

Về xấp xỉ hình dạng của các dải xoắn ốc trong xoáy thuận nhiệt đới

PTS. IURTRÁC B.X.

Đồng Giám đốc Trung tâm LHVX về KTND

Khi quan trắc xoáy thuận nhiệt đới (XTND) bằng radar ta thường phải xác định vị trí tâm bão trong trường hợp, khi khoảng cách tới mắt bão lớn hơn kích thước của màn hình chỉ thị (indicator) quét tròn của trạm radar hoặc khi bản thân mắt bão không rõ. Trong các trường hợp này người ta thường sử dụng thước cong dạng xoắn ốc lôga [1] để xác định vị trí tâm bão bằng cách đặt trùng khít thước cong tương ứng với phần dải xoắn ốc quan trắc được trên màn hình chỉ thị. Đồng thời ta giả thiết rằng profin đường dòng của vận tốc gió trong XTND phù hợp với profin của các dải xoắn ốc. Rõ ràng là profin của thước cong được chọn càng thích hợp bao nhiêu thì kết quả của việc xác định tâm XTND càng tin cậy bấy nhiêu.

Theo [3] phương trình đường dòng vận tốc trong hệ tọa độ trục có thể viết như sau:

$$r \frac{d\varphi}{u} = \frac{1}{v} dr \quad (1)$$

trong đó: r – véctơ bán kính,

φ – góc giữa r và hướng dương của trục Ox

u, v – thành phần vận tốc của các chất điểm không khí theo bán kính và theo tiếp tuyến.

Trong bài toán đã nêu người ta xét các phương án sau đây:

1. $u = \omega r, v = \text{const}$, ω – vận tốc quay của các chất điểm không khí
2. $v/u = \text{tg } \alpha = \text{const}$, α – góc giữa hướng gió và tiếp tuyến với đường đẳng áp (hình 1).

3. $\text{tg } \alpha = -\frac{r}{R}$, R – bán kính XTND

4. $\text{tg } \alpha = -\frac{r - r_m}{R - r_m}$, r_m – bán kính mắt bão.

Đối với các phương án trên người ta đưa ra các lời giải sau đây của phương trình (1):

$$1. r = a \varphi, \quad a = \frac{v}{\omega} \quad (\text{đường xoắn ốc Archimède})$$

$$2. r = R \exp(-\varphi \operatorname{tg} \varphi) \quad (\text{đường xoắn ốc dạng lôga})$$

$$3. r = R/\varphi \quad (\text{đường xoắn ốc hipecbon})$$

$$4. r = \frac{r_m R}{(R - r_m) \left[\frac{R}{R - r_m} - \exp\left(-\varphi \frac{r_m}{R - r_m}\right) \right]} \quad (\text{đường cong gần với đường}$$

xoắn ốc dạng hipecbon).

Một trong các hạn chế của các phương án trên là chúng chưa được chứng minh chặt chẽ. Ví dụ, theo phương án 1, thành phần vận tốc tiếp tuyến sẽ tăng theo bán kính, còn theo phương án 2 thì các thành phần vận tốc theo bán kính và theo tiếp tuyến phụ thuộc như nhau vào bán kính tới tâm bão.

Từ các số liệu thực nghiệm về phân bố các thành phần vận tốc gió trong XTNĐ, công bố trong [2], khó có thể rút ra là các phương án 1 và 2 có thể xảy ra trên thực tế. Còn nếu suy ra từ lý thuyết [4] thì khi chuyển động của không khí trong XTNĐ là chuyển động dừng và khi có lực ma sát, góc μ - góc lệch của gió so với hướng của lực gradien, được xác định không phải bằng các biểu thức trong các phương án 3 và 4 ($\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{ctg} \mu$) mà được xác định bằng phương trình

$$\operatorname{tg} \mu(r) = \frac{l}{K} + \frac{V(r)}{K \cdot r} \quad (2)$$

trong đó: $l = 2 \omega \sin \psi$ - thông số Coriolis

K - hệ số ma sát

$V(r)$ - thành phần vận tốc tiếp tuyến tại vị trí r cách tâm bão.

Có nghĩa là góc μ (hoặc α) phụ thuộc vào phân bố của vận tốc tiếp tuyến

của gió. (từ hình 1 ta có $\alpha + \mu = \frac{\pi}{2}$).

Xuất phát từ những điều đã nói trên, ta sẽ tìm phương trình đường dòng vận tốc gió trong XTNĐ trên cơ sở giải phương trình (1) với điều kiện:

$$\frac{u}{v} = \operatorname{tg} \mu \quad (3)$$

Ở đây $\operatorname{tg} \mu$ được xác định qua phương trình (2).

Trước tiên cần lưu ý về dấu của vế phải trong phương trình (1). Nếu quy định chiều quay của góc φ ngược chiều kim đồng hồ là dương và ta viết lại phương trình (1) dưới dạng:

$$\frac{dr}{d\varphi} = r \frac{v}{u} \quad (1a)$$

thì ta suy ra, khi r giảm kéo theo φ giảm (do $\frac{dr}{d\varphi} > 0$). Bởi vậy, để phương trình (2) có thể cho đường xoắn ốc gần đúng với đường xoắn ốc trong bão (khi tăng φ ngược chiều kim đồng hồ, giá trị của vectơ bán kính r giảm) ta cần phải đổi dấu vế phải và viết lại phương trình dưới dạng:

$$- \frac{dr}{d\varphi} = r \frac{v}{u} \quad (1b)$$

Giả thiết rằng vận tốc tiếp tuyến trong XTND biến đổi phụ thuộc vào khoảng cách tính từ tâm XTND theo quy luật hàm mũ:

$$V(r) = V_x \left(\frac{r_x}{r} \right)^n \quad (4)$$

trong đó: V_x - vận tốc gió tại khoảng cách r_x tính từ tâm XTND.

Khi đó phương trình (1b) có thể biểu diễn như sau:

$$- d\varphi = \frac{u}{v} \frac{1}{r} dr = \left(\frac{a}{r} + b \frac{1}{r^{n+2}} \right) dr \quad (5)$$

trong đó: $a = \frac{1}{K}$

$$b = \frac{v_x \cdot r_x^n}{K}$$

Lời giải của phương trình (5) có dạng:

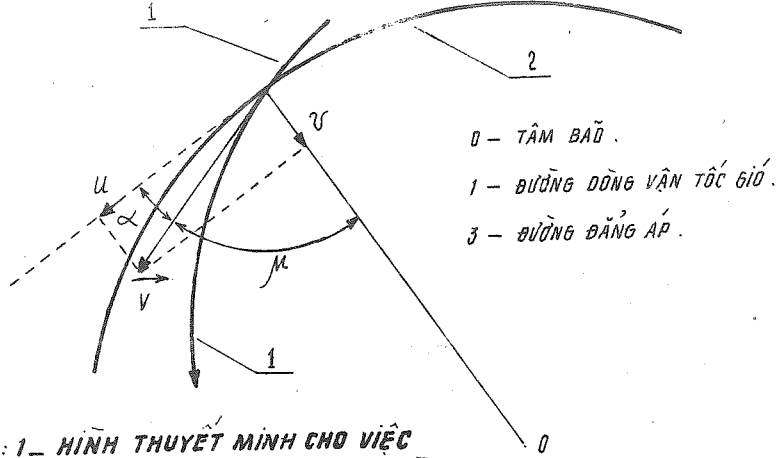
$$- \varphi = a \ln \frac{r}{r_0} - \frac{b}{n+1} \left(\frac{1}{r^{n+1}} - \frac{1}{r_0^{n+1}} \right) \quad (6)$$

trong đó r_0 - bán kính khi $\varphi = 0$.

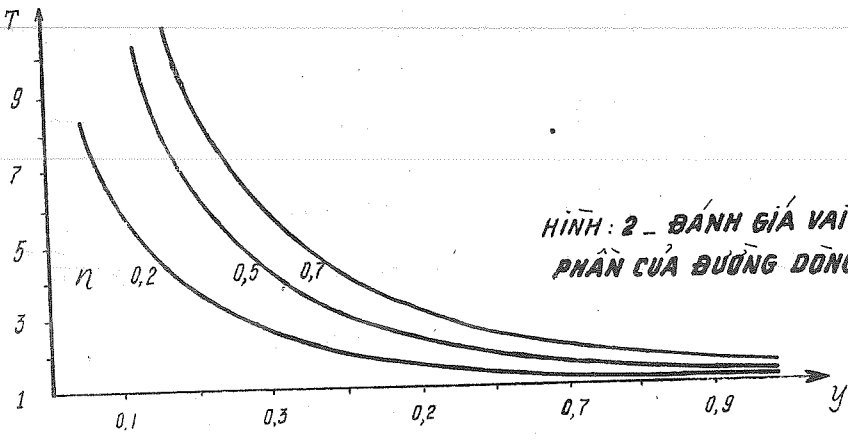
Phương trình (6) có thể biểu diễn dưới dạng:

$$\varphi = A \left(\frac{1}{y^{n+1}} - 1 \right) - a \ln y \quad (6a)$$

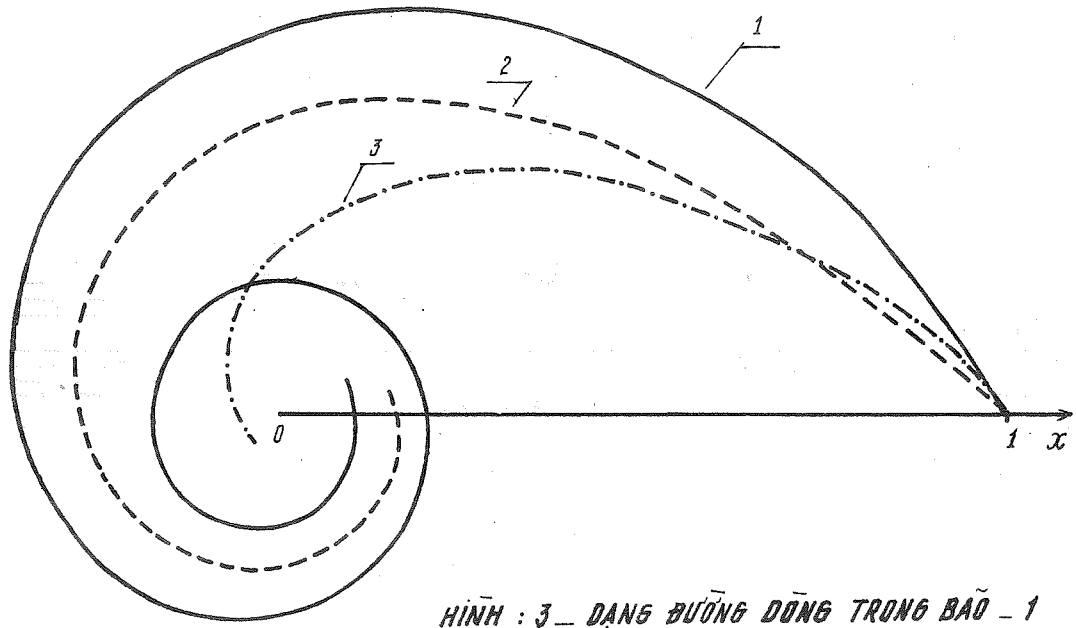
trong đó: $y = \frac{r}{r_0}$



HÌNH : 1 - HÌNH THUYẾT MINH CHO VIỆC VIẾT PHƯƠNG TRÌNH ĐƯỜNG DÒNG VẬN TỐC GIÓ TRONG XTNĐ .



HÌNH : 2 - ĐÁNH GIÁ VAI TRÒ CÁC THÀNH PHẦN CỦA ĐƯỜNG DÒNG VẬN TỐC GIÓ



HÌNH : 3 - DẠNG ĐƯỜNG DÒNG TRONG BÃO - 1 DẠNG ĐƯỜNG XOẮN ỐC ĐẠI SỐ - 2 VÀ DẠNG ĐƯỜNG XOẮN ỐC LOGA - 3

$$A = \frac{b}{(n+1)r_0^{n+1}} = \frac{1}{(n+1)K} \frac{V_x}{r_0} y_x^n$$

$$y_x = \frac{r_x}{r_0}$$

Như vậy, phương trình đường dòng vận tốc gió trong XTND nhận được (6a) là tổ hợp của các đường xoắn ốc đại số và đường xoắn ốc dạng lôga. Trong đó dạng của đường xoắn ốc lôga xác định qua tỷ số giữa thông số Coriolis và hệ số ma sát. Còn dạng của đường xoắn ốc đại số được xác định qua phân bố tốc độ tiếp tuyến của gió và phụ thuộc vào bán kính XTND và hệ số ma sát.

Vai trò tương đối của các thành phần trong việc hình thành dạng của các đường xoắn ốc đại số và lôga tương ứng như sau:

$$\varphi_A = A \left(\frac{1}{y^{n+1}} - 1 \right) \quad (7)$$

$$\varphi_{ln} = -a \ln y \quad (8)$$

Hình 2 minh họa hàm

$$T(y) = \frac{\varphi_A}{\varphi_{ln}} \cdot \frac{a}{A} = - \frac{1}{\ln y} \left(\frac{1}{y^{n+1}} - 1 \right) \quad (9)$$

Với các giá trị n khác nhau. Từ hình 2 suy ra: khi $\frac{a}{A} \approx 1$, phần trung tâm của đường xoắn ốc ($y < 0,5$) được mô tả tốt qua đường xoắn ốc đại số. Để minh họa thêm, hình 3 đưa ra đồ thị hàm (6a) khi $n = 0,5$, $V_x = 40$ m/s, $r_x = 40$ km,

$$K = 1 = 4,82 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}, r_0 = 400 \text{ km}, \frac{a}{A} = 2.$$

Sau cùng có thể ghi nhận rằng, kết quả nhận được trong bài này có thể có ích cho việc xử lý ảnh mây vệ tinh về XTND.

Tài liệu tham khảo

1. Weather Radars for Monitoring Tropical Cyclones. - TOPEX Report N° TCP - 17, 1984.
2. Weatherford C.L., Gray W.M. Typhoon Structure as Revealed by Aircraft Reconnaissance, Part I: Data Analysis and Climatology. - Monthly Weather Review, 1988, Vol. 116, 1032 - 1043.
3. Mamedov I.E.S. Shavlov N.I. Bão. - NXB KTTV, Leningrat, 1974 (tiếng Nga).
4. Guralnik I.I. và cộng tác viên. Khí tượng học. - NXB KTTV, Leningrat, 1982 (tiếng Nga).