

NGHIÊN CỨU TƯƠNG TÁC GIỮA KHÔNG KHÍ LẠNH VÀ ÁP THẤP NHIỆT ĐỚI TRONG ĐỢT MƯA LỚN TỪ 13 ĐẾN 16/10/2016 TRÊN KHU VỰC TRUNG BỘ VIỆT NAM

Nguyễn Bình Phong¹, Nguyễn Anh Quốc², Nguyễn Văn Thắng³
Nguyễn Xuân Anh², Nguyễn Văn Hiệp²

¹Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

²Viện Vật lý địa cầu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

³Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Tóm tắt

Bài báo tiến hành mô phỏng đợt mưa lớn ngày 13 - 16/10 năm 2016 tại các tỉnh miền Trung bằng mô hình dự báo và nghiên cứu thời tiết (WRF). Bài báo đã sử dụng các chỉ số thống kê để đánh giá khả năng mô phỏng của mô hình bằng phương pháp so sánh với số liệu quan trắc và số liệu mưa vệ tinh. Bài báo cũng đưa ra một số nhận định về cơ chế hình thành và phát triển của đợt mưa lớn dựa trên cấu trúc của các trường khí tượng và tính toán vận tải ẩm từ sản phẩm mô hình. Kết quả mô phỏng và tính toán đã cho thấy mô hình nắm bắt tốt tương tác giữa áp thấp nhiệt đới (ATNĐ) và không khí lạnh, mô phỏng tương đối tốt diện mưa, mặc dù vẫn còn sai lệch về vị trí tâm mưa và lượng mưa. Trong đợt mưa lớn này, quá trình vận tải ẩm kết hợp với hội tụ mực thấp sinh ra do hoàn lưu áp thấp nhiệt đới kết hợp với gió mùa và hiệu ứng cưỡng bức địa hình có thể là cơ chế quyết định gây ra mưa lớn.

Từ khóa: Không khí lạnh; Áp thấp nhiệt đới; Mưa lớn

Abstract

The interaction between cold surge and tropical depression during heavy rainfall event from 13 to 16 Oct 2016 over the Central Vietnam region

In this paper, the heavy rainfall during the period of October 13 - 16 2016 over the Central Vietnam provinces was simulated using Weather Research and Forecasting (WRF) model. The model simulation efficiency is evaluated using statistical indices. Modelling results were compared with raingauge observation and satellite rainfall data. The mechanism of formation and development of this heavy rainfall event was also investigated based on meteorological variables and the simulated moisture transport. The results show that the model captures reasonably well the interaction between tropical depression and cold air. Although rainfall cover areas were well simulated, the location of heavy rainfall and rainfall amount still show relatively large errors. In this event, the moisture transport, low-level convergence caused by interaction between storm circulation and monsoon, the terrain effect are three main factors for the occurrence of the heavy rain.

Keywords: Cold air; Tropical depression; Heavy rainfall

1. Mở đầu

Mưa là một hiện tượng thời tiết quan trọng cho sự sống trên Trái đất. Mưa cung cấp nước cho mọi quá trình sinh sôi và phát triển của sinh vật sống, cho sinh hoạt

và sản xuất của con người,... Tuy nhiên, mưa lớn lại có thể gây ra lũ lụt, ngập úng, sạt lở đất,... ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường, đời sống sinh hoạt, hoạt động kinh tế - xã hội của con người. Nhằm mục

đích giảm thiểu các tác hại do mưa lớn gây ra, việc nghiên cứu dự báo mưa lớn được nhiều quốc gia trên thế giới chú trọng. Ở Việt Nam, vấn đề này cũng đã có được nhiều sự quan tâm từ lâu. Đặc biệt trong thời gian gần đây, khi mà khí hậu đang biến đổi từng ngày, tần suất xuất hiện mưa lớn càng ngày càng tăng, cường độ cũng lớn hơn, mưa lớn đã trở thành một vấn đề cần được quan tâm hơn nữa.

Mưa lớn xảy ra do một số hình thể thời tiết đặc trưng kết hợp với nhau, ít khi xảy ra với một hình thể đơn lẻ. Ở Việt Nam, mỗi vùng miền đều có đặc trưng riêng về thời tiết và khí hậu, địa hình, địa thế, cho nên hình thể thời tiết gây mưa lớn cũng khác nhau với từng vùng. Miền Trung Việt Nam có địa hình hẹp theo chiều ngang, phía Tây là núi cao, phía Đông là biển, hệ thống sông ngòi ngắn và dốc, dẫn đến khi mưa lớn xảy ra thường có lũ lụt, lũ quét và sạt lở đất.

Khu vực miền Trung có phía Bắc giáp với vùng Đồng bằng Bắc Bộ, phía Tây giáp với Lào và Campuchia, phía Nam giáp với vùng Nam Bộ và phía Đông là Biển Đông. Khu vực này trải dài theo hướng Bắc - Nam, chiều ngang hẹp với nơi hẹp nhất là 50 km (Quảng Bình). Phía tây là dãy Trường Sơn chạy dọc theo hướng Tây Bắc - Đông Nam và một số dãy đâm ra biển như Bạch Mã, Hoành Sơn. Với đặc trưng của hình thể như vậy, khí hậu miền Trung vô cùng phức tạp. Đặc biệt, dãy Trường Sơn như một tấm chắn lớn đối với 2 đợt gió mùa mùa hè và mùa đông. Gió mùa Tây Nam mang hơi ẩm đến bị chặn lại bên phía Tây của dãy Trường Sơn, khiến cho gió sang đến miền Trung Việt Nam khô và nóng, gây ra hạn hán cho khu vực vào mùa hè. Mùa đông gió mùa Đông Bắc hoạt động, bị chặn bởi dãy Trường Sơn, gây nên mưa địa hình mạnh mẽ. Sự

tương tác giữa địa hình, không khí lạnh và xoáy thuận nhiệt đới (bão, áp thấp nhiệt đới) là nguyên nhân chủ yếu gây mưa lớn khu vực miền Trung.

Theo Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia, đợt mưa lớn 13 - 16/10/2016 là đợt mưa lớn kỷ lục trên khu vực đã gây ra nhiều thiệt hại về người và của. Trong 24h từ đêm 13 đến ngày 14/10, tổng lượng mưa đo được tại trạm khí tượng Đồng Hới (Quảng Bình) lên tới 747 mm. Mưa lớn xối xả khiến lũ không thoát kịp dẫn đến ngập lụt nặng. Do lượng mưa lớn nên nước lũ trên các sông ở Quảng Bình đã đạt đỉnh và rút chậm. Đỉnh lũ trên sông Rào Nậy tại Đồng Tâm đạt 13,95 m; trên sông Gianh tại Mai Hóa đạt 9,20 m; trên sông Kiến Giang tại Kiến Giang đạt 8,79 m; trên sông Son tại Quảng Minh đạt 3,44 m. Theo Ủy ban quốc gia tìm kiếm cứu nạn, trận mưa kéo dài ba ngày tính đến 24 giờ ngày 15/10/2016 khiến 8 người chết và 10 người mất tích tính đến chiều 15/10. Trong đó, Quảng Bình thiệt hại nặng nhất với 6 người chết và 6 mất tích; Hà Tĩnh 2 người chết; Thừa Thiên Huế và Nghệ An mỗi địa phương đều một người chết và một mất tích. Mưa lũ cũng khiến hơn 26.000 nhà ngập và tốc mái, hơn 175 ha hoa màu hư hại. Để đảm bảo an toàn cho người dân, các địa phương phải di dời 140 hộ. Mưa lớn cũng gây thiệt hại nghiêm trọng về giao thông như đường Hồ Chí Minh đoạn đi qua xã Thượng Hóa, Minh Hóa thuộc Quảng Bình ngập sâu 1 m, dài 600 m. Nhiều tuyến đường khác qua Quảng Bình, Hà Tĩnh bị ngập, gây ách tắc giao thông hoặc sạt lở mái. Khung đoạn Đồng Hới đến Lệ Kỳ và ga La Khê (Hà Tĩnh) nước ngập mặt ray 10 cm giao thông đường sắt gián đoạn, 8 xã ở Quảng Bình và 4 xã ở Hà Tĩnh bị cô lập.

1.1. Các nghiên cứu trên thế giới

Anil Kumar, J.Dudhia, R.Rotunno, Dev Niyogi và U.C.Mohanty (2008) [9] đã sử dụng mô hình WRF để mô phỏng và phân tích đợt mưa lớn tại Mumbai, Ấn Độ vào ngày 26 tháng 7 năm 2005 với lượng mưa đo được trong 24 h là 944 mm. Từ kết quả thu được, các tác giả đã nhận định rằng hệ thống WRF đã có thể mô phỏng lại sự kiện mưa lớn và các tính năng động lực và nhiệt động lực liên quan. Các thí nghiệm đã chỉ ra rằng, mưa lớn trên khu vực là kết quả của sự tương tác của các hệ thống thời tiết quy mô synop với địa hình khu vực ven biển và do các thành phần ẩm từ Bắc và Tây bắc biển Ả Rập.

Chen Lianshou, Li Ying, Cheng Zhengquan (2010) [10] đi sâu vào nghiên cứu lượng mưa do xoáy thuận nhiệt đới kết hợp với các điều kiện khác nhau gây ra. Các tác giả đã chỉ ra rằng lượng mưa do xoáy thuận nhiệt đới gây ra có liên quan chặt chẽ với các cơ chế khác như vận tải ẩm, quá trình chuyển đổi ngoại nhiệt đới (Extratropical Transition), tương tác với gió mùa, quá trình bề mặt đất hoặc các hiệu ứng địa hình, các hệ thống đối lưu quy mô vừa trong xoáy thuận nhiệt đới và trao đổi năng lượng tại lớp biên. Khi xoáy thuận nhiệt đới với các cơ chế vật lý nêu trên đạt điều kiện thuận lợi, lượng mưa gây ra rất lớn. Cheng đã nghiên cứu mối quan hệ giữa vận tải ẩm và lượng mưa trong hai trường hợp xoáy thuận nhiệt đới, và nhận thấy trường hợp có vận tải ẩm thì lượng mưa gây ra lớn hơn và có phạm vi rộng hơn so với trường hợp không có vận tải ẩm.

Các quan sát đã chứng minh các xoáy thuận nhiệt đới sẽ suy yếu khi đi vào đất liền bởi ma sát bề mặt đất làm tiêu hao năng lượng và không được cung cấp năng lượng nhiệt ẩm từ nguồn nhiệt vĩ độ trung bình. Quá trình tương tác giữa một xoáy

thuận nhiệt đới với một rãnh phía Tây có thể gây ra sự chuyển đổi xoáy thuận nhiệt đới thành xoáy thuận ngoại nhiệt đới. Không khí lạnh sau rãnh Tây có thể xâm nhập vào xoáy. Năng lượng thế tà áp từ quá trình chuyển đổi sẽ chuyển thành năng lượng động học, phục hồi xoáy thuận nhiệt đới còn sót lại và gia tăng lượng mưa.

Địa hình vùng duyên hải và miền núi có thể ảnh hưởng đến lượng mưa liên quan đến xoáy thuận nhiệt đới. Ví dụ như sự di chuyển lên xuống của không khí do độ dốc của địa hình có thể góp phần gia tăng lượng mưa. Akihiko (2006) [12] đã nghiên cứu ba đợt mưa lớn xảy ra trên bán đảo Kii do cơn bão Meari (0422) tại Kyushu, Nhật Bản, bằng mô hình JMANHM với địa hình bị loại bỏ. Kết quả mô phỏng cho thấy một trong ba trường hợp lượng mưa liên quan đến địa hình miền núi biến mất, trong khi hai trường hợp còn lại thì không. Thử nghiệm chứng minh rằng lượng mưa xoáy thuận nhiệt đới có thể bị ảnh hưởng đáng kể bởi địa hình.

1.2. Các nghiên cứu trong nước

Không chỉ ở trên thế giới, mà tại Việt Nam, hiện tượng mưa lớn cũng được nghiên cứu trên nhiều khía cạnh, và bằng các phương pháp khác nhau.

Tác giả Nguyễn Hoàng Sơn (2014) [2] đã sử dụng các phương pháp: phân tích, thống kê khí hậu; phương pháp khí tượng synop; phương pháp phân tích địa lý tổng hợp để đánh giá vai trò của các hình thể thời tiết gây mưa lũ ở lưu vực sông Hương. Tác giả đã thực hiện phân tích đặc điểm và các hình thể gây mưa lớn gây mưa lũ thông qua việc sử dụng chuỗi số liệu mưa và số liệu mưa lũ trên sông Hương của Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn tỉnh Thừa Thiên Huế và Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Trung Trung Bộ, nhận

thấy trong 99 trận lũ của 33 năm (1981 - 2013) xảy ra trên lưu vực sông Hương có 8 loại hình thể chủ yếu và 5 hình thể phụ (hoặc đơn thuần hoặc kết hợp) được xem là nguyên nhân chủ yếu gây ra mưa lũ trong đó từ tháng X đến tháng XII không khí lạnh đóng vai trò tác nhân rất quan trọng trong việc kết hợp với các hình thể khác gây mưa sinh lũ trên diện rộng ở lưu vực sông Hương. Theo số liệu thống kê không khí lạnh có ảnh hưởng trong việc tạo ra 63 trận lũ trong tổng số 99 trận lũ của 33 năm (1981 - 2013). Không khí lạnh thường kết hợp với các nhiễu động thời tiết khác như: bão, áp thấp, dải hội tụ nhiệt đới, đới gió đông trên cao,... Đặc biệt vào cuối tháng XI đầu tháng XII, do có sự hoạt động tăng cường của không khí lạnh, các trận mưa đặc biệt lớn thường xảy ra với cường độ cao.

Trần Tân Tiến và Nguyễn Thị Thanh (2011) [3] đã đồng hóa trường ban đầu cho mô hình WRF bằng phương pháp 3DVAR với số liệu vệ tinh MODIS để dự báo mưa lớn cho khu vực Trung Bộ trong hai mùa mưa 2007, 2008. Các tác giả đã sử dụng số liệu trường phân tích và dự báo của mô hình GFS do NCEP cung cấp cách nhau 6h để làm trường ban đầu và điều kiện cho mô hình WRF; Profile nhiệt độ và độ ẩm MODIS lấy từ sản phẩm MYD7_L2 của vệ tinh AQUA ở khoảng thời gian 05:30Z để đồng hóa 3DVAR trong mô hình WRF với thời điểm ban đầu 06:00Z; Số liệu mưa bề mặt được sử dụng để so sánh với mưa dự báo của mô hình WRF, trong cả hai trường hợp không có và có đồng hóa số liệu. Kết quả mà các tác giả thu được cho thấy, đồng hóa số liệu MODIS đã cải thiện đáng kể cả về diện mưa và lượng mưa dự báo 30h đầu. Tuy nhiên, ở hạn dự báo từ 30 - 54h, việc đồng hóa số liệu MODIS không cho kết quả vượt trội so với trường hợp không đồng hóa.

Tác giả Lê Như Quân (2015) [1] đã thực hiện ba thí nghiệm bao gồm: (1) Sử dụng mô hình RegCM4 để mô phỏng xu thế biến đổi của mưa lớn, mưa cực trị cho khu vực Việt Nam; (2) Sử dụng số liệu quan trắc đã được phân tích trên lưới APHRODITE của Nhật Bản để đánh giá khả năng mô phỏng xu thế biến đổi của mưa lớn và mưa cực trị cho khu vực Việt Nam; (3) Sử dụng mô hình RegCM4 để dự tính xu thế biến đổi của mưa lớn và mưa cực trị cho khu vực Việt Nam. Tác giả đã thực hiện các thí nghiệm bằng mô hình RegCM4 với các nguồn dữ liệu khác nhau cho đầu vào và đã nhận định rằng, kết quả mô phỏng của mô hình RegCM4 tương đối phù hợp với quan trắc.

Đợt mưa lớn trên gây ra bởi sự kết hợp giữa áp thấp nhiệt đới với gió mùa đông bắc và địa hình đặc trưng tại khu vực miền Trung. Theo quy luật, các đợt mưa lũ ở miền Trung xảy ra vào tháng 9 - 11, cao điểm là tháng 11. Nguyên nhân là dải hội tụ nhiệt đới; hoặc áp thấp nhiệt đới kết hợp với không khí lạnh; hoặc bão cùng không khí lạnh. Có thể thấy là đợt mưa lớn trên không nằm ngoài quy luật nhưng lượng mưa lại cao kỷ lục.

2. Cơ sở số liệu và phương pháp nghiên cứu

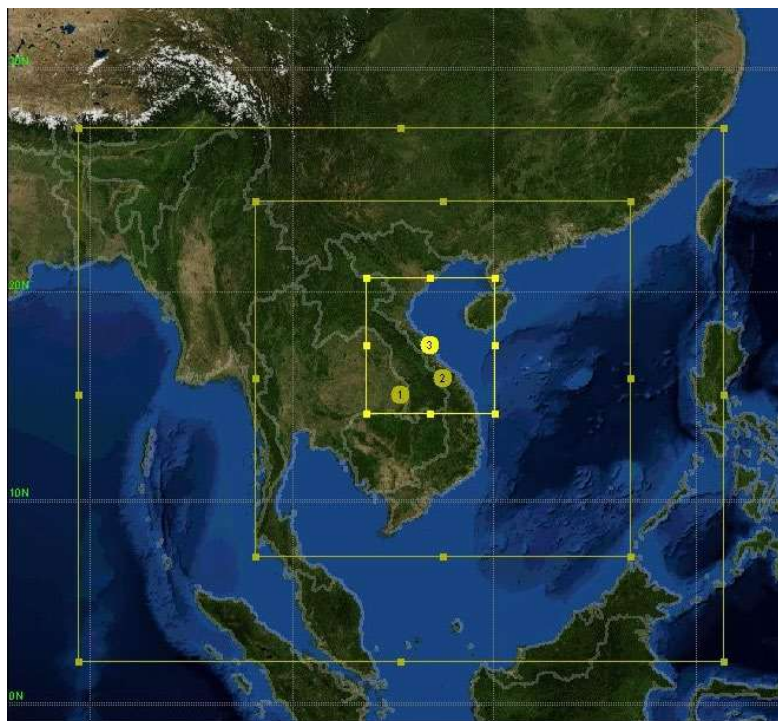
2.1. Số liệu

Đợt mưa lớn 13 - 16/10 năm 2016 sẽ được mô phỏng dựa trên số liệu đầu vào là dữ liệu đầu ra từ mô hình dự báo toàn cầu GFS.

Các trường ban đầu và điều kiện biên của số liệu được lấy từ 00Z ngày 13/10/2016 đến 00Z ngày 16/10/2016, độ phân giải thời gian 12 tiếng, được cung cấp bởi NOAA. Ngoài ra, bộ số liệu ước lượng mưa vệ tinh TRMM 3B42 với độ phân giải $0,25 \times 0,25$ độ kinh vĩ và số liệu quan trắc tại Việt Nam cũng được sử dụng trong nghiên cứu này.

2.2. Thiết kế thí nghiệm

Thí nghiệm bao gồm 3 miền tính lồng nhau:



Hình 1: Miền tính của mô hình

Bảng 1. Kích thước miền tính của thí nghiệm

Miền	Độ phân giải (km)	Độ phân giải (điểm lưới)	Tọa độ tâm miền
Miền 1	54	63×52	15°N, 105°E
Miền 2	18	109×103	16°N, 107°E
Miền 3	6	112×118	17.5°N, 106.5°E

Mô phỏng được thực hiện 4 lần cách nhau 12 tiếng, với lần thứ nhất bắt đầu từ 00Z ngày 13. Mỗi lần chạy tích phân 72 tiếng. Bước thời gian tích phân là 120 giây.

Đối với kết quả mô phỏng biến mưa và vận tải ẩm, ta lấy kết quả mô phỏng của 24 tiếng đầu tiên của mỗi lần mô phỏng rồi lấy tổng lại cho ra kết quả cuối cùng.

Đối với kết quả mô phỏng trường nhiệt và gió, ta cũng lấy kết quả mô phỏng của 24 tiếng đầu tiên cho mỗi lần mô phỏng, sau đó lấy giá trị trung bình cho mỗi mốc thời gian.

2.3. Tính vận tải ẩm

Nghiên cứu đã tiến hành tính toán lượng vận tải ẩm cung cấp cho cả đợt mưa theo công thức vận tải ẩm [4] dựa trên các biến đầu ra của mô hình WRF.

$$\vec{Q} = -\frac{1}{g} \int_{p_s}^{p_0} (\vec{v}q) dp$$

Với $(\text{kg} \cdot (\text{m} \cdot \text{s})^{-1})$ là vector vận chuyển hơi nước, q (g/kg) là độ ẩm riêng, (ms^{-1}) là vector gió, p_0 và p_s tương ứng là giới hạn khí áp bên dưới và bên trên của cột khí quyển được xem xét.

Vận tải ẩm được tính toán trong bài báo này chỉ xét đến theo chiều ngang trong toàn cột khí quyển.

Vận tải ẩm vĩ hướng Q_u trên toàn cột khí quyển:

$$Q_u = -\frac{1}{g} \int_0^{P_0} (uq) dp$$

Vận tải ẩm kinh hướng Q_v trên toàn cột khí quyển:

$$Q_v = -\frac{1}{g} \int_0^{P_0} (vq) dp$$

Độ lớn cho vận tải ẩm ngang Q :

$$Q = \sqrt{Q_u^2 + Q_v^2}$$

Trong đó: u là thành phần gió vĩ hướng;

v là thành phần gió kinh hướng

2.4. Phương pháp đánh giá mô hình

Bài báo đánh giá khả năng mô phỏng của mô hình bằng cách so sánh giữa giá trị mưa tích lũy 12h thu được từ kết quả mô phỏng nội suy về các tọa độ trạm quan trắc trên thực tế, với số liệu mưa tích lũy 12h thu được tại các trạm thông qua các chỉ số:

Sai số trung bình (Mean Error)

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (F_i - O_i)$$

Sai số tuyệt đối trung bình (Mean Absoluted Errors)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |F_i - O_i|$$

Sai số phần trăm trung bình tuyệt đối (Mean Absoluted Percentage Errors)

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{F_i - O_i}{O_i} \right|$$

Trong đó: F_i là số liệu mô hình

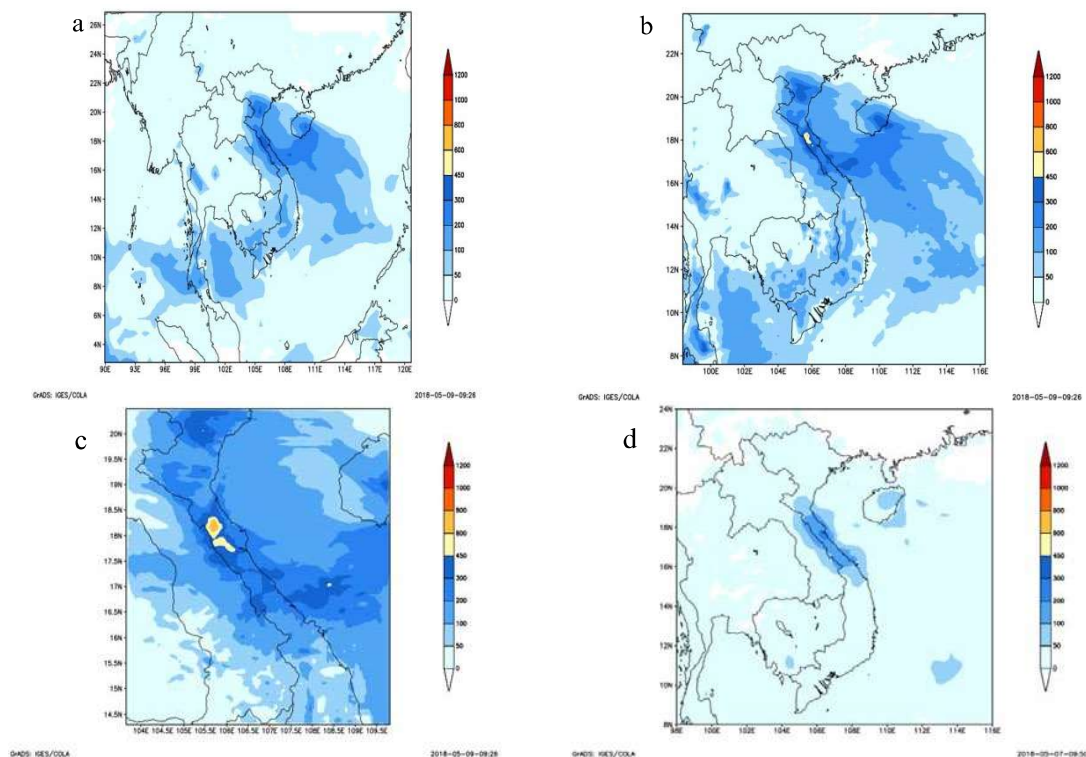
O_i là số liệu quan trắc

N là dung lượng mẫu

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả mô phỏng mưa

Nghiên cứu tiến hành mô phỏng đợt mưa lớn trên bằng mô hình WRF với thời gian mô phỏng là 3 ngày (từ 00Z ngày 13/10/2016 đến 00Z ngày 16/10/2016). Kết quả mô phỏng cho tổng lượng mưa 3 ngày được thể hiện trên hình 2.



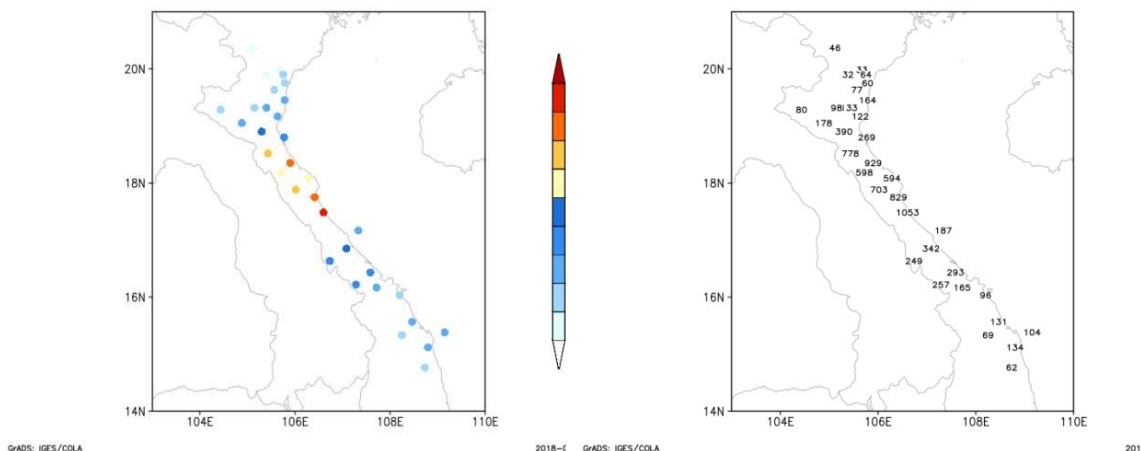
Hình 2: Lượng mưa mô phỏng tích lũy 3 ngày từ mô hình WRF của 3 miền (a,b,c) và từ bộ số liệu TRMM [mm](d) trong giai đoạn từ 13/10/2016 - 16/10/2016

Kết quả mô phỏng mưa tích lũy từ mô hình WRF cho giai đoạn 3 ngày từ 00Z ngày 13/10/2016 đến 00Z ngày 16/10/2016 cho thấy vùng có lượng mưa tích lũy lớn nhất là khu vực các tỉnh Hà Tĩnh và Quảng Bình với lượng mưa tích lũy đạt 600 - 800 mm tại tỉnh Hà Tĩnh. Thanh Hóa và Quảng Trị cũng là 2 tỉnh có vùng mưa với lượng mưa tích lũy lớn. So sánh kết quả mô phỏng mưa với bộ số liệu mưa vệ tinh TRMM.

Từ hình 2 a,b cho thấy, có sự khác biệt vị trí mưa cực đại và lượng mưa lớn giữa mô phỏng và bộ số liệu TRMM. Mô hình WRF có kết quả mưa lớn cực đại 600

- 800 mm, tâm mưa nằm ở tỉnh Hà Tĩnh. Trong khi đó, bộ số liệu TRMM lại hiển thị lượng mưa cực đại trong khoảng 300 - 450 mm, tâm mưa nằm ở tỉnh Quảng Bình. Bộ số liệu TRMM có vùng mưa lớn nằm trên khu vực Hà Tĩnh, Quảng Bình, Quảng Trị và Thừa Thiên Huế. Vùng Thanh Hóa không có mưa lớn.

Tổng lượng mưa tích lũy 3 ngày từ bộ số liệu quan trắc mưa tích lũy 12h thu được tại các trạm quan trắc khí tượng khu vực Bắc và Trung Trung Bộ từ 00Z ngày 13/10 đến 00Z ngày 16/10 được thể hiện trên hình 3.



Hình 3: Số liệu mưa tích lũy 12h từ 00Z 13/10/2016 đến 00Z ngày 16/10/2016 tại các trạm trên khu vực Bắc và Trung Trung Bộ

Với số liệu quan trắc tại các trạm được thể hiện trên bản đồ có thể thấy, tâm mưa lớn nằm ở khu vực tỉnh Quảng Bình, với lượng mưa tích lũy 3 ngày đo được tại trạm khí tượng Đồng Hới là 1053 mm, cao nhất toàn khu vực. Tiếp đó là khu vực tỉnh Hà Tĩnh với lượng mưa tích lũy đo được tại trạm khí tượng Hà Tĩnh cao nhất toàn tỉnh là 929 mm.

Lượng mưa mô phỏng từ mô hình thấp hơn lượng mưa đo được tại các trạm quan trắc là hơn 200 mm, cao hơn số liệu TRMM 350 mm. Vị trí tâm và diện mưa lớn từ số liệu TRMM sát với thực tế hơn

so với kết quả mô phỏng. Diện mưa do mô hình mô phỏng cũng tương đối giống thực tế, chỉ có khu vực tỉnh Thanh Hóa là có sự khác biệt.

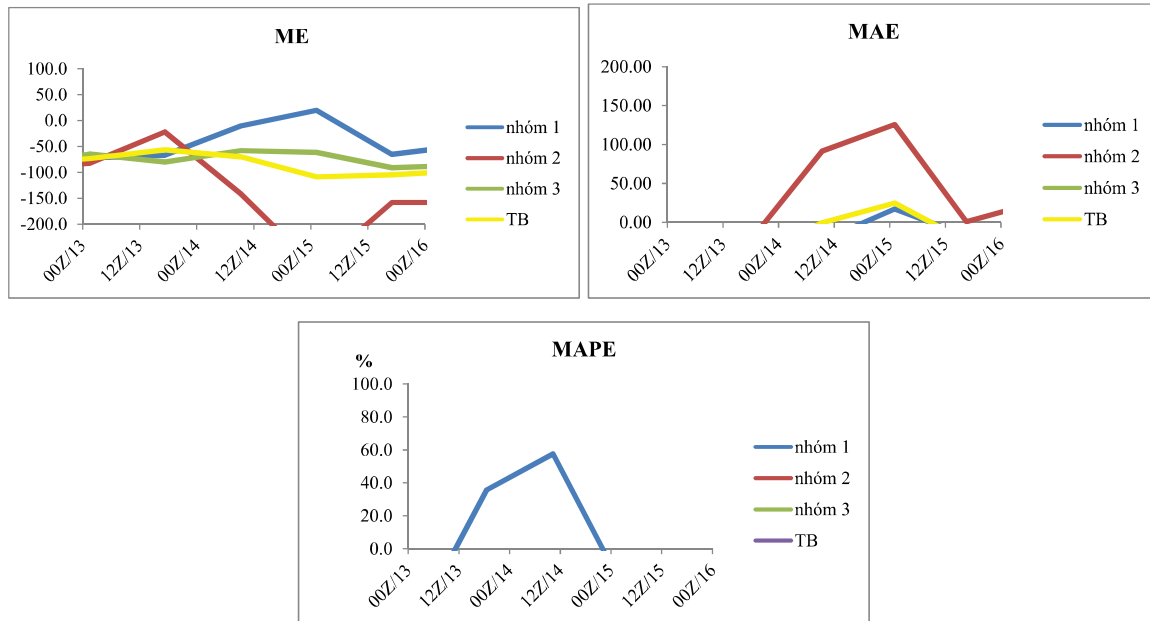
Để đánh giá khả năng mô phỏng của mô hình thông qua các chỉ số đánh giá, nghiên cứu đã chia các trạm quan trắc trong khu vực Bắc và Trung Trung Bộ thành 3 nhóm theo vĩ độ bao gồm:

Nhóm 1: Bao gồm 12 trạm ở phía Bắc vĩ tuyến 19°N.

Nhóm 2: Bao gồm 10 trạm có vĩ độ từ 17,4°N đến 19°N.

Nhóm 3: Gồm 12 trạm ở phía Nam vĩ tuyến 19°N.

Sau đó, nghiên cứu tiến hành nội suy kết quả mô phỏng từ mô hình về các trạm khí tượng và so sánh với số liệu quan trắc thực tế tại các trạm.



Hình 4: Biểu đồ chỉ số sai số trung bình (ME), sai số trung bình tuyệt đối (MAE) [mm] và sai số phần trăm trung bình tuyệt đối (MAPE) [%] giữa kết quả mô phỏng và giá trị quan trắc cho 3 nhóm khu vực và trung bình cho toàn vùng theo thời gian.

Theo như biểu đồ chỉ số sai số trung bình (ME) thể hiện, với các trạm nhóm 3, khả năng mô phỏng của mô hình cho lượng mưa tích lũy là tốt nhất so với 2 nhóm trạm còn lại. Độ sai lệch của nhóm 2 là lớn nhất, với cực đại vào 00Z ngày 15/10, kết quả mô phỏng cho ra lượng mưa ít hơn so với thực tế 160.1 mm. Các trạm nhóm 1 thì có kết quả trội hơn hẳn so với quan trắc, do mô hình đã mô phỏng được 1 vùng mưa rất lớn diện rộng ở tỉnh Thanh Hóa, khác biệt rất lớn so với thực tế.

Đường biểu thị trung bình cho toàn miền chạy mô hình khá gần với 0 và chủ yếu mang giá trị âm. Nghĩa là mô hình mô phỏng khá tốt cho lượng mưa tích lũy toàn miền trong 3 ngày, có xu hướng dự báo thấp hơn so với thực tế. Nhưng khi chia nhỏ ra các vùng khác nhau thì có sự chênh lệch giữa kết quả mô phỏng và thực tế là khá lớn.

Mặc dù chỉ số đánh giá sai số trung bình tuyệt đối (MAE) cho nhóm 2 lớn hơn

nhiều so với giá trị quan trắc, nhưng chỉ số sai số phần trăm trung bình tuyệt đối (MAPE) lại cho thấy so với lượng mưa rất lớn quan trắc được ở các trạm nhóm 2 thì sai số lại không quá 10%.

Các chỉ số cho các trạm nhóm 1 cũng cho thấy sự sai khác rất lớn giữa kết quả mô hình so với thực tế quan trắc.

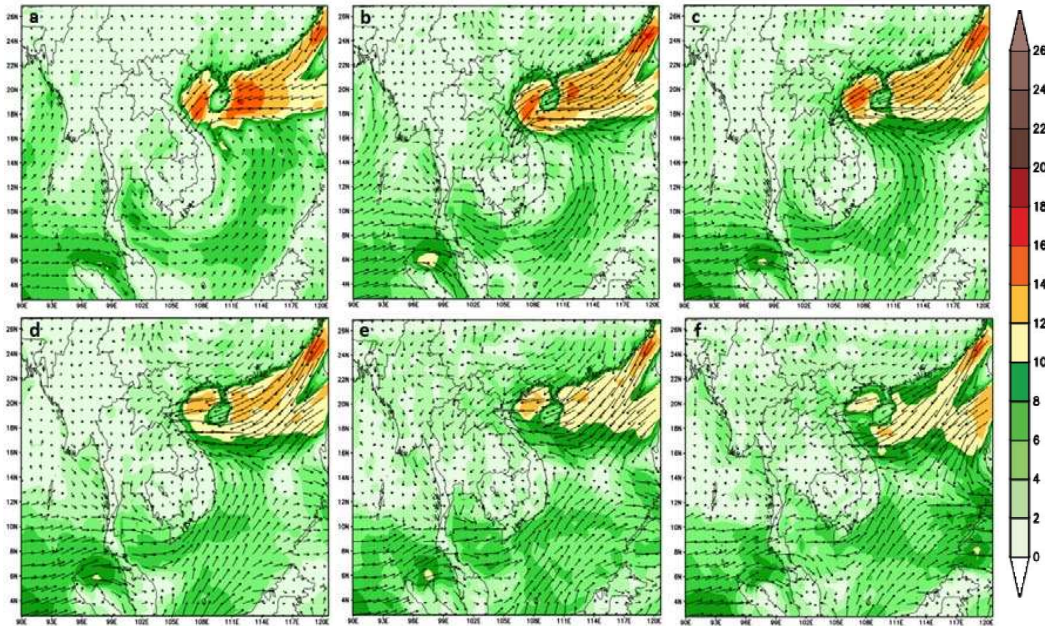
3.2. Kết quả mô phỏng gió

Từ hình 5a, tại thời điểm 00Z ngày 13/10, tồn tại 1 vòng hoàn lưu khép kín với tâm tại 16°N, 111°E, vận tốc gió cực đại tầm 10 - 12 ms⁻¹. Gió thịnh hành trên Trung Trung Bộ có hướng Đông bắc với vận tốc gió 2 - 4 ms⁻¹. Sau 12h, tâm của vùng hoàn lưu di chuyển theo hướng Tây, vị trí tâm nằm ở khoảng 16°N, 108°E. Do tác động của vùng hoàn lưu khép kín, gió Đông bắc hoạt động mạnh hơn, vận tốc gió thịnh hành trên khu vực Trung Trung Bộ là 8 - 10 ms⁻¹. Khu vực hội tụ gió

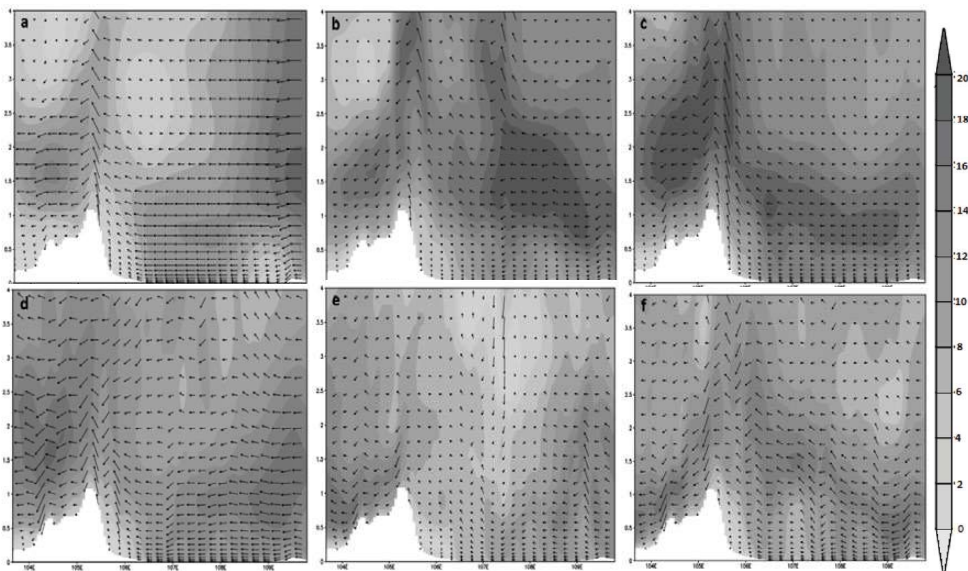
Nghiên cứu

nằm trên khu vực từ Hà Tĩnh đến Huế. Đến 00Z ngày 14/10, kết quả mô phỏng (hình 5 c) cho thấy vị trí hội tụ gió đã dịch chuyển lên phía bắc, nằm ở khu vực tỉnh Quảng Bình đến phía nam Nghệ An, vận

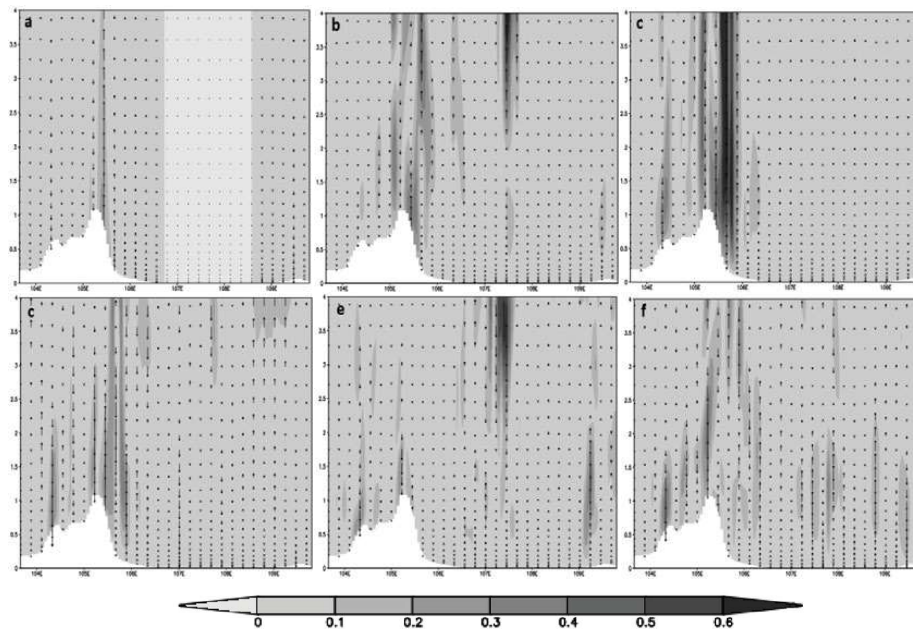
tốc gió thịnh hành là $8 - 10 \text{ ms}^{-1}$. Từ 12h - 36h sau đó (Hình 5 d,e,f), vùng hoàn lưu gió đã yếu dần và biến mất, gió thịnh hành tại khu vực Trung Trung Bộ suy giảm còn $4 - 6 \text{ ms}^{-1}$.



Hình 5: Trường gió mực 10m mô phỏng tại các thời điểm 00Z và 12Z các ngày từ 13/10 - 15/10 lần lượt theo thời gian. Màu hiển thị cho tốc độ gió [ms^{-1}]



Hình 6: Mặt cắt thẳng đứng qua vĩ độ $18,2^\circ\text{N}$ của tốc độ gió và tổng vector gió mô phỏng đã nhân thành phần gió thẳng đứng với 100 tại thời điểm 00Z và 12Z các ngày 13/10 - 15/10 lần lượt theo thời gian. Màu hiển thị cho tốc độ gió [ms^{-1}]



Hình 7: Mặt cắt thẳng đứng qua vĩ độ 18,2°N của tốc độ gió và vector gió thẳng đứng mô phỏng tại thời điểm 00Z và 12Z các ngày 13/10 - 15/10 lần lượt theo thời gian. Màu hiển thị cho tốc độ gió [ms^{-1}]

Bên cạnh kết quả mô phỏng trường gió 1 mực 10 m như đã thể hiện (hình 5), kết quả mô phỏng cho mặt cắt gió tại tâm vùng mưa lớn tại vị trí khoảng 18,2°N theo kết quả mô phỏng mưa cũng được xét đến.

Như kết quả mô phỏng hình 7 a tại thời điểm 00Z ngày 13/10, gió Đông bắc hoạt động còn khá yếu, độ thay đổi gió theo chiều cao chỉ lớn ở khoảng kinh độ 108°E đến 110°E. Sang đến 12Z ngày 13/10, tương ứng với thời điểm ATNĐ tiến gần vào đất liền, gió đã hoạt động mạnh hơn, độ thay đổi gió theo chiều cao cũng tăng mạnh trên toàn bộ đất liền (hình 6 b). Trạng thái gió theo chiều cao như vậy duy trì cho đến 00Z ngày 15/10 (hình 6 c, d, e) thì ổn định dần.

Với kết quả mô phỏng cho gió thẳng đứng lúc 00Z ngày 13/10 (hình 7 a), từ khoảng 108,5°E đến 110°E, tồn tại chủ yếu là dòng giáng. Từ 105,5°E đến 106,5°E, tồn tại dòng thẳng nhưng khá yếu, chỉ khoảng 0,2 - 0,3 ms^{-1} . 12h sau đó (hình 7 b), tại kinh độ 107,5°E, mực từ 2 km trở lên, tồn tại 1 dòng thẳng rất mạnh,

bên cạnh đó là 1 dòng thẳng do cường bức địa hình tại 105,5°E. 00Z ngày 14/10 (hình 7 c), dòng thẳng chủ yếu do hiệu ứng nâng địa hình trong khoảng kinh độ từ 105,5°E đến 106°E. Các ngày sau đó, dòng giáng đã thể hiện rõ hơn, dòng thẳng vẫn còn tương đối.

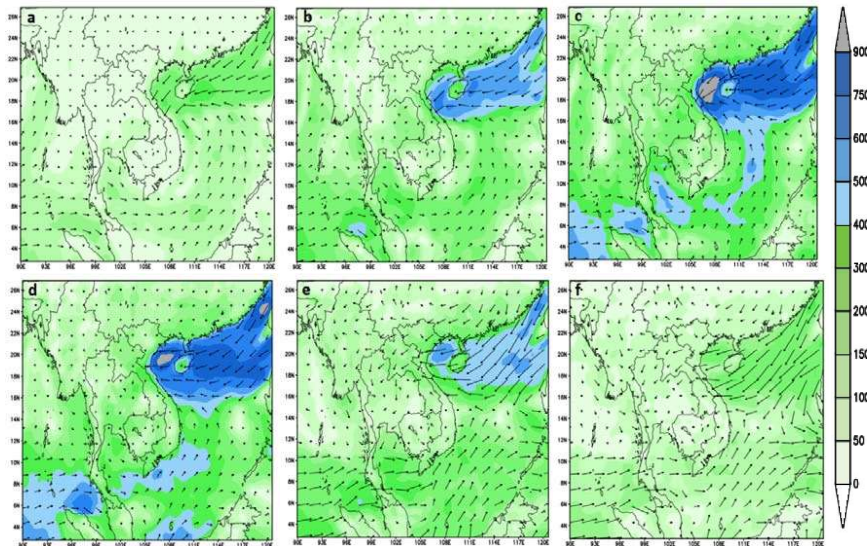
3.3. Kết quả mô phỏng vận tải ẩm và độ hội tụ ẩm

Từ kết quả mô phỏng được thể hiện như trên hình 8, có thể thấy từ 00Z ngày 13/10 đến 12Z ngày 13/10, lượng ẩm vận chuyển bởi gió Đông bắc trên khu vực bờ biển Trung Bộ khoảng 150 - 200 ($\times 10 \text{ kg ms}^{-1}$) tăng lên đến 500 - 600 ($\times 10 \text{ kg ms}^{-1}$) (hình 8 a,b). Đến 00Z ngày 14/10, giá trị vận tải ẩm trong cả đợt mưa lớn đạt cực đại, với giá trị trên khu vực dọc biển Trung Trung Bộ trong khoảng 750 - 900 ($\times 10 \text{ kg ms}^{-1}$). Lượng vận tải ẩm trên khu vực Trung Trung Bộ là trên 400 ($\times 10 \text{ kg ms}^{-1}$) (hình 8 c). Đến 12Z ngày 14/10, lượng vận tải ẩm đã giảm khoảng 300 - 400 ($\times 10 \text{ kg ms}^{-1}$) (hình 8 d). Trong ngày 15/10, giá trị tiếp tục giảm xuống.

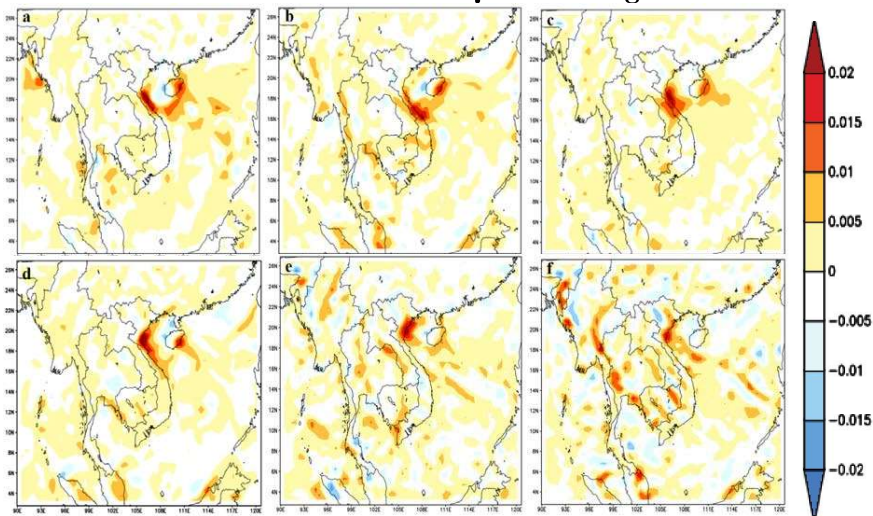
Nghiên cứu

Mô phỏng độ hội tụ ẩm cho thấy vùng hội tụ ban đầu ở tỉnh Hà Tĩnh đến Quảng Trị (hình 9 a). Sau đó, vùng hội tụ nằm ở khu vực các tỉnh Quảng Trị - Huế

tại thời điểm 12Z ngày 13/10 (hình 9 b), và dịch chuyển dần lên phía bắc theo thời gian (hình 9 c, d, e).



Hình 8: Kết quả mô phỏng vận tải ẩm [$\times 10 \text{ kg ms}^{-1}$] tại các thời điểm 00Z và 12Z các ngày từ 13/10 - 15/10 lần lượt theo thời gian.



Hình 9: Kết quả mô phỏng độ hội tụ ẩm tại các thời điểm 00Z và 12Z các ngày từ 13/10 - 15/10 lần lượt theo thời gian.

3.5. Nghiên cứu cơ chế của đợt mưa lớn

Như đã đề cập ở phần trên, nguyên nhân gây ra đợt mưa lớn là do sự kết hợp giữa 2 hình thế synop chính là ATNĐ và không khí lạnh. Trong kết quả mô phỏng gió cũng đã thể hiện được ATNĐ này (hình 5 a). Đợt không khí lạnh khá yếu vì đường đẳng áp chỉ từ 1010 mb đến 1016

mb dọc theo hướng nam bắc, ảnh hưởng tới các tỉnh ven biển và Bắc Trung Bộ, vận tốc gió khoảng 2 - 4 ms^{-1} (hình 5 a).

Do ảnh hưởng của hoàn lưu ATNĐ di chuyển theo hướng Tây Nam lúc 12Z ngày 13/10 (hình 5 a, b), với vận tốc gió cực đại là 15 ms^{-1} , gió Đông bắc hoạt động mạnh hơn, vận tốc gió Đông bắc đã tăng mạnh sau 12h, cụ thể vận tốc gió thịnh

hành trên khu vực từ thành phố Vinh tới Huế tăng khoảng 6 ms^{-1} . Ảnh hưởng của hoàn lưu ATNĐ đến khả năng vận tải ẩm từ Biển đông vào khu vực đất liền cũng tăng đáng kể (hình 8 a, b). Có thể thấy vùng hội tụ gió và hội tụ ẩm tại thời điểm 12Z ngày 13/10 (hình 8 b) tương ứng với vùng mưa lớn theo như kết quả mô phỏng mưa tích lũy 12h lúc 00Z ngày 14/10.

Lúc 00Z ngày 14/10, ATNĐ di chuyển theo hướng Tây (hình 5 b, c), vùng tâm áp thấp ảnh hưởng mở rộng lên phía Bắc, trên các tỉnh Thừa Thiên Huế - Quảng Trị. Vùng hội tụ gió và ẩm nằm trên khu vực các tỉnh Quảng Bình đến phía Nam tỉnh Nghệ An (hình 5 c). Vùng mưa lớn đã dịch chuyển lên khu vực tỉnh Hà Tĩnh, tương ứng với vùng hội tụ gió và ẩm. Tâm mưa nằm ở vị trí sát với sườn núi, là kết quả của hiệu ứng nâng địa hình mạnh mẽ (hình 6 c). Cũng có thể thấy trên hình 6 c, do ảnh hưởng của tâm ATNĐ, vận tốc gió trên khu vực Thừa Thiên Huế đã giảm còn khoảng 4 ms^{-1} . Các yếu tố vận tải ẩm, hội tụ gió và ẩm đều giảm.

Tại thời điểm 12Z ngày 14/10, ATNĐ đã suy yếu thành vùng áp thấp (hình 5 d). Gió chủ yếu là gió Đông, hội tụ trên khu vực tỉnh Nghệ An, Hà Tĩnh, Quảng Bình nhưng độ hội tụ gió đã giảm và tập trung chủ yếu ở tỉnh Hà Tĩnh và Nghệ An. Kết quả mô phỏng vận tải ẩm và hội tụ ẩm (hình 8 d) cho thấy lượng ẩm được tập trung chủ yếu ở khu vực bờ biển tỉnh Nghệ An. Vùng mưa lớn mô phỏng cho thấy tâm mưa nằm ở khu vực tỉnh Nghệ An, khu vực núi Trường Sơn thuộc tỉnh Hà Tĩnh và khu vực tỉnh Thanh Hóa.

Tại các thời điểm tiếp theo sau đó, kết quả mô phỏng gió và vận tải ẩm đều cho thấy hội tụ gió và ẩm tập trung chủ yếu trên khu vực ven biển tỉnh Nghệ An và Hà Tĩnh (Hình 5, 8), lượng mưa đã giảm dần.

4. Kết luận

Đợt mưa lớn ngày 13/10 - 16/10/2016 trên khu vực miền Trung đã gây ra nhiều thiệt hại về người và của. Lượng mưa tích lũy 12h lớn nhất quan trắc được tại trạm khí tượng Đồng Hới (Quảng Bình) đạt 643,8 mm tại thời điểm 12Z ngày 14/10. Đây cũng là giá trị kỉ lục trong lịch sử quan trắc trạm.

Bài báo này đã tiến hành mô phỏng đợt mưa lớn trên bằng mô hình WRF với 3 lưới lồng nhau, độ phân giải $54 \text{ km} \times 18 \text{ km} \times 6 \text{ km}$, thời gian mô phỏng là 3 ngày từ 00Z ngày 13/10 đến 00Z ngày 16/10. Từ kết quả mô phỏng có thể rút ra kết luận như sau:

Mô hình đã nắm bắt tốt tương tác ATNĐ và không khí lạnh, mô phỏng tương đối được diện mưa, mặc dù vẫn còn sai lệch về vị trí tâm mưa và lượng mưa. Cụ thể là lượng mưa tích lũy 3 ngày do mô hình mô phỏng thấp hơn thực tế và tâm mưa nằm ở tỉnh Hà Tĩnh thay vì nằm ở tỉnh Quảng Bình như thực tế. Đặc biệt là khu vực tỉnh Thanh Hóa có sự sai lệch tương đối lớn về lượng mưa.

Bài báo đã phân tích cơ chế của đợt mưa lớn dựa vào kết quả mô phỏng của mô hình, phân tích các trường gió, nhiệt, vận tải ẩm, hội tụ ẩm và mặt cắt gió và rút ra một số nhận định về cơ chế gây đợt mưa lớn. Trong đó nguyên nhân chính gây ra mưa lớn là do sự hội tụ của hoàn lưu ATNĐ kết hợp với gió mùa Đông bắc được tăng cường. Một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến lượng mưa là quá trình vận tải ẩm kết hợp với hội tụ mực thấp. Do đợt gió mùa Đông bắc đến Việt Nam đi qua biển, nên lượng ẩm lớn được gió mùa mang đến trong suốt đợt mưa, kết hợp với lượng ẩm sinh ra do ATNĐ làm tăng cường lượng mưa.

Vì mưa lớn nhất quan trắc được gần bờ biển, cụ thể là lượng mưa trạm Đồng Hới quan trắc được đạt cực đại trong cả đợt mưa, nên hiệu ứng nâng địa hình

(orographic lifting) có thể không phải là yếu tố quan trọng nhất, trong khi đó vai trò hội tụ do hoàn lưu bão kết hợp với gió mùa và hiệu ứng cưỡng bức địa hình (orographic forcing) có thể là cơ chế quyết định trong đợt mưa lớn này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Lê Như Quân (2015). *Nghiên cứu mô phỏng và dự tính xu thế biến đổi của các sự kiện mưa lớn trên khu vực Việt Nam bằng mô hình khí hậu khu vực*. Luận án Tiến sĩ Khí tượng và Khí hậu học.

[2]. Nguyễn Hoàng Sơn (2014). *Đánh giá vai trò của hình thế thời tiết gây mưa lũ ở lưu vực sông Hương, tỉnh Thừa Thiên Huế. Giai đoạn 1976 - 2013*. Tạp chí Khoa học ĐHSP TPHCM số 61.

[3]. Trần Tân Tiến và Nguyễn Thị Thanh (2011). *Đồng hóa dữ liệu vệ tinh modis trong mô hình WRF để dự báo mưa lớn ở khu vực Trung Bộ*. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ 27, số 3S (2011) 90 - 95.

[4]. Vũ Văn Thăng (2016). *Đặc điểm vận tải ẩm ở Việt Nam trong các đợt ENSO*. Luận án Tiến sĩ Khoa học Trái Đất, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, Bộ Tài nguyên và Môi trường.

[5]. <http://kttvntb.gov.vn/Doc.aspx?d=258>

[6]. <http://kttvqg.gov.vn/tin-tuc/2631/Cau-45:-The%CC%81-na%CC%80o-la%CC%80-mua-lo%CC%81n-die%CC%A3n-ro%CC%A3ng.html>.

[7]. <https://vnexpress.net/tin-tuc/thoi-su/mua-o-quang-binh-la-ky-luc-chua-tung-co-3484061.html>.

[8]. <https://vnexpress.net/tin-tuc/thoi-su/8-nguoi-chet-do-mua-lu-o-mien-trung-3484282.html>.

[9]. Anil Kumar, J. Dudhia, R. Rotunno, Dev Niyogi and U.C.Mohanty (2008). *Analysis of the 26 July 2005 heavy rain event over Mumbai, India using the Weather Research and Forecasting (WRF) model*.

Quarterly Journal of the Royal meteorological society. 134: 1897 - 1910.

[10]. CHEN Lianshou, LI Ying and CHENG Zhengquan (2010). *An Overview of Research and Forecasting on Rainfall Associated with Landfalling Tropical Cyclones*. Advances in Atmospheric Sciences, Vol. 27, No. 5, 967 - 976.

[11]. User's Guide (2010). *ARW Verion 3 Modeling System*.

[12]. Murata, Akihiko (2016). *The numerical simulation for the heavy rainfall over a mountainous area in Japan caused by typhoon Meari (2004)*. 27th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, American Meteorological Society.

BBT nhận bài: 03/6/2019; Phản biện
xong: 01/7/2019