

BƯỚC ĐẦU NGHIÊN CỨU VÀ THỬ NGHIỆM MÔ HÌNH WRF ĐỂ DỰ BÁO THỜI TIẾT HẠN VỪA Ở VIỆT NAM

CN. Đỗ Huy Dương

Trường Cao đẳng Khí tượng Thủy văn Hà Nội

Dự báo thời tiết hạn vừa ở Việt Nam hiện nay đang được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu. Trong quá trình nghiên cứu đó chưa xác định được phương pháp nào là tối ưu, có độ chính xác khả quan. Tác giả đã nghiên cứu và thử nghiệm mô hình WRF, mô hình dự báo đang được Trung tâm Quốc gia Dự báo môi trường Hoa Kỳ (NCEP) thực hiện thử nghiệm nghiệp vụ bắt đầu từ năm 2004. Với việc lựa chọn thời gian dự báo 5 ngày, sản phẩm thu được từ WRF gồm nhiều biến khác nhau như: mưa tích lũy do đối lưu, mưa tích lũy quy mô lưới, nhiệt, ẩm, áp, gió...., Nhìn chung mô hình WRF phản ánh khá tốt về trường nhiệt và trường ẩm cũng như biến đổi của chúng theo thời gian, còn trường mưa, đặc biệt tổng lượng mưa trên hình cũng đã được phản ánh một cách trực quan. Trong năm ngày lượng mưa cũng như khu vực mưa đã biểu hiện rõ. Trong bài báo này, tác giả xin giới thiệu kết quả của việc thử nghiệm để bạn đọc tham khảo.

1. Đặt vấn đề

Sự biến đổi của khí hậu trên phạm vi toàn cầu đã gây ra những biến động lớn về thời tiết, đặc biệt là những hiện tượng thời tiết nguy hiểm như mưa lớn, lũ lụt, hạn hán.... Do vậy, việc dự báo chính xác thời tiết ngày càng trở nên khó khăn và cũng trở nên có ý nghĩa to lớn trong công tác phòng chống và giảm nhẹ thiên tai. Do đó, việc nghiên cứu, dự báo thời tiết và khí hậu, đặc biệt là trong việc dự báo định lượng, luôn được các nhà khí tượng quan tâm.

Hiện nay, phương pháp dự báo số đã được ứng dụng trong nghiệp vụ và là công cụ dự báo chính ở nhiều trung tâm dự báo thời tiết lớn trên thế giới như Trung tâm Quốc gia Dự báo môi trường của Hoa Kỳ (NCEP), Cơ quan Khí tượng Vương quốc Anh (UKMO), Trung tâm Dự báo thời tiết hạn vừa châu Âu (ECMWF)....

Ở Việt Nam hiện nay, việc ứng dụng mô hình số trị trong dự báo thời tiết tuy mới được bắt đầu nhưng đã có những bước phát triển đáng khích lệ. Mô hình RAMS (Regional Atmosphere Meso System) đang được dự báo thử nghiệm tại Trường Đại học Khoa học Tự nhiên Hà Nội. Đây là một mô hình có nhiều ưu điểm trong việc mô phỏng các quá trình lớp biên. Điều kiện ban đầu, điều kiện biên cho mô hình này được lấy từ sản phẩm của mô hình toàn cầu AVN/NCEP (Mỹ). Mô hình khu vực phân giải cao HRM được cài đặt và chạy trên máy tính SUN Ultra80 tại Trường Đại học Khoa học Tự nhiên Hà Nội và hệ máy tính bó song song hiện đã được nâng cao tại Trung tâm Dự báo Khí

tượng Thủy văn Trung ương. Các sản phẩm của mô hình rất phong phú và bước đầu đã thu được những kết quả khả quan trong nghiệp vụ dự báo thời tiết nói chung cũng như trong công tác phòng chống và giảm nhẹ thiên tai nói riêng. Mô hình số trị MM5 bước đầu đã được triển khai và thu được kết quả tại Viện Khí tượng Thủy văn. Kết quả mô phỏng trường các yếu tố khí tượng cho thấy: mô hình này rất thích hợp với những vùng có địa hình phức tạp.

Tuy nhiên, vẫn chưa xác định được mô hình nào cho kết quả tốt hơn trong tất cả các điều kiện thời tiết ở Việt Nam. Mỗi mô hình đều có những ưu, nhược điểm nhất định, ví dụ như: hầu hết các mô hình HRM, ETA, MM5 đều là các mô hình dự báo thời tiết hạn ngắn (72 giờ); chưa có mô hình nào dự báo hạn vừa. Việc tham khảo nhiều mô hình để nâng cao kết quả dự báo là rất cần thiết. Với mục đích đó, tác giả thực hiện đề tài: "Nghiên cứu và thử nghiệm mô hình WRF để dự báo thời tiết hạn vừa ở Việt Nam".

2. Giới thiệu mô hình WRF

Mô hình WRF (The Weather Research and Forecast) được phát triển dưới sự cộng tác của Trung tâm Quốc gia Nghiên cứu Khí quyển (NCAR), Trung tâm Quốc gia Dự báo môi trường (NCEP), hệ thống các phòng dự báo thời tiết (FSL), Hãng Hàng không Hoa Kỳ (AFWA), Trường Đại học Oklahoma Mỹ (OU) và nhiều nhà khoa học khác. Đây là mô hình dự báo chính thức được đưa vào thử nghiệm nghiệp vụ tại NCEP vào năm 2004. Việc xây dựng mô hình này được phát triển dựa trên cơ sở kế thừa những ưu nhược điểm đã được đúc kết từ mô hình MM5, ETA, AVN.

a. Hệ tọa độ

Trong việc phát triển mô hình WRF, có ba phương án triển khai hệ tọa độ: hệ tọa độ lai bán Lagrange, hệ tọa độ Euler theo độ cao hình học và theo áp suất. Hai hệ tọa độ Euler khác nhau chủ yếu là trục thẳng đứng, một dùng độ cao hình học, còn một dùng áp suất thủy tĩnh. Ngoài ra, còn có một số điểm khác nhau:

- Bề mặt tọa độ áp suất biến đổi theo áp suất, còn bề mặt tọa độ độ cao thì cố định,
- Điều kiện biên trên trong hệ tọa độ độ cao là cứng ($w = 0$) hoặc là điều kiện biên bức xạ ($w \neq 0$); còn tọa độ áp suất dùng một hằng số hoặc là áp suất riêng.

Điểm giống nhau giữa hai hệ tọa độ này là:

- Cùng giải các phương trình Euler không thủy tĩnh nén được,
- Cùng giải các phương pháp tích phân số,
- Dùng sơ đồ tích phân Runge - Kutta bậc ba,
- Các toán tử bình lưu bậc hai đến bậc sáu.

Lưới Arakawa - C:

- Tích phân sóng âm hay sóng trọng trường theo phương pháp tách - hiện.

b. Các phương trình trong hệ tọa độ độ cao hình học theo địa hình

Trong mô hình, tọa độ độ cao dạng bảo toàn của các biến được xác định như sau:

$$U = \rho u \quad V = \rho v \quad W = \rho w \quad \Theta = \rho \theta \quad (1)$$

Dạng phương trình dự báo viết dưới dạng thông lượng:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \gamma R \pi \frac{\partial \Theta}{\partial x} - fV = -\frac{\partial U_u}{\partial x} - \frac{\partial W_u}{\partial z} \quad (2)$$

$$\frac{\partial W}{\partial t} + \gamma R \pi \frac{\partial \Theta}{\partial z} + g\rho = -\frac{\partial U_w}{\partial x} - \frac{\partial W_w}{\partial z} \quad (3)$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} + \frac{\partial U\theta}{\partial x} + \frac{\partial W\theta}{\partial z} = \rho Q \quad (4)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial W}{\partial z} = 0 \quad (5)$$

Áp suất liên hệ trực tiếp với Θ

$$\gamma R \pi \nabla \Theta = c_p \Theta \nabla \pi = \nabla p; \quad \gamma = C_p/C_v = 1,4; \quad \pi = \left(\frac{P}{P_0}\right)^k; \quad k = R/C_p \quad (6)$$

trong đó: g - gia tốc trọng trường; R - hằng số khí riêng của không khí; C_p - nhiệt dung riêng đẳng áp; C_v - nhiệt dung riêng đẳng tích; R_v - hằng số khí cho hơi nước và R_d - hằng số khí cho không khí khô.

Phương trình ẩm nhận được bằng cách đưa thêm khối lượng ẩm vào hệ phương trình của không khí khô; lựa chọn phương trình liên tục đối với mật độ không khí khô ρ_d và để dự báo tỉ số xáo trộn của tất cả các dạng ẩm. Để thuận tiện, chúng ta biến đổi nhiệt độ thế vị dưới dạng chịu ảnh hưởng của ẩm như sau:

$$\theta_m = \theta(1 + \alpha q_v)$$

trong đó: $\alpha = R_v/R_d \cong 1,61$, q_v là tỉ số xáo trộn hơi nước.

Nhiệt độ thế vị có quan hệ với nhiệt độ thế vị ảo bởi biểu thức:

$$\begin{aligned} P &= \rho_d R_d T + \rho_d q_v R_v T = \rho_d R_d \pi \theta \left(1 + \frac{R_v}{R_d} q_v\right) \\ &\equiv \rho_d R_d \pi \theta_m \equiv \rho_d R_d \pi \theta \equiv \rho_d (1 + q_v) R_d \theta_v \end{aligned} \quad (7)$$

Như vậy, hệ phương trình ẩm trong tọa độ độ cao như sau:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\rho_d}{\rho_M} \gamma R_d \pi \left(\frac{\partial m \Theta'_m}{\partial x} + \frac{\partial m \Theta'_m}{\partial z} \right) = -m \frac{\partial U_u}{\partial x} - m \frac{\partial V_u}{\partial y} - \frac{\partial W_u}{\partial z} \quad (8)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\rho_d}{\rho_M} \gamma R_d \pi \left(\frac{\partial m \Theta'_m}{\partial x} + \frac{\partial m \Theta'_m}{\partial z} \right) = -m \frac{\partial U_v}{\partial x} - m \frac{\partial V_v}{\partial y} - \frac{\partial W_v}{\partial z} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial W}{\partial t} + \frac{\rho_d}{\rho_M} \gamma R_d \pi \frac{\partial \Theta'_m}{\partial z} + \frac{\rho_d}{\rho_M} g \left(-\frac{\pi}{\bar{\rho}_d} + \bar{\rho}_d (q_v + q_c + q_r) \right) \\ + \rho_d g = -m \frac{\partial U_w}{\partial x} - m \frac{\partial V_w}{\partial y} - \frac{\partial W_w}{\partial z} \end{aligned} \quad (10)$$

$$\frac{\partial \Theta_m}{\partial t} + m \frac{\partial U \theta_m}{\partial x} + m \frac{\partial V \theta_m}{\partial y} + \frac{\partial W \theta_m}{\partial z} = \rho Q_m \quad (11)$$

$$\frac{\partial \rho_d}{\partial t} + m \frac{\partial U}{\partial x} + m \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z} = 0 \quad (12)$$

trong đó: $\rho_M = \rho_d(1 + q_v + q_c + q_r + \dots)$ thể hiện mật độ khối lượng tổng cộng bao gồm nước mây (q_c), nước mưa (q_r) và bất kỳ dạng ẩm nào khác, ở đây:

$$Q_m = \frac{D\theta_m}{Dt} = (1 + \alpha q_v) \frac{D\theta}{Dt} + \varepsilon \theta \frac{Dq_v}{Dt} \quad (13)$$

Trong các sơ đồ vật lý của mô hình, xu thế của nhiệt độ thế vị và tỉ số xáo trộn được dự báo riêng lẻ, sau đó kết hợp lại để tính Q_m .

c. Các phương trình trong tọa độ áp suất thủy tĩnh theo địa hình

Để chuyển các phương trình từ hệ tọa độ độ cao sang hệ tọa độ áp suất, ta sử dụng phương trình liên hệ áp suất thủy tĩnh theo địa hình:

$$\eta = (p_h - p_{ht})/\mu \quad \text{với } \mu = p_{hs} - p_{ht} \quad (14)$$

trong đó: p_h - thành phần thủy tĩnh của áp suất; p_{hs} - được xem là giá trị áp suất tại bề mặt; p_{ht} - giá trị áp suất tại biên đỉnh khí quyển.

Do $\mu(x, y)$ thể hiện khối lượng trên một đơn vị diện tích bên trong ô lưới trong lãnh thổ của mô hình tại vị trí (x, y) nên các biến dạng thông lượng được viết lại như sau:

Các biến bảo toàn trạng thái:

$$U = \mu u, \quad W = \mu w, \quad \Theta = \mu \theta, \quad \Omega = \mu \eta \quad (15)$$

Các biến trạng thái không được bảo toàn:

$$\Phi = gz \quad (16)$$

Dùng những biến này ta có thể viết hệ phương trình dạng thông lượng trong toạ độ áp suất:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \mu\alpha \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial p}{\partial \eta} \frac{\partial \Phi}{\partial x} = -\frac{\partial Uu}{\partial x} - \frac{\partial \Omega u}{\partial \eta} \quad (17)$$

$$\frac{\partial W}{\partial t} + g \left(\mu - \frac{\partial p}{\partial \eta} \right) = -\frac{\partial Uw}{\partial x} - \frac{\partial \Omega w}{\partial \eta} \quad (18)$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} + \frac{\partial U\theta}{\partial x} + \frac{\partial \Omega \theta}{\partial \eta} = \mu Q \quad (19)$$

$$\frac{\partial \mu}{\partial t} + \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial \Omega}{\partial \eta} = 0 \quad (20)$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = gw \quad (21)$$

Các quan hệ cảnh báo và định luật khí được biểu diễn:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = -\mu\alpha \quad \text{và} \quad p = \left(\frac{R\theta}{p_0\alpha} \right)^\gamma \quad (22)$$

Trong hệ các phương trình trên: u, v - các thành phần tốc độ gió ngang; w - thành phần tốc độ gió thẳng đứng; θ - nhiệt độ thế vị.

a) Phương trình ẩm: hệ phương trình ẩm có dạng như sau:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \alpha\mu_d \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\alpha}{\alpha_d} \frac{\partial p}{\partial \eta} \frac{\partial \varphi}{\partial x} = -\frac{\partial Uu}{\partial x} - \frac{\partial \Omega u}{\partial \eta} \quad (23)$$

$$\frac{\partial W}{\partial t} + g \left(\mu_d - \frac{\alpha}{\alpha_d} \frac{\partial p}{\partial \eta} \right) = -\frac{\partial Uw}{\partial x} - \frac{\partial \Omega w}{\partial \eta} \quad (24)$$

$$\frac{\partial \mu_d}{\partial t} + \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial \Omega}{\partial \eta} = 0 \quad (25)$$

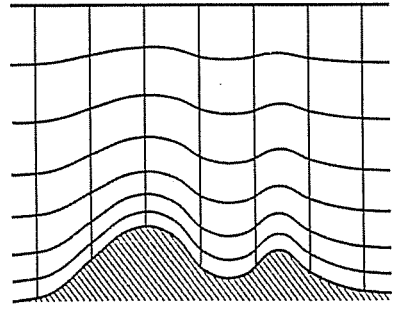
$$\frac{\partial \mu_d q_v}{\partial t} + \frac{\partial U(\mu_d q_v)}{\partial x} + \frac{\partial \Omega(\mu_d q_v)}{\partial \eta} = \mu Q_v \quad (26)$$

$$\frac{d\varphi}{d\eta} = -\alpha_d \mu_d p = \left(\frac{R\theta}{p_0 \mu_d \alpha_v} \right)^\gamma \quad (27)$$

b) Mô tả địa hình: điều kiện biên bên dưới đối với địa thế vị thể hiện độ cao địa hình và toạ độ thấp nhất của bề mặt. Cùng với việc giải hệ phương trình thuỷ nhiệt động lực học với các điều kiện biên nhất định, nghiệm của bài toán thu được cũng phụ thuộc chặt chẽ vào địa hình khu vực. Do vậy, việc biểu diễn

địa hình trong mô hình đóng một vai trò vô cùng quan trọng, nó quyết định nghiệm của bài toán dự báo, đặc biệt là dự báo quy mô vừa và nhỏ. Về lý thuyết việc biểu diễn địa hình càng chi tiết thì kết quả càng khách quan. Tuy nhiên, với địa hình phức tạp thì không phải lúc nào cũng biểu diễn được bằng các phương trình toán học. Hơn nữa, việc giải các phương trình này nhiều khi cũng phức tạp. Do đó, trong các mô hình số, địa hình thường được làm trơn so với thực tế ngay cả trong hệ tọa độ η .

Việc làm trơn địa hình có thể là một trong những nguyên nhân gây sai số lớn, bởi vì các hiệu ứng nhiễu động địa phương có thể bị bỏ qua không được tính đến. Đây cũng có thể là một trong những nguyên nhân mà một số mô hình không nắm bắt được hết các nhiễu động quy mô nhỏ. Tuy nhiên, việc mô tả chi tiết địa hình từng khu vực trong các mô hình số là công việc khó khăn. Do vậy, việc làm trơn này phải được thực hiện cho từng khu vực.



Hình 1. Biểu diễn địa hình trong mô hình WRF

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + u \frac{\partial \phi}{\partial x} + v \frac{\partial \phi}{\partial y} + \omega \frac{\partial \phi}{\partial \eta} = gw$$

Mặc dù trong tương lai mô hình WRF đạt đến độ phân giải ngang từ 1-10km. Tuy nhiên, biểu diễn địa hình trong mô hình cũng được làm trơn (được nâng lên hay hạ xuống để mô phỏng tương đối phù hợp với địa hình thực tế, hình 1).

d. Các quá trình vật lý trong mô hình

Để mô phỏng các trạng thái của khí quyển thì một tập hợp các đại lượng vật lý cần thiết như: bức xạ, tham số hoá lớp biên, tham số hoá đối lưu, khuếch tán rối quy mô dưới lưới (Sub - grid - scale) và các quá trình vi vật lý. Do mô hình được phát triển theo hai hướng: nghiên cứu và dự báo nghiệp vụ nên những sơ đồ vật lý đơn giản và những sơ đồ vật lý tinh là cần thiết được đưa vào. Mô hình WRF cho phép người sử dụng lựa chọn các sơ đồ vật lý khác nhau trong việc mô phỏng các trạng thái của khí quyển. Trong khuôn khổ bài báo này, tác giả không thể liệt kê chi tiết các quá trình vật lý, các sơ đồ tham số hoá đối lưu mà chỉ đưa ra tên các sơ đồ trong mô hình hiện nay.

Các sơ đồ tham số hoá vật lý trong mô hình WRF rất phong phú, tạo điều kiện thuận lợi cho các đối tượng sử dụng khác nhau. Hiện nay, các quá trình vi vật lý được mô tả trong mô hình (tham số hoá) bao gồm: Kessler (không băng), Purdue Lin, NCEP3, NCEP5, ETA Grid-scale, Cloud and Precipitation. Các sơ đồ đối lưu gồm: New Kain - Fristch, Bett - Miller - Janjic. Sóng dài gồm:

RRTM, ETA GFDL, sóng ngắn gồm: Simple, Goddard, ETA GFDL. Tham số hoá lớp biên gồm: MRF, MIJ.

d. Sơ đồ tích phân theo thời gian

Khác với một số mô hình khác, mô hình WRF dùng sơ đồ tích phân Runge - Kutta bậc ba. Đây là sơ đồ rất mới và đã được các chuyên gia trên thế giới cho là chính xác nhất hiện nay, nó đã được kiểm tra và thấy được sự chính xác cũng như sự ổn định hơn hẳn so với sơ đồ Leapfrog và Adams-Bashforth-Moulton.

3. Nghiên cứu thử nghiệm mô hình WRF dự báo mưa cho khu vực

a. Quá trình tính mưa trong mô hình

Như đã biết, các quá trình quy mô vừa trong khí quyển có thể dự báo được bằng các mô hình số trị. Để dự báo lượng mưa trong mô hình dự báo số trị, người ta thường đưa vào sơ đồ ngưng kết quy mô lớn. Nếu độ ẩm ở một mực nào đó bão hoà hoặc quá bão hoà thì lượng ẩm dư thừa sẽ ngưng kết và rơi xuống thành mưa, và nhiệt độ của tầng này tăng lên để bảo toàn năng lượng nhiệt. Đồng thời để tính lượng mưa sinh ra do quá trình vật lý vi mô (quy mô dưới lưới) như đối lưu, người ta đưa vào sơ đồ tham số hoá đối lưu bằng cách xác định một trị số ngưỡng của gradien nhiệt độ thẳng đứng v.v. Nếu gradien nhiệt độ thẳng đứng ở một mực nào đó của mô hình vượt quá giá trị ngưỡng v.v thì gradien nhiệt độ sẽ giảm xuống bằng v.v và lượng ẩm dư được tạo ra sau đó sẽ rơi thành mưa. Trong sơ đồ này, năng lượng nhiệt được bảo toàn.

Trong hai quá trình hình thành mưa thì quá trình đối lưu có vai trò quan trọng đối với nhiệt động lực học khí quyển, đặc biệt là ở vùng nhiệt đới, nơi đối lưu trở thành nguồn cung cấp năng lượng chính cho các quá trình thời tiết. Mô hình WRF có cấu trúc động lực học khá hoàn chỉnh và tính toán rất chi tiết các cơ chế vật lý quan trọng của nhiệt đới như: bức xạ, đối lưu, rối..., hơn nữa, một số sơ đồ tham số hoá trong mô hình WRF lại được cải tiến từ các sơ đồ cũ trong các mô hình như MM5, ETA..., do vậy sản phẩm dự báo của WRF phản ánh khá chi tiết đặc tính địa phương vùng nhiệt đới. Vì thế, WRF không chỉ có khả năng mô phỏng tốt chuyển động của bão mà còn mô phỏng kết quả của những đợt mưa diện rộng.

Trong bài báo này, tác giả áp dụng mô hình với phiên bản mới nhất hiện nay (2003) bao phủ khu vực Việt Nam với tâm tại vĩ độ $16^{\circ}5' N$ và kinh độ $110^{\circ}E$. Độ phân giải theo phương ngang là 30km, số điểm lưới theo phương đông - tây và nam - bắc đều là 90 điểm, độ phân giải thẳng đứng được chia thành 31 mực, bước thời gian để tích phân của mô hình là 90 giây và sử dụng hệ phương trình trong tọa độ áp suất. Mô hình được chạy để dự báo cho thời hạn là 120 giờ (năm ngày), với số liệu ban đầu và điều kiện biên là lấy từ số liệu dự báo và phân tích của một mô hình toàn cầu (AVN), bước lưới $1,25^{\circ}$. WRF đã được chạy với các sơ đồ đối lưu và sơ đồ vi vật lý khác nhau. Tuy nhiên, ở đây chỉ trình bày các kết quả của một trường hợp sử dụng sơ đồ đối lưu: Betts Miller Janjic và sơ đồ vi vật lý: Kessler; mô hình lớp đất là mô hình

khuếch tán nhiệt 5 lớp trên bề mặt đất, sơ đồ bức xạ sóng ngắn: Dudia; sơ đồ bức xạ sóng dài: RRTM. Mô hình được cài đặt và chạy trên hệ máy PC tốc độ cao tại Khoa Khí tượng - Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội.

b. Kết quả mô phỏng và nhận xét

WRF đã được cài đặt và chạy ổn định trên hệ thống máy tính Linux-Cluster với 8 CPU. Với mục đích dự báo trường các yếu tố khí tượng thời hạn năm ngày cho khu vực Việt Nam, chạy với số liệu đầu vào lấy từ mô hình AVN (NCEP) tại thời điểm 00Z ngày 30 tháng VIII năm 2004. Từ kết quả thu được cho thấy:

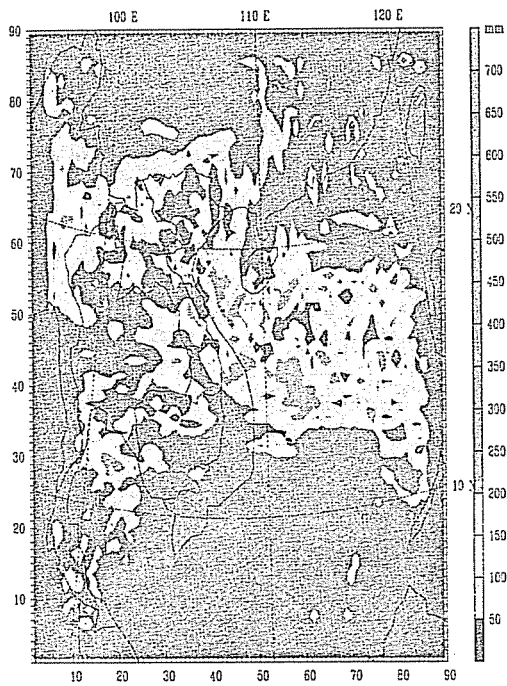
Với việc lựa chọn số liệu ban đầu (AVN) năm ngày (120 giờ), sản phẩm thu được từ WRF gồm nhiều biến khác nhau như: mưa tích lũy do đối lưu, mưa tích lũy quy mô lưới, nhiệt, ẩm, áp, gió.... Nhìn chung mô hình WRF phản ánh khá tốt về trường nhiệt và trường ẩm cũng như biến đổi của chúng theo thời gian. Còn trường mưa, đặc biệt tổng lượng mưa trên hình cũng đã được phản ánh một cách trực quan. Trong năm ngày lượng mưa cũng như khu vực mưa được biểu hiện rõ. Tuy nhiên, ở đây chỉ dừng lại với việc lựa chọn một lưới chung cho toàn miền, chưa đi vào lồng ghép để tính cho các miền nhỏ hơn. Do vậy, lượng mưa từng khu vực chi tiết vẫn chưa được phản ánh. Các kết quả trên đã cho thấy được sự diễn biến của mưa cũng như nhiệt độ, độ ẩm khu vực Việt Nam (các kết quả tính toán được minh họa trong các hình 2, 3, 4, 5). Tác giả đã xây dựng các tệp tự động hiển thị các trường tại các mực mong muốn.

4. Kết luận và kiến nghị

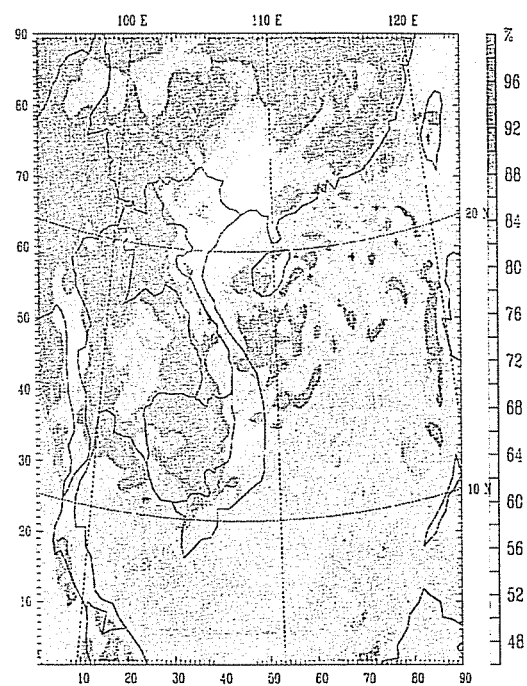
Từ kết quả dự báo cho thấy, về cơ bản mô hình WRF đã xác định các xu thế của nhiệt độ, độ ẩm, mặc dù về định lượng còn chưa chính xác, sự khác biệt này có thể do số liệu, điều kiện ban đầu còn chưa tinh cũng như chưa đưa vào kỹ thuật lồng ghép các miền tính nhỏ hơn. Trong thời gian tới cần đi sâu nghiên cứu các kỹ thuật lồng ghép này, bởi nó có ý nghĩa góp phần nâng cao chất lượng dự báo và ứng dụng có hiệu quả mô hình WRF ở Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

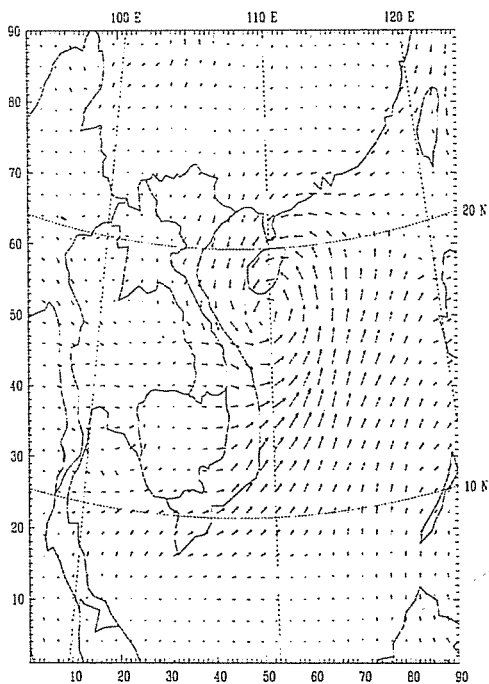
1. John G. Michalakes, Michael McAtee and Jeny Wegiel. *Software infrastructure for the Weather Research and Forecast model*. In proceedings of UGC 2002. June. Austin, Texas.
2. Michalakes, J.J. Dudhia, D. Grill, J. Klemp and W. Skamarock. Development of a next-generation regional Weather Research and Forecast model. In *Developments in Teracomputin*, World Scientific, River Edge, New Jersey, 2001. pp.269-276.
3. W.C. Skamarock, J.B. Klemp and J. Dudhia. Prototypes for the WRF (The Weather Research and Forecast) model. Argonne National Laboratory prepint. 2001. ANL/MCS-p868-0101.8pp.



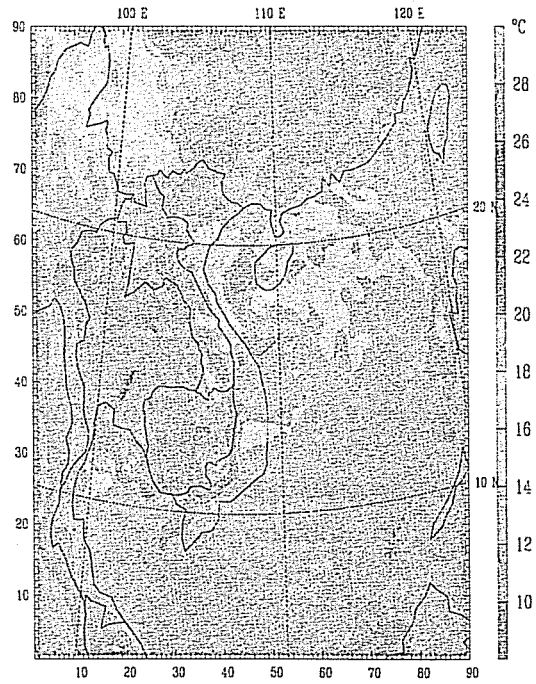
Hình 2. Trường mưa tích lũy 120h ngày 30/VIII/2004



Hình 3. Trường ẩm dự báo 120h ngày 30/VIII/2004



Hình 4. Trường gió dự báo 120h ngày 30/VIII/2004



Hình 5. Trường nhiệt dự báo 120h ngày 30/VIII/2004