

NGHIÊN CỨU CHẠY THỬ NGHIỆM MÔ HÌNH DỰ BÁO THỜI TIẾT SỐ TRI ETA (phiên bản tháng III-2001)

ThS. NCS **Đỗ Ngọc Thắng**, KS. **Vũ Duy Tiến**
Trung tâm Dự báo KTTV TU

1. Mở đầu

Mô hình dự báo thời tiết nghiệp vụ ETA (phiên bản 1995) đã được chạy thử nghiệm [1] với thời gian tích phân 48h trên miền lãnh thổ thuộc Đông Nam Á. Hiện nay, mô hình ETA đã được cải tiến vượt bậc bởi nhiều trung tâm khoa học tại Mỹ, được nhiều nơi sử dụng và được phổ biến trên mạng Internet.

Mô hình ETA của "Các trung tâm quốc gia về dự báo môi trường" NCEP (National Centers for Environmental Prediction) thuộc NOAA (National Ocean-atmospheric Administration) – Mỹ, ban đầu được các nhà khoa học như Feodor Mesinger, Z. Janjic (Nam Tư) và T. Black (Mỹ) xây dựng từ khoảng trước năm 1987. Điểm đặc biệt của mô hình này là sự biến đổi từ tọa độ theo phương thẳng đứng SIGMA sang một tọa độ mới được gọi là "eta", đã làm cho yếu tố địa hình, một trong các yếu tố gây ảnh hưởng quan trọng vào bậc nhất lên chuyển động của các khối không khí trong khí quyển, được thể hiện đúng đắn hơn. Trong quá trình sử dụng, mô hình ETA đã tỏ rõ những ưu điểm vượt trội. Mô hình ETA được giới thiệu như một công cụ số trị, ngoài tác dụng dự báo thời tiết hạn ngắn, còn được ứng dụng trong các bài toán môi trường, hàng không và nông nghiệp. Định hướng khoa học - công nghệ này đã có sức thuyết phục khi lựa chọn nghiên cứu mô hình ETA ở Việt Nam.

Bài báo này xin trình bày một cách tóm tắt về mô hình ETA trong sự phát triển mới nhất và kết quả chạy thử nghiệm cho vùng bao quát lãnh thổ Việt Nam.

2. Cấu trúc mô hình ETA2001 và kết quả chạy thử nghiệm

a. Hệ phương trình cơ bản

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial p}{\partial \eta} \vec{V} \right) + \vec{\nabla}_\eta \left(\frac{\partial p}{\partial \eta} \vec{V} \vec{V} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\partial p}{\partial \eta} \eta \vec{V} \right) + \frac{\partial p}{\partial \eta} \left(f \vec{k} \times \vec{V} + \vec{\nabla}_\eta \Phi + \frac{R_d T}{p} \vec{\nabla}_\eta p + \vec{F} \right) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{dT}{dt} - \frac{kT\omega}{p} + T' + \frac{g}{C_p} \frac{\partial R}{\partial \eta} / \frac{\partial p}{\partial \eta} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \eta} = - \frac{R_d T_v}{P} \frac{\partial p}{\partial \eta} \quad (3)$$

$$\frac{1}{\eta_s} \frac{\partial p_s}{\partial t} + \vec{\nabla}_\eta \cdot \left(\frac{\partial p}{\partial \eta} \vec{V} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\partial p}{\partial \eta} \eta \right) = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial p_s}{\partial t} = - \int_0^{\eta_s} \vec{\nabla}_\eta \cdot \left(\frac{\partial p}{\partial \eta} \vec{V} \right) d\eta \quad (5)$$

$$\eta \frac{\partial p}{\partial \eta} = - \frac{\eta}{\eta_s} \frac{\partial p_s}{\partial \eta} - \int_0^{\eta_s} \vec{\nabla}_\eta \cdot \left(\frac{\partial p}{\partial \eta} \vec{V} \right) d\eta \quad (6)$$

$$\frac{dq}{dt} + q' = S \quad (7)$$

Trong các phương trình trên, phương trình (1) là phương trình véc-tơ, nó tương ứng với 2 phương trình vô hướng. Do đó, ta có hệ 8 phương trình đạo hàm riêng. Các đại lượng có mặt trong hệ phương trình là:

p : khí áp; $\vec{V}$: véc-tơ vận tốc gió; $\vec{V} = u.\vec{i} + v.\vec{j}$;

f : tham số Coriolis; $\vec{k}$: véc-tơ đơn vị theo phương thẳng đứng;

Φ : độ cao địa thế vị; R_d : hằng số khí cho không khí khô; p_s : áp suất bề mặt;

$\vec{F}$: véc-tơ tham số ảnh hưởng của ma sát rối lên vận tốc gió = $(F_x; F_y)$;

$\kappa = R/C_p$ với C_p là nhiệt dung đẳng áp; $\omega = dp/dt$; T : nhiệt độ không khí;

T' : ảnh hưởng của rối lên nhiệt độ; R : tổng thông lượng bức xạ thẳng đứng;

q' : ảnh hưởng của rối lên ẩm; S : lượng hơi nước nhập/xuất.

Hệ tọa độ eta (η) được xác định như sau (Mesinger, 1984):

$$\eta = \frac{p - p_T}{p_s - p_T} = \sigma \eta_s, \quad \text{trong đó} \quad \eta_s = \frac{P_{rf}(Z_s) - p_T}{P_{rf}(0) - p_T} \quad (8)$$

Trong công thức (8) $P_{rf}(Z) = P_{rf}(0) \cdot \exp(-G_1 \cdot Z / RT)$ với $P_{rf}(0) = 1013,25$; $T = 288$, $G_1 = 6, 50$, $R = 287,04$; p_T : giá trị áp suất tại đỉnh của mô hình.

b. Nguồn số liệu - các giá trị đặc trưng của mô hình

Mô hình Workstation ETA là mô hình hạn chế, chạy trên máy trạm (là một trong các máy tính ngoại vi so với một máy tính lớn - ví dụ một siêu máy tính CRAY; thông thường siêu máy tính chạy dự báo mô hình toàn cầu, còn các máy trạm chạy các mô hình khu vực - trên miền hạn chế).

Mô hình toàn cầu mà ETA sử dụng là AVN (AVIATION Model) do NCEP cung cấp. Để chạy mô hình này tại Việt Nam, chúng tôi chọn bộ số liệu WAFS, là phần số liệu từ AVN nhưng đã "tỉa" bớt để file số liệu gọn nhẹ (số liệu AVN đầy đủ có 26 mục, còn số liệu WAFS chỉ có 11 mục).

Số liệu WAFS được cho trên 11 mục đẳng áp: 1000, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100 và 70 mb.

Đầu vào cho mô hình ETA là:

+) Độ cao địa thế vị	HTIN	trên 11 mục đẳng áp nói trên;
+) Độ ẩm tương đối	RHIN	-- ;
+) Thành phần U của gió	UWIN	-- ;
+) Thành phần V của gió	VWIN	--

Các số liệu bề mặt là:

+) Địa hình được cho trên Internet bởi các files có dạng U20N130W một cách không hạn chế; mỗi file như vậy là địa hình của một ô $10^0 \times 10^0$; để chạy cho vùng lãnh thổ Việt Nam cần 90 files số liệu.

+) Trong mô hình cho sẵn các số liệu độ nhám bề mặt (land/sea mask dataset) gồm 3 loại :

- loại I có độ phân giải 30 giây (chỉ dành riêng cho lãnh thổ Mỹ),
- loại II có độ phân giải 4 phút,
- loại III có độ phân giải 8 phút.

Khi chạy thử nghiệm, chúng tôi chọn phương án 4 phút.

+) Có các files xác định kiểu thực vật, kiểu đất và độ dốc nghiêng bề mặt.

+) Các files chứa đựng thông tin ALBEDO (độ phản xạ của bức xạ mặt trời). Trên cơ sở đó, nội suy ALBEDO theo thời gian để có trường ALBEDO ban đầu cho mô hình.

+) Các file thể hiện độ nhám bề mặt khi xử lý số liệu về tuyết.

+) Các files xác định lớp tuyết phủ bề mặt.

+) File dùng để tính nhiệt độ nước biển.

+) File chứa thông tin phân tích bề mặt.

c. Tóm tắt quá trình chạy mô hình ETA2001

Thời gian chọn khi chạy mô hình là 00Z ngày 18 tháng VIII năm 2002.

Vào khoảng thời gian này, trên biển Đông có cơn bão VONGFONG-0214 hoạt động có tọa độ tâm là 16,5 độ vĩ bắc, 113,0 độ kinh đông lúc 7 giờ sáng (00Z) ngày 18-VIII-2002.

+) Thực hiện việc giải mã các files GRIB thành các files đầu vào cho mô hình LAM ETA đặt trong thư mục ../data/prep

+) Biên tập file ETAIN nhằm xác định

Tâm miền tích phân; độ phân giải ngang; bước thời gian... tác giả đã chọn:

Tâm TLMOD = 112.0; TPHOD = 20.5

Độ phân giải ngang (bước thời gian theo kinh, vĩ): DLMD=0.333⁰; DPHD=0.308⁰

Chọn IM=50; JM=95 là 2 tham số cơ bản của lưới mô hình. Từ đó sẽ hình thành miền tích phân (được mô hình tính ra một cách tự động):

$\lambda \in [97.0; 126.0]$; $\varphi \in [7.0; 33.0]$

Độ phân giải thẳng đứng của mô hình ETA là 38 mực theo hệ tọa độ thẳng đứng "eta"; số mực đẳng áp đưa ra là 10 :

1000 ; 850 ; 700 ; 500 ; 400; 300 ; 250 ; 200 ; 150 ; 100 mb.

+) Tiếp theo, thực hiện lệnh tính địa hình, tính toán các files cần thiết của bước *tiền xử lý* (pre-processing) như các files điều kiện ban đầu, các files cập nhật biên.

+) Biên tập file fcstdata.meso đặt thời gian dự báo là 48 h.

+) Bước cuối cùng thực hiện chạy mô hình

3. Kết quả chạy thử nghiệm mô hình

Chúng tôi đã kiểm chứng quỹ đạo của tâm bão VONGFONG giữa mô hình ETA và quỹ đạo thực, nhận thấy có sự phù hợp tốt (Bảng 1). Bảng 1 cho thấy sai số lớn nhất khoảng 151 km; trung bình cộng của sai số là 98 km. Kết quả chạy mô hình

ETA còn được đối chiếu với sản phẩm mô hình số trị của JMA (Nhật), cũng nhận thấy một sự phù hợp nhất định.

Bảng 1. So sánh giữa quỹ đạo tâm bão của mô hình và quỹ đạo tâm bão VONGFONG thực

Thời gian	Theo mô hình		Thực tế		Sai lệch (độ)
	Vĩ độ	Kinh độ	Vĩ độ	Kinh độ	
00z18VIII	16,5	112,6	16,5	113,0	0,40
06z	16,8	112,6	16,6	112,2	0,45
12z	17,8	112,5	17,1	112,0	0,86
18z	18,6	112,0	17,6	111,6	1,17
00z19VIII	19,4	112,0	18,3	111,2	1,36
06z	20,7	111,7	19,9	111,0	1,06
12z	21,2	111,4	Không có SL	Không có SL	
18z	22,1	110,8	-	-	
00z20VIII	23,0	109,8	-	-	

Giờ chạy máy : Sử dụng ngôn ngữ FORTRAN 90 trên máy tính DEC (phiên bản 1995), thời gian dự báo 48 h mất 3 giờ 36 phút. Khi chạy thử nghiệm trên máy tính *song song hiệu năng cao* (tại TT DB KTTV TU), dùng chương trình dịch PGF90, với một CPU (chưa thực sự song song hoá) mất 40 phút cho dự báo 48h.

4. Kết luận

Như đã biết, lĩnh vực mô hình dự báo số trị là một công nghệ cao và phức tạp, nên ngay cả khi đã có bộ chương trình và hướng dẫn cài đặt, việc chạy mô hình trên một máy tính cụ thể tại Việt Nam, với một miền tích phân cụ thể thì đây vẫn là một vấn đề khoa học công nghệ đòi hỏi nhiều công sức nghiên cứu và việc chạy thử nghiệm vẫn chứa đựng những nguy cơ thất bại.

Mô hình dự báo số trị ETA 2001 đã được chạy thử nghiệm trên máy DEC và *Máy tính song song hiệu năng cao*, với những kết quả ban đầu có thể nói là tốt. Thử nghiệm này trước hết cho phép chúng ta có thêm một nguồn số liệu mô hình toàn cầu AVN có thể khai thác trên mạng Internet. Có thể chạy dự báo 72h với số liệu WAFS hoặc AVN đầy đủ. Sau đó, việc chạy mô hình hạn chế có thể có ích trong nghiên cứu khoa học cũng như trong nghiệp vụ (ví dụ, nghiên cứu bão và ATNĐ, nghiên cứu gió mùa, nghiên cứu và dự báo mưa ...)

Lời cảm ơn: GS TS Trần Tân Tiến đã chỉ đạo và tạo điều kiện để việc nghiên cứu được thuận lợi. ThS Nguyễn Chi Mai đã cung cấp số liệu, bản đồ về cơn bão VONGFONG làm tư liệu đối chiếu. Xin chân thành cảm ơn./.

Tài liệu tham khảo

1. Đỗ Ngọc Thắng và Đỗ Lệ Thuỷ. Chạy thử nghiệm bước đầu mô hình nghiệp vụ ETA95 trong dự báo trường các yếu tố khí tượng tại khu vực nhiệt đới (cho trường hợp không có núi) - *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* tháng 5-1999.
2. *Documentation of the UB/NMC* (University of Belgrade and National Meteorological Centre, Washington) *ETA model*. World Meteorological Organisation. WMO tropical meteorology research programme (TMRP). Report Series (Report No. 40). Technical Document WMO/TD - No. 366. F.Mesinger , Z. Janjic and the other authors - 1988.
3. Matthew E. Pyle. *A Guide to the Workstation Eta - Nonhydrostatic version* - March 2001 – NCEP – NOAA (USA).
4. Zavisla Janjic. *The Step-Mountain Eta Coordinate Model: Further Developments of the Convection, Viscous Sublayer, and Turbulence Closure Schemes*. - University Corporation for Atmospheric Research, National Meteorological Center, Washington, D.C.