

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG HỆ THỐNG DỰ BÁO TỔ HỢP THỜI TIẾT HẠN NGẮN CHO KHU VỰC VIỆT NAM DỰA TRÊN CÁCH TIẾP CẬN ĐA MÔ HÌNH ĐA PHÂN TÍCH

Phần I. Phương pháp luận

NCS. Võ Văn Hòa, TS. Lê Đức, ThS. Đỗ Lệ Thủy

ThS. Dư Đức Tiến, CN. Nguyễn Mạnh Linh, CN. Nguyễn Thanh Tùng

Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương

Bài báo trình bày một số kết quả nghiên cứu phát triển hệ thống dự báo tổ hợp thời tiết hạn ngắn (SREPS) cho khu vực Việt Nam dựa trên cách tiếp cận đa mô hình, đa phân tích. Phần I của bài báo trình bày về phương pháp luận xây dựng hệ thống SREPS bao gồm 20 dự báo thành phần với độ phân giải 16×16 km, trong đó 4 mô hình dự báo số trị quy mô vừa được sử dụng gồm HRM, BoLAM, WRFARW và WRFNMM. Các kết quả đánh giá và phân tích kỹ năng dự báo trung bình tổ hợp và xác suất từ hệ thống SREPS cho một số yếu tố khí tượng bề mặt và trên cao sẽ được trình bày chi tiết trong phần II và III của bài báo. Nói chung, các kết quả đánh giá cho thấy dự báo trung bình tổ hợp từ hệ thống SREPS có kỹ năng dự báo tốt hơn tất cả các dự báo thành phần trong khi dự báo xác suất vẫn chưa có độ tin cậy cao. Độ tán và độ nhọn của hệ thống SREPS thường nhỏ hơn so với thực tế.

1. Mở đầu

Như đã biết, lý thuyết dự báo tổ hợp (EF) được đặt nền móng từ những năm 70 và bắt đầu đưa vào ứng dụng đầu những năm 90 của thế kỷ trước với mục đích sử dụng đầu tiên cho các dự báo hạn vừa trên quy mô hành tinh. Ở một số trung tâm dự báo khí tượng lớn trên thế giới, các EPS nghiệp vụ đã được đưa vào hoạt động từ đầu những năm 90 phục vụ công tác dự báo hạn vừa và hạn dài dựa trên các hệ thống siêu máy tính. Các EPS này được phát triển dựa trên các mô hình toàn cầu với mục đích chính là nâng cao chất lượng dự báo và tăng cường khả năng dự báo dài hạn. Cụ thể, EPS nghiệp vụ đầu tiên tại Trung tâm quốc gia dự báo môi trường của Mỹ (NCEP) được sử dụng từ năm 1992 dựa trên phương pháp ươm nhiễu động phát triển nhanh (BGM) để tạo tập hợp các trường ban đầu khác nhau cho mô hình toàn cầu T126 với 28 mực thẳng đứng và tích phân tới 180 giờ (Toth và Kalnay, 1997). Hiện tại, EPS cho dự báo hạn vừa hạn dài của NCEP bao gồm 21 thành phần dựa trên mô hình toàn cầu GFS có độ phân giải 1×1 độ. Tại Trung tâm dự báo hạn vừa Châu Âu (ECMWF), EPS cũng được đưa vào nghiệp vụ từ năm 1992 bằng việc sử dụng phương pháp tách vector kỳ dị để tạo nhiễu động ban đầu (Palmer và cộng sự, 1992). EPS này hiện nay có tới 51 dự báo thành phần, thực hiện dự báo hàng ngày và cung cấp kết quả cho các nước trong Cộng đồng Châu Âu là thành viên của ECMWF. Độc lập với NCEP và ECMWF nhưng muộn hơn vài năm, Trung tâm Khí

tượng Canada (CMC) cũng bắt đầu đưa vào chạy nghiệp vụ EPS theo phương pháp nhiễu động quan trắc kết hợp với các nhiễu động vật lý mô hình (Houtekamer và cộng sự, 1996). EPS của CMC cho thấy một sự kết hợp chặt chẽ giữa EF và đồng hóa số liệu. Hiện tại, EPS của CMC bao gồm 21 thành phần.

Dựa trên những thành công trong EF cho hạn vừa và hạn dài, NCEP đã triển khai một dự án xây dựng một tập các dự báo thành phần cho dự báo tổ hợp thời tiết hạn ngắn (SREF) gồm 10 dự báo từ mô hình ETA và 5 dự báo từ mô hình RSM từ 1995. Hiện tại, SREF của NCEP bao gồm 21 thành phần với 4 mô hình quy mô vừa là ETA, RSM, WRF-ARW và WRF-NMM với độ phân giải thay đổi giữa các dự báo thành phần từ 32–45km. Tại châu Âu, SREF được phát triển chậm hơn so với tại Mỹ. Tiếp sau thành công của EPS từ mô hình toàn cầu, Molteni và cộng sự (2001) bắt đầu những nghiên cứu lý thuyết cho phép thực hiện EF trên mô hình khu vực với độ phân giải cao hơn so với mô hình toàn cầu với tên gọi LEPS. Tuy nhiên, khác với SREF, LEPS lại hướng đến dự báo hạn dự báo từ 2 cho đến 5 ngày. Bên cạnh LEPS, SREF cũng được sử dụng tại châu Âu nhưng chỉ được thực hiện tại các trung tâm dự báo của từng quốc gia. Cụ thể, tại cơ quan khí tượng Vương quốc Anh (UK Met), hệ thống SREF có tên gọi MOGREPS được triển khai nghiệp vụ từ tháng 10 năm 2006. Cơ quan khí tượng Tây Ban Nha (AEMET) đã phát triển một hệ thống dự báo tổ hợp hạn ngắn đa mô hình (gọi là SREPS) cho vùng Châu Âu và Đại Tây Dương bằng cách sử dụng

5 mô hình khu vực (Hirlam, HRM, MM5, LM/COSMO và UM) chạy riêng lẻ với từng trường ban đầu và điều kiện biên của 4 mô hình toàn cầu (IFS, UM, GME, GFS). Tại Na Uy, một hệ thống SREF có tên gọi là NOR-LAMEPS bao gồm 42 dự báo thành phần đã được triển khai nghiệp vụ từ năm 2005. Cơ quan khí tượng Pháp (Météo-France) cũng đang vận hành một hệ thống SREF có tên gọi là PEACE dựa trên mô hình quy mô vừa ARPÈGE với độ phân giải 20km. PEACE bao gồm 11 dự báo thành phần và thực hiện dự báo cho đến hạn dự báo 60 giờ. Tổng cục khí tượng cộng hòa liên bang Đức (DWD) sử dụng hệ thống SREF nghiệp vụ có tên gọi là SRNWP-PEPS dựa trên cách tiếp cận "Poor-Man" trong đó các dự báo thành phần đơn giản chỉ là tập hợp các dự báo từ các mô hình NWP tất định của các Cơ quan khí tượng quốc gia trong Châu Âu.

Tại Việt nam, EF đang ở trong giai đoạn bước đầu tìm hiểu và chủ yếu tập trung vào các nghiên cứu lý thuyết và dự báo tổ hợp quỹ đạo bão dựa trên cách tiếp cận đa trung tâm, nhiều động trường ban đầu cho mô hình chính áp, đa tham số hóa vật lý dựa trên mô hình WRF, nuôi nhiều phát triển nhanh và đa mô hình. Đối với bài toán dự báo trường khí quyển, Võ Văn Hòa và cộng sự (2008) đã nghiên cứu phát triển một EPS cho một số trường khí tượng quy mô synopt hay được sử dụng trong công tác dự báo bão theo phương pháp dòng dẫn dựa trên cách tiếp cận đa mô hình toàn cầu. Tuy nhiên, các nghiên cứu nói trên chỉ có thể áp dụng được cho các hiện tượng thời tiết mang tính quy mô lớn do độ phân giải thô của các dự báo thành phần và mới chỉ thử nghiệm cho một số biến khí tượng trên cao. Do đó, việc áp dụng các kết quả nghiên cứu trên cho bài toán dự báo các hiện tượng thời tiết quy mô vừa là không khả thi. Nói chung, các nghiên cứu về EF tại Việt Nam mới bắt đầu trong 10 năm trở lại đây và đang ở giai đoạn thử nghiệm áp dụng công nghệ và tập trung dự báo quỹ đạo bão và một số trường khí tượng cơ bản. Do đó, chưa thể áp dụng được cho bài toán dự báo thời tiết hạn ngắn. Chính vì vậy, việc nghiên cứu và xây dựng được một hệ thống SREF và triển khai được vào dự báo nghiệp vụ tại TTDBTU là hết sức cần thiết và cấp bách.

2. Phân tích và thiết kế hệ thống dự báo tổ hợp thời tiết hạn ngắn (SREPS) cho khu vực Việt Nam

a. Phương pháp luận

Khác với EF dựa trên mô hình toàn cầu, khi độ bất định trong dự báo chủ yếu đến từ độ bất định trong điều kiện ban đầu, với các mô hình quy mô vừa hiện tại có quá nhiều nhân tố làm phát sinh nguồn bất định cho bài toán SREF như sai số trong trường ban

đầu, sai số mô hình, sai số điều kiện biên, ... Trong đó, phần lớn các nghiên cứu cho đến hiện tại tập trung vào giải quyết các nguồn bất định có nguồn gốc từ trường ban đầu và sai số mô hình. Hay nói cách khác, việc tính toán và mô tả chính xác ảnh hưởng của hai nguồn bất định này có vai trò quan trọng và quyết định tới chất lượng dự báo của một hệ thống SREF. Ngoài ra, việc lựa chọn ưu tiên tính toán nguồn bất định nào cũng sẽ quyết định phương pháp để tạo ra các dự báo thành phần của một hệ thống SREF.

Để tính toán được ảnh hưởng của các nguồn bất định có nguồn gốc từ trường ban đầu, cho đến nay đã có rất nhiều phương pháp được đề xuất cho bài toán SREF như nhiều động quan trắc, vecto kỳ dị - SV, dự báo trung bình trễ - LAF, nuôi nhiều động phát triển nhanh - BGM, lọc kalman tổ hợp, Nói chung, hầu hết các nghiên cứu đều cho thấy các SREF dựa trên các phương pháp nhiều động trường ban đầu nói trên đều cho kỹ năng dự báo xác suất tốt hơn so với phương pháp hạ quy mô động lực dựa trên EPS toàn cầu. Tuy nhiên, các hệ thống SREF dựa trên cách tiếp cận này thường có độ tán quá nhỏ so với thực tế, dẫn đến tương quan không chặt giữa sai số của trung bình tổ hợp với độ tán tổ hợp. Ngoài ra, cho đến nay cũng chưa có nghiên cứu nào chỉ ra được phương pháp tối ưu nhất trong số các phương pháp nói trên trong việc tính toán các nguồn bất định có nguồn gốc từ trường ban đầu trong bài toán SREF. Bên cạnh đó, cách tiếp cận xây dựng hệ thống SREF cho Việt Nam dựa trên các giải pháp nói trên là chưa thể thực hiện trong điều kiện hiện tại của Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương (TTDBTU) vì một số lý do như sau: 1) chưa có nghiên cứu nào chỉ ra được phương pháp tạo nhiều động trường ban đầu nào là tốt nhất cho bài toán SREF, đặc biệt là cho vùng Việt Nam; 2) trình độ cán bộ và khoa học công nghệ hiện tại của TTDBTU chưa có đủ khả năng để tiếp thu cũng như tự xây dựng các phương pháp nói trên; 3) năng lực tính toán hiện tại của TTDBTU đáp ứng được yêu cầu; và 4) TTDBTU chưa có hệ thống đồng hóa số liệu khu vực và rất nhiều nguồn số liệu quan trắc chưa được khai thác để đưa vào hệ thống này.

Như đã biết, cho đến nay đã có rất nhiều nghiên cứu chỉ ra vai trò quan trọng của việc tính toán sai số mô hình trong hệ thống SREF sẽ đem lại sự cải thiện đáng kể trong độ tán tổ hợp, điều mà cách tiếp cận nhiều động trường ban đầu chưa giải quyết triệt để được. Nghiên cứu của Stensrud và cộng sự (2000) đã cho thấy sai số mô hình sẽ có ảnh hưởng lớn khi xem xét các hiện tượng thời tiết nguy hiểm quy mô vừa, thậm chí tại các vùng địa hình phức tạp nơi mà độ bất định trong dự báo bị chi phối nhiều bởi các sai số

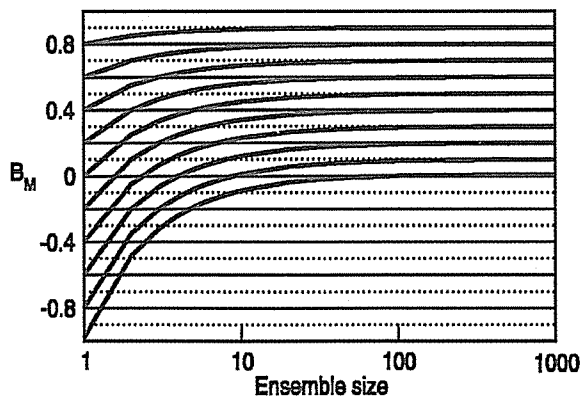
quy mô lớn trong trường phân tích. Khái quát lại, cho đến nay có 2 phương pháp chủ yếu để tính toán được ảnh hưởng của các nguồn bất định do mô hình tới chất lượng của hệ thống SREF. Cách tiếp cận thứ nhất thường được biết đến với tên gọi là “đa mô hình” trong đó có thể sử dụng nhiều mô hình NWP khác nhau (Multi-Model) hoặc cùng một mô hình nhưng với nhiều phiên bản khác nhau hoặc với nhiều tùy chọn tham số hóa vật lý khác nhau (Varied-Model). Tuy nhiên, cách tiếp cận sử dụng một mô hình (nhiều phiên bản hoặc tùy chọn tham số hóa vật lý khác nhau) thường cho độ tán nhỏ hơn nhiều so với cách tiếp cận đa mô hình. Cách tiếp cận thứ 2 thường được biết đến là “vật lý ngẫu nhiên” (stochastic physics) trong đó các sai số ngẫu nhiên được cộng thêm vào trong quá trình tích phân mô hình. Cụ thể, ảnh hưởng của sai số mô hình sẽ được đưa vào tính toán bằng cách tạo nhiều động ngẫu nhiên khuynh hướng của một số biến trạng thái khí quyển với thuật toán tự điều chỉnh theo không gian và thời gian. Cách tiếp cận này không cải thiện được độ tán tổ hợp (do dựa trên cùng một mô hình) nhưng cải thiện đáng kể chất lượng dự báo trung bình tổ hợp.

Dựa vào những lập luận nêu trên, trong nghiên cứu này, chúng tôi quyết định lựa chọn cách tiếp cận đa mô hình, đa phân tích (Multi-Model Multi-Analysis) để xây dựng hệ thống dự báo tổ hợp thời tiết hạn ngắn cho khu vực Việt Nam để đảm bảo việc tính toán được các nguồn bất định từ trường ban đầu (giả thiết rằng dự khác biệt trong các trường phân tích của các mô hình toàn cầu khác nhau mô tả các nguồn bất định trong trường ban đầu) và từ mô hình (giả thiết rằng các dự báo khác nhau được tạo ra bởi các mô hình NWP khu vực khác nhau sẽ mô tả nguồn bất định do mô hình). Cụ thể, nhiều mô hình NWP quy mô vừa sẽ được tích phân theo thời gian với trường ban đầu và điều kiện biên từ nhiều mô hình NWP toàn cầu khác nhau. Một lý do đơn giản khác để lựa chọn cách tiếp cận này là việc tận dụng các mô hình NWP quy mô vừa và nguồn số liệu NWP toàn cầu đang sẵn có tại TTDBTƯ. Với cách tiếp cận này, vấn đề đặt ra là hệ thống SREF sẽ bao gồm bao nhiêu thành phần và độ phân giải ngang bao nhiêu thì phù hợp cho mục đích dự báo thời tiết cho khu vực Việt Nam?

Như đã trình bày ở trên, hầu hết các hệ thống SREF nghiệp vụ và nghiên cứu trên thế giới có độ phân giải ngang nằm trong khoảng từ 5-25km với số mực thẳng đứng dao động trong khoảng từ 31-40 mực. Với hiện trạng năng lực tính toán và mô hình NWP tại TTDBTƯ, việc chạy các mô hình khu vực dạng phi thủy tinh với độ phân giải 5-10km là không khả thi do không đủ năng lực tính toán và chưa có

đồng hóa số liệu khu vực. Do vậy, trong nghiên cứu này chúng tôi lựa chọn độ phân giải ngang dao động trong khoảng 16km (0.150) và 31 mực thẳng đứng cho toàn bộ các mô hình NWP được sử dụng trong hệ thống SREPS.

Liên quan đến bài toán xác định số dự báo thành phần tối ưu cho một hệ thống SREF, cho đến nay chưa có bất kỳ nghiên cứu trong điều kiện thực tế nào chỉ ra được con số cụ thể nói trên. Phần lớn các nghiên cứu xác định mối quan hệ giữa kích thước tổ hợp (ES - Ensemble Size) với chất lượng EF chỉ dừng lại ở mức độ lý thuyết trong điều kiện lý tưởng hóa. Palmer (2002) đã nghiên cứu ảnh hưởng của ES trong một EPS hữu hạn lên chỉ số đánh giá BSS cho một số phạm vi có thể của các hiện tượng dự báo (minh họa bằng các đường cong liền nét trên hình 1, các đường cong này thể hiện các hiện tượng có khả năng dự báo từ dễ cho đến khó) và nhận thấy chỉ số đánh giá BSS rất nhạy với ES, đặc biệt cho các hiện tượng có khả năng dự báo cao. Từ hình 1 có thể thấy khi ES lớn hơn 50 thì chỉ số BSS thay đổi rất ít thậm chí cho cả các hiện tượng dễ dự báo. Ngoài ra, cũng từ hình 1 có thể thấy đối với các hiện tượng có mức độ dự báo khó hơn, với ES trong khoảng từ 10 đến 50 là có thể tạo ra các chỉ số BSS nằm trong khoảng 0.4-0.9. Các kết quả nghiên cứu tương tự cũng được chỉ ra trong các nghiên cứu của Talagrand và cộng sự (1997),... Như vậy, hệ thống SREPS trong nghiên cứu này nên có số lượng dự báo thành phần trong khoảng từ 10-50. Để đảm bảo hệ thống SREPS có chất lượng dự báo tốt (theo chỉ số đánh giá BSS) và vẫn đảm bảo đòi hỏi của công tác nghiệp vụ trong việc cung cấp các sản phẩm kịp thời (liên quan đến hiệu năng tính toán cần thiết). Trong nghiên cứu này chúng tôi quyết định xây dựng hệ thống SREPS cho khu vực Việt Nam bao gồm 20 dự báo thành phần. Chi tiết về cách thức tạo ra 20 dự báo thành phần này sẽ được mô tả trong mục b dưới đây.



Hình 1. Tính toán lý thuyết ảnh hưởng của kích thước dự báo tổ hợp lên chỉ số BSS đối với nhiều hiện tượng có khả năng dự báo khác nhau (theo Palmer, 2002)

b. Nghiên cứu lựa chọn nguồn số liệu toàn cầu và mô hình dự báo số trị quy mô vừa cho hệ thống SREPS

Như đã phân tích trong phần 2. a hệ thống SREPS cho khu vực Việt Nam sẽ được xây dựng dựa trên cách tiếp cận đa mô hình đa phân tích, do vậy việc phân tích và lựa chọn các nguồn số liệu đầu vào cho các mô hình NWP khu vực là hết sức quan trọng và có ảnh hưởng lớn đến chất lượng dự báo của hệ thống SREPS. Do hiện tại TTDBTU chưa có bất kỳ hệ thống đồng hóa số liệu khu vực nào, nên cách tiếp cận tốt nhất để tạo ra đa phân tích (trường ban đầu) khác nhau là sử dụng các trường phân tích của các mô hình toàn cầu khác nhau. Cho đến thời điểm hiện tại, TTDBTU đã khai thác 9 nguồn số liệu NWP toàn cầu gồm: GFS (NCEP), NO-GAPS (US Navy), GME (DWD), GEM (CMC), GSM với 3 độ phân giải $1,25^\circ$, $0,5^\circ$ và $0,125^\circ$, IFS (ECMWF) và UM (KMA). Trong số các nguồn số liệu này, để đáp ứng được nhu cầu chạy mô hình khu vực, chỉ có các mô hình GSM_1,25, GSM_0,5, GFS, GME, GEM, NO-GAPS, IFS. Tuy nhiên, do mô hình IFS của ECMWF mới được triển khai khai thác tại TTDBTU từ năm 2011 do đó không đủ dung lượng mẫu để nghiên cứu. Bên cạnh đó, số liệu GSM_1,25 và GSM_0,5 thực chất là số liệu dự báo của mô hình toàn cầu GSM nhưng đã được làm trơn đi từ độ phân giải cao hơn ($0,125^\circ \times 0,125^\circ$). Do đó, trong nghiên cứu này, chúng tôi quyết định lựa chọn số liệu phân tích và dự báo từ 5 mô hình toàn cầu gồm GSM của JMA (độ phân giải $0,5^\circ \times 0,5^\circ$), GFS của NCEP (độ phân giải $0,5^\circ \times 0,5^\circ$), GME của DWD (độ phân giải $0,3^\circ \times 0,3^\circ$), GEM của CMC (độ phân giải $0,6^\circ \times 0,6^\circ$) và NO-GAPS của US Navy (độ phân giải $0,5^\circ \times 0,5^\circ$) để cung cấp điều kiện ban đầu và biên phụ thuộc vào thời gian cho các mô hình NWP khu vực trong hệ thống SREPS. Việc đánh giá chất lượng của 5 mô hình được lựa chọn ở trên không thực hiện ở đây bởi vì trong EF, đã có rất nhiều nghiên cứu cho thấy dù 1 mô hình toàn cầu có chất lượng kém hơn các mô hình khác nhưng khi sử dụng cho dự báo tổ hợp thì hệ tổ hợp tạo ra vẫn cho 1 kết quả tốt hơn là khi không đưa thêm mô hình toàn cầu này vào. Chính sự phân tán trong chất lượng trường phân tích và dự báo của các mô hình toàn cầu mô tả độ bất định trong điều kiện ban đầu và điều kiện biên phụ thuộc vào thời gian cho các mô hình NWP quy mô vừa.

Trong cách tiếp cận đa mô hình đa phân tích, các mô hình NWP quy mô vừa phải là các mô hình hoàn toàn khác nhau. Do đó, việc phân tích và lựa chọn các mô hình NWP khu vực là hết sức cần thiết. Sự khác biệt về động lực và vật lý của các mô hình

được chọn sẽ được coi như là các độ bất định có liên quan đến sai số của mô hình. Bảng 1 cho thấy tại TTDBTU đang có 2 lớp mô hình NWP được sử dụng trong nghiên cứu và dự báo nghiệp vụ gồm: 1) các mô hình chính áp (WBAR và BARO) và 2) các mô hình tà áp quy mô vừa (HRM, ETA, MM5, WRFARW, WRFNMM, BoLAM, MOLOCH, NHM và COSMO). Lớp các mô hình chính áp về cơ bản dựa trên các mô hình nước nông một mực và chủ yếu được sử dụng để dự báo bão theo phương pháp dòng dẫn, do đó không có khả năng ứng dụng trong nghiên cứu ở đây để xây dựng hệ thống SREPS. Đối với lớp các mô hình tà áp quy mô vừa, các mô hình HRM, BoLAM về cơ bản là mô hình thủy tĩnh trong khi các mô hình còn lại là mô hình phi thủy tĩnh nhưng vẫn có khả năng chạy thủy tĩnh. Với lựa chọn độ phân giải ngang của SREPS dao động xung quanh 16km, tất cả các mô hình tà áp nói trên đều thỏa mãn. Tuy nhiên, do hiện tại TTDBTU không có đủ năng lực tính toán để chạy cho toàn bộ 9 mô hình NWP khu vực nói trên, nên trong nghiên cứu này chúng tôi đề xuất sử dụng 4 mô hình NWP khu vực kết hợp với 5 trường đầu vào toàn cầu khác nhau để tạo ra SREPS bao gồm 20 dự báo thành phần.

Do các mô hình NHM, MOLOCH và COSMO mới được nghiên cứu tại TTDBTU từ đầu năm 2011 trở lại đây và chưa có nhiều kết quả đánh giá về chất lượng dự báo của hai mô hình này. Do vậy, ba mô hình này sẽ không được lựa chọn để xây dựng hệ thống SREPS. Một lý do khác nữa để không lựa chọn 3 mô hình này là do chi phí tính toán quá lớn, nhất là khi chạy bất thủy tĩnh và mới chỉ thử nghiệm sử dụng được với các trường đầu vào từ mô hình toàn cầu GFS và GME. Mặt khác, do mô hình WRFNMM là phiên bản cải tiến từ mô hình ETA trong khi WRFARW là phiên bản cải tiến từ mô hình MM5. Do đó, các mô hình NWP khu vực được lựa chọn để xây dựng SREPS cho khu vực Việt Nam sẽ bao gồm mô hình HRM, BoLAM, WRFARW và WRFNMM. Tương tự như việc lựa chọn các nguồn số liệu đầu vào từ các mô hình toàn cầu, việc đánh giá chất lượng của 4 mô hình NWP khu vực được lựa chọn này không được thực hiện ở đây. Chính sự phân tán trong động lực học, vật lý và phương pháp số của các mô hình NWP quy mô vừa sẽ mô tả độ bất định có nguồn gốc từ mô hình. Với độ phân giải dự kiến của hệ thống SREPS là 16km, tất cả 4 mô hình NWP khu vực nói trên sẽ chạy với dạng thủy tĩnh.

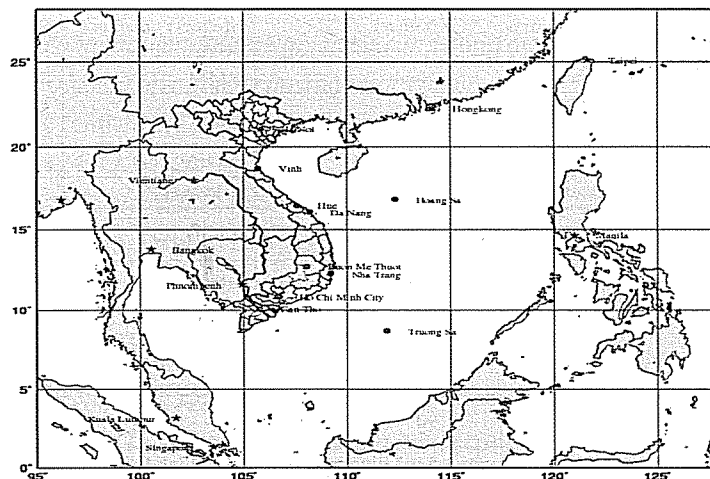
Bảng 1. Các mô hình NWP đã và đang được sử dụng trong nghiên cứu và dự báo nghiệp vụ tại TTDBTU (tính đến 31/12/2011)

TT	Tên mô hình	Dạng mô hình	Mục tiêu dự báo	Năm bắt đầu nghiên cứu
1	WBAR	Chính áp, nước nông	Quỹ đạo bão	2002
2	BARO	Chính áp, nước nông	Quỹ đạo bão	2001
3	HRM	Tà áp, thủy tĩnh	Hiện tượng quy mô vừa	2001
4	ETA	Tà áp, phi thủy tĩnh	Hiện tượng quy mô vừa	2005
5	MM5	Tà áp, phi thủy tĩnh	Hiện tượng quy mô vừa	2006
6	WRFARW	Tà áp, phi thủy tĩnh	Hiện tượng quy mô vừa	2006
7	WRFNMM	Tà áp, phi thủy tĩnh	Hiện tượng quy mô vừa	2006
8	NHM	Tà áp, phi thủy tĩnh	Hiện tượng quy mô vừa	2010
9	BoLAM	Tà áp, thủy tĩnh	Hiện tượng quy mô vừa	2008
10	MOLOCH	Tà áp, phi thủy tĩnh	Hiện tượng quy mô vừa	2011
11	COSMO	Tà áp, phi thủy tĩnh	Hiện tượng quy mô vừa	2011

c. Thiết kế hệ thống SREPS cho khu vực Việt Nam

Với mục tiêu dự báo thời tiết cho toàn bộ lãnh thổ Việt Nam, đặc biệt là các hiện tượng thời tiết nguy hiểm như bão, ATNĐ, mưa lớn, ..., trong nghiên cứu này chúng tôi định hướng lựa chọn miền dự báo bao phủ miền địa lý như được thấy trong hình 2. Cụ thể là vùng từ 0°-28°N và 95°E-128°E. Với miền dự báo định hướng này và độ phân giải dự kiến trong khoảng 16km, việc xây dựng miền tích phân cho 4 mô hình NWP khu vực được lựa chọn sẽ dựa trên các định hướng này. Bảng 2 đưa ra cấu hình động lực, vật lý, phương pháp số, độ phân giải, ... của 4 mô hình HRM,

BoLAM, WRFARW và WRFNMM. Từ bảng này có thể thấy các mô hình về cơ bản có động lực học giống nhau chỉ khác là HRM có sử dụng ban đầu hóa bằng lọc số. Về các sơ đồ tham số vật lý, ngoại trừ các mô hình HRM và BoLAM chỉ cung cấp duy nhất một tùy chọn cho mỗi dạng sơ đồ tham số hóa vật lý, các mô hình WRFARW và WRFNMM cung cấp cho người sử dụng rất nhiều lựa chọn. Do đó, chúng tôi lựa chọn các sơ đồ tham số hóa vật lý cho 2 mô hình này dựa trên các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước, đồng thời tạo sự khác biệt với các mô hình HRM và BoLAM để tạo ra sự nhiễu động trong tham số hóa vật lý.



Hình 2. Miền định hướng dự báo cho hệ thống SREPS

Tất cả các mô hình NWP khu vực được lựa chọn đều tích phân đến 72 giờ với cập nhật biên 6 giờ một từ các trường dự báo của mô hình toàn cầu trong đó các trường tính như địa hình, thảm phủ thực vật, ... đều sử dụng chung bộ số liệu của USGS

và FAO. Do có động lực và phương pháp số khác nhau, nên bước tích phân thời gian của 4 mô hình cũng rất khác nhau. Cụ thể, các mô hình HRM và WRFARW đều sử dụng bước tích phân 90 giây trong khi mô hình WRFNMM và BoLAM sử dụng bước

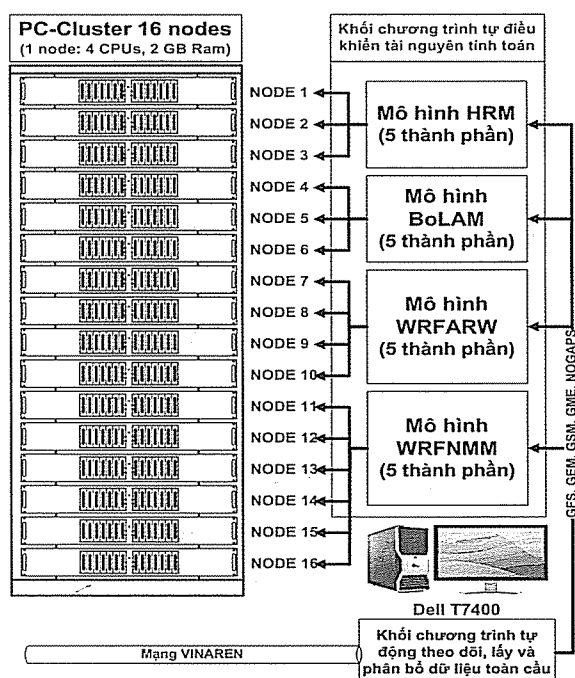
thời gian tương ứng là 40 giây và 150 giây. Các giá trị bước thời gian này được lựa chọn dựa trên độ phân giải của từng mô hình và đảm bảo 2 yêu cầu cơ bản là: 1) tạo ra các dự báo logic và ổn định (không phá vỡ điều kiện CFL và hạn chế sự phát triển của sóng ngắn bất ổn định) và 2) hạn chế tối đa chi phí tính toán của mô hình để đảm bảo điều kiện nghiệp vụ.

Như bất kỳ hệ thống NWP nào, hệ thống SREPS đòi hỏi phải được cài đặt trên hệ thống tính toán hiệu năng cao (HPC) có đủ năng lực tính toán theo yêu cầu. Trong thời gian triển khai đề tài, hệ thống HPC mạnh nhất của TTDBTU gồm 16 nodes tính toán trong đó có tổng cộng 64 bộ vi xử lý được sử dụng để vận hành hệ thống SREPS gồm 20 dự báo thành phần nói trên. Để đảm bảo thời gian nghiệp vụ (các sản phẩm dự báo sẵn có cho dự báo viên tham khảo trong khoảng thời gian từ 12 giờ cho đến 13 giờ 30 phút), việc nghiên cứu tối ưu hóa

phân bổ tài nguyên tính toán của hệ thống HPC này cho hệ thống SREPS là hết sức cần thiết. Hình 3 đưa ra kết quả nghiên cứu tối ưu phân bổ tài nguyên nói trên. Cụ thể, các mô hình HRM và BoLAM do có tốc độ tính toán nhanh nên 5 lần tích phân của mỗi mô hình này được đảm nhiệm bởi một cụm gồm 3 nodes tính toán. Mô hình WRFARW có yêu cầu tính toán cao hơn nên sẽ sử dụng 4 nodes tính toán. Cuối cùng, mô hình WRFNMM có thời gian tính toán lâu nhất (do bước thời gian tích phân nhỏ nhất) nên sẽ sử dụng 6 nodes tính toán. Việc tối ưu hóa phân bổ tài nguyên tính toán này được thực hiện bằng đơn giản bằng phương pháp thống kê thực nghiệm (chạy các mô hình với nhiều số lượng node tính toán khác nhau và trên cơ sở đó tìm ra số node tối ưu theo nghĩa các mô hình hoàn thành tích phân cùng một thời điểm và đảm bảo thời gian nghiệp vụ).

Bảng 2. Cấu hình chi tiết của 4 mô hình NWP khu vực được lựa chọn để xây dựng hệ thống SREPS cho khu vực Việt Nam

Cấu hình mô hình		Mô tả chi tiết			
		HRM (Ver. 2.4)	WRFARW (Ver. 3.1)	WRFNMM (Ver. 3.1)	BOLAM (Ver. 2.0)
Động lực		Hệ phương trình nguyên thủy, dạng thủy tĩnh	Hệ phương trình nguyên thủy, dạng thủy tĩnh	Hệ phương trình nguyên thủy, dạng thủy tĩnh	Hệ phương trình nguyên thủy, dạng thủy tĩnh
Lọc số		Có	Không	Không	Không
Tham số hóa vật lý	Đối lưu	Sơ đồ Tiedtke	Sơ đồ Kain-Fritsch	Grell-Devenyi	Sơ đồ Kain-Fritsch
	Bức xạ sóng ngắn	Geleyn	RRTM	GFDL	Geleyn kết hợp với ECMWF và RRTM
	Bức xạ sóng dài	Geleyn	Dudhia	GFDL	Geleyn kết hợp với ECMWF và RRTM
	Lớp biên hành tinh	Sơ đồ Monin-Obukhov	Yonsei	Mellor-Yamada-Janjic	Sơ đồ Monin-Obukhov
	Đất	Mô hình 7 lớp	Noah	NMM	Sơ đồ 4 lớp
	Bề mặt	Sơ đồ khuếch tán 2 lớp	Monin-Obukhov	Janjic	Sơ đồ Monin-Obukhov
Hệ tọa độ thẳng đứng		sigma (σ)	sigma (σ)	eta (η)	sigma (σ)
Lưới sai phân ngang		Arakawa C	Arakawa C	Arakawa E	Arakawa C
Độ phân giải ngang (độ hoặc km)		0.15°×0.15°	17km × 17km	0.11° × 0.11°	0.15°× 0.15°
Số nút lưới/Độ rộng (độ)		201 × 161	201 × 161	30° × 24°	202 × 162
Điểm lưới góc Tây Nam/Tâm lưới		95°E, 4°N	110°E, 16°N	110.05°E, 16.05°N	110°E, 16°N
Số mực thẳng đứng		31	31	31	31
Bước thời gian tích phân (giây)		90	90	40	150
Điều kiện ban đầu	Khí tượng	5 mô hình toàn cầu nói trên	5 mô hình toàn cầu nói trên	5 mô hình toàn cầu nói trên	5 mô hình toàn cầu nói trên
	Địa hình	USGS 1km	USGS 1km	USGS 1km	USGS 1km
	Đất	FAO 8km	FAO 8km	FAO 8km	FAO 8km
Điều kiện biên		5 mô hình toàn cầu nói trên, cập nhập biên 6 giờ	5 mô hình toàn cầu nói trên, cập nhập biên 6 giờ	5 mô hình toàn cầu nói trên, cập nhập biên 6 giờ	5 mô hình toàn cầu nói trên, cập nhập biên 6 giờ
Hạn dự báo		72 giờ	72 giờ	72 giờ	72 giờ
Khoảng thời gian giữa các sản phẩm đầu ra		3 giờ	3 giờ	3 giờ	3 giờ



Hình 3. Phân bổ hiệu năng tính toán cho từng mô hình NWP khu vực trong hệ thống SREPS dựa trên hệ thống HPC 16 nodes

3. Kết luận

Với mục đích triển khai ứng dụng nghiệp vụ các sản phẩm dự báo tổ hợp phục vụ công tác dự báo thời tiết nói chung và thời tiết nguy hiểm nói riêng

tại TTDBTƯ, chúng tôi đã nghiên cứu và lựa chọn giải pháp xây dựng hệ thống dự báo tổ hợp thời tiết hạn ngắn (SREPS) cho khu vực Việt Nam dựa trên cách tiếp cận đa mô hình đa phân tích trong đó tận dụng các nguồn số liệu toàn cầu sẵn có và các mô hình NWP khu vực nghiên cứu và nghiệp vụ tại TTDBTƯ. Với cách tiếp cận này, hệ thống SREPS bao gồm 20 dự báo thành phần với độ phân giải 0.150×01.50 được tạo ra bằng cách chạy 4 mô hình NWP thủy tĩnh quy mô vừa gồm HRM, BoLAM, WRFARW và WRFNMM với 5 đầu vào từ các mô hình toàn cầu GSM, GFS, NOGAPS, GEM và GME. Hệ thống SREPS đã được vận hành trong 3 năm từ 2008-2010 với mỗi phiên một ngày vào lúc 00UTC.

Để triển khai hiệu quả các sản phẩm dự báo tất định và xác suất có thể được tạo ra từ hệ thống SREPS, chúng tôi đã tích hợp tất cả sản phẩm dự báo này vào trong hệ thống phần mềm nghiệp vụ đang được sử dụng tại TTDBTƯ để dự báo viên có thể tham khảo trong quá trình tác nghiệp, đó là Hệ thống thu thập và xử lý số liệu KTTV (gọi tắt là MH-DARS). Trong đó, hệ thống MHDARS về cơ bản dựa trên nền tảng Web và đang triển khai trong mạng nội bộ của TTDBTƯ và sẽ được chia sẻ ra Internet trong thời gian sắp tới.

Tài liệu tham khảo

1. Võ Văn Hòa và các cộng tác viên, 2008: Nghiên cứu ứng dụng dự báo tổ hợp cho một số trường khí tượng dự báo bão. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, 117tr.
2. Houtekamer, P. L., J. Lefaivre, J. Derome, H. Ritchie, 1996: A system simulation approach to ensemble prediction. *Mon. Wea. Rev.*, 124, 1225-1242.
3. Montani, A., Marsigli, C., Nerozzi, F., Paccagnella, T., and Buizza, R., 2001: Performance of ARPA-SMR Limited-area Ensemble Prediction System: two flood cases, *Nonlinear Processes in Geophysics*, 8, 387-399.
4. Palmer, T. N., F. Monteni, R. Mureau, R. Buizza, P. Chapelet, and J. Tribbia, 1992: Ensemble prediction. *ECMWF Technical Memorandum*, 188.
5. Palmer, T. N., 2002: The economic value of ensemble forecasts as a tool for assessment: From day to decades. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 128, 747-774.
6. Stensrud D. J., J. Bao, and T. T. Warner, 2000: Using initial conditions and model physics perturbations in short-range ensemble simulations of mesoscale convective systems. *Mon. Wea. Rev.*, 128, 2077-2107.
7. Talagrand O., Vautard R., and Strauss B., 1997: Evaluation of probabilistic predictions systems. *Proceedings of the ECMWF workshop on predictability*, 20-22 October 1997, ECMWF, Shinfield Park, Reading, UK, p. 157-166.
8. Toth, Z., and E. Kalnay, 1997: Ensemble forecasting at NCEP and the Breeding method. *Mon. Wea. Rev.*, 125, 3297-3319