

NGHIÊN CỨU CHỈ TIÊU XÁC ĐỊNH SỰ THAY ĐỔI ĐỘ NGỘT QUỸ ĐẠO BÃO TRÊN KHU VỰC BIỂN ĐÔNG

Trần Duy Thức, Vũ Văn Thăng

Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biên đổi khí hậu

Ngày nhận bài: 5/2/2024; ngày chuyển phản biện: 6/2/2024; ngày chấp nhận đăng: 28/2/2024

Tóm tắt: Mục tiêu của bài báo này là xác định chỉ tiêu để phân loại các cơn bão có sự thay đổi độ ngột về quỹ đạo trên khu vực Biển Đông. Dữ liệu được sử dụng là số liệu quan trắc bão từ nguồn RSMC của Nhật Bản thời kỳ 1970-2020. Hướng thay đổi quỹ đạo bão được nghiên cứu dựa trên phân loại các cơn bão theo hai trường hợp chính: Thay đổi độ ngột theo hướng Tây (lệch trái) và thay đổi theo hướng Bắc (lệch phải). Đối với các cơn bão lệch trái, nghiên cứu sử dụng ngưỡng độ lệch chuẩn 1 sigma để xác định, còn lệch phải sử dụng ngưỡng cao hơn là 2 sigma. Kết quả nghiên cứu cho thấy trong thời kỳ 2001-2020 đối với bão trên Biển Đông có 26 cơn bão lệch trái và 21 cơn bão lệch phải và với bão gần bờ có 21 cơn bão lệch trái và 9 cơn bão lệch phải.

Từ khóa: Thay đổi độ ngột của quỹ đạo bão, số liệu quan trắc bão, Biển Đông.

1. Mở đầu

Dự báo hướng di chuyển của bão là một thách thức lớn do nhiều yếu tố phức tạp ảnh hưởng đến quá trình hình thành và phát triển của nó. Ví dụ như đối với địa hình, sự tương tác với các dạng địa hình như núi cao hoặc đồng bằng rộng lớn, có thể gây ra sự giảm tốc độ gió hoặc thay đổi hướng di chuyển của bão. Hơn nữa, các yếu tố môi trường như nhiệt độ biển, áp suất không khí và độ ẩm cũng đóng một vai trò quan trọng trong quá trình này. Tất cả những yếu tố này đều cần được xem xét một cách kỹ lưỡng để dự báo hướng di chuyển của cơn bão. Dự báo hướng di chuyển của bão đã khó, dự báo được các cơn bão thay đổi quỹ đạo độ ngột càng khó khăn hơn.

Đi từ lịch sử đến hiện tại, để phân loại một cơn bão được coi là có sự thay đổi quỹ đạo độ ngột, công trình đầu tiên được tìm thấy đó là của Chan và cộng sự (1980) [1], tác giả đã sử dụng ngưỡng là góc lệch 20° để xác định bão lệch trái hay phải. Tác giả đã gọi góc hướng của quỹ đạo là D, vào thời điểm T tương ứng, được định nghĩa là D(T). Cách xác định lệch trái và phải như sau: Lệch

trái: $D(T+12) - D(T) < -20^\circ$; Lệch phải: $D(T+12) - D(T) > 20^\circ$. Công trình tiếp theo là của Carr và Elsberry (1995) [2] cũng đã liệt kê các trường hợp đổi hướng độ ngột. Tuy nhiên, trong công trình không có một tính toán hay định lượng nào để xác định ngưỡng thay đổi độ ngột. Wu và cộng sự (2011) [3] đã định nghĩa sự thay đổi hướng di chuyển độ ngột là góc thay đổi vượt quá 60° trong khoảng thời gian 24 giờ. Ngoài ra, khi bão có hướng di chuyển về phía Tây Bắc được thay thế bằng hướng di chuyển về phía Đông Bắc cũng được coi là bão có hướng thay đổi độ ngột. Liguang Wu và cộng sự (2013) [4] trên cơ sở chuỗi số liệu bão thời kỳ 1970-2010 ở khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương đã tính toán giá trị của độ lệch chuẩn của tất cả các trường hợp thay đổi quỹ đạo bão trong các khoảng thời gian 12 giờ và 06 giờ từ đó tìm ra ngưỡng thay đổi độ ngột. Nghiên cứu phân chia sự thay đổi độ ngột thành 2 loại hướng chính là Bắc và Tây. Sự thay đổi độ ngột về phía Bắc được xác định nếu góc đổi hướng vượt quá 40° (37°) trong khoảng thời gian 12 giờ (6 giờ); đối với hướng Tây là vượt quá 25° (25°) trong khoảng thời gian 12 giờ (6 giờ). Trong cả hai trường hợp, sự đổi hướng phải ổn định trong 36 giờ, nghĩa là trong 24 giờ trước và 12 giờ sau thời điểm thay đổi độ ngột thì mới được tính là đổi hướng độ ngột rõ ràng. Kết quả của

Liên hệ tác giả: Vũ Văn Thăng

Email: vvthang26@gmail.com

nghiên cứu đã phân loại được 15 trường hợp đột ngột chuyển hướng Bắc và 14 trường hợp chuyển hướng Tây trong giai đoạn 2000-2010 ở khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương. Jia Liang và cộng sự (2015) [5] đã sử dụng mô hình WRF để thực hiện một số thí nghiệm liên quan đến sự thay đổi đột ngột của bão. Tuy nhiên, nghiên cứu này không đề cập đến định nghĩa nào về ngưỡng xác định bão thay đổi hướng đột ngột. Một nghiên cứu gần đây nhất là của Hoàng Gia Nam và cộng sự (2022) [6], đã xây dựng tiêu chí XTND quay trái trong 24 giờ với góc quay ≥ 30 độ để xác định các cơn bão lệch trái và XTND quay phải trong 24 giờ với góc quay ≥ 45 độ để xác định các cơn bão lệch phải. Tuy nhiên, công trình này cũng chưa đưa ra cơ sở nào để tìm được các góc 30 độ và 45 độ nhằm xác định bão lệch trái hay phải.

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu có thể thấy việc định nghĩa một cơn bão thay đổi hướng đột ngột vẫn còn rất khác nhau giữa các nghiên cứu và chưa có một định nghĩa cụ thể nào được chấp nhận rộng rãi. Mục tiêu của nghiên cứu này là xác định tiêu chí phân loại các cơn bão thay đổi hướng đột ngột một cách khoa học hơn cho khu vực Biển Đông của Việt Nam, từ đó phân tích các đặc điểm của chúng. Việc phân loại các cơn bão có sự thay đổi hướng đột ngột có ý nghĩa quan trọng bởi từ kết quả phân loại, có thể mô phỏng để nghiên cứu sâu hơn về đặc điểm của các nhân tố nội lực, ngoại lực ảnh hưởng đến hướng di chuyển của bão và từ đó cung cấp các thông tin cần thiết để các dự báo viên có thể tham khảo cải thiện chất lượng dự báo sự thay đổi đột ngột của quỹ đạo bão trên Biển Đông.

2. Phương pháp và số liệu nghiên cứu

2.1. Số liệu

Số liệu quỹ đạo bão (best track) lấy từ nguồn RSMC (Regional Specialized Meteorological Center): <https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/besttrack.html> [7], thời kỳ 1970-2020. Các thông tin được sử dụng bao gồm thời gian, vị trí tâm bão (kinh độ, vĩ độ), tốc độ gió cực đại (vmax), khí áp mực biển cực tiểu (pmin). Để giảm tính không chắc chắn trong việc xác định tiêu chí về sự thay đổi hướng đột ngột của các XTND trên biển, chúng tôi chỉ sử

dụng các cơn bão hoạt động trên Biển Đông với tốc độ gió cực đại đạt trên ngưỡng 17,2 m/s.

2.2. Tiêu chí xác định cơn bão có sự đổi hướng đột ngột trên Biển Đông

Trong nghiên cứu này, việc phân chia các trường hợp đổi hướng đột ngột sẽ được tiến hành tương tự như nghiên cứu của Liguang Wu và cộng sự [4]; Chan và cộng sự (1980) [1], cụ thể, hướng thay đổi được chia thành hai nhóm: Hướng Tây (lệch trái so với quỹ đạo hiện tại) và hướng Bắc (lệch phải so với quỹ đạo hiện tại). Đối với khu vực đổi hướng, nghiên cứu chia làm 2 loại: Bão gần bờ và bão trên Biển Đông. Cụ thể, trường hợp bão gần bờ được định nghĩa là vị trí tâm bão nằm trong khoảng 300 km (Hình 1) tính từ điểm gần nhất trên đất liền Việt Nam. Trường hợp bão trên Biển Đông được xác định khi mà vị trí tâm bão nằm ngoài khoảng 300 km tính từ điểm gần nhất trên đất liền Việt Nam và kinh độ nhỏ hơn 120° .

Để xác định ngưỡng thay đổi hướng đột ngột, tác giả sử dụng giai đoạn 50 năm là từ 1970-2020 để tính toán. Còn giai đoạn áp dụng cho nghiên cứu là 20 năm từ 2001-2020.

Vì chỉ tính cho vùng Biển Đông, cho nên điểm đổi hướng phải nằm trong khu vực này (điểm đổi hướng phải nằm trong kinh độ nhỏ hơn 120° E và vĩ độ nhỏ hơn 24° N), điểm đổi hướng cũng không được nằm trên đất liền, vì khi đó bão đã đổ bộ và suy yếu.

Đối với bão gần bờ: Nghiên cứu sử dụng hạn 06 giờ để tính toán. Các góc quanh thời điểm đổi hướng đột ngột +6 giờ và -6 giờ phải nhỏ hơn so với ngưỡng lựa chọn. Điểm cuối cũng vẫn còn là bão và thời gian còn tồn tại ít nhất 06 giờ so với điểm quay.

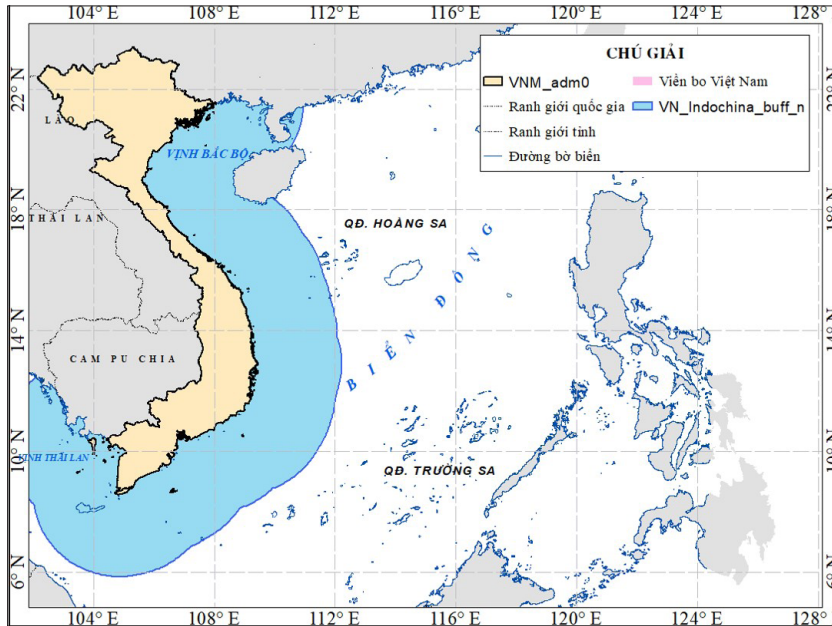
Đối với bão trên Biển Đông: Nghiên cứu sử dụng hạn 12 giờ để tính toán. Các góc quanh thời điểm đổi hướng đột ngột +12 giờ và -12 giờ phải nhỏ hơn so với ngưỡng lựa chọn. Điểm cuối cũng vẫn còn là bão và thời gian tồn tại còn ít nhất 12 giờ so với điểm quay.

Cụ thể, cách tính góc lệch được minh họa ở Hình 2 và Hình 3. Đối với bão gần bờ, góc lệch hợp bởi các điểm cách nhau 06 giờ (Hình 2a). Còn bão trên Biển Đông thì hợp bởi các điểm cách nhau 12 giờ (Hình 2b). Các con số 00, 06,

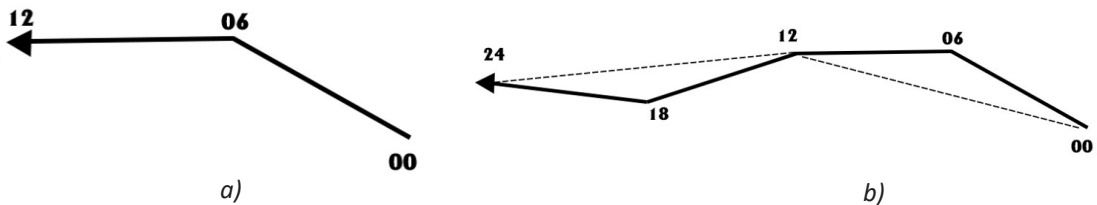
12, 24 là minh họa cho các thời điểm cách nhau 6 giờ một của vị trí tâm bão.

Góc lệch của bão cũng được tính bắt đầu từ phía Tây, theo chiều kim đồng hồ. Để xác định được bão lệch trái hay phải chúng tôi sử dụng

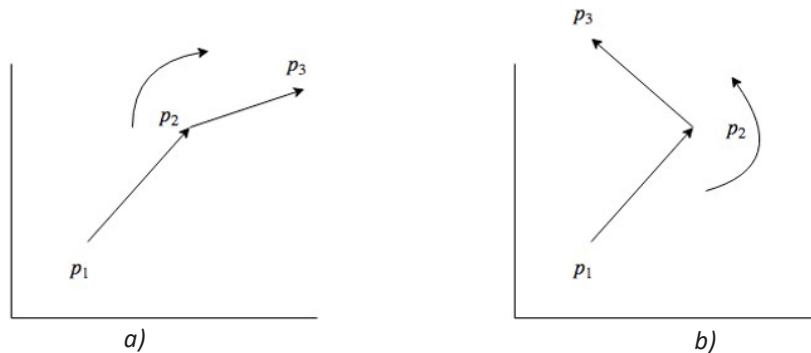
góc lệch giữa hai vector trong không gian như minh họa ở Hình 3. Trong đó bão lệch phải (Hình 3a) là có quỹ đạo lệch phải so với hướng di chuyển hiện tại. Hình 3b là có quỹ đạo lệch trái so với quỹ đạo hiện tại.



Hình 1. Vùng 300 km phân loại bão gần bờ và bão trên Biển Đông



Hình 2. Cách tính góc lệch cho bão gần bờ (a) và bão trên Biển Đông (b)



Hình 3. Cách xác định bão lệch trái hay lệch phải [7]

2.3. Xác định ngưỡng để lựa chọn điểm đổi hướng đột ngột

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sẽ thực

hiện phương pháp tương tự của Liguang Wu và cộng sự (2013) [4] để tính toán các ngưỡng thay đổi đột ngột. Theo đó, dựa trên số liệu

Best track từ RSMC trong giai đoạn 1970-2010, độ lệch chuẩn tương ứng cho toàn bộ phạm vi góc hướng (không phân biệt giữa lệch trái và lệch phải) đã được tính toán, kết quả thu được 23,38 độ (khoảng thời gian 06 giờ) và 27,47 độ (khoảng thời gian 12 giờ). Kết quả này có sự tương đồng đáng kể với kết quả được báo cáo trong nghiên cứu của Liguang Wu và đồng nghiệp [4], là 24,2 độ (khoảng thời gian 06 giờ) và 28,5 độ (hạn 12 giờ).

Tương tự như trong nghiên cứu của Liguang Wu và đồng nghiệp (2013), nghiên cứu này cũng sử dụng ngưỡng độ lệch chuẩn 1 sigma cho các trường hợp lệch trái và 2 sigma cho các trường hợp lệch phải. Kết quả được trình bày trong

Bảng 1 cho thấy sự tương đồng đáng kể với nghiên cứu của Liguang Wu và đồng nghiệp (2013).

Dựa vào kết quả này, nghiên cứu tiếp tục tính toán tương tự cho giai đoạn 1970-2020 để xác định ngưỡng thay đổi hướng đột ngột cho bão gần bờ và bão trên Biển Đông. Kết quả cho thấy đối với bão trên Biển Đông, sử dụng hạn 12 giờ để xác định góc lệch, đối với bão lệch trái ngưỡng sử dụng là độ lệch chuẩn 1 sigma tương ứng là 29,19 độ, lệch phải sử dụng ngưỡng là 2 sigma tương ứng là 50,09 độ. Đối với bão gần bờ, sử dụng hạn 6 giờ để tính toán, với trường hợp lệch trái sử dụng ngưỡng là 22,09 độ, lệch phải là 30,36 độ (Bảng 2).

Bảng 1. Kết quả xác định ngưỡng thay đổi đột ngột giai đoạn 1970-2010

Lệch trái		
Hạn	1 sigma	Liguang Wu và cộng sự (2013)
6	21	25
12	25	25
Lệch phải		
Hạn	2 sigma	
6	38	37
12	46	40

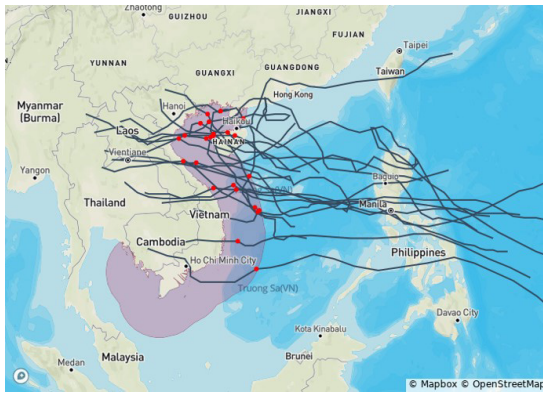
Bảng 2. Áp dụng công thức trên cho các cơn bão gần bờ và trên Biển Đông giai đoạn 1970-2020

Bão trên Biển Đông	Lệch trái		
	Hạn	1 sigma	Liguang Wu và cộng sự (2013)
	6	23,29	25
	12	29,19	25
	Lệch phải		
	Hạn	2 sigma	
	6	40,46	37
12	50,09	40	
Bão gần bờ	Lệch trái		
	Hạn	1 sigma	
	6	22,09	25
	12	28,31	25
	Lệch phải		
	Hạn	2 sigma	
	6	36,36	37
12	48,69	40	

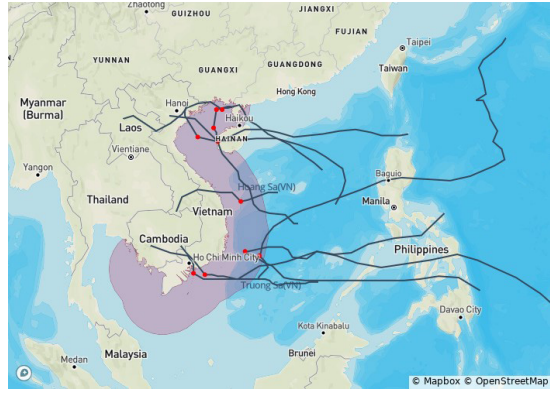
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Phân loại các cơn bão có hướng thay đổi đột ngột

Hình 4 và Hình 5 là kết quả của phân tích các trường hợp bão thay đổi hướng đột ngột gần bờ và trên Biển Đông trong thời kỳ 2001-2020. Kết quả cho thấy, trong giai đoạn này, có một số lượng đáng kể các trường hợp bão thay đổi

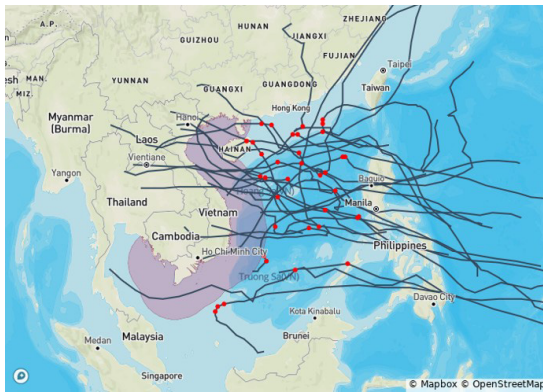


a)



b)

Hình 4. Kết quả các cơn bão thay đổi hướng đột ngột gần bờ: a) Lệch trái, b) Lệch phải



a)



b)

Hình 5. Kết quả các cơn bão thay đổi hướng đột ngột trên Biển Đông: a) Lệch trái, b) Lệch phải

3.2. Đặc điểm của các cơn bão thay đổi hướng đột ngột

Hình 6 là tần suất xuất hiện của bão giai đoạn 2001-2020 trên bản đồ $1 \times 1^\circ$, cho thấy bão tập trung nhiều nhất ở khu vực Bắc Biển Đông, càng về phía Nam, tần suất xuất hiện của bão càng giảm.

Hình 7 là bản đồ thể hiện tần suất xuất hiện của các cơn bão thay đổi hướng đột ngột trên khu vực Biển Đông. Qua hình 7a và 7b, có thể quan sát được rằng trong khoảng thời gian từ

hướng đột ngột.

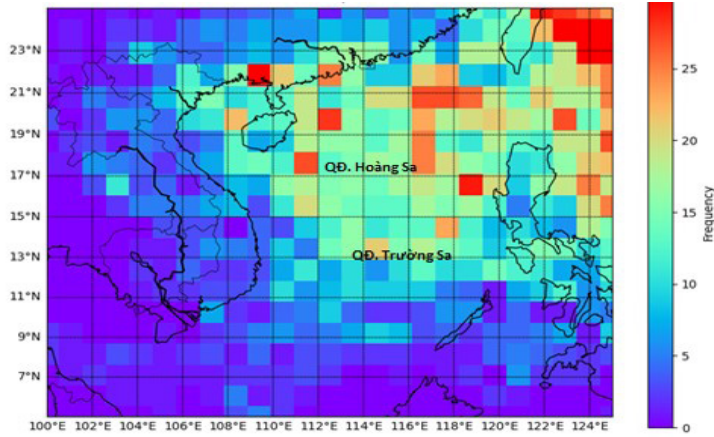
Trong Hình 4, đối với các cơn bão gần bờ, đã ghi nhận tổng cộng 21 trường hợp lệch hướng di chuyển về phía trái (Hình 4a) và 9 trường hợp lệch hướng di chuyển về phía phải (Hình 4b). Với các cơn bão trên Biển Đông, kết quả cho thấy có tổng cộng 26 trường hợp lệch hướng di chuyển về phía trái (Hình 5a) và 21 trường hợp lệch hướng di chuyển về phía phải (Hình 5b).

năm 2001 đến năm 2020, thường xuất hiện 1-2 cơn bão lệch hướng di chuyển về phía trái và phải. Đặc biệt, chúng thường xuất hiện rải rác tại khu vực Bắc và giữa Biển Đông, trong khi tần suất giảm đáng kể ở khu vực phía Nam. Điều này tương đồng kết quả rằng hầu hết các cơn bão vào Việt Nam thường đi qua hai vùng biển Bắc và giữa Biển Đông, chỉ có một số ít bão đi vào phía Nam Biển Đông vào cuối mùa.

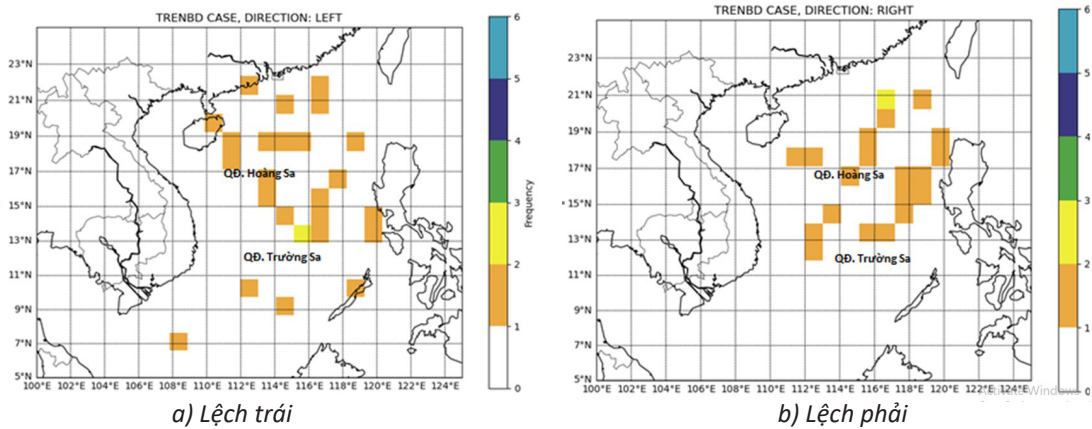
Hình 8 là bản đồ tần suất xuất hiện của các cơn bão thay đổi hướng đột ngột gần bờ. Từ

Hình 8a, có thể thấy rằng đa số các cơn bão lệch hướng di chuyển về phía trái tập trung quanh khu vực đảo Hải Nam, với tần suất khoảng 4-5 cơn. Mặc dù Hình 6 chỉ cho thấy tần suất xuất hiện của các cơn bão đi qua đảo Hải Nam không

nhieu, nhưng ở khu vực này lại xảy ra nhiều trường hợp bão đổi hướng đột ngột. Tương tự, đối với bão lệch phải (Hình 8b), đa số cũng tập trung quanh đảo Hải Nam, nhưng không nhiều bằng trường hợp lệch trái.



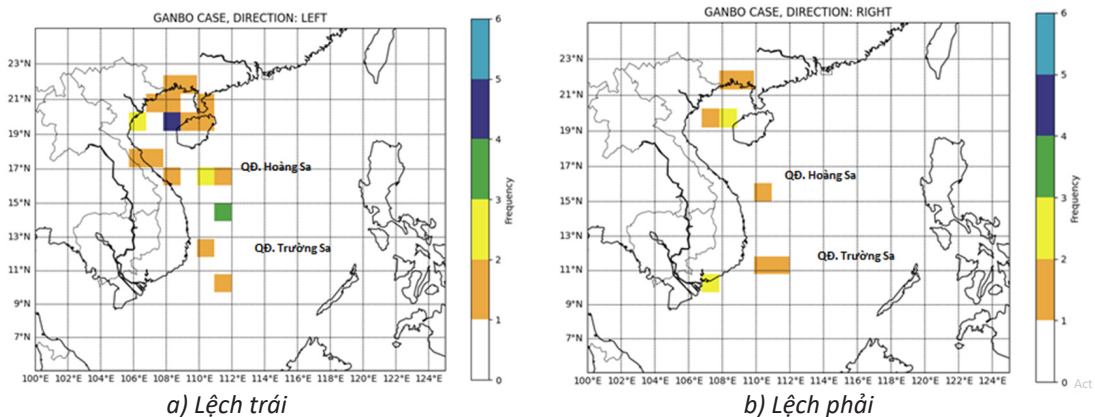
Hình 6. Tần suất xuất hiện của bão giai đoạn 2001-2020 trên bản đồ 1x1°



a) Lệch trái

b) Lệch phải

Hình 7. Tần suất xuất hiện bão đổi hướng đột ngột trên Biển Đông trên bản đồ 1x1° của: a) Bão lệch trái; b) Bão lệch phải

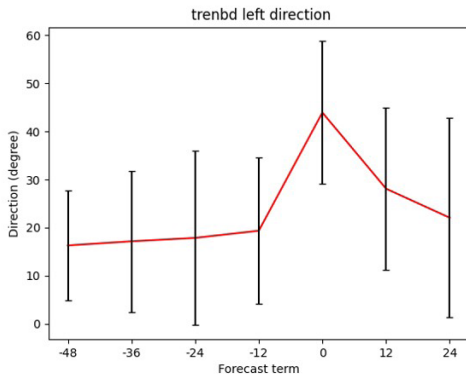


a) Lệch trái

b) Lệch phải

Hình 8. Tần suất xuất hiện bão đổi hướng đột ngột của bão gần bờ trên bản đồ 1x1° của: a) Bão lệch trái; b) Bão lệch phải

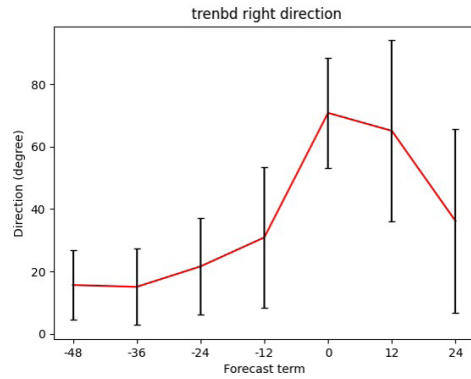
Hình 9 là biểu đồ error bar trình bày góc lệch trước 48 giờ và sau 24 giờ so với thời điểm bão thay đổi hướng đột ngột của các trường hợp bão trên Biển Đông. Từ Hình 9a, chúng ta có thể nhận thấy rằng đối với các cơn bão lệch hướng di chuyển về phía trái, có sự tăng nhẹ của góc lệch trước thời điểm bão thay đổi hướng đột ngột. Góc lệch đạt cực đại vào thời điểm đổi hướng đột ngột, sau đó giảm dần trong khoảng thời gian từ 12 đến 24 giờ tiếp theo sau khi đổi hướng.



a) Lệch trái

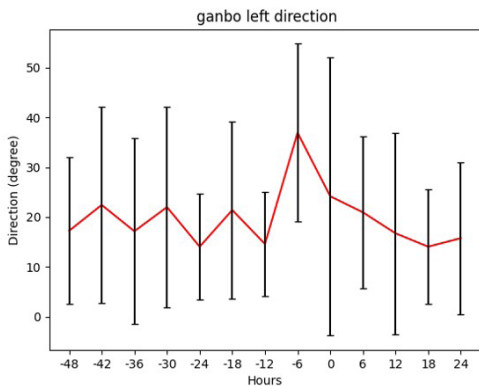
Đối với các cơn bão lệch hướng di chuyển về phía phải (Hình 9b), có sự tăng lên của góc lệch trước thời điểm bão thay đổi hướng đột ngột là rõ ràng hơn. Góc lệch có xu hướng tăng dần từ 24 giờ trước thời điểm đổi hướng đột ngột, đạt cực đại tại thời điểm đổi hướng và giảm dần trong khoảng thời gian từ 12 đến 24 giờ tiếp theo.

Đối với các trường hợp bão gần bờ (Hình 10), không có dấu hiệu rõ ràng nào cho thấy bão chuẩn bị thay đổi hướng đột ngột.

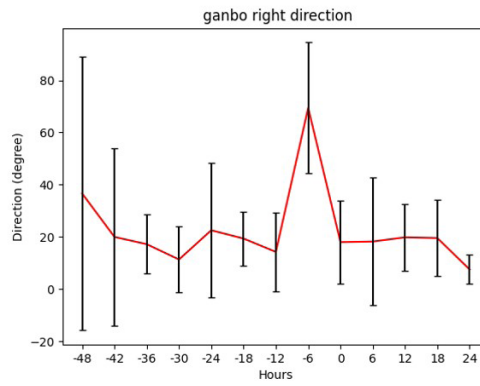


b) Lệch phải

Hình 9. Biểu đồ error bar của góc lệch trước và sau thời điểm đổi hướng đột ngột của bão trên Biển Đông: a) Lệch trái, b) Lệch phải



a) Lệch trái



b) Lệch phải

Hình 10. Biểu đồ error bar của góc lệch trước và sau thời điểm đổi hướng đột ngột của bão trên Biển Đông: a) Lệch trái, b) Lệch phải

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã xác định được tiêu chí xác định sự thay đổi đột ngột về quỹ đạo bão trên Biển Đông từ dữ liệu quan trắc bão thời kỳ 1970-2020. Kết quả xác định các cơn bão có sự thay đổi đột ngột về hướng di chuyển của bão trên Biển Đông, có 26 cơn bão lệch trái và 21 trường

hợp bão lệch phải trong đó đối với các cơn bão gần bờ có 21 cơn bão lệch trái và 9 trường hợp bão lệch phải.

Tần suất xuất hiện bão đổi hướng đột ngột nhiều nhất ở quanh khu vực đảo Hải Nam, nhiều hơn cả trên khu vực giữa Biển Đông, nơi mà bão đi qua nhiều nhất.

Đối với các cơn bão trên Biển Đông đã cho thấy xu hướng tăng lên của góc lệch trước thời điểm bão đổi hướng đột ngột, đặc biệt là trong khoảng thời gian 24 giờ trước khi bão thay đổi hướng đột ngột. Góc lệch đạt cực đại

tại thời điểm đổi hướng và tiếp tục giảm dần trong 12-24 giờ sau đó. Tuy nhiên đối với các cơn bão gần bờ, không có dấu hiệu rõ ràng nào cho thấy bão chuẩn bị thay đổi hướng đột ngột.

Lời cảm ơn: Bài báo này là một phần kết quả thực hiện trong nội dung của đề tài cấp Nhà nước, mã số ĐTDL.CN.119/21.

Tài liệu tham khảo

1. Johnny C. L. Chan et al (1980), "Forecasting Tropical Cyclone Turning Motion from Surrounding Wind and Temperature Fields", *J. Atmos. Sci.*, 108, 778-792.
2. Carr, L. E., and R. L. Elsberry (1995), "Monsoonal interactions leading to sudden tropical cyclone track changes", *Mon. Wea. Rev.*, 123, 265-290.
3. Wu, L., H. Zong, and J. Liang, (2011a), "Observational analysis of sudden tropical cyclone track changes in the vicinity of the East China Sea", *J. Atmos. Sci.*, 68, 3012-3031.
4. Liguang Wu et al. (2013), "Sudden Tropical Cyclone Track Changes over the Western North Pacific: A Composite Study", *J. Atmos. Sci.*, 141, 2597-2610.
5. Jia Liang and Liguang Wu (2015), "Sudden Track Changes of Tropical Cyclones in Monsoon Gyres: Full-Physics, Idealized Numerical Experiments", *J. Atmos. Sci.*, 72, 1307-1322
6. Hoàng Gia Nam và cộng sự (2022), "Nghiên cứu thống kê xoáy thuận nhiệt đới có sự thay đổi về hướng đột ngột trong khi di chuyển trên Biển Đông", *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 744(1), 26-33.
7. <https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/besttrack.html>.

RESEARCH TO DETERMINE CRITERIA FOR SUDDEN CHANGES IN TROPICAL STORM TRAJECTORY IN THE EAST SEA AREA

Tran Duy Thuc, Vu Van Thang

The Viet Nam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change

Received: 5/2/2024; Accepted: 28/2/2024

Abstract: *The aim of this article is to determine criteria to classify tropical storms with sudden changes in trajectory in the East Sea region. The data used is tropical storm observation data from Japan's RSMC for the period 1970-2020. The direction of tropical storm trajectory change is studied based on classifying tropical storms in two main cases: sudden change to the west (left deviation) and change to the North direction (right deviation). For left deviation case, the study used a standard deviation threshold of 1 sigma to determine, while right deviation used a higher threshold of 2 sigma. Research results show that in the period 2001-2020, for tropical storms in the East Sea, there were 26 tropical storms deviated left and 21 tropical storms deviated right, and for tropical storms near the coast, there were 21 deviated left and 9 deviated right.*

Keywords: *Sudden changes, tropical storms trajectory, East Sea.*