

CƠ SỞ LÝ LUẬN KHOA HỌC VÀ TIÊU CHÍ ĐỀ XUẤT LƯỚI TRẠM KHÍ TƯỢNG GIÁM SÁT BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

PGS.TS Nguyễn Việt Lành, CN. Đinh Xuân Trường

Trung tâm Ứng dụng công nghệ và Bồi dưỡng nghiệp vụ Khí tượng Thủy văn và Môi trường

Bằng việc sử dụng phương pháp hàm cấu trúc, đồng thời dựa trên cơ sở chuỗi số liệu nhiệt độ trung bình ngày và lượng mưa ngày của 120 trạm khí tượng trên lãnh thổ Việt Nam, bài báo đưa ra kết quả nghiên cứu bước đầu về cơ sở lý luận khoa học và tiêu chí để xây dựng mạng lưới khí tượng giám sát biến đổi khí hậu (BĐKH), phục vụ cho công tác theo dõi, giám sát hiện trạng, xu hướng biến động của khí hậu Việt Nam.

1. Đặt vấn đề

Trái đất đang nóng dần lên do nồng độ các loại khí nhà kính trong bầu khí quyển đang có xu hướng tăng dần lên dẫn đến biến đổi khí hậu. Biến đổi khí hậu (BĐKH) đã, đang và sẽ tác động đến môi trường tự nhiên, mọi lĩnh vực kinh tế - xã hội, đến mọi người trên trái đất. Vì thế, BĐKH là vấn đề mang tính thời sự trong thế kỉ 21.

Việt Nam là một trong những quốc gia chịu ảnh hưởng của BĐKH nghiêm trọng nhất. BĐKH sẽ tác động nặng nề đến đời sống, sản xuất, môi trường, hạ tầng cơ sở, sức khỏe cộng đồng ở nước ta. Chính vì vậy, Nhà nước coi việc xây dựng chiến lược tổng thể ứng phó với BĐKH và nước biển dâng là vấn đề sống còn và đã sớm xây dựng Chương trình Mục tiêu quốc gia ứng phó với BĐKH.

2. Phương pháp xây dựng lưới trạm khí tượng giám sát BĐKH

a. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp được lựa chọn để nghiên cứu xây dựng lưới trạm giám sát BĐKH là phương pháp hàm cấu trúc D-S, dựa trên đặc trưng quan trọng của trường ngẫu nhiên đồng nhất và đẳng hướng của các yếu tố khí tượng.

Thực chất của phương pháp này trong việc xây dựng lưới trạm khí tượng giám sát BĐKH là đi tìm hàm tương quan không gian giữa chuẩn sai của các yếu tố với khoảng cách giữa các trạm đang xét. Phương trình toán mô tả phương pháp D-S như sau:

$$\vec{b}_f = a_0 + b_0 l$$

Người đọc phân biện: PGS. TS. Phạm Vũ Anh

Trong đó \vec{b}_f là trị số hàm cấu trúc giữa trạm I và trạm J; l là khoảng cách giữa 2 trạm I và J.

Lí thuyết của hàm cấu trúc có thể được trình bày một cách tóm tắt dưới đây.

Hàm cấu trúc trong bài toán quy hoạch và xây dựng mạng lưới trạm khí tượng giám sát BĐKH

1) Hàm ngẫu nhiên

Liên quan trực tiếp với việc sử dụng hàm cấu trúc là việc thừa nhận khái niệm về hàm ngẫu nhiên và một số đặc trưng của hàm này. Kí hiệu hàm ngẫu nhiên là X và đối số của chúng là t, s,...

Giá sử, giá trị của đối số t bao gồm: t1, t2, ..., tn

Khi đó, giá trị của hàm ngẫu nhiên tương ứng là: X(t1), X(t2), ..., X(tn)

2) Quá trình ngẫu nhiên

Với đối số là thời gian, lấy các giá trị liên tục, hàm ngẫu nhiên được gọi là quá trình ngẫu nhiên. Với đối số là tọa độ không gian và thời gian, hàm ngẫu nhiên được gọi là trường ngẫu nhiên.

3) Trường ngẫu nhiên

Trường ngẫu nhiên được viết dưới dạng U(x, y, z, t), trong đó x, y, z là tọa độ không gian và t là thời gian. Có thể quan niệm x, y, z, t là tọa độ của véc tơ 4 chiều p (x, y, z, t). Khi đó, trường ngẫu nhiên được viết là U(p).

4) Hàm cấu trúc

Một trong những đặc trưng quan trọng của trường ngẫu nhiên đồng nhất và đẳng hướng là

hàm cấu trúc $B_u(l)$. Đó là kì vọng toán học của bình phương hiệu sai giữa hai giá trị của trường ngẫu nhiên tại hai giá trị tương ứng của đối số:

$$B_u(l) = M \{ [U(\rho + l) - U(\rho)]^2 \}$$

Hàm cấu trúc triệt tiêu khi khoảng cách giữa hai đối số bằng không:

$$B_u(l) = 0; l = 0$$

Quan hệ giữa hàm cấu trúc và hàm tương quan được biểu thị như sau:

$$B_u(l) = B_u(\rho + l) - 2R_u(l)$$

Khi trường ngẫu nhiên đồng nhất và đẳng hướng thì hàm cấu trúc thỏa mãn:

$$B_u(\rho_1, \rho_2) = B_u(l)$$

Trường ngẫu nhiên của đại lượng gắn mặt đất là hàm ngẫu nhiên với 3 đối số: x là vĩ độ, y là kinh độ và t là thời gian.

$$F = F(x, y, t)$$

Đối với trường mặt đất:

$$l = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Người ta phân biệt hai loại hàm cấu trúc:

- Hàm cấu trúc thời gian

$$B_f(t_1, t_2) = M \{ [F(t_1) - F(t_2)]^2 \}$$

- Hàm cấu trúc không gian

$$B_f[(x_1, y_1), (x_2, y_2)] = M \{ [F(x_1, y_1) - F(x_2, y_2)]^2 \}$$

Khi trường mặt đất là đồng nhất và đẳng hướng, thì cấu trúc không gian thỏa mãn:

$$B_f[(x_1, y_1), (x_2, y_2)] = B_f(l)$$

5) Hàm cấu trúc trong quy hoạch lưới trạm

Một trong những ứng dụng quan trọng của hàm cấu trúc là quy hoạch lưới trạm theo phương pháp D-S.

Phương pháp D-S xuất phát từ đường lối chung của việc quy hoạch lưới trạm là: phải xác định mật độ trạm khí tượng tối thiểu trên cơ sở bảo đảm thu thập đầy đủ thông tin KTTV trên lãnh thổ.

Việc thu thập thông tin phải mang lại sự hiểu biết chính xác về trường khí tượng. Độ chính xác đó được đánh giá theo những tiêu chuẩn khác nhau, tùy thuộc quan điểm của người nghiên cứu quy hoạch lưới trạm. Theo phương pháp D-S, tiêu chuẩn của độ chính xác nói trên là sai số thống kê của việc nội suy tuyến tính cho điểm giữa hai trạm kế cận không vượt qua một trị số có ý nghĩa cho trước.

Như vậy, khi đã xác định sai số cho phép (kí hiệu là \sqrt{F}) có thể tính được mật độ trạm. Hơn nữa, mật độ trạm thực chất là khoảng cách giữa các trạm kế cận. Cho nên, việc xác định mật độ trạm được thay thế bằng việc ước lượng khoảng cách cho phép (kí hiệu là dp) giữa hai trạm kế cận.

Trên cơ sở đó, bài toán quy hoạch được vạch ra như sau: Cho trước một giá trị sai số cho phép, hãy xác định khoảng cách lớn nhất cho phép giữa hai trạm kế cận sao cho sai số tiêu chuẩn của việc nội suy tuyến tính cho điểm giữa hai trạm đó không vượt qua sai số cho phép.

Bài toán trên được giải như sau: Giả sử hai trạm mặt đất kế cận là I và J lần lượt có tọa độ là (x_i, y_i) và (x_j, y_j) . Khi đó, khoảng cách I giữa chúng là:

$$l = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

Chọn tọa độ một chiều (ξ) có phương trùng với phương của đoạn thẳng nối hai trạm I và J.

Lấy tọa độ của I là ξ . Khi đó, tọa độ của J là $(\xi + l)$. Một điểm X bất kì trên đoạn thẳng đó, với tọa độ $\xi + X$ có giá trị nội suy tuyến tính theo hai trạm I và J về chuẩn sai f' của yếu tố $f'(f = f' - f)$ là:

$$f'(\xi + l) = \left(1 - \frac{X}{l}\right) f'(\xi) + \frac{X}{l} f'(\xi + l)$$

Giả sử sai số quan trắc của đại lượng khí tượng f' tại trạm I và J lần lượt là ξ và $\xi + l$. Khi đó, sai số của phép nội suy tuyến tính cho điểm X bất kì giữa hai trạm kế cận là \sqrt{E} :

$$\sqrt{E} = \sqrt{\left\{ \left(1 - \frac{X}{l}\right) [f'(\xi) + \delta(\xi)] + \frac{X}{l} [f'(\xi + l) + \delta(\xi + l)] - f'(\xi + X) \right\}^2 \sqrt{E}}$$

Giả sử sai số quan trắc của các yếu tố có các tính chất sau đây:

- Tính chất 1: Trung bình số học của sai số quan trắc bằng 0

$$\overline{\delta_{f(x_i, y_i)}} = 0$$

- Tính chất 2: Sai số quan trắc không tương quan với trị số yếu tố

$$\overline{\delta_{f(x_i, y_i)} f'(x_i, y_i)} = 0$$

$$b_{f'} = M\{[f'(\xi) + \delta_f(\xi)] - [f'(\xi + l) + \delta_f(\xi + l)]\}^2 = b_f + \sigma_f^2(X_I) + \sigma_f^2(X_J)$$

Khi sai số quan trắc tiêu chuẩn trên các trạm đều như nhau:

$$\sigma_f^2(X_I) = \sigma_f^2(X_J) = \dots = \sigma_f^2$$

Khi đó:

$$b_{f'} = b_f + 2\sigma_f^2$$

Điểm giữa hai trạm kế cận X_i và X_j với khoảng cách L có

$$X = \frac{l}{2}$$

Sai số của phép nội suy tuyến tính cho điểm giữa hai trạm đó là:

$$\sqrt{E} = \sqrt{b_f \left(\frac{l}{2}\right) - \frac{1}{4} b_f(l) + \frac{1}{2} \sigma_f^2}$$

Đó là công thức xuất phát của các tính toán cụ thể nhằm xác định mật độ lưới trạm.

b. Trạm cơ sở được lựa chọn để tính toán

Trạm cơ sở được hiểu là trạm được lựa chọn để xây dựng các tiêu chí cơ bản dùng để so sánh, đánh giá các trạm khác với trạm cơ sở đó. Tức là các giá trị, các đặc trưng của trạm cơ sở là chuẩn, ít hoặc gần như không thay đổi trong các điều kiện khác nhau, và phản ánh đúng tính ngẫu nhiên của đại

- Tính chất 3: Sai số quan trắc giữa các trạm không tương quan nhau

$$\overline{\delta_{f(x_i, y_i)} \delta_{f(x_j, y_j)}} = \begin{cases} 0 & \text{khi } l \neq 0 \\ \sigma_f^2 & \text{khi } l = 0 \end{cases}$$

trong đó, σ_f là sai số quan trắc tiêu chuẩn.

Với giả định trên, hàm cấu trúc không gian thu được trong thực tế giữa hai trạm $X_I(\xi)$ và $X_J(\xi + l)$ là:

lượng nghiên cứu.

Đối với bài toán giám sát BĐKH thì việc lựa chọn trạm cơ sở rất quan trọng, nó quyết định tới kết quả đúng sai của bài toán. Việc lựa chọn các trạm cơ sở khác nhau thì sẽ hình thành nên mạng lưới giám sát BĐKH khác nhau. Do vậy cần phải nghiên cứu xây dựng được các tiêu chí để lựa chọn được trạm cơ sở, đáp ứng đầy đủ nhất các yêu cầu của việc xây dựng mạng lưới giám sát BĐKH.

Qua nghiên cứu, phân tích chúng tôi thực hiện đề tài đã đưa ra 3 tiêu chí cơ bản để lựa chọn trạm cơ sở như sau:

- Trạm có thời gian quan trắc dài và liên tục (từ 30 năm trở lên);
- Không hoặc ít chịu sự tác động từ các hoạt động kinh tế - xã hội của con người, không bị xâm phạm hành lang;
- Trong suốt thời gian hoạt động không có sự thay đổi thiết bị quan trắc khác loại với thiết bị đã cũ hoặc hư hỏng.

Trên cơ sở đó, mạng lưới trạm cơ sở được chọn trong bài báo này được dẫn ra trong bảng 1.

Bảng 1. Danh sách trạm cơ sở 7 vùng khí hậu trên lãnh thổ Việt Nam

TT	Vùng khí hậu	Trạm	Kinh độ (m)	Vĩ độ (m)
1	Tây Bắc (B1)	Lai Châu	308982.642	2443859.99
		Điện Biên	292119.684	2352324.58
		Sơn La	387264.359	2354331.1
		Mộc Châu	463508.692	2298583.28

TT	Vùng khí hậu	Trạm	Kinh độ (m)	Vĩ độ (m)
2	Đông Bắc (B2)	Sa Pa	381984.437	2472073.12
		Yên Bái	489487.06	2398899.03
		Hà Giang	497126.002	2526273.19
		Tuyên Quang	521110.194	2412704.51
		Thái Nguyên	588839.622	2382037.6
		Lạng Sơn	681334.453	2417251.9
3	Đồng bằng Bắc Bộ (B3)	Hòa Bình	537616.75	2294838.62
		Phù Liễu	666661.55	2292716.95
		Cô Tô	786959.603	2314477.74
		Thái Bình	640593.764	2254193.5
		Ninh Bình	605140.048	2231342.74
4	Bắc Trung Bộ (B4)	Hồi Xuân	514315.264	2245706.58
		Thanh Hóa	582128.568	2185827.58
		Tương Dương	443338.401	2115826.34
		Vinh	570698.459	2050219.81
		Hương Khê	576499.344	1997251.62
		Kỳ Anh	641299.37	1976330.54
		Đồng Hới	669260.739	1916564.27
		Huế	772928.648	1802528.82
5	Nam Trung Bộ (N1)	Đà Nẵng	844681.519	1759452.24
		Quảng Ngãi	911265.706	1659921.44
		Quy Nhơn	954553.049	1514015.22
		Nha Trang	955974.039	1351119.35
		Phan Thiết	838664.914	1208929.7
6	Tây Nguyên (N2)	Kon Tum	828419.288	1567414.35
		Đà Lạt	876061.434	1315296.04
		Buôn Ma Thuột	831511.306	1390935.33
		Đắk Nông	793267.452	1323295.02
7	Đồng bằng Nam Bộ (N3)	Cần Thơ	584862.989	1110694.89
		Rạch Giá	511185.414	1110426.97
		Cà Mau	517448.71	1022706.72
		Phú Quốc	386899.719	1124986.69

3. Tiêu chí đề xuất lưới trạm khí tượng giám sát BĐKH

Để xây dựng được lưới trạm khí tượng giám sát BĐKH, cần đưa ra các tiêu chí để làm cơ sở thiết lập hệ thống lưới trạm. Các tiêu chí này bao gồm:

- Tiêu chí đảm bảo tính chặt chẽ về mức độ phân bố trạm, sự phân hóa về các điều kiện khí hậu. Tiêu chí này được đánh giá thông qua hệ số tương quan R của phương trình hồi qui hàm cấu trúc với khoảng cách và được so sánh với hệ số tương quan (là mức ý nghĩa, thường được chọn là)

- Tiêu chí đảm bảo độ tin cậy, tính đồng nhất và

đồng hướng của trường số liệu phân tích. Tiêu chí này được đánh giá thông qua hệ số hiệu quả F của phương trình hồi qui hàm cấu trúc với khoảng cách và được so sánh với hệ số tương quan (là chỉ tiêu Fisher với mức ý nghĩa)

4. Đề xuất lưới trạm khí tượng giám sát BĐKH

Dựa trên cơ sở lí luận khoa học và phương pháp D-S trong việc xây dựng lưới trạm khí tượng giám sát BĐKH, bài báo tiến hành tính toán hàm cấu trúc cho các yếu tố đặc trưng như sau:

- Tính toán các đặc trưng thống kê cho các yếu tố đặc trưng;

- Tính toán trị số hàm cấu trúc cho chuỗi số liệu;
 - Tính toán khoảng cách giữa các trạm;
 - Xây dựng tương quan khoảng cách giữa các trạm với trị số hàm cấu trúc.
- pháp thử sai, kết hợp với chương trình tính toán hàm cấu trúc, bài báo đã lựa chọn được hệ thống trạm khí tượng phục vụ cho công tác giám sát BĐKH và phương trình hồi qui hàm cấu trúc của 2 yếu tố nhiệt độ và lượng mưa trong các tháng 1, 4, 7, 10 như sau:

Bảng 2. Trạm giám sát BĐKH cho 7 vùng khí hậu ở Việt Nam

TT	Vùng khí hậu	Trạm	Kinh độ (m)	Vĩ độ (m)
1	Tây Bắc (B1)	Lai Châu	308982,642	2443859,99
		Điện Biên	292119,684	2352324,58
		Mộc Châu	463508,692	2298583,28
2	Đông Bắc (B2)	Yên Bái	489487,060	2398899,03
		Hà Giang	497126,002	2526273,19
		Tuyên Quang	521110,194	2412704,51
3	Đồng bằng Bắc Bộ (B3)	Hòa Bình	537616,750	2294838,62
		Phù Liễu	666661,550	2292716,95
		Thái Bình	640593,764	2254193,50
4	Bắc Trung Bộ (B4)	Tương Dương	443338,401	2115826,34
		Kỳ Anh	641299,370	1976330,54
		Huế	772928,648	1802528,82
5	Nam Trung Bộ (N1)	Đà Nẵng	844681,519	1759452,24
		Quy Nhơn	954553,049	1514015,22
		Nha Trang	955974,039	1351119,35
6	Tây Nguyên (N2)	Kon Tum	828419,288	1567414,35
		Đà Lạt	876061,434	1315296,04
		Buôn Ma Thuột	831511,306	1390935,33
7	Đồng bằng Nam Bộ (N3)	Rạch Giá	511185,414	1110426,97
		Cà Mau	517448,710	1022706,72
		Cần Thơ	584862,989	1110694,89

Bảng 3. Trạm giám sát BĐKH cho 2 miền khí hậu ở Việt Nam

TT	Vùng khí hậu	Trạm	Kinh độ (m)	Vĩ độ (m)
1	M1	Yên Bái	489487,060	2398899,03
		Phù Liễu	666661,550	2292716,95
		Tương Dương	443338,401	2115826,34
		Huế	772928,648	1802528,82
2	M2	Nha Trang	955974,039	1351119,35
		Kon Tum	828419,288	1567414,35
		Cần Thơ	584862,989	1110694,89

Bảng 4. Phương trình hồi quy hàm cấu trúc trong các tháng 1, 4, 7, 10 của yếu tố mưa cho 2 miền khí hậu ở Việt Nam

Miền	Tháng	Phương trình hồi quy hàm cấu trúc	Hệ số R	F so với F ($\alpha = 5\%$)
M1	1	$\vec{b}_f = 2.06 - 0.0039 * l$	-0,915	Đạt
	4	$\vec{b}_f = 62.82 - 0.1275 * l$	-0,707	Đạt
	7	$\vec{b}_f = 109.38 + 0.2097 * l$	-0,791	Đạt
	10	$\vec{b}_f = 49.01 + 0.0967 * l$	-0,990	Đạt
M2	1	$\vec{b}_f = 21.21 + 0.0166 * l$	0,373	Đạt
	4	$\vec{b}_f = 7.44 + 0.0062 * l$	0,447	Đạt
	7	$\vec{b}_f = 21.37 + 0.0316 * l$	0,890	Đạt
	10	$\vec{b}_f = 14.4 + 0.0212 * l$	0,588	Đạt

Bảng 5. Phương trình hồi quy hàm cấu trúc trong các tháng 1, 4, 7, 10 của yếu tố nhiệt độ cho 2 miền khí hậu ở Việt Nam

Miền	Tháng	Phương trình hồi quy hàm cấu trúc	Hệ số R	F so với F ($\alpha = 5\%$)
M1	1	$\vec{b}_f = 5.28 + 0.0069 * l$	-0,402	Đạt
	4	$\vec{b}_f = 6.45 + 0.0085 * l$	-0,388	Đạt
	7	$\vec{b}_f = 0.49 + 0.0009 * l$	-0,893	Không đạt
	10	$\vec{b}_f = 0.98 + 0.0020 * l$	-0,856	Không đạt
M2	1	$\vec{b}_f = 3.28 + 0.0042 * l$	0,971	Đạt
	4	$\vec{b}_f = 11.26 + 0.0133 * l$	0,821	Đạt
	7	$\vec{b}_f = 112.22 + 0.1572 * l$	0,962	Đạt
	10	$\vec{b}_f = 61.76 + 0.0742 * l$	0,997	Đạt

Từ kết quả xác định trạm khí tượng phục vụ giám sát BĐKH, bài báo đề xuất lưới trạm khí tượng giám sát BĐKH như hình 1.

5. Kết luận

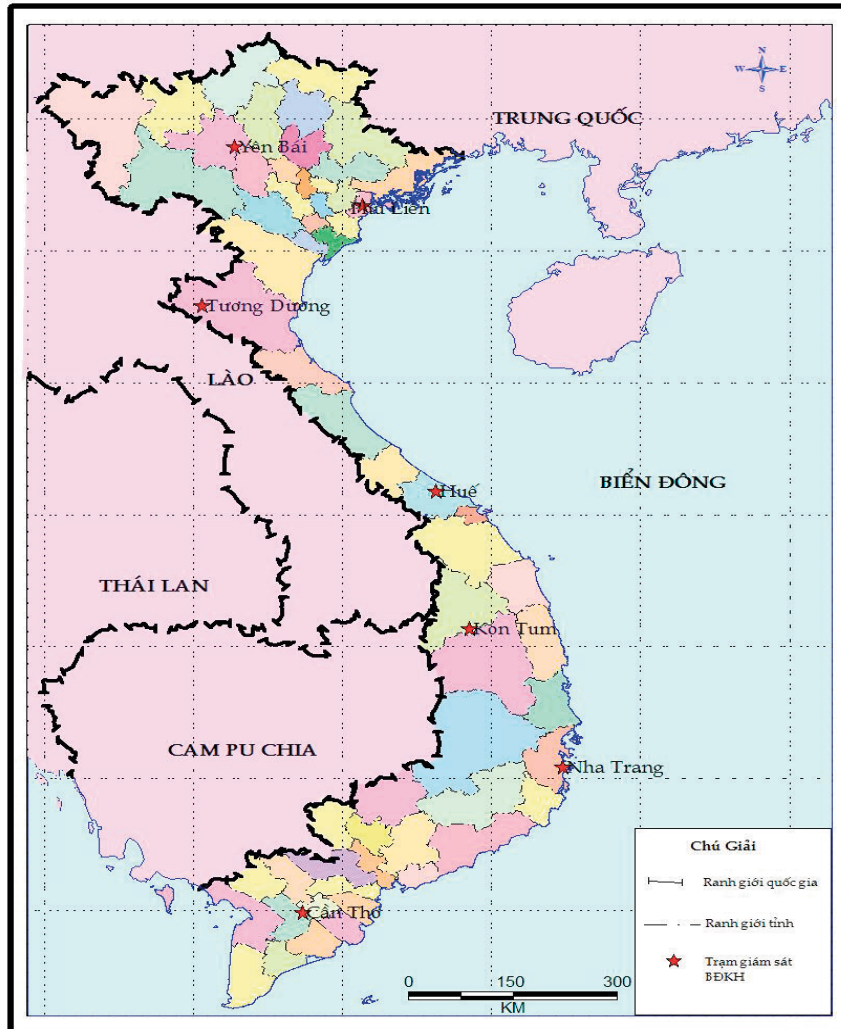
Qua nghiên cứu này, bài báo đạt được một số kết quả sau:

- Đưa ra cơ sở khoa học và thực tiễn rõ ràng,

đúng dẫn cho việc xây dựng lưới trạm khí tượng giám sát BĐKH; bước đầu xây dựng được bộ tiêu chí để lựa chọn trạm khí tượng giám sát BĐKH;

- Xác định được các trạm khí tượng giám sát BĐKH cho 7 vùng khí hậu thuộc lãnh thổ nước ta trên cơ sở các trạm khí tượng hiện có;

- Đề xuất được lưới trạm khí tượng giám sát BĐKH cho hai miền khí hậu trên lãnh thổ nước ta.



Hình 1. Mạng lưới trạm khí tượng giám sát BĐKH trên lãnh thổ Việt Nam

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Trọng Hiệu và nnk, 1987, Quy hoạch lưới trạm khí tượng thủy văn, Đề tài NCKH cấp Tổng cục, Tổng cục Khí tượng Thủy văn;
2. Blair Trewin (2012), The Australian Climate Observations Reference Network – Surface Air Temperature (ACORN-SAT) Data Set, National Climate Centre, Australian Bureau of Meteorology;
3. Janis, Michael J., Kenneth G. Hubbard, Kelly T. Redmond (2004), Station Density Strategy for Monitoring Long-Term Climatic Change in The Contiguous United States, J. Climate17, 151–162.

NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT CÁCH TIẾP CẬN XÂY DỰNG HỆ THỐNG DỰ BÁO TỔ HỢP HẠN VỪA CHO KHU VỰC VIỆT NAM

ThS. **Dư Đức Tiến**, ThS. **Võ Văn Hòa**, CN. **Mai Văn Định**
CN. **Nguyễn Mạnh Linh**, CN. **Trần Anh Đức**, CN. **Mai Khánh Hưng**, CN. **Nguyễn Thanh Tùng**
Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương

Bài báo trình bày phương pháp luận trong việc xây dựng hệ thống dự báo tổ hợp hạn vừa cho khu vực Việt Nam. Hệ thống dự báo tổ hợp hạn vừa sẽ gồm hai hệ thống tương ứng với hai hạn dự báo là 3-5 ngày và 5-10 ngày. Hệ thống hướng tới hạn dự báo 3-5 ngày được xây dựng dựa trên mô hình khu vực giới hạn HRM và điều kiện biên điều khiển từ 21 thành phần dự báo của hệ thống tổ hợp toàn cầu GEFS của NCEP (Mỹ), gọi tắt là hệ thống LEPS. Hệ thống hướng tới hạn dự báo 5-10 ngày dựa trên việc tổ hợp các sản phẩm từ hệ thống tổ hợp toàn cầu GEFS (21 thành phần) và hệ thống tổ hợp toàn cầu Var_EPS (21 thành phần) của ECMWF (Châu Âu), gọi tắt là hệ thống NAEFS. Hệ thống đã được xây dựng và đưa vào khai thác trong nghiệp vụ dự báo hạn vừa tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương thông qua hệ thống thu thập và xử lý số liệu KTTV (MHDARS).

1. Đặt vấn đề

Dự báo số trị là việc sử dụng các mô hình sai phân hữu hạn hoặc phổ để giải gần đúng hệ phương trình thống trị trong khí quyển. Thời kỳ phát triển đầu tiên của dự báo số trị là phương án dự báo tất định trong đó thuật ngữ dự báo tất định dựa trên học thuyết tất định (determinism) của Laplace khi ông cho rằng nếu biết được chính xác trạng thái ban đầu của một hệ thống ta hoàn toàn có thể xác định trạng thái tương lai với một máy tính đủ mạnh [1, 2, 8, 9]. Điều này có nghĩa rằng không thể có tự do trong tương lai, tương lai hoàn toàn được xác định bởi hiện tại cũng như quá khứ. Tuy nhiên, thế kỷ 20 đã cho thấy giả thiết này của Laplace là không đúng với cơ học lượng tử cùng nguyên lý bất định nổi tiếng của nó và lý thuyết hỗn loạn mà nghiên cứu ban đầu dựa trên các mô hình khí quyển của Lorenz (1963, 1965). Phát hiện này đã dẫn đến khái niệm về khả năng dự báo, đó là một hệ thống bất ổn định chỉ có khả năng dự báo hữu hạn. Như vậy, khí quyển giống như các hệ thống động lực bất ổn định khác, khả năng dự báo là hữu hạn cho dù điều kiện ban đầu cũng như mô hình số chính xác tuyệt đối.

Dựa trên những nghiên cứu về tính bất định

trong các dự báo tất định mà sau các hệ thống dự báo tổ hợp ra đời và về cơ bản xây dựng dựa trên tính không chính xác của trường điều kiện biên ban đầu (các trường phái sinh nhiều trường ban đầu) và tính không hoàn chỉnh của mô hình (các trường phái đa mô hình hoặc mô hình với các sơ đồ sai phân hoặc tham số hóa khác nhau). Hiện nay, tại một số trung tâm dự báo khí tượng lớn trên thế giới, các hệ thống dự báo tổ hợp (EPS) nghiệp vụ đã được đưa vào hoạt động từ đầu những năm 90 phục vụ công tác dự báo hạn vừa hạn dài và được chạy 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. 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 BGM. Hiện tại, EPS cho dự báo hạn vừa của NCEP (GEFS) bao gồm 21 thành phần dựa theo phương pháp mới ET độ phân giải T190L28 (khoảng 0.70, 28 mực), hạn dự báo 15 ngày [14].

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 SV (Singular Vector) để tạo nhiễu động ban đầu [11, 13]. EPS này

Người đọc phản biện: TS. **Hoàng Đức Cường**

hiện nay có 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 EnKF [7]. EPS của CMC cho thấy một sự kết hợp chặt chẽ giữa EF và đồng hóa số liệu. Hiện tại, EPS của CMC (CEFS) bao gồm 21 thành phần tương tự như EPS của NCEP với độ phân giải 0.90, 28 mực và hạn dự báo 16 ngày.

Tiếp sau các trung tâm trên, các trung tâm khí tượng khác như MeteoFrance, BoM, JMA, KMA, CMA cũng bắt đầu phát triển và sử dụng EPS cho các mô hình toàn cầu trong dự báo hạn vừa và hạn dài. Với rất nhiều EPS từ các trung tâm dự báo khác nhau như trên, cộng đồng khí tượng đang hướng đến một dự báo siêu tổ hợp, kết hợp tất cả thông tin dự báo từ các EPS thông qua chương trình TIGGE (THORPEX Interactive Grand Global Ensemble) [13, 14]. Thành công bước đầu của TIGGE được thể hiện qua hệ thống dự báo tổ hợp Bắc Mỹ NAEFS kết hợp hai hệ thống GEFS của NCEP và CEFS của CMC [13, 14].

Tại Việt Nam, EF cũng đang ở trong giai đoạn bước đầu tìm hiểu và chủ yếu tập trung vào các nghiên cứu lý thuyết, dự báo tổ hợp quỹ đạo bão dựa trên cách tiếp cận đa trung tâm và nhiễu động trường ban đầu cho mô hình chính áp [1, 2]. Các kết quả nghiên cứu nói trên đã cho thấy tính khả thi và hiệu quả của việc ứng dụng EF để nâng cao chất lượng dự báo quỹ đạo bão tại Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương. Năm 2008, Võ Văn Hòa và cộng sự đã nghiên cứu phát triển một EPS cho một số trường khí tượng quy mô synopt hạn ngắn hay được tham khảo trong công tác dự báo bão dựa trên cách tiếp cận đa mô hình toàn cầu. Từ năm 2009 đến nay, nhóm tác giả này tiếp tục thực hiện nghiên cứu EF dựa trên cách tiếp cận đa mô hình đa phân tích để dự báo thời tiết cho khu vực Việt Nam nhưng nghiên cứu này chỉ tập trung vào dự báo hạn ngắn (đến hạn dự báo 60 giờ), được gọi là hệ thống SREPS và hiện nay được chạy nghiệp vụ tại Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn

Trung ương [2].

Bên cạnh các nghiên cứu EF tại Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương, hướng nghiên cứu ứng dụng và phát triển các hệ thống EF cũng được triển khai thực hiện tại Trường đại học Khoa học tự nhiên (sử dụng phương pháp BGM), và Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường (tích hợp các sơ đồ tham số hóa) [1, 2, 3]. Tuy nhiên, các nghiên cứu này cũng chỉ tập trung cho bài toán dự báo bão và dự báo các hiện tượng thời tiết hạn ngắn. Như vậy, cho đến nay chưa có nghiên cứu nào hướng tới phát triển hệ thống dự báo tổ hợp các trường khí tượng hạn vừa hoặc ứng dụng các sản phẩm EF hạn vừa trên thế giới.

Từ thực trạng nêu trên cho thấy sự cần thiết của việc nghiên cứu phát triển hệ thống dự báo tổ hợp cho các trường khí tượng hạn vừa (từ 3 đến 10 ngày) cho khu vực Việt Nam. Hệ thống sẽ bao gồm hai hệ thống tương ứng với hạn dự báo trước vừa từ 3 đến 5 ngày và hạn vừa từ 5 đến 10 ngày. Hệ thống hướng tới hạn dự báo 5-10 ngày dựa trên việc tổ hợp các sản phẩm từ hệ thống tổ hợp toàn cầu GEFS và hệ thống tổ hợp toàn cầu Var_EPS của ECMWF (Châu Âu), gọi tắt là hệ thống NAEFS và sẽ được giới thiệu chi tiết trong phần 2 của bài báo. Hệ thống hướng tới hạn dự báo 3-5 ngày được xây dựng dựa trên mô hình khu vực giới hạn HRM và điều kiện biên điều khiển là các thành phần từ hệ thống tổ hợp toàn cầu GEFS của NCEP (Mỹ), gọi tắt là hệ thống LEPS và sẽ được giới thiệu chi tiết trong phần 3 của bài báo.

2. Thiết kế hệ thống dự báo tổ hợp hạn 5-10 ngày (NAEFS)

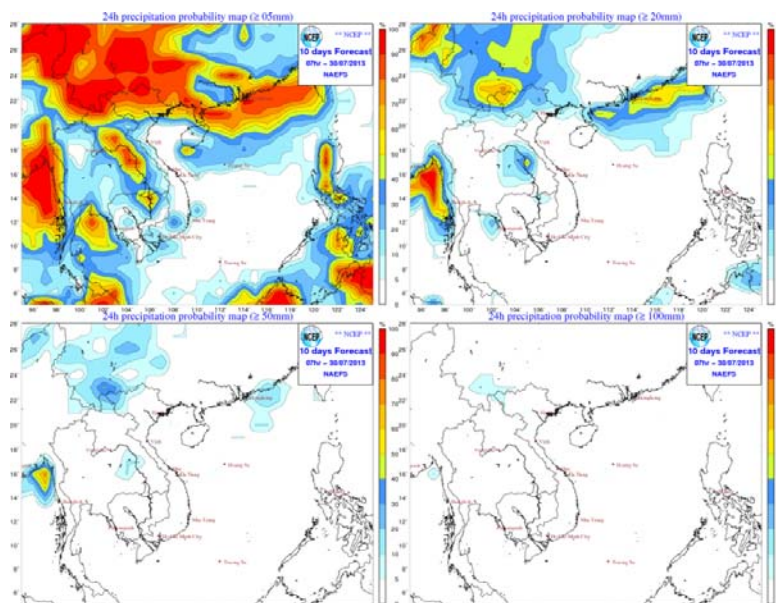
Như đã phân tích ở trên, dự báo tổ hợp hạn ngắn hoàn toàn khác dự báo tổ hợp hạn vừa, sự khác biệt chủ yếu ở cách thức tạo ra các thành phần dự báo tổ hợp. Đối với dự báo tổ hợp hạn ngắn, do độ bất định có thể bắt nguồn từ sự chưa hoàn chỉnh trong động lực và vật lý của mô hình, sai số trong trường ban đầu, trường biên, ... Trong khi đó, đối với dự báo hạn vừa, hạn dài, độ bất định trong trường ban đầu quan trọng hơn so với trong mô hình và điều kiện biên, đặc biệt là cho các hạn dự báo hạn dài. Đây chính là lý do tại sao các EPS toàn

cầu lại sử dụng các tiếp cận tác động lên trường ban đầu để tạo ra các dự báo thành phần

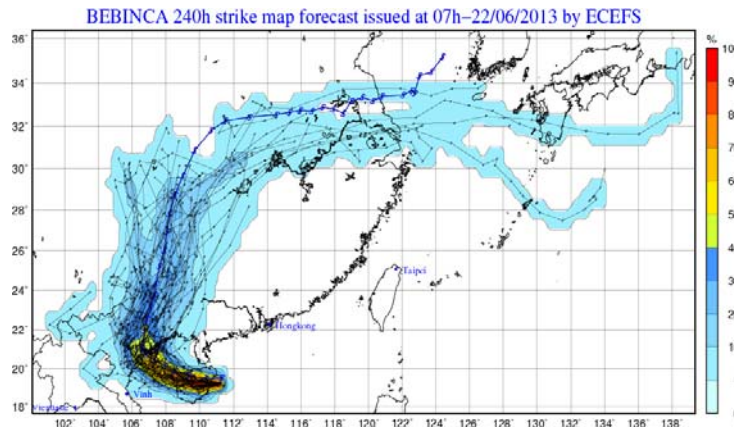
Đối với điều kiện Việt Nam hiện nay có hai nguồn EPS toàn cầu có thể được đưa vào ứng dụng nghiệp vụ gồm: số liệu dự báo từ hệ thống GEFS của NCEP (miễn phí) và số liệu dự báo từ hệ thống Var_EPS của ECMWF (Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương đã bắt đầu mua từ cuối năm 2011). Các dự báo EPS khác trên thế giới như Nhật Bản hay của ECMWF, về cơ bản không được cung cấp miễn phí số liệu mà chỉ cung cấp một số sản phẩm dưới dạng đồ họa nhưng rất hạn chế. Các sản phẩm dưới dạng đồ họa có thể trợ giúp tốt cho dự báo viên khi quan sát quá trình quy mô lớn nhưng không thể cung cấp dự báo chi tiết khi hướng đến dự báo trên khu vực Việt Nam hay dự báo điểm. GEFS dù là một hệ thống dự báo toàn cầu mở nhưng các sản phẩm đồ họa chỉ phục vụ cho khu vực Bắc Mỹ mà không phục vụ cho các khu vực khác. Do đó, việc nghiên cứu và ứng dụng một hệ thống dự báo tổ hợp các trường khí tượng hạn vừa sử dụng số liệu dự báo từ một số EPS như GEFS và Var_EPS cho khu vực Việt Nam là cần thiết. Ngoài ra, một trong những điều kiện đủ để có thể thiết lập một hệ thống dự báo tổ hợp từ hai nguồn số liệu GEFS và ECMWF là hiện nay tại Trung tâm Dự báo

Khí tượng Thủy văn Trung ương đã gia nhập mạng Nghiên cứu và Đào tạo Việt Nam (VinaREN) với tốc độ hiện nay lên tới hơn 600Mbps ra quốc tế, qua đó cho phép thu nhận kịp thời gần như thời gian thực hai nguồn số liệu này, điều mà việc sử dụng mạng Internet thông thường là không thể do dung lượng từ hai hệ thống này là rất lớn, khoảng hơn 100Gb trên một ổ dữ liệu dự báo.

Dựa trên hai nguồn số liệu GEFS và Var_EPS này có thể được khai thác để tạo ra các sản phẩm dự báo tổ hợp có hạn dự báo từ 3-10 ngày, gọi tắt là hệ tổ hợp NAEFS. Trong hai hệ thống tổ hợp GEFS và Var_EPS được sử dụng là 21 thành phần dự báo, như vậy hệ thống NAEFS sẽ gồm tổng cộng 42 thành phần tổ hợp khi kết hợp từ hai hệ thống GEFS và Var_EPS. Độ phân giải ngang của hai hệ thống này là 1.0 x 1.0 độ kinh vĩ. Về sản phẩm từ các hệ dự báo tổ hợp toàn cầu, ngoài việc cung cấp các trường dự báo trung bình tổ hợp hay dự báo từ các thành phần khác nhau, các sản phẩm dưới dạng xác suất cũng được đưa vào khai thác như bản đồ xác suất xảy ra mưa tại các ngưỡng mưa khác nhau (minh họa trong hình 1) hoặc chiết suất các thông tin về dự báo bão từ các hệ thống này (minh họa trong hình 2).



Hình 1. Bản đồ xác suất mưa tích lũy 24h với thời hạn dự báo 10 ngày từ hệ thống NAEFS tại các ngưỡng mưa 5 mm, 20 mm, 50 mm và 100 mm



Hình 2. Bản đồ dự báo xác suất vị trí cơn bão đi qua (trên) cho cơn bão BEBINCA năm 2013 từ hệ thống dự báo tổ hợp

3. Thiết kế hệ thống dự báo tổ hợp hạn 3-5 ngày (LEPS)

Như đã nêu ở trên, các EPS hạn vừa đã được triển khai vào dự báo nghiệp vụ tại rất nhiều trung tâm dự báo lớn trên thế giới và dựa trên các mô hình toàn cầu. Tuy nhiên việc sử dụng các hệ thống tổ hợp từ các mô hình toàn cầu còn gặp nhiều kết quả hạn chế đặc biệt cho thời hạn trước 5 ngày. Một trong những nghiên cứu điển hình trong vấn đề xây dựng hệ thống tổ hợp cho hạn 3-5 ngày kể trên là của Molteni và cộng sự (2001) [5, 10]. Trong [10], Molteni bắt đầu những nghiên cứu lý thuyết cho phép thực hiện EF trên các mô hình khu vực với độ phân giải cao hơn so với mô hình toàn cầu với tên gọi LEPS (Limited-area Ensemble Prediction System). LEPS hướng đến dự báo từ 2 cho đến 5 ngày (trước hạn vừa). Với mục tiêu như vậy, nhiễu động điều kiện biên sẽ trở nên quan trọng hơn so với nhiễu động điều kiện ban đầu. Hệ thống được thực hiện đơn giản bằng cách tích phân mô hình khu vực LM lồng trong các thành phần của EPS toàn cầu tại ECMWF. Sau những thử nghiệm đầu tiên tại ARPA-SIM, hệ thống với tên gọi COSMO-LEPS đã được thực hiện tại ECMWF vào năm 2003 [5, 10]. Đánh giá hệ thống này đã cho thấy kỹ năng dự báo từ hệ thống này cao hơn so với kỹ năng tương ứng từ hệ thống dự báo tổ hợp toàn cầu mà LM chạy lồng trong đó. Ngoài ra, một trong những kết quả quan trọng được rút ra là khả năng mô tả và dự báo được tốt hơn các giá trị cực trị mưa của hệ COSMO-

LEPS so với hệ tổ hợp 51 thành phần của ECMWF cho thấy vai trò của việc hạ quy mô động lực trong hệ dự báo tổ hợp có sử dụng mô hình khu vực phân giải cao [5, 10, 12].

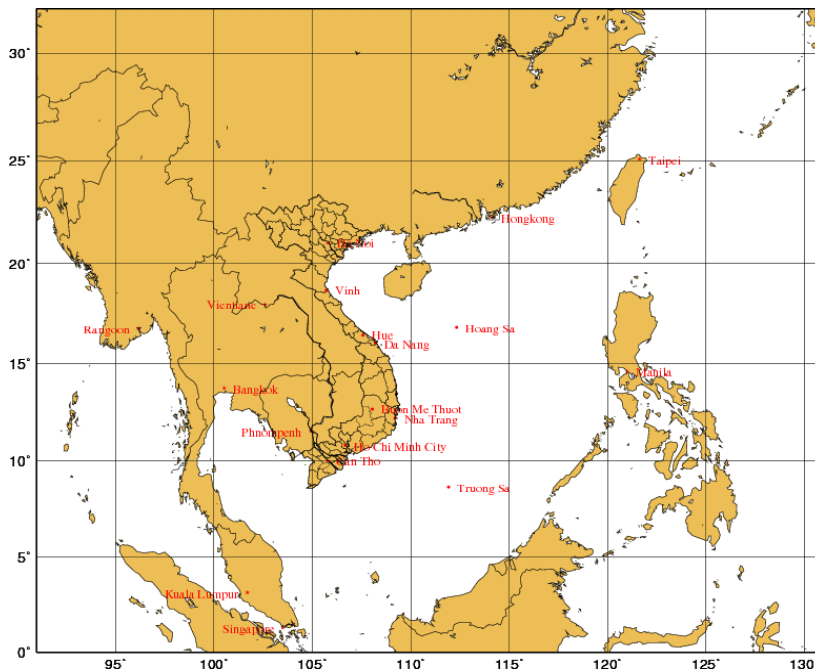
Như vậy, có thể thấy rằng, để tăng khả năng nắm bắt các quy mô vừa chuyển tiếp giữa hạn ngắn và hạn vừa, cách tiếp cận sử dụng mô hình một mô hình khu vực để tăng độ phân giải và chạy với các đầu vào từ các thành phần dự báo của EPS toàn cầu được thực hiện cho hạn dự báo 3-5 ngày. Dựa trên những nghiên cứu này chúng tôi đề xuất xây dựng một hệ LEPS hướng tới dự báo tổ hợp cho hạn 3-5 ngày cho khu vực Việt Nam thông qua việc chạy lồng ghép một chiều một mô hình khu vực đã được thử nghiệm cho Việt Nam với trường điều khiển là các thành phần của một EF toàn cầu thu nhận được. Việc lựa chọn mô hình cho hệ thống LEPS cũng như các cấu hình liên quan phụ thuộc nhiều vào năng lực tính toán cho phép và tính ổn định trong chất lượng dự báo mà mô hình khu vực mang lại.

Trong thời gian triển khai nghiên cứu, hệ thống tính toán hiệu năng cao HPC tại Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương được áp dụng thử nghiệm cho hệ LEPS bao gồm 8 nodes tính toán trong đó có tổng cộng 32 bộ vi xử lý được sử dụng để vận hành hệ thống. Đối với số liệu làm trường đầu vào từ hai nguồn GEFS và Var_EFS có khả năng thu nhận tại Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương, hệ thống GEFS với dung lượng bằng khoảng 1/3 so với Var_EFS và số lượng thành phần

nhỏ hơn sẽ bước đầu được áp dụng với điều kiện tính toán hiện này của hệ HPC 8 nodes.

Đối với mô hình khu vực dùng để hạ quy mô từ trường GEFS, thông qua đánh giá kết quả dự báo từ các mô hình khu vực trong nhiều năm tại TTDBTU từ năm 2000 chúng tôi đề xuất sử dụng mô hình HRM trong hệ thống LEPS cho khu vực Việt Nam do mô hình HRM có chi phí tính toán thấp nhất so với các mô hình khu vực khác có tính ổn định cao [2, 4]. Ngoài ra để đảm bảo kịp thời gian nghiệp vụ, mô hình HRM sẽ được chạy với 21 thành phần từ hệ GEFS của ộp dự báo 12z trước đó. 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 3. Cụ thể là vùng từ 0°N-32°N và 91°E-131°E. Độ phân giải cho mô hình khu vực HRM là 22 km. Cấu hình chi tiết cho mô hình HRM trong hệ LEPS được đưa ra trong bảng 1. Về cơ bản các sản phẩm từ hệ dự báo LEPS đều giống so với các lớp sản phẩm từ hệ thống NAEFS đã được giới thiệu trong phần 2 nhưng vùng miền hiển thị chỉ tập trung vào khu vực Việt Nam và biển Đông. Trong hình 4 minh họa sản phẩm dự báo lượng mưa tích lũy 24h từ 21 thành phần của hệ thống LEPS.



Hình 3. Miền tính cho hệ thống LEPS

Bảng 1. Cấu hình cho mô hình HRM trong hệ thống LEPS

Động lực		Hệ phương trình nguyên thủy, dạng thủy tĩnh
Lọc số		Có
Tham số hóa vật lý	Đổi lưu	Sơ đồ Tiedtke
	Bức xạ sóng ngắn	Geleyn
	Bức xạ sóng dài	Geleyn
	Lớp biên hành tinh	Sơ đồ Monin-Obukhov
	Đất	Mô hình 7 lớp
Bề mặt		Sơ đồ khuếch tán 2 lớp