



Thử nghiệm mô hình WRF kết hợp đồng hóa 3DVAR và LETKF trong dự báo sự hình thành của xoáy thuận nhiệt đới trên Biển Đông

Trần Tân Tiến*, Đào Nguyễn Quỳnh Hoa

*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội,
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 30 tháng 11 năm 2018

Chỉnh sửa ngày 11 tháng 12 năm 2018; Chấp nhận đăng ngày 25 tháng 12 năm 2018

Tóm tắt: Nghiên cứu đã thực hiện một số thí nghiệm sử dụng WRF để nghiên cứu sự hình thành của xoáy thuận nhiệt đới với đồng hóa số liệu kết hợp phương pháp đồng hóa biến phân 3DVAR và lọc Kalman tổ hợp địa phương LETKF. Trường phân tích cho điều kiện ban đầu kết hợp nhiều loại số liệu trạm, synop, cao không,... cung cấp 36h với hạn dự báo lên tới 72h trước khi nhiễu động nhiệt đới trở thành áp thấp nhiệt đới trên Biển Đông. Kết quả trường áp phân tích được so sánh với điều kiện ban đầu trong thí nghiệm tất định CTL cho thấy những khu vực dị thường áp cao +0.4mb tại khu vực xung quanh nơi hình thành xoáy thực tế. Thời gian dự báo sự hình thành xoáy cũng được tính toán và cho thấy tính đa dạng và phân kỳ của các thành phần tổ hợp. Trường áp và trường gió 10m trong cơn bão WUTIP 2013 được lấy làm ví dụ cho sự phát triển khác nhau, tính đa dạng về cấu trúc XTNĐ trong các thành phần tổ hợp.

Từ khóa: Xoáy thuận nhiệt đới, sự hình thành XTNĐ, WRF, đồng hóa số liệu, 3DVAR, LETKF.

1. Đặt vấn đề

Sự hình thành và phát triển, cấu trúc, những ảnh hưởng và những tác động của xoáy thuận nhiệt đới, đã được các nhà khoa học đặt câu hỏi và nghiên cứu rất nhiều năm. Tuy đã đạt được những thành tựu nhất định, xác định được một số khía cạnh trong quá trình phát triển từ nhiễu động nhiệt đới mạnh lên thành các xoáy thuận nhiệt đới với hoàn lưu xác định, nhưng đến nay vẫn chưa có những câu trả lời hoàn

chỉnh cho quá trình này. Xoáy thuận nhiệt đới (XTNĐ) là một hệ thống khí áp thấp quy mô synop không có front trên vùng biển nhiệt đới hoặc cận nhiệt đới với hoạt động đối lưu có tổ chức (tức là hoạt động dông) và hoàn lưu gió bề mặt hướng xoáy thuận (Holland 1993) [1]. Đây là định nghĩa được NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration) sử dụng.

Từ một nhiễu động nhiệt đới ban đầu (Tropical disturbance), trong điều kiện thuận lợi các xoáy thuận nhiệt đới mạnh dần lên lần lượt trải qua các quá trình trở thành áp thấp nhiệt đới (Tropical depression), bão nhiệt đới

* Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-912011599.

Email: tientt@vnu.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4338>

(Tropical storm), *bão mạnh* (Tropical Severe storm), *bão cực mạnh* (Hurricane/Typhoon).

Biển Đông là vùng biển ở rìa phía Tây Thái Bình Dương, trải dài từ vĩ độ 5°S - 25°N, kinh độ 90°E - 125°E, là vùng biển tương đối kín, được bao bọc bởi các đảo, quần đảo và đất liền, thông với các vùng biển khác qua các eo biển. Việt Nam nằm ở ven bờ tây của biển Đông. Về mặt khí hậu, biển Đông nằm hoàn toàn trong miền biển nhiệt đới, chịu ảnh hưởng của hoàn lưu gió mùa châu Á chi phối điều kiện khí hậu, và là một trong những vùng chịu ảnh hưởng của xoáy thuận nhiệt đới thường xuyên.

Gió tây nam mùa hè bùng phát ở biển Đông từ khoảng giữa tháng 5 từ phía nam và mở rộng tới toàn khu vực vào khoảng tháng 6.

Gió đông bắc mùa đông ở phía bắc biển Đông vào tháng 9, tiến tới trung tâm vùng biển vào tháng 10 và bao trùm biển Đông vào tháng 11. Gió mùa đông bắc thường suy yếu dần và kết thúc vào tháng 4.

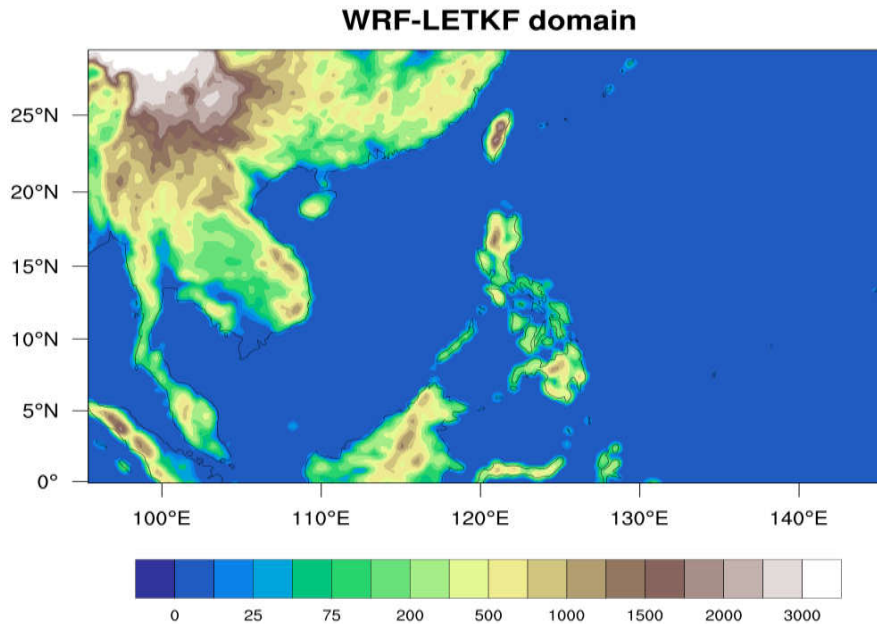
Biển Đông Ở Việt Nam, vai trò của dự báo xoáy thuận nhiệt đới hình thành và phát triển cũng như sự ảnh hưởng của bão được quan tâm ở rất nhiều lĩnh vực, bởi bão phát triển tiềm tàng nhiều thảm họa ảnh hưởng nhiều đến kinh tế và các vấn đề dân sinh. Tuy nhiên, do tính phân bố rải rác của hệ thống quan trắc số liệu, việc nghiên cứu sự hình thành và phát triển của xoáy thuận nhiệt đới còn gặp phải nhiều khó khăn. Hiện nay, ở Việt Nam có 3 phương pháp nghiên cứu chính để dự báo và theo dõi xoáy thuận nhiệt đới: phương pháp thống kê, phương pháp synop và phương pháp số trị. Sản phẩm từ radar và vệ tinh khí tượng cũng được ứng dụng rất nhiều. Công tác dự báo bão hiện nay đang được phát triển dựa trên phân tích bằng các mô hình số trị, trong đó phải kể đến mô hình WRF.

Đồng hóa số liệu hiện nay là một vấn đề đang được quan tâm đặc biệt, rất nhiều các trung tâm lớn trên thế giới đã thử nghiệm thành công và sử dụng phương pháp đồng hóa số liệu, bổ sung trường ban đầu từ các loại số liệu quan

trắc, số liệu vệ tinh, radar,... Bộ đồng hóa biến phân 3DVAR cũng được phát triển kết hợp với mô hình WRF và đang được ứng dụng rộng rãi. Ở Việt Nam, nghiên cứu theo phương pháp này vẫn còn là vấn đề mới mẻ, tác giả Kiều Quốc Chánh (2011) [2] đã tổng quan về hệ thống đồng hóa lọc Kalman tổ hợp và ứng dụng cho mô hình dự báo thời tiết WRF. Trong đó, tác giả có đề cập tới cơ sở lý thuyết bộ lọc Kalman, lọc Kalman tổ hợp và thiết kế phương pháp đồng hóa này với mô hình dự báo thời tiết WRF. Phương pháp này đã được thực hiện trong luận văn của Hoàng Thị Mai [3] và Phạm Thị Minh [4] ứng dụng trong dự báo bão với 21 thành phần tổ hợp. Đặc biệt với nghiên cứu của tác giả Kiều và cộng sự 2013 [5] đã đề xuất phương pháp đa vật lý để hiệu chỉnh sai số của mô hình, trong đó các thành phần tổ hợp là các thành phần đa vật lý với sự kết hợp của các lựa chọn sơ đồ vật lý khác nhau (một sơ đồ vi vật lý sẽ kết hợp với các sơ đồ tham số hóa đối lưu, sơ đồ tham số hóa bức xạ, sơ đồ tham số hóa lớp biên hành tinh ...v.v.) và phương pháp đa vật lý là một lựa chọn tốt cho các ứng dụng dự báo hạn ngắn. Vì vậy, trong bài báo này tác giả chọn sơ đồ LETKF với phương pháp đa vật lý.

Để tiến hành thí nghiệm, tác giả sử dụng Mô hình dự báo thời tiết WRF phiên bản 3.2 kết hợp giữa bộ đồng hóa biến phân WRF-3DVAR kết hợp với lọc Kalman tổ hợp được gọi là mô hình WRF – LETKF thiết kế với Phòng Thí nghiệm Dự báo Thời tiết và Khí hậu, do Kiều Quốc Chánh thiết lập. Hệ thống WRF – LETKF này được phát triển cho mô hình WRF – ARW dựa trên đề xuất của Hunt và cộng sự (2007) [6]. Việc sử dụng phương pháp đồng hóa biến phân 3DVAR và lọc Kalman tổ hợp cần được thực hiện vì hai lí do chính sau đây:

3DVAR để làm chính xác hóa trường ban đầu song không bao giờ đạt được trường thực tế (100%) mà nó chứa một sai số nào đó. Sau khi sử dụng 3DVAR sai số đã giảm so với trường ban đầu.



Hình 1. Miền tính mô hình WRF – LETKF.

LETKF tạo ra các trường nhiễu (21 thành phần tổ hợp) từ một trường ban đầu. Tập hợp các trường nhiễu này chứa trường khí quyển thực (trường khí quyển thực nằm trong các trường nhiễu) nên khi tổ hợp cho kết quả tốt hơn.

2. Thiết kế mô hình và số liệu

2.1. Thiết kế mô hình

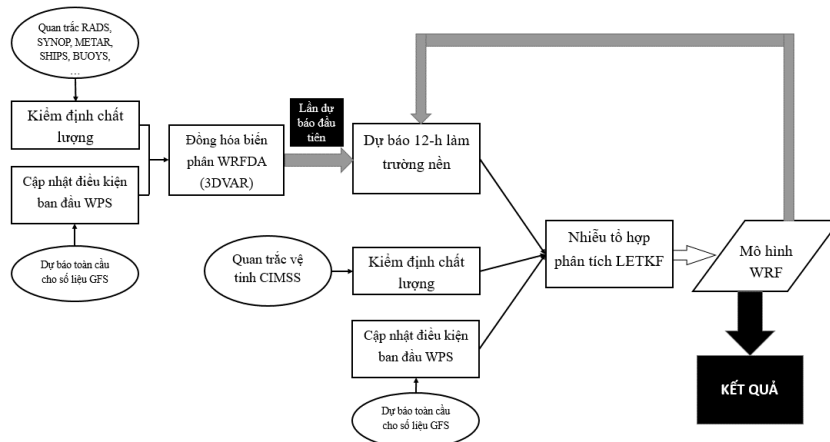
Mô hình thiết kế với miền tính có độ phân giải 27km, gồm 31 mực thẳng đứng, 201 x 123 điểm nút lưới lần lượt theo phương kinh – vĩ. Với cấu hình này miền tính bao phủ một vùng diện tích rộng lớn, kéo dài từ 0° - 30°N, 95°E – 145°E, bao phủ toàn bộ khu vực Biển Đông và mở rộng một phần khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương để xem xét bổ sung các quá trình tương tác của hoàn lưu khu vực. Việc lựa chọn độ phân giải 27km được thực hiện dựa trên hai cơ sở như sau:

- Đối với độ phân giải 27km, các quá trình quy mô dưới lưới đã được tham số hóa.

- Tác giả đã sử dụng lưới lồng 27km và 9km, tuy nhiên kết quả không có nhiều khác biệt. Cùng với thời gian tích phân rất dài (với 21 dự báo thành phần LETKF cùng với chế độ dự báo tất định CTL và dự báo đồng hóa biến phân 3DVAR), việc lựa chọn độ phân giải tối ưu cần phải phù hợp với khả năng của máy tính và khả năng áp dụng nghiệp vụ.

Trong mô hình, các sơ đồ tham số hóa đối lưu được sử dụng bao gồm sơ đồ Kain – Fritsch, sơ đồ Betts – Miller – Janjic, sơ đồ đối lưu Grell – Devenyi; tất cả sơ đồ vi vật lý mô hình hiện có đều được sử dụng, cùng với việc sử dụng 2 sơ đồ bức xạ sóng ngắn RRTM và CAM. Thiết kế mô hình cho phép mỗi member sử dụng 1 loại sơ đồ vật lý khác nhau, xem xét khả năng hình thành và phát triển của xoáy thuận nhiệt đới. Có tất cả là 21 thành phần tổ hợp được sử dụng trong nghiên cứu này.

Mô hình WRF-LETKF được phát triển theo quy trình ứng dụng nghiệp vụ chuẩn với tất cả các quá trình vào ra, cập nhật số liệu, xử lý đồng hóa, kiểm tra chất lượng, tạo điều kiện biên tổ hợp, và dự báo tổ hợp được tiến hành một cách tự động và đồng bộ hóa theo thời gian thực.



Hình 2. Sơ đồ thực hiện thí nghiệm WRF kết hợp đồng hóa 3DVAR và LETKF.

Theo sơ đồ hệ thống dự báo tổ hợp WRF-LETKF, số liệu quan trắc đầu tiên sẽ được xử lý kiểm định chất lượng thông qua bộ chương trình chuẩn WRFDA cho trong mô hình WRF. Quá trình kiểm định chất lượng này sẽ xác định các sai số cho các mực và các biến quan trắc tương ứng. Số liệu quan trắc sau khi được kiểm định sẽ được đồng hóa biến phân 3DVAR để dự báo tổ hợp hạn rất ngắn 12 giờ, và trường nền 12 giờ này kết hợp với cập nhật số liệu CIMSS để tạo ra một bộ các nhiễu phân tích thông qua bộ lọc LETKF. Tại chu trình này, do số liệu dự báo toàn cầu GFS được phát báo và tải về sẽ được chương trình tiền xử lý và nội suy về lưới mô hình. Trường dự báo GFS sau đó sẽ được cộng vào nhiễu tái phân tích tạo ra bởi đồng hóa LETKF để tạo ra một tổ hợp các trường phân tích cùng với điều kiện biên tương ứng của các trường phân tích này. Bộ các đầu vào và biên tạo ra trong bước này sẽ được đưa vào mô hình WRF để dự báo thời tiết với hạn tùy ý. Song song với quá trình dự báo thời tiết được xác định trước này, mô hình WRF cũng sẽ lưu trữ một tổ hợp các dự báo rất ngắn 12 giờ để làm trường nền cho dự báo tiếp theo. Quá trình dự báo tổ hợp như trên được liên tục lặp lại đều đặn một ngày 2 lần. Quá trình tạo ra trường nền từ dự báo hạn rất ngắn 12 giờ của 3DVAR chỉ được thực hiện tại lần dự báo ban đầu, các chu trình sau đó sẽ lấy từ trường nền dự báo rất ngắn hạn 12 giờ của LETKF.

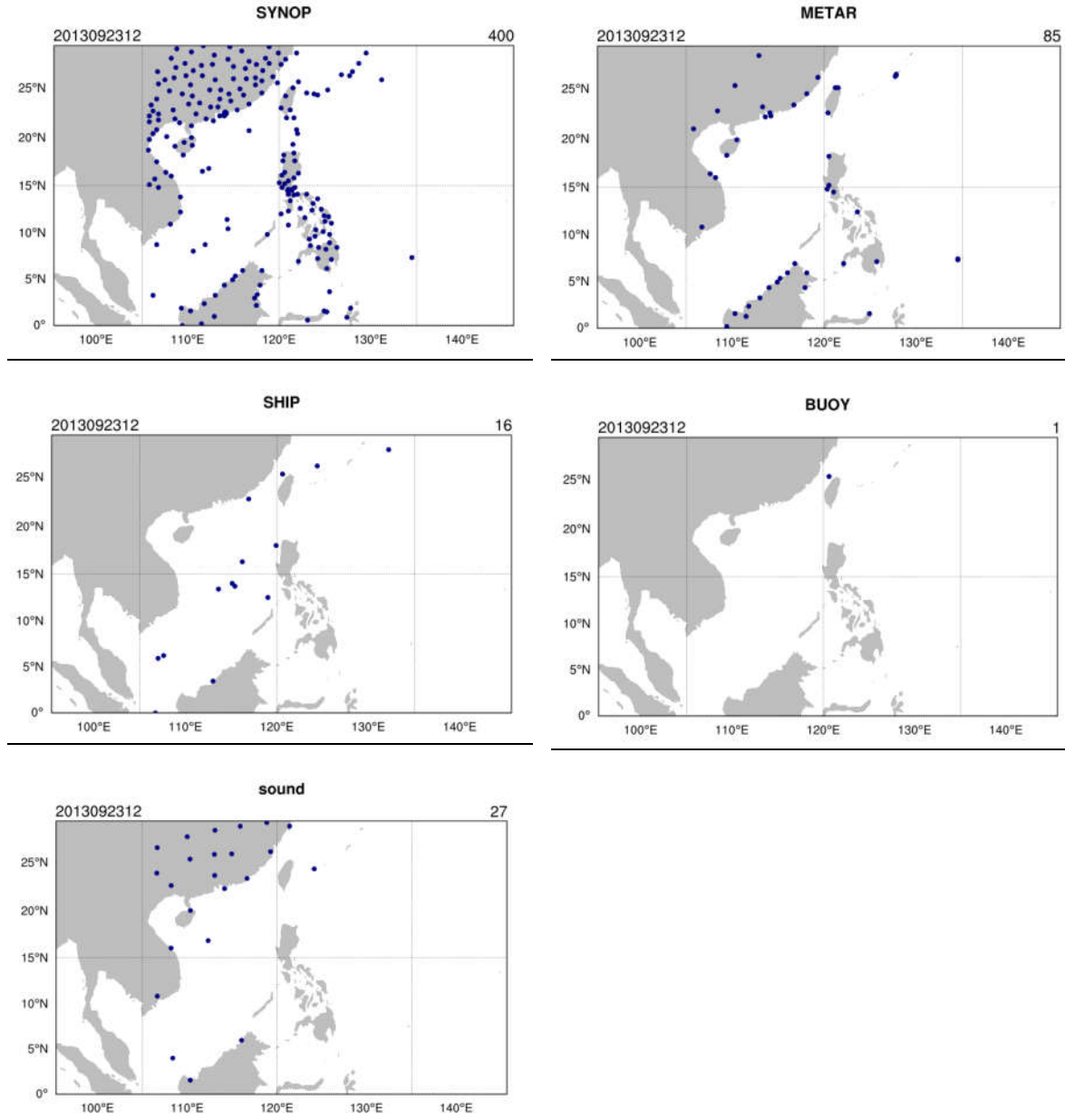
2.2. Nguồn số liệu

Điều kiện biên và điều kiện ban đầu của mô hình sử dụng số liệu mô hình toàn cầu GFS với độ phân giải $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ kinh vĩ, được cập nhật 6h một lần. Số liệu được sử dụng lấy trong khoảng thời gian liên tiếp từ 2 ngày trước khi xoáy thuận nhiệt đới hình thành để tiến hành dự báo. Trường ban đầu và điều kiện biên của thí nghiệm được cập nhật SST (nhiệt độ mặt nước biển) để tăng khả năng bám sát thực tế của mô hình.

Trong nghiên cứu, số liệu quan trắc được sử dụng cho các thí nghiệm của hệ thống đồng hóa tổ hợp LETKF là số liệu gió vệ tinh CIMSS của Trường Đại học Wisconsin – Madison, Hoa Kỳ. Số liệu được định dạng file text. Ưu điểm của số liệu vệ tinh là các sai số quan trắc được đánh giá và hiệu chỉnh bằng thuật toán lọc đệ quy. Mỗi điểm đều được kiểm tra với số liệu xung quanh bằng kỹ thuật chỉ số đánh giá. Toàn bộ cơ sở dữ liệu vệ tinh được phân thành các vùng khác nhau, để phục vụ việc nghiên cứu tác giả đã lấy dữ liệu của tất cả các khu vực được lựa chọn và ghép vào 1 file text hoàn chỉnh. Số liệu vệ tinh CIMSS có những ưu điểm đã được liệt kê trong bài báo. Nhưng đối với việc dự báo bão thì đồng hóa với số liệu vệ tinh là tối ưu hơn cả vì số liệu vệ tinh có thể nắm bắt được những hiện tượng thời tiết diễn ra ngoài biển (nơi trực tiếp sinh ra XTNĐ) và có khả năng

phát hiện những khu vực nhiễu động. Việc đồng hóa 3DVAR không sử dụng số liệu vệ tinh CIMSS vì 3DVAR không bao giờ đạt được trường thực tế (100%), và vì LETKF nắm bắt tốt hơn, và những quá trình này sẽ tạo ra độ

phân kỳ khi được ứng dụng trường ban đầu với tính bất định về các tham số vật lý, nên số liệu vệ tinh CIMSS được tối ưu hóa khi đồng hóa LETKF. Số liệu theo định dạng ASCII được tải từ trang web <http://tropic.ssec.wisc.edu>.



Hình 3. Ví dụ về các trạm lấy số liệu quan trắc trong trường hợp 12Z 23/09/2013. Số liệu SYNOP, Số liệu METAR, Số liệu thuyền SHIP, Số liệu phao nổi BUOY, Số liệu cao không.

Loại số liệu quan trắc phổ biến nhất, số liệu trạm gồm số liệu bề mặt, synop, trạm phao, thuyền được lấy từ <http://rda.ucar.edu/data/ds461.0> định dạng little_R.

Một dạng số liệu quan trắc khác được sử dụng là số liệu cao không radiosonde của các trạm cao không vùng Tây Bắc Thái Bình Dương. Số liệu được định dạng dưới dạng file .dat, bao gồm thông tin về số liệu trạm, kinh vĩ độ trạm, độ cao so với mực nước biển, giá trị số liệu trạm tại các mực áp suất bao gồm độ cao mực áp suất (HGHT), nhiệt độ không khí tại mực đó (TEMP), nhiệt độ điểm sương (DWPT), độ ẩm tương đối (RELH), tỉ xáo trộn (MIXR), tốc độ gió (SKNT) và hướng gió (DRCT),...

Toàn bộ cơ sở dữ liệu trạm cao không được phân thành các vùng khác nhau, để phục vụ việc nghiên cứu tác giả đã lấy dữ liệu của tất cả các khu vực thuộc vùng Đông nam Châu Á và Tây Bắc Thái Bình Dương.

Tác giả thu thập số liệu liên tiếp từ năm 2010 – 2016, đối với mỗi trường hợp dự báo sẽ cho phép chọn ngày giờ thu mục số liệu tại thời điểm dự báo.

2.3. Phương pháp xác định tâm xoáy

Việc xác định tâm xoáy trong những giai đoạn đầu trước khi phát triển thành XTNĐ trở nên khó khăn hơn nhiều do thời điểm này hệ thống hoàn lưu của vùng xoáy thuận chưa rõ rệt. Trong bài báo này, việc xác định tâm xoáy được tác giả thực hiện như sau:

- Vị trí vùng áp suất mực biển cực tiểu nằm trong miền tính giá trị cực tiểu.

- Cực đại địa phương của tốc độ gió 10m trong khoảng cách 4° kinh vĩ xung quanh điểm cực tiểu được xác định là tốc độ gió cực đại V_{max} .

- Giá trị tốc độ cực đại xác định tâm xoáy nếu thỏa mãn điều kiện $V_{max} \geq 10.8m/s$ (cường độ áp thấp nhiệt đới).

3. Kết quả

3.1. Đánh giá trường ban đầu sử dụng phương pháp đồng hóa kết hợp 3DVAR và LETKF

Để đánh giá sự biến đổi về cấu trúc và cải thiện các trường vật lý của mô hình sau quá trình đồng hóa, sự phân bố không gian về trường áp suất mực biển và trường gió so với thí nghiệm tắt định CTL được phân tích tại thời điểm ban đầu của chu trình đồng hóa lần thứ 2 (cách trường ban đầu 12h) cách thời điểm hình thành 36 giờ được phát báo.

Hình 4 miêu tả độ lệch trường ban đầu giữa một trường hợp thành phần tổ hợp với kết quả cho xoáy thuận nhiệt đới hình thành tốt và sớm nhất với dự báo tắt định CTL, đối với từng trường hợp dự báo hạn 72h tại chu trình đồng hóa thứ 2, cách thời gian hình thành trong thực tế là 36h. Hình bên trái mô tả trường áp suất mực biển và trường gió mực 10m (tốc độ gió (miền shaded) và hướng (thanh gió)) và hình bên phải mô tả độ lệch về trường áp và trường gió.

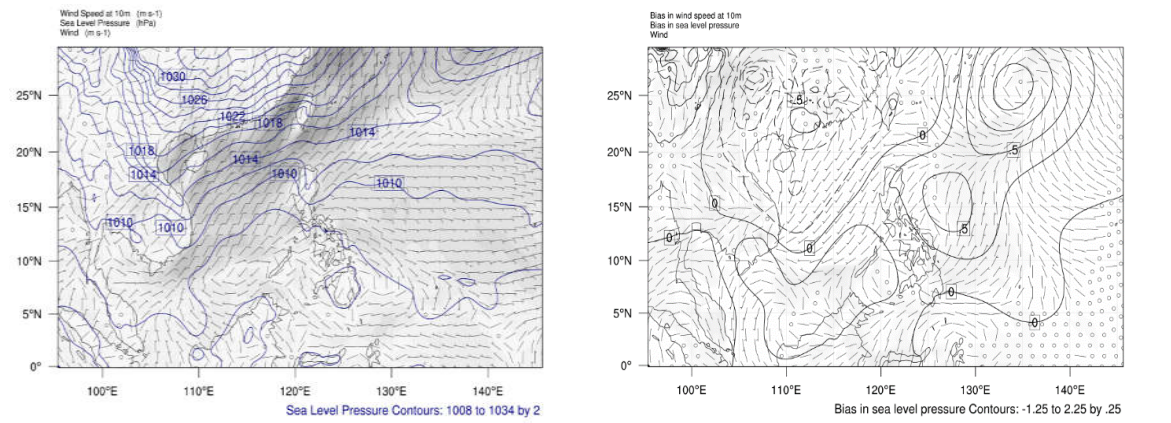
Trong trường áp và trường gió bề mặt đối với các thử nghiệm 36h trước khi hình thành ATNĐ 10/12/2011 (Hình 4a), trường ban đầu trong dự báo tắt định CTL cho thấy khu vực gió đông bắc với cường độ mạnh khoảng 15-20m/s phía bắc Biển Đông, và vùng lưỡi cao lạnh lục địa hoạt động rất tốt trên khu vực Việt Nam. Độ lệch về trường áp phân tích đối với thành phần tổ hợp mem_001 cho xoáy hình thành khá tốt cho thấy dị thường khu vực áp thấp hơn tồn tại ở phía bắc biển Đông và dị thường áp cao hơn ở phía nam Biển Đông so với trường ban đầu dự báo tắt định CTL.

Hình 4b thể hiện trường áp và trường gió của trường phân tích dự báo tắt định CTL cùng dị thường của trường phân tích dự báo kết hợp đồng hóa số liệu với thành phần tổ hợp mem_002 trong sự hình thành XTNĐ khởi đầu cho cơn bão WUTIP năm 2013. Khu vực Biển Đông trong trường phân tích dự báo CTL chịu ảnh hưởng của rãnh gió mùa, thuận lợi cho sự sinh xoáy, đồng thời thời tiết Biển Đông chịu ảnh hưởng của một cơn bão ngoài xa Tây Bắc

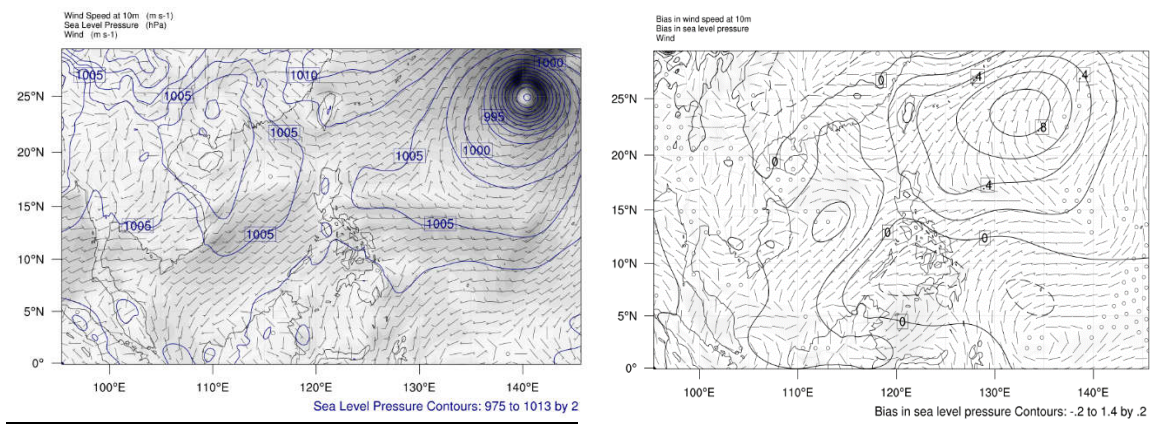
Thái Bình Dương. Trong trường phân tích dự báo đồng hóa số liệu mem_002, một dị thường áp cao tồn tại ở khu vực giữa Biển Đông so với trường phân tích CTL và một dị thường áp cao với trị số khoảng +0.8mb trong khu vực hoạt

động của cơn bão ngoài Tây Bắc Thái Bình Dương, cho thấy việc bổ sung số liệu quan trắc đã làm suy giảm ảnh hưởng của một số khu vực thấp tồn tại trong trường phân tích dự báo tất định CTL.

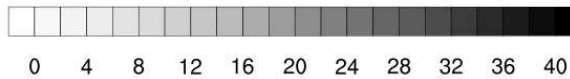
a) Trường hợp áp thấp nhiệt đới 10/12/2011 (12Z 08/12/2011) (dự báo tốt nhất: mem_001)



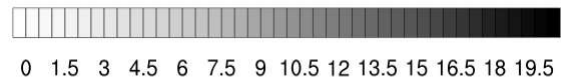
b) Trường hợp cơn bão WUTIP ngày 25/09/2013 (12Z 23/09/2013) (dự báo tốt nhất: mem_020)



Tốc độ gió tại độ cao 10m (m/s)



Sai khác tốc độ gió (m/s)



Hình 4. Trường áp mặt biển (hPa) (đường đẳng trị) và trường gió 10m (ms-1) (thanh gió + miền đẳng trị tốc độ gió) ban đầu của dự báo tất định (CTL) (hình trái) và độ lệch trường áp - trường gió đối với trường phân tích thành phần tổ hợp cho thấy XTND hình thành.

Các kết quả biểu hiện trường phân tích trong dự báo tổ hợp đồng hóa số liệu kết hợp phương pháp đồng hóa biến phân 3DVAR và lọc Kalman tổ hợp LETKF cho thấy những khu vực hình thành xoáy có xu hướng dị thường áp cao hơn so với trường ban đầu của dự báo tất định, gây nên những khác biệt về kết quả trường dự báo so với dự báo tất định. Điều này sẽ được phân tích ở mục tiếp theo.

3.2. Dự báo thời gian và vị trí hình thành XTNĐ

Với những điều kiện vật lý khác nhau, bằng việc cập nhật các trường p, T, u, v từ số liệu trạm (synop, METAR, phao, thuyền, cao không,...) bằng phương pháp đồng hóa biến phân 3DVAR và cập nhật trường gió u, v số liệu vệ tinh CIMSS bằng phương pháp LETKF đã tạo ra sự đa dạng về cấu trúc các trường trong không gian. Cùng với việc ứng dụng những sơ đồ tham số vật lý khác nhau trong quá trình tích phân của mô hình, kết quả dự báo sự hình thành xoáy thuận nhiệt đới trên Biển Đông có sự phong phú và đa dạng. Tính phân kỳ về kết quả dự báo của những thành phần tổ hợp khác nhau cùng với các sơ đồ tham số vật lý khác nhau bước đầu được thể hiện thông qua thời gian hình thành xoáy. Có những trường hợp xoáy có thể hình thành ATNĐ (áp thấp nhiệt đới), có những trường hợp vùng thấp tan rã hoặc sát nhập với một cơn bão đang hoạt động vùng ngoài Tây Bắc Thái Bình Dương một cách nhanh chóng, có những vùng ATNĐ hình thành sớm hơn (chậm hơn) thời gian dự báo. Chi tiết hơn, dự báo sự hình thành XTNĐ bằng phương pháp kết hợp số liệu quan trắc tại trạm bằng 3DVAR và số liệu vệ tinh bằng LETKF được mô tả như sau:

- Trường hợp áp thấp nhiệt đới 10/10/2013: Tất cả các thành phần tổ hợp đều cho thấy XTNĐ được hình thành từ vùng thấp ngoài đảo Luzon Philippine thuộc hoàn lưu cơn bão UTOR ngoài Tây Bắc Thái Bình Dương, nhưng thời gian tồn tại không dài do sự sát nhập với hoàn lưu cơn bão khi di chuyển vào khu vực Biển Đông.

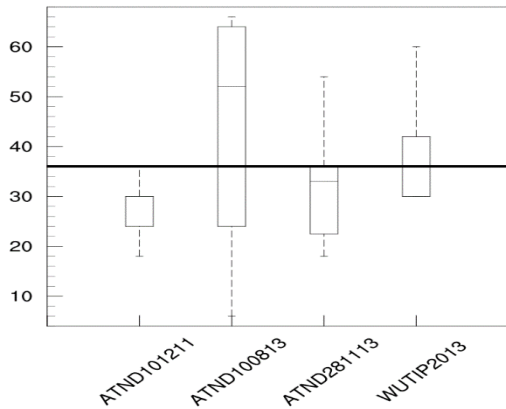
- Trường hợp áp thấp nhiệt đới 10/12/2011: có 2 thành phần tổ hợp không cho thấy sự hình thành XTNĐ, đó là các trường hợp thành phần tổ hợp mem_016 và mem_017. Nhìn chung tất cả các thành phần tổ hợp còn lại đều cho thấy trường hợp hình thành sớm hơn so với thực tế (00Z ngày 08/12/2011).

- Trường hợp áp thấp nhiệt đới 30/10/2013: có 4 thành phần tổ hợp cho thấy không hình thành xoáy thuận nhiệt đới, đó là các mem_008, mem_010, mem_011 và mem_016. Các trường hợp này đều cho thấy xoáy sát nhập vào cơn bão Krosa ở ngoài Tây Bắc Thái Bình Dương một cách nhanh chóng, trong khi các thành phần còn lại sát nhập muộn hơn, nhưng nói chung tất cả các xoáy này đều tan rã và không có trường hợp nào phát triển tốt hơn đạt tới cường độ bão.

- Trường hợp cơn bão WUTIP1312 ngày 25/09/2013: có 18/21 thành phần tổ hợp cho thấy sự hình thành XTNĐ trong trường hợp này, 3 trường hợp còn lại nhiều động nhiệt đới chưa đạt đủ chỉ tiêu ngưỡng hình thành được mô tả phía trên là các thành phần tổ hợp mem_011, mem_016 và mem_017. Sự sinh xoáy của trường hợp cơn bão này đối với thành phần tổ hợp rất đa dạng, xuất hiện từ một vùng thấp phía Bắc Biển Đông nơi hoạt động của rãnh gió mùa, nhưng cấu trúc sinh xoáy đặc biệt, có thể là sự hợp nhất của hai vùng xoáy thuận liền kề, cũng có thể chỉ là sự sinh xoáy đơn, nhưng đặc biệt hơn cả là sự sinh xoáy kép với cường độ tương đương nhau cùng hoạt động trên vùng biển phía Bắc Biển Đông như trong thành phần tổ hợp mem_001.

Dựa trên biểu đồ hộp (boxplot) (Hình 5) về thời gian hình thành của các cơn XTNĐ hình thành trên khu vực Biển Đông, có thể thấy việc dự báo thời gian hình thành XTNĐ biến đổi khác nhau giữa các trường hợp và không thể hiện một quy luật rõ ràng. Trong cả 4 trường hợp được dự báo thì trường hợp ATNĐ ngày 10/08/2013 cho thấy dự báo thời gian hình thành ở khoảng rộng nhất, kéo dài từ hạn 6h cho tới hạn 66h, trong khi đó median lại ở hạn 54h, lớn hơn khá nhiều so với thời gian dự báo thật (hạn 36h). Như vậy, việc sử dụng trung

bình tổ hợp (ensemble mean) trong trường hợp này để dự báo thời gian hình thành XTNĐ là không khả thi, có xu hướng cho dự báo muộn hơn thực tế.

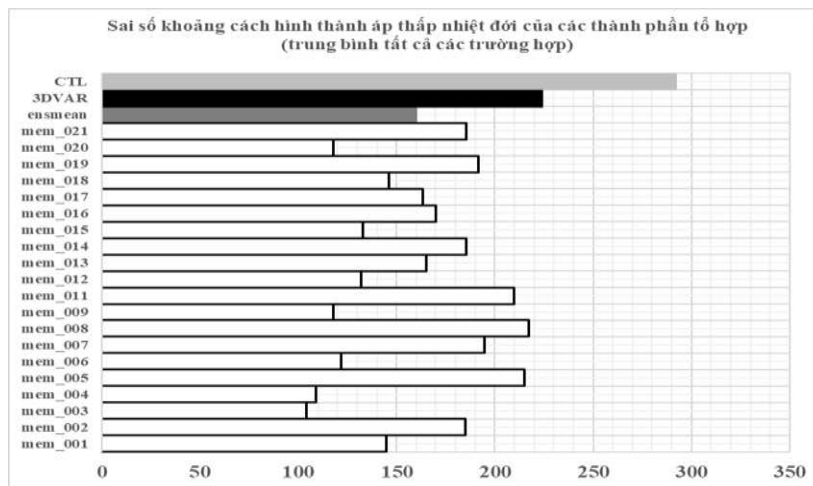


Hình 5. Biểu đồ hộp (Boxplot) về thời gian hình thành của 4 trường hợp XTNĐ hình thành trên Biển Đông. Đường kẻ đậm diễn tả thời gian hình thành trong thực tế (hạn dự báo 36h).

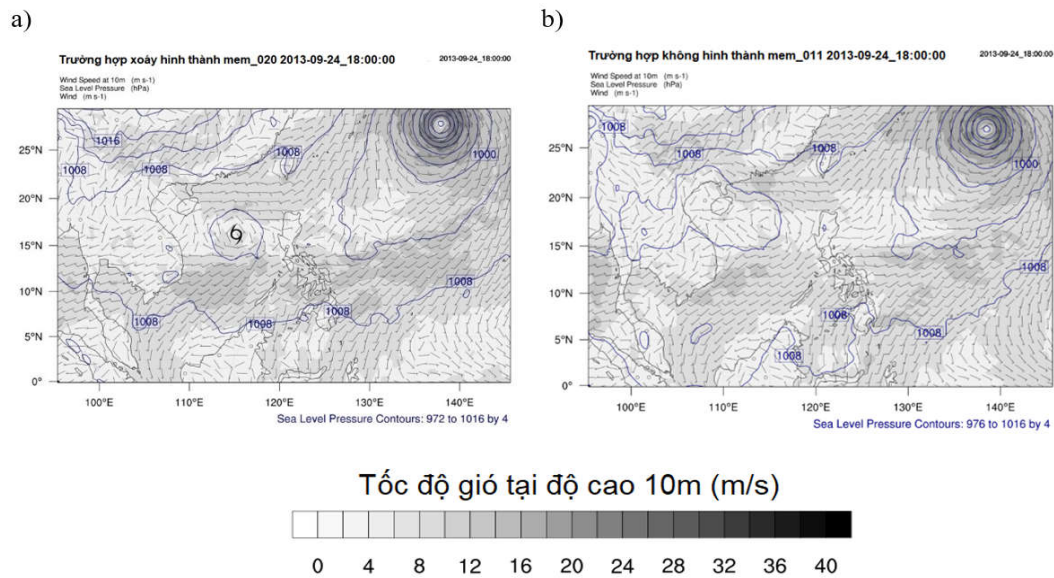
Ở một khoảng biến đổi ngắn hơn, trường hợp XTNĐ ngày 10/12/2011 lại cho thấy thời gian hình thành dự báo dao động trong khoảng 18 – 36h, có xu hướng cho dự báo sớm hơn thực tế. Đối với trường hợp XTNĐ ngày 30/10/2013 lại cho thấy median đạt gần khoảng

hạn dự báo 36h, như vậy dự báo trung bình tổ hợp các thành phần dự báo có xu hướng gần với thực tế hơn cả, nhưng vẫn sớm hơn một chút.

Song song với việc thực hiện dự báo tổ hợp dựa trên phương pháp đồng hóa 3DVAR và LETKF, dự báo với phương pháp đồng hóa biến phân 3DVAR riêng lẻ và dự báo tất định (CTL) cũng được chúng tôi thực hiện nhằm mục đích so sánh. Trong Hình 6, sai số về khoảng cách hình thành trung bình trong 4 cơn xoáy thuận nhiệt đới thí nghiệm được tính toán so với số liệu quan trắc được báo cáo. Và ưu điểm của phương pháp kết hợp này được thể hiện khá rõ. Trước hết là nhận định về sự phân kỳ về sai số khoảng cách giữa các thành phần tổ hợp do độ bất định về các tham số vật lý của mô hình, với thành phần tổ hợp mem_008 cho thấy sai số khoảng cách hình thành trung bình là lớn nhất (217,17 km) và mem_003 sai số nhỏ nhất (104,02 km). Với trung bình tổ hợp (ensmean), sai số khoảng cách trung bình là 160,45 km, nhỏ hơn rất nhiều so với trung bình các trường hợp chỉ có 3DVAR. 3DVAR là 223,89 km, và khả thi hơn rất nhiều so với dự báo tất định là 292,69 km. Ưu điểm của phương pháp kết hợp 3DVAR và LETKF thể hiện khá rõ trong trường hợp này.



Hình 6. Sai số khoảng cách hình thành trung bình trong tất cả các trường hợp với từng thành phần tổ hợp, trung bình tổ hợp (ensmean), thí nghiệm 3DVAR và tất định (CTL).



Hình 7. Trường áp mặt biển và gió 10m tại thời điểm hình thành xoáy mem_020 và tương ứng trong trường hợp mem_011 không hình thành xoáy ở hạn 54h a) mem_020 và b) mem_002.

3.3. Đánh giá trường hợp cơn bão WUTIP năm 2013

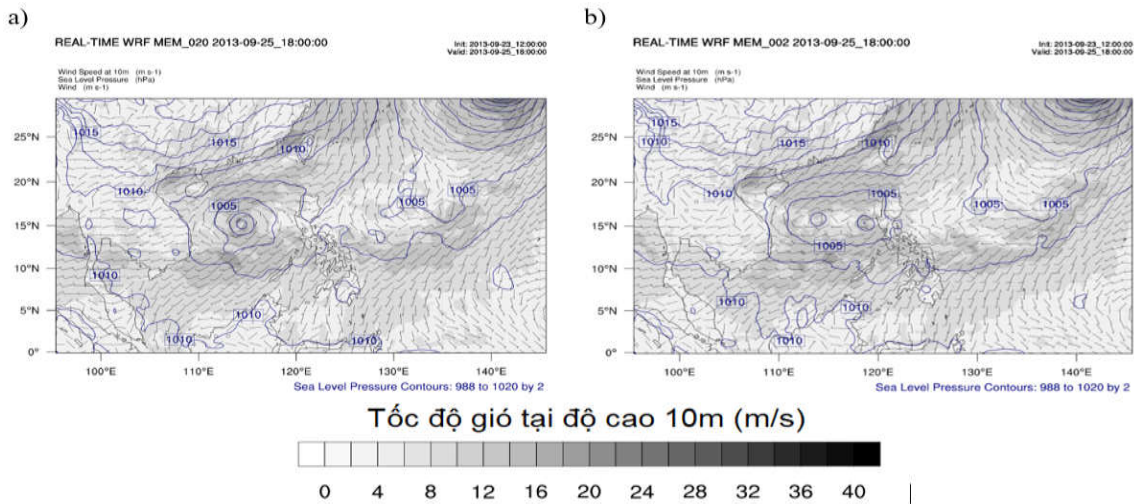
Để đánh giá rõ hơn về tính phân kỳ của các thành phần tổ hợp trong các thử nghiệm sử dụng phương pháp đồng hóa kết hợp đồng hóa biến phân 3DVAR và lọc Kalman tổ hợp LETKF, tác giả sử dụng một trường hợp điển hình của cơn bão WUTIP, với thời gian hình thành đạt cường độ ATNĐ là 00Z 25/09/2013, trường phân tích được đánh giá là tại thời điểm 36h trước khi hình thành, ở chu kỳ dự báo thứ 2 bằng phương pháp đồng hóa.

Thông qua trường áp và trường gió 10m (Hình 7) trong hai trường hợp thành phần tổ hợp hình thành sớm nhất (TD) mem_020 và không hình thành (non-TD) XTNĐ mem_011, tác giả có thể mô tả một số đặc trưng cơ bản của hai trường hợp. Nhìn chung, trường áp và trường gió giữa hai trường hợp thể hiện những sự tương đồng nhất định, các hình thế hoàn lưu và phân bố hoàn lưu tương tự nhau, cùng với sự xuất hiện của một cơn bão ngoài Tây Bắc Thái Bình Dương. Sự khác biệt rõ rệt nhất giữa trường hợp không có XTNĐ và trường hợp tồn tại XTNĐ đó là khu vực áp thấp trên Biển Đông. Nếu như vùng thấp trong trường hợp

không phát triển thành xoáy thì bao phủ miền Bắc Biển Đông và một phần khu vực Đông Dương, thì vùng thấp trong trường hợp có phát triển đã có hình dạng đường đẳng áp gần tròn với áp suất 1006mb và tập trung ở giữa Biển Đông, gió hướng xoáy thuận và một khu vực cực đại tương đối với tốc độ gió 10m đạt vận tốc 15m/s ở phía nam ATNĐ.

Ngoài ra, tính phân kỳ và đa dạng của các thành phần tổ hợp ứng dụng phương pháp đa tham số vật lý trong bài toán đồng hóa số liệu bằng phương pháp 3DVAR kết hợp với LETKF trong cơn bão WUTIP 2013 còn thể hiện ở hình thể phát triển của nhiễu động nhiệt đới. XTNĐ trong các thành phần tổ hợp có thể phát triển từ một nhiễu động đơn lẻ xuất hiện từ một vùng áp thấp tồn tại trên Biển Đông.

Hình 8a) (mem_020), hoặc có thể có sự tồn tại hai nhiễu động kép cùng phát triển từ khu vực áp thấp đó (Hình 8b) (mem_002). Cấu trúc phát triển của hai kiểu hình thể này cũng khác nhau rõ rệt, thậm chí có trường hợp hai nhiễu động kép này sát nhập vào nhau (mem_007 – không thể hiện) hoặc chúng cùng phát triển và tồn tại trên Biển Đông cho tới tận khi XTNĐ phát triển tới cường độ bão (mem_002 và mem_003).



Hình 6. Trường áp mặt biển (đường đẳng trị) và gió 10m (thang gió + miền đẳng trị tốc độ) tại thời điểm hình thành xoáy mem_020 (hình trái) và tương ứng trong trường hợp mem_011 không hình thành xoáy (hình phải).

Cấu trúc thẳng đứng của thử nghiệm 3DVAR và một trường hợp điển hình (mem_001) của thử nghiệm kết hợp hình thành tại cùng một thời điểm (12Z ngày 25/09/2013) được thể hiện qua mặt cắt thẳng đứng của trường nhiệt độ thể vị tương đương và trường xoáy thể qua tâm xoáy (dấu X) trong Hình 9.

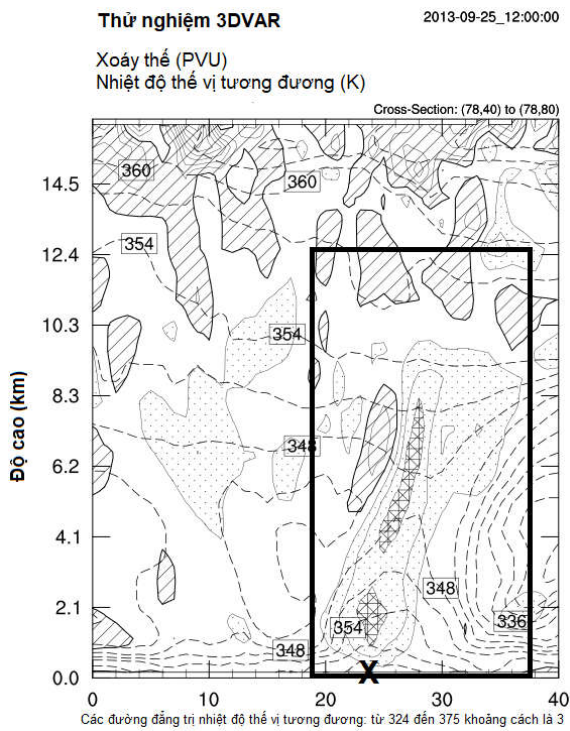
Trong thử nghiệm 3DVAR (Hình 9a), cấu trúc trong lõi xoáy được thể hiện khá tốt với khu vực cực đại xoáy thể ở vị trí tâm xoáy, cao tới khoảng gần 10.3km, với cực đại nằm ở hai vị trí khoảng độ cao 1.5km và từ 4 – 8.3km. Cấu trúc lõi nóng trong XTND được thể hiện khá tốt từ phần dưới tới phần giữa tầng đối lưu. Cấu trúc lõi lạnh lại không được thể hiện rõ như trong trường hợp mem_001 của thử nghiệm kết hợp. Xoáy được hình thành trong trường hợp mem_001 bao gồm sự sinh xoáy kép, và trong cấu trúc thẳng đứng cũng thể hiện hai khu vực cực đại xoáy thể dương tại vị trí hai tâm xoáy hình thành (A và B). Với khu vực xoáy A phát triển cực đại tại mực độ cao khoảng 6 – 10km, và xoáy B phát triển tốt hơn tại tất cả các mực. Cơ chế sinh xoáy này phù hợp với giả thuyết sinh xoáy do “tháp xoáy nóng” (Vortical Hot Towers) [7] được phát triển bởi Nicholls và các cộng sự (2006).

Các cấu trúc thẳng đứng thể hiện rằng với việc đồng hóa số liệu vệ tinh CIMSS trong thử nghiệm kết hợp LETKF, một cấu trúc thẳng đứng xoáy thuận nhiệt đới 3 chiều hợp lý cũng được thể hiện. Và cấu trúc này có sự khác biệt với cấu trúc sinh xoáy do trường hợp chỉ sử dụng phương pháp 3DVAR. Có thể nhận định rằng hợp nhất cả bản thân quá trình đồng hóa số liệu và kết quả tích phân mô hình đóng vai trò trong việc xây dựng xoáy mô hình và cấu trúc nhiệt của xoáy. Sử dụng phương pháp tổ hợp với độ bất định tham số vật lý của mô hình bằng phương pháp đồng hóa kết hợp 3DVAR+LETKF mang tới những cấu trúc đa dạng cho sự sinh xoáy, và có thể phát triển nhiều lý thuyết vật lý khác nhau.

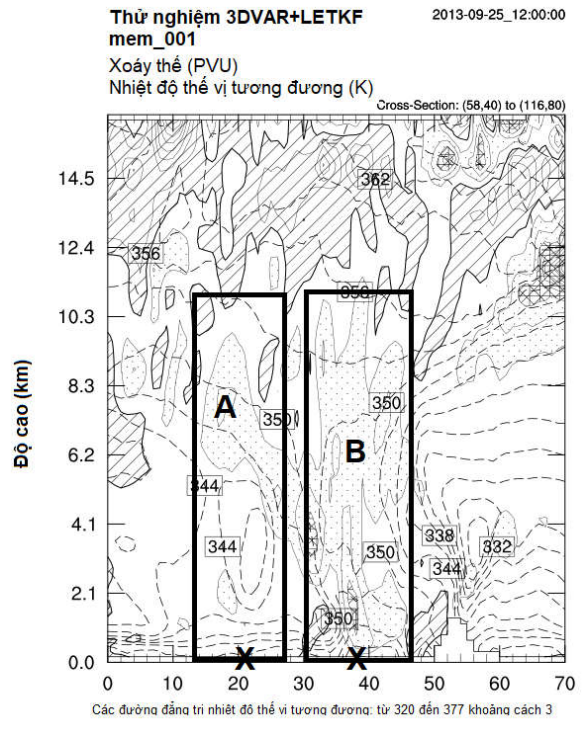
4. Kết luận

Kết quả của cả 4 trường hợp xoáy thuận nhiệt đới trên Biển Đông thể hiện rằng việc đồng hóa tổ hợp địa phương sử dụng kết hợp thuật toán 3DVAR và LETKF cho thấy được sự khác biệt về các trường ban đầu, dẫn tới trường dự báo đối với các thành phần tổ hợp khác nhau có sự phân kỳ rõ rệt, tính chất XTND trong các trường hợp này cũng khác nhau tương đối.

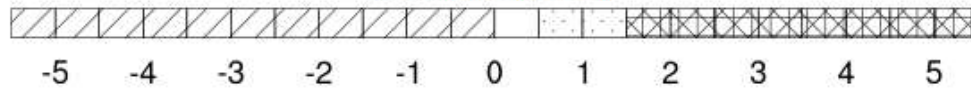
a)



b)



Xoáy thế (PVU)



Hình 7. Mặt cắt thẳng đứng trường θ_e (K) và xoáy thế (PVU) cắt qua tâm xoáy cường độ áp thấp nhiệt đới tại thời điểm hình thành của a) thử nghiệm 3DVAR và b) thử nghiệm kết hợp 3DVAR+LETKF trường hợp mem_001, dấu (X) thể hiện vị trí hình thành của XTND, những ô vuông thể hiện khu vực hoạt động của XTND.

Tạo dựng trường phân tích từ đồng hóa số liệu kết hợp 3DVAR và LETKF so với trường ban đầu của dự báo tất định CTL là làm xuất hiện khu vực dị thường áp cao tại những nơi trung tâm hoạt động của bão ngoài Tây Bắc Thái Bình Dương, một số khu vực vùng thấp trên Biển Đông (nhiều trong số đó là nơi có khả năng hình thành XTND cao nhất), và dị thường áp thấp ở những nơi hoạt động của rãnh gió mùa. Những vùng dị thường áp cao/thấp phổ biến nhất trong khoảng nhỏ $\pm 0.4\text{mb}$, xuất hiện chủ yếu trên vùng Biển Đông.

Dự báo kết hợp đồng hóa số liệu với 21 thành phần tổ hợp đã làm xuất hiện nhiều

trường hợp xoáy thuận hình thành với các thời gian khác nhau, khoảng biến đổi rộng nhất là đối với trường hợp áp thấp nhiệt đới ngày 10/08/2013. Kết quả cũng cho thấy, khoảng tổ hợp có thể biến đổi rất rộng, sớm hơn hoặc muộn hơn thời gian dự báo sự hình thành XTND, có thể muộn hơn tới 18h dự báo.

Tài liệu tham khảo

- [1] G. Holland, "Chapter 9, Global Guide to Tropical Cyclone Forecasting," World Meteorological Organization, Các tập %1 của %2WMO/TC-No.

- 560, Report No. TCP-31, pp. Geneva, Switzerland, 1993.
- [2] Kieu Quoc Chanh, Pham Thi Minh & Hoang Thi Mai (2013), "An Application of the Multi-Physics Ensemble Kalman Filter to Typhoon Forecast". Pure Appl. Geophys.170: 745-954.(1)
- [3] H. T. Mai, "Đánh giá ảnh hưởng của số liệu vệ tinh đến dự báo quỹ đạo và cường độ bão MEGI (2010) bằng phương pháp lọc Kalman tổ hợp.," Luận văn Thạc sĩ, Đại học Quốc gia Hà Nội, 2013.
- [4] P. T. Minh, "Đánh giá khả năng dự báo quỹ đạo và cường độ bão trên Biển Đông hạn 5 ngày bằng mô hình WRF với sơ đồ đồng hóa LETKF," Luận văn Thạc sĩ, Đại học Quốc gia Hà Nội, 2013.
- [5] 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.
- [6] B. R. Hunt, E. J. Kostelich và I. Szunyogh, "Efficient data assimilation for spatiotemporal chaos: A local ensemble transform Kalman filter," Physica D., tập 230, p. 112–126, 2007.
- [7] Nicholls, M. E.; Cram, T. A.; Saunders, A.B.; Montgomery, M. T., "A vertical hot tower route to tropical cyclogenesis", J. Atmos. Sci., NASA/CAMEX, 2006.

Experiments on Using WRF Model Data Assimilation of Coupled 3DVAR – LETKF in Predicting the Geneses of Tropical Cyclones in the Vietnamese East Sea

Tran Tan Tien, Dao Nguyen Quynh Hoa

¹VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam

Abstract: In this study, several experiments using data assimilation of the coupled three-dimensional variation (3DVAR) and Local Ensemble Transform Kalman filter (LETKF) in WRF for investigating the geneses of tropical cyclones have been processed. The analysis field obtained from databases including synop, METAR, ships, soundings,... generated inputs from 36h before the recorded tropical cyclogenese up to 72h lead-time. The assimilated sea level pressure (SLP) fields were compared to the initial fields from control forecast (CTL). The results show the anomalous high pressure of +0.4mb in the area surrounding the actual genesis locations. The SLP and wind fields at 10-meter level in the WUTIP 2013 case has been used as an example of the divergence and diversity of multiple members' tropical cyclone development.

Keywords: Tropical cyclones, tropical cyclogenesis, WRF, data assimilation, 3DVAR, LETKF.