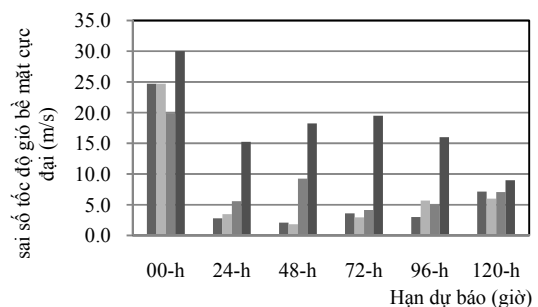
Bảng 4. Thống kê các trường hợp hệ thống WRF-LETKF dự báo áp suất mực biển cực tiểu hiệu quả trong hai thử nghiệm CIMSS và MIX

| Hạn dự báo (giờ) | CIMSS (trường hợp) | MIX (trường hợp) |
|------------------|--------------------|------------------|
| 24-h | 5 | 7 |
| 48-h | 6 | 6 |
| 72-h | 9 | 9 |
| 96-h | 1 | 6 |
| 120-h | 4 | 3 |

Như vậy, qua việc khảo sát tỷ số độ tán và sai số tuyệt đối cho thấy, hệ thống WRF-LETKF có khả năng dự báo PMIN tốt ở các hạn dự báo, nhất là khi đồng hóa số liệu hỗn hợp số liệu vệ tinh và cao không thì hệ WRF-LETKF có kỹ năng dự báo hiệu quả ở các hạn dự báo dài hơn 3 ngày.

4.2.2. Khả năng dự báo tốc độ gió cực đại gần tâm của hệ thống WRF-LETKF

Đối với tốc độ gió bề mặt cực đại (VMAX), ở một số hạn dự báo, trung bình sai số tuyệt đối trong thử nghiệm MIX và thử nghiệm CIMSS nhỏ hơn so với thử nghiệm CTL và GFS (hình 7). Tuy nhiên, ở một số hạn dự báo như 12 giờ, 84 giờ và 108 giờ (không đưa ra ở đây), sai số VMAX trong thử nghiệm CTL lại nhỏ hơn so với 2 thử nghiệm MIX và CIMSS. Kết quả này có thể là do độ phân giải của mô hình (12 km) chưa đủ tinh để có thể mô phỏng được cấu trúc của bão. Ngoài ra, cũng do số trường hợp thử nghiệm còn ít (9 trường hợp), nên chưa có một đánh giá toàn diện về khả năng dự báo VMAX của hệ thống WRF-LETKF.



Hình 7. Trung bình sai số tuyệt đối gió bề mặt cực đại trong đó, MIX (màu xám sậm); CIMSS (màu xám nhẹ); CTL (màu xám); và GFS (màu đen).

Trong 12 giờ tích phân đầu tiên, VMAX (hình 7) và PMIN (hình 6) trong các thử nghiệm CIMSS, MIX, và CTL đều có sai số lớn, sai số này là do xoáy ban đầu trong số liệu dự báo toàn cầu yếu, do đó phải mất một thời gian nhất định xoáy mới có thể phát triển phù hợp với cơ chế động lực thực tế của bão. Điều này phù hợp với những nghiên cứu trước đây về tầm quan trọng của ban đầu hóa xoáy trong dự báo xoáy thuận nhiệt đới [3, 8]. Còn sai số VMAX trong thử nghiệm MIX cũng thấp hơn hoặc cao hơn sai số VMAX trong thử nghiệm CIMSS ở một số hạn dự báo. Nhưng nhìn chung, trong dự báo cường độ thử nghiệm MIX vẫn có những ưu điểm nhất định. Kết quả GFS thì có sai số cao hơn các thử nghiệm còn lại.

Tiếp theo, để đánh giá khả năng dự báo VMAX của hệ thống WRF-LETKF, tác giả dựa vào tỷ số giữa độ tán tổ hợp và sai số tuyệt đối dự báo (η) tương tự khi đánh giá khả năng dự báo PMIN của hệ thống WRF-LETKF. Bảng 3 thống kê các trường hợp hệ thống WRF-LETKF dự báo VMAX hiệu quả (có tỷ số $\eta > 1$).

Từ Bảng 5 ta thấy, ở hạn dự báo từ 1 đến 3 ngày thử nghiệm MIX và CIMSS có số trường hợp dự báo hiệu quả là bằng nhau, trong khi ở hạn dự báo 4 ngày, thử nghiệm MIX có 4 trường hợp dự báo hiệu quả, còn thử nghiệm CIMSS chỉ có 1 trường hợp dự báo hiệu quả. Còn ở hạn dự báo 5 ngày, CIMSS lại cho số trường hợp dự báo hiệu quả nhiều hơn so với thử nghiệm MIX (Bảng 5). Về cơ bản, do trong thử nghiệm MIX và thử nghiệm CIMSS, cấu hình tổ hợp của hệ thống WRF-LETKF là như nhau, nên sự khác biệt trong kết quả dự báo của hai thử nghiệm này chỉ do việc bổ sung số liệu cao không vào quá trình đồng hóa số liệu cao không (MIX). Mặt khác, do số trường hợp thử nghiệm còn ít, nên chưa thể đưa ra một kết luận đầy đủ về khả năng dự báo VMAX của hệ thống WRF-LETKF.

Đối với dự báo cường độ bão, hệ thống WRF-LETKF cho kết quả dự báo PMIN tốt hơn so với VMAX. Tuy nhiên, do độ phân giải còn thô (12 km), nên chưa thể chi tiết được cấu trúc của bão, do vậy kết quả dự báo cường độ còn có những

hạn chế nhất định. Nhưng xét trên tổng thể, hệ thống WRF-LETKF cũng nâng cao đáng kể chất lượng dự báo cường độ bão.

Bảng 5. Thống kê các trường hợp hệ thống WRF-LETKF sự báo tốc độ gió bề mặt cực đại hiệu quả trong hai thử nghiệm CIMSS và MIX

| Hạn dự báo (giờ) | CIMSS (trường hợp) | MIX (trường hợp) |
|---------------------|-----------------------|---------------------|
| 24-h | 4 | 6 |
| 48-h | 9 | 9 |
| 72-h | 5 | 5 |
| 96-h | 1 | 4 |
| 120-h | 4 | 2 |

5. Kết luận

Kết quả đánh giá khả năng dự báo quỹ đạo và cường độ bão của hệ thống WRF-LETKF dựa vào kết quả của 9 trường hợp dự báo quỹ đạo và cường độ bão cơn bão Megi 2010. Sai số dự báo quỹ đạo bão giảm đáng kể trong thử nghiệm MIX so với kết quả dự báo GFS và thử nghiệm CTL, đặc biệt là ở các hạn dự báo dài hơn 3 ngày. Trong khi thử nghiệm CIMSS cho sai số dự báo quỹ đạo lớn hơn so với thử nghiệm MIX nhưng lại nhỏ hơn so với thử nghiệm CTL và GFS, kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước đây về khả năng nâng cao chất lượng dự báo quỹ đạo bão khi đồng hóa số liệu vệ tinh bằng lọc Kalman tổ hợp [7]. Như vậy, hệ thống tổ hợp WRF-LETKF đồng hóa đồng thời 2 loại số liệu vệ tinh và cao không đã cải thiện đáng kể kết quả dự báo quỹ đạo bão Megi hạn 5 ngày.

Đối với dự báo cường độ, qua thống kê kết quả của 9 trường hợp thử nghiệm cho thấy, dự báo PMIN trong thử nghiệm MIX hiệu quả hơn trong thử nghiệm CIMSS, với sai số dự báo PMIN của thử nghiệm MIX nhỏ hơn đáng kể so với sai số PMIN trong thử nghiệm CIMSS ở hầu hết các hạn dự báo, trong khi GFS cho sai số cường độ cao hơn các thử nghiệm còn lại. Như vậy, số liệu quan trắc được bổ sung trong đầu vào của mô hình có tác động tích cực đến kỹ năng dự báo PMIN. Nhưng đối với VMAX, tùy từng hạn dự báo mà thử nghiệm MIX hay thử nghiệm CIMSS dự báo VMAX hiệu quả. Tuy

nhiên, những đánh giá này chỉ dựa vào 9 trường hợp thử nghiệm, nên chưa thể đưa ra kết luận đầy đủ về khả năng dự báo cường độ bão của hệ thống WRF-LETKF. Nhưng bước đầu ta có thể khẳng định, hệ thống WRF-LETKF đồng hóa đồng thời số liệu vệ tinh và cao không nâng cao kỹ năng dự báo yếu tố PMIN.

Tuy nhiên, ở các thời điểm tích phân 12 giờ đầu tiên, kết quả dự báo cường độ của hệ thống WRF-LETKF chênh lệch khá nhiều so với quan trắc (hình 6, hình 7). Kết quả này cho thấy, hệ

thống WRF-LETKF có thể nâng cao kỹ năng dự báo cường độ trong các hạn dự báo từ 2 ngày đến 5 ngày, nhưng không khắc phục được trường xoáy ban đầu yếu của mô hình toàn cầu hay đồng hóa số liệu chỉ có tác dụng cải thiện dòng môi trường và tác động đáng kể đến kết quả dự báo cường độ ở hạn dự báo sau 1 ngày. Vì vậy, để hệ thống WRF-LETKF nâng cao chất lượng dự báo bão ở những hạn dự báo trước 1 ngày, thì trường xoáy ban đầu phải được ban đầu hóa tốt.

Tài liệu tham khảo

1. Kiều Quốc Chánh (2011), *Xây dựng hệ thống đồng hóa lọc Kalman tổ hợp địa phương cho mô hình dự báo thời tiết WRF*, Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, số 1S, tr. 17-28
2. Buizza and T. N. Palmer (1998), *Impact of Ensemble on Ensemble Prediction*, Amer. Meteor. Soc., 126, 2504-2518.
3. Davidson NE, Weber HC (2000), *The BMRC high-resolution tropical cyclone prediction system, TC-LAPS*. Mon Weather Rev., 128, 1245-1265.
4. <http://www.atmos.umd.edu/~ekalnay/pubs/ECMWFpredictKalnay5.pdf>
5. Eric P. Gritmit and Clifford F. Mass (2006), *Measuring the Ensemble Spear-Error Relationship with a Probabilistic Approach: Stochastic Ensemble Results*, Meteor. Soc., 135, 204-221.
6. Kieu, C.Q., Truong, N.M., Mai, H.T., and Ngo-Duc, T. (2012), *Sensitivity of the Track and Intensity Forecasts of Typhoon Megi (2010) to Satellite-Derived Atmosphere Motion Vectors with the Ensemble Kalman filter*, J. Atmos. Oceanic Technol., 29, 1794-1810.
7. Kiều Quốc Chánh, Phạm Thị Minh & Hoàng Thị Mai (2013), *An Application of the Multi-Physics Ensemble Kalman Filter to Typhoon Forecast*, Pure Appl. Geophys, 170, 745-954.
8. Nguyen VH and Chen Y-L (2011), *High-resolution initialization and simulations of typhoon morakot 2009*, Mon Wea Rev., 139, 1463-1491.
9. Simon C. Sherrer and christof Appenzeller, Pierre Eckert and Daniel Cattani (2003), *Analysis of the Spread-Skill Relations Using the ECMWF Ensemble Prediction System over Europe*, Amer. Meteor. Soc., 19, 552-565.
10. Hunt, B. R., E. J. Kostelich, and I. Szunyogh, (2007): *Efficient data assimilation for spatiotemporal chaos: A local ensemble transform Kalman Filter*. Physica D, 230, 112-126.
11. Wilks Daniel S. (1997), *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*, Ithaca New York., 59, 255.
12. <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> và <http://tropic.ssec.wisc.edu/archive/>

STUDY ON THE IMPACTS OF MERGI TYPHOON IN 2010 IN VIET NAM BY USING WRF-LETKF FORCAST SYSTEM

Pham Thi Minh¹, Tran Tan Tien²

¹Department of Meteorology, Hydrology and Climate Change - HCMC University of Resources and Environment

²Department of Meteorology, Hydrology and Climate Change- Hanoi University of Science, Viet Nam National University

Abstract: *The paper presents some results of the verification of the WRF-LETKF system to 5-day typhoon forecast based on 9 forecasting cases of the typhoon Megi (2010). Whereas, the mean absolute error (MAE) statistical index and the ratio of the ensemble spread over the errors are used to verify the performance of the WRF-LETKF system. The results in this study show that the use of the WRF-LETKF can improve the intensity and track forecast skills for 5 days. Specifically, it is found that the 5-day track errors can be reduced to 25 and 50 % which correspond to six good forecasting cases that is approximately 66 percent, and the 5-day intensity error decrease to 3 and 8% which correspond to 3 - 4 good forecasting cases that is approximately 36,6%. In addition, the statistical results suggest that the WRF-LETKF system assimilates the mixed data which is produced from satellite and sounding data can improve typhoon forecast skills which are better than those when only the satellite data is assimilated. However, the intensity error in the 12- hour first integration is improved very a litte. This result show that assimilated data can improve better forecasts for 2-day, 3-day, or longer, but don't have impact on the initial vortex. Thus, the WRF-LETKF ensemble prediction system has to be exact as the initial vortex to the 1-day and under 1-day forecast results which are improved more.*

Keywords: *Data assimilation, the Kalman filter, WRF model, Typhoon, ensemble forecasting.*