TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Dự báo hạn mùa số lượng xoáy thuận nhiệt đới trên khu vực Biển Đông và đổ bộ vào Việt Nam

Hoàng Phúc Lâm[1], Lưu Khánh Huyền[1*], Tạ Hữu Chỉnh[2]

[1] Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn quốc gia; lamhpvn@gmail.com; luukhanhhuyen258@gmail.com
[2] Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; chinhth2010@gmail.com

*Tác giả liên hệ: luukhanhhuyen258@gmail.com; Tel.: +84–974816187

Ban Biên tập nhận bài: 5/10/2022; Ngày phản biện xong: 8/11/2022; Ngày đăng bài: 25/11/2022

Tóm tắt: Bài báo trình bày nghiên cứu về xác định các đặc điểm hoạt động của XTNĐ trên Biển Đông và đổ bộ vào đất liền Việt Nam, sử dụng phương pháp hồi quy từng bước xây dựng bộ công cụ dự báo hạn mùa số lượng XTNĐ trên Biển Đông và đổ bộ vào đất liền dựa trên mối quan hệ với các chỉ số hoàn lưu và các dao động quy mô lớn như ENSO, IOD, QBO, v.v... Kết quả nghiên cứu cho thấy tháng 9 là giai đoạn có nhiều XTNĐ hoạt động trên Biển Đông và đổ bộ vào đất liền nước ta nhất. Đa số (75%) XTNĐ đổ bộ vào đất liền là ATNĐ và bão, chỉ có 25% là bão mạnh và bão rất mạnh. Số lượng XTNĐ trên Biển Đông giai đoạn 1991–2020 có xu hướng tăng nhẹ so với giai đoạn 1961–1990, khoảng 4,2%; ngược lại, số lượng XTNĐ đổ bộ lại có xu hướng giảm nhẹ (khoảng 3,1%). Mô hình dự báo được xu thế tăng giảm XTNĐ trên Biển Đông và đổ bộ so với trung bình nhiều năm nhưng còn có xu hướng thiên thấp, sai số lớn chủ yếu ở những mùa có nhiều hơn 8 XTNĐ trên Biển Đông và nhiều hơn 5 XTNĐ đổ bộ vào đất liền.

Từ khóa: Xoáy thuận nhiệt đới; Dự báo hạn mùa; Hồi quy từng bước; Biển Đông, Việt Nam.

1. Mở đầu

Biển Đông là vùng biển thuộc Tây Bắc Thái Bình Dương (TBTBD), nơi thường có nhiệt độ bề mặt nước biển cao, có điều kiện thuận lợi cho việc hình thành và phát triển bão. Khoảng 60% các cơn bão thông thường và bão mạnh, 25% các cơn bão rất mạnh vẫn còn duy trì được cấp độ khi di chuyển từ TBTBD đi vào Biển Đông. Số lượng xoáy thuận nhiệt đới (XTNĐ) ảnh hưởng trực tiếp nhiều nhất đến các tỉnh từ Quảng Ninh–Hà Tĩnh (từ 6 tới 8 cơn bão/năm), ít hơn (từ 3 tới 5 cơn bão/năm) ở các tỉnh từ Quảng Bình–Bình Thuận và ít nhất nhất (dưới 3 cơn bão/năm) đổ bộ vào khu vực Nam Bộ [1]. Những thiệt hại về người, về đời sống của người dân vùng chịu ảnh hưởng của bão và áp thấp nhiệt đới là rất nghiêm trọng. Do đó, bão và áp thấp nhiệt đới là một trong những chủ đề thường xuyên được quan tâm và nghiên cứu trong nhiều thập kỷ qua.

Số lượng bão Biển Đông có xu hướng giảm, tuy nhiên số lượng bão rất mạnh lại có xu hướng gia tăng trong những thập kỷ gần đây [2–4]. Phần lớn các nghiên cứu sử dụng bộ số liệu của các trung tâm bão quốc tế như: JTWC, RSMC, v.v... Điểm khác biệt của nghiên cứu này là bộ số liệu XTNĐ được sử dụng để nghiên cứu là bộ số liệu của Trung tâm dự báo Khí tượng thủy văn quốc gia. Bộ số liệu này đã được hiệu chỉnh sử dụng các số liệu quan trắc tăng cường khi XTNĐ có khả năng đổ bộ vào Việt Nam nên có độ chính xác cao hơn so với các bộ số liệu quốc tế, đặc biệt là đối với bài toán dự báo số lượng XTNĐ đổ bộ.

XTNĐ đổ bộ nhiều vào khu vực Đông Nam Á giai đoạn từ tháng 7 đến tháng 10, trùng với giai đoạn XTNĐ hoạt động nhiều ở khu vực TBTBD. Bờ biển miền Bắc của Việt Nam là một trong những địa điểm bão thường xuyên đổ bộ. Số lượng XTNĐ ở khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương nói chung, Đông Nam Á nói riêng ở năm La Nina và ENSO trung tính nhiều hơn El Nino [5]. Số lượng XTNĐ trên biển Đông ở những năm El Nino ít hơn các năm La Nina [6–9]. Số lượng XTNĐ trên Biển Đông vào năm La Nina là khoảng 12–13 cơn, El Nino là 8–9 cơn và ở pha trung tính là 11–12 cơn. Tuy nhiên cường độ bão trong những năm El Nino lại mạnh hơn nhiều những năm La Nina [6, 7].

Dao động tựa hai năm (QBO) đã được chứng minh là có ảnh hưởng đến tần suất bão trong mùa bão ở Đại Tây Dương, Thái Bình Dương và QBO cũng có mối liên hệ với ENSO. XTNĐ có xu hướng thường xuyên đi vào vùng biển phía Đông Trung Quốc vào pha QBO Tây và thường xuyên đi vào vùng biển phía Đông Nhật Bản vào pha QBO Đông [10]. Trong pha QBO Tây có nhiều XTNĐ hình thành ở vùng xích đạo của TBTBD hơn, XTNĐ hình thành ở vùng ngoài xích đạo TBTBD ít hơn. Hơn nữa, quỹ đạo của XTNĐ cũng thay đổi đáng kể theo các giai đoạn QBO khác nhau. Với pha QBO Đông, rãnh gió mùa dịch chuyển về phía bắc và nhiều XTNĐ hoạt động ở gần Đài Loan hơn [11].

Dao động lưỡng cực Ấn Độ Dương (IOD) cũng là một trong những dao động quy mô lớn ảnh hưởng đến hoạt động của XTNĐ ở TBTBD. Sự thay đổi nhiệt độ nước biển (SST) ở Ấn Độ Dương được phát hiện là có ảnh hưởng đến tần xuất xuất hiện XTNĐ ở TBTBD, cụ thể là SST ở phía đông Ấn Độ Dương lạnh đi dị thường thì số lượng XTNĐ hình thành ở TBTBD nhiều hơn trung bình nhiều năm, ngược lại SST ấm lên thì số lượng XTNĐ lại giảm đi. Do sự thay đổi SST ở đông Ấn Độ Dương ảnh hưởng đến hoạt động của gió mùa mùa hè và sóng Kelvin xích đạo ở TBTBD, hai yếu tố động lực chính tác động đến sự hình thành của XTNĐ [12]. Trong nghiên cứu này, IOD là một trong những nhân tố được xem xét để đưa vào mô hình dự báo số lượng XTNĐ trên Biển Đông và số lượng XTNĐ đổ bộ vào Việt Nam.

Ngoài ra, dao động Bắc Cực (AO) cũng là một trong những dao động được xem xét đưa vào mô hình dự báo do đã được chứng minh là có ảnh hưởng đến hoạt động của XTNĐ vào mùa hè ở khu vực TBTBD. Những năm có chỉ số AO thấp (cao), có nhiều XTNĐ hình thành ở phía đông (tây) kinh tuyến 150°E hơn, XTNĐ đi vào khu vực Hàn Quốc, Nhật Bản (Biển Đông và Nam Trung Quốc) nhiều hơn [13]. Tần suất xuất hiện XTNĐ ở vĩ độ trung bình (khu vực Nhật Bản, Hàn Quốc, Đài Loan) có tương quan thuận với AO mùa xuân trước đó, ngược lại, tần suất xuất hiện XTNĐ ở vĩ độ thấp (khu vực Philippines) lại có tương quan nghịch với AO mùa xuân [14].

Hai phương pháp thường được sử dụng để dự báo hạn mùa số lượng XTNĐ là phương pháp thống kê và phương pháp động lực, trong đó phương pháp thống kê vẫn được sử dụng nhiều hơn vì tính đơn giản và hiệu quả đối với các bài toán dự báo mùa. Các tác giả [15–19] có sử dụng các phương pháp thống kê khác nhau như hồi quy tuyến tính, mạng thần kinh nhân tạo sử dụng đầu vào là các chỉ số khí hậu, chỉ số hoàn lưu quy mô lớn... và các bộ số liệu quỹ đạo bão khác nhau dự báo cho toàn khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương [15–16] Biển Đông [17–18] và riêng khu vực Trung Trung Bộ [19]. Năm 2019, nghiên cứu thử nghiệm dự báo hạn 6 tháng số lượng XTNĐ hoạt động trên Biển Đông Bằng phương pháp thống kê [18] dựa trên bộ số liệu XTNĐ từ năm 1981–2015 của Trung tâm khí tượng chuyên vùng của Nhật Bản (*RSMC Tokyo*). Các thành phần chính được đưa vào mô hình là 14 chỉ số khí hậu. Trong các mô hình, mô hình hồi quy tuyến tính đa biến xác định hệ số hồi quy bằng phương pháp bình phương tối thiểu (OLS) cho kết quả dự báo tốt nhất. Kế thừa kết quả nghiên cứu của [18], bài báo này cũng sử dụng mô hình hồi quy tuyến tính đa biến, ước lượng hệ số hồi quy bằng OLS để xây dựng mô hình dự báo số lượng XTNĐ. Năm 2021, phần kết quả của bài báo này về dự báo số lượng XTNĐ đã được sử dụng để đánh giá, so sánh với các phương pháp dự báo mới [20]. Điểm khác biệt của nghiên cứu này là dự báo số lượng XTNĐ hạn 3 tháng, ngoài việc dự báo số lượng XTNĐ hoạt động trên Biển Đông, nghiên cứu này cũng

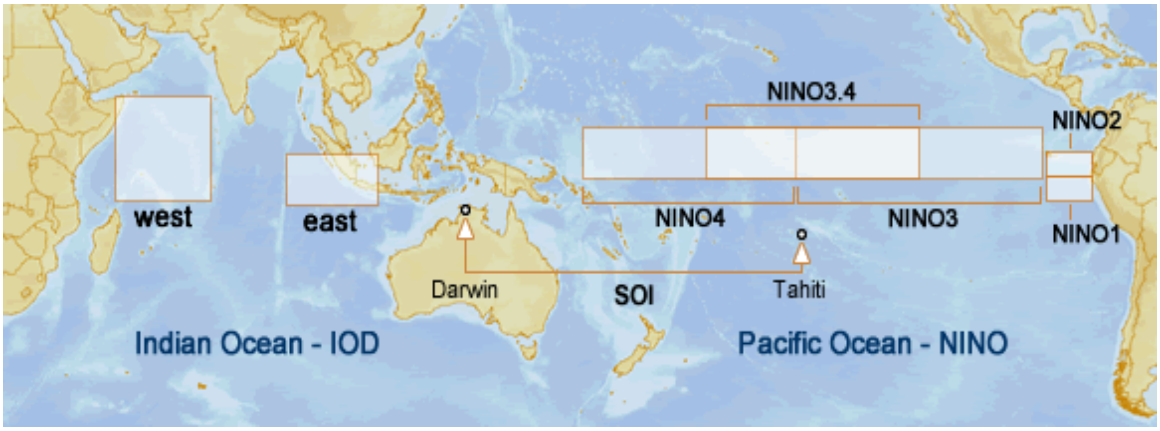
dự báo thêm số lượng XTNĐ đổ bộ vào Việt Nam. Nghiên cứu này thử nghiệm các bộ số liệu có độ dài khác nhau (60 năm và 40 năm gần nhất) và các bộ chỉ số khí hậu khác nhau và các tham số khác nhau để tìm gia bộ số liệu, tham số phù hợp nhất cho mô hình dự báo.

2. Số liệu và phương pháp

2.1. Số liệu nghiên cứu

Số liệu XTNĐ trên Biển Đông từ năm 1961–2020 được thống kê bởi Trung tâm dự báo Khí tượng thủy văn quốc gia được sử dụng để nghiên cứu mối quan hệ giữa số lượng XTNĐ trên Biển Đông và các yếu tố quy mô lớn, xây dựng công cụ dự báo hạn 3 tháng số lượng XTNĐ hoạt động trên Biển Đông, số lượng XTNĐ đổ bộ vào đất liền Việt Nam theo các khu vực [21].

Trong nghiên cứu này, XTNĐ đổ bộ vào đất liền là khi vị trí tâm của áp thấp nhiệt đới hoặc bão nằm trên đất liền, một số XTNĐ đổ bộ vào đất liền Trung Quốc trước khi đổ bộ vào đất liền nước ta, nhưng cường độ vẫn đạt cấp bão hoặc áp thấp nhiệt đới thì cũng được coi là bão hoặc áp thấp nhiệt đới đổ bộ vào nước ta. Cường độ khi đổ bộ được quy ước là cường độ của XTNĐ ở ốp quan trắc ngay trước khi hoặc đúng tại thời điểm XTNĐ đổ bộ vào đất liền, áp thấp nhiệt đới suy yếu thành vùng thấp trước khi đổ bộ sẽ không được tính là XTNĐ đổ bộ.



Hình 1. Sơ đồ các khu vực giám sát ENSO (các vùng NINO1, NINO2, NINO3.4, NINO3, NINO4) và IOD (chênh lệch giữa dị thường nhiệt độ nước biển ở đông và tây Ấn Độ Dương) (nguồn: http://www.bom.gov.au/climate/enso/indices/about.shtml).

Các chỉ số được đưa vào mô hình phải thỏa mãn điều kiện:

- Chỉ số liên quan đến hoạt động của XTNĐ như ENSO, lưỡng cực Ấn Độ Dương (IOD), dao động bán niên (QBO), khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương;
- Bộ số liệu đủ dài, cụ thể là từ năm 1961–2020;
- Số liệu được cập nhật liên tục, đầy đủ với độ trễ không quá 2 tháng.

Bảng 1. Danh sách các chỉ số khí hậu được tham tham gia tuyển chọn xây dựng mô hình dự báo.

STT	Ký hiệu	Chỉ số	Nguồn
1	NINO12	Dị thường nhiệt độ nước biển vùng Niño 1+2	https://psl.noaa.gov/data/correlation/nina1.anom.data
2	NINO3	Dị thường nhiệt độ nước biển vùng Niño 3	https://psl.noaa.gov/data/correlation/nina3.anom.data
3	NINO4	Dị thường nhiệt độ nước biển vùng Niño 4	https://psl.noaa.gov/data/correlation/nina4.anom.data
4	NINO34	Dị thường nhiệt độ nước biển vùng Niño 3+4	https://psl.noaa.gov/data/correlation/nina34.anom.data
5	BEST	Chỉ số ENSO theo chuỗi thời gian	https://psl.noaa.gov/data/correlation/censo.data

STT	Ký hiệu	Chỉ số	Nguồn
6	ONI	Chỉ số Niño đại dương	https://psl.noaa.gov/data/correlation/oni.data
7	DMI	Chỉ số Chế độ lưỡng cực	https://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/elnino/index/sstindex/base_period_9120/DMI/anomaly
8	WP	Tây Thái Bình Dương	https://psl.noaa.gov/data/correlation/wp.data
9	QBO	Dao động Quasi–Biennial	https://psl.noaa.gov/data/correlation/qbo.data
10	AO	Dao động Bắc Cực	https://psl.noaa.gov/data/correlation/ao.data
11	SOI	Chỉ số Dao động nam	https://psl.noaa.gov/data/correlation/soi.data
12	REQSOI	Chỉ số Dị thường dao động nam vùng xích đạo	https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/reqsoi.for
13	RINDO	Dị thường khí áp mực biển gần khu vực Indonesia	https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/rindo_slpa.for

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Hồi quy từng bước là mô hình hồi quy được xây dựng từ một tập hợp các biến độc lập, mô hình từng bước thêm vào hay loại bỏ các nhân tố dự báo dựa vào một tiêu chí đã được xác định trước, đến khi không còn biến nào để thêm vào hay loại bỏ nữa. Hồi quy từng bước có 3 phương pháp:

- Forward: bắt đầu từ việc không có biến nào trong mô hình, lần lượt thêm từng biến vào mô hình dựa trên tiêu chí đã chọn, xem xét việc thêm biến đó có ý nghĩa thống kê không, dừng lại nếu việc thêm biến không làm mô hình cải thiện thêm.
- Backward: bắt đầu từ việc mô hình có tất cả các biến độc lập, lần lượt loại bỏ từng biến dựa trên tiêu chí đã chọn, xem xét việc loại bỏ biến đó có ý nghĩa thống kê không, dừng lại nếu việc loại bỏ biến không giúp mô hình cải thiện đáng kể.
- Both: kết hợp của hai phương pháp trên, kiểm tra ý nghĩa thống kê của từng biến được đưa vào hay loại bỏ.

Tiêu chí lựa chọn mô hình hồi quy từng bước được sử dụng trong nghiên cứu này là giá trị p (p–value), mô hình dùng giá trị p để xem xét thêm và bớt biến dự báo vào mô hình, tuyển chọn ra những biến có ý nghĩa nhất. Giá trị p kiểm tra xem hệ số hồi quy có bằng 0 hay không, giá trị p càng cao thì hệ số hồi quy càng tiến đến 0, biến dự báo càng ít có ảnh hưởng đến biến phụ thuộc Y, giá trị p càng thấp có nghĩa là biến dự báo càng có nhiều tác động đến Y.

Bước đầu tiên, xác định giá trị p–enter và p–remove. Mô hình bắt đầu tính toán hồi quy đơn từng biến và so sánh giá trị p của từng biến dự báo. Nếu không có giá trị p nào nhỏ hơn p–enter thì không có biến nào được thêm vào mô hình. Nếu có giá trị p nhỏ hơn p–enter thì biến dự báo có giá trị p nhỏ nhất sẽ được thêm vào mô hình.

Sau đó các biến dự báo còn lại sẽ lần lượt được thêm vào mô hình và tính toán hồi quy để tìm ra biến có giá trị p nhỏ hơn p–enter và là p nhỏ nhất để thêm vào mô hình. Việc thêm các biến vào mô hình sẽ làm thay đổi giá trị p của các biến trong mô hình, nếu có biến có giá trị p lớn nhất và lớn hơn p–remove thì biến đó sẽ bị loại ra khỏi mô hình. Các bước này sẽ được thực hiện lặp lại nhiều lần, đến khi không có biến nào trong mô hình được thêm vào hay loại bỏ nữa.

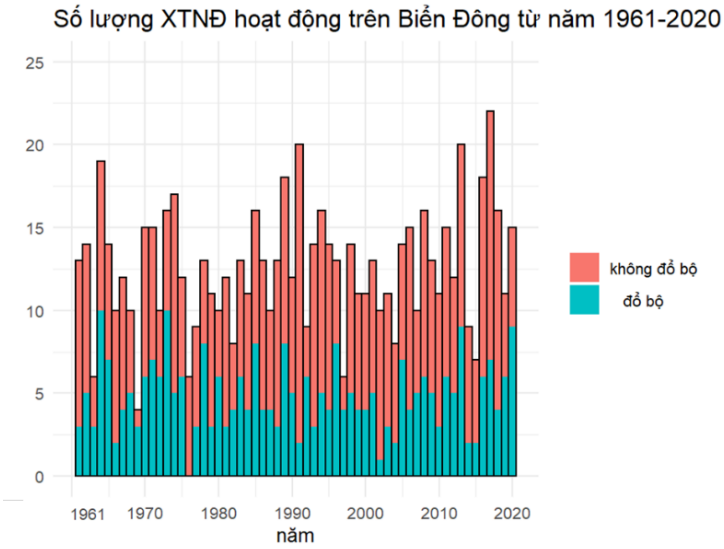
Trong nghiên cứu này, các biến phụ thuộc chính là số lượng XTNĐ hoạt động trên Biển Đông và số lượng XTNĐ đổ bộ vào đất liền Việt Nam, các biến độc lập chính là các chỉ số khí hậu trung bình tháng trong 3 tháng trước mùa bão. Do số lượng biến độc lập tương đối nhiều, không phải chỉ số nào cũng có mối quan hệ tốt với biến phụ thuộc nên phương pháp hồi quy từng bước được sử dụng để tuyển chọn nhân tố dự báo phù hợp.

Với bộ số liệu 60 năm, từ năm 1961–2020, số liệu từ năm 1961–2010 được sử dụng để xây dựng mô hình dự báo, số liệu từ năm 2011–2020 là bộ số liệu độc lập được sử dụng để đánh giá mô hình. Giá trị p–enter và p–remove sẽ được khảo sát để lựa chọn ra cặp tham số phù hợp nhất để lập phương trình dự báo số lượng XTNĐ trên Biển Đông. Giá trị p–enter và p–remove được khảo sát trong khoảng từ 0,1–0,4, trong đó, p–enter < p–remove (hay các biến được đưa vào có tác động đến Y nhiều hơn biến loại bỏ).

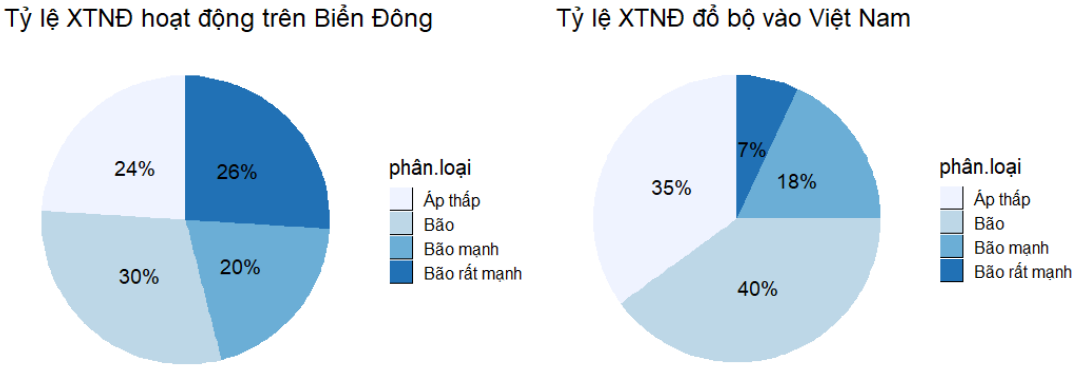
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đặc điểm hoạt động của xoáy thuận nhiệt đới trên Biển Đông

Theo thống kê của Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia, trong 60 năm (1961–2020), trên khu vực Biển Đông có 756 XTNĐ hoạt động. Trung bình có khoảng 12–13 cơn bão và áp thấp nhiệt đới (ATNĐ) hoạt động trong một năm, trong số đó có khoảng 4–5 cơn bão và ATNĐ đổ bộ vào nước ta. Năm 2017 là năm có số lượng XTNĐ hoạt động trên Biển Đông nhiều nhất, tổng có 22 XTNĐ hoạt động, trong khi đó năm 1969 chỉ có 4 XTNĐ hoạt động và là năm có ít XTNĐ hoạt động nhất. Phân tích số liệu XTNĐ đổ bộ, năm 1976 không có XTNĐ đổ bộ, năm 2002 chỉ có 1 XTNĐ đổ bộ vào nước ta, năm 1964 và 1973 là năm có nhiều XTNĐ đổ bộ nhất, gấp đôi trung bình nhiều năm, với 10 XTNĐ đổ bộ.



Hình 2. Sự thay đổi số lượng XTNĐ hoạt động trên biển Đông từ năm 1961–2020, màu xanh là số lượng XTNĐ đổ bộ vào Việt Nam, màu đỏ là số lượng XTNĐ không đổ bộ vào Việt Nam.

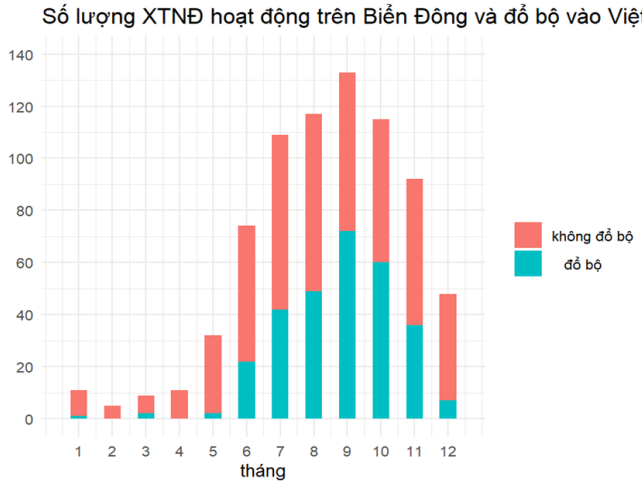


Hình 3. Tỷ lệ áp thấp nhiệt đới, vão, bão mạnh, bão rất mạnh hoạt động trên Biển Đông (bên trái) và độ bộ vào Việt Nam (bên phải).

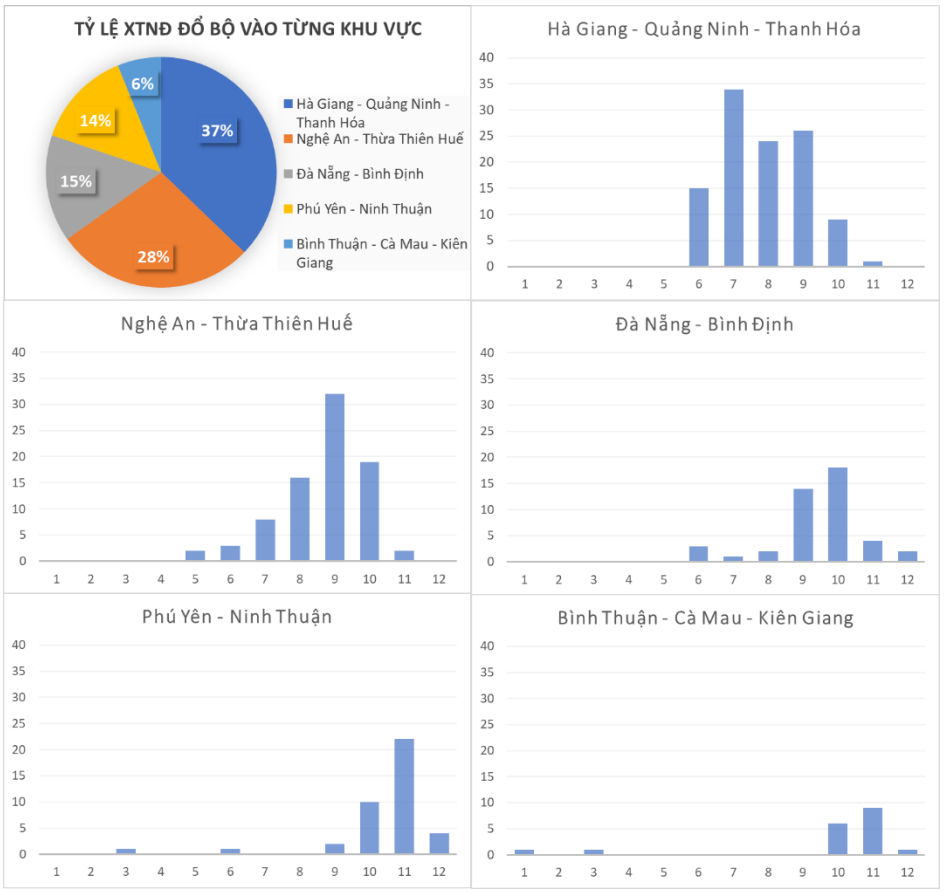
Hình 3 cho thấy tỷ lệ ATNĐ hoạt động trên Biển Đông chiếm 24% tổng số XTNĐ, còn lại 76% là bão (30% bão, 20% bão mạnh và 26% bão rất mạnh). Trong tổng số 756 XTNĐ hoạt động trên Biển Đông, có 293 XTNĐ (38.8%) đổ bộ vào đất liền nước ta. Trong số 293 XTNĐ đổ bộ vào đất liền, phần lớn là áp thấp nhiệt đới và bão (75%), trong 60 năm chỉ có 54 cơn bão mạnh (18%) và 21 cơn bão rất mạnh (7%).

XTNĐ hoạt động trên Biển Đông nhiều vào giai đoạn từ tháng 6 đến tháng 12, trong đó tháng 9 có nhiều XTNĐ xuất hiện nhất, trung bình có khoảng 2 XTNĐ hoạt động, có rất ít XTNĐ hoạt động trên Biển Đông từ tháng 1 đến tháng 4. XTNĐ đổ bộ nhiều vào nước ta ở

giai đoạn từ tháng 7 đến tháng 11, trung bình có 1 XTNĐ đổ bộ vào đất liền vào tháng 9 và tháng 10, từ tháng 1 đến tháng 5 và tháng 12 có rất ít XTNĐ và đổ bộ đến đất liền nước ta.



Hình 4. Số lượng XTNĐ hoạt động trên Biển Đông và đổ bộ vào Việt Nam qua các tháng.



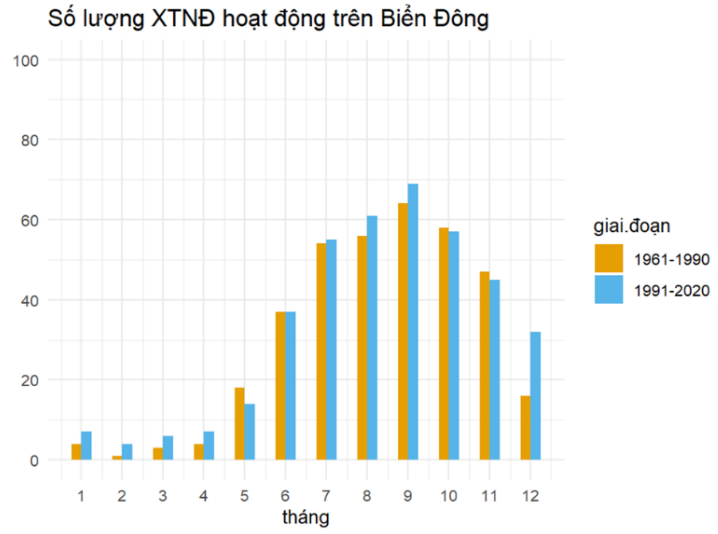
Hình 5. Tỷ lệ XTNĐ đổ bộ vào từng khu vực và số lượng XTNĐ đổ bộ từng tháng vào từng khu vực.

Phân bố theo không gian thì XTNĐ đổ bộ nhiều nhất vào khu vực Bắc Bộ và Thanh Hóa (37%), sau đó là các tỉnh từ Nghệ An đến Thừa Thiên Huế (28%), các tỉnh từ Đà Nẵng đến Bình Định và Phú Yên đến Ninh Thuận XTNĐ đổ bộ ít hơn (14–15%), XTNĐ đổ bộ ít nhất vào khu vực các tỉnh từ Bình Thuận đến Cà Mau và Cà Mau đến Kiên Giang (chỉ có 18 XTNĐ đổ bộ vào khu vực này trong 60 năm).

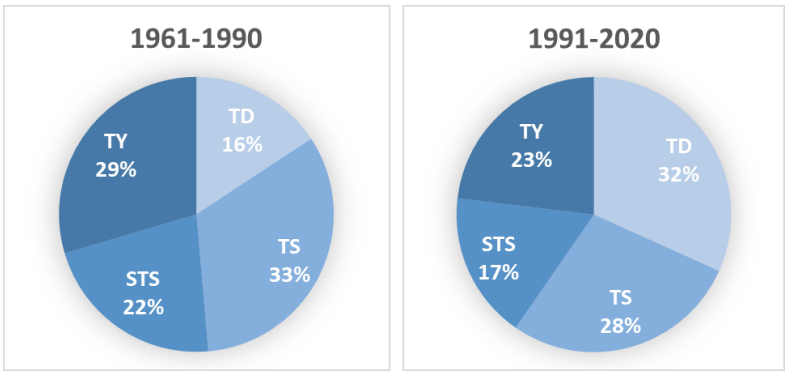
Phân bố theo thời gian thì XTNĐ ảnh hưởng đến các khu vực muộn dần từ Bắc vào Nam, XTNĐ chủ yếu đổ bộ vào các tỉnh Bắc Bộ và Thanh Hóa từ tháng 7 đến tháng 9, trong đó

tháng 7 là tháng có số lượng XTNĐ đổ bộ nhiều nhất vào khu vực này; từ tháng 8 đến tháng 10 XTNĐ đổ bộ vào các tỉnh từ Nghệ An đến Thừa Thiên Huế, trong đó tháng 9 là tháng có số lượng XTNĐ đổ bộ nhiều nhất vào khu vực này; từ tháng 9 đến tháng 10 XTNĐ đổ bộ vào các tỉnh từ Đà Nẵng đến Bình Định; từ tháng 10 đến tháng 11 XTNĐ đổ bộ vào các tỉnh từ Phú Yên đến Bình Thuận và Bình Thuận–Cà Mau–Kiên Giang.

Chia chuỗi thơi gian 60 năm thành 2 giai đoạn: 30 năm đầu (1961–1990) và 30 năm sau (1991–2020). Số lượng XTNĐ hoạt động trên Biển Đông ở giai đoạn 30 năm sau nhìn chung nhiều hơn 30 năm đầu (giai đoạn đầu có 362 cơn, giai đoạn sau có 394 cơn). Tháng 9 là tháng có nhiều XTNĐ trên Biển Đông nhất (trung bình khoảng 2 cơn bão hoặc ATNĐ hoạt động), mùa XTNĐ ở cả 2 giai đoạn đều bắt đầu từ tháng 6. Nhưng ở giai đoạn 30 năm sau, mùa XTNĐ kéo dài đến tháng 12, trung bình có khoảng 1 cơn bão hoặc ATNĐ hoạt động trong tháng 12. Số lượng XTNĐ ở giai đoạn 30 năm sau tăng vào tháng 8, tháng 9 và tăng nhiều nhất là vào tháng 12 (gần gấp đôi). Số lượng XTNĐ tăng ở tháng 12 chủ yếu được đóng góp từ số lượng ATNĐ và bão rất mạnh xuất hiện trên Biển Đông.



Hình 6. Số lượng XTNĐ hoạt động trên Biển Đông các tháng ở giai đoạn 30 năm đầu (1961–1990) và 30 năm sau (1991–2020).

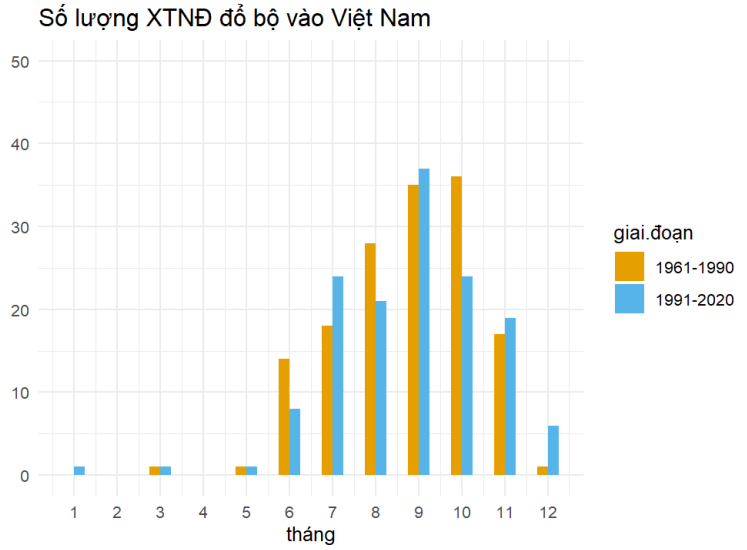


Hình 7. Tỷ lệ Áp thấp (TD), bão (TS), bão mạnh (STS) và bão rất mạnh (TY) hoạt động trên Biển Đông ở giai đoạn 30 năm đầu (1961–1990) và 30 năm sau (1991–2020).

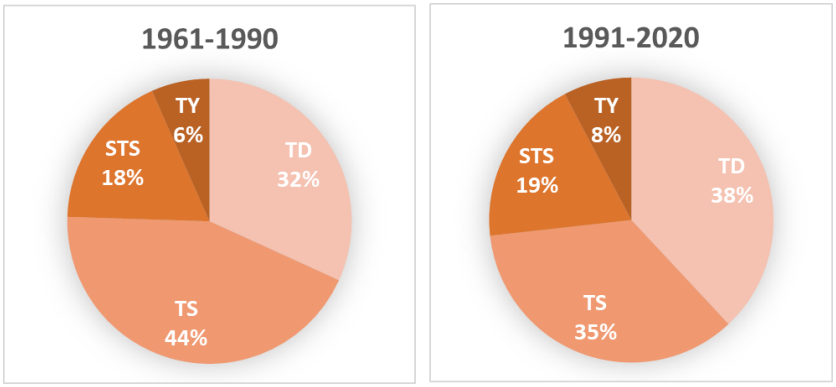
Ở giai đoạn 30 năm sau, số lượng ATNĐ tăng gấp 2 lần ở giai đoạn 30 năm đầu, số lượng bão, bão mạnh, bão rất mạnh có xu hướng giảm (giai đoạn đầu có 305 cơn bão, giai đoạn sau có 269 cơn bão).

Xu hướng XTNĐ trên biển Đông tăng nhưng số lượng XTNĐ đổ bộ vào Việt Nam lại có xu hướng giảm, và số lượng XTNĐ giảm chủ yếu là bão. Ở giai đoạn 30 năm đầu có 151 XTNĐ đổ bộ, giai đoạn 30 năm sau có 142 XTNĐ đổ bộ vào nước ta. Nhìn chung 5 tháng

đầu năm có rất ít XTNĐ đổ bộ, từ tháng 6 số lượng XTNĐ đổ bộ vào Việt Nam bắt đầu tăng. Ở giai đoạn 30 năm đầu, XTNĐ đổ bộ tập trung vào giai đoạn từ tháng 6 đến tháng 11; ở giai đoạn 30 năm sau, XTNĐ đổ bộ ít hơn vào tháng 6 và tăng nhanh vào tháng 7, số lượng XTNĐ đổ bộ vào tháng 12 cũng nhiều hơn ở giai đoạn 30 năm đầu. Ở giai đoạn 30 năm đầu, tháng 9 và tháng 10 là hai tháng có nhiều XTNĐ đổ bộ nhất, trong khi đó ở giai đoạn 30 năm sau tháng có XTNĐ đổ bộ nhiều nhất và tăng vọt là vào tháng 9. Thêm vào đó số lượng XTNĐ ở tháng 8 và tháng 10 cũng giảm tương đối nhiều.



Hình 8. Số lượng XTNĐ đổ bộ vào Việt Nam các tháng ở giai đoạn 30 năm đầu (1961–1990) và 30 năm sau (1991–2020).



Hình 9. Tỷ lệ Áp thấp (TD), bão (TS), bão mạnh (STS) và bão rất mạnh (TY) đổ bộ vào Việt Nam ở giai đoạn 30 năm đầu (1961–1990) và 30 năm sau (1991–2020).

3.2. Khảo sát giá trị p và bộ chỉ số phù hợp

Nghiên cứu này thực hiện 3 thử nghiệm:

Thử nghiệm 1: Sử dụng bộ số liệu 60 năm, 9 chỉ số khí hậu bao gồm: NINO12, NINO3, NINO4, NINO34, ONI, SOI, QBO, DMI, WP.

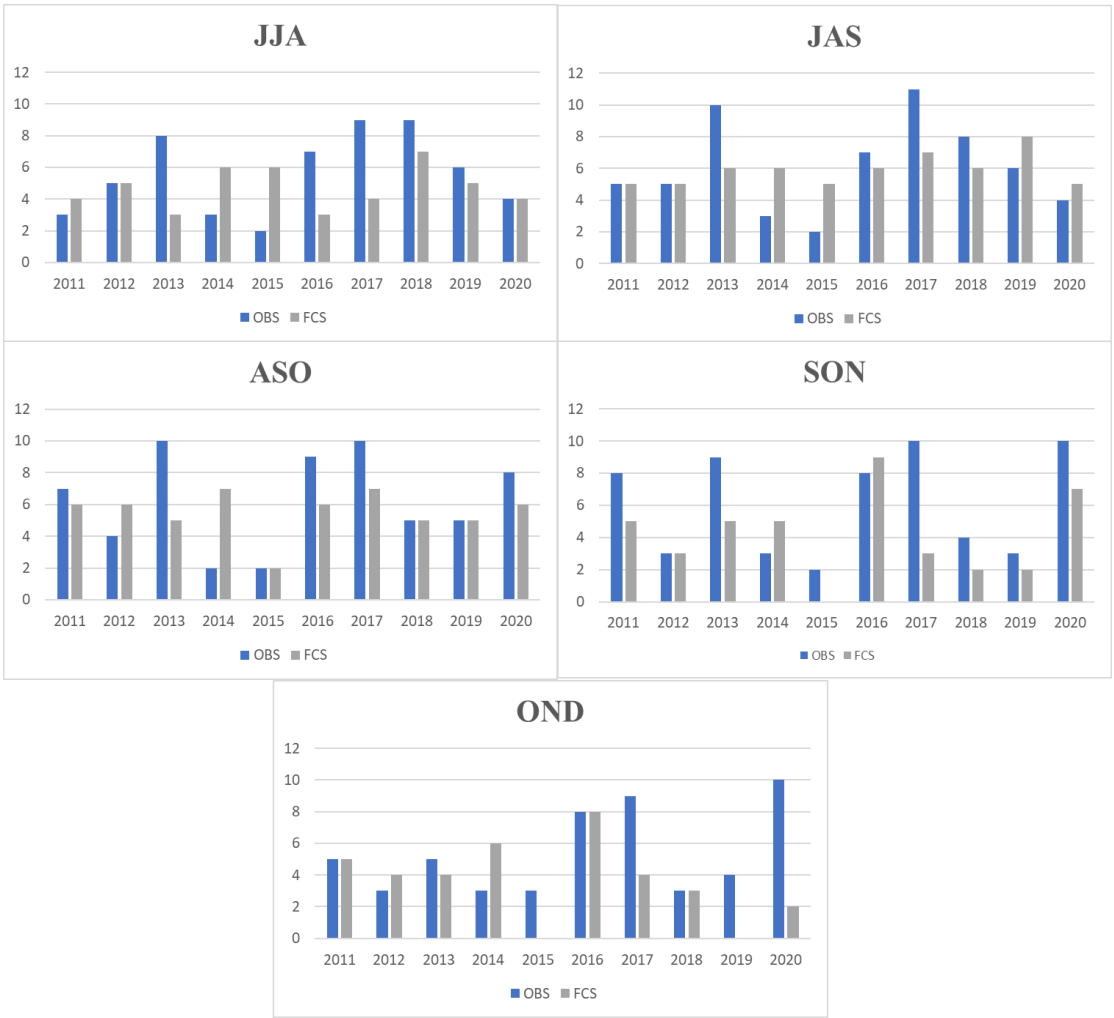
Thử nghiệm 2: Sử dụng bộ số liệu 40 năm gần nhất, 9 chỉ số khí hậu bao gồm: NINO12, NINO3, NINO4, NINO34, ONI, SOI, QBO, DMI, WP.

Thử nghiệm 3: Sử dụng bộ số liệu 60 năm, 13 chỉ số khí hậu bao gồm: NINO12, NINO3, NINO4, NINO34, ONI, SOI, QBO, DMI, WP, BEST, AO, RINDO, RESOI

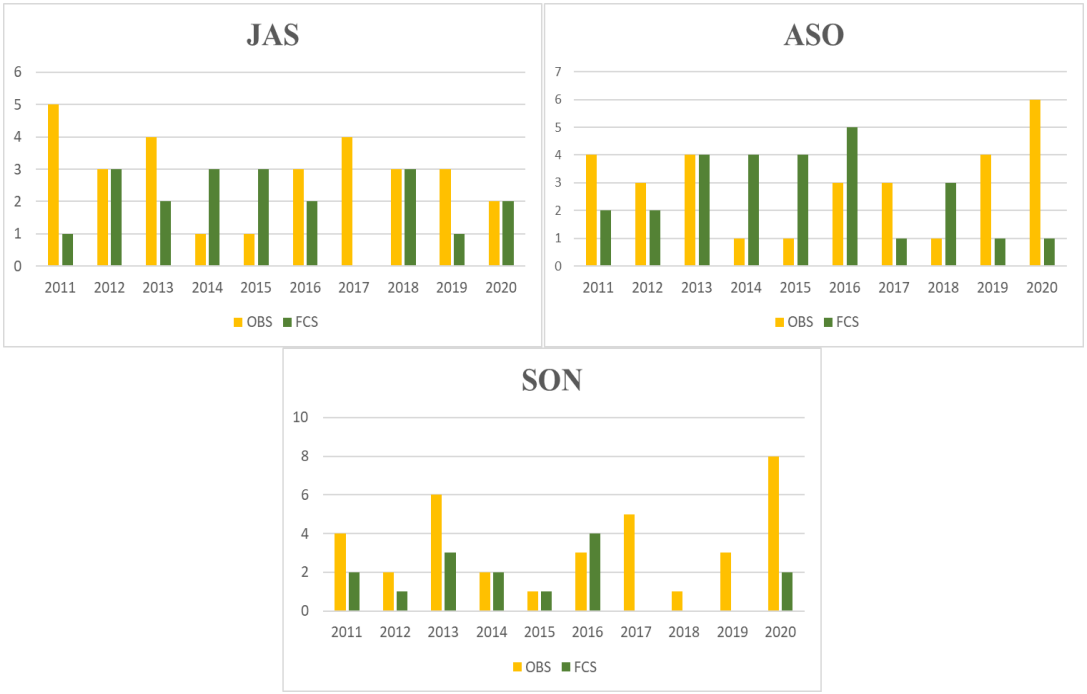
Ứng với mỗi thử nghiệm lại cho ra kết quả giá trị p tốt nhất của từng thử nghiệm, bộ số liệu cho kết quả sai số thấp và thỏa mãn các điều kiện kiểm nghiệm F là thử nghiệm 1 với giá trị p–enter = 0,4 và p–remove = 0,5.

Bảng 2. Các phương trình dự báo số lượng XTNĐ trên Biển Đông và đổ bộ vào Việt Nam.

Mùa	Phương trình dự báo số lượng XTNĐ trên Biển Đông
Tháng 6–8	JJA = 4.819 + 0.925*DMI_5 – 2.122*NINO3_3 – 0.317*SOI_3 + 5.852*NINO4_5 – 5.006* NINO4_4 + 1.556*ONI_3 – 1.135*ONI_5 – 0.022*QBO_4
Tháng 7–9	JAS = 5.572 – 0.587*NINO12_5 – 0.438*WP_6 – 4.694*NINO4_4 + 4.121*NINO4_5 + 2.207*ONI_4 + 0.849*DMI_5 – 0.74*NINO3_4
Tháng 8–10	ASO = 5.368 – 0.721*WP_6 + 0.096*QBO_5 – 0.076*QBO_7 – 2.021*DMI_7 – 4.66*NINO4_7 – 0.764*SOI_6 + 1.136*DMI_5 – 0.383*NINO12_5 + 1.583*NINO4_5 + 0.898*NINO34_7
Tháng 9–11	SON = 4.915 – 10.264*ONI_8 – 0.536*WP_6 + 0.653*WP_8 – 3.29*DMI_7 + 1.199*NINO12_8 – 1.117*NINO3_6 + 14.588*ONI_7 – 2.499* ONI_6 – 0.54*SOI_7 + 1.373*DMI_6 – 4.332*NINO34_6 – 0.391*WP_7
Tháng 10–12	OND = 3.686 + 0.442*SOI_9 – 0.038*QBO_9 – 3.218*DMI_7 – 1.496*NINO4_7 + 1.39*NINO12_8 – 1.542*NINO3_8 + 1.614*DMI_8 – 0.332*WP_7 + 0.311*WP_8
	Phương trình dự báo số lượng XTNĐ đổ bộ vào Việt Nam
Tháng 7–9	JAS = 2.331 + 2.928*DMI_5 – 0.059*QBO_4 – 2.752*DMI_4 – 5.737*NINO3_4 – 1.009*DMI_6 + 0.396*WP_6 + 0.538*NINO12_5 + 6.443*NINO34_4 – 2.202*NINO4_4 + 0.334*SOI_6 + 0.722*NINO12_4 – 1.497* ONI_4
Tháng 8–10	ASO = 2.644 + 0.633*SOI_6 – 0.262*SOI_7 – 2.48*NINO3_5 + 0.784* NINO12_7 + 2.302*NINO34_5 – 1.622*DMI_6 + 1.202*DMI_5 – 0.952*NINO4_7
Tháng 9–11	SON = 2.52 – 0.663*NINO4_8 – 0.208*WP_6 – 0.722*SOI_7 + 0.659*SOI_6 – 1.095*DMI_7 + 0.547*WP_8 + 0.384*NINO12_8 + 0.493*SOI_8 + 0.02*QBO_6



Hình 10. So sánh kết quả dự báo số lượng XTNĐ trên Biển Đông trên bộ số liệu độc lập (2011–2020).



Hình 11. So sánh kết quả dự báo số lượng XTNĐ đổ bộ vào Việt Nam trên bộ số liệu độc lập (2011–2020).

Nhìn chung, mô hình dự báo được xu thế tăng/giảm số lượng XTNĐ trên Biển Đông. Như vậy, các chỉ số khí hậu có tương quan với số lượng XTNĐ trên Biển Đông và có thể dự báo được số lượng XTNĐ. Điều này cũng chứng minh cho ảnh hưởng của các quá trình quy mô lớn với hoạt động của XTNĐ trên Biển Đông. Mô hình dự báo tốt số lượng XTNĐ năm 2011, 2012 (sai số khoảng 1–2 cơn), dự báo chưa được tốt vào năm 2013, 2014, 2017. Mô hình không dự báo được những năm có > 8 XTNĐ hoạt động. Với XTNĐ đổ bộ vào Việt Nam, mô hình không bắt được tốt xu hướng tăng giảm XTNĐ như với XTNĐ trên Biển Đông. Mô hình không dự báo được những năm có > 5 XTNĐ đổ bộ.

Bảng 3. Bảng sai số đánh giá dự báo (ME, MAE, RMSE) của mô hình dự báo số lượng XTNĐ trên Biển Đông và XTNĐ đổ bộ hạn mùa (3 tháng).

Sai số	XTNĐ trên Biển Đông					XTNĐ đổ bộ		
	JJA	JAS	ASO	SON	OND	JAS	ASO	SON
R	0,553	0,57	0,716	0,791	0,762	0,708	0,573	0,616
ME	–0,9	–0,2	–0,7	–1,9	–1,7	–0,9	–0,3	–2
MAE	2,5	2	2,1	2,5	2,5	1,7	2,3	2,2
RMSE	3,114	2,449	2,775	3,114	3,536	2,214	2,627	2,933

Mô hình dự báo có xu hướng số lượng XTNĐ ít hơn thực tế (ME < 0), sai số MAE khoảng 2–2,5 XTNĐ trên Biển Đông, từ 1,7–2,2 XTNĐ đổ bộ vào đất liền nước ta. Với XTNĐ trên biển Đông, mô hình dự báo cho mùa JAS (tháng 6,7,8) tốt hơn các tháng còn lại với sai số dự báo là 2 cơn, tương quan của phương trình dự báo XTNĐ mùa ASO (tháng 8, 9, 10), SON (tháng 9, 10, 11), OND với số lượng XTNĐ trên biển Đông là tương đối tốt (> 0,7). Với XTNĐ đổ bộ vào Việt Nam, phương trình dự báo có sai số thấp nhất là mùa JAS (tháng 6,7,8) với sai số dự báo là 1,7 cơn, phương trình dự báo mùa JAS cũng có tương quan tốt hơn mùa ASO và SON.

Nghiên cứu [18] dự báo số lượng XTNĐ trên Biển Đông từ tháng 6 đến tháng 12 có sai số MAE lớn nhất là khoảng 3,7 cơn. Như vậy, dự báo hạn 3 tháng của nghiên cứu này cho kết quả sai số thấp hơn.

4. Kết luận

Trung bình năm có 12–13 XTNĐ hoạt động trên Biển Đông, trong đó có 4–5 XTNĐ đổ bộ vào đất liền Việt Nam (khoảng 38–40). 75% số XTNĐ đổ bộ là áp thấp nhiệt đới và bão, 25% là bão mạnh và bão rất mạnh.

Tháng 9 là tháng có số lượng XTNĐ hoạt động trên Biển Đông nhiều nhất (khoảng 2 cơn) và cũng là tháng có số lượng XTNĐ đổ bộ nhiều nhất (khoảng 1 cơn). Có rất ít XTNĐ hoạt động trong 4 tháng đầu năm và rất ít XTNĐ đổ bộ từ tháng 12 năm trước đến tháng 5 năm sau.

Số lượng XTNĐ trên Biển Đông giai đoạn 1991–2020 có xu hướng tăng nhẹ so với giai đoạn 1961–1990, khoảng 4,2%; ngược lại, số lượng XTNĐ đổ bộ vào Việt Nam lại có xu hướng giảm nhẹ (khoảng 3,1%). Số lượng XTNĐ trên Biển Đông tăng chủ yếu là áp thấp nhiệt đới và phần lớn tăng ở tháng 12, số lượng XTNĐ đổ bộ vào đất liền nước ta cũng tăng vào tháng 12. Như vậy, mùa XTNĐ trong những năm gần đây có xu hướng kéo dài hơn.

Có thể sử dụng phương pháp hồi quy từng bước để dự báo số lượng XTNĐ trên Biển Đông, ước lượng hệ số hồi quy bằng phương pháp bình thương tối thiểu, giá trị p–enter = 0,4, p–remove = 0,5 và sử dụng bộ số liệu XTNĐ 60 năm (1961–2020), 9 chỉ số khí hậu được đưa vào mô hình bao gồm: NINO12, NINO3, NINO4, NINO34, ONI, SOI, QBO, DMI, WP cho kết quả dự báo tốt nhất. Mô hình dự báo nhìn chung dự báo được xu thế tăng giảm XTNĐ trên Biển Đông so với trung bình nhiều năm, dự báo có xu hướng thiên thấp, sai số dự báo khoảng 2–3 XTNĐ, sai số lớn chủ yếu ở những mùa có nhiều hơn 8 XTNĐ. Mô hình chưa dự báo được tốt xu thế cũng như số lượng XTNĐ nhiệt đới đổ bộ vào Việt Nam, thường dự báo hụt những mùa có nhiều XTNĐ đổ bộ hơn trung bình nhiều năm (nhiều hơn 5 cơn).

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: H.P.L., L.K.H., T.H.C.; Xử lý số liệu: L.K.H.; Viết bản thảo bài báo: H.P.L., L.K.H.; Chỉnh sửa bài báo: H.P.L., T.H.C, L.K.H.

Lời cảm ơn: Tập thể tác giả cảm ơn Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, tập thể tác giả hướng dẫn học viên Lưu Khánh Huyền. Bài báo là một phần kết quả của nhiệm vụ "Nghiên cứu ứng dụng các chỉ số dao động khí hậu quy mô lớn vào dự báo khí hậu cho Việt Nam", mã số: TNMT.2021.02.05 và luận văn tốt nghiệp của học viên Lưu Khánh Huyền.

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 những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Duy, Đ.B.; Thành, N.Đ; Tuyết, N.T.; Hà, P.T.; Tân, P.V. Đặc điểm hoạt động của Xoáy thuận Nhiệt đới trên khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương, Biển Đông và vùng chịu ảnh hưởng trên lãnh thổ Việt Nam giai đoạn 1978–2015. *Tạp chí khoa học ĐHQGHN: Các khoa học Trái đất và Môi Trường* **2016**, *32(2)*, 1–11.
2. Đức, T.Q.; Hà, P.T.; Duy, Đ.B.; Nam, P.Q. Thay đổi hoạt động của bão Biển Đông. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, *715*, 27–36.
3. Nga, Đ.H.; Việt, N.M.; Cường, H.Đ. Xu thế diễn biến của tần số xoáy thuận nhiệt đới ở Tây Bắc Thái Bình Dương và Biển Đông. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2011**, *602*, 31–37.
4. Ưu, Đ.V. Đánh giá quy luật biến động dài hạn và xu thế biến đổi số lượng bão và áp thấp nhiệt đới trên khu vực Tây Thái Bình Dương, Biển Đông và ven Biển Việt Nam. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* **2009**, *25(3S)*, 542–550.
5. Linh, T.T.; Elizabeth A.R.; Sarah, E.P. A 50–Year Tropical Cyclone Exposure Climatology in Southeast Asia. *JGR Atmospheres* **2022**, *127(4)*, e2021JD036301. Doi: 10.1029/2021JD036301.

6. Duy, Đ.B; Thành, N.Đ; Tân, P.V. Mối quan hệ giữa ENSO và số lượng, cấp độ Xoáy thuận Nhiệt đới trên khu vực Tây Bắc – Thái Bình Dương, Biển Đông giai đoạn 1951–2015. *Tạp chí khoa học ĐHQGHN: Các khoa học Trái đất và Môi Trường* **2016**, *32(3S)*, 43–55.
7. Phong, N.B.; Chinh, Đ.K. Nghiên cứu ảnh hưởng của ENSO tới hoạt động của Xoáy thuận nhiệt đới ở khu vực Biển Đông trong giai đoạn 2000–2015. *Tạp chí Khí tượng thủy văn* **2017**, *680*, 41–49.
8. Wang, B., and J. C. L. Chan, How strong ENSO events affect tropical storm activity over the western North Pacific. *J. Clim.* **2002**, *15*, 1643–1658.
9. Tuyên, N.V. Xu hướng hoạt động của xoáy thuận nhiệt đới trên Tây Bắc Thái Bình Dương và Biển Đông theo các cách phân loại khác nhau. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, **2007**, *559*, 14–21.
10. Ho, C.H.; Kim, H.S.; Son, S.W. Influence of stratospheric quasi–biennial oscillation on tropical cyclone tracks in western North Pacific. *Geophys. Res. Lett*. **2009**, *36(6)*, L06702.
11. Huangfu, J.; Tang, Y.; Ma, T.; Chen, W.; Wang, L. Influence of the QBO on tropical convection and its impact on tropical cyclone activity over the western North Pacific. *Clim. Dyn*. **2021**, *57*, 657–669.
12. Zhan, R.; Wang, Y.; Wu, C.C. Impact of SSTA in the East Indian Ocean on the frequency of Northwest Pacific tropical cyclones: A regional atmospheric model study. *J. Clim*. **2011**, *24(23)*, 6227–6242.
13. Choi, K.S.; Byun, H.R. Possible relationship between western North Pacific tropical cyclone activity and Arctic Oscillation. *Theor. Appl. Climatol*. **2010**, *100*, 261–274.
14. Choi, K.S.; Wu, C.C.; Byun, H.R. Possible connection between summer tropical cyclone frequency and spring Arctic Oscillation over East Asia. *Clim. Dyn*. **2012**, *38*, 2613–2629.
15. Chan, C.L.J. Seasonal forecasting of tropical cyclone actvity over the Western North Pacific and the South China sea, 1998.
16. Chan, K.T.F.; Zhenyuan, D.; Minglin, Z. Statistical seasonal forecasting of tropical cyclones over the western North Pacific. *Environ. Res. Lett.* **2021**, *16*, 074027.
17. Tuyên, N.V. Khả năng dự báo hoạt động mùa bão Biển Đông Việt Nam- Phân tích các yếu tố dự báo và nhân tố dự báo có thể. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2008**, 571, 1–11.
18. Duy, Đ.B.; Thành, N.Đ.; Đức, T.Q.; Tân, P.V. Dự báo hạn mùa số lượng xoáy thuận nhiệt đới trên Biển Đông bằng các mô hình thống kê. *VNU J. Sci: Earth. Environ. Sci.* **2019**, *35(2)*, 45–57.
19. Quỳnh, B.T. Nghiên cứu đặc điểm hoạt động và dự báo số lượng XTNĐ ảnh hưởng đến khu vực Trung Trung Bộ. Luận văn cao học trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội, 2020, tr. 78.
20. Feng, X.; Hodges, K.I.; Hoang, L.; Pura, A.G.; Yang, G.Y.; Luu, H. et al. A new approach to skillful seasonal prediction of Southeast Asia tropical cyclone occurrence. *JGR Atmospheres* **2022**, *127*, e2022JD036439. https://doi.org/10.1029/2022JD036439.
21. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Cập nhật phân vùng bão, xác định nguy cơ bão, nước dâng do bão và phân vùng gió cho các vùng ở sâu trong đất liền khi bão mạnh, siêu bão đổ bộ, 2016.

A seasonal prediction method for the number of tropical cyclones in East Sea and landfall in Vietnam

Hoang Phuc Lam[1], Luu Khanh Huyen[1*], Ta Huu Chinh[2]

[1] National Centre for Hydrometeorological Forecasting; lamhpvn@gmail.com; luukhanhhuyen258@gmail.com
[2] Institute of meteorology, Hydrology and Climate change; chinhth2010@gmail.com

Abstract: This paper presents a study on the characteristics of tropical cyclone activity in East Sea and landfall in Vietnam, use the stepwise regression method to build a seasonal statistical prediction model for those two numbers of tropical cyclones (in East Sea and landfall in Vietnam) based on the relationship with climate indices and large–scale processes such as ENSO, IOD, QBO, etc. The results show that September has the most tropical cyclone activity in East Sea and landfall in Vietnam. The majority (75%) of tropical cyclones that hit Vietnam's mainland are tropical depressions and tropical storms, and only 25% are severe tropical storms and typhoons. The number of tropical cyclones in East Sea in the period 1991–2020 tends to increase slightly compared to the period 1961–1990, about 4.2%; on the other hand, the number of landfall tropical cyclones slightly decrease (about 3.1%). The model predicts well the tendency of increase or decrease in the number of tropical cyclones compared to the average, but it is less than the observation in general. The seasons with more than 8 tropical cyclones in East Sea and more than 5 tropical cyclones landfall in Vietnam show larger errors.

Keywords: Tropical cyclone; Seasonal prediction; Stepwise regression; East Sea, Vietnam.