

ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG DỰ BÁO MƯA LỚN Ở KHU VỰC TRUNG TRUNG BỘ BẰNG MÔ HÌNH CRESS

Trương Bá Kiên, Phạm Quang Nam, Nguyễn Đức Nam, Trần Duy Thúc,
Lã Thị Tuyết, Phùng Thị Mỹ Linh, Lê Văn Tuấn
Viện Khoa học Khí tượng thủy văn và Biến đổi khí hậu

Ngày nhận bài: 04/11/2024; ngày chuyển phản biện: 04/11/2024; ngày chấp nhận đăng: 05/12/2024

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả đánh giá khả năng dự báo của mô hình phân giải mây (Cress) đối với các đợt mưa lớn ở khu vực Trung Trung Bộ trong thời kỳ 2021-2022. Điều kiện biên sử dụng là nguồn dữ liệu GFS 0,5, mô phỏng đánh giá với số liệu mưa radar thông qua các chỉ số thống kê cho các hạn dự báo từ 24 h đến 48 h với các ngưỡng mưa khác nhau. Kết quả cho thấy mô hình CRESS có khả năng dự báo khá ổn định ở các hạn từ 24-48 giờ, với độ tương đồng cao. Tuy nhiên, khi ngưỡng mưa tăng, chỉ số phát hiện (POD) giảm mạnh, trong khi tỷ lệ cảnh báo sai (FAR) tăng, làm giảm khả năng phát hiện mưa lớn, đặc biệt với ngưỡng mưa từ 50-100 mm. Đánh giá định lượng kỹ năng dự báo cho thấy lượng mưa dự báo thường cao hơn thực tế, không có sự khác nhau quá lớn giữa các hạn dự báo. Đối với tổng số 13 đợt mưa trong hai năm 2021-2022, lượng mưa dự báo cao hơn thực tế và điểm số thành công CSI của CRESS đối với ngưỡng có mưa khoảng hơn 40% hạn 24-48 h. Đối với ngưỡng mưa vừa 20-25 mm/ngày dao động khoảng 10-28%, đối với các hạn 24, 36, 48 và không có sự sai khác nhau giữa các hạn quá nhiều. Đối với ngưỡng 50-100 mm/ngày CRESS dự báo này báo được 3-8%. Điều này khá tương đồng với kỹ năng hiện nay tại Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia. Kết quả cho thấy, trong đợt mưa điển hình do bão, mô hình CRESS dự báo cường độ mưa cao hơn thực tế, đặc biệt khi bão tiến gần bờ và suy yếu. Diện mưa được dự báo sát hơn vào giai đoạn cuối của đợt mưa, khi hoàn lưu bão suy yếu. Sai lệch về cường độ và diện mưa một phần do mô hình mô phỏng sự di chuyển của bão chậm hơn thực tế.

Từ khóa: Mô hình phân giải mây, mưa lớn, Trung Trung Bộ.

1. Mở đầu

Trong công tác dự báo nghiệp vụ thời tiết, dự báo định lượng mưa (trước một vài giờ đến vài ngày) là một trong những bài toán khó, không chỉ ở Việt Nam mà ngay cả những nước có nền khoa học và công nghệ hiện đại trên thế giới. Dự báo mưa, đặc biệt là các trận mưa lớn càng trở nên khó hơn đối với khu vực nhiệt đới gió mùa, nơi có sự tương tác giữa các hệ thống thời tiết quy mô khác nhau, giữa hệ thống hoàn lưu quy mô vừa, quy mô địa phương địa hình. Chính vì vậy, vấn đề nghiên cứu phát triển, cải tiến công nghệ dự báo định lượng mưa đã và đang thu hút được sự quan tâm của rất nhiều nhà khoa học và các cơ quan khí tượng thủy văn quốc gia.

Liên hệ tác giả: Trương Bá Kiên

Email: kien.cbg@gmail.com

Đối với bài toán dự báo mưa có ba phương pháp chính được sử dụng để dự báo định lượng mưa, đặc biệt là mưa lớn bao gồm: (1) Phương pháp sy-nốp, (2) Phương pháp số trị và (3) Phương pháp thống kê (truyền thống và thống kê hiện đại trong bối cảnh dữ liệu lớn và AI), trong đó phương pháp dự báo số trị được đặc biệt quan tâm trong vài thập kỷ gần đây nhờ khả năng dự báo định lượng mưa chi tiết theo không gian và thời gian.

Ở Việt Nam cũng có nhiều nghiên cứu về dự báo mưa lớn sử dụng các mô hình số trị WRF, RAMs, HRM, COSMO, ứng dụng các phương pháp toán lý và cập nhật các nguồn số liệu vệ tinh, radar cho các bài toán dự báo mưa cực ngắn [1], [2], [3], [4]. Tuy nhiên đây đều là các mô hình quy mô khu vực, đối với mưa lớn trên phạm vi nhỏ, mang tính cục bộ các tham số đối lưu không thể hiện được. Trong khi đó, việc ứng

dụng mô hình độ phân giải mây (Cress) cho thấy sự hiệu quả tốt hơn trong việc dự báo mưa thời đoạn ngắn, quy mô không gian nhỏ và được ứng dụng nhiều tại các nước trên thế giới [5], [6], [7], [8], [9]. Tuy nhiên, tại Việt Nam vẫn chưa được nghiên cứu và ứng dụng.

Khu vực miền Trung nước ta nói chung, khu vực Trung Trung Bộ nói riêng là nơi “giao tranh” của các hình thể thời tiết cực đoan gây mưa lớn phổ biến trong các tháng 8-11. Đã có nhiều trận mưa lớn gây lũ lụt lịch sử trên khu vực này gây thiệt hại nặng nề đối với con người và kinh tế. Việc ứng dụng mô hình độ phân giải mây, nhằm nâng cao chất lượng dự báo mưa lớn, có vai trò vô cùng quan trọng trong việc phòng chống và giảm thiểu thiên tai trên khu vực. Trong nghiên cứu này, trình bày kết quả ứng dụng mô hình độ phân giải mây Cress mô phỏng và đánh giá các đợt mưa lớn điển hình trên khu vực Trung Trung Bộ trong giai đoạn 2021-2022.

2. Phương pháp và số liệu

2.1. Thiết kế thí nghiệm

Mô hình Cress là mô hình phân giải mây phù hợp để mô phỏng hệ thống đối lưu ở độ phân giải cao với tính toán song song [10]. Mô hình sử dụng tọa độ thẳng đứng theo địa hình dựa trên chiều cao và không có tham số hóa lồng nhau, các đám mây được xử lý bằng cách sử dụng sơ đồ vi vật lý mây (hơi nước, nước mây, băng mây, mưa, tuyết và băng). Các quá trình quy mô lưới phụ được tham số hóa bao gồm sự trộn lẫn hỗn

loạn trong lớp ranh giới hành tinh và bức xạ bề mặt cũng như các thông lượng động lượng/năng lượng với mô hình nền.

Miền tính được xây dựng 3°N-26°N; 98°E-120°E. Độ phân giải 3 km x 3 km x 60, 26 mực thẳng đứng số điểm lưới 736x777, sơ đồ tham số vi vật lý mây 6 họ, sơ đồ vật lý mây cphopt4 (mây khối lạnh gồm nước và băng) [10], [11], [12].

2.2. Số liệu và đối tượng nghiên cứu

Điều kiện biên trong mô hình Cress được sử dụng các phân tích và dự báo thời gian thực của hệ thống mô hình toàn cầu (GFS) của Trung tâm Dự báo môi trường quốc gia (NCEP) với độ phân giải 25 km, bước thời gian là 06h với 26 mực thẳng đứng [13]. Số liệu địa hình được lấy từ dữ liệu mô hình Digital elevation của Cơ quan Khí tượng Nhật Bản (1/120)° [14].

Sử dụng mô hình CRESS dự báo các đợt mưa lớn ở Trung Trung Bộ giai đoạn 2021-2022 (Bảng 1) cho các hạn dự báo (24-48 h). Các dự báo của CRESS cũng được so sánh theo phân bố không gian với dữ liệu quan trắc mưa ước lượng từ radar và trạm tự động của Tổng cục Khí tượng Thủy văn (sau đây gọi là mưa radar).

Tổng số 13 đợt mưa lớn giai đoạn 2021-2022 phục vụ cho việc đánh giá kỹ năng dự báo của CRESS và đợt mưa lớn từ 10-13/9/2021 gây ra bởi bão số 5 năm 2021 (Côn Sơn) được lựa chọn làm trường hợp điển hình phân tích, hiển thị và đánh giá.

Bảng 1. Danh sách 13 đợt mưa lớn ở khu vực Trung Trung Bộ giai đoạn 2021-2022

TT	Đợt mưa	TT	Đợt mưa
1	10-13/09/2021	8	27-28/09/2022
2	05-08/10/2021	9	08-11/10/2022
3	15-18/10/2021	10	13-16/10/2022
4	27-30/10/2021	11	21-22/10/2022
5	25-28/12/2021	12	24-26/10/2022
6	30/04-03/5/2022	13	18-21/11/2022
7	06-09/08/2022	-	-

2.3. Phương pháp đánh giá

Trong bài báo này, để đánh giá kỹ năng dự báo mưa lớn của mô hình CRESS, các chỉ số định lượng và pha như hướng dẫn trong Thông tư số

41 năm 2021 của Bộ Tài nguyên và Môi trường [15] sau đây sẽ được sử dụng:

Xác suất phát hiện (Probability of Detection - POD): xác suất xuất hiện hiện tượng. POD cho

biết khả năng thành công của mô hình, có giá trị trong khoảng (0, 1), POD = 1 là giá trị lý tưởng mô hình được xem là hoàn hảo.

Tỷ lệ dự báo sai (False Alarms Ratio - FAR): FAR cho biết tỷ lệ mô phỏng/dự báo không của mô hình. FAR biến đổi từ (0,1), FAR = 0 khi F = 0 tức tỷ lệ không của mô hình bằng 0. Giá trị FAR càng gần 0 thì mô hình càng tốt, FAR càng tiệm cận tới 1 thì mô hình càng kém.

Điểm số thành công (Critical Success Index - CSI hay Threat Score - TS): CSI (hay TS) phản ánh mối quan hệ giữa số lần mô hình cho kết quả hiện tượng có xuất hiện và số lần quan trắc được hiện tượng có xuất hiện. Phạm vi biến thiên của CSI từ 0 đến 1. CSI = 0 nghĩa là mô hình không có kỹ năng, CSI = 1 mô hình là hoàn hảo.

3. Kết quả

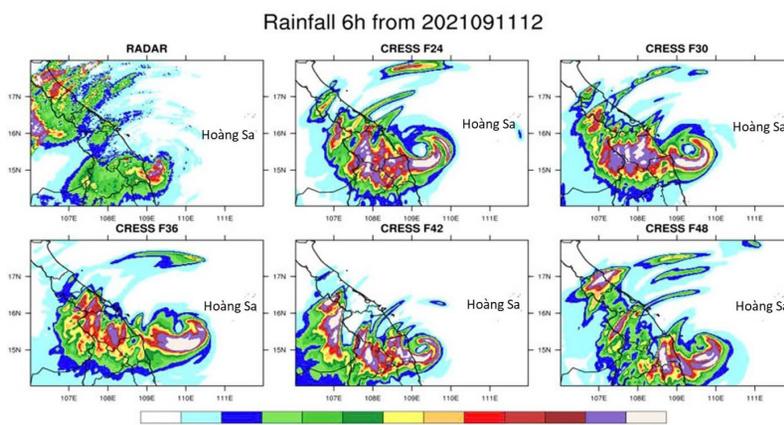
3.1. Kết quả đánh giá đối với đợt mưa lớn 10-13/9/2021

a) Kết quả mô phỏng

Bão số 5 bắt đầu gây mưa cho khu vực Trung Bộ từ ngày 10/9 với cao điểm mưa lớn vào các ngày 11, 12, 13 khi bão đã đi sát vào vùng ven biển các tỉnh từ Thừa Thiên Huế đến Quảng Ngãi, suy yếu, ít di chuyển cho đến khi tan trên vùng biển này.

Đợt mưa do bão số 5 có trọng tâm mưa vào

hai ngày 10-11/9/2021 tại khu vực Trung Trung Bộ. Lượng mưa tích lũy 6 giờ được mô phỏng bằng mô hình CRESS ở các hạn dự báo 24 h, 30 h, 36 h, 42 h, 48 h và so sánh với mưa radar. Kết quả cho thấy, mô hình dự báo tương đối tốt các vùng mưa lớn nhưng có sự khác biệt đáng kể về cường độ và phạm vi mưa so với quan trắc. Tại thời điểm 00 Z ngày 10/9, mô hình dự báo vùng mưa lớn nằm ngoài khơi, cường độ mưa cao hơn thực tế 50-100 mm; trong khi trên đất liền, mưa được dự báo thấp hơn hoặc không xuất hiện. Các hạn dự báo 30 h và 36 h cho kết quả gần sát thực tế nhất về lượng mưa trên đất liền, tuy vẫn dự báo cường độ mưa lớn hơn khoảng 50 mm. Đến thời điểm 00 Z ngày 11/9, bão tiến sát bờ, vùng mưa dịch chuyển vào đất liền nhưng mô hình vẫn dự báo trọng tâm mưa lệch ra biển và cường độ cao hơn thực tế. Tại 12 Z ngày 11/9 (Hình 1), khi bão suy yếu thành áp thấp nhiệt đới, mô hình mô phỏng được hiện tượng mưa lớn trên đất liền nhưng không phản ánh chính xác tâm mưa, đặc biệt không dự báo được tâm mưa lớn tại Quảng Bình-Quảng Trị. Trong khi đó, trên biển, diện mưa được mô phỏng rộng hơn thực tế. Các sai lệch trên được cho là do mô hình dự báo bão di chuyển chậm hơn thực tế, dẫn đến sự khác biệt về vị trí và cường độ mưa ở các hạn dự báo.



Hình 1. Kết quả dự báo lượng mưa tích lũy 06 h tại thời điểm 12 Z ngày 11/9/2021 của mô hình CRESS: Trước 24 h (F24), trước 30 h (F30), trước 36 h (F36), trước 42 h (F42), trước 48 h (F48) và mưa radar

Tại thời điểm 00 Z ngày 12/9 (Hình 2), từ dữ liệu mưa radar cho thấy mưa lớn chỉ còn xảy ra từ Thừa Thiên Huế đến Quảng Ngãi trong đó trọng tâm ở khu vực Quảng Nam-Quảng Ngãi,

lượng mưa lên tới 150-200 mm. Tại các thời điểm dự báo khác nhau mô hình CRESS cho thấy mưa lớn còn xảy ra trên phạm vi rộng hơn, từ Quảng Trị đến Quảng Ngãi, lượng mưa lớn phổ

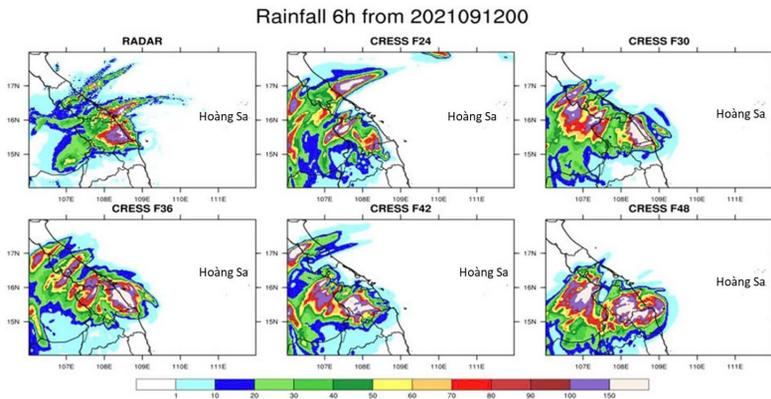
biến 50-200 mm, có thể nói đây là cao điểm của đợt mưa theo dự báo của mô hình. Như vậy tại thời điểm này, mô hình dự báo diện mưa có cường độ lớn mở rộng và liên tục hơn so với thực tế (Hình 2).

Thời điểm cuối của đợt mưa, mô hình CRESS đã mô phỏng tốt hơn về đợt mưa, đặc biệt là diện mưa, điều này do ở các thời điểm cuối này mưa lớn do hoàn lưu bão sau khi bão đã tan, ít còn liên quan đến sự di chuyển của cơn bão nên vùng mưa được dự báo sát hơn về diện. Về cường độ, nhìn chung là mô hình CRESS luôn dự báo cao hơn so với thực tế.

b) Đánh giá sai số với dữ liệu mưa radar

Hình 3, Bảng 2, Bảng 3 là kết quả đánh giá

kỹ năng dự báo của mô hình CRESS đối với đợt mưa 10-13/9 thông qua các chỉ số POD và chỉ số FAR. Các chỉ số được đánh giá tại các thời điểm dự báo trước 24 h, 30 h, 36 h, 42 h, 48 h. Có thể thấy, ở tất cả các hạn dự báo, kỹ năng dự báo của mô hình khá tương đồng, không có sự khác nhau quá lớn giữa các hạn dự báo. Các ngưỡng được đánh giá gồm từ ngưỡng có mưa đến ngưỡng mưa rất lớn (100 mm), hình thể hiện kỹ năng dự báo của mô hình cho thấy, khi ngưỡng mưa càng lớn thì chỉ số POD càng giảm dần về 0, đồng nghĩa xác suất phát hiện tượng của mô hình càng thấp; chỉ số FAR càng tiến gần đến 1 cho thấy tỷ lệ dự báo sai càng tăng (Hình 3).



Hình 2. Kết quả dự báo lượng mưa tích lũy 06 h tại thời điểm 00 Z ngày 12/9/2021 của mô hình CRESS: Trước 24 h (F24), trước 30 h (F30), trước 36 h (F36), trước 42 h (F42), trước 48 h (F48) và mưa radar

Bảng 2 là kết quả đánh giá đối với đợt mưa qua chỉ số FAR đối với các ngưỡng mưa khác nhau. Có thể nhận thấy ngay rằng, giữa ngưỡng mưa và chỉ số FAR thể hiện quan hệ tỷ lệ nghịch, ngưỡng mưa càng tăng thì chất lượng dự báo của mô hình càng giảm, tỷ lệ dự báo khổng tăng lên. Giữa các hạn dự báo cũng

không có nhiều sự khác biệt. Ở các ngưỡng có mưa hoặc mưa nhỏ (2,5-10 mm) hạn dự báo gần cho tỷ lệ dự báo thấp hơn dù không đáng kể. Ở các ngưỡng mưa lớn hơn (50-100 mm) thì chỉ số FAR giữa các hạn dự báo không thể hiện rõ kỹ năng ở hạn dự báo nào sẽ tốt hơn (Bảng 3).

Bảng 2. Chỉ số FAR ứng với các ngưỡng mưa khác nhau đối với đợt mưa 10-13/9/2021

Hạn dự báo	Ngưỡng mưa (mm)									
	2,5	5	10	20	30	40	50	60	75	100
F24	0,34	0,39	0,47	0,60	0,70	0,79	0,85	0,89	0,94	0,98
F30	0,34	0,39	0,47	0,59	0,70	0,80	0,85	0,89	0,92	0,96
F36	0,37	0,42	0,50	0,63	0,73	0,81	0,86	0,88	0,92	0,97
F42	0,35	0,41	0,49	0,63	0,73	0,82	0,87	0,90	0,94	0,98
F48	0,33	0,39	0,48	0,62	0,71	0,80	0,85	0,89	0,94	0,98

Xác suất phát hiện tượng của mô hình CRESS cũng giảm dần theo sự tăng lên của ngưỡng mưa. Ngưỡng mưa càng lớn kỹ năng phát hiện tượng của mô hình càng giảm, thể hiện ở chỉ số POD có sự giảm dần theo sự tăng lên của ngưỡng mưa. Ở các ngưỡng mưa nhỏ, mưa vừa (2,5-20 mm) kỹ năng phát hiện tượng của

mô hình tốt hơn ở hạn dự báo gần (24 h). Tuy nhiên ở các ngưỡng mưa lớn (50-100 mm) thì điều này không còn hoàn toàn đúng, chẳng hạn ở ngưỡng mưa 100 mm, chỉ số POD tốt nhất ở hạn 42, 48 h; ở ngưỡng mưa 75 mm, chỉ số POD tốt nhất ở hạn 48 h; ở ngưỡng mưa 50 mm, chỉ số POD tốt nhất ở hạn 42 h (Bảng 3).

Bảng 3. Chỉ số POD ứng với các ngưỡng mưa khác nhau đối với đợt mưa 10-13/9/2021

Hạn dự báo	Ngưỡng mưa (mm)									
	2,5	5	10	20	30	40	50	60	75	100
F24	0,56	0,53	0,49	0,43	0,38	0,31	0,27	0,23	0,19	0,12
F30	0,60	0,59	0,54	0,50	0,43	0,33	0,29	0,25	0,24	0,19
F36	0,57	0,55	0,50	0,43	0,38	0,32	0,29	0,28	0,25	0,17
F42	0,60	0,58	0,53	0,44	0,37	0,30	0,25	0,23	0,21	0,11
F48	0,65	0,60	0,52	0,45	0,39	0,34	0,29	0,25	0,20	0,11

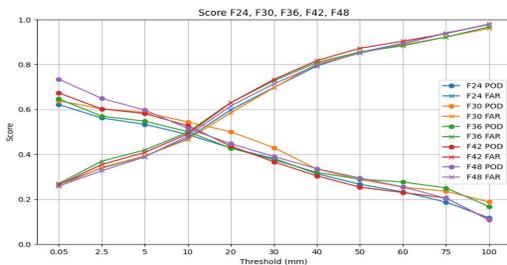
3.2. Kết quả đánh giá đối với 13 đợt mưa

3.2.1. Đánh giá với dữ liệu mưa radar

Trên cơ sở so sánh kết quả lượng mưa trung bình ô lưới 3x3 km của mô hình với quan trắc mưa radar, đối với 13 đợt mưa ở khu vực Trung Trung Bộ giai đoạn 2021-2022, cho thấy ở tất cả các hạn dự báo, mô hình đều dự báo lượng mưa cao hơn thực tế với các hạn dự báo 24, 30, 36, 42, 48 h tương ứng 32, 31,31,36 và 39 mm.

Hình 4, Bảng 4, Bảng 5 và Bảng 6 là kết quả đánh giá kỹ năng dự báo của mô hình CRESS đối

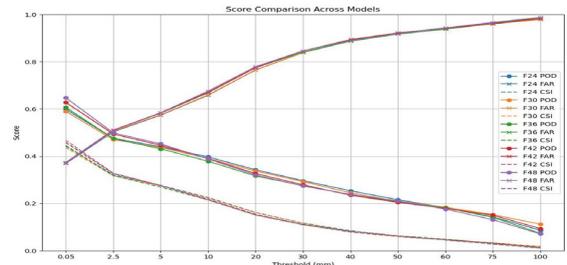
với 13 đợt mưa lớn ở khu vực Trung Trung Bộ giai đoạn 2021-2022 qua các chỉ số POD, chỉ số FAR và CSI. Có thể thấy, ở tất cả các hạn dự báo, kỹ năng dự báo của mô hình khá tương đồng, không có sự khác nhau quá lớn giữa các hạn dự báo. Các ngưỡng được đánh giá gồm từ ngưỡng có mưa đến ngưỡng mưa rất lớn (100 mm), kết quả cho thấy, khi ngưỡng mưa càng lớn thì chỉ số POD càng giảm dần về 0, đồng nghĩa xác suất phát hiện hiện tượng của mô hình càng thấp; chỉ số FAR càng tiến gần đến 1 cho thấy tỷ lệ dự báo sai càng tăng.



Hình 3. Kết quả đánh giá kỹ năng dự báo của mô hình CRESS đối với đợt mưa 10-13/9/2021

Chỉ số thành công CSI của CRESS giảm từ 0,44 ngưỡng có mưa khoảng 0,2 ngưỡng 10 mm/ngày và 0,08 ngưỡng 50 mm/ngày (Hình 4).

Bảng 6 là kết quả đánh giá đối với 13 đợt mưa qua chỉ số FAR đối với các ngưỡng mưa khác nhau. Có thể nhận thấy ngay rằng, giữa ngưỡng



Hình 4. Kết quả đánh giá kỹ năng dự báo của mô hình CRESS đối với 13 đợt mưa lớn ở khu vực Trung Trung Bộ thời kỳ 2021-2022

mưa và chỉ số FAR thể hiện quan hệ tỷ lệ nghịch, ngưỡng mưa càng tăng thì chất lượng dự báo của mô hình càng giảm, tỷ lệ dự báo khổng tăng lên. Giữa các hạn dự báo cũng không có nhiều sự khác biệt. Ở các ngưỡng có mưa hoặc mưa nhỏ (2,5-10 mm) hạn dự báo gần cho tỷ lệ dự

báo thấp hơn dù không đáng kể. Ở các ngưỡng mưa lớn hơn (50-100 mm) thì chỉ số FAR giữa

các hạn dự báo không thể hiện rõ kỹ năng mô hình ở hạn dự báo nào sẽ tốt hơn (Bảng 4).

Bảng 4. Chỉ số FAR ứng với các ngưỡng mưa khác nhau cho 13 đợt mưa ở Trung Trung Bộ giai đoạn 2021-2022

Hạn dự báo	Ngưỡng mưa (mm)									
	2,5	5	10	20	30	40	50	60	75	100
F24	0,50	0,57	0,66	0,77	0,84	0,89	0,92	0,94	0,97	0,99
F30	0,51	0,58	0,66	0,76	0,84	0,89	0,92	0,94	0,96	0,98
F36	0,51	0,58	0,67	0,77	0,84	0,89	0,92	0,94	0,96	0,99
F42	0,51	0,58	0,67	0,77	0,85	0,89	0,92	0,94	0,96	0,98
F48	0,51	0,58	0,68	0,78	0,85	0,89	0,92	0,94	0,97	0,99

Bảng 5. Chỉ số POD ứng với các ngưỡng mưa khác nhau cho 13 đợt mưa ở Trung Trung Bộ giai đoạn 2021-2022

Hạn dự báo	Ngưỡng mưa (mm)									
	2,5	5	10	20	30	40	50	60	75	100
F24	0,48	0,44	0,40	0,34	0,30	0,25	0,22	0,18	0,14	0,09
F30	0,47	0,44	0,39	0,34	0,29	0,24	0,21	0,18	0,15	0,11
F36	0,47	0,43	0,38	0,32	0,28	0,24	0,21	0,18	0,14	0,07
F42	0,49	0,45	0,39	0,33	0,28	0,23	0,20	0,18	0,15	0,09
F48	0,50	0,45	0,39	0,32	0,27	0,24	0,21	0,18	0,13	0,07

Bảng 6. Chỉ số CSI ứng với các ngưỡng mưa khác nhau cho 13 đợt mưa ở Trung Trung Bộ giai đoạn 2021-2022

Hạn dự báo	Ngưỡng mưa (mm)									
	2,5	5	10	20	30	40	50	60	75	100
F24	0,44	0,32	0,28	0,23	0,16	0,12	0,08	0,06	0,05	0,03
F30	0,44	0,32	0,27	0,22	0,16	0,12	0,08	0,06	0,05	0,03
F36	0,45	0,32	0,27	0,21	0,15	0,11	0,08	0,06	0,05	0,03
F42	0,46	0,33	0,27	0,22	0,15	0,11	0,08	0,06	0,05	0,03
F48	0,47	0,33	0,28	0,21	0,15	0,11	0,08	0,06	0,05	0,03

Xác suất phát hiện tượng của mô hình CRESS cũng giảm dần theo sự tăng lên của ngưỡng mưa. Ngưỡng mưa càng lớn kỹ năng phát hiện tượng của mô hình càng giảm, thể hiện ở chỉ số POD có sự giảm dần theo sự tăng lên của ngưỡng mưa. Ở các ngưỡng mưa nhỏ, mưa vừa (2,5-20 mm) kỹ năng phát hiện tượng của mô hình tốt hơn ở hạn dự báo gần (24 h). Tuy nhiên ở các ngưỡng mưa lớn (50-100 mm) thì điều này không còn hoàn toàn đúng, chẳng hạn ở ngưỡng mưa 100 mm, chỉ số POD tốt nhất ở hạn 30 h; ở ngưỡng mưa 75 mm, chỉ số POD tốt nhất ở hạn 30 h và 42 h (Bảng 5).

Chỉ số thành công CSI của CRESS (Bảng 6) đối

với ngưỡng có mưa hạn 24 h khoảng 44%, hạn 48h có cao hơn đạt khoảng 48%. Đối với ngưỡng mưa vừa 20-250 mm/ngày dao động khoảng 10-28%, đối với các hạn 24, 36, 48 và không có sự sai khác nhau giữa các hạn quá nhiều. Đối với ngưỡng 50-100 mm/ngày CRES dự báo này báo được 3-8%. Điều này khá tương đồng với nghiên cứu của Nga và cộng sự (2021) đưa ra đánh giá trong năm 2020 của các mô hình toàn cầu IFS, GFS và GSM và mô hình phân giải cao trong nghiệp vụ WRF3kmIFS và có đồng hóa số liệu WRF3kmIFS-DA của Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia. Các mô hình IFS, GFS, GSM trị số kỹ năng TS ở ngưỡng phân cấp 10-25 mm/24 h, 25-50 mm/24

h và 50-100 mm/24 h giao động từ 0,1-0,15 ứng với tỉ lệ dự báo được đúng ở các phân cấp này tối đa khoảng 15%. Ở hạn dự báo 24 h, phân cấp 1-2 mm/24 h (tương đương 0,05-0,1 mm/h) các mô hình dự báo tỉ lệ đúng không tốt lắm, ở ngưỡng 10-25 mm/24 h các mô hình cho khả năng dự báo đúng cao nhất với tỉ lệ khoảng 12% trong khi ở các ngưỡng trên 25 mm/24 h đạt khoảng 8-10%. Tại hạn dự báo này, IFS cho kết quả tốt nhất ở ngưỡng mưa dưới 10 mm/24 h trong khi mô hình phân giải cao WRF3kmIFS cho kết quả tốt nhất ở ngưỡng mưa trên 10 mm/24 h. Dự báo từ mô hình khu vực phân giải cao đều cho kết quả tốt hơn so với toàn cầu và quá trình đồng hóa số liệu (WRF3kmIFS-DA) cũng cho phép tăng khả năng phát hiện tượng mưa lớn hơn. Mặc dù vậy có thể thấy rõ ở ngưỡng trên 25 mm tỉ lệ dự báo đúng chỉ đạt 5-6%.

4. Kết luận

Bài báo đã ứng dụng mô hình phân giải mây CRESS để dự báo mưa lớn tại Trung Trung Bộ, tập trung vào đợt mưa từ 10-13/9/2021 và 13 đợt mưa trong giai đoạn 2021-2022, Mô phỏng được so sánh với số liệu quan trắc radar và tại trạm cho thấy:

Đóng góp của từng tác giả trong bài báo: Xây dựng ý tưởng: Trương Bá Kiên; Xử lý số liệu: Trần Duy Thức, Phạm Quang Nam, Trần Đức Nam; Phân tích các kết quả: Lã Thị Tuyết, Phùng Thị Mỹ Linh, Trương Bá Kiên.

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả của nhiệm vụ "Nghiên cứu thử nghiệm ứng dụng mô hình phân giải mây (Cloud resolving model) tích hợp với mô hình khu vực dự báo định lượng mưa lớn thời đoạn 6h với hạn dự báo 24-48 h cho khu vực Trung Trung Bộ", Mã số Đề tài TNMT,2023,06,07.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của mình, chưa từng công bố trước đó, không sao chép, đạo văn; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Kiên, T,B, và cộng sự (2022), "Đánh giá chất lượng dự báo mưa định lượng của mô hình WRF cho khu vực Việt Nam", *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 738, 1-11.
2. Bùi Minh Tăng và cộng sự (2009), *Nghiên cứu, thử nghiệm dự báo định lượng mưa từ sản phẩm mô hình HRM và GSM*, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ.
3. Nguyễn Tiến Toàn (2020), *Nghiên cứu xây dựng bộ công cụ dự báo, cảnh báo dông, mưa lớn cho khu vực Trung Trung Bộ*, Mã số TNMT 2017,05,02.
4. Trần Hồng Thái và cộng sự (2016), "Phương pháp đồng hóa số liệu nudging cho quan trắc Radar và tác động tới dự báo mưa lớn trên khu vực Bắc Bộ", *tạp chí Khí tượng Thủy văn*, số 670 tr,1-6.
5. Wang, C, C, et al. (2021), "Evaluating quantitative precipitation forecasts using the 2,5 km CRESS model for typhoons in taiwan: An update through the 2015 season", *Atmosphere*, 12(11), <https://doi.org/10,3390/atmos12111501>
6. Wu, X,, & Li, X, (2008), "A review of cloud-resolving model studies of convective processes",

- Advances in Atmospheric Sciences*, Vol, 25, Issue 2, <https://doi.org/10.1007/s00376-008-0202-6>.
7. Im, ES,, In, SR, & Han, SO, (2013), "Numerical simulation of the heavy rainfall caused by a convection band over Korea: a case study on the comparison of WRF and CRESS", *Nat Hazards* 69, 1681-1695, <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0779-7>
 8. Sato, T, et al. (2009), "Diurnal Cycle of Precipitation in the Tropics Simulated in a Global Cloud-Resolving Model", *Journal of Climate*, 22(18), 4809-4826,
 9. Sugimoto, S, et al. (2021), "Cloud-Resolving-Model Simulations of Nocturnal Precipitation over the Himalayan Slopes and Foothills", *Journal of Hydrometeorology*, 22(12), <https://doi.org/10.1175/JHM-D-21-0103,1>
 10. Wang, C,-C, et al. (2013), "On the Separation of Upper and Low-Level Centres of Tropical Storm Kong-Rey (2013) near Taiwan in Association with Asymmetric Latent Heating", *Quart, J, Roy, Meteor, Soc*, 2021, 147, 1135-1149.
 11. Pijush K. Kundu (1980), "A Numerical Investigation of Mixed-Layer Dynamics", *Journal of Physical Oceanography*, Volume 10: Issue 2, 220-236. Doi: [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1980\)010<0220:ANIOML>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1980)010<0220:ANIOML>2.0.CO;2)
 12. Tsuboki Kazuhisa, Sakakibara Atsushi (2007), *Numerical Weather Prediction of High-impact Weather Systems: The Textbook for Seventeenth IHP Training Course in 2007- International Hydrological programme, Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University Publisher (2007)*.
 13. <https://www.nco.ncep.noaa.gov/pmb/products/gfs/>
 14. ASTER GDEM Validation Team (2012), *ASTER Global DEM Validation Summary Report*. <http://www.ersdac.or.jp>.
 15. Bộ Tài Nguyên và Môi trường (2017), *Thông tư 41/2017/TT-BTNMT của Bộ Tài nguyên và Môi trường quy định Quy định kỹ thuật đánh giá chất lượng dự báo, cảnh báo khí tượng*.

PREDICTABILITY OF HEAVY RAINFALL EVENTS IN THE CENTRAL OF CENTRAL VIET NAM BY CLOUD-RESOLVING MODEL (CRESS)

Truong Ba Kien, Pham Quang Nam, Nguyen Duc Nam, Tran Duy Thuc,
La Thi Tuyet, Phung Thi My Linh, Le Van Tuan
The Viet Nam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change

Received: 04/11/2024; Accepted: 05/12/2024

Abstract: This article presents the predictability of cloud-resolving model (CRESS) in forecasting heavy rainfall events in the central of Central Viet Nam region during the 2021-2022 period. The boundary conditions used were derived from GFS 0.5 data, with simulations evaluated against radar estimated rainfall data based on the statistical indices for 24 h to 48 h lead times with different rainfall thresholds. The results show that the CRESS model provides quite good skill in forecasting with 24-48 hour lead times as well as spatial pattern, in comparison to observed data. Moreover, with higher rainfall thresholds, the Probability of Detection (POD) index decreases significantly, while the False Alarm Ratio (FAR) index increases. The model's predictability for heavy rainfall forecasting at thresholds between 50 and 100 mm appears to be limited, Based on the forecasting skill indices indicates that forecasted rainfall generally exceeds observed values, with no significant differences between the forecast lead times. For the 13 heavy rainfall events during 2021-2022, the forecasted rainfall was higher than the observed amounts, with absolute errors ranging from 95 to 116 mm and RMSE values from 253 to 282 mm for 24 to 48 h forecast lead times, respectively.

Keywords: Cloud-resolving model (CRESS), heavy rainfall events, central of Central Viet Nam.