BAN ĐẦU HÓA ĐỘ ẨM ĐẤT CHO MÔ HÌNH HRM BẰNG SƠ ĐỒ SMA

Phan Văn Tân, Dư Đức Tiến

Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học,
Trường Đại học Khoa học Tự nhiên

1. Mở đầu

Tương tác giữa bề mặt trái đất và khí quyển diễn ra trên mọi quy mô không gian và thời gian. Bề mặt đất, bao gồm hai thành phần chính là lớp phủ thực vật và lớp phủ thổ nhưỡng (đất), chịu tác động của khí quyển thông qua sự tương tác với lớp phủ thực vật. Lớp đất phía dưới đóng vai trò tích trữ vật chất. Xét về độ lớn của các dòng nhiệt phi bức xạ, thông lượng nhiệt truyền xuống các lớp đất sâu chiếm khoảng 10% và năng lượng dành cho các phản ứng sinh hoá chiếm dưới 1% lượng năng lượng do bề mặt hấp thụ. Như vậy, bề mặt sẽ đóng vai trò trực tiếp cung cấp năng lượng cho khí quyển thông qua các dòng ẩm và nhiệt rối. Các dòng năng lượng ẩn nhiệt, hiển nhiệt truyền từ bề mặt liên quan trực tiếp đến trạng thái nhiệt, ẩm và phân tầng của khí quyển, góp phần vào quá trình hình thành, phát triển mây và giáng thuỷ. Sự phát triển của mây và giáng thuỷ lại quan hệ chặt chẽ với khả năng truyền bức xạ mặt trời trong khí quyển và gián tiếp liên quan tới các cơ chế động lực khác đối với những chuyển động trong khí quyển từ quy mô nhỏ, quy mô vừa cho đến quy mô lớn.

Trong các mô hình dự báo thời tiết hiện nay, bề mặt đóng vai trò cung cấp điều kiện biên dưới cho mô hình khí quyển, bao gồm thông lượng ẩn nhiệt, hiển nhiệt và động lượng. Đối với mô hình HRM cũng vậy. Mô hình đất trong mô hình HRM có chức năng tham số hóa các quá trình xảy ra trên bề mặt, cung cấp nhiệt độ bề mặt đất và cường độ bốc thoát hơi cho mô hình khí quyển.

Mô hình đất trong HRM bao gồm hai mô hình con là mô hình thủy văn và mô hình nhiệt. Trong đó mô hình thủy văn được chia làm hai phần: phần 1 của mô hình thủy văn chú ý đến những quá trình nước trong đất, chúng không phụ thuộc vào kết quả của mô hình nhiệt; phần 2 cần những kết quả tính toán trong mô hình nhiệt làm thông tin đầu vào. HRM sử dụng sản phẩm của mô hình toàn cầu GME làm điều kiện ban đầu và điều kiện biên, trong đó có hàm lượng nước của các lớp đất 1 và 2 (Wg1, Wg2) được dùng làm đầu vào (input) cho mô hình đất.

Hàm lượng nước trong đất có ảnh hưởng đáng kể đến giá trị của nhiệt độ và độ ẩm tương đối không khí, nhất là trong những ngày trời quang. Việc xác định không chính xác hàm lượng ẩm đất có thể gây nên sai số dự báo nhiệt độ của mô hình đến vài độ C. Tuy nhiên, việc đo trực tiếp hàm lượng ẩm đất rất ít khi thực hiện được, do đó việc xác định nó bằng cách gián tiếp là hết sức cần thiết. Trong bài này sẽ trình bày một phương pháp ban đầu hóa trường độ ẩm đất và áp dụng nó cho mô hình HRM. Nội

dung của phương pháp được đưa ra trong mục 2. Mục 3 dẫn ra một số kết quả thử nghiệm và nhận xét. Một vài kết luận ban đầu được trình bày trong mục 4.

2. Sơ đồ ban đầu hóa độ ẩm đất SMA [3,5]

Như đã đề cập ở trên, HRM sử dụng số liệu toàn cầu GME làm điều kiện ban đầu và điều kiện biên phụ thuộc thời gian, trong đó hàm lượng ẩm của các lớp đất là những biến đầu vào của mô hình đất. Vì nhiều lý do khác nhau, độ chính xác của các trường này có thể chưa đảm bảo, và do đó chúng cần phải được hiệu chỉnh lại. Việc hiệu chỉnh này sẽ được thực hiện bằng phương pháp biến phân, trong đó hàm lượng ẩm đất tối ưu nhận được sẽ làm cực tiểu một hàm mục tiêu (cost function), là hàm được biểu diễn qua hiệu giữa nhiệt độ và độ ẩm quan trắc với nhiệt độ và độ ẩm nhận được từ mô hình.

Về nguyên tắc, trường độ ẩm đất sẽ được hiệu chỉnh sao cho giá trị nhiệt độ và độ ẩm dự báo mực gần bề mặt của mô hình gần nhất với giá trị quan trắc, nên trường ẩm đất nhận được (tạm gọi là trường phục hồi – retrieved) nói chung phụ thuộc vào bản chất của mô hình dự báo được sử dụng, nhất là phụ thuộc vào các sơ đồ tham số hóa lớp biên và tham số hóa đất. Sai số dự báo của mô hình được phản ánh trong sai số của giá trị phục hồi. Khi kết quả dự báo được cải thiện thì các dòng nhiệt, ẩm tính toán tại đáy của mô hình khí quyển cũng sẽ chính xác hơn.

Vì quá trình tương tác đất–khí quyển xảy ra mạnh nhất khi có tác động lớn của bức xạ, nên ở đây sẽ tiến hành đồng hóa số liệu quan trắc vào các thời điểm xung quanh buổi trưa. Và việc phân tích độ ẩm đất cũng sẽ được thực hiện một lần trong một ngày để cung cấp trường độ ẩm đất đã được cải thiện cho mô hình dự báo của ngày hôm sau. Do sự tương tác đất – khí quyển không phải lúc nào cũng đủ mạnh để nhận được thông tin đầy đủ về hàm lượng ẩm trong đất, nên trong thực tế, để tính chúng, chu trình phân tích bằng phép lọc Kalman sẽ được áp dụng; phương pháp này kết hợp chặt chẽ trạng thái nền với ước lượng sai số nền. Trong trường hợp tác động bức xạ nhỏ, trường độ ẩm phục hồi được duy trì gần với trạng thái nền, nhưng nếu tác động bức xạ mạnh sẽ làm cho trường độ ẩm được cải thiện và làm giảm ước lượng sai số nền.

2.1. Sơ đồ phân tích biến phân

Sơ đồ phân tích biến phân cho phép nhận hàm lượng ẩm đất đã cải thiện bằng cách làm cực tiểu hàm mục tiêu. Ký hiệu η và η^b là các vectơ có kích thước n^{soil} tương ứng chứa hàm lượng ẩm của các lớp đất phân tích và trạng thái nền của chúng. Các vectơ T^0 và $T(\eta)$ có kích thước n^{obs} tương ứng chứa giá trị nhiệt độ 2m phân tích (dựa trên các trạm synôp) và dự báo của mô hình cho các lần quan trắc đã định. Hàm mục tiêu $\Im$ sẽ được cực tiểu hóa có dạng:

$$\Im(\eta) = \Im^0(\eta) + \Im^b(\eta) \tag{1}$$

trong đó:

$$\Im^0(\eta) = \frac{1}{2}(T^0 - T(\eta))^T R^{-1}(T^0 - T(\eta)) \tag{2}$$

là số hạng quan trắc, và

$$\Im^b(\eta) = \frac{1}{2}(\eta - \eta^b)^T B^{-1}(\eta - \eta^b) \quad (3)$$

là số hạng nền, với $ADP \le \eta_j \le PV$, $j = 1,..., n^{soil}$. Các thành phần của η (được chỉ ra bằng các chỉ số dưới) được giới hạn bởi điểm khô hạn của không khí (*ADP*) và độ khổng (*PV*– pore volume) của loại đất thực tế.

Ma trận $R \in \Re^{n^{obs} \times n^{obs}}$ là ma trận tương quan của sai số quan trắc, và $B \in \Re^{n^{obs} \times n^{obs}}$ là ma trận tương quan của sai số nền. Cả hai ma trận R và B là đối xứng và xác định dương do tính chất vật lý. Ma trận R được giả thiết là không đổi và có dạng đường chéo chính. Tại thời điểm khởi đầu của chu trình phân tích độ ẩm đất, ma trận B được khởi tạo bằng ước lượng của phương sai và mômen tương quan của sai số của trường độ ẩm đất phỏng đoán đầu tiên, nó được dùng như là trường nền khởi tạo η^b. Hơn nữa, các giá trị nền η^b và ma trận tương quan của sai số nền được cung cấp trong chu trình của sơ đồ phân tích lọc Kalman. Cực tiểu hóa hàm $\Im$ cho ta độ ẩm đất phân tích η^a:

$$\Im(\eta^a) \le \Im(\eta) \text{ với mọi } \eta \ne \eta^a \quad (4)$$

Việc cực tiểu hóa được thực hiện với giả thiết là thỏa mãn quan hệ tuyến tính và đảm bảo cực tiểu duy nhất.

1) Cực tiểu hóa

Mặc dù sự phụ thuộc giữa độ ẩm đất và nhiệt độ 2m nói chung là phi tuyến, việc tuyến tính hóa xung quanh trạng thái nền cho xấp xỉ tốt chừng nào các giá trị phục hồi nhận được không quá khác trạng thái nền. Việc tuyến tính hóa nhiệt độ 2m của mô hình $T(\eta)$ xung quanh η^b cho ta

$$T(\eta) = T(\eta^b) + \Gamma(\eta - \eta^b) \quad (5)$$

trong đó Jacobien $\Gamma \in R^{n^{obs} \times n^{obs}}$ được xấp xỉ bởi sai phân hữu hạn một phía

$$\Gamma(i,j) = \min\left(\frac{T_i(\eta^j) - T_i(\eta^b)}{\eta_j^j - \eta_j^b}, 0\right) \quad (6)$$

với $i = 1,..., n^{obs}$, $j = 1,..., n^{soil}$. Xấp xỉ (6) đòi hỏi dự báo hàng ngày dựa trên hàm lượng ẩm nền η^b và n^{soil} lần chạy dự báo thêm với hàm lượng ẩm đất đã thay đổi η^j. Đạo hàm riêng như đã biết là sẽ có dấu âm do tính chất vật lý (vì độ ẩm tăng sẽ làm cho nhiệt độ giảm và ngược lại). Các thành phần của vectơ η^j được tính bởi

$$\eta_k^j = \begin{cases} \eta_j^j & khi \ \ k = j \\ \eta_j^b & khi \ \ k \ne j \end{cases}, \ k=1,\ldots, n^{soil} \quad (7)$$

(Khi đang xét cho lớp thứ j thì các lớp khác có độ ẩm bằng giá trị nền), trong đó hàm lượng ẩm đất đã thay đổi η_j^j sẽ bị biến đổi tùy thuộc vào điểm khô hạn của không khí

(*ADP*) và sức chứa khả năng của đất (*FC*) để làm giảm ảnh hưởng của loại đất tại điểm lưới ngang thực tế. Mức độ biến đổi $\Delta\eta$ được cho bởi

$$\Delta\eta = (FC - ADP)\Delta\varepsilon \tag{8}$$

với $\Delta\varepsilon \in [0,\ 1/2]$ là tham số điều chỉnh. Hướng biến động được chọn theo sai số dự báo cho đến khi giá trị nền η^b không quá gần với giới hạn *ADP* và *FC*, tức là

$$\eta_j^j = \begin{cases} \min\left(\eta_j^b, FC\right) + \Delta\eta & khi \begin{cases} \sum_{i=1}^{n^{obs}} T_i(\eta^b) > \sum_{i=1}^{n^{obs}} T_i^0 \ và\ \eta_j^b + \Delta\eta < FC \\ hoặc \\ \eta_j^b - \Delta\eta \le ADP \end{cases} \\ \min\left(\eta_j^b, FC\right) - \Delta\eta & khi \begin{cases} \sum_{i=1}^{n^{obs}} T_i(\eta^b) \le \sum_{i=1}^{n^{obs}} T_i^0 \ và\ \eta_j^b - \Delta\eta > ADP \\ hoặc \\ \eta_j^b + \Delta\eta \ge ADP \end{cases} \end{cases} \tag{9}$$

Mặc dù độ ẩm đất ảnh hưởng tới sự bốc thoát hơi và nhiệt độ 2m chỉ trong khoảng giữa *ADP* và *FC*, các giá trị độ ẩm được phép cao hơn cho đến *PV* để làm giảm tác động tức thời đến mô hình đất và để cung cấp những giá trị độ ẩm đất sát thực hơn (chẳng hạn trong trường hợp mưa lớn).

Để cung cấp số gia phân tích hợp lý cho các giá trị nền η^b vượt quá *FC*, cần phải có sự phụ thuộc khác không giữa độ ẩm đất và nhiệt độ 2m. Cực tiểu hóa η_j^b bởi *FC* trong phương trình (9) bảo đảm rằng hàm lượng ẩm đất đã thay đổi nằm trong phạm vi biến thiên nhạy cảm giữa *ADP* và *FC* ngay cả khi η_j^b vượt quá *FC*. Sử dụng quan hệ tuyến tính (5), gradient của hàm mục tiêu có thể được biểu diễn dưới dạng giải tích như sau:

$$\nabla\Im(\eta^b) = -\Gamma^T R^{-1}\left(T^0 - T(\eta^b) - \Gamma(\eta - \eta^b)\right) + B^{-1}(\eta - \eta^b) \tag{10}$$

Đối với bài toán cực tiểu ít chiều sẽ rất hiệu quả khi giải trực tiếp phương trình

$$\nabla\Im(\eta^\alpha) = 0 \tag{11}$$

Qua một số tính toán ta nhận được η^α cực tiểu của hàm mục tiêu như sau:

$$\eta^\alpha = \eta^b + \left(\Gamma^T R^{-1}\Gamma + B^{-1}\right)^{-1}\Gamma^T R^{-1}\left(T^0 - T(\eta^b)\right) \tag{12}$$

Phương trình (12) là công thức được áp dụng để tính η^α. Cần phải nói rằng việc cực tiểu hóa được áp dụng bởi quan hệ tuyến tính và giải trực tiếp không làm giảm độ chính xác của trường độ ẩm đất phục hồi. Việc cực tiểu hóa hàm mục tiêu $\Im$ được thực hiện với điều kiện ràng buộc là giá trị phân tích η^α phải nằm trong phạm vi:

$$ADP \le \eta_j^{\alpha} \le PV, j=1,\ldots, n^{soil} \quad (13)$$

Nếu giá trị cực tiểu chung của hàm mục tiêu nằm ngoài khoảng hợp lệ này, cực tiểu tại các biên sẽ được tính và gán cho các giá trị phân tích.

2) Chu trình lọc Kalman

Việc phân tích độ ẩm đất được thực hiện hàng ngày vào 00UTC. Để bắt đầu chu trình của sơ đồ phân tích độ ẩm đất, ma trận tương quan của sai số nền B được khởi tạo bằng ma trận tương quan và phương sai của sai số ước lượng B^0 của trường độ ẩm phỏng đoán đầu tiên mà nó được sử dụng như là trường nền khởi tạo η^b.

Trạng thái nền $(\eta^b)^{t+1}$ và ma trận tương quan của sai số nền $(B)^{t+1}$ cho ngày tiếp theo được cung cấp trong chu trình lọc Kalman (những thời điểm có hiệu lực của các biến η^{α}, η^b, A, và B được chỉ ra bằng các chỉ số bên ngoài dấu ngoặc). Việc làm tăng độ tin cậy của các giá trị độ ẩm đất phục hồi nhờ số liệu quan trắc bề mặt đã đồng hóa cũng như việc làm giảm độ tin cậy này do sai số mô hình của mô hình đất cũng sẽ được tính đến. Hàm lượng nền của độ ẩm đất đối với ngày tiếp theo $(\eta^b)^{t+1}$ được tính bởi:

$$\left(\eta^b\right)^{+1} = \left(\eta^{\alpha}\right) + \left(M_t^{t+1}\left(\left(\eta^b\right)\right) - \left(\eta^b\right)\right) \quad (14)$$

trong đó $M_t^{t+1}\left(\left(\eta^b\right)\right)$ là giá trị dự báo 24h của mô hình nhận từ dự báo hàng ngày bắt đầu tại 00UTC với trường nền $\left(\eta^b\right)$. Những thay đổi trong hàm lượng ẩm đất do mưa và bốc thoát hơi trong thời gian 24h đã được đưa vào tính bằng cách này không đòi hỏi phải chạy dự báo thêm. Độ tin cậy của các giá trị phục hồi $\left(\eta^{\alpha}\right)$ được cho bởi ma trận tương quan của sai số phân tích $A \in R^{n^{soil} \times n^{soil}}$,

$$(A)^t = \left(\nabla^2 \Im\right)^{-1} = \left(\Gamma^T R^{-1} \Gamma + ((B)^t)^{-1}\right)^{-1} \quad (15)$$

Đó là nghịch đảo Hessian (đạo hàm của Jacobi, là ma trận ba chiều) của $\Im$. Nếu hàm lượng ẩm ít phụ thuộc vào nhiệt độ 2m ($\Gamma \approx 0$) thì $(A)^t$ hầu như bằng ma trận tương quan của sai số trường nền $(B)^t$. Nếu sự phụ thuộc này càng chặt chẽ thì sai số phân tích ước lượng sẽ càng nhỏ. Ma trận tương quan của sai số nền mới bổ sung $\left(\tilde{B}\right)^{+1}$ được tính bởi

$$\left(\tilde{B}\right)^{+1} = M\,(A)^t M^T + Q \quad (16)$$

trong đó ma trận $M \in R^{n^{soil} \times n^{soil}}$ là ước lượng của đường thẳng tiếp tuyến của toán tử dự báo M_t^{t+1}. Ma trận $Q \in R^{n^{soil} \times n^{soil}}$ biểu thị sai số giả thiết của M_t^{t+1}. Số hạng thêm vào này làm giảm độ nhạy của trường nền đối với những quan trắc đã qua và là quan trọng để giữ biến hàm lượng ẩm phục hồi trong khoảng thời gian dài của chu trình phân tích.

Trường hợp tương tác đất khí quyển yếu ($\Gamma \approx 0$) trong nhiều ngày liên tiếp, các ma trận tương quan của sai số nền $(B)^{t+1}$, $(B)^{t+2}$,... tăng một cách tuyến tính theo Q, là ma trận phản ánh độ tin cậy bị giảm trong các trường ẩm phục hồi, và có thể có những biến

động lớn trong các phân tích tiếp theo. Phương sai của sai số và ma trận tương quan của sai số Q là những tham số điều chỉnh chính của chu trình thực hiện sơ đồ đồng hóa. Ma trận tương quan của sai số nền $(B)^{t+1}$ bị giới hạn bởi B^{max} để ngăn chặn sai số nền do sự lớn lên quá mức có thể ảnh hưởng đến độ ổn định của việc phân tích độ ẩm đất trong trường hợp suốt một thời kỳ dài không có tác động của độ ẩm đất (chẳng hạn tuyết). Nói đúng ra, phương sai (các phần tử đường chéo của $\left(\tilde{B}\right)^{t+1}$) bị giới hạn bởi B^{max} và các mômen tương quan (các phần tử ngoài đường chéo) được hiệu chỉnh để nhận được cùng các giá trị hệ số tương quan, tức là các hệ số của $(B)^{t+1}$ được tính như sau:

$$b_{i,j} = \begin{cases} \min\left(\tilde{b}_{i,j}, b_{i,j}^{\max}\right) & khi \;\; i = j \\ \tilde{b}_{i,j}\sqrt{\dfrac{b_{i,i}b_{j,j}}{\tilde{b}_{i,i}\tilde{b}_{j,j}}} & khi \;\; i \neq j \end{cases}, \; i, j=1,2,..., n^{soil}. \qquad (17)$$

2.2. Áp dụng sơ đồ phân tích độ ẩm đất (SMA) cho HRM

Sơ đồ phân tích độ ẩm đất SMA đã được xây dựng và áp dụng cho mô hình LM (Local Model). Mặc dù vậy, về nguyên tắc, SMA có thể được áp dụng cho mọi mô hình. Sau đây sẽ mô tả việc ứng dụng sơ đồ này cho mô hình HRM.

Hiện tại, SMA chỉ thực hiện phân tích cho hai lớp đất và chỉ đồng hóa nhiệt độ 2m quan trắc. Việc ban đầu hóa độ ẩm đất được thực hiện hàng ngày vào một thời điểm để cung cấp trường ẩm đất đã được cải thiện cho dự báo 00UTC của ngày tiếp theo. Quá trình đồng hóa đòi hỏi phải chạy thêm mô hình dự báo (HRM) một số lần với trường ẩm đất đã thay đổi để tính các mối phụ thuộc giữa độ ẩm đất với các biến quan trắc bề mặt. Việc phân tích biến phân trường độ ẩm đất (tức là cực tiểu hóa hàm mục tiêu) được thực hiện không có sự tương tác ngang và về mặt toán học là biểu diễn từng điểm, nhưng quá trình tính toán sẽ được tiến hành cho tất cả các điểm cùng một lúc.

Các lần dự báo chạy thêm phải được thực hiện với cùng các tập số liệu như quá trình chạy dự báo chính (đặc biệt là số liệu quan trắc và biên xung quanh). Qui trình thực hiện SMA với hai lớp đất về cơ bản bao gồm các bước sau: 1) Thực hiện dự báo nghiệp vụ hàng ngày vào 00UTC; 2) Sau khi có số liệu quan trắc synôp của kỳ quan trắc 06 UTC sẽ tiến hành phân tích nhiệt độ 2m bằng một chương trình phân tích khách quan (hiện nay đang sử dụng sơ đồ phân tích Cressmann); 3) Tính trường độ ẩm đất thay đổi cho lớp đất thứ nhất; 4) Chạy dự báo bổ sung dựa trên số liệu độ ẩm đất đã thay đổi của lớp thứ nhất; 5) Tính trường độ ẩm đất thay đổi cho lớp đất thứ hai; 6) Chạy dự báo bổ sung dựa trên số liệu độ ẩm đất đã thay đổi của lớp đất thứ hai; 7) Phân tích độ ẩm đất hiện tại để nhận được trường số gia độ ẩm đất, phương sai và ma trận tương quan của sai số cho quá trình ban đầu hóa của ngày hôm sau.

Các bước 3), 5) và 7) được thực hiện bởi sơ đồ SMA; lượng ẩm đất thay đổi (số gia) nhận được của mỗi lớp sẽ được tích lũy liên tiếp từ ngày này qua ngày khác và sẽ được dùng để hiệu chỉnh trường ẩm đất cho dự báo 00UTC của ngày tiếp theo. Các bước 1),

4), 6) thực hiện bởi mô hình dự báo HRM, trong đó bước 1) là dự báo nghiệp vụ (tích phân trên toàn bộ khoảng thời gian dự báo), còn các bước 4) và 6) chỉ chạy bổ sung (tích phân 6h, từ 00UTC đến 06UTC).

3. Một số kết quả thử nghiệm

Để thử nghiệm áp dụng sơ đồ SMA cho HRM, đã tiến hành tính toán dự báo dựa trên hai phiên bản của HRM với độ phân giải ngang 14 km (0.125 độ kinh vĩ) và 31 mực theo chiều thẳng đứng: 1) Chạy HRM khi chưa sử dụng sơ đồ ban đầu hóa ẩm đất, ký hiệu là HRM_ORG. Trong trường hợp này độ ẩm đất thuần túy được cung cấp từ GME; 2) Chạy HRM đã lồng ghép với SMA theo tình huống dự báo nghiệp vụ trong đó trường ẩm đất đã được ban đầu hóa, ký hiệu là HRM_SMA.

Như đã đề cập ở trên, trường độ ẩm đất ban đầu được hiệu chỉnh dựa trên thông tin của trường nhiệt độ 2m quan trắc theo nguyên tắc nếu nhiệt độ dự báo lớn hơn nhiệt độ quan trắc thì số gia hàm lượng ẩm đất phải dương (tức phải tăng độ ẩm đất) và ngược lại. Quan hệ giữa chúng được xem là tuyến tính (công thức (5)). Nhưng do độ ẩm đất là một biến dự báo trong khi nhiệt độ 2m là biến cảnh báo (diagnostic variable) nhận được từ kết quả dự báo của các biến trường khác, nên việc ban đầu hóa độ ẩm đất chỉ tác động gián tiếp đến trường nhiệt độ cũng như các trường khác của mô hình. Trong những thử nghiệm ở đây, sẽ khảo sát hiệu ứng của ban đầu hóa độ ẩm đất đối với các trường nhiệt độ 2m (T2m) và trường lượng mưa dự báo.

3.1. Hiệu ứng của ban đầu hóa ẩm đất đối với trường nhiệt độ 2m

Hiệu ứng này được xem xét dựa trên việc so sánh sai số dự báo trường nhiệt độ 2m của HRM_SMA và HRM_ORG. Do bản chất vật lý, sự biến đổi của trường ẩm đất thường có tính "ỳ" (persistence) lớn hơn nhiều so với các trường khí tượng khác, nên tác động của ban đầu hóa độ ẩm đất cũng cần phải được xem xét dưới góc độ "tích lũy" theo thời gian. Với quan niệm đó, phiên bản HRM_SMA đã được chạy theo qui trình nghiệp vụ từ 01/01/2004 đến 30/9/2004. Số gia hiệu chỉnh trường ẩm đất ban đầu được tích lũy liên tiếp, bắt đầu từ ngày 01/01/2004. Trường độ ẩm đất của ngày thứ n nào đó được xác định bởi hệ thức.

$$Wg_i^{(n)} = Wg_i^{GME(n)} + \sum_{k=1}^{n-1} \Delta Wg_i^{(k)} + \Delta Wg_i^{(n)} \tag{18}$$

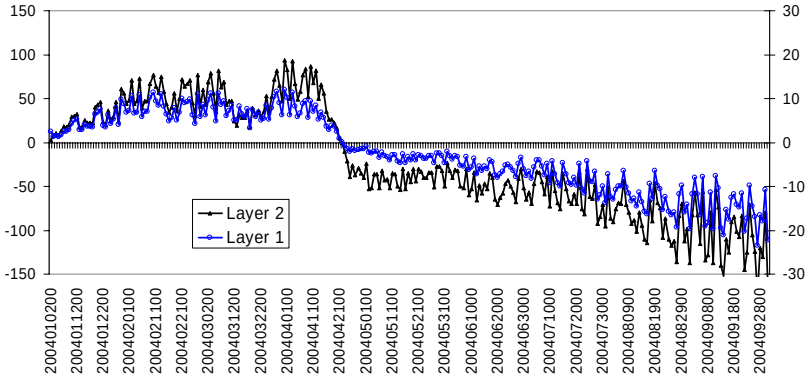
Trong công thức (18), chỉ số i phía dưới chỉ lớp đất ($i=1, 2$), $Wg_i^{GME(n)}$ là trường ẩm đất ban đầu do GME cung cấp vào ngày thứ n, $\Delta Wg_i^{(k)}$ – số gia hàm lượng ẩm đất của lớp i vào ngày thứ k, $\Delta Wg_i^{(n)}$ – số gia hàm lượng ẩm vừa phân tích được vào ngày thứ n.

Tích lũy số gia hàm lượng ẩm của các lớp đất (tổng của hạng thứ hai và thứ ba vế phải trong công thức (18)) từ khi bắt đầu chạy nghiệp vụ HRM_SMA (01/01/2004) đến hết tháng 9/2004 được trình bày trên hình 1. Tùy theo dấu của sai số nhiệt độ dự báo là dương hay âm mà lượng ẩm đất hiệu chỉnh cũng sẽ được tăng lên hay giảm xuống cho

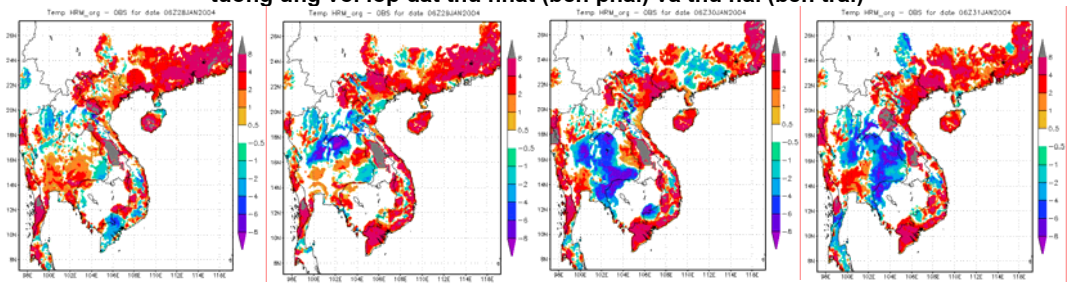
phù hợp. Sự tăng giảm đó biến thiên từng ngày, nhưng nhìn chung trên toàn miền tính số gia tích lũy hàm lượng ẩm đất dương trong các tháng 1–4/2004 và âm trong những tháng còn lại. Như vậy, xét chung cho toàn miền trong các tháng 1–4/2004, độ ẩm đất ban đầu của mô hình quá thấp, làm cho nhiệt độ dự báo cao hơn nhiệt độ quan trắc. Do đó trường ẩm đất đã được hiệu chỉnh tăng lên nhờ quá trình ban đầu hóa bởi SMA. Từ khoảng cuối tháng 4, đầu tháng 5/2004 trở đi, trường ẩm đất ban đầu của mô hình lại cao hơn so với thực tế, dẫn đến nhiệt độ dự báo của mô hình thấp hơn quan trắc. Bởi vậy số gia hiệu chỉnh cần phải mang dấu âm (tương ứng với việc làm tăng nhiệt độ dự báo của mô hình). Mặc dù xu thế chung của trường ẩm đất ban đầu là thấp hơn thực tế trong các tháng 1–4/2004 và cao hơn ở những tháng còn lại của thời kỳ thử nghiệm, sự dao động thăng giáng của đường cong số gia tích lũy chứng tỏ sự biến thiên về dấu của lượng ẩm hiệu chỉnh hàng ngày. Sự chuyển dấu từ dương sang âm của đường cong tích lũy vào cuối những ngày tháng 4 dường như gắn liền với sự chuyển mùa thời tiết trong năm.

Trên các hình 2, 5 dẫn ra hiệu giữa nhiệt độ dự báo theo HRM_ORG và nhiệt độ quan trắc phân tích (OBS) trong một số ngày liên tiếp của các tháng thử nghiệm (28–31/01 và 24–27/05), theo đó những vùng có giá trị âm (dương) tương ứng với nhiệt độ dự báo thấp hơn (cao hơn) nhiệt độ quan trắc. Từ đây nhận thấy, nhiệt độ dự báo của HRM_ORG trong các ngày 28–31/01/2004 nhìn chung cao hơn nhiều so với quan trắc, nhất là các vùng thuộc đông nam Trung Quốc, vùng Đông Bắc, đồng bằng Bắc Bộ và khu vực Nam Bộ Việt Nam. Hiệu giữa nhiệt độ dự báo và nhiệt độ quan trắc có thể vượt quá ±10°C. Trong các ngày 30–31/01 xuất hiện một vùng khá rộng ở khu vực Thái Lan có nhiệt độ dự báo thấp hơn quan trắc. Ngược lại, vào các ngày 24–27/05, nhiệt độ dự báo ở các khu vực thuộc lãnh thổ Việt Nam có xu hướng thấp hơn nhiệt độ quan trắc, trong khi đó ở khu vực Thái Lan nhiệt độ dự báo lại cao hơn quan trắc. Trên các hình 3, 6 dẫn ra số gia hàm lượng ẩm (số hạng $\Delta Wg_i^{(n)}$ trong (18)) của lớp đất thứ nhất khi sử dụng sơ đồ SMA. Rõ ràng có sự phù hợp tốt giữa những khu vực có nhiệt độ dự báo cao hơn (thấp hơn) quan trắc với những nơi có số gia hàm lượng ẩm dương (âm). Lượng ẩm đất tăng lên (giảm xuống) có tác dụng điều chỉnh nhiệt độ dự báo giảm xuống (tăng lên). Kết quả là sai số dự báo nhiệt độ sẽ giảm khi chạy mô hình dự báo HRM_SMA (các hình 4, 7). Những vùng có giá trị dương (âm) của hiệu giữa nhiệt độ dự báo theo HRM_SMA và HRM_ORG về cơ bản tương ứng với những vùng có giá trị âm (dương) trên các hình 2, 5. Nghĩa là nhiệt độ dự báo theo HRM_SMA đã được giảm xuống (tăng lên) so với phiên bản HRM_ORG ở những nơi mà HRM_ORG cho dự báo cao hơn (thấp hơn) nhiệt độ quan trắc. Sự tăng (giảm) này phổ biến nằm trong khoảng ±0.5°C đối với những ngày của tháng 1 và ±1.0°C đối với tháng 5; thậm chí ở một số nơi giá trị này có thể vượt quá ±3°C, như ở vùng Nam Bộ, Thái Lan (tháng 1), Bắc Bộ, Thái Lan, đông nam Trung Quốc (tháng 5). Như vậy, về cơ bản, việc ban đầu hóa độ ẩm đất theo phiên bản nghiệp vụ HRM_SMA đã có tác dụng làm giảm đáng kể sai số của nhiệt độ dự báo.

Hình 8 dẫn ra sai số tuyệt đối (MAE) (lấy trung bình trên tất cả các trạm quan trắc) của nhiệt độ dự báo theo HRM_ORG và hiệu của sai số tuyệt đối của nhiệt độ dự báo theo HRM_SMA và HRM_ORG trong các tháng 1, 3, 5/2004. Nhận thấy rằng sai số dự báo nhiệt độ của HRM_ORG phổ biến nằm trong khoảng 2–3°C, thậm chí một số ngày trên 4°C (hình 8a). Phiên bản HRM_SMA về cơ bản đã làm giảm sai số này trung bình khoảng từ 0.1–0.2°C (hình 8b). Tuy nhiên, trong ba tháng nói trên, có 6 ngày (05/01, 01/03 và 12–14/05) sai số nhiệt độ dự báo của HRM_SMA lại lớn hơn của HRM_ORG, mặc dù giá trị này khá nhỏ (dưới 0.1°C).

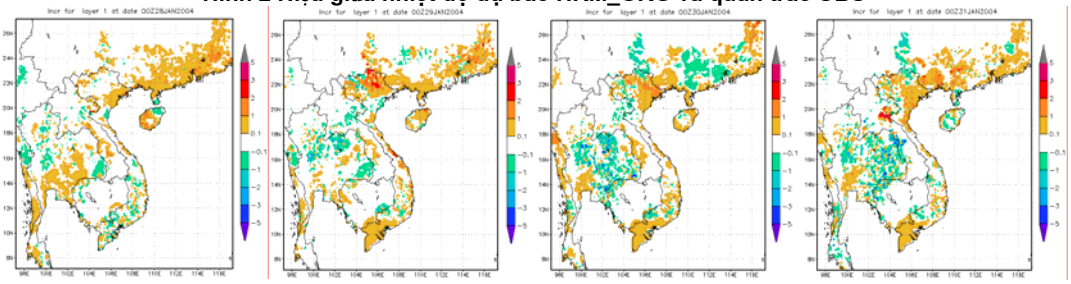


Hình 1 Tích lũy lượng ẩm hiệu chỉnh bởi sơ đồ SMA cho các lớp đất từ 1–9/2004. Trục hoành là thời gian (ngày, tháng, năm), trục tung là hàm lượng ẩm đất (mmH_2O) tương ứng với lớp đất thứ nhất (bên phải) và thứ hai (bên trái)



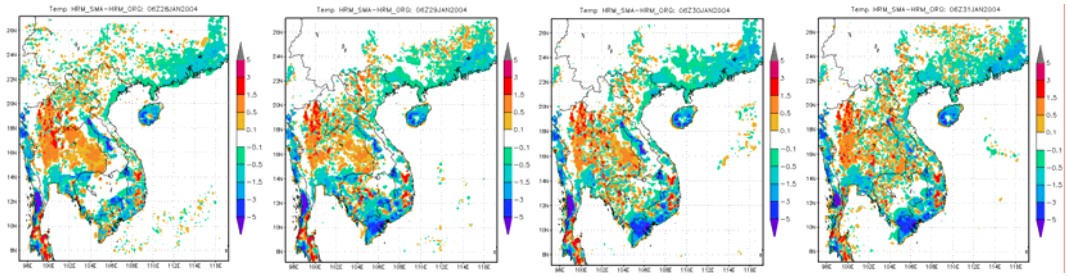
Ngày 28/01/2004 **Ngày 29/01/2004** **Ngày 30/01/2004** **Ngày 31/01/2004**

Hình 2 Hiệu giữa nhiệt độ dự báo HRM_ORG và quan trắc OBS



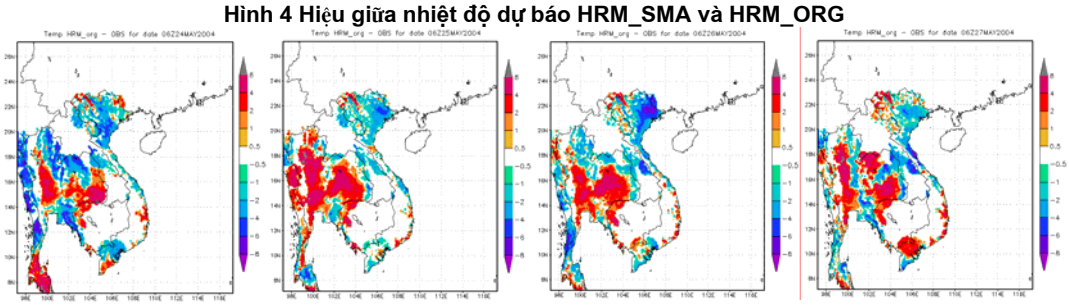
Ngày 28/01/2004 **Ngày 29/01/2004** **Ngày 30/01/2004** **Ngày 31/01/2004**

Hình 3 Số gia hàm lượng ẩm đất 24h lớp thứ nhất



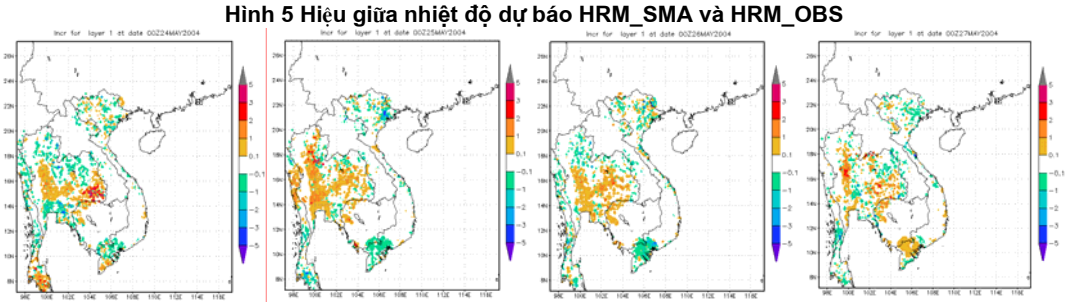
Ngày 28/01/2004 Ngày 29/01/2004 Ngày 30/01/2004 Ngày 31/01/2004

Hình 4 Hiệu giữa nhiệt độ dự báo HRM_SMA và HRM_ORG



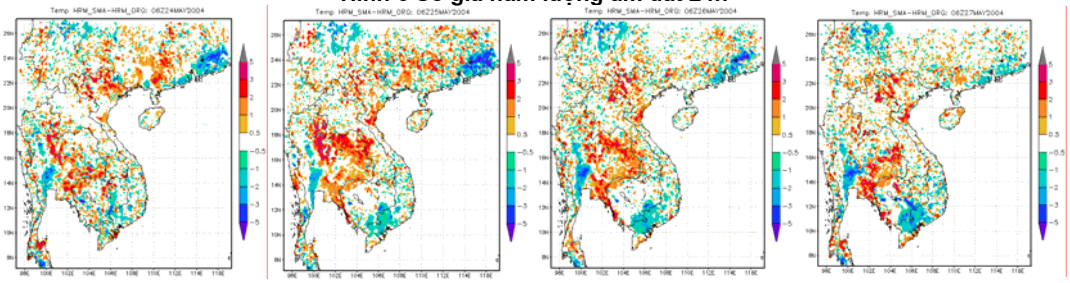
Ngày 24/05/2004 Ngày 25/05/2004 Ngày 26/05/2004 Ngày 27/05/2004

Hình 5 Hiệu giữa nhiệt độ dự báo HRM_SMA và HRM_OBS



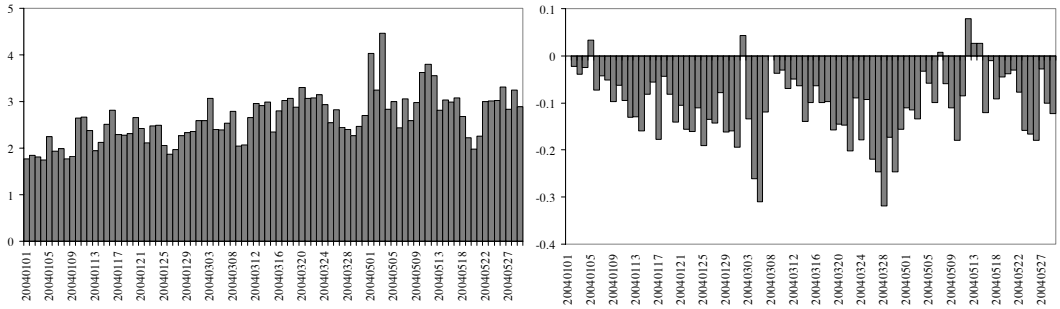
Ngày 24/05/2004 Ngày 25/05/2004 Ngày 26/05/2004 Ngày 27/05/2004

Hình 6 Số gia hàm lượng ẩm đất 24h



Ngày 24/05/2004 Ngày 25/05/2004 Ngày 26/05/2004 Ngày 27/05/2004

Hình 7 Hiệu giữa nhiệt độ dự báo HRM_SMA và HRM_ORG



a) b)

Hình 8 Sai số tuyệt đối (MAE) của nhiệt độ dự báo theo HRM_ORG (a) và Hiệu của sai số tuyệt đối của nhiệt độ dự báo theo HRM_SMA và HRM_ORG (MAE(SMA–ORG)) (b). Trục hoành là thời gian (ngày, tháng, năm), trục tung là nhiệt độ (°C)

3.2. Tác động của ban đầu hóa độ ẩm đất đối với trường lượng mưa dự báo

Ngoài việc làm tăng độ chính xác của nhiệt độ dự báo, sự cải thiện trường độ ẩm đất ban đầu có thể tác động đến các quá trình trao đổi năng lượng và nước giữa đất – khí quyển, và do đó có thể ảnh hưởng đến kết quả dự báo trường lượng mưa của mô hình. Để khảo sát vấn đề này, đã tiến hành đánh giá trường lượng mưa dự báo của HRM_SMA và so sánh với HRM_ORG. Việc đánh giá được thực hiện dựa trên một số chỉ tiêu thống kê cơ bản là BIAS (hay ME), ETS, FAR, FBI, HSS, MAE, PEC, POD, RMSE, TS và TSS (mô tả chi tiết về các chỉ số này được trình bày trong [4]). Mưa được chia làm hai trường hợp: Mưa lớn và mưa thường. Mưa lớn được hiểu là những đợt mà thực tế có xảy ra mưa lớn, còn mưa thường là gộp tất cả mọi trường hợp, không phân biệt có mưa lớn hay không. Trong mỗi trường hợp như vậy, tùy theo tình hình diễn biến mưa, lãnh thổ Việt Nam có thể được chia thành ba khu vực: Bắc Bộ, Trung Bộ và Nam Bộ, hoặc không phân chia. Theo quan niệm đó, đã tiến hành đánh giá cho các trường hợp sau đây: 1) Mưa lớn của các tháng 6–9/2004, ký hiệu là ML6_9; 2) Mưa thường của các tháng 6–9/2004, ký hiệu là MT6_9; 3) Mưa lớn của tháng 7/2004, ký hiệu là ML_07; 4) Mưa thường của tháng 7/2004, ký hiệu là MT_07; 5) Mưa thường của các tháng 1,3,5/2004, ký hiệu là MT135.

Tất cả các trường hợp trên đều tiến hành đánh giá cho các khu vực nhỏ (Bắc Bộ, Trung Bộ và Nam Bộ) và cả nước, trừ trường hợp ML_07 chỉ đánh giá cho khu vực Bắc Bộ.

Bảng 1 dẫn ra trung bình lượng mưa dự báo và lượng mưa thực tế, và một số chỉ tiêu đánh giá sai số lượng mưa dự báo của HRM_ORG và HRM_SMA. Trước hết nhận thấy rằng, trong hầu hết các trường hợp khảo sát, lượng mưa dự báo đều vượt quá lượng mưa quan trắc, trừ trường hợp ML6_9 của khu vực Trung Bộ. Tỷ lệ giữa lượng mưa dự báo và quan trắc trung bình vùng dao động khoảng 1,5 lần (đối với mưa lớn) đến 3 lần (đối với mưa thường). Hơn nữa, giá trị của MAE và RMSE cũng rất lớn so với lượng mưa quan trắc trung bình, chứng tỏ sự biến động mạnh của trường lượng mưa,

nhất là đối với mưa thường. Việc so sánh giá trị của các chỉ số MAE, RMSE và BIAS của hai phiên bản HRM_ORG và HRM_SMA cho thấy ban đầu hóa độ ẩm đất đã góp phần làm giảm sai số dự báo lượng mưa của mô hình. Tuy nhiên sự cải thiện này là khá nhỏ, chỉ khoảng trên dưới 1–2mm.

Việc phân tích, so sánh các chỉ số đánh giá dự báo khác của HRM_ORG và HRM_SMA cho thấy, trừ các chỉ số BIAS, FBI, POD, nói chung không có sự khác nhau đáng kể về giá trị của các chỉ số còn lại giữa hai phiên bản này. Như vậy, trong năm trường hợp khảo sát đã nêu, ban đầu hóa độ ẩm đất hầu như không làm thay đổi chất lượng dự báo mưa. Sự cải thiện trường độ ẩm đất ban đầu chỉ có ảnh hưởng nhất định đến xu thế lượng mưa và diện mưa dự báo (thể hiện qua chỉ số BIAS và chỉ số FBI). So với HRM_ORG, chỉ số BIAS của HRM_SMA nhỏ hơn một cách có hệ thống, chứng tỏ HRM_SMA đã làm giảm lượng mưa dự báo. Với những giá trị dương của BIAS, sự giảm này đồng nghĩa với việc làm tăng chất lượng dự báo lượng mưa, nhưng với những giá trị âm của BIAS có nghĩa là HRM_SMA làm giảm chất lượng dự báo. Trị số BIAS chỉ có giá trị dương đối với ngưỡng lượng mưa dưới 10–20mm, chứng tỏ việc ban đầu hóa độ ẩm đất chỉ làm tăng chất lượng dự báo lượng mưa khi lượng mưa khá nhỏ. Trong trường hợp mưa lớn điều đó nói lên HRM_SMA chỉ cho kết quả dự báo lượng mưa chính xác hơn HRM_ORG ở những khu vực xung quanh các vùng mưa chính (lượng mưa nhỏ), và sẽ làm sai lệch theo hướng nhỏ hơn ở các trung tâm mưa (lượng mưa lớn).

Xét chung cho cả nước và riêng khu vực Bắc Bộ, trị số của FBI luôn lớn hơn 1, tức diện mưa dự báo lớn hơn diện mưa thực tế. Trong trường hợp này ban đầu hóa độ ẩm đất đã làm giảm sai số dự báo khống của mô hình. Đối với khu vực Nam Bộ, HRM_SMA làm giảm sai số dự báo khống (FBI>1) khi lượng mưa khoảng dưới 20 mm, nhưng sẽ làm tăng dự báo sót (FBI<1) khi lượng mưa vượt quá 20 mm. Đối với khu vực Trung Bộ, về cơ bản chất lượng dự báo mưa của HRM_SMA tương đương với HRM_ORG.

Sự cải thiện trường độ ẩm đất ban đầu không ảnh hưởng đến chất lượng dự báo mưa trong trường hợp MT135 có thể do trong những tháng này sự thiếu hụt ẩm đất của trường ban đầu chỉ được bù đắp một lượng rất nhỏ từ việc ban đầu hóa độ ẩm đất (hình 1), không đủ điều kiện bổ sung ẩm cho quá trình tạo mưa. Những trường hợp còn lại đều nằm trong khoảng thời gian dư thừa ẩm đất (6–9/2004). Sự giảm hàm lượng ẩm trong đất có thể đã dẫn đến việc làm giảm lượng mưa và diện mưa dự báo (BIAS và FBI giảm) của HRM_SMA so với HRM_ORG. Tuy nhiên, việc giảm diện mưa dự báo có thể là nguyên nhân làm giảm khả năng phát hiện mưa của mô hình (chỉ số POD giảm).

4. Kết luận

Với khả năng cập nhật số liệu quan trắc địa phương, sơ đồ phân tích độ ẩm đất SMA cho phép hiệu chỉnh lại trường ẩm đất ban đầu cho mô hình dự báo. Tác động của sự hiệu chỉnh này đã góp phần nâng cao chất lượng dự báo của mô hình HRM. Những kết quả nhận được qua 9 tháng chạy thử nghiệm theo chế độ nghiệp vụ cho thấy vai trò của việc ban đầu hóa độ ẩm đất là: 1) Làm giảm sai số dự báo nhiệt độ 2m khoảng

0.5–1.0°C, cá biệt có trường hợp lên tới trên 3°C. Tính trung bình trên tất cả các trạm quan trắc, sai số giảm khoảng 0.1–0.2°C; 2) Làm giảm sai số dự báo lượng mưa của mô hình, nhưng ở mức độ khá nhỏ, chỉ khoảng trên dưới 1–2mm; 3) Có khả năng điều chỉnh diện mưa dự báo: Làm giảm sai số dự báo khống của mô hình khi có mưa dưới 20mm, nhưng có thể làm tăng dự báo sót trong những trường hợp mưa lớn.

Mặc dù vậy, hạn chế cơ bản của sơ đồ ban đầu hóa độ ẩm đất SMA hiện nay là phải chạy thêm mô hình dự báo một số lần. Điều đó làm phát sinh chi phí tính toán, và quan trọng hơn là làm gia tăng sai số hệ thống, dẫn đến việc xác định không chính xác trường số gia độ ẩm đất. Nhược điểm này có thể được khắc phục khi thành phần gradient Γ trong các biểu thức (5), (6) được tham số hóa. Đó cũng chính là nội dung tiếp theo của bài toán này.

Bảng 1. Một số chỉ tiêu đánh giá sai số lượng mưa dự báo của HRM_ORG và HRM_SMA

VERSIONS	BIAS	MAE	RMSE	FCST	OBS	BIAS	MAE	RMSE	FCST	OBS
	ML6_9					MT6_9				
	Bắc Bộ				16.2	Bắc Bộ				8.2
HRM_ORG	9.0	21.2	35.6	25.2		9.4	16.0	29.4	17.5	
HRM_SMA	7.2	20.2	34.4	23.5		8.1	14.9	28.1	16.2	
	Trung Bộ				19.8	Trung Bộ				6.4
HRM_ORG	-7.3	20.1	37.7	12.5		3.1	10.5	21.8	9.5	
HRM_SMA	-7.4	20.6	39.3	12.4		2.7	10.2	21.1	9.1	
	Nam Bộ				9.0	Nam Bộ				7.2
HRM_ORG	1.7	8.9	13.5	10.8		2.6	11.2	23.0	9.8	
HRM_SMA	0.9	8.5	13.3	9.9		2.4	11.1	23.1	9.6	
	Cả nước				16.1	Cả nước				7.4
HRM_ORG	7.3	20.5	34.9	23.4		6.2	13.3	26.0	13.6	
HRM_SMA	5.8	19.6	34.0	21.9		5.4	12.7	25.1	12.8	
	MT_07					MT135				
	Bắc Bộ				10.8	Bắc Bộ				2.1
HRM_ORG	10.6	19.2	36.5	21.4		3.6	6.8	17.4	5.7	
HRM_SMA	9.1	18.1	35.4	19.9		3.6	6.8	17.4	5.6	
	Trung Bộ				4.2	Trung Bộ				2.2
HRM_ORG	4.0	8.9	17.3	8.2		4.5	7.2	19.4	6.7	
HRM_SMA	3.7	8.6	16.7	7.9		4.5	7.2	19.5	6.7	
	Nam Bộ				6.5	Nam Bộ				1.4
HRM_ORG	2.0	10.7	26.1	8.5		3.3	5.6	19.1	4.8	
HRM_SMA	1.9	10.7	26.2	8.4		3.4	5.7	19.2	4.9	
	Cả nước				8.0	Cả nước				1.9
HRM_ORG	7.0	14.4	29.8	14.9		3.8	6.6	18.4	5.7	
HRM_SMA	6.1	13.8	29.1	14.1		3.8	6.6	18.5	5.7	
	ML_07									
	Bắc Bộ				15.6					
HRM_ORG	8.2	20.6	36.7	23.7						
HRM_SMA	6.7	19.7	36.2	22.3						

Lời cám ơn

Bài báo này được hoàn thành trong khuôn khổ Đề tài Nghiên cứu khoa học độc lập cấp Nhà nước mang mã số ĐLKH–2002/02 do PGS. TSKH Kiều Thị Xin làm Chủ nhiệm. Trong quá trình thực hiện, chúng tôi đã nhận được sự hỗ trợ về kinh phí và tạo điều kiện hoạt động chuyên môn của Đề tài và Chủ nhiệm Đề tài, cũng như sự giúp đỡ

nhiệt tình của Tiến sỹ Reinhold Hess (DWD, Cộng hòa Liên bang Đức). Nhân đây chúng tôi xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Doms G. and Schaettler U., 1999: The Nonhydrostatic Limited Area Model LM (Lokal Modell) of DWD. Part I: Scientific Documentation.
2. DWD, 2004: Quarterly Report of the German NWP-System. Part 2: Description of the German NWP System.
3. DWD, 2004: Soil and vegetation model.
4. Henry R. Stanski, Laurence J. Wilson, William R. Burrows, 1989: Survey of common verification methods in meteorology. Research report No. 89-5. Atmospheric Environment Service, Environment Canada.
5. Hess R., 2000: The Nonhydrostatic Limited Area Model LM (Lokal Modell) of DWD. Part X: Soil Moisture Analysis SMA.
6. Schraff C. and Hess R., 2003: A description of the Nonhydrostatic Regional Model LM. Part III: Data Assimilatio.

INITIALIZATION OF SOIL MOISTURE FOR HRM MODEL BY SMA SCHEME

Phan Van Tan, Du Duc Tien

Faculty of Hydro-Meteorology and Oceanography, College of Science

In this paper, Soil Moisture Analysis (SMA) scheme and its implementation to High resolution Regional Model (HRM) are introduced. To evaluate the effects of SMA on the forecast products of HRM, the operational numerical experiments are carried out using GME global data and observed 2m-temperature data in the period of 1/1/2004-30/9/2004. Two versions of HRM are used: HRM without SMA (HRM_ORG) and HRM with SMA (HRM_SMA). The forecast temperature and rainfall of HRM_SMA are verified based on comparisons with HRM_ORG products and with observed temperature and rainfall data. The results showed that, initialization of soil moisture using SMA lead to: 1) decrease the errors of forecast temperature about 0.5-1.0^{o}C, even above 3^{o}C. On the average over all of observed stations, the error decreased 0.1-0.2^{o}C; 2) decrease the errors of forecast rainfall amount a little bit, about 1-2mm; 3) adjust the spacial distribution of the model forecast rainfall: the false alarms can be decreased in the cases of rainfall amount below 20mm, but maybe increase the missed events in the cases of heavy rainfall.