

Bài báo khoa học

Nghiên cứu đồng hóa số liệu địa phương vào mô hình WRF để nâng cao chất lượng dự báo mưa cho khu vực Nam Bộ

Lê Ngọc Quyền^{1*}, Nguyễn Kỳ Phùng², Lê Mạnh Dũng¹

¹ Đài KTTV khu vực Nam Bộ; quyentccb@gmail.com; manhdungkttv@gmail.com

² Ủy ban nhân dân thành phố Thủ Đức; kyphungng@gmail.com

*Tác giả liên hệ: quyentccb@gmail.com; Tel.: +84–2838290092

Ban Biên tập nhận bài: 12/2/2022; Ngày phản biện xong: 11/3/2022; Ngày đăng bài: 25/4/2022

Tóm tắt: Trong nghiên cứu đã sử dụng phương pháp đồng hóa số liệu biến phân ba chiều 3D–var cho mô hình WRF với độ phân giải 3km để dự báo mưa cho khu vực Nam Bộ. Số liệu được sử dụng cho đồng hóa bao gồm các quan trắc bề mặt, thám không ở Việt Nam cũng như khu vực Đông Nam Á. Tác giả tiến hành thử nghiệm với 2 trường hợp có đồng hóa (Wrf_d03) và không có đồng hóa số liệu (Wrf_noDA_d03) với hạn dự báo 48h. Thời gian thực hiện tiến hành trong 2 tháng mùa mưa 7 và 8 năm 2021. Các kết quả dự báo của 2 thử nghiệm được thu thập cùng với số liệu quan trắc 24 trạm Synop trên khu vực để tiến hành đánh giá độ chính xác của các mô hình. Kết quả cho thấy, ở ngưỡng mưa nhỏ các mô hình dự báo thiên cao hơn thực tế. Trong khi đó ở ngưỡng mưa vừa, mưa to đến rất to các mô hình đều có xu hướng dự báo thiên thấp hơn thực tế. Các chỉ số MAE và RMSE của mô hình đồng hóa hầu hết đều thấp hơn mô hình không đồng hóa, cho thấy khi đồng hóa dữ liệu địa phương đã giảm được sai số của mô hình. Với đánh giá dự báo cho ngày 15/7/2021, mô hình có đồng hóa số liệu có khả năng phát hiện (POD) và kỹ năng dự báo (ETS) cho mưa vừa, mưa to tốt hơn mô hình không đồng hóa ở hạn dự báo 12h và 24h. Đồng thời khi thiết lập mô hình đồng hóa chạy ở chế độ Cycling sẽ cho dự báo ổn định hơn trường hợp không đồng hóa.

Từ khóa: WRF; WRFDA; 3Dvar; Đồng hóa số liệu; Dự báo mưa cho khu vực Nam Bộ.

1. Mở đầu

Khu vực Nam Bộ nằm ở phía nam Việt Nam, là vùng cận xích đạo nên hàng năm chịu ảnh hưởng bởi nhiều hệ thống thời tiết gây mưa lớn như dải hội tụ nhiệt đới (ITCZ), rãnh áp thấp, gió mùa tây nam hay có những năm còn chịu ảnh hưởng trực tiếp bởi Bão. Vào những tháng mùa mưa (giữa tháng 5 tới khoảng cuối tháng 10, đầu tháng 11), các tỉnh Nam Bộ cũng khá thường xuyên phải đón nhận những trận mưa lớn, không những gây thiệt hại tài sản mà còn làm ảnh hưởng đến giao thông, sinh hoạt của người dân.

Tuy nhiên việc dự báo được những trận mưa lớn ở vùng nhiệt đới như khu vực Nam Bộ đến nay vẫn là vấn đề khó, khó khăn này không chỉ với Việt Nam mà còn ở nhiều nước trên thế giới. Trước đây để dự báo những đợt mưa, mưa lớn, các dự báo viên thường chủ yếu dựa vào phương pháp Synop và Thống kê, nhưng hiệu quả và chất lượng thường không cao. Những năm gần đây, để nâng cao chất lượng dự báo mưa, các trung tâm dự báo lớn trên thế giới cũng như Việt Nam đã ứng dụng các mô hình dự báo thời tiết trong dự báo nghiệp vụ, với khá nhiều loại mô hình được áp dụng và đã đạt được nhiều tiến bộ trong việc cải thiện chất lượng dự báo mưa.

Dự báo mưa, mưa lớn là một trong những mục tiêu quan trọng của các mô hình dự báo số trị quy mô vừa. Tuy nhiên, do sự thiếu chính xác của trường ban đầu cũng như tính phi tuyến trong bài toán khí tượng, các kết quả dự báo từ mô hình số trị vẫn chứa những sai số lớn. 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 còn có rất nhiều cố gắng trong việc cải thiện trường số liệu ban đầu (vốn là trường phân tích của mô hình toàn cầu) cho mô hình số trị khu vực bởi các số liệu quan trắc địa phương và phi truyền thống như vệ tinh, radar nhằm nâng cao chất lượng dự báo. Các quan trắc bề mặt và thám không vô tuyến cũng cung cấp lượng thông tin tương đối chính xác về các trường khí tượng bề mặt và trên cao. Vì vậy đồng hóa các số liệu quan trắc trên cho mô hình số trị là hết sức cần thiết để có thể nâng cao hơn chất lượng dự báo.

Ở nước ta, các nghiên cứu về đồng hóa số liệu cho mô hình dự báo thời tiết cũng đã được thực hiện trong khoảng 20 năm trở lại đây và đã đạt được nhiều bước tiến đáng kể giúp nâng cao được chất lượng dự báo cho các mô hình. [1–2] thử nghiệm đồng hóa cho mô hình HRM, [3] thử nghiệm đồng hóa cho mô hình MM5. Các kết quả cho thấy mô hình có đồng hóa số liệu đã cho kết quả tốt hơn so với trường hợp không đồng hóa. [4–5] cũng đã ứng dụng sơ đồ đồng hóa số liệu 3D–Var cho mô hình WRF. Kết quả cho thấy dự báo mưa của mô hình cũng được cải thiện khi có đồng hóa dữ liệu. [6] thử nghiệm đồng hóa 3D–Var từ dữ liệu radar thời tiết Nhà Bè cho mô hình WRF để dự báo mưa lớn cho khu vực Thành phố Hồ Chí Minh. Kết quả thử nghiệm cho đợt mưa ngày 02 và 03/08/2016 cho thấy, đồng hóa với quy trình warm start cho mô phỏng lượng mưa tốt hơn khá nhiều so với cold start, ngoài ra khi đồng hóa kết hợp giữa gió xuyên tâm với độ phản hồi và dữ liệu quan trắc bề mặt cho kết quả dự báo mưa tốt nhất. Trong phương pháp đồng hóa 3D–Var, sai số mô hình cũng đóng góp một phần quan trọng đối với chất lượng dự báo. [7] đã thử nghiệm đồng hóa số liệu cho mô hình WRF với công nghệ 4D–Var trong dự báo mưa ở khu vực Nam Bộ. Mô phỏng thực tế cho thấy, so với trường hợp không đồng hóa, phương pháp đồng hóa 4D–Var có tác động cải thiện dự báo ở cả hạn dự báo 12h và 24h.

Như vậy, ta có thể thấy những mặt ưu thế mà đồng hóa dữ liệu đem lại, giúp nâng cao chất lượng cho các mô hình dự báo, đặc biệt là dự báo lượng mưa. Tuy nhiên các thử nghiệm đồng hóa trên khu vực Nam Bộ còn khá ít, thời gian thử nghiệm ngắn nên chưa phản ánh hết diễn biến mưa trong mùa mưa ở khu vực Nam Bộ. Do đó trong bài báo này, tác giả sẽ thực hiện đồng hóa số liệu bằng phương pháp biến phân ba chiều 3D–var cho mô hình WRF phiên bản 4.2 để dự báo mưa cho khu vực Nam Bộ, nguồn số liệu được dùng trong đồng hóa là các trạm quan trắc Synop, tự động và thám không. Thời gian thử nghiệm tiến hành trong 2 tháng chính của mùa ở Nam Bộ là tháng 7 và 8 năm 2021.

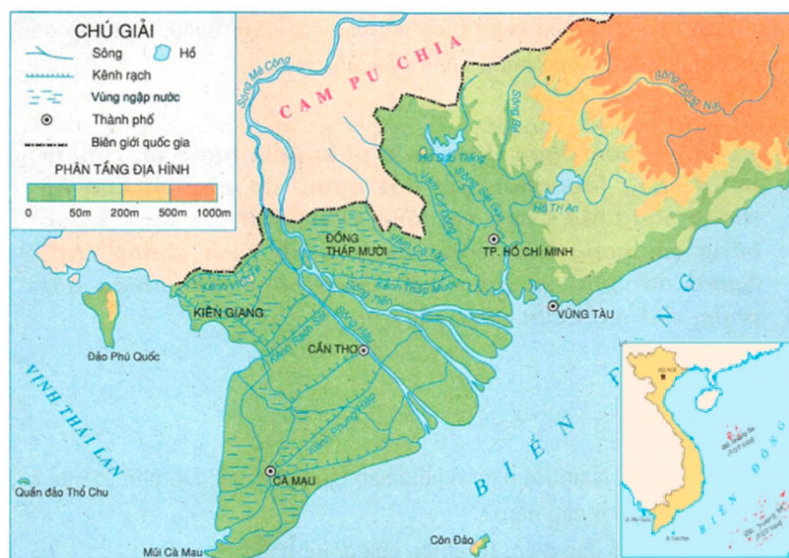
2. Phương pháp nghiên cứu và nguồn số liệu được sử dụng

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Địa hình trên toàn vùng Nam Bộ khá bằng phẳng, phía tây giáp Vịnh Thái Lan, phía đông và Đông Nam giáp biển Đông, phía Tây và Tây Bắc giáp Campuchia, phía Bắc và Đông Bắc giáp Tây Nguyên và Duyên hải Nam Trung Bộ.

Nam Bộ nằm trong vùng đặc trưng của khí hậu nhiệt đới gió mùa và cận xích đạo, nền nhiệt ẩm phong phú, ánh nắng dồi dào, thời gian bức xạ dài. Biên độ nhiệt ngày đêm giữa các tháng trong năm thấp và ôn hòa. Độ ẩm trung bình hàng năm khoảng từ 80–82%. Khí hậu hình thành trên hai mùa chủ yếu quanh năm là mùa khô và mùa mưa. Mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 11, mùa khô từ tháng 12 tới tháng 4. Lượng mưa hàng năm dao động từ khoảng 1300–2700 mm và góp trên 70–82% tổng lượng mưa trong suốt cả năm. Mưa phân bố không đều, giảm dần từ khu vực giáp ranh từ Thành phố Hồ Chí Minh xuống khu vực phía tây và Tây Nam. Ở khu vực Đông Nam có lượng mưa thấp nhất. Khi xuất hiện cường độ mưa lớn xảy ra trên một số khu vực trong vùng, thường gây hiện tượng xói mòn ở những vùng gò cao.

Khi mưa kết hợp với cường triều và lũ sẽ gây ngập úng, ảnh hưởng đến sản xuất và đời sống của dân cư trong vùng. Mùa mưa ở Nam Bộ thường gắn liền với thời kỳ hoạt động của gió mùa tây nam, kéo dài từ khoảng tháng 5 tới tháng 11.



Hình 1. Bản đồ tự nhiên các tỉnh Nam Bộ.

2.2. Phương pháp đồng hóa 3D-var cho mô hình WRF

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 $J(x)$ theo [8]:

$$J(x) = \frac{1}{2} \left[(x - x^b)^T B^{-1} (x - x^b) \right] + \frac{1}{2} \left[(H(x) - y^0)^T R^{-1} (H(x) - y^0) \right] \quad (1)$$

Trong đó x là trạng thái phân tích, là trạng thái khí quyển cần tìm tối ưu nhất cho mô hình; x^b là trường nền ban đầu, có thể sử dụng từ chính dự báo trước đó của mô hình WRF hoặc sau khi nội suy từ mô hình toàn cầu về lưới của WRF (real.exe); y^0 là trường quan trắc. Trong WRF-3Dvar, các biến dùng để đưa vào đồng hóa gồm các biến cơ bản như: các thành phần gió (hướng, tốc độ), nhiệt độ (T), áp suất (P) và độ ẩm tương đối (Rh); B là ma trận tương quan sai số trường nền.

$H(x)$ là véc tơ chuyển đổi từ trạng thái không gian mô hình đến không gian quan trắc; R tương ứng là ma trận tương quan sai số quan trắc và ma trận tương quan sai số biểu diễn.

2.3. Thiết kế thí nghiệm

Tạo miền lưới: Nghiên cứu sử dụng mô hình WRF phiên bản 4.2.2 (năm 2020) với 45 mực Sigma theo phương thẳng đứng. Mô hình WRF cho 2 thử nghiệm được thiết kế với ba lưới lồng 1 chiều, độ phân giải lần lượt là 27 km (D01), 9 km (D02) và 3 km (D03) với tâm lưới tại 10.452°N–106.105°E, bước tích phân thời gian 162 giây. Quá trình đồng hóa sẽ thực hiện lần lượt cho cả 3 miền lưới.

Các sơ đồ vật lý được sử dụng:

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

Sơ đồ tham số hoá đối lưu	New Tiedtke Scheme
Sơ đồ vi vật lý mây	WSM 6-class
Sơ đồ lớp biên hành tinh	Yonsei University Scheme
Sơ đồ đất bề mặt	Noah Land-Surface Model
Sơ đồ bức xạ sóng dài	RRTMG
Sơ đồ lớp bề mặt	MM5 Similarity Scheme



Hình 2. Miền lưới của mô hình WRF được sử dụng trong nghiên cứu.

Các trường hợp thử nghiệm:

Bảng 2. Các trường hợp thử nghiệm.

Tên thí nghiệm	Mô tả
Wrf_d03	Có đồng hóa số liệu độ phân giải 3km
Wrf_noDA_d03	Không đồng hóa số liệu độ phân giải 3km
GFS	Mô hình toàn cầu độ phân giải 0.5x0.5 độ kinh vĩ

*Chạy thử nghiệm: Thử nghiệm được tiến hành trong 2 tháng chính mùa mưa ở Nam Bộ là tháng 7 và 8 năm 2021. Mô hình được chạy 2 lần một ngày vào các thời điểm 00Z và 12Z, hạn dự báo 48h. Thử nghiệm đồng hóa chạy ở chế độ Cycling (*warm-start*) với trường nền ban đầu chính là sản phẩm wrfout hạn 12h trước đó tương ứng cho từng miền lưới (do một ngày chạy 2 lần: 00Z và 12Z). Ma trận tương quan sai số trường nền (B) file be.dat của mỗi miền lưới được tạo ra từ modul gen_be trong hệ thống đồng hóa WRFDA theo lựa chọn NMC, với dữ liệu đầu vào là các dự báo wrfout trước thời điểm dự báo 2 tuần.

2.4. Nguồn số liệu

2.4.1. Số liệu đầu vào cho mô hình WRF

Tác giả sử dụng số liệu mô hình toàn cầu GFS (*Global Forecast System*) của Trung tâm dự báo môi trường quốc gia (*National Centers for Environmental Prediction – NCEP*) được cung cấp bởi cách nhau 3 giờ, độ phân giải lưới là 0.5×0.5 độ kinh vĩ với 28 mực thẳng đứng. Số liệu bao gồm các trường khí tượng cơ bản là áp suất bề mặt, áp suất mực nước biển, độ cao địa thế vị, nhiệt độ, nhiệt độ bề mặt biển, giá trị biến đất, lớp băng bao phủ, độ ẩm tương đối, các trường gió kinh hướng và vĩ hướng, chuyển động thẳng đứng, độ xoáy và ozone. Nguồn tải tại: <https://nomads.ncep.noaa.gov/pub/data/nccf/com/gfs/prod/>.

2.4.2. Số liệu dùng cho đồng hóa

Nguồn số liệu được dùng để đồng hóa bao gồm:

- + Số liệu quan trắc bề mặt được thu thập từ 181 trạm Synop trên cả nước;
- + Số liệu từ các trạm quan trắc tự động trên khu vực Nam Bộ 17 trạm;

2.5. Phương pháp đánh giá kết quả dự báo

Phương pháp đánh giá các kết quả dự báo được thực hiện theo thông tư số 41/2017/TT-BTNMT ngày 23 tháng 10 năm 2017 quy định kỹ thuật đánh giá chất lượng dự báo, cảnh báo khí tượng [9].

Để tiến hành đánh giá pha, tác giả sẽ so sánh lượng mưa trong 12h của mô hình và quan trắc theo các tiêu chí sau:

- + Đánh giá có hay không sự xuất hiện của mưa.
- + Đánh giá có hay không sự xuất hiện của mưa vừa.
- + Đánh giá có hay không sự xuất hiện của mưa to.
- + Đánh giá có hay không sự xuất hiện của mưa rất to.

Các quy tắc đánh giá trên được mô tả như trong Bảng 3

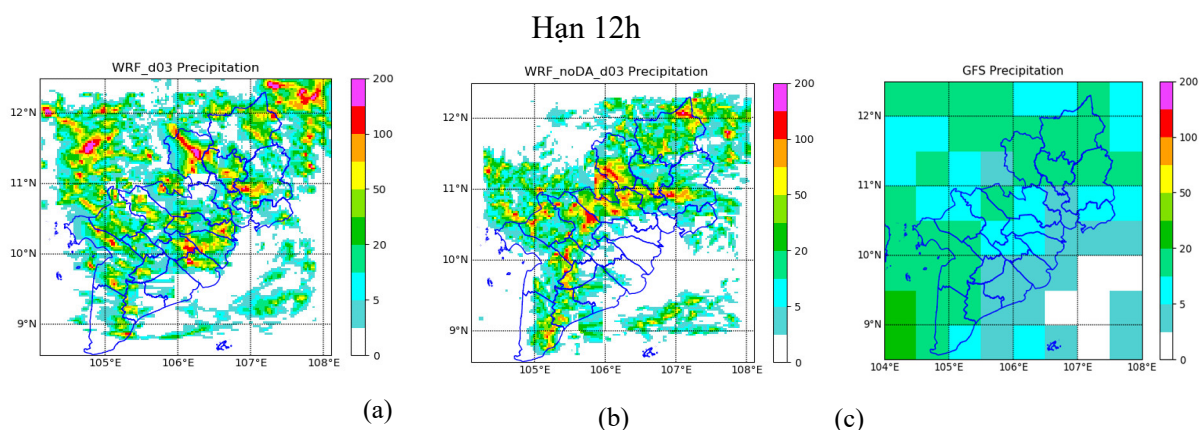
Bảng 3. Ma trận đánh giá mưa hạn 12h theo lượng.

Đánh giá mưa	Dự báo mưa 12h(mm)				
Quan trắc mưa 12h (mm)	$DB \leq 0.3$	$0.3 < DB$	$8 < DB \leq 25$	$25 < DB \leq 50$	$50 < DB$
$QT \leq 0.3$	CN	F	F	F	F
$0.3 < QT$	M	H	H	H	H
$8 < QT \leq 25$	M	M	H	F	F
$25 < QT \leq 50$	M	M	M	H	F
$50 < QT$	M	M	M	M	H

Để thuận tiện cho so sánh và đánh giá, dữ liệu dự báo mưa 12h của từng mô hình sẽ được nội về điểm trạm suy theo phương pháp Cressman [10–11]. Đối với đánh giá theo pha, các dữ liệu mưa dự báo và quan trắc sẽ được so sánh, tổng hợp và đánh giá cho từng mô hình với 4 hạn dự báo là 12h, 24h, 36h và 48h cho thời điểm 12Z ngày 15/7/2021. Như vậy, cứ mỗi điểm trạm sẽ có 12 lượt dự báo (3 mô hình và 4 hạn dự báo), kết quả được phản ánh thông qua bộ chỉ số BIAS, POD, FAR, PC và ETS. Đối với đánh giá theo biến liên tục, các dự báo và quan trắc mưa trong 12h của từng mô hình cho từng trạm trong 2 tháng mùa mưa 7 và 8 năm 2021 sẽ được thu thập. Sau đó lấy trung bình ở tất cả các hạn dự báo trong 2 tháng cho mỗi điểm trạm, dung lượng mẫu tại mỗi điểm trạm sẽ là 372 lần đánh giá (62 ngày, 3 mô hình và 2 lần đánh giá một ngày), kết quả nhận được là sai số trung bình lượng mưa của từng trạm theo các ngưỡng mưa nhỏ, mưa vừa, mưa to và mưa rất to.

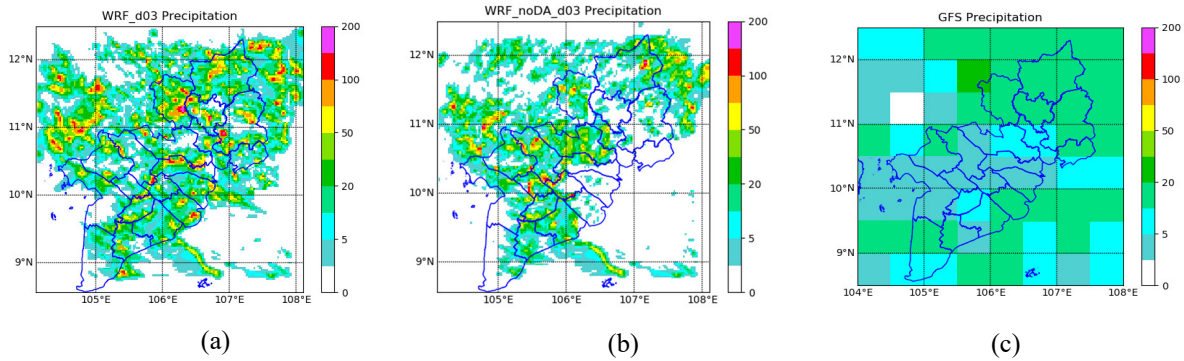
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả mô phỏng trận mưa lớn diễn ra ngày 15 tháng 7 năm 2021



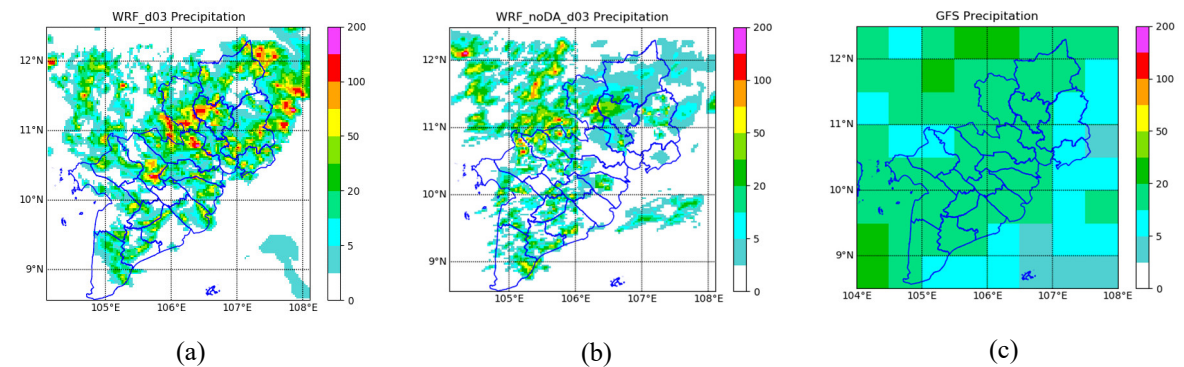
Hình 5. Các sản phẩm mô hình dự báo lượng mưa từ 00Z đến 12Z ngày 15/7/2021, hạn 12h.

Hạn 24h



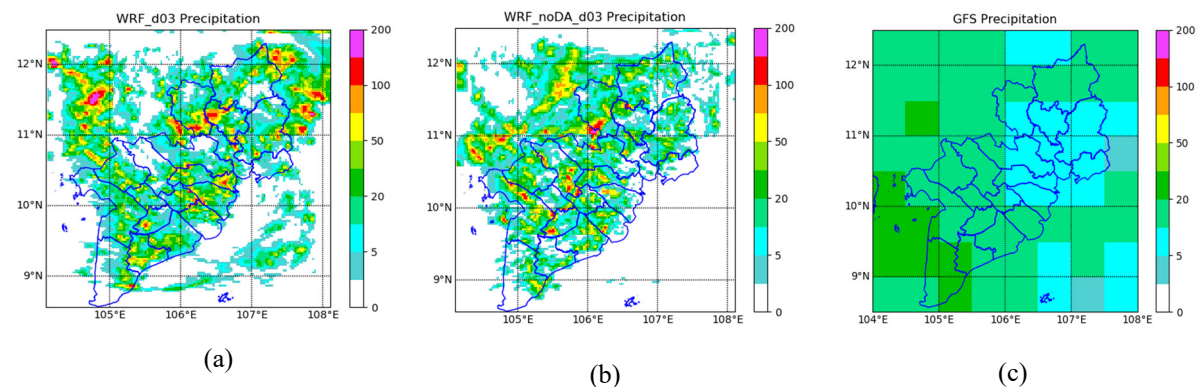
Hình 6. Các sản phẩm mô hình dự báo lượng mưa từ 00Z đến 12Z ngày 15/7/2021, hạn 24h.

Hạn 36h



Hình 7. Các sản phẩm mô hình dự báo lượng mưa từ 00Z đến 12Z ngày 15/7/2021, hạn 36h.

Hạn 48h

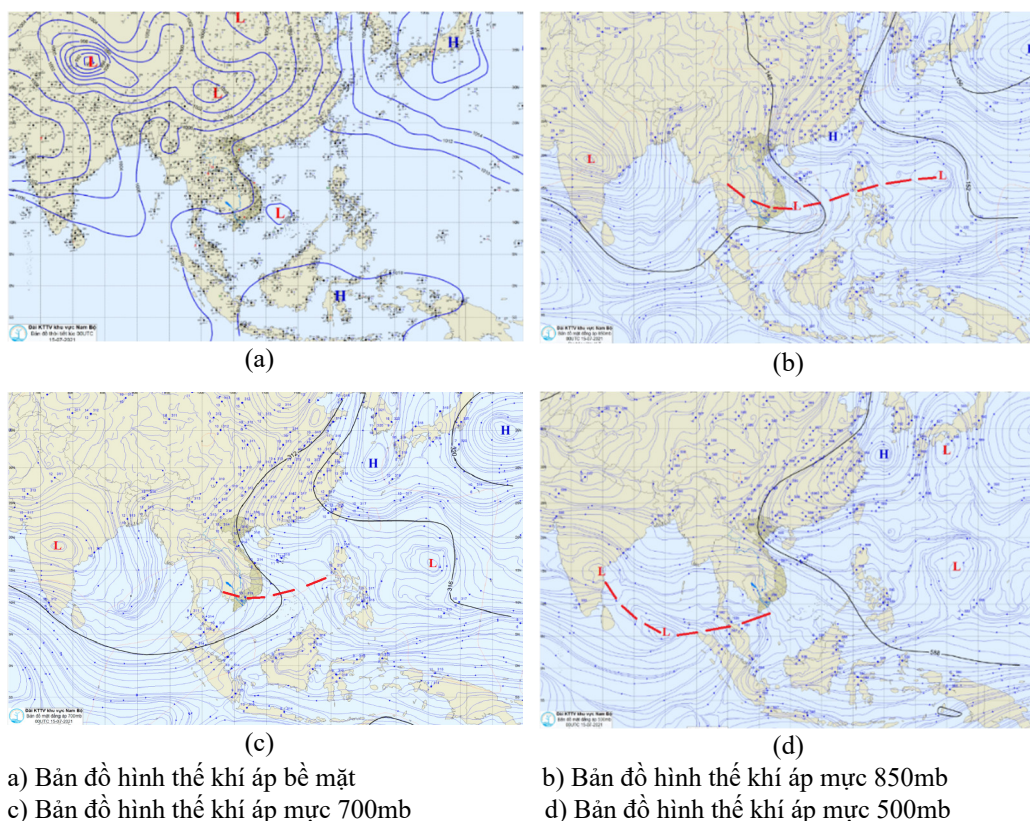


Hình 8. Các sản phẩm mô hình dự báo lượng mưa từ 00Z đến 12Z ngày 15/7/2021, hạn 48h.

Đối với mô hình GFS (Hình 5c, 6c, 7c, 8c) cho dự báo mưa bao phủ hầu hết khu vực, tuy nhiên lượng mưa không nhiều, phổ biến mưa nhỏ đến mưa vừa ở hầu hết các hạn dự báo. Còn mô hình không đồng hóa Wrf_noDA_d03 (Hình 5b, 6b, 7b, 8b) mô phỏng lượng mưa nhiều hơn, có nhiều vùng mưa lớn, tuy nhiên khu vực ven biển phía đông lượng mưa khá ít, ở các hạn 24h và 36h lượng mưa giảm so với các hạn còn lại. Trong khi đó mô hình có đồng hóa Wrf_d03 (Hình 5a, 6a, 7a, 8a) cho dự báo lượng mưa và vùng mưa khá đồng đều ở tất cả các hạn dự báo, các khu vực dự báo cường độ mưa lớn không khác biệt nhiều giữa các hạn, cho thấy mô hình này dự báo ổn định hơn so với mô hình không đồng hóa số liệu.

3.2. Đánh giá kết quả dự báo cho ngày 15/7/2021

Ngày 15/7/2021, khu vực Nam Bộ chịu ảnh hưởng bởi rãnh áp thấp có trục qua Nam Bộ và Nam Trung Bộ với một vùng áp thấp nằm ở ngoài khơi vùng biển Khánh Hòa–Ninh Thuận.



Hình 9. Hình thể Synop lúc 00Z ngày 15/07/2021.

Hoạt động của rãnh áp thấp kết hợp với vùng áp thấp trên biển khiến các tỉnh Nam Bộ có mưa trên diện rộng, rải rác mưa vừa, có nơi mưa to đến rất to, mưa lớn nhất diễn ra ở Bình Dương với lượng 79 mm. Lượng mưa quan trắc các trạm trong 12h tính từ 00Z đến 12Z ngày 15/7/2021 như trong (Bảng 4).

Bảng 4. Lượng mưa quan trắc từ 00–12Z ngày 15/7/2021.

Lượng mưa quan trắc từ 00–12Z ngày 15/7/2021 trên khu vực Nam Bộ (mm)			
Vùng Tàu	17	Cà Mau	0,9
Trị An	18	Cần Thơ	9
Long Khánh	15	Trà Vinh	9
Biên Hòa	30	Mỹ Tho	15
Đồng Xoài	0	Trà Nóc	3
Nhà Bè	28	Cao Lãnh	4
Phước Long	0	Châu Đốc	43
Tây Ninh	0	Mộc Hóa	26
Bạc Liêu	1	Vị Thanh	0,6
Rạch Giá	6	Bình Dương	79
Sóc Trăng	0.4	Bến Tre	4
Ba Tri	17	Vĩnh Long	5

Ở mục này, các đánh giá theo ngưỡng mưa (scale) được quy định như sau:

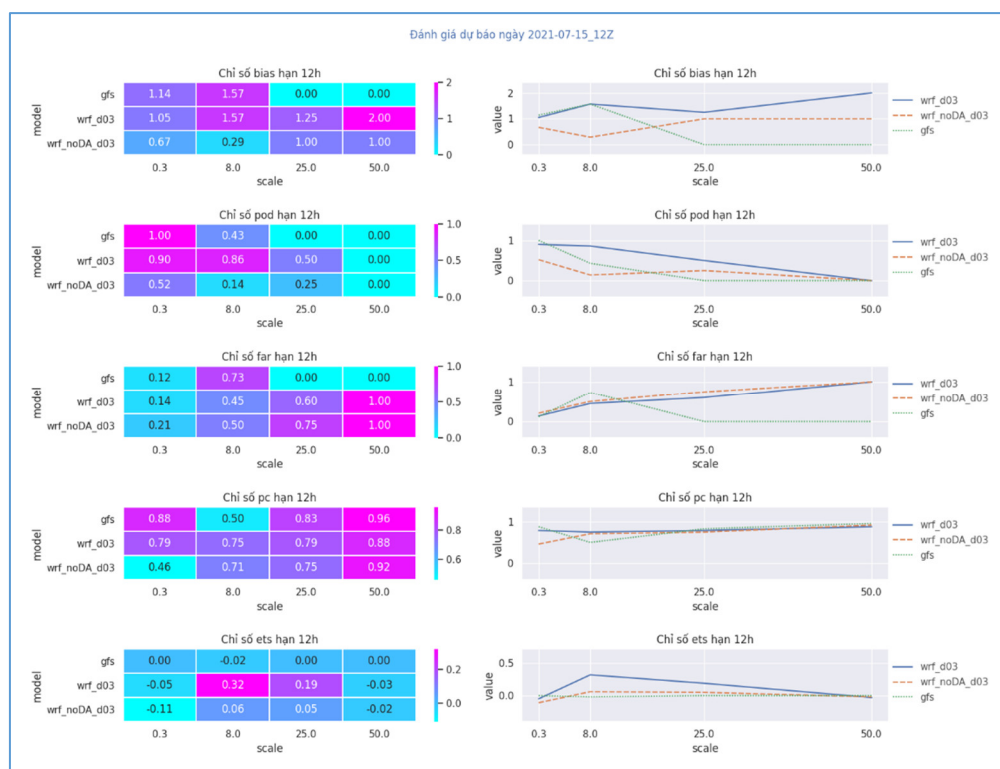
scale = 0,3 đánh giá có hay không xuất hiện mưa

scale = 8,0 đánh giá có hay không xuất hiện mưa vừa

scale = 25 đánh giá có hay không xuất hiện mưa to

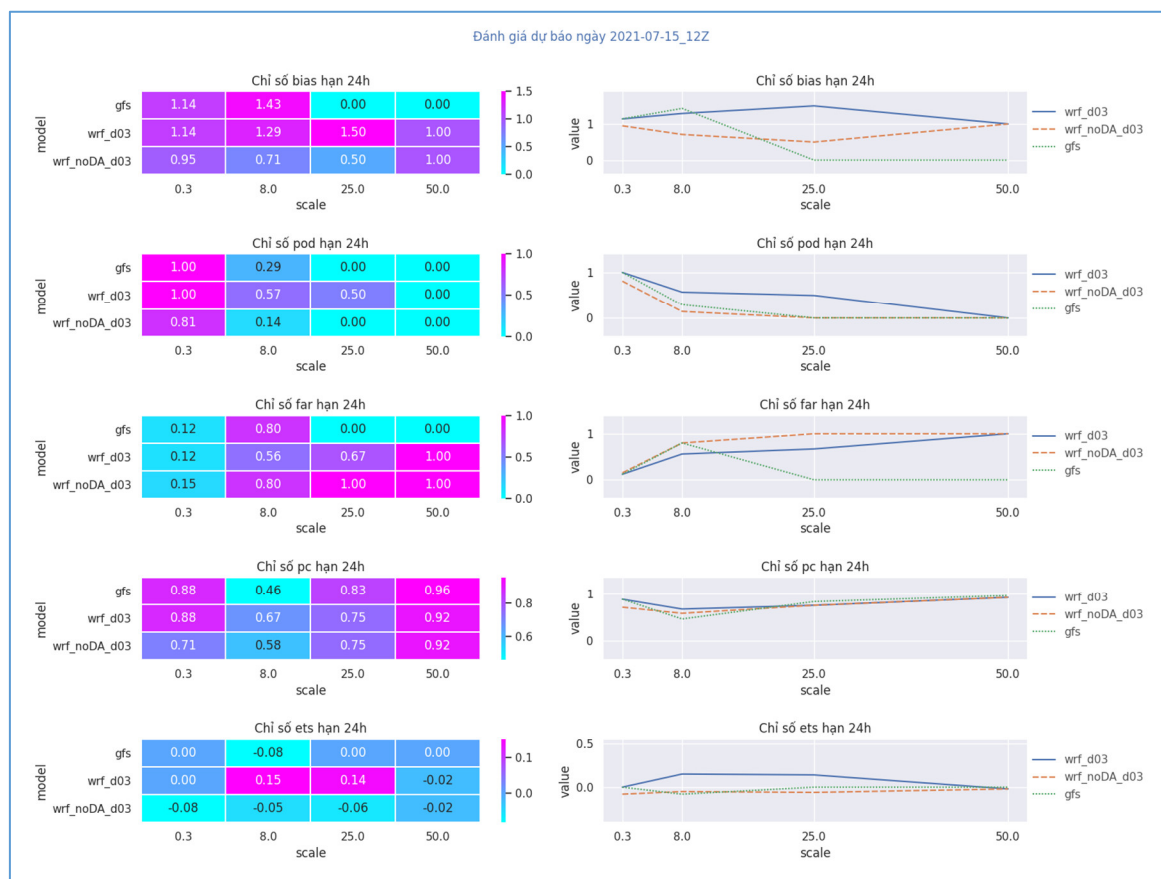
scale = 50 đánh giá có hay không xuất hiện mưa rất to

Ở hạn dự báo 12h (Hình 10), chỉ số POD ở ngưỡng có mưa, mưa vừa, mưa to của mô hình Wrf_d03 lần lượt là 0,9, 0,86 và 0,5 đều cao hơn so với mô hình không đồng hóa, trong khi chỉ số FAR lại thấp hơn. Điều này chứng tỏ mô hình có đồng hóa đang dự báo đúng những điểm có mưa tốt hơn so với mô hình không đồng hóa và có ít dự báo không hơn. Chỉ số ETS cho thấy, mô hình Wrf_d03 cho kỹ năng dự báo tốt hơn với giá trị là 0,32 ở ngưỡng mưa vừa và 0,19 ở ngưỡng mưa to. Chỉ số PC cũng tương ứng cho các giá trị cao hơn so với mô hình không đồng hóa (mưa vừa, mưa to tăng lên 4% so với không đồng hóa). Riêng với ngưỡng mưa rất to, chỉ số Bias của mô hình Wrf_d03 = 2 và Wrf_noDA_d03 = 1 tuy nhiên POD = 0 và FAR = 1 cho thấy toàn bộ các điểm dự báo là không chính xác.

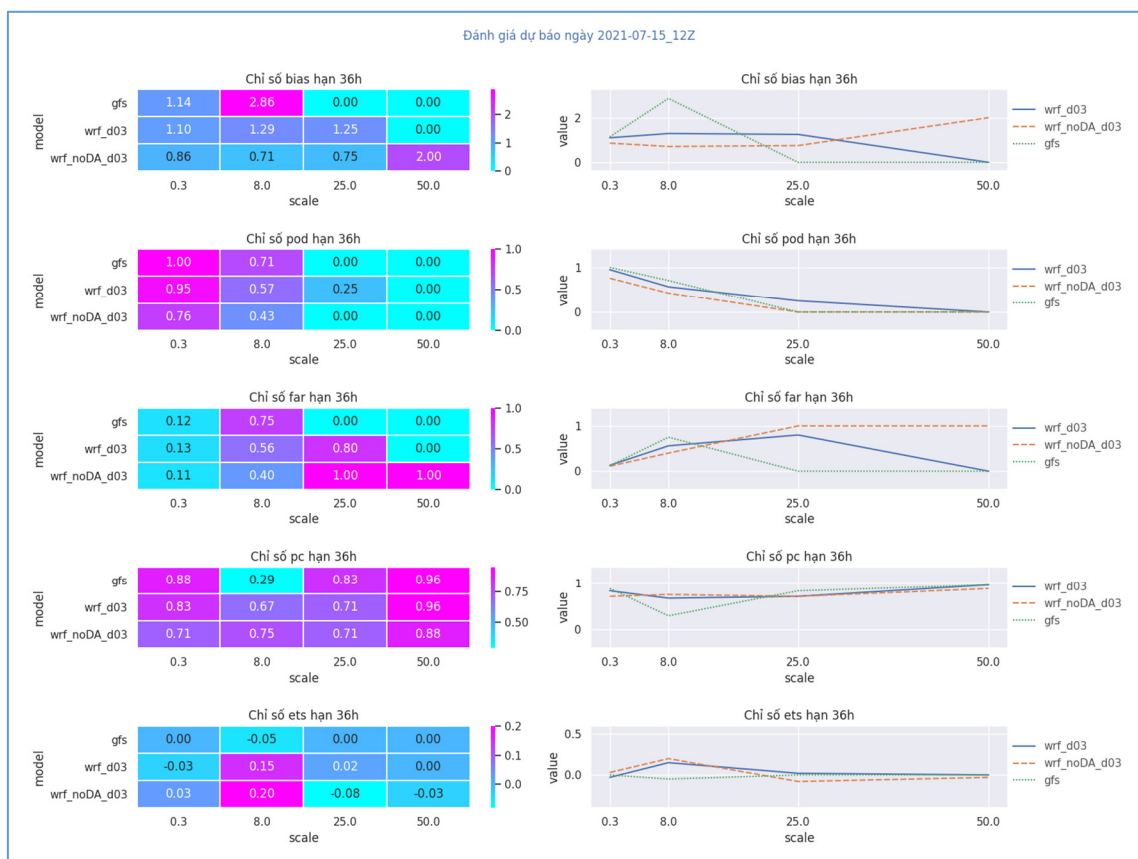


Hình 10. Đánh giá dự báo pha của các mô hình cho ngày 15/7/2021, hạn dự báo 12H.

Với hạn dự báo 24h (hình 11), mô hình Wrf_d03 cho thấy chỉ số POD phát hiện mưa vừa giảm so với hạn 12h (0,57 so với 0,86), đồng thời chỉ số FAR cũng cao hơn ở hầu hết các ngưỡng mưa, cho thấy mô hình có đồng hóa đang dự báo kém đi, điều này cũng thể hiện khá rõ ở chỉ số ETS chỉ ở mức 0,15 với mưa vừa và 0,14 với mưa to. Tuy nhiên, hầu hết các chỉ số của mô hình đồng hóa vẫn tốt hơn so với mô hình không đồng hóa số liệu. Đối với hiện tượng mưa rất to cho thấy không mô hình nào dự báo được, POD = 0.

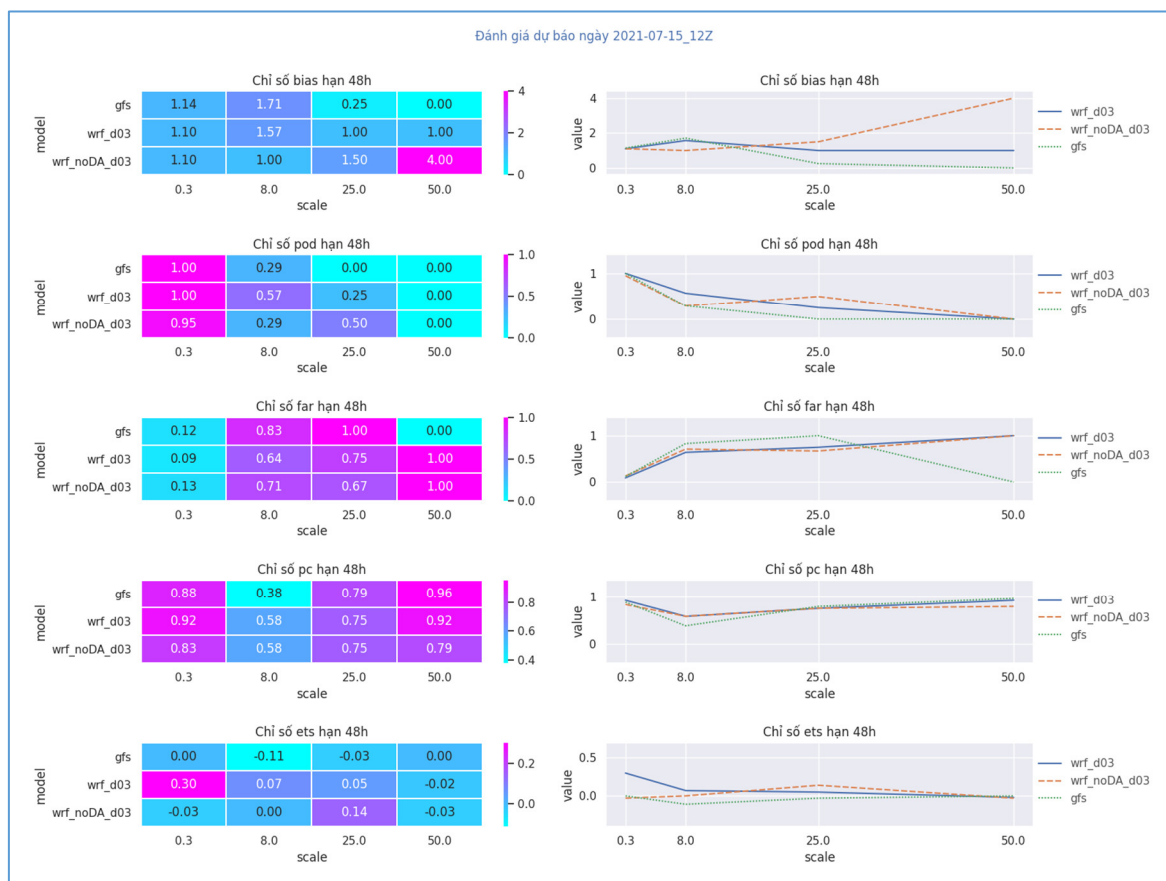


Hình 11. Đánh giá dự báo pha của các mô hình cho ngày 15/7/2021, hạn dự báo 24h.



Hình 12. Chất lượng dự báo của các mô hình cho ngày 15/7/2021 với hạn dự báo 36h.

Ở hạn dự báo 36h (Hình 12), chỉ số phát hiện mưa POD của mô hình Wrf_d03 tiếp tục giảm. Tuy nhiên, mô hình không đồng hóa lại cao hơn so với các hạn trước đó ở ngưỡng mưa vừa với điểm số 0,43, đồng thời điểm FAR ở ngưỡng này cũng thấp hơn so với mô hình có đồng hóa. Cho thấy mô hình không đồng hóa đang cho dự báo mưa vừa tốt hơn mô hình có đồng hóa, ta cũng có thể thấy rõ hơn ở chỉ số PC (0,75 so với 0,67) và điểm kỹ năng ETS (0,2 so với 0,15). Đối với hiện tượng mưa rất to vẫn cho thấy không mô hình nào dự báo được, chỉ số POD tiếp tục = 0.



Hình 13. Chất lượng dự báo của các mô hình cho ngày 15/7/2021 với hạn dự báo 48H

Ở hạn dự báo 48H (hình 13), các chỉ số của mô hình Wrf_d03 hầu như ít thay đổi so với hạn 36h, tuy nhiên ở khả năng phát hiện có mưa lại cho điểm số rất tốt với POD=1 và FAR 0.09, điểm kỹ năng ETS = 0,3. Ngoài ra, mô hình Wrf_noDA_d03 cũng có sự gia tăng chỉ số phát hiện mưa POD ở ngưỡng mưa to với điểm số 0,5, cao nhất so với các hạn trước đó. Mặc dù vậy chỉ số FAR của mô hình này cũng khá cao 0,67 cho thấy mô hình đang dự báo không mưa to khá nhiều. Do đó điểm kỹ năng ETS dù cao hơn so với các mô hình khác nhưng cũng chỉ đạt 0,14. Đối với chỉ số POD vẫn = 0 ở ngưỡng mưa rất to.

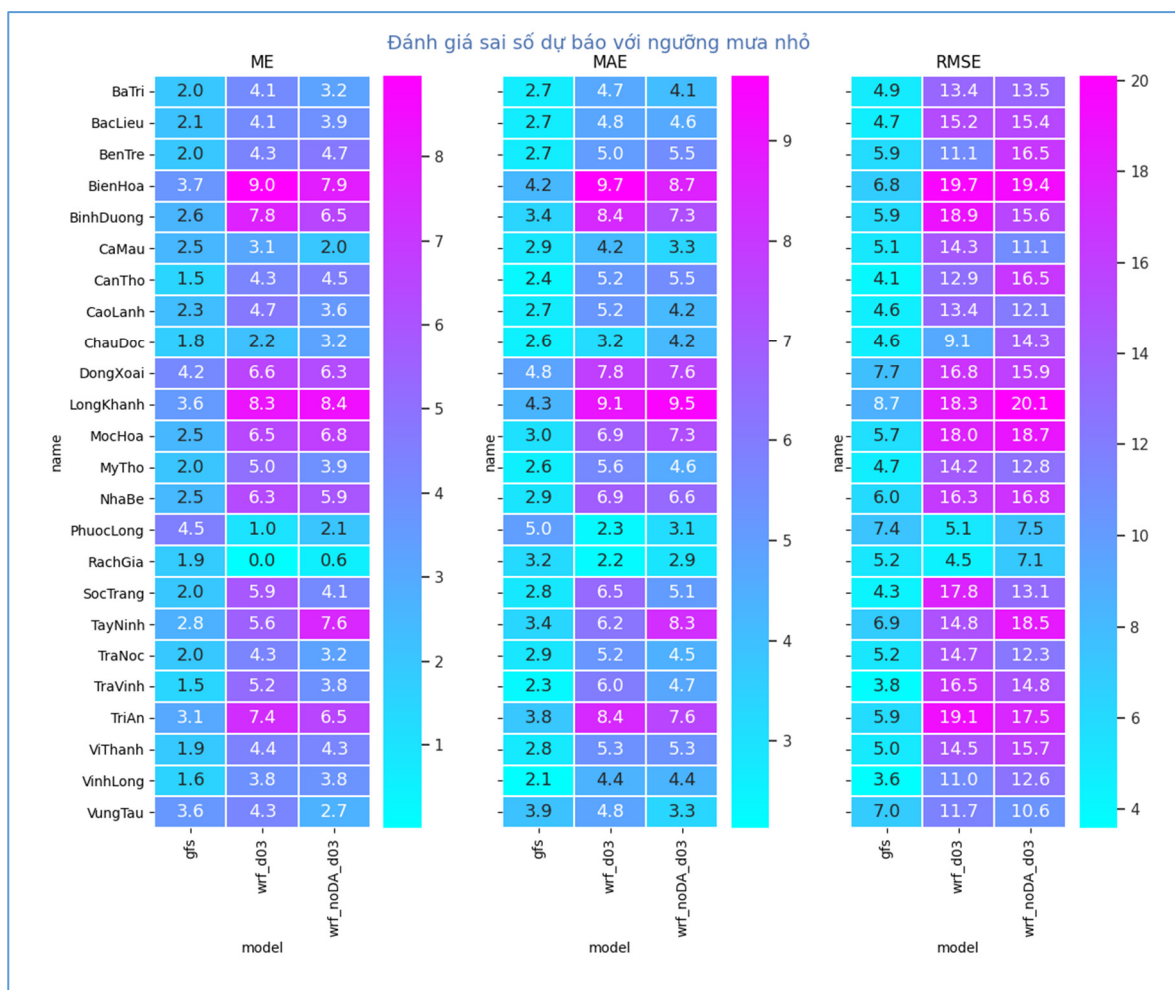
Như vậy, qua đánh giá dự báo của các mô hình cho thời điểm 12Z ngày 15/7/2021 với các hạn dự báo và cường độ mưa khác nhau cho thấy, mô hình có đồng hóa số liệu có xu hướng dự báo mưa vừa, mưa to tốt hơn ở hạn dự báo 12h tới 24h. Chỉ số ETS cũng cho thấy mô hình Wrf_d03 có kỹ năng dự báo pha mưa tại các ngưỡng mưa vừa, mưa to và không có kỹ năng tại các ngưỡng mưa nhỏ, mưa rất to. Đồng thời chất lượng dự báo có xu hướng giảm dần khi hạn dự báo tăng. Điều này cũng khá phù hợp với các nghiên cứu trước đây, theo [5–7, 17] đồng hóa chỉ cải thiện chất lượng dự báo mưa trong khoảng 24h đầu. Trong khi mô hình không đồng hóa số liệu lại có chiều hướng ngược lại, mưa vừa tốt nhất ở hạn 36h và mưa to tốt nhất ở hạn 48h. Sự khác biệt này có thể bắt nguồn từ trường ban đầu của hai mô hình. Mô hình có đồng hóa số liệu được thiết lập chạy ở chế độ Cycling, sử dụng trường ban

đầu từ sản phẩm dự báo trước đó 12h nên các vùng mưa dự báo khá ổn định ở các hạn dự báo. Trong khi mô hình không đồng hóa sử dụng trường ban đầu là trường nội suy từ mô hình GFS, dẫn đến vùng mưa dự báo không ổn định ở các hạn dự báo khác nhau, từ đó chất lượng dự báo cũng không ổn định. Với hiện tượng mưa rất to, cả mô hình đồng hóa và không đồng hóa đều chưa cho dự báo chính xác.

3.3. Đánh giá dự báo tháng 7 và 8 năm 2021

Trong mục này, tác giả sẽ thực hiện đánh giá sai số của từng mô hình theo các ngưỡng mưa sau: mưa nhỏ, mưa vừa, mưa to và mưa rất to.

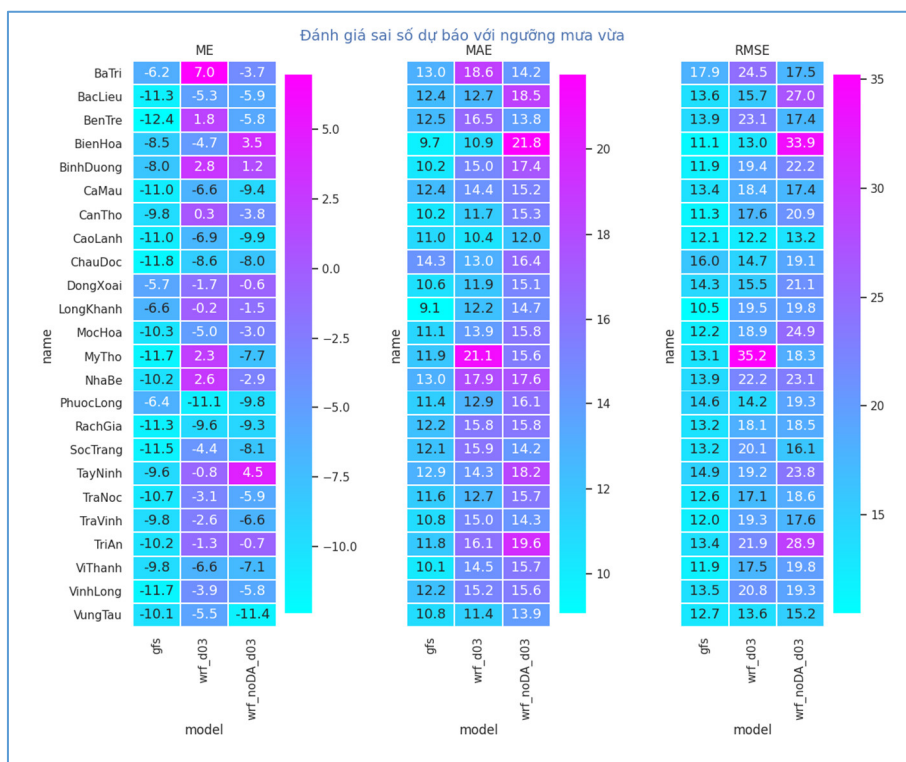
* Đánh giá sai số cho ngưỡng mưa nhỏ



Hình 14. Đánh giá sai số dự báo theo ngưỡng mưa nhỏ tháng 7, 8 năm 2021.

Hình 14 cho thấy, ở ngưỡng mưa nhỏ, chỉ số ME đa phần đều > 0 cho thấy các mô hình có xu hướng dự báo thiên cao hơn so với thực tế. Chỉ số MAE của các mô hình phổ biến dưới 10mm, trong đó chỉ số RMSE của mô hình Wrf_d03 hầu hết đều thấp hơn so với Wrf_noDA_d03 và cho giá trị thấp nhất ở Rạch Giá (4.5) và Phước Long (5.1).

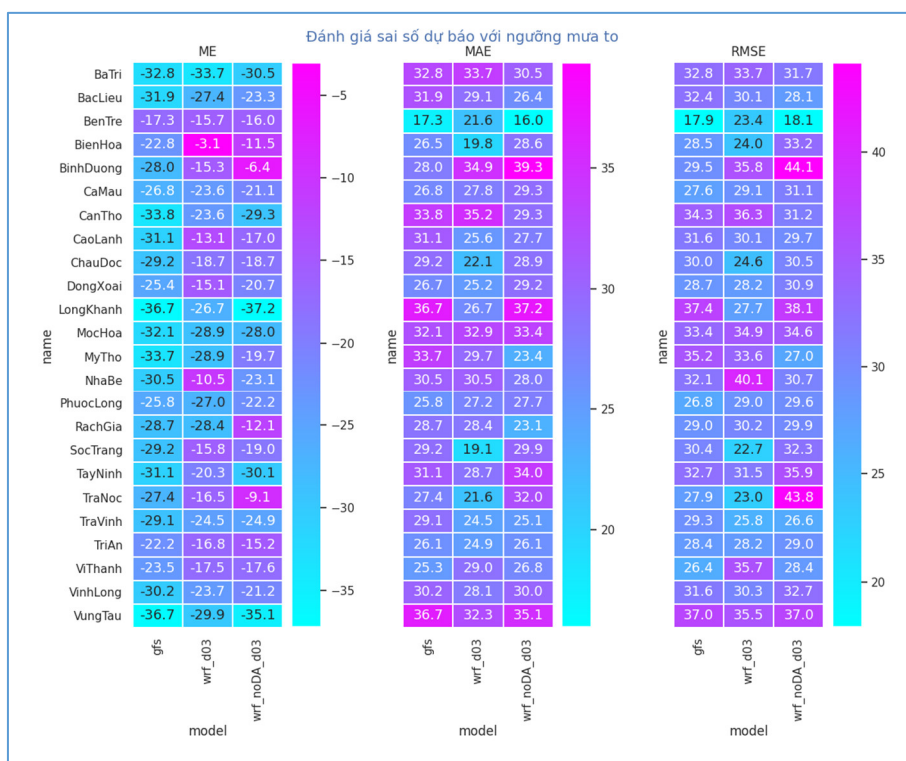
* Đánh giá sai số cho ngưỡng mưa vừa



Hình 15. Đánh giá sai số dự báo theo ngưỡng mưa vừa tháng 7, 8 năm 2021.

Từ hình 15, chỉ số ME của hầu hết các mô hình đều <0 cho thấy mô hình có xu hướng dự báo thiên thấp hơn so với thực tế. Chỉ số MAE của mô hình Wrf_d03 tiếp tục thấp hơn so với mô hình Wrf_noDA_d03. Chỉ số RMSE của mô hình Wrf_d03 cho giá trị thấp nhất ở Cao Lãnh (12.2), Biên Hòa (13).

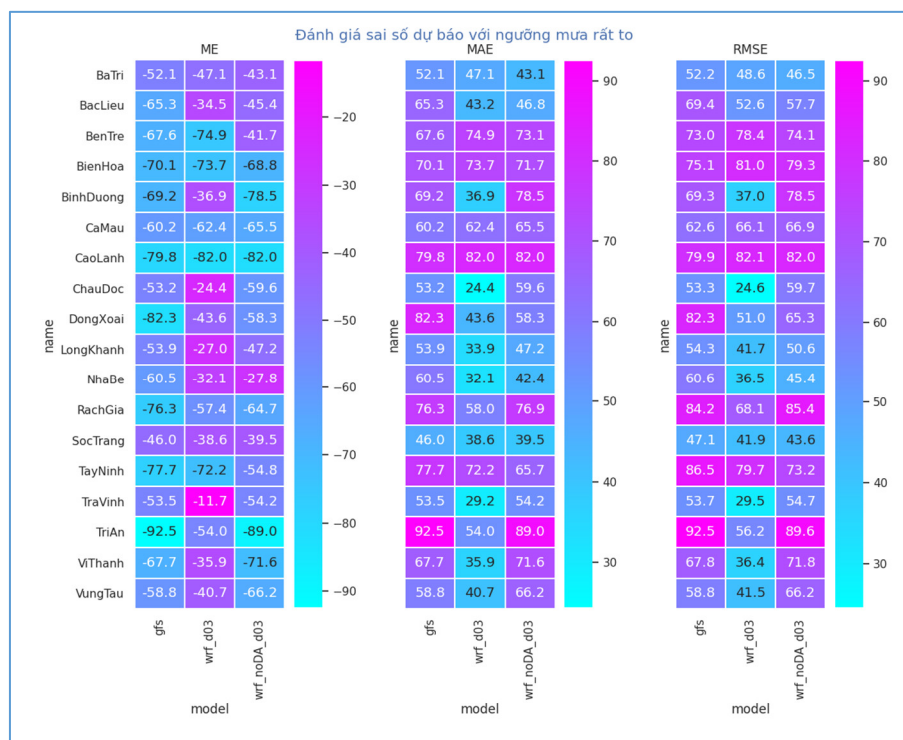
* Đánh giá sai số cho ngưỡng mưa to



Hình 16. Đánh giá sai số dự báo theo ngưỡng mưa to tháng 7, 8 năm 2021.

Qua phân tích hình 16, ở ngưỡng mưa to sai số đã tăng lên đáng kể, chỉ số MAE tăng lên khoảng gấp đôi so với ngưỡng mưa vừa. Chỉ số ME <0 cho thấy các mô hình đều dự báo thiên thấp. Chỉ số RMSE của mô hình đồng hóa vẫn hầu hết đều thấp hơn so với mô hình không đồng hóa, có giá trị thấp nhất ở Sóc Trăng (22.7), Trà Nóc (23).

* Đánh giá sai số cho ngưỡng mưa rất to



Hình 17. Đánh giá sai số dự báo theo ngưỡng mưa rất to tháng 7, 8 năm 2021.

Ở ngưỡng mưa rất to (hình17), chỉ số ME tiếp tục <0 cho thấy các mô hình vẫn dự báo thiên thấp hơn thực tế. Chỉ số MAE cũng tăng cao đáng kể so với ngưỡng mưa to, tuy nhiên mô hình đồng hóa vẫn có xu hướng thấp hơn mô hình không đồng hóa. Chỉ số RMSE của mô hình đồng hóa thấp nhất ở Châu Đốc (24.6).

Như vậy, qua đánh giá sai số của các mô hình trong hai tháng 7,8 năm 2021 cho thấy ở ngưỡng mưa nhỏ các mô hình dự báo thiên cao hơn thực tế. Trong khi đó ở ngưỡng mưa vừa, mưa to đến rất to các mô hình đều có xu hướng dự báo thiên thấp hơn thực tế. Chỉ số MAE và RMSE của mô hình đồng hóa hầu hết đều thấp hơn mô hình không đồng hóa, cho thấy khi đồng hóa dữ liệu địa phương đã giảm được sai số của mô hình. Với ngưỡng mưa to, RMSE của mô hình đồng hóa có giá trị thấp nhất ở Sóc Trăng (22.7), Trà Nóc (23).

4. Kết luận

Nghiên cứu đã đồng hóa số liệu địa phương theo phương pháp 3D-Var cho mô hình WRF phiên bản 4.2 (năm 2020) để dự báo mưa cho khu vực Nam Bộ. Qua đánh giá sai số của các mô hình cho thấy, ở ngưỡng mưa nhỏ các mô hình dự báo thiên cao hơn thực tế. Trong khi đó ở ngưỡng mưa vừa, mưa to đến rất to các mô hình đều có xu hướng dự báo thiên thấp hơn thực tế. Các chỉ số MAE và RMSE của mô hình đồng hóa hầu hết đều thấp hơn mô hình không đồng hóa, cho thấy khi đồng hóa dữ liệu địa phương đã giảm được sai số của mô hình. Với đánh giá dự báo cho ngày 15/7/2021, mô hình có đồng hóa số liệu có khả năng phát hiện (POD) và kỹ năng dự báo (ETS) cho mưa vừa, mưa to tốt hơn mô hình không đồng hóa ở hạn dự báo 12h và 24h, chỉ số PC cũng được cải thiện khoảng 4%. Đồng thời khi thiết lập mô hình đồng hóa chạy ở chế độ Cycling sẽ cho dự báo ổn định hơn trường hợp không đồng hóa.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: L.N.Q.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.K.P.; Xử lý số liệu: L.M.D.; Xây dựng mô hình: L.M.D.; Phân tích kết quả: L.N.Q.; Viết bản thảo bài báo: L.N.Q.; Chỉnh sửa bài báo: L.N.Q.

Lời cảm ơn: Bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của Đề tài “Nghiên cứu, xây dựng và triển khai thử nghiệm hệ thống cảnh báo sớm ngập lụt đô thị dựa trên nền tảng trí tuệ nhân tạo tại thành phố Hồ Chí Minh.”, quyết định số 1321/QĐ-SKHCHN ngày 24/11/2020.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Routray, Mohanty U.C.; Niyogi D.; Rizvi S.R.; Osuri K.K. First application of 3DVAR–WRF data assimilation for mesoscale simulation of heavy rainfall events over Indian Monsoon region. *J. R. Meteorolog. Soc.* 2008, 1555.
2. Yang, J. Effect of Data Assimilation Using WRF–3DVAR for Heavy Rain Prediction on the Northeastern Edge of the Tibetan Plateau. *Adv. Meteorol.* **2015**, 294589, 14.
3. Hastuti, M.I.; Paski, J.I.A. Assimilation of Weather Radar Data Using WRF 3DVar Modelling for Rainfall Prediction. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **2019**, 303, 012047.
4. Xin, K.T.; Đức, L. 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 hóa số liệu ba chiều. Tuyển tập hội nghị khoa học, Viện Khoa học khí tượng thủy văn và Môi trường, 2003.
5. Xin, K.T. 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, 2005.
6. Cường, H.Đ. 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, 2008.
7. Tân, P.V.; Dũng, N.L. Thử nghiệm ứng dụng hệ thống WRF–VAR kết hợp với sơ đồ ban đầu hóa xoáy vào dự báo quỹ đạo bão trên biển Đông. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2009**, 583, 1–9.
8. Cường, H.Đ. Nghiên cứu ứng dụng sơ đồ đồng hóa số liệu 3D–Var cho mô hình WRF để dự báo thời tiết ở Việt Nam. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2011**, 610, 37–42.
9. Tiến, D.D.; Tăng, B.M.; Hòa, V.V.; Vui, P.T.; Đức, T.A.; Tùng, N.T. Nghiên cứu đồng hóa số liệu radar đồng hà để nâng cao chất lượng dự báo mưa lớn cho khu vực miền Trung. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2013**, 632 (8), 12–19.
10. Thức, T.D.; Thanh, C. 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 ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* **2018**, 34(1S), 59–70.
11. Tiến, D.D.; Cường, H.Đ.; Hưng, M.K.; Lâm, H.P. Vai trò của sai số mô hình trong bài toán đồng hóa số liệu dựa trên phương pháp biến phân: thử nghiệm với mô hình phân giải cao WRF–ARW và dự báo mưa lớn trong trên khu vực Bắc Bộ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, 699, 42–49.
12. Thăng, V.V.; Thức, T.D.; Trung, N.Q. Thử nghiệm đồng hóa số liệu bằng WRF 4D–Var trong dự báo mưa ở khu vực Nam Bộ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, EME2, 174–185.
13. Phung, N.K.; Long, N.Q.; Tin, N.V.; Le, D.T.T. Development of a PM2.5 Forecasting System Integrating Low–cost Sensors for Ho Chi Minh City, Vietnam. *Aerosol Air Qual. Res.* **2020**, 20, 1454–1468.

14. Barker, D.M.; Huang, W.; Guo, Y.R.; Bourgeois, A.J.; Xiao, Q.N. A three-dimensional (3DVAR) variational data assimilation system for MM5. Implementation and initial results. *Mon. Weather Rev.* **2004**, *132*, 897–914.
15. Zhang, C.; Wang, Y. Projected Future Changes of Tropical Cyclone Activity over the Western North and South Pacific in a 20–km–Mesh Regional Climate Model. *J. Clim.* **2017**, *30*, 5923–5941.
16. Sun, B.Y.; Bi, X. Validation for a tropical belt version of WRF: Sensitivity tests on radiation and cumulus convection parameterizations. *Atmos. Ocean. Sci. Lett.* **2019**, *12*, 192–200.
17. Gbode, I.E.; Dudhia, J.; Ogunjobi, K.O.; Vincent, A. Sensitivity of different physics schemes in the WRF model during a West African monsoon regime. *Theor. Appl. Climatol.* **2019**, *136*, 733–751.
18. Thông tư số 41/2017/TT–BTNMT (2017). Quy định kỹ thuật đánh giá chất lượng dự báo, cảnh báo khí tượng.
19. Hung, M.K. Nghiên cứu ảnh hưởng của số liệu thám không giả lập trên quần đảo Trường Sa và Hoàng Sa đến dự báo Bão trên Biển Đông. Luận văn thạc sĩ, 2014, 10–11.
20. Anderson, E.; Hollingsworth, A.; Kelly, G.; Lönnberg, P.; Pailleux, J.; Zhang, Z. Global observing system experiments on operational statistical retrievals of satellite sounding data. *Mon. Weather Rev.* **1991**, *119*, 1851–1864.
21. Parrish, D.F.; Derber, J.C. The National Meteorological Center's Spectral Statistical–Interpolation analysis system. *Mon. Wea. Rev.* **1992**, *120*(8), 1747–1763.

A study on using local data to assimilate for WRF model to improve the quality of rainfall forecast for the Southern Viet Nam

Le Ngoc Quyen^{1*}, Nguyen Ky Phung², Le Manh Dung¹

¹Southern Regional Hydrometeorological Centre; quyentccb@gmail.com,
manhdungkttv@gmail.com

²People's Committee of Thu Duc City; kyphungng@gmail.com

Abstract: In this paper, the author has assimilated local data by using the 3D–var method for the WRF model with a resolution of 3km to forecast rainfall for the Southern VietNam. The data used for assimilation included surface observations, sounding data in Vietnam as well as in Southeast Asia. The experiment was conducted with 2 options with data assimilation (Wrf_d03) and without data assimilation (Wrf_noDA_d03) at lead–time of 48 hours. The implementation time is in July and August 2021 in the rainy season. The forecast results of two experiments were collected with 24 Synop observation stations to evaluate the accuracy of the models. The results show that all models have the rainfall forecast almost higher than actual for light rainfall thresholds, and lower actual for other rainfall thresholds. The MAE and RMSE indexes of Wrf_d03 are mostly lower than Wrf_noDA_d03, this shows that assimilation local data has reduced the error of the model. Wrf_d03 also has POD index, ETS index for moderate and heavy rainfall thresholds better than Wrf_noDA_d03 at the 12h and 24h of lead–times. When running model with data assimilation under Cycling mode will give more stable results than the normal case.

Keywords: WRF; WRFDA; 3Dvar; Data assimilation; Forecast rainfall for the Southern Viet Nam.