

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, 2024

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: **PGS. TS. Dương Văn Khảm**

Phản biện 2: **PGS. TS. Vũ Thanh Hằng**

Phản biện 3: **PGS. TS. Hoàng Lưu Thu Thủy**

Luận án đã 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, vào hồi 8h30 ngày 15 tháng 12 năm 2023.

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 trắc của ra-đa trong đồng hóa cập nhật nhanh và xác định được đồng hóa độ phản hồi có vai trò, ảnh hưởng lớn nhất trong việc cải thiện kỹ năng dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn. Ngoài ra, đồng hóa số liệu ra-đa cập nhật nhanh đã cải thiện chất lượng dự báo mưa định lượng hạn từ 4-6h so với ngoại suy ra-đa, bổ khuyết khoảng trống, đồng thời, 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 TP.HCM..

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 trắc của ra-đa trong đồng hóa cập nhật nhanh cho mô hình WRF và xác định rằng độ phản hồi 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, bỏ 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

Hệ thống HCM-RAP có thể ứng dụng vận hành nghiệp vụ tại Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Quốc gia và Đài Khí tượng Thủy văn Nam Bộ nhằm cung cấp kết quả phục vụ tham khảo trong nghiệp vụ dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn cho khu vực TP.HCM.

Bên cạnh đó, hệ thống này cũng có thể ứng dụng cho các Đài Khí tượng Thủy văn trong cả với những tùy chỉnh về tham số hóa phù hợp cùng với điều kiện cơ sở hạ tầng tính toán phù hợp.

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

Dự báo mưa hạn cực ngắn là một vấn đề đã được các nhà khí tượng đề cập từ cuối thập niên 70, các nhà khoa học đã kết hợp giữa các sản phẩm radar và vệ tinh để dự báo mưa trong hạn dự báo 6 giờ. Gần đây, mô hình số trị được phát triển dự báo khá chính xác cấu trúc ngang và thẳng đứng các hiện tượng khí tượng quy mô nhỏ dưới 12 giờ. Nên ngày nay để dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn thường kết hợp mô hình số trị có đồng hóa với ước lượng mưa từ ra-đa vệ tinh.

Để mô hình số trị dự báo mưa định lượng các hạn khác nhau, đặc biệt là hạn cực ngắn cho các khu vực khác nhau cần có những thử nghiệm, đánh giá lựa chọn các bộ sơ đồ tham số vật lý khác nhau. Mỗi sơ đồ tham số vật lý, đối lưu, lớp biên của mô hình thường có những ưu và nhược điểm khác nhau, phù hợp với các đối tượng dự báo khác nhau, hạn dự báo cũng như quy mô dự báo khác nhau do đó Luận án

sẽ nghiên cứu bộ tham số lựa chọn phù hợp của mô hình WRF dự báo mưa hạn cực ngắn cho khu vực Thành phố Hồ Chí Minh.

Đối với mô hình số trị, trường ban đầu sẽ quyết định chất lượng cũng như độ chính xác của dự báo. Để cải thiện và cập nhật chính xác hơn các thông tin ban đầu từ số liệu quan trắc thông qua đồng hóa số liệu, đồng hóa số liệu quan trắc, vệ tinh, radar cho mô hình số giúp bổ sung thông tin cho các trường ban đầu, nâng cao khả năng dự báo mưa lớn đặc biệt là mưa hạn ngắn được nhiều nước trên thế giới áp dụng.

Do đó bên cạnh việc lựa chọn bộ tham số phù hợp 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 là vô cùng cần thiết.

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

2.1. 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 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ cho 15 đợt mưa lớn trong giai đoạn 2019-2021 được khai thác làm đầu vào cho mô hình WRF.

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.

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

Mặc dù độ phân 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.

c) 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, Nhật Bản, Đài Loan, Trung Quốc, ... trong dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn

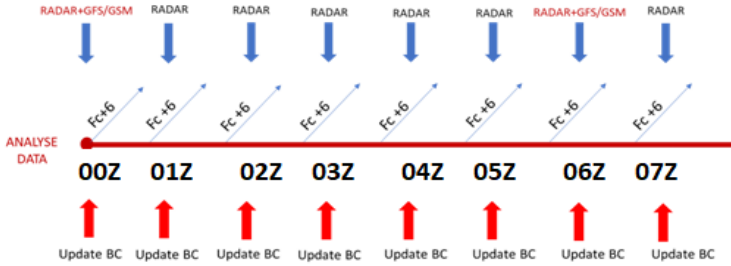
2.3. Thiết kế hệ thống đồng hóa cập nhật nhanh ra-đa dự báo mưa hạn cực ngắn cho TP.HCM

Trên cơ sở tham khảo hệ thống RAP của Hoa Kỳ, hệ thống đồng hóa cập nhật nhanh 1h của Cục khí tượng Đài Loan, luận án thiết kế hệ thống đồng hóa cập nhật nhanh ra-đa dự báo mưa hạn cực ngắn cho TP.HCM.

Hình 2.7 mô tả quy trình vận hành hệ thống đồng hóa và cập nhật nhanh dữ liệu ra-đa dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn (0-6 h) cho TP.HCM (HCM-RAP).

Mô hình WRF được cấu hình với hai lưới lồng, tương tác hai chiều, ở độ phân giải ngang tương ứng là 10 km và 2 km (Hình 2.8). Miền 1 gồm 60×47 điểm lưới với tọa độ tâm là 10.4°N, 106.5°E, miền 2 gồm 91×76 điểm lưới, với 52 mực thẳng đứng.

Hệ thống HCM-RAP đồng hóa độ phân hồi và tốc độ gió xuyên tâm từng giờ với cửa sổ đồng hóa 15 phút.



Hình 2. 1. Sơ đồ mô tả quy trình vận hành hệ thống HCM-RAP cập nhật số liệu ra-đa từng giờ



Hình 2. 2. Hai miền tính của hệ thống HCM-RAP

Hệ thống HCM-RAP với 7 cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau mô phỏng 15 đợt mưa lớn trong 3 năm 2019, 2020, 2021 (Bảng 2.1 tại Chương 2) với 4 phương án khác nhau đó là: Không đồng hóa (CTL); HCM-RAP đồng hóa tốc độ gió xuyên tâm (RAP-VR); HCM-RAP đồng hóa độ phản hồi (RAP-ZH) và HCM-RAP đồng hóa tốc độ gió xuyên tâm và độ phản hồi (RAP-ZHVR).

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

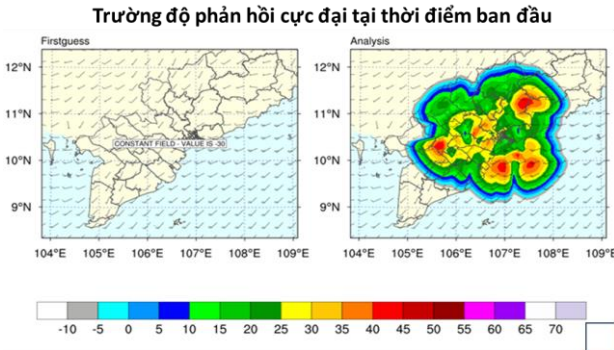
Các chỉ số đánh giá kết quả dự báo như sau: Chỉ số FBI, xác suất phát hiện POD, tỉ lệ dự báo sai FAR, điểm số thành công CSI, giản đồ hiệu suất, biểu đồ tần suất.

CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU VAI TRÒ CỦA RA-ĐA VÀ LỰA CHỌN BỘ THAM SỐ PHÙ HỢP CHO HỆ THỐNG HCM-RAP DỰ BÁO MƯA HẠN CỰC NGẮN KHU VỰC THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

3.1 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

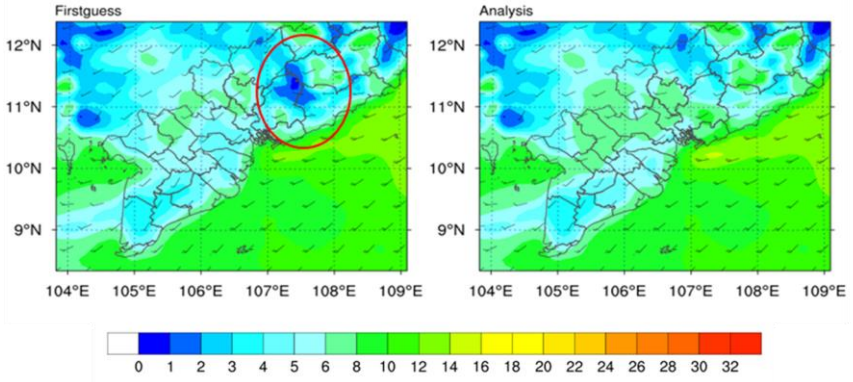
3.1.1 So sánh trường ban đầu giữa đồng hóa và không đồng hóa cập nhật nhanh

Hình 3.1 so sánh sự sai khác độ phản hồi giữa đồng hóa độ phản hồi ZH (phải) với không đồng hóa (trái) tại thời điểm ban đầu 2019090400Z đối với miền 1. Kết quả cho thấy tại thời điểm ban đầu không đồng hóa, độ phản hồi cực đại là mặc định của mô hình (-30 Dbz), trong khi đó đồng hóa ZH cho thấy số liệu độ phản hồi làm thay đổi rõ rệt (đạt tối đa có thể lên đến 35-40 Dbz trường độ phản hồi). Do vậy, trường ban đầu thay đổi sẽ làm thay đổi kết quả dự báo mưa trong thời gian tích phân sau đó, ảnh hưởng đến chất lượng dự báo mưa hạn ngắn, thực tế là được cải thiện hơn hẳn so với không đồng hóa, cụ thể được trình bày trong phần sau.



Hình 3. 1. So sánh sự sai khác độ phản hồi giữa đồng hóa độ phản hồi ZH (phải) với không đồng hóa (trái) tại thời điểm ban đầu 2019090400Z đối với miền 1

Trường gió đại tại thời điểm ban đầu



Hình 3. 2. So sánh sự sai khác tốc độ gió (đổ màu), hướng gió (cán gió) mực 10m giữa đồng hóa gió xuyên tâm VR (phải) với không đồng hóa (trái) tại thời điểm ban đầu 2019090400Z đối với miền 1



Hình 3.7-8-9-10 (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

Tương tự như Hình 3.1, Hình 3.2, so với không đồng hóa, trường gió tại thời điểm ban đầu có đồng hóa gió xuyên tâm thay đổi rõ rệt, tốc độ gió bề mặt mạnh hơn hẳn trong vùng bán kính quét gió đốp-lơ. Cụ thể, tại khu vực vòng tròn khoanh đỏ khi không đồng hóa gió bề mặt đạt 1-2m/s, khi có đồng hóa đã cải thiện đạt 5-6m/s.

Hình 3.7-8-9-10 (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.

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.

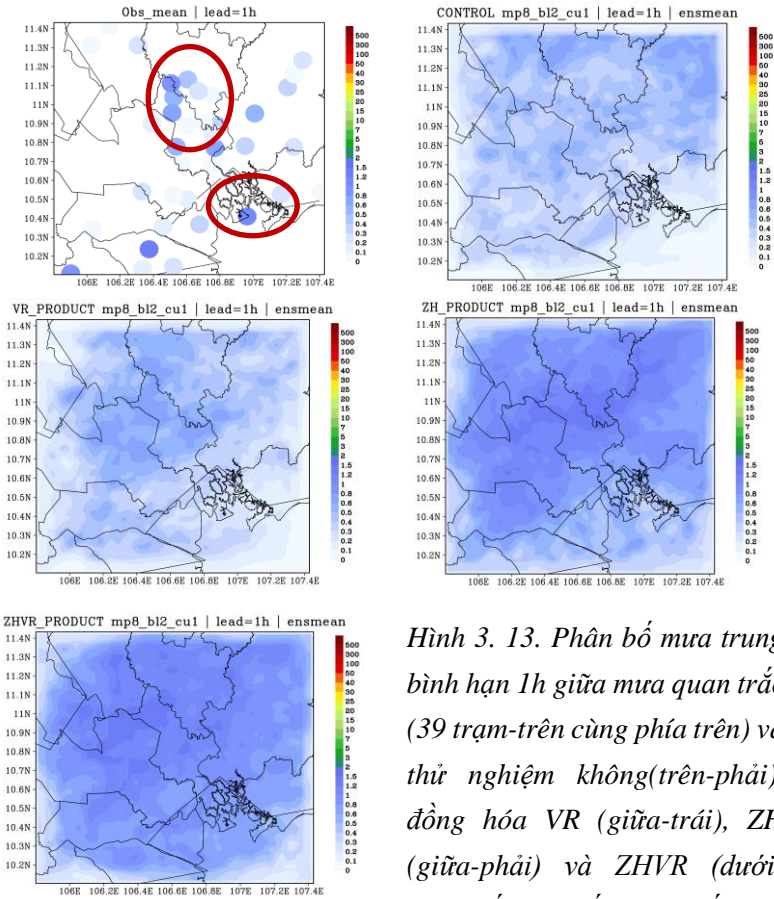
3.2 Đánh giá lựa chọn bộ sơ đồ vật lý dự báo mưa hạn cực ngắn đối với hệ thống HCM-RAP

a) Phân bố mưa

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.

Hình 3.11 thể hiện phân bố không gian của cấu hình kết hợp tham số hóa vật lý khác nhau *Kain-Fritsch loại 3 + New Thompson*

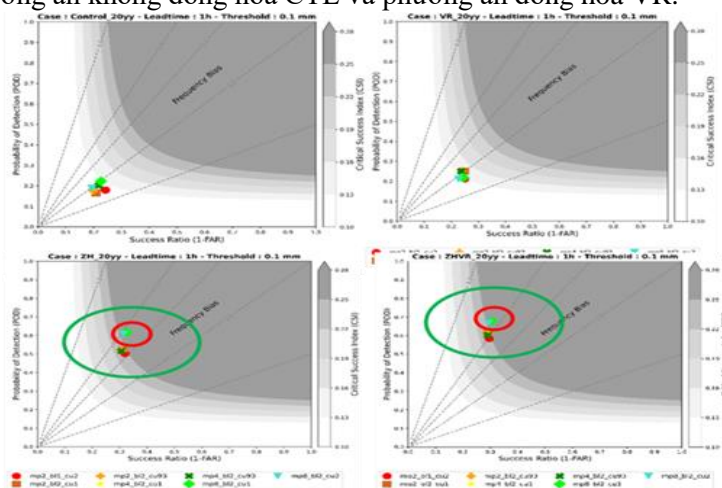
+ *Mellor–Yamada–Janjic* với 4 phương án CTL, đồng hóa VR, ZH, ZHVR tại hạn dự báo 1h.



Hình 3. 13. 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*

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. 19. Giải 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 3.19 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.

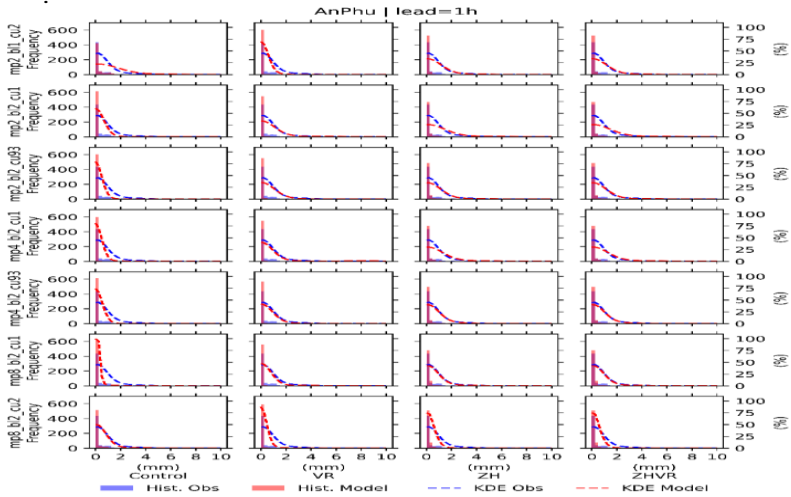
b) Đối với tần suất mưa

Để đánh giá vai trò của đồng hóa số liệu ra-đa theo phân bố tần suất mưa quan trắc và dự báo, nghiên cứu sinh sử dụng biểu đồ tần suất (histogram) và ước tính mật độ hạt nhân (Kernel Density Estimation – KDE) quan trắc và dự báo tại 39 trạm quan trắc như nêu trong Chương 2. Cụ thể trong luận án này thì 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 suất xuất hiện của các phân bố mưa cho các tổ hợp vật lý và trục tung bên phải phản ánh tỉ lệ % tương ứng.

Hình 3.18 (trạm An Phú) và PL-Hình 3.15 (39 trạm quan trắc) biểu diễn biểu đồ tần suất -histogram đối với mưa hạn 1h giữa mưa quan trắc (cột màu xanh), mưa dự báo (cột màu đỏ), KDE-histogram quan trắc (nét đứt xanh), KDE-histogram quan trắc (nét đứt xanh) tại vị trí trạm quan trắc 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 các sơ đồ tham số hóa khác nhau.

Từ các phân tích trên thấy rằng phương án đồng hóa ZHVR cho kết quả dự báo tốt nhất, sau đó đến phương án ZH và kém hơn ZHVR không đáng kể. Như vậy thấy 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

nhau đối với dự báo hạn cực ngắn và các ngưỡng mưa khác nhau cho khu vực TP.HCM.



Hình 3. 4. Biểu đồ tần suất giữa mưa quan trắc (cột màu xanh nhạt-Hist.Obs, mưa dự báo (cột màu đỏ-Hist. Model, tần suất KDE quan trắc (nét đứt xanh- KDE Obs, dự báo (nét đứt đỏ-KDE Model) 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 tại trạm An Phú đối với mưa hạn 1h

3.2 Lựa chọn cấu hình kết hợp sơ đồ tham số hóa phù hợp cho hệ thống HCM-RAP trong dự báo hạn mưa định lượng hạn cực ngắn

Theo như phân tích ở trên, kết quả thử nghiệm với 7 cấu hình kết hợp đa vật lý khác nhau trong HCM-RAP: 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 nhằm cập

nhật nhanh dữ liệu ra-đa dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn (0-6h) cho thấy rằng cấu hình kết hợp **Kain–Fritsch loại 3 + New Thompson + Mellor–Yamada–Janjic** là tốt nhất, tiếp theo là **Betts–Miller–Janjic + New Thompson + Mellor–Yamada**. Hai phương án này cũng cho thấy có kỹ năng nổi trội hơn các cấu hình kết hợp còn lại.

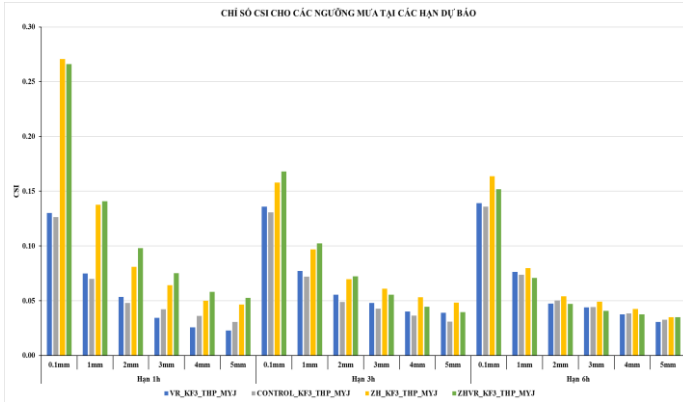
CHƯƠNG 4. KỸ NĂNG DỰ BÁO MƯA HẠN CỰC NGẮN CỦA HỆ THỐNG HCM-RAP

Trong Chương 4 phương án vật lý tốt nhất được lựa chọn ở mục 3.2 là Kain–Fritsch loại 3 + New Thompson + Mellor–Yamada–Janjic được sử dụng cho các phân tích đánh giá.

4.1 Kỹ năng dự báo mưa hạn cực ngắn của hệ thống HCM-RAP

Trong phần này, Nghiên cứu sinh sẽ so sánh, đánh giá kết quả dự báo với số liệu quan trắc theo các ngưỡng mưa 0,1mm/h, 1, 2, 3, 4, 5mm/h và các hạn dự báo 1, 3, 6h phục vụ cho việc xác định vai trò và ảnh hưởng số liệu ra-đa trong đồng hóa cập nhật nhanh.

Hình 4.8 và PL-Bảng 4.1-4.3 cho thấy HCM-RAP dự báo chỉ số thành công CSI của hai phương án CTL và VR 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 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.



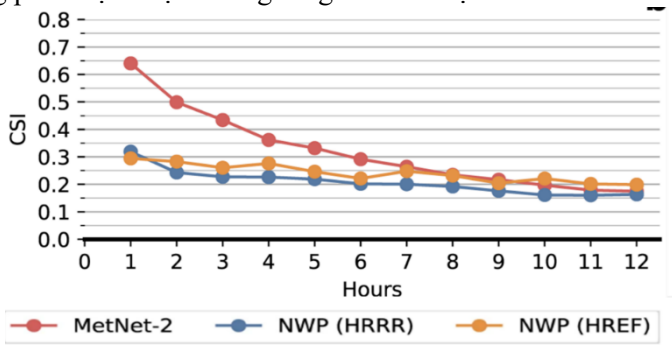
Hình 4. 1. Chỉ số đánh giá CSI của phương án vật lý tốt nhất với đồng hóa VR (xanh da trời), phương án CTL (xám) và phương án ZH (vàng), phương án ZHVR (xanh lá cây) dự báo mưa tích lũy 1h với các hạn dự báo 1,3,6h tương ứng các ngưỡng mưa có mưa, 24, 48, 72, 96, 120mm/ngày)

Chỉ số CSI của HCM-RAP đối với ZHVR bằng khoảng 1/3 so với chỉ số CSI của hệ thống HRRR/RAP V4 cũng như hệ thống HREF (Hình 4.9) của cơ quan dự báo Quốc gia Hoa Kỳ. CSI của HRRR và HREF của Hoa Kỳ khoảng 0,3-0,32 hạn 1h và giảm rất chậm đối với hạn 3 và 6h (tương ứng 0,25 và 0,21) đối với ngưỡng mưa 2mm/h (48mm/ngày-mưa to) trong khi đó phương án CTL và VR chỉ bằng khoảng 1/6 so với CSI của Hoa Kỳ.

Hiện nay, Trung tâm Dự báo KTTV Quốc gia cung cấp các bản tin dự báo hạn cực ngắn và cảnh báo nguy cơ mưa lớn, tuy nhiên chưa có đánh giá cụ thể cho toàn bộ Việt Nam và các khu vực, đặc biệt khu vực nhỏ như TP.HCM theo các ngưỡng. Do vậy trong Luận án này sẽ không so sánh với cơ quan nghiệp vụ của Việt Nam.

Tổng kết lại cho thấy phương án CTL, đồng hóa tốc độ gió xuyên tâm VR không có nhiều khác biệt đối với các hạn dự báo từ 1-

6h và các ngưỡng mưa từ có mưa đến mưa vừa, mưa to, mưa rất to. Cả hai phương án này dự báo thấp hơn cho đến xấp xỉ so với quan trắc, khả năng phát hiện vùng mưa rất thấp với ngưỡng có mưa và gần như không phát hiện được các ngưỡng mưa còn lại.



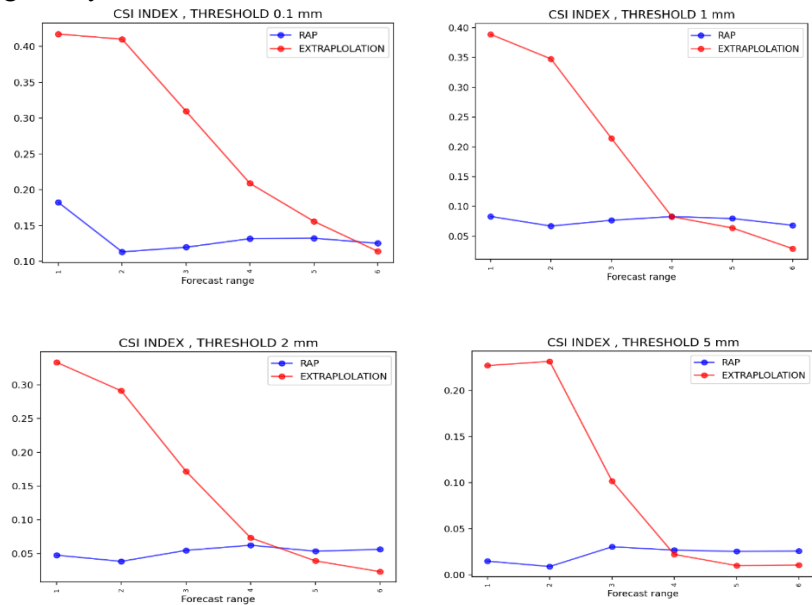
Hình 4. 2. Chỉ số đánh giá CSI của hệ thống học máy MetNet-2, HRRR và HREF với ngưỡng 2mm/h theo các hạn từ 1 đến 12h

Chỉ số thành công CSI của hai phương án này cũng rất thấp, nhỏ hơn 0,15 (15%) ở ngưỡng có mưa và không có kỹ năng ở các ngưỡng mưa còn lại. Phương án ZH và ZHVR cho thấy cải thiện đáng kể kỹ năng dự báo mưa hạn cực ngắn, cụ thể chỉ số POD khoảng 0,6 hạn 1h với ngưỡng có mưa, giảm dần còn 0,4 ở hạn 3h và 0,35 ở hạn 6h. Các ngưỡng mưa và hạn dự báo còn lại có giảm hơn so với hạn 1h và ngưỡng có mưa nhưng cao hơn rất nhiều so với phương án không đồng hóa và đồng hóa VR. Tuy nhiên điểm số FBI của hai phương án này lớn hơn 2 phương án trên và cho dự báo thiên cao hơn hẳn so với quan trắc theo các ngưỡng và các hạn. Đặc biệt, chỉ số thành công CSI của ZHVR và ZH 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 không đồng hóa. Cũng từ

điểm số CSI và các điểm số khác cho thấy mức độ đóng góp chủ đạo của độ phản hồi so với tốc độ gió xuyên tâm đến độ chính xác của dự báo mưa tại các hạn dự báo 1h, 3h, 6h cho khu vực TP.HCM.

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

Trong mục này phương án vật lý tốt nhất được lựa chọn ở mục 3.2 Kain–Fritsch loại 3 + New Thompson + Mellor–Yamada–Janjic được sử dụng cho các phân tích đánh giá nhận xét chi tiết cụ thể so với ngoại suy mưa ra-đa



Hình 4. 3. Chỉ số đánh giá CSI của hệ thống HCM-RAP và ngoại suy ra-đa Nhà Bè với ngưỡng 0,1; 1; 2 và 5mm/h theo các hạn từ 1 đến 6h

Thông qua Hình 4.13 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 lớn (2mm/h và 5mm/h). Kết quả này bổ sung thêm cho nghiên cứu của Mai Văn Khiêm và cộng sự về thử nghiệm ứng dụng ra-đa kết hợp mô hình số trị trong dự báo mưa hạn cực ngắn, cụ thể giữa ngoại suy ra-đa bằng SWIRLS và hệ thống dự báo số trị quy mô đối lưu dựa trên mô hình WRF cho các dự báo đến 12h đối với 1 trường hợp bão năm 2021.

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 thái gây ra nguy cơ mưa lớn hạn cực ngắn.

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 TP.HCM.

- Bộ cấu hình kết hợp tham số Kain–Fritsch 3+New Thompson + Mellor–Yamada–Janjic là tốt nhất đối với hệ thống đồng hóa cập nhật nhanh HCM-RAP dự báo mưa định lượng hạn cực ngắn (1-6h) cho khu vực TP.HCM, tiếp đến Betts–Miller–Janjic+New Thompson + Mellor–Yamada. Hai phương án này cũng cho thấy có kỹ năng nổi trội hơn 5 cấu hình kết hợp còn lại trong tổng số 7 bộ cấu hình thử nghiệm

- 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. HCM và đồng hóa độ phản hồi kết hợp với tốc độ gió xuyên tâm có thể cải thiện khoảng 2 lần so 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 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 (2mm/h và 5mm/h), điều này 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 và cảnh báo mưa định lượng hạn cực ngắn cho khu vực TP.HCM.

Kiến nghị

- 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 cũng như áp dụng thêm một số tinh chỉnh kỹ thuật như xử lý lọc nhiễu số, đồng hóa GSI, tổ hợp lọc Kalman, 4DVAR,...nhằm cải thiện tốt hơn kỹ năng dự báo mưa lớn hạn cực ngắn.

- Ứng dụng trong dự báo nghiệp vụ mưa hạn cực ngắn cần nghiên cứu xây dựng kỹ thuật kết hợp 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.