NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÁC PHƯƠNG PHÁP EMOS ĐỂ NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG DỰ BÁO XÁC SUẤT CHO HỆ THỐNG DỰ BÁO TỔ HỢP THỜI TIẾT HẠN NGẮN

ThS. **Võ Văn Hòa**, TS. **Bùi Minh Tăng** - Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương
GS.TS. **Phan Văn Tân** - Khoa KTTV và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học tự nhiên

Bài báo này sẽ giới thiệu kết quả ứng dụng và thử nghiệm một số phương pháp hiệu chỉnh thống kê cho dự báo tổ hợp (EMOS) để nâng cao chất lượng dự báo xác suất trường nhiệt độ bề mặt được dự báo từ hệ thống dự báo tổ hợp thời tiết hạn ngắn (SREPS). Các quả thử nghiệm và đánh giá cho 176 điểm trạm dựa trên chuỗi số liệu 2008-2010 đã cho thấy chất lượng dự báo xác suất đã được cải thiện đáng kể theo cả khía cạnh về độ tin cậy, độ tán tổ hợp và độ nhọn hàm phân bố. Các phương pháp EMOS tốt nhất gồm BCMA và BCES. Các khu vực có sự cải thiện chất lượng tốt là Tây Bắc, Việt Bắc, Đông Bắc, Trung Trung Bộ và Tây Nguyên.

1. Đặt bài toán

Cùng với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học khí quyển và công nghệ thông tin, các mô hình dự báo thời tiết số trị (NWP) đã trở thành công cụ hỗ trợ dự báo không thể thiếu trong nghiệp vụ dự báo thời tiết. Kể từ những khám phá đầu tiên của Lorenz (1965) về bản chất hỗn loạn của khí quyển trong đó ngụ ý vai trò quan trọng của điều kiện ban đầu trong các hệ thống NWP, phương pháp dự báo tổ hợp (EF) đã được nghiên cứu và triển khai nghiệp vụ từ những năm 1992 của thế kỷ trước. Hiện tại, tất cả các trung tâm dự báo khí tượng lớn trên thế giới đều có các hệ thống EF nghiệp vụ ở các quy mô dự báo khác nhau. Theo xu hướng chung của thế giới trong bài toán NWP, các hệ thống EF cũng đã được nghiên cứu và triển khai nghiệp vụ tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương (TTDBTƯ) từ những năm 2004 cho mục đích dự báo từ quy mô hạn ngắn cho đến dự báo hạn mùa. Năm 2010, Hệ thống dự báo tổ hợp thời tiết hạn ngắn (1-3 ngày) - SREPS dựa trên cách tiếp cận đa mô hình đa phân tích và bao gồm 20 dự báo thành phần đã triển khai nghiệp vụ tại TTDBTƯ. Các sản phẩm dự báo của SREPS đã và đang góp phần quan trọng trong công tác dự báo thời tiết hạn ngắn, đặc biệt là dự báo các hiện tượng thời tiết nguy hiểm tại TTDBTƯ. Theo kết quả đánh giá của Võ Văn Hòa và nnk (2012) [2], chất lượng dự báo xác suất của hệ thống SREPS vẫn còn nhiều hạn chế cho cả các biến bề mặt và trên cao. Cụ thể, dự báo xác suất tạo ra từ SREPS có độ tin cậy không cao, độ tán dự báo tổ hợp thường quá nhỏ hoặc bị thiên cao/thấp, độ nhọn hàm phân bố không "sắc nét". Những hạn chế này dẫn đến hiệu quả phục vụ công tác dự báo thời tiết của hệ thống SREPS chưa cao.

Để cải tiến chất lượng dự báo xác suất của một hệ thống EF, có rất nhiều cách tiếp cận khác nhau trong đó cách tiếp cận thống kê giống như bài toán MOS trong mô hình NWP tất định thường được sử dụng nhiều nhất. Theo cách tiếp cận này, các phương pháp thống kê được sử dụng để hiệu chỉnh các dự báo thành phần của EPS để nâng cao được chất lượng dự báo trung bình tổ hợp và xác suất của hệ thống EF ban đầu. Việc hiệu chỉnh có thể chỉ đơn giản là loại bỏ sai số hệ thống, hoặc cao hơn là khử phương sai sai số và thậm chí là hiệu chỉnh lại hàm phân bố xác suất được tạo ra từ tập hợp các dự báo thành phần của hệ thống EF. Theo Du (2007) [5], bằng cách loại bỏ sai số hệ thống của mô hình (mô men bậc 1), dự báo trung bình tổ hợp sẽ gần với nghiệm thực hơn, các cực trị sẽ giảm đáng kể và dự báo xác suất sẽ tin cậy hơn. Đối với EPS đa mô hình, việc hiệu chỉnh sẽ đảm bảo độ tán được tạo ra khi sai số hệ thống của từng mô hình bị loại bỏ sẽ phù hợp hơn. Tương tự, bằng cách hiệu chỉnh mô men bậc 2 (phương sai dự báo), vấn đề quan hệ thấp giữa kỹ năng dự báo - độ tán tổ hợp và vấn đề độ tán quá lớn/bé có thể được cải thiện và loại bỏ. Để cải tiến độ tin cậy của dự báo xác suất, các mô men cao hơn như hàm mật độ xác suất cũng cần được hiệu chỉnh.

Trong bài báo này, chúng tôi sẽ thử nghiệm 4 phương pháp thống kê để khử sai số hệ thống trong từng dự báo thành phần (ký hiệu bằng tiền

tố BC) nhằm nâng cao chất lượng dự báo xác suất của SREPS. Các phần tiếp theo sẽ trình bày chi tiết về cơ sở toán học của 4 phương pháp thống kê này và một số kết quả thử nghiệm cho dự báo trường nhiệt độ bề mặt tại 176 điểm trạm quan trắc khí tượng bề mặt dựa trên chuỗi số liệu dự báo 2008-2010 của hệ thống SREPS. Cuối cùng là phần kết luận và một số kiến nghị cho hướng nghiên cứu tiếp theo.

2. Mô tả phương pháp và số liệu nghiên cứu

a. Các phương pháp hiệu chỉnh sai số hệ thống

Trước hết, giả thiết có một EPS bao gồm N dự báo thành phần Fi¬ (i=,1N), khi đó dự báo xác suất xảy ra P cho hiện tượng quan tâm có thể được tính qua công thức tính tần suất (2.1) dưới đây:

$$P = \frac{M}{N} \quad (1)$$

trong đó M là số dự báo thành phần Fi có cho xảy ra hiện tượng quan tâm (ví dụ lượng mưa ngày lớn hơn 50mm). Cách tính xác suất dựa trên công thức (2.1) trong đó các dự báo thành phần được lấy trực tiếp từ hệ thống SREPS được ký hiệu là Raw. Do các sai số hệ thống luôn luôn tồn tại trong Fi, nên chất lượng dự báo xác suất theo công thức (2.1) bị ảnh hưởng. Để hạn chế ảnh hưởng của sai số hệ thống này tới chất lượng dự báo xác suất cuối cùng, trong nghiên cứu này chúng tôi đề xuất 4 phương phương thống kê để hiệu chỉnh sai số hệ thống như sau:

- Trung bình trượt (ký hiệu BCMA): Theo phương pháp này, việc hiệu chỉnh cho một dự báo thành phần bất kỳ của hệ thống EF đưa ra được thực hiện theo công thức (2.2) dưới đây:

$$F_{BCMA} = F_{raw} - bias \quad (2)$$

trong đó Fbcma là dự báo đã được hiệu chỉnh bằng phương pháp BCMA, Fraw là dự báo trực tiếp từ hệ thống EF và bias là sai số hệ thống được xác định đơn giản bằng công thức (2.3):

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

với n là tổng số ngày có dữ liệu trước đó, Oi và F_i^{raw} tương ứng là giá trị quan trắc và dự báo trực tiếp từ hệ thống EF của ngày thứ i.

- Tính sai số hệ thống có trọng số giảm dần theo hàm mũ (BCES): Cách hiệu chỉnh theo BCES là tương tự như BCMA nhưng khác ở trong cách tính sai số hệ thống (bias). Cụ thể, bias sẽ được tính như công thức (2.4) dưới đây:

$$bias = \sum_{i=1}^{n} w_i (F_i^{raw} - O_i) \quad (4)$$

với trọng số wi sẽ giảm dần theo hàm mũ như trong công thức (2.5):

$$w_i = \beta\alpha^{i-1}$$
$$\beta = \frac{1-\alpha}{1-\alpha^n} \quad (5)$$

với i là số thứ tự ngày (i =1 cho ngày trước ngày hiện tại và bằng x cho x ngày trước ngày hiện tại). Nhân tố làm trơn được đặt cố định là 0.85 (theo Daley (1991) [4]). Trọng số wi sẽ giảm dần theo đường cong hàm mũ khi i tăng lên.

- Hồi quy tuyến tính đơn biến (BCLR): Phương pháp này dựa trên giả thiết có một quan hệ tuyến tính giữa quan trắc O và dự báo F như sau: O = a0 + a1F với a0, a1 là các hệ số được xác định bằng phương pháp bình phương tối thiểu dựa trên tập số liệu của n ngày trước đó. Khi quan hệ này đã được thiết lập, nó sẽ được áp dụng cho dự báo của ngày kế tiếp. Với giả thiết này, dự báo hiệu chỉnh theo phương pháp BCLR sẽ được tính theo công thức (2.6) dưới đây:

$$F_{BCLR} = a_0 + a_1 F_{raw} \quad (6)$$

- Lọc Kalman (BCKF): Cách thức hiệu chỉnh này dựa trên phương pháp lọc Kalman để khắc phục nhược điểm của phương pháp BCLR, đó là các trọng số a0 và a1 không có khả năng tự cập nhật trong chu kỳ luyện khi có sự đột biến về mặt hình thế thời tiết. Với phương pháp lọc Kalman, các trọng số này sẽ được cập nhật hàng ngày trong suốt chu kỳ luyện cho tới thời điểm bắt đầu thử nghiệm dự báo. Quá trình cập nhật các trọng số này được thực hiện thông qua phương trình dự báo và quan trắc của Lọc Kalman như công thức (2.7) và (2.8) dưới đây:

$$x_k = A \times x_{k-1} + B \times u_{k-1} + w_{k-1} \quad (7)$$

$$z_k = H \times x_k + v_k \quad (8)$$

trong đó xk là vector trạng thái thời điểm hiện tại, xk-1 là vector trạng thái thời điểm trước đó, uk-1 là vector điều khiển hệ thống tại thời điểm trước

đó, wk-1 là véc tơ đặc trưng cho độ bất định của hệ thống do quy luật tuyến tính mô tả thông qua ma trận A. Ma trận A kích thước N×N có tên gọi ma trận chuyển dịch trạng thái (mang thông tin về quy luật hoạt động của hệ thống). Ma trận B được đưa vào phương trình trên đặc trưng cho các quá trình bên ngoài điều khiển hệ thống đang xét tác động thông qua véc tơ điều khiển uk-1. Véc tơ vk đặc trưng cho sai số hay nhiễu khi thực hiện đo, H là ma trận kích thước M×N mô tả quan hệ được giả định tuyến tính giữa biến đo được với biến trạng thái cần xác định. H được gọi là ma trận quan trắc. Phương pháp lọc Kalman đã được ứng dụng nhiều trong bài toán khí tượng và được công bố trên nhiều công trình nghiên cứu. Do đó, trong phần này tác giả không trình bày chi tiết về cơ sở toán học và thuật toán giải, người đọc có thể tham khảo trong nghiên cứu Đỗ Lệ Thủy và nnk (2009) [1].

Quay trở lại phương pháp BCKF, làm thế nào để có thể áp dụng phương pháp lọc Kalman để cập nhật các trọng số a0 và a1. Nếu ta coi phương trình (2.6) là hệ động lực tuyến tính, thì các trọng số a0 và a1 chính là các phần tử của véc tơ trạng thái xk. Ma trận A của hệ này được xác định đơn giản bằng ma trận đơn vị I. Điều khiển bên ngoài bởi B không được xét đến ở đây. Véc tơ quan trắc zk do đó sẽ là giá trị quan trắc của F và H sẽ là Fraw. Để đơn giản hóa, các đại lượng ngẫu nhiên w và v được giải thiết là tuân theo phân bố chuẩn và có ma trận hiệp biến Q và R dạng đường chéo với các phần tử trên đường chéo có giá trị như nhau. Cụ thể, các giá trị của Q được đặt là 0.007 và của R được giả thiết là 0.001. Việc lựa chọn các giá trị tham số này được dựa trên các nghiên cứu Person (1991) và Simonsen (1991). Với tập số liệu luyện đưa ra, phương pháp lọc Kalman sẽ sử dụng thuật toán đệ quy để tìm ra các trọng số tối ưu theo từng thay đổi trong sai số dự báo. Các giá trị a0 và a1 được tìm ra bởi phương pháp BCLR sẽ được sử dụng như là giá trị phỏng đoán ban đầu cho bài toán đệ quy để đảm bảo nghiệm hội tụ nhanh và ổn định. Giá trị a0 và a1 được tính ra từ lọc Kalman của ngày trước ngày bắt đầu dự báo sẽ được sử dụng lại trong phương trình (2.6).

b. Lựa chọn tập số liệu phụ thuộc

Các phần nói trên đã trình bày chi tiết về cơ sở toán học của các phương pháp thống kê được đề xuất để nâng cao chất lượng dự báo xác suất từ Raw. Câu hỏi đặt ra là cách thức áp dụng các phương pháp này cho hệ thống SREPS như thế nào. Đặc biệt, như 4 phương pháp thống kê ở trên đòi hỏi phải có một tập số liệu phụ thuộc để tính toán các trọng số hồi quy, bias, … Hay nói cách khác là độ dài chuỗi số liệu (n) bao nhiêu là hiệu quả. Theo Du (2007) [5], hầu hết các phương pháp thống kê được sử dụng để nâng cao chất lượng dự báo xác suất của EPS đều sử dụng bộ số liệu phụ thuộc dạng trượt theo thời gian thay vì cố định như bài toán thống kê truyền thống. Trong đó độ dài chuỗi số liệu này là cố định cho tất cả các ngày dự báo nhưng các ngày trong chuỗi trượt theo thời gian. Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng chuỗi số liệu 40 ngày để thử nghiệm các phương pháp nói trên. Giá trị này được đưa ra dựa trên các nghiên cứu thực nghiệm trong đó sử dụng nhiều giá trị n để khảo sát sự biến thiên trong chất lượng dự báo. Giá trị được lựa chọn là giá trị tại đó sai số dự báo đạt cực tiểu (do khuôn khổ hạn hẹp của bài báo nên các kết quả tính toán này không được trình bày ở đây, người đọc có thể tham khảo trong nghiên cứu của Võ Văn Hòa (2013) [3]).

Các phương pháp thống kê ở trên chỉ được áp dụng cho phiên dự báo 00GMT trong đó số liệu quan trắc và dự báo từ SREPS của 40 ngày trước đó sẽ được sử dụng như là bộ số liệu phụ thuộc. Nếu trong 40 ngày này, có những ngày mất dữ liệu (quan trắc, dự báo hoặc cả hai) thì dữ liệu của các ngày lùi về quá khứ nhưng gần nhất với chu kỳ 40 ngày này sẽ được bù vào để đảm bảo luôn có đủ 40 dung lượng mẫu. Quá trình xử lý này tiếp tục được áp dụng cho các phiên dự báo tiếp theo.

c. Mô tả số liệu nghiên cứu và phương pháp đánh giá

Để phục vụ việc xây dựng, thử nghiệm và đánh giá hiệu quả của các phương pháp thống kê trong việc nâng cao chất lượng dự báo xác suất của hệ thống SREPS, chúng tôi đã tiến hành thu thập, xử lý và lưu các nguồn số liệu như sau: 1) số liệu quan trắc nhiệt độ không khí (T2m), nhiệt độ điểm sương (Td2m), nhiệt độ tối cao ngày (Tmax) và nhiệt độ tối thấp ngày (Tmin) của 176 các trạm quan trắc khí tượng bề mặt trên lãnh thổ Việt Nam được thu thập. Trong đó, các yếu tố T2m và Td2m được thu thập tại phiên quan trắc 00GMT; và 2) số liệu dự báo 4 yếu tố nhiệt độ nói trên từ hệ thống SREPS trên lưới mô hình. Các nguồn số liệu này đều được thu thập

trong 3 năm (2008-2010). Toàn bộ các thử nghiệm 4 phương pháp thống kê sẽ được áp dụng riêng rẽ cho từng điểm trạm, từng yếu tố và hạn dự báo. Các hạn dự báo +24h, +48h và +72h được sử dụng để đánh giá chất lượng dự báo cho cả 4 yếu tố (lưu ý là các giá trị Tmax và Tmin là giá trị xác định trong ngày nên ký hiệu +24h cũng bao hàm ý nghĩa dự báo cho ngày thứ nhất, …). Số lượng các điểm trạm nghiên cứu được phân bố theo 9 khu vực như sau: Tây Bắc (TB) có 21 trạm; Việt Bắc (VB) có 25 trạm; Đông Bắc (ĐB) có 25 trạm; Đồng bằng Bắc Bộ (ĐBBB) có 14 trạm; Bắc Trung Bộ (BTB) có 20 trạm; Trung Trung Bộ (TTB) có 15 trạm; Nam Trung Bộ (NTB) có 12 trạm; Tây Nguyên (TN) có 18 trạm và Nam Bộ (NB) có 26 trạm.

Khác với phương pháp đánh giá dự báo trung bình tổ hợp, việc đánh giá chất lượng dự báo xác suất phụ thuộc vào đặc trưng thống kê được quan tâm. Đối với dự báo xác suất, rất nhiều đặc trưng thống kê khác nhau có thể được xem xét như độ tin cậy, khả năng phân hoạch, độ tán, độ rộng, độ nhọn, … Ứng với mỗi một đặc trưng thống kê này, sẽ có một hoặc nhiều phương pháp đánh giá khác nhau được sử dụng. Trong nghiên cứu này chúng tôi sẽ đánh giá tính hiệu quả của các phương pháp EMOS theo các khía cạnh gồm: 1) cải thiện về độ tin cậy, 2) cải thiện độ tán, 3) cải thiện độ rộng và 4) cải thiện độ nhọn của dự báo xác suất so với dự báo raw từ SREPS.

Theo khía cạnh độ tin cậy, chỉ số đánh giá CRPS được sử dụng thay vì các chỉ số BS và BSS do đối tượng nghiên cứu ở đây là các yếu tố liên tục. Chỉ số CRPS thực chất là dạng tích phân của chỉ số xác suất hạng - RPS khi áp dụng cho biến liên tục. Chi tiết về cách thức tính toán chỉ số này có thể tham khảo trong Võ Văn Hòa và cộng sự (2012) [2]. Về bản chất, chỉ số CRPS giống như chỉ số RMSE cho bài toán dự báo tất định. Do vậy, giá trị nhỏ và gần 0 của CRPS cho biết dự báo xác suất có độ tin cậy cao và ngược lại.

Để đánh giá các khía cạnh độ rộng (width) của dự báo xác suất, tác giả sử dụng chỉ số độ phủ 90.48%. Dựa trên lập luận để xây dựng biểu đồ hạng ở trên, có thể thấy nếu lấy 2 khoảng nhỏ nhất và lớn nhất để khống chế, thì xác suất để đại lượng X rơi vào trong 2 khoảng này sẽ là N-1/N+1. Lý luận đơn giản này cho phép ta khảo sát 90.48% độ phủ của hệ thống SREPS (do hệ này bao gồm 20 dự báo thành phần nên N-1/N+1 sẽ là 19/21~90.48) để kiểm chứng độ tin cậy của SREPS. Số quan trắc thực sự rơi vào khoảng này nhỏ hơn 90,48% chứng tỏ hệ có độ tán nhỏ và ngược lại nếu lớn hơn 90,48% hệ có độ tán lớn. Cách khảo sát này cho phép định lượng cụ thể hơn những gì biểu đồ hạng mô tả.

Cuối cùng, đặc trưng độ nhọn (sharpness) của EF sẽ được khảo sát thông qua khái niệm độ rộng 90,48%. Tương tự lập luận ở trên, hiệu các giá trị nhỏ nhất và lớn nhất của 20 dự báo thành phần của hệ thống SREPS sẽ cho biết biên độ của độ phủ 90.48%. Khi khoảng giá trị này càng nhỏ, hàm phân bố sẽ co lại và đỉnh hàm phân bố sẽ nhọn thêm (giả thiết là phân bố có 1 đỉnh và không có dạng phẳng). Ngược lại, khi khoảng cách này càng lớn thì hàm phân bố có xu hướng giãn ra và kéo theo đỉnh hàm phân bố ngắn lại.

3. Kết quả thử nghiệm và đánh giá

Như đã trình bày ở trên, để đánh giá được khả năng của 4 phương pháp thống kê trong việc nâng cao chất lượng dự báo xác suất của Raw, các chỉ số đánh giá CPRS, độ phủ 90.48% và độ rộng 90.48% được sử dụng. Do khuôn khổ hạn chế của bài báo, phần dưới đây chỉ đưa ra các kết quả đánh giá cho hạn dự báo 24h, đối với các hạn dự báo 48h và 72h người đọc có thể tham khảo trong [3]. Các bảng 1 đến 4 dưới đây lần lượt đưa ra các kết quả tính toán 3 chỉ số đánh giá của dự báo Raw và 4 phương pháp thống kê cho yếu tố T2m, Td2m, Tmax và Tmin với hạn dự báo 24h trong đó các giá trị được bôi đậm ngụ ý không đem lại sự cải thiện trong sai số.

Từ bảng này có thể thấy hầu hết các phương pháp thống kê có chỉ số CRPS nhỏ hơn so với Raw tại hầu hết các khu vực nghiên cứu ngoại trừ phương pháp BCKF tại các khu vực Đông Bắc, Đồng bằng Bắc Bộ và Nam Bộ. Hay nói cách khác, dự báo xác suất từ các phương pháp BCMA, BCLR và BCES có độ tin cậy cao hơn so với Raw. Chất lượng dự báo xác suất tại các khu vực từ BTB trở vào thường cao hơn so với các vùng ở phía Bắc. Trong số 4 phương pháp thống kê được thử nghiệm, phương pháp BCMA và BCES cho các kết quả dự báo xác suất có độ tin cậy cao hơn các phương pháp còn lại. Mức độ cải thiện độ tin cậy của dự báo xác suất từ các phương pháp được thể hiện rõ nhất tại các khu vực Việt Bắc và Tây Bắc và ít nhất tại các khu vực Đồng bằng Bắc Bộ và Nam Bộ.

Bảng 1. Kết quả tính toán chỉ số đánh giá CPRS, độ phủ và độ rộng 90,48% của dự báo Raw và 4 phương pháp thống kê cho yếu tố T2m với hạn dự báo 24h (các giá trị được bôi đậm ngụ ý không đem lại sự cải thiện trong sai số)

Chỉ số	Phương pháp	Khu vực nghiên cứu								
		TB	VB	ĐB	ĐBBB	BTB	TTB	NTB	TN	NB
CRPS	BCMA	0.73	0.74	0.81	0.69	0.63	0.62	0.54	0.52	0.54
	BCLR	0.82	0.82	0.88	0.76	0.68	0.65	0.6	0.59	0.61
	BCES	0.72	0.73	0.78	0.67	0.61	0.59	0.51	0.49	0.51
	BCKF	0.87	0.93	**1.0**	**0.89**	0.76	0.68	0.63	0.62	**0.63**
	Raw	1.55	1.28	0.98	0.76	0.77	0.72	0.69	0.67	0.61
Độ phủ 90.48%	BCMA	0.72	0.71	0.65	0.81	0.81	0.82	0.69	0.73	0.79
	BCLR	0.52	**0.51**	**0.52**	**0.55**	**0.6**	**0.56**	**0.47**	**0.47**	**0.44**
	BCES	0.72	0.71	0.66	0.82	0.81	0.82	0.7	0.73	0.78
	BCKF	0.72	0.69	0.67	**0.69**	**0.75**	**0.73**	**0.61**	**0.65**	**0.66**
	Raw	0.44	0.62	0.65	0.79	0.77	0.74	0.69	0.7	0.75
Độ rộng 90.48%	BCMA	2.74	2.85	2.66	2.99	2.79	2.3	1.92	2.05	1.95
	BCLR	1.93	1.98	2.08	2.02	1.98	1.67	1.18	1.18	1.08
	BCES	2.66	2.75	2.56	2.85	2.69	2.21	1.86	1.94	1.88
	BCKF	**3.75**	3.58	**3.58**	**3.66**	**3.72**	**4.35**	**5.11**	**5.01**	**5.38**
	Raw	3.38	3.68	3.16	3.52	3.38	2.88	2.43	2.51	2.57

Nếu xem xét chỉ số độ phủ 90,48%, có thể thấy dự báo xác suất T2m hạn 24h từ 2 phương pháp BCES và BCMA có cho thấy sự cải thiện độ tán EF tại tất cả các khu vực nghiên cứu với mức độ cải thiện khác nhau. Phương pháp BCLR hầu như không đem lại sự cải thiện nào trong khi BCKF chỉ cho sự cải thiện tại một số khu vực nhất định. Chuyển sang chỉ số độ rộng 90,48%, sự cải thiện về độ nhọn hàm phân bố được tìm thấy trong hầu hết các phương pháp thống kê ngoại trừ BCKF. Tổng kết lại, các phương pháp BCES và BCMA cho thấy sự cải thiện chất lượng dự báo xác suất tốt nhất và ổn định nhất trong 4 phương pháp thống kê được thử nghiệm. Các kết quả tương tự cũng được tìm thấy khi xem xét các kết quả đánh giá cho hạn dự báo 48h và 72h (chi tiết xem [3]).

Tương tự bảng 1, bảng 2 đưa ra các kết quả đánh giá cho yếu tố Td2m. Từng bảng 2 có thể thấy chất lượng dự báo xác suất cho Td2m hạn 24h đã được cải thiện khi áp dụng 4 phương pháp thống kê để hiệu chỉnh sai số hệ thống tại tất cả các khu vực nghiên cứu. Các phương pháp BCES và BCMA vẫn cho sự cải thiện lớn hơn so với 2 phương pháp thống kê BCLR và BCKF. Các kết quả tương tự cũng được tìm thấy khi xem xét đánh giá độ rộng 90,48%. Tuy nhiên, các phương pháp thống kê BCLR và BCKF cho thấy độ nhọn phân bố nét hơn so với các phương pháp BCES và BCMA. Các kết quả này hoàn toàn dễ hiểu do độ tán EF được tạo ra từ các phương pháp BCLR và BCKF thường nhỏ hơn so với phương pháp BCES và BCMA. Phương pháp BCLR hầu như không đem lại sự cải thiện nào trong chất lượng dự báo độ tán EF ngoại trừ tại các khu vực Tây Bắc và Việt Bắc. Các kết quả đánh giá cho dự báo 48h và 72h cũng cho thấy các nhận định tương tự như dự báo 24h (chi tiết xem [3]).

Đối với yếu tố Tmax, từ bảng 3 có thể thấy độ tin cậy và độ nhọn của dự báo xác suất từ Raw đã được

cải thiện khi áp dụng 4 phương pháp thống kê và sự cải thiện được tìm thấy tại tất cả các khu vực nghiên cứu trong đó lớn nhất là tại các khu vực Tây Bắc, Việt Bắc, Đông Bắc, Trung Trung Bộ và Tây Nguyên. Tuy nhiên, cả 4 phương pháp đều không cho thấy sự cải thiện trong độ tán EF tại khu vực Đồng bằng Bắc Bộ. Xét về khía cạnh dự báo xác suất tổng thể, các phương pháp BCMA và BCES cho chất lượng dự báo xác suất tốt nhất và kém nhất là BCLR. Các phương pháp BCLR và BCKF thường cho độ tán EF nhỏ hơn so với BCMA và BCES dẫn đến hàm phân bố có độ nhọn cao hơn. Các khu vực Đồng bằng Bắc Bộ, Nam Trung Bộ và Nam Bộ có cho thấy sự cải thiện trong chất lượng dự báo Tmax nhưng không nhiều so với các khu vực khác. Các nhận định này tiếp tục đúng khi xem xét các kết quả đánh giá dự báo xác suất cho Tmax tại các hạn dự báo 48h và 72h (chi tiết xem [3]).

Cuối cùng chúng ta xem xét chất lượng dự báo xác suất cho yếu tố Tmin hạn 24h như trong bảng 4. Tương tự như yếu tố Tmax, từ bảng 4 có thể thấy độ tin cậy và độ nhọn của dự báo xác suất từ Raw đã được cải thiện khi áp dụng 4 phương pháp thống kê tại tất cả các khu vực nghiên cứu. Khác với Tmax, sự cải thiện trong chất lượng dự báo xác suất của Tmin tương đối đồng đều giữa các khu vực. Ngoại trừ phương pháp BCLR không cho thấy sự cải thiện trong độ tán EF, các phương pháp còn lại đều cho thấy sự cải thiện. Các phương pháp BCMA và BCES cho chất lượng dự báo xác suất tốt nhất và kém nhất là BCLR do phương pháp này cho độ tán EF quá nhỏ dẫn đến dự báo xác suất có độ tin cậy không cao (luôn đưa ra các dự báo xác suất lên đến 80-95% xảy ra do các dự báo thành phần có giá trị gần như nhau).

Bảng 2. Tương tự bảng 1 nhưng cho yếu tố Td2m

Chỉ số	Phương pháp	Khu vực nghiên cứu								
		TB	VB	ĐB	ĐBBB	BTB	TTB	NTB	TN	NB
CRPS	BCMA	0.92	1.1	1.04	1.18	1.0	0.59	0.55	0.47	0.54
	BCLR	0.83	0.88	0.87	0.97	0.85	0.63	0.6	0.57	0.56
	BCES	0.88	1.04	0.99	1.11	0.95	0.57	0.51	0.46	0.51
	BCKF	0.87	0.97	1.13	1.14	0.95	0.66	0.62	0.6	0.62
	Raw	1.98	2.12	1.52	1.72	1.56	0.78	0.66	0.68	0.71
Độ phủ 90.48%	BCMA	0.8	0.75	0.78	0.78	0.78	0.84	0.83	0.81	0.75
	BCLR	0.53	0.5	**0.55**	**0.47**	**0.49**	**0.45**	**0.42**	**0.48**	**0.42**
	BCES	0.81	0.77	0.78	0.78	0.79	0.85	0.84	0.81	0.78
	BCKF	0.76	0.71	0.67	0.68	0.71	0.87	0.91	0.92	0.93
	Raw	0.42	0.44	0.66	0.63	0.58	0.75	0.81	0.74	0.76
Độ rộng 90.48%	BCMA	4.44	4.83	4.54	4.92	4.5	3.47	3.02	2.61	2.58
	BCLR	2.18	2.17	2.38	2.23	1.91	1.29	1.06	1.27	1.05
	BCES	4.42	4.85	4.57	4.9	4.51	3.41	2.95	2.51	2.53
	BCKF	4.11	4.07	3.81	3.95	4.03	4.72	5.16	5.19	5.68
	Raw	4.71	5.12	4.72	5.23	4.76	3.76	3.34	2.95	3.09

Bảng 3. Tương tự bảng 1 nhưng cho yếu tố Tmax

Chỉ số	Phương pháp	Khu vực nghiên cứu								
		TB	VB	ĐB	ĐBBB	BTB	TTB	NTB	TN	NB
CRPS	BCMA	1.39	1.4	1.33	1.34	1.42	1.16	0.89	1.03	0.78
	BCLR	1.58	1.61	1.47	1.51	1.59	1.26	0.97	1.17	0.85
	BCES	1.43	1.44	1.37	1.38	1.44	1.13	0.88	1.0	0.76
	BCKF	1.59	1.61	1.5	1.52	1.63	1.2	0.93	1.04	0.84
	Raw	3.41	2.92	2.21	1.41	2.04	2.13	2.02	2.06	1.47
Độ phủ 90.48%	BCMA	0.66	0.67	0.61	**0.69**	0.65	0.66	0.69	0.76	0.78
	BCLR	0.4	0.39	**0.41**	**0.40**	**0.43**	**0.42**	**0.47**	**0.42**	**0.45**
	BCES	0.62	0.64	0.58	**0.66**	0.63	0.64	0.67	0.75	0.77
	BCKF	0.51	0.49	**0.50**	**0.50**	0.45	0.63	0.77	0.73	0.83
	Raw	0.28	0.38	0.50	0.73	0.56	0.45	0.51	0.47	0.65
Độ rộng 90.48%	BCMA	4.2	4.41	3.81	4.67	4.49	3.72	3.3	4.07	3.72
	BCLR	2.46	2.43	2.32	2.43	2.71	2.74	1.78	2.54	1.54
	BCES	4.04	4.3	3.72	4.49	4.39	3.63	3.2	3.97	3.59
	BCKF	3.83	3.74	3.54	3.66	3.43	3.87	4.75	4.59	5.25
	Raw	4.9	5.23	4.42	5.75	5.34	4.20	4.15	4.84	5.07

Bảng 4. Tương tự bảng 1 nhưng cho yếu tố Tmin

Chỉ số	Phương pháp	Khu vực nghiên cứu								
		TB	VB	ĐB	ĐBBB	BTB	TTB	NTB	TN	NB
CRPS	BCMA	0.88	0.96	1.05	1.06	0.91	0.71	0.6	0.56	0.62
	BCLR	0.99	1.06	1.15	1.16	0.98	0.76	0.68	0.67	0.7
	BCES	0.88	0.96	1.04	1.07	0.91	0.7	0.58	0.54	0.6
	BCKF	1.01	1.11	1.22	1.12	1.03	0.83	0.72	0.67	0.73
	Raw	1.5	1.42	1.47	1.18	1.1	0.99	0.87	0.79	1.09
Độ phủ 90.48%	BCMA	0.67	0.63	0.57	0.57	0.62	0.66	0.65	0.76	0.67
	BCLR	**0.4**	**0.4**	**0.37**	**0.32**	**0.38**	**0.4**	**0.36**	**0.37**	**0.33**
	BCES	0.67	0.64	0.57	0.57	0.62	0.66	0.64	0.76	0.67
	BCKF	0.69	0.64	0.61	0.58	0.64	0.75	0.87	0.89	0.89
	Raw	0.49	0.58	0.53	0.66	0.65	0.62	0.66	0.71	0.59
	BCMA	2.88	2.87	2.65	2.87	2.71	2.3	1.95	2.43	2.11
	BCLR	1.75	1.74	1.82	1.58	1.52	1.24	0.96	1.03	0.9

Độ rộng 90.48%	BCES	2.84	2.84	2.59	2.78	2.65	2.24	1.89	2.32	2.05
	BCKF	3.94	3.8	3.78	3.7	3.66	4.15	5.03	5.2	5.42
	Raw	3.46	3.62	3.23	3.67	3.34	2.81	2.65	2.95	3.12

4. Kết luận và kiến nghị

Bài báo này đã nghiên cứu thử nghiệm 4 phương pháp thống kê để nâng cao chất lượng dự báo xác suất từ hệ thống SREPS gồm BCMA, BCES, BCLR và BCKF. Các kết quả thử nghiệm 4 phương pháp này cho dự báo xác suất các yếu tố T2m, Td2m, Tmax và Tmin tại 176 điểm trạm quan trắc khí tượng bề mặt ở Việt Nam dựa trên chuỗi số liệu dự báo 2008-2010 của hệ thống SREPS đã cho thấy hầu hết các phương pháp đã cải thiện được chất lượng dự báo xác suất của 4 yếu tố nhiệt độ nói trên tại các khu vực nghiên cứu. Các phương pháp BCMA và BCES cho thấy sự cải thiện chất lượng dự báo xác suất tốt nhất và đồng đều nhất (cả về độ tin cậy, độ tán EF và độ nhọn hàm phân bố). Đây chính là 2 phương pháp tốt nhất trong số 4 phương pháp thống kê được thử nghiệm. Các phương pháp BCLR và BCKF mặc dù có cho thấy sự cải thiện nhưng thường đem lại độ tán EF nhỏ dẫn đến dự báo xác suất không tin cậy. Chất lượng dự báo xác suất của các phương pháp này cũng không ổn định và thay đổi theo từng yếu tố, hạn dự báo và khu vực nghiên cứu.

Các khu vực có sự cải thiện lớn nhất trong chất lượng dự báo các yếu tố nhiệt độ bề mặt là Tây Bắc, Việt Bắc, Đông Bắc, Trung Trung Bộ và Tây Nguyên. Đây cũng chính là các khu vực có xu thế sai số hệ thống trong dự báo 4 yếu tố nhiệt độ nói trên từ các dự báo thành phần của SREPS là tương đối rõ ràng (có biên độ sai số hệ thống lớn). Điều này chứng tỏ các phương pháp thống kê đã phát huy hiệu quả trong việc khử sai số hệ thống. Trong số 4 yếu tố được nghiên cứu, sự cải thiện lớn nhất được tìm thấy trong dự báo Td2m và Tmax.

Các kết quả nghiên cứu ở đây đã cho thấy vai trò quan trọng của bài toán hiệu chỉnh thống kê cho EF để nâng cao chất lượng dự báo xác suất. Do đó, nhóm nghiên cứu kiến nghị triển khai ứng dụng các phương pháp BCES và BCMA vào nghiệp vụ để nâng cao chất lượng dự báo xác suất cho hệ thống SREPS. Bên cạnh đó, việc nghiên cứu ứng dụng các phương pháp hiệu chỉnh hàm phân bố là cần thiết để tiếp tục cải thiện được chất lượng dự báo xác suất tổng thể cũng như cho các yếu tố bề mặt quan trọng khác của SREPS như lượng mưa, áp và gió.

Tài liệu tham khảo

1. Đỗ Lệ Thủy và cộng tác viên, 2009: Nghiên cứu xây dựng hệ thống dự báo các yếu tố khí tượng bằng phương pháp thống kê trên sản phẩm mô hình HRM. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, 142 tr.

2. Võ Văn Hòa và cộng sự, 2012: Nghiên cứu phát triển hệ thống dự báo tổ hợp thời tiết hạn ngắn cho khu vực Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ, 188 trang.

3. Võ Văn Hòa, 2013: Nghiên cứu phát triển và ứng dụng phương pháp thống kê sau mô hình tổ hợp (EMOS) vào dự báo thời tiết ở Việt Nam. Báo cáo dự thảo luận án tiến sĩ ngành Khí tượng, 144 trang.

4. Daley R., 1991: Atmospheric Data Analysis. Cambrige University Press, 457p.

5. Du J., 2007: Uncertainty and Ensemble Forecast. Science and Technology Lecture Series: http://www.nws.noaa.gov/ost/climate/STIP/STILecture1.pdf