

MỘT THỦ TỤC HÒA HỢP HAI BƯỚC GIỮA TRƯỜNG ĐỘ CAO ĐỊA THỂ VỊ VÀ GIÓ TẠI VÙNG NHIỆT ĐỚI

NGUYỄN ĐĂNG QUẾ

1. MỞ ĐẦU

Ngày nay, ngoài các dạng số liệu từ mạng trạm quan trắc truyền thống (mạng trạm cố định và quan trắc vào các thời điểm cố định) tại các trung tâm khí tượng còn thu được một khối lượng đáng kể số liệu từ các dạng quan trắc không truyền thống. Trong số đó phải kể đến các loại số liệu quan trắc được từ các vệ tinh khí tượng, tàu biển, máy bay v.v... Sự quý giá của loại số liệu này thể hiện ở chỗ đa phần chúng được quan trắc tại các vùng địa lý, do hoàn cảnh khách quan, không có hoặc có rất ít trạm quan trắc truyền thống. Đó là các vùng núi cao, sa mạc hoang hóa, biển cả và đại dương v.v... Các dạng số liệu này càng quan trọng đối với vùng nhiệt đới ở đây mạng trạm quan trắc quá thưa thớt.

Khối lượng số liệu thuộc loại này ngày càng lớn và chiếm một tỷ trọng đáng kể trong tổng số các thông tin chúng ta có thể thu được. Do vậy việc nghiên cứu để phát triển các phương pháp nhằm sử dụng có hiệu quả các thông tin phụ trong công tác nghiên cứu khoa học cũng như phục vụ là hết sức quan trọng và bức thiết hiện nay.

Khác với số liệu truyền thống, các dạng số liệu phụ có những đặc tính sau đây:

- Độ phân giải theo thời gian cao, thời điểm quan trắc có thể không trùng với kỳ quan trắc truyền thống. Do tính đặc thù này mà chúng được gọi là ásynop (không synop).
- Vị trí quan trắc không cố định và không được biết trước.
- Không có đầy đủ các loại số liệu trong một dạng quan trắc như ở các trạm truyền thống.
- Độ chính xác của số liệu thấp hơn so với số liệu truyền thống.
- Các sai số quan trắc ở các điểm và thời điểm tương quan với nhau.

Những đặc tính trên đây của loại số liệu ásynop tạo nên không ít khó khăn phức tạp trong việc phát triển phương pháp khai thác sử dụng chúng trong nghiên cứu khoa học cũng như nghiệp vụ.

Như chúng ta đã biết, việc sử dụng các phương pháp dự báo số trị thủy động đòi hỏi thông tin ban đầu sau khi kiểm tra chính lý phải được nội suy về các điểm nút của mạng lưới điều hòa. Số liệu tại các điểm nút lưới điều hòa còn sử dụng để lưu trữ tại các trung tâm lưu trữ số liệu khí tượng quốc gia, khu vực, cũng như thế giới. Nhiệm vụ này được giải quyết trong các sơ đồ phân tích khách quan (PTKQ) trường các đại lượng khí tượng.

Với mục đích sử dụng có hiệu quả các loại số liệu ásynop nêu trên, các sơ đồ phân tích khách quan đã được nghiên cứu và phát triển lên. Từ chỗ phân tích hai chiều (trên các mặt đẳng áp),

nay là phân tích trong không gian 3 chiều hoặc 4 chiều (3 chiều không gian và một chiều thời gian) và được gọi là đồng hóa số liệu 4 chiều (4-dimensional data assimilation). Các sơ đồ đồng hóa số liệu 4 chiều được xây dựng nhằm mục đích liên tục bổ sung các thông tin mới vào mô hình dự báo để đưa trạng thái khí quyển được mô tả bằng mô hình toán lý trên máy tính tiến gần kịp trạng thái thực của khí quyển thực tế.

Trong quá trình thử nghiệm các sơ đồ phân tích 4 chiều để cung cấp trường số liệu ban đầu cho các mô hình dự báo số trị thủy động các tác giả không những thực hiện việc đánh giá độ chính xác mà còn theo dõi độ biến động của trường dự báo. Trên thực tế, khi thay giá trị của trường trong mô hình bằng các giá trị phân tích được thường gây ra hiện tượng xuất hiện các sóng giả tạo qui mô nhỏ không những làm nhiễu kết quả dự báo mà còn làm tăng độ bất ổn định của mô hình.

Để giải quyết vấn đề này, Morel P. và các cộng sự của ông đã đề xuất một giải pháp hòa hợp động lực gọi là thủ tục "ban đầu hóa" (initialization). Nội dung của thủ tục này là tích phân hệ phương trình dự báo theo chiều tiến một khoảng thời gian, sau đó lại tích phân lại theo chiều lùi cũng trong khoảng thời gian đó. Quá trình tích phân này được thực hiện nhiều lần và kết thúc khi ta nhận được độ chênh lệch giữa các trường đủ nhỏ để không có khả năng gây nên hiện tượng nêu trên. Ngày nay, thủ tục ban đầu hóa đã được nghiên cứu và sử dụng theo nhiều hướng khác nhau.

Một hướng quan trọng nữa của việc nghiên cứu phát triển phân tích khách quan là xây dựng các sơ đồ đồng thời phân tích nhiều đại lượng khí tượng có sử dụng các mối quan hệ vật lý giữa các đại lượng với nhau [1]. Ưu điểm nổi bật của các sơ đồ này là các trường số liệu sau khi phân tích đã được hòa hợp với nhau, và đã bổ sung thông tin qua lại cho nhau trong quá trình phân tích.

Các sơ đồ phân tích khách quan được xây dựng theo các hướng trên đây đều đòi hỏi phải thực hiện một khối lượng tính toán rất lớn. Về phương tiện tính toán bài toán phân tích 4 chiều đòi hỏi phải có đồng thời 2 máy tính cùng hoạt động. Bên cạnh đó để thu được khối lượng thông tin cần thiết với độ trễ về mặt thời gian ngắn nhất, các trung tâm thông tin liên lạc cần được trang bị máy móc thiết bị có tốc độ cao. Những yêu cầu đó đối với chúng ta hiện nay là chưa đáp ứng được. Do vậy, giải pháp duy nhất, theo chúng tôi hiện nay, là phân tích trường của từng đại lượng khí tượng riêng biệt, sau đó tiến hành hòa hợp giữa các trường đã phân tích. Để có thể sử dụng được các loại số liệu ásynop, trong sơ đồ phân tích cần được bổ sung một số thủ thuật toán học. Một trong các hướng đó đã được đề xuất và áp dụng trong [7].

Trong phạm vi bài này chúng tôi chỉ giới hạn trong việc mô tả chi tiết về lý thuyết cũng như kết quả thử nghiệm một thủ tục hòa hợp hai bước để hòa hợp trường độ cao địa thế vị và các thành phần kinh và vĩ, hướng của gió cho vùng nhiệt đới tại vùng Đông Nam Châu Á.

2. SƠ ĐỒ HÒA HỢP TRƯỜNG ĐỘ CAO ĐỊA THẾ VỊ VÀ GIÓ

Như trong phần 1 đã nêu, để bổ sung thông tin của đại lượng khí tượng này vào quá trình phân tích trường đại lượng khác, chúng tôi lựa chọn phương pháp phân tích từng trường riêng biệt, sau đó tiến hành hòa hợp các trường đã phân tích được.

Trong phần này sẽ xem xét một sơ đồ hòa hợp trường độ cao địa thế vị và các thành phần kinh và vĩ hướng của tốc độ gió. Sơ đồ được xây dựng trên cơ sở phương pháp hòa hợp biến phân do Sasaki đề xuất. Về lý thuyết cơ sở của phương pháp bạn đọc có thể tìm thấy trong [2, 8]. Ở đây chúng tôi chỉ mô tả phần đề xuất mới của chúng tôi nhằm xây dựng một thủ tục hòa hợp hai bước đáp ứng được yêu cầu đề ra.

Phương pháp hòa hợp biến phân của Sasaki đòi hỏi giữa các đại lượng khí tượng phải thỏa mãn một số biểu thức quan hệ vật lý rút ra từ các phương trình động lực học khí quyển. Chẳng hạn các biểu thức gió địa chuyển, phương trình tĩnh học, biểu thức solenoid v.v... Thế nhưng trong số đó, khác với vùng vĩ độ cao và trung bình, một số biểu thức lại không hoặc ít thỏa mãn tại vùng nhiệt đới.

Để khắc phục khó khăn đó, trong công trình này chúng tôi tiến hành hòa hợp trường độ cao địa thế vị và trường gió trung bình được tính trên cơ sở các trường thành phần của tốc độ gió đã phân tích được. Thủ tục hòa hợp được tiến hành theo hai bước

2.1. Bước 1

Tính các giá trị sơ bộ của các thành phần gió trên cơ sở phương trình chuyển động đối với dòng không khí ở trạng thái dừng:

$$\begin{aligned} u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} &= \ell v - g \frac{\partial H}{\partial x} = \ell v - \ell v_g \\ u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} &= -\ell u - g \frac{\partial H}{\partial y} = -\ell u + \ell u_g \end{aligned} \quad (2.1)$$

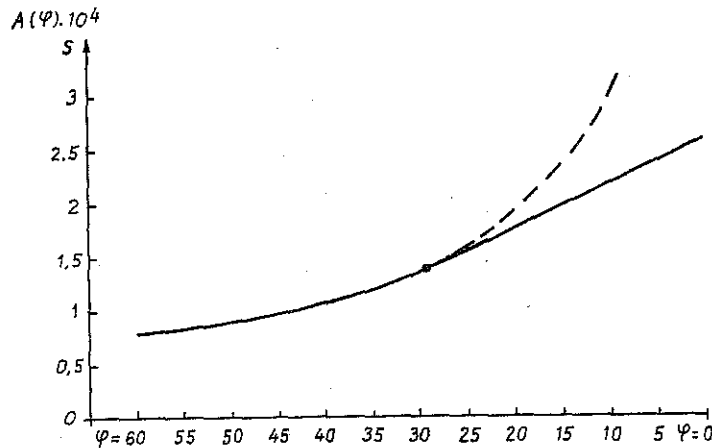
Hoặc là

$$\begin{aligned} u &= u_g - \frac{1}{\ell} \left(u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) \\ v &= v_g + \frac{1}{\ell} \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) \end{aligned} \quad (2.2)$$

trong đó: u_g, v_g - các thành phần gió tương tự như gió địa chuyển ở vùng vĩ độ cao và trung bình. ℓ - tham số Koriolis. Để giải quyết khó khăn liên quan đến việc $\ell \rightarrow 0$ khi $\varphi \rightarrow 0$, số hạng $1/\ell$ tại vùng nhiệt đới được xấp xỉ bằng một hàm tuyến tính của vĩ tuyến:

$$\Delta(\varphi) \equiv \frac{1}{\ell} = \begin{cases} \frac{1}{\ell} & \text{khi } \varphi > 30^\circ \\ a\varphi + b & \text{khi } 30^\circ \geq \varphi \geq 0^\circ. \end{cases} \quad (2.3)$$

trong đó a, b là các hệ số và được chọn sao cho giá trị của tham số Koriolis tại vĩ tuyến $\varphi = 0^\circ$ bằng giá trị của chính nó ngay trên vĩ tuyến $\varphi = 15^\circ$. Đồ thị của hàm $A(\varphi)$ được biểu diễn trên hình 1.



Hình 1. Đồ thị hàm $A(\varphi)$ (đường liền nét). Đoạn nét đứt là đoạn đồ thị hàm $1/\ell$ tại vùng nhiệt đới

Như vậy hàm $A(\varphi)$ có 2 đoạn: đoạn phi tuyến khi $\varphi > 30^\circ\text{N}$ và đoạn tuyến tính khi $\varphi < 30^\circ\text{N}$.

Điểm mấu chốt của công trình này thể hiện ở chỗ, tại bước gần đúng ban đầu, các thành phần gió bên vế phải của các biểu thức (2.2) là các thành phần gió thực sau khi đã nội suy (NS) về các điểm nút lưới điều hòa. Từ đó ta viết lại các biểu thức (2.2) về dạng sau:

$$\begin{aligned} u_{bd} &= u_{NS} - A(\varphi) \left(u_{NS} \frac{\partial v_{NS}}{\partial x} + v_{NS} \frac{\partial u_{NS}}{\partial y} \right) \\ v_{bd} &= v_{NS} + A(\varphi) \left(u_{NS} \frac{\partial v_{NS}}{\partial x} + v_{NS} \frac{\partial u_{NS}}{\partial y} \right) \end{aligned} \quad (2.4)$$

Viết lại các biểu thức (2.4) về dạng sai phân hữu hạn:

$$\begin{aligned} u_{bd} &= u_{NS} - A(\varphi) \frac{m}{\Delta S} \left\{ \bar{u}_{NS}^{xy} \Delta x \bar{v}_{NS}^y + \bar{v}_{NS}^{xy} \Delta y \bar{u}_{NS}^x \right\} \\ v_{bd} &= v_{NS} + A(\varphi) \frac{m}{\Delta S} \left\{ \bar{u}_{NS}^{xy} \Delta x \bar{u}_{NS}^y + \bar{v}_{NS}^{xy} \Delta y \bar{u}_{NS}^x \right\} \end{aligned} \quad (2.5)$$

trong đó: m - hệ số bán đồ; ΔS - bước lưới; \bar{f}^x, \bar{f}^y - các giá trị trung bình theo chiều x và y ; \bar{f}^{xy} - các giá trị được trung bình hóa theo cả hai chiều; $\Delta x, \Delta y$ - ký hiệu sai phân hữu hạn theo chiều x và y . Chú ý ở đây các điểm nút lưới của trường gió và độ cao địa thế vị lệch nhau $1/2$ bước lưới.

Tiếp theo, các giá trị u_{bd}, v_{bd} được sử dụng để tính ngược trở lại các thành phần gió trung bình:

$$\begin{aligned} u_{tb} &= u_{bd} + A(\varphi) \left\{ u_{bd} \frac{\partial v_{bd}}{\partial x} + v_{bd} \frac{\partial u_{bd}}{\partial y} \right\} \\ v_{tb} &= v_{bd} - A(\varphi) \left\{ u_{bd} \frac{\partial v_{bd}}{\partial x} + v_{bd} \frac{\partial u_{bd}}{\partial y} \right\} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Để ý ta thấy rằng quá trình trung bình hóa trên đây đồng nghĩa với thủ tục "là" trường gió nhằm giảm bớt độ biến động quy mô nhỏ thường có ở trường gió và gây nên độ bất ổn định khi tích phân mô hình dự báo số trị.

2.2. Bước 2

Tiến hành hòa hợp giữa trường độ cao địa thế vị và trường các thành phần gió tính được trong bước một trên cơ sở phương pháp hòa hợp biến phân dựa trên phương trình đã được đơn giản hóa sự biến thiên của tham số Koriolis theo vĩ tuyến:

$$\left[\nabla^2 - \left(\frac{\ell \alpha_2}{\alpha_1} \right)^2 \right] H' = \ell (\Omega_{tb} - \Omega_g)$$

trong đó:

$$\begin{aligned} \Omega_{tb} &= \frac{\partial v_{tb}}{\partial x} - \frac{\partial u_{tb}}{\partial y}; \quad \Omega_g = \frac{1}{\ell} \nabla^2 H; \\ \nabla^2 &= \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}; \quad \ell = \frac{1}{A(\varphi)} \end{aligned} \quad (2.7)$$

Phương trình (2.6) được giải theo phương pháp lặp Lipman.

Để thực hiện hòa hợp trường theo phương trình (2.6) chúng ta cần xác định giá trị của các hệ số hòa hợp α_1, α_2 của trường gió và độ cao, tương ứng.

Nói chung, việc xác định các tham số phụ thuộc vào mục đích ứng dụng phương pháp hòa hợp. Một số tác giả đưa ra phương thức xác định tham số dựa trên quan điểm làm sao để khi

đưa các trường số liệu đã hòa hợp vào mô hình sẽ cho ta trường dự báo tốt nhất [3, 4]. Phương thức này đòi hỏi việc tính toán thống kê phức tạp nhưng kết quả lại chỉ phù hợp với mô hình dự báo đã chọn để tính toán. Trong công trình [5] các tham số hòa hợp được xác định sao cho việc lọc các sai số chuẩn đoán đạt hiệu quả tối đa.

Trong công trình này, phương trình hòa hợp biến phân được ứng dụng để hòa hợp các trường độ cao và gió đã phân tích được bằng phương pháp nội suy tối ưu [6, 7]. Do vậy các tham số α_1 , α_2 được xác định bằng giá trị tỷ lệ nghịch với sai số bình phương trung bình của phép nội suy E_v và E_H đã tính được cho trường gió và độ cao ngay trong lúc phân tích khách quan:

$$\alpha_1 = \frac{1}{E_v} ; \quad \alpha_2 = \frac{1}{E_H} ; \quad \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{E_v}{E_H}$$

Cả sơ đồ phân tích khách quan và hòa hợp đã được thực hiện cho vùng địa lý giới hạn bởi kinh tuyến 70°E và 150°E, vĩ tuyến 0° và 60°N, trên bản đồ hình chiếu mecaton, với bước lưới 2, 5° và 5° kinh vĩ trên các mực 1000, 850, 700, 300 và 200 mb.

Sơ đồ được chạy thử nghiệm trên số liệu 5 ngày của đợt thí nghiệm toàn cầu (từ ngày 15 đến 19/9/1979).

3. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM

Nếu chặt chẽ mà xét thì chúng ta không có các trường mô tả trạng thái thực của các đại lượng khí tượng để so sánh kết quả thử nghiệm sơ đồ PTKQ và sau đó là hòa hợp các trường đã phân tích được. Để giải quyết vấn đề này một số tác giả đưa ra cách đánh giá kết quả thử nghiệm sơ đồ PTKQ bằng cách đánh giá kết quả mô hình dự báo trường dựa trên các trường ban đầu đã phân tích được. Tuy nhiên về phương pháp này cũng còn tồn tại nhiều ý kiến cần được thảo luận tiếp. Trong công trình này, cũng như một số tác giả khác, chúng tôi chọn phương án giải quyết một cách tương đối vấn đề này bằng cách xem số liệu thực đo và trường phân tích chủ quan (PTCQ) là chuẩn mẫu để so sánh kết quả PTKQ cho cả hai trường hợp không và có sử dụng thủ tục hòa hợp trường đã phân tích được.

Theo hướng giải quyết này, sơ đồ PTKQ trường độ cao địa thế vị, nhiệt độ và các thành phần kinh và vĩ hướng của tốc độ gió đã được tính toán thử nghiệm trên cơ sở số liệu tại kỳ quan trắc OZ của 5 ngày (15/9 - 19/9/1979) của đợt thí nghiệm toàn cầu.

Đã thực hiện ba seri tính toán thực nghiệm để so sánh kết quả.

Seri 1: Nội suy về trạm quan trắc, sau đó so sánh kết quả nội suy với số liệu thực đo tại các trạm.

Seri 2: Nội suy về các điểm nút lưới điều hòa và sau đó tiến hành so sánh kết quả nội suy với kết quả PTCQ (cơ sở chủ yếu là các bản đồ đã được chỉnh lý có tại kho lưu trữ Cục dự báo).

Seri 3: Tiến hành chạy thử nghiệm thủ tục hòa hợp trường độ cao địa thế vị và trường các thành phần của tốc độ gió đã phân tích được tại seri 2.

Chỉ tiêu định lượng để đánh giá kết quả so sánh là đại lượng quân phương trung bình của độ chênh lệch (Δf) giữa các giá trị chuẩn mẫu (giá trị thực đo ở seri 1 hoặc kết quả PTCQ ở seri 2 và seri 3) và kết quả PTKG của cả 2 trường hợp có và không sử dụng thủ tục hòa hợp hai bước đã được đề xuất trong công trình này

$$\Delta f_i = \sqrt{(f_i^C - f_i^{NS})^2} \quad (3.1)$$