

# Đồng hóa dữ liệu vệ tinh modis trong mô hình WRF để dự báo mưa lớn ở khu vực Trung Bộ

Trần Tân Tiến<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Thị Thanh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam*

<sup>2</sup>*Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, 23/62 Nguyễn Chí Thanh, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 4 tháng 10 năm 2011

**Tóm tắt.** Sử dụng số liệu vệ tinh MODIS để đồng hóa trường ban đầu cho mô hình WRF bằng phương pháp 3DVAR để dự báo mưa lớn cho khu vực Trung Bộ trong hai mùa mưa 2007, 2008. Kết quả nghiên cứu cho thấy, đồng hóa số liệu MODIS đã cải thiện đáng kể cả về diện mưa và lượng mưa dự báo trong 30h đầu. Tuy nhiên, ở hạn dự báo từ 30 đến 54h, việc đồng hóa số liệu MODIS không cho kết quả vượt trội so với trường hợp không đồng hóa

*Từ khóa:* Dự báo mưa lớn, Mô hình WRF, đồng hóa dữ liệu, Vệ tinh MODIS.

## 1. Mở đầu

Hàng năm, ở khu vực Trung Bộ, mưa lớn đã gây thiệt hại vô cùng to lớn về người và tài sản. Mưa lớn ở khu vực Trung Bộ thường xảy ra do ảnh hưởng của các hình thể thời tiết khác nhau như giải hội tụ nhiệt đới (ITCZ), front lạnh, bão, áp thấp nhiệt đới, ... Sự tương tác giữa hoàn lưu khí quyển và địa hình núi cao của dãy núi Trường Sơn làm cho mưa lớn thường xảy ra trên diện rộng và kéo dài. Do đó, dự báo mưa lớn và nâng cao chất lượng dự báo mưa lớn là một vấn đề đặc biệt quan trọng ở khu vực Miền Trung.

Dự báo mưa lớn là một trong những mục tiêu quan trọng của dự báo số trị quy mô vừa. Cùng với những cố gắng trong việc tính toán,

mô phỏng chi tiết các quá trình vật lý liên quan tới thời tiết, các nhà khoa học trong và ngoài nước đã có nhiều công trình nghiên cứu về bài toán đồng hóa số liệu cho mô hình số trị khu vực nhằm nâng cao chất lượng dự báo.

Hiện nay, trên thế giới đã có nhiều tác giả nghiên cứu về bài toán đồng hóa số liệu vệ tinh cho mô hình số và đạt được những kết quả khả quan trong dự báo thời tiết, cũng như dự báo các hiện tượng thời tiết cực đoan như mưa lớn, bão,... Routray (2008) [1] đã đồng hóa các số liệu quan trắc bề mặt, ship, bouy, cao không và vệ tinh địa tĩnh Kapanal-1 để dự báo mưa lớn ở Ấn độ bằng việc sử dụng hệ thống đồng hóa số liệu 3DVAR cho mô hình WRF. Kết quả tính toán cho thấy, việc đồng hóa số liệu đã cải thiện đáng kể chất lượng mô phỏng mưa lớn trong mùa mưa ở Ấn độ. Xavier (2006) [2] đồng hóa profile nhiệt độ và độ ẩm từ vệ tinh MODIS

\* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-4-37847551  
E-mail: tientt@vnu.edu.vn

cùng với số liệu thám không vô tuyến để cải thiện trường ban đầu của mô hình MM5. Nghiên cứu đã chỉ ra rằng việc sử dụng dữ liệu vệ tinh MODIS đã cải thiện đáng kể diễn biến mưa lớn kết hợp với áp thấp nhiệt đới. Rakesh (2009) [3] đã sử dụng sơ đồ 3DVAR để đồng hoá dữ liệu tốc độ gió và hướng gió gần bề mặt biển từ vệ tinh QSCAT, tốc độ gió và TPW từ vệ tinh SSM/I cho cả hai mô hình MM5 và WRF để dự báo thời tiết hạn ngắn ở Ấn Độ. Kết quả nghiên cứu cho thấy dự báo trường gió từ hai mô hình MM5 và WRF được cải thiện đáng kể trong trường hợp đồng hoá dữ liệu gió từ QSCAT và SSM/I, trong khi trường nhiệt độ và độ ẩm cho hiệu quả kém hơn. Trường dự báo mưa tốt nhất trong trường hợp đồng hoá dữ liệu TPW. Ngoài ra, nghiên cứu cũng chỉ ra rằng sai số dự báo các trường gió, nhiệt độ và độ ẩm ở các mực khác nhau bằng mô hình WRF nhỏ hơn khi dự báo bằng mô hình MM5.

Ở nước ta, một số nghiên cứu về mô hình đồng hoá số liệu nhằm cải thiện trường ban đầu cũng đã và đang được thực hiện. Kiều Thị Xin và Lê Đức (2003) [4] đã nghiên cứu áp dụng mô hình đồng hoá số liệu 3DVAR cho mô hình HRM. Kết quả tính toán dự báo thời tiết bằng cách sử dụng các số liệu tại các trạm cao không và SYNOP cho thấy lượng mưa dự báo gần với thực tế hơn so với trường hợp không sử dụng đồng hoá số liệu. Kiều Thị Xin (2005) [5] cũng đã sử dụng phương pháp biến phân hai chiều để phân tích độ ẩm đất từ nhiệt độ quan trắc hai mét cho mô hình HRM. Kết quả cho thấy tác động nhỏ của độ ẩm đất đến dự báo các trường khí tượng trên cao trên khu vực Việt Nam. Trong khuôn khổ đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ “Nghiên cứu thử nghiệm dự báo mưa lớn ở Việt Nam bằng mô hình MM5” của Hoàng Đức Cường (2008) [6] cũng đã nghiên cứu hiệu chỉnh trường ban đầu bằng các số liệu SYNOP và vô tuyến thám không để nâng cao

chất lượng dự báo thời tiết bằng mô hình MM5. Nghiên cứu cho thấy việc sử dụng số liệu SYNOP và thám không vô tuyến để điều chỉnh trường ban đầu của mô hình MM5 bước đầu cho kết quả khả quan. Lê Đức và đồng sự (2007) [7] đã xây dựng trường ẩm cho mô hình HRM từ số liệu vệ tinh địa tĩnh MTSAT dựa trên phương pháp 3DVAR. Hoàng Đức Cường và cộng sự (2008) [8] đã hiệu chỉnh trường ban đầu của mô hình MM5 bằng dữ liệu vệ tinh MTSAT để mô phỏng cơn bão Damrey.

Trong bài báo này, chúng tôi đã nghiên cứu đồng hoá số liệu vệ tinh MODIS trong mô hình WRF nhằm góp phần nâng cao chất lượng dự báo mưa Khu vực Trung Bộ.

## 2. Đồng hoá dữ liệu vệ tinh MODIS trong mô hình WRF

Đầu đo quang học độ phân giải vừa MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) được gắn trên hai vệ tinh Terra và Aqua của NASA bắt đầu hoạt động lần lượt từ năm 1999 và 2002. Profile nhiệt độ và độ ẩm (nhiệt độ điểm sương) của MODIS được tính toán từ các kênh 20, 22-25, 27-29 và 31-36 của đầu đo MODIS trên biển và đất liền, trong cả ngày lẫn đêm với 20 mực áp suất khí quyển là 0.5, 10, 20, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 620, 700, 780, 850, 920, 950, 1000 hPa. Seemann và đồng sự (2003) [9] chỉ ra sự phù hợp giữa giữa profile nhiệt độ và độ ẩm MODIS với số liệu thám không vô tuyến và có thể được sử dụng trong các mô hình dự báo thời tiết khi các quan trắc truyền thống thưa thớt.

Đồng hoá profile nhiệt độ và độ ẩm từ đầu đo MODIS trong mô hình WRF được thực hiện bằng phương pháp biến phân 3 chiều (3DVAR). Mục đích cơ bản của đồng hoá 3DVAR là cung cấp một ước lượng tối ưu của trạng thái khí

quyền thực ở thời điểm phân tích thông qua việc giải lặp hàm giá:

$$J(x) = J_0(x) + J_1(x) = \frac{1}{2}(x - x^b)^T B^{-1}(x - x^b) + \frac{1}{2}(y - y^0)^T (E + F)^{-1}(y - y^0) \quad (1)$$

trong đó:

$x$  là véc tơ trạng thái phân tích,

$x^b$  là véc tơ trường nền,

$B$  là ma trận tương quan sai số nền,

$y^0$  là số liệu quan trắc,

$y$  là véc tơ chuyển đổi từ trạng thái không gian mô hình đến không gian quan trắc,

$E, F$  tương ứng là ma trận tương quan sai số quan trắc và ma trận tương quan sai số biểu diễn.

Như vậy, bài toán đồng hoá số liệu biến phân 3DVAR có thể nói ngắn gọn là lời giải lặp của phương trình (1) để tìm trạng thái được phân tích  $x$  sao cho  $J(x)$  là nhỏ nhất. Phương pháp này tương ứng khả năng ước lượng lớn nhất (sai số nhỏ nhất) trạng thái khí quyển thực được thể hiện trong hai nguồn số liệu ban đầu: trường nền  $x^b$  và trường quan trắc  $y^0$ . Sai số biểu diễn là một ước lượng của sai số được biết đến trong quá trình sử dụng toán tử quan trắc  $H$  để chuyển đổi những số liệu phân tích  $x$  trên lưới tính đến không gian quan trắc  $y = Hx$  nhằm so sánh với các giá trị quan trắc. Sai số này sẽ

phụ thuộc vào độ phân giải và những phép toán lấy xấp xỉ (ví dụ tuyến tính hoá) trong  $H$ .

### 3. Số liệu

Các trường ban đầu và điều kiện biên cho mô hình WRF 1 trường phân tích và dự báo của mô hình GFS do NCEP cung cấp cách nhau 6h.

Hiện tại, số liệu MODIS bao phủ Việt Nam chỉ có ở khoảng thời điểm 03.30Z, 05.30Z, 15.30 Z, 18.30Z. Do đó, trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng profile nhiệt độ và độ ẩm MODIS lấy từ sản phẩm MYD07\_L2 của vệ tinh Aqua ở khoảng thời gian 05.30Z để đồng hoá 3DVAR trong mô hình WRF với thời điểm ban đầu 06.00Z.

Số liệu mưa bề mặt được sử dụng để so sánh với mưa dự báo của mô hình WRF trong cả hai trường hợp không và có đồng hoá số liệu. Đây là số liệu mưa ngày (tính từ 19h00 (12.00Z) hôm trước đến 19h00 ngày lấy số liệu) của 43 trạm quan trắc bề mặt thuộc khu vực Trung Bộ trong 17 đợt mưa lớn năm 2007-2008 xảy ra ở khu vực này. Các đợt mưa lớn được lựa chọn trong nghiên cứu này đều có lượng mưa đo được tại một số trạm thuộc khu vực Trung Bộ là 50mm/ngày trở lên. Bảng 1 dưới đây là thống kê 17 đợt mưa lớn xảy ra ở khu vực Trung Bộ trong 2 năm 2007 - 2008.

Bảng 1. Bảng tổng hợp các mưa lớn xảy ra ở khu vực Trung Bộ trong năm 2007 - 2008

STT	Đợt mưa	Khu vực xảy ra mưa lớn	Lượng mưa phổ biến (mm/ngày)
1	5-6/1/2007	Trung Trung Bộ	100-150
2	29/4/2007	Quảng Trị - Thừa Thiên Huế	60-150
3	5-8/8/2007	Trung Bộ	150 -500
4	25-26/9/2007	Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ	60-120
5	1-4/10/2007	Hà Tĩnh - Quảng Nam	100-300
6	15-17/10/2007	Quảng Bình - Quảng Nam	100-200
7	30-31/10/2007	Nghệ An -Quảng Nam	100-250

8	1-3/11/2007	Hà Tĩnh - Bình Định	100-150
9	10-11/11/2007	Thừa Thiên Huế - Quảng Ngãi	100-200
10	19/11/2007	Quảng Bình - Khánh Hoà	50-100
11	9-10/5/2008	Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ	50-200
12	29-30/9/2008	Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ	60-200
13	11-13/10/2008	Nghệ An - Quảng Nam	70-120
14	14-16/10/2008	Bắc và Trung Trung Bộ	50-200
15	19-20/10/2008	Quảng Bình - Quảng trị	50-200
16	29-30/10/2008	Bắc và Trung Trung Bộ	50-150
17	14-18/11/2008	Nam Trung Bộ và Nam Bộ	100-200

#### 4. Thiết kế miền tính và cấu hình cho mô hình

Nghiên cứu này sử dụng mô hình WRF phiên bản 3.0 với 41 mực sigma theo phương thẳng đứng. Mô hình WRF được lựa chọn với hai miền tính lồng ghép, độ phân giải lần lượt là 45km và 15km, tọa độ tâm là  $16,5^\circ$  vĩ Bắc và  $110^\circ$  kinh Đông. Miền ngoài bao trùm toàn bộ lãnh thổ Việt Nam, còn miền trong bao trùm khu vực Trung Bộ. Tất cả các mô phỏng trong nghiên cứu này đều lựa chọn các sơ đồ tham số hóa cho cả 2 miền tính là như nhau: sơ đồ tham số hóa đối lưu lưu Kain – Fritsch, sơ đồ lớp biên hành tinh MRF, sơ đồ đất bề mặt Noah Land-Surface Model, và sơ đồ bức xạ sóng dài RRTM. Riêng sơ đồ tham số hóa vi vật lý được chọn sơ đồ WSM5 cho miền tính 1 và sơ đồ Thompson cho miền tính 2.

Mô hình tính toán với hai trường hợp khác nhau: Trường hợp thứ nhất (GFS) sử dụng trường phân tích và dự báo toàn cầu NCEP-GFS làm điều kiện ban đầu và điều kiện biên. Trường hợp thứ hai (3DV) đồng hóa các profile nhiệt độ và độ ẩm (nhiệt độ điểm sương) để cải thiện điều kiện ban đầu sử dụng trong trường hợp 1. Việc đồng hóa được thực hiện cho miền tính 1. Thời gian bắt đầu thực hiện mô phỏng được xét như nhau trong cả hai trường hợp GFS và 3DV. Mô phỏng được thực hiện với hạn dự

báo 54h với bước thời gian sai phân 180s. Sản phẩm mưa từ mô hình được so sánh với lượng mưa đo tại các trạm quan trắc bề mặt.

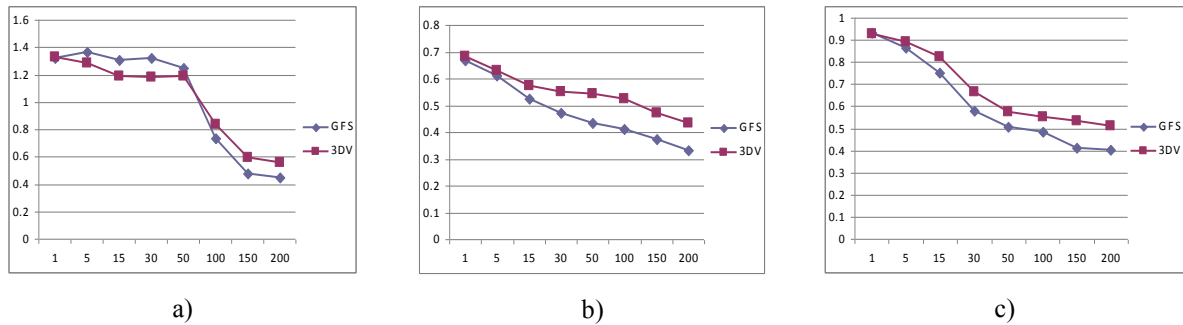
#### 5. Kết quả tính toán

Để đánh giá khả năng dự báo có và không có mưa, đồng thời đánh giá khả năng dự báo mưa lớn của mô hình, chúng tôi đã chọn các ngưỡng mưa từ nhỏ đến lớn, cụ thể các ngưỡng mưa 1, 5, 15, 20, 30, 50, 100, 150 và 200mm/ngày. Các hình 1 và 2 lần lượt thể hiện các điểm số FBI, CSI và POD với các hạn dự báo 06-30h và 30-54h cho các đợt mưa lớn khu vực Miền Trung năm 2007, 2008 với cả hai trường hợp không (GFS) và có đồng hóa số liệu (3DV). Theo hình 1, với hạn dự báo 06-30h, cả hai trường hợp đồng hóa và không đồng hóa đều cho mưa lớn hơn thực tế ở các ngưỡng dưới 75mm và nhỏ hơn thực tế ở ngưỡng trên 75mm (hình 1a). Các chỉ số CSI và POD trong cả hai trường hợp không và có đồng hóa giảm dần khi ngưỡng mưa tăng (hình 1b và 1c). Trường hợp đồng hóa số liệu MODIS có chỉ số CSI, POD cao hơn so với trường hợp không đồng hóa, đặc biệt là đối với các ngưỡng mưa lớn. Như vậy, việc đồng hóa đã tăng độ chính xác dự báo mưa lớn.

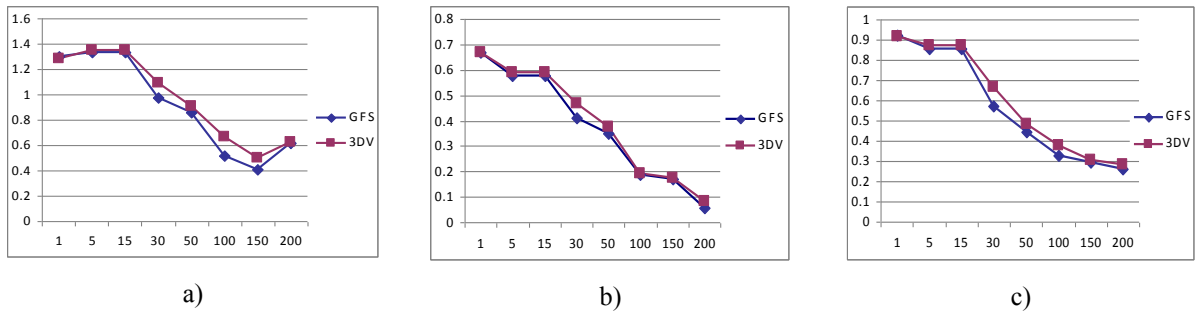
Tương tự với hạn dự báo 06-30h, cả hai trường hợp không và có sử dụng sơ đồ đồng hóa 3DVAR đều cho mưa lớn hơn thực tế ở các ngưỡng mưa nhỏ và cho mưa nhỏ hơn thực tế ở ngưỡng mưa lớn đối với hạn dự báo 30-54h (hình 2a). Ở hạn dự báo này, trường hợp không và có đồng hóa số liệu đều có chỉ số CSI xấp xỉ bằng nhau và đều cho giá trị CSI tương đối nhỏ ở các ngưỡng mưa lớn. Điều này có nghĩa là ở các ngưỡng mưa lớn, vùng mưa dự báo tương

đối khác so với vùng mưa thực tế. Theo hình 2c, trường hợp đồng hóa số liệu cho thấy sự cải thiện trong số lần dự báo mưa thành công, tuy nhiên, cả hai trường hợp không và có đồng hóa đều cho số lần dự báo mưa thành công rất thấp ở các ngưỡng mưa lớn.

Như vậy, đồng hóa số liệu MODIS cải thiện đáng kể trường hợp mưa dự báo ở hạn mưa 06-30h, nhưng không có sự thay đổi lớn đối với hạn dự báo 30-54h.



Hình 1. Các điểm số FBI (a); CSI (b) và POD (c) với hạn dự báo 06-30h cho các đợt mưa lớn khu vực Trung Bộ năm 2007, 2008 đối với trường hợp không (GFS) và có đồng hóa dữ liệu MODIS (3DV).



Hình 2. Các điểm số FBI (a); CSI (b) và POD (c) với hạn dự báo 30-54h cho các đợt mưa lớn khu vực Miền Trung năm 2007, 2008 đối với trường hợp không (GFS) và có đồng hóa dữ liệu MODIS (3DV).

### 6. Kết luận

Đánh giá thống kê lượng mưa dự báo và lượng mưa ở các trạm cho thấy đồng hóa số liệu MODIS đã cải thiện đáng kể cả về diện mưa và

lượng mưa dự báo trong 30h đầu. Tuy nhiên, ở hạn dự báo từ 30 đến 54h, việc đồng hóa số liệu MODIS không cho kết quả vượt trội so với trường hợp không đồng hóa.

**Tài liệu tham khảo**

- [1] A. Routray, U.C. Mohanty, D. Niyogi, S.R. Rizvi, K.K.Osuri. First application of 3DVAR-WRF data assimilation for mesoscale simulation of heavy rainfall events over Indian Monsoon region. *Journal of the Royal Meteorological Society* (2008) 1555.
- [2] A. Xavier, Chandrasekar, R. Singh and B. Simon. The impact of assimilation of MODIS data for the prediction of a tropical low-pressure system over India using a mesoscale model. *International Journal of Remote Sensing* 27, No.20 (2006) 4655.
- [3] V. Rakesh, Singh Randhir, C. Joshi Prakash. Intercomparison of the performance of MM5/WRF with and without satellite data assimilation in short-range forecast applications over the Indian region. *Journal of Technology and Science*, 105 (2009) 133.
- [4] Kiều Thị Xin, Lê Đức. Nâng cao chất lượng dự báo mưa bằng mô hình khu vực phân giải cao HRM nhờ tăng độ phân giải và điều chỉnh trường ban đầu bằng phương pháp đồng hoá số liệu ba chiều. *Tuyển tập hội nghị khoa học, Viện Khoa học khí tượng thủy văn và Môi trường* (2003).
- [5] Kiều Thị Xin, 2005. Nghiên cứu dự báo mưa lớn diện rộng bằng công nghệ hiện đại phục vụ phòng chống lũ lụt ở Việt Nam. *Báo cáo tổng kết đề tài khoa học công nghệ độc lập cấp nhà nước*, tr.121-151.
- [6] Hoàng Đức Cường, 2008. Nghiên cứu thử nghiệm dự báo mưa lớn ở Việt Nam bằng mô hình MM5. *Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ*.
- [7] Lê Đức, Đỗ Lê Thuý, Lương Hồng Trung. Xây dựng trường ẩm cho mô hình HRM từ số liệu vệ tinh địa tĩnh dựa trên phương pháp biến phân ba chiều (3DVAR) (Phần I, II). *Tạp chí KTTV* (2007), 22 (số 555) và 43 (số 558).
- [8] Hoàng Đức Cường, Nguyễn Thị Thanh, Trần Thị Thảo. Thử nghiệm ứng dụng dữ liệu vệ tinh cho mô hình MM5. *Tuyển tập báo cáo hội nghị dự báo viên toàn quốc lần thứ 3, Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung Ương* (2008) 12.
- [9] S. W. Seemann, J. Li, W. P. Menzel, and L. E. Gumley. Operational retrieval of atmospheric temperature, moisture, and ozone from MODIS infrared radiances. *J. Appl.Meteor.* 42 (2003) 1072.

## Modis data assimilation in WRF model for heavy rainfall forecast over Vietnam central region

Tran Tan Tien<sup>1</sup>, Nguyen Thi Thanh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Faculty of Hydro-Meteorology and Oceanography, VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam*

<sup>2</sup>*Vietnam Institute of Meteorology Hydrology and Environment, 23/62 Nguyen Chi Thanh, Hanoi, Vietnam*

Using MODIS data for data assimilation in WRF model with 3DVAR method for heavy rainfall forecast over Vietnam Central region in two rainy seasons 2007, 2008. Research results show that MODIS data assimilation has significantly improved both the area rainfall and the accumulative rainfall in the first 30h forecast. However, in term from 30 to 54h forecast, MODIS data assimilation does not much outstanding result than the case of no-assimilation.

*Keywords* Heavy rainfall forecast, WRF model, Assimilation, MODIS satellite.