

HIỆU CHỈNH CÔNG THỨC TÍNH THÀNH PHẦN XOÁY BẤT ĐỐI XỨNG TRONG SƠ ĐỒ BAN ĐẦU HOÁ XOÁY

ThS. Nguyễn Thị Minh Phương

Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương

Sơ đồ ban đầu hoá xoáy có ý nghĩa rất quan trọng đối với các mô hình số trị dự báo quỹ đạo bão. Tuy nhiên, sơ đồ ban đầu hoá xoáy rất phức tạp, gồm rất nhiều tham số thực nghiệm. Việc cải tiến sơ đồ ban đầu hoá xoáy cho phù hợp với các cơ chế chuyển động của bão trên biển Đông để áp dụng các mô hình dự báo của các nước tiến tiến trên thế giới vào Việt Nam là một vấn đề lớn và hết sức phức tạp, cần được tập trung nghiên cứu thử nghiệm. Trong bài báo này tác giả trình bày cách hiệu chỉnh công thức tính thành phần xoáy bất đối xứng trong sơ đồ ban đầu hoá xoáy nhằm khắc phục khuynh hướng lệch bắc trong dự báo quỹ đạo bão trên biển Đông bằng mô hình số trị chính áp thông qua dự báo thử nghiệm đối với cơn bão WUKONG (2000).

1. Mở đầu

Trên thế giới, khoảng mười năm trở lại đây dự báo quỹ đạo bão bằng các mô hình số trị đã đạt được những thành tựu đáng kể: các sai số dự báo đã giảm khoảng 25% đối với hạn dự báo +24 giờ và khoảng 50% đối với hạn dự báo +72 giờ [7]. Theo Davidson [5] một số nguyên nhân chính dẫn đến các thành tựu khả quan là do:

- a) Sự tăng cường hệ thống quan trắc và thám sát bão khiến cho việc xác định dòng môi trường quy mô lớn và cấu trúc ngoài của bão được tốt hơn,
- b) Các mô hình dự báo và việc tham số hoá các quá trình vật lý được hoàn thiện liên tục,
- c) Các hệ thống dự báo sử dụng độ phân giải cao hơn,
- d) Việc áp dụng các sơ đồ ban đầu hoá xoáy (vortex initialisation scheme).

Bản chất của ban đầu hoá xoáy là sử dụng các lý thuyết về chuyển động và cấu trúc của bão để xây dựng một xoáy nhân tạo (bogus vortex) đưa vào tập số liệu ban đầu thay cho xoáy thực rất ít số liệu. Việc áp dụng sơ đồ ban đầu hoá xoáy đã giúp cho việc khắc phục tình trạng ít số liệu ở vùng xung quanh tâm bão đó là một trở ngại lớn đối với các mô hình dự báo số trị. Trong [1] và [2] tác giả đã trình bày việc nghiên cứu áp dụng một mô hình số trị chính áp có sơ đồ ban đầu hoá xoáy của Trường Đại học Tổng hợp Munich (Cộng hoà Liên bang Đức) để dự báo quỹ đạo bão hoạt động trên biển Đông. Thông qua các thử nghiệm tính toán, sự cần thiết cũng như tính ưu việt của sơ đồ ban đầu hoá xoáy trong việc khắc phục tình trạng số liệu thiếu ở vùng có bão để nâng cao độ chính xác của các dự báo. Tuy nhiên, sơ đồ ban đầu hoá xoáy rất phức tạp, chứa rất nhiều tham số thực nghiệm. Việc xây dựng sơ đồ ban đầu hoá xoáy phù hợp với các cơ chế chuyển động của bão trên biển Đông khi nghiên cứu áp dụng các mô hình dự báo của các nước tiến tiến thường bất cập, cần được tập trung nghiên cứu. Việc lựa chọn một tham số cho sơ đồ ban đầu hoá xoáy

trong mô hình số trị chính áp dự báo quỹ đạo bão hoạt động trên biển Đông đã được trình bày [3]. Đó là đặt "bán kính hiệu chỉnh lớn nhất" $RNMAX$ bằng bốn lần bán kính của vùng gió 30 kts tức là 15m/s (hoặc bán kính của đường đẳng áp đóng kín ngoài cùng). Kết quả nghiên cứu này đã khẳng định vai trò quan trọng của sơ đồ ban đầu hoá xoáy trong mô hình số trị chính áp dự báo đường đi của bão: việc gán các tham số của sơ đồ ban đầu hoá xoáy với kích thước và cấu trúc của từng cơn bão cụ thể một cách hợp lý đã biểu diễn đúng thành phần dòng môi trường và thành phần bất đối xứng của bão, thể hiện rõ sự tương tác giữa hai thành phần này nhằm nâng cao chất lượng dự báo quỹ đạo bão được nâng cao rõ rệt, kể cả đối với các điểm bão bắt đầu chuyển hướng. Đồng thời, điều đó cũng khẳng định sự cần thiết của việc nghiên cứu cải tiến các mô hình dự báo số trị của các nước tiên tiến sao cho phù hợp với các điều kiện hoàn lưu khí quyển của khu vực, khi áp dụng các mô hình này vào dự báo khí tượng thủy văn ở nước ta.

Bài báo này tác giả trình bày một cải tiến tiếp theo đối với sơ đồ ban đầu hoá xoáy được mô tả trong [1], [2] và [3]. Đó là hiệu chỉnh công thức tính thành phần xoáy bất đối xứng trong sơ đồ ban đầu hoá xoáy nhằm khắc phục khuynh hướng lệch bắc trong các dự báo quỹ đạo bão trên biển Đông bằng mô hình số trị chính áp thông qua các dự báo thử nghiệm đối với cơn bão WUKONG (2000).

2. Mô hình số trị chính áp và sơ đồ ban đầu hoá xoáy

Như đã được mô tả trong [1], [2] và [3] mô hình chính áp được sử dụng trong bài báo này gồm ba phương trình nguyên thủy viết trong hệ tọa độ kinh độ và vĩ độ:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \eta v - \frac{1}{a \cos(\phi)} \frac{\partial E}{\partial \lambda} \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -\eta u - \frac{1}{a} \frac{\partial E}{\partial \phi} \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} = -\frac{1}{a \cos(\phi)} \left[\frac{\partial}{\partial \lambda} (hu) + \cos(\phi) \frac{\partial}{\partial \phi} (hv) - hv \sin(\phi) \right] \quad (2.3)$$

trong đó:

$$\eta = \frac{1}{a \cos(\phi)} \left[\frac{\partial v}{\partial \lambda} - \cos(\phi) \frac{\partial u}{\partial \phi} + u \sin(\phi) \right] + 2\Omega \sin(\phi) \quad (2.4)$$

$$E = gh + \frac{1}{2} (u^2 + v^2) \quad (2.5)$$

Và h - độ cao địa thế vị (m), u, v - các thành phần vĩ hướng và kinh hướng của trường gió (m/s), η - xoáy tuyệt đối (1/s), E - năng lượng toàn phần, g - gia tốc trọng trường (m/s^2), a - bán kính của trái đất (m), ϕ và λ là vĩ độ và kinh độ địa lý, Ω - vận tốc góc của trái đất.

Sơ đồ ban đầu hoá xoáy được xây dựng dựa trên nguyên tắc như sau: một trường khí tượng F bất kỳ có thể phân tích thành các thành phần trường

môi trường F^E và thành phần trường xoáy F^V . Thành phần trường môi trường F^E lại được phân tích thành các thành phần trường môi trường qui mô lớn F^{EL} và thành phần trường qui mô nhỏ F^{ES} , còn thành phần trường xoáy F^V được phân tích thành các thành phần xoáy đối xứng F^{VS} và xoáy bất đối xứng F^{VA} . Vectơ chuyển động của xoáy thuận nhiệt đới $\overline{V^{TC}}$ trong mô hình chính áp được xấp xỉ bằng tổng của hai thành phần (1) vectơ vận tốc của trường qui mô lớn xung quanh bão $\overline{V^{EL}}$ và (2) vectơ vận tốc của thành phần bất đối xứng của bão $\overline{V^{VA}}$:

$$\overline{V^{TC}} = \overline{V^{EL}} + \overline{V^{VA}} \quad (2.6)$$

Một xoáy nhân tạo (bogus vortex) gồm cả hai thành phần đối xứng và bất đối xứng, được xây dựng trên cơ sở công thức (2.6) và đưa vào các trường ban đầu thay cho xoáy thực thiếu nhiều số liệu. Các trường số liệu với xoáy nhân tạo (còn được gọi là các trường sau ban đầu hoá xoáy) được dùng làm số liệu đầu vào cho mô hình chính áp dự báo quỹ đạo bão.

Cơ sở lý thuyết của mô hình phân tích và ban đầu hoá xoáy được trình bày chi tiết trong các công trình của Smith và Ulrich [10,11], Smith [8], Smith và Weber [9], Weber và Smith [12], Davidson và Weber [6].

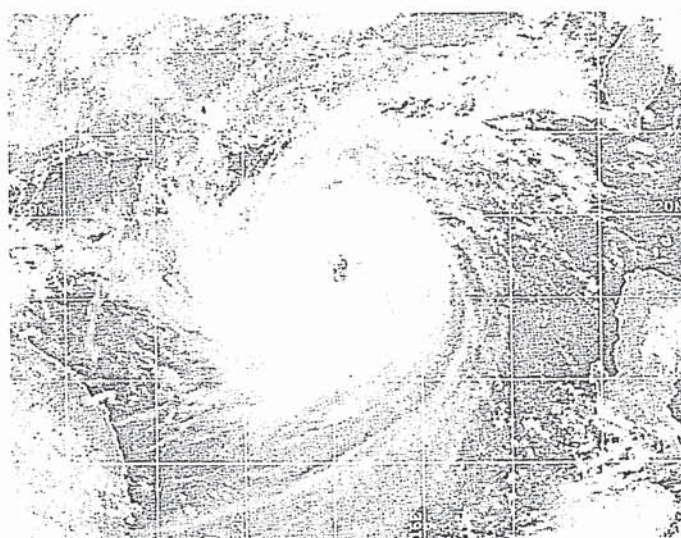
Các chi tiết khác về mô hình số trị chính áp và sơ đồ ban đầu hoá xoáy nói trên đã được mô tả đầy đủ trong [1], [2] và [3], trong bài báo này tác giả xin phép không nhắc lại.

3. Kết quả dự báo quỹ đạo cơn bão WUKONG (2000) bằng mô hình chính áp với sơ đồ ban đầu hoá xoáy

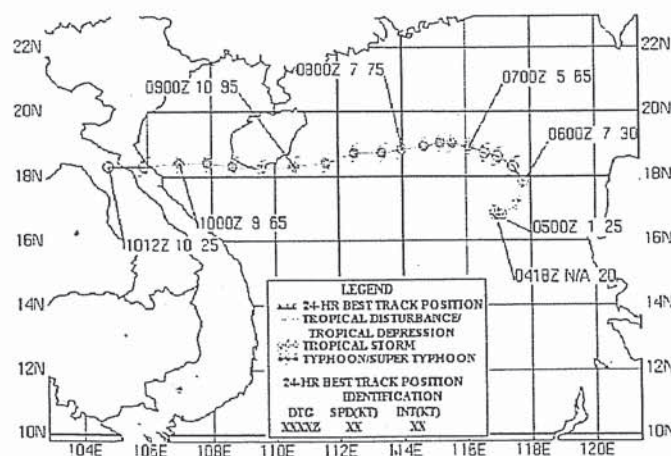
Bão WUKONG (2000) hình thành từ một vùng đối lưu phát triển mạnh trên vùng biển Đông và Bắc biển Đông đạt cường độ bão (tropical storm) với sức gió mạnh nhất gần tâm bão 35 kts (17m/s) vào lúc 06 UTC (13 giờ Hà Nội) ngày 06/IX/2000, có vị trí tâm tại 18,4°N và 117,6°E. Hình 1 là ảnh mây vệ tinh IR của bão WUKONG vào thời điểm đạt cường độ cực đại với sức gió mạnh nhất gần tâm bão: 75 kts tức là 37m/s vào lúc 00 UTC (07 giờ Hà Nội) ngày 08/IX/2000 và hình 2 là quỹ đạo thực của cơn bão [4]. Từ hình 1 và hình 2 cho thấy: bão WUKONG là một cơn bão mạnh, có kích thước lớn, lúc đầu chuyển động theo hướng tây bắc (NW) với vận tốc khoảng 10km/h, sau chuyển dần sang chuyển động ổn định theo hướng tây (W) do sóng cao cận nhiệt đới hình thành và mạnh lên ở phía bắc cơn bão. Chiều ngày 10/IX/2000 bão WUKONG đổ bộ vào Hà Tĩnh với cường độ cấp 10 (50 kts tức là 25m/s).

Các dự báo quỹ đạo cơn bão WUKONG được tính bắt đầu từ thời điểm 11 UTC (18 giờ Hà Nội) ngày 06/IX/2000 cho đến thời điểm 23 UTC (06 giờ Hà Nội) ngày 08/IX/2000, cách 12 giờ một (có 6 lần dự báo). Số liệu các trường ban đầu gồm độ cao địa thế vị H (m), các thành phần gió vĩ hướng U (m/s) và kinh hướng V (m/s) tại các mực đẳng áp chuẩn 850, 700, 500, 400, 300 và 250hPa được lấy từ kết quả phân tích khách quan toàn cầu của Cơ quan Khí tượng Australia có độ phân giải 1,5° x 1,5°. Từ số liệu tại các mực đẳng áp

chuẩn này, số liệu tại mực trung bình (Deep Layer Mean DLM) được tính bằng cách lấy trung bình có trọng lượng theo bề dày của khí quyển. Các số liệu về kích thước, cường độ, vận tốc và hướng chuyển động của bão WUKONG được lấy từ các bản tin dự báo bão. Hình 3 và hình 4 là trường độ cao địa thế vị H (đam) và trường đường dòng tại mực DLM vào thời điểm 11 UTC (18 giờ Hà Nội) ngày 06/IX/2000.

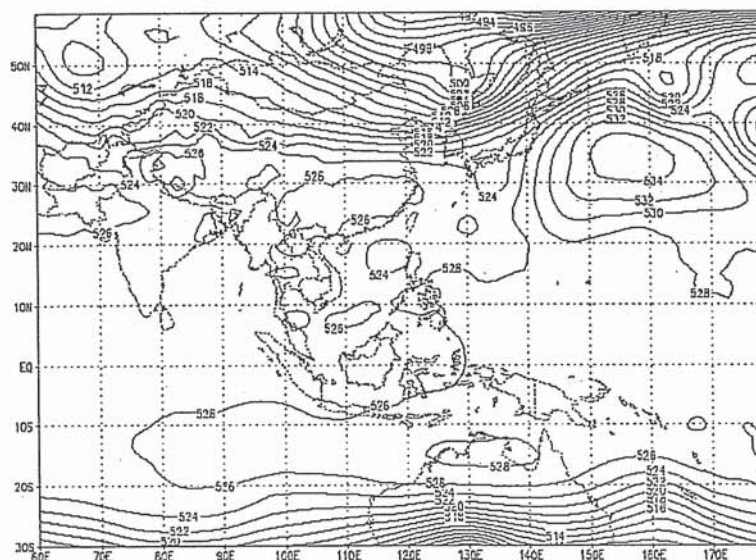


Hình 1. Ảnh mây vệ tinh IR của bão WUKONG vào lúc 00 UTC (07 giờ Hà Nội) ngày 08/IX/2000 với sức gió mạnh nhất gần tâm 75 kts

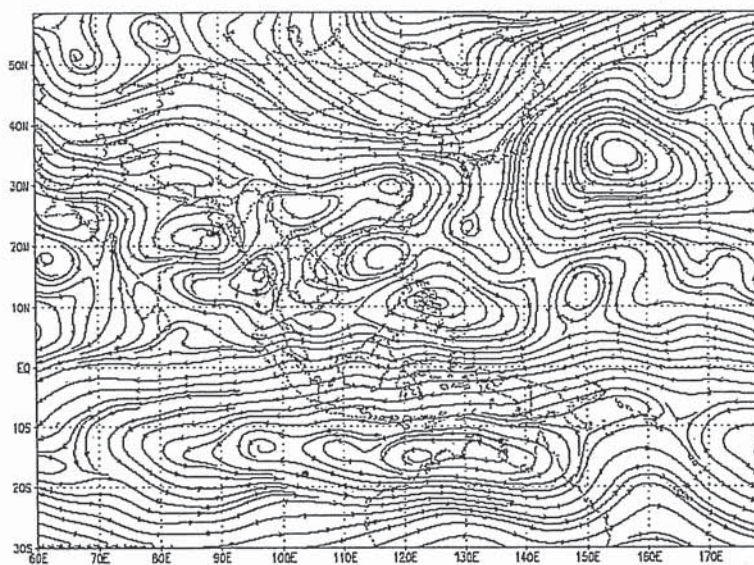


Hình 2. Quỹ đạo thực của cơn bão WUKONG

(trích từ báo cáo năm 2000 của Trung tâm dự báo bão của hải quân Mỹ (JTWC, Guam)). Các chú thích ghi trên đường quỹ đạo trong từng nhóm theo thứ tự từ trái sang phải là ngày giờ (XXXX UTC (+07 giờ Hà Nội)), vận tốc chuyển động của bão (XX KT), vận tốc gió cực đại gần tâm (XX KT).

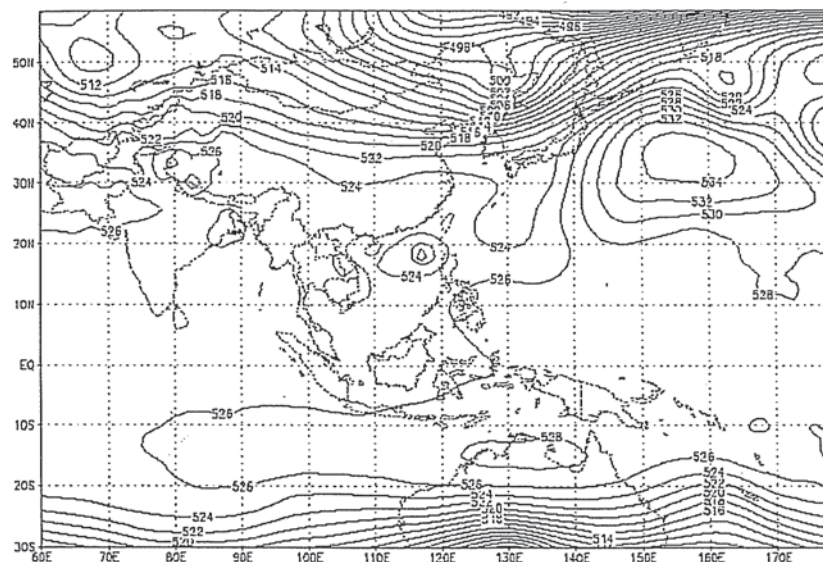


Hình 3. Trường độ cao địa thế vị H (dam) ban đầu của mực DLM tại thời điểm 11 UTC (18 giờ Hà Nội) ngày 06/IX/2000

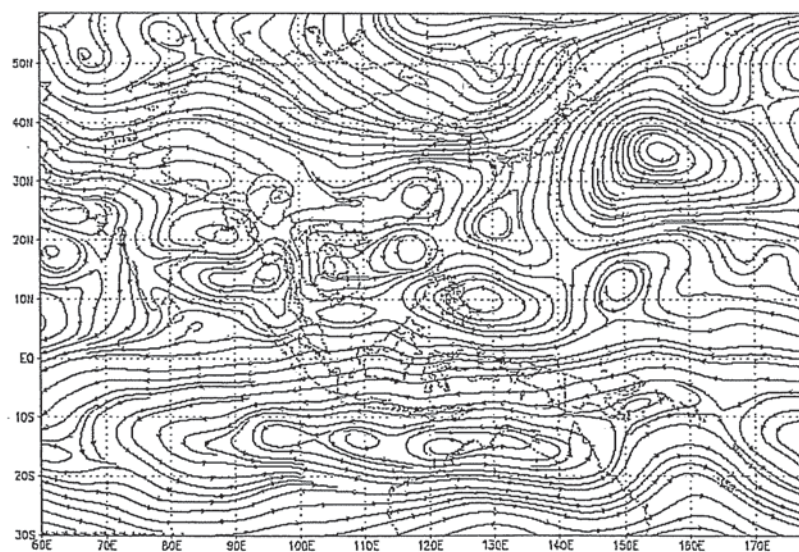


Hình 4. Trường đường dòng ban đầu của mực DLM tại thời điểm 11 UTC (18 giờ Hà Nội) ngày 06/IX/2000

Các trường số liệu H (m), U (m/s), V (m/s) ban đầu tại mực DLM được đưa vào sơ đồ ban đầu hoá xoáy nhằm tăng cường số liệu ở vùng xung quanh bão. Hình 5 và hình 6 là các trường này sau ban đầu hoá xoáy. Phân tích và so sánh các hình trên cho thấy: số liệu ở vùng gần tâm bão đã được tăng cường rất rõ rệt.



Hình 5. Trường độ cao địa thế vị H (dam) của mực DLM tại thời điểm 11 UTC (18 giờ Hà Nội) ngày 06/IX/2000 sau ban đầu hoá xoáy

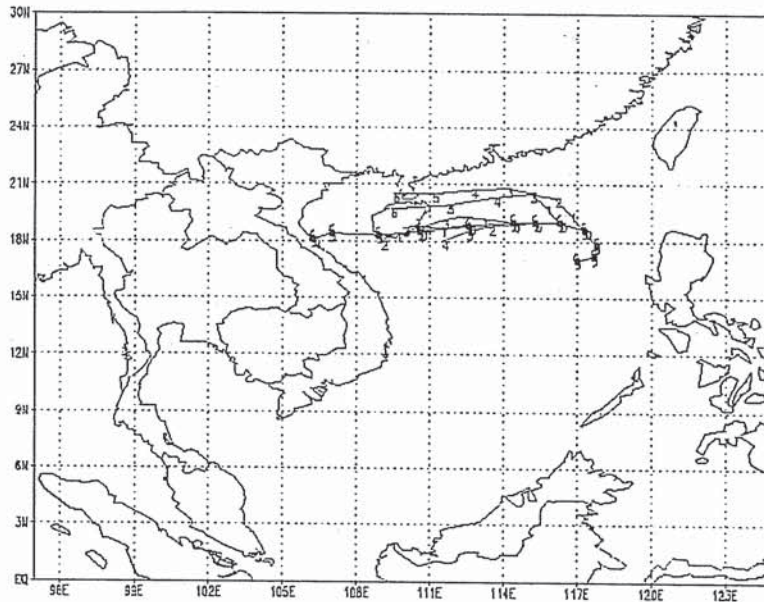


Hình 6. Trường đường dòng của mực DLM tại thời điểm 11 UTC (18 giờ Hà Nội) ngày 06/IX/2000 sau ban đầu hoá xoáy

Quỹ đạo và các dự báo quỹ đạo bão WUKONG theo mô hình chính áp được biểu diễn trên hình 7. Các sai số dự báo là khoảng cách giữa vị trí tâm bão thực tế và vị trí tâm bão dự báo (ΔR , km) tính theo công thức trong [13] được trình bày trong bảng 1.

Phân tích hình 7 và các số liệu trong bảng 1 cho thấy: nhìn chung dự báo quỹ đạo bão của mô hình đã mô tả khá tốt quỹ đạo thực của bão

WUKONG, kể cả sự chuyển hướng từ tây bắc (NW) sang tây (W) trong chuyển động của bão. Song cũng có nhận xét: hai dự báo thứ nhất và thứ hai xuất phát từ 11 UTC (18 giờ Hà Nội) và 23 UTC (06 giờ Hà Nội) ngày 06/IX/2000 có khuynh hướng lệch bắc rõ rệt so với quỹ đạo thực.



Hình 7. Quỹ đạo thực và các dự báo quỹ đạo bão WUKONG được tính theo mô hình chính áp với sơ đồ ban đầu hoá xoáy. Đường có các ký hiệu bão là quỹ đạo thực, các đường có các ký hiệu số 0, 1, 2, 3, 4,... là các dự báo +12 giờ, +24 giờ, +36 giờ, 48 giờ,...

Theo lý thuyết phân tích của Smith, Ulrich, Weber [8], [9], [10], [11], [12] thành phần xoáy bất đối xứng của bão đưa bão chuyển động về phía tây bắc (NW) đối với bão bắc bán cầu. Song khuynh hướng lệch bắc rất nhiều so với quỹ đạo thực trong hai dự báo nêu trên đối với bão WUKONG cũng như một số trường hợp dự báo các cơn bão khác (không nêu ra ở đây) bằng mô hình chính áp với sơ đồ ban đầu hoá xoáy được mô tả trong bài báo này cho thấy sự cần thiết phải hiệu chỉnh công thức tính thành phần xoáy bất đối xứng của bão trong sơ đồ ban đầu hoá xoáy nhằm khắc phục khuynh hướng lệch bắc.

4. Hiệu chỉnh công thức tính thành phần xoáy bất đối xứng trong sơ đồ ban đầu hoá xoáy

Như đã trình bày ở trên, trong vùng hoàn lưu bão thành phần bất đối xứng của bão được xây dựng dựa trên công thức (2.6) và các thông tin về cấu trúc cũng như chuyển động của bão trong 12 giờ cuối. Các thành phần kinh hướng CXV và vĩ hướng CYV (m/s) trong vectơ vận tốc thành phần bất đối xứng của bão $\overline{V^{VA}}$ được tính như sau:

$$CXV = CXT - CXE \quad (2.7)$$

$$CYV = CYT - CYE \quad (2.8)$$

trong đó: CXT, CYT - các thành phần kinh, vĩ của vectơ chuyển động của bão $\overline{V^{TC}}$ trong 12 giờ cuối (m/s), CXE, CYE là các thành phần kinh, vĩ của vectơ vận tốc dòng môi trường qui mô lớn xung quanh tâm bão $\overline{V^{EL}}$ (m/s). CXT, CYT được tính theo công thức sau:

$$CXT = SPD * \cos(DIR) \quad (2.9)$$

$$CYT = SPD * \sin(DIR) \quad (2.10)$$

trong đó: SPD và DIR - vận tốc (m/s) và hướng (radian) chuyển động của bão trong 12 giờ cuối. CXE, CYE được tính bằng cách nội suy từ các giá trị vận tốc dòng môi trường qui mô lớn tại 12 điểm nút xung quanh tâm bão.

Thay các biểu thức (2.9) và (2.10) vào các biểu thức (2.7) và (2.8) một cách tương ứng ta có:

$$CXV = SPD * \cos(DIR) - CXE \quad (2.11)$$

$$CYV = SPD * \sin(DIR) - CYE \quad (2.12)$$

Theo lý thuyết phân tích [8], [9], [10], [11], [12] thành phần bất đối xứng của gió phương vị và tiếp tuyến tại điểm I được tính sau:

$$V1C(I) = 0,5 * BBB * (V1C1(I) - V1C2(I)) \quad (2.13)$$

$$V1S(I) = 0,5 * AAA * (V1S1(I) - V1S2(I)) \quad (2.14)$$

$$U1C(I) = 0,5 * AAA * (U1C1(I) + U1C2(I)) \quad (2.15)$$

$$U1S(I) = -0,5 * BBB * (U1S1(I) + U1S2(I)) \quad (2.16)$$

trong đó : $AAA = 2 * CXV / PSINF \quad (2.17)$

$$BBB = -2 * CYV / PCINF \quad (2.18)$$

PCINF và PSINF - các giá trị tích phân theo phương vị và tiếp tuyến của sóng số 1 của xoáy.

V1C1, V1C2, V1S1, V1S2, U1C1, U1C2, U1S1, U1S2 - các giá trị tích phân theo phương vị và tiếp tuyến tại điểm I của các sóng số 1, 2 của gió U, V.

Từ việc phân tích các công thức trên cho thấy: ta cần phải hiệu chỉnh công thức tính CXV, CYV (2.11), (2.12).

Qua các thử nghiệm tính toán, các công thức tính CXV (2.11), CYV(2.12) được hiệu chỉnh như sau đã cho kết quả tốt:

$$CXV = SPD * \cos(0,85 * DIR) - CXE \quad (2.19)$$

$$CYV = SPD * \sin(0,85 * DIR) - CYE \quad (2.20)$$

Hai dự báo quỹ đạo bão WUKONG xuất phát từ 11 UTC (18 giờ Hà Nội) và 23 UTC (06 giờ Hà Nội) ngày 06/IX/2000 có khuynh hướng lệch bắc được tính lại với sơ đồ ban đầu hoá xoáy sử dụng các công thức đã hiệu chỉnh (2.19) và (2.20). Các dự báo quỹ đạo tính theo công thức hiệu chỉnh được thể hiện trên hình 8, và các sai số của chúng được ghi bằng chữ in nghiêng trong bảng 1.

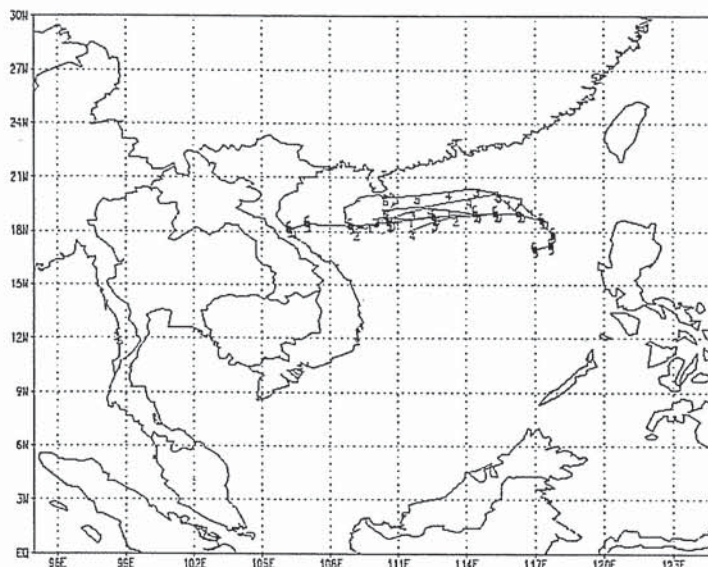
Bảng 1. Sai số của các dự báo quỹ đạo bão WUKONG (ΔR , km).

Thời gian xuất phát dự báo	Vị trí tâm bão tại $t = 00$	Vị trí dự báo +12h		Vị trí dự báo +24h		Vị trí dự báo +36h		Vị trí dự báo +48h	
		φ λ	ΔR km	φ λ	ΔR km	φ λ	ΔR km	φ λ	ΔR km
06/09/2000 11 UTC (18 giờ Hà Nội)	18.6 117.3	19.5 116.7 19.2 116.7	69.6 47.6	20.3 116.1 19.9 116.2	167.0 137.6	20.5 115.1 20.1 115.3	182.1 154.5	20.3 113.6 19.8 114.0	197.0 184.4
06/09/2000 23 UTC (06 giờ Hà Nội)	19.0 116.3	19.9 115.7 19.7 115.7	108.4 88.3	20.6 115.1 20.2 115.2	192.2 157.5	20.8 114.1 20.4 114.3	272.2 251.7	20.7 112.7 20.2 113.1	329.0 323.2
07/09/2000 11 UTC (18 giờ Hà Nội)	19.0 115.3	18.9 114.4	11.1	18.8 113.4	84.0	18.5 112.5	199.4	18.0 111.5	274.9
07/09/2000 23 UTC (06 giờ Hà Nội)	19.0 114.4	19.2 113.1	68.7	19.3 112.3	199.3	19.1 111.5	287.0	18.8 110.8	401.3
08/09/2000 11 UTC (06 giờ Hà Nội)	18.8 112.6	18.7 111.4	86.9	18.8 110.5	177.0	18.7 109.9	306.5	-	-
08/09/2000 23 UTC (06 giờ Hà Nội)	18.5 110.6	18.4 109.6	74.5	18.0 109.0	215.2	-	-	-	-
Sai số trung bình			69.8 62.8		172.4 161.7		249.4 239.8		300.5 295.9

Các số liệu in nghiêng là các dự báo quỹ đạo được tính theo công thức hiệu chỉnh và các sai số của các dự báo này cho các thời điểm xuất phát 11 UTC (18 giờ Hà Nội) ngày 06/IX/2000 và 23 UTC (06 giờ Hà Nội) ngày 06/IX/2000. Các số in nghiêng trong mục sai số trung bình là sai số trung bình của các dự báo trong đó các dự báo xuất phát từ 11 UTC (18 giờ Hà Nội) ngày 06/IX/2000 và 23 UTC (06 giờ Hà Nội) ngày 06/IX/2000 được tính theo công thức hiệu chỉnh.

Các kết quả dự báo mới rất khả quan. Phân tích các số liệu ở bảng 1 và các hình 7, 8 cho thấy: các sai số của dự báo xuất phát từ 11 UTC (18 giờ Hà Nội) ngày 06/IX/2000 được tính với công thức hiệu chỉnh lần lượt là 47,6km, 137,6km, 154,5km, và 184,4km đối với các hạn dự báo +12 giờ, +24 giờ, +36 giờ và +48 giờ. So với các sai số của dự báo theo công thức cũ (các giá trị tương ứng lần lượt là 69,6km, 167,0km, 182,1km, và 197,0km) độ chính xác của các dự báo đã tăng 32%, 18%, 16% và 7% đối với các hạn dự báo +12 giờ, +24 giờ, +36 giờ và +48 giờ. Tương tự, đối với dự báo xuất phát từ 23 UTC (06 giờ Hà Nội) ngày 06/IX/2000, các sai số của dự báo theo công thức hiệu chỉnh là 88,3km, 157,5km, 251,7km, và 323,2km, còn các sai số của dự báo tính theo công thức cũ tương ứng là 108,4km, 192,2km, 272,2km, và 329,0km đối với các hạn dự báo +12 giờ, +24 giờ, +36 giờ và +48 giờ, độ chính xác của dự báo theo công thức hiệu chỉnh cũng tăng 19%, 18%, 8% và 2% tương ứng với

các hạn dự báo +12 giờ, +24 giờ, +36 giờ và +48 giờ. So sánh với quỹ đạo thực, khuynh hướng lệch bắc của hai dự báo này đã giảm đi rõ rệt, hình 7 và hình 8.



Hình 8. Tương tự như hình 7, nhưng các dự báo thứ nhất và thứ hai xuất phát từ 11 UTC (18 giờ Hà Nội) ngày 06/IX/2000 và 23 UTC (06 giờ Hà Nội) ngày 06/IX/2000 được tính theo công thức hiệu chỉnh.

5. Một số nhận xét

Trong bài báo này tác giả đã trình bày một cải tiến đối với sơ đồ ban đầu hoá xoáy được xây dựng dựa trên lý thuyết phân tích của Smith và Ulrich [10], [11], Smith [8], Smith và Weber [9], Weber và Smith [12], Davidson và Weber [6] khi áp dụng sơ đồ này đối với bão biển Đông. Đó là hiệu chỉnh công thức tính thành phần xoáy bất đối xứng (2.11) và (2.12) thành các công thức (2.19) và (2.20) trong sơ đồ nhằm khắc phục khuynh hướng lệch bắc trong các dự báo quỹ đạo bão biển Đông bằng mô hình số trị chính áp (2.1) - (2.3) thông qua các dự báo quỹ đạo đối với cơn bão WUKONG (2000).

Kết quả nghiên cứu một lần nữa khẳng định tầm quan trọng và tính ưu việt của sơ đồ ban đầu hoá xoáy trong dự báo quỹ đạo bão biển Đông bằng mô hình số trị cũng như sự cần thiết và ý nghĩa của những nghiên cứu nhằm cải tiến các sơ đồ cho phù hợp với các điều kiện hoàn lưu khí quyển trong khu vực và cấu trúc của bão biển Đông dẫn đến việc nâng cao độ chính xác của các bản tin dự báo.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Thị Minh Phương, 2000. Áp dụng một mô hình thủy động chính áp có ban đầu hoá xoáy cho dự báo đường đi của xoáy thuận nhiệt đới (XTNĐ) trên vùng biển Đông. *Tuyển tập các báo cáo tại Hội nghị.* Khoa

- học, công nghệ dự báo và phục vụ dự báo Khí tượng Thủy văn ", Hội nghị lần thứ 5(1996 - 2000), Tập 1 " Dự báo khí tượng và phục vụ dự báo ", Trung tâm Quốc gia dự báo KTTV, Tổng cục KTTV, Hà Nội, 26 - 27/12/2000, tr. 195 -202.
2. Nguyễn Thị Minh Phương, 2001. Vai trò của thành phần xoáy bất đối xứng trong chuyển động của xoáy thuận nhiệt đới. *Tạp chí KTTV*, No10(490), 2001, Tổng cục KTTV, tr.6-15
 3. Nguyễn Thị Minh Phương, 2003. Lựa chọn một tham số cho sơ đồ ban đầu hoá xoáy trong mô hình số trị chính áp dụng dự báo đường đi của bão trên biển Đông. *Tạp chí KTTV*, No12(516), 2003, Tổng cục KTTV, tr. 13-22.
 4. Annual tropical cyclone report, 2000, JTWC, Guam.
 5. Davidson, N. E., 2002: Tropical cyclone motion: Numerical and staticstical model guidance and improvements. *Topic chairman and rapporteur reports of the Fifth WMO International Workshops on Tropical Cyclones (IWTC-V)*, Cairns, Australia, 3-12 Dec. 2002, WMO/TD No. 1136.
 6. Davidson, N. E., and H. C. Weber, 2000: The BMRC high resolution tropical cycloneprediction system: TC-LAPS. *Mon. Wea. Rev.*, 128, 1245 - 1265.
 7. McAdie, C. J and M. B. Lawrence, 2000: Improvements in tropical cyclone track forecasting in the Atlantic basin, 1970-1998. *Bull. Amer. eteor. Soc.*, 81, 5, pp. 989-998
 8. Smith, R. K., 1991: An analytic theory of tropical cyclone motion in a barotropic shear flow. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 117, 685-714.
 9. Smith, R. K., and H. C. Weber, 1993: An extended analytic theory of tropical-cyclone motion in a barotropic shear flow. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 119, 1149-1166.
 10. Smith, R. K., and W. Ulrich, 1990: An analytical theory of tropical cyclone motion using a barotropic model. *J. Atmos. Sci.*, 47, 1973-1986.
 11. Smith, R. K., and W. Ulrich, 1993: Vortex motion in relation to the absolute vorticity gradient of the vortex environment. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 119, 207-215.
 12. Weber, H. C. and R. K. Smith, 1995: Data sparsity and the tropical cyclone analysis and prediction problem: Some simulation experiments with a barotropic numerical model. *Quart. J. Roy. Met. Soc*, 121, 631-654.
 13. WMO, 1979: Operational techniques for forecasting tropical cyclones intensity and movement. *WMO-No. 528*, World Meteorological Organization, Geneva.