

LỰA CHỌN MỨC DÒNG DẪN TỐI ƯU CHO MÔ HÌNH CHÍNH ÁP DỰ BÃO QUỠ ĐẠO BÃO WBAR

ThS. Võ Văn Hòa

Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu lựa chọn mức dòng dẫn tối ưu theo cường độ bão cho mô hình WBAR dựa trên bộ số liệu phụ thuộc bao gồm 217 trường hợp của 27 cơn bão ở tây bắc Thái Bình Dương từ năm 2003 - 2004. Từ các kết quả lựa chọn tối ưu mức dòng dẫn và profin gió tiếp tuyến đối xứng giả sẽ được áp dụng cho một bộ số liệu độc lập bao gồm 118 trường hợp của 21 cơn bão từ năm 1999 - 2002. Các kết quả đánh giá sai số trên tập số liệu độc lập cho thấy sự cải thiện đáng kể kỹ năng dự báo của dự báo tối ưu (optimal forecast) so với dự báo chuẩn (control forecast).

1. Mở đầu

Cho đến nay, việc sử dụng các mô hình số dự báo quỹ đạo xoáy thuận nhiệt đới (XTNĐ) không còn xa lạ, nhưng vẫn còn khá mới ở Việt Nam. Trong đó lớp mô hình chính áp là cách tiếp cận đơn giản và cung cấp được những dự báo quỹ đạo có giá trị (ít nhất tới hạn dự báo 48 giờ). Đối với các mô hình chính áp sử dụng trường phân tích và dự báo toàn cầu làm điều kiện ban đầu và điều kiện biên phụ thuộc vào thời gian, vấn đề ban đầu hóa xoáy có một ý nghĩa đặc biệt. Chất lượng dự báo quỹ đạo bão của mô hình phụ thuộc chủ yếu vào độ chính xác của trường ban đầu [19]. Ban đầu hóa xoáy là quá trình xây dựng một xoáy thuận nhân tạo có vị trí, cấu trúc và cường độ phù hợp với xoáy bão thực và cài vào trường ban đầu. Xoáy đối xứng nhân tạo được xây dựng dựa trên cơ sở kết hợp hai thành phần xoáy đối xứng giả và xoáy đối xứng phân tích. Trong đó, thành phần xoáy đối xứng giả đóng vai trò quyết định về cấu trúc và cường độ của xoáy thuận nhân tạo thông qua dạng profin gió tiếp tuyến đối xứng giả.

Một vấn đề quan trọng khác quyết định đến độ chính xác của quỹ đạo dự báo bằng mô hình chính áp là trường dòng dẫn. Với ý tưởng dựa trên quan niệm “bão di chuyển theo dòng dẫn đường”, ngoài việc xây dựng được một xoáy nhân tạo phù hợp với xoáy bão thực, cần phải tạo ra được các trường ban đầu và điều kiện biên trong đó “trường nền” cũng phải phù hợp với thực tế. Đối với các mô hình chính áp một mực, như mô hình WBAR [2], [3], [4], [18], việc xác định được trường dòng dẫn và sơ đồ ban đầu hóa xoáy hợp lý sẽ cải thiện đáng kể chất lượng dự báo của mô hình. Phần tiếp theo sẽ trình bày một số phương pháp tính và dạng trường dòng dẫn đang được sử dụng trong một số mô hình chính áp dự báo quỹ đạo bão.

2. Trường dòng dẫn trong mô hình chính áp

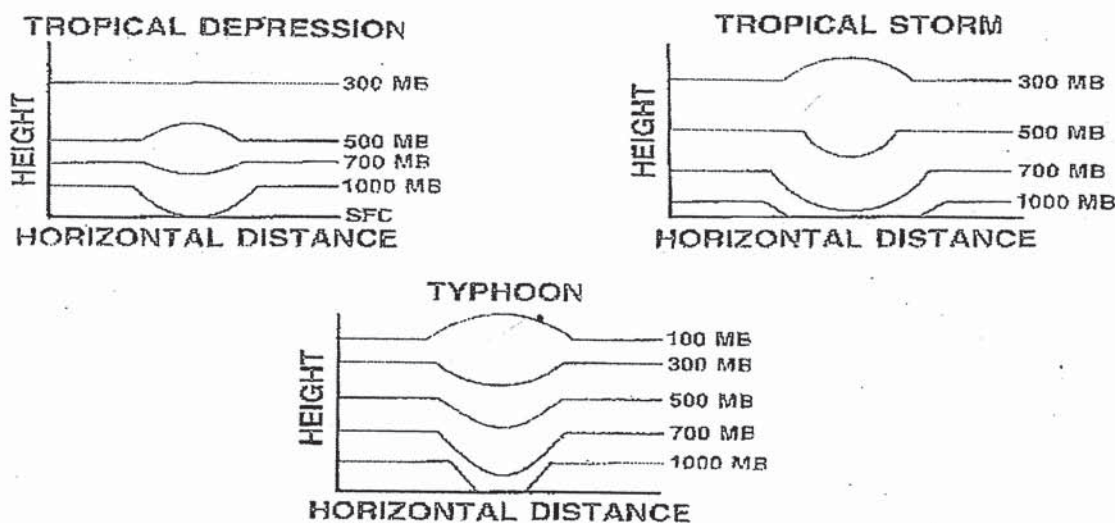
Chuyển động của xoáy thuận nhiệt đới (XTNĐ) là kết quả của một quá trình tương tác hết sức phức tạp giữa các nhân tố ảnh hưởng bên trong và bên ngoài. Dòng dẫn môi trường (hay còn gọi là dòng dẫn quy mô lớn hoặc quy mô synop) là một nhân tố bên ngoài có ảnh hưởng lớn nhất tới chuyển động của XTNĐ. Có tới 70-90% chuyển động của XTNĐ có thể được giải thích dựa theo dòng dẫn môi trường này (Neuman, 1979 [14]). Tuy nhiên, các nghiên cứu lý thuyết lại chỉ ra rằng, khi

vai trò của trường dòng dẫn là yếu, các XTNĐ di chuyển về phía cực và phía tây dưới tác động của các nhân tố bên trong (Elsberry, 1987 [9]). Có nhiều phương pháp xác định trường dòng dẫn đã được nghiên cứu và ứng dụng. Những nghiên cứu xác định mực dòng dẫn đầu tiên chủ yếu tập trung vào một vài mực áp suất như mực 500mb hay 700mb (George và Gray, 1976 [11]; Brand, 1981 [6]). Tuy nhiên, những nghiên cứu gần đây chỉ ra rằng: trường dòng dẫn trung bình lớp dày DLM (Deep Layer Mean) cho kết quả dự báo quỹ đạo XTNĐ tốt hơn so với việc sử dụng mực đơn (Sander (1980) [17]; Chan và Gray (1982) [7], Dong và Neuman (1986) [8]).

Nói chung hiện nay các kỹ thuật xác định trường dòng dẫn bao gồm phương pháp trung bình theo không gian như phương pháp MUSIC (Multilevel Steering by Integrated Current) [6] và phương pháp điểm điều khiển (Control Point method). Do phương pháp điểm điều khiển chủ yếu dùng trong dự báo synop nên không được đề cập đến trong bài báo này. Phương pháp trung bình theo không gian, trường dòng dẫn được xác định dựa trên việc lấy xấp xỉ tích phân theo phương thẳng đứng toàn bộ lớp khí quyển nằm trong tầng đối lưu như trong công thức (1). Tuy nhiên, do cấu trúc theo phương thẳng đứng của XTNĐ thay đổi theo cường độ (hình 1), nên tùy theo từng cơn bão cụ thể mà các cận lấy tích phân này thay đổi từ mực 1000mb cho tới mực 100mb.

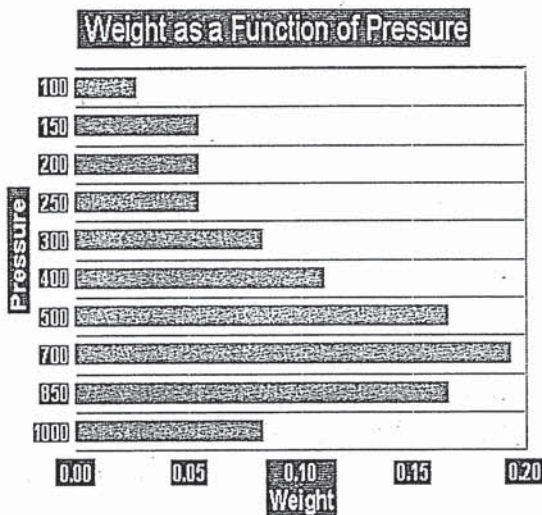
$$\bar{V}_{DLM} = \frac{\int_{p_{hot}}^{p_{top}} \bar{V} dp}{\int_{p_{hot}}^{p_{top}} dp} \approx \frac{\sum_{k=p_{hot}}^{p_{top}} \delta p_k \bar{V}_k}{\sum_{k=p_{hot}}^{p_{top}} \delta p_k} \quad (1)$$

Trên thực tế việc lấy trung bình theo không gian được thực hiện theo hai cách: trung bình không gian theo mực và trung bình không gian theo lớp. Theo cách thứ nhất, trường dòng dẫn là tổng có trọng số của toàn bộ các mực áp suất nằm trong lớp khí quyển được lựa chọn. Chẳng hạn, Neuman (1972) [13] sử dụng công thức (1) để tính trường dòng dẫn DLM cho lớp khí quyển từ 1000mb - 100mb với trọng số thay đổi theo phương thẳng đứng như được thấy trong hình 2.

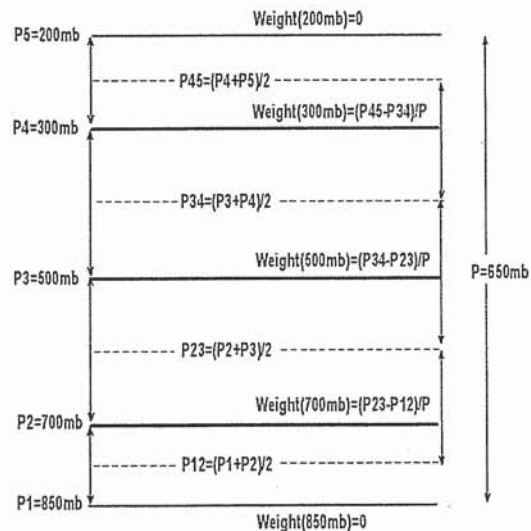


Hình 1. Cấu trúc thẳng đứng của một XTNĐ lý tưởng theo cường độ.

Trong phương pháp trung bình không gian theo lớp, trọng số của các mực được sử dụng để tính DLM là tỷ số giữa độ dày của lớp mà mực đó đại diện với độ dày của toàn bộ lớp khí quyển được sử dụng để tính DLM (hình 3). Cụ thể, giả sử có n mực mô hình, khi đó sẽ tính được $n-1$ giá trị áp suất của $n-1$ mực nằm giữa n mực này. Từ $n-1$ giá trị này, sẽ tính được $n-2$ giá trị độ dày (tính bằng mb) của $n-2$ lớp khí quyển được tạo nên từ $n-1$ mực nói trên. Từ đó ta tính được $n-2$ trọng số của n mực đưa vào. Trọng số của mực thấp nhất và cao nhất trong trường hợp này là bằng không. Hay nói cách khác là chỉ có $n-2$ mực được sử dụng để tính DLM. Khác với phương pháp trung bình theo mực là toàn bộ n mực được sử dụng. Như trong hình 3, mặc dù có 5 mực áp suất là 850mb, 700mb, 500mb, 300mb, 200mb được đưa vào, nhưng trong thực tế tính toán giá trị trường DLM chỉ được tính thông qua 3 trường 700mb, 500mb và 300mb (các mực có mẫu đậm nhất) với các trọng số khác nhau và trong trường hợp này giá trị khí áp của mực DLM là xấp xỉ mực 600mb.



Hình 2. Phân bố trọng số theo mực áp suất trong phương pháp trung bình không gian theo mực



Hình 3. Trường DLM tính theo phương pháp trung bình không gian theo lớp

Bên cạnh việc sử dụng trường dòng dẫn dạng mực đơn hoặc DLM được tính theo hai phương pháp trung bình không gian đã đề cập ở trên, trường dòng dẫn cũng có thể được xác định theo phương pháp thống kê. Chẳng hạn như trong mô hình chính áp SANBAR [16], [17] chạy nghiệp vụ tại Trung tâm Bảo quốc gia của Hoa Kỳ NHC [6] trong những năm 70 thế kỷ trước, trường dòng dẫn đối với trường gió được xác định từ một tập hợp các phương trình hồi quy tuyến tính. Các hệ số của các phương trình hồi quy này được xác định theo phương pháp thống kê của Eddy (1967) (phương pháp này gần tương tự với phương pháp nội suy tối ưu tổ hợp của Gandin (1963)). Để tìm ra những hệ số hồi quy này, mạng số liệu quan trắc truyền thống và không truyền thống bao gồm 5594 trạm quan trắc ở vùng Đông Thái Bình Dương (TBD) và 10145 trạm quan trắc ở Tây TBD được sử dụng. Để tính trường dòng dẫn phụ thuộc vào cường độ bão, Sander [17] đề xuất 3 nhóm phương trình hồi quy sử dụng trường gió tại một, hai hoặc ba mực. Chẳng hạn đối với vùng Tây TBD, phương trình hồi quy cho các thành phần gió kinh hướng và vĩ hướng trung bình cho

lớp khí quyển từ mực 1000mb tới 100mb có dạng giống các phương trình (2)-(4). Khi nghiên cứu thử nghiệm sử dụng các trường DLM này trong dự báo quỹ đạo bão cho vùng Đại Tây Dương trong mùa bão 1975. Sander [17] nhận thấy việc sử dụng trường DLM tính từ một mực đơn cho kết quả không tốt, ngược lại sử dụng trường DLM tính từ ba mực 850mb, 500mb và 250mb cho kết quả tốt nhất.

+ Trường hợp sử dụng một mực:

$$\begin{aligned}\hat{u}_{1000-100\text{ mb}}(850) &= -4,5 + 0,28 u_{850} \\ \hat{u}_{1000-100\text{ mb}}(250) &= -5,9 + 0,22 u_{250} \\ \hat{v}_{1000-100\text{ mb}}(850) &= -0,8 + 0,40 v_{850} \\ \hat{v}_{1000-100\text{ mb}}(250) &= +0,2 + 0,26 v_{250}\end{aligned}\quad (2)$$

+ Trường hợp sử dụng hai mực:

$$\begin{aligned}\hat{u}_{1000-100\text{ mb}}(850,250) &= -2,2 + 0,43 u_{850} + 0,32 u_{250} \\ \hat{v}_{1000-100\text{ mb}}(850,250) &= -0,4 + 0,40 v_{850} + 0,26 v_{250}\end{aligned}\quad (3)$$

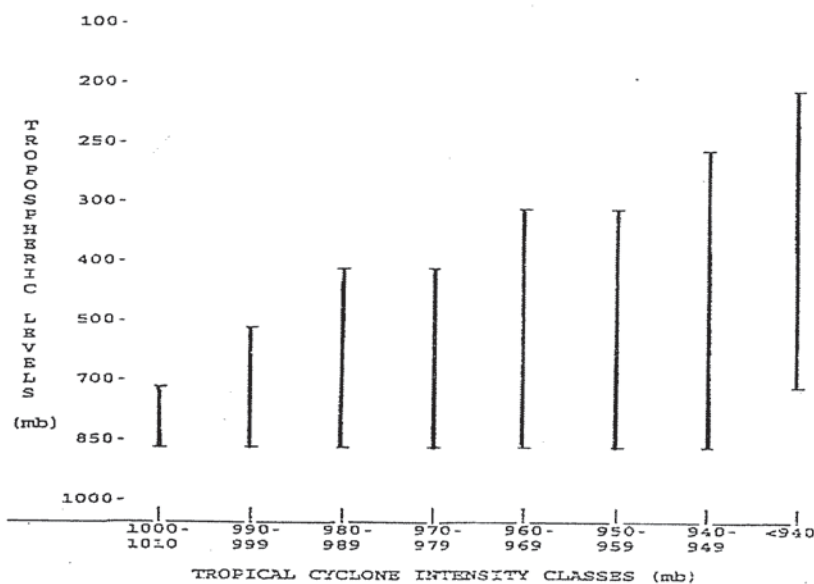
+ Trường hợp sử dụng ba mực:

$$\begin{aligned}\hat{u}_{1000-100\text{ mb}}(850,500,250) &= -0,8 + 0,28 u_{850} + 0,32 u_{500} + 0,25 u_{250} \\ \hat{v}_{1000-100\text{ mb}}(850,500,250) &= -0,4 + 0,30 v_{850} + 0,31 v_{500} + 0,24 v_{250}\end{aligned}\quad (4)$$

Trường dòng dẫn đối với một cơn bão không những phụ thuộc vào cường độ, cấu trúc thẳng đứng của chính cơn bão đó, mà còn phụ thuộc vào đặc điểm trường quy mô lớn tại vùng mà cơn bão đó hình thành và phát triển. Chính vì lý do này mà không có một tiêu chí nhất định nào cho việc sử dụng trường dòng dẫn trong các mô hình số dự báo quỹ đạo bão. Khi nghiên cứu chuyển động của các cơn bão trong vùng Đại Tây Dương, Neuman (1979) [14] cho rằng: tùy theo cường độ bão mà sử dụng trường dòng dẫn dưới dạng mực đơn, độ dày trung bình lớp sâu DLM hoặc độ dày trung bình lớp nông SLM (Shallow Layer Mean). Đối với các cơn bão mạnh, có cấu trúc thẳng đứng lên tận trên đỉnh tầng đối lưu, Neuman nhận thấy tốt nhất vẫn là dùng trường DLM của 10 mực như trong công thức (1), còn trong trường hợp không đủ mực để tính DLM thì mực đơn 500mb là lựa chọn tốt nhất. Ông cũng cho rằng: các dòng không khí đi vào và đi ra tại các mực 1000mb và 100mb có thể làm biến dạng trường dòng dẫn DLM nhưng điều này không đáng lo ngại do chúng có trọng số tính toán nhỏ. Trong trường hợp các cơn bão yếu được dẫn đường bởi một lớp nông thì mực dòng dẫn có thể được ước lượng qua mực 700mb. Đối với những cơn bão hình thành trong trường môi trường có độ đứt gió thẳng đứng, thì ở dưới thấp bão có khuynh hướng di chuyển theo dòng mực thấp, trong khi ở trên cao, bão lại di chuyển theo hoàn lưu trên cao. Do đó tốt nhất là sử dụng mực 850mb hoặc 700mb. Còn đối với những cơn bão có kích thước rất lớn thì việc xác định dòng dẫn là rất khó do nội lực của bão mạnh nên vai trò dòng dẫn không còn chiếm ưu thế.

Khi nghiên cứu và phát triển mô hình dự báo quỹ đạo bão nghiệp vụ BAM [6] (Beta and Advection Model) tại Trung tâm Bão quốc gia Hoa Kỳ NHC (National Hurricane Centre), Marks (1992) [6] đã sử dụng đến bốn phiên bản mô hình là FBAM, DBAM, MBAM và SBAM tương ứng bốn dạng trường dòng dẫn DLM khác nhau. Phiên bản SBAM (Shallow) sử dụng trường dòng dẫn là gió trung bình lớp nông từ 850mb - 700mb. Trong khi phiên bản MBAM (Medium) là gió trung bình

lớp từ 850mb - 500mb và phiên bản DBAM (Deep) là gió trung bình lớp dày từ 850mb - 200mb. Phiên bản đầy đủ của BAM là FBAM sử dụng trường DLM là gió trung bình lớp 1000mb - 100mb với trọng số lớn nhất tại mực 700mb. Khi nghiên cứu các lớp không khí cuốn vào và cuốn ra trong bão, Holland [12] cho rằng: dòng dẫn DLM trung bình lớp khí quyển từ 850mb - 300mb là tốt nhất. Trong khi Wang (1993) lại cho rằng: mực dòng dẫn thích hợp là DLM của lớp khí quyển từ 900mb - 500mb. Những nghiên cứu dự báo chính áp của Velden (1993) tìm thấy một quan hệ giữa cường độ bão với độ dày trung bình lớp. Theo ông, độ dày lớp khí quyển lấy trung bình thay đổi theo cường độ bão, bão càng mạnh thì lớp lấy trung bình càng dày (hình 4).



Hình 4. Độ dày tối ưu của dòng dẫn dạng DLM theo cường độ bão được sử dụng trong các dự báo của mô hình chính áp cho vùng Đại Tây Dương và Australia theo Velden (1993)

Nói chung, hiện nay hầu hết các mô hình chính áp nghiệp vụ dự báo quỹ đạo bão đều sử dụng mực dòng dẫn dưới dạng trường DLM. Mô hình SANBAR [16], [17] sử dụng trường DLM được tính từ một tập hợp các phương trình hồi quy tuyến tính (như các phương trình (2)-(4)) cho các vùng khác nhau. Hay như mô hình phổ lồng chính áp VICBAR (Vic Ooyama và DeMaria (1992) [5]) cùng với phiên bản nghiệp vụ đầy đủ của nó là mô hình LBAR và gần đây nhất là mô hình đa lưới tích hợp MUDBAR [10] sử dụng trường dòng dẫn DLM 850mb - 200mb (850mb, 700mb, 500mb, 400mb, 300mb và 200mb). Tại Việt Nam, đã có một số mô hình chính áp đang được nghiên cứu và thử nghiệm. Chẳng hạn đối với mô hình chính áp WBAR (Weber (2001) [18]) đã sử dụng trường dòng dẫn DLM cho lớp khí quyển từ 850mb - 200mb (không có mực 400mb) nhưng cách tính lại dựa trên phương pháp trung bình lớp dày. Các kết quả thử nghiệm ban đầu với mô hình chính áp WBAR [1], [2] đối với mực dòng dẫn được lấy trên các mực 700mb, 500mb và DLM (850mb - 200mb) cho thấy trong các trường hợp bão mạnh, mực 500mb và DLM có xu hướng dự báo tốt hơn mực 700mb, còn trong các trường hợp bão yếu thì ngược lại. Do vậy, để chọn ra một trường dòng dẫn thích hợp cho từng cơn bão có cường

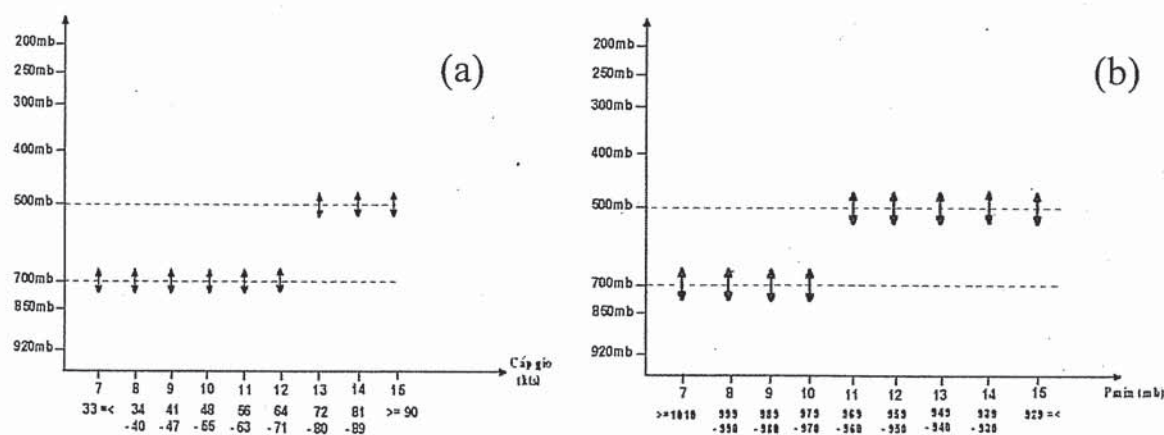
độ khác nhau, cần phải có những thử nghiệm dựa trên nhiều phương án mức dòng dẫn khác nhau và một tập số liệu bão đủ dài. Phần tiếp theo sẽ trình bày kết quả nghiên cứu lựa chọn mức dòng dẫn tối ưu theo 3 phương án khác nhau dựa trên tập số liệu phụ thuộc và các kết quả đánh giá dự báo tối ưu cho một tập số liệu độc lập.

3. Lựa chọn tối ưu mức dòng dẫn cho mô hình WBAR

Để xác định mức dòng dẫn tối ưu theo cường độ bão, mức dòng dẫn dạng mức đơn (ký hiệu là LEVEL), mức dòng dẫn trung bình lớp dày DLM tính theo phương pháp trung bình theo mức (DLM_PP1) và tính theo phương pháp trung bình theo lớp (DLM_PP2) được sử dụng [3]. Đối với mức dòng dẫn dạng LEVEL, 5 phương án mức áp suất được sử dụng để nghiên cứu lựa chọn mức tối ưu (bảng 1- phụ lục 1). Tương tự, 7 phương án khác nhau được đưa vào để nghiên cứu đối với mức dòng dẫn dạng DLM_PP1 (bảng 2- phụ lục 1) và 20 phương án cho DLM_PP2 (bảng 3 - phụ lục 1). Về nguyên tắc, các phương án này phải được thực hiện với từng cách lựa chọn profin gió tiếp tuyến đối xứng giả và sơ đồ ban đầu hóa xoáy. Nhưng để đơn giản, các thí nghiệm nói trên đều được thực hiện với cách lựa chọn profin số 2 và sơ đồ ban đầu hóa xoáy số 9. Các thí nghiệm được thực hiện trên cùng một tập số liệu phụ thuộc như trong nghiên cứu lựa chọn dạng profin gió tiếp tuyến đối xứng giả tối ưu [4]. Mức dòng dẫn tối ưu sẽ là mức có sai số dự báo với khoảng cách tâm bão +24giờ và +48 giờ là nhỏ nhất.

a. Mức dòng dẫn tối ưu dạng LEVEL

Để dễ hình dung, các lựa chọn mức dòng dẫn tối ưu theo cường độ bão được vẽ cùng vào một đồ thị như được thấy trong hình 5. Trong đó, mức dòng dẫn tối ưu được đánh dấu bằng mũi tên 2 chiều $\updownarrow$ và trục hoành biểu thị cấp bão tương ứng. Theo cách phân loại theo V_{max} , thì mô hình sẽ cho kết quả dự báo quỹ đạo bão tốt nhất khi tích phân trên mức 700mb đối với những cơn bão có $V_{max} \leq 71kts$ ($1kts \approx 0,5m/s$), trong khi những cơn bão có $V_{max} \geq 72kts$ thì mức 500mb sẽ cho sai số dự báo nhỏ nhất. Trong cách phân loại theo P_{min} , do có sự phân bố lại số trường hợp nên có một sự khác biệt trong các phương án mức dòng dẫn tối ưu so với cách phân loại theo V_{max} . Nói chung sự khác biệt chỉ xảy ra tại những cấp bão có sự thay đổi lớn về số trường hợp nghiên cứu theo 2 cách phân loại nói trên.

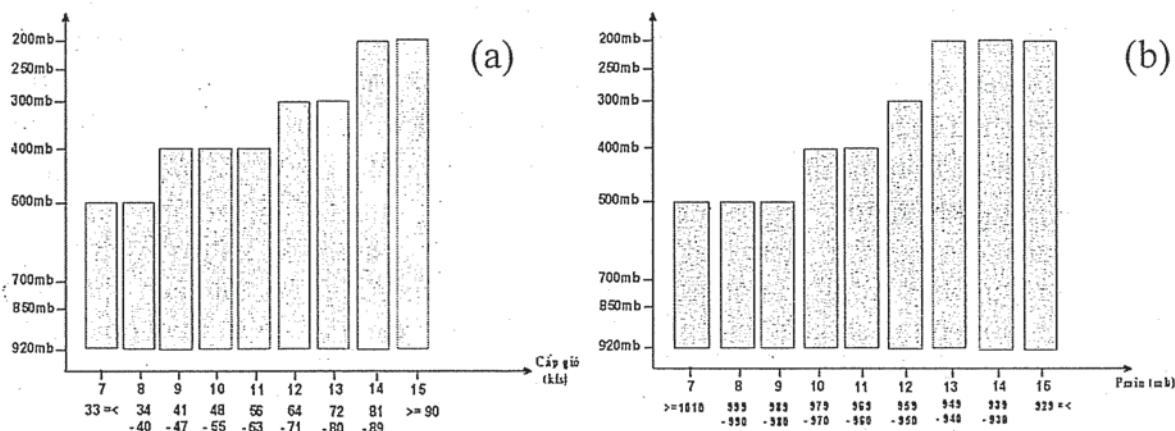


Hình 5. Mức dòng dẫn tối ưu theo cường độ bão trong phương án LEVEL
((a) phân loại theo V_{max} và (b) phân loại theo P_{min} , $1kts \approx 0,5m/s$)

Từ hình 5, có thể nhận thấy đối với các cơn bão yếu thì mực dòng dẫn tối ưu ở mực thấp hơn, trong khi các cơn bão mạnh thì mực dòng dẫn tối ưu ở mực trên cao. Kết quả này nói chung là khá phù hợp với thực tế do các cơn bão có cường độ yếu thường chỉ phát triển đến mực 500mb hoặc 400mb, do vậy trọng tâm của nó thường nằm ở các mực thấp. Điều này dẫn đến kết quả dự báo với các mực thấp thường cho kết quả tốt hơn các mực trên cao. Tương tự các cơn bão mạnh thường phát triển mạnh theo phương thẳng đứng cho tới các mực 300mb hoặc 200mb, do đó các kết quả dự báo với các mực trên cao thường cho sai số nhỏ hơn các mực ở dưới thấp.

b. Mực dòng dẫn tối ưu dạng DLM_PP1

Hình 6 minh họa kết quả lựa chọn mực dòng dẫn tối ưu dạng DLM_PP1 theo cường độ bão. Từ hình 6a có thể thấy phương án DLM_PP1_TH3 là tối ưu đối với cấp cường độ cấp 7 và cấp 8. Trong khi phương án DLM_PP1_TH4 là tối ưu đối với 3 cấp tiếp theo (cấp 9 đến cấp 11), thì các phương án DLM_PP1_TH5 và DLM_PP1_TH7 lại tối ưu cho các cấp 12 - cấp 13 và cấp 14 - cấp 15. Hơn nữa các kết quả còn chỉ ra rằng: độ dày của lớp khí quyển dùng để tính trường DLM tăng khi cường độ bão tăng (tất cả các mực nằm trong miền tô màu đen đều được sử dụng để tính toán DLM). Hay nói cách khác là bão có cường độ càng mạnh, thì mực dòng dẫn DLM tối ưu càng cao. Các kết quả lựa chọn tối ưu theo $P_{\min}$ cũng gần tương tự như theo $V_{\max}$ và một lần nữa cho thấy độ dày tính mực dòng dẫn DLM tối ưu tăng theo cường độ bão.

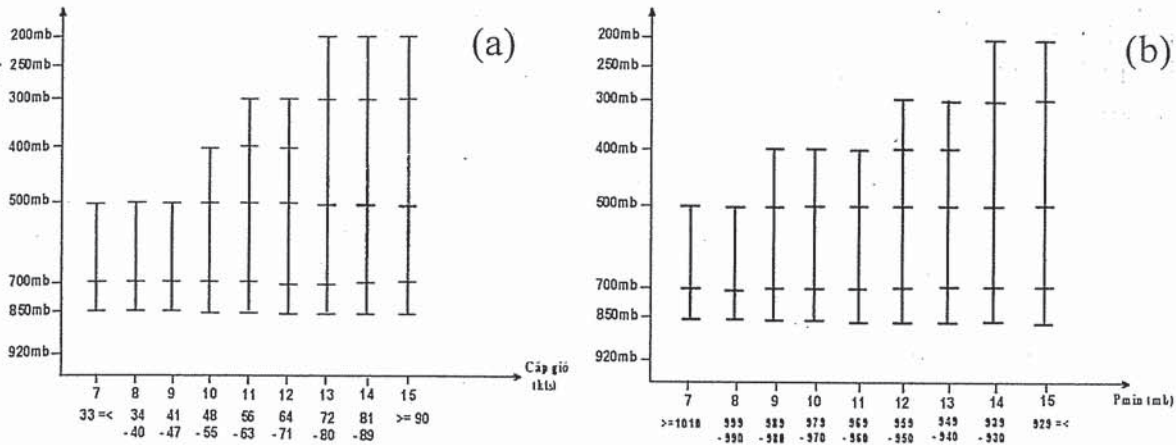


Hình 6. Mực dòng dẫn tối ưu theo cường độ bão trong phương án DLM_PP1

((a) phân loại theo $V_{\max}$ và (b) phân loại theo $P_{\min}$, 1kts $\approx$ 0,5m/s)

c. Mực dòng dẫn tối ưu dạng DLM_PP2

Kết quả lựa chọn mực dòng dẫn tối ưu dạng DLM_PP2 cho từng cấp bão được đưa ra trong hình 7 (dấu gạch ngang “-” tại mực nào biểu thị mực đó được sử dụng để tính trường DLM). Theo cách phân loại theo $V_{\max}$ (hình 7a), phương án DLM_PP2_TH2 là tối ưu cho 3 cấp gió: cấp 7, cấp 8 và cấp 9, DLM_PP2_TH2 tối ưu cho cấp 10, DLM_PP2_TH9 tối ưu cho cấp 11 và cấp 12. Cuối cùng phương án DLM_PP2_TH9 tối ưu cho các cấp 13 đến cấp 15. Các kết quả lựa chọn theo $P_{\min}$ được đưa ra trong hình 7b và cũng gần tương tự như cách phân loại theo $V_{\max}$. Một lần nữa các kết quả lựa chọn mực dòng dẫn DLM_PP2 tối ưu cho thấy khi bão càng mạnh thì độ dày dùng để tính trường DLM tăng lên.



Hình 7. Mực dòng dẫn tối ưu theo cường độ bão trong phương án DLM_PP2
((a) phân loại theo V_{max} và (b) phân loại theo P_{min} , 1kts $\approx 0,5$ m/s)

4. Kết quả đánh giá trên bộ số liệu độc lập

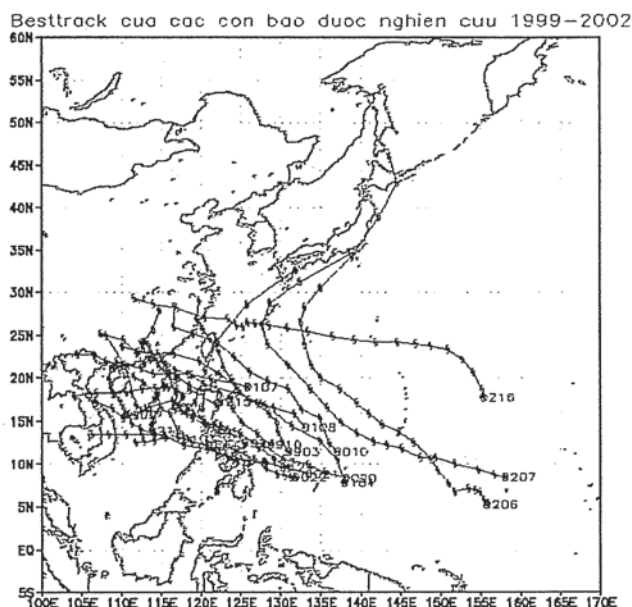
Để đánh giá hiệu quả của việc lựa chọn mực dòng dẫn, profin gió tiếp tuyến đối xứng giả tối ưu theo cường độ bão, các kết quả nghiên cứu lựa chọn tối ưu được áp dụng ngược trở lại cho một bộ số liệu độc lập bao gồm 118 trường hợp của 21 cơn bão từ năm 1999 - 2002 (bảng 4 - phụ lục 1). Tuy nhiên, do sự hạn chế về mặt số liệu trên các mực đẳng áp trong các năm 1999 - 2002 (chỉ có số liệu U, V, H trên các mực 700mb, 500mb và 300mb), nên các thử nghiệm đánh giá chỉ áp dụng cho phương án mực dòng dẫn tối ưu dạng LEVEL. Các thử nghiệm được chạy cùng với sơ đồ cài xoáy nhân tạo số 9, còn mực dòng dẫn và profin gió tiếp tuyến đối xứng giả được chọn theo V_{max} . Dạng quỹ đạo của 21 cơn bão được đưa ra trong hình 8. Để đánh giá kết quả thử nghiệm, chỉ số kỹ năng dự báo tương đối RSS (Relative Skill Score) được sử dụng. Chỉ số này được tính như sau:

$$RSS(\%) = \frac{E_{control} - E_{optimal}}{E_{control} + E_{optimal}} * 100\%$$

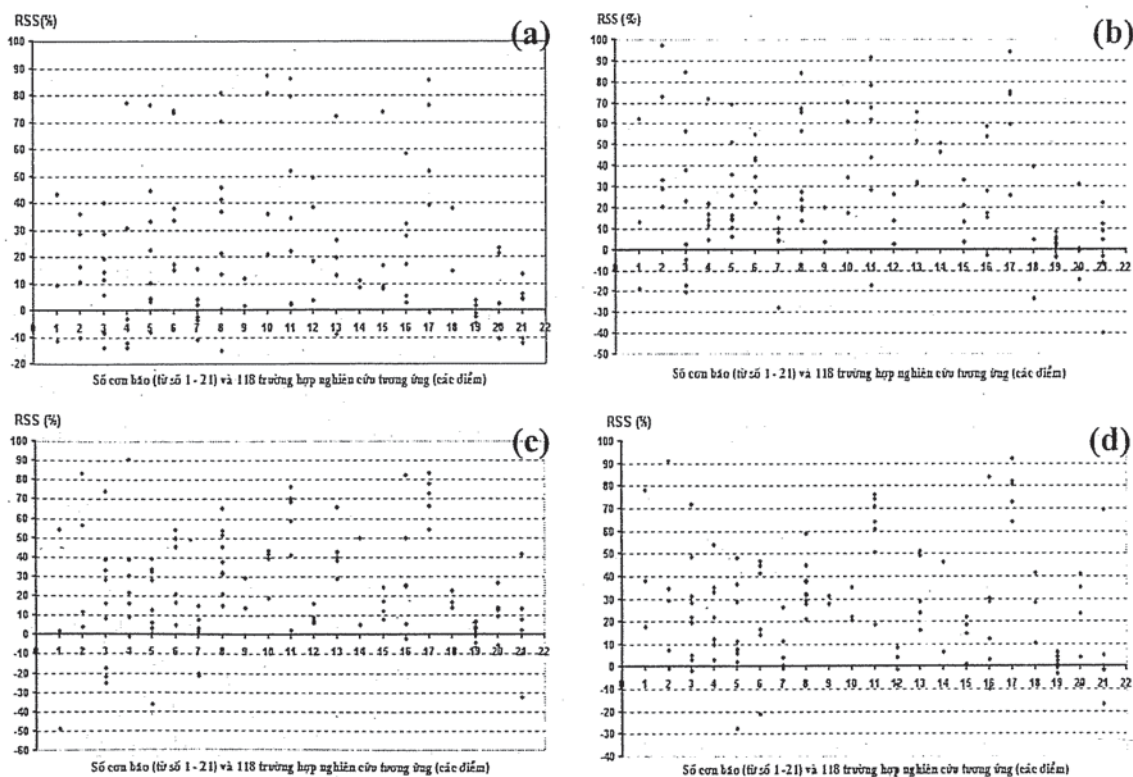
trong đó: $E_{control}$ là sai số dự báo khoảng cách của phiên bản gốc của mô hình WBAR tích phân trên mực 500mb, với profin gió tiếp đối xứng giả số 2 và sơ đồ ban đầu hóa xoáy số 8, trong bài báo này gọi là dự báo chuẩn (control forecast)). Còn $E_{optimal}$ là sai số của dự báo theo các lựa chọn tối ưu nói trên (gọi là dự báo tối ưu (optimal forecast)). Chỉ số RSS dương, nếu dự báo tối ưu tốt hơn (cho sai số nhỏ hơn) dự báo chuẩn, ngược lại thì dự báo chuẩn là tốt hơn.

Các kết quả đánh giá sử dụng chỉ số RSS cho sai số dự báo 12 giờ, 24 giờ, 36 giờ và 48 giờ của 118 trường hợp tương ứng được đưa ra trong các hình 9. Trong đó các con số từ 1 - 21 trên trục hoành là chỉ số thứ tự của 21 cơn bão được nghiên cứu. Số trường hợp nghiên cứu của mỗi cơn bão được ký hiệu tương ứng bằng ký tự ♦ trên đường thẳng vuông góc với trục hoành. Giá trị tương ứng của mỗi ký tự ♦ so với trục tung đưa ra giá trị tương ứng của chỉ số RSS. Từ hình 9 có thể thấy trong hầu hết các trường hợp thử nghiệm, chỉ số RSS mang giá trị dương, thậm chí rất nhiều trường hợp có giá trị RSS lớn hơn 50%. Hay nói cách khác, dự báo tối ưu theo cường độ cho kỹ năng dự báo tốt hơn so với dự báo chuẩn. Mặc dù vẫn có một vài trường hợp cho chỉ số RSS âm nhưng các giá trị này tương đối nhỏ. Sự cải thiện

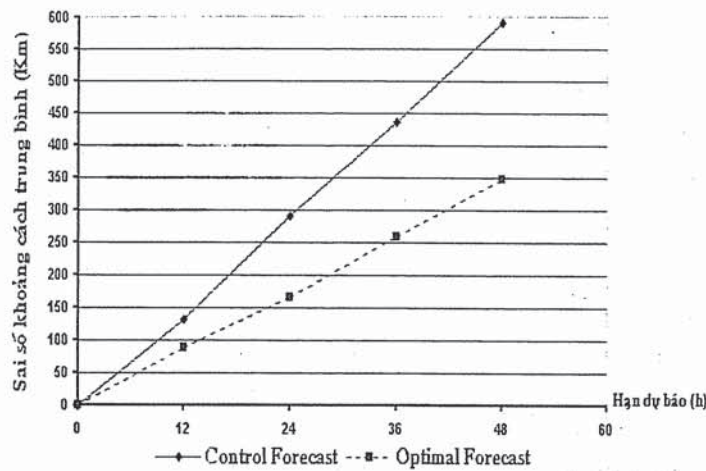
đáng kể trong chất lượng dự báo có thể thấy rõ qua đồ thị sai số dự báo trung bình của 118 trường hợp (hình 10). Rõ ràng sai số trung bình của dự báo tối ưu là nhỏ hơn so với dự báo chuẩn trong tất cả các hạn dự báo.



Hình 8. Quỹ đạo quan trắc của 21 cơn bão (118 trường hợp) nằm trong bộ số liệu độc lập từ năm 1999-2002

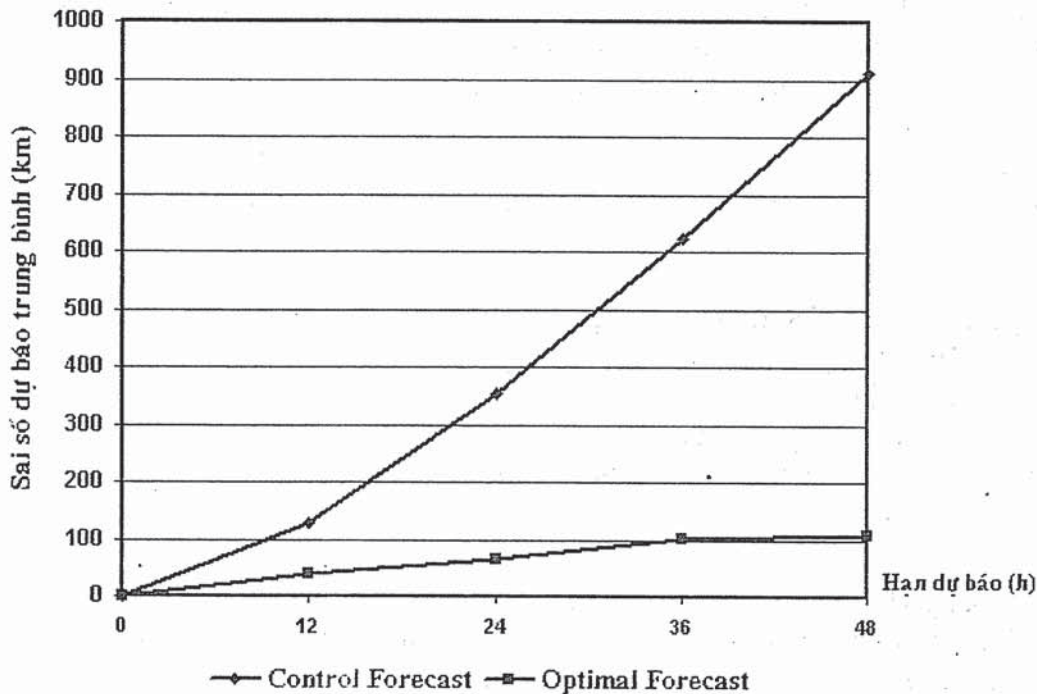


Hình 9. Phân bố chỉ số RSS cho các hạn dự báo +12 giờ (a), +24 giờ (b), +36 giờ (c) và +48 giờ (d) của 118 trường hợp nghiên cứu

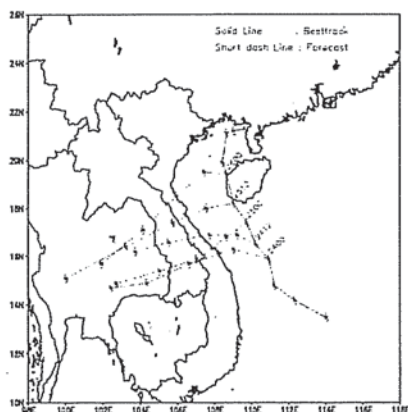


Hình 10. So sánh sai số dự báo trung bình của 118 trường hợp nghiên cứu đối với dự báo chuẩn và dự báo tối ưu

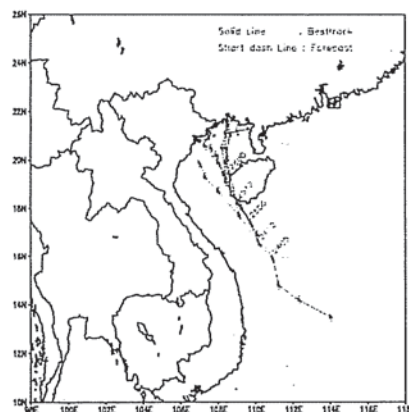
Một ví dụ điển hình trong việc cải thiện chất lượng dự báo là trường hợp cơn bão Mekkhala (0220). Từ hình 11 ta có thể thấy sai số dự báo trung bình của dự báo tối ưu nhỏ hơn rất nhiều so với dự báo chuẩn. Sai số dự báo trung bình 24 giờ và 48 giờ của dự báo chuẩn tương ứng là 355km và 910km, trong khi đó đối với dự báo tối ưu là 67km và 109km (tương ứng chất lượng dự báo được cải thiện 68,2% và 78,6%). Hình 12 và 13 chỉ ra sự khác biệt lớn trong quỹ đạo dự báo của dự báo chuẩn và dự báo tối ưu so với quỹ đạo quan trắc (besttrack). Trong khi các quỹ đạo dự báo tối ưu khá sát với quỹ đạo quan trắc thì các dự báo chuẩn lại sai hoàn toàn (hình 12).



Hình 11. So sánh sai số dự báo trung bình của 5 trường hợp nghiên cứu đối với dự báo chuẩn và dự báo tối ưu của cơn bão Mekkhala (0220)



Hình 12. Besttrack và quỹ đạo dự báo chuẩn trong 5 trường hợp nghiên cứu của cơn bão Mekkhala (0220)



Hình 13. Besttrack và quỹ đạo dự báo tối ưu trong 5 trường hợp nghiên cứu của cơn bão Mekkhala (0220)

5. Kết luận và kiến nghị

Các kết quả nghiên cứu lựa chọn mực dòng dẫn tối ưu theo cường độ bão cho mô hình WBAR đã cho thấy vai trò quan trọng của mực dòng dẫn đối với kết quả dự báo quỹ đạo bão từ mô hình chính áp. Kết quả đánh giá dự báo tối ưu trên một bộ số liệu độc lập đã cho thấy sự cải thiện đáng kể trong sai số dự báo, đặc biệt đối với thời hạn dự báo 48 giờ. Sự tăng chất lượng dự báo này đã chứng tỏ tính hiệu quả của việc áp dụng các phương án tối ưu mực dòng dẫn và sơ đồ ban đầu hóa xoáy (bao gồm cả dạng profin gió đối xứng tiếp tuyến giả) tối ưu theo cường độ bão. Mặt khác, cũng cho thấy hướng ứng dụng mô hình chính áp WBAR vào dự báo nghiệp vụ là hoàn toàn có tính khả thi. Tuy nhiên, các kết quả nghiên cứu trong đề tài này vẫn chưa xem xét hết các phương án có thể có trong khi nghiên cứu lựa chọn mực dòng dẫn, các kết quả áp dụng profin gió tiếp tuyến đối xứng giả và mực dòng dẫn tối ưu là hoàn toàn độc lập với nhau. Do đó, chưa đánh giá được giữa mực dòng dẫn và sơ đồ ban đầu hóa xoáy, nhân tố nào sẽ có ảnh hưởng lớn nhất đến kết quả dự báo. Theo ý kiến chủ quan của tác giả, đối với mô hình chính áp, mực dòng dẫn có ảnh hưởng tới kết quả dự báo lớn hơn so với sơ đồ ban đầu hóa xoáy. Vì vậy, để có thể thực hiện được mục đích dự báo nghiệp vụ, tác giả kiến nghị nên tiếp tục nghiên cứu và thử nghiệm trường dòng dẫn trên nhiều phương án khác và đánh giá mức độ cải thiện chất lượng dự báo của dự báo tối ưu sử dụng mực dòng dẫn dạng DLM (thay vì dạng LEVEL như trong bài báo này), đồng thời nghiên cứu lựa chọn một sơ đồ cài xoáy nhân tạo phù hợp nhất cho mô hình chính áp WBAR.

Tài liệu tham khảo

1. Bùi Hoàng Hải, Phan Văn Tân. Khảo sát ảnh hưởng của trường ban đầu hóa đến sự chuyển động của bão trong mô hình chính áp dự báo bão khu vực biển Đông năm 2002. *Tạp chí KTTV*, 8 (500), tr 17-25.
2. Phan Văn Tân, Kiều Thị Xin, Nguyễn Văn Sáng. Mô hình chính áp WBAR và khả năng dự báo quỹ đạo bão khu vực Tây Thái Bình Dương và biển Đông năm 2002. *Tạp chí KTTV*, 6(498), tr 27-33.

3. Võ Văn Hòa. Nghiên cứu lựa chọn mực dòng dẫn và sơ đồ ban đầu hóa xoáy tối ưu cho mô hình chính áp dự báo quỹ đạo bão WBAR. Luận văn thạc sỹ khoa học năm 2004.
4. Võ Văn Hòa. Lựa chọn profin gió tiếp tuyến đối xứng giả tối ưu cho mô hình chính áp dự báo quỹ đạo bão WBAR năm 2004. *Tạp chí KTTV số 535, 7(2005)* tr 28-35.
5. Aberson A. D. and DeMaria, M., 1994: Verification of a nested barotropic hurricane track forecast model (VICBAR). *Mon. Wea. Rev.*, 122, 2804-2815.
6. Bernard N. Meisner, 2000: An overview of NHC prediction models. Website: <http://www.srh.noaa.gov/ssd/nwpmmodel/html/nhcmmodel.htm>.
7. Chan and W. M. Gray, 1982: Tropical cyclone movement and surrounding flow relationships. *Mon. Wea. Rev.*, 110, 1354-1374.
8. Dong, K., and C. J. Neumann, 1986: The relationship between tropical cyclone motion and environmental geostrophic flows. *Mon. Wea. Rev.*, 114, 115-122.
9. Elsberry, R. L., 1987: Tropical cyclone motion. Chapter 4, A Global View of Tropical Cyclones, Office of Naval Research, 91-131.
10. Fulton S. R., 2001: An Adaptive multigrid barotropic tropical cyclone track model. *Mon. Wea. Rev.*, 129, 138-151.
11. George J. E, and W. M. Gray, 1976: Tropical cyclone motion and surrounding parameter relationships. *J. Appl. Meteor.*, 15, 1252-1264.
12. Holland G. J., 1983: Tropical cyclone motion: Environmental interaction plus a Beta effect. *J. Atmos. Sci.*, 40, 328-341.
13. Neumann, C. J., 1972: An alternate to the HURRAN tropical cyclone forecast system. NOAA Tech. Memo. NWS SR-62, 22 pp.
14. Neumann, C. J., 1979: On the use of deep-layer-mean geopotential height fields in statistical prediction of tropical cyclone motion. 6th Conference on Probability and Statistics in Atmospheric Sciences. *Amer. Meteor. Soc.*, Boston, 32-38.
15. Smith R. K., and W. Ulrich, 1990: An analytical theory of tropical cyclone motion using a barotropic model. *J. Atmos. Sci.*, 47, 1973-1986.
16. Sanders, F., A. C. Pike, and J. P. Gaertner , 1975: A barotropic model for operational prediction of tracks of tropical storms. *J. Appl. Meteor.*, 14, 265-280.
17. 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.
18. Weber H. C., 2001: Hurricane track prediction with a new barotropic model. *Mon. Wea. Rev.*, 129, 1834-1858.
19. 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.

Phụ lục 1

Bảng 1. Các phương án được sử dụng và ký hiệu thí nghiệm tương ứng

Phương án	Mức áp suất (mb)	Ký hiệu thí nghiệm tương ứng
1	920	Level_920
2	850	Level_850
3	700	Level_700
4	500	Level_500
5	400	Level_400

Bảng 2. Các phương án DLM_PP1 được sử dụng và ký hiệu thí nghiệm tương ứng

Phương án	Các mức áp suất (mb) được sử dụng để tính mức DLM_PP1	Ký hiệu thí nghiệm tương ứng
1	920;850	DLM_PP1_TH1
2	920;850;700	DLM_PP1_TH2
3	920;850;700;500	DLM_PP1_TH3
4	920;850;700;500;400	DLM_PP1_TH4
5	920;850;700;500;400;300	DLM_PP1_TH5
6	920;850;700;500;400;300;250	DLM_PP1_TH6
7	920;850;700;500;400;300;250;200	DLM_PP1_TH7

Bảng 3. Các phương án DLM_PP2 được sử dụng và ký hiệu thí nghiệm tương ứng

Phương án	Các mức áp suất (mb) được sử dụng để tính mức DLM_PP2	Ký hiệu thí nghiệm tương ứng
1	920;850;700	DLM_PP2_TH1
2	850;700;500	DLM_PP2_TH2
3	700;500;400	DLM_PP2_TH3
4	500;400;300	DLM_PP2_TH4
5	920;850;700;500	DLM_PP2_TH5
6	850;700;500;400	DLM_PP2_TH6
7	700;500;400;300	DLM_PP2_TH7
8	920;850;700;500;400	DLM_PP2_TH8
9	850;700;500;400;300	DLM_PP2_TH9
10	850;700;500;400;250	DLM_PP2_TH10
11	850;700;500;400;200	DLM_PP2_TH11
12	850;700;500;300;200	DLM_PP2_TH12
13	700;500;400;300;250	DLM_PP2_TH13
14	700;500;400;300;200	DLM_PP2_TH14
15	920;850;700;500;400;300	DLM_PP2_TH15
16	850;700;500;400;300;250	DLM_PP2_TH16
17	850;700;500;400;300;200	DLM_PP2_TH17
18	920;850;700;500;400;300;250	DLM_PP2_TH18
19	920;850;700;500;400;300;200	DLM_PP2_TH19
20	920;850;700;500;400;300;250;200	DLM_PP2_TH20

Bảng 4. Tên bão, số hiệu quốc tế và số trường hợp được nghiên cứu của 21 cơn bão từ năm 1999-2002

Năm 1999				Năm 2000			
STT	Tên bão	ID	Số trường hợp	STT	Tên bão	ID	Số trường hợp
1	EVE	9921	3	6	WUKONG	0016	6
2	LEO	9902	5	7	BILIS	0010	6
3	MAGGIE	9903	9	8	BEBINCA	0021	9
4	SAM	9910	7	9	RUMBIA	0022	2
5	YORK	9915	9	10	XANGSANE	0020	4
Năm 2001				Năm 2002			
11	LINGLING	0123	7	17	MEKKHALA	0220	5
12	DURIAN	0103	4	18	VONGFONG	0214	3
13	UTOR	0104	5	19	SINLAKU	0216	10
14	YUTU	0107	2	20	HALONG	0207	5
15	KAJIKI	0124	4	21	CHATAAN	0206	7
16	TORAJI	0108	6				