MÔ HÌNH TOÁN — LÝ PHÂN BỐ PHẲNG TRƯỜNG VẬN TỐC GIÓ XTNĐ

HOÀNG MINH HIỀN
Cục Dự báo Khí tượng Thủy văn

I — ĐẶT VẤN ĐỀ

Dựa trên cơ sở lý thuyết điểm hút-xoáy trong [1] đã xây dựng mô hình động học phẳng hoàn lưu XTNĐ. Thông qua mô hình này, như tác giả đã chỉ ra, có thể xây dựng mô hình toán — lý phân bố phẳng trường vận tốc gió ở các tầng thấp của khí quyển bao hàm được các đặc tính quan trọng như sự tồn tại của vận tốc gió cực đại, sự phụ thuộc chặt chẽ vào kích thước mắt bão và bảo đảm được tính liên tục của trường vận tốc trong toàn bộ phạm vi hoàn lưu XTNĐ. Tuy nhiên, trong [1] mới chỉ đưa ra một trường hợp riêng đơn giản về dạng của nguồn cản. Trong bài này tác giả trình bày một dạng tổng quát của nguồn cản và từ đó xây dựng và khảo sát mô hình tổng quát hơn về phân bố phẳng trường vận tốc gió XTNĐ.

II — NỘI DUNG MÔ HÌNH

Phân tích và so sánh trong [1] cho thấy rằng có thể coi dòng phẳng của không khí trong XTNĐ là kết quả sự chồng lên nhau của dòng gây nên bởi điểm hút-xoáy đặt tại tâm XTNĐ và dòng gây nên bởi nguồn cản cũng đặt tại tâm XTNĐ. Đối với trường mô đun vận tốc, trong [1] đã rút ra phân bố dạng sau.

$$V(r) = \frac{M}{r}(1 - k) \quad \text{với } r \geqslant r_o \tag{1}$$

trong đó, M — cường độ của điểm hút-xoáy; r_o — bán kính mắt bão; hệ số k — một hàm nào đó của r, đặc trưng cho cường độ của nguồn cản đối với điểm hút-xoáy tương ứng và phải thỏa mãn các điều kiện sau:

$$k(r_2) < k(r_1) < k(r_o) = 1 \quad \text{với mọi } r_2 > r_1 > r_o$$
$$\lim_{r \to \infty} k(r) = D \quad \text{với } D \geqslant 0 \tag{2}$$

Một dạng đơn giản nhất của k(r), thỏa mãn các điều kiện trên là hàm sau

$$k(r) = \frac{r_o}{r}. \tag{3}$$

và khi đó phân bố (1) có dạng cụ thể như sau

$$V(r) = \frac{M}{r}\left(\frac{r - r_0}{r}\right) \quad (4)$$

Khảo sát trong [1] đối với trường hợp của XTNĐ Helene 26/IX/1958 cho thấy phân bố (4) rất sát với phân bố trường vận tốc gió trong thực tế. Nếu lưu ý phân bố trường vận tốc của điểm hút-xoáy có dạng như sau:

$$V(r) = \frac{M}{r} \quad (5)$$

dễ dàng thấy hai phân bố trên chỉ khác nhau bởi hệ số $\left(\frac{r - r_0}{r}\right)$ – đại lượng không thứ nguyên và đặc trưng cho tỉ lệ khoảng cách tương đối của các điểm dọc theo bán kính trong mối tương quan với kích thước mắt bão. Đặc trưng như vậy của đại lượng này có thể được sử dụng vào việc đưa ra một dạng tổng quát của hàm k (r) như sau:

$$k(r) = b^{-c\frac{r - r_0}{r}} \quad (6)$$

trong đó: $b > 1$ và $c > 0$ (7)

Hàm này thỏa mãn các điều kiện (2). Sau một số phép biến đổi đơn giản có thể giảm bớt một tham số trong (6) bằng cách đưa hàm k (r) về dạng sau:

$$k(r) = e^{a\frac{r_0 - r}{r}} \quad (8)$$

trong đó $a = c\ln b$ và do các điều kiện (7) nên dễ dàng thấy rằng a là số dương

Thay (8) vào (1) ta sẽ có phân bố dạng sau:

$$V(r) = \frac{M}{r}\left(1 - e^{a\frac{r_0 - r}{r}}\right) \quad (9)$$

Như vậy với các giá trị khác nhau của các tham số M, r_0 và a ta sẽ nhận được họ vô số các phân bố xác định khác nhau của trường vận tốc gió XTNĐ. Do giả thiết về tính đối xứng của trường vận tốc nên từ (9) có thể rút ra phân bố sau đây đối với thành phần vận tốc tiếp tuyến.

$$V_\theta(r) = \frac{L}{r}\left(1 - e^{a\frac{r^0 - r}{r}}\right) \quad (10)$$

trong đó, L – mô men động lượng.

Trong mỗi trường hợp cụ thể của XTNĐ, thông qua các số liệu quan trắc, có thể tính được các tham số M, r_0 và a bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất (hiển nhiên thấy rằng đây là trường hợp phi tuyến). Như đã biết trong lý thuyết phương pháp số, quá trình lặp khi tiến hành phương pháp bình phương nhỏ nhất đối với trường hợp phi tuyến không phải bao giờ cũng hội tụ. Kết quả của quá trình này phụ thuộc rất nhiều vào việc chọn những giá trị đánh giá sơ bộ của các tham số cần tìm. Trong một số trường hợp có thể xác định được bán kính mắt bão r_0 một cách tương đối chính xác thông qua các ảnh mây vệ tinh hoặc từ các quan trắc rađa. Ngoài ra, như sau đây sẽ thấy, có thể giảm bớt khó khăn trong việc chọn giá trị đánh giá sơ bộ của tham số M. Từ phân bố (9) suy ra có.

$$V.r = M\left(1 - e^{a\frac{r_o - r}{r}}\right) \quad (11)$$

Đặt

$$f(r) = V.r \quad \text{và } M' = \lim_{r \to \infty} f(r) \quad (12)$$

Tại rìa mắt bão ta có $f(r_o) = 0$. Giá trị của M' có thể tìm được thông qua phép tính giới hạn đơn giản sau

$$M' = \lim(V.r) = \lim M\left(1 - e^{a\frac{r_o - r}{r}}\right) = M(1 - e^{-a}) \quad (13)$$

Qua đó dễ ràng thấy rằng f(r) là hàm đơn điệu tăng và bị chặn trên bởi giá trị $M' = M(1 - e^{-a}) = \text{const}$. Thông qua các số liệu quan trắc có thể tìm được giá trị gần đúng của M' bằng phương pháp đồ thị. Từ (13) suy ra

$$M = \frac{M'}{1 - e^{-a}} \quad (14)$$

và với mối quan hệ này, thực chất của quá trình lặp kể trên chỉ còn phụ thuộc duy nhất vào việc chọn giá trị đánh giá ban đầu của tham số a. Tính toán thử nghiệm cho thấy trung bình $a = 0,1 \div 0,9$.

III — PHƯƠNG PHÁP TÌM NGHIỆM ĐÚNG CỦA PHÂN BỐ VẬN TỐC

Xác định các tham số của phân bố (9) bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất đối với trường hợp phi tuyến không phải là công việc dễ dàng và đòi hỏi số lượng và số liệu quan trắc đủ nhiều mới đảm bảo được độ tin cậy của các kết quả tính toán. Thực tế, do mạng lưới trạm quan trắc khí tượng thưa thớt nên không phải khi nào cũng có điều kiện giải quyết bài toán theo phương pháp kể trên. Ngoài ra, vấn đề tìm nghiệm đúng của phân bố vận tốc có ý nghĩa đặc biệt quan trọng đối với việc phân tích vai trò của các tham số xuất hiện trong quá trình mô hình hóa trường gió XTNĐ thông qua điểm hút – xoáy và nguồn cản.

Hàm vận tốc được cho bởi (9) là hàm siêu việt và nói chung không có phương pháp giải chung. Tuy nhiên như sau này ta thấy, trong một số trường hợp có thể tìm được nghiệm đúng của phân bố (9). Giả sử V_1, V_2, và V_3 là môđun vận tốc gió ở 3 trạm với các bán kính tương ứng r_1, r_2 và r_3. Ta có thể chọn r_1, r_2, và r_3 sao cho

$$r_1 < r_2 < r_3$$

Từ phương trình (11) ta có thể rút ra hệ 3 phương trình sau

$$\left.\begin{aligned} V_1 r_1 &= M\left(1 - e^{a\frac{r_o - r_1}{r_1}}\right) \quad &(a)\\ V_2 r_2 &= M\left(1 - e^{a\frac{r_o - r_2}{r_2}}\right) \quad &(b)\\ V_3 r_3 &= M\left(1 - e^{a\frac{r_o - r_3}{r_3}}\right) \quad &(c) \end{aligned}\right\} \quad (16)$$

đối với 3 ẩn là các tham số M, r_o và a. Có thể rút bớt một ẩn số của hệ trên bằng cách chia (16b) cho (16a) và chia (16c) cho (16b) ta sẽ có hệ hai phương trình sau.

$$\left.\begin{aligned} \frac{V_2 r_2}{V_1 r_1} &= \frac{1 - e^{a\frac{r_o - r_2}{r_2}}}{1 - e^{a\frac{r_o - r_1}{r_1}}} \qquad (a) \\ \frac{V_3 r_3}{V_2 r_2} &= \frac{1 - e^{a\frac{r_o - r_3}{r_3}}}{1 - e^{a\frac{r_o - r_2}{r_2}}} \qquad (b) \end{aligned}\right\} \qquad (17)$$

đối với hai ẩn r_o và a.

Đặt

$$x = ar_o; \quad f_i = V_i r_i \quad \text{và} \quad k_{ij} = \frac{f_j}{f_i} \qquad (18)$$

và biến đổi hệ (17) ta có

$$\left.\begin{aligned} e^{x/r_2} - k_{12} e^{x/r_1} &= (1 - k_{12})\, e^{a} \qquad (a) \\ e^{x/r_3} - k_{23} e^{x/r_2} &= (1 - k_{23})\, e^{a} \qquad (b) \end{aligned}\right\} \qquad (19)$$

Có thể rút bớt ẩn số a của hệ này bằng cách chia hai phương trình trên cho nhau ta có

$$k_{12} e^{x/r_1} - (1 + l_{13} k_{23}) e^{x/r_2} + l_{13} e^{x/r_3} = 0 \qquad (20)$$

trong đó ký hiệu

$$l_{13} = \frac{1 - k_{12}}{1 - k_{23}} \qquad (21)$$

Như vậy, ta chỉ còn một phương trình đối với một ẩn x. Vì $x = ar_o > 0$ và $r_1 < r_2 < r_3$ nên

$$x/r_1 > x/r_2 > x/r_3$$

nghĩa là x/r_1 là bậc lớn nhất của phương trình mũ (20).

Đặt

$$x = jr_3 z \qquad (22)$$

trong đó j là một số nguyên dương nào đó. Do x và r_o là các số dương nên hiển nhiên a cũng phải là số dương. Thay (22) vào (20) ta có

$$k_{12} . e^{jr_3 z/r_1} - (1 + l_{13} . k_{23})\, e^{jr_3 z/r_2} + l_{13} . e^{jz} = 0 \qquad (23)$$

Đặt

$$y = e^{z} \qquad (24)$$

và thay vào (23) ta có

$$k_{12} y^{jr_3/r_1} - (1 - l_{13} k_{23})\, y^{jr_3/r_2} + l_{13} y^{j} = 0 \qquad (25)$$

Dễ dàng thấy rằng với mọi $r_1 < r_2 < r_3$ luôn luôn có thể chọn được số j sao cho (25) là phương trình với các số mũ nguyên dương. Cụ thể ta có thể chọn j sao cho jr_3 là bội số chung nhỏ nhất của r_1, r_2 và khi đó có thể viết (25) dưới dạng sau

$$k_{12}y^{m_1} - (1 - l_{13}k_{23})\, y^{n_1} + l_{13}y^{j} = 0 \tag{26}$$

trong đó

$$m_1 = \frac{jr_3}{r_1} > n_1 = \frac{jr_3}{r_2} > j$$

Đặt thừa số chung y^j trong phương trình (26) ta có

$$y^j \left[k_{12}y^{m_1 - j} - (1 + l_{13}\, k_{23})\, y^{n_1 - j} + l_{13}\right] = 0 \tag{27}$$

Do điều kiện $y = e^z > 1$ nên từ (27) suy ra phương trình tương đương sau

$$k_{12}y^{m} - (1 - l_{13}k_{23})y_{n} + l_{13} = 0 \tag{28}$$

trong đó $m = m_1 - j$ và $n = n_1 - j$. Ký hiệu

$$\gamma_m(y) = k_{12}y^m - (1 + l_{13}k_{23})y^n + l_{13} = 0 \tag{29}$$

trong đó m chỉ bậc cao nhất của phương trình. Ta có thể chứng minh được rằng nếu jr_3 là bội số chung nhỏ nhất của r_1 và r_2 thì n luôn có giá trị bằng 1. Khi đó ta có.

$$\gamma_m(y) = k_{12}y^m - (1 + l_{13}.k_{23})\, y + l_{13} = 0 \tag{30}$$

Đặt

$$s = k_{12} - (1 + l_1.k_{23}) + l_{13} \tag{31}$$

và thay các đại lượng tương đương của k_{ij} và l_{13} từ (18) và (21) vào (31), dễ dàng sẽ chứng minh được rằng $s = 0$. Nhưng s lại chính là tổng đại số của các hệ số của phương trình mũ (30). Tính chất đặc biệt này chứng tỏ phương trình (30) luôn luôn tồn tại ít nhất một nghiệm $y_1 = 1$. Như vậy luôn luôn có thể hạ bớt một bậc của phương trình bằng cách phân tích $\gamma_m(y)$ thành thừa số của $(y-1)$

$$\gamma_m(y) = (y-1).B_{m-1}(y) = 0 \tag{32}$$

và về thực chất bài toán được quy về việc tìm nghiệm của phương trình

$$B_{m-1}(y) = 0$$

Dễ dàng có thể tìm được dạng của $B_{m-1}(y)$ thông qua phép chia đa thức $\gamma_m(y)$ cho $(y-1)$. Nếu lưu ý các biểu thức (22) và (24) sẽ thấy nghiệm $y_1 = 1$ là tương đương với nghiệm $x = a.r_o = 0$. Do $r_o > 0$ nên nghiệm này tương đương với nghiệm $a = 0$. Tuy nhiên, theo giả thiết đã cho của mô hình, phân bố (9) chỉ thỏa mãn với các giá trị của $a > 0$. $a = 0$ là nghiệm đặc biệt của mô hình và có thể khảo sát ý nghĩa của nó thông qua một số phép biến đổi tới hạn khi cho a tiến tới 0. Tạm thời trong khuôn khổ bài báo tác giả không đề cập tới vấn đề này.

Sau đây sẽ xem xét một số trường hợp đơn giản nhất của bài toán

1. Trường hợp $m = 2$ ta có

$$\gamma_2(y) = k_{12}y^2 - (1 + l_{13}k_{23})y + l_{13} = 0$$

$$\gamma_2(y) = (y-1).B_1(y) = 0$$

và từ đó ta có

$$B_1(y) = y - \frac{l_{13}}{k_{23}} = 0$$

Thay các biểu thức tương đương của l_{13} và k_{23} ta sẽ tìm được

$$y_2 = \frac{V_2r_2 - V_1r_1}{V_3r_3 - V_2r_2}$$

2. Trường hợp m = 3 ta có

$$\delta_3(y) = k_{12}y^3 - (1 + l_{13}k_{23})y + l_{13} = 0$$

$$\delta_3(y) = (y-1)\, B_2(y) = 0$$

và từ đó ta có

$$B_2(y) = k_{12}y^2 + k_{12}y - l_{13} = 0$$

Giải phương trình bậc hai đơn giản này ta có hai nghiệm sau.

$$y_{2,3} = \frac{-1 \pm \sqrt{1 + 4l_{13}/k_{23}}}{2}$$

Do điều kiện y > 1 nên ta chỉ lấy nghiệm dương y_2.

3. Trường hợp m = 4 ta có.

$$\gamma_4(y) = k_{12}\, y^4 - (1 + l_{13}k_{23})\, y + l_{13} = 0$$

$$\gamma_4(y) = (y - 1).\; B_3(y) = 0$$

và từ đó có.

$$B_3(y) = k_{12}\, y^3 + k_{12}y^2 + k_{13}y - l_{13} = 0$$

hoặc

$$y^3 + y^2 + \; = y\, \frac{l_{13}}{k_{12}}$$

Có thể tìm được nghiệm gần đúng của phương trình này bằng phương pháp số.

Thay nghiệm y_2 tìm được vào các biểu thức tương đương ta sẽ tìm được

$$a = \ln\left(\frac{k_{12}\; e^{(jr_3\ln y_2)/r_1} - e^{(jr_3\ln y_2)/r_2}}{k_{12} - 1}\right); r_o = \frac{jr_3\ln y_2}{a}$$

Thay các giá trị tìm được của a và r_o vào một trong các phương trình của hệ (15) ta sẽ tìm được nốt tham số M và như vậy bài toán được giải quyết hoàn toàn.

IV – TÍNH TOÁN THỬ NGHIỆM

Với các giá trị cụ thể của r_1, r_2, r_3 và chọn jr_3 là bội số chung nhỏ nhất của chúng, ta sẽ có bậc m xác định của phương trình (30). Nếu lưu ý các số mũ của các phương trình (25), (26) và (30) ta có thể rút ra tương quan sau.

$$\frac{1}{r_1} : \frac{1}{r_2} : \frac{1}{r_3} = (m + j) : (j + 1) : j$$

và từ đó có

$$r_1 : r_2\, r_3 = 1 : \frac{m + j}{j + 1} : \frac{m + j}{j} \qquad (34)$$

thông qua tương quan này dễ dàng suy ra

$$m = \frac{jr_3}{r_1} - j \qquad (35)$$

Ngược lại, với bậc m xác định, ta có thể chọn được vô số tỉ lệ thích hợp giữa r_1, r_2 và r_3 bằng cách gán cho J trong biểu thức (34) các giá trị nguyên dương khác nhau. Như đã trình bày ở mục trên, với $m = 2$ hoặc $m = 3$ có thể nhanh chóng tìm được các nghiệm đúng bằng cách tính thủ công. Đối với các bậc cao hơn ($m > 3$) có thể thể tìm được nghiệm gần đúng bằng phương pháp số. để tiện so sánh với các kết quả trong [1], tác giả chọn trường hợp XTNĐ Helene 26/IX/1958. Các số liệu thực tế của prôfin vận tốc tiếp tuyến (mực 560mb) được trình bày ở bảng 1. Trong trường hợp này $V_{max} = 50m/s$; $r_{max} = 30km$ và $r_{\delta} = 15km$.

1. Trường hợp $m = 2$.

Lấy $j = 1$ ta có thể chọn các trạm $r_1 = 40km$, $r_2 = 60km$ và $r_3 = 120km$ với các vận tốc tương ứng $V_1 = 46,5m/s$, $V_2 = 37,5m/s$ và $r_3 = 21,8km$. Tính toán thông qua các biểu thức được trình bày ở mục trên cho các nghiệm $a \approx 0,447885$; $r_{\delta} \approx 17,017km$; $L \sim 8198 \times 10^3 m^2/s$ và $L = 2959 \times 10^3 m^2/s$. Thay các giá trị tìm được của L, a và r_o vào (10), từ đó có thể tính được vận tốc ở tất cả các trạm với các bán kính khác nhau. Trong trường hợp này sai số tuyệt đối trung bình $/\Delta v/ \approx 0,61m/s$; độ lệch quân phương $\sigma_v \sim 1,24m/s$, được tính theo công thức sau.

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (\Delta v_i)^2}$$

Ngoài ra dễ dàng tìm được $V'_{max} = 48,5m/s$ và $r'_{max} = 32,3km$.

2. Trường hợp $m = 3$.

Lấy $j = 1$ ta có thể chọn các trạm $r_1 = 30km$, $r_2 = 60km$ và $r_3 = 120km$ với các vận tốc tương ứng $v_1 = 50m/s$, $v_2 = 37,5m/s$ và $v_3 = 21,8m/s$. Các nghiệm tìm được là $a = 0,126407$; $r_{\delta} = 15,354km$; $L = 25064 \times 10^3 m^2/s$ và $L' = 2976 \times 10^3 m^2/s$. Trong trường hợp này $|\Delta v| = 0,33m/s$; $\sigma_v = 0,46m/s$ $v = 50m/s$; $r_{max} = 30,3km$.

3. Trường hợp $m = 4$.

Lấy $j = 1$ ta có thể chọn các trạm $r_1 = 30km$, $r_2 = 75km$ và $r_3 = 150km$ với các vận tốc tương ứng $v_1 = 50m/s$, $v_2 = 33m/s$ và $v_3 = 18,6m/s$. Nghiệm của phương trình (33) được tìm bằng phương pháp số. Kết quả tính được $a = 0,145849$; $r_o = 16,029km$; $L' = 22842 \times 10^3 m^2/s$ và $L' = 3100 \times 10^3 m^2/s$. Trong trường hợp này $/\Delta v/ = 0,7m/s$; $\sigma_v = 0,87m/s$; $v_{max} = 50,2m/s$ và $r'_{max} = 31,6km$.

Kết quả vận tốc tính ở các trạm được trình bày ở bảng 1. L (hoặc M) và a là các tham số xuất hiện trong quá trình mô hình hóa điểm hút – xoáy và nguồn cản. Tính toán thử nghiệm ở trên cho thấy với cùng một prôfin vận tốc gió XTNĐ, L và a nhận được các giá trị tính rất khác nhau. Tuy nhiên, các giá trị tính của các đại lượng đặc trưng của XTNĐ như r_o, L' (mô men động lượng tới hạn ở rìa biên XTNĐ), V_{max} và r_{max} lại xấp xỉ như nhau và rất sát với các giá trị thực.

Bảng 1 — Các giá trị thực và các giá trị tính theo (10) của phân bố vận tốc tiếp tuyến, trong XTNĐ Helene 26/IX/1958, mực 560mb (Δv là các sai số).

r (km)	V' thực (m/s)	V'm = 2 (m/s)	Δ V'm = 2 (m/s)	V'm = 3 (m/s)	Δ V'm = 3 (m/s)	V'm = 4 (m/s)	Δ V'm = 5 (m/s)
25	48	43,7	4,3	47,7	0,3	46,6	1,4
30	50	48,2	0,8	50	0	50	0
40	46,5	46,5	0	46,9	—0,4	47,8	—1,3
50	41,5	41,9	—0,4	42	—0,5	43,1	—1,6
60	37,5	37,5	0	37.5	0	38 6	—1,1
75	33	32	1,0	32	1,0	33	0
80	30,5	30.5	0	30,4	0,1	31,4	—0,9
90	27.8	27,7	0,1	27,7	0,1	28 7	—0,9
100	26,2	25,5	0,7	25,4	0,8	26.3	—0,1
110	23,3	23,5	0	23,5	0	24,3	—0,8
120	21,8	21,8	0	21,8	0	22,6	—0,8
125	21,5	21,1	0,4	21	0,5	21,8	—0,3
140	19,2	19	0,2	19	0,2	19,8	—0,6
150	18,6	17,9	0,7	17,9	0,4	18,6	0

V – KẾT LUẬN

1. Với điều kiện đưa ra ở trên về hàm số của hệ nguồn cản đã xây dựng được một mô hình tổng quát, bao hàm những đặc tính quan trọng của phân bố phẳng trường vận tốc gió XTNĐ trong mối quan hệ chặt chẽ với kích thước mắt bão.

2. Trong mỗi trường hợp cụ thể của XTNĐ, có thể tìm được phân bố vận tốc tương ứng dạng (9) với các giá trị xác định của các tham số M, r_o và a, bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất. Quá trình lặp khi tiến hành phương pháp bình phương nhỏ nhất đối với trường hợp phi tuyến ở đây có thể được đơn giản rất nhiều thông qua việc sử dụng quan hệ (14) và các quan trắc về kích thước mắt bão.

3. Trong một số trường hợp, với tỉ lệ thích hợp giữa các bán kính có thể tìm được nghiệm đúng của phân bố vận tốc (9) hoặc (10). Tính toán thử nghiệm đối với trường hợp XTNĐ Helene cho các kết quả khả quan.

4. Thông qua các số liệu quan trắc, mô hình cho phép tính được các đại lượng đặc trưng quan trọng của XTNĐ như bán kính mắt bão, mô men động lượng tới hạn, vận tốc gió cực đại và bán kính vùng gió cực đại.

5. Khảo sát phân bố bằng phương pháp tìm nghiệm đúng cho thấy hoàn toàn có thể chấp nhận được việc mô hình hóa phân bố phẳng trường vận tốc gió XTNĐ thông qua điểm hút xoáy và nguồn cản.

6. Mô hình trình bày ở trên có thể được sử dụng vào mục đích nghiên cứu cũng như áp dụng trong phân tích và dự báo bão nghiệp vụ.

Tài liệu tham khảo

1. Hoàng Minh Hiền. Mô hình động học phẳng hoàn lưu XTNĐ. Tập san KTTV N° 9/1987