

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH ETA KHÔNG THUỶ TÍNH ĐỂ DỰ BÁO ĐỊNH LƯỢNG MƯA VÀ QUỸ ĐẠO BÃO TẠI VIỆT NAM

GS.TS. Trần Tân Tiến

Đại học Khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

CN. Mai Văn Khiêm, CN. Nguyễn Văn Hiệp

Viện Khí tượng Thủy văn

Mô hình khu vực hạn chế ETA do trường Đại học Belgrade và Viện Khí tượng Thủy văn Federal-Belgrade (thuộc Nam Tư) cùng với Cơ quan thời tiết Hoa Kỳ xây dựng, mô hình liên tục được thay đổi thông qua các hội thảo hàng năm của các chuyên gia về mô hình trên thế giới đang sử dụng ETA. Mô hình ETA hiện nay được Trung tâm Quốc gia Dự báo Hoa Kỳ NCEP cải tiến trở thành một trong các mô hình số trị chạy nghiệp vụ dự báo ngắn hạn tại Hoa Kỳ. Trên thế giới có nhiều nước sử dụng mô hình này như Nam Tư, Hy Lạp, Rumani, Nam Phi, Ấn Độ, Italy và các nước Nam Mỹ... Phiên bản mới nhất của mô hình ETA với lựa chọn động lực không thủy tĩnh đã được hoàn thiện và sử dụng tại trường Đại học Tổng hợp Hy Lạp đứng đầu là giáo sư G.Kaloss. Hiện nay nhóm nghiên cứu dự báo khí tượng trường Đại học Khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội với sự giúp đỡ của GS. G.Kaloss đã áp dụng mô hình này vào thử nghiệm dự báo thời tiết ở Việt Nam. Bài báo này trình bày một vài kết quả ứng dụng mô hình ETA không thủy tĩnh trong dự báo định lượng mưa và quỹ đạo bão tại Việt Nam.

1. Hệ phương trình thủy nhiệt động lực học của mô hình ETA không thủy tĩnh

a. Hệ phương trình cơ bản

Hệ phương trình dự báo trong mô hình ETA được xây dựng trên cơ sở các phương trình nguyên thủy trong hệ tọa độ thẳng đứng η được xác định như sau:

$$\eta = \frac{P - P_T}{P_s - P_T}, \eta_s = \eta_s \cdot \sigma, \quad \eta_s = \frac{P_f(Z_s) - P_T}{P_f(0) - P_T}$$

Trong đó P_T là áp suất tại đỉnh của mô hình, P_s là áp suất bề mặt.

$$P_f(Z) = P_f(0) \times \exp(-G1 \times Z / RT)$$

với $P_f(0) = 1013,25 \text{ mb}$; $T = 288 \text{ K}$; $G1 = 6,50$; $R = 287,04$.

Với hệ tọa độ này thì hệ phương trình nhiệt động lực bất thủy tĩnh có dạng sau đây [2]

- Phương trình cho xu thế khí áp

$$\frac{\partial \mu}{\partial t} = - \int_0^{\eta_s} \nabla_{\eta} \cdot (\mu \mathbf{v}) d\eta \quad (1)$$

- Phương trình trạng thái

$$p\alpha = RT \quad (2)$$

- Phương trình của độ cao địa thế vị

$$\Phi = \Phi_s + \mu \int_0^{\eta_s} \frac{RT}{p} d\eta \quad (3)$$

- Phương trình của các thành phần gió ngang

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt} = -(1+\varepsilon)\nabla_{\eta}\Phi - \alpha\nabla_{\eta}p + f\mathbf{k} \times \mathbf{v} + F \quad (4)$$

- Phương trình của xu thế nhiệt độ

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial t} = & -\mathbf{v} \cdot \nabla_{\eta} T - \eta \cdot \frac{\partial T}{\partial \eta} + \frac{\alpha}{c_p} [\mathbf{v} \cdot \nabla_{\eta} p - (1+\varepsilon) \int_0^{\eta} \nabla_{\eta} \cdot (\mu \mathbf{v}) d\eta^*] \\ & + \frac{\alpha}{c_p} \left[\frac{\partial p}{\partial t} - (1+\varepsilon) \frac{\partial \pi}{\partial t} \right] + \frac{Q}{c_p} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\frac{\partial p}{\partial \pi} = 1 + \varepsilon \quad (6)$$

- Phương trình của tốc độ thẳng đứng

$$w = \frac{1}{g} \frac{d\Phi}{dt} = \frac{1}{g} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla_{\eta} \Phi + \eta \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial \eta} \right) \quad (7)$$

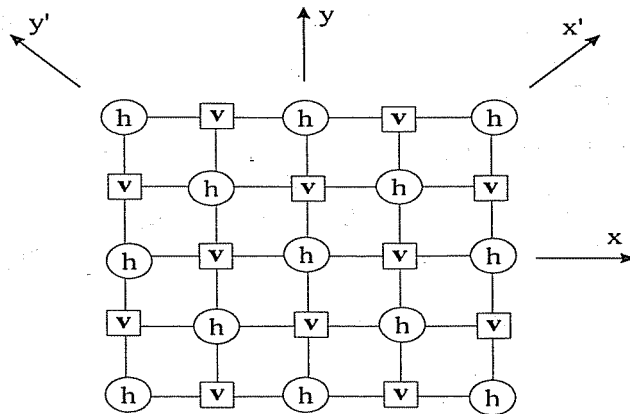
$$\varepsilon = \frac{1}{g} \frac{dw}{dt} = \frac{1}{g} \left(\frac{\partial w}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla_{\eta} w + \eta \cdot \frac{\partial w}{\partial \eta} \right) \quad (8)$$

- Phương trình cuối với tỷ hỗn hợp q, phương trình dự báo có dạng

$$\frac{dq}{dt} = S \quad (9)$$

Trong đó, S là nguồn ẩm; v là vectơ gió ngang; p là áp suất không thuỷ tĩnh; R là hằng số khí của không khí khô; T là nhiệt độ; Φ là địa thế vị và Φ_s là địa thế vị tại bề mặt đất.

Hệ phương trình (1)-(9) là hệ phương trình thuỷ nhiệt động lực học cho khí quyển không thuỷ tĩnh. Trường hợp $\varepsilon = 0$, mô hình trở về trường hợp thuỷ tĩnh. Trong khí quyển rối, thì các phương trình chuyển động, nhập nhiệt, ẩm có thêm các thành phần mô tả xáo trộn rối thẳng đứng.

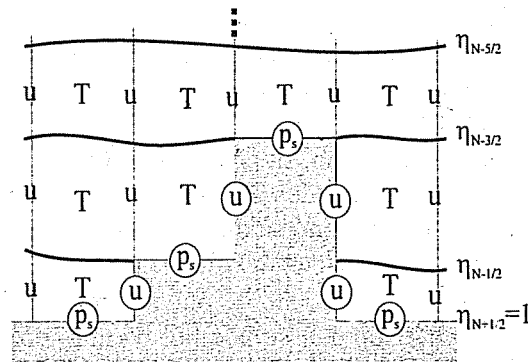


Hình 1. Hệ tọa độ lưới ngang và phân bố các biến sử dụng trong mô hình ETA

b. Lưới tính của mô hình ETA

Theo phương ngang mô hình sử dụng lưới tọa độ bán so le E có dạng như trên hình 1. Điểm h thực hiện việc tích phân cho các biến áp suất, nhiệt độ, độ ẩm riêng, hàm lượng nước mây, tốc độ thẳng đứng, năng lượng rối, trên các điểm v thực hiện tích phân cho các thành phần gió ngang. Trong mô hình sử dụng hệ tọa độ thẳng

đúng địa hình η như mô tả trên hình 2, nó được xác định như sau (theo Mesinger, 1984) [1], [3].



Hình 2. Hệ thống tọa độ thẳng đứng và phân bố các biến trong ETA

2. Điều kiện biên và điều kiện ban đầu

a. Điều kiện biên trên và biên dưới

Trong mô hình thừa nhận không có sự trao đổi khối lượng giữa vũ trụ và khí quyển cũng như không có thông lượng khí quyển xuyên qua mặt đất và do đó điều kiện biên đối với tốc độ thẳng đứng có thể viết dưới dạng sau

$$\eta^* = 0 \text{ khi } \eta = 0 \text{ và } \eta = \eta_{surf}$$

$$\text{và } p = p^T \text{ tại } \eta = 0$$

b. Điều kiện biên xung quanh

Điều kiện biên xung quanh được cập nhật 6h một lần từ sản phẩm dự báo của mô hình toàn cầu AVN, có làm tròn ít nhiều để tránh hiện tượng “sốc” khi các hệ thống quy mô nhỏ và các sóng chuyển từ lưới thô toàn cầu sang lưới tinh hơn của mô hình khu vực cũng như không phản xạ nhiều trên biên xung quanh.

c. Điều kiện ban đầu

Trường ban đầu để tích phân mô hình ETA theo thời gian là phân tích toàn cầu của AVN trong lưới không gian phân giải ngang $1^\circ \times 1^\circ$ (tương đương 111 km) và 26 mực thẳng đứng được chia không đồng đều. Các trường này sẽ được nội suy về lưới của mô hình ETA. Điều kiện biên biến đổi theo thời gian được tạo thành từ số liệu dự báo của AVN, được cập nhật thường xuyên 6h một lần (khi cần có thể cập nhật ba giờ). Những tệp số liệu này được Trung tâm Quốc gia dự báo môi trường của Mỹ (NCEP) cung cấp miễn phí trên INTERNET, 4 lần/ngày tại các thời điểm 00Z, 06Z, 12Z và 18Z. Khối lượng số liệu mỗi lần chuyển cỡ 190MB (cho dự báo 2 ngày).

3. Tham số hoá vật lý trong mô hình ETA

Với độ phân giải từ vài chục đến vài km, mô hình ETA không thể mô phỏng trực tiếp các quá trình vật lý quy mô dưới lưới như đối lưu, bức xạ, khuếch tán rối ngang và thẳng đứng, các quá trình bề mặt. Các quá trình này có vai trò rất quan trọng đối với động lực học khí quyển, đặc biệt là đối lưu - một trong những nhân tố quyết định gây nên sự hình thành và phát triển mưa lớn trong các hiện tượng thời tiết nguy hiểm như áp thấp nhiệt đới, bão, dải hội tụ nhiệt đới... Chính vì vậy chúng cần được tham số hoá trong mô hình.

Đối lưu: đối lưu mây tích (cumulus) có đóng góp rất lớn đối với hầu hết các hiện tượng thời tiết quan trọng như El Nino, đông, lở. Các hoàn lưu khí quyển trong mây không thể giải trực tiếp bằng mô hình số, nhưng những ảnh hưởng tổ hợp của chúng có thể được ước tính thông qua sơ đồ tham số hoá. Trong mô hình ETA có thể sử dụng một trong hai sơ đồ cho mục đích này là sơ đồ Betts - Miller - Janjic (BMJ) - trên cơ sở giả thiết thích ứng đối lưu và sơ đồ Kain - Fritsch (KF) - trên cơ sở giả thiết vận chuyển của các phần tử ẩm [1], [6].

Bức xạ: trong mỗi lớp mô hình, sự phát xạ và hấp thụ bức xạ mặt trời đi xuống được tính bằng sơ đồ GFDL, có tính đến ảnh hưởng ngẫu nhiên giữa các đám mây. Sơ đồ này cho kết quả tương đối tốt vì nó sử dụng lại các tham số tính toán trước đó mà không ảnh hưởng đến độ chính xác của mô hình [1], [4], [5].

Tham số hoá các quá trình bề mặt: để tính sự tương tác giữa bề mặt và lớp khí quyển bên trên, nhiệt độ các lớp đất, sự bốc hơi bề mặt, dòng chảy mặt, các thông lượng nhiệt, ẩm và động lượng... Trong mô hình ETA có thể lựa chọn một trong ba sơ đồ Janjic, OSU và sơ đồ LAPS [1], [2].

Dự báo mây và mưa quy mô lưới: dự báo mây trong ETA thực hiện cho cả hai biến lượng mây và hàm lượng nước mây. Trong sơ đồ này tính đến cả pha nước và pha băng trong mây qua các phương trình cảnh báo trong mô hình. Đây là một sự khác biệt của mô hình ETA so với các mô hình khác của NCEP. Mưa quy mô lưới tính theo sơ đồ hiệu chỉnh bão hoà quy mô lớn LSSA (Hocke et al. 1989). Sơ đồ này có tính đến ảnh hưởng của chuyển động thẳng đứng quy mô lớn và bình lưu làm thay đổi độ ẩm tương đối dự báo trong mô hình, sự thay đổi đó có thể dẫn đến ngưng kết, siêu bão hoà và mưa [1], [6].

Sau một thời gian nghiên cứu cơ sở lý thuyết, cấu trúc ngôn ngữ, cài đặt và biên dịch thành công ETA trên máy PC - Linux, chúng tôi đã bắt đầu chạy thử nghiệm ETA từ tháng VIII-2003 đến nay. Thời gian nhận số liệu cho dự báo hai ngày là khoảng 1h bắt đầu từ 10h30' giờ Việt Nam, thời gian chạy dự báo và hiển thị kết quả hết khoảng 1h30'.

4. Thử nghiệm dự báo mưa khu vực bằng ETA

Dự báo mưa hiện nay là một vấn đề hết sức nan giải trong dự báo thời tiết không chỉ ở nước ta mà còn ở tất cả các nước trên thế giới. Bởi lẽ, mưa là hàm của tất cả các biến khí tượng quy mô lớn, quy mô vừa và cả quy mô nhỏ. Việc dự báo tốt diện mưa cũng như lượng mưa có ý nghĩa thực tiễn rất lớn đối với các hoạt động sống của con người. Một trong những nhân tố quyết định gây nên sự hình thành và phát triển mưa lớn trong các hiện tượng thời tiết nguy hiểm như áp thấp nhiệt đới, bão, dải hội tụ nhiệt đới... là đối lưu mây tích. Các quá trình đối lưu này đóng vai trò quan trọng trong chu trình vận chuyển năng lượng của khí quyển, và do đó phân bố lại sự đốt nóng không đồng đều trên bề mặt trái đất. Để dự báo lượng mưa trong mô hình dự báo số trị người ta đưa vào sơ đồ ngưng kết quy mô lớn. Nếu độ ẩm ở một mực nào đó bão hoà và quá bão hoà thì lượng ẩm dư ngưng kết sẽ rơi xuống thành mưa và nhiệt độ của tầng đó 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 gradient nhiệt độ thẳng đứng γ_c . Nếu gradien nhiệt độ thẳng đứng ở một mực nào đó của mô hình vượt quá giá trị ngưỡng thì gradien nhiệt độ sẽ giảm xuống bằng γ_c và lượng ẩm

đur 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 đặc biệt đối với nhiệt động lực học của khí quyển, đặc biệt là vùng nhiệt đới, nơi mà đối lưu trở thành nguồn cung cấp năng lượng chính cho các quá trình thời tiết. Mỗi một mô hình số đều có những ưu nhược điểm riêng, tùy từng loại hình thể thời tiết khác nhau mà nó có khả năng nắm bắt được. Mô hình ETA 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..., do vậy sản phẩm dự báo của ETA phản ánh khá chi tiết đặc tính địa phương nhiệt đới. Vì thế, ETA có thể mô phỏng kết quả của những đợt mưa diện rộng.

Qua hơn hai tháng chạy thử nghiệm mô hình ETA và khảo sát các sản phẩm khác nhau của ETA, chúng tôi đã thử tính lượng mưa tích lũy hai ngày trong thời gian xuất hiện lũ lụt trên hệ thống sông Thái Bình 09-10/IX-2003 và hai đợt mưa tại khu vực miền Trung 24-25/IX-2003, 11-12/XI-2003.

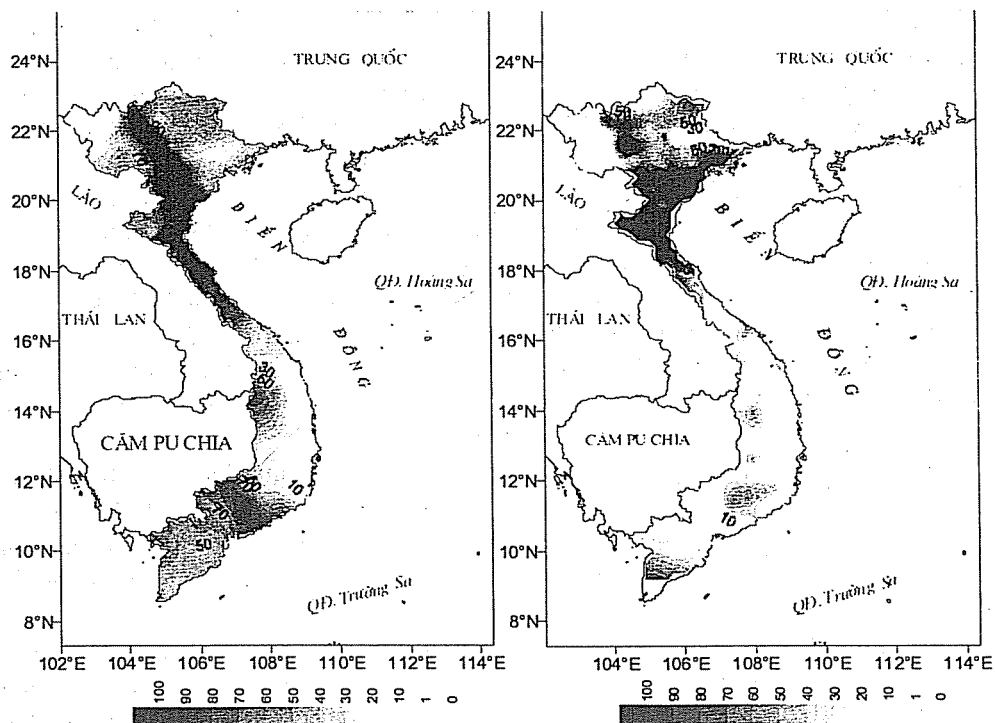
Trên hình 3 biểu diễn tổng lượng mưa tích lũy (mm) của hai ngày 09-10/IX-2003 dự báo bằng ETA và thám sát thực tế. Ở đây ta thấy, lượng mưa dự báo từ mô hình trong thời kỳ này xuất hiện trên hầu hết lãnh thổ Việt Nam, kết quả này khá phù hợp với quan trắc thực tế đặc biệt là sự phản ánh khá tốt khu vực xuất hiện mưa lớn gây lũ lụt là Bắc Trung Bộ và lưu vực sông Thái Bình.

Trên hình 4 biểu diễn tổng lượng mưa tích lũy (mm) của hai ngày 24-25/IX-2003. Kết quả từ ETA cũng như từ thám sát đều cho thấy mưa xuất hiện trên chiều dài đất nước từ 18,5 độ vĩ bắc trở vào. Lượng mưa cực đại gần như chỉ tập trung chủ yếu tại các tỉnh Trung Trung Bộ từ 14-18 độ vĩ bắc. Theo số liệu thám sát tổng lượng mưa của hai ngày 24-25/IX-2003 trên vùng lãnh thổ này đạt cực đại ở Huế có tổng lượng mưa đạt đến 398,4 mm, trong khi dự báo từ ETA thì mưa tại đây là 109,38 mm.

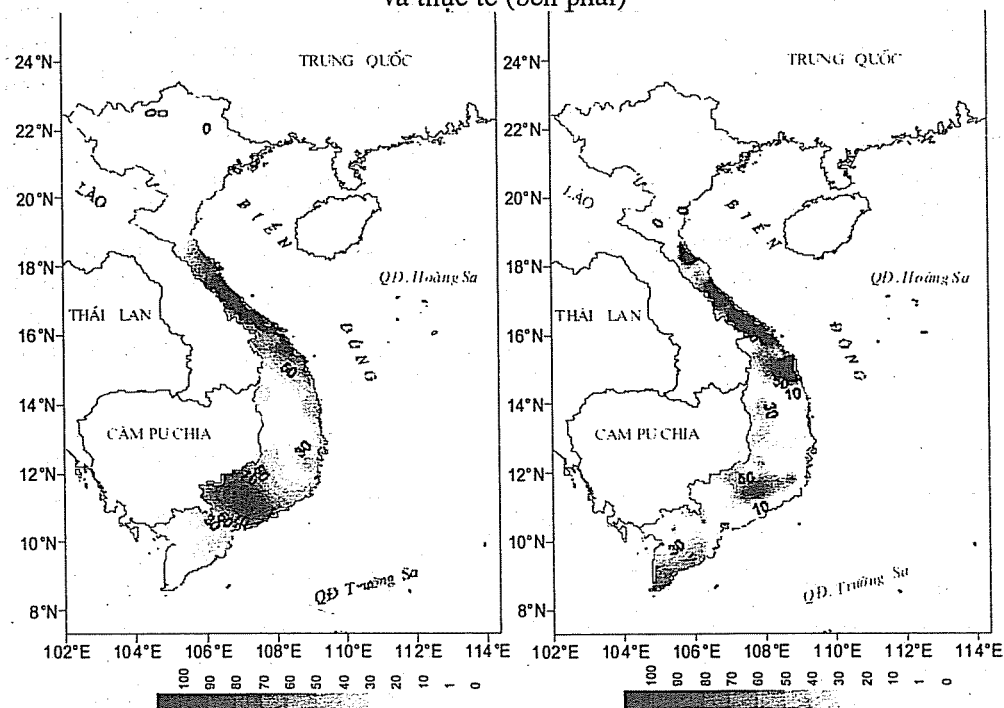
Trên hình 5 biểu diễn tổng lượng mưa tích lũy ngày 11-12/XI-2003, vào thời gian này theo thám sát ta thấy xuất hiện một dải mưa lớn dọc các tỉnh ven biển miền Trung, cực đại của nó đạt tới 495 mm tại trạm khí tượng Đông Hà - Quảng Trị, đợt mưa này đã gây ra nhiều thiệt hại về kinh tế và xã hội đối với các tỉnh Quảng trị, Bình Định, Quảng Ngãi, Ninh Thuận... Đối với trường mưa dự báo trong thời kỳ này ta thấy trung tâm mưa lớn khá trùng với thám sát thực tế. So sánh sơ bộ kết quả của ba đợt mưa này ta thấy, mưa mô phỏng có vùng cực đại gần trùng với mưa thám sát và khá phù hợp về diện, nhưng thấp hơn về lượng. Điều đó cũng hợp lý về mặt lý thuyết vì mô hình không thể nắm bắt được hết các quá trình quy mô dưới lưới. Kết quả tính hai chỉ số thống kê Threat score (T) và Bias score (B) [1] cho tổng lượng mưa tích lũy hai ngày của ba thử nghiệm trên được trình bày trên bảng 1.

Bảng 1. Chỉ số Threat score (T) và Bias score (B) đối với các ngưỡng khác nhau

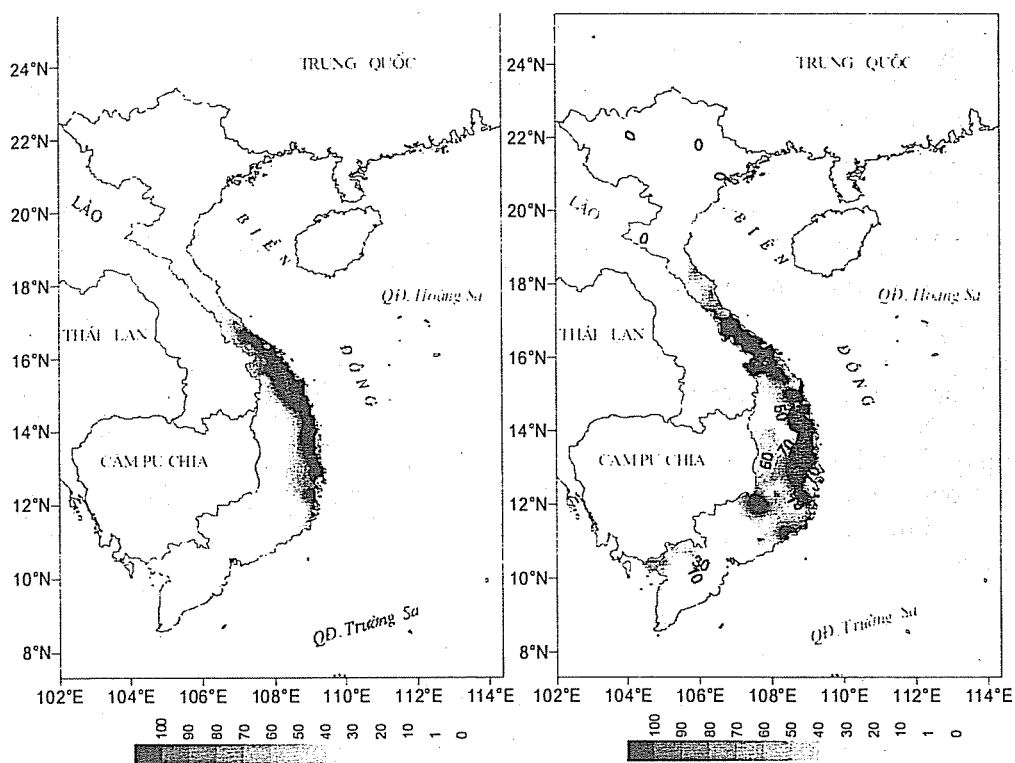
Ngưỡng chọn	09-10/IX-2003		24-25/IX-2003		11-12/XI-2003	
	T	B	T	B	T	B
1 mm	0,88	1,135	0,68	1,43	0,89	0,944
10 mm	0,66	0,672	0,76	1,28	0,66	0,672
20 mm	0,61	0,64	0,65	1,40	0,61	0,64
30 mm	0,59	0,635	0,55	1,44	0,59	0,635
50 mm	0,67	0,757	0,49	1,23	0,67	0,757
100 mm	0,41	1,194	0,23	0,48	0,41	1,194



Hình 3. Lượng mưa tích lũy 48h, ngày 09-10/IX-2003 dự báo (bên trái) và thực tế (bên phải)



Hình 4. Lượng mưa tích lũy 48h, ngày 24-25/IX-2003 dự báo (bên trái) và thực tế (bên phải)



Hình 5. Lượng mưa tích lũy 48h, ngày 11-12/XI-2003 dự báo (bên trái) và thực tế (bên phải)

Bảng 2. Chỉ số PE (%) đối với các ngưỡng khác nhau

Ngưỡng chọn	09-10/IX-2003	24-25/IX-2003	11-12/XI-2003
1 mm	88,09	80,56	94,98
10 mm	86,52	89,66	86,52
20 mm	86,21	85,89	86,21
30 mm	87,15	84,01	87,15
50 mm	91,85	86,52	91,85
100 mm	89,66	91,54	89,66

Qua bảng 1 ta thấy, trong cả 3 trường hợp thử nghiệm chỉ số T sẽ giảm khi ngưỡng mưa tăng lên, điều này phù hợp với thực tế là vấn đề dự báo mưa lớn còn có nhiều hạn chế. Nhìn chung, kết quả dự báo của ba thử nghiệm đều khá tốt. Đặc biệt, nếu ta chỉ quan tâm đến khả năng có hay không xuất hiện mưa ở một ngưỡng nào đấy, thì độ chính xác của mô hình có thể đảm bảo được trên 80% như thể hiện của chỉ số xác suất xuất hiện hiện tượng PE [1] (Probability of event) trên bảng 2. Tuy nhiên, ta cũng chưa thể kết luận chắc chắn vì mưa là một yếu tố vô cùng phức tạp, mặt khác nó phụ thuộc vào nhiều quá trình vật lý khác nhau. Hơn nữa, mức độ phù hợp của các phương pháp tính khác nhau còn phụ thuộc nhiều vào hình thế gây mưa mà trong nghiên cứu này chúng tôi chưa có điều kiện phân loại. Kết quả mô phỏng mưa trên ba ví dụ này cũng như qua nghiên cứu cơ chế lý thuyết của ETA cho ta thấy, có thể nghiên cứu áp dụng ETA vào dự báo mưa hạn 24h và 48h cho khu vực nhiệt

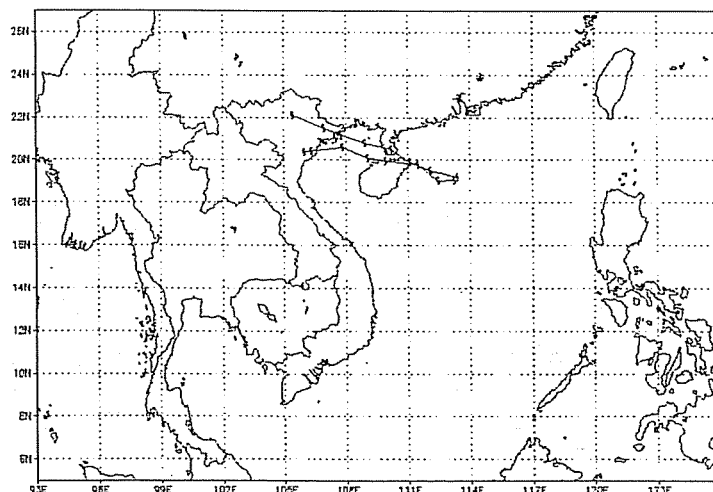
đối nói chung và cho lãnh thổ Đông Nam Á nói riêng. Tuy nhiên, để dự báo tốt mưa cả về diện và lượng cần nghiên cứu sâu hơn về cơ chế gây mưa trên khu vực này; từ đó khu vực hoá cụ thể hơn nữa những đặc điểm địa phương gắn liền với sự hình thành và phát triển mưa ở đây.

5. Kết quả thử nghiệm dự báo quỹ đạo bão

Dưới đây chúng tôi xin giới thiệu kết quả dự báo quỹ đạo bão cho cơn bão số 5 (KROVANH) hoạt động trên biển Đông và Việt Nam từ 24-VIII đến 6-VIII-2003.

a. Diễn biến chính của cơn bão số 5/2003

Ngày 15-VIII-2003, một vùng áp thấp hình thành ở Tây Bắc Thái Bình Dương (khoảng 10°N , 150°E) và di chuyển theo hướng tây bắc. Ngày 21, vùng áp thấp mạnh lên thành áp thấp nhiệt đới và đến ngày 22 thành bão. Tên quốc tế của cơn bão là KROVANH. Bão số 5 di chuyển theo hướng tây tây nam và đổ bộ vào phía Bắc Philippin. Tại thời điểm tiến hành dự báo (00Z/24-VIII-2003) cơn bão số 5 đổ bộ vào phía Đông đảo Hải Nam và tiếp tục di chuyển theo hướng tây tây bắc, đến 07Z/25-VIII-2003 (dự báo sau 30 giờ) bão số 5 đi vào vịnh Bắc Bộ và ảnh hưởng trực tiếp đến nước ta.



Hình 6. Quỹ đạo thực (đường phía trên) và quỹ đạo dự báo từ mô hình ETA của cơn bão KROVANH

Bảng 3. Sai số dự báo cơn bão KROVANH

Hạn dự báo (h)	Best track		Mô hình		Sai số (km)
	Vĩ độ (độ)	Kinh độ (độ)	Vĩ độ (độ)	Kinh độ (độ)	
+06	19,2	113,4	19,05	113,25	23,11
+12	19,5	112,1	19,03	112,46	65,72
+18	19,9	111,1	19,78	111,49	45,73
+24	20,5	110,2	19,96	109,9	68,59
+30	20,8	108,9	20,1	109,04	79,55
+36	21,2	107,7	20,6	107,82	68,34
+42	21,5	106,9	20,42	106,3	136,72
+48	22,1	105,4	20,37	105,96	201,86

Kết quả so sánh với quỹ đạo phù hợp nhất (best track, Unisys) được trình bày trên hình 6 và bảng 3 [1]. Từ bảng 3 cho thấy sai số vị trí tâm bão là khá nhỏ, sai số dự báo +36h vẫn nhỏ hơn 100km. Tuy nhiên đây mới chỉ xét tới một trường hợp, chưa xác định được mô hình có ổn định đối với dự báo quỹ đạo bão hay không, cần có những thử nghiệm tiếp theo để làm rõ điều này. Ở đây chỉ muốn chú ý tới một điều là mô hình này có thể dự báo được quỹ đạo bão và có thể cho kết quả khả quan.

b. Kết luận

Có thể nói việc ứng dụng một mô hình dự báo số trị hiện đại như ETA vào điều kiện cụ thể ở Việt Nam đã mở ra nhiều khả năng ứng dụng trong thực tế. Qua hơn một năm nghiên cứu lý thuyết, cấu trúc ngôn ngữ của mô hình, chúng tôi đã bắt đầu tiến hành thử nghiệm dự báo thời gian thực từ tháng VIII-2003. Kết quả đánh giá sai số các trường khí tượng dự báo cho thấy mô hình ETA có khả năng ứng dụng trong dự báo tác nghiệp ở Việt Nam. Còn quá sớm để xác định ETA có phải là mô hình dự báo tốt cho tất cả các biến hay không. Tuy nhiên, theo tiến sĩ Ronald McPherson, Giám đốc Trung tâm Quốc gia Dự báo Môi trường - NCEP thì “Mô hình ETA dự báo lượng mưa tốt hơn tất cả các mô hình khác có tại NCEP”. Nhận định này rất quan trọng cho việc ứng dụng mô hình trong dự báo thủy văn và lũ lụt.

Về nguyên tắc, để có thể tiến hành áp dụng thử một mô hình dự báo cho một khu vực cụ thể thì nhất định ít nhiều phải tiến hành nghiên cứu điều chỉnh cho phù hợp, đồng thời nghiên cứu kỹ lý thuyết động lực và các quá trình vật lý trong mô hình, thử nghiệm và đánh giá kết quả trên tập hợp số liệu nhiều ngày, từ đó tiến tới cải tiến nhằm khu vực hoá mô hình. Công việc này sẽ tiếp tục được quan tâm trong các nghiên cứu tiếp theo. Hy vọng rằng, kết quả nghiên cứu sẽ được áp dụng trong công tác dự báo thời tiết nói chung và phòng chống giảm nhẹ thiên tai ở Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

1. Mai Văn Khiêm. Nghiên cứu ứng dụng mô hình dự báo số bất thủy tĩnh ETA trong dự báo thời tiết ở Việt Nam, Luận án Thạc sỹ khoa học, Hà Nội, 2003.
2. Chen F., K. Mitchell, Z. Janjic, and M. Baldwin. Land-surface parameterization in the NCEP Mesoscale Eta Model. Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling, WMO, Geneva, CAS/JSC WGNE, No. 23, 4.4, 1996.
3. Janjic, Z.I.. The Step-mountain Eta Coordinate Model. Further Developments of the Convection, Viscous Sublayer and Turbulence Closure Schemes.- *Monthly Weather Review*, 122, 927-945, 1994.
4. Janjic, Z.I.. The realizability of the Mellor-Yamada Level 2.5 turbulence closure model under strong forcing. Summer School in Meteorology: Hydrological Cycle in Atmospheric Models, Federal Hydrometeorological Institute, 28 August-8 September 1995, Krivaja-Backa Topola, Yugoslavia, Doc. 8, 1995.
5. Janjic Z.I.. The Mellor-Yamada Level 2.5 turbulence closure scheme in the NCEP Eta Model. Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling, WMO, Geneva, CAS/WGNE, 4.14-4.15, 1996.
6. Nickovic, B. Rajkovic, A. Papadopoulos, P. Katsafados, G. Kallos. The Weather Forecasting System; Volume II: Description of The Model 178pp, Athens, 2000.