

# MÔ HÌNH QUI MÔ VỪA MỘT TẦNG DỰ TÍNH CÁC YẾU TỐ KHÍ TƯỢNG TRÊN MẶT BIỂN VÀ ẢNH HƯỞNG NGUỒN NHIỆT ĐẾN KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

PTS. NGÔ NGỌC THẠCH

Cục Dự báo KTTV

Bên cạnh các mô hình số trị thủy động lực nhiều tầng dự báo các yếu tố khí tượng, các mô hình qui mô vừa cho tầng thấp cũng được phát triển [3.5]. Các mô hình này có những ưu điểm sau :

- So với mô hình nhiều tầng, chúng đơn giản hơn, có thể dễ dàng thực hiện trên các hệ máy tính AT, XT.

- Có thể xây dựng mô hình trên các mạng lưới có bước lưới rất tinh mà không vượt quá khả năng cho phép của hệ máy tính AT, XT.

- Trong mô hình có thể nghiên cứu khảo sát các hiệu ứng của địa hình, hiệu ứng nhiệt, trạng thái của khí quyển ( ổn định hoặc bất ổn định) v.v.. lên các kết quả dự tính.

Trong bài báo này chúng tôi giới thiệu một mô hình qui mô vừa dự tính các yếu tố gió ( $u, v$ ), khí áp mặt biển, nhiệt độ không khí trên mặt biển dựa trên hệ phương trình đầy đủ với các giả thuyết cho các quá trình qui mô vừa. Phân tích các kết quả tính toán với các giả thiết về nguồn nhiệt khác nhau. Trên cơ sở đó có thể khảo sát về khả năng dự tính của mô hình, tạo điều kiện xây dựng các mô hình qui mô vừa cho vùng biển. Mô hình này cung cấp hướng gió, nhiệt độ không khí và khí áp tại các điểm nút điều hòa, mở ra khả năng hiện thực hóa cho các mô hình dự báo sóng, nước dâng v.v.

## 1. Cơ sở lý thuyết của mô hình

Trong khí quyển, hiệu ứng của phần lớn các quá trình vật lý xảy ra ở tầng thấp đối lưu ngược với hiệu ứng của chúng khi xảy ra ở tầng cao đối lưu: còn ở tầng trung thì không có ảnh hưởng nhiều. Mặc dù phải rất thận trọng khi ngoại suy các quá trình qui mô sinop cho các quá trình qui mô vừa, vẫn có thể xây dựng mô hình một tầng cho mức mà ở đó sự thay đổi khí áp bằng không. Như vậy ta có thể đưa ra giả thiết rằng ở độ cao  $H$  nào đó, trường khí áp qui mô vừa sẽ không bị ảnh hưởng bởi mặt đất ở phía dưới. Nếu  $P(H)$  được giả định là không đổi thì từ phương trình thủy tĩnh học chúng ta có thể nhận được tốc độ thay đổi khí áp mặt đất  $P_s$  theo công thức sau :

$$\frac{\partial \ln P_s}{\partial z} = -\frac{g}{R} \int_0^H \frac{1}{T^2} \frac{\partial T}{\partial z} dz \quad (1.1)$$

ở đây  $z$  là độ cao so với mặt đất,  $g$  - gia tốc trọng trường,  $R$  - hằng số khí và  $T$  - nhiệt độ tuyệt đối của không khí. Nếu  $T$  bị ảnh hưởng bởi bề mặt đất thì  $P$  cũng sẽ bị biến đổi.

Nếu biến đổi  $\frac{\partial T}{\partial z}$  thành  $\frac{\partial \Theta}{\partial z}$  ( $\Theta$  - nhiệt độ thế vị) với một số giả thiết thích hợp theo

phương thức đánh giá bậc đại lượng ta sẽ thu được biểu thức gần đúng sau :

$$\frac{1}{T} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \approx \frac{1}{\Theta} \cdot \frac{\partial \Theta}{\partial t} \quad (1.2)$$

Công thức (1.2) chỉ đúng một cách chặt chẽ khi  $P$  không đổi theo thời gian. Qua nó công thức (1.1) có thể được viết lại dưới dạng :

$$\frac{\partial \ln P_s}{\partial t} = - \frac{g}{R} \int_0^H \frac{1}{T \Theta} \frac{\partial \Theta}{\partial t} dz \quad (1.3)$$

Thông thường  $\Theta$  tăng theo độ cao, còn  $T$  giảm theo độ cao. Như vậy nếu  $H$  đủ nhỏ thì chúng ta có thể giả thiết rằng tích  $T \cdot \Theta$  không đổi và thay chúng bằng  $T_s \cdot \Theta_s$ . Do đó có thể thiết lập công thức mới, cũng để tính sự thay đổi trường khí áp tại mặt đệm, dưới dạng :

$$\frac{\partial \ln P_s}{\partial t} = - \frac{g}{R \cdot T_s \cdot \Theta_s} \int_0^H \frac{\partial \Theta}{\partial t} dz \quad (1.4)$$

Để tính trường  $\Theta_s$  trên mặt đệm ta sử dụng định luật thứ nhất của Newton về nhiệt động học dưới dạng :

$$\frac{\partial \Theta_s}{\partial t} = - V \cdot \nabla \Theta_s + K_r T \nabla^2 \Theta_s + Q \quad (1.5)$$

ở đây  $V$  - gió bě mặt,  $\nabla$  - toán tử gradien nằm ngang,  $K_r$  - hệ số loạn lưu nhiệt ngang và  $Q$  - nguồn nhiệt gây ra sự biến đổi  $\Theta_s$ . Gió trên mặt đệm (ở mức độ gió) được tính từ phương trình sau

$$\frac{\partial V}{\partial t} = - V V V - (g \nabla Z_s \hat{E} + R T_s \nabla \ln P_s) - f_{kx} V + F + K_m \nabla^2 V \quad (1.6)$$

ở đây  $Z_s$  - độ cao địa hình mặt đệm,  $f$  - lực Cloiolis,  $F$  - ma sát bě mặt,  $K_m$  - hệ số loạn lưu ngang,  $\nabla^2$  - toán tử Laplace.

Trong phương trình (1.5),  $Q$  là nguồn nhiệt bất ổn định gây ra sự biến đổi  $\Theta_s$  - dẫn đến sự thay đổi  $P_s$ . Nguồn nhiệt này có thể bao gồm sự thay đổi nhiệt độ do bức xạ, do sự tương tác giữa mặt đệm với tầng khí quyển thấp v.v.. Nguồn nhiệt này có thể là âm ( $Q < 0$ ) làm không khí lạnh đi và có thể là dương ( $Q > 0$ ) làm không khí được nung nóng. Giả dụ không khí bị nung nóng lên một lượng nhiệt độ là  $\Delta T$  trong một khoảng thời gian  $t$  khi đó :

$$Q = \frac{\Theta_s \Delta T}{T_s \cdot t} \quad (1.7)$$

$\frac{\Theta_s}{T_s}$  để chuyển đổi  $\frac{\partial T_s}{\partial t}$  thành  $\frac{\partial \Theta_s}{\partial t}$ . Để tính  $H$  (cần cho phương trình (1.3)) đã sử dụng công thức :

$$H = \frac{\Delta T}{(\gamma_a - \gamma)} \quad (1.8)$$

khi  $\Delta T > 0$ ,  $\gamma$  là gradien nhiệt độ trung bình ở tầng khí quyển tự do (tầng 700 - 850

mb),  $\gamma_a$  - gradien nhiệt độ đoán nhiệt. Đối với  $\Delta T \leq 0$ . H được tính theo công thức của Laikhtman (1961) do Hanna biến đổi đi (1969).

$$H = \frac{0.75 V_g}{\left( \frac{g}{T} \cdot \frac{\Delta \Theta}{H} \right)^{\frac{1}{2}}} \quad (1.9)$$

ở đây:  $\Delta \Theta = \frac{\Theta}{T} [-\Delta T + H(\gamma_u - \gamma)]$  (1.10)

là sự gia tăng  $\Delta \Theta$  từ  $Z_s$  đến H. Khi sử dụng biểu thức (1.9) sẽ giới hạn trong điều kiện ổn định ( $\Delta \Theta > 0$ ). Điều kiện này gần như luôn được thoả mãn trong điều kiện thực tế. Để sử dụng được phương trình (1.4) chúng ta đặt

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} = \frac{\partial \Theta_s}{\partial t} \cdot \left( \frac{H - Z_s}{H} \right) \quad (1.11)$$

Như vậy hệ phương trình (1.4), (1.5), (1.6) với các giả thiết (1.7), (1.8), (1.9) và (1.11) là hệ phương trình đã được khép kín. Nó sẽ được tích phân để khảo sát ảnh hưởng của các quá trình vật lý lên kết quả tính toán, thử nghiệm các kỹ thuật tính toán như điều kiện biên trong hệ mạng lưới lồng v.v.

## 2. Cấu trúc của mô hình

### 2.1 Mạng lưới và điều kiện biên

Mô hình trên được xây dựng trên một mạng lưới với bước  $\Delta x = \Delta y = 1,25''$  từ  $95^{\circ}\text{E}$  đến  $150^{\circ}\text{E}$  và từ  $10^{\circ}\text{N}$  đến  $35^{\circ}\text{N}$ . Mạng lưới này được lồng trong mạng lưới với bước lưới  $\Delta x = \Delta y = 2,5''$ . Trên mạng lưới thô, hệ phương trình (1.4), (1.5), (1.6) được phân tích với giả thiết  $\gamma = 0$  và  $Q = 0$ . Kết quả tích phân được trên mạng lưới thô chỉ nhằm mục đích cung cấp điều kiện biên theo thời gian cho mạng lưới tinh. Còn điều kiện

biên cho mạng lưới ngoài là điều kiện biên cứng nghĩa là:  $\frac{\partial \Theta_s}{\partial t} = \frac{\partial V}{\partial t} = \frac{\partial \ln P}{\partial t} = 0$

Điều kiện biên theo thời gian cho mạng lưới tinh là điều kiện "xác định bôi" nghĩa là bản thân các yếu tố  $\Theta_s$ ,  $V$ ,  $\ln P$  trong mỗi bước thời gian đều được nội ngoại suy cho vùng biên của mạng tinh theo công thức nội ngoại suy tuyến tính giản đơn. Để đảm bảo điều kiện ổn định cho sơ đồ tính, chúng tôi đã tính các giá trị ở hàng (hoặc cột) thứ hai của mạng lưới tinh theo công thức trung bình giữa biên và hàng (hoặc cột) thứ ba. Kết quả tính toán khá ổn định không xuất hiện các sóng nhiễu loạn do thay đổi quy mô của các quá trình tích phân. Kết quả này phù hợp với các kết quả phân tích ở [4, 6].

### 2.2 Các công thức sai phân

Các công thức sai phân theo không gian được sử dụng ở đây là công thức sai phân trung tâm với độ chính xác bậc  $[\Delta s^2]$ . Cụ thể đối với các đại lượng sau:

$$\frac{\partial S}{\partial s} = \frac{1}{2} \left[ \frac{\alpha(S) + \alpha(S + \Delta s) \beta(S + \Delta s) - \beta(S)}{\Delta s} + \frac{\alpha(S - \Delta s) + \alpha(S) \beta(S) - \beta(S - \Delta s)}{\Delta s} \right] \quad (2.1)$$

ở đây  $\alpha, \beta$  là bất kỳ yếu tố khí tượng nào,  $S$  - hướng đạo hàm,  $\Delta s$  - bước lưới. Còn đối với

$\frac{\partial \beta}{\partial S}$  sử dụng sai phân trung tâm, nghĩa là :

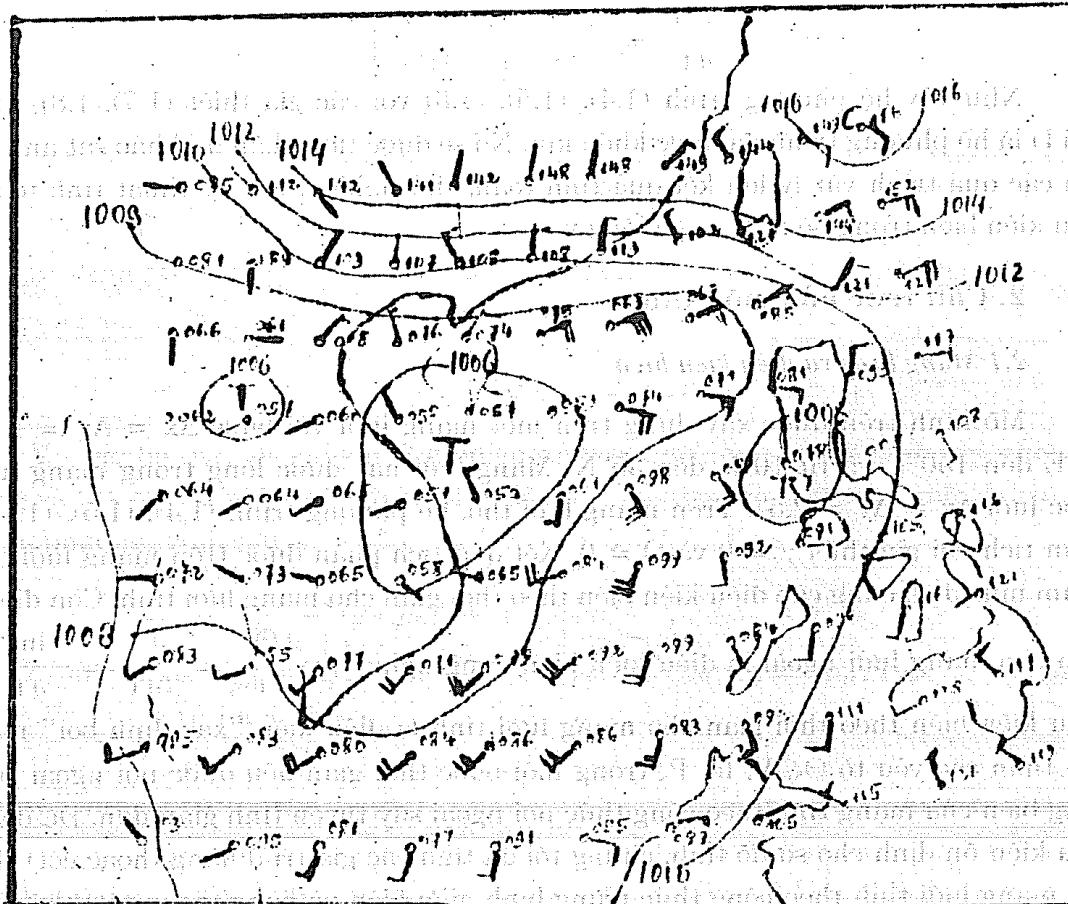
$$\frac{\partial \beta}{\partial S} = \frac{\beta(S + \Delta S) - \beta(S - \Delta S)}{2\Delta S} \quad (2.2)$$

Đối với toán tử Laplace ( $\nabla^2$ ) sử dụng công thức sai phân năm điểm

$$\nabla^2 \beta = \frac{\partial^2 \beta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \beta}{\partial y^2} = \frac{\beta(x + \Delta x) + \beta(x - \Delta x) + \beta(y + \Delta y) + \beta(y - \Delta y) - 4\beta(x, y)}{\Delta x \Delta y} \quad (2.3)$$

Tích phân theo thời gian được thực hiện theo sơ đồ sai phân trung tâm sau:

$$\beta(t + \Delta t) = \beta(t - \Delta t) + 2\Delta t \frac{\beta(t)}{\Delta t} \quad (2.4)$$



### 3. Điều kiện thử nghiệm và kết quả

Trong phương trình (1.6) hàm F ma sát bề mặt đã được tính theo công thức sau :

$$F = -C_D g \rho_s |V_s| \vec{V}_s \quad . \quad (3.1)$$

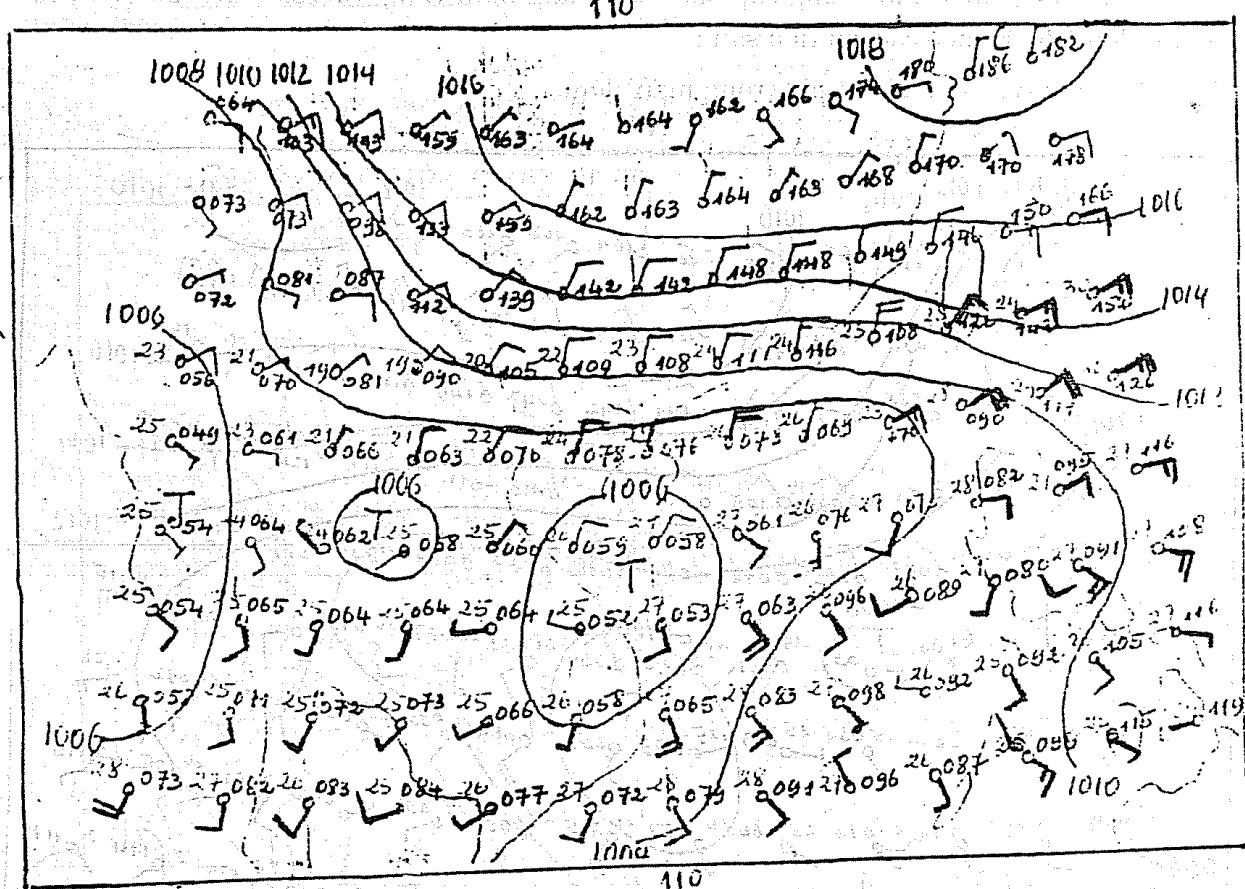
$\vec{V}_s$ - véc tơ gió trên bề mặt,  $|V_s|$  - módun tốc độ gió,  $\rho_s = \frac{P_s}{RT_s}$  - mật độ không khí và  $C_D$ - hệ số ma sát.

Vì vùng lãnh thổ tính toán nằm từ  $95^{\circ}\text{E}$  đến  $150^{\circ}\text{E}$  và từ  $10^{\circ}\text{N}$  đến  $35^{\circ}\text{N}$  nên mặt đệm bao gồm cả vùng đất liền và đại dương. Do vậy, giá trị  $C_D$  đã được xác định khác nhau trên những mặt đệm khác nhau. Nếu mặt đệm là mặt đất thì giá trị  $C_D$  được nhận là giá trị cố định và  $C_D \approx 0,005$ . Tại các điểm trên mặt biển,  $C_D$  là một hàm phụ thuộc vào tốc độ gió theo các biểu thức sau [2].

$$C_D \equiv C_{D0} \text{ nếu } |V_s| < 5,8 \text{ m/s} \quad (C_{D0} = 1,25 \cdot 10^{-3})$$

$C_D \equiv C_{D0} (0,74 + 0,036 |V_s|)$  nếu  $5,8 \text{ m/s} \leq |V_s| < 16,8 \text{ m/s}$

$$\text{và } C_D = C_{D_0}(0,94 + 0,046 |V_s|) \text{ nếu } |V_s| \geq 16,8 \text{ m/s} \quad (3.2)$$



Hình 3.2a. Hạn dư báo 12h theo phương án 2.1

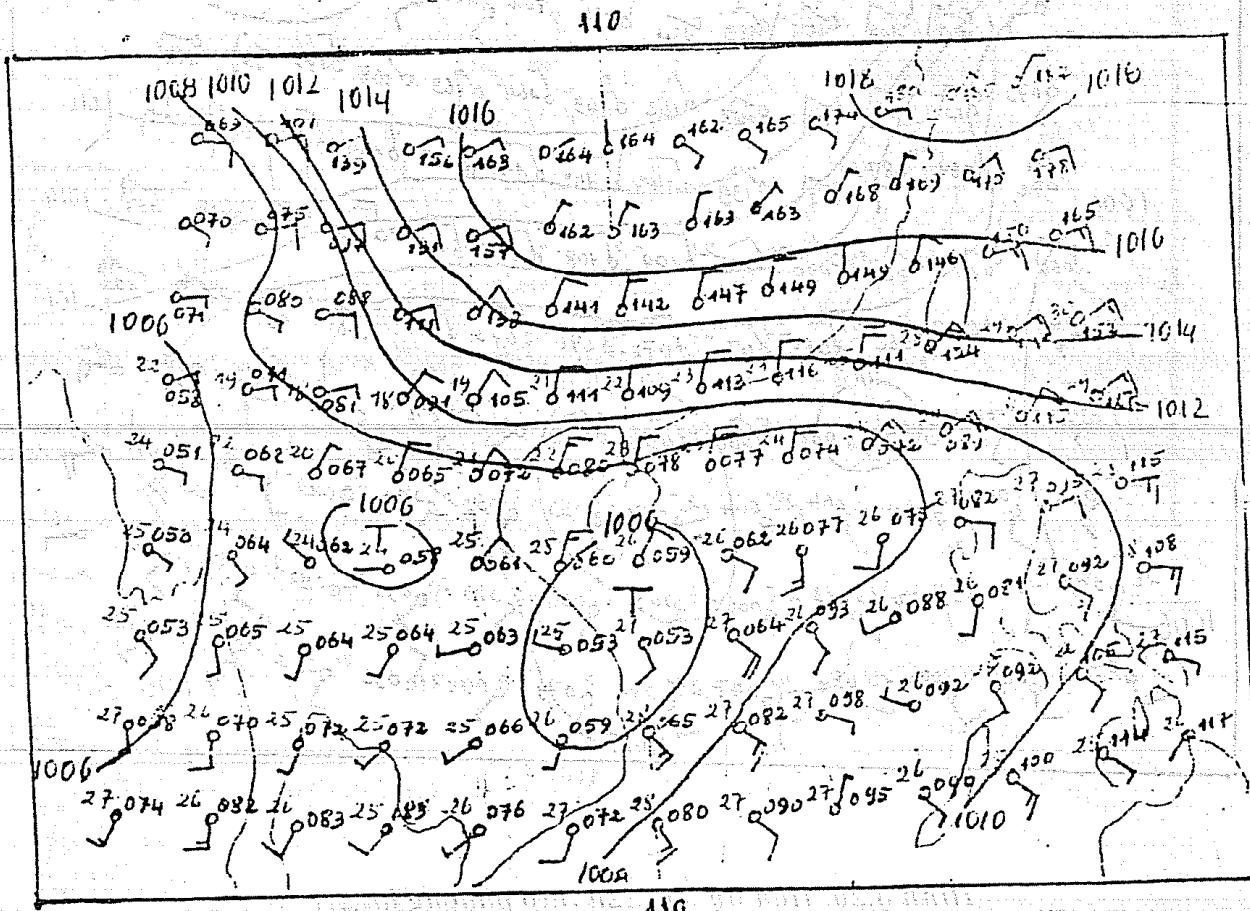
Số hai chữ số ở bên trái điểm nút là nhiệt độ (các ký hiệu khác nhau xem hình 3.1)

Trong phương trình (1.6) thành phần  $\nabla Z_s$  ở vế phải mô tả sự ảnh hưởng của địa hình địa phương lên các thành phần u,v. Địa hình có tác động mạnh lên kết quả dự báo ở các vùng đồng bằng, vùng núi xen kẽ, vùng đồi núi, vùng tiếp giáp đất biển nơi địa hình phức tạp. Song dối với những vùng khơi xa, ảnh hưởng địa hình không đáng kể. Trong phương án thử nghiệm ở đây chúng tôi quan tâm đến kết quả dự tính trên vùng biển và ảnh hưởng nguồn nhiệt lên kết quả đó. Do vậy đã giả định  $\nabla Z_s = 0$  trên toàn vùng dự báo. Tuy nhiên hạn chế này sẽ được khắc phục ở các phương án thử nghiệm sau.

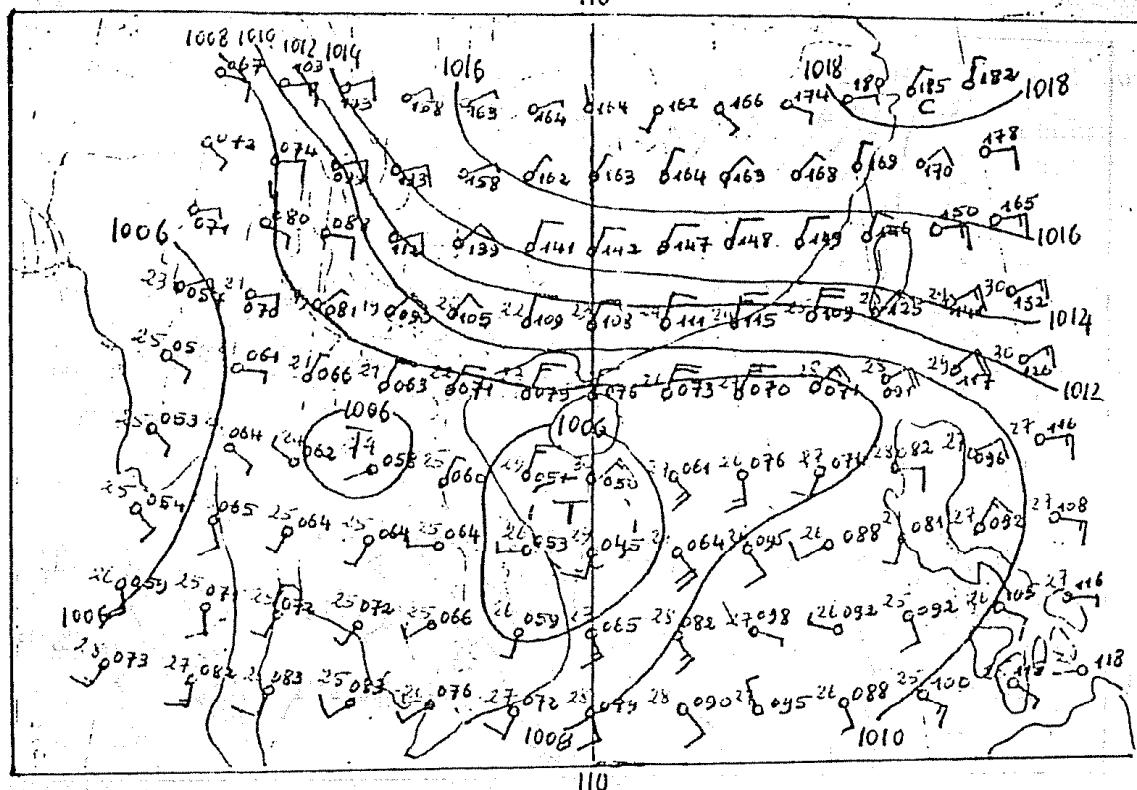
Để tính đến nguồn nhiệt chúng tôi đã so sánh các kết quả tính toán với các giả thiết sau :

1. Không có nguồn nhiệt trên toàn vùng dự báo  $Q = 0$ .
2. Nguồn nhiệt được cung cấp cho một vùng xác định từ  $13,75^\circ$  đến  $20^\circ\text{N}$  và từ  $107,5^\circ\text{E}$  đến  $112,5^\circ\text{E}$  theo các chỉ tiêu sau :
  - 2.1. Với  $\Delta T = 0,42^\circ\text{C}/1\text{ giờ}$  trong suốt 24 giờ.
  - 2.2. Với  $\Delta T = 0,62^\circ\text{C}/1\text{ giờ}$  trong thời hạn 12 giờ đầu sau đó  $\Delta T = 0,42^\circ\text{C}/1\text{ giờ}$  12 giờ tiếp theo.
3. Nguồn nhiệt được cung cấp cho toàn vùng biển Đông từ  $12,5^\circ$  đến  $20^\circ\text{N}$  và từ  $107,5^\circ$  đến  $120^\circ\text{E}$  theo các chỉ tiêu sau :

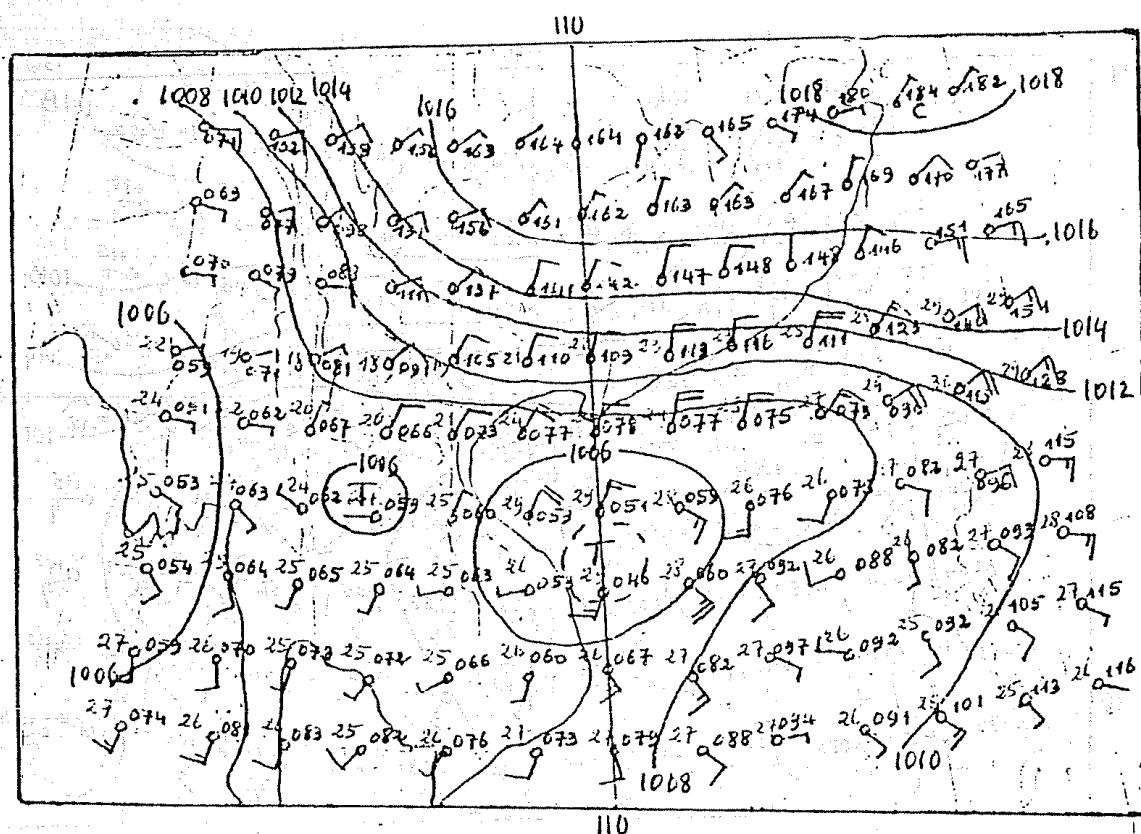
- 3.1. Với  $\Delta T = 0,42^\circ\text{C}/1\text{ giờ}$  trong ngày đêm.



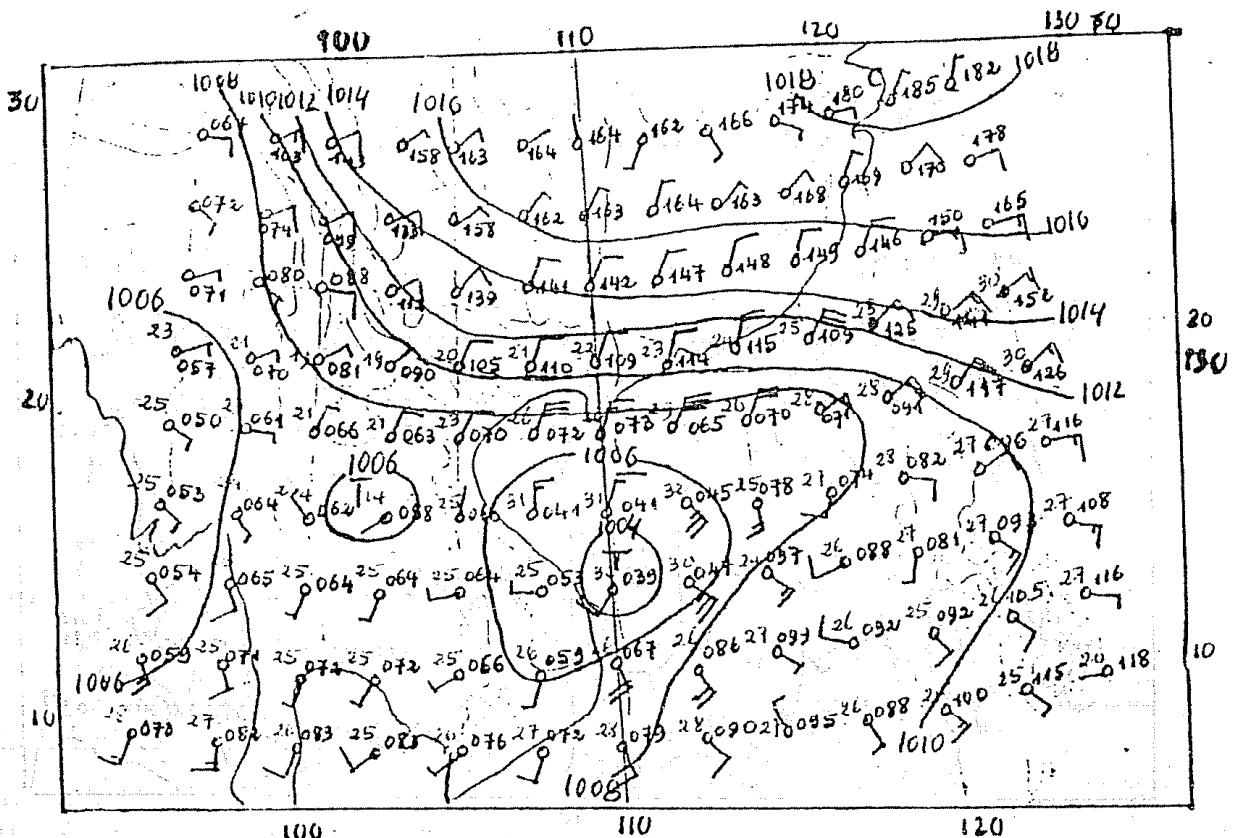
Hình 3.2b. Hạn dự báo 24h theo phương án 2.1  
(chú thích xem hình 3.2a)



Hình 3.3a Hạn dù tinh 12h theo phương án 2.1  
(chú thích xem hình 3.2a)

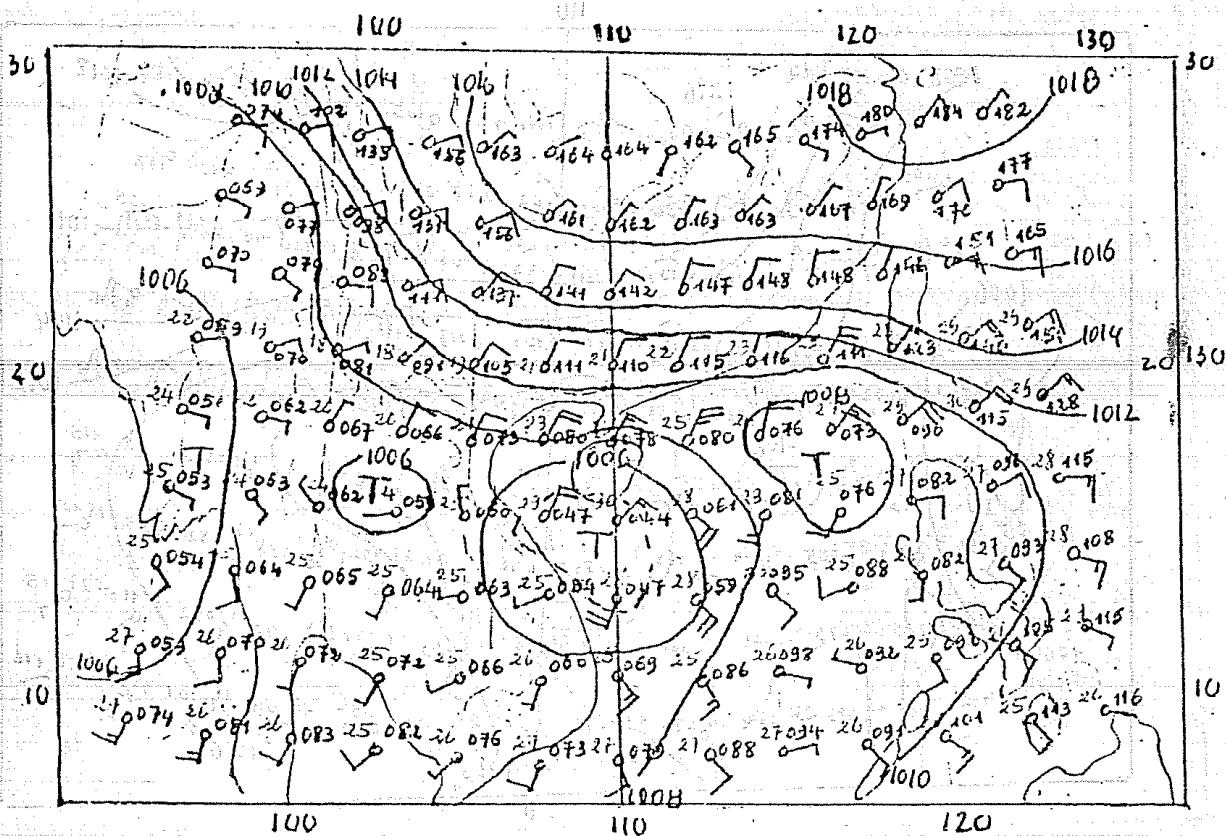


Hình 3.3b Hạn dù tinh 24h theo phương án 2.1  
(chú thích xem hình 3.2a)



Hình 3.4a Hạn dự tính 12h theo phương án 2.2

(chú thích xem hình 3.2a)



Hình 3.4b Hạn dự tính 24h theo phương án 2.2

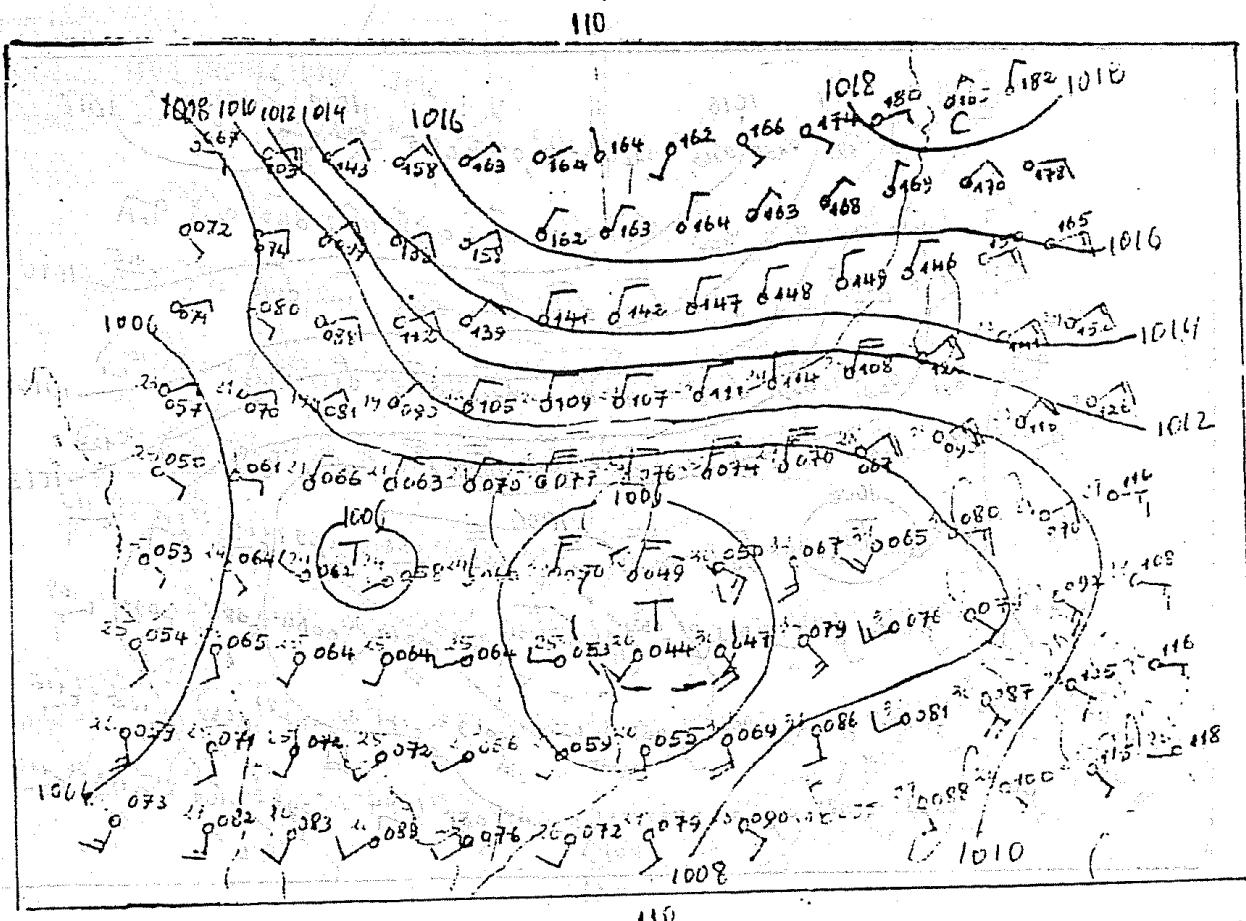
(chú thích xem hình 3.2a)

### 3.2. Với $\Delta T = 0,62^{\circ}\text{C}/1$ giờ trong ngày đêm.

Các kết quả dự tính theo các phương án trên với số liệu ban đầu xuất phát là ngày 2-X-1983 từ các kết quả thử nghiệm TOPEX cho ở hình vẽ (3.2a, b; 3.3a, b; 3.4a, b; 3.5 a, b; 3.6 a, b).

Hình 3.1 là trường gió và khí áp mặt đất phân tích được theo số liệu TOPEX cho ngày 2-X-1983 vào lúc 00h giờ GMT. Trên hình này ta phân tích được một đường đồng áp đóng kín có giá trị 1006 mb. Tâm của vùng này nằm trong khoảng  $108 - 109^{\circ}\text{E}$  và  $16-17^{\circ}\text{N}$ . Phía đông bắc có gió đông bắc mạnh ( $10 - 12\text{m/s}$ ), phía nam và đông nam ở rìa xa có gió tây nam, nam tây nam mạnh ( $10 - 12\text{m/s}$ ).

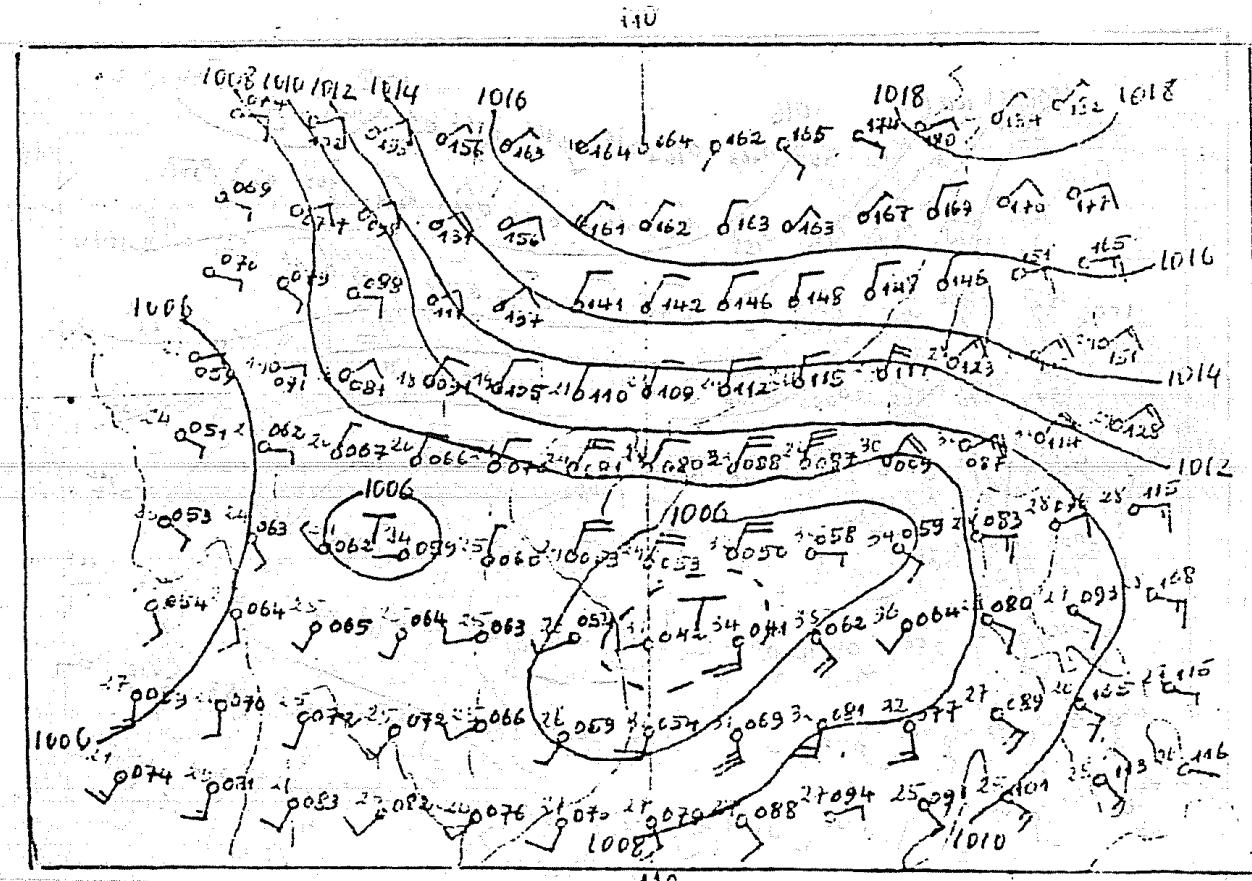
Với phương án thứ nhất nguồn nhiệt không có ( $Q = 0$ ), kết quả dự tính hạn 12h, 24h mô tả ở hình 3.2 a, b. Theo kết quả tính toán được hình thế ít thay đổi. Cấu trúc về gió trên bề mặt thay đổi không nhiều. Độ hội tụ của gió lớn hơn ở vùng  $108-109^{\circ}\text{E}$  và  $16-17^{\circ}\text{N}$ . Song về mô đun gió gần vùng thấp đó không mạnh như giá trị ban đầu. Khi nguồn nhiệt được đưa vào theo các phương án 2.1, 2.2, 3.1, 3.2 kết quả thay đổi rõ rệt (hình 3.3a, b đến 3.6a, b). Các kết quả dự tính ở hạn 12h trong mọi phương án có nguồn nhiệt đều thể hiện sự sâu xuống của vùng thấp đã được mô tả ở trên. Khi áp có thể giảm đến  $1003.3\text{mb}$  ở vĩ độ  $15^{\circ}\text{N}$  và kinh độ  $112.5^{\circ}\text{E}$  với thử nghiệm 3.2. Tốc độ gió tăng lên



Hình 3.5a: Hạn dự tính 24h theo phương án 3.1  
(chú thích xem hình 3.2a)

có thể đạt tới 12m/s (hình 3.6a). Dời gió mạnh phát triển ở phía bắc, đông bắc vùng thấp và gần tâm thấp hơn. Đồng thời  $\Delta T$  càng lớn thì sự giảm áp ở vùng thấp càng nhanh và tốc độ gió càng lớn. Một khác, sự giảm áp khi nguồn nhiệt cung cấp cho toàn vùng biển Đông từ  $12.5^{\circ}$  đến  $20^{\circ}$ N và từ  $107.5^{\circ}$  đến  $120^{\circ}$ E lớn hơn là sự giảm áp khi nguồn nhiệt cung cấp chỉ cho một vùng từ  $13.75^{\circ}$  đến  $20^{\circ}$ N và từ  $107.5^{\circ}$  đến  $112.5^{\circ}$ E.

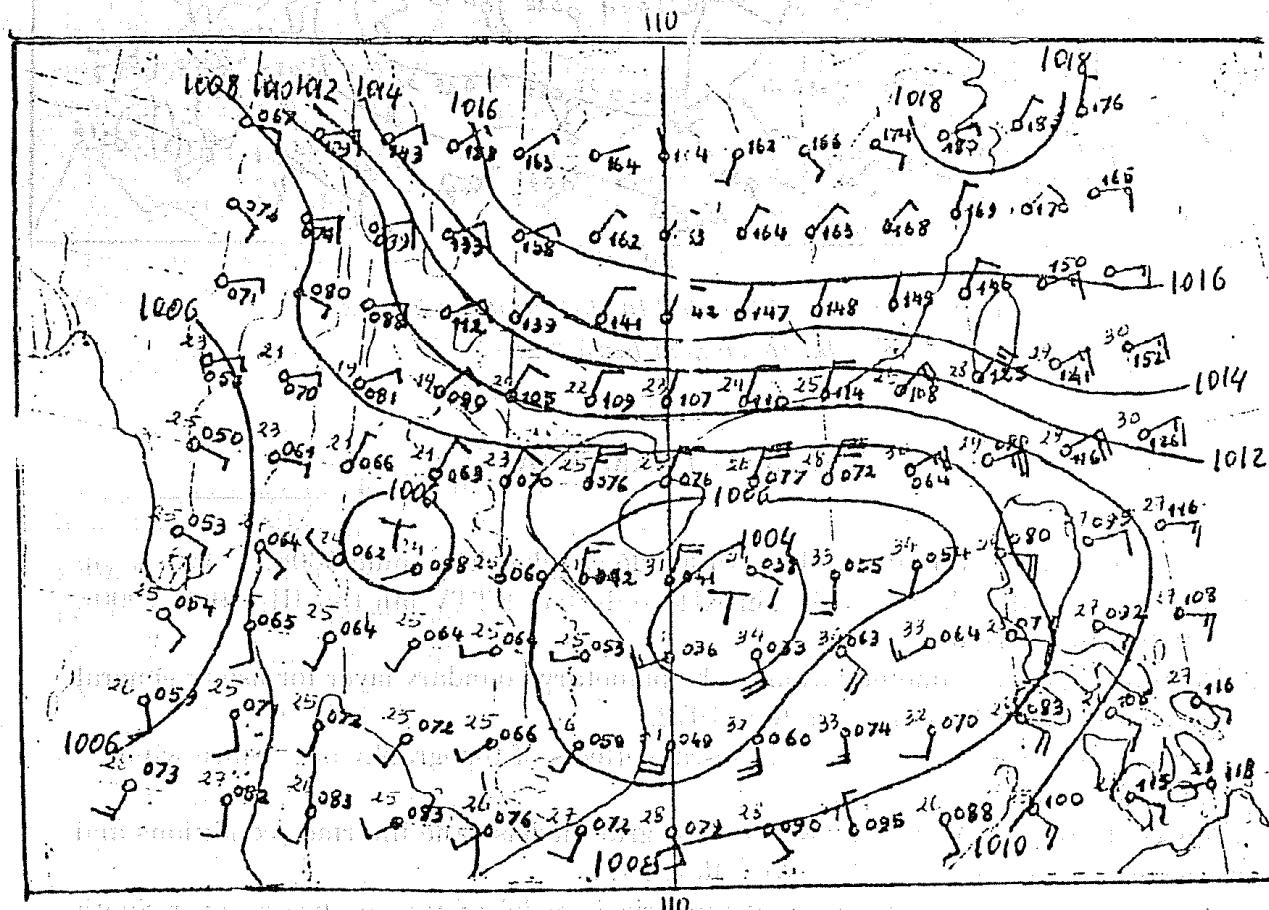
Khi chuyển sang tích phân tiếp hệ phương trình đến hạn 24h hầu hết các vùng áp thấp dày dần lên so với hạn 12h trong khi đó tốc độ và hướng gió hầu như không thay đổi. Dời gió mạnh phát hiện ở hạn 12h cũng tiếp tục tồn tại. Riêng đối với phương án thử nghiệm 3.2 khi khí quyển được nung nóng với tốc độ  $0,62^{\circ}\text{C}/\text{h}$  liên tục ngày đêm trên toàn biển Đông, khí áp tại điểm  $\lambda = 112,5^{\circ}\text{E}$ ,  $\varphi = 15^{\circ}\text{N}$ , tiếp tục giảm xuống đến 1002,8mb. Trong khi đó khí áp ở vùng xung quanh tiếp tục tăng lên, và gió cũng mạnh lên đến 14m/s (hình 3.6b). Xuất hiện một vùng nóng ở tâm áp thấp mặc dù ở các vùng lân cận nhiệt độ không đổi hoặc giảm đi đôi chút so với các kết quả thu được ở hạn 12h. Các hiện tượng kể trên có thể giải thích khi xét đến bình lưu của vùng dự tính. Khi tốc độ gió tăng thì hiệu ứng của bình lưu cũng gia tăng và một phần nào đấy đã vượt quá hiệu ứng do nguồn nhiệt gây ra. Hiệu ứng bình lưu này sẽ bị hạn chế một khi hiệu ứng địa hình được đưa vào mô hình.



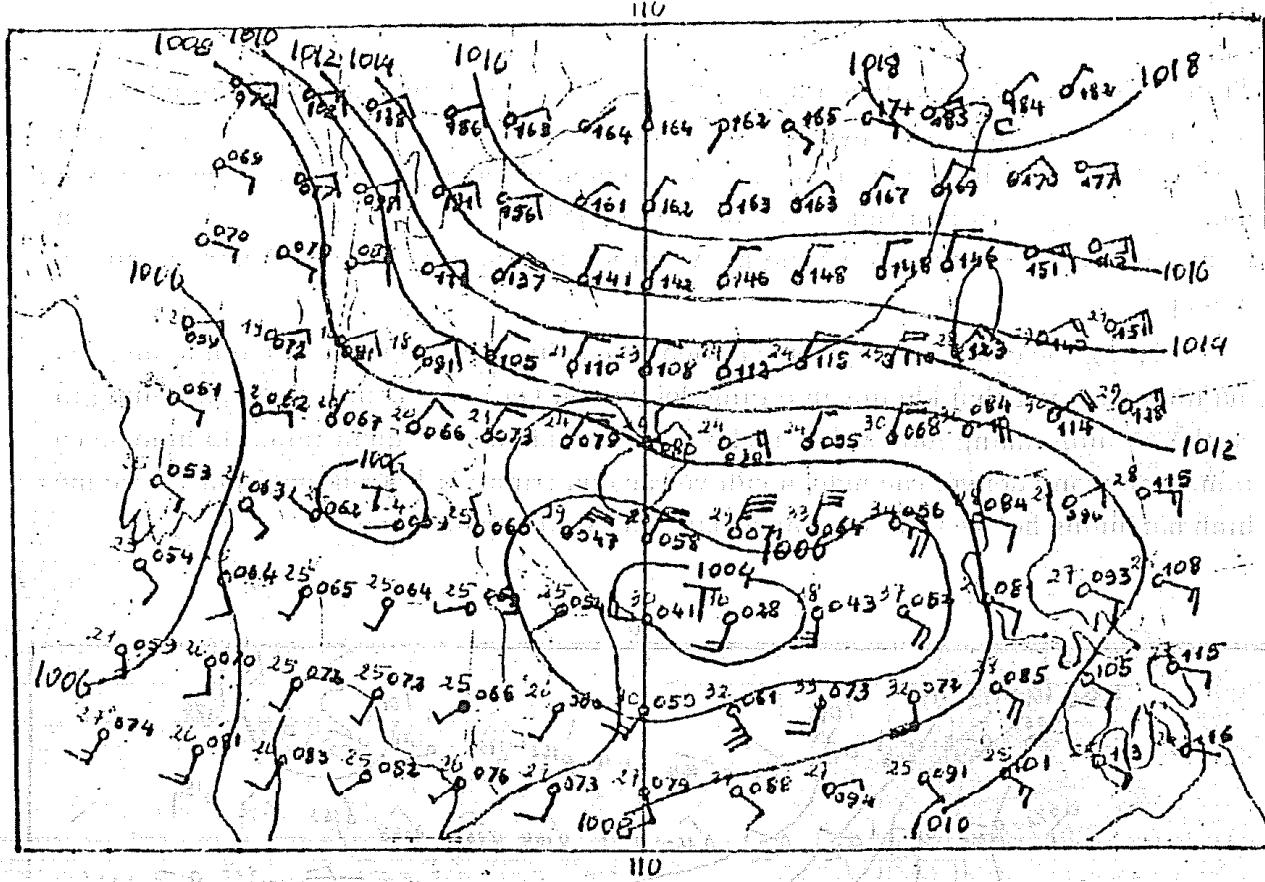
#### 4. Kết luận

Trong công trình này chúng tôi giới thiệu một mô hình quy mô vừa một tảng nhằm nghiên cứu các tác động của nguồn nhiệt, địa hình và các hiệu ứng khác lên kết quả tính toán ở hạn 12h, 24h. Nguồn nhiệt có ảnh hưởng tích cực lên sự phát triển của các vùng thấp để trở thành các xoáy thuận nhiệt đới, nhất là khi tốc độ gió còn nhỏ. Trong công trình này các nguồn nhiệt ở đây vẫn là các đại lượng giả định. Nhưng nguồn nhiệt có thể xác định được qua các phép tính hàm tương quan giữa kết quả nghiên cứu với lượng nhiệt do biển cung cấp. Mật khacle nguồn nhiệt có thể được đưa vào như một hàm của không gian phụ thuộc vào nhiệt độ nước biển. Với cách xác định này kết quả tính toán sẽ gần với thực tế và mô hình có thể áp dụng rộng rãi trong nghiên cứu và nghiệp vụ.

Trong các công trình nghiên cứu tiếp theo chúng tôi sẽ nghiên cứu ảnh hưởng của địa hình và trạng thái khí quyển ở tầng đối lưu lên kết quả dự tính. Mật khacle chúng ta có thể sử dụng mạng lưới tinh hơn cho vùng tích phân được quan tâm. Mô hình sẽ có tầm quan trọng đối với các nghiên cứu về các quá trình vật lý trên mặt đất và các mô hình hải dương học về tinh sóng, nước dâng và các quá trình ven bờ.



Hình 3.6a. Hạn dự tính 24h theo phương án 3.2  
(chú thích xem hình 3.2a)



Hình 3.6b. Hạn dự tính 24h theo phương án 3.2  
(chú thích xem hình 3.2a)

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ngô Ngọc Thạch. Mô hình dự báo trường độ cao địa thế vị mực 500hPa. Tuyển tập các báo cáo khoa học tại hội nghị KHH về dự báo KTTV lần thứ III (1986- 1990), 1990 trang 157-168.
2. Deardorff J.W., Parameterization of the planetary boundary layer for use in general circulation models. Mon. Wea. Rev. 1972.
3. Maurice D. A simple model for mesoscale effects of topography on surface winds. - Mon. Wea. Rev. 1977.
4. Miyakoda K., Rosati A. One-way nested grid models: the interface conditions and the numerical accuracy. Mon. Wea. Rev. 1977.
5. Pielke. R. A. A three-dimensional numerical model of the sea breeze over South Florida. Mon. Wea. Rev 1974
6. Panhin B.D, Ngô Ngọc Thach. Mô hình xoáy thuận nhiệt đới ba chiều: giải bằng số. Dự báo khí tượng. 1989.