

NHIỆT LIỆT CHÀO MỪNG KỶ NIỆM 10 NĂM HIỆP ƯỚC HỮU NGHỊ VÀ HỢP TÁC VIỆT XÔ

DỰ BÁO DI CHUYỂN CỦA BÃO CHO THỜI HẠN 12, 24, 36 VÀ 48h TỚI BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐỘNG LỰC THỐNG KÊ (1)

GS PIS TRỊNH VĂN THUR

Tổng cục Khí tượng Thủy văn

K.S PHẠM NGỌC HIỆN

Cục Dự báo Khí tượng Thủy văn

Tóm tắt

Bài này giới thiệu một sơ đồ dự báo di chuyển của bão cho thời hạn 12, 24, 36 và 48h tới bằng phương pháp động lực thống kê. Vế phải của phương trình chuyển động của tâm bão là một hàm ngẫu nhiên. Vai trò của các mô hình thống kê dự báo di chuyển của xoáy thuận nhiệt đới (XTNĐ), bão trên phạm vi thế giới được nêu một cách khái quát trong công trình của C.J. Newmann [3]. Các mô hình thống kê này, nhìn chung, còn đóng vai trò ưu thế trong dự báo tác nghiệp nhất là đối với những nước chưa có máy tính cỡ lớn không có điều kiện phân tích chi tiết hoàn lưu khí quyển xung quanh XTNĐ, để tiến hành các mô hình động lực thuần túy.

Đối với dự báo sự di chuyển của bão ở nước ta bằng các mô hình khách quan, trước công trình này đã có: mô hình thủy động lực (1971) của Trịnh Văn Thur; mô hình HQ-I (1983) của Trịnh Văn Thur và Đào Kim Nhung, sau đó Trịnh Văn Thur đã đưa ra một mô hình đơn hóa HQ-II có thể thực hiện bằng tay; mô hình tương tự nhóm dùng các giá trị ngưỡng (1984) của Trịnh Văn Thur và Phạm Ngọc Hiện; mô hình HQ-III (1987) có sử dụng thêm các nhân tố synóp và biến động ngày của chúng của Trịnh Văn Thur, Phạm Ngọc Hiện và Đào Kim Nhung. Kết quả thử nghiệm các mô hình vật lý thống kê này được nêu trong (1). Từ các kết quả thử nghiệm chúng tôi sơ bộ rút ra kết luận rằng: có thể nâng mức độ chính xác dự báo vị trí tâm bão $\Delta SR(km)$ của các hạn dự báo lên đôi chút bằng cách bổ sung hoặc thay đổi các nhân tố hoặc nâng mức chính xác của các phương trình hồi quy có lọc, song những kết quả đạt được chỉ có ý nghĩa nhiều về mặt khoa học, còn lợi ích về dự báo

(1): Công trình hợp tác Việt-Xô

thực tế thì không rõ rệt. Vì vậy, để phát triển một cách có hệ thống các phương pháp khách quan dự báo di chuyển của bão từ đơn giản đến phức tạp là một việc làm cần thiết và bổ ích. Nếu ở các mô hình HQ chúng tôi chỉ sử dụng các nhân tố khí hậu — quán tính và một số nhân tố synopt thì ở đây trong công trình này, các nhân tố khách quan bên ngoài tác động vào bão được đề cập đến như một hàm ngẫu nhiên và bài toán cơ bản ở đây là xác định hàm ngẫu nhiên đó. Về mặt phương pháp luận, cần nhận xét rằng ở các mô hình thống kê, dự báo sự di chuyển của tâm bão, các tác giả chịu một hạn chế tự thân là giả thuyết các yếu tố dự báo (các thành phần di chuyển của tâm bão) ở những thời khoảng dự báo khác nhau hoặc chúng ở cùng một thời khoảng dự báo là độc lập với nhau. Việc giả định như vậy thực chất là không chấp nhận mối quan hệ phụ thuộc của các thành phần di chuyển của tâm bão trong thời hạn dự báo mà các hệ phương trình mô tả chúng. Công trình này cho phép thoát khỏi giả thuyết phi thực tế đã nêu ra (2). Những kết quả bước đầu mà chúng tôi đạt được chưa thực sự hoàn hảo, nhưng việc đưa ra một hướng mới vào nghiên cứu và ứng dụng nghiệp vụ là một việc làm có ý nghĩa đáng khuyến khích.

I — MÔ TẢ PHƯƠNG PHÁP — THIẾT LẬP MÔ HÌNH (2)

1. Thiết lập hệ phương trình và nghiệm của nó

Lấy tâm bão là gốc tọa độ địa phương, trục OX hướng về đông, OY hướng lên bắc, Syono, 1951 đã thiết lập hệ phương trình mô tả di chuyển của tâm bão

$$\left. \begin{aligned} \frac{du}{dt} - fv &= f_1(t) \\ \frac{dv}{dt} + fu &= f_2(t) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Ở đây:

$u(t), v(t)$ — các thành phần tốc độ của tâm bão theo OX và OY,

f — tham số coriolis ($f = 2\omega \sin \varphi$; φ — vĩ độ tâm bão),

$(f_1(t), f_2(t))$ — lực « trung bình » gây ra bởi gradien khí áp và các lực khác tác động vào tâm bão mà ta chưa thể xác định cụ thể.

Sau đây nó được giả định có dạng đơn giản để có thể tồn tại nguyên hàm. Cũng như trong công trình [2] ở đây nó được giả định là một đa thức bậc 2 của biến thời gian.

Khi gọi $(x(t), y(t))$ là các tọa độ của vị trí tâm bão và sử dụng các kí hiệu

$$z(t) = x(t) + iy(t)$$

$$w(t) = u(t) + iv(t)$$

$$f(t) = f_1(t) + if_2(t)$$

với i là đơn vị ảo: $i^2 = -1$

Chúng ta có thể đưa (1) về dạng các phương trình vi phân của hàm phức biến thực sau đây:

$$\begin{aligned} \frac{dw(t)}{dt} + ifw(t) &= F(t) \\ \frac{dz(t)}{dt} &= w(t) \end{aligned} \quad (2)$$

Hệ (2) với $F(t)$ khả tích (1) có thể tích phân dễ được nghiệm giải tích. Quá trình giải trên từng hệ tọa độ địa phương thực hiện với hai quy ước như sau:

a) Quỹ đạo bão được lưu trữ 12h một ($\Delta t = 12h$) tại hai kỳ quan trắc chính 00 GMT và 12 GMT đánh số từ 1, 2, ..., n-1, ... Hệ (2) được giải liên tiếp trong các khoảng

$$t_{n-1} < t \leq t_n$$

(1) Ở đây có điều kiện cao hơn là tồn tại nguyên hàm.

b) Giá trị tham số Coriolis trong khoảng thời gian trên được coi là cố định:

$$f(\varphi) = f(\varphi_{n-1}) = 2\omega \sin \varphi_{n-1} = \text{const.}$$

Chú ý: Để giải trên khoảng (t_{n-1}, t_n) , ta dùng hệ tọa độ địa phương có gốc tại tâm bão ở (t_{n-1}) , điều kiện ban đầu (Cauchy) cho bài toán ở đây chính là kết quả giải được trên khoảng (t_{n-2}, t_{n-1}) với hệ tọa độ địa phương xác định như trên tại t_{n-2} nhưng do tính cong của vòng vĩ tuyến so với hệ tọa độ địa phương tại t_{n-2} , hệ tọa độ địa phương tại t_{n-1} đã quay đi một góc $\Delta\lambda_{n-1} = \lambda_{n-1} - \lambda_{n-2}$. Trong phép chiếu Conique góc quay đó là $\Delta\lambda_{n-1}\alpha = 0.7156\Delta\lambda_{n-1}$ ($\alpha = 0.7156$) [2]. Như vậy, trong không gian IE^2 phép biến đổi trên được thực hiện với ma trận biến đổi.

$$\begin{pmatrix} \cos(0.7156 \Delta\lambda_{n-1}) & -\sin(0.7156 \Delta\lambda_{n-1}) \\ \sin(0.7156 \Delta\lambda_{n-1}) & \cos(0.7156 \Delta\lambda_{n-1}) \end{pmatrix}$$

Gọi $Z_n(t)$ và $W_n(t)$ là những giá trị của $z(t)$ và $w(t)$ ở bước giải thứ n (tức là giải trong khoảng (t_{n-1}, t_n) thì biểu thức biến đổi tọa độ đó sẽ là:

$$Z_n(t) = (Z_{n-1}(t) - Z_{n-1}(t_{n-1})) e^{-i\alpha\Delta\lambda_{n-1}} \quad (3)$$

Với hệ tọa độ tâm tại t_{n-1} , hệ (2) có dạng

$$\begin{aligned} \frac{dW_n(t)}{dt} + if(\varphi_{n-1}) W_n(t) &= F(t) \\ \frac{dZ_n(t)}{dt} &= W_n(t) \end{aligned} \quad (4)$$

$$t_{n-1} < t \leq t_n$$

Khi $n=1$, điều kiện ban đầu được cho tại $t=t_0$.

Tại đó: $W_1(t_0) = U(t_0) + iv(t_0)$

$$Z_1(t_0) = 0 \quad (5)$$

Bắt đầu từ $n=2$, bài toán giải cho Z_2, W_2 . Với gốc tọa độ tâm tại tâm bão ở $t_{n-1} = t_1$ thì điều kiện ban đầu theo nghĩa thông thường không còn nữa

điều kiện ban đầu cho nó thực ra là điều kiện cuối khi giải bài toán với $n = 1$ trong $(t_0, t_1]$. Điều kiện này từ $n = 2$ trở đi được cho dưới dạng điều kiện liên tục [2]. Điều kiện liên tục đó là véctor gió tại thời điểm t_{n-1} trong hệ tọa độ tâm ở tâm bão tại t_{n-1} chính là:

a) véctor gió tại thời điểm t_{n-1} trong hệ tọa độ có tâm tại tâm bão ở t_{n-1} khi quay đi một góc $\alpha \Delta \lambda_{n-1}$.

b) $Z_n(t_{n-1}) = 0$

Hai điều kiện a và b gọi là điều kiện liên tục và biểu thức giải tích hiện của chúng là như sau:

$$\begin{aligned} W_n(t_{n-1}) &= W_{n-1}(t_{n-1}) e^{-i \alpha \Delta \lambda_{n-1}} \\ Z_n(t_{n-1}) &= 0 \end{aligned} \quad (6)$$

Nói tóm lại, đến đây bài toán được đưa về bài toán giải tích thông thường như sau:

Đặt bài toán: Tìm nghiệm của hệ (4) với các điều kiện (5) và (6).

Giải bài toán này được nghiệm (7).

$$\begin{aligned} Z_n(t) &= \frac{i}{f(\varphi_{n-1}^*)} e^{-i \alpha \Delta \lambda_{n-1}} W_{n-1}(t_{n-1}) \left\{ e^{-i f(\varphi_{n-1}^*) (t - t_{n-1})} - 1 \right\} \\ &+ \int_{t_{n-1}}^t F(\xi) \left\{ e^{-i f(\varphi_{n-1}^*) (t - \xi)} - 1 \right\} d\xi \end{aligned} \quad (7)$$

$$W_n(t) = e^{-i \alpha \Delta \lambda_{n-1}} W_{n-1}(t_{n-1}) - i f(\varphi_{n-1}^*) Z_n(t) + \int_{t_{n-1}}^t R(\xi) d\xi$$

Ở đây cho nghiệm của bài toán thuận tiện cho việc tính toán nghiệm truy hồi [2].

Tóm lại, bài toán xem như đã được giải hoàn toàn nếu $F(t)$ đã cho trước. Trong tình trạng ứng dụng hiện nay, hàm $F(t)$ thường được giả thiết là một đa thức bậc K (với $K = 1$, hoặc 2 , hân hữu $K > 2$). Trong công trình này, [2] và [4], chọn $K = 1$. Theo [2], tác giả cho rằng nếu muốn nâng hạn dự báo từ 60 lên 72h thì phải giả định $K = 3$. Hạn dự báo của ta là 48h cho nên chúng tôi không kiểm chứng luận điểm đó.

2. Xử lý hàm $f(t)$ [2]

trước hết ta giả định rằng.

$$f_1(t) = a_1 + a_2 t + a_3 t^2$$

$$f_2(t) = b_1 + b_2 t + b_3 t^2$$

ở đây $a_j, b_j, j = \overline{1,3}$ là các hằng số thực, khi đó

$$f(t) = A_1 + A_2 t + A_3 t^2$$

với $A_j = a_j + i b_j, i = \sqrt{-1}; j = \overline{1,3}$

(8)

Như vậy, chúng ta đã giả định hàm ngẫu nhiên $F(t)$ có dạng một tam thức bậc 2, giả định này phù hợp với tình trạng hiện nay của vấn đề.

Đem (8) thế vào (7), sau khi tích phân với cận trên của tích phân $t = tn$ rút gọn và nhóm các số hạng đồng dạng chúng ta sẽ có nghiệm dưới dạng các công thức truy hồi theo n . Nghiệm tổng quát của bài toán được viết dưới dạng hình thức rút gọn là :

$$\begin{aligned} Z_n(t) &= z_{(n)}^{(0)} + z_n^{(1)} A_1 + z_n^{(2)} A_2 + z_n^{(3)} A_3 \\ W_n(t) &= W_n^{(0)} + W_n^{(1)} A_1 + W_n^{(2)} A_2 + W_n^{(3)} A_3 \end{aligned} \quad (9)$$

Với điều kiện ban đầu :

$$\begin{aligned} W_0^{(0)} &= U(t_0) + iv(t_0) \\ W_0^{(K)} &= 0 \end{aligned} \quad K = 1, 3 \quad (10)$$

Các hệ số $z_n^{(j)}$, $W_n^{(j)}$; $j = \overline{0, 3}$, xác định do thực hiện các tích phân trong (7) với $F(t)$ xác định như (8), điều kiện ban đầu của các $z_n^{(j)}$ được xác định theo (5) và các $h_n^{(j)}$ đã được trình bày rõ trong (2). Các hệ số này sẽ được tính cho từng quỹ đạo cụ thể của tập mẫu.

Để xác định hàm $F(t)$ các A_j ; $j = \overline{1, 3}$ cụ thể cho một tập mẫu, chúng tôi chọn hàm mục tiêu như (4). Tức là :

$$\sum_{i=1}^N \left| Z_i(t_n) - \widetilde{Z}_i(t_n) \right|^2 \quad (11)$$

Ở đây :

$n = 1, 2, 3, 4$, ứng với các tn là các dự báo, 12, 24, 36 và 48h kể từ to.

N = dung lượng tập mẫu

$Z_i, \widetilde{Z}_i$ - tương ứng là vị trí tâm bão thực và tâm bão dự báo.

Bài toán cuối cùng sẽ là xác định các A_j , $j = \overline{1, 3}$ trong phương trình đầu của (9) làm cực tiểu (11) cho từng hạn dự báo với số liệu của toàn tập mẫu. Phương trình thứ 2 của (9), điều kiện (10) được dùng để xác định các hệ số của phương trình đầu (9) theo truy hồi. Thuật toán dùng ở đây là bình phương tối thiểu (2), trong trường hợp cụ thể này dẫn tới việc giải hệ 6 phương trình đại số của 6 ẩn $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3$.

II - XỬ LÝ BÀI TOÁN DỰ BÁO CHO TẬP LƯU TRỮ QUỸ ĐẠO BẢO HIỆN CÓ

1. Hạn và miền dự báo

Miền và hạn dự báo quy định tương ứng với miền thu thập số liệu và định nghĩa của hàm mục tiêu.

— Miền dự báo được phân làm 2 vùng. Vùng N là khu vực biên thuộc bắc vĩ tuyến 15°N và phía tây kinh tuyến 120°E .

— Về mặt thời gian chúng tôi xây dựng hai sơ đồ :

Một sơ đồ (DLTK/A) được xây dựng để dự báo cho thời kỳ chính mùa bão (các tháng VII, VIII, IX và X trong năm). Dự báo được thực hiện khi XTND ở t00 có $V_{\max} \geq 34\text{Knots}$.

2. Tập lưu trữ quỹ đạo bão

Toàn bộ lưu trữ hiện có 391 cơn bão từ (1961 - 1986) trên tây bắc Thái Bình Dương. Trong thời kỳ nghiên cứu tìm hiểu khai thác thử sơ đồ này, chúng tôi đã sử dụng số liệu của 210 cơn bão làm số liệu phụ thuộc và 170 cơn làm số liệu độc lập, xây dựng 2 sơ đồ dự báo hạn 12, 24, 36 và 48h cho toàn miền Tây Thái Bình Dương. Hai sơ đồ này được xây dựng ứng với 2 hàm mục tiêu khác nhau. Nhưng vì lưu trữ của ta còn ít, so với một vùng dự báo rộng lớn như vậy thì lưu trữ 391 cơn bão là không compact, quỹ đạo lưu trữ với 12h một không đủ mịn và các tích phân thực hiện với $\Delta t = 12\text{h}$ có thể là lớn ([2], [4]) với lưu trữ quỹ đạo có $\Delta t = 6\text{h}$. Và vì hỏi của hàm mục tiêu (mà chúng tôi không trình bày ở đây), quỹ đạo phải có trên 5 quan trắc. Vì vậy, lưu trữ thực tế dùng cho bài toán giảm đi. Kết quả là dự báo kém chính xác hơn các kết quả từ (1). Vì lẽ đó chúng tôi phải thực hiện như đã nói ở 1. Số liệu được khai thác trong từng sơ đồ với hai phương án cả năm và chính mùa bão cho trong bảng 1.

Bảng 1 — Số liệu (tính ra cơn bão) khai thác cho các sơ đồ
DLTK/A và DLTB/B.

Miền	Sơ đồ			
	DLTK/A		DLTK/B	
	Phụ thuộc	Độc lập	Phụ thuộc	Độc lập
N	129	9	101	9
S	71	x	36	x

Bảng 1 cho thấy:

- Tuy lưu trữ với $\Delta t = 12\text{h}$ làm nghèo số liệu đi nhưng trên thực tế không kém lưu trữ đã chọn của /2/ (378 cơn) và /3/ (70 cơn).
- Vì các chỉ tiêu phân miền không gian và thời gian đưa vào chương trình tính toán như các ngưỡng cho nên rõ ràng rằng miền N có số trường hợp dự báo nhiều hơn miền S.

3. Giá trị hàm $F(t)$. Các $a_j, b_j, j = \overline{1,3}$

Các tính toán được thực hiện đúng như I.2 và I.1 trên máy vi tính Commo — đore — 64 tại Cục Dự báo. Việc cực tiểu hóa (11) được thực hiện bằng phương pháp bình phương tối thiểu. Ở đây chúng tôi chỉ dẫn ra giá trị hàm $f_1(t)$ và $f_2(t)$ cho sơ đồ A với miền S, hạn dự báo 12h làm ví dụ:

$$f_1(t) = 0,01904 - 0,02116t - 6,94458.10^{-5}t^2$$

$$f_2(t) = 0,31397 - 0,07995t - 1,05142.10^{-5}t^2$$

Đọc giả có thể thấy rằng ở đây a_1 — hằng tự do có thứ nguyên gia tốc còn a_2 và a_3 lần lượt có thứ nguyên $[L/T^{-3}]$, $[L/T^{-4}]$.

Kết quả thử nghiệm được cho trong bảng 2.

Bảng 2 — Độ chính xác ($[\Delta R] = Km$) của các sơ đồ ĐLTK/A và ĐLTK/B

Sơ đồ	Số trường hợp		Hạn dự báo							
			12h		24h		36h		48h	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
ĐLTK/A	543/		105/	93/.	209/	172/.	335/	248/.	472/	351/..
	38	209/.	120		248		329		493	
ĐLTK/B	392/	114/.	103/	85/.	202/	167/.	319/	238/.	444/	342/.
	51		196		191		250		397	

Tử số là giá trị ứng với số liệu phụ thuộc, mẫu số ứng với số liệu độc lập N — miền Bắc, S, miền Nam, các dấu /. khuyết số liệu).

Bảng 2 cho phép sơ bộ rút ra các nhận xét như sau:

a) Tuy số lượng cơn bão khá lớn nhưng vì chúng ta xây dựng quỹ đạo với $\Delta t = 12h$, vì hạn chế về miền địa lý và phân miền dự báo làm cho số trường hợp bị hạn chế. Nhất là ở miền S, chúng tôi đã phải dùng toàn bộ số liệu đã có để xây dựng sơ đồ, vì vậy không còn số liệu để đánh giá cho số liệu độc lập.

b) Vì phân miền dự báo có khác nhau cho nên chúng ta không thể so sánh kết quả đạt được với các sơ đồ mà chúng ta đã có. Tuy nhiên, có thể nêu lên nhận xét chung là kết quả còn chưa thể hiện rõ rệt so với các mô hình hồi quy mà ta đã có.

c) Với phương pháp luận khoa học khác hẳn những mô hình thống kê trước và với kết quả sơ bộ nhận được chúng tôi nghĩ rằng sơ đồ này có khả năng hoàn thiện để đáp ứng các tình huống phức tạp của sự di chuyển của bão, điều mà các sơ đồ HQ nói chung khó có cơ sở thực hiện.

Cuối cùng cần lưu ý rằng thủ tục nghiệp vụ của sơ đồ này có thể đơn giản hơn bằng cách thay các giá trị $a_j, b_j, (j = \overline{1,3})$ cụ thể vào (1) và tích phân trực tiếp nó trong từng khoảng thời gian có lưu ý đến sự quay của các hệ tọa độ địa phương.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trịnh Văn thư, Phạm Ngọc Hiện. Kết quả thử nghiệm một số phương pháp vật lý thống kê dự báo di chuyển của bão. Tập san KTTV, số 4, 1986.

2. Nn. Thong hai, Xw Shaopu. A statistical — dynamical prediction SD-75 for typhoon movement over the Western North Pacific — Ocean, WMO Symposium on typhoon. Shanghai. October 1980.

3. Charles F. Neumann. The role of statistical models in the prediction of tropical cyclone motion. The American statistician, November, 1985, vol 39. N_o 4 (Pt.2).

4. A.F. Kivgonov, Tr.Q. Thuy, Dinamigo — statistitski metot prognoza peremetsenia taifunov Indokitaia. Met. i Gidr. 1983, N_o8. stc, 99-101.