

VAI TRÒ CỦA THÀNH PHẦN XOÁY BẤT ĐỐI XỨNG ĐỐI VỚI CHUYỂN ĐỘNG CỦA XOÁY THUẬN NHIỆT ĐỐI

ThS Nguyễn Thị Minh Phương

Trung tâm quốc gia dự báo KTTV

Tóm tắt

Trong bài báo này tác giả trình bày vai trò của thành phần xoáy bất đối xứng đối với chuyển động của xoáy thuận nhiệt đới thông qua các thử nghiệm dự báo đường đi của xoáy thuận nhiệt đới bằng một mô hình số trị chính áp (barotropic model).

1. Mở đầu

Xoáy thuận nhiệt đới (ở nước ta thường được gọi là bão) với sức tàn phá to lớn là một hiện tượng thời tiết đặc biệt đối với các nước nằm trong vùng nhiệt đới, luôn được các nhà khí tượng tập trung nghiên cứu nhằm đưa ra các phương pháp có hiệu quả dự báo đường đi và điểm đổ bộ của bão, giúp cho việc chủ động phòng chống tích cực, hạn chế những thiệt hại về người và vật chất do chúng gây nên.

Các phương pháp dự báo đường đi của bão được chia thành ba nhóm chính: 1) các phương pháp phân tích synopt, 2) các phương pháp vật lý thống kê và 3) các mô hình số trị (hay còn gọi là các mô hình thủy động). Các phương pháp phân tích synopt dựa trên việc phân tích các bản đồ thời tiết và kinh nghiệm dự báo của các dự báo viên, không đòi hỏi các điều kiện về số liệu và công cụ tính toán, cho các dự báo tốt đối với hạn dự báo ngắn 12 — 24h, song lại có nhược điểm là mang tính chủ quan, phụ thuộc hoàn toàn vào kinh nghiệm của các dự báo viên. Các phương pháp vật lý thống kê được xây dựng dựa trên nguyên tắc cơ bản là chuyển động của bão được coi như là kết quả của sự tương tác giữa các "nội lực", đặc trưng cho các tính chất của bản thân xoáy thuận nhiệt đới, và "ngoại lực", đặc trưng cho các tính chất của các hệ thống thời tiết xung quanh. Các phương pháp này có đặc điểm là tương đối khách quan, đơn giản, không đòi hỏi những điều kiện cao về số liệu ban đầu cũng như công cụ tính toán, cung cấp những dự báo tương đối tốt cho các hạn dự báo +12h đến +48h, nhất là đối với các cơn bão có đường đi ổn định. Các mô hình thủy động được xây dựng từ đơn giản đến phức tạp dựa trên việc tích phân theo thời gian hệ các phương trình thủy động lực học trong môi trường khí quyển và lý thuyết về cấu trúc và chuyển động của bão. Đặc điểm của các mô hình loại này là mô tả đầy đủ các quá trình vật lý tác động đến chuyển động của bão trong quá trình tương tác và phát triển của chúng, song lại rất đòi hỏi về điều kiện số liệu và phương tiện tính toán. Các mô hình này được bắt đầu phát triển vào những năm 1950, 1960 với sự xuất hiện của máy tính điện tử. Cùng với các thành tựu như vũ bão trong lĩnh vực phương tiện tính toán và quan trắc, thu thập số liệu khí tượng, các mô hình thủy động dự báo đường đi của bão được phát triển và ứng dụng ngày càng rộng rãi, nhất là ở các nước phát triển có nền khoa học công nghệ tiên tiến như Mỹ, Nhật, Nga, Australia, Ấn Độ..., góp phần nâng cao rất đáng kể độ chính xác của các dự báo đường đi và điểm đổ bộ của bão. Một ưu điểm nổi bật của các mô hình thủy động so với các phương pháp synopt và vật lý thống kê là trong nhiều trường hợp đã dự báo được những quỹ đạo bão phức tạp với sự đổi hướng của bão hoặc sự thay đổi vận tốc đột ngột trong chuyển động của bão.

Một trong những nguyên nhân chính giải thích cho tính ưu việt nói trên của các mô hình thủy động so với các phương pháp synopt và vật lý thống kê là trong các mô hình này những thành tựu nghiên cứu mới nhất trong lý thuyết về chuyển động và

cấu trúc của xoáy thuận nhiệt đới đã được áp dụng để "ban đầu hoá xoáy thuận nhiệt đới" nhằm khắc phục tình trạng số liệu rất thưa thớt ở vùng xung quanh tâm bão.

Như đã được trình bày trong rất nhiều công trình nghiên cứu giai đoạn những năm 1950 - 1960, lý thuyết "dòng dẫn đường" (steering flow concept) được áp dụng để mô hình hoá xoáy thuận nhiệt đới trong các mô hình số trị dự báo đường đi của bão. Theo lý thuyết này, xoáy thuận nhiệt đới được coi là một xoáy đối xứng tách biệt chuyển động thụ động theo hướng và vận tốc của dòng hoàn lưu khí quyển môi trường xung quanh (tức "dòng dẫn đường"). Giữa xoáy thuận nhiệt đới và hoàn lưu khí quyển môi trường xung quanh hoàn toàn không có bất kỳ một sự tương tác nào. Theo hai nhà nghiên cứu Chan và Gray [2], số liệu của một trong hai trường gió hoặc độ cao địa thế vị đều được coi là thích hợp để tính dòng dẫn này bằng cách lấy trung bình có tỷ trọng theo bề dày của khí quyển giữa các mực 500 - 700 hPa (tức tính tầng khí quyển trung bình (deep layer mean)) trong vùng có bán kính 5 - 7 độ vĩ xung quanh tâm xoáy thuận nhiệt đới. Một số các nhà nghiên cứu khác cũng đề xuất một số cách tính dòng dẫn khác nhau, ví dụ như Sanders và các đồng tác giả [7] cho rằng chỉ nên sử dụng ba mực 850, 500 và 250 hPa để tính tầng trung bình, Franklin và các đồng tác giả [5] bằng cách phân tích số liệu thám không của 10 cơn bão Đại Tây Dương từ năm 1982 đến năm 1992 đã chỉ ra rằng dòng dẫn môi trường trong vòng 3 độ vĩ (khoảng 333 km) xung quanh tâm bão là phù hợp để mô tả chuyển động của xoáy thuận nhiệt đới.

Tuy nhiên, trên thực tế các nhà khoa học khí tượng đã quan trắc được những sự khác biệt đáng kể giữa chuyển động của xoáy thuận nhiệt đới và dòng dẫn môi trường xung quanh. Trong khi nghiên cứu mối quan hệ giữa chuyển động của xoáy thuận nhiệt đới và hoàn lưu môi trường qui mô lớn xung quanh trên ba vùng Đại Dương khác nhau: Tây Bắc Thái Bình Dương, Tây Đại Tây Dương và vùng biển Australia - Nam Thái Bình Dương, Chan và Gray [2] đã phát hiện ra rằng ở bắc bán cầu, xoáy thuận nhiệt đới chuyển động lệch về bên trái khoảng 10 - 20° so với dòng môi trường trung bình trong vùng có bán kính 5 - 7 độ vĩ tính từ tâm xoáy, trong khi ở nam bán cầu chúng chuyển động lệch về bên phải khoảng 10°, và về vận tốc, nhìn chung xoáy thuận nhiệt đới chuyển động nhanh hơn dòng môi trường xung quanh khoảng 1 m/s. Ngược lại, Brand và các đồng tác giả [1] lại tìm ra rằng phần lớn các cơn bão ở Tây Bắc Thái Bình Dương chuyển động về bên trái so với dòng dẫn trên mực 500 hPa ở vùng vĩ độ trung và vĩ độ cao, nhưng ở vùng vĩ độ thấp chúng lại chuyển động về bên phải dòng dẫn này.

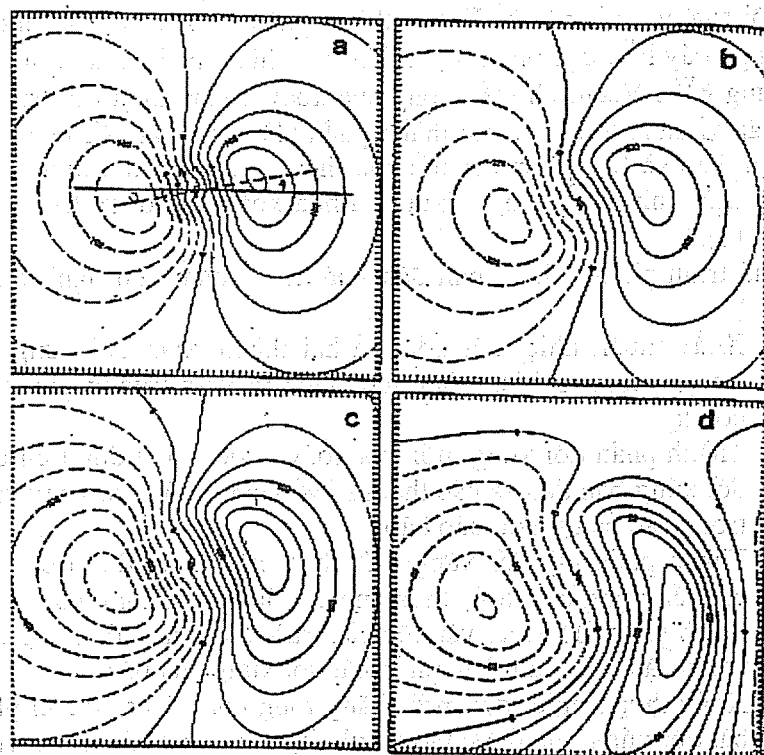
Sự khác biệt giữa chuyển động của xoáy thuận nhiệt đới và dòng dẫn môi trường xung quanh là tất yếu, bởi vì trên thực tế xoáy thuận nhiệt đới không phải là một xoáy đối xứng tách biệt, chuyển động thụ động với vận tốc và hướng của dòng dẫn môi trường xung quanh, cũng như giữa xoáy thuận nhiệt đới và dòng môi trường xung quanh có sự tương tác rất phức tạp trong quá trình chuyển động.

Chính sự không hoàn chỉnh trong mô tả chuyển động của xoáy thuận nhiệt đới của lý thuyết "dòng dẫn đường" đã thúc đẩy các nhà khoa học đi sâu nghiên cứu các quá trình động lực ảnh hưởng tới sự chuyển động của bão cũng như các quá trình tương tác giữa xoáy thuận nhiệt đới và các thành phần hoàn lưu xung quanh, phát triển lý thuyết chuyển động của xoáy thuận nhiệt đới lên một bước mới. Trong những năm 1980 — 1990 hàng loạt công trình nghiên cứu xung quanh vấn đề này trong khuôn khổ các mô hình thủy động chính áp (barotropic modelling) đã được tiến hành. Holland [6] đã nghiên cứu động lực học của chuyển động xoáy thuận nhiệt đới thông qua việc tính xu hướng tức thời trong phương trình xoáy chính áp hội tụ trên mặt

phẳng beta. Ông đề xuất rằng về cơ bản chuyển động của xoáy thuận nhiệt đới có thể được xem như sự tổng hợp không tuyến tính của hai quá trình: 1) sự tương tác giữa xoáy và dòng nền (lý thuyết dòng dẫn) và 2) sự tương tác giữa xoáy và trường xoáy của trái đất dẫn đến sự lệch về phía tây của quỹ đạo bão so với dòng nền (hiện tượng này được gọi là hiệu ứng beta). Trong công trình được công bố [4], Fiorino và Elsberry đã chỉ tiếp ra rằng các quá trình nêu trên tạo ra một cặp gồm hai vùng quay ngược chiều nhau ở hai bên tâm xoáy (hay còn gọi là hai vùng bất đối xứng) (hình 1), và hoàn lưu xoáy thuận của xoáy quay trục của hai vùng này sao cho dòng chuyển động ở giữa chúng đưa xoáy về hướng tây bắc ở vùng bắc bán cầu. Hình 1 minh họa sự phát triển của trường hàm dòng bất đối xứng còn lại sau khi tách bỏ trường hàm dòng đối xứng của xoáy.

Rất nhiều công trình nghiên cứu tiếp theo tập trung tìm hiểu các đặc trưng và ảnh hưởng của thành phần bất đối xứng này đối với chuyển động của bão, trong số đó phải kể đến nhóm các công trình của Smith và Ulrich [10], Ulrich và Smith [13], Smith và Ulrich [11], Smith và Weber [9], Weber và Smith [12]. Trong công trình đầu tiên Smith và Ulrich (1990) đã sử dụng một mô hình chính áp không hội tụ với giả thiết không có dòng nền để nghiên cứu chuyển động của một xoáy đối xứng trục trên mặt phẳng f . Bằng các thử nghiệm tính toán hai nhà nghiên cứu này đã cho thấy rằng qui mô của thành phần bất đối xứng có ảnh hưởng lớn tới quỹ đạo của xoáy: khi qui mô của thành phần bất đối xứng tương đối nhỏ so với qui mô của xoáy, thành phần này bị suy biến rất nhanh bởi sự đứt gãy tiếp tuyến và không duy trì được ảnh hưởng của mình đối với chuyển động của xoáy, ngược lại, các thành phần bất đối xứng có qui mô lớn duy trì được ảnh hưởng liên tục hơn. Trong công trình tiếp theo, Ulrich và Smith [13], mở rộng việc nghiên cứu đối với trường hợp dòng nền qui mô lớn biến đổi theo không gian, tập trung vào sự phát triển của thành phần xoáy bất đối xứng và vai trò của thành phần này trong việc xác định chuyển động của xoáy so với dòng nền qui mô lớn. Hai nhà khoa học này đã đưa ra kết luận là dòng môi trường đi qua tâm xoáy được coi là sự xấp xỉ khá chính xác cho dòng dẫn đối với xoáy, và thành phần xoáy bất đối xứng bị che lấp bởi dòng nền, thành phần này chỉ hiện rõ khi dòng nền được tách ra. Từ đó có thể suy ra rằng trên thực tế, thành phần bất đối xứng này rất khó quan sát được. Reeder, Smith và các đồng tác giả (1991) đã đưa ra kết luận là chỉ trên những tập số liệu quan trắc dày đặc ta mới có thể phát hiện ra được thành phần bất đối xứng này.

Trong các công trình công bố sau đó vào các năm 1991, 1993, 1995 Smith và Weber đã phát triển một lý thuyết phân tích mô tả chuyển động của xoáy thuận nhiệt đới trong môi trường chính áp. Lý thuyết này đã cho ta một sự hiểu biết sâu sắc hơn về những quá trình động lực học trong chuyển động của xoáy, cũng như cách tính thành phần xoáy bất đối xứng dẫn đến khả năng xây dựng xoáy nhân tạo (bogus vortex) để khắc phục tình trạng số liệu rất thưa thớt ở vùng xung quanh tâm bão trong ban đầu hoá số liệu đối với các mô hình số trị dự báo quỹ đạo bão.



Hình 1: Sự phát triển của thành phần hàm dòng bất đối xứng theo thời gian (a) 6h; (b) 12h; (c) 24h; (d) 48h kể từ khi bắt đầu tích phân phương trình xoáy chính áp (theo Fiorino và Elsberry 1989)

Trong bài báo này tác giả trình bày các thử nghiệm tính toán dự báo đường đi của bão bằng một mô hình chính áp để minh họa cho vai trò của thành phần xoáy bất đối xứng đối với chuyển động của xoáy thuận nhiệt đới thông qua một trường hợp của cơn bão NIKI (9613) hoạt động trên biển Đông vào lúc 11h UTC ngày 20-VIII-1996. Tập số liệu ban đầu gồm các trường độ cao địa thế vị $H(m)$, các thành phần gió vĩ hướng $U(m/s)$ và kinh hướng $V(m/s)$ được lấy từ sơ đồ phân tích khách quan toàn cầu của Cơ quan Khí tượng Australia với độ phân giải $1,5^\circ \times 1,5^\circ$. Các số liệu về quỹ đạo bão cũng như cường độ, cấu trúc và chuyển động của bão được lấy từ số liệu lưu trữ tại Tổ Sở tri, Phòng Ứng dụng và Phát triển kỹ thuật dự báo mới, Trung tâm quốc gia dự báo Khí tượng Thủy văn. Thử nghiệm thứ nhất dự báo quỹ đạo bão sử dụng trực tiếp tập số liệu các trường H, U, V lấy từ sơ đồ phân tích khách quan toàn cầu của cơ quan Khí tượng Australia với độ phân giải $1,5^\circ \times 1,5^\circ$. Trong thử nghiệm thứ hai, xoáy thuận nhiệt đới trong tập số liệu nêu trên được ban đầu hoá theo lý thuyết phân tích [3,10,12] trước khi đưa vào mô hình dự báo.

2. Mô tả mô hình phân tích xoáy và xây dựng thành phần xoáy bất đối xứng nhân tạo

Trong bài báo này việc phân tích xoáy và xây dựng thành phần xoáy bất đối xứng nhân tạo (còn được gọi là ban đầu hoá xoáy vortex initialization) được thực hiện dựa trên nguyên tắc như sau: một trường khí tượng F bất kỳ có thể phân tích được thành các thành phần trường môi trường F^E và thành phần trường xoáy F^V , đến lượt

mình, 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 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 và (2) vectơ vận tốc của thành phần bất đối xứng của bão. Cơ sở lý thuyết của mô hình phân tích và ban đầu hoá xoáy này được trình bày chi tiết trong [8,9,10,11,12].

Quá trình phân tích và ban đầu hoá xoáy được tiến hành theo các bước như sau:

- Xoáy thuận nhiệt đới gồm cả hai thành phần đối xứng và bất đối xứng trong trường gió ban đầu được tách ra khỏi trường gió, tạo ra trường nền còn lại.
- Thành phần đối xứng mới của xoáy được tạo ra dựa trên cơ sở thành phần đối xứng ban đầu và các tham số về kích thước của xoáy thuận nhiệt đới có trong các bản tin dự báo bão.
- Thành phần bất đối xứng mới được xây dựng dựa trên nguyên tắc vectơ chuyển động của xoáy thuận nhiệt đới trong 12 giờ cuối bằng tổng của hai thành phần (1) vectơ vận tốc của trường qui mô lớn xung quanh bão và (2) vectơ vận tốc của thành phần bất đối xứng của bão.
- Xoáy thuận nhiệt đới mới bằng tổng của cả hai thành phần đối xứng và bất đối xứng vừa được tạo thành được đưa trở lại vào vị trí của xoáy thuận nhiệt đới ban đầu trong trường nền còn lại cho ta trường ban đầu tổng thể với xoáy thuận nhiệt đới đã được xử lý ban đầu hoá.

Hình 2 và 3 là ví dụ của trường độ cao địa thế vị H mực trung bình tại thời điểm 11h UTC ngày 20 - VIII -1996 trước và sau khi ban đầu hoá xoáy. Trên hình 2 ta thấy một xoáy thuận nhiệt đới (bão NIKI, 9613) hoạt động trên vùng biển Đông ở phía tây quần đảo Phi-lip-pin và một vùng cao áp trải dài trên lãnh thổ Trung Quốc, Tây Bắc Thái Bình Dương đến phía Nam Nhật Bản. Giữa cơn bão và vùng cao áp là dòng gió đông rất mạnh. Theo lý thuyết “dòng dẫn đường” ta có thể dự đoán là bão NIKI sẽ chuyển động về phía tây theo dòng gió đông này. Còn trên hình 3, sau khi quá trình ban đầu hoá xoáy được thực hiện, ta thấy ở vị trí bão NIKI là một xoáy bất đối xứng có gradien rất lớn và ở phía bắc của xoáy này là dòng gió đông của cao áp cận nhiệt đới trườn lên vùng Đông Á và Tây Bắc Thái Bình Dương.

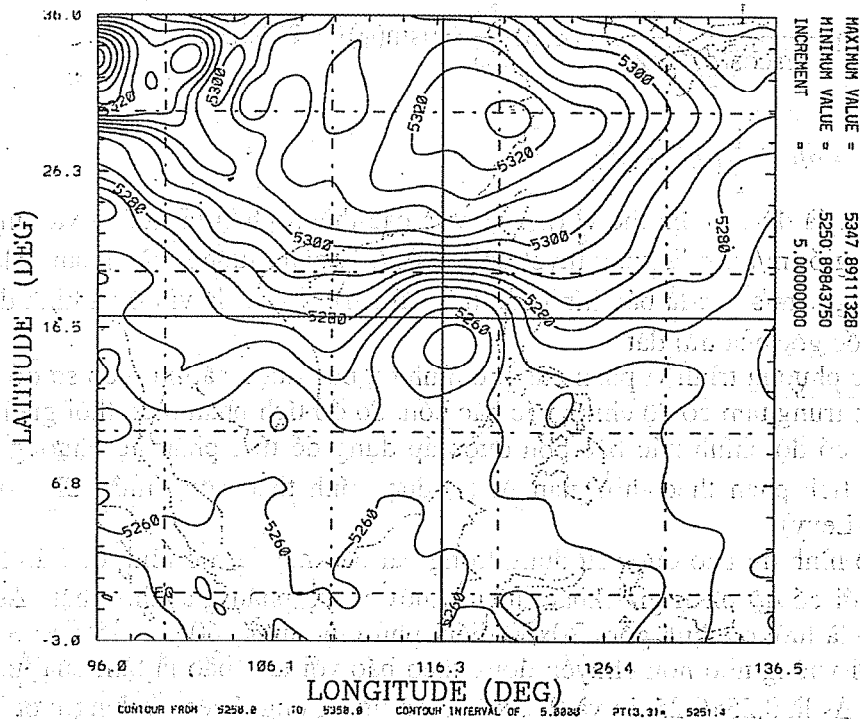
3. Mô tả mô hình chính áp dự báo đường đi của xoáy thuận nhiệt đới

Các phương trình nguyên thủy được viết trong hệ tọa độ kinh vĩ độ của mô hình dự báo thủy động chính áp dạng như sau:

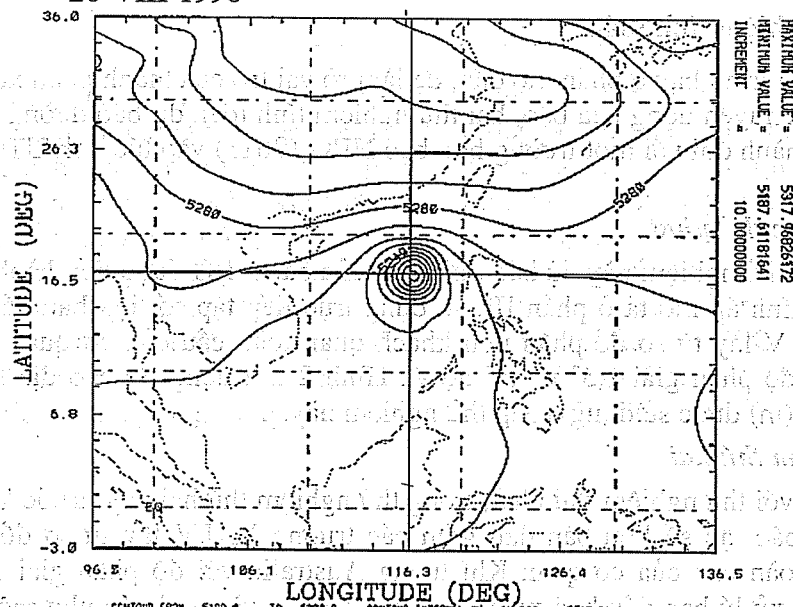
$$\frac{\partial u}{\partial t} = \eta v - \frac{1}{a \cos(\phi)} \frac{\partial E}{\partial \lambda} \quad (3.1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -\eta u - \frac{1}{a} \frac{\partial E}{\partial \phi} \quad (3.2)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} = - \frac{1}{a \cos(\phi)} \left[\frac{\partial}{\partial \lambda} (hu) + \cos(\phi) \frac{\partial}{\partial \phi} (hv) - hv \sin(\phi) \right] \quad (3.3)$$



Hình 2. Trường độ cao địa thế vị tầng trung bình H vào lúc 11h UTC ngày 20-VIII-1996



Hình 3. Trường độ cao địa thế vị tầng trung bình H sau khi band-pass hoá vào lúc 11h UTC ngày 20-VIII-1996

trong đó

$$\eta = \frac{1}{a \cos(\phi)} \left[\frac{\partial v}{\partial \lambda} - \cos(\phi) \frac{\partial u}{\partial \phi} + u \sin(\phi) \right] + 2\Omega \sin(\phi) \quad (3.4)$$

$$E = gh + \frac{1}{2} (u^2 + v^2) \quad (3.5)$$

Và h là độ cao địa thế vị (m), u, v là các thành phần vĩ hướng và kinh hướng của trường gió (m/s), η là xoáy tuyệt đối (1/s), E là năng lượng toàn phần, g là gia tốc trọng trường (m/s²), a là bán kính của trái đất (m), ϕ và λ là vĩ độ và kinh độ địa lý, Ω là vận tốc góc của trái đất.

Các phương trình vi phân của mô hình dự báo được xấp xỉ theo sơ đồ sai phân không gian trung tâm có độ chính xác bậc bốn. Sơ đồ tích phân theo thời gian Adams-Bathforth có độ chính xác bậc bốn được áp dụng để tích phân hệ phương trình dự báo. Bước tích phân theo thời gian Δt (s) được tính theo công thức CFL (Courant-Friedrichs-Levy).

Mô hình dự báo được sử dụng trong bài báo này là mô hình dự báo lưới lồng gồm ba lưới có độ phân giải khác nhau. Lưới có độ phân giải thô nhất Δs (độ vĩ) $1,5 \times 1,5$ độ là lưới cố định gồm 80×60 điểm phủ một vùng $60^\circ \text{E} - 180^\circ \text{E}$; $30^\circ \text{S} - 60^\circ \text{N}$. Hai lưới vuông nhỏ hơn chuyển động theo bão với tâm bão là tâm của lưới, có độ phân giải Δs là $0,25 \times 0,25$ độ và $0,05 \times 0,05$ độ tương ứng. Việc sử dụng lưới lồng như vậy tạo ra độ phân giải cao cần thiết, đồng thời vẫn giữ được tính tiết kiệm thời gian tính toán là điều rất quan trọng trong dự báo nghiệp vụ.

4. Các thử nghiệm tính toán

Như đã trình bày ở phần mở đầu, để làm rõ vai trò của thành phần xoáy bất đối xứng đối với chuyển động của bão, hai thử nghiệm tính toán dự báo đường đi của bão đã được tiến hành đối với một trường hợp bão NIKI (9613) vào lúc 11h UTC ngày 20-VIII-1996.

a. Thử nghiệm thứ nhất

Trong thử nghiệm này dự báo đường đi của bão NIKI được tiến hành bằng mô hình số trị chính áp mô tả ở phần III, sử dụng trực tiếp tập số liệu ban đầu gồm các trường H, U, V lấy từ sơ đồ phân tích khách quan toàn cầu của cơ quan Khí tượng Australia có độ phân giải $1,5^\circ \times 1,5^\circ$ độ vĩ. Hình 2 là trường độ cao địa thế vị mực trung bình H (m) được sử dụng trong thử nghiệm này.

b. Thử nghiệm thứ hai

Khác với thử nghiệm thứ nhất, trong thử nghiệm thứ hai này, trước khi đưa vào mô hình dự báo tập số liệu ban đầu gồm các trường H, U, V lấy từ sơ đồ phân tích khách quan toàn cầu của cơ quan Khí tượng Australia với độ phân giải $1,5^\circ \times 1,5^\circ$ được đưa vào xử lý ban đầu hoá xoáy theo nguyên tắc và các bước như mô tả ở phần 2. Như vậy, sau khi ban đầu hoá xoáy, thành phần xoáy bất đối xứng đã được xây dựng và đưa vào tập số liệu ban đầu theo nguyên tắc vectơ chuyển động của xoáy thuận nhiệt đới trong mô hình chính áp được coi bằng tổng của hai thành phần (1) vectơ vận tốc của trường qui mô lớn xung quanh bão và (2) vectơ vận tốc của thành phần bất đối xứng của bão. Hình 3 minh hoạ trường độ cao địa thế vị H (m) sau khi

ban đầu hoá xoáy. Trường H này cùng với các trường U, V sau khi được ban đầu hoá xoáy sẽ được đưa vào mô hình chính áp dụng báo đường đi của bão NIKI.

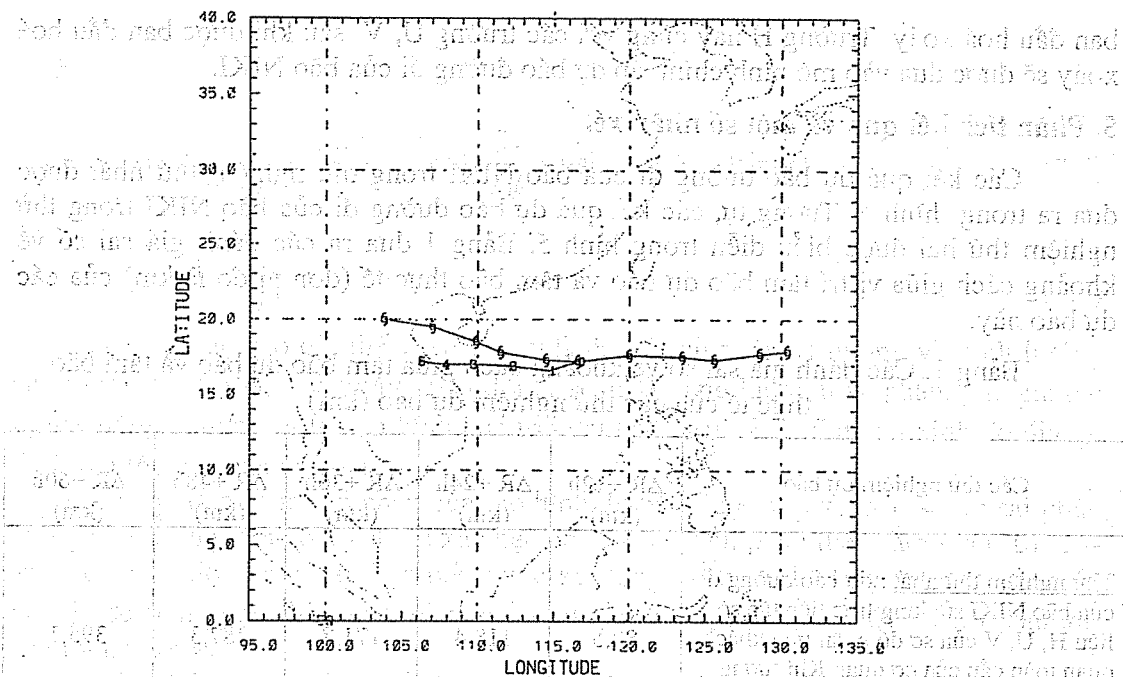
5. Phân tích kết quả và một số nhận xét

Các kết quả dự báo đường đi của bão NIKI trong thử nghiệm thứ nhất được đưa ra trong hình 4. Tương tự, các kết quả dự báo đường đi của bão NIKI trong thử nghiệm thứ hai được biểu diễn trong hình 5. Bảng 1 đưa ra các đánh giá sai số về khoảng cách giữa vị trí tâm bão dự báo và tâm bão thực tế (đơn vị đo là km) của các dự báo này.

Bảng 1. Các đánh giá sai số về khoảng cách giữa tâm bão dự báo và tâm bão thực tế của các thử nghiệm dự báo (km)

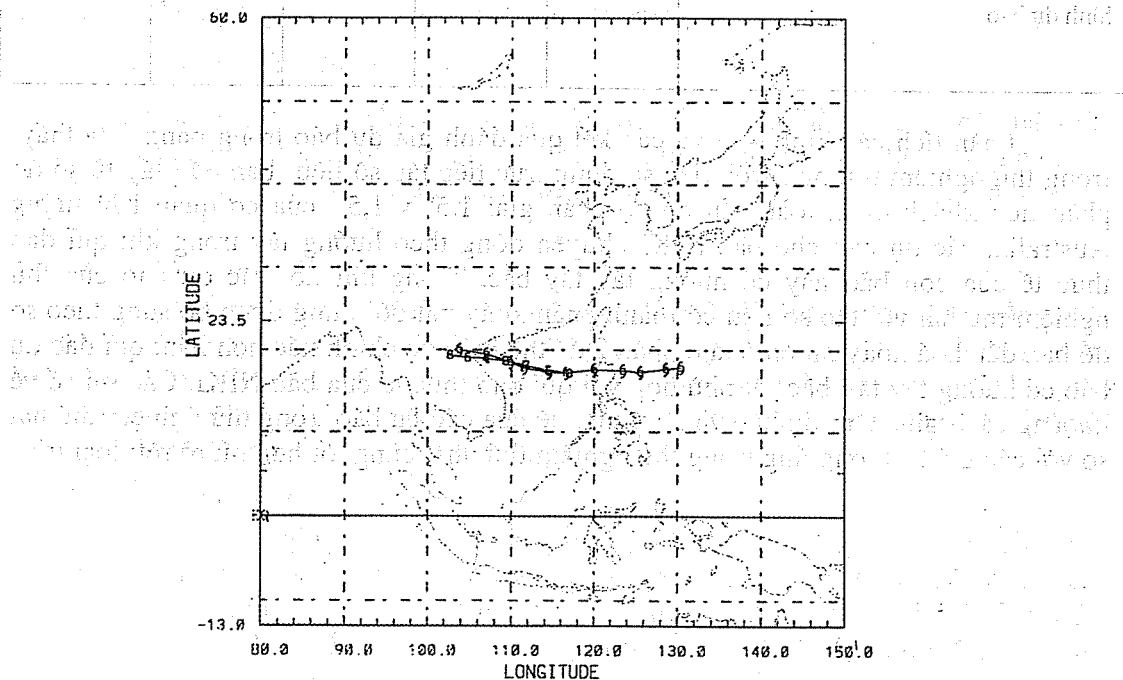
Các thử nghiệm dự báo	$\Delta R +12h$ (km)	$\Delta R +24h$ (km)	$\Delta R +36h$ (km)	$\Delta R +48h$ (km)	$\Delta R +60h$ (km)
Thử nghiệm thứ nhất : dự báo đường đi của bão NIKI sử dụng trực tiếp tập số liệu H, U, V của sơ đồ phân tích khách quan toàn cầu của cơ quan Khí tượng Australia	80,5	118,4	171,8	287,3	395,1
Thử nghiệm thứ hai: các dự báo được tiến hành với tập số liệu như ở thử nghiệm thứ nhất nhưng đã được xử lý ban đầu hoá xoáy trước khi đưa vào mô hình dự báo	71,8	49,2	108,3	69,9	118,4

Phân tích các hình 4, 5 và các kết quả đánh giá dự báo trong bảng 1 ta thấy: trong thử nghiệm thứ nhất với việc sử dụng trực tiếp tập số liệu ban đầu lấy từ sơ đồ phân tích khách quan toàn cầu có độ phân giải $1,5^\circ \times 1,5^\circ$ của cơ quan Khí tượng Australia, các dự báo cho bão NIKI chuyển động theo hướng tây trong khi quỹ đạo thực tế của cơn bão này có hướng tây tây bắc. Trong khi đó, các dự báo của thử nghiệm thứ hai với tập số liệu có thành phần xoáy bất đối xứng được bổ sung theo sơ đồ ban đầu hoá xoáy như mô tả ở phần 2 đã thể hiện độ chính xác hơn hẳn: quỹ đạo dự báo có hướng tây tây bắc rất phù hợp với quỹ đạo thực tế của bão NIKI. Các sai số về khoảng cách giữa tâm dự báo và tâm thực tế của các dự báo trong thử nghiệm thứ hai so với các giá trị tương ứng trong thử nghiệm thứ nhất cũng tốt hơn rất rõ rệt: loại trừ



Hình 4. Các dự báo đường đi của bão NIKI trong thử nghiệm thứ nhất. Thời

gian xuất phát của các dự báo là 11h UTC ngày 20-VIII-1996. Quỹ đạo có các ký hiệu tâm bão là quỹ đạo thực tế của bão NIKI. Quỹ đạo có các ký hiệu số 1, 2, 3 ..., là quỹ đạo dự báo, các số 1, 2, 3, ... là các khoảng thời hạn dự báo 12h một tính từ thời điểm xuất phát.



Hình 5. Các dự báo đường đi của bão NIKI trong thử nghiệm thứ hai.

Các chú giải khác tương tự như trong hình 4.

Hạn dự báo +12h khi cả hai thử nghiệm có các sai số tương đương (ΔR +12h là 80,5km đối với thử nghiệm thứ nhất và là 71,8km đối với thử nghiệm thứ hai), các

sai số dự báo của thử nghiệm thứ hai đều nhỏ hơn các giá trị tương ứng của thử nghiệm thứ nhất ít nhất từ 50% trở lên (bảng 1).

Vai trò quan trọng của thành phần xoáy bất đối xứng trong chuyển động của bão đã được minh hoạ một cách rõ ràng qua kết quả của các thử nghiệm tính toán trong bài báo này: để có được những dự báo chính xác đường đi của bão, đối với một trường hợp bão chuyển động đơn giản như cơn bão NIKI (9613), việc sử dụng tập số liệu ban đầu có chất lượng khá tốt từ sơ đồ phân tích khách quan toàn cầu có độ phân giải $1,5^{\circ} \times 1,5^{\circ}$ của cơ quan Khí tượng Australia vẫn rất cần được bổ sung thành phần xoáy bất đối xứng theo một sơ đồ ban đầu hoá xoáy phù hợp. Tuy nhiên, việc xây dựng sơ đồ ban đầu hoá xoáy phù hợp với các cơ chế chuyển động của bão nhằm khắc phục tình trạng số liệu rất thưa thớt ở vùng xung quanh tâm bão giúp ta nâng cao được độ chính xác của các dự báo đường đi của bão là cả một vấn đề vô cùng phức tạp, cần được tập trung nghiên cứu kỹ lưỡng.

Tài liệu tham khảo

1. Brand, S., C. A. Buenafe and H. D. Hamilton, 1981: Comparison of tropical cyclone motion and environmental steering. *Mon. Wea. Rev.*, 109, 908-909.
2. Chan, J. C.-L., and W. M. Gray, 1982: Tropical cyclone motion and surrounding flow relationship. *Mon. Wea. Rev.*, 110, 1354-1374.
3. Davidson, N. E., and H. C. Weber, 2000: The BMRC high resolution tropical cyclone prediction system: TC-LAPS. *Mon. Wea. Rev.*, (in press).
4. Fiorino, M. J., and R. L. Elsberry, 1989: Some aspects of vortex structure related to tropical cyclone motion. *J. Atmos. Sci.*, 46, 975-990.
5. Franklin, J. L., S. E. Feuer, J. Kaplan, and S. O. Aberson, 1996: Tropical cyclone motion surrounding flow relationships: Searching for the beta gyres in Omega dropwindsonde datasets. *Mon. Wea. Rev.*, 124, 64-84.
6. Holland, G. J., 1983: Tropical cyclone motion: Environmental interaction plus a beta effect. *J. Atmos. Sci.*, 40, 328-342.
7. Sanders, F., A. L. Adams, N. J. B. Gordon, and W. D. Jensen, 1980: Further development of a barotropic operational model for predicting paths of tropical storms. *Mon. Wea. Rev.*, 108, 642-654.
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. Meteor. Soc.*, 121, 631-654.
13. Ulrich, W., and R. K. Smith, 1991: A numerical study of tropical cyclone motion using a barotropic model. Part II. Motion in a spatially varying large scale flow. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 117, 107-124.