

# ỨNG DỤNG SƠ ĐỒ BAN ĐẦU HÓA XOÁY ĐỘNG LỰC DỰ BÁO CƯỜNG ĐỘ VÀ NGHIÊN CỨU CẤU TRÚC BÃO DAMREY (2017) GIAI ĐOẠN GẦN BỜ VÀ ĐỔ BỘ

Nguyễn Bình Phong<sup>(1)</sup>, Nguyễn Văn Hiệp<sup>(2)</sup>, Nguyễn Văn Thắng<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

<sup>(2)</sup>Viện Vật lý địa cầu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>(3)</sup>Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Ngày nhận bài: 01/10/2020; ngày chuyển phản biện: 02/10/2020; ngày chấp nhận đăng: 22/10/2020

**Tóm tắt:** Nghiên cứu này ứng dụng sơ đồ ban đầu hóa xoáy động lực với mô hình Nghiên cứu và Dự báo thời tiết WRF (Weather Research Forecasting) dự báo cường độ và nghiên cứu cấu trúc bão Damrey (2017) giai đoạn gần bờ và đổ bộ. Mô hình được chạy với hai trường hợp có ban đầu hóa xoáy và không ban đầu hóa với số liệu đầu vào từ mô hình dự báo toàn cầu của Hoa Kỳ (GFS). Kết quả cho thấy ban đầu hóa xoáy đã cải thiện đáng kể chất lượng dự báo cường độ bão. Phân tích sản phẩm mô hình chạy với ban đầu hóa xoáy cho thấy trong khi khí áp mực biển có cấu trúc tương đối đối xứng, phân bố gió mực 10 m, tốc độ gió, tỉ số xáo trộn ngưng kết có đặc điểm phi đối xứng mạnh với các giá trị thiên lớn hơn về phía Tây khi bão xa bờ. Khi bão tiến gần bờ gió mạnh hơn và đối lưu phát triển mạnh hơn về phía đất liền có thể do hoàn lưu phía Tây cơn bão có hướng gió gần cùng hướng với gió mùa Đông Bắc dẫn tới cộng hưởng và gió mạnh hơn. Khi bão đổ bộ, khu vực phía Tây cơn bão có đối lưu sâu phát triển mạnh có thể do tương tác giữa hoàn lưu bão với địa hình. Trái ngược với đối lưu, gió cực đại mực 10 m trong bão phía đất liền yếu hơn nhiều so với tốc độ gió cực đại trên biển do ảnh hưởng mạnh của ma sát bề mặt và sự quẩn hút của không khí có động năng yếu khu vực đất liền vào vùng gần tâm bão.

**Từ khóa:** Ban đầu hóa xoáy, Bão, WRF, Damrey.

## 1. Giới thiệu

Bão là một trong những hiện tượng thời tiết nguy hiểm, không chỉ gây ra những thiệt hại to lớn về kinh tế - xã hội mà còn đe dọa tính mạng của con người. Theo số liệu thống kê nhiều năm thì trung bình hàng năm có khoảng 5-6 cơn bão và 2-3 áp thấp nhiệt đới (ATNĐ) ảnh hưởng đến Việt Nam [13]. Trong những năm gần đây, cường độ và quỹ đạo của bão ngày càng có diễn biến phức tạp, gây khó khăn cho công tác dự báo, đồng thời cũng gây ra thiệt hại khó lường. Vì vậy, nhằm giảm thiểu hậu quả do bão gây ra, công tác dự báo bão đang được quan tâm tại nhiều quốc gia trên thế giới, trong đó có Việt Nam.

Theo Báo cáo đánh giá về thiệt hại bão

Damrey của World Bank [14], cơn bão số 12 (bão Damrey) đã đổ bộ vào Việt Nam với sức gió lên tới 135 km/giờ. Cơn bão tác động chủ yếu ở khu vực Nam Trung Bộ và gây ra thiệt hại vô cùng lớn về người và của. Số người chết và mất tích lên tới 123 người, phá hủy 302.783 ngôi nhà. Tổng cộng có 38.628 ha lúa và hoa màu bị ngập, thiệt hại, 32.494 ha cây công nghiệp bị đổ/gãy; 4.472 ha trại nuôi trồng thủy sản bị hư hỏng/cuốn trôi, và 38.629 lồng nuôi thủy sản bị cuốn trôi; 1.809 tàu cá bị hư hỏng/chìm. Tổng thiệt hại do bão Damrey gây ra ước tính khoảng 22.680 tỷ đồng, tương đương khoảng 1 tỷ USD.

Sự hình thành và phát triển của bão thường diễn ra trên biển, nơi mà nguồn số liệu quan trắc vô cùng thưa thớt. Hơn nữa, điều kiện ban đầu của các mô hình khu vực được nội suy từ phân tích toàn cầu có độ phân giải tương đối thô, điều đó có thể dẫn đến sự khác biệt lớn về cường

Liên hệ tác giả: Nguyễn Bình Phong  
Email: nbphong@hunre.edu.vn

độ cũng như là đặc điểm vật lý giữa xoáy ban đầu trong mô hình khu vực và mô hình toàn cầu. Ngoài ra, xoáy ban đầu từ phân tích toàn cầu thường có cường độ quá yếu hoặc quá mạnh so với thực tế, đây là một trong những nguyên nhân dẫn đến những sai số trong quá trình khởi tạo [8].

Ban đầu hóa xoáy là kĩ thuật xây dựng một xoáy giả có cấu trúc và cường độ gần với xoáy bão thực, có vị trí trùng với vị trí xoáy bão quan trắc để thay thế xoáy có độ phân giải thấp từ phân tích toàn cầu [8,11] nhằm cải thiện điều kiện ban đầu cho các mô hình số. Mathur (1991) [11] sử dụng hàm phân tích thực nghiệm cho cấu trúc gió từ bề mặt tới các mực trên cao cho quá trình ban đầu hóa, kết quả cho thấy sự cải thiện đáng kể trong điều kiện ban đầu của bão.

Ngoài ra, quá trình ban đầu hóa xoáy trong mô hình số cũng đã góp phần cải thiện được mô phỏng và dự báo cường độ, quỹ đạo bão. Kwon và Cheong (2010) [10] đã đưa ra phương pháp ban đầu hóa xoáy với xoáy giả ba chiều lý tưởng từ dữ liệu thực nghiệm và dữ liệu phân tích. Nghiên cứu đã chỉ ra rằng ban đầu hóa xoáy đã cải thiện được đáng kể dự báo cường độ lẫn quỹ đạo bão so với trường hợp không có ban đầu hóa. Chou và cộng sự (2010) [7], Pu và cộng sự (2002) [12] đồng hóa dữ liệu giáng thủy bề mặt TRMM cho siêu bão Paka (1997) bằng mô hình MM5. Kết quả nghiên cứu cho thấy, đồng hóa dữ liệu góp phần cải thiện cường độ, cấu trúc động học và lượng mưa trong bão. Đồng thời cường độ và quỹ đạo dự báo cũng được cải thiện đáng kể. Wu và Chou (2008) [6] tiến hành ban đầu hóa xoáy bằng cách sử dụng kĩ thuật đồng hóa dữ liệu dropwindsonde cũng cho thấy những cải thiện về dự báo cường độ và quỹ đạo bão.

Tại Việt Nam, một số nghiên cứu về ban đầu hóa xoáy đã được thực hiện nhằm cải thiện chất lượng dự báo của mô hình. Bùi Hoàng Hải và Phan Văn Tân (2002) [1] khảo sát ảnh hưởng quá trình ban đầu hóa tới quỹ đạo dự báo bằng việc chạy mô hình WBAR cho 3 cơn bão Durian (2001), Kajiki (2001), Wukong (2000). Kết quả cho thấy ban đầu hóa xoáy đã góp phần làm giảm sai số vị trí của quỹ đạo dự báo. Phan Văn Tân và Nguyễn Lê Dũng (2008) [2] đã xây

dựng xoáy nhân tạo bằng cách đồng hóa số liệu quan trắc giả từ mô-đun đồng hóa dữ liệu biển phân ba chiều 3D-VAR trong mô hình WRF thử nghiệm dự báo đối với 10 cơn bão hoạt động trên khu vực biển Đông trong khoảng thời gian từ 2006-2008. Kết quả nghiên cứu cho thấy, việc sử dụng bộ số liệu “giả” đã cải thiện đáng kể chất lượng dự báo quỹ đạo bão, nhất là đối với các cơn bão mạnh. Trần Tân Tiến và Lê Thị Hồng Vân (2009) [4] nghiên cứu sự ảnh hưởng của các yếu tố cấu thành xoáy nhân tạo trong đồng hóa số liệu xoáy giả bằng mô hình WRF đối với cơn bão Lekima đã nhận định rằng vai trò của ban đầu hóa xoáy là quan trọng trong cải thiện chất lượng dự báo bão, đặc biệt là về cường độ. Dư Đức Tiến và cộng sự (2016) [3] đã sử dụng đồng thời thông tin quan trắc gió tại các mực trên cao tính toán từ sự dịch chuyển của mây do Trường đại học Wisconsin, Hoa Kỳ cung cấp để xây dựng mô hình xoáy ba chiều đầy đủ bằng phương pháp đồng hóa tổ hợp lọc Kalman (LetKF) cho mô hình WRF-ARW. Nghiên cứu được thực hiện thử nghiệm trên cơn bão Usagi (2013) hoạt động trên khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương. Kết quả cho thấy việc đưa thông tin quan trắc vào góp phần tăng cường chất lượng dữ báo quỹ đạo được cải thiện tại hầu hết các hạn dự báo.

Với trường hợp bão Damrey, một số vấn đề khoa học và thực tiễn đáng được quan tâm là: Thứ nhất, các cơn bão thường yếu đi khi di chuyển gần bờ, tuy nhiên là cường độ bão Damrey lại mạnh lên khi di chuyển vào gần bờ và gần như duy trì cường độ đến khi đổ bộ; hai là kết quả dự báo nghiệp vụ tại Việt Nam cũng như sản phẩm mô hình tại các trung tâm lớn trên thế giới đối với cường độ bão đều yếu hơn đáng kể so với thực tế; ba là, hậu quả của bão vô cùng nghiêm trọng cả về người và tài sản. Các nghiên cứu trước đây cho thấy ban đầu hóa xoáy có nhiều ưu điểm vượt trội so với trường hợp không có ban đầu hóa. Câu hỏi đặt ra là, liệu với ban đầu hóa xoáy động lực, mô hình WRF có thể dự báo được cường độ bất thường của bão Damrey khi tiến gần bờ? Nếu dự báo cường độ tốt, sản phẩm mô hình có thể sử dụng để nghiên cứu ảnh hưởng của địa hình tới cấu trúc bão Damrey. Xuất phát từ thực tế trên, trong bài báo này sẽ sử dụng mô hình WRF với ban đầu

hóa xoáy động lực để đánh giá khả năng dự báo cường độ và nghiên cứu cấu bão Damrey (2017) giai đoạn bão gần bờ và đổ bộ. Phần tiếp theo của bài báo sẽ mô tả số liệu và phương pháp nghiên cứu ở Mục 2. Mục 3 là kết quả. Cuối cùng phần kết luận ở Mục 4.

## 2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Số liệu

Trong bài báo này, bộ số liệu chỉ thị của bão (besttrack) cung cấp bởi của Cơ quan Khí tượng Nhật Bản (JMA) được sử dụng làm số đầu vào cho chương trình ban đầu hóa xoáy. Số liệu besttrack bao gồm: Khu vực bão hình thành, vị trí tâm bão (vĩ độ và kinh độ) và cường độ (tốc độ gió mạnh nhất, khí áp mực biển thấp nhất cách nhau 6 giờ một). Số liệu trường ban đầu và điều kiện biên phụ thuộc thời gian được lấy từ sản phẩm dự báo của mô hình toàn cầu GFS của NCEP.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

#### a) Phương pháp ban đầu hóa xoáy động lực

Bài báo này ứng dụng phương pháp ban đầu hóa xoáy động lực NC2011 của nhóm tác giả Nguyễn Văn Hiệp và Yi-Leng Chen (2011) [5] để tạo một trường ban đầu cho mô hình WRF nhằm thử nghiệm dự báo cường độ cơn bão Damrey năm 2017. Đây là phương pháp ban đầu hóa thông qua kỹ thuật chạy lặp nhằm tạo điều kiện ban đầu độ phân giải cao cho mô hình số. Xoáy bão được tạo ra có cấu trúc phi đối xứng ba chiều phù hợp động lực với điều kiện môi trường bão. Cường độ, kích thước và vị trí bão phù hợp với thực tế.

Chương trình ban đầu hóa xoáy động lực NC2011 được xây dựng với hai giả thiết: Thứ nhất là trong khoảng thời gian ngắn (dưới 1 giờ) xoáy thuận nhiệt đới (XTNĐ) di chuyển nhưng cấu trúc của nó thay đổi không đáng kể; thứ hai là cấu trúc của XTNĐ bao gồm nhiệt độ bề mặt nước biển (SST), gió, nhiệt độ, độ ẩm tương đối và các biến khí tượng khác thay đổi rất nhỏ trong mỗi vòng chạy lặp. Trên cơ sở đó, sơ đồ NC2011 xây dựng có các đặc điểm cơ bản như: Sử dụng dữ liệu dự báo toàn cầu làm điều kiện ban đầu cho quá trình khởi tạo xoáy thông qua khoảng 60-80 vòng lặp với thời gian tích phân mỗi vòng lặp là 1 giờ. Sau mỗi vòng lặp, xoáy từ

vòng lặp trước đó được tách ra và sử dụng làm xoáy ban đầu cho vòng lặp tiếp trong khi trường môi trường được giữ không đổi.

Để có được xoáy giả, các quá trình sau được áp dụng cho mỗi biến  $F$  ở đầu mỗi chu kỳ chạy:

$$F_{c+1,t0,x,y,z}^V = F_{c,t0,x,y,z,t}^V + f_{c,t0,x,y,z}^V \quad c=1,\dots,N$$

Trong đó  $x,y,z$  là tọa độ không gian,  $F_c^V$  và  $F_{c+1}^V$  là các phần xoáy của biến  $F$  ở vòng lặp  $c$  và ở vòng lặp  $c+1$  tại thời điểm ban đầu của mô hình  $t_0$ ;  $f_c^V$  là sự khác biệt trong thành phần xoáy của biến  $F$  tại chu kỳ  $c$  giữa thời gian ban đầu và thời gian ban đầu cộng với  $dt$ . Trong trường hợp này  $dt$  là 60 phút.  $N$  là số vòng chạy lặp.

Quá trình lặp được thực hiện cho đến khi cường độ xoáy bão mô hình đạt cường độ quan trắc tại besttrack. Trong thực tế áp dụng, điều kiện để dừng quá trình lặp là chênh lệch  $V_{max}$  nhỏ hơn  $2 \text{ m s}^{-1}$ , chênh lệch  $P_{min}$  nhỏ hơn  $5 \text{ hPa}$ . Thông thường số lần lặp khoảng 60 tới 80 vòng.

#### b) Thiết kế thí nghiệm

Trong nghiên cứu này sử dụng mô hình Nghiên cứu và Dự báo thời tiết WRF (Weather Research and Forecast) của Hoa Kỳ. Đây là mô hình được phát triển từ những đặc tính ưu việt nhất của mô hình MM5 với sự cộng tác của nhiều cơ quan tổ chức lớn trên thế giới. Hiện nay, mô hình WRF đang được sử dụng rộng rãi trong dự báo thời tiết nghiệp vụ cũng như trong nghiên cứu ở nhiều quốc gia trên thế giới.

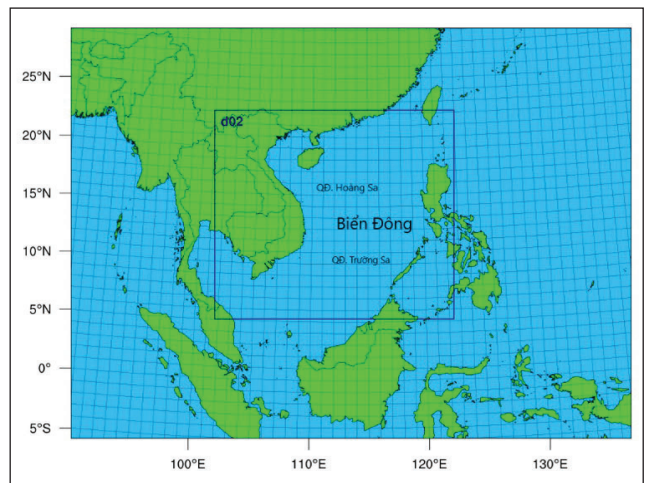
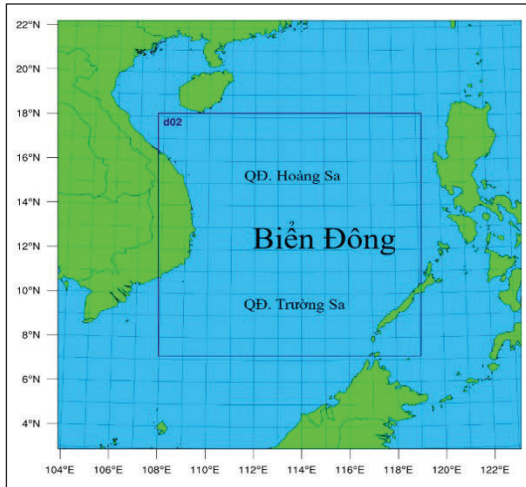
Các lựa chọn vật lý của mô hình tương tự như Nguyen and Chen (2011) [5] bao gồm sơ đồ vi vật lý mây Ferrier, Sơ đồ bức xạ sóng dài RRTM, sơ đồ bức xạ sóng ngắn Dudhia, sơ đồ vật lý bề mặt Monin-Obukhov và sơ đồ tham số hóa đối lưu Betts-Miller-Janjic.

Miền tính được sử dụng để chạy ban đầu hóa xoáy và dự báo bao gồm 2 lưới lồng ghép nhau với độ phân giải lần lượt là 18km và 6km. Trong đó, kích thước miền tính sử dụng chạy ban đầu hóa lần lượt là 121x121, 205x205 điểm lưới. Miền tính chạy dự báo có kích thước lớn hơn, 301x221 và 385x337 điểm lưới, để có thể tính toán được ảnh hưởng của các hình thể thời tiết khổng lồ khu vực (Hình 1). Cần chú ý rằng, trong phương pháp NC2011, vị trí các miền tính tại mỗi thời điểm dự báo được xác định tương

đối theo tâm bão.

Phân tích diễn biến và cường độ bão Damrey cho thấy, một điểm đặc biệt của cơn bão này là bão di chuyển vào gần bờ, bão tăng cường độ và duy trì cường độ đến trước khi đổ bộ. Đây là một trong những diễn biến khiến các mô hình được sử dụng ở trong và ngoài nước đều không nắm bắt

được. Từ thực tế trên, bài báo đã nghiên cứu ứng dụng sơ đồ ban đầu hóa xoáy động lực NC2011 cho mô hình WRF để thử nghiệm dự báo với hạn 24 giờ với thời điểm ban đầu là 00Z ngày 03/11/2017. Đây là thời điểm khi bão Damrey bắt đầu di chuyển nhanh vào gần bờ và có những diễn biến về cường độ trái quy luật.



Hình 1. Miền tính sử dụng trong quá trình chạy ban đầu hóa xoáy (trái) và dự báo (phải)

### 3. Kết quả

Kỹ thuật ban đầu hóa xoáy được trình bày trong phần 2 được kết hợp với mô hình WRF phiên bản 3.7. Trong phần này trình bày kết quả dự báo hạn 24 giờ của bão Damrey ban đầu hóa lúc 00Z ngày 03/11/2017. Đây là thời điểm 24 giờ trước khi bão đổ bộ vào đất liền. Hai thí nghiệm được thực hiện bao gồm: Điều kiện ban đầu được lấy thuần túy từ dự báo toàn cầu GFS (CTRL) và điều kiện ban đầu được cập nhật với sơ đồ ban đầu hóa xoáy NC2011 (NT).

#### 3.1. Vai trò của ban đầu hóa xoáy động lực

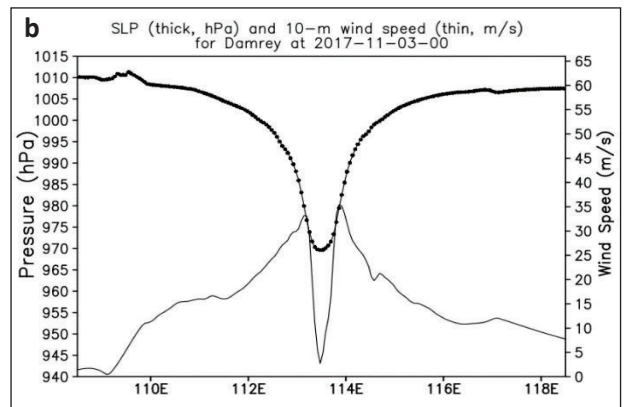
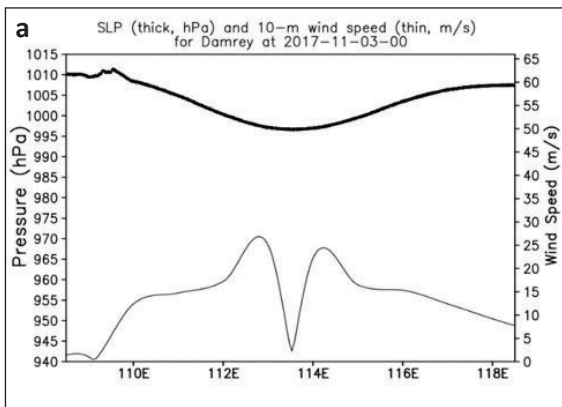
Bảng 1 mô tả sai số trường ban đầu tại các vòng lặp khác nhau đối với khí áp mực biển cực tiểu tại tâm bão Pmin (hPa) và tốc độ gió cực đại gần tâm bão Vmax ( $m s^{-1}$ ) ở vòng lặp từ 55 tới 65. Kết quả vòng lặp thứ 61 là vòng lặp đầu tiên có Vmax và Pmin trùng với số liệu quan trắc với trị số khí áp cực tiểu tại tâm bão tương ứng là 970 hPa và  $36 m s^{-1}$ . Vòng lặp 61 được

lựa chọn làm điều kiện ban đầu cho mô hình dự báo. Mặt cắt dọc vĩ tuyến qua tâm bão trên Hình 2 cho thấy sau khi ban đầu hóa xoáy trường khí áp mực biển cực tiểu và tốc độ gió cực đại đã được điều chỉnh từ giá trị phân tích 995 hPa và  $26 m s^{-1}$  về giá trị quan trắc tương ứng là 970 hPa và  $36 m s^{-1}$ .

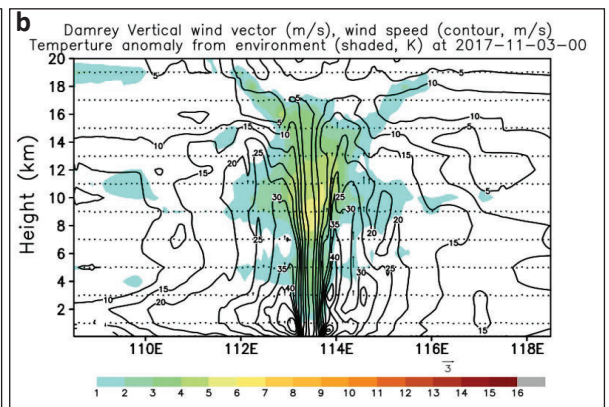
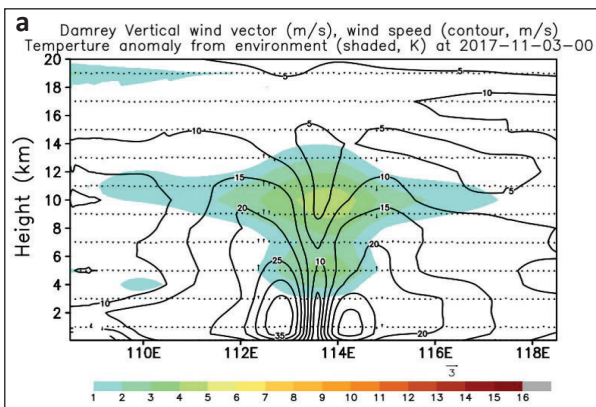
Mặt cắt vĩ hướng qua tâm bão trường tốc độ gió ( $m s^{-1}$ ) và dị thường nhiệt độ (K) bão Damrey cho hai trường hợp không có ban đầu hóa xoáy (Hình 3a) và có ban đầu hóa xoáy (Hình 3b) cho thấy dị thường nhiệt độ trong trường phân tích đạt cực đại khoảng 4-5 K tại độ cao khoảng 10km (Hình 3a). Sau khi ban đầu hóa xoáy, dị thường nhiệt độ vẫn đạt cực đại ở độ cao khoảng 10 km nhưng giá trị tăng lên tới 10-12 K. Sự tăng lên của dị thường nhiệt độ này phù hợp với cường độ bão tăng lên gần với giá trị cường độ quan trắc. Trên thực tế bão càng mạnh thì áp cực tiểu tại tâm giảm và dị thường nhiệt độ mực cao vùng tâm bão tăng.

Bảng 1. Sai số từng vòng lặp tại trường ban đầu

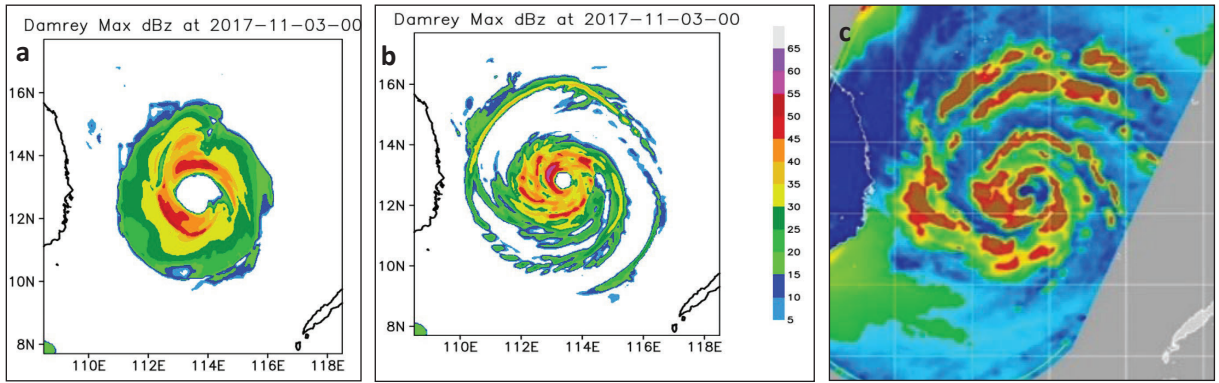
Vòng lặp	ID	Vmax	Pmin	Delta Vmax	Delta Pmin
55	41512	36	971	0	1
56	41518	36	971	0	1
57	41523	35	971	1	1
58	41529	35	971	1	1
59	41534	36	970	0	0
60	41539	37	970	1	0
61	41545	36	970	0	0
62	41550	36	970	0	0
63	41555	38	969	2	1
64	41601	38	969	2	1
65	41606	36	969	0	1



Hình 2. Mặt cắt vĩ hướng qua tâm bão trường gió mực 10 m ( $m s^{-1}$ ) và khí áp mực mặt biển (hPa) bão Damrey cho trường hợp (a) không có ban đầu hóa xoáy và (b) có ban đầu hóa xoáy



Hình 3. Mặt cắt vĩ hướng qua tâm bão trường tốc độ gió ( $m s^{-1}$ ) và dị thường nhiệt độ (K) bão Damrey cho trường hợp (a) không có ban đầu hóa xoáy và (b) có ban đầu hóa xoáy



Hình 4. Độ phản hồi vô tuyến tại thời điểm ban đầu 00Z ngày 03/11/2017 trường hợp (a) không ban đầu hóa xoáy, (b) có ban đầu hóa xoáy và (c) ảnh mây vệ tinh kênh 89H

Hình 3 cũng cho thấy sau khi ban đầu hóa xoáy, ngoài cường độ gió cực đại gần với thực tế hơn thì phân bố cường độ gió vùng gần tâm bão cũng phù hợp hơn. Trong khi bán kính gió cực đại trên trường phân tích tới khoảng 100 km (Hình 3a), bán kính này trên trường ban đầu hóa xoáy khoảng 30-50 km. Với thời điểm bão đã mạnh, độ lớn bán kính gió cực đại trong trường sau khi ban đầu hóa xoáy là phù hợp với thực tế hơn. Bán kính mắt bão thực tế trong trường hợp này cũng khoảng 30-50 km (Hình 4b).

Độ phản hồi vô tuyến của bão tại thời điểm ban đầu cho hai trường hợp trước và sau ban đầu hóa xoáy (Hình 4) cho thấy khi không ban đầu hóa xoáy phản hồi vô tuyến mô phỏng (Hình 4a) không phù hợp với quan trắc vệ tinh. Sau ban đầu hóa xoáy (Hình 4b) hình dạng của bão khá tương đồng với ảnh mây vệ tinh (Hình 4c), đặc biệt vùng gần tâm bão. Phía Tây mắt bão có độ phản hồi tương đối cao, đạt từ 45-50 dbz, trùng với vùng có độ phản hồi cao trên ảnh mây vệ tinh. Ngoài ra, các dải mây xung quanh mắt bão có độ phản hồi nhỏ hơn, đạt từ 25-35 dbz cũng được mô phỏng gần với thực tế.

### 3.2. Ảnh hưởng của ban đầu hóa xoáy tới kết quả dự báo cường độ bão Damrey

Trường hợp bão Damrey, dự báo nghiệp vụ ở Việt Nam và các trung tâm lớn trên thế giới đều dự báo tốt quỹ đạo bão. Một trong những vấn đề đáng quan tâm trong dự báo cơn bão Damrey là dự báo cường độ vì bão mạnh lên khi tiến gần bờ. Do vậy bài báo này chỉ tập trung vào nghiên cứu khả năng dự báo cường độ bão Damrey. Bảng 2 và Hình 5a cho thấy kết quả sai số khí áp cực tiểu tại tâm bão hạn tới 24 giờ tại thời điểm ban đầu lúc 00Z ngày 03/11/2017. Có thể nhận thấy sai số của mô hình khi sử dụng chương trình ban đầu hóa xoáy nhỏ hơn so với trường hợp mặc định ở hầu hết các hạn dự báo. Đặc biệt tại thời điểm ban đầu và hạn dự báo 18 giờ, sai số chỉ 1 hPa.

Sai số tốc độ gió cực đại gần tâm bão hạn tới 24 giờ tại thời điểm ban đầu lúc 00Z ngày 03/11/2017 được tính toán và thể hiện trong Bảng 3 và Hình 5b. Qua bảng số liệu cũng như biểu đồ, ta có thể thấy sai số của mô hình với kỹ thuật ban đầu hóa xoáy luôn cho kết quả nhỏ hơn so với trường hợp không có ban đầu hóa, hơn nữa tại các hạn dự báo sai số luôn nhỏ hơn  $10 \text{ m s}^{-1}$ . Đặc biệt tại thời điểm ban đầu và hạn dự báo 6 giờ sai số là  $0 \text{ m s}^{-1}$  và  $1 \text{ m s}^{-1}$  (Bảng 3).

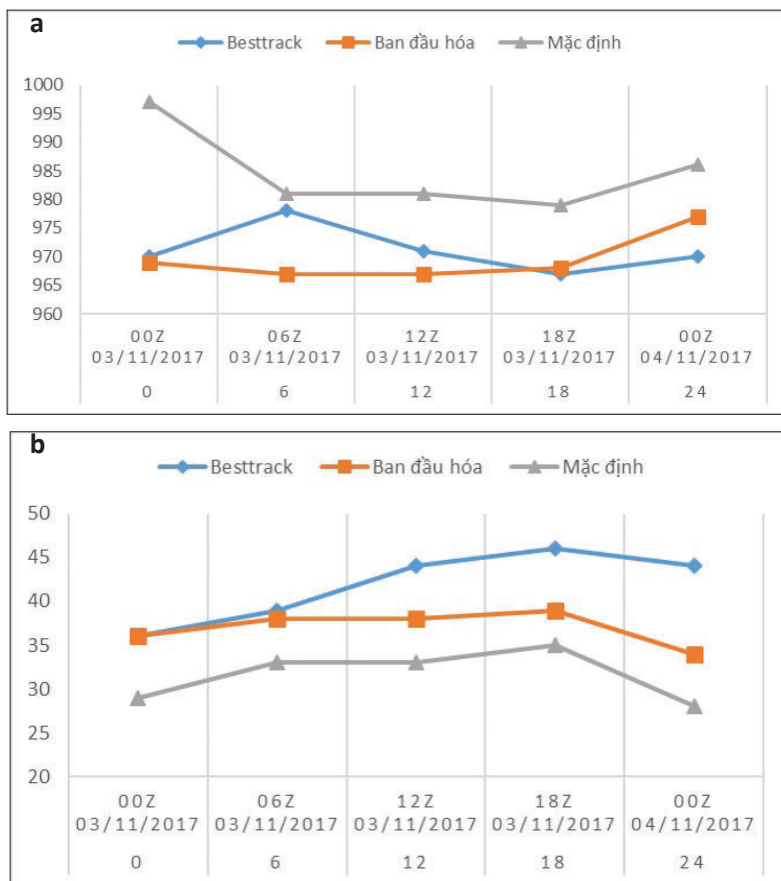
Bảng 2. Sai số khí áp cực tiểu tại tâm (hPa)

Hạn dự báo	Thời gian dự báo	Besttrack	Ban đầu hóa	Mặc định	Sai số (Ban đầu hóa)	Sai số (Mặc định)
0	00Z 03/11/2017	970	969	997	-1	27
6	06Z 03/11/2017	978	967	981	-11	3

Hạn dự báo	Thời gian dự báo	Besttrack	Ban đầu hóa	Mặc định	Sai số (Ban đầu hóa)	Sai số (Mặc định)
12	12Z 03/11/2017	971	967	981	-4	10
18	18Z 03/11/2017	967	968	979	1	12
24	00Z 04/11/2017	970	977	986	7	16

Bảng 3. Sai số tốc độ gió cực đại gần tâm bão (m s-1)

Hạn dự báo	Thời gian dự báo	Besttrack	Ban đầu hóa	Mặc định	Sai số (Ban đầu hóa)	Sai số (Mặc định)
0	00Z 03/11/2017	36	36	29	0	-7
6	06Z 03/11/2017	39	38	33	-1	-6
12	12Z 03/11/2017	44	38	33	-6	-11
18	18Z 03/11/2017	46	39	35	-7	-11
24	00Z 04/11/2017	44	34	28	-10	-16



Hình 5. Biến trình áp cực tiểu (hPa) tại tâm (a) và tốc độ gió cực đại (m s-1) gần tâm (b) hạn dự báo tới 24 giờ thời điểm dự báo là 00Z ngày 03/11/2017

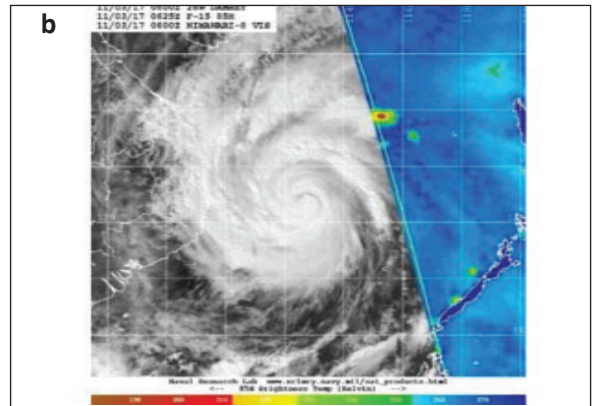
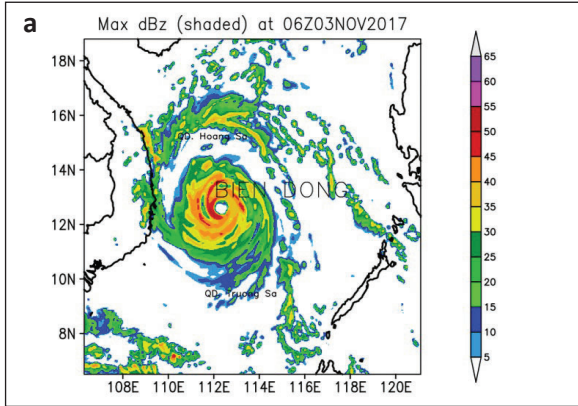
### 3.3. Cấu trúc bão Damrey (2017) khi gần bờ và đổ bộ

Trên cơ sở dự báo tương đối tốt cường độ

như đã nêu ra ở Mục 3.2, sản phẩm mô hình chạy với ban đầu hóa xoáy được sử dụng để đưa ra các nhận định về cấu trúc thẳng đứng của

bão giai đoạn gần bờ và đổ bộ. Ảnh mây vệ tinh trên hình Hình 6b cho thấy, khi còn cách đất liền khoảng 400 km, bão có kích thước khá lớn với cấu trúc mây gần tâm bão tương đối đối xứng. Tuy nhiên, đối lưu sâu phát triển mạnh hơn phía Tây tâm bão. Vùng bán kính trên 200 km từ tâm

bão có cấu trúc phi đối xứng với mây tập trung phía bắc của tâm bão. Phía đông cơn bão mây chủ yếu tập trung ở vùng khoảng 200 km gần tâm bão. Các đặc trưng phân bố phi đối xứng của mây được mô hình mô phỏng tương đối tốt (Hình 6a).



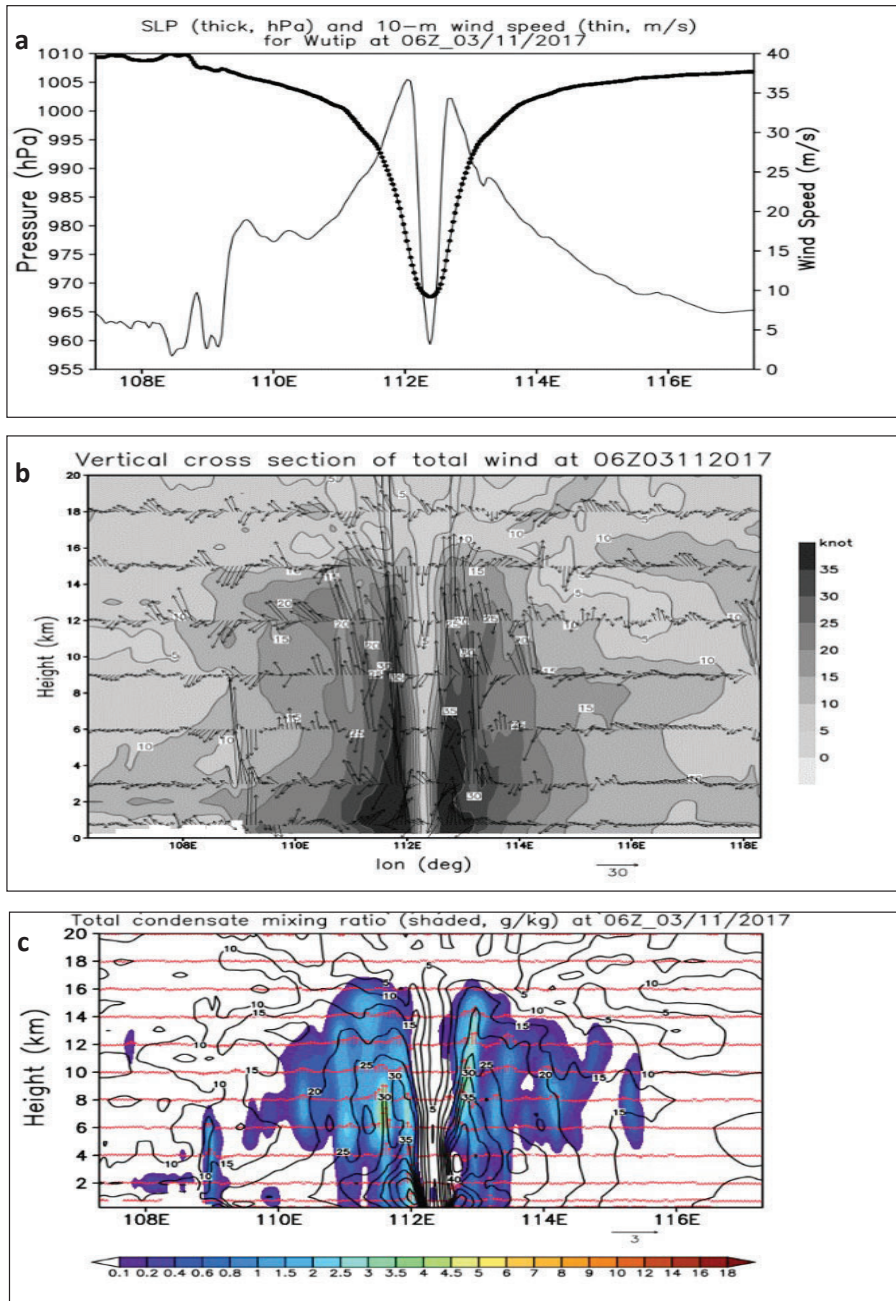
Hình 6. Bản đồ độ phản hồi vô tuyến hạn dự báo 6 giờ trường hợp có ban đầu hóa (a) và ảnh mây vệ tinh (b) tại thời điểm 06 Z ngày 03/11/2017

Để nghiên cứu cấu trúc của bão khi bão gần bờ, Hình 7 mô tả mặt cắt thẳng đứng qua tâm bão ở hạn dự báo 06 giờ thời điểm 06Z ngày 03/11/2017. Hình 7b cho thấy khu vực có dòng giáng vùng tâm bão tồn tại từ độ cao 18 km xuống tới gần bề mặt. Trong khi khí áp mực biển có cấu trúc tương đối đối xứng, phân bố gió mực 10 m, tốc độ gió, tỉ số xáo trộn ngưng kết có đặc điểm phi đối xứng với các giá trị thiên lớn hơn về phía Tây (Hình 7). Các đặc trưng này phù hợp với cấu trúc của mây và độ phản hồi vô tuyến trên Hình 6. Vậy có thể thấy gió mạnh hơn, đối lưu phát triển hơn về phía đất liền và bờ biển Việt Nam. Phần tầng cường mây phía Bắc cơn bão có thể do tăng cường hội tụ ẩm khi hoàn lưu bão tương tác với không khí lạnh.

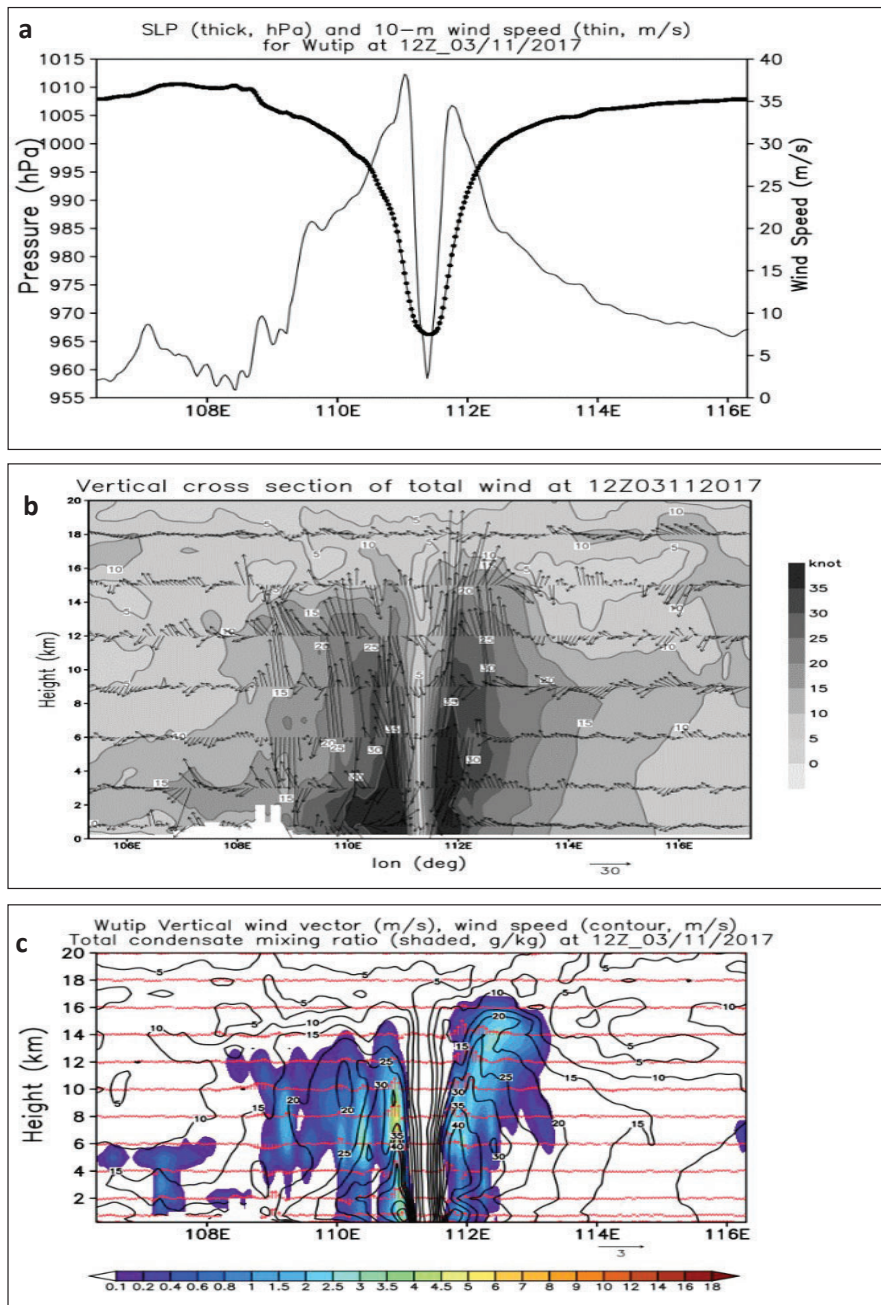
Tại thời điểm 12Z ngày 03/11/2017 (Hình 8) bão tiếp tục di chuyển theo hướng Tây, tâm bão còn cách đất liền khoảng 200 km. Hoàn lưu phía Tây của bão đã ảnh hưởng tới vùng biển Nam Trung Bộ và các tỉnh trong khu vực. Hình 8 cho thấy cấu trúc bão tiếp tục giữ đặc điểm phi đối xứng mạnh với gió mạnh hơn và đối lưu phát triển mạnh hơn về phía đất liền. Đây là một đặc trưng khá bất thường của cơn bão Damrey. Thông thường khi bão gần bờ do ảnh hưởng của

mặt đệm, tốc độ gió mạnh thường mạnh hơn phía đông cơn bão nơi có ma sát trên biển thấp hơn. Có thể do trường hợp này, hoàn lưu phía Tây cơn bão có hướng gió gần cùng hướng với gió mùa Đông Bắc dẫn tới cộng hưởng và gió mạnh hơn.

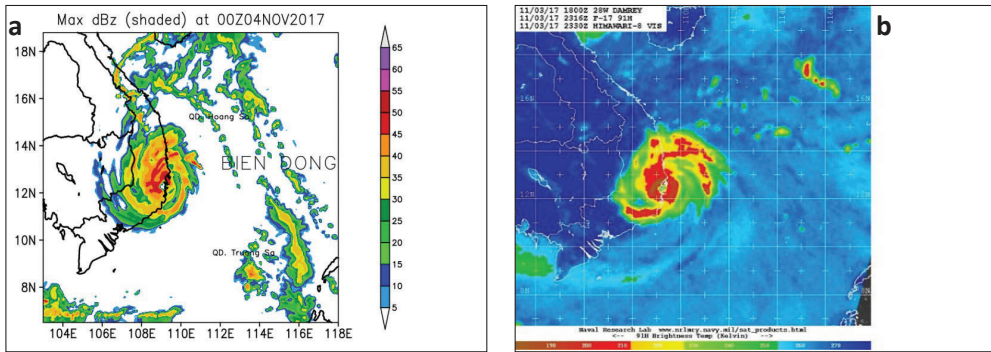
Tại thời điểm 00Z ngày 04/11/2017 (Hình 9) bão đã đổ bộ vào đất liền Việt Nam. Cấu trúc bão mô phỏng (Hình 9a) và quan trắc vệ tinh (Hình 9b) khá phù hợp khi vùng tập trung đối lưu sâu chủ yếu trên đất liền Việt Nam, khu vực phía Tây so với tâm bão. Các khu vực đối lưu sâu này phát triển mạnh với đỉnh đối lưu lên tới trên 18 km (Hình 10b, 10c). Sự phát triển mạnh của đối lưu sâu trên đất liền có thể do tương tác giữa hoàn lưu bão với địa hình. Trái ngược với đối lưu, gió cực đại trong bão phía đất liền lại yếu hơn nhiều do ảnh hưởng mạnh của ma sát bề mặt và sự quán hút của không khí có động năng yếu khu vực đất liền vào vùng gần tâm bão (Hình 10a). Mặc dù gió ở độ cao lớn hơn thường mạnh hơn, vùng gần tâm bão phía Tây tâm bão trên khu vực núi cao ở độ cao khoảng gần 2 km so với mặt biển, tốc độ gió cực đại chỉ đạt khoảng  $24 \text{ m s}^{-1}$ . Phía Đông cơn bão, do không chịu ảnh hưởng mạnh của ma sát, gió cực đại mực 10m trên mặt biển vẫn đạt  $36 \text{ m s}^{-1}$ .



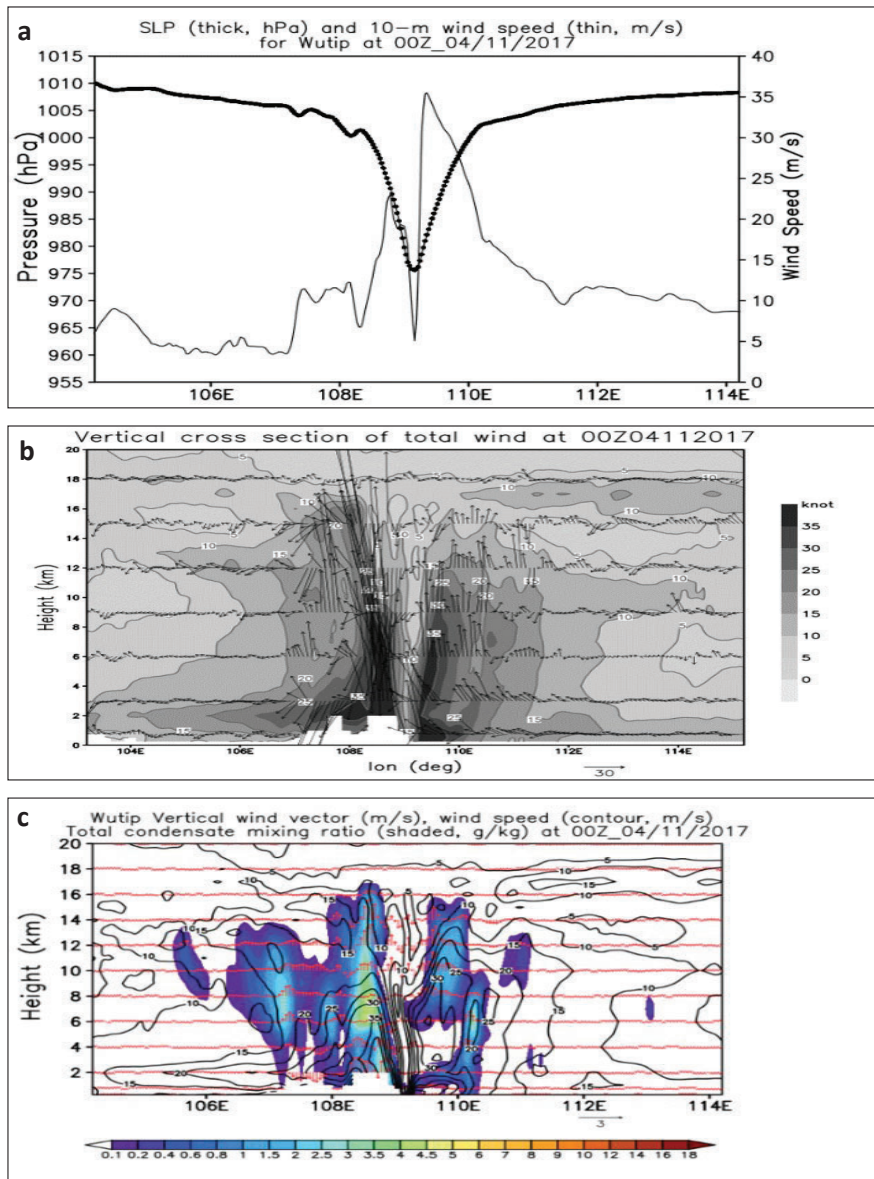
Hình 7. Mặt cắt thẳng đứng qua tâm bão trong trường hợp ban đầu hóa xoáy đối với (a) gió mực 10 m ( $m s^{-1}$ ), khí áp mực biển (hPa), (b) gió và tốc độ gió và (c) tỉ số xáo trộn ngưng kết ở hạn dự báo 06 giờ thời điểm 06Z ngày 03/11/2017



Hình 8. Tương tự như Hình 7 nhưng cho dự báo 12 giờ thời điểm 12Z ngày 03/11/2017



Hình 9. Độ phản hồi vô và ảnh mây vệ tinh lúc bão đổ bộ (a) dự báo 24 giờ tại thời điểm 00:00Z ngày 04/11/2017 và (b) ảnh mây vệ tinh lúc 23:16Z ngày 03/11/2017



Hình 10. Tương tự như Hình 7 nhưng cho dự báo 24 giờ thời điểm 00Z ngày 04/11/2017

#### 4. Kết luận

Để đánh giá vai trò của ban đầu hóa xoáy đối với việc dự báo cường độ bão, nghiên cứu này đã tiến hành ứng dụng phương pháp ban đầu hóa xoáy động lực NC2011 với cơn bão Damrey (2017) trong hai trường hợp có ban đầu hóa xoáy và trường hợp mặc định (không ban đầu hóa) dự báo bão cho thời điểm 00Z ngày 03/11/2017 khi bão tiến gần bờ và mạnh lên trước khi đổ bộ.

Phương pháp ban đầu hóa xoáy đã cải thiện đáng kể chất lượng dự báo cường độ bão, sai số tại các hạn dự báo hầu hết đều nhỏ hơn so với không ban đầu hóa xoáy. Đối với trường áp, sai số tại thời điểm ban đầu và tại hạn dự báo 18 giờ sai số chỉ 1 hPa. Với trường tốc độ gió cực đại, thời điểm ban đầu sai số bằng  $0 \text{ m s}^{-1}$ , trong 6 giờ tiếp theo là  $1 \text{ m s}^{-1}$ , tại các hạn dự báo còn lại sai số đều không quá  $10 \text{ m s}^{-1}$ . Kỹ thuật ban đầu hóa xoáy nắm bắt được sự duy trì cường độ của bão giai đoạn 24h cho tới khi đổ bộ vào đất liền, điều này cho thấy những cải thiện đáng kể trong việc dự báo cường độ bão so sánh với trường hợp thiết lập mặc định.

Sản phẩm mô hình chạy với ban đầu hóa xoáy đã được sử dụng để đưa ra các nhận định về cấu

trúc thẳng đứng của bão giai đoạn gần bờ và đổ bộ. Kết quả cho thấy trong khi khí áp mực biển có cấu trúc tương đối đối xứng, phân bố gió mực 10 m, tốc độ gió, tỉ số xáo trộn ngưng kết có đặc điểm phi đối xứng mạnh với các giá trị thiên lớn hơn về phía Tây. Khi bão tiến gần bờ cấu trúc bão tiếp tục giữ đặc điểm phi đối xứng mạnh với gió mạnh hơn và đối lưu phát triển mạnh hơn về phía đất liền. Đặc trưng này là khá bất thường của cơn bão Damrey có thể do trường hợp này, hoàn lưu phía Tây cơn bão có hướng gió gần cùng hướng với gió mùa Đông Bắc dẫn tới cộng hưởng và gió mạnh hơn. Ở phía Bắc xa tâm bão, mây tầng cường có thể do tăng cường hội tụ ẩm khi hoàn lưu bão tương tác với không khí lạnh.

Khi bão đã đổ bộ vào đất liền Việt Nam, khu vực phía Tây cơn bão có đối lưu sâu phát triển mạnh có thể do tương tác giữa hoàn lưu bão với địa hình. Trái ngược với đối lưu, gió cực đại mực 10 m trong bão phía đất liền mặc dù ở độ cao cao hơn tới 2 km lại yếu hơn nhiều so với tốc độ gió cực đại trên biển do ảnh hưởng mạnh của ma sát bề mặt và sự quán hút của không khí có động năng yếu khu vực đất liền vào vùng gần tâm bão.

#### Tài liệu tham khảo

##### Tài liệu tiếng Việt

1. Bùi Hoàng Hải, Phan Văn Tân (2002), “Khảo sát ảnh hưởng của trường ban đầu hóa đến sự chuyển động của bão trong mô hình chính áp dự báo quỹ đạo bão khu vực Biển Đông”, *Tạp chí Khí tượng Thủy Văn*, 8(500), tr.17-23.
2. Phan Văn Tân, Nguyễn Lê Dũng, (2008), “Thử nghiệm ứng dụng hệ thống WRF-VAR kết hợp với ban đầu hóa xoáy vào dự báo quỹ đạo bão trên biển Đông”, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 7(583), Tr. 1-9.
3. Dư Đức Tiến, Ngô Đức Thành, Kiều Quốc Chánh (2016), “Sử dụng đồng thời quan trắc quy mô lớn và quy mô bão trong việc tăng cường thông tin ban đầu cho bài toán dự báo xoáy thuận nhiệt đới bằng mô hình số trị”, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, Tập 32, Số 3S (2016) 224-235.
4. Trần Tân Tiến, Lê Thị Hồng Vân (2009), “Nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố cấu thành xoáy nhân tạo trong đồng hóa số liệu xoáy giả bằng mô hình WRF đối với cơn bão Lêkima”, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* 25, Số 3S (2009) 508- 516.

##### Tài liệu tiếng Anh

5. Hiep Van Nguyen and Yi-Leng Chen, (2011), *High-Resolution Initialization and Simulations of Typhoon Morakot (2009)*, Monthly Weather Review 139:5, 1463-1491.
6. Kun-Hsuan Chou and Chun-Chieh Wu. (2008), *Typhoon Initialization in a Mesoscale Model - Copination of the Bogused Vortex and the Dropwindsonde Data in DOTSTAR*, Monthly Weather

Review 136:3, 865-879.

7. Kun-Hsuan Chou, Chun-Chieh Wu, Po-Hsiung Lin, and Sharanya Majumdar. (2010), "Validation of QuikSCAT wind vectors by dropwindsonde data from Dropwindsonde Observations for Typhoon Surveillance Near the Taiwan Region (DOTSTAR)", *Journal of Geophysical Research* 115.
8. Kurihara, Y., M. A. Bender, and R. J. Ross, (1993), *An initialization scheme of hurricane models by vortex specification*, *Mon. Wea. Rev.*, 121, 2030–2045.
9. Kurihara, Y., M. A. Bender, R. E. Tuleya, and R. J. Ross, (1995), *Improvements in the GFDL hurricane prediction system*, *Mon. Wea. Rev.*, 123, 2791–2801.
10. Kwon, I.-H., and H.-B. Cheong, (2010), *Tropical cyclone initialization with a spherical high-order filter and an idealized three-dimensional bogus vortex*, *Mon. Wea. Rev.*, 138, 1344–1367.
11. Mathur, M. B., (1991), *The national meteorological center's quasiLagrangian model for hurricane prediction*, *Mon. Wea. Rev.*, 119, 1419–1447.
12. Pu, Z-X., W-K. Tao, S. Braun, J. Simpson, Y. Jia, J. Halverson, W. Olson, and A. Hou, (2002), *The impact of TRMM data on mesoscale numerical simulation of Supertyphoon Paka*, *Mon. Wea. Rev.*, 130, 2448–2458.
13. <http://www.kttvqg.gov.vn>
14. <https://www.worldbank.org/vi/news/speech/2018/03/29/vietnam-national-conference-on-disaster-risk-management>

## APPLICATION OF DYNAMICAL VORTEX INITIALIZATION SCHEME ON INTENSITY FORECAST AND STRUCTURE STUDY OF TYPHOON DAMREY (2017) DURING NEAR-SHORE AND LANDFALLING PERIOD

Nguyen Binh Phong<sup>(1)</sup>, Nguyen Van Hiep<sup>(2)</sup>, Nguyen Van Thang<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Hanoi University of Natural Resources and Environment

<sup>(2)</sup>Viet Nam academy of Science and Technology

<sup>(3)</sup>Viet Nam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change

Received: 01/10/2020; Accepted: 22/10/2020

**Abstract:** *This study applies the dynamical vortex initialization method with the Weather Research Forecasting (WRF) to forecast intensity and investigate structure of typhoon Damrey (2017) during the near-shore and landfall period. The model was run with two cases: With and without vortex initialization with input from the Global Forecast System (GFS).*

*The results showed that the vortex initial significantly improves the quality of storm intensity forecast. Analysis of the model output with vortex initialization shows that while the sea level pressure has a relatively symmetrical structure, the 10-m wind, the wind speed, the total condensated mixing ratio are asymmetric with larger values to the west of the typhon center and toward the land mass region.*

*As the typhoon approaches to the land, stronger winds and the move convection are simulated inland. The stronger wind speed to the west of typhoon center may be due to the interaction of the typhoon circulation with the northwest monsoon circulation. When the typhoon made landfall, more intensive deep convections are simulated due to the interaction between the storm circulation and terrain. In contrast to the convection, the maximum wind at 10-m level in the land-side of the typhoon is much weaker than the maximum 10-m wind speed over sea due to the strong influence of surface friction and mixing of low momentum air inland into typhoon region.*

**Keywords:** *Vortex initialization, Typhoon, Tropical cyclone, WRF model, Damrey.*