

THỬ NGHIỆM MÔ HÌNH SỐ TRỊ TÀ ÁP DỰ BÁO THỜI TIẾT CHO KHU VỰC ĐÔNG NAM Á

PGS.TS. Trần Tân Tiến

Trường Đại học khoa học tự nhiên, Đại học quốc gia, Hà Nội

Tóm tắt: Để thử nghiệm dự báo cho vùng nhiệt đới gió mùa Đông Nam Á. Trung tâm KTTV Liên Xô cũ đã xây dựng mô hình số trị 6 mực dựa trên ba mô hình dự báo nghiệp vụ của Betcovich, Critrac, Pressman. Trong mô hình này những nhân tố tốt nhất đã được đưa vào đó là hệ phương trình và tương tự sai phân phương tích phân theo thời gian, lọc ồn và các sơ đồ tham số hoá các quá trình qui mô nhỏ.

Việt Nam là khu vực thuộc vùng thử nghiệm của mô hình nên chúng tôi đi sâu vào tìm hiểu mô hình này và thử nghiệm dự báo xu thế một số yếu tố khí tượng cho vùng Đông Nam Á.

1. Hệ phương trình

Hệ phương trình thủy động lực học trong mô hình được viết cho khí quyển tà áp gần đúng tựa tĩnh.

Phương trình chuyển động:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + m \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + \tau \frac{\partial u}{\partial p} + \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) - lv = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + m \left(u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + \tau \frac{\partial v}{\partial p} + \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) + lu = 0 \quad (2)$$

Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial \tau}{\partial p} = 0 \quad (3)$$

Phương trình nhập nhiệt:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + m \left(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + \tau \frac{\partial T}{\partial p} \right) = m \frac{\chi - 1}{\chi} \frac{\tau}{p} T + \frac{g}{c_p} \frac{\partial Q}{\partial p} \quad (4)$$

Phương trình tĩnh học:

$$T = - \frac{P}{R} \frac{\partial \phi}{\partial p} \quad (5)$$

Phương trình nhập ẩm:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + m \left(u \frac{\partial q}{\partial x} + v \frac{\partial q}{\partial y} + \tau \frac{\partial q}{\partial p} \right) = \epsilon_q \quad (6)$$

Các ký hiệu được dùng là:

m: chỉ số bản đồ, Q là thông lượng nhiệt, τ là tương tự tốc độ thẳng đứng.

Các ký hiệu khác được sử dụng như đã được thừa nhận. Trong bài báo này chúng tôi xét mô hình đoạn nhiệt, khí quyển là khí quyển khô.

2. Điều kiện biên

Theo trục thẳng đứng ta đặt điều kiện biên dưới tại mực $p = 1000$ mb và điều kiện biên trên tại $P = 0$ mb. Để bảo toàn khối lượng của khí quyển thì ở biên trên khí quyển không có dòng khí đi qua. Như vậy, biên trên của khí quyển thỏa mãn điều kiện:

$$\tau = 0 \quad \text{tại } P = 0 \quad (7)$$

Ở mực 1000 mb tương tự tốc độ thẳng đứng chỉ bằng vài phần trăm giá trị τ ở giữa tầng đối lưu, nên ta có thể coi $\tau = 0$ tại $P = 1000$ nên điều kiện biên tại 1000 mb sẽ là:

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + m \left(u \frac{\partial \phi}{\partial x} + v \frac{\partial \phi}{\partial y} + \tau \frac{\partial \phi}{\partial p} \right) = 0 \quad \text{tại } P = 1000 \text{ mb.} \quad (8)$$

+ Điều kiện biên theo vĩ tuyến.

Các giá trị biên của ϕ và u ở bắc bán cầu.

$$\begin{aligned} \phi_{(i,n)} &= \phi_{(i,N-2)}\eta + \overline{\phi_N}(1-\eta) \\ U_{(i,n)} &= \phi_{(i,N-2)}\eta + \overline{U_N}(1-\eta) \end{aligned} \quad (9)$$

Ở đây ϕ_n và U_n là các giá trị trung bình của ϕ và U trên đường biên phía bắc.

+ Các giá trị biên ngang của ϕ và u ở nam bán cầu.

$$\begin{aligned} \phi_{(i,1)} &= \phi_{(i,3)}\eta + \overline{\phi_s}(1-\eta) \\ u_{(i,1)} &= u_{(i,3)}\eta + \overline{u_s}(1-\eta) \end{aligned} \quad (10)$$

Ở đây ϕ_s và U_s là các giá trị trung bình của ϕ và U trên đường biên phía nam.

Các thành phần gió trên biên của v là:

$$\begin{aligned} v_{(i,N)} &= -v_{(i,N-2)}\eta \\ v_{(i,1)} &= -v_{(i,3)}\eta \end{aligned} \quad (11)$$

Điều kiện biên ngang trong mô hình này là các giá trị biên biến thiên tuần hoàn.

$$f_{(i,t)} = f_{(N,t)} \quad (12)$$

Tham số $\eta = (24-t)/24$ khi $t < 24$ h

$$\eta = 0 \quad \text{khi } t > 24 \text{ h} \quad (13)$$

3. Trường ban đầu

Trường ban đầu được cho trước là các giá trị ϕ, u, v ở các mực mặt biển, 850, 700, 500, 300, 100 mb. Các trường này được làm tròn theo công thức:

$$\tilde{f}(i,j) = 0.25(1-\alpha) [f_{(i-1),j-1} + f_{(i-1),j+1} + f_{(i+1),j-1} + f_{(i+1),j+1}] + \alpha f_{(i,j)} \quad (14)$$

f là một trong những trường u, v, ϕ ; α là hệ số trọng lượng, phụ thuộc vào từng hàm đang xét.

4. Sơ đồ sai phân

Để tích phân hệ phương trình (1 → 6) ta thay nhiệt độ từ phương trình tĩnh học vào phương trình nhập nhiệt và tích phân từ mực P_k bất kỳ đến mực P_{∞} , sử dụng các điều kiện biên ta được phương trình dự báo địa thế vị cho mực P bất kỳ:

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = m \left[\left(u \frac{\partial \phi}{\partial x} + v \frac{\partial \phi}{\partial y} - \frac{R T_1}{P} \alpha \tau_1 + \int_P^{P_{\infty}} \left(\frac{\partial u}{\partial p} \frac{\partial \phi}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial p} \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) dp - \int_P^{P_{\infty}} \lambda \tau dp \right] \quad (15)$$

Ở đây: $\lambda = \frac{R^2 T}{P^2 g} (\gamma_a - \gamma)$

α là hệ số thực nghiệm ($1/3 \leq \alpha \leq 1$).

Để sai phân các phương trình dự báo trong mô hình, người ta dùng hai lưới điểm lồng nhau, lưới thứ nhất đặt lệch lưới thứ hai $1/2$ bước lưới như sơ đồ. Chỉ số lưới thứ nhất:

được xác định bằng công thức

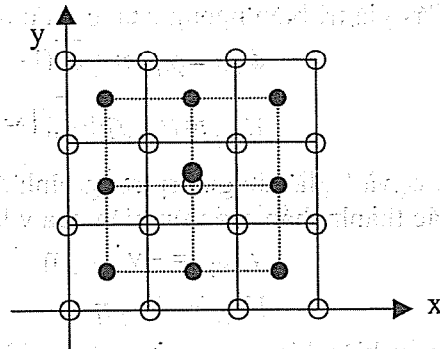
$$i, j = (h+1/2) \cdot 2$$

$$h = 0, 1, 2, \dots, 25$$

Chỉ số lưới thứ hai •

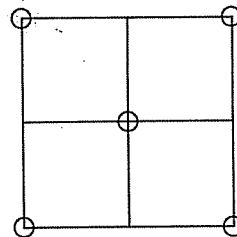
$$i, j = (h+1) \cdot 2$$

$$h = 0, 1, 2, \dots, 24$$



Với điểm là nút dự báo bất kỳ (i, j) ta ký hiệu các điểm (i, j) là 5; $(i-1, j+1)$ là 1; $(i+1, j-1)$ là 3; $(i+1, j-1)$ là 4 thì giá trị trung bình của hàm $f\{u, v, \phi\}$ ở điểm dự báo (5) được xác định là:

$$\overline{f}_5 = \frac{1}{4} (f_1 + f_2 + f_3 + f_4) \quad (16)$$



Đạo hàm của hàm f theo x và lấy trung bình theo y được ký hiệu $(\bar{f}_x^y)_5$, tính bằng công thức:

$$(\bar{f}_x^y)_5 = \frac{1}{4\Delta x} (f_2 - f_1 + f_4 - f_3) \quad (17)$$

Tương tự, đạo hàm của f theo y và lấy trung bình theo x được ký hiệu $(\bar{f}_y^x)_5$ và được xác định:

$$(\bar{f}_y^x)_5 = \frac{1}{4\Delta y} (f_1 - f_3 + f_2 - f_4) \quad (18)$$

Đạo hàm theo thời gian t và áp suất p của hàm $f(u, v, \phi)$ tại điểm dự báo 5 được xác định như sau:

$$(f_t)_5 = \frac{1}{2\Delta t} (f_{l+1} - f_{l-1}) \quad (19) \quad (\bar{f}'_t)_5 = \frac{1}{2} (f_{l-1} + f_{l+1}) \quad (20)$$

$$(f_p)_5 = \frac{1}{2\Delta p_k} (f_{k-1} - f_{k+1})_5 \quad (21) \quad (\bar{f}'_p)_5 = \frac{1}{\Delta p_k} (f_k - f_{k+1})_5 \quad (22)$$

$$(\bar{f}''_p)_5 = \frac{1}{2} (f_k + f_{k+1})_5 \quad (23)$$

Những ký hiệu trên là ΔT là bước thời gian, l là thứ tự bước thời gian.

Chỉ số k nhận các giá trị từ 1 đến 6 ứng với các mực mặt biển, 850mb, 700mb, 500mb, 300mb và 100 mb. Công thức (21) dùng để sai phân phương trình chuyển động, còn công thức (22) dùng để sai phân phương trình liên tục. Các phương trình trên được sai phân dựa vào các công thức trên. Các giá trị ΔP_k được xác định như sau: $\Delta P_1 = P_1 - P_2 = 150$ mb, $\Delta P_2 = P_1 - P_3 = 300$ mb, $\Delta P_3 = P_2 - P_4 = 250$ mb, $\Delta P_4 = P_3 - P_5 = 400$ mb, $\Delta P_5 = P_4 - P_6 = 400$ mb, $\Delta P_6 = P_5 - P_6 = 200$ mb.

Sử dụng các ký hiệu trên hệ phương trình trên về dạng như sau:

$$U_t - l\bar{v}' + m(\bar{U}^{xy}\bar{U}_x^y + \bar{v}^{xy}\bar{U}_y^x + \tau\bar{U}_p^{xy} + \bar{\phi}_x^y) = 0 \quad (24)$$

$$v_t - l\bar{u}' + m(\bar{U}^{xy}\bar{v}_x^y + \bar{v}^{xy}\bar{v}_y^x + \tau\bar{v}_p^{xy} + \bar{\phi}_y^x) = 0 \quad (25)$$

$$\bar{U}_x^{yp} + \bar{v}_y^{xp} + \tau_p = 0 \quad (26)$$

$$\phi_t + m[\bar{U}^{xy}\bar{\phi}_x^y + \bar{v}^{xy}\bar{\phi}_y^x - \alpha \frac{RT}{g} \tau_p + \sum_{k=2}^6 (\bar{\phi}_x^{xy} \bar{U}_p^{xy} + \bar{\phi}_y^{xy} \bar{v}_p^{xy} - \lambda \tau_p^p) \Delta P_k] = 0 \quad (27)$$

Sau mỗi bước thời gian tiến hành các trường u, v, ϕ được làm tròn theo công thức sau:

$$f^{l+1} = \vartheta_k \beta_k \zeta_k f^{xyk} + (1 - \vartheta_k) \beta_k \zeta_k \bar{f}^{xyk+1} \quad (28)$$

Ở đây \bar{f} là giá trị đã được làm tròn; ϑ_k và β_k là hằng số thực nghiệm

$$\zeta_k = \frac{|D_i|}{|D_i|_{10}} \quad \text{với } D_i \text{ là divergence.}$$

5. Thử nghiệm mô hình

Chương trình giải toán được viết bằng ngôn ngữ lập trình Fortran. Lưới tính được sử dụng là một lưới điều hòa, mỗi nút lưới cách nhau $2,5^\circ$ kinh, vĩ tuyến. Phạm vi miền dự báo xác định từ 80 kinh độ đông đến 200 kinh độ đông, 20 độ vĩ nam đến 60 độ vĩ bắc. Số liệu ban đầu được đưa vào chạy mô hình là các trường yếu tố khí tượng gồm áp suất ở mặt biển, độ cao địa thế vị ở các mực 850mb, 700mb, 500mb, 300mb và 100mb, tốc độ gió ở các mực: mặt biển, 850mb, 700mb, 500mb, 300mb và 100mb. Đây là trường số liệu phân tích trên một mạng lưới điều hòa, mỗi nút lưới cách nhau $2,5^\circ$ kinh vĩ tuyến, phạm vi của lưới được xác định như trên, gồm 9702 điểm cho sáu mực. Trường số liệu này có được do Trung tâm IMA của Nhật Bản đã sử dụng các kỹ thuật phân tích khách quan các trường số liệu quan trắc được từ các đài, trạm ở mặt đất và cao không trên toàn thế giới.

Chúng tôi đã cho chạy mô hình với số liệu ban đầu là trường địa thế vị và trường gió lúc 7h00 (giờ Hà Nội) ngày 13 tháng 12 năm 1998 để dự báo các trường yếu tố này cho ngày 14 tháng 12 năm 1998. Các sơ đồ hình thể khí áp, trường gió ngày 13, ngày 14 và kết quả dự báo ở các mực được trình bày trên các hình 1 và 2. Từ các hình này cho thấy hình thể khí áp ở các mực có những đặc điểm cơ bản sau:

a. Trường áp suất mặt biển (hình 1)

- Khu vực tây bắc miền dự báo (Được giới hạn từ vĩ độ 20N đến vĩ độ 60N và từ kinh độ 80E đến kinh độ 140E). Ngày 13-12-1998 tồn tại một cao áp, tâm ở vào khoảng vĩ độ 40N kinh độ 99E, đường đẳng áp 1020mb nằm ở vĩ độ 18N kéo dài về phía đông tới kinh độ 167E (Hình 1.a). Ngày 14-12-1998 cao áp này dịch chuyển về phía đông nam đường đẳng áp 1020mb đã ở vào kinh độ 180E (Hình 1.c). Kết quả dự báo thể hiện rõ nét cao áp này bằng những đường đẳng áp khép kín tâm lệch đông so với ngày 13-12-1998 và nằm ở vĩ độ 42N - kinh độ 115E (Hình 1,b).

- Khu vực đông bắc miền dự báo (Được giới hạn từ vĩ độ 20N đến vĩ độ 60N và kinh độ 140E đến kinh độ 200E). Ngày 13-12-1998 tồn tại một áp thấp, tâm ở vào khoảng vĩ độ 45N - kinh độ 180E. Một khu vực áp cao với những đường đẳng áp 1020mb nằm ở vĩ độ 22N đến vĩ độ 40N và kéo dài vào kinh độ 175E (Hình 1.a). Ngày 14-12-1998 áp thấp dịch chuyển lên phía đông bắc, tâm áp thấp này nằm ở vĩ độ 50N - kinh độ 195E. Kết quả dự báo có một khu vực áp thấp, so với ngày 13-12-1998 áp thấp này bị đẩy lên phía bắc và bị thu hẹp lại (Hình 1.b).

- Khu vực xích đạo (Được giới hạn từ vĩ độ 10S đến vĩ độ 10N). Ngày 13-12-1998 có một dải áp thấp, ba áp thấp có tâm ở các vị trí (vĩ độ 5N - kinh độ 100E), (vĩ độ 5S - kinh độ 138E), (vĩ độ 8S - kinh độ 98E). Áp thấp có tâm (vĩ độ 5N - kinh độ 100E) phát triển mạnh hơn kéo dài từ kinh độ 90E đến kinh độ 119E (Hình 1.a). Ngày 14-12-1998 các tâm áp thấp bị thu hẹp lại.

Kết quả dự báo cho hai áp thấp rõ rệt có tâm ở các vị trí (vĩ độ 9N - kinh độ 100E), (vĩ độ 5S - kinh độ 135E). Tại vị trí áp thấp có tâm ở vĩ độ 5S và kinh độ 135E ngày 14-12-1998 là một vùng thấp áp (Hình 1.b).

b. Địa thế vị mực 500mb (hình 2)

Ngày 13-12-1998 tồn tại một cao áp có tâm ở vĩ độ 22N - kinh độ 138E (Hình 2.a). Ngày 14-12-1998 cao áp dịch chuyển về phía đông nam miền dự báo tâm áp cao ở vị trí vĩ độ 20N - kinh độ 150E (Hình 2.c). Kết quả dự báo cho một cao áp có

tâm lấn xuống phía nam hơn ngày 13-12-1998, tâm cao áp nằm ở vĩ độ 20N - kinh độ 135E (Hình 2.b).

c. Trường tốc độ gió $u(m/s)$ mặt biển

Ngày 13-12-1998 có các trung tâm gió cực đại với tâm ở vĩ độ 50N - kinh độ 180E và vĩ độ 17N-kinh độ 189E. Ngày 14-12-1998 các trung tâm gió cực đại dịch chuyển về phía đông nam miền dự báo và tâm ở vĩ độ 41N, kinh độ 195E và vĩ độ 12N, kinh độ 200E. Kết quả dự báo cho một trung tâm gió cực đại ở vĩ độ 32N-kinh độ 190E, so với ngày 13-12 trung tâm gió cực đại dịch chuyển về phía nam miền dự báo; khu vực khác của miền dự báo tốc độ gió phân bố đều gần như trường thực.

d. Trường tốc độ gió $v(m/s)$ mặt biển

Ngày 13-12-1998 có trung tâm gió cực đại với tâm ở vĩ độ 33N - kinh độ 192E. Ngày 14-12-1998 trung tâm gió cực đại dịch chuyển về phía đông nam miền dự báo. Kết quả dự báo cho một trung tâm gió cực đại với tâm ở vĩ độ 22N-kinh độ 100E, so với ngày 13-12-1998 trung tâm gió cực đại dịch chuyển về phía nam miền dự báo.

đ. Đánh giá kết quả dự báo

Để đánh giá kết quả dự báo của mô hình chúng tôi đã tính hệ số tương quan giữa biến động trường địa thế vị dự báo và giá trị biến động thực. Công thức tính hệ số tương quan r được xác định như sau:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (\delta H_t)_i * (\delta H_{db})_i}{N \delta_t \delta_{db}}$$

Trong đó:

$$(\delta H_t)_i = (H_t - H_{bd})_i$$

$$(\delta H_{db})_i = (H_{db} - H_{bd})_i$$

$$(\delta H_t)_i = (\delta H_t - \delta \bar{H}_t)_i$$

$$(\delta H_{db})_i = (\delta H_{db} - \delta \bar{H}_{db})_i$$

$$\delta_t = \sqrt{\sum_{i=1}^N (\delta H_t - \delta \bar{H}_t)_i / N}$$

$$\delta_{db} = \sqrt{\sum_{i=1}^N (\delta H_{db} - \delta \bar{H}_{db})_i / N} \quad [4]$$

Bảng 1 là hệ số tương quan ở các mực (r_1 là hệ số tương quan khi sử dụng tất cả các giá trị dự báo kể cả giá trị đường biên; r_2 là hệ số tương quan khi chỉ sử dụng các giá trị miền dự báo khi cắt bỏ đường biên ngang 123 điểm và đường biên dọc

Bảng 1.

Mức	Mặt đất	850mb	700mb	500mb	300mb	100mb
r1	0,26	0,29	0,30	0,32	0,39	0,40
r2	0,43	0,46	0,52	0,58	0,76	0,76

Bảng 1 cho thấy dự báo cho khu vực trung tâm miền dự báo có kết quả tốt hơn rất nhiều so với toàn khu vực và các giá trị biên ảnh hưởng rất lớn đến kết quả dự báo.

Từ kết quả các dự báo có một số nhận xét sau:

Kết quả dự báo đã phản ánh được xu thế phát triển thực tế của trường địa thế vị, trường gió về vị trí cũng như cường độ của các tâm khí áp, tâm gió cực đại. Địa thế vị các mức trên cao (500mb, 300mb) có kết quả dự báo tốt hơn các mức ở dưới (850mb). Trường gió mức trên cao (300mb) cho kết quả dự báo tốt hơn mức dưới (mặt biển). Các trường địa thế vị, trường áp suất mặt biển và trường gió dự báo được thấp hơn so với trường thực, đây là sai số hệ thống của mô hình, việc khắc phục nhược điểm này là dễ dàng.

Mức mặt biển, 850mb và 700mb các hệ thống khí áp di chuyển về phía đông miền dự báo, khu vực xích đạo là các dải áp thấp thể hiện rõ rệt trên số liệu thực và kết quả dự báo.

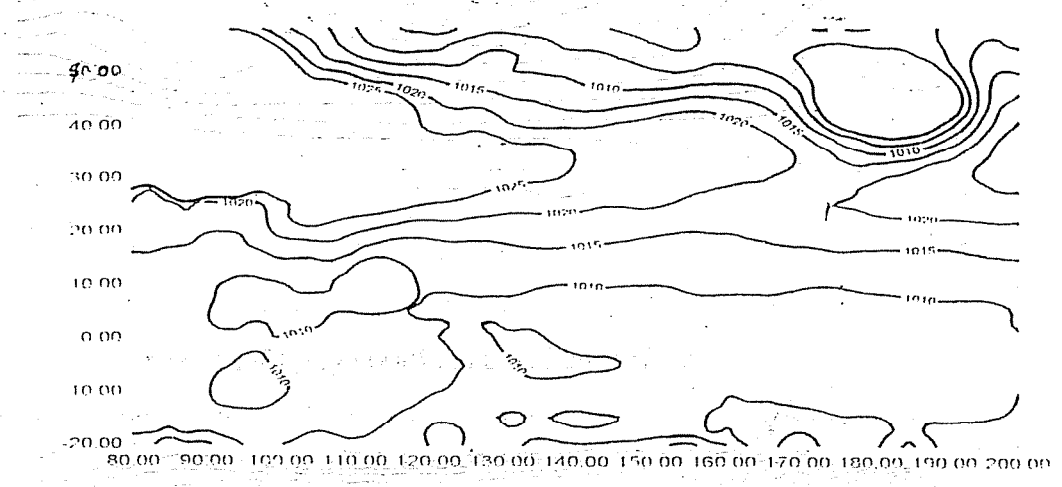
Trên mức 500mb, 300mb và 100mb dự báo được các hệ thống khí áp ở khu vực trung tâm nhưng qui mô rộng hơn so với thực tế.

Kết quả dự báo bước đầu đã phản ánh được hình thế thời tiết sau 24 h khá tốt đối với khu vực trung tâm miền dự báo. Như vậy, có thể hoàn thiện mô hình để dùng trong công tác nghiên cứu dự báo thời tiết cho khu vực Việt Nam. Công trình được hoàn thành với sự hỗ trợ của chương trình nghiên cứu cơ bản cho đề tài 7.5.1.

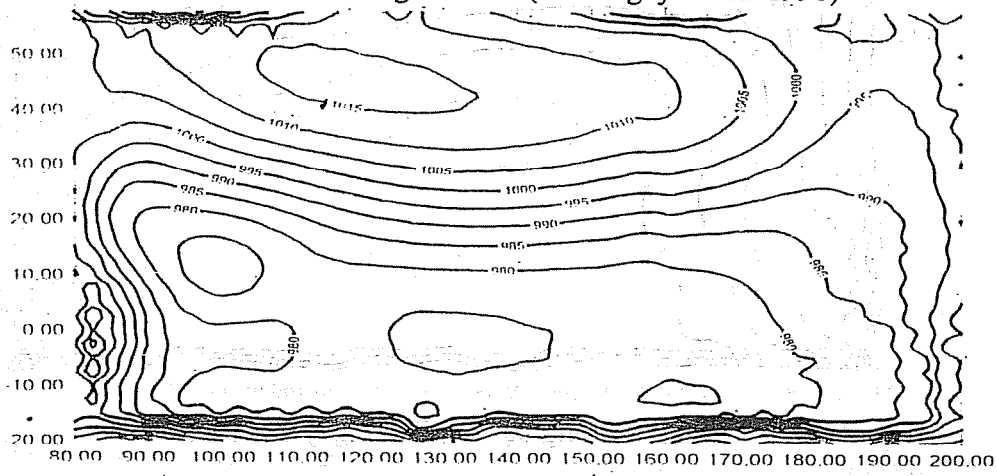
Tài liệu tham khảo

1. Trần Tân Tiến. Dự báo thời tiết bằng phương pháp số trị.- NXB ĐHQG, Hà Nội, 1998.
2. Eai khotman. Khí tượng động lực học.- NXB KTTV, 1994 (Sách dịch).

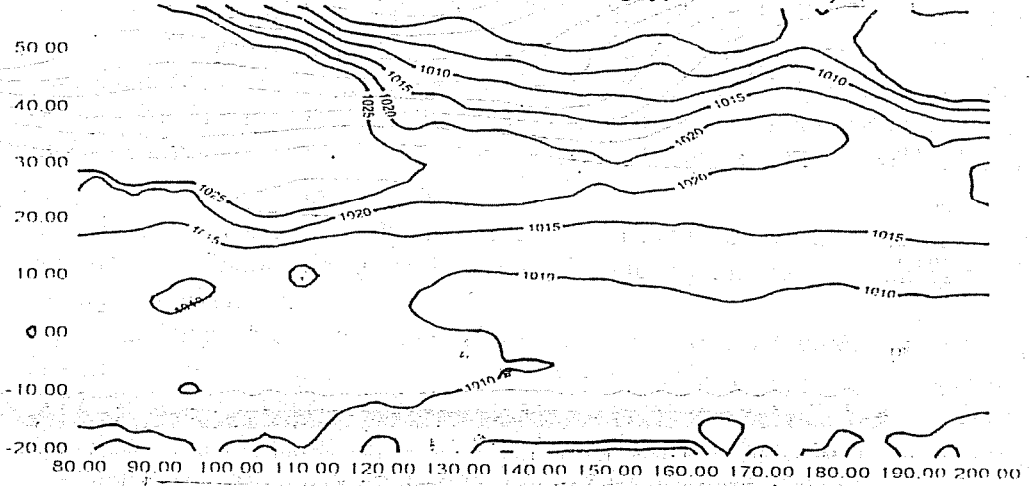
Hình 1. Trường áp suất mặt biển



1a. Trường ban đầu (7h00 ngày 13-12-1998)

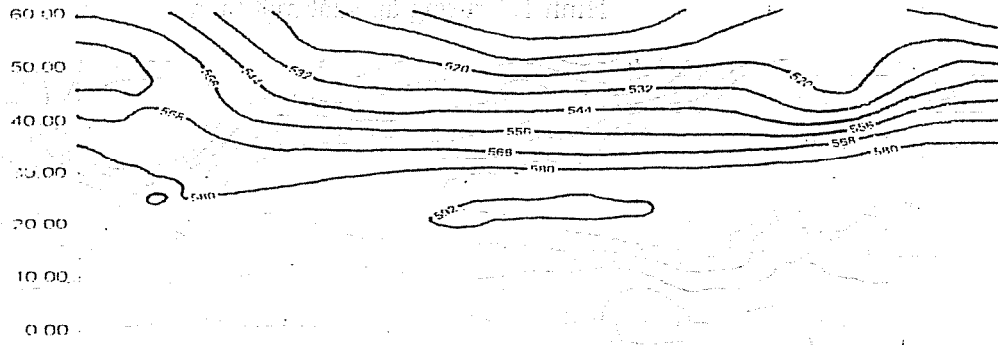


1b. Trường dự báo (7h00 ngày 14 -12-1998)

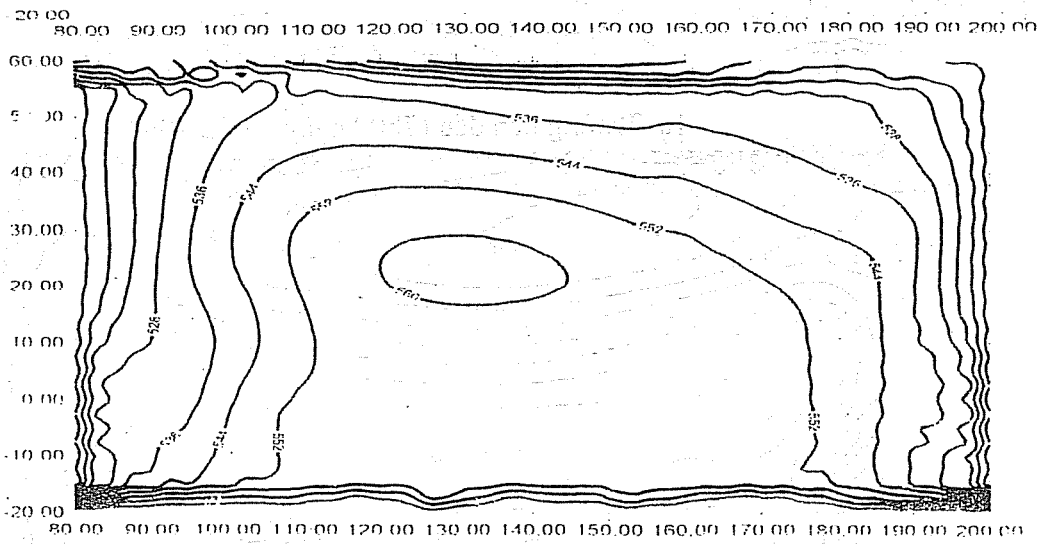


1c. Trường áp suất mặt biển 7h00 ngày 14 -12-1998

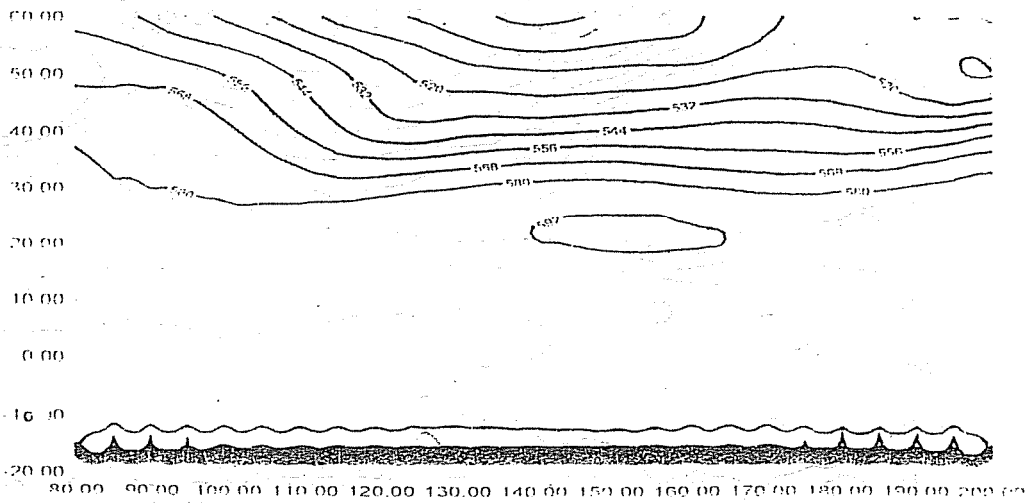
Hình 2. Trường địa thế vị mặt 500mb



2a. Trường ban đầu (7h00 ngày 13-12-1998)



2b. Trường dự báo 7h00 ngày 14 -12-1998



2c. Trường địa thế vị mặt 500mb 7h00 ngày 14 -12-1998