

# Về một số đồ phân tích tự ba chiều trường độ cao địa thế vị (1)

KS. NGUYỄN ĐĂNG QUẾ

Trung tâm LHVX về KTND

## 1. Mở đầu

1.1. Cùng với việc phát triển các phương pháp dự báo số trị thủy động, từ những năm năm mươi, các nhà khí tượng học đã quan tâm xây dựng các phương pháp phân tích và chỉnh lý số liệu. Cho đến nay các số đồ phân tích được xây dựng chủ yếu dựa trên các phương pháp sau đây:

- a - Phương pháp điều chỉnh liên tiếp;
- b - Phương pháp đa thức;
- c - Phương pháp nội suy tối ưu;
- d - Phương pháp biến phân;
- e - Các số đồ sử dụng hồn hợp các phương pháp trên.

Phương pháp điều chỉnh liên tiếp được đưa ra năm 1955 tại Thụy Điển, sau đó đã được nhiều nước khác sử dụng.

Các số đồ thuộc loại thứ hai được phát triển rất đa dạng dựa trên sự đa dạng của các hàm toán học được sử dụng để khai triển trường các yếu tố cần phân tích. Phương pháp này được Panovsky đề xuất và sau đó đã được nhiều tác giả sử dụng. Cũng thuộc loại thứ hai này cần phải kể đến số đồ phân tích phổ. Ưu điểm nổi bật của phương pháp này, trừ số đồ, là sử dụng tương đối ít giờ máy tính, song kết quả còn phụ thuộc nhiều vào hàm toán cụ thể được sử dụng để khai triển trường.

Ngày nay các số đồ thuộc loại thứ ba được sử dụng rộng rãi nhất. Ưu điểm nổi bật của nó là có tính đến đặc trưng thống kê của trường cần phân tích. Cơ sở lý thuyết của phương pháp nội suy tối ưu do Gandin L.S. đưa ra năm 1963. Đã có nhiều số đồ phân tích trên cơ sở phương pháp này được sử dụng trong nghiệp vụ. Đặc biệt trên cơ sở của phương pháp này, một số số đồ phân tích đồng thời nhiều yếu tố cũng được xây dựng và sử dụng trong nghiệp vụ.

Các số đồ phân tích trên cơ sở ba phương pháp trên đây đã được sử dụng trong nghiệp vụ chủ yếu tại các nước vùng vĩ độ cao và trung bình. Theo kết quả so sánh thì ở vùng có số liệu đủ dày, ba phương pháp trên cho kết quả xấp xỉ nhau. Đó là một trong những đặc điểm cần lưu ý trong khi lựa chọn phương pháp để xây dựng số đồ phân tích cho vùng địa lý mà ta quan tâm.

1.2. Với mục đích xây dựng một số đồ phân tích cho vùng nhiệt đới, ngoài việc lựa chọn phương pháp thích hợp, cần quan tâm giải quyết một số khó khăn phức tạp sau đây:

a) Mạng trạm quan trắc quá thưa thớt, nhất là trên các vùng biển và đại dương bao la. Do vậy tại đây cần đặc biệt lưu ý đến việc sử dụng các nguồn thông tin phụ thu được từ vệ tinh khí

(1) Theo chiều thẳng đứng chỉ giới hạn trong một số điểm rời rạc - các mục đằng áp chuẩn.

tượng, máy bay, tàu biển, phao tự động. Các loại số liệu này phần lớn có độ chính xác thấp hơn so với các loại số liệu do được trên các trạm quan trắc thông thường.

b) Ở vùng nhiệt đới, độ biến thiên của trường áp ít hơn rất nhiều so với vùng vĩ độ cao và trung bình. Tỷ lệ giữa sai số quan trắc và độ lệch quan phương trung bình ở đây cao hơn nhiều so với các vùng khác.

c) Tại đây chưa có các công thức liên hệ chặt chẽ giữa trường các yếu tố khí tượng như ở vùng vĩ độ cao và trung bình. Điều đó gây nhiều khó khăn cho việc xây dựng các sơ đồ phân tích đồng thời nhiều yếu tố và công tác hòa hợp giữa các trường đã phân tích.

Trong vài thập kỷ gần đây, các nhà khí tượng học đã nhận thấy tầm quan trọng đặc biệt của công tác phân tích và xử lý số liệu ở vùng nhiệt đới không những đối với các bài toán có quy mô toàn cầu mà ngay cả đối với các bài toán ở vùng vĩ độ cao và trung bình. Trong công trình của mình, Maskovick X.A. cũng đã nêu lên một loạt các vấn đề trong công tác phân tích ở vùng nhiệt đới và bàn phương hướng giải quyết.

Trong bài này một sơ đồ phân tích trường độ cao địa thế vị trên các mực đẳng áp chuẩn trên cơ sở phương pháp nội suy tối ưu mô tả. Đặc biệt trong bài này chúng tôi mô tả cụ thể về một phương án sử dụng nguồn số liệu quý giá được quan trắc từ các vệ tinh khí tượng và được phát trên đường kênh liên lạc quốc tế (dạng mã điện SATEM).

## 2. Nội dung sơ đồ phân tích

### 2.1. Phương pháp nội suy tối ưu.

Trên cơ sở số liệu thực do về các yếu tố khí tượng tại các điểm quan trắc phân bố không đồng đều trong không gian, cần tính toán giá trị độ cao địa thế vị tại một số điểm cho trước. Phương pháp nội suy tối ưu giải bài toán bằng cách xem độ lệch của độ cao địa thế vị so với trường sơ bộ ban đầu tại điểm cần tính là tổng có hệ số trọng lượng của độ lệch các yếu tố khí tượng tại các điểm quan trắc lân cận:

$$\frac{h_o}{\sqrt{D_o^h}} = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^{n_k} P_i^K \frac{t_i^{PK}}{\sqrt{D_i^K}} \quad (1)$$

trong đó:

$h$  - độ lệch của độ cao địa thế vị tại điểm O;

$D_o^h$  - phương sai của độ cao địa thế vị tại điểm O;

$f_i^K$  - độ lệch của yếu tố (k) tại điểm (i);

$D_i^K$  - phương sai của yếu tố (k) tại (i);

$P_i^K$  - hệ số trọng lượng của yếu tố (k) tại (i).

Như vậy về nguyên tắc, việc tính toán  $h$  được dựa trên số liệu quan trắc của nhiều yếu tố khí tượng khác nhau tại nhiều điểm trong không gian 4 chiều. Sơ đồ toán học cụ thể đã được trình bày trong [1]. Trên thực tế việc giải bài toán này gặp nhiều khó khăn do khối lượng tính toán trên máy quá lớn và quan trọng nhất là do khó khăn trong việc xác định các hàm tương quan chuẩn hóa qua lại. Do vậy, trong sơ đồ này chúng tôi chỉ hạn chế sử dụng duy nhất số liệu thực do về độ cao địa thế vị. Trong trường hợp đó phương trình trên được viết lại dưới dạng đơn giản:

$$\frac{h_o}{\sqrt{D_o}} = \sum_{i=1}^n P_i \frac{h_i}{\sqrt{D_i}} \quad (2)$$

Phương pháp nội suy tối ưu đòi hỏi cực tiểu hóa giá trị trung bình của bình phương sai số nội suy:

$$E = (h_o - \sum_{i=1}^n P_i \frac{h_i}{\sqrt{D_i}})^2 = \min \quad (3)$$

Sử dụng các tính chất của đại lượng ngẫu nhiên cho  $h_i$ , sau một số biến đổi toán học, thu được hệ phương trình đại số tuyến tính để xác định các hệ số  $P_i$  cũng như biểu thức để tính ước lượng sai số ( $\varepsilon_i$ ) của phép nội suy:

$$\sum_{j=1}^n \mu_{ij} P_j + \eta_i P_i = \mu_{oi} \quad (4)$$

$$\varepsilon_i = 1 - \sum_{i=1}^n P_i \mu_{oi} \quad (5)$$

trong đó:

$\mu_{ij}$  - hàm tự tương quan chuẩn hóa của độ cao địa thế vị;  
 $\varepsilon_i$  - ước lượng sai số quan trắc độ cao địa thế vị;

## 2.2. Xác định hàm tự tương quan trong không gian tọa ba chiều

Các thành phần của hàm tự tương quan theo chiều nằm ngang  $\alpha$  và thẳng đứng giữa các mục dảng áp tiêu chuẩn  $\beta$  trong không gian tọa ba chiều dùng trong sơ đồ này là kết quả tính toán được trên kho số liệu 10 năm đã được xây dựng tại Trung tâm liên hiệp Việt-Xô [2]. Để có được hàm tự tương quan 3 chiều chúng tôi giả thiết rằng hàm tự tương quan 3 chiều là tích của các thành phần nằm ngang và thẳng đứng:

$$\mu_{ij} = \mu(x_i, y_i, P_i, x_j, y_j, P_j) = \alpha(x_i, y_i, x_j, y_j) \beta(P_i, P_j) \quad (6)$$

Để tiện cho việc sử dụng, thành phần thẳng đứng được đưa vào dưới dạng bảng biểu; thành phần nằm ngang được xấp xỉ hóa bằng một hàm mũ:

$$\alpha(x_i, y_i, x_j, y_j) = e^{-\frac{r_{ij}^2}{L^2}} \quad (7)$$

trong đó:

$r_{ij}$  - là khoảng cách giữa hai điểm (i) và (j) trên mặt phẳng;  
 $L$  - là tham số biểu thị quy mô của trường càn phân tích.

2.3. Để giải quyết khó khăn do thiếu số liệu, trong sơ đồ này, ngoài các dạng số liệu quan trắc truyền thống trên các trạm mặt đất và cao không, chúng tôi còn sử dụng thêm số liệu độ dày giữa các mục dảng áp tiêu chuẩn được quan trắc từ vệ tinh khí tượng và được phát báo (dạng mã điện SATEM). Đây là loại số liệu quý hiếm và quan trọng để hỗ trợ cho công tác phân tích tại các vùng thưa số liệu quan trắc, nhất là trên các vùng biển và đại dương bao la. Khác với các dạng số liệu thông thường, số liệu vệ tinh mang tính chất không định kỳ; sai số quan trắc giữa các điểm trong không gian và thời gian tương quan với nhau.

Do những khó khăn liên quan đến những đặc điểm nêu trên, trong sơ đồ này; để phân tích cho thời điểm ( $t$ ) chúng tôi sử dụng các quan trắc trong khoảng thời gian ( $t \pm 2$  giờ) và tạm thời chưa tính đến sự tương quan không - thời gian của sai số quan trắc.

Hàm tương quan giữa các độ dày theo số liệu vệ tinh, giữa độ dày và số liệu quan trắc truyền thống và ngược lại được tính toán từ hàm tương quan giữa số liệu quan trắc độ cao mực dâng áp và độ cao mực được chọn làm mực xuất phát trong khi quy toán số liệu độ dày ( $P_o = 1000$  mb):

$$m^{DD}(P_i, P_j) = m^{zz}(P_i, P_j) \cdot m^{zz}(P_i, P_o) \cdot m^{zz}(P_o, P_j) + m^{zz}(P_o, P_o) \quad (8)$$

$$m^{zD}(P_i, P_j) = m^{zz}(P_i, P_j) \cdot m^{zz}(P_i, P_j) \cdot m^{zz}(P_i, P_o) \quad (9)$$

$$m^{Dz}(P_i, P_j) = m^{zz}(P_i, P_j) \cdot m^{zz}(P_o, P_j) \quad (10)$$

trong đó:  $m^{zz}(P_i, P_j)$  - hàm hợp biến giữa độ cao mực  $P_i$  và  $P_j$

#### 2.4. Trường số bộ ban đầu

Tại các trung tâm KTTV của các nước phát triển, bài toán phân tích đã trở thành một khâu của công tác xử lý số liệu 4 chiều. Ở đây người ta sử dụng kết quả dự báo số trị làm trường ban đầu [6,9,10]. Tại các nước khác người ta sử dụng trường chuẩn khí hậu [3,4,5], hoặc tổ hợp của hai loại số liệu này [8].

Trong sơ đồ này đã sử dụng trường chuẩn khí hậu của Viện KTTV Thụy Điển sau khi đã được bổ sung và chi tiết hóa bằng kết quả tính toán thống kê trên kho số liệu đã nêu trên.

#### 2.5. Thủ thuật tìm trạm ảnh hưởng

Việc tìm trạm ảnh hưởng được tiến hành từng bước sau đây:

a) Chọn từ mỗi góc phần tư xung quanh điểm cần phân tích một trạm có khoảng cách gần nhất và có hệ số tương quan lớn hơn hoặc bằng giá trị ngưỡng (0,6);

b) Chia các trạm còn lại theo các ô vuông bao quanh điểm cần phân tích.

Chọn từ mỗi ô vuông, trừ ô vuông đã chọn ở bước a, một trạm theo thứ tự ưu tiên về khoảng cách cho tới khi hệ số tương quan trở nên bé hơn giá trị ngưỡng.

c) Chọn tất cả các trạm còn lại trong các ô vuông nằm phía trong vòng tròn giá trị ngưỡng.

d) Chọn tiếp các trạm nằm ngoài giá trị ngưỡng. Thủ thuật này được tiến hành từng bước cho tới khi đã chọn đủ số trạm cần cho sự phân tích hoặc cho tới khi khoảng cách của trạm so với điểm cần phân tích vượt quá bán kính cực đại  $R_{max} = 1800$  km.

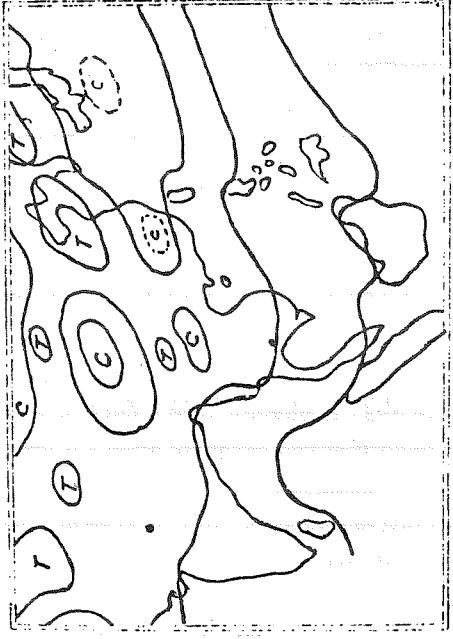
#### 2.6. Kiểm tra chất lượng số liệu

Trước khi đưa vào sơ đồ phân tích, số liệu phải lần lượt qua các phương pháp kiểm tra; giới hạn khí hậu, logic và tĩnh học. Tuy vậy, ở đây vẫn áp dụng thêm một phương pháp kiểm tra theo phương năm ngang.

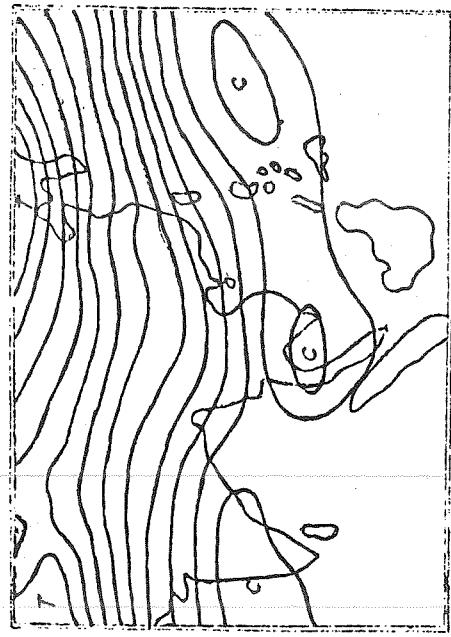
Bên cạnh giá trị quan trắc  $f_i^{QT}$ , sử dụng thuật toán nội suy, ta tính được giá trị nội suy  $f_i^{NS}$  và ước lượng sai số nội suy  $\epsilon_i$  tại điểm cần kiểm tra. Giá trị  $f_i^{QT}$  được xem là đúng nếu thỏa mãn điều kiện:

$$\left| f_i^{QT} - f_i^{NS} \right| \leq k \cdot \delta_i \cdot \sqrt{\epsilon_i^2 + \eta_i^2} \quad (11)$$

Ngược lại,  $f_i^{QT}$  được xem là sai và bị loại bỏ. Hệ số thực nghiệm K được chọn sao cho (11) đủ phát hiện sai sót mà không loại bỏ nhầm các số liệu đúng. Vì tính chất đặc biệt tại vùng có bão nên ở đây hệ số K được chọn riêng nhằm ưu tiên đến tính quý giá của các số liệu quan trắc khi có bão.



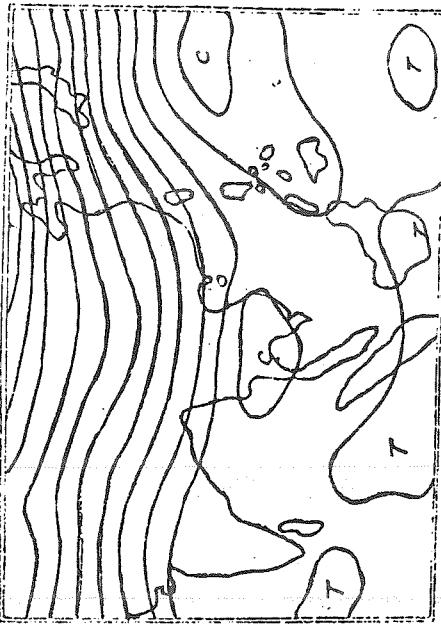
Hình 1a - Bản đồ phân tích bằng tay  $OO^z$  ngày 8-I-1979 mặt đất.



Hình 2a - Phân tích bằng tay mức 500 mb  $OO^z$  ngày 8-I-1979



Hình 1b - Bản đồ phân tích khách quan mức 500 mb  $OO^z$  ngày 8-I-1979 mặt đất.



Hình 2b - Phân tích khách quan mức 500 mb  $OO^z$  ngày 8-I-1979

Để loại trừ trường hợp bị nhiễu do có sai sót tại các trạm ảnh hưởng, thủ tục này được lặp đi lặp lại nhiều lần; mỗi lần loại một trạm ảnh hưởng và được kết thúc khi biểu thức (11) đã được thỏa mãn hoặc khi lần lượt các trạm đã bị loại mà (11) vẫn chưa được thỏa mãn.

2.7. Để tiết kiệm giờ máy, tại các vùng có mạng trạm quan trắc đủ dày, trong sơ đồ này chúng tôi chỉ áp dụng phương pháp nội suy hai chiều. Tại các vùng khác, phương pháp nội suy 3 chiều được dùng để tận dụng các nguồn thông tin có ở các mực lân cận.

2.8. Sơ đồ này được áp dụng để phân tích cho vùng địa lý Đông Nam châu Á giới hạn bởi:  $50^{\circ}\text{E} \leq \lambda \leq 150^{\circ}\text{E}$  và  $15^{\circ}\text{S} \leq \varphi \leq 60^{\circ}\text{N}$ . Bước lưới  $\Delta S = 5^{\circ}$  trên mạng kinh vĩ.

### 3. Kết quả thử nghiệm bước đầu

Việc thử nghiệm sơ đồ phân tích được tiến hành trên tập số liệu của đợt thí nghiệm toàn cầu mà chúng tôi có được rất hạn chế về thời gian (5 ngày). Kết quả nội suy đã được so sánh với các bản đồ phân tích bằng tay ở Cục Dự báo KTTV.

Kết quả thử nghiệm cho thấy, về cơ bản, sơ đồ đã phản ánh được hình thế mà ta quan tâm; đặc biệt là hình thế quy mô lớn trên các mực đẳng áp từ 700 mb trở lên. Trên các mực mặt đất và 850 mb, các nhiễu động quy mô nhỏ hoặc bị suy giảm, hoặc bị mờ đi; nhất là trên vùng núi Tây Tạng. Điều này có thể được giải thích bởi hai nguyên nhân liên quan đến vấn đề thiếu số liệu quan trắc trên vùng núi cao và quy mô của hình thế cần phân tích. Hình 1a, 1b, và 2a, 2b là các cặp bản đồ phân tích bằng tay và bằng sơ đồ cho các mực mặt đất và 500 mb tương ứng.

Trong quá trình thử nghiệm, để xác định hiệu ích của số liệu vệ tinh, một vài thử nghiệm đã được tiến hành cho tập số liệu có và không có loại số liệu đó. Kết quả cho thấy ở vùng biển, đại dương và vùng phía nam đường xích đạo, hiệu ích của số liệu vệ tinh rất rõ ràng, ước lượng sai số nội suy giảm đi rõ rệt.

### 4. Hướng cải tiến sơ đồ

Các kết quả thử nghiệm cho thấy rõ vấn đề cần được quan tâm hàng đầu là giải quyết mối quan hệ giữa mật độ thông tin và cơ chế cũng như quy mô của các nhiễu động cần phân tích.

Ngoài ra, như đã bàn đến ở trên, để nâng cao chất lượng phân tích trường độ cao địa thế vi, không thể không tiến hành phân tích trường gió và việc phối hợp hai trường đã phân tích, nhất là ở vùng nhiệt đới. Đó là đối tượng giải quyết tiếp theo của chúng tôi.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Đăng Quế. Về một sơ đồ phân tích trường độ cao địa thế vi sử dụng số liệu cao không, khí tượng mặt đất và vệ tinh. - Tập công trình Hội nghị khoa học lần thứ 3 kỷ niệm 20 năm thành lập Đài Cao Không Trung ương, tháng 1-1991.

2. Vương Quốc Cường, Nguyễn Đăng Quế... Về kho số liệu synop. - Báo cáo tại Hội nghị khoa học lần thứ hai về "Bộ số liệu nghiên cứu bão" của Trung tâm LHVX về KTND, 1990.