

ỨNG DỤNG ĐỒNG HÓA SỐ LIỆU RADAR DỰ BÁO MƯA LỚN TẠI KHU VỰC THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

Trần Duy Thức⁽¹⁾, Công Thanh⁽²⁾, Mai Văn Khiêm⁽¹⁾, Nguyễn Quang Trung⁽¹⁾, Vũ Văn Thắng⁽¹⁾

⁽¹⁾Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

⁽²⁾Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

Ngày nhận bài: 8/5/2019; ngày chuyển phản biện: 9/5/2019; ngày chấp nhận đăng: 7/6/2019

Tóm tắt: Nghiên cứu này đánh giá khả năng mô phỏng 15 ngày mưa lớn tại khu vực Thành phố Hồ Chí Minh trong năm 2018 của mô hình WRF khi đồng hóa số liệu radar Nhà Bè. Trước đó, ảnh hưởng của quá trình đồng hóa đến trường ban đầu đã được phân tích thông qua khảo sát ba chế độ chạy đồng hóa khác nhau, bao gồm: COLD START, WARM START và CYCLING. Kết quả cho thấy độ phản hồi ở chế độ COLD START trở nên tương đồng với trường hợp không đồng hóa sau một giờ tích phân. Ở chế độ WARM START, khác biệt của trường ban đầu so với trường hợp không đồng hóa kéo dài hơn, cho thấy vai trò quan trọng của trường dự báo từ kết quả tích phân trước đó. So sánh với số liệu quan trắc lượng mưa tại 11 trạm quan trắc bề mặt, kết quả cho thấy sự cải thiện của các chỉ số FBI, POD, CSI khi chạy ở chế độ CYCLING. Điều này có thể thấy qua kết quả đánh giá ở cả ba ngưỡng mưa 1, 5 và 10mm cũng như ở các hạn dự báo 6 giờ và 12 giờ.

Từ khóa: Đồng hóa số liệu, mô hình WRF, 3DVar, Radar Nhà Bè.

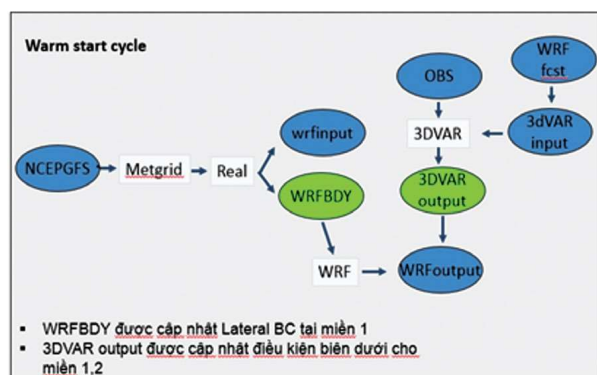
1. Đặt vấn đề

Với độ phân giải cao, số liệu radar cung cấp một lượng lớn dữ liệu, từ bề mặt lên đến các mực trên cao [1, 6]. Điều này rất hữu ích trong bài toán đồng hóa số liệu để dự báo các hiện tượng liên quan đến quá trình đối lưu như bão, mưa, mưa lớn, dông [4]. Bên cạnh đó, số liệu radar có thể cung cấp với thời gian thực (real time) nên rất quan trọng đối với bài toán dự báo hạn ngắn và cực ngắn (nowcasting). Kain và các cộng sự (2010), đã đồng hóa số liệu radar vào mô hình WRF (Weather Research and Forecasting model) để dự báo thời gian thực cho mùa xuân năm 2008 và 2009 tại Hoa Kỳ [6]. Kết quả cho thấy ảnh hưởng rõ nét của đồng hóa đến quá trình đối lưu trong 3 đến 6 giờ đầu tiên của mỗi dự báo. Ngoài khoảng thời gian này, các mô phỏng trong trường hợp đồng hóa và không đồng hóa là tương đối giống nhau. Gao J. và cộng sự (2012) đã nghiên cứu tác động

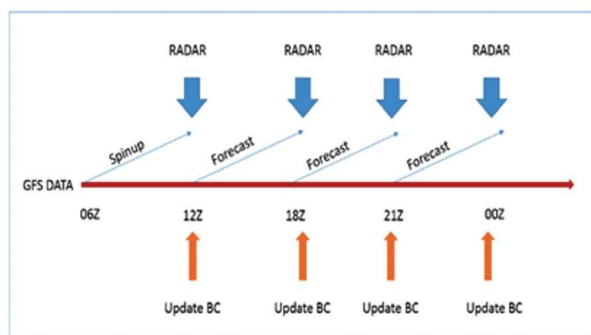
của đồng hóa số liệu radar đến trường ban đầu với ba thí nghiệm: (1) Chỉ sử dụng dữ liệu vận tốc xuyên tâm; (2) Sử dụng cả vận tốc xuyên tâm và độ phản hồi; (3) Sử dụng cả vận tốc xuyên tâm và độ phản hồi kết hợp với việc điều chỉnh công thức liên hệ giữa độ phản hồi và các biến khí tượng [4]. Kết quả cho thấy đồng hóa thành phần gió xuyên tâm không ảnh hưởng tới các biến tại trường ban đầu. Trong khi đó, thí nghiệm thứ hai đã cho thấy sự cải thiện tương đối nhỏ và thí nghiệm cuối đã cho các giá trị của trường ban đầu hợp lý hơn. Ở Việt Nam, Dư Đức Tiến và cộng sự (2013) đã giới thiệu các vấn đề cơ bản liên quan đến việc xử lý số liệu radar Doppler để đưa vào đồng hóa số liệu cho mô hình WRF [1]. Các thuật toán xử lý đã được ứng dụng cho số liệu radar Đông Hà, bao gồm xử lý nhiễu địa hình, xử lý nhiễu điểm ảnh và làm trơn (thinning) để tạo số liệu mẫu (super observation). Trần Hồng Thái và cộng sự (2016) cũng đồng hóa số liệu radar nhưng bằng phương pháp đồng hóa giảm dư đại lượng ẩn nhiệt cho mô hình COSMO [3]. Kết quả dự báo thử

Liên hệ tác giả: Vũ Văn Thắng
Email: vvthang26@gmail.com

thử nghiệm cho đợt mưa lớn lịch sử tại Quảng Ninh năm 2015 cho thấy tác động rõ rệt khi sử dụng số liệu radar so với chỉ sử dụng số liệu bề mặt đơn thuần. Trần Duy Thức và ccs. (2018) đã thử nghiệm đồng hóa số liệu radar Nhà Bè vào mô hình WRF cho bài toán dự báo mưa lớn ở khu vực Thành phố Hồ Chí Minh [2]. Kết quả đánh giá chỉ dừng lại ở một trường hợp thử nghiệm trong tháng 8/2016 nhưng cũng cho thấy ưu điểm của



việc sử dụng số liệu radar trong bài toán đồng hóa. Trong nghiên cứu này, việc đánh giá kết quả dự báo sẽ được kiểm chứng qua nhiều thử nghiệm trong năm 2018. Bên cạnh đó, tác động của quá trình đồng hóa đến trường ban đầu cũng sẽ được nghiên cứu thông qua các chế độ chạy đồng hóa khác nhau. Ba chế độ chạy đồng hóa bao gồm COLD START, WARM START và CYCLING được mô tả trong [2] và Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ mô tả quá trình chạy đồng hóa số liệu với chế độ WARM START (bên trái) và chế độ CYCLING (bên phải)

2. Thiết kế thí nghiệm

Mô hình WRF phiên bản V3.9.1 và bộ đồng hóa số liệu WRF-DA được sử dụng trong nghiên cứu này. Cấu hình miền tính và độ phân giải có thể tham khảo chi tiết trong [2]. Điểm khác biệt trong cấu hình của nghiên cứu này là việc sử dụng sơ đồ lớp biên hành tinh YSU, sơ đồ tham

số hóa đối lưu Betts-Miller-Janjic và sơ đồ vi vật lý mây Thompson [7]. Bảng 1 liệt kê 6 trường hợp thử nghiệm dự báo với 15 ngày mưa lớn ở khu vực Thành phố Hồ Chí Minh trong năm 2018. Các ngày cụ thể, bao gồm: 5/8, 18/8, 1/9, 3/9, 7/9, 8/9, 20/9, 24/9, 2/10, 17/10, 19/10, 23/10, 3/10, 25/11 và 26/11.

Bảng 1. Các trường hợp thử nghiệm

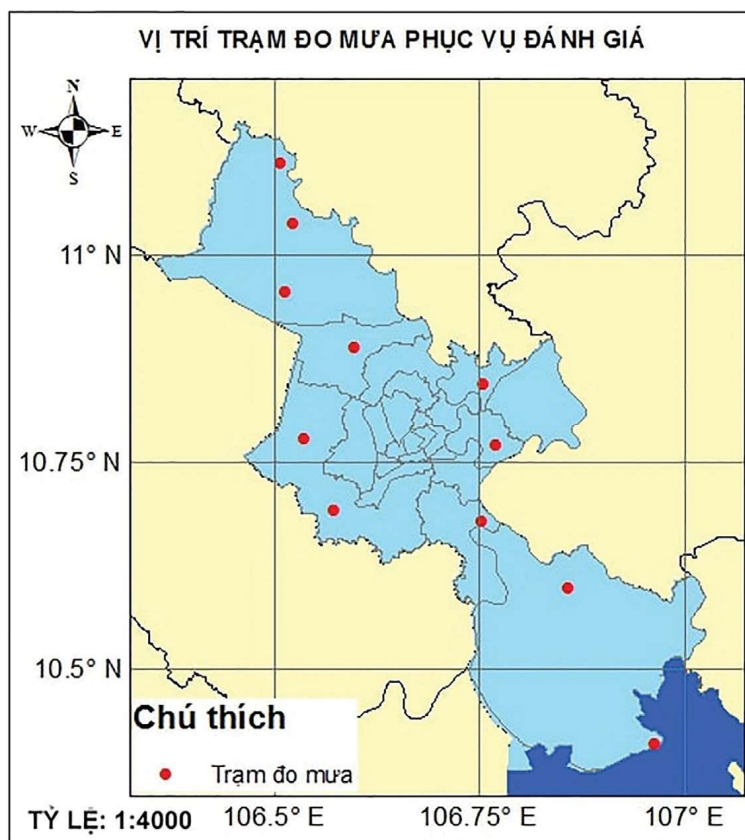
STT	Trường hợp thử nghiệm	Mô tả
1	CONTROL	WRF chạy không đồng hóa
2	WARM-ZH	WARM START, đồng hóa độ phản hồi
3	WARM-ZHVR	WARM START, đồng hóa độ phản hồi và gió xuyên tâm
4	COLD-ZH	COLD START, đồng hóa độ phản hồi
5	COLD-ZHVR	COLD START, đồng hóa độ phản hồi và gió xuyên tâm
6	CYCLING	Đồng hóa độ phản hồi và chạy kiểu CYCLING

Số liệu mô hình toàn cầu GFS với độ phân giải $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ kinh vĩ được sử dụng làm điều kiện biên. Số liệu radar Nhà Bè bao gồm độ phản hồi và gió xuyên tâm với bán kính quét 120 km được sử dụng để làm số liệu đồng hóa. Trước khi được đưa vào đồng hóa với WRF-DA, số liệu radar Nhà Bè được lọc nhiễu và kiểm

định chất lượng. Các loại nhiễu như nhiễu biển, nhiễu địa hình, nhiễu do hiệu ứng búp song phụ, nhiễu lệch chông chéo trường gió được loại bỏ [1]. Số liệu quan trắc lượng mưa của 11 trạm quanh khu vực Thành phố Hồ Chí Minh được thu thập để đánh giá chất lượng dự báo (Hình 2). Các chỉ số đánh giá được sử dụng bao

gồm chỉ số FBI (hay Bias score), xác suất phát hiện POD (Probability of Detection) và điểm

số thành công CSI (Critical Success Index hay Threat Score - TS) [5].



Hình 2. Vị trí các trạm đo mưa khu vực Thành phố Hồ Chí Minh

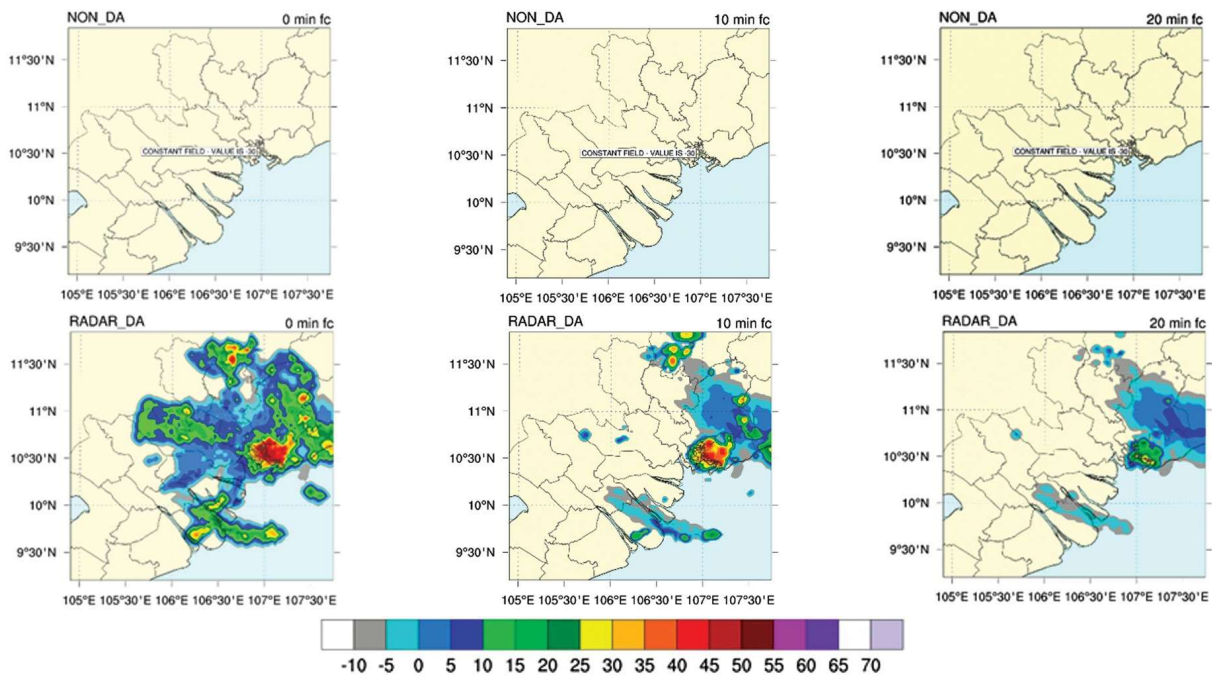
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của đồng hóa trong quá trình tích phân của mô hình

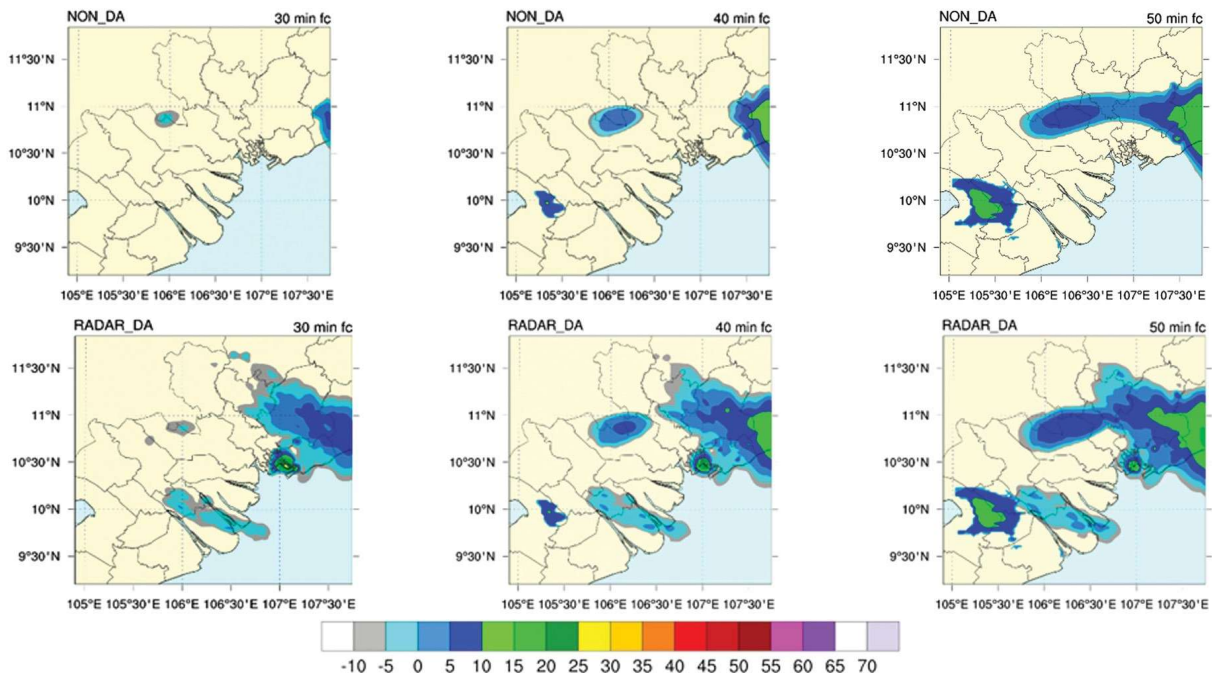
Nhằm nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình đồng hóa số liệu trong giai đoạn spinup của mô hình, trường độ phản hồi đã được mô phỏng trên Hình 3 và Hình 4 với bước thời gian là 10 phút, so sánh giữa hai trường hợp có và không đồng hóa số liệu. Có thể thấy trong 20 phút đầu tiên (Hình 3), mô hình không khởi tạo độ phản hồi vô tuyến khi không đồng hóa số liệu. Giá trị của độ phản hồi trong trường hợp này bằng 0 trên toàn miền tính. Trong khi đó, giá trị của độ phản hồi giảm đi nhanh chóng trong 20 phút (kể từ thời điểm ban đầu) ở trường hợp có đồng hóa số liệu. Sau 30 phút tích phân, trường hợp không đồng hóa số liệu bắt đầu xuất hiện các thông tin đầu tiên của độ phản hồi

(Hình 4). Sau 50 phút tích phân, độ phản hồi trong cả hai trường hợp có xu hướng trở nên tương đồng với nhau.

Để thấy rõ hơn về quá trình ảnh hưởng trên, biến trình của độ phản hồi, Qrain, Qcloud được xem xét từ thời điểm ban đầu 12h00 đến 21h20 (Hình 5). Bước thời gian xuất dữ liệu vẫn là 10 phút. Dựa trên biến trình của độ phản hồi vô tuyến cực đại, có thể thấy xu hướng của độ phản hồi khá tương đồng nhau giữa hai trường hợp COLD START và không đồng hóa sau 1 giờ tích phân. Ở các bước thời gian tiếp theo, sự chênh lệch là không đáng kể và sau khoảng 21h00 thì giá trị của hai trường hợp này gần như trùng nhau. Ở chế độ WARM START, từ thời điểm ban đầu đến 17h00, có sự khác biệt rất lớn so với hai trường hợp còn lại. Sau 17h00, xu hướng thay đổi của độ phản hồi cực đại tương đối giống với hai trường hợp còn lại, tuy nhiên giá trị vẫn cao hơn đáng kể.



Hình 3. Độ phản hồi vô tuyến cực đại mô phỏng từ mô hình WRF trong 20 phút đầu tiên tính từ 12h00 ngày 02/8/2018 của 2 trường hợp không đồng hóa (hàng trên) và có đồng hóa (hàng dưới)



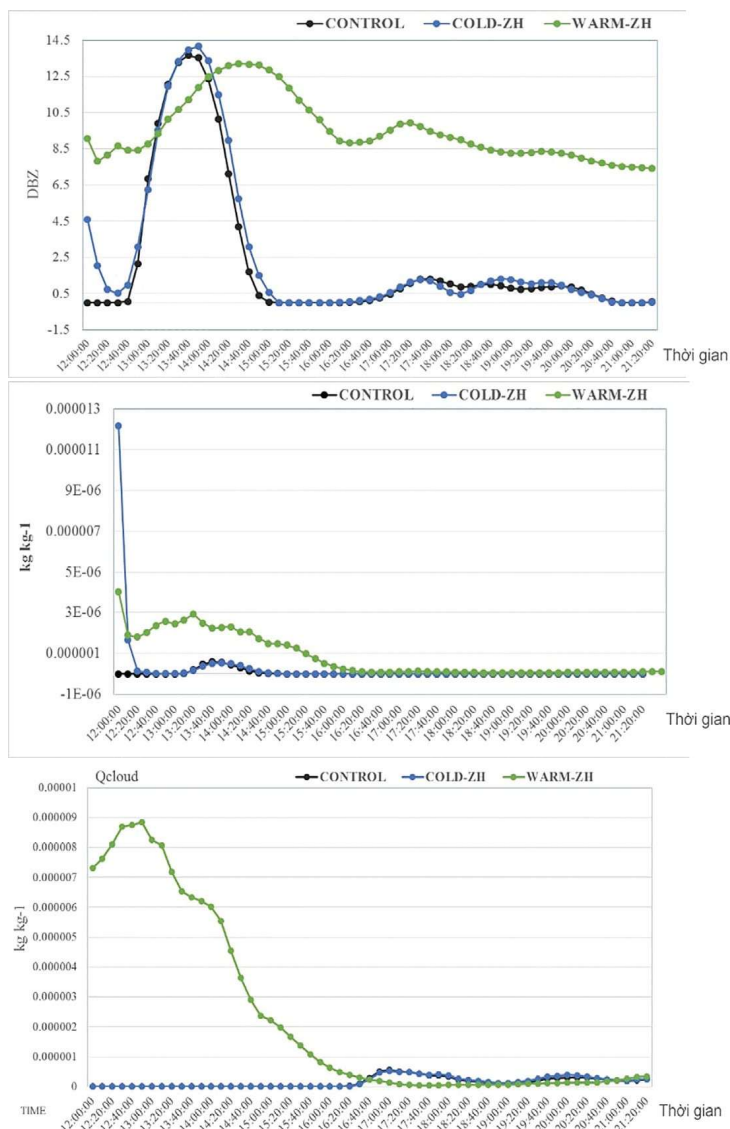
Hình 4. Tương tự Hình 3 nhưng hiển thị trong kết quả mô phỏng trong khoảng 30-50 phút tiếp theo

Đối với biến gián tiếp Qrain, quá trình đồng hóa độ phản hồi ở chế độ COLD STRAT tạo ra giá trị lớn tại thời điểm ban đầu. Tuy nhiên, sau 2 giờ tích phân, giá trị này gần như trùng khớp với trường hợp không đồng hóa. Ở chế độ WARM START, giá trị Qrain ở thời điểm ban đầu

thấp hơn so với trường hợp COLD START. Điều này có thể do quá trình đồng hóa của 3DVar đã điều chỉnh biến này có tính đến sự cân bằng với các biến khác. Ngoài ra, ở chế độ WARM START, phải mất 4 tiếng để giá trị Qrain gần tương đồng với trường hợp không đồng hóa. Đối với

biến Q_{cloud} , có thể thấy quá trình đồng hóa số liệu ở chế độ COLD START không có tác động. Các đường trùng nhau ngay từ thời điểm ban đầu và chỉ khác biệt nhỏ sau 4 giờ tích phân ở 2 trường hợp không đồng hóa và COLD START.

Trong khi đó, chế độ WART START mang đến lượng Q_{cloud} lớn ngay tại thời điểm ban đầu ($7.10^{-6} \text{ kg.kg}^{-1}$) và giá trị này chỉ có xu hướng gần tương đồng với trường hợp không đồng hóa sau 6 giờ tích phân.



Hình 5. Biến trình độ phản hồi cực đại (hàng trên), Qrain (hàng giữa) và Q_{cloud} (hàng dưới) mô phỏng từ mô hình WRF từ thời điểm bắt đầu tích phân 12h00 đến 21h20 của 3 trường hợp CTL, COLD_ZH và WARM_ZH tại khu vực Thành phố Hồ Chí Minh

Từ các kết quả này, có thể thấy đồng hóa số liệu radar ở chế độ COLD START có tác động mạnh trong khoảng 1 giờ tích phân ban đầu. Sau khoảng thời gian này, kết quả mô phỏng khác biệt không đáng kể giữa có và không đồng hóa. Đối với chế độ WARM START, ảnh hưởng của đồng hóa được giữ lâu hơn khá nhiều so với

COLD START. Quá trình WARM START cung cấp một lượng Q_{cloud} đáng kể ở trường ban đầu mà không tồn tại ở trường hợp đồng hóa COLD START. Tuy nhiên, điều này không có nghĩa là WARM START sẽ cho kết quả dự báo tốt hơn so với COLD START. Nếu sai số dự báo của mô hình là nhỏ thì WARM START có thể tốt hơn COLD

START, do trường ban đầu được cải thiện gần với quan trắc. Nếu sai số dự báo của mô hình lớn thì WARM START có thể cho bước dự báo tiếp theo kém hơn COLD START. Do vậy, sai số trong trường dự báo ban đầu có thể tồn tại và kéo theo những sai số lớn trong việc chạy WARM START hay trong chuỗi dự báo theo chế độ CYCLING.

3.2. Đánh giá sai số dự báo

Bảng 2 trình bày kết quả đánh giá chất lượng dự báo mưa lớn cho các đợt mưa lớn khu vực Thành phố Hồ Chí Minh năm 2018 thông qua các chỉ số đánh giá. Kết quả cho thấy, đối với hạn dự báo 06h, ngưỡng 1mm, quá trình đồng hóa độ phản hồi COLD-ZH không có cải thiện nhiều so với trường hợp không đồng hóa

(CONTROL). Ngoài ra, COLD-ZHVR cũng chỉ cải thiện một chút so với CONTROL. Tác động của đồng hóa ở hạn dự báo 06 giờ, với ngưỡng 1mm, rõ rệt nhất là ở các phương án WARM START và CYCLING. Có thể nhận thấy qua sự cải thiện đáng kể của các chỉ số FBI, CSI và POD so với các trường hợp còn lại (ví dụ: CSI=0,55). Tương tự ở ngưỡng 5 và 10mm, các phương án COLD-ZH không cho thấy có cải thiện so với CONTROL. Nhưng khi đồng hóa thêm thành phần gió xuyên tâm (COLD-ZHVR), đã có sự cải thiện ở cả ba chỉ số FBI, CSI và POD (ví dụ: CSI tăng từ 0,08 lên 0,13). Các phương án chạy WARM START và CYCLING cho kết quả tốt hơn cả. Trong đó, các trường hợp CYCLING cho kết quả chỉ số tốt nhất (ví dụ: FBI=0,8).

Bảng 2. Đánh giá kĩ năng dự báo ở các ngưỡng mưa 1, 5, 10mm của các trường hợp COLD-ZH, COLD-ZHVR, WARM-ZH, WARM-ZHVR, CYCLING, CTL

NGƯỠNG	TRƯỜNG HỢP	HẠN 06H			HẠN 12H		
		FBI	POD	CSI	FBI	POD	CSI
1mm	COLD-ZH	0,22	0,15	0,14	0,33	0,21	0,19
	COLD-ZHVR	0,24	0,15	0,14	0,3	0,19	0,17
	WARM-ZH	0,88	0,67	0,55	0,88	0,72	0,62
	WARM-ZHVR	0,84	0,65	0,55	0,87	0,72	0,63
	CYCLING	0,88	0,67	0,55	0,91	0,83	0,67
	CONTROL	0,23	0,15	0,14	0,31	0,21	0,19
5mm	COLD-ZH	0,09	0,08	0,08	0,19	0,12	0,12
	COLD-ZHVR	0,16	0,13	0,13	0,25	0,18	0,17
	WARM-ZH	0,8	0,58	0,47	0,78	0,58	0,49
	WARM-ZHVR	0,79	0,6	0,5	0,78	0,62	0,53
	CYCLING	0,8	0,58	0,47	0,84	0,71	0,6
	CONTROL	0,1	0,09	0,09	0,21	0,14	0,13
10mm	COLD-ZH	0,08	0,06	0,06	0,17	0,09	0,09
	COLD-ZHVR	0,13	0,09	0,09	0,21	0,13	0,12
	WARM-ZH	0,79	0,54	0,43	0,74	0,52	0,42
	WARM-ZHVR	0,74	0,53	0,44	0,71	0,53	0,45
	CYCLING	0,79	0,54	0,43	0,79	0,6	0,49
	CONTROL	0,09	0,06	0,06	0,17	0,09	0,09

Đối với hạn dự báo 12h, ở ngưỡng 1mm, kết quả cho thấy quá trình đồng hóa độ phản hồi COLD-ZH có cải thiện so với CONTROL. Trong khi đó, trường hợp đồng hóa cả độ phản hồi và gió

xuyên tâm (COLD-ZHVR) lại cho kết quả kém hơn so với CONTROL. Các phương án WARM START cho thấy sự cải thiện đáng kể các chỉ số FBI, POD và CSI so với phương án CONTROL (ví dụ: FBI tăng

từ 0,31 lên 0,87). Đặc biệt, chế độ chạy CYCLING cho các chỉ số tốt hơn hẳn các phương án khác (v.d. FBI=0,91). Tương tự ở ngưỡng 5 và 10mm, gần như không có sự khác biệt giữa CONTROL và đồng hóa ở chế độ COLD-ZH. Trường hợp COLD-ZHVR cho thấy đã có cải thiện hơn so với CONTROL. Chế độ chạy WARM START và CYCLING vẫn cho thấy sự cải thiện đáng kể nhất khi so sánh với các phương án còn lại.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, kết quả bước đầu của việc ứng dụng đồng hóa dữ liệu radar trong mô hình WRF để dự báo mưa lớn hạn ngắn tại khu vực Thành phố Hồ Chí Minh trong năm 2018 đã được trình bày. Trước hết, tác động của quá trình đồng hóa được phân tích qua sự thay đổi của các biến độ phản hồi, Qrain và Qcloud trong 19 giờ

tích phân đầu tiên. Kết quả cho thấy khi đồng hóa ở chế độ COLD START, độ phản hồi và Qrain trở nên đồng nhất với trường hợp không đồng hóa sau 1 và 2 giờ tích phân. Trong khi đó, chế độ WARM START tạo ra sự khác biệt được kéo dài hơn so với trường hợp không đồng hóa. Đây là một điểm đáng lưu ý bởi vì sai số dự báo của mô hình WRF trong trường ban đầu có thể được duy trì trong các bước dự báo tiếp theo trong chế độ chạy WARM START và CYCLING. Tiếp đến, kết quả đánh giá sai số dự báo trong 15 ngày mưa lớn đã cho thấy hiệu quả của việc đồng hóa khi chạy ở chế độ CYCLING. Nhìn chung, đối với cả 3 ngưỡng mưa và 2 hạn dự báo, các chỉ số FBI, POD và CSI được cải thiện đáng kể khi chạy ở chế độ CYCLING và trường hợp chạy WARM START chỉ đồng hóa độ phản hồi.

Lời cảm ơn: Bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của Đề tài “Nghiên cứu xây dựng hệ thống nghiệp vụ dự báo định lượng mưa khu vực Nam Bộ và cảnh báo mưa lớn hạn cực ngắn cho thành phố Hồ Chí Minh”, mã số KC.08.14/16-20.

Tài liệu tham khảo

Tài liệu tiếng Việt

1. Dư Đức Tiến, Bùi Minh Tăng, Võ Văn Hòa, Phùng Thị Vui, Trần Anh Đức, Nguyễn Thanh Tùng (2013), *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, Số 632, tr.12-19.
2. Trần Duy Thức, Công Thanh (2018), *Thử nghiệm đồng hóa dữ liệu radar trong mô hình WRF để dự báo mưa lớn cho khu vực Thành phố Hồ Chí Minh*, Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội: Các Khoa học Trái đất và Môi trường, Tập 34, Số 1S, tr. 59-70.
3. Trần Hồng Thái, Võ Văn Hòa, Dư Đức Tiến, Lưu Khánh Huyền (2016), *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, Số 670, tr. 1-6.

Tài liệu tiếng Anh

4. Gao, J., Stensrud, D. J. (2012), *Assimilation of reflectivity data in a convective-scale, cycled 3DVAR framework with hydrometeor classification*, Journal of the Atmospheric Sciences, 69(3), page 1054-1065
5. Jolliffe, I. T., Stephenson, D. B., (2012), *Forecast verification: a practitioner's guide in atmospheric science*, John Wiley & Sons.Maurer.
6. Kain, J. S., Xue, M., Coniglio, M. C., Weiss, S. J., Kong, F., Jensen, T. L., Brown, B., Jidong Gao, Keith B., Kevin W., Thomas, Craigs. S., Jason L., Wang, Y. (2010), *Assessing advances in the assimilation of radar data and other mesoscale observations within a collaborative forecasting-research environment*, Weather and Forecasting, 25(5), 1510-1521.
7. Skamarock, W. C., Klemp, J. B., Dudhia, J., Gill, D. O., Barker, D. M., Duda, M. G., Huang, X. Y., Wang, W., Powers, J. G., (2008), *A description of the Advanced Research WRF v3*, NCAR Technical Note, NCAR/TN-475CSTR.

APPLICATION OF RADAR DATA ASSIMILATION IN HEAVY RAINFALL FORECASTING IN HO CHI MINH CITY AREA

Tran Duy Thuc⁽¹⁾, Cong Thanh⁽²⁾, Mai Van Khiem⁽¹⁾, Nguyen Quang Trung⁽¹⁾, Vu Van Thang⁽¹⁾

⁽¹⁾Viet Nam institute of Meteorology, Hydrology and climate change

⁽²⁾University of Science, Viet Nam National University

Received: 8/5/2019; Accepted: 7/6/2019

Abstract: *This study evaluated the ability to simulate 15 heavy rainfall days in 2018 in Ho Chi Minh city of the WRF model when assimilating Nha Be radar's data. The impacts of initial assimilating process on the analysis field is investigated through three assimilation modes including: cold start, warm start and cycling. Results show that reflectivity in the cold start mode is identical with the case of no data assimilation after one hour of integration. Under the warm start mode, the discrepancy in the analysis field lasted longer which highlighted the role of background field from the previous forecast step. In comparison with precipitation observation at 11 meteorological stations, forecast results present the improvement of FBI, POD, CSI indices in the cycling mode. This can be seen not only at three threshold of 1,5 and 10mm but also at leadtimes of 6h and 12h.*

Keywords: *Data assimilation, WRF model, 3DVar, Nha Be radar.*