



trong miền tính mô hình với số lượng gần với thực không; thời gian hoạt động và quỹ đạo di chuyển có gần với thực không; tần suất bão trong năm có gần với thực không. Nếu một mô hình có khả năng mô phỏng hoạt động của bão gần với thực tế, nó sẽ là công cụ đắc lực để xây dựng các kịch bản biến đổi khí hậu cũng như đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến hoạt động của bão nhiệt đới.

Thông thường, các mô hình khí hậu toàn cầu có độ phân giải thô và xoáy bão (nếu tồn tại) thường biểu hiện hết sức mờ nhạt. Với độ phân giải hiện nay của các mô hình toàn cầu, bão nhiệt đới có thể chỉ thể hiện là một dị thường nhiệt, áp và tốc độ gió tại một ô lưới nhất định. Đối với các mô hình khí hậu khu vực có độ phân giải cao hơn, sự thể hiện của các xoáy bão mạnh hơn, nhưng vẫn chưa thể so sánh với bão thực tế, cả về qui mô và cường độ. Nói cách khác, xoáy bão sinh ra bởi các mô hình khí hậu khu vực vẫn khác biệt nhiều so với thực tế. Do đó, để dò tìm các xoáy bão từ sản phẩm mô hình cần sử dụng bộ các chỉ tiêu xác định bão khác với các chỉ tiêu dùng định nghĩa bão trong thực tế. Các xoáy bão tìm được theo cách đó được gọi là xoáy tựa bão hay xoáy tựa xoáy thuận nhiệt đới (Tropical cyclone like vortices - TCLV), hoặc chính xác hơn là bão mô hình (model tropical storm) do chúng có cường độ yếu hơn và có thể không có đầy đủ các đặc trưng của một xoáy thuận nhiệt đới trong thực tế. Trong các nghiên cứu của Bengtsson và CS (1995), xoáy bão trong một mô hình hoàn lưu chung khí quyển được xác định khi các trường xoáy trên mực 850hPa, gió ở độ cao 10m, trường nhiệt độ tại các mực 850, 750, 500, 300 hPa, và trường áp suất mực biển thỏa mãn các chỉ tiêu độc lập chung cho mọi khu vực nghiên cứu. Nhưng theo Carmargo và Zebiak (2002), qua các thử nghiệm, phương pháp này bỏ sót nhiều cơn bão mà có thể nhận dạng bằng mắt thường, trong khi đó nhiều cơn bão dò tìm được lại là các cực trị địa phương mực thấp. Các tác giả cho rằng nên có các chỉ tiêu phụ thuộc và từng vùng biển khác nhau hoặc thậm chí phụ thuộc mô hình; giá trị ngưỡng (chỉ tiêu) sử dụng đối với tốc độ gió bề mặt, độ xoáy mực thấp và dị thường nhiệt độ tại tâm xoáy. Để xác định xoáy bão từ mô hình, Walsh (1997), Walsh và Watterson (1997) đã sử dụng các

chỉ tiêu: độ xoáy trên mực 850hPa ( $2 \times 10^{-5} s^{-1}$  hoặc  $5 \times 10^{-6} s^{-1}$ ), sức gió phía ngoài của gió tại độ cao 10m ( $10 ms^{-1}$  và  $6 ms^{-1}$ ) và dị thường nhiệt độ mực giữa tầng đối lưu. Theo các tác giả, nhìn chung các mô hình số với độ phân giải khoảng 120o có một số kỹ năng mô phỏng bão nhưng sẽ tốt hơn nếu tăng độ phân giải. Nguyễn Kim Chi và Walsh (2001) cũng dò tìm các xoáy tựa bão trong mô hình DARLAM với độ phân giải 125km. Phương pháp dò tìm dựa trên các tiêu chí sau: (1) Độ xoáy phải đạt ít nhất  $10^{-5} s^{-1}$  (2) Phải có một giá trị áp suất cực tiểu trong vòng bán kính 250km từ điểm thỏa mãn tiêu chí (1), tâm thấp được xem là tâm của TCLV; (3) Dị thường nhiệt độ tổng cộng tầng đối lưu, được tính bằng cách lấy tổng dị thường nhiệt độ tại các mực 700, 500, và 300hPa, phải lớn hơn không. (4) Tốc độ gió trung bình trong vùng 500 km x 500 km xung quanh tâm bão tại mực 850hPa phải lớn hơn tại mực 300hPa; (5) Dị thường nhiệt độ tại mực 300hPa phải lớn hơn tại mực 850hPa tại tâm xoáy; (6) Sức gió phía ngoài (outer core wind strength - OCS) phải lớn hơn  $5 ms^{-1}$ . Ngoài ra, nếu một TCLV thỏa mãn tất cả các điều kiện trên trong vòng 24h, thì có thể bỏ qua các điều kiện (3), (4), (5) cho đến khi điều kiện (6) không còn được thỏa mãn. Tuy độ phân giải mô hình vẫn còn thấp so với qui mô của của một xoáy thuận nhiệt đới nhưng kết quả mô phỏng đã có thể đưa ra được các đặc trưng khí hậu của xoáy thuận nhiệt đới.

Cho đến hiện nay vẫn còn rất ít công trình nghiên cứu mô phỏng bão bằng mô hình khí hậu cho khu vực Biển Đông. Chẳng hạn trong nghiên cứu của Carmargo và Zebiak (2002), mặc dù đã sử dụng một sơ đồ được cải tiến với các chỉ tiêu phụ thuộc vào các vùng biển khác nhau, vẫn không dò tìm được bão trong khu vực Biển Đông mà nguyên nhân có thể do độ phân giải thô của mô hình toàn cầu không thể hiện được hoạt động của bão. Trong những năm gần đây, các mô hình khí hậu khu vực được nghiên cứu, phát triển, cải tiến và đã đạt được những thành tựu đáng ghi nhận. Việc tăng độ phân giải của các mô hình đã mở ra khả năng mô phỏng, dự báo và dự tính sự hoạt động của bão – xoáy thuận nhiệt đới. Do đó việc xây dựng và phát triển một sơ đồ dò tìm xoáy bão cho mô hình khí hậu khu vực là vấn đề hết sức cần thiết. Bài báo này sẽ trình bày một

phương pháp dò tìm xoáy bão cho kết quả mô phỏng của mô hình RegCM3 và một số kết quả thử nghiệm bước đầu về khả năng mô phỏng sự hoạt động của bão trên khu vực Biển Đông và một phần Tây Bắc Thái Bình dương. Cấu hình thí nghiệm của mô hình RegCM3 được trình bày trong mục 2. Mục 3 mô tả phương pháp và bộ chỉ tiêu xác định xoáy bão từ sản phẩm của RegCM3. Một số kết quả thử nghiệm và nhận xét được dẫn ra trong mục 4, và mục 5 là một vài kết luận và kiến nghị.

## 2. Mô hình và số liệu

RegCM là mô hình khí hậu khu vực được phát triển dựa trên mô hình MM4 (The Fourth-Generation NCAR/Penn State Mesoscale Model) vào cuối những năm 1980 (Dickinson và CS., 1989; Giorgi, 1989). Động lực của RegCM phiên bản đầu tiên bắt nguồn từ MM4 là một mô hình sai phân hữu hạn, với giả thiết khí quyển nén được, thỏa mãn điều kiện cân bằng thủy tĩnh, sử dụng hệ tọa độ thẳng đứng  $\sigma$  (sigma). Trong quá trình nghiên cứu phát triển nhiều đặc tính quan trọng của RegCM đã được bổ sung, cải tiến. Kết quả là phiên bản gần đây nhất, RegCM3, có bản chất động lực giống với phiên bản MM5 thủy tĩnh (Grell và CS., 1994), còn các sơ đồ tham số hóa vật lý đã được thay đổi về căn bản, bao gồm cả sơ đồ bề mặt đất (LSM), sơ đồ bức xạ, sơ đồ đối lưu,... (Elguindi và CS, 2003).

Trong nghiên cứu này, RegCM3 được chạy với độ phân giải ngang 54km, 18 mực thẳng đứng. Miền tính mô hình có tâm tại 15°N, 130°E, gồm 126 điểm nút lưới theo phương Đông – Tây và 64 điểm nút lưới theo phương bắc – nam, trải từ khoảng 100°E-160°E và 0°N-32°N (hình 1). Miền tính như vậy là tương đối đủ rộng để **nắm bắt** không chỉ những cơn bão hình thành trên khu vực Biển Đông mà cả những cơn bão hình thành ở khu vực Tây Bắc Thái Bình dương và di chuyển vào Biển Đông. RegCM3 sử dụng sơ đồ truyền bức xạ của CCM3 (Community Climate Model Version 3), sơ đồ bề mặt đất BATS (Biosphere Atmosphere Transfer Scheme), và bốn tùy chọn khác nhau đối với sơ đồ đối lưu là Kuo, MIT - Emanuel, Grell với giả thiết khép kín Arakawa-Schubert năm 1974 (Grell - AS) và Grell với giả thiết khép kín Fritsch- Chappell năm

1980 (Grell - PC). Những thử nghiệm độ nhạy của RegCM đối với các sơ đồ tham số hóa đối lưu cho thấy ở khu vực Việt Nam và Đông Nam Á, sơ đồ Grell-AS tỏ ra cho kết quả hợp lý nhất (Phan Văn Tân và CS, 2008). Do đó, ở đây RegCM3 được chạy với sơ đồ đối lưu Grell-AS.

Số liệu các trường khí quyển được sử dụng làm điều kiện ban đầu và điều kiện biên cho mô hình là số liệu tái phân tích ERA40 với độ phân giải ngang 2.5 x 2.5 độ. Thời gian tích phân mô hình từ 00UTC 01/12/1995 đến 00UTC 01/01/1997, trong đó tháng 12/1995 được sử dụng như là thời gian khởi động mô hình (spin-up time). Điều kiện biên dưới trên các vùng đại dương là nhiệt độ bề mặt biển phân tích (OISST). Số liệu quỹ đạo bão quan trắc được sử dụng để đánh giá được khai thác từ website weather.unisys.com.

## 3. Xây dựng phương pháp dò tìm xoáy

Trong mục này sẽ mô tả phương pháp, chỉ tiêu và thuật toán xác định xoáy bão từ sản phẩm của RegCM. Trước hết các trường sản phẩm mô hình cần được nội suy từ các mực mô hình về các mực đẳng áp chuẩn 850, 700, 500 và 300 hPa. Quá trình dò tìm được thực hiện cho tất cả các lát cắt thời gian kết xuất của mô hình và theo các bước dưới đây:

1) Tại mỗi bước thời gian, kiểm tra từng nút lưới để tìm các cực đại xoáy địa phương lớn hơn một chỉ tiêu cho trước ( $5 \times 10^{-6} s^{-1}$ ). Cực đại xoáy địa phương được xác định khi có độ xoáy tại nút lưới lớn hơn độ xoáy của bốn điểm gần kề. Nếu nút lưới thỏa mãn chỉ tiêu này được xem là một ứng cử viên tâm bão.

2) Nếu một nút lưới ứng cử viên được tìm thấy, điểm có giá trị cực tiểu của khí áp mực biển nằm trong miền bán kính 250 km tính từ nút lưới ứng cử viên được xác định bằng cách sử dụng phương pháp downhill kết hợp với nội suy spline hữu tỉ hai chiều. Tâm khí áp mực biển tìm thấy không nhất thiết trùng với các nút lưới của mô hình nhờ phương pháp nội suy.

3) Nếu tâm khí áp mực biển được tìm thấy, một số chỉ tiêu sẽ được sử dụng để tính toán nhằm xác

## Nghiên cứu & Trao đổi

định đây có phải là tâm bão hay không. Các chỉ tiêu đó bao gồm:

- Dị thường khí áp mực biển (DP) nhỏ hơn một giá trị cho trước ( $-5\text{hPa}$ )

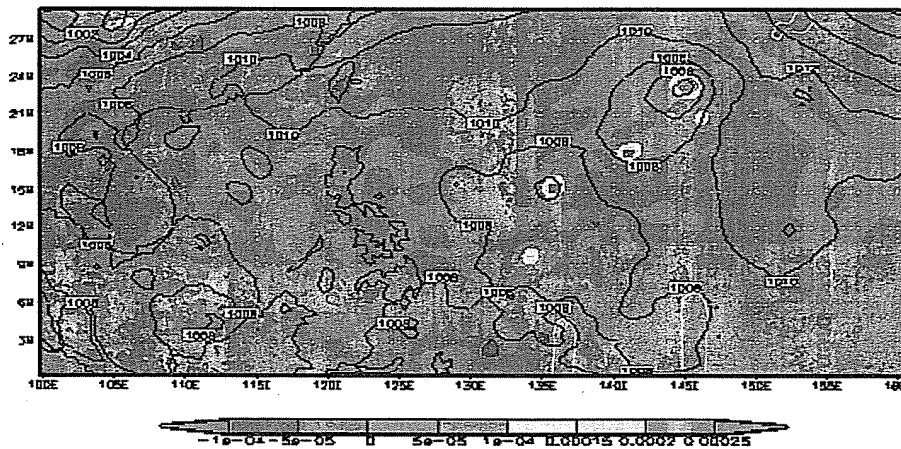
- Tổng dị thường nhiệt độ (DT) tại các mực đẳng áp dương ( $>0$ )

- Sức gió phía ngoài (OCS) lớn hơn một giá trị cho trước ( $5\text{ ms}^{-1}$ )

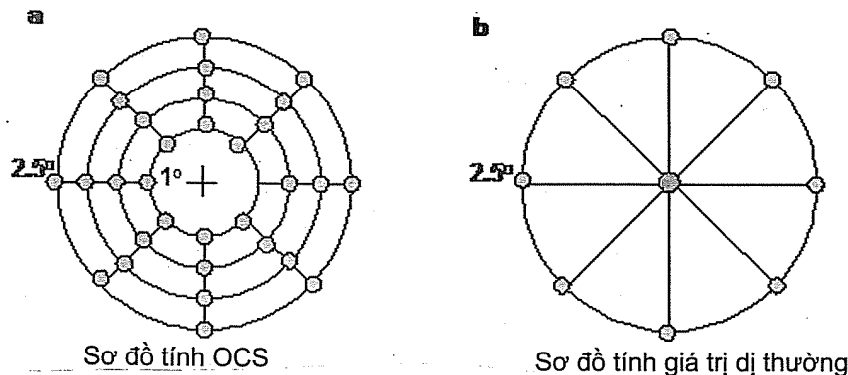
4) Khi tất cả các chỉ tiêu được thỏa mãn, tâm khí áp mực biển nói trên được xem là một tâm bão. Vì việc dò tìm được thực hiện tại từng lát cắt thời gian (cách nhau 6h một) nên quá trình dò tìm cần nhận biết tâm vừa tìm được là tâm bão của một cơn bão mới hình thành hay của một cơn bão đã tồn tại từ lát cắt thời gian trước. Điều đó được thực hiện bằng cách kiểm tra sự tồn tại của một cơn bão trong lát cắt thời gian trước trong miền hình tròn bán kính

250km có tâm là tâm bão hiện tại.

Theo Weatherford và Gray (1988), sức gió phía ngoài (OCS) là tốc độ gió tiếp tuyến trung bình trong miền vành khăn giữa hai hình tròn bán kính  $1\sigma$  và  $2.5\sigma$  kinh vĩ. Ở đây, OCS được tính bằng trung bình của 36 điểm trên bốn vòng tròn có bán kính tăng dần  $1^\circ$  đến  $2.5^\circ$  xung quanh tâm xoáy (hình 2a). Quá trình này được thực hiện bằng cách nội suy trường gió kinh, vĩ hướng về các điểm bằng phương pháp spline song hữu tỉ. Tương tự, việc tính toán giá trị dị thường của một trường bất kỳ (khí áp mực biển - DP, nhiệt độ - DT) được thực hiện bằng cách lấy giá trị của trường tại tâm xoáy trừ đi giá trị trung bình của 8 điểm trên vòng tròn bán kính  $2.5\sigma$  kinh vĩ tính từ tâm (hình 2b). Cuối cùng, để loại bỏ những nhiễu động tần số cao, các xoáy tồn tại dưới 48h sẽ không được xem xét mà chỉ những xoáy tồn tại ít nhất 48h (2 ngày) mới được xem là xoáy bão.



Hình 1. Miền dự báo cho mô phỏng RegCM trong nghiên cứu.



Sơ đồ tính OCS

Sơ đồ tính giá trị dị thường

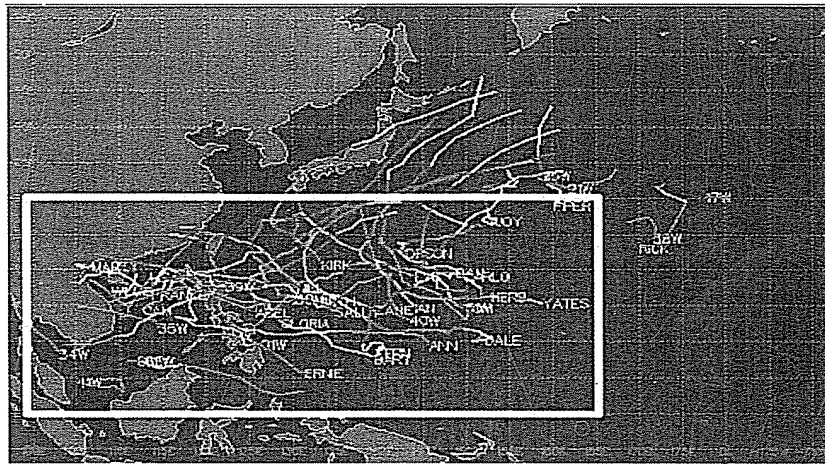
Hình 2. Sơ đồ tính sức gió phía ngoài OCS và tính giá trị dị thường của một trường bất kỳ sử dụng trong nghiên cứu. Chi tiết về cách tính trong bài viết.

#### 4. Kết quả thử nghiệm

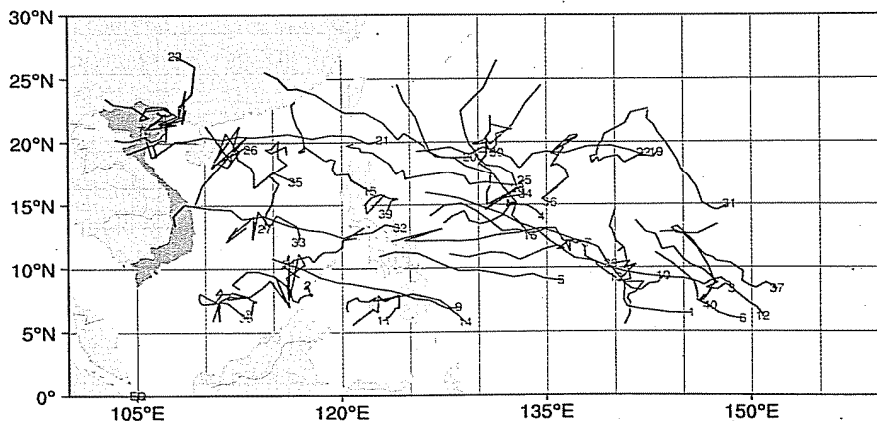
Năm 1996 là năm chuyển pha của hiện tượng ENSO từ pha lạnh (La Nina - cuối năm 1995) sang pha nóng (El Nino). Trong năm này trên khu vực Tây Bắc Thái Bình dương quan trắc được 43 xoáy thuận nhiệt đới, cao hơn 40% so với trung bình trong 37 năm trước đó (31 cơn). Số cơn bão hoạt động trên Biển Đông cũng khá nhiều (10 cơn).

Trên hình 3 dẫn ra quỹ đạo quan trắc của các cơn bão năm 1996 và hình 4 là quỹ đạo dò tìm được trong miền tính từ mô phỏng của RegCM3. Có thể nhận thấy miền tính mô hình đã bao phủ hầu như trọn vẹn vùng bão hoạt động (hình 3). Việc so sánh các hình 3 và 4 cho phép nhận định rằng khu vực hình thành và phạm vi hoạt động của các cơn bão

dò tìm được khá gần với thực tế. Bão mô phỏng chủ yếu nằm ở phía bắc vĩ tuyến 5N và phía tây kinh tuyến 15°E. Nhìn chung bão mô phỏng bởi mô hình có hướng di chuyển từ Đông sang Tây ở phía nam miền tính và có dạng uốn cong và di chuyển theo hướng từ Đông Nam lên Tây Bắc khi đi lên phía bắc miền tính. Số lượng bão dò tìm được trong miền mô hình là 40 cơn, khá gần với số lượng xoáy thuận quan trắc trên toàn vùng Tây Bắc Thái Bình dương (43 cơn). Mặc dù vậy, quỹ đạo bão mô phỏng khác nhiều so với quan trắc. Trong đó một số trường hợp, chủ yếu trên Biển Đông và bờ biển Bắc Bộ, bão mô phỏng được duy trì xung quanh một khu vực nhất định, dẫn đến quỹ đạo có dạng zic-zac, ít khi gặp trong thực tế.



Hình 3. Quỹ đạo quan trắc (besttrack) của các xoáy thuận nhiệt đới năm 1996 trên khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương (tổng số có 43 cơn). Hình chữ nhật là giới hạn miền tính của mô hình (Nguồn: [http://weather.unisys.com/hurricane/w\\_pacific/1996H/index.html](http://weather.unisys.com/hurricane/w_pacific/1996H/index.html))



Hình 4. Quỹ đạo bão dò tìm được từ kết quả mô phỏng của RegCM3. Tổng số có 40 cơn. Các con số biểu thị số thứ tự của các cơn bão dò tìm được.

## Nghiên cứu & Trao đổi

Bảng 1 liệt kê thời gian hoạt động, sức gió phía ngoài cực đại (OCS<sub>max</sub>) và độ hụt khí áp cực tiểu (DP<sub>min</sub> - bằng giá trị khí áp mực biển tại tâm xoáy trừ đi giá trị khí áp trường môi trường, tức khí áp tại bán kính 2.5 $\sigma$  (xem hình 1)) của các cơn bão dò tìm được và hình 5 biểu diễn số lượng bão mô phỏng và quan trắc theo từng tháng trong năm 1996. Qua đó nhận thấy, khoảng 50% số lượng bão mô phỏng có OCS<sub>max</sub> đạt trên 10ms<sup>-1</sup> và phân bố hầu như không tuân theo một qui luật nào cả. Sai khác đáng kể giữa mô hình và quan trắc là sự phân bố số

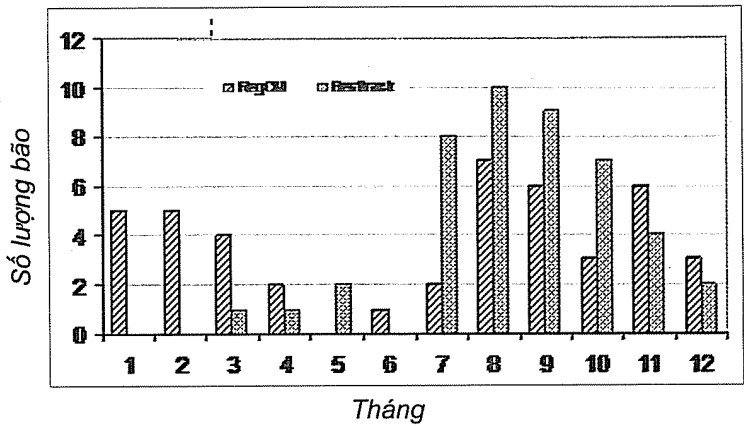
lượng bão các tháng trong năm. Trong thực tế, các tháng 1-3/1996 hầu như không có bão xuất hiện (chỉ có 1 áp thấp vào cuối tháng 2 đầu tháng 3) thì mô hình mô phỏng được quá nhiều (11 cơn trong ba tháng). Ngược lại, số lượng bão mô phỏng trong các tháng 7-10/1996 ít hơn một cách đáng kể so với quan trắc. Mặc dù có sự chưa phù hợp về "biến trình năm" của số lượng bão giữa mô hình và quan trắc, nhất là các tháng nửa đầu năm, nhưng nhìn chung mô hình đã có thể tái tạo được tần suất bão trong năm và trong các tháng mùa bão.

**Bảng 1. Các cơn bão dò tìm được trong mô phỏng RegCM năm 1996**

| STT | Ngày bắt đầu | Ngày kết thúc | Số ngày hoạt động | OCS <sub>max</sub> (ms <sup>-1</sup> ) | Dp <sub>min</sub> (hPa) |
|-----|--------------|---------------|-------------------|--|-------------------------|
| 1   | 7/1/1996     | 13/1/1996     | 6                 | 8,9                                    | -10,9                   |
| 2   | 12/1/1996    | 15/1/1996     | 3                 | 11,9                                   | -7,9                    |
| 3   | 12/1/1996    | 18/1/1996     | 6                 | 15,4                                   | -16,5                   |
| 4   | 21/1/1996    | 26/1/1996     | 5                 | 9,2                                    | -8,4                    |
| 5   | 29/1/1996    | 1/2/1996      | 2                 | 10,9                                   | -9,1                    |
| 6   | 1/2/1996     | 4/2/1996      | 2                 | 12                                     | -13,2                   |
| 7   | 5/2/1996     | 8/2/1996      | 3                 | 10,7                                   | -10,9                   |
| 8   | 6/2/1996     | 9/2/1996      | 3                 | 9,2                                    | -3,9                    |
| 9   | 23/2/1996    | 2/3/1996      | 3                 | 10,8                                   | -6,3                    |
| 10  | 2/3/1996     | 5/3/1996      | 3                 | 4,9                                    | -3,9                    |
| 11  | 4/3/1996     | 7/3/1996      | 3                 | 6                                      | -2,6                    |
| 12  | 29/3/1996    | 2/4/1996      | 4                 | 7,4                                    | -6,2                    |
| 13  | 9/4/1996     | 14/4/1996     | 5                 | 5,5                                    | -8                      |
| 14  | 13/6/1996    | 16/6/1996     | 3                 | 9,3                                    | -11                     |
| 15  | 16/7/1996    | 21/7/1996     | 5                 | 6,9                                    | -6,5                    |
| 16  | 21/7/1996    | 24/7/1996     | 3                 | 10                                     | -6,9                    |
| 17  | 12/8/1996    | 14/8/1996     | 2                 | 10,7                                   | -7,5                    |
| 18  | 15/8/1996    | 20/8/1996     | 5                 | 12                                     | -6,3                    |
| 19  | 16/8/1996    | 19/8/1996     | 3                 | 18,3                                   | -21,1                   |
| 20  | 16/8/1996    | 19/8/1996     | 3                 | 11,3                                   | -9,5                    |
| 21  | 20/8/1996    | 24/8/1996     | 4                 | 35                                     | -27,8                   |
| 22  | 21/8/1996    | 25/8/1996     | 4                 | 5,2                                    | -3,3                    |
| 23  | 28/8/1996    | 3/9/1996      | 6                 | 9,1                                    | -6,9                    |
| 24  | 7/9/1996     | 10/9/1996     | 3                 | 5,7                                    | -4,9                    |
| 25  | 11/9/1996    | 15/9/1996     | 5                 | 14,4                                   | -13,3                   |
| 26  | 19/9/1996    | 22/9/1996     | 3                 | 6,1                                    | -4,2                    |
| 27  | 23/9/1996    | 28/9/1996     | 3                 | 6,1                                    | -5,4                    |
| 28  | 26/9/1996    | 29/9/1996     | 3                 | 14,2                                   | -13                     |
| 29  | 8/10/1996    | 11/10/1996    | 3                 | 4,4                                    | -3,3                    |
| 30  | 13/10/1996   | 16/10/1996    | 3                 | 4                                      | -3,3                    |

| STT | Ngày bắt đầu | Ngày kết thúc | Số ngày hoạt động | OCS <sub>max</sub> (ms <sup>-1</sup> ) | Dp <sub>min</sub> (hPa) |
|-----|--------------|---------------|-------------------|--|-------------------------|
| 31  | 13/10/1996   | 16/10/1996    | 3                 | 7,7                                    | -7,1                    |
| 32  | 14/11/1996   | 5/12/1996     | 4                 | 17,9                                   | -20,4                   |
| 33  | 6/11/1996    | 9/11/1996     | 3                 | 6,3                                    | -3,3                    |
| 34  | 5/11/1996    | 12/11/1996    | 3                 | 21,3                                   | -13,3                   |
| 35  | 14/11/1996   | 17/11/1996    | 3                 | 14,9                                   | -9,4                    |
| 36  | 25/11/1996   | 29/11/1996    | 4                 | 7,2                                    | -6                      |
| 37  | 26/11/1996   | 30/11/1996    | 4                 | 7                                      | -6                      |
| 38  | 18/12/1996   | 23/12/1996    | 7                 | 16,3                                   | -11,9                   |
| 39  | 14/12/1996   | 16/12/1996    | 2                 | 9,5                                    | -8,4                    |
| 40  | 25/12/1996   | 29/12/1996    | 4                 | 8,8                                    | -4,8                    |
| TB  |              |               | 3,7               | 10,3                                   |                         |

**Số lượng bão hoạt động theo tháng**



**Hình 5. Phân bố số lượng bão mô phỏng và quan trắc trong các tháng của năm 1996**

**5. Nhận xét và kết luận**

Bài báo này nhằm khảo sát khả năng phát hiện xoáy bão của sơ đồ dò tìm xoáy từ sản phẩm của mô hình RegCM3 và ứng dụng trong mô phỏng sự hoạt động của bão trên khu vực Tây Bắc Thái Bình dương và Biển Đông. Mô hình RegCM3 được tích phân trên một miền đủ rộng có thể bao phủ toàn bộ khu vực bão hoạt động của năm 1996. Những kết quả nhận được cho thấy:

1) Mô hình RegCM3 với sơ đồ dò tìm xoáy đã mô phỏng khá hợp lý sự hoạt động của bão – xoáy thuận nhiệt đới khu vực Tây Bắc Thái Bình dương năm 1996. Số lượng bão – xoáy thuận nhiệt đới mô phỏng trong năm này khá gần với thực tế. Mô hình cũng đã tái tạo được tương đối hợp lý sự hoạt động của bão vào những tháng mùa bão. Tuy nhiên, biến trình năm của bão mô hình chưa thực sự phù hợp với biến trình năm của bão quan trắc, đặc biệt vào những tháng thuộc nửa đầu của năm.

2) Về cơ bản quỹ đạo bão mô phỏng có dạng tương đối gần với qui luật chung của chuyển động của xoáy thuận nhiệt đới trên khu vực nghiên cứu. Mặc dù vậy vẫn tồn tại sự khác biệt lớn giữa quỹ đạo mô phỏng và quỹ đạo quan trắc, nhất là đối với những cơn bão hình thành trên vùng Biển Đông.

3) Mặc dù còn có sự khác biệt đáng kể giữa biến trình năm của bão mô phỏng và bão quan trắc, những kết quả thử nghiệm trên đây cho phép nhận định về khả năng mô phỏng bão của RegCM3 cũng như tính hợp lý của sơ đồ dò tìm xoáy.

4) Sự khác biệt giữa sản phẩm mô phỏng của mô hình và thực tế có thể liên quan đến độ phân giải ngang của mô hình chưa đủ mịn và bộ chỉ tiêu dùng để dò tìm xoáy của sơ đồ. Để có thể nhận được những kết quả hợp lý hơn, cần thiết phải tiến hành khảo sát thêm nhiều trường hợp khác.

5) Sơ đồ dò tìm xoáy đã được xây dựng cho mô

hình RegCM3 trên đây có thể được phát triển và ứng dụng cho các mô hình khí hậu khu vực khác để mô phỏng sự hoạt động của bão – xoáy thuận nhiệt đới cho bất kỳ khu vực nào trên thế giới.

### Tài liệu tham khảo

1. Bengtsson, M. Botzet, and M. Esh, 1995: Hurricane-type vortices in a general circulation model. *Tellus*, 47A, 175–196.
2. Carmargo, S. J., and S. E. Zebiak, 2002: Improving the Detection and Tracking of Tropical Cyclones in Atmospheric General Circulation Models. *Wea. Forecasting*, 17, 1152-1162.
3. Dickinson R.E., Errico R.M., Giorgi F., Bates G.T. (1989): A regional climate model for the western United States. *Climatic Change*, Vol. 15, pp. 383–422.
4. Elguindi N., Bi X., Giorgi F., Nagarajan B., Pal J., Solomon F., Rauscher S., Zakey A. (2003): RegCM Version 3.0 User's Guide. PWCG Abdus Salam ICTP.
5. Giorgi F., and Bates G. (1989): The Climatological Skill of a Regional Model over Complex Terrain, *Monthly Weather Review*, Vol. 117, pp. 2325-2347.
6. Grell G.A., Dudhia J. and Stauffer D.R. (1994): A description of the fifth-generation Penn State/NCAR mesoscale model (MM5), Tech. Note TN-398+IA, Technical report, National Center for Atmospheric Research.
7. Nguyen, K. C., and K. J. E. Walsh (2001): Interannual, decadal, and transient greenhouse simulation of tropical cyclone-like vortices in a regional climate model of the South Pacific. *J. Climate*, 14, 3043–3054.
8. Phan Văn Tân, Hồ Thị Minh Hà (2008): Nghiên cứu độ nhạy của mô hình khí hậu khu vực RegCM3. Phần II: Ảnh hưởng của các sơ đồ tham số hóa đối lưu đến kết quả mô phỏng khí hậu hạn mùa khu vực Đông Nam Á. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Hà Nội*, 10(574), tr. 1-11.
9. Walsh, K., and I. G. Watterson (1997): Tropical Cyclone-like Vortices in a Limited Area Model: Comparison with Observed Climatology. *J. Climate*, 10, 2204-2259.
10. Walsh, K. (1997): Objective Detection of Tropical Cyclones in High-Resolution Analyses, *Mon. Wea. Rev.*, 125, 1767-1779
11. Weatherford, C. L. and W. M. Gray (1988): Typhoon structure as Revealed by Air Reconnaissance. Part I: Data Analysis and Climatology, *Mon. Wea. Rev.*, 116, 1032-1043.
12. Webster, P.J., G.J. Holland, J.A. Curry, and H-R. Chang (2005): Changes in tropical cyclone number, duration and intensity in a warming environment. *Science*, 309, 1844-1846.