

KỸ THUẬT PHÂN TÍCH XOÁY TẠO TRƯỜNG BAN ĐẦU CHO MÔ HÌNH CHÍNH ÁP DỰ BÁO QUĨ ĐẠO BÃO

Phan Văn Tân, Kiều Thị Xin,
Nguyễn Văn Sáng, Nguyễn Văn Hiệp
(Đại học Quốc gia Hà Nội)

1. Mở đầu

Dự báo bão là một trong những vấn đề mang tính thời sự không chỉ ở Việt Nam mà trên toàn thế giới. Đây là một bài toán khó nhưng không kém phần hấp dẫn. Dự báo bão được quan tâm trên nhiều khía cạnh khác nhau. Cho mục đích dự báo thời tiết người ta chú trọng trước hết đến việc dự báo quỹ đạo (đường đi) bão và cường độ bão. Cho đến nay đã có nhiều mô hình số có thể giải quyết được những vấn đề này. Trong số đó, các mô hình chính áp dự báo quỹ đạo bão là một cách tiếp cận không quá phức tạp nhưng có thể cho kết quả dự báo khả quan. Các mô hình này dựa trên quan điểm truyền thống là bão chuyển động theo dòng dẫn đường (steering flow). Quỹ đạo bão được dự báo bằng cách tích phân phương trình xoáy chính áp khi sử dụng sản phẩm phân tích và dự báo của mô hình toàn cầu làm điều kiện ban đầu và điều kiện biên phụ thuộc thời gian. Tuy nhiên, do sự thừa thớt của số liệu quan trắc trên các vùng biển, đại dương nhiệt đới, nơi bão thường hình thành, phát triển và di chuyển, và do chính cấu trúc toán lý của mô hình toàn cầu, nên các trường phân tích và dự báo toàn cầu thường không thể biểu diễn tốt vị trí và cấu trúc của bão. Những thông tin thu được từ các ảnh mây vệ tinh mặc dù là một bộ phận hết sức quan trọng để bổ sung số liệu cho những nơi không có mạng lưới quan trắc, nhưng chúng cũng không thể thay thế cho nguồn số liệu quan trắc bề mặt hoặc thám sát máy bay. Ngoài ra, sự hạn chế về độ phân giải của các mô hình toàn cầu cũng là một trong những nguyên nhân gây nên sự sai lệch về vị trí và cường độ bão trong các trường ban đầu và điều kiện biên của các mô hình dự báo. Bởi vậy, bài toán ban đầu hoá là một trong những vấn đề có ý nghĩa quyết định đến độ chính xác của các mô hình chính áp dự báo bão.

Nói chung xoáy bão được biểu thị trong các trường phân tích và dự báo toàn cầu có cường độ yếu, rộng và sai lệch vị trí. Việc giữ lại những xoáy này trong trường ban đầu và điều kiện biên phụ thuộc thời gian có thể sẽ gây nên những vấn đề nghiêm trọng trong quá trình chạy mô hình dự báo quỹ đạo. Chẳng hạn trong trường hợp đồng thời tồn tại các xoáy nhỏ, yếu hơn, bên cạnh xoáy bão, nếu không loại bỏ các xoáy này, chúng sẽ gây nên những nhiễu động sóng ngắn trong trường dòng dẫn, làm cho quỹ đạo dự báo có thể sẽ sai lệch một cách đáng kể. Do đó mục đích của quá trình ban đầu hoá là loại bỏ một cách cẩn thận những xoáy này và những nhiễu động nhỏ, không cần thiết khỏi các trường phân tích và dự báo toàn cầu, giữ lại cấu trúc có thể của các trường ở những khoảng cách lớn hơn bán kính xoáy bão, và cài vào trường ban đầu một xoáy nhân tạo có vị trí tâm và cường độ phù hợp với xoáy bão thực. Tuy nhiên, quá trình phân tích cũng cần phải được thực hiện sao cho thông tin trong tập số liệu toàn cầu được giữ lại càng nhiều càng tốt. Như vậy, ban đầu hoá là quá trình phân tích xác định lại các thành phần gió của trường phân tích và dự báo toàn cầu, xây dựng xoáy nhân tạo trên cơ sở những thông tin bổ sung từ tập số liệu chỉ thị bão, loại bỏ xoáy có cường độ yếu, sai lệch vị trí trong trường phân tích và thay vào đó một xoáy nhân tạo (Weber, 2001).

Cho đến nay đã có nhiều công trình nghiên cứu và áp dụng kỹ thuật phân tích xoáy tạo trường ban đầu cho các mô hình dự báo bão (DeMaria và nnk, 1992; Peng và nnk, 1990; Reeder và nnk, 1991;...). Trên quan điểm cho rằng độ phân giải của mô hình toàn cầu quá thô (1.5^0) để biểu diễn cấu trúc thực của xoáy, Kurihara và nnk (1992) đã đưa ra một sơ đồ phân tích ứng dụng trong mô hình nhiều lưới lồng nhau dự báo bão ở GFDL (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory). Sơ đồ này có thể được biểu diễn dưới dạng:

$$\text{Trường ban đầu} = \text{Trường phân tích toàn cầu} - \text{Xoáy phân tích, nhiều} + \text{Xoáy nhân tạo}$$

Trong đó xoáy nhân tạo được xây dựng trên cơ sở kết hợp hai thành phần cấu trúc đối xứng và phi đối xứng của xoáy. Một trong những mô hình chính áp dụng báo quỹ đạo bão áp dụng kỹ thuật phân tích xoáy tạo trường ban đầu khá thành công là mô hình VICBAR và phiên bản nghiệp vụ tương ứng là LBAR ((DeMaria và nnk, 1992; Aberson và nnk, 1994).

Tương tự với ý tưởng trên, Weber và Smith (1995) đã phát triển một sơ đồ phân tích xoáy mà theo đó, trường phân tích toàn cầu có thể được tách thành hai thành phần: thành phần môi trường và thành phần xoáy; các thành phần này lại được tách nhỏ hơn thành: thành phần môi trường qui mô lớn, môi trường qui mô xoáy và thành phần xoáy đối xứng và xoáy phi đối xứng. Sơ đồ phân tích xoáy này đã được Davidson và Weber (2000) ứng dụng và phát triển cho hệ thống mô hình dự báo bão (TC-LAPS – Tropical Cyclone Limited Area Prediction System) ở Australia. Gần đây Weber (2001) đã ứng dụng phương pháp này cho một phiên bản mới của mô hình chính áp dụng báo quỹ đạo bão (WBAR).

2. Khái quát về sơ đồ phân tích xoáy

Sơ đồ phân tích xoáy ở đây được dựa trên cơ sở lý thuyết tách xoáy của Smith và Weber (1995). Ý tưởng của lý thuyết này là một trường F bất kỳ (các thành phần gió vĩ hướng U , kinh hướng V , gió theo phương bán kính u , phương tiếp tuyến v) có thể được tách thành hai thành phần: thành phần môi trường F^E và thành phần xoáy F^V sao cho:

$$F = F^E + F^V \quad (2.1)$$

Bằng cách đó, thành phần môi trường F^E lại được tách nhỏ hơn một cách tùy ý thành thành phần F^{EL} đặc trưng cho quy mô ngang lớn hơn quy mô ngang của xoáy, và thành phần F^{ES} đặc trưng cho quy mô ngang tương đương hoặc nhỏ hơn quy mô ngang của xoáy:

$$F^E = F^{EL} + F^{ES} \quad (2.2)$$

Tương tự, F^V cũng được tách ra thành thành phần đối xứng bán kính F^{VS} và thành phần phi đối xứng F^{VA} :

$$F^V = F^{VS} + F^{VA} \quad (2.3)$$

Thành phần F^V chỉ có giá trị khác 0 trong một vùng có kích thước bằng quy mô ngang của xoáy, ngoài vùng này thì trường môi trường có giá trị bằng trường toàn cầu. Thành phần xoáy đối xứng F^{VS} được xem là phần đóng góp của sóng số 0 trong phân tích phương vị, thành phần phi đối xứng F^{VA} về nguyên tắc là phần đóng góp của tất cả các số sóng lớn hơn 0. Nhưng đối với sự chuyển động của xoáy thì chỉ có sóng số một là có ý nghĩa (Weber, 2001). Do đó thành phần phi đối xứng chỉ lấy là thành phần sóng số 1 trong phân tích phương vị.

Trên thực tế quá trình ban đầu hoá được thực hiện theo trình tự sau đây. Trước hết trường F được tách thành trường môi trường qui mô lớn và trường phần dư:

$$F = F^{EL} + F^R \quad (2.4)$$

Sau đó thực hiện phân tích phương vị trường phần dư F^R để xác định thành phần đối xứng F^{VS} và phi đối xứng F^{VA} của xoáy. Cuối cùng trường môi trường quy mô nhỏ nhận được theo công thức:

$$F^{ES} = F^R - (F^{VS} + F^{VA}) \quad (2.5)$$

Xoáy nhân tạo bao gồm hai thành phần đối xứng và phi đối xứng. Thành phần đối xứng F^{BS} được xây dựng trên cơ sở những thông tin bổ sung từ số liệu chỉ thị bão. Nhằm giữ lại càng nhiều thông tin càng tốt trong trường ban đầu cho mô hình dự báo, thành phần đối xứng F^{BS} được trộn một cách hài hoà với thành phần đối xứng F^{VS} trong phân tích phương vị trường phần dư F^R để nhận được thành phần đối xứng của xoáy nhân tạo cuối cùng F^{BO} . Thành phần phi đối xứng của xoáy nhân tạo được xây dựng trên cơ sở sự hình thành hiệu ứng β (β -gyres).

Xoáy nhân tạo sẽ là tổng của các thành phần xoáy đối xứng F^{BO} và phi đối xứng F^{BA} . Và trường ban đầu hoá cho mô hình dự báo sẽ là tổng của các thành phần môi trường F^E và xoáy nhân tạo:

$$F^O = F^E + F^{BO} + F^{BA} \quad (2.6)$$

2.1 Kỹ thuật tách trường qui mô lớn F^{EL}

Trường được sử dụng để tách thành phần môi trường qui mô lớn F^{EL} là trường F ban đầu (trường phân tích toàn cầu) đã được làm tròn trên một miền có kích thước tương đương với kích thước xoáy và có tâm gần với tâm xoáy quan trắc (miền M4 trên hình 1), bằng phương pháp làm tròn 4 điểm. Ký hiệu trường này là F^* . Việc tách trường qui mô lớn F^{EL} được thực hiện theo sơ đồ lặp Barnes kết hợp với lọc tần thấp (low-pass) bằng biến đổi nhanh Fourier (FFT) một chiều:

$$F_n^{EL} = F_{n-1}^{EL} + F_{n-1}^{DS}, (n \geq 2) \quad (2.7)$$

Trong đó n là số thứ tự bước lặp.

Trường môi trường phỏng đoán đầu tiên F_1^{EL} của quá trình lặp là kết quả làm tròn trường F^* bằng phương pháp FFT. Hiệu của trường F^* và trường phỏng đoán đầu tiên F_1^{EL} là trường phân dư: $F_1^D = F^* - F_1^{EL}$. Thực hiện phép lọc FFT làm tròn trường phân dư F_1^D để nhận được F_1^{DS} cho bước lặp tiếp theo. Như vậy, ở bước lặp thứ hai ($n=2$), trường môi trường qui mô lớn có dạng: $F_2^{EL} = F_1^{EL} + F_1^{DS}$. Với $n=3$, trường môi trường phỏng đoán sẽ là F_2^{EL} , còn trường F_2^{DS} nhận được qua phép làm tròn FFT trường $(F_1^D - F_1^{DS})$. Quá trình lặp được thực hiện tương tự cho đến khi hiệu giữa F_n^{EL} và F_{n-1}^{EL} đủ nhỏ.

Kỹ thuật lọc FFT trước hết được áp dụng cho từng cột (theo phương vĩ tuyến), sau đó theo từng hàng (theo phương kinh tuyến) của ma trận chứa giá trị trường tại các điểm nút. Để bảo đảm tính chu kỳ trong phân tích Fourier, các giá trị trong từng cột/hàng được sắp xếp lại vào một vectơ có độ dài gấp 4 lần độ dài thực của chúng, trong đó các phần tử thứ hai và thứ tư của vectơ này chứa giá trị của cột/hàng ban đầu, còn các phần tử thứ nhất và thứ ba nhận các giá trị với dấu ngược lại và được sắp xếp theo thứ tự ngược với thứ tự ban đầu.

Bằng phép lọc trên đây có thể tách được một cách liên tiếp những sóng có bước sóng lớn hơn bước sóng cho trước. Bước sóng cho trước này có thể được xác định một cách tối ưu qua nhiều lần kiểm nghiệm độ nhạy. Trong trường hợp ở đây, nó được chọn bằng 4 lần bán kính ảnh hưởng.

Vì phương pháp biến đổi Fourier đòi hỏi khoảng cách giữa các điểm nút phải cách đều nhau nên để tiến hành quá trình lọc trên đây, giá trị của trường được nội suy về các nút lưới điều hoà trong toạ độ Đêcac (lưới vuông). Trong trường hợp sử dụng sản phẩm phân tích và dự báo toàn cầu của mô hình GME (DWD – Cơ quan phục vụ thời tiết, Cộng hoà Liên bang Đức), miền tính được chọn là một miền hình vuông có kích thước 6750km x 6750km với bước lưới bằng 75km (91x91 điểm) (miền M2 trên hình 1).

Trường F^{EL} nhận được cuối cùng sẽ được nội suy trở lại về các nút lưới của trường toàn cầu trong hệ toạ độ kinh vĩ.

2.2 Tìm tâm xoáy

Trước khi phân tích phương vị trường phân dư F^R , tâm xoáy (λ_m, φ_m) được xác định bởi cực đại (hoặc cực tiểu) của thành phần xoáy tương đối thẳng đứng ở bắc (hoặc nam) bán cầu định vị trong trường phân dư F^R . Trong trường phân tích toàn cầu, vị trí tâm quan trắc được sử dụng làm phỏng đoán đầu tiên để tìm tâm. Còn trong các trường dự báo toàn cầu, tâm xoáy phỏng đoán đầu tiên là tâm nhận được trong trường phân tích hoặc dự báo toàn cầu trước đó. Thủ tục tìm tâm được thực hiện kết hợp phương pháp nội suy hữu tỷ với phương pháp Downhill. Phương pháp Downhill xác định vị trí cực tiểu của hàm giải tích hai biến $\zeta(\lambda, \varphi)$ bằng cách thay đổi liên tiếp λ và φ (Weber và Smith, 1993). Nếu không tìm được tâm thì không thực hiện phân tích phương vị, và các trường phân tích hoặc dự báo ban đầu được giữ nguyên không đổi.

2.3 Phân tích phương vị trường phân dư F^R và xác định trường môi trường tổng cộng F^E

Sau khi xác định được tâm xoáy (λ_m, φ_m) , việc phân tích phương vị trường phân dư F^R được thực hiện trong hệ toạ độ cực trên một miền hình tròn bán kính R_1 có tâm là (λ_m, φ_m) (miền M3 trên hình 1), nằm vừa khít trong miền lưới toạ độ Đêcac. Trước hết các thành phần gió kinh vĩ được nội suy về các điểm nút của lưới toạ độ cực (từ đây gọi là lưới tròn) trong miền phân tích phương vị. Gió kinh vĩ (U^R, V^R) trên các nút lưới tròn sau đó được biến đổi thành gió bán kính và gió tiếp tuyến (u^R, v^R) theo công thức: $u^R = U^R \cos\theta + V^R \sin\theta$; $v^R = -U^R \sin\theta + V^R \cos\theta$

Các trường u^R và v^R được phân tích Fourier phương vị xung quanh tâm (λ_m, φ_m) để tạo ra sóng đối xứng trục và sóng phương vị số một của gió bán kính và tiếp tuyến F^{VS} và F^{VA} như là hàm của bán kính r . Trước khi tách ra khỏi F^R , các trường F^{VS} và F^{VA} được làm trơn trong khoảng giữa hai bán kính r_1 và r_2 sao cho chúng tiến đến 0 khi r tăng từ r_1 tới r_2 , với $r_1 < r_2 < R_1$, bằng cách sử dụng phép lọc $[1 - s^2 \exp(1 - s^2)]$, trong đó $s = (r - r_1)/(r_2 - r_1)$ và $r_1 \leq r \leq r_2$.

Việc chọn r_1 và r_2 có ảnh hưởng rất lớn đến quỹ đạo dự báo, vì chúng quyết định cấu trúc của thành phần phi đối xứng F^{VA} còn lại trong trường gió ban đầu của mô hình dự báo, nhân tố chi phối trực tiếp sự chuyển động của bão. Qua những kết quả thử nghiệm cho các cơn bão trên Đại Tây dương trong mùa bão 1996, Weber (2001) cho rằng các giá trị r_1 và r_2 phụ thuộc vào bán kính ảnh hưởng r_i (hoặc $r_i^* = 1.5 r_i$) và tốc độ gió cực đại v_m của từng cơn bão.

Sau khi nhận được các trường F^{VS} và F^{VA} đã làm trơn, chúng được biến đổi về toạ độ kinh vĩ, và trường môi trường qui mô nhỏ sẽ được xác định bởi (2.5).

Các giá trị của trường môi trường qui mô nhỏ nhận được tại các điểm nút trên lưới tròn sau đó sẽ được nội suy về các điểm nút của lưới toàn cầu trong hệ toạ độ kinh vĩ. Nó sẽ được cộng với trường môi trường qui mô lớn để nhận được trường môi trường tổng cộng F^E theo công thức (2.2).

2.4 Xây dựng xoáy nhân tạo

Thành phần đối xứng của xoáy nhân tạo F^{BO} là sự tổng hợp của thành phần đối xứng F^{BS} và thành phần đối xứng F^{VS} :

$$F^{BO} = \begin{cases} F^{BS} & \text{khi } r \leq r_m^* \\ (1 - W)F^{BS} + WF^{VS} & \text{khi } r_m^* < r < R \end{cases} \quad (2.8)$$

Trong đó $r_m^* = 0.8r_m$ là bán kính gió tiếp tuyến cực đại, r_m là bán kính gió cực đại, R là khoảng cách nhỏ nhất từ tâm xoáy đến các biên của miền M4 trên hình 1, W là hàm trọng số, có dạng: $W = s^2 \exp(1 - s^2)$, với $s = (r - r_m^*)/(R - r_m^*)$.

Để tính thành phần phi đối xứng của xoáy nhân tạo trước hết phải tính sóng số một của trường xoáy nhiễu động. Sau đó, tính gió bán kính và gió tiếp tuyến (u^{BA}, v^{BA}) . Cuối cùng, gió vĩ hướng, kinh hướng được tính bởi: $U^{BA}(r, \theta, t) = u^{BA}(r, t) \cdot \cos\theta - v^{BA}(r, t) \cdot \sin\theta$; $V^{BA}(r, \theta, t) = u^{BA}(r, t) \cdot \sin\theta + v^{BA}(r, t) \cdot \cos\theta$.

2.5 Hiệu chỉnh trường ban đầu

Bước cuối cùng của quá trình ban đầu hoá là hiệu chỉnh trường gió (U, V) sao cho tốc độ trôi đặt tại tâm xoáy (λ_c, φ_c) phải phù hợp với tốc độ trôi quan trắc. Việc hiệu chỉnh này được dựa trên khái niệm dòng dẫn đường. Ký hiệu c^{EL} , c^{ES} và c^{BO} tương ứng là vận tốc trôi gây ra bởi các trường F^{EL} , F^{ES} và F^{BO} . Khi đó vận tốc hiệu chỉnh được xác định bằng hiệu giữa vận tốc quan trắc c và tổng vận tốc do các trường môi trường qui mô lớn (F^{EL}), môi trường qui mô nhỏ (F^{ES}) và trường xoáy đối xứng nhân tạo (F^{BO}) gây nên:

$$c^M = c - (c^{EL} + c^{ES} + c^{BO}) \quad (2.14)$$

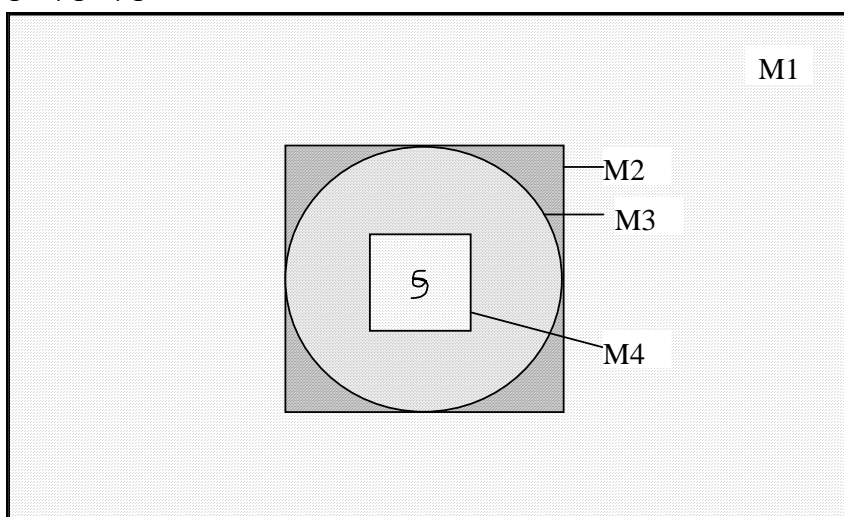
Đại lượng c^M được sử dụng để xây dựng trường hiệu chỉnh $F^M = (U^M, V^M)$ theo công thức:

$$F^M = \begin{cases} c^M [1 - s^2 \exp(1 - s^2)] & \text{khi } r \leq r^M \\ 0 & \text{khi } r > r^M \end{cases} \quad (2.15)$$

trong đó $s = \frac{r}{r^M}$, $r^M = 3r_i$ (r_i là bán kính ảnh hưởng). Cấu trúc tron tru của F^M đảm bảo rằng những đặc điểm của trường F^{ES} được bảo tồn và có thể có ảnh hưởng nhất định đến trường ban đầu hoá F^0 của mô hình dự báo.

Trường ban đầu hoá F^0 sau khi hiệu chỉnh sẽ là tổng của các trường F^M , F^E và F^{BO} :

$$F^0 = F^M + F^E + F^{BO} \quad (2.16)$$



Hình 1. Sơ đồ mô tả các miền tính khi sử dụng sản phẩm của mô hình toàn cầu GME (M1: Lưới kinh vĩ, $150^0 \times 94.5^0$, $0.75^0 \times 0.75^0$; M2: Lưới vuông (Đêcac), $6750 \times 6750 \text{km}$, $75 \times 75 \text{km}$; M3: Lưới tròn (cực); M4: Lưới kinh vĩ, $18^0 \times 18^0$, $0.75^0 \times 0.75^0$)

3. Kết quả phân tích thử nghiệm và nhận xét

Để thử nghiệm áp dụng phương pháp phân tích xoáy trên đây cho mục đích dự báo quỹ đạo bão, chúng tôi đã tiến hành tính toán và dự báo cho một số cơn bão hoạt động trên khu vực tây bắc Thái bình dương, khu vực biển Đông và Việt Nam. Những kết quả thu nhận được về dự báo quỹ đạo sẽ được trình bày ở các bài sau. Trong phạm vi bài này chúng tôi xin giới thiệu một số kết quả phân tích cho một trường hợp cụ thể là cơn bão DURIAN.

Ngày 29/6/2001, bão DURIAN đang là một áp thấp nhiệt đới (Tropical Depression). Ngày 30/6/2001 đã mạnh lên thành bão (Tropical Storm), và đạt tới bão mạnh (Typhoon-1) vào ngày hôm sau. Bão DURIAN đổ bộ vào bán đảo Lôi Châu (Trung Quốc) vào sáng 02/7/2001 (hình 2).

Do đó để thử nghiệm chúng tôi chọn thời điểm làm phân tích/dự báo là $t_0=00\text{h}$ (UTC) ngày 30/6/2001. Cho mục đích dự báo quỹ đạo bão hạn 72h, cần có các trường phân tích toàn cầu tại các thời điểm $t_0-12\text{h}$, t_0 , và các trường dự báo toàn cầu tại các thời điểm $t_0+12\text{h}, \dots, t_0+72\text{h}$. Ngoài ra cần phải có các tập số liệu chỉ thị bão (TC-advisories) như là một nguồn thông tin bổ sung tại các thời điểm t_0 , $t_0-12\text{h}$ và $t_0-24\text{h}$. Tập số liệu chỉ thị bão sẽ cung cấp thêm các thông tin về toạ độ tâm bão (được xác định từ số liệu thám sát hoặc từ ảnh mây vệ tinh), bán kính tốc độ gió tiếp tuyến cực đại, bán kính đường đẳng áp khép kín ngoài cùng (từ đây gọi là bán kính ảnh hưởng), tốc độ gió cực đại, hướng và tốc độ dịch chuyển.

Các trường phân tích và dự báo toàn cầu được sử dụng ở đây là sản phẩm của mô hình GME cho trên các mực đẳng áp 850, 700, 500, 300 và 200mb. Miền phân tích/dự báo toàn cầu là một miền trải rộng từ 27^0S đến 67.5^0N và từ 30^0E đến 180^0E (150 độ kinh và 94.5 độ vĩ). Kích thước lưới của các trường toàn cầu là $0.75^0 \times 0.75^0$ kinh vĩ. Các biến trường được sử dụng bao gồm độ cao địa thế vị (h), các thành phần vận tốc gió kinh, vĩ (U, V) trên các mực

đẳng áp. Thay cho các trường mực đơn trên đây, các trường h , U , V được đưa vào tính toán là các trường DLM (Depth Layer Mean - Độ sâu trung bình lớp). Những kết quả tính toán tạo trường ban đầu cho thời điểm $t_0=00h$ (UTC) ngày 30/6/2001 được trình bày trên các hình 3-13.

Hình 3 dẫn ra trường phân tích toàn cầu chưa ban đầu hoá (trường F). Có thể nhận thấy một tâm thấp khá rộng trên khu vực đông bắc biển Đông với trường gió không mạnh lắm. Vị trí tâm hơi lệch về phía đông bắc. Trên vùng biển Hoa Đông tồn tại một áp cao khá mạnh và rộng. Hình 4 là kết quả làm tròn 4 điểm (trường F^*) các trường U , V . So với trường ban đầu, trường gió sau khi làm tròn hầu như đã không còn tâm thấp trên vịnh Bắc Bộ. Thành phần còn lại sau khi trừ trường ban đầu cho trường làm tròn 4 điểm được dẫn ra trên hình 5. Đó chính là thành phần xoáy (tâm thấp) đã bị loại bỏ khỏi trường ban đầu (trường $F-F^*$). Các hình 6 và 8 biểu diễn trường gió môi trường qui mô lớn F^{EL} , kết quả của việc làm tròn trường ban đầu F bằng phương pháp FFT. Rõ ràng ở đây hoàn lưu xoáy đã bị loại bỏ hoàn toàn, chỉ còn lại hoàn lưu dòng nền.

Hiệu của trường F và trường F^{EL} chính là trường phần dư F^R (hình 7). Sau khi loại bỏ dòng nền qui mô lớn, trường phần dư sẽ chứa trong đó dòng môi trường qui mô xoáy F^{ES} và thành phần xoáy phân tích ban đầu. Việc phân tích phương vị trường phần dư này sẽ cho ta các thành phần đối xứng và phi đối xứng của xoáy phân tích. Chúng được giữ lại để xây dựng xoáy nhân tạo sau này. Phần còn lại của trường phần dư sau khi trừ đi thành phần xoáy đối xứng và phi đối xứng chính là trường môi trường qui mô nhỏ F^{ES} (xem công thức 2.5). Kết hợp hai thành phần F^{EL} và F^{ES} ta nhận được trường môi trường tổng cộng (hình 9). Việc so sánh hình 3 và hình 9 cho thấy rằng, ngoại trừ tâm thấp trên khu vực Bắc Bộ, về cơ bản trường môi trường tổng cộng vẫn giữ được cấu trúc của trường ban đầu.

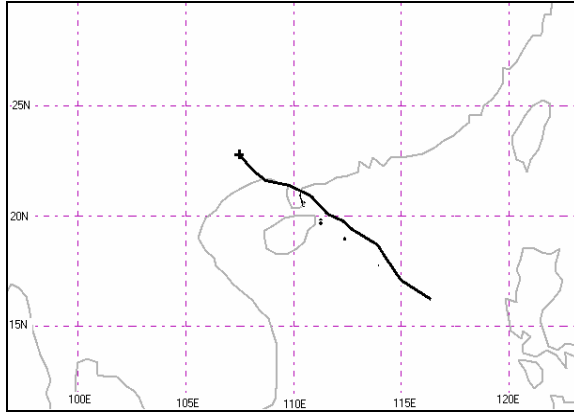
Trên các hình 11-13 dẫn ra các thành phần đối xứng và phi đối xứng của xoáy nhân tạo. Thành phần phi đối xứng được xây dựng trên cơ sở hiệu ứng β (xem mục 2.4), còn thành phần đối xứng được tính theo công thức (2.11). Cài xoáy nhân tạo này vào trường môi trường tổng cộng (hình 9) ta nhận được trường đã ban đầu hoá cho mô hình dự báo (hình 10). So với trường phân tích (hình 3), tâm thấp rộng, yếu ban đầu đã được thay thế bởi một xoáy có kích thước nhỏ hơn nhưng cường độ lớn hơn và tâm xoáy đã được hiệu chỉnh lại.

Từ những kết quả thu nhận được trên đây cho phép rút ra một số nhận xét sau:

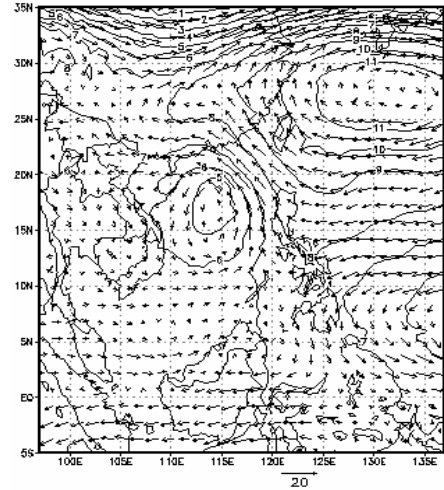
1. So với trường phân tích toàn cầu, trường ban đầu hoá đã thể hiện một cách rõ nét hơn cấu trúc của xoáy và trường nền (đóng vai trò là trường dòng dẫn trong mô hình dự báo). Xoáy nhân tạo được xây dựng trên cơ sở kết hợp giữa thành phần đối xứng của xoáy phân tích với thành phần đối xứng giả (bogus) và thành phần phi đối xứng sinh ra bởi hiệu ứng β để thay thế xoáy phân tích ban đầu đã tạo cho trường ban đầu hoá có sự phân bố hợp lý hơn.

2. Việc xác định chính xác trường môi trường là rất quan trọng, vì nó quyết định vai trò của dòng dẫn đường trong mô hình dự báo, nên bên cạnh phương pháp làm tròn FFT xác định môi trường qui mô lớn, vấn đề chọn bán kính làm tròn các trường đối xứng và phi đối xứng để tách trường môi trường qui mô nhỏ từ trường phần dư cần phải được thực hiện một cách cẩn thận, tùy thuộc vào từng cơn bão.

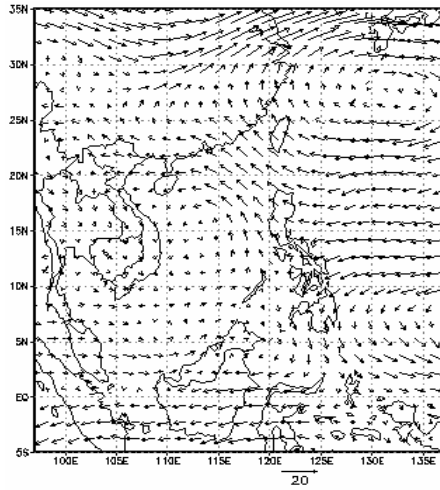
3. Thành phần đối xứng của xoáy nhân tạo là sự đóng góp của cả thành phần đối xứng giả (bogus) và thành phần đối xứng nhận được từ phân tích phương vị trường phần dư. Việc hoà trộn hai thành phần này quyết định bởi sự lựa chọn bán kính r_m^* và hàm trọng lượng W . Đây cũng là một vấn đề cần phải được chú ý, vì nó liên quan đến mức độ đóng góp của mỗi thành phần đối với xoáy nhân tạo.



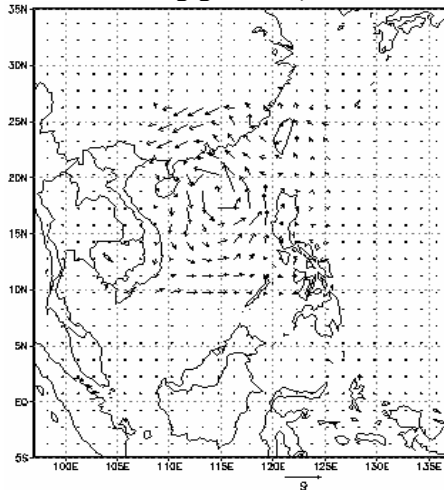
Hình 2. Quỹ đạo (Best-track) bão DURIAN (theo UNISYS)



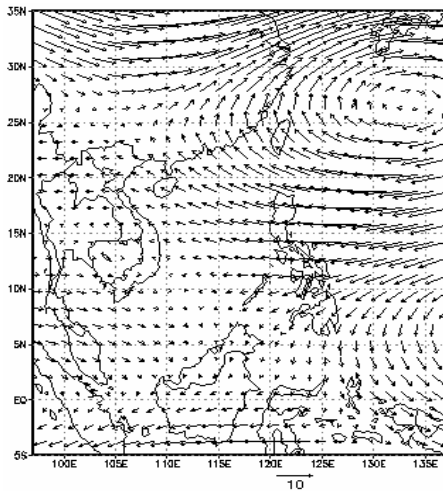
Hình 3. Trường gió và độ cao ban đầu



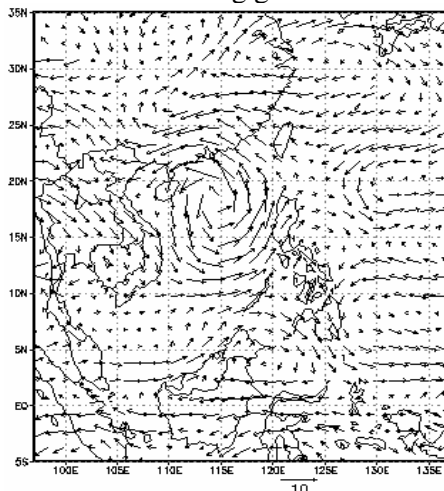
Hình 4. Trường gió ban đầu đã loại bỏ xoáy phân tích



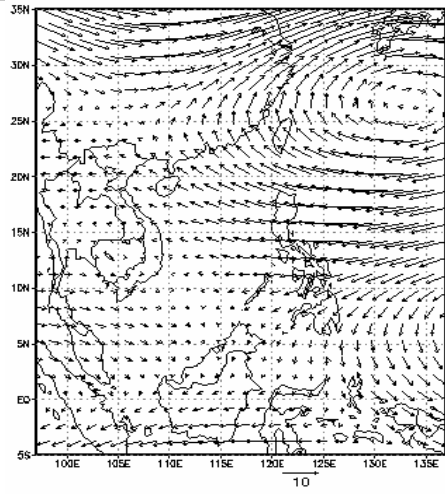
Hình 5. Thành phần xoáy phân tích bị loại bỏ khỏi trường gió ban đầu



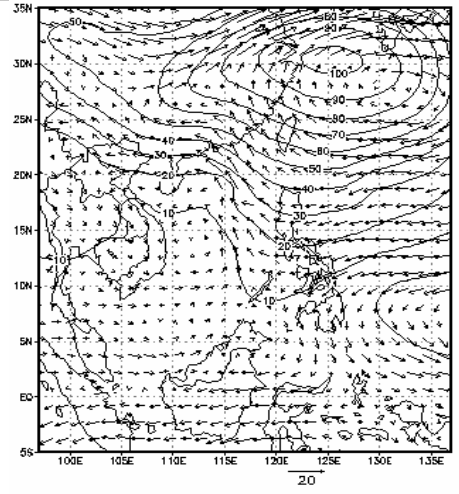
Hình 6. Trường gió môi trường qui mô lớn



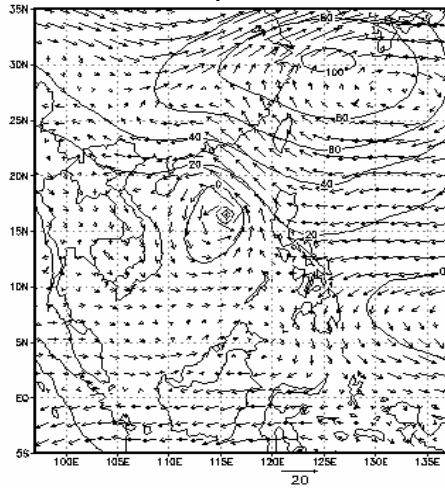
Hình 7. Trường phân dư của trường gió



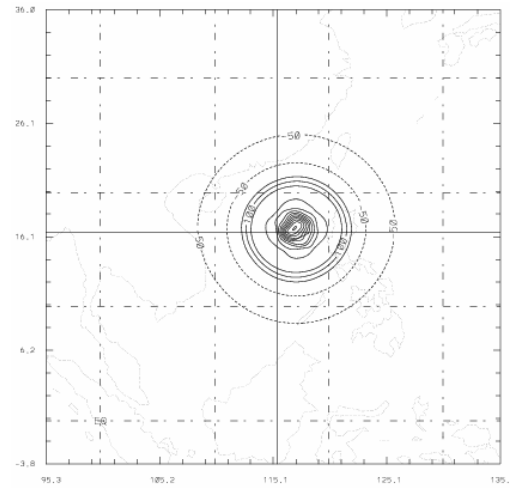
Hình 8. Trường gió môi trường qui mô lớn đã hiệu chỉnh



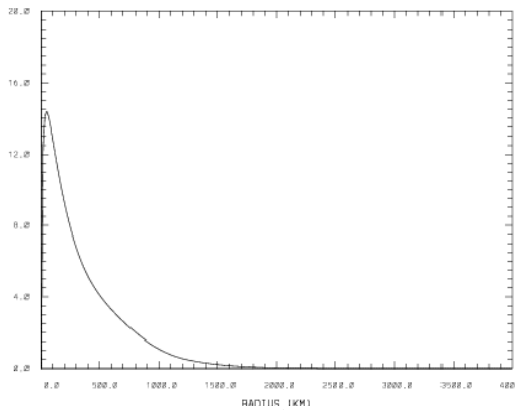
Hình 9. Trường gió và độ cao môi trường tổng cộng đã hiệu chỉnh



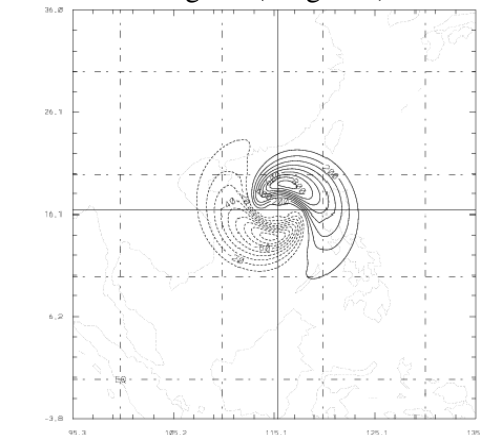
Hình 10. Trường đã ban đầu hoá



Hình 11. Thành phần đối xứng của xoáy tương đối (sóng số 0)



Hình 12. Thành phần gió tiếp tuyến đối xứng (m/s)



Hình 13. Trường xoáy tương đối (1/s) sinh ra bởi hiệu ứng β (β -gyres)

Tài liệu tham khảo

1. Aberson S. D., and DeMaria M., 1994: Verification of a nested barotropic hurricane track forecast model (VICBAR). *Mon. Wea. Rev.*, 122, 2804-2815.
2. Davidson N. E., and Puri K., 1992: Tropical prediction using dynamical nudging, satellite-defined convective head sources, and a cyclone bogus. *Mon. Wea. Rev.*, 120, 2501-2522.
3. Davidson, N. E., and H. C. Weber, 2000: The BMRC high-resolution tropical cyclone prediction system: TC-LAPS. *Mon. Wea. Rev.*, 128, 1245-1265.
4. DeMaria M., 1985: Tropical Cyclone Motion in a Nondivergent Barotropic Model. *Mon. Wea. Rev.*, 113, 1199-1210.
5. DeMaria M., 1987: Tropical cyclone track prediction with a barotropic spectral model. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 2346-2357.
6. DeMaria M., Aberson S. D., and Ooyama K. V., 1992: A nest spectral model for hurricane track forecasting. *Mon. Wea. Rev.*, 120, 1628-1643.
7. Holland G. J., 1983: Tropical cyclone motion: Environmental Interaction plus a Bete effect. *J. Atmos. Sci.*, 40, 328-341.
8. Kurihara Y., Bender M. A., and Ross R. J., 1993: An initialization scheme of hurricane model by vortex specification. *Mon. Wea. Rev.*, 121, 2030-2045.
9. Peng M. S., and Williams R. T., 1990: Dynamics of vortex asymmetries and their influence on vortex motion on a β -plane. *J. Atmos. Sci.*, 47, 1987-2003.
10. Reeder M. J., Smith R. K., and Lord S. J., 1991: The detection of flow asymmetries in the tropical cyclone environment. *Mon. Wea. Rev.*, 119, 848-854.
11. Smith, R. K., and A. Glatz, 1998: The detection of hurricane asymmetries from aircraft reconnaissance flight data: some simulation experiments. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 124, 2715-2728.
12. Smith, R. K., and W. Ulrich, 1990: An analytical theory of tropical cyclone motion using a barotropic model. *J. Atmos. Sci.*, 47, 1973-1986.
13. Weber, H. C., 2001: Hurricane track prediction with a new barotropic model. *Mon. Wea. Rev.*, 129, 1834-1858.
14. Weber, H. C., and R. K. Smith, 1993: The stability of barotropic vortices: implications for tropical cyclone motion. *Geo. Astro. Fluid Dyn.*, 70, 1-30.
15. Weber, H. C., and R. K. Smith, 1995: Data sparsity and the tropical cyclone analysis and prediction problem: some simulation experiments with a barotropic model. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 121, 631-654.