TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Nghiên cứu thống kê xoáy thuận nhiệt đới có sự thay đổi về hướng đột ngột trong khi di chuyển trên Biển Đông

Hoàng Gia Nam[1], Võ Văn Hòa[2*], Dư Đức Tiến[1], Trần Anh Đức[1], Đặng Đình Quân[1], Mai Khánh Hưng[1]

[1] Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia; namhoangkt95@gmail.com; duductien@gmail.com; ducbarca88@gmail.com; quandangdinh92@gmail.com; maikhanhhung18988@gmail

[2] Đài Khí tượng Thủy văn khu vực đồng bằng Bắc Bộ; vovanhoa80@yahoo.com

*Tác giả liên hệ: vovanhoa80@yahoo.com; Tel.: +84–912509932

Ban Biên tập nhận bài: 2/11/2022; Ngày phản biện xong: 20/12/2022; Ngày đăng bài: 25/12/2022

Tóm tắt: Bài báo dựa trên dữ liệu quĩ đạo bão chuẩn (*best-track*) trên Biển Đông để xác định các cơn bão, áp thấp nhiệt đới có tính chất thay đổi hướng bất thường trong quĩ đạo giai đoạn 2011-2021. Các tiêu chuẩn xác định bất thường về sự thay đổi hướng dựa trên một số nghiên cứu gần đây cho khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương, bao gồm: quỹ đạo bao gồm XTNĐ quay trái trong 24 giờ với góc quay (so sánh với đường đi trung bình trong 12 giờ trước và sau khi xuất hiện quay) ≥ 30^o (kí hiệu là XTNĐ quay trái), XTNĐ quay phải trong 24 giờ với góc quay (so sánh với đường đi trung bình trong 12 giờ trước và sau khi xuất hiện quay) ≥ 45^o hoặc bão đang di chuyển theo hướng tây bắc đột ngột chuyển hướng sang đông hoặc đông bắc nhưng phải có khoảng cách ≤ 2,5 vĩ độ giữa hai điểm của quỹ đạo bằng 1 kinh độ đông so với điểm quay của XTNĐ (kí hiệu là bão quay phải). Bên cạnh đó là việc khảo sát thống kê theo các năm có tính chất ElNino hoặc LaNina liên quan đến số lượng XTNĐ xảy ra các bất thường trong quỹ đạo này.

Từ khóa: Di chuyển bất thường của XTNĐ trên Biển Đông; ENSO.

1. Mở đầu

Như đã biết, hầu hết các cơn bão và áp thấp nhiệt đới (gọi chung là XTNĐ) được hình thành trên biển và có xu hướng di chuyển vào đất liền trong quá trình phát triển trong đó nguồn cung cấp năng lượng chủ yếu đến từ đại dương. Khi di chuyển về phía đất liền, quỹ đạo và cường độ của bão và ATNĐ sẽ bị ảnh hưởng và thay đổi do cấu trúc của bão, trường dòng dẫn và nguồn cung cấp năng lượng bị thay đổi do tác động của đất liền (địa hình, đường bờ biển, ma sát, …). Ngay cả trường hợp khi bão không đổ bộ vào đất liền, mà di chuyển dọc theo bờ biển có địa hình thì cấu trúc của bão, đặc biệt là trường gió tiếp tuyến sẽ bị ảnh hưởng đáng kể như khi nghiên cứu cơ bão George khi di chuyển về phía quần đảo Hispaniola [1] và cơn bão Ingrid khi di chuyển dọc theo bờ biển gần Darwin [2].

Một cách khái quát, khi cơn bão di chuyển về phía đất liền và tới một khoảng cách nào đó thì sẽ bị ảnh hưởng bởi các hiệu ứng từ đất liền như hình dáng và hướng của bờ biển, độ cao địa hình (tùy theo độ cao địa hình có thể gây ra hiệu ứng chắn [3–4]). Kết quả khảo sát quỹ đạo XTNĐ trên khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương (TBTBD) cho thấy các XTNĐ di chuyển hướng tây hoặc tây bắc thường có sự thay đổi hướng đột ngột về phía bắc với đặc trưng là di chuyển chậm theo hướng tây và tăng tốc nhanh sau khi đột ngột chuyển lên phía bắc [5]. [6] đã cho rằng sự thay đổi hướng lên phía bắc của XTNĐ trên vùng TBTDB là do

sự tương tác giữa hoàn lưu XTNĐ với đới gió mùa quy mô lớn trong đó phạm vi tương tác vào khoảng 2500 km. [7] đã chỉ ra sự đổi hướng của XTNĐ thường được gắn liền với dạng xoáy thuận của một hình thế sóng quy mô cận tháng và lan truyền về phía Bắc–Tây Bắc trên khu vực TBTBD. [8] nghiên cứu vai trò của hoàn lưu gió mùa tới sự chuyển hướng của XTNĐ cho thấy sự chuyển hướng xảy ra tại vị trí tâm XTNĐ gần với tâm rãnh gió mùa hoặc tại điểm chia đôi dòng dẫn đường trên quy mô dao động MJO và chính sự tăng cường của đới gió tây nam quy mô synốp đã làm XTNĐ di chuyển về phía bắc và đưa XTNĐ vào quỹ đạo đông bắc. Trong nghiên cứu này đã sử dụng số liệu tái phân tích kết hợp với mô phỏng từ mô hình khu vực.

Xác định sự thay đổi đột ngột khi XTNĐ di chuyển thường dựa trên vị trí thay đổi trong 12 giờ đến 24 giờ của XTNĐ. Bài báo sẽ sẽ dựa trên các tiêu chuẩn khi nghiên cứu đặc điểm dị thường của quĩ đạo trên vùng TBTDB [9–10]. Số liệu tính toán và phương pháp xác định các đặc điểm dị thường của quĩ đạo bão trên Biển Đông được trình bày trong phần 2. Phần 3 là các kết quả tính toán trong đó có mở rộng thêm các góc tính toán cho việc xác định dị thường quĩ đạo so với nghiên cứu gốc của Cheung. Một số thống kê về các XTNĐ xảy ra sự thay đổi đột ngột trong quỹ đạo ở những năm xảy ra ElNino hoặc LaNina cũng được thực hiện. Phần 4 đưa ra một số kết luận ban đầu cho giai đoạn 2011–2021.

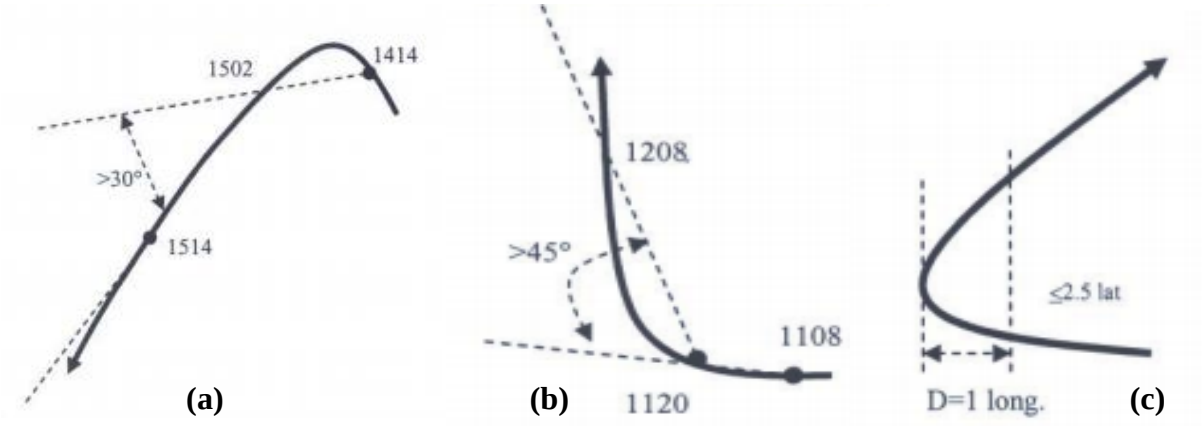
2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu sử dụng số liệu quỹ đạo bão chuẩn (*best–track*) của Trung tâm cảnh báo bão Tokyo (Nhật Bản), lấy tại đường dẫn: https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/besttrack.html. Chi tiết các XTNĐ giai đoạn 2011–2021 được đưa ra trong Bảng 1.

Bảng 1. Các XTNĐ (tên quốc tế) giai đoạn 2011–2021 sử dụng trong nghiên cứu.

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
SARIKA	SANVU	SONAMU	HAGIBIS	KUJIRA	MIRINAE	MERBOK	BOLAVEN	PABUK	NURI	CHOI–WAN
HAIMA	TALIM	SHANSHAN	RAMMASUN	LINFA	NIDA	TALAS	SANBA	MUN	SINLAKU	KOGUMA
NOCK–TEN	DOKSURI	BEBINCA	KALMEGI	VAMCO	DIANMU	ROKE	SON–TINH	WIPHA	MEKKHALA	CEMPAKA
NESAT	VICENTE	RUMBIA	SINLAKU	MUJIGAE	RAI	SONCA	BEBINCA	PODUL	HIGOS	LUPIT
HAITANG	KAI–TAK	CIMARON	HAGUPIT	MELOR	MERANTI	HAITANG	BARIJAT	MATMO	NOUL	CONSON
NALGAE	GAEMI	JEBI			AERE	HATO	MANGKHUT	NAKRI	LINFA	DIANMU
BANYAN	SON–TINH	MANGKHUT			SARIKA	PAKHAR	YUTU	KAMMURI	NANGKA	LIONROCK
WASHI	BOPHA	UTOR			HAIMA	NAWAR	TORAJI	PHANFONE	SAUDEL	KOMPASU
	WUKONG	USAGI			TOKAGE	GUCHOL	USAGI		MOLAVE	RAI
		WUTIP			NOCK–TEN	DOKSURI			GONI	
		NARI				KHANUN			ATSANI	
		KROSA				DAMREY			ETAU	
		HAIYAN				HAIKUI			VAMCO	
		PODUL				KIROGI			KROVANH	
						KAI–TAK				
						TEMBIN				

Các tiêu chuẩn xác định dị thường theo nghiên cứu [9–10] về sự thay đổi hướng dựa trên một số nghiên cứu gần đây cho khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương bao gồm: quỹ đạo XTNĐ bao gồm XTNĐ quay trái trong 24 giờ với góc quay (so sánh với đường đi trung bình trong 12 giờ trước và sau khi xuất hiện quay) $\geq 30^o$ (kí hiệu là là XTNĐ quay trái – RL, Hình 1a), bão quay phải trong 24 giờ với góc quay (so sánh với đường đi trung bình trong 12 giờ trước và sau khi xuất hiện quay) $\geq 45^o$ (Hình 1b) hoặc XTNĐ đang di chuyển theo hướng tây bắc đột ngột chuyển hướng sang đông hoặc đông bắc nhưng phải có khoảng cách $\leq 2,5$ vĩ độ (Hình 1c). Các tiêu chuẩn này được gọi tắt là tiêu chuẩn I. Để mở rộng khảo sát, chúng tôi sẽ bổ sung thêm trường hợp với góc quay trái là $\geq 25^o$ và trường hợp với góc quay phải là $\geq 35^o$, gọi tắt là tiêu chuẩn II.

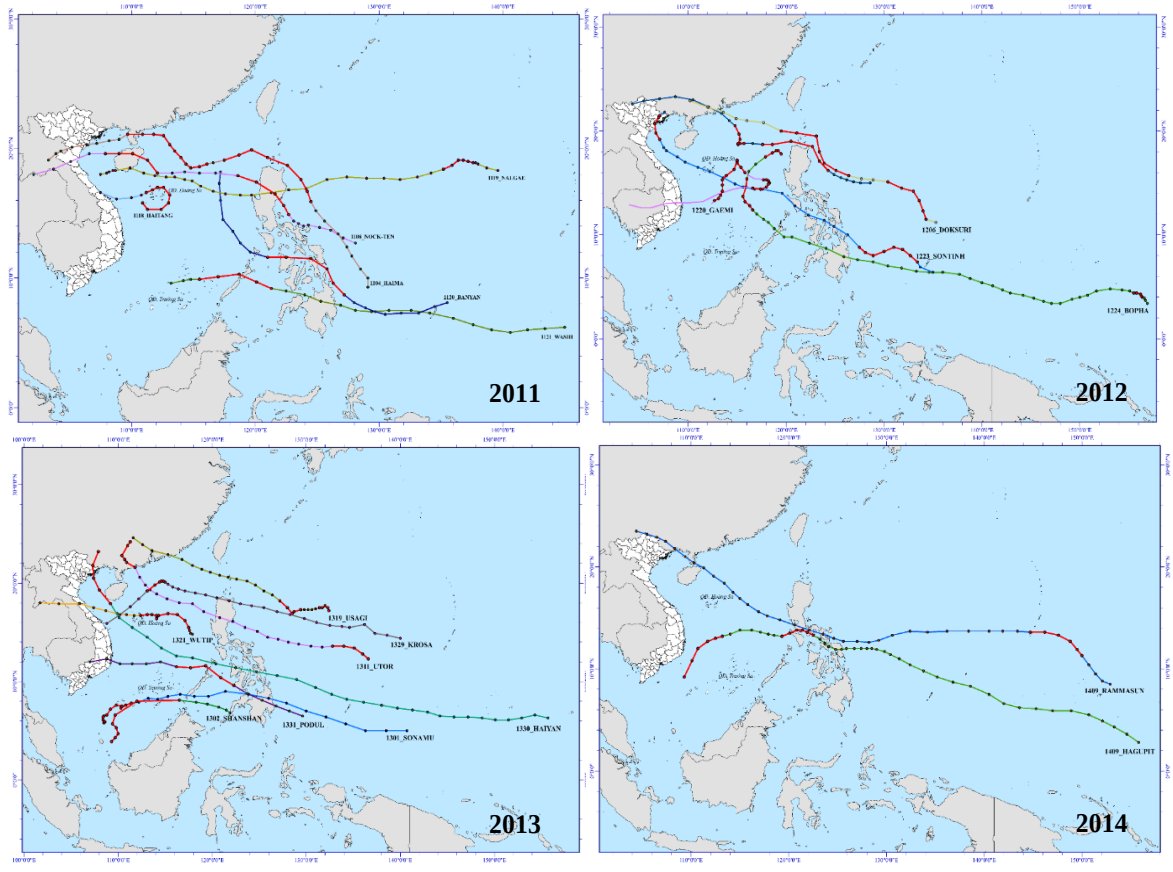


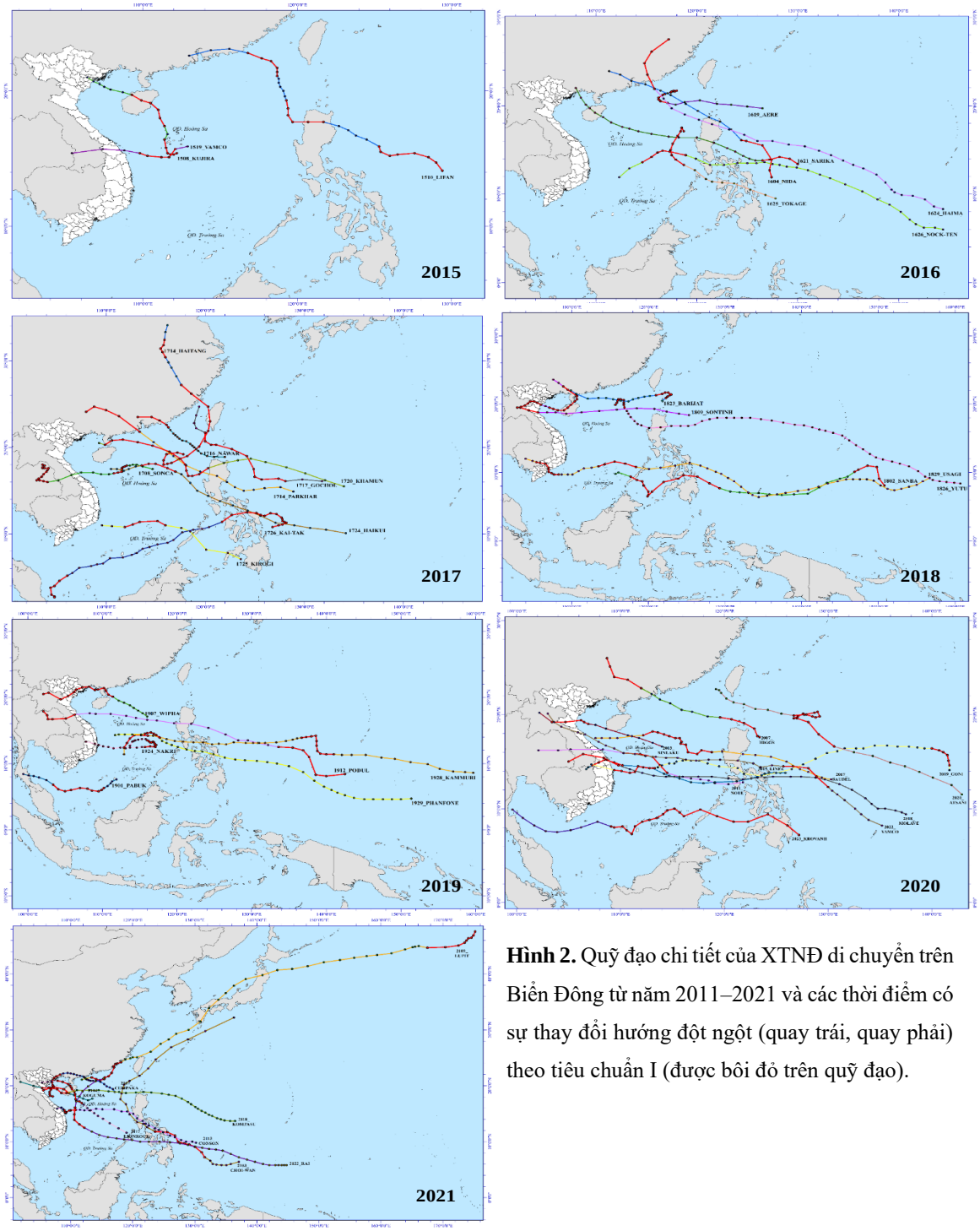
Hình 1. Sơ đồ minh họa tiêu chí xác định quay trái (a), quay phải (b và c) của XTNĐ theo nghiên cứu của Cheung (2004, 2006) [9–10].

Đối với việc khảo sát bổ sung số lượng XTNĐ có những sự thay đổi về hướng bất thường trong quá trình di chuyển trong những năm có ElNino hoặc LaNina, chúng tôi sử dụng dữ liệu của Trung tâm Dự báo khí hậu quốc gia của Mỹ (NCEP) tại đường dẫn https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php trong đó sử dụng chỉ số ONI (*Oceanic Nino Index*) để xác định pha hoạt động của Nino.

3. Kết quả nghiên cứu

Sử dụng tiêu chuẩn I, các giai đoạn XTNĐ thay đổi hướng đột ngột sang trái hoặc phải đã được tính toán và minh họa lại chi tiết trong hình 2, trong đó đường màu đỏ thể hiện sự thay đổi hướng đột ngột của XTNĐ. Chi tiết hơn về thông tin XTNĐ có sự thay đổi hướng đột ngột (quay trái, quay phải) theo tiêu chuẩn I và II và ứng với phân loại các năm ElNino hoặc LaNina được đưa ra lần lượt trong bảng 2 và 3.





Hình 2. Quỹ đạo chi tiết của XTNĐ di chuyển trên Biển Đông từ năm 2011–2021 và các thời điểm có sự thay đổi hướng đột ngột (quay trái, quay phải) theo tiêu chuẩn I (được bôi đỏ trên quỹ đạo).

Bảng 2a. Thông tin XTNĐ có sự thay đổi hướng đột ngột (quay trái, quay phải, được bôi vàng) theo tiêu chuẩn I.

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
SARIKA	SANVU	SONAMU	HAGIBIS	KUJIRA	MIRINAE	MERBOK	BOLAVEN	PABUK	NURI	CHOI–WAN
HAIMA	TALIM	SHANSHAN	RAMMASUN	LINFA	NIDA	TALAS	SANBA	MUN	SINLAKU	KOGUMA
NOCK–TEN	DOKSURI	BEBINCA	KALMEGI	VAMCO	DIANMU	ROKE	SON–TINH	WIPHA	MEKKHALA	CEMPAKA
NESAT	VICENTE	RUMBIA	SINLAKU	MUJIGAE	RAI	SONCA	BEBINCA	PODUL	HIGOS	LUPIT
HAITANG	KAI–TAK	CIMARON	HAGUPIT	MELOR	MERANTI	HAITANG	BARIJAT	MATMO	NOUL	CONSON
NALGAE	GAEMI	JEBI			AERE	HATO	MANGKHUT	NAKRI	LINFA	DIANMU

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
BANYAN	SON–TINH	MANGKHUT			SARIKA	PAKHAR	YUTU	KAMMURI	NANGKA	LIONROCK
WASHI	BOPHA	UTOR			HAIMA	NAWAR	TORAJI	PHANFONE	SAUDEL	KOMPASU
	WUKONG	USAGI			TOKAGE	GUCHOL	USAGI		MOLAVE	RAI
		WUTIP			NOCK–TEN	DOKSURI			GONI	
		NARI				KHANUN			ATSANI	
		KROSA				DAMREY			ETAU	
		HAIYAN				HAIKUI			VAMCO	
		PODUL				KIROGI			KROVANH	
						KAI–TAK				
						TEMBIN				

Bảng 2b. Số lượng XTNĐ có sự thay đổi hướng đột ngột ứng với phân loại các năm ElNino hoặc LaNina.

Năm	Số cơn	Cơn dị thường	Dị thường	Quay trái	Quay phải	ENSO
2011	8	6	17	16	1	La Nina
2012	9	5	35	19	16	La Nina
2013	14	9	33	25	8	La Nina
2014	5	2	6	6	0	El Nino
2015	5	3	12	6	6	El Nino
2016	10	6	14	5	9	El Nino
2017	16	9	47	32	15	La Nina
2018	9	5	29	22	7	El Nino
2019	8	6	27	13	14	El Nino
2020	14	10	34	25	9	La Nina
2021	9	8	24	18	6	La Nina
Tổng	**107**	**69**	**278**	**187**	**91**	
El Nino	**37**	**22**	**88**	**52**	**36**	
La Nina	**70**	**47**	**190**	**135**	**55**	

Bảng 3a. Thông tin XTNĐ có sự thay đổi hướng đột ngột (quay trái, quay phải, được bôi vàng) theo tiêu chuẩn II.

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
SARIKA	SANVU	SONAMU	HAGIBIS	KUJIRA	MIRINAE	MERBOK	BOLAVEN	PABUK	NURI	CHOI–WAN
HAIMA	TALIM	SHANSHAN	RAMMASUN	LINFA	NIDA	TALAS	SANBA	MUN	SINLAKU	KOGUMA
NOCK–TEN	DOKSURI	BEBINCA	KALMEGI	VAMCO	DIANMU	ROKE	SON–TINH	WIPHA	MEKKHALA	CEMPAKA
NESAT	VICENTE	RUMBIA	SINLAKU	MUJIGAE	RAI	SONCA	BEBINCA	PODUL	HIGOS	LUPIT
HAITANG	KAI–TAK	CIMARON	HAGUPIT	MELOR	MERANTI	HAITANG	BARIJAT	MATMO	NOUL	CONSON
NALGAE	GAEMI	JEBI			AERE	HATO	MANGKHUT	NAKRI	LINFA	DIANMU
BANYAN	SON–TINH	MANGKHUT			SARIKA	PAKHAR	YUTU	KAMMURI	NANGKA	LIONROCK
WASHI	BOPHA	UTOR			HAIMA	NAWAR	TORAJI	PHANFONE	SAUDEL	KOMPASU
	WUKONG	USAGI			TOKAGE	GUCHOL	USAGI		MOLAVE	RAI
		WUTIP			NOCK–TEN	DOKSURI			GONI	
		NARI				KHANUN			ATSANI	
		KROSA				DAMREY			ETAU	
		HAIYAN				HAIKUI			VAMCO	

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
		PODUL				KIROGI KAI–TAK TEMBIN			KROVANH	

Bảng 3b. Trong đó màu xanh ứng với các cơn được xác định thêm từ tiêu chuẩn II và số lượng XTNĐ có sự thay đổi hướng đột ngột ứng với phân loại các năm ElNino hoặc LaNina.

Năm	Số cơn	Cơn dị thường	Dị thường	Quay trái	Quay phải	ENSO
2011	8	7	26	21	5	La Nina
2012	9	8	48	27	21	La Nina
2013	14	11	41	28	13	La Nina
2014	5	4	8	6	2	El Nino
2015	5	3	17	10	7	El Nino
2016	10	6	16	5	11	El Nino
2017	16	10	63	46	17	La Nina
2018	9	6	40	29	11	El Nino
2019	8	7	30	19	11	El Nino
2020	14	11	44	28	16	La Nina
2021	9	8	42	31	11	La Nina
Tổng	**107**	**81**	**375**	**250**	**125**	
El Nino	**37**	**26**	**111**	**69**	**42**	
La Nina	**70**	**55**	**264**	**181**	**83**	

Theo các bảng thống kê tại các bảng 2.b và 3.b có thể thấy số lượng XTNĐ có sự thay đổi đột ngột về hướng tồn tại nhiều ở các năm có pha LaNina hơn là pha ElNino. Theo nghiên cứu [10], sự thay đổi hướng của XTNĐ liên quan đến ba nhân tố gồm: trường áp cơ bản (tức là lực gradient khí áp), lực Coriolis (hay lực lệch địa tĩnh) và nội lực của XTNĐ gây ra bởi sự quay của trái đất (tương tự như đã được chỉ ra trong nghiên cứu [11]). Tuy nhiên, sự điều chỉnh lại hoặc thay đổi đột ngột của trường dòng dẫn (*steering current*) quy mô lớn hoặc của các hệ thống thời tiết do hoàn lưu bất thường liên quan đến ENSO sẽ làm thay đổi áp suất và trường gió. Do đó, những thông tin về quy mô lớn, đặc biệt là những đặc điểm dị thường của ENSO có thể giúp hiểu được các dị thường trong khi di chuyển của XTNĐ. Ở pha ElNino, sự thay đổi đột ngột của rãnh phía tây có thể làm tăng cường độ của cao áp cận nhiệt (Sub–tropical high pressure, kí hiệu STHP) và do đó có khả năng hoặc đẩy STHP về phía nam để tăng cường sự phát triển của phần phía bắc của XTNĐ và liên quan đến sự lệch trái của XTNĐ. Ở pha LaNina, sự rút lui của STHP về phía đông và/hoặc cường độ giảm dần của nó có xu hướng làm cho các XTNĐ không còn chịu ảnh hưởng bởi dòng dẫn đường dẫn đến các chuyển động quay vòng.

4. Kết luận

Dựa trên số liệu quan trắc XTNĐ của JMA trong giai đoạn 2011–2021 và các tiêu chí xác định thay đổi hướng di chuyển của XTNĐ (tiêu chí I theo nghiên cứu [10] và tiêu chí II được thay đổi dựa trên tiêu chí I), bài báo đã thống kê được số lượng cơn XTNĐ có sự thay đổi bất thường (dị thường) trong quá trình di chuyển. Cụ thể, theo tiêu chí I, trong tổng số 107 XTNĐ được nghiên cứu, có 69 cơn có thay đổi bất thường trong đó có 22 cơn xảy ra trong thời kỳ hoạt động của ElNino và 47 cơn xảy ra trong thời kỳ hoạt động của LaNina. Trong thời gian hoạt động của 107 cơn này, tổng cộng có 278 lần có sự thay đổi hướng dị thường trong đó có 187 lần quay trái và 91 lần quay phải. Các kết quả tương tự cũng được tìm thấy khi áp dụng tiêu chí II nhưng số lượng cơn XTNĐ, số lần thay đổi hướng di chuyển bất thường (quay trái và phải) đều tăng lên do với khi áp dụng tiêu chí I do áp dụng góc xác định nhỏ hơn.

Kết quả thống kê cho thấy số trường hợp đổi hướng di chuyển sang trái chiếm tỷ lệ nhiều hơn nhiều so với quay phải. Nguyên nhân là do ảnh hưởng của áp cao cận nhiệt Tây Bắc Thái Bình Dương hoặc do nội tại của XTNĐ. Ngoài ra, dựa trên phân loại theo các năm có ảnh hưởng của LaNina hoặc ElNino, số lượng các XTNĐ có thay đổi quỹ đạo dị thường ở các năm có LaNina là lớn hơn so với các năm có ElNino (cho cả quay trái và quay phải với biên độ lớn hơn 50%). Trong nghiên cứu tiếp theo, sai số dự báo của các mô hình khu vực và toàn cầu (bao gồm dự báo tất định và tổ hợp) sẽ được khảo sát chi tiết, qua đó đánh giá bổ sung tính dự báo được của các quá trình thay đổi đột ngột về hướng di chuyển của các XTNĐ trên Biển Đông.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: V.V.H., D.Đ.T.; Tổng quan tài liệu: H.G.N., D.Đ.T.; Tính toán, xử lý số liệu và phân tích kết quả: T.A.Đ., Đ.Đ.Q., M.K.H.; Viết bản thảo bài báo: H.G.N., D.Đ.T.; Chỉnh sửa bài báo: V.V.H.

Lời cảm ơn: Các tác giả xin gửi lời cảm ơn tới đề tài NCKH cấp Bộ "*Nghiên cứu xây dựng công nghệ dự báo đổi hướng di chuyển và thay đổi cường độ bão, áp thấp nhiệt đới khi đi vào vùng bờ biển Việt Nam*", mã số TNMT.2022.06.01 đã hỗ trợ để nhóm thực hiện nghiên cứu này. Bài báo này cũng là kết quả thực hiện của một nội dung trong đề tài nói trên.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ bất kỳ nghiên cứu nào trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Bart, G.; Heymsfield, G.M.; Tian, L.; Halverson, J.B.; Guillory, A.; Mejia, M.I. Hurricane Georges's Landfall in the Dominican Republic: Detailed Airborne Doppler Radar Imagery. Bull. Amer. *Meteor. Soc.* **2000**, *81*, 999–1018.
2. May, P.T.; Kepert, J.D.; Keenan, T.D. Polarimetric Radar Observations of the Persistently Asymmetric Structure of Tropical Cyclone Ingrid. *Mon. Wea. Rev*. **2008**, *136*, 616–630.
3. Hsu, L.H.; Kuo, H.C.; Fovell, R.G. On the geographic asymmetry of typhoon translation speed across the mountainous island of Taiwan. *J. Atmos. Sci.* **2013**, *70*, 1006–1022.
4. Hsu, L.H.; Su, S.; Fovell, R.G.; Kuo, H.C. On typhoon track deflections near the east coast of Taiwan. *Mon. Wea. Rev.* **2018**, *146*, 1495–1510. Doi: **https://doi.org/10.1175/MWR-D–17-0208.1**
5. Liguang, W.; Zhongping, N.; JingJing, D.; Huijun, Z. Sudden Tropical cyclone track Changes over the Western North Pacific: A Composite Study. *Mon. Wea. Rev*. **2013**, *141(8)*, 2597–2610. Doi: 10.1175/MWR-D-12-00224.1.
6. Carr, L.E.; Elsberry, R.L. Monsoonal interactions leading to sudden tropical cyclone track changes. *Mon. Wea. Rev.* **1995**, *123*, 265–290.
7. Ko, K.C.; Hsu, H.H. Sub–monthly circulation features associated with tropical cyclone tracks over the East Asian monsoon area during July–August season. *J. Meteor. Soc. Japan* **2006**, *84*, 871–889.
8. Wu, L.; Zong, H.; Liang, J. Observational analysis of sudden tropical cyclone track changes in the vicinity of the East China Sea. *J. Atmos. Sci.* **2011**, *68*, 3012–3031.
9. Cheung, N.K.W. Tropical cyclone formation and movement in the Western North Pacific and North Indian Ocean Basins: the roles of ENSO and the Asian monsoon, DPhil thesis, School of Geography and the Environment, University of Oxford, UK, 2004.
10. Cheung, N.K.W. The roles of ENSO on the occurrence of abruptly recurving tropical cyclones over the Western North Pacific Ocean Basin. *Adv. Geosci.* **2006**, *6*, 139–148. Doi: 10.5194/adgeo-6-139-2006.
11. Yu, S.H.; Lu, S.Y. Introduction to tropical climatology, China Meteorological Press, Beijing, in Chinese, 1986.

Statistics of abruptly recurving tropical cyclones over the East Sea

Hoang Gia Nam[1], Vo Van Hoa[2*], Du Duc Tien[1], Tran Anh Duc[1], Dang Dinh Quan[1], Mai Khanh Hung[1]

[1] National Hydro–Meteorological Forecasting Center; namhoangkt95@gmail.com; duductien@gmail.com; ducbarca88@gmail.com; quandangdinh92@gmail.com; maikhanhhung18988@gmail

[2] Northern Delta Regional Hydro–Meteorological Center; vovanhoa80@yahoo.com

Abstract: The paper is based on the best-track dataset of tropical cyclones (TCs) over the East Sea in period of 2011–2021 in order to find out the abruptly recurving TCs. The criteria is chosen including: 1) a tropical cyclone which recurves left within 24 h, with a recurving angle (comparing its mean path of 12h before and after the occurrence of its recurvature) ≥ 300; A tropical cyclone which recurves right within 24 h, with a recurving angle (comparing its mean path of 12h before and after the occurrence of its recurvature) ≥ 45^o or a tropical cyclone moving northwestward which suddenly turns to east or northeast but there must be a distance ≤ 2.5^o latitude between two points of the track at 1^o longitude east of its recurving point is a recurving-right tropical cyclone. In addition, the roles f ENSO on the occurrence of the abruptly recurving TCs is also analyzed.

Keywords: The abruptly recurving TCs over the East Sea; ENSO.