

LỰA CHỌN PROFIN GIÓ TIẾP TUYẾN ĐỐI XỨNG GIẢ TỐI ƯU CHO MÔ HÌNH CHÍNH ÁP DỰ BÁO QUỲ ĐẠO BÃO WBAR

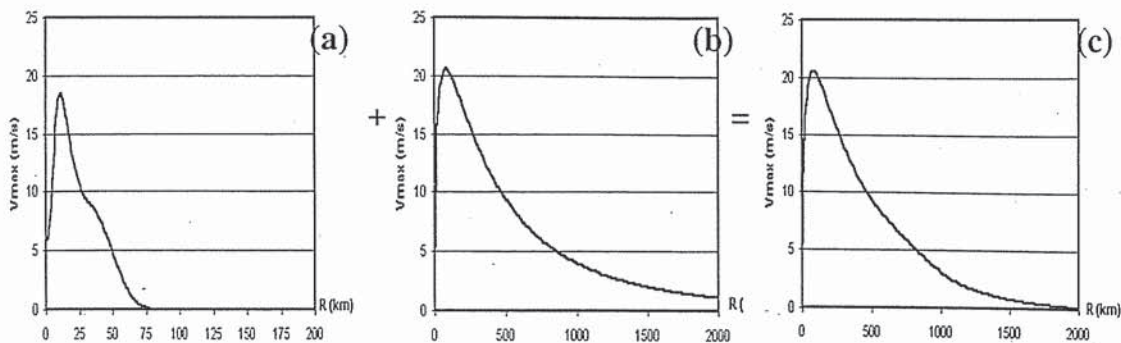
ThS. Võ Văn Hòa

Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương

Mô hình chính áp dự báo quỹ đạo bão WBAR [10] được chuyển giao và chạy thử nghiệm bán nghiệp vụ tại Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương từ tháng X năm 2002. Các kết quả đánh giá sai số dự báo quỹ đạo của mô hình cho một số trường hợp nghiên cứu ban đầu cho thấy khả năng cung cấp được những dự báo có chất lượng của WBAR [1], [2]. Tuy nhiên, chất lượng dự báo vẫn còn phụ thuộc nhiều vào bản chất của cơn bão được dự báo (như cường độ, dạng quỹ đạo,...), mực dòng dẫn và các tham số trong sơ đồ ban đầu hóa xoáy nhân tạo. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu lựa chọn profin gió tiếp tuyến đối xứng giả tối ưu theo cường độ bão cho mô hình WBAR dựa trên bộ số liệu của 27 cơn bão (217 trường hợp) ở Tây Bắc Thái Bình Dương từ năm 2003-2004.

1. Mở đầu

Vấn đề ban đầu hóa xoáy có một ý nghĩa đặc biệt đối với các mô hình chính áp sử dụng trường phân tích và dự báo của mô hình toàn cầu làm điều kiện ban đầu và điều kiện biên phụ thuộc vào thời gian [11]. Ban đầu hóa xoáy là quá trình xây dựng một xoáy nhân tạo có vị trí, cấu trúc và cường độ phù hợp với xoáy bão thực và cài vào trường ban đầu [3], [7], [8]. Xoáy đối xứng nhân tạo được xây dựng dựa trên cơ sở kết hợp hai thành phần xoáy đối xứng giả (được xây dựng dựa trên các thông tin chỉ thị bão như tọa độ tâm bão, vận tốc gió cực đại, bán kính ảnh hưởng, bán kính gió cực đại) và xoáy đối xứng phân tích (được tách ra trong quá trình phân tích phương vị trường ban đầu sau khi đã loại bỏ thành phần môi trường). Trong đó thành phần xoáy đối xứng giả đóng vai trò quyết định về cấu trúc và cường độ của xoáy nhân tạo thông qua dạng profin gió tiếp tuyến đối xứng giả. Leslie và Holland (1995), đã nghiên cứu ảnh hưởng của các profin gió tiếp tuyến đối xứng giả khác nhau lên kết quả dự báo quỹ đạo của một mô hình chính áp và nhận thấy rằng kết quả dự báo là rất nhạy với cấu trúc của xoáy đối xứng nhân tạo. Sự kết hợp giữa thành phần xoáy đối xứng xoáy giả và xoáy phân tích để tạo nên xoáy đối xứng nhân tạo có thể được thấy qua hình 1. Rõ ràng xoáy phân tích biểu hiện một sự bất đối xứng và có cường độ yếu hơn so với thực tế và cấu trúc của xoáy đối xứng nhân tạo là gần tương tự với cấu trúc xoáy đối xứng giả. Hay nói cách khác, trong quá trình kết hợp để tạo xoáy đối xứng nhân tạo, xoáy đối xứng giả có vai trò hết sức quan trọng. Do đó, việc khảo sát độ nhạy của profin gió tiếp tuyến đối xứng giả (hay xoáy đối xứng giả) đối với các cơn bão có cấu trúc và cường độ khác nhau là hết sức cần thiết.



Hình 1. Profin gió tiếp tuyến đối xứng phân tích (a), đối xứng giả (b) và đối xứng nhân tạo (c) là sự kết hợp giữa (a) và (b) tương ứng với $V_{\max}=25\text{m/s}$ của cơn bão KONI (0307) tại 7 giờ ngày 20/VII/2003

Tuy nhiên, trên thực tế dạng profin gió tiếp tuyến đối xứng giả trong các mô hình chính áp có cài xoáy nhân tạo là rất khác. Bảng 1 cho biết một số dạng profin gió tiếp tuyến đối xứng giả được sử dụng trong các mô hình SANBAR [9], LBAR [5], VICBAR [5], MUDBAR [6]. Trong đó $V_{\max}$ là vận tốc gió cực đại, $R_{\max}$ là bán kính gió cực đại (hay còn gọi là bán kính gió mạnh), $R_{\inf}$ là bán kính ảnh hưởng (bán kính của đường đẳng áp khép kín ngoài cùng), a và b là một hằng số thực nghiệm đặc trưng cho kích thước của xoáy nhân tạo. Trong các dạng profin (2) và (3) ta không thấy sử dụng đến giá trị bán kính ảnh hưởng $R_{\inf}$. Tuy nhiên, trên thực tế bán kính này được sử dụng trong quá trình tính toán các hệ số a và b. Do đó các hệ số này đặc trưng cho kích thước của xoáy nhân tạo. Trong thực hành, thông thường bán kính $R_{\inf}$ thường được đặt là hằng số (ví dụ như 555km trong mô hình VICBAR và LBAR) hoặc lấy bằng giá trị bán kính mà tại đó tốc độ gió bằng 5m/s (tốc độ trung bình của dòng môi trường). Như vậy, với cùng một tập thông tin chỉ thị bão, các dạng profin gió tiếp tuyến đối xứng nhân tạo khác nhau sẽ cho các xoáy đối xứng nhân tạo có cấu trúc và cường độ khác nhau, do đó sẽ dẫn đến kết quả dự báo quỹ đạo bão cũng khác nhau. Xuất phát từ cách nhìn nhận nói trên và dựa trên một số công trình nghiên cứu trước về WBAR [1], [2] (cho thấy tính khả quan trong dự báo quỹ đạo và tính tối ưu trong chi phí tính toán), tác giả tiến hành nghiên cứu lựa chọn profin gió tiếp tuyến đối xứng giả tối ưu theo cường độ bão cho mô hình dự báo quỹ đạo bão WBAR. Các phần tiếp theo sẽ trình bày về các thiết kế các thí nghiệm lựa chọn tối ưu và một số kết quả nghiên cứu ban đầu dựa trên bộ số liệu phụ thuộc bao gồm 217 trường hợp của 27 cơn bão từ năm 2003-2004.

2. Lựa chọn profin gió tiếp tuyến đối xứng giả tối ưu

a. Thiết kế thí nghiệm và mô tả số liệu

Trong nghiên cứu lựa chọn profin gió tiếp tuyến đối xứng giả tối ưu, cường độ bão được phân loại dựa trên 2 đại lượng quan trọng là vận tốc gió cực đại $V_{\max}$ và áp suất cực tiểu $P_{\min}$ (thu được từ các thông tin chỉ thị bão). Đối với cách phân loại theo $V_{\max}$, bảng cấp gió Beaufort được sử dụng. Cụ thể có 9 nhóm cường độ (trong bài báo này tạm gọi là cấp bão) theo $V_{\max}$ được sử dụng tương ứng với 9 cấp gió (từ cấp 7 đến cấp 15) trong bảng cấp gió, bảng 2. Trong khi đó, cách phân nhóm cường độ bão theo $P_{\min}$, bảng 3 là gần tương tự với cách phân loại của Velden (1993).

Bảng 1. Dạng profin gió tiếp tuyến đối xứng giả trong một số mô hình chính áp có cài xoáy nhân tạo

Mô hình	Dạng profin gió tiếp tuyến đối xứng giả
SANBAR	$V_{\theta}(r) = 0.72V_{\max} \left\{ \sin \left[\pi \left(\frac{r}{R_{\inf}} \right)^{\frac{\log 0.5}{\log \left(\frac{R_{\max}}{R_{\inf}} \right)}} \right] \right\}^{1.5} \quad (1)$
LBAR và VICBAR	$V_{\theta}(r) = V_{\max} \left(\frac{r}{R_{\max}} \right) \exp \left\{ \frac{1}{b} \left[1 - \left(\frac{r}{R_{\max}} \right)^b \right] \right\} \quad (2)$
MUDBAR	$V_{\theta}(r) = 2V_{\max} \left(\frac{r}{R_{\max}} \right) \frac{\exp \left[\left(-a \frac{r}{R_{\max}} \right)^b \right]}{1 + \left(\frac{r}{R_{\max}} \right)^2} \quad (3)$

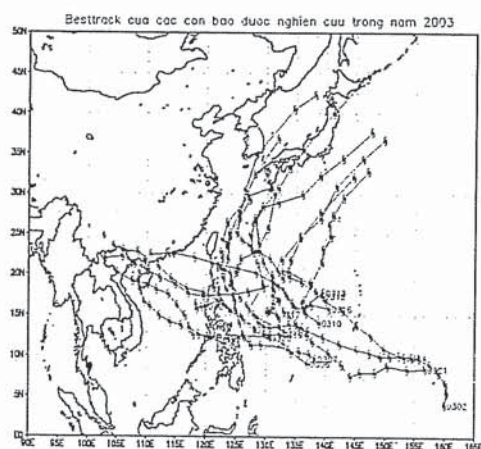
Bảng 2. Phân loại cường độ bão theo vận tốc gió cực đại $V_{\max}$

Cấp Bão	7≤	8	9	10	11	12	13	14	≥15
(Kts)	33≤	34-40	41-47	48-55	56-63	64-71	72-80	81-89	≥90
(m/s)	17,1≤	17,2 - 20,7	20,8 - 24,4	24,5 - 28,4	28,5 - 32,6	32,7 - 36,9	37,0 - 41,4	41,5 - 46,1	≥46,2

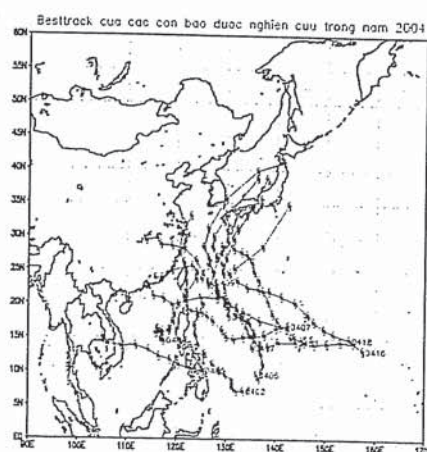
Bảng 3. Phân loại cường độ bão theo áp suất bề mặt cực tiểu $P_{\min}$

Cấp Bão	7≤	8	9	10	11	12	13	14	≥15
(mb)	≥1010	999 - 990	989 - 980	979 - 970	969 - 960	959 - 950	949 - 940	939 - 930	929≤

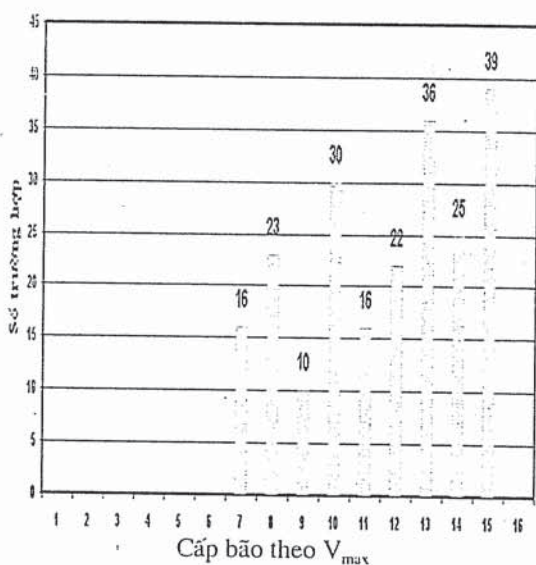
Về profin gió tiếp tuyến đối xứng giả, 4 lựa chọn profin trong mô hình WBAR được sử dụng (mục b). Về nguyên tắc các thí nghiệm sẽ được thực hiện với từng sơ đồ ban đầu hóa xoáy và mực dòng dẫn khác nhau. Nhưng để đơn giản, sơ đồ ban đầu hóa xoáy số 9 [1], [4] (về mặt trung bình đây là sơ đồ cho sai số dự báo quỹ đạo nhỏ nhất) và 3 phương án mực dòng dẫn là 700mb, 500mb và độ dày trung bình lớp DLM (Deep Layer Mean) từ mực 850mb đến 200mb được sử dụng. Tại mỗi thời điểm nghiên cứu, 4 quỹ đạo dự báo được thực hiện từ 4 lựa chọn profin nói trên. Kết quả đánh giá lựa chọn profin tối ưu cho từng cấp cường độ bão được dựa trên đánh giá sai số dự báo trung bình đối với các hạn dự báo 24 giờ và 48 giờ. Profin tối ưu sẽ là profin cho các sai số dự báo trung bình nhỏ nhất. Tập số liệu sử dụng trong nghiên cứu bao gồm các trường gió U, V và độ cao địa thế vị H phân tích và dự báo của mô hình toàn cầu JMA của Nhật có độ phân giải 1,25 x 1,25 độ kinh vĩ, cùng với các thông tin chỉ thị bão tại các thời điểm tương ứng của 217 trường hợp nghiên cứu của 27 cơn bão trong các mùa bão 2003-2004 trong vùng Tây Bắc Thái Bình Dương. Dạng quỹ đạo của 27 cơn bão và phân bố cường độ theo 2 cách phân loại được lần lượt đưa ra từ hình vẽ 2 cho đến hình vẽ 5.



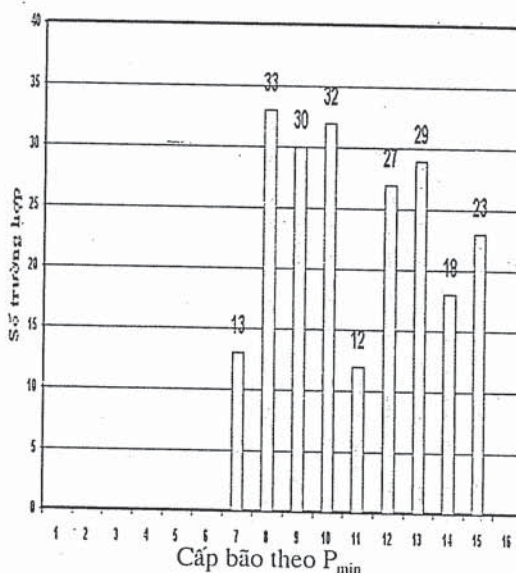
Hình 2. Quỹ đạo quan trắc của 15 cơn bão năm 2003



Hình 3. Quỹ đạo quan trắc của 12 cơn bão năm 2004



Hình 4. Phân bố cường độ bão theo V_{max} của 217 trường hợp nghiên cứu



Hình 5. Phân bố cường độ bão theo P_{min} của 217 trường hợp nghiên cứu

b. Các lựa chọn profin gió tiếp tuyến đối xứng giả trong WBAR

Về cơ bản cả 4 lựa chọn profin gió tiếp tuyến đối xứng giả đều được xây dựng theo công thức hàm mũ có dạng công thức (2). Đây chính là công thức tính profin gió tiếp tuyến đối xứng được sử dụng trong mô hình VICBAR và LBAR. Sự khác biệt giữa 4 lựa chọn này nằm ở chỗ giữ nguyên hoặc thay đổi các tham số đầu vào như vận tốc gió cực đại V_{max} (quy định cường độ xoáy đối xứng nhân tạo), bán kính gió cực đại R_{max} (được tính thông qua biến bán kính mắt bão R_{eye}) và bán kính gió môi trường R_5 (bán kính tại đó tốc độ gió đạt 5m/s). Các thông tin chỉ thị bão này được sử dụng trong tính toán hệ số thực nghiệm b, trong khi hệ số này đóng vai trò quan trọng trong việc quy định kích thước của xoáy nhân tạo. Bảng 4 cho biết sự thay đổi hoặc giữ nguyên giá trị của các tham số này trong 4 lựa chọn profin gió tiếp tuyến đối xứng giả nói trên.

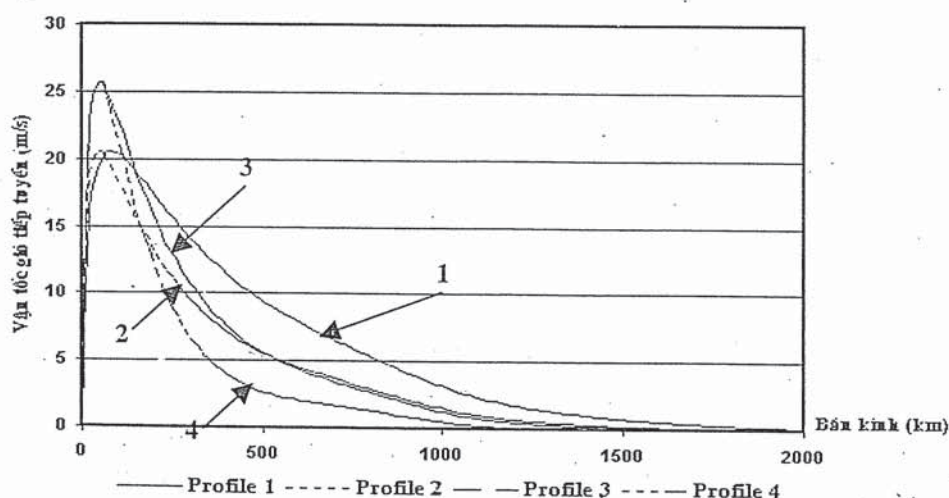
Bảng 4. Giá trị các tham số đầu vào cho 4 lựa chọn profin gió tiếp tuyến đối xứng giả được sử dụng trong thủ tục ban đầu hóa của mô hình WBAR.

Tham số đầu vào	Profin 1	Profin 2	Profin 3 (có first guess)	Profin 4
$V_{\max}$ (m/s)	$0,8 \times V_{\max}$	$0,8 \times V_{\max}$	$V_{\max}$	$V_{\max}$
$R_{\max}$ (km)	$2 \times R_{\text{eye}}$	R_{eye}	R_{eye}	R_{eye}
R_5 (km)	$300 + 1,4 \times R_{\text{inf}}$	R_{inf}	R_{inf} (first guess)	R_{inf}

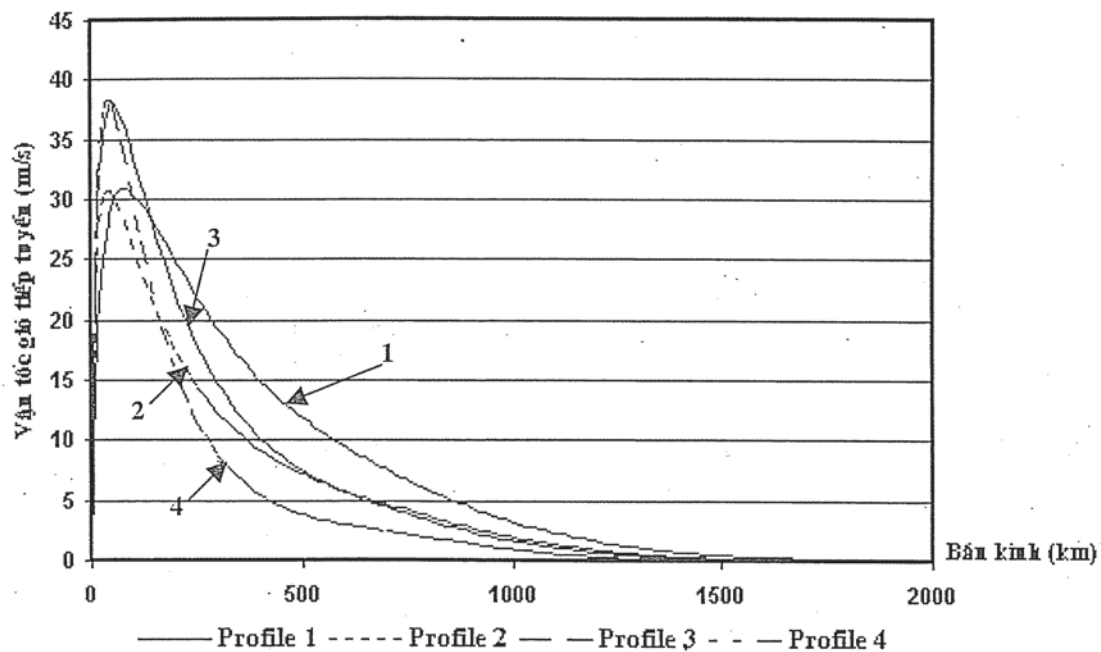
Như đã trình bày ở trên, sự khác biệt đáng kể giữa các dạng profin gió tiếp tuyến giả thường được thể hiện qua kích thước và cường độ của xoáy đối xứng nhân tạo. Sự khác biệt giữa các profin 3 và 4 biểu hiện qua việc tính toán lại các tham số đầu vào. Trong profin 4, $V_{\max}$, $R_{\max}$ và R_5 nhận các giá trị đúng bằng giá trị được đưa vào từ tập thông tin chỉ thị bão, từ đó tính được hệ số b (hệ số này được xác định sao cho tại bán kính R_5 thì vận tốc gió tiếp tuyến bằng 5m/s). Ngược lại trong profin 3, một giá trị phỏng đoán đầu tiên cho hệ số b được đưa ra, sau đó giá trị gần đúng này được sử dụng lại để tính các tham số R_5 , và cuối cùng lại tính lại b . Trong khi đó các profin 1 và 2, sự thay đổi các thông tin đầu vào bằng cách nhân thêm hoặc cộng thêm 1 hệ số kinh nghiệm. Các hình 6, 7 và 8 sẽ chỉ rõ sự khác biệt cơ bản về cường độ và kích thước của xoáy đối xứng nhân tạo được tạo ra từ 4 lựa chọn profin nói trên. Cụ thể:

Về cường độ: các profin 3, 4 cho xoáy đối xứng nhân tạo có cùng bán kính gió mạnh (R_m) và có cùng cường độ ($V_{\max}$) nhưng cường độ lớn hơn so với xoáy đối xứng nhân tạo được tạo ra từ các profin 1 và 2. Trong khi các profin 1 và 2 cũng tạo ra xoáy đối xứng nhân tạo có cùng cường độ nhưng lại có bán kính gió mạnh khác nhau.

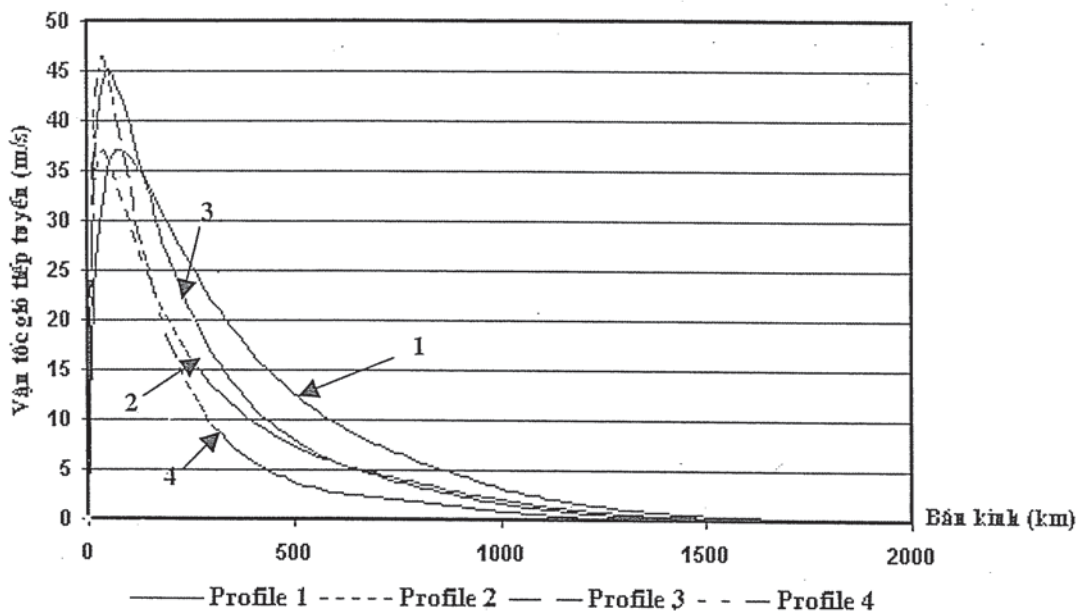
Về kích thước: nếu lấy bán kính tại đó vận tốc tiếp tuyến bằng 5m/s để quy định kích thước xoáy đối xứng nhân tạo, profin 1 cho xoáy đối xứng nhân tạo có kích thước lớn nhất, ngược lại profin 4 cho kích thước nhỏ nhất. Còn các profin 2 và 3 có kích thước xoáy đối xứng nhân tạo như nhau và nằm trong khoảng kích thước giữa profin 1 và profin 4.



Hình 6. Các profin gió tiếp tuyến đối xứng nhân tạo tương ứng với $V_{\max} = 25\text{m/s}$ của cơn bão KONI(0308) tại thời điểm 7 giờ ngày 20/VII/2003



Hình 7. Các profin gió tiếp tuyến đối xứng nhân tạo tương ứng với $V_{\max} = 37,5 \text{ m/s}$ của cơn bão IMBUDO(0307) tại thời điểm 19 giờ ngày 23/VII/2003



Hình 8. Các profin gió tiếp tuyến đối xứng nhân tạo tương ứng với $V_{\max} = 45 \text{ m/s}$ của cơn bão IMBUDO (0307) tại thời điểm 19 giờ ngày 20/VII/2003

c. Một số kết quả

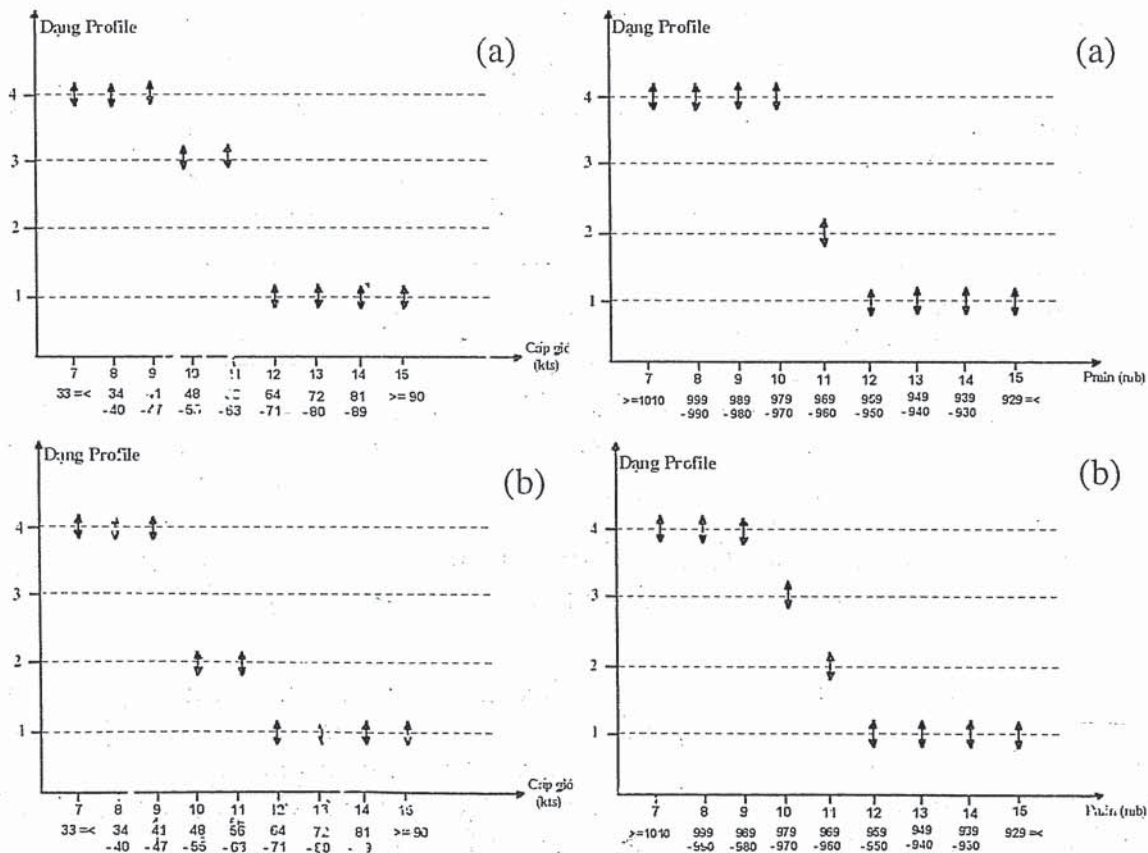
Các đánh giá sai số dự báo trung bình theo từng cấp gió cho 4 lựa chọn profin gió tiếp tuyến đối xứng đối với 3 phương án mực dòng dẫn được đưa ra trong các hình 9 và 10. Từ hình 9 có thể thấy: nói chung đối với cả 3 phương án mực dòng dẫn, profin 4 là tối ưu cho gió các cấp 7, 8 và 9. Trong khi profin 1 là tối ưu cho các cấp gió 12-15 (ký hiệu bằng dấu mũi tên 2 chiều $\updownarrow$). Các profin 2 và 3 là tối ưu cho

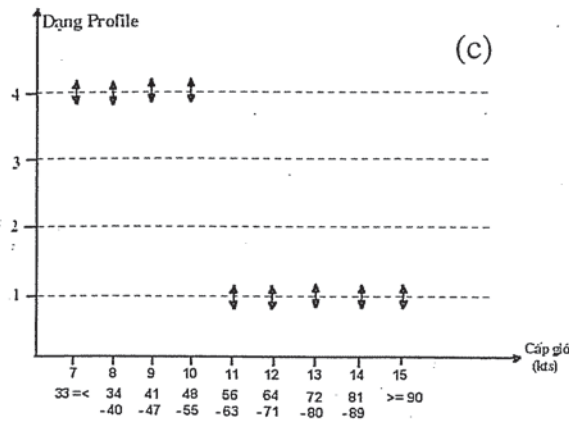
các cấp cường độ còn lại. Trong trường hợp lựa chọn theo $P_{\min}$, các kết quả đối với 3 phương án mực dòng dẫn nói trên cũng gần giống với cách phân loại theo $V_{\max}$. Các kết quả này được đưa ra trong các hình 10.

Nói chung theo cả 2 cách phân loại, có thể nhận thấy 2 profin 1 và 4 là tối ưu trong hầu hết các cấp cường độ bão. Profin 4 là tối ưu đối với các cơn bão có $V_{\max} \leq 23,5\text{m/s}$ (hoặc $P_{\min} \geq 980\text{mb}$). Trong khi đó profin 1 lại là lựa chọn tốt nhất cho những cơn bão có $V_{\max} \geq 32\text{m/s}$ (hoặc $P_{\min} \leq 959\text{mb}$). Đối với các cơn bão có $24\text{m/s} \leq V_{\max} \leq 31,5\text{m/s}$ (hoặc $960 \leq P_{\min} \leq 979\text{mb}$), các profin 2 và 3 lại là tối ưu nhất. Điều này có thể được giải thích do các cơn bão yếu thường có kích thước nhỏ, do đó profin số 4 cho xoáy đối xứng nhân tạo có kích thước phù hợp nhất. Ngược lại, profin 1 sẽ mô tả kích thước của xoáy đối xứng nhân tạo tốt hơn các profin khác trong trường hợp các cơn bão mạnh do profin 1 cho kích thước xoáy đối xứng nhân tạo lớn nhất trong 4 profin được nghiên cứu.

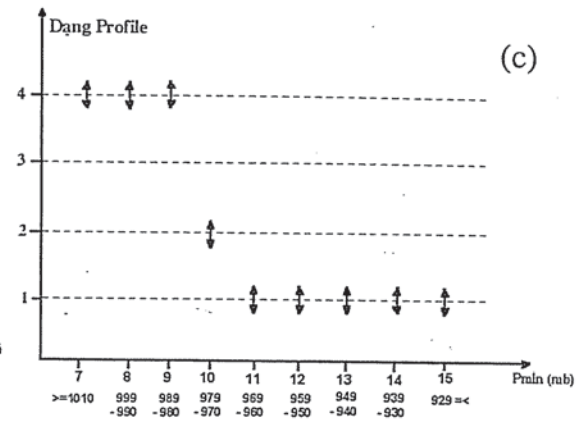
3. Kết luận

Các kết quả nghiên cứu nhận được đã một lần nữa cho thấy vai trò quan trọng của xoáy đối xứng giả, mà cụ thể là dạng profin gió tiếp tuyến đối xứng giả, đối với kết quả dự báo của mô hình chính áp có cài xoáy nhân tạo. Mặc dù kết quả đánh giá lựa chọn tối ưu mới chỉ dựa trên sai số dự báo trung bình, tuy nhiên, kết quả này hoàn toàn có thể áp dụng vào điều kiện dự báo nghiệp vụ. Để có thể nâng cao chất lượng dự báo của WBAR, tác giả đề xuất tiếp tục khảo sát độ nhạy của mô hình đối với các mực dòng dẫn khác nhau để từ đó lựa chọn ra mực dòng dẫn tối ưu cho từng cấp cường độ bão.





Hình 9. Lựa chọn profin gió tiếp tuyến đối xứng tối ưu theo $V_{\max}$



Hình 10. Lựa chọn profin gió tiếp tuyến đối xứng tối ưu theo $P_{\min}$

Chú thích: Phương án Level_700 (a), Level_500 (b), và phương án DLM (850-200) (c). Các số 1, 2, 3, và 4 trên trục tung ám chỉ dạng profin.

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. Tạp chí KTTV, năm 2002, 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. Tạp chí KTTV, năm 2002, 6(498), tr 27-33.
3. Phan Văn Tân, Kiều Thị Xin, Nguyễn Văn Sáng, Nguyễn Văn Hiệp. Kỹ thuật phân tích tạo xoáy ban đầu cho mô hình chính áp dự báo quỹ đạo bão. Tạp chí KTTV, năm 2002, 1(493), tr 13-22.
4. 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.
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. Fulton S. R., 2001: An Adaptive multigrid barotropic tropical cyclone track model. Mon. Wea. Rev., 129, 138-151.
7. 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.
8. Smith R. K., and W. Ulrich, 1990: An analytical theory of tropical cyclone motion using a barotropic model. J. Atmos. Sci., 47, 1973-1986.
9. 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.
10. Weber H. C., 2001: Hurricane track prediction with a new barotropic model. Mon. Wea. Rev., 129, 1834-1858.
11. 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.