

HIỆU CHỈNH THỐNG KÊ CHO DỰ BÁO TỔ HỢP VÀ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG Ở VIỆT NAM

ThS. **Võ Văn Hòa**, TS. **Bùi Minh Tăng** - Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn trung ương
GS.TS. **Phan Văn Tân** - Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

Bài báo giới thiệu về sự cần thiết của việc hiệu chỉnh thống kê cho dự báo tổ hợp (EMOS) và khái quát một số nghiên cứu về bài toán EMOS trên thế giới để nâng cao chất lượng dự báo trung bình tổ hợp và dự báo xác suất từ các hệ thống dự báo tổ hợp. Các phân tích đã cho thấy EMOS thực sự cần thiết trong nghiệp vụ dự báo khí tượng và hoàn toàn có thể áp dụng để nâng cao các hệ thống dự báo tổ hợp nghiệp vụ tại Việt Nam. Cụ thể, các kỹ thuật EMOS có thể áp dụng có thể chỉ đơn giản là phương pháp hồi quy tuyến tính, trung bình trượt cho đến các phương pháp phức tạp như hồi quy Gauss thông thuần nhất hoặc trung bình Bayes. Tùy theo yếu tố khí tượng quan tâm, các kỹ thuật EMOS khác nhau có thể được sử dụng và đem lại hiệu quả khác nhau.

1. Sự cần thiết của bài toán hiệu chỉnh thống kê cho dự báo tổ hợp

Các nghiên cứu của Lorenz (1965) đề cập đến tầm quan trọng của điều kiện ban đầu đối với kết quả tích phân của các mô hình trong đó thừa nhận tồn tại các nguồn bất định (uncertainties) trong dự báo. Những nguồn bất định này đã hạn chế khả năng dự báo của các mô hình dự báo số trị (NWP). Phương pháp dự báo tổ hợp (EF) đã được nghiên cứu để giải quyết vấn đề nói trên và sử dụng trong dự báo nghiệp vụ tại nhiều nơi trên thế giới. Cho đến nay, EF đã được phát triển và ứng dụng cho nhiều mục đích khác nhau và được đánh giá là lĩnh vực có tốc độ thay đổi nhanh nhất trong nghiên cứu và ứng dụng của khoa học khí quyển. EF không chỉ dự báo các yếu tố khí tượng thông thường mà còn đưa ra độ bất định ứng với mỗi yếu tố dự báo. Quan trọng hơn, EF còn cho phép thực hiện dự báo xác suất, loại hình dự báo đang thực hiện tại các trung tâm dự báo bên cạnh phương pháp dự báo tất định (deterministic) truyền thống. Với những thông tin hữu ích như vậy, có thể hiểu được tại sao trong hơn hai mươi năm trở lại đây cũng như trong tương lai, các hệ thống dự báo tổ hợp (EPS) đã được triển khai tại các trung tâm dự báo trên thế giới như Trung tâm Dự báo thời tiết hạn vừa Châu Âu (ECMWF), Trung tâm Dự báo Môi trường Quốc gia Mỹ (NCEP),... cho mục đích dự báo khí tượng từ hạn ngắn cho đến hạn mùa.

Trên thực tế, mô hình NWP sử dụng trong các EPS luôn tồn tại các sai số hệ thống (bias) liên quan đến sự không hoàn hảo trong động lực, vật lý, phương pháp số, mô tả địa hình,... Những sai số này ảnh hưởng lớn tới chất lượng dự báo của các EPS và có thể tạo ra: 1) dự báo trung bình tổ hợp

không tốt hơn dự báo đối chứng và các dự báo thành phần; 2) quan hệ giữa kỹ năng dự báo và độ tán tổ hợp thấp (độ tán thường quá lớn hoặc quá nhỏ); 3) tạo ra các cực trị lớn (excessive outlier); 4) dự báo xác suất không tin cậy và thiếu khả năng mô tả chi tiết cấu trúc không gian;... Thậm chí, với một phương pháp nhiều động hoàn hảo, thì hàm phân bố xác suất dựa trên một EPS có thể không phù hợp nếu mô hình có sai số nhỏ nội tại (Du, 2007). Có rất nhiều nguyên nhân dẫn đến những hạn chế này như sự chưa hoàn hảo trong động lực, vật lý và phương pháp số trong các mô hình NWP sử dụng trong EPS; sai số trong điều kiện ban đầu và điều kiện biên; phương pháp mô tả các nguồn bất định (phương pháp tạo các dự báo thành phần); hạn chế trong độ phân giải; sai số mô tả các trường tĩnh (địa hình, thảm phủ thực vật).

Theo Du (2007), trên thế giới hiện tại phổ biến 2 cách tiếp cận để giải quyết những tồn tại nói trên cho các EPS, đó là động lực và thống kê. Cách tiếp cận động lực liên quan đến bài toán xử lý một hoặc nhiều nguyên nhân gây ra sai số trong EPS. Chẳng hạn, nghiên cứu ứng dụng đồng hóa số liệu để nâng cao chất lượng trường ban đầu, tăng độ phân giải các mô hình NWP để tăng khả năng dự báo các hiện tượng quy mô vừa, ứng dụng các phương pháp nhiễu động hoặc cấy nhiễu để cải tiến cách tính độ bất định,... Cách tiếp cận thống kê về cơ bản tương tự như bài toán MOS cho mô hình NWP tất định, đó là sử dụng các kỹ thuật thống kê để hiệu chỉnh các dự báo thành phần của EPS hoặc tổng hợp thông tin EF một cách hiệu quả nhất để nâng cao được chất lượng dự báo trung bình tổ hợp (EM) và xác suất của EPS. Cách tiếp cận thống kê được biết đến với tên gọi là EMOS (Ensemble Model Output Statistics).

Nói chung, cách tiếp cận động lực là rất phức tạp, mất nhiều công sức và thời gian, nên chỉ phù hợp với các nước phát triển và làm chủ được công nghệ NWP cũng như có tài nguyên tính toán lớn. Trong khi đó, cách tiếp cận thống kê là đơn giản, hiệu quả, dễ khả thi và phù hợp với các nước đang phát triển trong đó có Việt Nam. Với cách tiếp cận này, ngay cả những nước không có khả năng triển khai nghiệp vụ các EPS mà chỉ thu nhận các sản phẩm EF dạng số cũng có thể áp dụng được EMOS. Mặc dù cách tiếp cận thống kê chỉ giải quyết được vấn đề sai số hệ thống trong các EPS nhưng vẫn đem lại nhiều cải thiện trong chất lượng dự báo EM và xác suất (Du, 2007; Wilk, 2006).

2. Tổng quan về hiệu chỉnh thống kê cho dự báo tổ hợp

Như đã biết, các EPS có thể cung cấp 2 dạng sản phẩm quan trọng là dự báo EM và xác suất. Các sản phẩm này đều có ý nghĩa và mục đích sử dụng khác nhau trong nghiệp vụ dự báo. Do đó, các kỹ thuật EMOS được đề xuất để cải thiện hoặc EM, hoặc dự báo xác suất hoặc cả hai. Cụ thể, bằng cách loại bỏ sai số hệ thống của mô hình NWP (mô men bậc 1) trong EPS sử dụng phương pháp nhiễu động trường ban đầu, dự báo EM 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, dự báo xác suất sẽ tin cậy hơn, độ tán tổ hợp sẽ phù hợp hơn khi sai số hệ thống của từng mô hình bị loại bỏ. 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 tổng thể dự báo xác suất (độ tin cậy, độ tán, khả năng phân hoạch, độ nhọn,...), các mô men cao hơn như hàm mật độ xác suất cũng cần được hiệu chỉnh.

Mặc khác, EPS là không hoàn hảo trong thế giới thực do các dự báo thành phần có thể có kỹ năng dự báo khác nhau trong các điều kiện khí quyển khác nhau, đặc biệt là trong các EPS đa mô hình hoặc đa vật lý. Trong trường hợp này, kỹ thuật lấy trung bình có trọng số cho từng dự báo thành phần có thể hữu ích, đây cũng chính là một dạng EMOS. Ngoài ra, loại bỏ sai số hệ thống cũng là bước quan trọng trong việc tìm ra dự báo thành phần tốt nhất. Trên thực tế, dự báo viên luôn muốn biết trước dự báo thành phần nào được đánh giá là tốt nhất mặc dù điều này là không thể bởi vì về mặt lý thuyết các dự báo có xác suất như nhau. Tuy nhiên, nếu loại bỏ

được sai số hệ thống của các thành phần tổ hợp, EM được đánh giá là tốt nhất về mặt trung bình. Ngược lại, với một hệ thống dự báo tổ hợp có sai số hệ thống, rất khó để nhận ra dự báo thành phần tốt nhất và dự báo EM luôn có kỹ năng dự báo kém hơn dự báo thành phần tốt nhất.

Trong cách tiếp cận thống kê, có nhiều kỹ thuật được sử dụng như trung bình trượt (running mean) trong đó một trung bình có trọng số trên một chu kỳ quá khứ được sử dụng (Stensrud và Yussouf, 2007;...), trung bình phân rã đơn giản (decaying average) trong đó có xu hướng tập trung vào dữ liệu quá khứ gần đây nhất với trọng số giảm dần theo độ tuổi của dữ liệu bằng cách sử dụng kỹ thuật lọc Kalman, cách tiếp cận tương tự trong đó trọng số phụ thuộc vào hình thể thời tiết (Du và DiMego, 2008), hồi quy tuyến tính, mạng thần kinh nhân tạo, trung bình mô hình Bayes - BMA (Raftery và nnk, 2005; ...), hiệu chỉnh hàm mật độ tích lũy, hồi quy Gauss không thuần nhất - NGR (Gneiting và nnk, 2005;...), hiệu chỉnh dựa trên biểu đồ hạng (Hamill và Colucci, 1998; ...), áp nhân/hàm mật độ (Wang và Bishop, 2005;...), đồng hóa dự báo (Stephenson và nnk, 2005). Các phương pháp EMOS có thể áp dụng cho trung bình tổ hợp (mô men bậc 1), phương sai (mô men bậc 2) và các mô men bậc cao hơn như hàm phân bố xác suất. Ví dụ, kỹ thuật thống kê áp nhân/hàm mật độ (kernel dressing) là giải pháp tốt để cải thiện độ tán của các hệ thống dự báo tổ hợp có độ tán bé. Cách tiếp cận thống kê cũng có thể áp dụng cho bài toán hạ quy mô (downscaling). Nói chung, một mạng lưới quan trắc dày đóng vai trò quan trọng trong bài toán hạ quy mô thống kê và các kỹ thuật hậu xử lý khác.

Trên thực tế, sai số hệ thống thay đổi theo từng hình thể và các thành phần sai số ngẫu nhiên và hệ thống rất khó có thể được bóc tách, do đó các cách tiếp cận thống kê sẽ không phù hợp trong dạng bài toán này và cách tiếp cận động lực là lựa chọn thích hợp. Tuy nhiên, cho đến nay có rất ít phương pháp động lực được nghiên cứu trong bài toán EMOS và đây vẫn đang là hướng nghiên cứu mở trên thế giới. Hiện tại, có một số phương pháp động lực đã được đề xuất như phương pháp tổ hợp lai (hybrid ensemble) dựa trên cách tiếp cận đa mô hình (sử dụng 2 độ phân giải), quan hệ sai số - độ tán tổ hợp, vật lý ngẫu nhiên,... Cách tiếp cận vật lý ngẫu nhiên có thể khử sai số hệ thống bằng cách đưa vào tính toán các hiệu ứng sai số khác nhau trong các phương trình mô hình. Mặt khác, việc chẩn đoán chính xác các điều kiện động lực của môi trường

như hội tụ ẩm, chuyển động thẳng đứng và bất ổn định khí quyển cũng có thể được coi như một phương pháp hậu xử lý cho EF.

Tại Việt Nam, NWP vẫn còn ở giai đoạn bước đầu tiếp thu công nghệ và nghiên cứu ứng dụng. Do đó, EF cũng đang ở trong giai đoạn bước đầu tìm hiểu và thử nghiệm. Các nghiên cứu ứng dụng EF đầu tiên tập trung vào bài toán dự báo quỹ đạo bão trên khu vực Biển Đông như các nghiên cứu của Nguyễn Chi Mai và nnk (2004), Đỗ Lệ Thủy và nnk (2005),... Trong những nghiên cứu này, các phương pháp tính toán EM với các trọng số tỷ lệ nghịch với sai số dự báo của từng dự báo thành phần tương ứng và hồi quy tuyến tính đa biến được sử dụng. Các kết quả đánh giá cho một số mùa bão từ 2000-2004 đã cho thấy chất lượng dự báo EM được xác định theo các cách tiếp cận nói trên đã được cải thiện so với EM dạng trung bình đơn giản (trọng số như nhau). Theo hướng nghiên cứu này, Trần Tân Tiến và nnk (2010) đã thử nghiệm các phương án tính toán EM khác nhau dựa trên tổ hợp đa mô hình đa vật lý cho mục đích dự báo quỹ đạo và cường độ bão hạn từ 3-5 ngày trên khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương. Các kết quả nghiên cứu từ các đề tài này đã cho thấy việc tính toán EM theo các trọng số khác nhau đã cải thiện được chất lượng dự báo quỹ đạo và cường độ bão so với trung bình đơn giản (trọng số như nhau).

Đối với bài toán dự báo các trường khí tượng, trong khuôn khổ đề tài NCKH cấp Nhà nước mang mã số KC.09.04 do Trần Tân Tiến làm chủ nhiệm, nhóm nghiên cứu đã thử nghiệm tổ hợp các trường khí tượng từ các mô hình NWP khác nhau dưới dạng trung bình cộng đơn giản và có trọng số. Các kết quả thử nghiệm và đánh giá cũng cho thấy việc lấy trung bình có trọng số theo sai số dự báo đã đem lại hiệu quả trong việc nâng cao chất lượng dự báo một số trường khí tượng trên Biển Đông (Trần Tân Tiến và nnk, 2004). Tiếp theo hướng nghiên cứu này, Võ Văn Hòa và nnk (2007) đã thử nghiệm một số phương pháp thống kê như trung bình trượt, hồi quy tuyến tính, hồi quy Gauss không thuần nhất để hiệu chỉnh EF cho một số trường quy mô lớn (áp, gió, ẩm) hay được tham khảo trong dự báo bão từ EPS đa mô hình toàn cầu. Các kết quả đánh giá dựa trên chuỗi số liệu 3 năm (2005-2007) đã cho thấy chất lượng dự báo EM và xác suất đã được cải thiện đáng kể khi áp dụng các phương pháp thống kê nói trên để khử sai số hệ thống trong các dự báo thành phần.

Để thử nghiệm EF cho bài toán dự báo mưa lớn ở Việt Nam, Hoàng Đức Cường và nnk (2007) đã ứng dụng các phiên bản tham số hóa vật lý khác nhau trong mô hình MM5 để tạo ra EF. Phương án tính toán EM có trọng số tỷ lệ nghịch với phương sai sai số của từng dự báo thành phần đã được thực hiện. Các kết quả thử nghiệm cho một số đợt mưa lớn năm 2004 và 2005 cho thấy không có nhiều sự khác biệt trong chất lượng dự báo mưa lớn bằng EF trọng số như nhau và có trọng số thay đổi. Gần đây, Hoàng Đức Cường và nnk (2011) đã thử nghiệm EF cho mục đích dự báo bão và một số hiện tượng thời tiết dựa trên mô hình WRF và MM5. Cũng tương tự như nghiên cứu của nhóm tác giả này năm 2007, phương án tính EM có và không có trọng số được thử nghiệm cho cả bài toán dự báo bão và mưa lớn. Các kết quả thử nghiệm cho các năm 2005-2007 đã thấy EF có trọng số tốt hơn EF trung bình đơn giản trong một số hình thể cụ thể.

Nói chung, các cách tiếp cận thống kê để hiệu chỉnh EF là một bài toán lớn liên quan đến nhiều vấn đề và khía cạnh khoa học khác nhau. Việc nghiên cứu đầy đủ cả phương pháp này đòi hỏi mất nhiều công sức và thời gian. Câu hỏi đặt ra là làm thế nào để lựa chọn được các phương pháp EMOS phù hợp với Việt Nam để nâng cao chất lượng dự báo EM và xác suất của EPS nghiệp vụ. Phần tiếp theo sẽ đưa ra các luận giải về vấn đề này cũng như đề xuất một số phương pháp EMOS cho bài toán EF tại Việt Nam.

3. Khả năng ứng dụng hiệu chỉnh thống kê cho dự báo tổ hợp cho các hệ thống dự báo số trị ở Việt Nam

Tại Việt Nam, các hệ thống NWP đã được nghiên cứu và ứng dụng nghiệp vụ từ hơn 10 năm trở lại đây trong đó bao gồm các EPS từ quy mô hạn ngắn cho đến hạn mùa. Năm 2010, Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương (TTDBTU) đã triển khai nghiệp vụ 02 hệ thống dự báo tổ hợp thời tiết cho mục đích dự báo 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, và cho mục đích dự báo hạn trước vừa (3-5 ngày) - LEPS dựa trên cách tiếp cận đa hạ quy mô động lực (chạy HRM với 21 đầu vào từ EPS toàn cầu của NCEP). Các sản phẩm dự báo trung bình tổ hợp (EM) và dự báo xác suất từ SREPS và LEPS đã và đang góp phần quan trọng trong công tác dự báo thời tiết, đặc biệt là dự báo các hiện tượng thời tiết nguy hiểm tại TTDBTU. Kết quả đánh giá chất lượng dự báo EM và xác suất của

hệ thống SREPS và LEPS đã cho thấy các hạn chế trong việc dự báo các biến bề mặt và trên cao (Võ Văn Hòa và nnk, 2012; Dư Đức Tiến và nnk, 2013). Những hạn chế này dẫn đến hiệu quả phục vụ công tác dự báo thời tiết của hệ thống SREPS chưa cao. Câu hỏi đặt ra là “Làm thế nào để nâng cao được chất lượng dự báo EM và xác suất của hệ thống SREPS?”.

Theo phân tích của Võ Văn Hòa và nnk (2012), nguyên nhân dẫn đến những hạn chế của hệ thống SREPS có thể bắt nguồn từ sự chưa hoàn hảo của các mô hình NWP được sử dụng, phương pháp tạo các dự báo thành phần, sai số địa hình và thảm phủ, sai số trường ban đầu và điều kiện biên,... Những nguyên nhân này đều có đóng góp tới sai số tổng cộng của hệ thống SREPS theo cả nghĩa sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên. Các kết quả tương tự cũng được tìm thấy trong hệ thống LEPS (Dư Đức Tiến và nnk, 2013). Trên thực tế, rất khó để tách biệt được các nguồn sai số gây ra cũng như định lượng hóa mức độ gây ra sai số hoặc bản chất của sai số là hệ thống hay ngẫu nhiên. Để khắc phục những hạn chế nói trên, rất nhiều bài toán khác nhau cần phải thực hiện riêng rẽ hoặc đồng thời. Chẳng hạn, để khắc phục nguyên nhân do mô hình NWP, rõ ràng cần phải đầu tư nghiên cứu cải tiến mô hình từ động lực, vật lý cho đến phương pháp số. Để cải tiến sai số trong trường ban đầu, cần phải nghiên cứu ứng dụng bài toán đồng hóa số liệu,... Đây là những bài toán lớn đòi hỏi phải nghiên cứu lâu dài và tốn nhiều công sức.

Như đã biết, hệ thống SREPS dựa trên cách tiếp cận đa mô hình đa phân tích trong đó sử dụng 4 mô hình NWP khu vực (WRFARW, WRFNMM, HRM, BoLAM) chạy riêng rẽ với các đầu vào từ 5 mô hình NWP toàn cầu (GFS, GME, GSM, NOGAPS và GEM) trong khi hệ thống LEPS dựa trên mô hình HRM. Theo cách tiếp cận động lực, việc cải tiến mô hình cần phải thực hiện cho cả 4 mô hình NWP của hệ thống SREPS trong khi cải tiến trường ban đầu sẽ liên quan tới 5 mô hình NWP toàn cầu. Tương tự cho hệ thống LEPS, sẽ cần phải cải tiến mô hình HRM và hệ thống EPS toàn cầu của NCEP. Công việc này đòi hỏi một khối lượng công việc khổng lồ và thực hiện trong thời gian dài, thậm chí là không khả thi do nhiều mô hình và số liệu phụ thuộc vào nước ngoài. Việc cải tiến cách thức tạo ra các dự báo thành phần hoặc số lượng dự báo thành phần cũng gặp phải khó khăn tương tự. Trong khi đó, cách tiếp cận thống kê chỉ tác động đến kết quả đầu ra của hệ thống SREPS và LEPS mà không ảnh hưởng tới các

mô hình NWP được sử dụng cũng như cách thức tạo ra các dự báo thành phần. Đây là cách tiếp cận đơn giản, khả thi và có thể đem lại hiệu quả cao khi sai số hệ thống chiếm ưu thế trong sai số tổng cộng.

Trên thực tế, tùy thuộc vào mục đích cải tiến chất lượng dự báo của một EPS đưa ra (đối tượng dự báo hoặc đặc tính sai số cần cải thiện), các phương pháp EMOS khác nhau sẽ được sử dụng như đã được tổng quan ở trên. Mỗi một phương pháp EMOS sẽ hướng đến giải quyết một hoặc nhiều hạn chế có liên quan đến sản phẩm dự báo EM hoặc xác suất. Ví dụ, cách tính toán EF có trọng số khác nhau sẽ chỉ tác động đến chất lượng dự báo EM mà không làm thay đổi chất lượng dự báo xác suất của EPS đưa ra do các dự báo thành phần không thay đổi. Tuy nhiên, với cách tiếp cận hiệu chỉnh sai số hệ thống cho từng dự báo thành phần, rõ ràng chất lượng dự báo EM và xác suất của EPS sẽ bị thay đổi so với dự báo EF ban đầu.

Để có thể cải thiện chất lượng dự báo tổng thể của các EPS nghiệp vụ tại TTDBTU, chúng tôi nhận thấy các phương pháp EMOS có thể được ứng dụng về cơ bản sẽ tập trung vào 2 lớp bài toán EMOS tách biệt gồm:

- 1) Các phương pháp EMOS chỉ tác động đến chất lượng dự báo EM;
- 2) Các phương pháp EMOS tác động đến cả chất lượng dự báo EM và dự báo xác suất.

Đối với lớp bài toán EMOS đầu tiên, các kỹ thuật thống kê được lựa chọn để tạo ra các cách tính trọng số EM khác nhau. Trong khi đối với lớp EMOS thứ hai, các kỹ thuật thống kê sẽ được lựa chọn để hiệu chỉnh từng dự báo thành phần thông qua việc khử sai số hệ thống hoặc hàm phân bố đã điều chỉnh để cực đại hóa kỹ năng dự báo xác suất. Các kỹ thuật thống kê có thể sử dụng gồm hồi quy tuyến tính đa biến, hồi quy Logistic, tương tự, trung bình có trọng số tỷ lệ nghịch với phương sai sai số hoặc giảm theo độ tuổi của dữ liệu (dạng hàm mũ), ANN, lọc Kalman,...

Đối với lớp bài toán EMOS thứ hai, các kỹ thuật thống kê như trung bình trượt, lọc Kalman, trung bình Bayes, áp hàm mật độ, hiệu chỉnh biểu đồ hạng, hồi quy Gauss không thuần nhất có thể được áp dụng. Như đã trình bày ở trên, mỗi một kỹ thuật thống kê nói trên sẽ phù hợp với một hoặc nhiều yếu tố dự báo từ các hệ thống SREPS/LEPS và có chất lượng thay đổi theo từng hạn dự báo và khu vực nghiên cứu. Do đó, việc nghiên cứu ứng dụng

và thử nghiệm các phương pháp EMOS này cho các hệ thống SREPS và LEPS để tìm ra các phương pháp tối ưu cho từng yếu tố, hạn dự báo và khu vực nghiên cứu là hết sức cần thiết và cấp bách. Lựa chọn độ dài tập dữ liệu luyện (phụ thuộc) phù hợp cho từng phương pháp EMOS cũng là một câu hỏi cần phải nghiên cứu.

4. Kết luận

Các phân tích tổng quan về bài toán EMOS đã cho thấy việc nghiên cứu và ứng dụng EF nói chung và EMOS nói riêng ở nước ta còn nhiều hạn chế cả về số lượng và quy mô ứng dụng. Các phương pháp

EMOS được nghiên cứu trong nước chủ yếu tập trung cho bài toán nâng cao chất lượng dự báo EM thông qua EF có trọng số. Bên cạnh đó, chưa có nghiên cứu EMOS hoàn chỉnh nào cho bài toán dự báo thời tiết cũng như chưa có hệ thống EMOS nào được triển khai trong dự báo nghiệp vụ tại các đơn vị dự báo tác nghiệp. Đây cũng chính là lý do trong bài báo này chúng tôi đề xuất một số hướng nghiên cứu ứng dụng các phương pháp EMOS để nâng cao chất lượng dự báo cho các hệ thống SREPS và LEPS tại Việt Nam mà trước hết là tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương.

Tài liệu tham khảo

1. Hoàng Đức Cường và nnk, 2011: Nghiên cứu ứng dụng mô hình WRF phục vụ dự báo thời tiết và bão ở Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ TNMT, 120tr.
2. Võ Văn Hòa và nnk, 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 TNMT, 188 tr.
3. Nguyễn Chi Mai, Nguyễn Thu Hằng, Nguyễn Phương Liên, 2004: Thử nghiệm dự báo tổ hợp quỹ đạo bão bằng phương pháp thống kê từ dự báo của các trung tâm quốc tế. Tạp chí KTTV, số 519, tr 23-28.
4. Dư Đức Tiến và nnk, 2013: Nghiên cứu phát triển hệ thống dự báo tổ hợp hạn vừa cho khu vực Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ TNMT, 146 tr.
5. Trần Tân Tiến và nnk, 2010: Xây dựng công nghệ dự báo liên hoàn bão, nước dâng và sóng ở Việt Nam bằng mô hình số với thời gian dự báo trước 3 ngày. Báo cáo tổng kết Đề tài NCKH cấp Nhà nước MS: KC.08.05/06-10, 400tr.
6. Đỗ Lệ Thủy, Võ Văn Hoà, Nguyễn Chi Mai, 2005: Dự báo tổ hợp quỹ đạo xoáy thuận nhiệt đới dựa trên phương pháp nhiễu động trên mô hình chính áp. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu cơ bản, mã số 732904
7. Du J., 2007: Uncertainty and Ensemble Forecast. Science and Technology Lecture Series: <http://www.nws.noaa.gov/ost/climate/STIP/STILecture1.pdf>
8. Du, J. and G. DiMego, 2008: A regime-dependent bias correction approach. 19th Conference on probability and Statistics, Jan. 20-24, 2008, New Orleans, LA, paper 3.2.
9. Gneiting T., A. E. Raftery, A. H. Westveld, and T. Goldman, 2005: Calibrated probabilistic forecasting using ensemble model output statistics and minimum CRPS estimation. Mon. Wea. Rev., 133, 1098-1118.
10. Raftery, A. E., T. Gneiting, F. Balabdaoui, and M. Polakowski, 2005: Using Bayesian model averaging to calibrate forecast ensembles. Mon. Wea. Rev., 133, 1155-1174.
11. Stensrud, D. J. and N. Yussouf, 2007: Reliable Probabilistic Quantitative Precipitation Forecasts from a short-range ensemble predictions. Wea. Forecasting, 22, 3-17.
12. Stephenson D. B., Coelho C. A. S., Doblas-Reyes F. J. and Balmaseda M., 2005: Forecast assimilation: a unified framework for the combination of multi-model weather and climate predictions. Tellus, 57A, 253-264.
13. Wang, X., and C. H. Bishop, 2005: Improvement of ensemble reliability with a new dressing kernel. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 131, 965-986.
14. Wilks, D. S., 2006: Comparison of ensemble-MOS methods in the Lorenz '96 setting. Meteorological Application, 13, 243-256.