

# Thử nghiệm áp dụng phiên bản HRM\_TC vào dự báo chuyển động bão ở Việt Nam

(Implementation of HRM\_TC for typhoon movement prediction in Vietnam)

Phan Văn Tân, Bùi Hoàng Hải  
Trường đại học Khoa học Tự nhiên

## Tóm tắt

HRM\_TC là phiên bản phát triển của mô hình HRM trên cơ sở thêm vào một modul ban đầu hóa xoáy cho mục đích dự báo bão. Ngoài chức năng dự báo bão, về nguyên tắc HRM\_TC có thể chạy dự báo thời tiết nói chung và có thể áp dụng cho bất kỳ một miền địa lý nào. Trong bài này HRM\_TC đã được nghiên cứu thử nghiệm độ nhạy của các tham số trong sơ đồ ban đầu hóa xoáy để dự báo sự chuyển động bão khu vực Biển Đông. Những kết quả nhận được từ 13 phương án của 4 nhóm thí nghiệm thực hiện trên 11 trường hợp bão thời kỳ 2003–2006 đã cho phép lựa chọn được bộ tham số thích hợp nhất cho sơ đồ ban đầu hóa xoáy của mô hình. Với bộ tham số này, HRM\_TC đã được chạy dự báo độc lập trên 20 trường hợp bão khác nhau trong cùng thời kỳ nói trên, với hạn dự báo 48h. Sai số vị trí, sai số tốc độ di chuyển và sai số về hướng chuyển động của bão dự báo đã được đánh giá trên cơ sở so sánh với quỹ đạo quan trắc (best-track) khai thác từ website [weather.unisys.com](http://weather.unisys.com). Kết quả cho thấy, HRM\_TC đã cải thiện đáng kể độ chính xác của quỹ đạo bão dự báo. So với trường hợp không sử dụng sơ đồ ban đầu hóa xoáy, HRM\_TC đã làm giảm sai số vị trí trung bình (khoảng 40km), sai số tốc độ (gần 40km) và sai số về hướng di chuyển của bão dự báo (gần 10km). Tuy nhiên, bão dự báo của HRM\_TC vẫn có xu hướng di chuyển nhanh hơn và lệch phải so với thực tế. Mặc dù vậy HRM\_TC vẫn có thể được đưa vào áp dụng thử nghiệm dự báo nghiệp vụ.

## 1. Giới thiệu

Hiệu quả của việc ban đầu hóa xoáy cho mô hình số dự báo bão đã được chứng minh qua nhiều công trình nghiên cứu trước đây (chẳng hạn, xem [9,14]). Ở Việt Nam, bài toán ban đầu hóa xoáy hai chiều cho các mô hình chính áp đã được một số tác giả nghiên cứu ứng dụng [2,3,4,5]. Ưu điểm chính của các mô hình chính áp là đơn giản, việc ban đầu hóa xoáy có thể được thực hiện dễ dàng, thời gian chạy tính không đáng kể và không đòi hỏi cấu hình máy tính mạnh. Tuy nhiên do bản chất vật lý của mô hình là dựa trên khái niệm “dòng dẫn đường” nên trong nhiều trường hợp sai số vị trí của quỹ đạo dự báo vẫn còn rất lớn, nhất là đối với những cơn bão yếu hoặc những cơn bão có quỹ đạo phức tạp, đổi hướng đột ngột [8]. Để khắc phục những nhược điểm đó, các sơ đồ ban đầu hóa xoáy ba chiều đã được nghiên cứu phát triển và ứng dụng. Một trong những công trình đầu tiên ở Việt Nam thực hiện theo hướng này là cải tiến sơ đồ ban đầu hóa xoáy của TCLAPS cho mô hình MM5 [7]. Gần đây hơn, một sơ đồ ban đầu hóa xoáy ba chiều cho mô hình khu vực phân giải cao (HRM) đã được xây dựng và phát triển dựa trên lý thuyết xoáy cân bằng [6]. Phiên bản HRM có thêm chức năng ban đầu hóa xoáy được gọi là HRM\_TC. Kết quả thử nghiệm bước đầu cho thấy HRM\_TC đã thể hiện tính ưu việt so với phiên bản HRM gốc. Tuy nhiên, sơ đồ ban đầu hóa xoáy nói chung chứa nhiều tham số tùy chọn có thể ảnh hưởng đến quỹ đạo bão dự báo, như bán kính gió cực đại ( $R_m$ ), bán kính gió 15m/s ( $R_{15}$ ), hàm

trọng số thẳng đứng cũng như khả năng kết hợp trường gió phân tích với trường gió lý thuyết. Việc xác định được bộ tham số thích hợp là một trong những nội dung quan trọng của bài toán ban đầu hóa xoáy.

Bán kính gió cực đại là tham số quyết định phân bố gió vùng gần trung tâm xoáy bão. Theo Davis và Lownam [9], bán kính gió cực đại có xu hướng duy trì gần như không đổi trong suốt thời gian 1 đến 2 ngày đầu tích phân, việc xác định không chính xác tham số này có thể làm giảm chất lượng dự báo. Vấn đề này sinh khi xác định bán kính gió cực đại là không có quan trắc trực tiếp; trong thực tế nó thường biến đổi trong khoảng vài chục đến hơn một trăm km. Trong các sơ đồ ban đầu hóa xoáy, tham số này thường được chọn sao cho mô hình có thể mô phỏng và duy trì được hoàn lưu và cường độ của xoáy. Chẳng hạn, giá trị này được chọn bằng 90km [9], 125km [10], thậm chí lên tới 150km [13].

Bán kính gió 15m/s ( $R_{15}$ ) có ảnh hưởng rất lớn đến chuyển động của bão vì nó xác định phân bố phía ngoài của hoàn lưu xoáy và là nhân tố quyết định kích thước và độ mạnh của bão. Việc khảo sát độ nhạy của tham số này và xác định được giá trị phù hợp của nó là hết sức cần thiết. Tham số  $R_{15}$  có thể xác định từ các công thức thống kê thực nghiệm hoặc bằng kinh nghiệm của các dự báo viên.

Ngoài ra, trong các sơ đồ ban đầu hóa xoáy ba chiều, cấu trúc thẳng đứng của xoáy, thường được xác định qua hàm trọng số theo phương thẳng đứng, cũng là một vấn đề cần được xem xét một cách cẩn thận. Hàm trọng số thẳng đứng ở đây có thể là một hàm lý thuyết nào đó hoặc là tập các giá trị thực nghiệm thu nhận được qua việc xử lý, phân tích các nguồn số liệu khảo sát thực tế.

Trong bài này sẽ trình bày một số kết quả khảo sát độ nhạy của các tham số nói trên trong sơ đồ ban đầu hóa của HRM\_TC (mục 3) đồng thời đưa ra một số thử nghiệm dự báo sự chuyển động của bão trên Biển Đông bằng mô hình HRM\_TC (mục 4). Cuối cùng là một số nhận xét và kết luận (mục 5). Mục 2 dưới đây sẽ mô tả chi tiết về nguồn số liệu được sử dụng và cấu hình của HRM\_TC.

## 2. Số liệu và miền tính

Ấu hư đã trình bày trong [1], sự khác biệt cơ bản giữa HRM\_TC và HRM gốc là trong HRM\_TC có thêm chức năng ban đầu hóa xoáy cho mục đích dự báo bão. Trong các thử nghiệm ở đây HRM\_TC được chạy với độ phân giải ngang 0.25 x 0.25 độ kinh vĩ (bước lưới khoảng 28 km) với 31 mục theo chiều thẳng đứng. Miền tính của mô hình có kích thước 50 độ kinh x 40 độ vĩ, trải từ 80E–130E và từ 5S–35N, tương đương với 321 x 201 nút lưới, bao phủ toàn bộ khu vực Biển Đông và một phần phía đông Phillipine thuộc ngoài khơi Tây Thái Bình Dương. Cần lưu ý là về nguyên tắc HRM\_TC có thể chạy ở độ phân giải ngang mịn hơn, chẳng hạn 0.125 độ x 0.125 độ. ấu hưng khi đó, với kích thước miền được chọn, số nút lưới sẽ lên tới 401 x 321 điểm, vượt quá khả năng máy tính hiện có trong điều kiện chạy dự báo nghiệp vụ ở Việt ấu am.

Các nguồn số liệu được sử dụng để chạy mô hình gồm: 1) Điều kiện ban đầu và điều kiện biên phụ thuộc thời gian là số liệu phân tích và dự báo của mô hình toàn cầu GME; 2) Thông tin chỉ thị bão cho sơ đồ ban đầu hóa xoáy được khai thác từ website weather.unisys.com; 3) Các tập số liệu về độ cao địa hình, lớp phủ bề mặt,... được cung cấp bởi Cục phục vụ thời tiết, Cộng hòa Liên bang Đức (DWD). Các trường hợp bão được khảo sát gồm 11 cơn bão hoạt động trên Biển Đông thời kỳ 2003–2006: Koni, Imbudo, Krovanh (2003), Conson, Chanthu, Muifa (2004), Washi, Damrey, Kai tak (2005), Chanchu, Durian (2006). Các trường hợp bão được chia làm hai tập tương ứng với hai loại thử nghiệm: 1) Thử nghiệm độ nhạy của các tham số trong sơ đồ ban

đầu hóa xoáy gồm 11 trường hợp (Bảng 1); và 2) Thử nghiệm dự báo bằng HRM\_TC theo bộ tham số thích hợp được chọn gồm 20 trường hợp (Bảng 3).

**Bảng 1. Các trường hợp bão được khảo sát trong các thử nghiệm độ nhạy**

Stt	Tên Bão	Thời gian hoạt động	Thời điểm khảo sát	Vĩ độ tâm	Kinh độ tâm	Vmax (ms <sup>-1</sup> )
1	Koni	18-22/7/2003	12z 18/07/2003	13.3	118.7	20
2	Imbudo	16-24/7/2003	12z 22/07/2003	17.7	119.9	40
3	Krovanh	15-25/8/2003	12z 23/08/2003	17.7	116.8	35
4	Conson	4-11/6/2004	12z 05/06/2004	14.7	116.8	17
5	Conson		00z 06/06/2004	15.2	117.9	22
6	Damrey	21-27/9/2005	00z 22/09/2005	19.4	119.8	25
7	Kai_tak	28/10-2/11/2005	00z 30/10/2005	14.0	112.9	33
8	Kai_tak		12z 30/10/2005	14.1	112.1	45
9	Chanчу	8-18/5/2006	00z 13/05/2006	13.4	120.6	35
10	Chanчу		00z 14/05/2006	13.7	117.5	45
11	Chanчу		12z 14/05/2006	13.9	115.9	55

### 3. Độ nhạy của các tham số trong sơ đồ ban đầu hóa xoáy

#### 3.1 Thiết kế thí nghiệm

Bốn thí nghiệm nhằm khảo sát độ nhạy hay mức độ ảnh hưởng của các tham số trong sơ đồ ban đầu hóa xoáy cho HRM\_TC được đưa ra dựa trên khả năng tùy chọn của chúng là: bán kính gió cực đại ( $R_m$ ), bán kính gió 15m/s ( $R_{15}$ ), hàm trọng số thẳng đứng và kết hợp phân bố gió tiếp tuyến lý thuyết và gió phân tích. Trong tất cả các phương án khảo sát, những tham số không được nhắc đến sẽ nhận các giá trị sau:  $R_m = 90\text{km}$ ,  $R_{15} = 300\text{km}$ , hàm trọng số thẳng đứng tuyến tính theo độ cao và không sử dụng kết hợp phân bố gió lý thuyết với gió phân tích.

#### a) Thí nghiệm RM

Mục đích của thí nghiệm là khảo sát ảnh hưởng của tham số bán kính gió cực đại. Các trường hợp thí nghiệm gồm:

- RM1:  $R_m = 60\text{km}$
- RM2:  $R_m = 90\text{km}$
- RM3:  $R_m = 120\text{km}$

#### b) Thí nghiệm S

Mục đích là khảo sát vai trò của tham số bán kính gió 15m/s. Các thí nghiệm gồm:

- S1:  $R_{15} = 200\text{km}$
- S2:  $R_{15} = 250\text{km}$
- S3:  $R_{15} = 300\text{km}$
- S4:  $R_{15} = 400\text{km}$

#### c) Thí nghiệm W

ả hàm khảo sát hàm trọng số thẳng đứng với 4 phương án thí nghiệm:

- W1: Hàm trọng số là hàm tuyến tính theo độ cao z

$$W = 1 - \frac{z}{H} \quad (1)$$

trong đó,  $z$  là độ cao tại một mực cụ thể và  $H$  là độ cao của đỉnh mô hình.

- W2: Hàm trọng số có dạng tuyến tính từng phần theo áp suất, tương tự dạng hàm mà Lownam [9] sử dụng trong sơ đồ ban đầu hóa xoáy của mô hình MM5

$$W = \begin{cases} 1 & p > 600\text{hPa} \\ \frac{p-100}{500} & 100\text{hPa} \leq p \leq 600\text{hPa} \\ 0 & p < 100\text{hPa} \end{cases} \quad (2)$$

- W3: Thay vì tuyến tính từng phần theo áp suất, hàm trọng số có dạng tuyến tính từng phần theo độ cao  $z$

$$W = \begin{cases} 1 & p > 600\text{hPa} \\ \frac{z-z_{100}}{z_{500}} & 100\text{hPa} \leq p \leq 600\text{hPa} \\ 0 & p < 100\text{hPa} \end{cases} \quad (3)$$

- W4: Hàm trọng số được tính từ profile gió phân tích

$$W = \begin{cases} 1 & z < Z_G \\ \frac{V_{LMax}(z)}{V_{GMax}} & z \geq Z_G \end{cases} \quad (4)$$

trong đó,  $V_{LMax}(z)$  là tốc độ gió cực đại tại các mực và  $V_{GMax}$  là tốc độ gió cực đại toàn cục xảy ra tại mực  $Z_G$

#### d) Thí nghiệm M

Thí nghiệm này nhằm khảo sát hiệu ứng của việc kết hợp xoáy phân tích và xoáy lý thuyết. Có 2 phương án được thực hiện:

- M1: Không kết hợp xoáy lý thuyết với xoáy phân tích
- M2: Xoáy lý thuyết được kết hợp với xoáy phân tích theo các công thức

$$v(r, z) = v_B(r)w_T(r, z) + v_{VS}(r)[1 - w_T(r, z)] \quad (5)$$

$$w_T(r, z) = w_m(r)w_z(z) \quad (6)$$

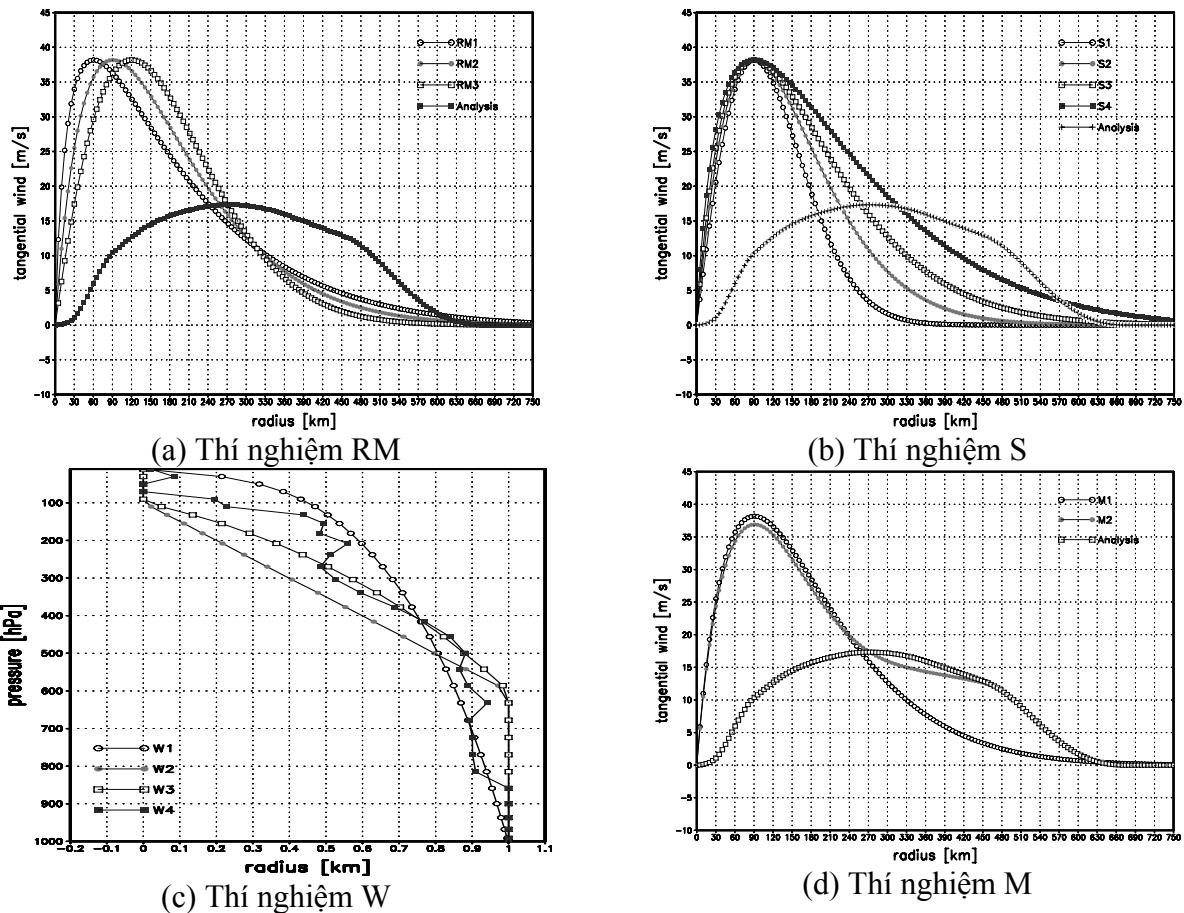
trong đó, tham số  $v_B$  là phân bố gió tiếp tuyến giả (bogus);  $v_{VS}$  là phân bố gió tiếp tuyến đối xứng phân tích;  $w_m$  là hàm trọng số kết hợp theo bán kính, được chọn sao cho bằng 1 phía trong bán kính gió cực đại và bằng 0 ở phía ngoài bán kính bằng 500km.

### 3.2 Kết quả và nhận xét

Trên hình 1 dẫn ra profile gió tiếp tuyến theo bán kính (a, b, d) và theo phương thẳng đứng (c) xác định từ số liệu phân tích của trường toàn cầu và theo các cấu hình thí nghiệm đã mô tả trên đây đối với trường hợp bão Imbudo 12h 22/7/2003. Qua đó thấy rõ rằng, so với trường phân tích toàn cầu, xoáy nhân tạo có cường độ mạnh hơn và có bán kính gió cực đại nhỏ hơn rất nhiều. Các thí nghiệm RM chủ yếu làm thay đổi kích thước của vùng gió mạnh bên trong xoáy (liên quan đến bán kính mắt bão), trong khi các thí nghiệm S lại làm thay đổi trường gió phía ngoài cũng như độ trải ngang theo bán kính của hoàn lưu bão, và do đó ảnh hưởng đến độ mạnh của xoáy bão. Trong các thí nghiệm W, cấu trúc thẳng đứng của xoáy bị biến đổi tùy theo việc chọn hàm trọng số thẳng đứng. Việc kết hợp phân bố gió tiếp tuyến lý thuyết với gió phân tích

(thí nghiệm M) đã tạo ra xoáy có cường độ lớn hơn và độ mạnh của xoáy gần với trường toàn cầu hơn do vùng phía trong của xoáy sử dụng phân bố gió lý thuyết còn vùng phía ngoài là sự kết hợp giữa gió lý thuyết và gió phân tích bằng cách lấy tổng có trọng số.

Với 11 trường hợp bão được chọn (bảng 1), HRM\_TC đã được chạy dự báo cho đến hạn 48h theo các phương án thí nghiệm đã nêu. Vị trí tâm bão dự báo được xác định bằng phương pháp downhill sau từng khoảng 6h một. Sai số vị trí của quỹ đạo dự báo được tính bằng khoảng cách địa lý giữa vị trí tâm bão dự báo và vị trí tâm quan trắc (từ best-track) lấy từ website weather.unisys.com. Hai đặc trưng được dùng để đánh giá độ chính xác chung là sai số vị trí trung bình (MPE), được xác định bằng trung bình số học của sai số vị trí tính trên tất cả các trường hợp bão, và sai số vị trí trung bình tổng thể (MPEA), được xác định bởi trung bình số học của MPE đối với tất cả các hạn dự báo cho đến 48h. ả hư vậy, về nguyên tắc MPEA có thể được xem là độ đo sai số cho hạn dự báo 48h.



Hình 1. Profile gió tiếp tuyến theo bán kính trong các thí nghiệm RM, S, M và hàm trọng số theo áp suất của thí nghiệm W. Các hình minh họa sử dụng trường hợp bão Imbudo 12h 22/7/2003

Bảng 2 dẫn ra sai số vị trí trung bình (MPE) và sai số vị trí trung bình tổng thể (MPEA) của 11 trường hợp bão nói trên đối với các phương án thí nghiệm khác nhau, trong đó cột thứ hai (CTL), tương ứng với trường hợp HRM\_TC không thực hiện ban đầu hóa xoáy, dùng để so sánh với các trường hợp có ban đầu hóa xoáy theo các phương án thí nghiệm. Có thể nhận thấy ngay rằng, tất cả các thí nghiệm có sử dụng sơ đồ ban đầu hóa xoáy đều cho sai số vị trí trung bình và sai số vị trí trung bình tổng thể nhỏ hơn nhiều so với trường hợp CTL. Điều đó một lần nữa khẳng định tính hữu ích của việc ban đầu hóa xoáy trong các mô hình số dự báo bão. Bảng 2

cũng cho thấy, đối với thí nghiệm RM sai số vị trí trung bình giữa các phương án khác biệt nhau không đáng kể. Chênh lệch giá trị của MPE giữa các phương án trong thí nghiệm này dao động trong khoảng từ 1km (hạn 48h) đến 11km (hạn 24–30h). Sai khác của MPEA cũng chỉ đạt 7km với giá trị nhỏ nhất thuộc về RM1. Ắt hẳn vậy có thể nói tham số  $R_m$  có độ nhạy không lớn đối với sai số vị trí của quỹ đạo dự báo. So với trường hợp không ban đầu hóa xoáy (CTL), sai số vị trí giảm trung bình từ 17–24km, ít nhất là 1km, nhiều nhất là 40km. Trong số ba phương án thí nghiệm, phương án RM1 (ứng với  $R_m=60\text{km}$ ) cho sai số vị trí nhỏ nhất.

Khác với thí nghiệm RM, quỹ đạo dự báo của các phương án trong thí nghiệm S biến đổi đáng kể. Chênh lệch của trị số MPE giữa các phương án thí nghiệm khá lớn và tương đối ổn định, trung bình khoảng 26km, lớn nhất là 49km (hạn 48h) và nhỏ nhất là 8km (hạn 24h). Giá trị MPEA nằm trong khoảng 88–101km và nhỏ hơn đáng kể so với trường hợp CTL (113km). Điều đó chứng tỏ tham số  $R_{15}$  khá nhạy cảm với sai số vị trí của quỹ đạo bão dự báo. Trong bốn phương án thí nghiệm thì phương án S2 (ứng với  $R_{15}=250\text{km}$ ) cho kết quả dự báo tốt nhất với sai số vị trí trung bình tổng thể đạt 88km.

Thí nghiệm W được tiến hành với hy vọng sự thay đổi về cấu trúc đứng của xoáy nhân tạo trong sơ đồ ban đầu hóa xoáy có thể tác động mạnh đến quỹ đạo dự báo. Đáng tiếc rằng điều đó lại không xảy ra như mong muốn. Sai số vị trí trung bình giữa các phương án thí nghiệm với các hàm trọng số thẳng đứng được chọn chênh lệch nhau không đáng kể (lớn nhất cũng chỉ đạt đến 12km); sai số nhỏ nhất rơi vào phương án W2 (88km).

**Bảng 2. Sai số vị trí trung bình (MPE) và sai số vị trí trung bình tổng thể (MPEA) của các phương án thí nghiệm độ nhạy**

Hạn dự báo (h)	CTL	RM			S				W				M	
		RM1	RM2	RM3	S1	S2	S3	S4	W1	W2	W3	W4	M1	M2
06	96	59	56	57	71	60	57	56	57	56	56	57	57	59
12	112	77	82	85	103	86	82	71	82	77	78	79	82	74
18	113	85	89	94	94	91	89	80	89	87	89	88	89	70
24	104	92	101	103	93	97	101	93	101	94	96	92	101	77
30	116	106	115	117	106	100	115	123	115	99	114	114	115	103
36	109	100	108	106	101	91	108	123	108	97	104	106	108	101
42	123	91	95	97	100	86	95	118	95	91	98	103	95	96
48	132	105	105	106	110	92	105	141	105	105	110	114	105	110
MPEA	113	89	94	96	97	88	94	101	94	88	93	94	94	86

Trong các thí nghiệm đã nêu (RM, S, W), các thành phần (đối xứng,  $F^{VS}$ , và phi đối xứng,  $F^{VA}$ ) của xoáy phân tích ( $F^V$ ) [6,7] bị loại bỏ hoàn toàn và thay vào đó là một xoáy đối xứng giả (xoáy lý thuyết). Điều đó cho phép đơn giản hóa quá trình ban đầu hóa xoáy nhưng lại làm thất thoát thông tin từ trường phân tích toàn cầu và do đó dẫn đến sự mô tả thiếu chính xác cấu trúc và cường độ của xoáy thực. Để khắc phục nhược điểm đó, thí nghiệm M nhằm đánh giá vai trò của việc bổ sung thành phần xoáy đối xứng phân tích thông qua sự kết hợp giữa xoáy lý thuyết và thành phần này (phương án M2). Có thể thấy so với trường hợp không bổ sung thành phần xoáy đối xứng phân tích (phương án M1) sai số vị trí trung bình của quỹ đạo bão dự báo đã giảm đi đáng kể trong 30h dự báo đầu tiên, nhưng sau đó lại có sự biến động tăng giảm mặc dù không lớn. Đánh giá chung, sai số vị trí trung bình tổng thể giảm 8km.

Từ những phân tích trên đây có thể nhận được *bộ tham số thích hợp nhất* cho sơ đồ ban đầu hóa xoáy khu vực Biển Đông như sau:  $R_m=60\text{km}$ ,  $R_{15}=250\text{km}$ , hàm trọng số có dạng tuyến tính từng phần theo áp suất – dạng (2), và có kết hợp xoáy giả với thành phần xoáy đối xứng phân tích.

#### 4. Thử nghiệm dự báo chuyển động bão bằng HRM\_TC

Từ những kết quả khảo sát độ nhạy của các tham số trong sơ đồ ban đầu hóa xoáy, HRM\_TC đã được chạy dự báo thử nghiệm độc lập trên 20 trường hợp bão của 6 cơn bão hoạt động trên Biển Đông thời kỳ 2003–2006 (bảng 3). Hiệu quả của việc ban đầu hóa xoáy được đánh giá trên cơ sở so sánh kết quả dự báo của hai phương án thí nghiệm:

- CTL: Chạy HRM\_TC với tùy chọn không sử dụng chức năng ban đầu hóa xoáy
- BG: Chạy HRM\_TC với tùy chọn có ban đầu hóa xoáy với *bộ tham số thích hợp nhất* đã chỉ ra ở mục 3.2.

**Bảng 3. Các trường hợp bão sử dụng trong dự báo thử nghiệm độc lập**

STT	Thời điểm dự báo	Tên bão	Vĩ độ Tâm	Kinh độ tâm	Vmax (ms <sup>-1</sup> )
1	00z 19/07/2003	Koni	13.7	117.2	22
2	12z 19/07/2003		15.2	116.2	22
3	00z 20/07/2003		16.4	114.8	33
4	12z 20/07/2003		17.6	113.6	33
5	00Z 11/06/2004	Chanthu	12.7	115.8	22
6	00Z 21/11/2004	Muifa	11.9	117.2	33
7	12Z 21/11/2004		11.8	115.1	40
8	00Z 22/11/2004		11.5	113.8	42
9	12Z 22/11/2004		10.8	112.5	35
10	00Z 23/11/2004		10.4	111.8	33
11	00Z 29/07/2005	Washi	18.3	112.2	15
12	12Z 29/07/2005		18.4	111.6	17
13	00Z 23/9/2005	Damrey	20.2	118.4	27
14	12Z 23/9/2005		20	116.3	22
15	00Z 24/9/2005		19.8	115.3	22
16	12Z 24/9/2005		19.3	114	33
17	00Z 02/12/2006	Durian	13.5	117	37
18	12Z 02/12/2006		13.9	115.6	27
19	00Z 03/12/2006		13.8	113.9	45
20	12Z 03/12/2006		13.5	112.7	45

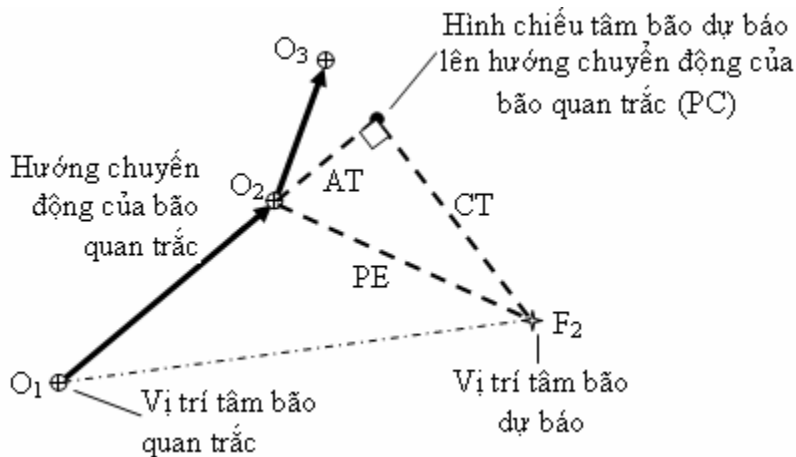
Ấu nguồn số liệu sử dụng làm điều kiện ban đầu, điều kiện biên cũng như các thông tin chỉ thị bão và vị trí tâm bão quan trắc được lấy tương tự như khi tiến hành các thí nghiệm độ nhạy (mục 3). Để đánh giá kết quả dự báo, bên cạnh sai số vị trí trung bình (MPE), chúng tôi đã tính các sai số của tốc độ di chuyển (AT) và sự lệch hướng (CT) của quỹ đạo dự báo cho tất cả các trường hợp bão theo từng hạn dự báo cho đến 48h. Các sai số này được xác định bằng khoảng cách địa lý giữa hình chiếu của tâm bão dự báo lên hướng chuyển động của bão quan trắc (PC) so với tâm bão quan trắc (AT) và so với tâm bão dự báo (CT) (hình 2), với qui ước rằng AT nhận giá trị dương nếu PC tiến về phía trước so với vị trí tâm quan trắc, CT nhận giá trị dương nếu vị trí tâm dự báo nằm về bên phải so với hướng chuyển động của bão quan trắc, và ngược lại. Các sai số AT và CT sau đó được tính trung bình (ME) và trung bình tuyệt đối (MAE) trên 20 trường hợp bão khảo sát theo các công thức:

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (7)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i| \quad (8)$$

trong đó  $x_i$  là các AT hoặc CT cho từng trường hợp bão,  $n=20$ .

Kết quả tính toán được dẫn ra trong bảng 4 và được biểu diễn lên đồ thị trên hình 3. Qua đó nhận thấy rõ ràng, so với trường hợp CTL, sai số vị trí trung bình (MPE) của trường hợp BG đã giảm đi một cách đáng kể và khá ổn định: trung bình giảm khoảng 40km, ít nhất giảm 24km (hạn 36h) và nhiều nhất giảm 60km (hạn 48h). Trừ 12h dự báo đầu tiên trường hợp CTL có quỹ đạo lệch trái, còn nói chung trong cả hai trường hợp quỹ đạo bão dự báo luôn có xu hướng lệch phải và có tốc độ di chuyển nhanh hơn, thể hiện ở giá trị ME của các sai số CT và AT hầu như dương đối với tất cả các hạn dự báo. Trong thực tế bão Biển Đông thường có xu hướng di chuyển thiên về phía tây (tây bắc, tây hoặc tây nam), nên việc ME của cả CT và AT đều có giá trị dương chứng tỏ mô hình thường cho quỹ đạo dự báo “lệch bắc” so với quan trắc. Đáng chú ý ở đây là trong khi sai số về hướng di chuyển (CT) của trường hợp BG (so với trường hợp CTL) chỉ được cải thiện trong khoảng 30h dự báo đầu tiên thì sai số tốc độ (AT) giảm khá mạnh và tương đối ổn định cho đến hạn 48h. Trị số MAE của CT và AT tương ứng giảm gần 10km và gần 40km.



Hình 2. Sơ đồ mô tả cách xác định sai số tốc độ (AT) và hướng (CT) của quỹ đạo dự báo. PE là sai số vị trí;  $O_1$ ,  $O_2$ ,  $O_3$  là các vị trí tâm bão quan trắc;  $F_2$  là vị trí tâm bão dự báo ứng với vị trí tâm quan trắc  $O_2$

**Bảng 4. Sai số của quỹ đạo bão dự báo thử nghiệm độc lập**

Hạn dự báo (h)	CTL					BG				
	MPE	Sai số CT		Sai số AT		MPE	Sai số CT		Sai số AT	
		ME	MAE	ME	MAE		ME	MAE	ME	MAE
6	115	-36	63	9	78	56	6	32	-4	38
12	133	-8	90	17	77	76	17	55	13	41
18	132	3	81	56	75	101	41	63	36	57
24	167	24	91	50	107	135	45	85	64	78
30	196	67	114	53	128	167	57	113	91	92
36	229	109	142	60	142	205	46	143	135	111
42	224	83	116	100	141	185	98	126	120	104
48	258	45	129	88	191	198	68	134	133	116

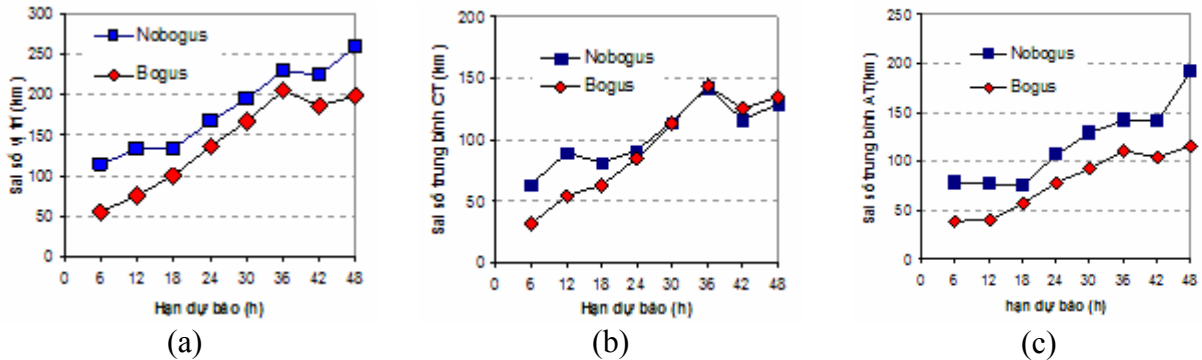
## 5. Kết luận

Từ những thí nghiệm khảo sát độ nhạy của các tham số trong sơ đồ ban đầu hóa xoáy của HRM\_TC trên 11 trường hợp bão và chạy dự báo thử nghiệm HRM\_TC với bộ tham số thích hợp nhất trên 20 trường hợp bão độc lập hoạt động trên Biển Đông thời kỳ 2003–2006 cho phép rút ra một số kết luận sau:

1) Sự thay đổi bán kính gió cực đại của xoáy nhân tạo ( $R_m$ ) ảnh hưởng không lớn đến quỹ đạo bão dự báo của mô hình. Trong khi đó bán kính gió 15m/s ( $R_{15}$ ) lại là tham số có tác động mạnh nhất, thể hiện vai trò quan trọng của hoàn lưu phía ngoài tâm bão đối với sự chuyển động



của bão. Do đó khi xây dựng xoáy nhân tạo việc lựa chọn tham số này sao cho phù hợp là hết sức cần thiết. Cấu trúc thẳng đứng của xoáy đối xứng nhân tạo thể hiện qua hàm trọng số theo phương thẳng đứng hầu như không thay đổi với quỹ đạo bão dự báo, trong khi đó việc cập nhật thêm thành phần xoáy đối xứng phân tích vào xoáy nhân tạo đã làm giảm đáng kể sai số vị trí của quỹ đạo bão dự báo. Điều đó chứng tỏ việc kết hợp thành phần xoáy phân tích với xoáy nhân tạo đã góp phần khôi phục lại lượng thông tin thất thoát do quá trình loại bỏ xoáy trong thủ tục phân tích xoáy và biểu diễn tốt hơn trường ban đầu.



Hình 3: Sai số vị trí trung bình MPE (a), sai số CT trung bình (b) và sai số AT trung bình (c) của các trường hợp dự báo thử nghiệm.

2) Kết quả thí nghiệm độ nhạy đã cho phép lựa chọn được bộ tham số thích hợp nhất cho sơ đồ ban đầu hóa xoáy của HRM\_TC như sau:  $R_m=60\text{km}$ ,  $R_{15}=250\text{km}$ , hàm trọng số thẳng đứng dạng tuyến tính từng phần theo áp suất (công thức (2)), và có kết hợp xoáy đối xứng giả với thành phần xoáy đối xứng phân tích.

3) HRM\_TC với chức năng ban đầu hóa xoáy theo bộ tham số thích hợp nhất đã cải thiện đáng kể độ chính xác của quỹ đạo bão dự báo so với trường hợp không ban đầu hóa xoáy. Việc đánh giá kết quả thử nghiệm dự báo độc lập trên 20 trường hợp bão cho thấy HRM\_TC đã làm giảm sai số của quỹ đạo bão dự báo một cách đáng kể cho đến hạn 48h, kể cả sai số vị trí, sai số tốc độ và hướng chuyển động. Tuy vậy, với các giá trị dương của sai số AT và CT ở hầu hết các hạn dự báo chứng tỏ tốc độ chuyển động của bão dự báo vẫn có xu hướng nhanh hơn và lệch phải so với quỹ đạo quan trắc.

4) Mặc dù tập số liệu được chọn làm thử nghiệm chưa bao quát hết mọi tình huống bão ở Biển Đông, song trước mắt HRM\_TC có thể được sử dụng thử nghiệm trong dự báo nghiệp vụ. Để nâng cao kỹ năng dự báo của HRM\_TC cần thiết phải nghiên cứu sâu hơn vai trò của hoàn lưu phía ngoài của bão cũng như làm chính xác hơn trường ban đầu của mô hình bằng việc cập nhật thêm các nguồn thông tin quan trắc khác.

### Tài liệu tham khảo

1. Bùi Hoàng Hải, Phan Văn Tân, (2007), “Về một sơ đồ ban đầu hóa xoáy mới áp dụng cho mô hình khu vực phân giải cao HRM”. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 3(555), tr. 42–50.
2. Võ Văn Hòa (2005), “Lựa chọn profin gió tiếp tiếp đối xứng giả tối ưu cho mô hình chính áp dự báo quỹ đạo bão WBAR”, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 7(535) Tr. 28-35.

3. Võ Văn Hòa (2005), “Lựa chọn mực dòng dẫn tối ưu cho mô hình chính áp dự báo quỹ đạo bão WBAR gió tiếp tiếp đối xứng giả tối ưu cho mô hình chính áp dự báo quỹ đạo bão WBAR”, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 8(536) Tr. 6-19.
4. Nguyễn Thị Minh Phương (2003), “Lựa chọn một tham số cho sơ đồ ban đầu hóa xoáy trong mô hình chính áp dự báo đường đi của bão trên Biển Đông”, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 12(516) Tr. 13-32.
5. Nguyễn Thị Minh Phương (2005): Hiệu chỉnh công thức tính thành phần xoáy bất đối xứng trong sơ đồ ban đầu hóa xoáy *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 1 (529) Tr. 35-45.
6. Phan Văn Tân, Bùi Hoàng Hải (2003), “Về một phương pháp ban đầu hóa xoáy ba chiều”, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 11(515), Tr. 1-12.
7. Phan Văn Tân, Bùi Hoàng Hải (2004), “Ban đầu hóa xoáy ba chiều cho mô hình MM5 và ứng dụng trong dự báo quỹ đạo bão”, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 10(526), Tr. 14-25.
8. Lê Công Thành (2004), “Ứng dụng các loại mô hình số dự báo bão ở Việt Nam”, *Tạp chí khí tượng thủy văn*, 5(521), Tr. 10-22.
9. Davis, C. and S. Lownam, (2001), “The CAR-AFWA tropical cyclone bogussing scheme”. A report prepared for the Air Force Weather Agency (AFWA). 12pp.
10. Davidson, E. and H. C. Weber, 2000: The BMRC high-resolution tropical cyclone prediction system: TC-LAPS
11. Fiorino, M.J., and R. L. Elsberry (1989), “Some aspects of vortex structure related to tropical cyclone motion”, *J. Atmos. Sci.* (46), pp. 975-990.
12. Smith R. K. (2005), “Accurate determination of a balanced axisymmetric vortex”, *Tellus*, (58A), pp. 98-103.
13. Trinh V. T. and T. Krishnamurti, 1992, “Vortex initialization for Typhoon track prediction”, *Meteor. Atmos. Phys.* (47), p 117-126.
14. Weber, H. C., 2001: Hurricane track prediction with a new barotropic model, *Mon. Wea. Rev.* 129, 1834-1857.