

NGHIÊN CỨU ĐỒNG HÓA SỐ LIỆU RADAR ĐÔNG HÀ ĐỂ NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG DỰ BÁO MƯA LỚN CHO KHU VỰC MIỀN TRUNG

ThS. **Dư Đức Tiến**, TS. **Bùi Minh Tăng**, ThS. **Võ Văn Hòa**,
CN. **Phùng Thị Vui**, CN. **Trần Anh Đức**, CN. **Nguyễn Thanh Tùng**
Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương

Bài báo 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 các mô hình khu vực. 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) để đưa vào đồng hóa. Trong nghiên cứu, mô hình khu vực WRFARW và hệ thống đồng hóa số liệu WRFDA được sử dụng. Bài báo 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. Mở đầu

Trong bài toán dự báo thời tiết bằng phương pháp số, độ chính xác của trường phân tích ban đầu đóng vai trò hết sức quan trọng đến chất lượng dự báo của mô hình. Một trong các phương pháp để tạo ra trường phân tích ban đầu thật nhất so với khí quyển thực là phương pháp đồng hóa số liệu. Trong khoảng 10 năm trở lại đây, hầu hết các loại số liệu quan trắc truyền thống (synop, temp,...) và phi truyền thống như số liệu vệ tinh, số liệu radar, số liệu từ các phát báo định vị toàn cầu đã được sử dụng trong quá trình đồng hóa số liệu [1, 3, 4]. Trong các loại số liệu phi truyền thống thì số liệu radar Doppler đặc biệt có ý nghĩa quan trọng trong bài toán nâng cao chất lượng đầu vào cho mô hình số hiện nay do đây là một nguồn số liệu quan trắc với mật độ không gian và thời gian cao. Việc sử dụng được nguồn số liệu này sẽ cho phép làm thật nhất trường khí quyển phân tích ban đầu, đặc biệt cho các mô hình khu vực với phân giải cao. Rất nhiều kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng việc đồng hóa số liệu radar Doppler cho mô hình khu vực đã giúp tăng được chất lượng dự báo các hiện tượng mưa lớn liên quan đến các ổ dông, đường tố, mây đối lưu sâu ở thời đoạn dự báo đến 24 tiếng [3, 4, 5].

Điều này được giải thích do quá trình đồng hóa số liệu đã làm giảm bớt được thời gian thích ứng (spin up time) của mô hình đối với những hiện tượng liên quan đến các cơ chế đối lưu bắt nguồn từ tác động yếu có quy mô synop [3, 5].

Với mục tiêu nghiên cứu nâng cao chất lượng dự báo mưa lớn bằng mô hình số cho khu vực miền Trung, trong bài báo sẽ đề cập đến vấn đề tăng cường chất lượng trường phân tích ban đầu bằng số liệu radar Doppler. Vấn đề tiền xử lý số liệu radar Doppler trước khi đưa vào đồng hóa được giới thiệu trong phần 3 và qua đó áp dụng cho số liệu radar Doppler tại trạm Đông Hà. Mô hình khu vực và hệ thống đồng hóa số liệu được sử dụng trong nghiên cứu là mô hình WRF với nhân động lực ARW (gọi tắt là WRFARW) và hệ thống đồng hóa WRFDA phiên bản 3.3, chi tiết hơn về mô hình WRFARW có thể xem thêm tại các tham khảo [1, 6]. Trong phần 2 của bài báo, cơ sở lý thuyết về toán tử quan trắc đối với số liệu radar Doppler được giới thiệu. Trong phần 4, các kết quả phân tích bước đầu trong việc thử nghiệm đồng hóa số liệu radar Đông Hà được đưa ra với một trường hợp mưa lớn điển hình tại miền Trung vào tháng 9 năm 2012.

Người đọc phản biện: **Phùng Kiến Quốc**

2. Hệ thống đồng hóa WRFDA và toán tử quan trắc cho số liệu radar Doppler

a. Hệ thống đồng hóa số liệu WRFDA

Hệ thống WRFDA sử dụng phương pháp biến phân để xác định trường phân tích tối ưu giữa giá trị nền (giá trị khởi tạo) và giá trị quan trắc. Nếu kí hiệu x là vectơ đặc trưng cho trạng thái khí quyển, hệ thống WRFDA đi cực tiểu hóa hàm chi phí $J(x)$ có dạng như sau [1]:

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

Trong vế phải của hàm $J(x)$, giá trị y^o là giá trị quan trắc và $H(x)$ được gọi là toán tử quan trắc. Đối với số liệu từ radar Doppler gồm hai loại số liệu độ phản hồi (reflectivity) và gió hướng tâm (radial velocity) ta sẽ phải xây dựng hai toán tử tương ứng là toán tử mô phỏng độ phản hồi và toán tử mô phỏng gió hướng tâm. Phần tiếp theo sẽ đưa ra những dẫn giải liên quan đến việc xây dựng toán tử quan trắc cho số liệu độ phản hồi và gió hướng tâm thu được từ radar Doppler hiện đang sử dụng trong hệ thống WRFDA và hầu hết các sơ đồ đồng hóa số liệu khác trên thế giới [1].

b. Toán tử quan trắc cho số liệu radar Doppler

Để xây dựng toán tử mô phỏng độ phản hồi, dựa theo công thức liên hệ với lượng nước trong mưa q_r và độ phản hồi từ radar Z của Marshall-Palmer [3, 5] và với giả thiết phân bố của kích thước hạt mưa là $8 \times 10^6 \text{mm}^{-4}$ ta có:

$$Z = 2.04 \times 10^4 (\rho q_r)^{1.75}$$

Hoặc dưới dạng logarit:

$$H_Z = 43.1 + 17.5 \log \left(\frac{\rho q_r}{1 \text{kg/m}^3} \right) \quad (2)$$

Trong đó r là mật độ không khí và q_r là hàm lượng nước mưa. Đơn vị của H_Z là dbz. H_Z là toán tử mô phỏng độ phản hồi của radar từ mật độ không khí và hàm lượng nước mưa cho trước.

Để xây dựng toán tử tính gió hướng tâm từ mô hình, trước hết ta phân tích vectơ vận tốc của hạt

nước là V thành tổng ba vectơ thành phần trong tọa độ Đề các theo công thức sau:

$$V = U_x + V_y + W_z \quad (3)$$

Tiếp theo, xét đường thẳng nối giữa vị trí đặt radar và vị trí của hạt nước. Ta chiếu vectơ gió V xuống đường thẳng này. Thành phần vectơ nằm trên đường nối giữa radar và vị trí hạt nước được gọi là vectơ hướng tâm V_r (radial velocity), vectơ chiếu vuông góc với đường nối này được gọi là vectơ khép kín (terminal velocity) V_T [3, 5]. Radar Doppler chỉ đo đặc đại lượng gió hướng tâm. Nếu V_r có giá trị âm nghĩa là hạt nước có hướng chuyển động đi vào phía radar. Viết dưới dạng công thức ta có

$$V = V_r + V_T \quad (4)$$

Từ hai công thức (3) và (4) ta thu được công thức tính vận tốc hướng tâm từ các thành phần gió trong tọa độ Đề các và gió khép kín

$$V_r = U_x + V_y + W_z - V_T \quad (5)$$

Áp dụng công thức (5) cho từng vị trí điểm lưới của mô hình, gọi (x, y, z) là tọa độ của radar cần mô phỏng và (x_i, y_i, z_i) là tọa độ của điểm lưới i và r_i là khoảng cách từ điểm lưới i tới vị trí radar, ta có được toán tử mô phỏng gió hướng tâm theo công thức sau:

$$v_r = \frac{x - x_i}{r_i} \cdot u + \frac{y - y_i}{r_i} \cdot v + \frac{z - z_i}{r_i} \cdot (w - v_T) \quad (6)$$

Trong đó u, v, w độ lớn của các thành phần của tốc độ (U_x, V_y và W_z) và v_T là độ lớn của vectơ khép kín (V_T) khi chiếu lên trục trong hệ tọa độ Đề Các cơ bản. Vấn đề đặt ra ở đây là xác định độ lớn của giá trị v_T . Về mặt vật lý, vectơ khép kín này chính là tốc độ của hạt nước đạt được khi tổng các lực tác động đến hạt nước cân bằng với lực trọng trường. Theo Sun và Cook [5], công thức bán thực nghiệm cho v_T được tính theo công thức (7) dưới đây:

$$v_T = 5.4 a q_r^{0.125} \quad (7)$$

Trong đó q_r là hàm lượng nước của hạt nước và $a = (\rho^0/\rho)^{0.4}$ là tham số hiệu chỉnh với ρ_0 là áp suất bề mặt và ρ là áp suất khí quyển ở mực tương ứng

của hạt nước.

Như vậy từ các biến của mô hình bao gồm mật độ không khí, hàm lượng nước trong mưa, các thành phần gió và áp suất, với hai công thức (2) và (6) tương ứng với hai toán tử mô phỏng độ phản hồi và gió hướng tâm của radar là sẽ tính được độ phản hồi mô phỏng của mô hình và gió hướng tâm mô phỏng của mô hình, qua đó sử dụng để tính toán độ lệch của trường phân tích và trường thám sát trong quá trình cực tiểu hàm J ở công thức (1).

3. Xử lý số liệu radar Doppler đưa vào đồng hóa số liệu

Khi đưa vào đồng hóa số liệu, số liệu radar quan trắc phải đảm bảo hai tiêu chí đó là: 1) đã được giảm thiểu tối đa các loại nhiễu và 2) giảm thiểu tính tương quan giữa các giá trị quan trắc. Liên quan đến vấn đề đầu tiên chính là bài toán xử lý nhiễu. Vấn đề thứ hai liên quan đến bài toán làm thưa, làm trơn số liệu để đảm bảo cùng quy mô hay còn gọi là thinning. Các giá trị được làm trơn còn được gọi là tập giá trị mẫu, điển hình (super observation) [1, 3, 4].

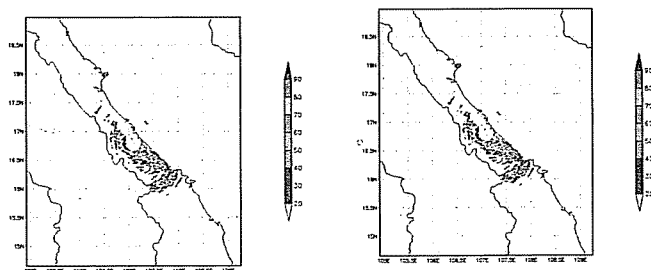
a. Xử lý nhiễu

Trong bài toán xử lý nhiễu đầu tiên, ta phải loại bỏ tối đa các nhiễu do sai số quan trắc radar. Về cơ bản trong số liệu radar luôn tồn tại các loại nhiễu điển hình như nhiễu địa hình (ground clutter), nhiễu biển (sea clutter), nhiễu tín hiệu (búp sóng phụ...), điểm ảnh (nhiều gauss), nhiễu lệch chồng chéo trường gió (Dealiasing, folded velocity) [2]. Các nhiễu biển và nhiễu tín hiệu đã được chương trình xử lý thô ban đầu tại trạm thu đánh dấu và gán cho

giá trị phản hồi âm. Đối với các dạng nhiễu điểm ảnh, ta có thể xử lý đơn giản bằng các phương pháp lọc như lọc trung bình từ các điểm xung quanh, lọc theo độ biến động thống kê. Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng phương pháp lọc theo phương sai địa phương (local variance reduction) sử dụng 6 hoặc 9 điểm xung quanh [2, 3, 4].

Để loại bỏ số liệu nhiễu địa hình, chúng ta có thể sử dụng ngay giá trị độ lớn của trường gió hướng tâm mà radar thu nhận [4]. Thông thường giá trị tuyệt đối của gió hướng tâm nhỏ hơn 0.1m/s được xem là các điểm ít có sự dịch chuyển và có thể loại bỏ. Tuy nhiên trên thực tế do việc sử dụng các bán kính quét lớn hơn 100km sẽ làm giảm độ chính xác của gió hướng tâm thu được nên việc xác định nhiễu địa hình từ chính gió hướng tâm có thể gặp sai số lớn.

Một trong những phương pháp đơn giản và hiệu quả để loại bỏ nhiễu địa hình là xây dựng bản đồ tần suất xuất hiện của các phản hồi cố định hay còn gọi là bản đồ nhiễu địa hình [2]. Để thiết lập bản đồ nhiễu địa hình, người ta thu thập số liệu radar trong những ngày trời quang quanh khu vực điểm đặt. Những tín hiệu phản hồi thu được sẽ tương ứng với tín hiệu phản hồi từ địa hình (do không có hệ thống mây hay mưa nào hoạt động trong những ngày này). Thực hiện các phép tính thống kê trên tập số liệu này sẽ cho ta phân bố của nhiễu địa hình. Hình 1 minh họa tần suất xuất hiện của tín hiệu trong những ngày trời quang năm 2012 cho radar Đông Hà tại hai mực 500m và 1000m. Tỷ số 25% là giá trị điển hình cho ngưỡng nhiễu địa hình [2] và cũng được sử dụng trong thử nghiệm này.

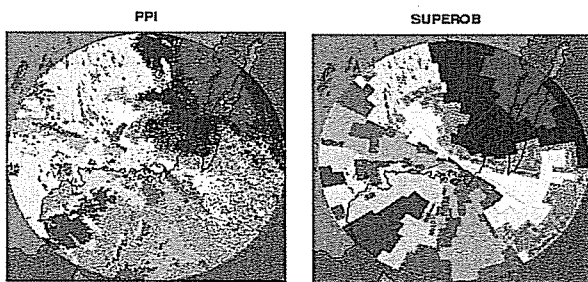


Hình 1. Bản đồ tần suất nhiễu địa hình cho mực 500m (trái) và 1000m (phải)

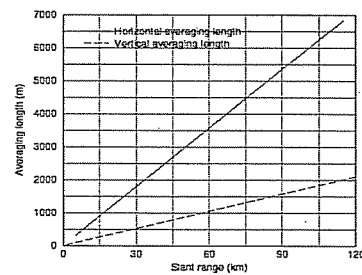
b. Tạo số liệu mẫu đưa vào đồng hóa số liệu

Mục đích của quá trình làm trơn (thinning) là tạo số liệu mẫu điển hình do khi cực tiểu hóa hàm J trong phương pháp biến phân có giả thiết rằng không có sự tương quan của các giá trị quan trắc. Thông thường số liệu đo đạc thường có tính đồng nhất mang tính khu vực, ví dụ như quanh một điểm số liệu thường có các giá trị tương đồng nhau. Bài toán làm trơn là xác định ra giá trị điển hình (đơn giản nhất là giá trị trung bình thống kê) cho từng

khu vực địa phương mà tại các khu vực địa phương đó các giá trị thám sát là đồng nhất nhau. Trong hình 2 (a) là minh họa quá trình làm trơn số liệu gió hướng tâm trước khi đưa vào đồng hóa số liệu cho mô hình khu vực HIRLAM sử dụng trong nghiệp vụ tại một số nước Bắc Âu [4]. Ta thấy rằng quá trình làm trơn được thực hiện bằng cách lấy trung bình theo từng cung góc quét và theo bán kính quét. Bán kính để lấy trung bình cũng được thay đổi theo độ cao và độ xa so với tâm radar (hình 2 b).



(a)

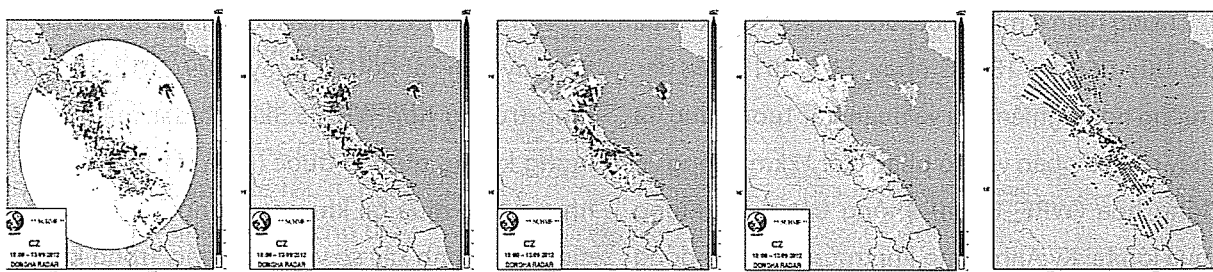


(b)

Hình 2. Minh họa làm trơn số liệu radar để đưa vào đồng hóa thông qua việc lấy trung bình theo bán kính và góc quay

Trong nghiên cứu này, chúng tôi cũng sử dụng phương pháp lấy trung bình theo từng cung góc quét và theo bán kính quét trên mỗi sản phẩm ở các mực độ cao cho trước (sản phẩm CAPPI). Mỗi một cung quét trung bình sẽ có hai giá trị là giá trị

trung bình và độ lệch chuẩn của các điểm ảnh trong cung làm trơn tương ứng. Giá trị độ lệch chuẩn của từng số liệu mẫu sẽ được làm căn cứ để lựa chọn các profile số liệu để đưa vào đồng hóa.



(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

Hình 3. Số liệu độ phản hồi tại mực 500m vào ngày 13/9/2012 lúc 18h00 tại trạm Đông Hà (a), sau khi được loại bỏ các nhiễu cơ bản (b), tạo thành tập số liệu mẫu (c), độ lệch chuẩn của từng cung lấy trung bình (d) và các vị trí được lựa chọn (e)

Góc quét được sử dụng trong nghiên cứu để làm tròn là 3° và bán kính trung bình lấy trung bình khoảng 5km. Profile được lựa chọn để đưa vào đồng hóa là tập hợp các điểm giá trị mẫu tại cùng một vị trí và thỏa mãn tiêu chuẩn là độ lệch chuẩn nhỏ hơn 5dBZ. Trong hình 3 minh họa toàn bộ sản phẩm thu được từ việc xử lý số liệu radar từ số liệu thô ban đầu (hình 3 a), số liệu đã được loại bỏ nhiễu địa hình (hình 3 b), tạo số liệu mẫu bằng phương pháp lấy trung

4. Thử nghiệm đồng hóa số liệu radar Đông Hà cho khu vực miền Trung

Để thử nghiệm ảnh hưởng của đồng hóa số liệu radar đến khả năng nâng cao dự báo mưa lớn tại khu vực miền Trung, trong nghiên cứu này chúng tôi đã áp dụng đồng hóa số liệu độ phản hồi cho

một đợt mưa lớn xuất phát từ ảnh hưởng của không khí lạnh kết hợp với hoạt động của dải hội tụ nhiệt đới qua Nam Trung Bộ kéo dài từ 13/9/2012 đến 16/9/2012. Quá trình đồng hóa số liệu radar Đông Hà sẽ được cập nhật theo chu kỳ 06 tiếng tại các ổ phân tích chính: 00UTC, 06UTC, 12UTC và 18UTC. Các số liệu quan trắc từ radar Đông Hà có độ lệch thời gian trong khoảng ± 1.5 tiếng xung quanh các ổ đồng hóa đều được sử dụng (tương đương với việc lựa chọn cửa sổ đồng hóa là 3 tiếng). Có hai nhóm thử nghiệm được thực hiện là hạ quy mô động lực từ sản phẩm toàn cầu xuống độ phân giải 17km và xuống độ phân giải 5.5km. Mô tả cơ bản cho các trường hợp thử nghiệm được đưa trong bảng 1.

Bảng 1. Các phương án thử nghiệm

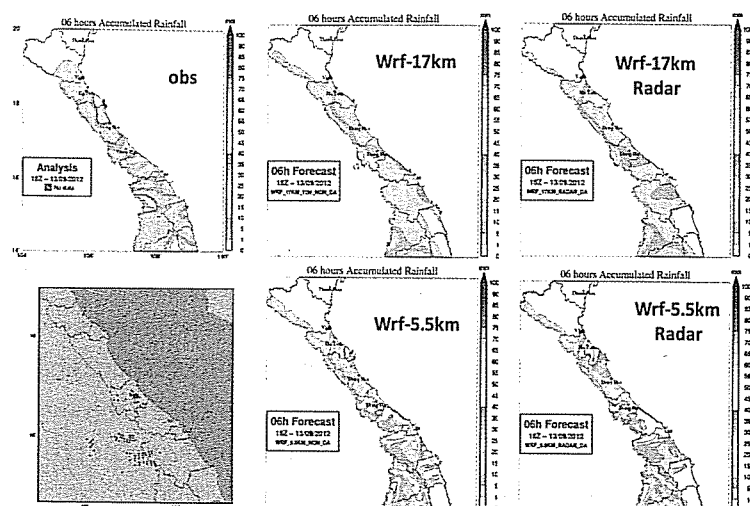
Phương án thử nghiệm	Điều kiện biên (thời gian cập nhật biên)	Đồng hóa số liệu	Miền tính
WRF_17km	GFS (06h)	Không	5 ⁰ N-27 ⁰ N; 95 ⁰ E-125 ⁰ E
WRF_17km_Radar	GFS (06h)	Có	
WRF_5.5km	WRF_17km (1h)	Không	
WRF_5.5km_Radar	WRF_17km_Radar (1h)	Không	

a. Tác động của đồng hóa số liệu radar đến dự báo mưa tích lũy 06h

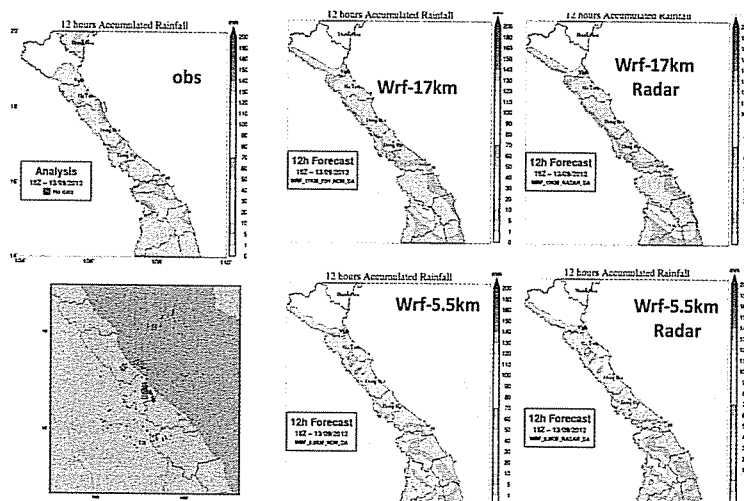
Trong hình 4 minh họa lượng mưa dự báo mưa tích lũy 06h tại 18UTC ngày 13/9/2012 của các trường hợp nghiên cứu và quan trắc tương ứng. Ta thấy rằng dự báo với độ phân giải 17km không có đồng hóa (WRF_17km) không bắt được lượng mưa lớn tại Kỳ Anh trong khi trường hợp có đồng hóa (WRF_17km_Radar) đã có sự cải thiện về diện mưa vừa đến mưa to. Hai trường hợp với độ phân giải 5.5km có cải thiện dự báo về vùng mưa to đến rất to rõ rệt hơn. Trường hợp với đầu vào có đồng hóa WRF_5.5km_Radar đã cải thiện vùng mưa ở Trung Trung Bộ rõ rệt nhưng vùng tâm mưa ở Kỳ

Anh bị lệch so với quan trắc và dự báo khổng về lượng ở vùng phía nam Đồng Hới.

Trong hình 5 minh họa lượng mưa dự báo mưa tích lũy 06h tại 06UTC ngày 14/9/2012. Ta thấy rằng trường hợp WRF_5.5km_Radar mặc dù về lượng không dự báo được (mưa rất to > 80mm) nhưng tâm mưa tại khu vực Đồng Hới được xác định khá chính xác so với quan trắc. Trong khi đó trường hợp WRF_5.5km không có đồng hóa cho dự báo khổng mưa rất nhiều so với quan trắc tại vùng phía nam Đồng Hới. Rõ ràng việc đưa đồng hóa số liệu radar vào có thể giảm được dự báo khổng từ mô hình thông qua việc làm thật hơn trường khí quyển ban đầu.



Hình 4. Dự báo mưa tích lũy 06h, 18UTC 13/9/2012, các hình lần lượt từ trái sang phải, từ trên xuống dưới là quan trắc, WRF_17km, WRF17km_radar, các điểm quan trắc được đưa vào đồng hóa, WRF_5.5km và WRF_5.5km_radar

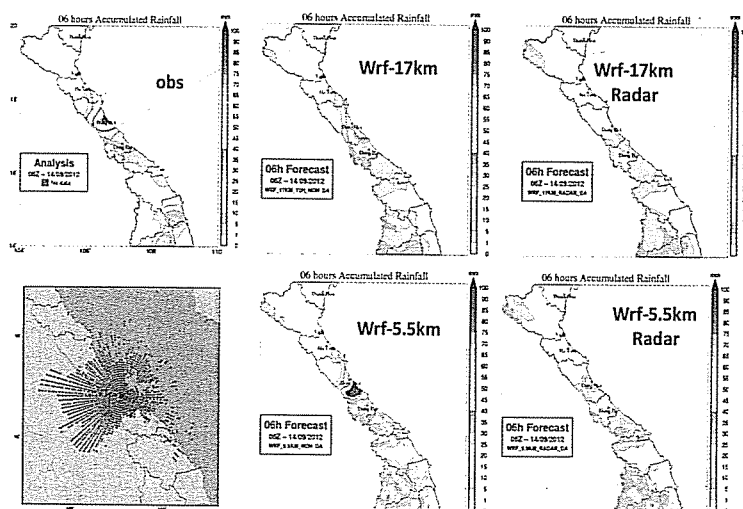


Hình 5. Tương tự hình 4 nhưng cho thời điểm dự báo vào 06UTC 14/9/2012

b. Tác động của đồng hóa số liệu radar đến dự báo mưa tích lũy 12h

Trong hình 6 minh họa các trường hợp dự báo và quan trắc của lượng mưa tích lũy 12h vào lúc 18UTC ngày 13/9/2012. Kết quả dự báo cho thấy có sự cải thiện rõ rệt về vùng và lượng mưa ở độ phân giải 5.5km so với các trường hợp 17km. Sự khác biệt giữa có và không có đồng hóa là chưa rõ rệt.

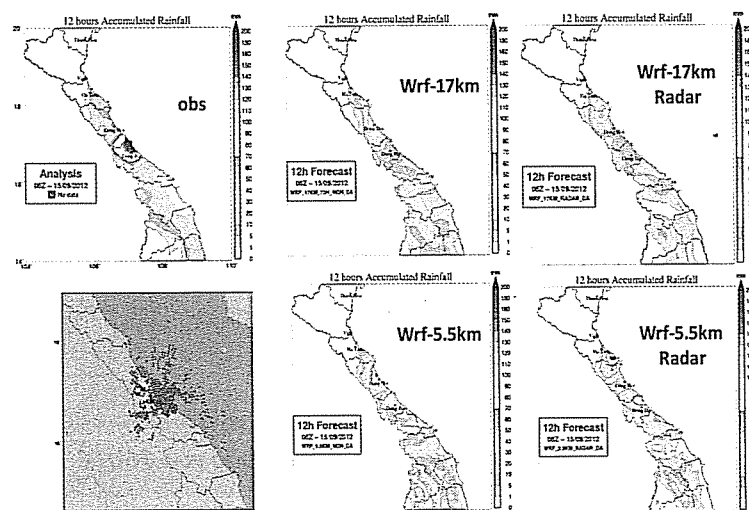
Hình 6. Tương tự hình 4 cho lượng mưa tích lũy 12h và dự báo từ 18UTC 13/9/2012



Hình 7 minh họa các trường hợp dự báo và quan trắc của lượng mưa tích lũy 12h vào lúc 06UTC ngày 15/9/2012. Số liệu quan trắc cho thấy tồn tại hai tâm mưa là khu vực Kỳ Anh và khu vực phía bắc Đông Hà. Đối với khu vực Kỳ Anh trường hợp WRF_5.5km_Radar đã nắm bắt được tốt vị trí tâm mưa, tuy nhiên lượng mưa cao hơn thực tế trong khi trường hợp WRF5.5km dự báo lệch vị trí và lượng của tâm mưa này. Đối với tâm mưa tại khu vực phía bắc Đông Hà, trường hợp WRF5.5km không có đồng hóa đã không nắm bắt được trong khi có đồng hóa WRF_5.5km_Radar đã nắm bắt được đúng vị trí tâm mưa mặc dù lượng mưa dự báo chỉ đạt được ở mức phổ biến từ 80mm đến 120mm trong khi thực tế phổ biến trên 150mm. Nắm bắt được tâm mưa tại khu vực phía bắc Đông Hà khi tại đây các số liệu radar được lựa chọn vào

để đồng hóa khá đầy đặc cho thấy rõ vai trò của số liệu đồng hóa radar tại vị trí này.

Tóm lại, thông qua một số kết quả bước đầu được đưa ra ở trên cho thấy việc tăng độ phân giải và sử dụng bất thủy tĩnh đã tăng khả năng nắm bắt được các hiện tượng thời tiết có quy mô nhỏ hơn đặc biệt liên quan đến việc phát triển các hệ thống mây đối lưu có tổ chức hay vùng mây đối lưu sâu và qua đó tăng cường được khả năng dự báo các vùng mưa lớn mà các trường hợp với độ phân giải thô không dự báo được. Các phân tích trên cho thấy các trường hợp với độ phân giải 17km gần như không thể hiện rõ được hiệu ứng của đồng hóa số liệu radar. Sự khác biệt giữa có và không có đồng hóa số liệu radar chỉ xảy ra ở các trường hợp phân giải cao do các hiệu ứng không bị làm trơn đi ở các mô hình phân giải thô hơn.



Hình 7. Tương tự hình 4 cho lượng mưa tích lũy 12h và dự báo từ 06UTC 15/9/2012

5. Kết luận

Nghiên cứu đã trình bày các quy trình xử lý số liệu radar Doppler trước khi đưa vào đồng hóa số liệu. Hai quy trình cơ bản bao gồm xử lý các nhiễu cơ bản trong số liệu thô và làm trơn tạo các số liệu mẫu điển hình. Các quá trình xử lý này đã được áp dụng cho số liệu radar Doppler tại trạm Đông Hà. Số liệu radar sau khi xử lý đã được đưa vào đồng hóa bằng hệ thống WRFDA cho mô hình WRFARW nhằm đánh giá khả năng cải thiện chất lượng dự

báo mưa lớn cho khu vực miền Trung. Nghiên cứu đã lựa chọn một trường hợp mưa lớn điển hình tại khu vực miền Trung để đánh giá tác động của việc đồng hóa số liệu radar. Bốn trường hợp thử nghiệm đã được thực hiện gồm hai trường hợp với độ phân giải 17km và hai trường hợp với độ phân giải 5.5km.

Các phân tích kết quả bước đầu cho thấy đồng hóa số liệu có hiệu ứng rõ rệt đối với các trường hợp độ phân giải cao. Điều này cho thấy tầm quan trọng của việc hạ độ phân giải và sử dụng các mô

hình phi thủy tinh sẽ tăng khả năng nắm bắt được các hiện tượng liên quan tới cực trị mưa. Trong một số kết quả cho thấy việc đưa số liệu radar Đồng Hà vào đồng hóa đã làm tăng khả năng nắm bắt các hiện tượng mưa lớn và cũng giảm thiểu đi được dự báo khổng của các trường hợp không có đồng hóa số liệu.

Trong những nghiên cứu tiếp theo, vấn đề xử lý số liệu gió hướng tâm sẽ được đề cập tới. Ngoài ra chúng tôi sẽ tăng số trường hợp thử nghiệm và thực hiện đánh giá mạng tính định lượng cụ thể để xem xét khả năng nâng cao chất lượng của việc đưa số liệu radar để nâng cao chất lượng trường ban đầu cho mô hình khu vực ứng dụng tại Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

1. Barker, D., X.-Y. Huang, Z. Liu, 2012: *The Weather Research and Forecasting Model's Community Variational/Ensemble Data Assimilation System: WRFDA*. Bull. Amer. Meteor. Soc., 93, 831–843.
2. Lê Đức, Đỗ Lệ Thủy, 2009: *Khảo sát chất lượng số liệu 3 radar thời tiết phía bắc: Phủ Liễn, Việt Trì và Vinh*. Hội thảo khoa học Viện khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường lần thứ 12.
3. Li, X., and J. R. Mecikalski, 2010: *Assimilation of the dual-polarization Doppler radar data for a convective storm with a warm-rain radar forward operator*. J. Geophys. Res., 115.
4. Lindskog M., Järvinen H., Michelson D. B.: *Development of Doppler radar wind data assimilation for the HIRLAM 3D-Var*. Norrköping, March 2002.
5. Sun, Juanzhen, N. Andrew 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.
6. Võ Văn Hòa, 2008: *Nghiên cứu thử nghiệm mô hình WRF dự báo quỹ đạo bão trên khu vực biển Đông*, Tạp chí KTTV, số 567, tháng 3, tr. 37-46.