



Thử nghiệm đồng hóa dữ liệu radar trong mô hình WRF để dự báo mưa lớn cho khu vực Thành phố Hồ Chí Minh

Trần Duy Thức^{1,*}, Công Thanh²

¹*Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu,
23/62 Nguyễn Chí Thanh, Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam*

²*Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 30 tháng 11 năm 2018

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

Tóm tắt: Bài báo này sử dụng mô hình WRF độ phân giải cao mô phỏng một số đợt mưa lớn mùa hè tại khu vực TP. Hồ Chí Minh qua việc sử dụng số liệu Radar để đồng hóa trường ban đầu bằng phương pháp 3DVAR, các thử nghiệm WRF3Dvar được chạy mô phỏng với 2 chế độ là khởi động lạnh (cold start) và khởi động ấm (warm start) kết hợp với 3 phương án đồng hóa: chỉ độ phân hồi; độ phân hồi và gió xuyên tâm; độ phân hồi, gió xuyên tâm và dữ liệu GTS. Trường nền được sử dụng là CV7 được tạo ra từ các dự báo trong 6 tháng tại khu vực Nam Bộ. Số liệu Radar trước khi đưa vào mô hình được kiểm định chất lượng (quality control) và tỉa thưa (thinning data) nhằm loại bỏ nhiễu cũng như cung cấp trường quan trắc ban đầu tốt nhất. Số liệu mưa của 24 trạm quan trắc bề mặt tại Nam Bộ được sử dụng để đánh giá khả năng mô phỏng của mô hình WRF. Kết quả thu được cho thấy đồng hóa chỉ riêng độ phân hồi có tác động mạnh đối với các biến Q_{rain} và Q_{group} ở trường ban đầu trong khi đồng hóa gió xuyên tâm cải thiện thành phần gió tiếp tuyến. So sánh các phương án thử nghiệm cho thấy, đồng hóa warm start cho mô phỏng lượng mưa tốt hơn khá nhiều so với cold start. Đồng hóa đồng thời gió xuyên tâm và độ phân hồi và GTS cho kết quả tương đối khả quan so với các phương án khác.

Từ khóa: WRF3Dvar, Radar.

1. Mở đầu

Số liệu radar là một trong những nguồn dữ liệu quan trọng đối với quá trình đồng hóa, ngoài khả năng cung cấp một lượng lớn dữ liệu từ bề mặt đến nhiều mực độ cao ở độ phân giải lớn, dữ liệu Radar còn gần như thời gian thực,

rất phù hợp cho dự báo mưa lớn, đặc biệt là mưa lớn hạn cực ngắn. Rất nhiều nghiên cứu cho thấy dữ liệu radar có tác động tốt đối với mô hình WRF. Độ chính xác của WRF ngoài phụ thuộc điều kiện ban đầu, biên còn phụ thuộc vào hiệu ứng spinup [3]. Hiệu ứng này được hiểu trong khoảng 3-6 h đầu, lượng mưa dự báo từ mô hình dự báo thường kém chính xác hơn so với thực tế, đồng hóa thời gian thực độ phân hồi radar sẽ giúp giảm đáng kể hiệu ứng spin-up và cả thiện điều kiện ban đầu và

* Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-1675613351.

Email: tranduythucl@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4336>

điều kiện biên cho mô hình số [4-5]. Xiao và Sun [5] đã minh họa trong nghiên cứu của họ với dữ liệu radar có độ phân giải cao 2 km được đồng hóa vào mô hình số, kết quả các hệ thống đổi lưu được mô phỏng tốt hơn trong điều kiện ban đầu. Một số nghiên cứu cũng cho thấy khi đồng hóa đồng thời cả vận tốc gió xuyên tâm và độ phân hồi cho kết quả tốt hơn là chỉ một thành phần, Xiao và cs [6] đã phát triển một phương pháp đồng hóa vận tốc xuyên tâm trong hệ thống 3DVAR, sau đó phương pháp này được bổ sung thêm dữ liệu độ phân hồi vô tuyến [7], kết quả cho thấy có sự cải thiện hơn đối với dự báo định lượng mưa (QPF) hạn ngắn. Trong dự báo bão, Tong và Xue [8] đã đồng hóa radar Doppler cho thấy kết quả tốt nhất thu được khi cả hai dữ liệu vận tốc xuyên tâm và độ phân hồi. Ngoài ra việc kết hợp dữ liệu radar với các dữ liệu khác được thể hiện trong nghiên cứu của J. Liu và cs [9], họ sử dụng 4 chế độ đồng hóa khác nhau: dữ liệu khí tượng, độ phân hồi radar, độ phân hồi radar đã hiệu chỉnh, độ phân hồi radar kết hợp dữ liệu khí tượng, độ phân hồi radar đã hiệu chỉnh kết hợp dữ liệu khí tượng nhằm nghiên cứu ảnh hưởng của các loại dữ liệu đến quá trình đồng hóa kết quả cho thấy đồng hóa đồng thời độ phân xạ radar đã hiệu chỉnh và dữ liệu khí tượng cho kết quả tốt hơn cả so với các phương án khác. Đối với bài toán đồng hóa số liệu radar ở Việt Nam, nghiên cứu tiêu biểu là của Dư Đức Tiến đã xử lý số liệu radar Doppler để đưa vào đồng hóa số liệu cho mô hình WRF. Các thuật toán xử lý đã được ứng dụng cho số liệu radar Doppler Đông Hà, bao gồm xử lý nhiễu địa hình, xử lý nhiễu điểm ảnh và làm trơn (thinning) tạo số liệu mẫu (super observation). Tác giả cũng trình bày về lý thuyết xây dựng toán tử quan trắc cho số liệu radar Doppler của hệ thống WRFDA. Một số thử nghiệm được thực hiện nhằm đánh giá khả năng nâng cao chất lượng dự báo mưa lớn cho khu vực miền Trung khi đồng hóa số liệu radar Đông Hà. Các kết quả thử nghiệm bước đầu cho thấy việc đưa số liệu radar vào đồng hóa số liệu đã góp phần nâng cao chất lượng dự báo mưa lớn cho khu vực miền Trung đặc biệt khi sử dụng mô hình

khu vực bất thủy tĩnh phân giải cao [1]. Trần Hồng Thái và cs đã đồng hóa số liệu Radar qua phương pháp nudging nhằm tác động tới dự báo mưa lớn trên khu vực Bắc Bộ [2]. Mặc dù đồng hóa số liệu radar có nhiều tác động tích cực tuy nhiên không ít trường hợp thu được kết quả xấu hơn do xử lý số liệu ban đầu chưa tốt, số liệu radar thô thường bị tác động bởi các nhiễu, dải sáng, sự suy giảm tín hiệu trong mưa lớn [10-11] do vậy quá trình kiểm định chất lượng cho dữ liệu là vô cùng quan trọng. Trong bài báo này sẽ thực hiện một số phương pháp xử lý số liệu radar ban đầu và đánh tác động của các loại dữ liệu độ phân hồi, gió xuyên tâm và dữ liệu GTS kết hợp với các chế độ chạy warmstart và coldstart nhằm tìm ra bộ số liệu tốt nhất cho phương pháp chạy 3dvar phù hợp với bài toán mưa lớn tại khu vực TP Hồ Chí Minh.

2. Phương pháp và số liệu nghiên cứu

2.1. Đồng hóa 3dvar trong mô hình WRF

Bài toán của 3dvar: WRF-Var là một hệ thống đồng hóa dữ liệu biến phân được thiết kế và xây dựng cho mô hình WRF bao gồm các thành phần 3Dvar và 4Dvar. Hệ thống này có nguồn gốc và phát triển từ mô hình MM5 [12]. Năm 2005, Skamarock và cs [13] đã mô tả những cải tiến mới nhất của cả mô hình WRF và WRF-Var và đưa ra các giải thích để giúp người dùng hiểu được thành phần 3Dvar của hệ thống WRF-Var. Nhìn chung mục đích cơ bản của đồng hóa số liệu biến phân ba chiều là cung cấp một ước lượng tối ưu của trạng thái khí quyển thực ở thời điểm phân tích thông qua việc giải lập hàm giá:

$$J(\mathbf{x}) = \frac{1}{2}(\mathbf{x} - \mathbf{x}^b)^T \mathbf{B}^{-1}(\mathbf{x} - \mathbf{x}^b) + \frac{1}{2}[\mathbf{H}(\mathbf{x}) - \mathbf{y}^o]^T \mathbf{O}^{-1}[\mathbf{H}(\mathbf{x}) - \mathbf{y}^o]$$

Trong đó: \mathbf{B} là ma trận sai số tương quan của trường nền, \mathbf{O} là ma trận sai số tương quan của sai số quan trắc, $\mathbf{H}(\mathbf{x})$ là toán tử quan trắc, \mathbf{X} : véc tơ trạng thái (biến) khí quyển), \mathbf{Y} : quan trắc.

Trong WRF-var để chuyển đổi từ độ phân hồi và vận tốc gió xuyên tâm của radar về các

biến của mô hình, sử dụng các toán tử sau: 1) toán tử quan trắc cho vận tốc xuyên tâm V_r từ một quan trắc Doppler thu được từ trường gió 3D (u, v, w). Gió hướng tâm của mô hình thu được từ các thành phần gió theo công thức:

$$v_r = \frac{x-x_i}{r_i} \cdot u + \frac{y-y_i}{r_i} \cdot v + \frac{z-z_i}{r_i} \cdot (w-v_r)$$

$$v_r = 5.40a \cdot q_r^{0.125}, \quad a = (p_0 / \bar{p})^{0.4}$$

Lưu ý rằng tốc độ rơi thẳng đứng V_i được tính toán từ tỷ lệ pha trộn nước mưa với hiệu chỉnh độ cao, độ phản hồi của mô hình được tính theo công thức liên hệ với lượng nước trong mưa Q_{rain} (q_r) của Marshall-Palmer [14]:

$$Z = 43.1 + 17.5 \log \left(\frac{\rho_{air} q_r}{1 \text{ kg} / \text{m}^3} \right)$$

2.2. Xử lý dữ liệu RADAR

Trong nghiên cứu này tác giả sử dụng dữ liệu của radar Nhà Bè (tọa độ $10^{\circ}39'31''$ vĩ độ Bắc và $106^{\circ}43'42''$ kinh độ Đông) với một số thông số kỹ thuật chính: tần số hoạt động: 5500-5700MHz (sóng C); độ rộng cánh sóng antenna: $\leq 1.0^{\circ}$; bán kính quan trắc: 30, 60, 120, 240, 480m; bán kính quan trắc gió Doppler: 30, 60, 120km. Trong thời gian qua thiết bị radar này đã phát huy hiệu quả trong công tác theo dõi, giám sát các hiện tượng thời tiết trong vòng bán kính khoảng 480 km; cảnh báo, dự báo các hiện tượng thời tiết nguy hiểm như bão, áp thấp nhiệt đới, dông... trong bán kính khoảng 240 km; và các hiện tượng mưa, mưa lớn... trong bán kính khoảng 120 km quanh thành phố Hồ Chí Minh. Cũng cần lưu ý thêm là đối với Radar Nhà Bè ở bán kính quét lớn hơn 120km, không nên sử dụng số liệu tốc độ gió xuyên tâm để đồng hóa vì lúc này gió xuyên tâm sẽ không được tốt. Như đã trình bày ở trên vấn đề xử lý dữ liệu radar trước khi đưa vào đồng hóa là một trong những bước quan trọng, nó ảnh hưởng trực tiếp đến kết quả của mô phỏng của 3dvar thậm chí nếu có quá nhiều dữ liệu kém có thể làm hỏng các phân tích từ 3dvar, có rất nhiều

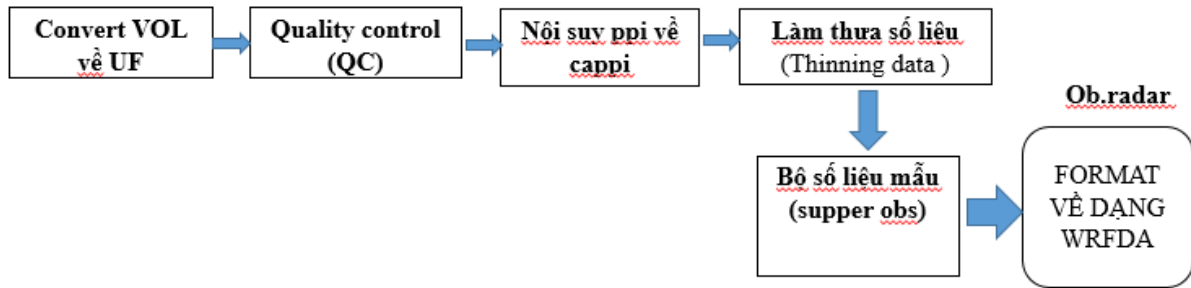
các phương pháp được nghiên cứu nhằm thu được dữ liệu tốt nhất trước khi đưa vào mô hình. Trong bài báo này tác giả thực hiện theo các bước như sau (Hình 2.1).

Kiểm soát chất lượng (Quality control):

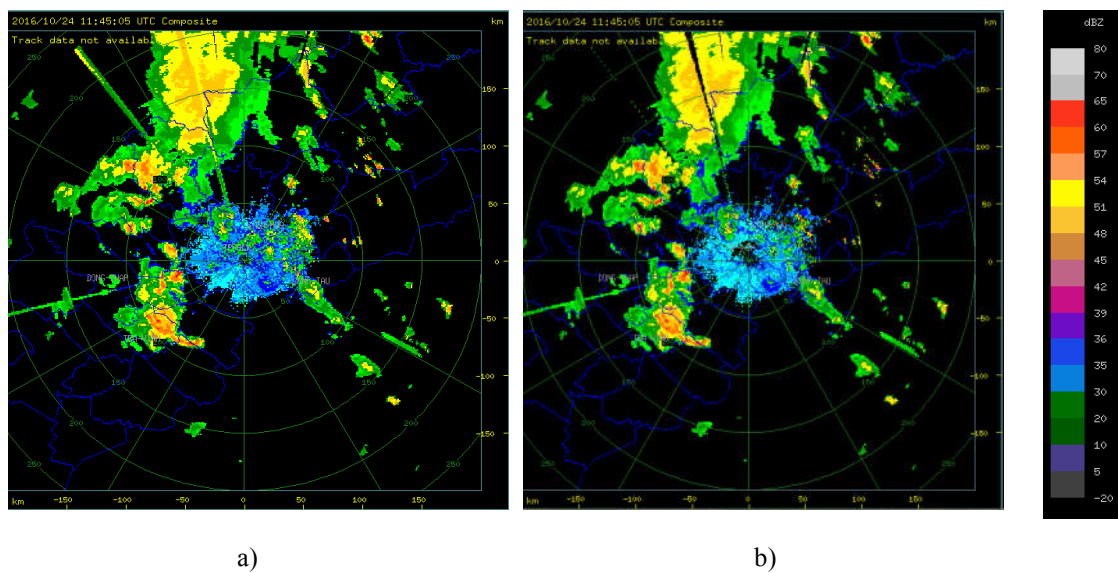
Nhiều nghiên cứu đã so sánh kết quả đồng hóa không kiểm định chất lượng(QC) và có QC cho thấy không QC có thể làm cho 3dvar không hội tụ hoặc tạo ra một trường phân tích nhưng các dữ liệu xấu lan truyền đến các vùng dữ liệu tốt khác và kết quả là trường phân tích ban đầu có thể xấu đi [9]. Đối với dữ liệu thô của Nhà Bè thông thường sẽ có các nhiễu địa hình (ground clutter), biển (sea clutter), hiệu ứng búp sóng phụ và nhiễu lệch chồng chéo trường gió (dealiasing, folded velocity) do vậy việc kiểm định chất lượng là rất cần thiết.

Tỉa thưa dữ liệu (thinning data):

Dữ liệu radar ban đầu là sản phẩm quét khối (ppi - phạm vi, góc phương vị và độ cao). Để có thể lấy được dữ liệu radar từ nhiều mực khác nhau (sản phẩm cappi), sử dụng phương pháp nội suy [15], trong bài báo này, dữ liệu radar được nội suy thành các mảng 512*512 điểm lưới, độ phân giải 1km với 50 mực, mỗi mực cách nhau 250m và mực ban đầu có độ cao 40m (tương ứng độ cao của radar Nhà Bè). Sau khi có được sản phẩm nội suy, tiếp theo là đưa cùng về độ phân giải với mô hình (độ phân giải của dữ liệu radar Nhà Bè là 1km, cao hơn khá nhiều so với độ phân giải của mô hình 9 km với miền 1 và 3km cho miền tính 2), hơn nữa nếu dữ liệu radar quá dày, ta cũng cần phải tỉa thưa chúng bằng cách lấy trung bình của các điểm gần nhau, việc tỉa thưa này giúp cho thời gian tính toán nhanh hơn và làm giảm sự tương quan giữa các điểm dữ liệu. Để đưa số liệu về lưới của mô hình sử dụng một chương trình fortran, đầu tiên chương trình lấy thông tin về lưới của mô hình, sau đó ứng với mỗi điểm lưới theo phương ngang và theo các mực độ cao, chương trình vẽ ra các bán kính và tính toán giá trị từ các điểm gần nhất (các điểm bên trên, bên dưới và bên cạnh).



Hình 2.1. Các bước xử lý số liệu radar.



Hình 2.2. Minh họa kết quả trước và sau khi kiểm soát chất lượng (quality control).

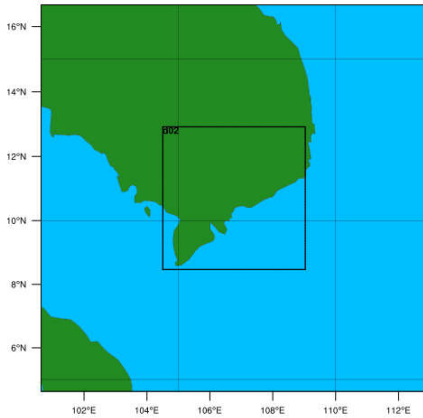
2.3. Thiết kế thí nghiệm

Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng mô hình WRF và WRFDA phiên bản V3.9.1 WRF sử dụng hai lưới lồng tương tác hai chiều với độ phân giải tương ứng là: 9km, 3km (Hình 2.3). Miền 1 gồm 150×150 điểm lưới với tọa độ tâm là 10,66°N, 106,728°E, miền 2 gồm 166×166 điểm lưới với 52 mực thẳng đứng. Miền 1 được thiết kế đủ rộng để mô hình có thể nắm bắt được các quá trình hoàn lưu quy mô lớn ảnh hưởng đến Nam Bộ, các miền con được thu hẹp phạm vi bao trọn khu vực TP. Hồ Chí Minh. Bảng 1 là bộ tham số vật lý của mô hình

WRF được lựa chọn để mô phỏng mưa khu vực TP. Hồ Chí Minh.

Bảng 1. Sơ đồ vật lý sử dụng trong thí nghiệm

Lớp biên hành tinh	Mellor-Yamada-Janjic
Tham số hóa đối lưu	Grell-Devenyi
Sơ đồ vi vật lý mây	WSM 6-class
Bức xạ sóng ngắn	Dudhia
Bức xạ sóng dài	RRTM
Sơ đồ đất	Noah-MP



Hình 2.3. Các miền tính của mô hình.

Bảng 2. Các trường hợp thử nghiệm

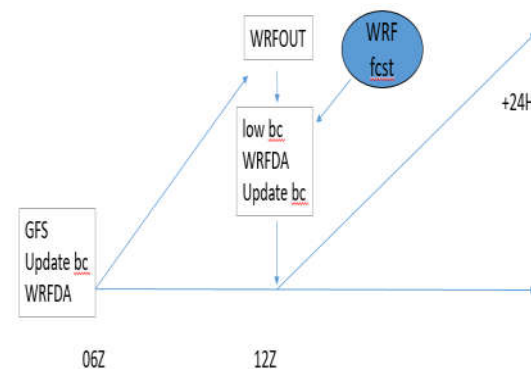
STT	CASE	MÔ TẢ
1	CONTROL	WRF không đồng hóa
2	WARM-ZH	Warm start, Đồng hóa chỉ độ phản hồi
3	WARM-ZHSY	Warm start, Đồng hóa chỉ độ phản hồi và synop
4	WARM-ZHVR	Warm start, Đồng hóa chỉ độ phản hồi, gió xuyên tâm
5	WARM-ZVSY	Warm start, Đồng hóa chỉ độ phản hồi, gió xuyên tâm và synop
6	COLD-ZH	Cold start, Đồng hóa chỉ độ phản hồi
7	COLD-ZHVR	Cold start, Đồng hóa chỉ độ phản hồi và synop
8	COLD-ZHVR	Cold start, Đồng hóa chỉ độ phản hồi, gió xuyên tâm
9	COLD-ZVSY	Cold start, Đồng hóa chỉ độ phản hồi, gió xuyên tâm và synop

Tác giả sử dụng loại sai số trường nền CV7 (mới xuất hiện từ phiên bản WRF-VAR 3.7) loại sai số trường nền này được tạo ra bằng phương pháp NMC [15], để tạo ra nó sử dụng hiệu của các dự báo (T + 24 trừ T + 12) nối tiếp

nhau trong 6 tháng cho khu vực nam bộ từ 31/05/2016 – 01/12/2016 (khoảng 360 lần chạy WRF), vì sai số trường nền không thể tạo cùng một lúc cho cả 2 miền nên ta cần thực hiện cho từng miền tính một. Bài báo sử dụng 9 phương án thử nghiệm (Bảng 2) nhằm đánh giá tác động của các loại số liệu với hai chế độ khởi chạy là khởi động lạnh (cold start) và khởi động ấm (warm start).

Đối với chế độ coldstart mô hình được chạy với thời gian trùng với mưa quan trắc tức là từ 12Z ngày hôm trước đến 12Z ngày hôm sau (giờ GMT) (mưa quan trắc tại Việt Nam được tính từ 19h ngày hôm trước đến 19h ngày hôm sau). Trong chế độ warm start, cũng tương tự như cold start tuy nhiên mô hình được khởi chạy trước 06h, các mô phỏng này được cập nhật bổ sung vào điều kiện ban đầu cho thời điểm 12Z để dự báo cho các giờ tiếp theo. Qua một số lần thử nghiệm cho thấy sử dụng phân tích NCEP GFS (thí nghiệm coldstart), WRF-Var đã đưa ra một phân tích khá rõ về trường ban đầu nhưng thông tin là khá ít. Với chế độ warm-start các thông tin cho trường ban đầu nhiều hơn rất nhiều so với coldstart, điển hình như các biến Q_{cloud} , Q_{rain} .

Số liệu: số liệu ban đầu hóa và số liệu điều kiện biên phụ thuộc thời gian được lấy từ dự báo của mô hình toàn cầu GFS cung cấp bởi Trung tâm Quốc Gia Dự báo Môi trường (NCEP)/Hoa Kỳ với độ phân giải $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ kinh vĩ.



Hình 2.4. Quy trình chạy WRFDA trong chế độ Warm start.

Số liệu quan trắc phục vụ đánh giá mô phỏng bao gồm số liệu mưa của 24 trạm quanh khu vực TP. Hồ Chí Minh, số liệu Radar được lấy từ Radar Nhà Bè bao gồm độ phản hồi và gió xuyên tâm được lấy trong các ngày 02-03/08/2016, trong thời gian này radar xuất dữ liệu 15 phút một và quét với bán kính 240km. Dữ liệu GTS: số liệu từ trạm thời tiết bề mặt, tàu, phao, máy bay, vệ tinh quan trắc từ GTS được xử lý sử dụng bộ tiền xử lý quan sát OBSPROC trước khi được đồng hóa bằng WRF-3DVar. Để làm được điều này một chương trình shell script đã được biên dịch chuyển đổi dữ liệu đã giải mã sang định dạng LITTLE_R phù hợp, sau đó có thể được sử dụng trực tiếp bởi WRF-3DVar.

Phương pháp đánh giá trên trạm: sử dụng 3 chỉ số thống kê: sai số tuyệt đối trung bình MAE, sai số quân phương RMSE và sai số tương đối RE.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{I=1}^n |FI - OI|;$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{I=1}^n (FI - OI)^2};$$

$$RE = \frac{1}{n} \sum_{I=1}^n \frac{(R_{fi} - R_{oi}) * 100}{R_{oi}}$$

Trong đó: FI là giá trị dự báo, OI là giá trị quan trắc, R_{fi} , R_{oi} là tổng lượng mưa trạm cho một giai đoạn hoặc trung bình tổng lượng mưa trạm cho một giai đoạn trong khu vực cho mô hình và quan trắc. Sai số tương đối RE cho biết thiên hướng của mô hình so với quan trắc, và độ lớn của sai số RE cho biết phần trăm sai khác bao nhiêu.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Biến đổi trường ban đầu

Để thấy rõ được sự biến đổi của trường ban đầu tương ứng với từng kiểu số liệu, tác giả tính trung bình giá trị của các biến cơ bản ở 20 mực thấp nhất trên tổng số 52 mực trong khu vực

radar đồng hóa (xung quanh khu vực TP. Hồ Chí Minh). Từ bảng có thể thấy trong trường hợp chưa đồng hóa, tỷ lệ lượng nước trong mưa (Qrain) có giá trị là 0, tuy nhiên sau khi được đồng hóa, mô hình đã biến đổi độ phản hồi Radar và bổ xung thêm giá trị vào biến Qrain tại thời điểm ban đầu, đồng thời biến Qgraup ở các mực trên cao cũng được cải thiện khá nhiều. Từ bảng cũng cho thấy đồng hóa coldstart và CONTROL đều cho lượng nước trong mây (Qcloud) là 0 tuy nhiên trong quá trình chạy warm start biến này được bổ xung thông tin từ các dự báo trước, có thể thấy tất cả các dự báo warmstart giá trị của Qcloud đã thay đổi đáng kể. Tiếp theo, nếu chỉ đồng hóa thành phần độ phản hồi ở chế độ coldstart, các thành phần gió kinh hướng U và vĩ hướng V không thay đổi tuy nhiên nếu bổ xung thêm dữ liệu GTS hoặc gió xuyên tâm của radar thành phần này thay đổi đáng kể. So sánh các dự báo nếu chỉ đồng hóa riêng độ phản hồi hoặc số liệu synop trong quá trình chạy coldstart, tốc độ thẳng đứng W là 0, nhưng khi đồng hóa thêm gió xuyên tâm của radar hoặc chạy warm start tốc độ này cũng được cải thiện. Nhìn chung, độ phản hồi radar làm biến đổi các thành phần Qrain, Qcloud, Qvapor, Qgraup... của mô hình, tốc độ gió xuyên tâm làm thay đổi trường gió kinh hướng, vĩ hướng và gió thẳng đứng. Chế độ chạy warm start cung cấp khá nhiều thông tin từ dự báo trước làm cho trường ban đầu được cải thiện đáng kể so với chỉ chạy coldstart.

3.2. Đánh giá khả năng mô phỏng mưa của mô hình

Tiếp theo, nghiên cứu sẽ phân tích kết quả so sánh về lượng mưa và diện mưa giữa các sản phẩm CONTROL, các trường hợp đồng hóa và số liệu quan trắc. Hình 3.1a là lượng mưa tích lũy 24h của quan trắc cho thấy trong ngày 02/08/2016 tại khu vực TP Hồ Chí Minh xuất hiện một tâm mưa lớn và hình thành một dải mưa kéo dài đến khu vực Phước Long, Đồng Xoài. Lượng mưa từ số liệu quan trắc phổ biến trong khoảng 20-75mm. Ở kết quả mô phỏng, có thể thấy phương án CONTROL (hình 3.1 b),

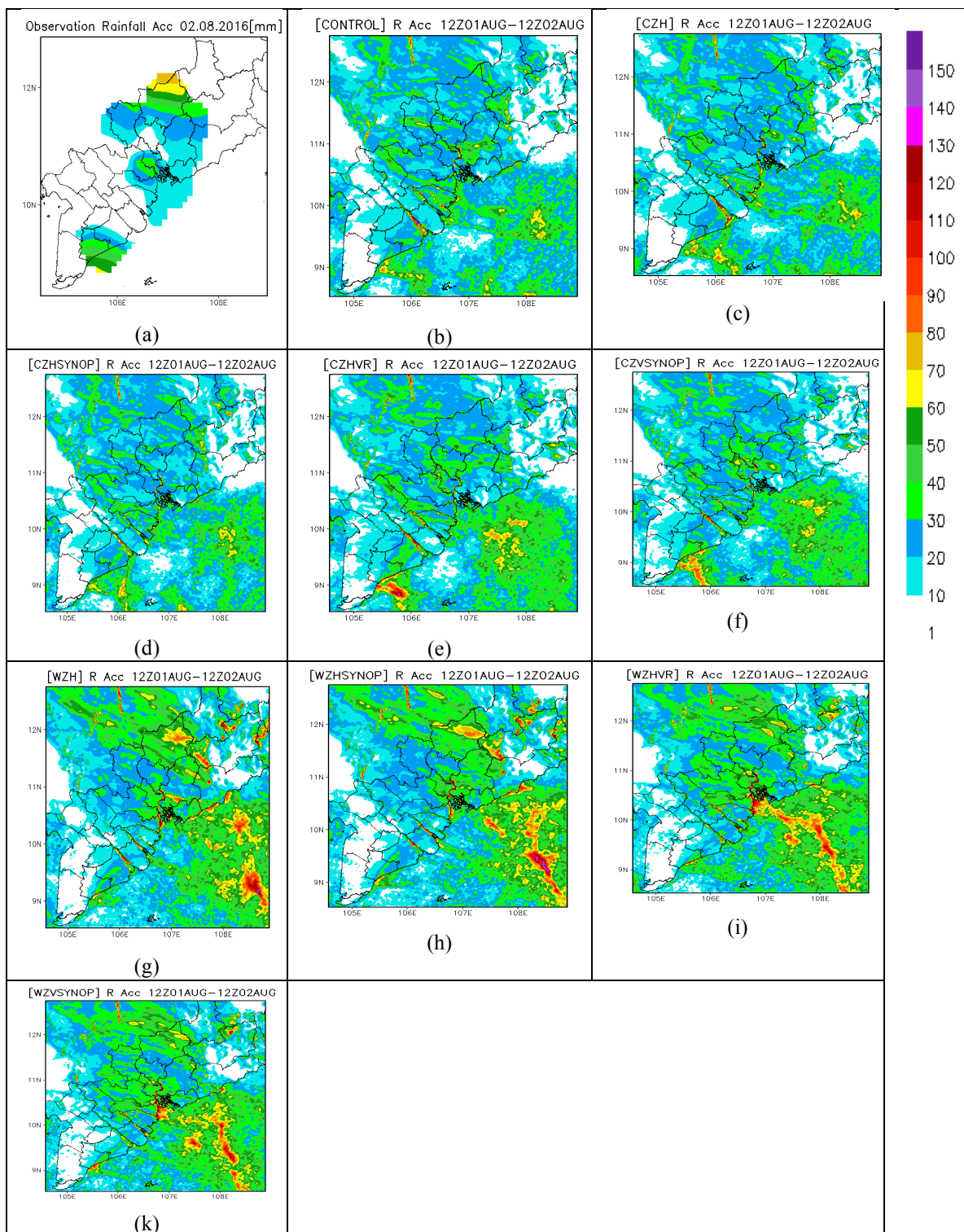
đồng hóa độ phản hồi ở chế độ coldstart CZH (hình 3.1 c) và đồng hóa độ phản hồi và synop ở chế độ coldstart CZHSYNOP (hình 3.1d) mô phỏng lượng mưa ít hơn khá nhiều so với quan trắc và hầu như không nắm bắt được diện mưa tuy nhiên sau khi đưa thành phần vận tốc gió xuyên tâm, chất lượng dự báo đã cải thiện lên đáng kể, các trường hợp CZHVR (đồng hóa coldstart độ phản hồi và gió xuyên tâm) (hình 3.1e) đã cho thấy, mô hình bắt được tâm mưa ở TP. Hồ Chí Minh thậm chí khi bổ xung thêm cả số liệu GTS trong trường hợp CZVSYNOP (hình 3.1f) tâm mưa còn lớn hơn và lượng mưa gần hơn so với thực tế. Ở các thử nghiệm warm start mặc dù chỉ đồng hóa độ phản hồi (trường hợp WZH) (hình 3.1g) tuy nhiên mô hình cũng đã nắm bắt được lượng mưa và tâm mưa tại khu vực TP. Hồ Chí Minh, chứng tỏ dữ liệu từ dự báo trước đã cải thiện thêm đáng kể trường ban đầu tại các chu kỳ sau. Nhìn chung tại tất cả các thử nghiệm warmstart (hình 3.1g, h, I, k) đều nắm bắt khá tốt được lượng mưa và diện mưa khi so sánh với thực tế.

Hình 3.2. cho kết quả so sánh giữa quan trắc và mô hình trong ngày 03/08/2016, cũng

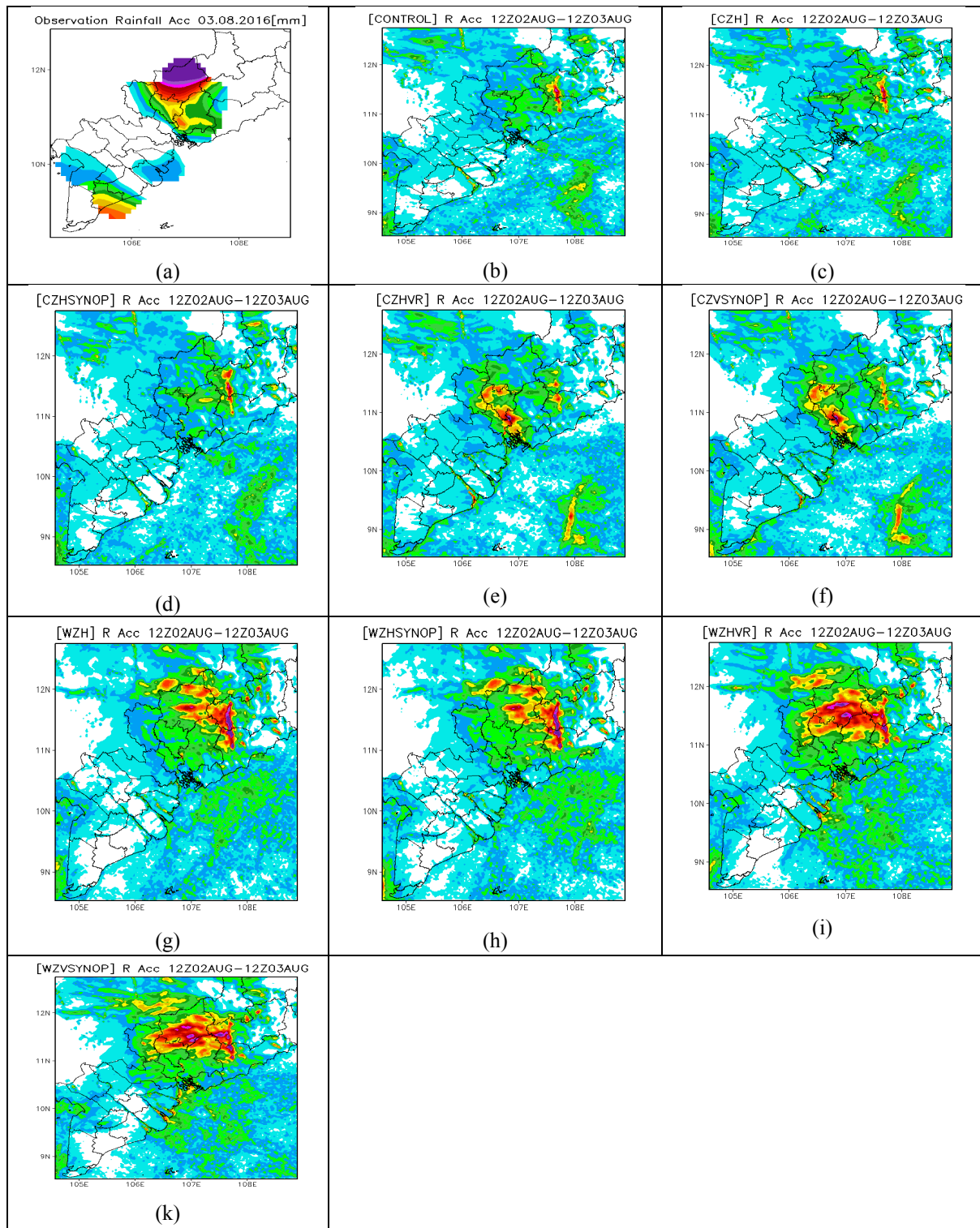
giống như kết quả mô phỏng bên trên, các thử nghiệm CONTROL (hình 3.2b), đồng hóa độ phản hồi ở chế độ coldstart CZH (hình 3.2c) và đồng hóa độ phản hồi và synop ở chế độ coldstart CZHSYNOP (hình 3.2 d) mô phỏng lượng mưa ít hơn khá nhiều so với quan trắc và chưa nắm bắt được diện mưa tuy nhiên sau khi bổ xung thành phần gió xuyên tâm, mô hình đã nắm bắt khá tốt diện mưa và lượng mưa vẫn còn tương đối thấp thể hiện qua thử nghiệm CZHVR (hình 3.2 e). Khi bổ xung thêm cả số liệu GTS, trường hợp CZVSYNOP (hình 3.2f) mô hình đã cải thiện thêm được lượng mưa. Trong chế độ chạy warm start (hình 3.2 g, h, i, k) mô hình nắm bắt khá tốt diện mưa và lượng mưa đặc biệt mô hình mô phỏng được lượng mưa rất lớn thuộc khu vực Bình Long, Phước Long mà chế độ coldstart chưa thể mô phỏng được. Tuy nhiên ở khu vực TP. Hồ Chí Minh lượng mưa chưa mô phỏng thực sự tốt bằng chế độ coldstart, trong trường hợp này đồng hóa đồng thời gió xuyên tâm, độ phản hồi, GTS tốt hơn so với các trường hợp còn lại.

Bảng 3. Giá trị trung bình của các biến ở 20 mực thấp nhất tại trường ban đầu

	Q_{RAIN} (g/kg)	Q_{CLOUD} (g/kg)	Q_{VAPOR} (g/kg)	Q_{GRAUP} (g/kg)	U (m/s)	V (m/s)	W (m/s)
CONTROL	0	0	0.0131687	0	14.0791	3.49487	0
CZH	0.0001952	0	0.0131687	6.84E-06	14.0791	3.49487	0
CZHSYNOP	0.0001942	0	0.0131687	6.80E-06	14.1097	3.49235	0
CZHVR	7.29E-05	0	0.0131687	3.73E-06	13.957	6.31051	0.0090465
CZVSYNOP	7.29E-05	0	0.0131687	3.73E-06	13.957	6.31051	0.0090465
WZH	0.003213	0.0014125	0.0145541	0.0016545	18.1206	12.6105	5.09626
WZHSYNOP	0.003213	0.0014125	0.0145541	0.0016545	18.1205	12.6065	5.09626
WZHVR	0.003213	0.0014125	0.0145541	0.0016585	17.4166	14.1657	5.06923
WZVSYNOP	0.003213	0.0014125	0.0145541	0.0016585	17.4166	14.1656	5.06923



Hình 3.1. Lượng mưa tích lũy 24h trong ngày 02/08/2016 của quan trắc(a), và các trường hợp CONTROL(b), CZH(c), CZHSYNO(d), CZHVR(e), CZVSYNOP(f), WZH(g), WZHSYNO(h), WZHVR(i), WZVSYNOP(k).



Hình 3.2. Lượng mưa tích lũy 24h trong ngày 03/08/2016 của quan trắc(a), và các trường hợp CONTROL(b), CZH(c), CZHSYNO(d), CZHVR(e), CZVSYNOP(f), WZH(g), WZHSYNO(h), WZHVR(i), WZVSYNOP(k).

Bảng 4. Kết quả đánh giá sai số MAE(mm), RMSE(mm), RE(%)

TRƯỜNG HỢP	02/08/2016			03/08/2016			TRUNG BÌNH		
	MAE	RMSE	RE	MAE	RMSE	RE	MAE	RMSE	RE
CONTROL	21.40	26.80	-19.59	19.10	28.20	-42.05	20.25	27.50	-30.82
CZH	19.30	25.30	-14.85	18.10	24.60	-37.98	18.70	24.95	-26.41
CZHSYNOP	19.90	26.20	-19.97	17.60	23.80	-42.32	18.75	25.00	-31.14
CZHVR	20.00	26.00	-14.37	19.50	28.20	-4.09	19.75	27.10	-9.23
CZVSYNOP	17.80	22.20	-8.08	18.80	28.10	-7.50	18.30	25.15	-7.79
WZH	16.30	21.70	-6.11	12.30	17.10	-18.72	14.30	19.40	-12.41
WZHSYNOP	16.10	20.00	0.78	11.80	16.90	-25.03	13.95	18.45	-12.12
WZHVR	17.80	21.40	9.41	15.90	20.60	7.08	16.85	21.00	8.25
WZVSYNOP	16.40	23.20	6.12	16.60	21.10	8.64	16.50	22.15	7.38

3.2. Đánh giá sai số

Bảng 4 là kết quả sai số cho 9 trường hợp thử nghiệm, có thể thấy giá trị MAE trong khoảng 13.95 – 27.5mm trong đó cao nhất là trường hợp CONTROL, nhỏ nhất là của trường hợp WZHSYNOP (đồng hóa Warm start với số liệu phản hồi vô tuyến và GTS), nhìn chung các trường hợp đồng hóa đa phần sai số MAE nhỏ hơn so với không đồng hóa. Giá trị RMSE trong khoảng 18.45 – 27.5 mm trong đó lớn nhất là của trường hợp CONTROL, nhỏ nhất của trường hợp WZHSYNOP (đồng hóa Warm start số liệu phản hồi vô tuyến kết hợp với GTS), sai số tương đối RE(%) cho thấy sai số tốt nhất là của trường hợp WZVSYNOP (đồng hóa Warm start cả số liệu phản hồi, gió xuyên tâm và GTS) với giá trị là 7.38, lớn nhất là của CONTROL với giá trị -30.82.

4. Kết luận

Bài báo sử dụng WRF mặc định và 8 trường hợp đồng hóa dữ liệu nhằm đánh giá khả năng tác động của 2 chế độ chạy WRF-var là warm start và coldstart cùng với thay đổi 3 loại dữ liệu độ phản hồi, gió xuyên tâm của radar và dữ liệu GTS, kết quả cho thấy so với WRF CONTROL đồng hóa đã có tác động tương đối tốt với hạn dự báo 24h. Nhìn chung đồng hóa vận tốc gió xuyên tâm làm biến đổi trường gió

kinh, vĩ hướng và thành phần gió thẳng đứng W. Đồng hóa độ phản hồi vô tuyến làm biến đổi các nhân tố quan trọng góp phần hình thành mưa như Q_{cloud} , Q_{vapor} và Q_{rain} . Chế độ chạy warm start cho một trường ban đầu với lượng dữ liệu dồi dào hơn rất nhiều so với chỉ chạy coldstart thông thường. Về kết quả mô phỏng mưa lớn, các trường hợp warm start cho mô phỏng khá phù hợp với thực tế, nhìn chung khi đồng hóa kết hợp cả 3 loại dữ liệu cho mô phỏng tương đối tốt hơn các trường hợp khác, về kết quả sai số có thể thấy kết quả của trường hợp đồng hóa warm start với dữ liệu độ phản hồi và GTS (WZHSYNOP) cho kết quả tốt nhất với các chỉ số MAE là 13.95 và RMSE là 18.45, trường hợp đồng hóa warm start với dữ liệu độ phản hồi, gió xuyên tâm và GTS (WZVSYNOP) cho kết quả tốt nhất với chỉ số RE với giá trị là 7.38. Ngoài ra xử lý dữ liệu radar ban đầu là một trong các bước quan trọng của quá trình đồng hóa, nếu dữ liệu radar không tốt có thể ảnh hưởng rất lớn đến kết quả mô phỏng. Trong bài báo cũng đã trình bày một số bước xử lý số liệu nhằm thu được dữ liệu quan trắc radar tốt nhất trước khi đưa vào mô hình số.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện và hoàn thành nhờ sự hỗ trợ của Đề tài “Xây dựng hệ

thống nghiệp vụ dự báo mưa lớn hạn cực ngắn trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh”. Tác giả xin chân thành cảm ơn.

Tài liệu tham khảo

- [1] Dư Đức Tiến và cộng sự, Nghiên cứu đồng hóa số liệu Radar Đông Hà để nâng cao chất lượng dự báo mưa lớn cho khu vực miền Trung. Tạp chí Khí tượng Thủy văn 2013, số 632 tr.12-19. – 2013
- [2] Trần Hồng Thái và cộng sự, Phương pháp đồng hóa số liệu nudging cho quan trắc Radar và tác động tới dự báo mưa lớn trên khu vực Bắc Bộ. tạp chí Khí tượng Thủy văn 2016, số 670 tr.1-6. – 2016.
- [3] Daley, R: Atmospheric Data Analysis, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1991.
- [4] Sokol, Z: Effects of an assimilation of radar and satellite data on a very short range forecast of heavy convective rainfalls, Atmos. Res., 93, 188–206, 2009.
- [5] Xiao, Q. and Sun, J.: Multiple radar data assimilation and shortrange Quantitative Precipitation Forecasting of a squall line observed during IHOP 2002, Mon. Weather Rev., 135, 3381–3404, 2007
- [6] Xiao, Q., Y-H. Kuo, J. Sun, W-C. Lee, E. Lim, Y-R. Guo, and D. M. Barker, 2005: Assimilation of Doppler radar observations with a regional 3DVAR system: Impact of Doppler velocities on forecasts of a heavy rainfall case. J. Appl. Meteor., 44, 768–788.
- [7] Xiao, Q., Kuo, Y., Sun, J., Lee, W., Barker, D. M., and Lim, E.: An approach of radar reflectivity data assimilation and its assessment with the inland QPF of Typhoon Rusa (2002) at landfall, J. Appl. Meteorol. Clim., 46, 14–22, 2007.
- [8] Tong, M. and Xue, M.: Ensemble Kalman filter assimilation of Doppler radar data with a compressible nonhydrostatic model: OSS experiments, Mon. Weather Rev., 133, 1789–1807, 2005
- [9] J. Liu, M. Bray, and D. Han 2012: A study on WRF radar data assimilation for hydrological rainfall prediction
- [10] Hitschfeld, W. and Bordan, J.: Error inherent in the radar measurement of rainfall at attenuating wavelengths, J. Meteorol., 11, 58–67, 1954.
- [11] Browning, K. A., Pardoe, C. W., and Hill, F. F.: The nature of orographic rain at wintertime cold fronts, Q. J. Roy. Meteorol. Soc., 101, 333–352, 1975.
- [12] Barker, D. M., W. Huang, Y-R. Guo, A. J. Bourgeois, and Q. N. Xiao, 2004: A three-dimensional variational data assimilation system for MM5: Implementation and initial results. Mon. Wea. Rev., 132, 897–914.
- [13] Skamarock, W. C., J. B. Klemp, J. Dudhia, D. O. Gill, D. M. Barker, W. Wang, and J. G. Powers, 2005: A description of the advanced research WRF version 2. NCAR Tech. Note NCAR/TN-468+STR, 88 pp.
- [14] Sun, J., and N. A. Crook, 1997: Dynamical and microphysical retrieval from Doppler radar observations using a cloud model and its adjoint. Part I: Model development and simulated data experiments. J. Atmos. Sci., 54, 1642–1661.
- [15] Mark A. Askelson 2000: An Adaptation of the Barnes Filter Applied to the Objective Analysis of Radar Data
- [16] Parrish, D. F., and J. C. Derber, 1992: The National Meteorological Center’s spectral statistical-interpolation analysis system. Mon. Wea. Rev., 120, 1747–1763.

Radar Data Assimination in Wrf Model to Forecast Heavy Rainfall at Ho Chi Minh City

Tran Duy Thuc¹, Cong Thanh²

¹*Viet Nam Institute of Meteorology Hydrology and Climate Change,
23/62 Nguyen Chi Thanh, Dong Da, Hanoi, Vietnam*

²*Faculty of Hydro-Meteorology and Oceanography, VNU University of Science
334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam*

Abstract: This paper uses high resolution WRF model to simulate a number of heavy rainfall events in summer in Ho Chi Minh city using radar data to assimilation initial conditions with 3DVAR method, the WRF3Dvar running simulation with two modes: cold start and warm start combine with three cases: only Reflectivity of radar; Reflectivity and Doppler radar radial wind observations; Reflectivity, Doppler radar radial wind, and GTS data. The background error used was CV7 created from 6 months forecast in South Vietnam. Radar data before assimilation was quality control and thinned to remove noise and create the best observation. 24 station rainfall in South Vietnam using to an evaluation of WRF model simulation. Results show assimilation only reflectivity will affect to variable Q_{cloud} , Q_{vapor} and Q_{rain} on the initial condition of model and assimilation only Doppler radar radial wind improve wind. Compare each case show warm start simulation precipitation better than the cold start, assimilation both Doppler radar radial wind observations, the reflectivity of radar and GTS better than another case.

Keywords: WRFDA, RADAR.