

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG

**VIỆN KHOA HỌC
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN VÀ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU**



**VAI TRÒ CỦA ĐỒNG HOÁ CẬP NHẬT NHANH
SỐ LIỆU RA-ĐA TRONG MÔ HÌNH WRF ĐỐI VỚI DỰ BÁO
ĐỊNH LƯỢNG MƯA HẠN CỰC NGẮN CHO KHU VỰC
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

Ngành: Khí tượng và khí hậu học

Mã số: 9440222

**TÓM TẮT
LUẬN ÁN TIẾN SĨ KHÍ TƯỢNG VÀ KHÍ HẬU HỌC**

Hà Nội, 2023

Công trình được hoàn thành tại:

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

Người hướng dẫn khoa học thứ 1: **PGS. TS. Dương Hồng Sơn**

Người hướng dẫn khoa học thứ 2: **PGS. TS. Ngô Đức Thành**

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước hội đồng chấm luận án cấp Viện, họp tại: Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Có thể tìm hiểu luận án tại thư viện:

1. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu
2. Thư viện Quốc gia Việt Nam

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. **Trương Bá Kiên**, Phạm Thị Thanh Nga, Trần Duy Thúc, Phùng Thị Mỹ Linh, Vũ Văn Thăng: Đánh giá chất lượng dự báo mưa định lượng của mô hình WRF cho khu vực Việt Nam, Tạp chí Khí tượng Thủy văn 2022, 738, 1-11.
2. Thang Vu Van, Thang Nguyen Van, Khiem Mai Van, Tien Du Duc, **Kien Truong Ba**, Thuc Tran Duy, Hung Mai Khanh and Lars Robert Hole, 2022, Assessment of heavy rainfall forecasts over the southern Vietnam by using WRF-ARW with different physical parameterization schemes, Disaster Advances Journal.
3. **Truong Ba Kien**, Vu Van Thang, Tran Duy Thuc, Pham Xuan Quan, Nguyen Quang Trung, 2020: Constructing Rapid Refresh system for rainfall nowcasting (0-6h) at Ho Chi Minh city, VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences, ISSN 2588-1094, Vol. 37, No. 4, 2021
4. **Trương Bá Kiên**, Trần Duy Thúc, Lã Thị Tuyết: Nguyên nhân, cơ chế gây mưa lớn khu vực Thành phố Hồ Chí Minh ngày 24-26 tháng 10 năm 2016. Tạp chí khoa học Biến đổi khí hậu Số 13 - Tháng 3/2020
5. **Truong Ba Kien**, Tran Duy Thuc , Nguyen Quang Trung, Nguyen Binh Phong, Vu Van Thang: The ra-đa extrapolation for very short-range forecasting of rainfall at Ho Chi Minh city, 2021. JOURNAL OF CLIMATE CHANGE SCIENCE, NO. 19 - SEP. 2021.

MỞ ĐẦU

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, bài toán dự báo định lượng mưa, đặc biệt là mưa định lượng hạn cực ngắn vẫn là một thách thức lớn đối với các trung tâm dự báo nghiệp vụ trên thế giới cũng như tại Việt Nam. Thành phố Hồ Chí Minh là khu vực kinh tế năng động và phát triển rất nhanh và mạnh với tốc độ đô thị hóa nhanh, là động lực kinh tế cho cả nước, tuy nhiên cơ sở hạ tầng lại chưa theo kịp được với sự phát triển này.

Hiện nay, mạng lưới ra-đa thời tiết ở nước ta ngày càng được hoàn thiện với mạng lưới 10 trạm ra-đa được nâng cấp và bảo phủ toàn bộ lãnh thổ. Cụ thể trạm ra-đa Nhà Bè được nâng cấp gần đây cùng với công nghệ đồng hóa cập nhật nhanh từng giờ cho mô hình số trị WRF dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn cho khu vực nhỏ. Do vậy, kì vọng Luận án này sẽ nghiên cứu ***“Vai trò của đồng hóa cập nhật nhanh số liệu ra-đa trong mô hình WRF đối với dự báo định lượng mưa hạn cực ngắn cho khu vực Thành phố Hồ Chí Minh”*** với mục đích chính là cải thiện và nâng cao độ chính xác kết quả dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn cho khu vực Thành phố Hồ Chí Minh trên cơ sở đồng hóa số liệu số liệu ra-đa cập nhật nhanh cho mô hình WRF.

2. Mục tiêu nghiên cứu

1) Xác định được bộ tham số tối ưu đồng hóa số liệu ra-đa cập nhật nhanh cho mô hình WRF trên khu vực TP. Hồ Chí Minh (gọi là HCM-RAP) trong việc cải thiện chất lượng dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn (1-6h) cho khu vực TP. Hồ Chí Minh.

2) Cải thiện kĩ năng dự báo mưa hạn cực ngắn và xác định được mức độ đóng góp cụ thể của độ phản hồi, tốc độ gió xuyên tâm trong việc cải thiện chất lượng dự báo mưa định lượng hạn dự báo 1-6h và

các ngưỡng mưa khác nhau cho khu vực TP. Hồ Chí Minh, trên cơ sở đồng hóa số liệu ra-đa cập nhật nhanh cho mô hình WRF.

3. Câu hỏi nghiên cứu

Luận án tập trung vào giải đáp các câu hỏi sau:

1) Đồng hóa số liệu ra-đa cập nhật nhanh cho mô hình WRF sẽ ảnh hưởng như thế nào trong việc dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn (1-6h) cho khu vực nhỏ?

2) Tổ hợp cấu hình vật lý nào là tối ưu nhất cho mô hình HCM-RAP trong việc cải thiện chất lượng dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn (1-6h) cho khu vực Thành phố Hồ Chí Minh?

3) Đóng góp và vai trò của độ phản hồi và tốc độ gió xuyên tâm khi đồng hóa cập nhật nhanh số liệu ra-đa đối với kỹ năng dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn và các ngưỡng mưa khác nhau như thế nào?

4) Đồng hóa số liệu ra-đa cập nhật nhanh cho mô hình WRF có thể nâng cao độ chính xác so với ngoại suy ra-đa dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn (1-6h) cho khu vực Thành phố Hồ Chí Minh?

4. Luận điểm bảo vệ

1) Đồng hóa số liệu ra-đa cập nhật nhanh cho mô hình WRF sẽ cải thiện khả năng dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn 1h, 3h, 6h cho khu vực TP. Hồ Chí Minh so với dự báo hiện tại.

2) Độ phản hồi có vai trò ảnh hưởng chủ đạo và đóng góp chủ yếu hơn so với tốc độ gió xuyên tâm ra-đa trong việc cải thiện chất lượng dự báo mưa tại các hạn dự báo 1h, 3h, 6h và các ngưỡng mưa khác nhau trong đồng hóa cập nhật nhanh cho mô hình WRF.

5. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Phương pháp đồng hóa số liệu ra – đa cập nhật nhanh phục vụ dự báo mưa hạn cực ngắn cho khu vực TP. Hồ Chí Minh.

Phạm vi nghiên cứu: Các đợt mưa lớn trong 3 năm 2019, 2020 và 2021; Phạm vi không gian: Khu vực TP. Hồ Chí Minh

6. Phương pháp nghiên cứu và kỹ thuật sử dụng

Phương pháp số trị: Dùng mô hình WRF-DA đồng hóa ra-đa cập nhật nhanh dự báo các đợt mưa định lượng hạn cực ngắn được lựa chọn trong luận án cho khu vực TP. Hồ Chí Minh và lân cận.

Phương pháp thống kê: Dùng để tính toán, so sánh, đánh giá kỹ năng dự báo mưa.

7. Đóng góp mới của Luận án

1) Luận án đã tiến hành thử nghiệm và xác định được bộ tham số hoá vật lý phù hợp cho hệ thống HCM-RAP ứng dụng trong dự báo định lượng mưa hạn cực ngắn (1-6h) cho khu vực thành phố Hồ Chí Minh theo phương pháp đồng hóa cập nhật nhanh từng giờ ra-đa cho mô hình WRF

2) Luận án đã phân tích, đánh giá hiệu quả của các yếu tố quan trọng của ra-đa trong đồng hóa cập nhật nhanh và xác định được mức độ đóng góp cụ thể của độ phản hồi, tốc độ gió xuyên tâm đến độ chính xác của dự báo mưa tại các hạn dự báo 1-6h và các ngưỡng mưa khác nhau. Thấy rằng, độ phản hồi có vai trò, ảnh hưởng lớn nhất trong việc cải thiện kỹ năng dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn so với không đồng hóa và đồng hoá số liệu ra-đa đồng hóa cập nhật nhanh đã cải thiện chất lượng dự báo định lượng mưa hạn từ 4-6h so với ngoại suy ra-đa, bỏ khuyết khoảng trống trên và cùng với ngoại suy mưa ra-đa hạn 1-3h nhằm nâng cao chất lượng dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn cho khu vực Thành phố Hồ Chí Minh.

8. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của Luận án

a) Ý nghĩa khoa học

Kết quả nghiên cứu của luận án đã góp phần khẳng định vai trò

các yếu tố quan trọng của ra-đa trong đồng hóa cập nhật nhanh cho mô hình WRF và xác định rằng độ phân giải có vai trò, ảnh hưởng lớn nhất trong việc nâng cao chất lượng dự báo định lượng mưa hạn cực ngắn trong khoảng hạn từ 4-6h so với ngoại suy ra-đa, bổ khuyết khoảng trống trên và cùng với ngoại suy mưa ra-đa hạn 1-3h nhằm chất lượng dự báo mưa định lượng và cảnh báo mưa định lượng hạn cực ngắn cho khu vực Thành phố Hồ Chí Minh.

b) Ý nghĩa thực tiễn

Trong điều kiện thực tế về trang thiết bị, công nghệ, số liệu và đặc biệt năng lực tính toán hiện nay tại Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy Văn Quốc gia và Đài Khí tượng thủy văn Nam Bộ thì hệ Thống HCM-RAP có thể vận hành trong điều kiện nghiệp vụ cung cấp kết quả phục vụ tham khảo trong nghiệp vụ dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn, cho khu vực thành phố Hồ Chí Minh.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ ĐỒNG HÓA SỐ LIỆU TRONG DỰ BÁO MƯA ĐỊNH LƯỢNG HẠN CỰC NGẮN

Để cải tiến chất lượng dự báo định lượng mưa của mô hình số trị, các nhà nghiên cứu khí tượng và các cơ quan dự báo quốc gia đã và đang tập trung vào *năm hướng chính* sau đây: **(1) Nghiên cứu tăng cường độ phân giải lưới tính cho mô hình** để có thể tính toán trực tiếp được các quá trình vật lý quy mô nhỏ (dưới vài km). Cùng với sự phát triển của khoa học tính toán cũng như khả năng phát triển các sơ đồ rời bậc cao, rất nhiều các nghiên cứu đã ứng dụng các mô hình số trị độ phân giải cao để dự báo định lượng mưa; **(2) Nghiên cứu cải tiến/lựa chọn các sơ đồ tham số vật lý** cho phù hợp với tính chất, điều kiện nhiệt động lực của khu vực nghiên cứu; **(3) Nghiên cứu ứng dụng sơ đồ đồng hóa số liệu** để cập nhật các nguồn số liệu phi truyền thống,

đặc biệt số liệu radar, vệ tinh, đo mưa tự động nhằm cải tiến chất lượng trường ban đầu. (4) *Nghiên cứu ứng dụng các phương pháp thống kê để hiệu chỉnh sai số* hệ thống của mô hình trên cơ sở các quan trắc thực tế trong quá khứ. (5) *Nghiên cứu ứng dụng dự báo tổ hợp* các thành phần mô hình để cung cấp bổ sung các sản phẩm dự báo xác suất xảy ra bên cạnh dự báo tất định truyền thống.

Tóm lại, đến nay ở hầu hết các cơ quan dự báo lớn trên thế giới đã nghiên cứu 5 bài toán quan trọng nêu trên trong các mô hình dự báo số trị. Chính vì vậy bên cạnh những cải tiến về vật lý mô hình, tăng độ phân giải...thì việc cải thiện và cập nhật chính xác hơn các thông tin ban đầu từ số liệu quan trắc thông qua đồng hóa số liệu.

1.1 Tổng quan các nghiên cứu trên thế giới

a) Tham số vật lý trong mô hình số trị

Phương pháp dự báo số trị được đặc biệt quan tâm trong vài thập kỷ gần đây do có khả năng dự báo định lượng mưa chi tiết theo không gian, thời gian. Chính vì mô hình số trị sử dụng các phương pháp tham số hóa để giải các phương trình hành tinh nói chung, những phương trình không thể giải chính xác bằng nghiệm giải tích. Cho nên, các sơ đồ tham số hóa được phát triển để giải quyết các quá trình vật lý có quy mô nhỏ hơn độ phân giải lưới tính của mô hình số trị. Một trong những mô hình được cộng đồng khoa học phát triển theo hướng đa dạng tùy chọn trên là mô hình WRF. Mô hình mô phỏng và dự báo thời tiết như WRF có nhiều tùy chọn sơ đồ tham số khác nhau, mỗi một sơ đồ có các ưu nhược điểm khác nhau, tùy thuộc tính chất nhiệt động lực ở khu vực nghiên cứu. Do vậy các nghiên cứu sử dụng dụng mô hình WRF trong dự báo mưa định lượng hạn ngắn cho một khu vực thì việc nghiên cứu cấu hình phù hợp cần được thực hiện.

b) Đồng hóa số liệu trong dự báo mưa

Lịch sử của đồng hóa số liệu được bắt đầu từ những năm 1950 và có một lịch sử khá dài và được phát triển gần đây cùng với tiến bộ của khoa học máy tính và mô hình số và sự phát triển mạnh mẽ của các kỹ thuật đồng hóa số liệu. Các phương pháp và kỹ thuật đồng hóa luôn được cải tiến và có thể được tổng quát lại như sau (Hình 1.1):



Hình 1. 1. Sơ đồ tổng quát các phương pháp và kỹ thuật đồng hóa số liệu cho mô hình số hiện nay (M. Asch, M. Bocquet, M. Nodet, 2017)

c) Tổng quan các nghiên cứu đồng hóa ra-đa dự báo mưa hạn ngắn trên thế giới

Hiện nay quan trắc ra-đa có rất nhiều thông tin, tuy nhiên hiện nay với mô hình WRF thông thường đồng hóa độ phản hồi hoặc gió xuyên tâm hoặc cả hai nhằm tăng cường khả năng dự báo mưa. Trên thế giới hiện nay, tại các cơ quan dự báo nghiệp vụ và đơn vị nghiên cứu thì việc đồng hóa số liệu, đặc biệt là đồng hóa số liệu ra-đa độ phân giải cao cấp nhanh từng giờ cho mô hình số trị là phương pháp chính, chủ yếu và cho kết quả dự báo tốt nhất hiện nay đối với mưa, mưa định lượng cho hạn cực lớn bên cạnh kết hợp với ngoại suy ra-đa-vệ tinh. Việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo cũng hứa hẹn cho những cải thiện chất lượng dự báo nói chung và cải thiện dự báo mưa từ các hệ thống mô hình số trị đồng hóa cập nhật nhanh.

1.2 Tổng quan các nghiên cứu ở Việt Nam

Ngoài việc ứng dụng các mô hình số trị trong thử nghiệm dự báo thời tiết một cách đơn thuần, các nghiên cứu còn đi sâu cải tiến các tham số mô hình, trường ban đầu mô hình nhằm đạt chất lượng dự báo tốt hơn như Kiều Thị Xin ccs., (2005) Lê Đức (2007) Huỳnh Thị Hồng Ngự và La Thị Cang (2008) Trần Tân Tiến và Nguyễn Thị Thanh (2011) Trần Tân Tiến ccs., (2013). Dư Đức Tiến ccs., (2013, 2016), Ngô Đức Thành (2014). Trần Hồng Thái ccs., (2016), Trần Duy Thức ccs., (2018) Vũ Văn Thăng (2020) Mai văn Khiêm và cộng sự

CHƯƠNG 2: PHƯƠNG PHÁP ĐỒNG HÓA SỐ LIỆU RA-ĐA DỰ BÁO MƯA ĐỊNH LƯỢNG HẠN CỰC NGẮN VÀ SỐ LIỆU SỬ DỤNG

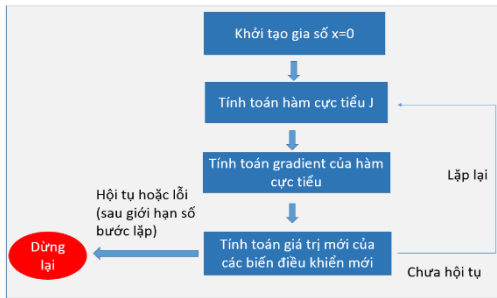
2.1 Hệ thống mô hình khu vực áp dụng trong luận án

a) Giới thiệu về mô hình WRF

Mô hình nghiên cứu và dự báo thời tiết WRF (The Weather Research and Forecast) được phát triển bởi Trung tâm hợp tác khí quyển NCAR của Hoa Kỳ. Hệ thống mô hình WRF cung cấp nhiều lựa chọn vật lý có thể kết hợp được với nhau theo nhiều cách. Các sơ đồ tham số hoá vật lý trong mô hình WRF rất phong phú, bao gồm: Các quá trình vật lý vi mô, tham số hoá đối lưu mây tích, lớp biên hành tinh, mô hình bề mặt, các quá trình đất - bề mặt, bức xạ, khuếch tán.

b) Đồng hóa 3-DVAR trong mô hình WRF

Phương pháp đồng hóa biến phân ba chiều 3D-Var được nghiên cứu ứng dụng trong khuôn khổ luận án. Đây là giải pháp của bài toán đồng hóa biến phân 3 chiều (3D-Var), nhưng trên thực tế do khối lượng tính toán rất lớn cho nên để cực tiểu hóa cho $J(x)$ người ta sử dụng các phương pháp lặp chẳng hạn như gradient liên hợp hoặc các phương pháp *quasi-Newton* bao gồm 4 bước chính như trình bày trong Hình 2.1.



Hình 2. 2. Sơ đồ giải lặp của phương pháp biến phân ba chiều

c) Đồng hóa số liệu quan trắc ra-đa cho mô hình WRF

Mặc dù độ phản hồi và gió xuyên tâm không phải là biến đầu vào hay biến cơ bản trong mô hình, tuy nhiên thông qua phương pháp đồng hóa, cụ thể là 3-Dvar trong WRF, thông qua các toán tử quan trắc và ma trận sai số trường nền trên cơ sở chuyển đổi vật lý dẫn đến từ hai yếu tố trên sẽ thay đổi các biến điều khiển và cuối cùng là tác động đến các biến của mô hình.

d) Đồng hóa cập nhật nhanh số liệu

Việc đồng hóa dữ liệu để cập nhật, cải tiến trường ban đầu được ứng dụng rất nhiều ở các cơ quan khí tượng trên thế giới, từ Hoa Kỳ, Châu Âu, Úc, Nhật Bản, Đài Loan, Hồng Kông (Trung Quốc),... trong dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn

2.2. Số liệu sử dụng trong luận án

a) Số liệu quan trắc mưa giờ

Số liệu quan trắc tại 39 trạm đo mưa trên khu vực TP. Hồ Chí Minh được thu thập sử dụng để phân tích và đánh giá khả năng dự báo của các mô hình với với 15 đợt mưa lớn trong giai đoạn 2019-2021.

b) Số liệu GFS

Số liệu GFS có độ phân giải ngang $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ kinh vĩ và $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ được khai thác làm đầu vào cho mô hình WRF.

2.3. Phương pháp đánh giá hiệu quả của việc đồng bộ hóa số liệu

Các chỉ số đánh giá kết quả dự báo như sau: Chỉ số FBI; Xác suất phát hiện POD; Tỷ lệ dự báo sai FAR; Điểm số thành công CSI; Giảm đồ hiệu suất, biểu đồ tần suất.

CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN BỘ THAM SỐ PHÙ HỢP CHO HỆ THỐNG HCM-RAP DỰ BÁO MƯA HẠN CỰC NGẮN KHU VỰC TP. HỒ CHÍ MINH

3.1 Thiết lập thử nghiệm đa cấu hình vật lý đối với hệ thống HCM-RAP

Với mục tiêu lựa chọn xác định được bộ tham số tối ưu đồng bộ hóa số liệu ra-đa cập nhật nhanh cho mô hình HCM-RAP nhằm nâng cao độ chính xác của kết quả dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn (1-6h) cho khu vực TP. Hồ Chí Minh và nâng cao độ chính xác cũng như xác định được mức độ đóng góp cụ thể của độ phản hồi, tốc độ gió xuyên tâm đến kết quả dự báo mưa hạn 1h, 3h, 6h và các ngưỡng mưa khác nhau, nghiên cứu thiết lập hệ thống HCM-RAP như được trình bày ở trên. Trong hệ thống này, mô hình WRF với mô-đun đồng bộ hóa số liệu WRF-DA được sử dụng để đồng bộ hóa số liệu ra-đa.

Hệ thống đồng bộ hóa cập nhật nhanh dữ liệu ra-đa dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn (0-6 h) HCM-RAP được thiết lập để chạy dự báo cập nhật nhanh từng giờ số liệu ra-đa với 7 cấu hình kết hợp vật lý khác nhau: *Kain-Fritsch loại 3 + Lin + Mellor-Yamada-Janjic; Grell-Devenyi + Lin + Mellor-Yamada-Janjic; Kain-Fritsch loại 3 + WSM5 +Mellor-Yamada-Janjic; Grell-Devenyi + WSM5 + Mellor-Yamada-Janjic; Kain-Fritsch loại 3 + New Thompson + Mellor-Yamada-Janjic; Betts-Miller-Janjic + New Thompson + Mellor-Yamada-Janjic*

3.2 Đánh giá lựa chọn bộ sơ đồ vật lý dự báo mưa hạn cực ngắn đối với hệ thống HCM-RAP

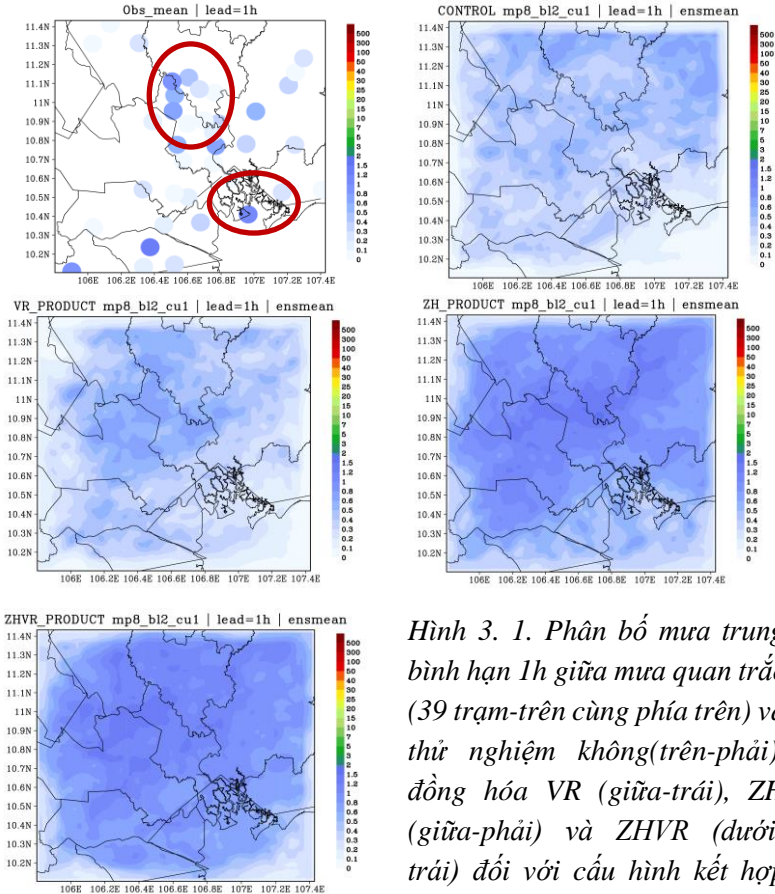
3.2.1 Phân bố mưa theo không gian của các cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau của hệ thống HCM-RAP

Hệ thống HCM-RAP được thiết lập cập nhật nhanh từng giờ đồng hóa độ phản hồi (ZH), tốc độ gió xuyên tâm (VR), độ phản hồi+tốc độ gió xuyên tâm (ZHVR) và phương án không đồng hóa (CTL) với hạn dự báo 6h với 7 cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau chạy mô phỏng 15 đợt mưa lớn trong 3 năm 2019, 2020, 2021. Nhằm đánh giá khả năng dự báo mưa theo không gian theo các hạn dự báo 1-6h cho các ngưỡng mưa giờ khác nhau.

Hạn dự báo 1h

Nhóm Kain–Fritsch loại 3:

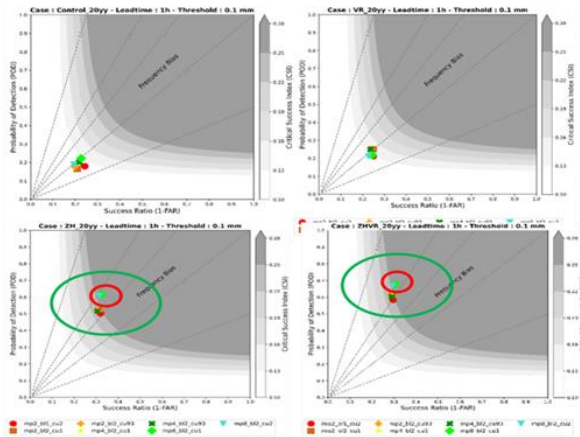
Hình 3.1 thể hiện phân bố không gian của cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau ***Kain–Fritsch loại 3 + New Thompson + Mellor–Yamada–Janjic*** với 4 phương án CTL, đồng hóa VR, ZH, ZHVR tại hạn dự báo 1h. Kết quả cho thấy rằng phân bố mưa theo quan trắc của 15 đợt mưa thử nghiệm trong 3 năm 2019, 2020 và 2021 tập trung chủ yếu ở khu vực tây bắc và đông nam của TP. Hồ Chí Minh (được khoanh tròn bằng đường viền màu đỏ). So sánh 4 phương án thử nghiệm đồng hóa khác nhau, kết quả cho thấy rằng phương án không đồng hóa có xu hướng dự báo lượng mưa gần với quan trắc hơn so với các phương án còn lại. Tuy nhiên, về dự báo các tâm mưa lớn, phương án có sự tham gia của ZH cho thấy xu hướng dự báo lượng mưa thiên cao hơn so với thực tế, nhưng lại dự báo các tâm mưa lớn tốt hơn rất nhiều so với phương án không đồng hóa CTL và phương án đồng hóa VR.



Hình 3. 1. Phân bố mưa trung bình hạn 1h giữa mưa quan trắc (39 trạm-trên cùng phía trên) và thử nghiệm không(trên-phải), đồng hóa VR (giữa-trái), ZH (giữa-phải) và ZHVR (dưới-trái) đối với cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau KF3_THP_MYJ

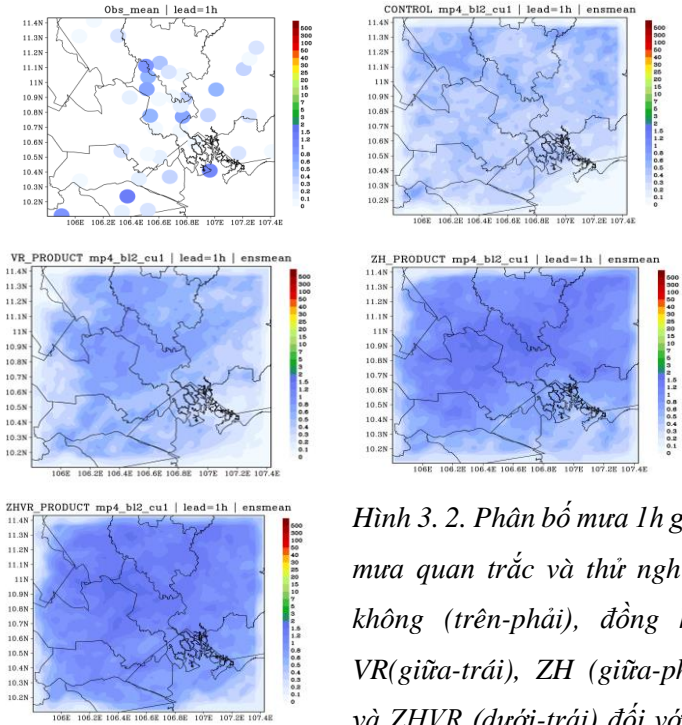
Hình 3.11 cho thấy với hạn dự báo 1h, ở ngưỡng có mưa phương án đồng hóa tổ hợp ZHVR cho kết quả dự báo tốt nhất với điểm số POD khoảng 0,7, 1-FAR ~0,3 và CSI ~0,25, sau đó đến phương án đồng hóa ZH với các điểm số kém hơn không đáng kể. Kỹ năng dự báo các ngưỡng mưa vừa, mưa to và rất to của hai phương án ZH và ZHVR giảm nhưng vẫn có những kỹ năng hơn hẳn hai phương án còn lại và

vẫn có tính dự báo được trong thực tế. Với hạn 1h thì 2 cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau Kain–Fritsch loại 3 + New Thompson + Mellor–Yamada–Janjic; Betts–Miller–Janjic + New Thompson + Mellor–Yamada–Janjic (KF3_THP_MYJ-mp8_bl2_cu1; BMJ_THP_MYJ-mp8_bl2_cu2) cho thấy có kỹ năng dự báo tốt hơn các cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau còn lại..



Hình 3. 11. Giản đồ hiệu suất đối với trường hợp không đồng hóa (trái trên), đồng hóa VR (phải trên), ZH (trái dưới) và đồng hóa kết hợp ZHVR (phải dưới) dự báo mưa tích lũy 1 h của 7 cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau với các hạn dự báo 1 h và ngưỡng mưa 0.1mm/h (~có mưa)

Hình 3.3 tương tự như hình 3.1 nhưng đối với phân bố không gian của cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau **Kain–Fritsch loại 3 + WSM5 + Mellor–Yamada–Janjic** với 4 phương án CTL, đồng hóa VR, ZH, ZHVR tại hạn dự báo 1h. Kết quả cho thấy có sự tương đồng với Hình 3.2, tuy nhiên, có một điểm đáng chú ý liên quan đến sự tham gia của vi vật lý WSM5.



Hình 3. 2. Phân bố mưa 1h giữa mưa quan trắc và thử nghiệm không (trên-phải), đồng hóa VR(giữa-trái), ZH (giữa-phải) và ZHVR (dưới-trái) đối với tổ hợp vật lý KF3_WSM5_MYJ

Nhìn chung, phương án này, với sự tham gia của vi vật lý WSM5, đã dự báo lượng mưa thấp hơn một cách đáng kể so với hai phương án sử dụng cùng cấu hình Kain–Fritsch loại 3.

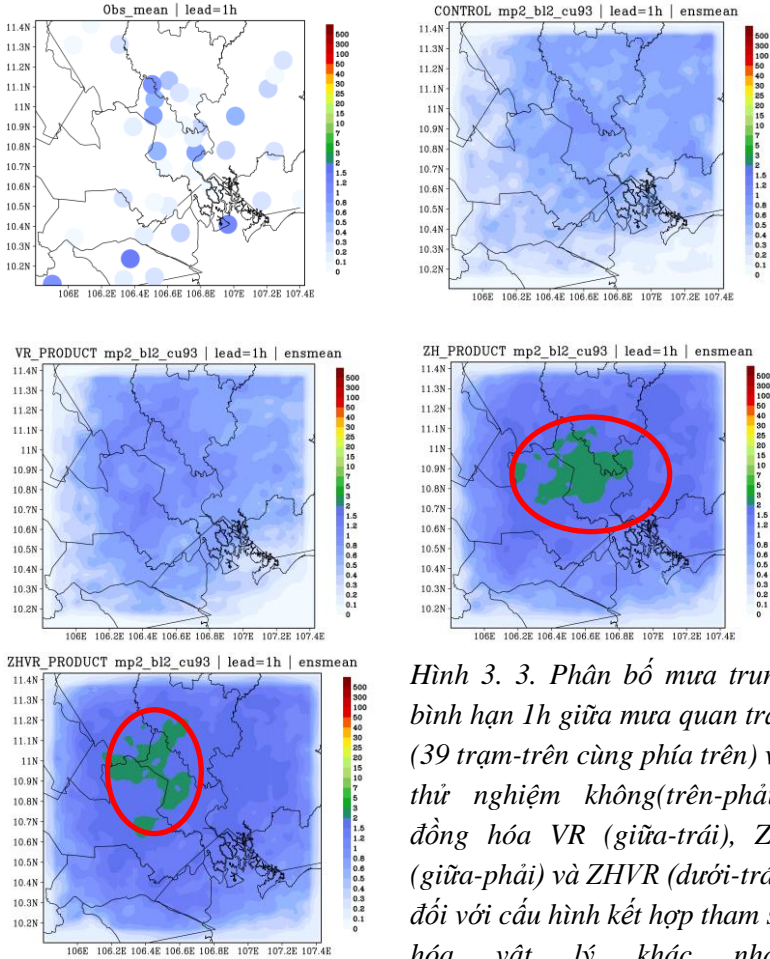
Như nêu ở trên sơ đồ đối lưu KF dựa trên mô hình dòng ra và dòng vào có thể mô phỏng các dòng thăng và giáng của các dòng khối lượng và kết hợp quá trình nhiễu loạn bổ sung phụ thuộc vào độ ẩm tương đối. Đặc biệt trong mô hình WRF hiện nay thì sơ đồ KF có đến 3 biến thể khác nhau như sơ đồ sử dụng kiểu kích hoạt đối lưu Fritsch–Chappell (KF1), kích hoạt dựa trên sự vận chuyển thăng đứng của độ ẩm (KF2) và quá trình nhiễu loạn bổ sung phụ thuộc vào độ ẩm tương

đôi liên quan đến cơ chế kích hoạt đầu tiên (KF3). KF3 với cơ chế kích hoạt dựa trên sự vận chuyển thăng đứng của độ ẩm quá trình nhiễu loạn bổ sung phụ thuộc vào độ ẩm tương đối nên khá nhạy và phù hợp với hình thế và cơ chế mưa lớn trên tại TP. Hồ chí Minh là chủ yếu do ảnh hưởng của gió mùa Tây Nam cùng với nhiễu động của rãnh thấp.

Nhóm Grell

Hình 3.4 tương tự như hình 3.1 nhưng đối với phân bố không gian của cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau **Grell + Lin + Mellor–Yamada–Janjic** với 4 phương án CTL, đồng hóa VR, ZH, ZHVR tại hạn dự báo 1h. So sánh 4 phương án thử nghiệm đồng hóa khác nhau thấy rằng phương án không đồng hóa và đồng hóa VR cho lượng mưa thấp hơn và không dự báo được các tâm mưa lớn gần với quan trắc, trong 4 phương án thì phương án có sự có mặt của ZH thì cho lượng mưa thiên cao so với thực tế nhưng dự báo các tâm mưa lớn tốt hơn so với không hóa và đồng hóa VR, đặc biệt là phương án đồng hóa tổ hợp ZHVR dự báo một khu vực mưa rất cực đoan hơn so với thực tế (khoanh tròn đỏ).

Nhìn chung nhóm cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau họ Grell dự báo mưa hạn 1h thiên cao và cực đoan hơn so với thực tế khá nhiều. Điều này có thể do bản tham số đồ Grell-Devenji là một sơ đồ đối lưu tổng hợp và gần đây đã được sử dụng trong mô hình có độ phân giải cao. Sơ đồ này sử dụng các phương trình tham chiếu để tính toán các thông số khí tượng như tốc độ gió, độ ẩm và nhiệt độ trong khí quyển, giúp mô hình có thể mô phỏng các hiện tượng thời tiết khác nhau và là sơ đồ cải tiến cũng như thường kích hoạt mưa lớn hơn bình thường và dùng vào mục đích dự báo các cực trị mưa.

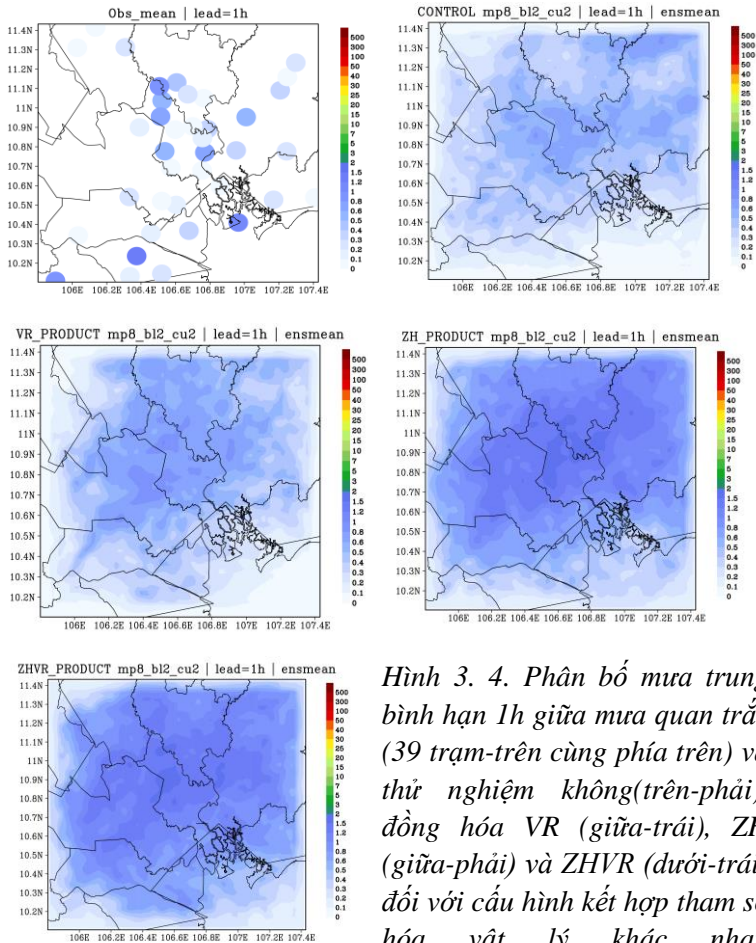


Hình 3. 3. Phân bố mưa trung bình hạn 1h giữa mưa quan trắc (39 trạm-trên cùng phía trên) và thử nghiệm không(trên-phải), đồng hóa VR (giữa-trái), ZH (giữa-phải) và ZHVR (dưới-trái) đối với cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau GD_LIN_MYJ

Nhóm Betts–Miller–Janjic

Đối với hạn 1h thì tổ hợp **Betts–Miller–Janjic + New Thompson + Mellor–Yamada–Janjic** trên hình 3.6 cho thấy xu thế tương tự như nhóm Kain- Frisch 3. Đối với hạn 3h và 6h cũng cho một bức tranh tương tự như hạn 1 h.

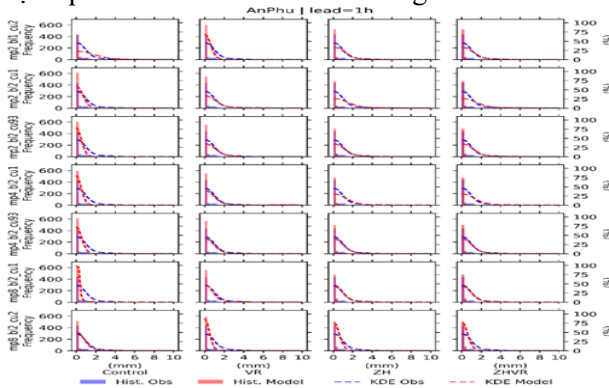
Khi xem xét 7 cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau cho 3 nhóm sơ đồ đối lưu, bao gồm Kain–Fritsch loại 3, Grell–Devenyi, và Betts–Miller–Janjic, kết quả cho thấy nhóm sơ đồ đối lưu Grell–Devenyi đã dự báo lượng mưa trong khoảng thời gian 1 giờ, 3 giờ, và 6 giờ với mức thiên cao hơn so với hai nhóm còn lại và thường dự báo mưa ở mức cao hơn đối với thực tế.



Hình 3. 4. Phân bố mưa trung bình hạn 1h giữa mưa quan trắc (39 trạm-trên cùng phía trên) và thử nghiệm không(trên-phải), đồng hóa VR (giữa-trái), ZH (giữa-phải) và ZHVR (dưới-trái) đối với cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau BMJ_THP_MYJ

3.2.2 Phân bố tần suất mưa theo với các trạm quan trắc của các cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau của hệ thống HCM-RAP Hạn dự báo 1h

Để đánh giá vai trò, phân bố tần suất mưa quan trắc và dự báo các kết hợp vật lý khác nhau tại các hạn dự báo, nghiên cứu sinh sử dụng biểu đồ tần suất-histogram và KDE-histogram quan trắc và dự báo tại 39 trạm quan trắc như nêu trên Chương 2.



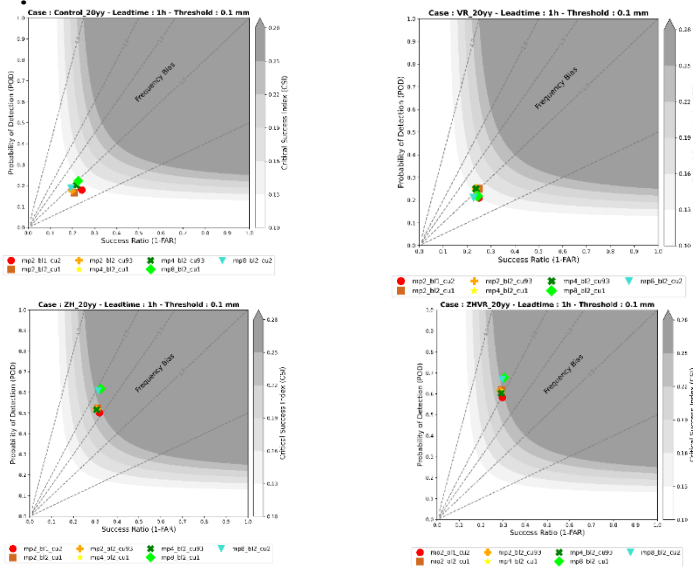
Hình 3. 8. Biểu đồ tần suất- histogram tại trạm An Phú đối với mưa hạn 1h giữa mưa quan trắc (cột màu xanh) mưa dự báo (cột màu đỏ) và KDE-histogram quan trắc (nét đứt xanh) và KDE-histogram quan trắc (nét đứt xanh) với thử nghiệm không đồng hóa (bên trái), đồng hóa VR (trái-giữa), ZH (phải-giữa) và ZHVR (phải) đối với các cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau

Hình 3.23 với trục hoành là các ngưỡng mưa giờ (mm/h) từ trong khoảng 0-25mm với mỗi bin là 0.2 (bước nhảy), trục tung bên trái thể hiện tần xuất xuất hiện của các phân bố mưa cho các tổ hợp vật lý và trục tung phải phản ánh tỉ lệ % tương ứng. Nhóm tổ hợp có tham gia của KF3, BMJ và sơ đồ vật lý New Thompson và sơ đồ lớp biên MYJ cho thấy tần suất phân bố theo các ngưỡng mưa dự báo sát

nhất với quan trắc và cũng chỉ ra có kỹ năng hơn với những phương án còn lại ở ngưỡng mưa to và rất to. Trong khi đó nhóm có sự có mặt của Grell thì dự báo thiên cao hơn rất nhiều so với quan trắc ở các hạn và các trạm thông qua việc KDE-histogram dự báo trải rộng sang các ngưỡng 4-5mm/h và khá xa so với KDE quan trắc.

3.2.3 Đánh giá kỹ năng dự báo của các cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau cho hệ thống HCM-RAP theo các hạn dự báo

Hạn dự báo 1h



Hình 3. 11. Giản đồ hiệu suất đối với trường hợp không đồng hóa (trái trên), đồng hóa VR (phải trên), ZH (trái dưới) và đồng hóa kết hợp ZHVR (phải dưới) dự báo mưa tích lũy 1 h của 7 cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau với các hạn dự báo 1 h và ngưỡng mưa 0.1mm/h (2,4mm/ngày ~có mưa)

Đối với hạn dự báo 1h thì hệ thống HCM-RAP cho kỹ năng dự báo rất tốt so với dự báo ngưỡng có mưa, khá tốt với ngưỡng mưa vừa

và không được tốt đối với mưa to và rất to. Tuy kỹ năng dự báo của hai phương án ZH và tổ hợp giảm đi nhanh nhưng vẫn có những kỹ năng nhất định và nhỉnh hơn hai phương án không đồng hóa và đồng hóa VR. Cụ thể tại hạn 1h này thì thấy rằng 2 cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau **Kain–Fritsch loại 3 + New Thompson + Mellor–Yamada–Janjic; Betts–Miller–Janjic + New Thompson + Mellor–Yamada–Janjic** cho thấy có kỹ năng hơn các cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau còn lại (Hình 3.11).

Các tổ hợp này cũng rất phù hợp với các nghiên cứu so sánh đánh giá hiệu quả của việc cập nhật dữ liệu 1 giờ tốt hơn so với 3 giờ và 6 giờ cho mô hình dự báo thời tiết WRF đối với dự báo mưa hạn cực ngắn, đặc biệt trong việc đồng hóa có sự tham gia của số liệu phản hồi và gió xuyên tâm ra-đa.

3.2.4 Lựa chọn cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau cho hệ thống HCM-RAP phù hợp trong dự báo hạn mưa định lượng hạn cực ngắn

Kết quả thử nghiệm 7 cấu hình tổ hợp đa vật lý khác nhau trong HCM-RAP thì 2 cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau **Kain–Fritsch loại 3 + New Thompson + Mellor–Yamada–Janjic; Betts–Miller–Janjic + New Thompson + Mellor–Yamada** với đồng hóa tổ hợp ZHVR và ZH cho thấy có kỹ năng hơn các cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau còn lại.

CHƯƠNG 4. VAI TRÒ CỦA ĐỒNG HÓA SỐ LIỆU RA-ĐA TRONG DỰ BÁO MƯA ĐỊNH LƯỢNG HẠN CỰC NGẮN CHO KHU VỰC TP. HỒ CHÍ MINH

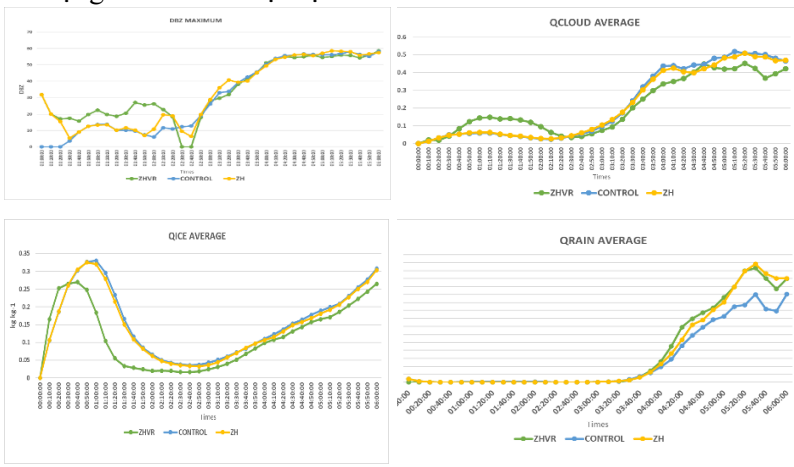
Hai phương án vật lý tốt nhất được lựa chọn ở mục 3.2.4 **Kain–Fritsch loại 3 + New Thompson + Mellor–Yamada–Janjic**

và Betts–Miller–Janjic + New Thompson + Mellor–Yamada được sử dụng cho các phân tích đánh giá nhận xét chi tiết cụ thể so với quan trắc tại trạm và ra-đa.

4.1 Vai trò và ảnh hưởng số liệu ra-đa trong đồng hóa cập nhật nhanh cho mô hình WRF dự báo mưa hạn cực ngắn khu vực TP. Hồ Chí Minh

4.1.1 So sánh trường ban đầu giữa đồng hóa và không đồng hóa cập nhật nhanh

Hình 4.7-8-9-10 (kết hợp lại) cho thấy rằng tại thời điểm ban đầu, độ phản hồi và tốc độ gió xuyên tâm có ảnh hưởng rõ rệt, không chỉ thay đổi trường độ phản hồi, trường gió mà còn thay đổi cả trường khí tượng khác như nhiệt độ.



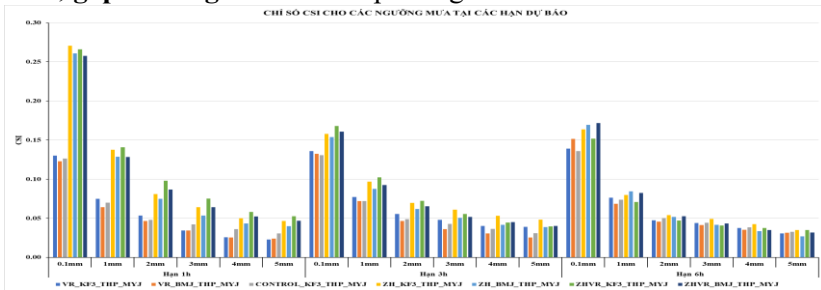
Hình 4.7-8-9-10 (kết hợp lại). Biến trình MDBZ, QRAIN, QICE, QCLOUD theo thời gian từ 00h 00 phút đến 06h 00 phút với bước thời gian 10 phút

Từ các kết quả trên có thể thấy, đồng hóa số liệu ra-đa ZHVR và ZH có tác động mạnh mẽ chủ yếu ở 2h đầu của mô hình. Hay nói cách khác, vai trò của việc đưa số liệu ra-đa vào hệ thống mô hình

HCM-RAP có tác dụng ở 2h giờ đầu. Do đó việc đồng hóa cập nhật số liệu ra-đa cho HCM-RAP thực hiện tốt nhất với tần suất đưa vào ít nhất là cách nhau 2h và 1h là tối ưu nhất.

4.1.2 Vai trò và ảnh hưởng số liệu ra-đa trong đồng hóa cập nhật nhanh

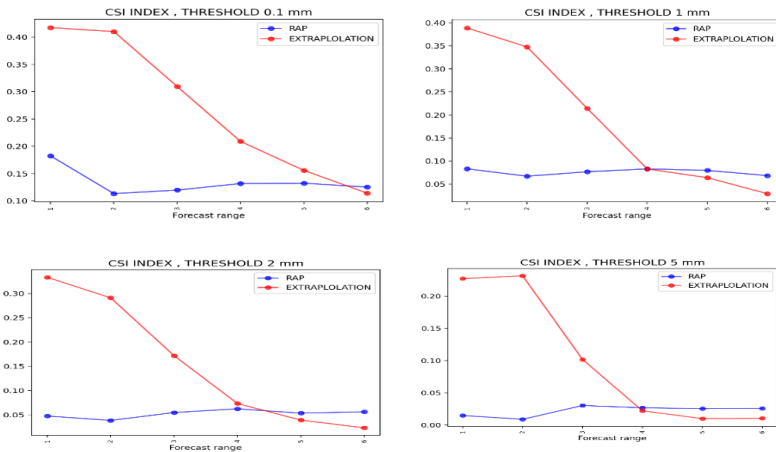
Hình 4.18 cho thấy HCM-RAP dự báo chỉ số thành công CSI của hai phương án này cũng rất thấp, nhỏ hơn 0.15 (15%) với các hạn ở ngưỡng có mưa và không có kỹ năng ở các ngưỡng mưa còn lại. Trong khi đó chỉ số thành công CSI của ZH và ZHVR cao hơn hẳn so với 2 phương án trước và đạt khoảng gần 0.3 ở có mưa hạn 1h và ~0.17 ở hạn 3 và 6h. Các ngưỡng mưa còn lại cũng cho thấy kỹ năng hơn hẳn 2 phương án trước và tính trung bình **gấp 1.5-2 lần** so với hai phương án trước từ 1.5 đến 2 lần. Từ chỉ số CSI cũng chỉ ra rằng phương án ZHVR là phương án cho kỹ năng dự báo mưa cao nhất, có thể đạt gần 30%, **gấp khoảng 2 lần** so với phương án CTL



Hình 4. 18. Chỉ số đánh giá CSI của 2 phương án vật lý tốt nhất với đồng hóa VR (cột 1 và 2 từ trái sang), 1 phương án vật lý tốt nhất CTL (cột màu vàng) và 2 phương án ZH (cột 4, 5 từ trái sang), 2 phương án ZHVR (cột 6, 7 từ trái sang) dự báo mưa

4.2 So sánh ngoại suy ra-đa và dự báo của HCM-RAP

Hình 4. 23 cho thấy rằng trong 4h đầu ngoại suy ra-đa có kỹ năng hơn đối với tất cả các ngưỡng mưa. Tuy nhiên hạn từ 4-6h thì HCM-RAP thể hiện kỹ năng vượt lên so với ngoại suy ra-đa. Đặc biệt ngưỡng mưa to và rất to (2mm/h và 5mm/h). Điều này cho thấy, trong thực tế cần xây dựng kỹ thuật tổ hợp (blending) ngoại suy ra-đa và đồng hóa cập nhật nhanh từng giờ cho mỗi khu vực cụ thể theo từng mùa và từng hình thế gây ra nguy cơ mưa định lượng hạn cực ngắn.



Hình 4. 23. Chỉ số đánh giá CSI của hệ thống HCM-RAP và ngoại suy ra-đa Nhà Nhà Bè với ngưỡng 0.1, 1,2 và 5mm/h theo các hạn từ 1 đến 6h

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

Đã xây dựng, thử nghiệm hệ thống đồng hóa cập nhật nhanh HCM-RAP dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn(1-6h) cho khu vực Thành phố Hồ Chí Minh. Số liệu ra-đa được xử lý và đồng hóa số (độ phản hồi và tốc độ gió xuyên tâm) từng giờ với tần suất quan trắc ra-đa 15 phút cho với 7 cấu hình kết hợp vật lý khác nhau đối với với 4 phương đồng hóa CTL, VR, ZH, ZHVR cho 15 đợt mưa trong 3 năm 2019-2021.

Đã phân tích, đánh giá kỹ năng dự báo của các cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau cho hệ thống HCM-RAP theo phân bố không gian và tần suất theo các ngưỡng mưa đối với các hạn dự báo và xác định được bộ tham số hoá vật lý phù hợp cho hệ thống HCM-RAP, đó là Kain-Fritsch loại 3 + New Thompson + Mellor-Yamada-Janjic và Betts-Miller-Janjic + New Thompson + Mellor-Yamada.

Luận án đã phân tích, đánh giá hiệu quả của các yếu tố quan trọng của ra-đa trong đồng hóa cập nhật nhanh và xác định được mức độ đóng góp cụ thể của độ phản hồi, tốc độ gió xuyên tâm đến độ chính xác của dự báo mưa tại các hạn dự báo 1-6h và các ngưỡng mưa khác nhau. Độ phản hồi có vai trò quyết định và ảnh hưởng nhiều nhất so với tốc độ gió xuyên tâm khi đồng hóa cập nhật nhanh đối với dự báo hạn cực ngắn và các ngưỡng mưa khác nhau cho khu vực TP. Hồ Chí Minh và đồng hóa độ phản hồi kết hợp với tốc độ gió xuyên tâm có thể cải thiện khoảng 2 lần so với với không đồng hóa.

Đồng hóa cập nhật số liệu ra-đa cho HCM-RAP thực hiện tốt nhất với tần suất cập nhật ít nhất là cách nhau 2h và 1h là tối ưu nhất. Trong 4h đầu ngoại suy ra-đa có kỹ năng hơn đối với tất cả các ngưỡng

mưa, tuy nhiên hạn từ 4-6h thì HCM-RAP thể hiện kỹ năng vượt lên so với ngoại suy ra-đa, đặc biệt ngưỡng mưa lớn (2 mm/h và 5mm/h), điều này bổ khuyết khoảng trống trên và cùng với ngoại suy mưa ra-đa hạn 1-3h nhằm nâng cao chất lượng dự báo mưa định lượng và cảnh báo mưa định lượng hạn cực ngắn cho khu vực Thành phố Hồ Chí Minh.

Kiến nghị

- (1) Dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn là vấn đề khó và đang là thách thức của thế giới và nước ta. Để hoàn thiện và đưa hệ thống HCM-RAP vào dự báo nghiệp vụ cần có nhiều thử nghiệm hơn trong việc cập nhật các số liệu quan trắc khác bên cạnh ra-đa như vệ tinh, bề mặt và kết hợp.
- (2) Hệ thống HCM-RAP khi đồng hóa kết hợp thêm nhiều lại dữ liệu quan trắc khác cần xử lý lọc nhiễu DF (Digital Filter)
- (3) Hệ thống HCM-RAP được xây dựng dựa trên đồng hoá 3DVAR nên vẫn còn có những hạn chế nội tại của 3DVAR, do đó cần có những thử nghiệm chuyển đổi/ bổ sung thử nghiệm các phương pháp khác như GSI, tổ hợp lọc Kalman, 4DVAR... nhằm cải thiện hơn kỹ năng dự báo mưa lớn hạn cực ngắn.
- (4) Ứng dụng trong dự báo nghiệp vụ mưa hạn cực ngắn cần nghiên cứu xây dựng kỹ thuật kết hợp (blending) ngoại suy ra-đa và đồng hóa cập nhật nhanh từng giờ cho mỗi khu vực cụ thể theo từng mùa và từng hình thái gây ra nguy cơ mưa lớn hạn cực ngắn