

XÂY DỰNG MÔ HÌNH THỐNG KÊ HIỆU CHỈNH KẾT QUẢ DỰ BÁO MƯA CHO KHU VỰC BẮC BỘ SỬ DỤNG XOÁY THỂ

Hoàng Phúc Lâm¹, Nguyễn Đức Nam², Đỗ Thị Thanh Thủy¹, Hoàng Đức Cường¹

Tóm tắt: Trong bài báo này, nhóm nghiên cứu xây dựng mô hình hồi quy từng bước dự báo lượng mưa cho khu vực Bắc Bộ sử dụng yếu tố dự báo là tổng lượng mưa quan trắc 24 giờ trung bình khu vực và nhân tố dự báo là số liệu trung bình ngày các yếu tố xoáy thể, tốc độ thẳng đứng, độ phân kỳ trên các mực đẳng nhiệt độ thế và mực đẳng áp. Kết quả đánh giá độc lập cho thấy lượng mưa dự báo có tương quan tốt (0,6 - 0,8), sai số RMSE còn khá nhỏ (4-6mm/ngày) nhưng thường vẫn cho lượng mưa thấp hơn so với thực tế trong các ngày mưa lớn.

Từ khóa: Mưa lớn, xoáy thể, định lượng mưa, MOS, hiệu chỉnh.

Ban Biên tập nhận bài: 15/10/2018 Ngày phản biện xong: 22/11/2018 Ngày đăng bài: 25/01/2019

1. Mở đầu

Ngày nay các hệ thống dự báo thời tiết số là một thành phần quan trọng trong trợ giúp các dự báo viên đưa ra bản tin dự báo thời tiết. Một hệ thống dự báo số gồm ba thành phần: hệ thống phân tích, mô hình dự báo (tất định hoặc tổ hợp) và hệ thống diễn giải dự báo. Trạng thái khí quyển hiện tại sau khi được tạo ra nhờ hệ thống phân tích sẽ được sử dụng làm điều kiện ban đầu cho mô hình dự báo. Với sự phát triển của tốc độ tính toán cũng như mức độ chính xác trong mô phỏng vật lý, các mô hình hiện tại có thể cung cấp dự báo với chất lượng tốt cho các trường khí quyển trên cao. Tuy nhiên, với các trường khí tượng bề mặt, tác động trực tiếp đến đời sống hàng ngày kết quả dự báo từ mô hình thường có sai số lớn. Một ví dụ điển hình là dự báo lượng mưa hay nhiệt độ tại độ cao hai mét. Những sai số này có thể được hiệu chỉnh bằng các phương pháp thống kê thông qua thành phần thứ ba của hệ thống dự báo số đó là hệ thống diễn giải dự báo [4, 5, 10].

Trong khi đó, xoáy thể trên mặt đẳng nhiệt độ thế vị có tính bảo toàn trong môi trường đoạn

¹Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia, Tổng cục KTTV

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

Email: lamhpvn@gmail.com

nhật, không ma sát. Năm 2012, Russell và cs [9] phân tích đối lưu sâu trên khu vực vĩ độ trung bình (48-49 độ vĩ Bắc) của Anh và Pháp trong khuôn khổ nghiên cứu về mưa do địa hình tháng 7/2007 sử dụng dị thường xoáy thể trên khí quyển tầng cao. Trong nghiên cứu này, Russell đã phát triển được một mô hình kinh nghiệm về vai trò của dị thường xoáy thể quy mô lớn trên khí quyển tầng cao đối với đối lưu sâu: dòng gió có cường độ lớn ở bên dưới trung tâm của một dị thường PV lớn, với cường độ nhỏ hơn nhưng phổ biến với lượng mưa lớn hơn ở phía Đông của dị thường PV, ở giữa hai khu vực này là một khu vực không mưa. Cũng liên quan đến dị thường xoáy thể tầng cao và đối lưu khí quyển, Nielsen-Gammon [6] năm 2008 đã tiến hành một thí nghiệm số trong điều kiện lý tưởng với việc thiết lập một dị thường xoáy thể ở tầng cao và tính toán ảnh hưởng của nó đến các trường khí tượng xung quanh (đường dòng, độ cao địa thế vị, nhiệt độ, các chỉ số bất ổn định...). Nghiên cứu này chỉ ra rằng sự thay đổi của các trường khí tượng tỉ lệ thuận với cường độ xoáy thể. Ở vùng nhiệt đới, Berry và cs [3], Lam Hoang và cs [8] đã sử dụng xoáy thể trên các mặt đẳng nhiệt độ thế vị để phân tích và theo dấu các nhiễu động xoáy thuận trên khu vực Châu Úc và chỉ ra rằng các xoáy thuận nhiệt đới trong khu vực gió mùa ở vùng Bắc Úc có cấu trúc tương tự các nhiễu động trong gió

mùa Ấn Độ, cả hai đều có cấu trúc xoáy thế cực đại mạnh, phát triển gần như thẳng đứng từ bề mặt lên đến đỉnh tầng đối lưu và có quy mô ngang khoảng 1500 km, thời gian tồn tại khoảng 2 - 5 ngày và có liên quan đến mưa lớn ở khu vực Bắc Úc. Khi xoáy thế di chuyển trong vùng nhiệt đới ở khu vực Bắc Úc, chúng thường khiến mưa tăng; thậm chí ở một số khu vực ở Tây Bắc Úc, mưa liên quan đến xoáy thế chiếm tới 50% lượng mưa năm. Khi tổ hợp các xoáy thế xuất hiện tại khu vực Darwin, các tác giả đã chỉ ra rằng mưa tăng đáng kể ở rìa phía trước, theo hướng chuyển động của xoáy thế này. Mối quan hệ giữa xoáy thế và dông cũng được Herteinstein nghiên cứu năm 1991 khi nhóm nghiên cứu của ông khảo sát vai trò của dị thường xoáy thế trong việc kích hoạt đường tổ (squall lines - hay còn gọi là dải mây dông) trên số liệu quan trắc và mô phỏng của mô hình. Các tác giả đã chỉ ra rằng, dị thường xoáy thuận tầng đối lưu giữa thường được hình thành cùng với đường tổ là do phân bố nguồn nhiệt (làm lạnh bốc hơi tầng thấp, đốt nóng ngưng kết tầng cao) tạo ra trong khu vực mây tầng. Ở khu vực Châu Á, năm 1996 Jun Du [7] và cs đã nghiên cứu về các hệ thống đối lưu quy mô vừa dọc front Baiu và chỉ ra rằng, nguyên nhân tạo ra những ô mây đối lưu này là sự bất ổn định của xoáy thế cực đại tầng thấp dọc front. Tác giả cũng chỉ ra rằng sự di chuyển của các hệ thống đối lưu quy mô vừa từ tây sang đông có dạng sóng với bước sóng 1700 - 2100km và ít phụ thuộc vào kích thước của dị thường xoáy thế. Nghiên cứu này sẽ căn cứ vào mối quan hệ định lượng giữa giá trị xoáy thế trên các mặt đẳng nhiệt độ thế và lượng mưa. Từ mối quan hệ này sẽ được sử dụng làm một yếu tố để xây dựng công cụ hiệu chỉnh dự báo mưa của mô hình số trị cho khu vực Bắc Bộ

2. Số liệu

Số liệu quan trắc: Số liệu quan trắc mưa của các trạm đo được tổng hợp theo các khu vực Tây Bắc Bộ (29 trạm), Việt Bắc - Đông Bắc (52 trạm), Đồng Bằng Bắc Bộ (16 trạm) (các khu vực B1, B2 và B3 theo phân vùng khí hậu Việt Nam [1]).

Số liệu tái phân tích ECMWF của Trung tâm dự báo hạn vừa Châu Âu (ECMWF) được tạo ra bằng cách kết hợp các số liệu mô hình với số liệu quan trắc. Nó chứa ước tính của các nhân tố khí quyển như nhiệt độ, áp suất và gió ở độ cao khác nhau, cùng với đó là các thông số bề mặt như lượng mưa, độ ẩm đất và nhiệt độ mặt biển. Từ đó tạo ra bộ dữ liệu toàn cầu mô tả trạng thái khí quyển trong quá khứ. Bộ dữ liệu này được sử dụng để theo dõi biến đổi khí hậu, nghiên cứu và giáo dục. Các sản phẩm của số liệu tái phân tích ECMWF bao gồm: ERA - 15 (số liệu tái phân tích khoảng 15 năm từ 12/1978 đến tháng 2/1994), ERA - 40 (số liệu tái phân tích khoảng 45 năm từ năm 1957 đến năm 2002) và ERA - Interim (bao gồm số liệu tái phân tích từ năm 1979 đến nay).

Trong nghiên cứu này sử dụng số liệu tái phân tích ERA - Interim bao gồm: Số liệu tái phân tích của tốc độ thẳng đứng trên các mực đẳng áp 925, 850, 700, 500 mb; số liệu xoáy thế và phân kỳ ngang trên các mực đẳng nhiệt độ thế 315, 330, 350K. Các số liệu này có độ phân giải là $0,25 \times 0,25$ độ kinh vĩ.

Số liệu quan trắc sẽ được tổng hợp dựa trên 3 khu vực đã chia ở trên để tính trung bình cho từng khu vực; bằng cách tính trung bình số học lượng mưa tích lũy 24 giờ của các trạm thuộc từng khu vực.

Đối với số liệu dạng lưới dữ liệu như số liệu tái phân tích ERA - Interim, GPCP thì tính trung bình cho khu vực bằng cách lấy trung bình giá trị của tất cả các điểm dữ liệu của từng khu vực.

Số liệu ERA - Interim, với bốn giá trị mỗi ngày, tại các thời điểm quan trắc chính: 01, 07, 13 và 19 giờ, sẽ được xử lý tính toán để đưa ra các giá trị đặc trưng cho một ngày như sau:

- Với số liệu PV:

Giá trị trung bình ngày được tính là trung bình bốn giá trị trong một ngày của PV tại ba mực 315 K, 330 K, 350 K,

Từ số liệu trung bình ngày của ba mực, tính giá trị trung bình PV của 3 mực trong một ngày.

Xác định giá trị lớn nhất trong ngày trên mỗi mực đẳng nhiệt độ thế vị của PV rồi tìm giá trị

trung bình và giá trị lớn nhất của các cực đại PV tại ba mực.

- Với số liệu độ phân kỳ ngang và tốc độ thẳng đứng, ta tính trung bình ngày tại mỗi mực đối với độ phân kỳ ngang trên các mực đẳng nhiệt độ thể

315K, 330K, 350K, đối với tốc độ thẳng đứng các mực đẳng áp suất 925, 850, 700, 500 mb.

Dưới đây là bảng liệt kê ký hiệu và tên của các số liệu đã được xử lý:

Bảng 1. Ký hiệu và tên của số liệu đã xử lý

STT	Ký hiệu	Tên mô tả	Đơn vị
1.	r_obs	Mưa quan trắc	mm
2.	w_925	Tốc độ thẳng đứng trên mực 925 mb	Pa/s
3.	w_850	Tốc độ thẳng đứng trên mực 850 mb	Pa/s
4.	w_700	Tốc độ thẳng đứng trên mực 700 mb	Pa/s
5.	w_500	Tốc độ thẳng đứng trên mực 500 mb	Pa/s
6.	div_315	Phân kỳ trên mực 315K	1/s
7.	div_330	Phân kỳ trên mực 330K	1/s
8.	div_350	Phân kỳ trên mực 350K	1/s
9.	pv_315_tbd	Xoáy thế trên mực 315K trung bình ngày	PVU
10.	pv_330_tbd	Xoáy thế trên mực 330K trung bình ngày	PVU
11.	pv_350_tbd	Xoáy thế trên mực 350K trung bình ngày	PVU
12.	pv_tbd3lv	Xoáy thế trung bình 3 mực trung bình ngày	PVU
13.	pv_315_max	Xoáy thế cực đại trên mực 315K trong ngày	PVU
14.	pv_330_max	Xoáy thế cực đại trên mực 330K trong ngày	PVU
15.	pv_350_max	Xoáy thế cực đại trên mực 350K trong ngày	PVU
16.	pv_tbdmax3lv	Xoáy thế trung bình cực đại trên 3 mực	PVU

Các số liệu nêu trong bảng trên đều ở dạng mảng 2 chiều [3 x 4383], chiều thứ nhất là chiều không gian gồm 3 khu vực Tây Bắc, Việt Bắc-Đông Bắc và Đồng Bằng Bắc Bộ; chiều thứ hai là thời gian theo từng ngày từ năm 1997-2008. Các số liệu trên đều được đưa về định dạng NetCDF để thuận tiện trong xử lý tính toán.

3. Phương pháp

3.1 Phương pháp hồi quy

Trong nghiên cứu sẽ xây dựng công cụ hiệu chỉnh bằng cách sử dụng phương pháp thống kê, cụ thể là sử dụng phương pháp hồi quy từng bước để chọn ra các yếu tố tốt nhất đưa vào phương trình hồi quy đa biến và xây dựng phương trình hiệu chỉnh dự báo. Phương pháp hồi quy tuyến tính đa biến sẽ xây dựng phương trình phụ thuộc của lượng mưa lên các giá trị của xoáy thế, giá trị tốc độ thẳng đứng và giá trị phân kỳ theo phương ngang.

Phương trình hồi quy tổng quát của Y lên X₂ ..., X_m có dạng:

$$Y = \beta_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_m x_m \quad (1)$$

Trong đó β_i ($i=1..m$) là các hệ số hồi quy mà chúng được xác định bằng phương pháp bình phương tối thiểu.

Ngoài ra, nghiên cứu còn xây dựng phương trình hồi quy tuyến tính một biến của giá trị lượng mưa lên từng giá trị xoáy thế cũng như giá trị tốc độ thẳng đứng.

Phương pháp hồi quy từng bước được sử dụng trong nghiên cứu được trình bày trong cuốn Phương pháp thống kê trong khí hậu của Phan Văn Tân [2].

Sau khi xây dựng xong các phương trình hồi quy trên, tính lượng mưa dựa trên các số liệu các giá trị xoáy thế, tốc độ thẳng đứng và độ phân kỳ. Sau đó đánh giá so sánh nó với số liệu mưa thực tế. Phương pháp đánh giá sai số được trình bày ở phần tiếp theo.

3.2 Đánh giá sai số

- Sai số trung bình (*Mean Error - ME*): (2)

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

- Sai số tuyệt đối trung bình (*Mean Absolute Error - MAE*):

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |O_i - F_i| \quad (3)$$

- Sai số bình phương trung bình (*Root Mean Squared Error - RMSE*):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - F_i)^2} \quad (4)$$

Trong đó O_i là giá trị quan trắc; F_i là giá trị dự báo; n là dung lượng mẫu.

4. Kết quả và thảo luận

Về tương quan của mưa với các yếu tố khác, trong các yếu tố được liệt kê ở trên thì lượng mưa tương quan tốt nhất với tốc độ thẳng đứng ở mực 925 mb và 850 mb, trong đó tốc độ thẳng đứng trên mực 925mb có tương quan tốt hơn ở khu vực B1 và B2, nhưng riêng ở khu vực B3 thì mưa lại có tương quan tốt với tốc độ thẳng đứng mực 850mb hơn là ở mực 925mb. Ngoài ra ta cũng có thể thấy tương quan của tốc độ thẳng đứng mực 700mb với lượng mưa ở vùng B3 luôn lớn hơn so với tương ứng ở hai vùng B1 và B2. Với sự tương quan của lượng mưa và độ phân kỳ thì tương quan kém hơn giá trị tuyệt đối nhỏ hơn 0,5, tương quan lớn nhất là với giá trị phân kỳ ở mực đẳng nhiệt độ thể vị 315K giá trị tương quan là âm cho thấy độ phân kỳ trên mực 315K biến động ngược chiều so với giá trị lượng mưa, nói cách khác khi độ hội tụ trên mực 315K tăng thì mưa tăng.

Xét tương quan của lượng mưa với các giá trị xoáy thế, có thể thấy rõ tương quan của lượng mưa tốt nhất là với xoáy thế trên mực đẳng nhiệt độ thể 330K sau đó là đến xoáy thế trên mực 315K, còn với xoáy thế trên mực 350K_đại diện cho giá trị xoáy thế trên tầng cao, thì hầu như không có tương quan với lượng mưa có giá trị tương quan tuyệt đối nhỏ hơn 0,1. Tương quan của chuỗi giá trị xoáy thế cực đại trong ngày thì thường có tương quan thấp hơn so với giá trị xoáy thế đã được tính trung bình trong ngày.

4.1. Kết quả lựa chọn mô hình hồi quy đa biến:

Nghiên cứu tiến hành lựa chọn các thành phần của mô hình hồi quy đa biến bằng phương pháp hồi quy từng bước. Từ đó ta sẽ chọn được

các biến tốt nhất để xây dựng mô hình tối ưu nhất. Sau đây là kết quả sau khi sử dụng phương pháp hồi quy từng bước.

Bảng 2. Kết quả hồi quy từng bước

STT	Y	r_obs		
	Khu vực X1..n	B1	B2	B3
1	w_925	x	x	x
2	w_850	x	x	x
3	w_700	x	x	x
4	w_500	x	x	x
5	div_315		x	x
6	div_330		x	x
7	div_350	x	x	x
8	pv_315_tbdy	x	x	x
9	pv_330_tbdy	x	x	x
10	pv_350_tbdy			
11	pv_tbdy3lv			
12	pv_315_max			
13	pv_330_max	x	x	x
14	pv_350_max			
15	pv_tbdy3lv	x	x	x

Bảng 2 chỉ ra danh sách các nhân tố dự báo $X_1 \dots X_n$ trong đó gồm 15 biến và 01 yếu tố dự báo là lượng mưa quan trắc (r_{obs}). Với mỗi biến Y ta xây dựng được phương trình hồi quy đa biến cho ba khu vực Tây Bắc (B1), Việt Bắc - Đông Bắc (B2), Đồng Bằng Bắc Bộ (B3). Như vậy sẽ có 3 phương trình hồi quy đa biến được xây dựng từ các yếu tố được chọn khác nhau ứng với 3 khu vực dự báo; trên bảng 2 các yếu tố được chọn cho mỗi phương trình được đánh dấu [x], không chọn không đánh dấu [].

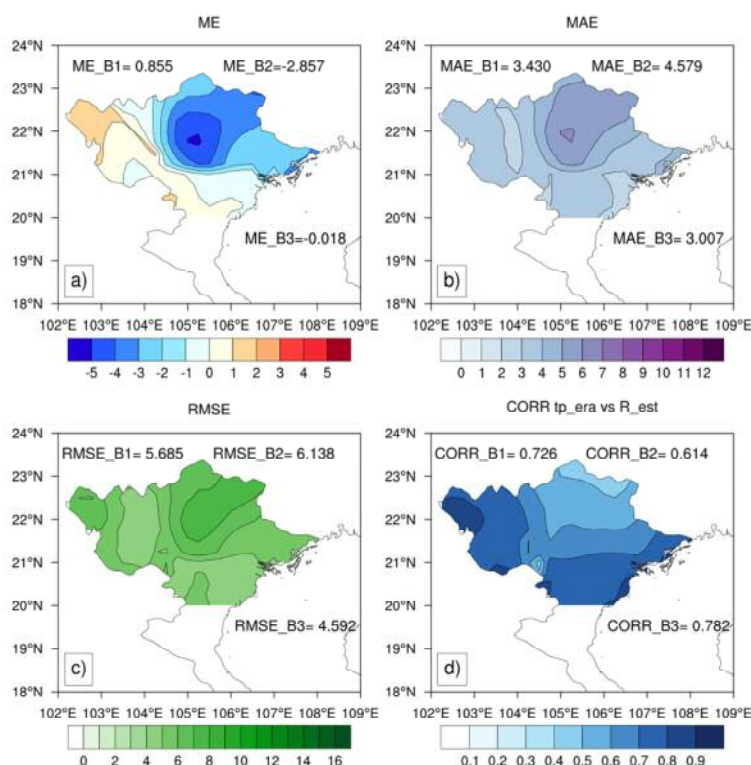
Sau khi tiến hành xong các bước nêu trên ta được kết quả mỗi vùng có 3 phương trình phụ thuộc của lượng mưa với các yếu tố được lựa chọn theo từng loại số liệu mưa và từng vùng B1, B2 và B3. Từ ba phương trình này, nghiên cứu sẽ lần lượt đưa ra lượng mưa tính toán từ các yếu tố tốc độ thẳng đứng, xoáy thế... cho bộ số liệu độc lập của năm 2009. Mỗi phương trình sẽ được áp dụng để tính toán mưa tại tất cả các điểm lưới thuộc từng khu vực. Tính toán mưa với các yếu tố từ phương trình sẽ thu được kết quả lượng mưa tại mỗi điểm lưới, với những lượng mưa dự báo nhỏ hơn 0 sẽ được gán bằng không.

4.2. Đánh giá kết quả mô hình hồi quy với yếu tố dự báo Y là mưa quan trắc (r_{obs})

Dưới đây là kết quả của mô hình hồi quy của số liệu lượng mưa quan trắc (r_{obs}) với các yếu tố khác dựa vào kết quả hồi quy từng bước được trình bày trong bảng 2. Đối với số liệu lượng mưa quan trắc, cũng xây dựng được ba phương trình hồi quy tuyến tính đa biến cho ba khu vực B1, B2, B3. Sau đó tiến hành tính toán mưa đối với số liệu độc lập năm 2009 dựa vào các yếu tố đã lựa chọn ở bảng 2. Kết quả đánh giá sai số và tương quan được trình bày trong bảng 3 dưới đây.

Hình 1 thể hiện kết quả đánh giá, so sánh của số liệu dự báo độc lập năm 2009 với số liệu mưa tái phân tích, hình a) trình bày phân bố của sai số ME trên từng điểm lưới. Theo hình a) sai số ME

ở khu vực B1 chủ yếu là dương với giá trị ME trung bình khu vực là 0,855, trong khi vùng B2 và B3 giá trị này là âm. Đặc biệt, ở vùng B2 tồn tại một vùng sai số âm ở khu vực Hà Giang - Tuyên Quang với giá trị MAE từ khoảng 2 đến 5 mm, vùng B2 có giá trị MAE cao nhất có nơi lên đến 6 mm ở khu vực Hà Giang - Tuyên Quang. Hình c giá trị RMSE dao động khoảng giá trị 4 - 6, vùng B2 vẫn là vùng có RMSE cao nhất với giá trị trung bình vùng là 6,138 mm, vùng B3 có giá trị thấp nhất là 4,592. Về tương quan, có thể thấy ở hình d rõ ràng tương quan vùng B2 là thấp nhất với các màu xanh nhạt rõ ràng, giá trị hệ số tương quan trung bình khu vực B2 là 0,61, trong khi ở vùng B1 và B3 lần lượt là 0,72 và 0,78.



Hình 1. (a) Sai số ME, (b) MAE, (c) RMSE và (d) tương quan của mưa tính toán từ mô hình với yếu tố dự báo là mưa quan trắc (R_{obs}), so sánh với mưa tái phân tích ERA-Interim năm 2009

Bảng 3 thể hiện các chỉ số đánh giá tính cho từng khu vực với mô hình hồi quy sử dụng yếu tố dự báo là mưa quan trắc (r_{obs}). Kết quả đánh giá sai số của lượng mưa tính toán với mưa tái phân tích ERA thể hiện ở bảng 3 cho thấy giá trị tương quan và giá trị sai số đều vẫn còn tương

đối lớn. Xét hệ số tương quan, bảng 3 cho thấy hệ số tương quan đều nằm trong khoảng 0,6 đến 0,8. Giá trị sai số trung bình, ME, cho khu vực B1 là dương, B2 là âm và B3 là xấp xỉ 0. Giá trị sai số MAE ở bảng 3 phổ biến ở khoảng giá trị 3 đến 4. Giá trị sai số RMSE phổ biến ở khoảng 4,5

đến 6, giá trị này lớn hơn không nhiều so với sai số MAE.

Bảng 3. Tổng hợp kết quả tương quan và sai số của mưa tính toán so với mưa tái phân tích ERA

STT	Y	r obs		
	Khu vực Chỉ số	B1	B2	B3
1	CORR	0.73	0.61	0.78
2	ME	0.85	-2.86	-0.02
3	MAE	3.43	4.58	3.01
4	RMSE	5.69	6.14	4.59

5. Kết luận

Bài báo đã xây dựng được 3 phương trình hồi quy tuyến tính đa biến cho 3 loại số liệu mưa và cho 3 khu vực Tây Bắc (B1), Việt Bắc - Đông Bắc (B2) và Đồng Bằng Bắc Bộ (B3). Với mỗi phương trình bao gồm các biến khác nhau được lựa chọn thông qua phương pháp hồi quy từng bước. Bài báo đã thử nghiệm áp dụng 3 phương trình với số liệu độc lập năm

2009 và đánh giá các chỉ số sai số và chỉ số tương quan của lượng mưa tính toán từ phương trình với lượng mưa tái phân tích ERA năm 2009. Nhìn chung khi so sánh lượng mưa tính toán với số liệu mưa tái phân tích ERA cho sai số tương đối nhỏ. Giá trị tương quan cao, phổ biến từ 0,6 đến 0,8, cá biệt có điểm lưới đạt giá trị tương quan trên 0,9.

Có thể nhận thấy hạn chế của kết quả nghiên cứu là sai số vẫn còn khá lớn, mưa dự báo còn nhỏ hơn thực tế khi xảy ra mưa lớn. Trong khi, thực tế mưa nhỏ thì mưa tính toán từ phương trình cho giá trị lớn hơn so với thực tế.

Để có thể ứng dụng những kết quả trên trong thực tế, cần thử nghiệm, đánh giá và so sánh với các phương án xây dựng mô hình khác như sử dụng số liệu mưa tái phân tích, mưa trên lưới (ví dụ như VnGP) để tìm ra phương án tốt nhất cho khu vực Bắc Bộ.

Lời cảm ơn: Nhóm nghiên cứu xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của đề tài nghiên cứu khoa học KC.08.06/16-20 và TNMT.2017.05.01 trong việc thực hiện và công bố nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Đức Ngữ, Nguyễn Trọng Hiệu (2005), *Khí hậu và tài nguyên khí hậu Việt Nam*. NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
2. Phan Văn Tân (1999), *Phương pháp thống kê trong khí hậu*, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội.
3. Berry, Reeder, Jakob (2012), *Coherent Synoptic Disturbances in the Australian Monsoon*;
4. Dallavalle J.P. and B. Glahn, (2005). *Toward a gridded MOS system. Preprints, 21th Conference on Weather Analysis and Forecasting*, Washington, DC, Amer. Meteor. Soc., 13B.2.
5. Glahn H.R. and D.A. Lowry, (1972), *The use of model output statistics (MOS) in objective weather forecasting*. J. Appl. Meteor.,
6. John W. Nielsen-Gammon and David A. Gold, (2008), *Potential Vorticity Diagnosis of the Severe Convective Regime*
7. Jun Du, Han-Ru Cho (1996), Potential Vorticity Anomaly and Mesoscale Convective Systems on the Baiu (Mei-Yu) Front;
8. Hoang, P.L., Reeder, M.J., Berry, G.J., Schwendike, J. (2017), *Coherent Potential Vorticity Maxima and Their Relationship to Extreme Summer Rainfall in the Australian and North African Tropics*, Journal of Southern Hemisphere Earth System Sciences, 66, 424-441.
9. Russell, G., Vaughan, E., Norton, G. (2012), Large-scale potential vorticity anomalies and deep convection
10. Wilks, D.S. (1995), *Statistical Method in the Atmospheric Sciences*. Academic Press.

DEVELOP A STATISTICAL MODEL TO CORRECT THE MODEL RAINFALL FORECAST FOR BAC BO USING COHERENT POTENTIAL VORTICITY

Hoang Phuc Lam¹, Nguyen Duc Nam², Do Thi Thanh Thuy¹, Hoang Duc Cuong¹

¹National Meteorological Forecasting Center, General Department of Hydrometeorology

²Institute of Geophysics, Vietnam Academy of Science and Technology

Abstract: *In this paper, three stepwise regression models are constructed to forecast the quantitative rainfall for Bac Bo region using daily average data of potential vorticity and vertical component of wind speed on isentropic levels and divergence on isobaric surfaces. The independent evaluation results show that the precipitation is well correlated (0.6-0.8) with the reanalysis rainfall, the RMSE error is relatively small (4-6 mm/day) but usually the forecast rainfall is lower than the actual in heavy rainfall days.*

Keywords: *Heavy rain, potential vorticity, quantitative precipitation forecast, MOS, correction.*