TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Bài báo khoa học

Hoạt động của bão và áp thấp nhiệt đới trong năm 2021 và dự báo trong mùa bão năm 2022 ở Việt Nam

Nguyễn Văn Hưởng[1]*, Mai Văn Khiêm[1], Hoàng Phúc Lâm[1], Trần Ngọc Vân[1], Hoàng Thị Mai[1], Nguyễn Thanh Hoa[1], Trịnh Thùy Nguyên[1], Trần Quang Điệp[1]

[1] Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia, Tổng cục Khí tượng Thủy văn; nvhuonghanngan@gmail.com; nvhuonghanngan@gmail.com; maivankhiem77@gmail.com; lamhpvn@gmail.com; nvhuonghanngan@gmail.com; tranngocvan281285@gmail.com; ms.hoa2510@gmail.com; hoangmaik52dubao@gmail.com; nguyentt607@gmail.com; diep.quanghn@gmail.com

*Tác giả liên hệ: nvhuonghanngan@gmail.com; Tel.: +84–902198035

Ban Biên tập nhận bài: 15/1/2022; Ngày phản biện xong: 25/2/2022; Ngày đăng bài: 25/3/2022

Tóm tắt: Bài báo gồm hai phần: phần một đưa ra đánh giá tổng quan mùa bão năm 2021, số bão và áp thấp nhiệt đới (ATNĐ) hoạt động trên Tây Bắc Thái Bình Dương(TBTBD) và Biển Đông ở mức thấp hơn đến xấp xỉ so với trung bình nhiều năm (TBNN). Thời gian hoạt động của bão và ATNĐ trên TBTBD bắt đầu sớm, tuy nhiên trên Biển Đông bắt đầu muộn. Thời gian kết thúc bão trên TBTBD và Biển Đông muộn, vào tháng 12, tuy nhiên, khá phổ biến. Mùa bão 2021, có 05 cơn bão và 02 ATNĐ ảnh hưởng trực tiếp đến nước ta, nhiều hơn so với TBNN. Cơn bão số 9 có cường độ mạnh nhất trong 40 năm gần đây. Phần thứ hai đưa ra dự báo thử nghiệm mùa bão ở Việt Nam bao gồm bão hoạt động trên Biển Đông và đổ bộ Việt Nam bằng phương pháp phân tích thành phần chính kết hợp với hồi qui (PCR) trong phần mềm dự báo khí hậu CPT (Climate Prediction Tool). Kết quả thử nghiệm cho thấy nhân tố dự báo nhiệt độ trung bình tháng từ số liệu tái phân tích ERSST5 và nhân tố dự báo nhiệt độ trung bình bề mặt biển (SST) trung bình trượt 3 tháng của mô hình GFDL–CM2p1–aer04 đều dự báo xu hướng bão hoạt động trên Biển Đông và đổ bộ trực tiếp Việt Nam trong năm 2022 cao hơn TBNN khoảng từ 0,5–1,5 cơn.

Từ khóa: Bão; ATNĐ; Biển Đông; Đất liền Việt Nam; Dự báo mùa bão.

1. Mở đầu

Trong khuôn khổ bài báo nhóm tác giả đưa ra hai phần: Phần một: về đánh giá mùa bão năm 2021 và phần hai đưa thử nghiệm dự báo mùa bão năm 2022. Mùa bão năm 2021 sẽ được đánh giá trên khu vực TBTBD, trên Biển Đông và bão đổ bộ trực tiếp. Các tiêu chí được đánh giá bao gồm thời gian xuất hiện/kết thúc bão/ATNĐ, so sánh tần suất ATNĐ, bão và bão mạnh so với TBNN, về đánh giá cường độ bão trên khu vực TBTBD nhóm tác giả sử dụng chỉ số năng lượng tích lũy bão (ACE). Bên cạnh đó nhóm tác giả đưa ra đánh giá về thời gian tồn tại bão và hình thế hoàn lưu trên mực 500mb tác động đến bão/ ATNĐ.

Phần thứ hai về dự báo bão năm 2021: Việt Nam là một trong những nước hàng năm chịu ảnh hưởng nặng nề bởi bão. Vì vậy, câu hỏi luôn được quan tâm đó là liệu năm nay xu hướng bão hoạt động trên Biển Đông và ảnh hưởng đến Việt Nam như thế nào? Trên thế giới, cũng đã có rất nhiều nghiên cứu về dự báo cường độ và quĩ đạo xoáy thuận nhiệt đới (XTNĐ) bằng cách sử dụng các mô hình số trị như việc sử dụng mô hình ARW với độ phân giải 27km để dự báo XTNĐ trên Bắc Ấn Độ Dương sai số dự báo 113–376 km với hạn dự báo từ 12–72 giờ và

có xu hướng lệch phải so với quĩ đạo thực [1]. Bên cạnh đó, đã có nghiên cứu sử dụng mô hình GFDL thử nghiệm 163 trường hợp trong các mùa từ 1995–1998. Sai số tuyệt đối trung bình dự báo áp suất tâm bão giảm khoảng 26% trong việc dự báo áp suất tâm bão. Riêng với năm 1998, mô hình chạy dự báo nghiệp vụ, đã cải thiện dự báo bão với áp suất từ 960–970hPa [2]. Ngoài việc sử dụng các mô hình số trị, một số nghiên cứu khác đã sử dụng sử dụng mô hình thống kê–động lực học sử dụng phương pháp phân cụm mô hình theo dõi (*TPC–Track–pattern clustering*) và các công cụ dự báo tiềm năng kết hợp đại dương để phân nhóm các quỹ đạo đường đi của bão trong giai đoạn 2004–2012 và dùng hai năm 2013–2014 để kiểm chứng kết quả dự báo của mô hình. So sánh đồng thời với bốn mô hình dự báo động lực mô hình, mô hình trên có sai số tuyệt đối trung bình nhỏ nhất. Sau 24 giờ đầu dự báo, mô hình hiện tại vẫn thể hiện kỹ năng dự báo tốt [3]. Hay sử dụng mô hình số không đối xứng để đánh giá cường độ cực đại của bão vào năm 2009, khi so sánh với các mô hình truyền thống nhóm tác giả nhận thấy mô hình mới này đã cải thiện việc bảo toàn khối lượng và năng lượng trong điều kiện bão hòa [4]. Bên cạnh đó cường độ tiềm năng bão (PI) sẽ tăng lên gần gấp đôi mỗi độ với tốc độ khoảng 2 m/(s*K) theo sự nóng lên của bề mặt biển (với nhiệt độ tầng bình lưu cố định) [5]. Những kết quả này có ý nghĩa đáng kể đối với xu hướng PI toàn cầu trong ứng phó với biến đổi khí hậu. Bên cạnh đó cũng có nhiều nghiên cứu về số lượng XTNĐ, như nghiên cứu về sự thay đổi số lượng XTNĐ tại khu vực TBTBD với kịch bản ấm lên toàn cầu được thực hiện bởi Trung tâm Nghiên cứu quốc tế Thái Bình Dương (IPRC) vào năm 2006, bằng cách sử dụng mô hình khí hậu khu vực có độ phân giải cao RegCM và mô hình hệ thống khí hậu từ NCAR (CCSM2). Kết quả cho thấy, sự gia tăng nồng độ CO_2 hay nhiệt độ không khí ấm lên không làm thay đổi đáng kể về số lượng XTNĐ trong mùa nhưng lại thống kê được sự gia tăng về số lượng bão mạnh và tốc độ gió mạnh nhất trong bão [6]. Ngoài ra đã có nghiên cứu sử dụng mô hình dự báo khí hậu (CFS) với giá trị đầu vào là số lượng bão xảy ra trong mùa, nhiệt độ SST trung bình tháng và gió trên mực 200hPa và 800hPa. Kết quả cho thấy bão có xu hướng dao động lớn với xu hướng tăng dần về số lượng bão trên lưu vực Đại Tây Dương trong mùa bão từ tháng 8–10, đặc biệt thời kỳ từ 1995–2006, đây là bước đầu để thực hiện dự báo sự thay đổi về hoạt động bão theo các năm [7].

Tại Việt Nam, có nhiều nghiên cứu về quĩ đạo và cường độ bão, tuy nhiên nghiên cứu về dự báo số lượng bão không nhiều: Như nghiên cứu của Đài Khí tượng thủy văn khu vực Đông Bắc với số liệu đầu là các cơn bão đã đổ bộ vào đất liền với các nhân tố dự báo: số liệu ENSO lấy từ bộ số liệu tái phân tích của NCEP và NCAR. Nghiên cứu đưa ra sai số của phương trình dự báo bão đổ bộ đến Việt Nam từ 1–3 cơn, bão đổ bộ vào Đông Bắc sai số khoảng 1 cơn [8].

Như vậy các nghiên cứu trong và ngoài nước đều có dự báo về số lượng bão tuy nhiên chỉ mới đưa ra đánh giá lại dựa trên chuỗi số liệu bão từ 30 năm. Còn đối với dự báo nghiệp vụ, hiện tại các trung tâm dự báo nghiệp vụ khí hậu lớn trên thế giới như Trung tâm dự báo hạn vừa Châu Âu (ECMWF) mới đưa ra nhận định xu thế bão trong 6 tháng, trung tâm dự báo khí hậu Tokyo (TCC) đưa ra nhận định về các hiện tượng thời tiết nguy hiểm trong đó có bão với thời hạn 3 tháng. Như vậy hầu hết các trung tâm đều đưa ra nhận định hạn dưới 6 tháng, vậy nếu đứng từ thời điểm đầu năm 2022 muốn trả lời câu hỏi liệu năm nay nhiều bão hay ít bão ảnh hưởng đến Việt Nam thì cần áp dụng các phương pháp thống kê sau mô hình để đưa ra nhận định về bão hạn xa hơn đến khoảng 1 năm. Trong khuôn khổ bài báo, nhóm tác giả đưa ra thử nghiệm dự báo số lượng bão trên Biển Đông và ảnh hưởng đến Việt Nam bằng phương pháp phân tích thành phần chính (PCR) trong phần mềm dự báo khí hậu CPT.

2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Số liệu nghiên cứu

Số liệu bão và ATNĐ để đánh giá mùa bão năm 2021 và so sánh với TBNN, nhóm tác giả thống kê và thu thập từ số liệu bão và ATNĐ trên đặc điểm khí tượng thủy văn từ năm 1993–2021 (Nhóm số liệu số lượng bão 1) [9].

Số liệu bão để dự báo sử dụng trong khuôn khổ bài báo được thống kê từ số lượng bão theo năm hoạt động trên Biển Đông và đổ bộ trực tiếp đến Việt Nam dựa trên dữ liệu của Nhật (Digital typhoon từ năm 1951–2020). Trên trang web trên chỉ thống kê số lượng bão–gọi là nhóm số lượng bão 2. Nhóm tác giả đã thử nghiệm dự báo cả hai bộ số liệu bão nhóm 1 và nhóm 2, số liệu nhóm 1 tuy bao gồm cả ATNĐ nhưng chuỗi số liệu khá ngắn 29 năm nên chỉ dưới 10% trường hợp khảo sát đưa ra kết quả dự báo vì vậy nhóm tác giả đã lựa chọn nhóm số liệu bão số 2: thống kê bão hoạt động trên Biển Đông từ khu vực (5–23 độ Bắc, 103–120 độ Đông), bão đổ bộ trực tiếp được tính khi quĩ đạo bão đi vào Việt Nam từ năm 1951–2020.

Với yếu tố dự báo là số lượng cơn bão năm 2022, nhóm tác giả lựa chọn SST làm nhân tố dự báo. Theo [10] có sự tương quan nhất định giữa SST và sự hình thành, quĩ đạo và cường độ bão. Khi SST tăng tạo điều kiện nhiệt lực thuận lợi cho sự hình thành và hoạt động của bão [11]. Ngoài ra xu thế tăng SST liên quan chủ yếu đến số lượng, sự phân bố cường độ của các XTNĐ [12]. Mặt khác cường độ tiềm năng lớn nhất của xoáy thuận nhiệt đới MPI có mối quan hệ tuyến tính với SST [13]. So sánh giữa SST giữa các vùng biển Thái Bình Dương và Đại Tây Dương, một phần lớn các cơn bão Thái Bình Dương được quan sát trên vùng nước ấm hơn là các cơn bão Đại Tây Dương và cường độ tiềm năng tối đa của các cơn bão Thái Bình Dương có xu hướng mạnh hơn các cơn bão Đại Tây Dương [14].

Nhóm tác giả sử dụng nhân tố dự báo thứ nhất là nhóm nhiệt độ trung bình tháng bề mặt nước biển ERSST5. ERSST (*The Extended Reconstructed Sea Surface Temperature*) là bộ dữ liệu nhiệt độ bề mặt biển tái phân tích hàng tháng trên toàn cầu được lấy từ Bộ dữ liệu toàn diện về đại dương và khí quyển quốc tế (*ICOADS*). Phiên bản mới nhất ERSST5 sử dụng bộ dữ liệu SST mới từ ICOADS 3.0 [15].

Nhóm nhân tố dự báo thứ hai là nhiệt độ mặt nước biển trung bình trượt ba tháng từ các mô hình dự báo CanSIPSv2, mô hình CanCM4i, mô hình GFDL–CM2p1–aer04. Mô hình CanSIPSv2–Canadian Seasonal to Interannual Prediction System version 2 là hệ thống dự báo hạn mùa đến hạn năm của Canada (*CanSIPSv2*). Mô hình CanSIPv2 đã được triển khai hoạt động tại cơ quan Môi trường và Biến đổi khí hậu Canada (*ECCC*) vào tháng 7/2019. Trong khi CanCM4i là một mô hình khí hậu, được nâng cấp từ CanCM4 của CanSIPSv1 trước đó với khả năng khởi tạo băng biển được cải thiện. Mô hình GFDL–CM2p1–aer04 là mô hình từ hệ thống tổ hợp đa mô hình Bắc Mỹ.

2.2. Phương pháp phân tích thành phần chính

Phương pháp sử dụng là phương pháp tương quan thành phần chính kết hợp với hồi qui *(Principal Component Regression*). PCR giống với hồi qui đa biến ngoại trừ nhân tố dự báo là thành phần chính của biến X chứ không phải biến X. Một số ưu điểm của PCR [16–17] như giảm số chiều của dữ liệu.Trong không gian mới, các liên kết tiềm ẩn của dữ liệu có thể được khám phá, mà nếu đặt trong không gian cũ thì khó phát hiện hơn, hoặc những liên kết như thế không thể hiện rõ. Công thức ước tính PCR:

$$\hat{\gamma}k = (W_k^T\, W_k)^{-1} W_k^T\, Y \quad \in \quad R^k \tag{1}$$

Biểu thị vectơ của hệ số hồi quy thu được bằng phương pháp hồi quy bình phương nhỏ nhất của vectơ Y trong ma trận W_k. Sau đó, đối với bất kỳ k $\in$ {1, …., p}, công cụ ước tính PCR cuối cùng của k dựa trên việc sử dụng thành phần chính k đầu tiên được cung cấp bởi:

$$\hat{\beta}k = V_k \hat{\gamma}k \in R^p. \tag{2}$$

Trên thực tế, PCR phù hợp hơn để dự đoán một yếu tố dự báo đơn lẻ hay một tập hợp các yếu tố dự báo không có tương quan với nhau. Vì vậy nhóm tác giả đã lựa chọn phương pháp PCR để dự báo số lượng bão theo năm.

Công cụ sử dụng là phần mềm dự báo khí hậu CPT17.5.2 phiên bản cập nhật mới nhất năm 2021 do Viện nghiên cứu quốc tế khí hậu và xã hội (*IRI*) nghiên cứu và phát triển. Ngoài ra, nhóm tác giả điều chỉnh một số thông số trong phần mềm để phù hợp với yếu tố dự báo là

số lượng cơn bão như sử dụng mô hình hồi qui Poisson trong tính toán do dự báo số lượng bão không có giá trị âm.

Tương quan Pearson: là thước đo tương quan tuyến tính giữa hai tập hợp dữ liệu. Đây là tỷ số giữa hiệp phương sai của hai biến và tích của độ lệch chuẩn của chúng. Tương quan có giá trị từ −1 đến 1. Tương quan Pearson được biết đến như là phương pháp tốt nhất để đo lường mối liên hệ giữa các biến quan tâm bởi vì nó dựa trên phương pháp hiệp phương sai. Nó cung cấp thông tin về mức độ quan trọng của mối liên hệ, hoặc mối tương quan, cũng như hướng của mối quan hệ. Ngoài ra, việc kiểm tra hệ số tương quan pearson còn giúp chúng ta sớm nhận diễn được sự xảy ra của vấn đề đa cộng tuyến khi các biến độc lập có sự tương quan mạnh với nhau. Tương quan Pearson được tính theo công thức sau:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\overline{x})(y_i-\overline{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\overline{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(y_i-\overline{y})^2}} \quad (3)$$

Chỉ số goodness index: Được dựa trên trung bình theo không gian của tương quan Kendall giữa nhân tố dự báo xác thực chéo và số liệu quan trắc. Tương quan thứ hạng Kendall là đánh giá phi tham số đo lường mức độ phụ thuộc giữa hai biến, được tính theo công thức sau:

$$\tau = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i<j} sgn(x_i - x_j) sgn(y_i - y_j) \quad (4)$$

Phần mềm CPT sử dụng chỉ số "goodness index" để mô phỏng độ chính xác của dự báo. Dự báo tối ưu khi chỉ số này bằng 1.

Biểu đồ đánh giá kỹ năng ROC (*Receiver operating characteristic*) là một đồ thị được sử dụng khá phổ biến trong đánh giá các mô hình phân loại nhị phân. Đường cong này được tạo ra bằng cách biểu diễn tỷ lệ dự báo true positive rate (*TPR*) dựa trên tỷ lệ dự báo failse positive rate (*FPR*) tại các ngưỡng khác nhau. Trong khuôn khổ bài báo, nhóm tác giả đưa ra tỷ lệ dự báo đúng số lượng bão cao hơn/ thấp hơn trung bình dựa trên biểu đồ ROC [18].

Các bước tiến hành thử nghiệm như sau:

Bước 1: Xây dựng bản đồ tương giữa SST và số lượng bão trên Biển Đông/bão đổ bộ;

Bước 2: Lựa chọn vùng SST có tương quan cao để đưa vào phân tích thành phần chính PCR;

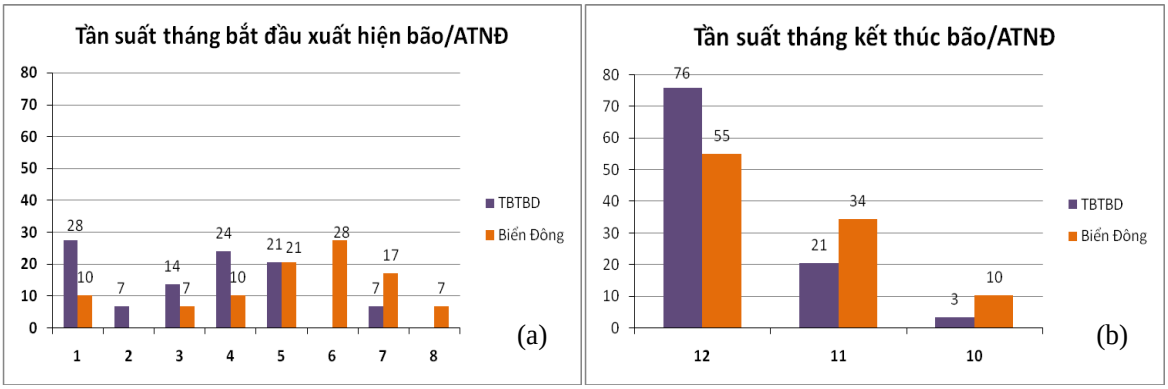
Bước 3 Hiển thị kết quả dự báo số lượng bão theo ba pha: cao hơn, xấp xỉ và thấp hơn;

Bước 4: Đánh giá kết quả dự báo thông qua chỉ số Goodness và tỷ lệ dự báo đúng trong biểu đồ ROC.

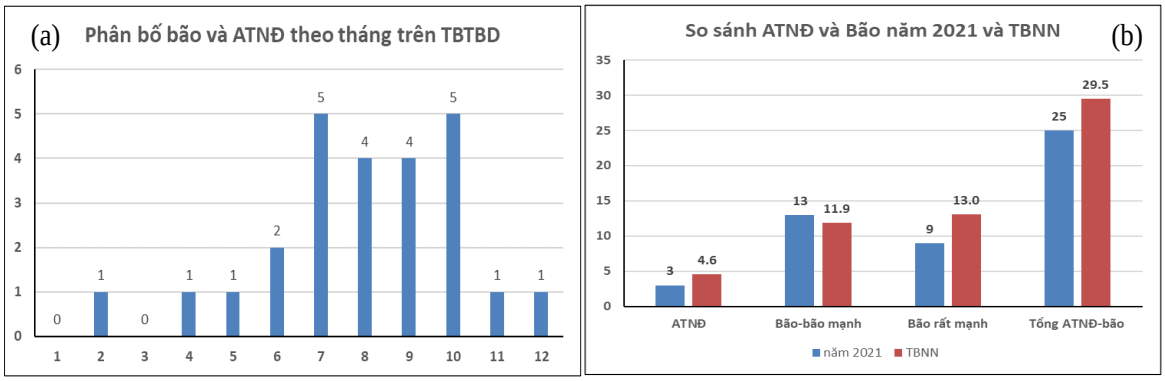
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá mùa bão năm 2021

Bão, ATNĐ hoạt động trên khu vực TBTBD trong năm 2021 bắt đầu tương đối sớm (ngày 18/02) với sự xuất hiện của cơn bão Dujuan. Theo số liệu thống kê từ năm 1993 đến hiện tại, tần suất cơn bão xuất hiện đầu tiên vào tháng 02 khá thấp, chỉ chiếm 7%, ngoài cơn bão Dujuan năm nay, chỉ còn một cơn bão vào năm 1996. Bên cạnh đó, xét trong chuỗi số liệu 28 năm, tháng 01 là tháng xuất hiện cơn bão đầu tiên nhiều nhất với tần suất 28%, tiếp theo tháng 4 và tháng 5 với tần suất 24% và 21%. Trong 10 năm gần đây, cơn bão xuất hiện sớm vào tháng 01 chiếm 50%. Như vậy, năm 2021 bão trên TBTBD xuất hiện sớm nhưng cũng không phải là sớm nhất. Với khu vực Biển Đông cơn bão số 1 xuất hiện vào tháng 6, như vậy bão trên Biển Đông xuất hiện muộn so với tần suất xuất hiện trong chuỗi số liệu chiếm 26%, cao nhất so với các tháng khác trong năm. Bão năm 2021 kết thúc vào tháng 12 trên cả khu vực TBTBD và Biển Đông với cơn bão số 9 (bão RAI). Theo số liệu thống kê trên [19], cả hai khu vực trên, mùa bão kết thúc vào tháng 12 với tần suất khá cao với tần suất 76% tại khu vực TBTBD và 55% tại khu vực Biển Đông. Chỉ riêng năm 2010 mùa bão kết thúc vào tháng 10. Như vậy mùa bão năm 2021 kết thúc muộn nhưng cũng khá phổ biến (Hình 1a–1b).

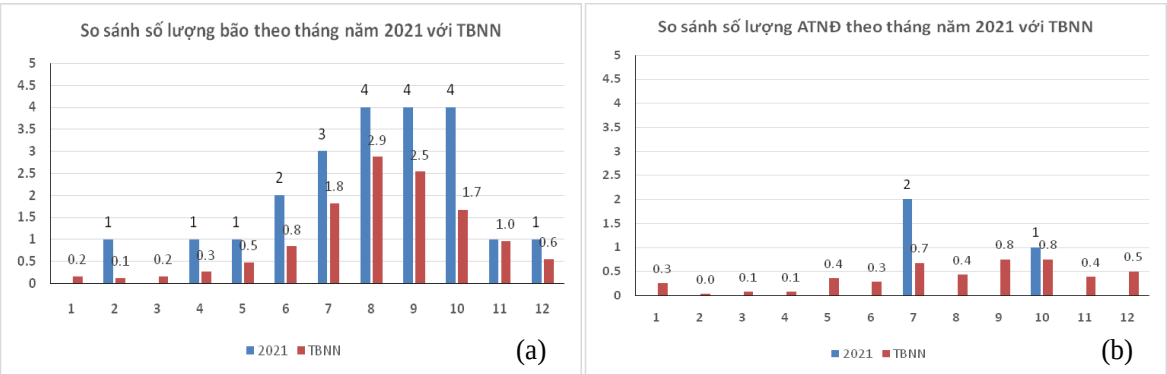


Hình 1. Tần suất tháng bắt đầu và kết thúc bão và ATNĐ.



Hình 2. (a) Phân bố số lượng bão và ATNĐ theo tháng trên TBTBD năm 2021; (b) So sánh số lượng bão và ATNĐ năm 2021 tại TBTBD với TBNN.

TrênTBTBD, vào năm 2021, trừ tháng 1 và tháng 3 tất cả các tháng đều có bão/ATNĐ hoạt động, bão hoạt động nhiều từ tháng 7 đến tháng 10 với tần suất 4–5 cơn/tháng (Hình 2a). Theo hình 2b, trên TBTBD năm 2021 có 3 ATNĐ, ít hơn TBNN (4,6 cơn); bão mạnh từ cấp 8–11 có 13 cơn, nhiều hơn TBNN (11,9 cơn); bão rất mạnh trên cấp 12 có 9 cơn, ít hơn TBNN (13 cơn). Tính tổng số bão và ATNĐ năm 2021 trên TBTBD: 25 cơn, ít hơn TBNN (29,5 cơn). Năm 2021 tại TBTBD có 5 cơn siêu bão (> cấp 17), tương đương với năm 2014 và ít hơn năm 2015 (8 cơn), năm 2018 và năm 2019 (6 cơn).



Hình 3. So sánh số lượng bão: (a) ATNĐ; (b) theo tháng so với TBNN.

Theo hình 3a, ngoại trừ tháng 01 và tháng 3 không xuất hiện bão, những tháng khác đều có số lượng bão cao hơn TBNN, riêng từ tháng 8 đến tháng 10 đều xuất hiện 4 cơn/tháng cao hơn TBNN từ 1,1–2,3 cơn. Theo hình 3b, tháng 7 và tháng 10 xuất hiện ATNĐ đều cao hơn TBNN từ 0,2–1,3 cơn, những tháng khác không xuất hiện ATNĐ, thấp hơn TBNN từ 0,1 đến 0,8 cơn.

Để đánh giá thêm cường độ bão trên khu vực TBTBD, nhóm tác giả sử dụng chỉ số năng lượng bão tích lũy (*Accumulated Cyclone Energy Index*) ACE. Chỉ số này để đánh giá kết hợp thời gian tồn tại cũng như cường độ của mùa bão [19].

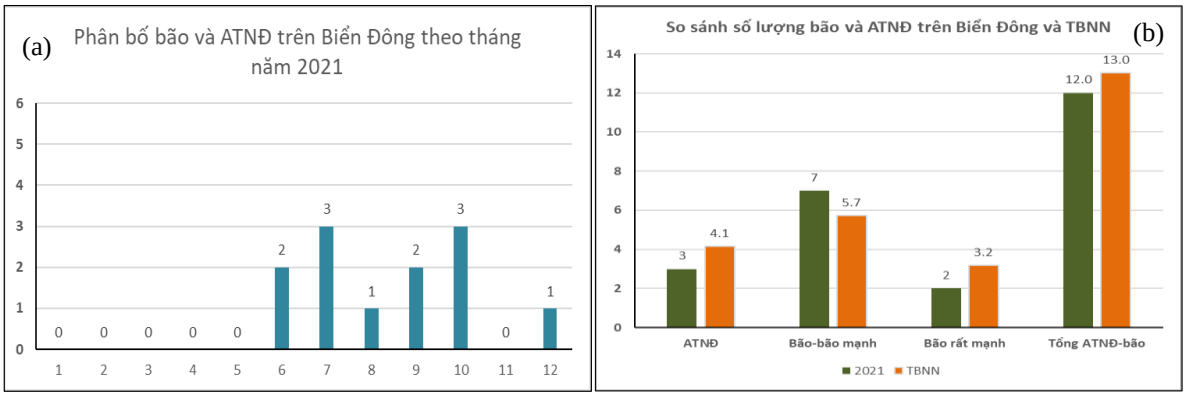
ACE được tính theo công thức sau:

$$ACE_i = 10^{-4} \sum(v_{max}^2) \quad (5)$$

Với $v_{max}(t)$ là vận tốc gió cực đại thời điểm t.

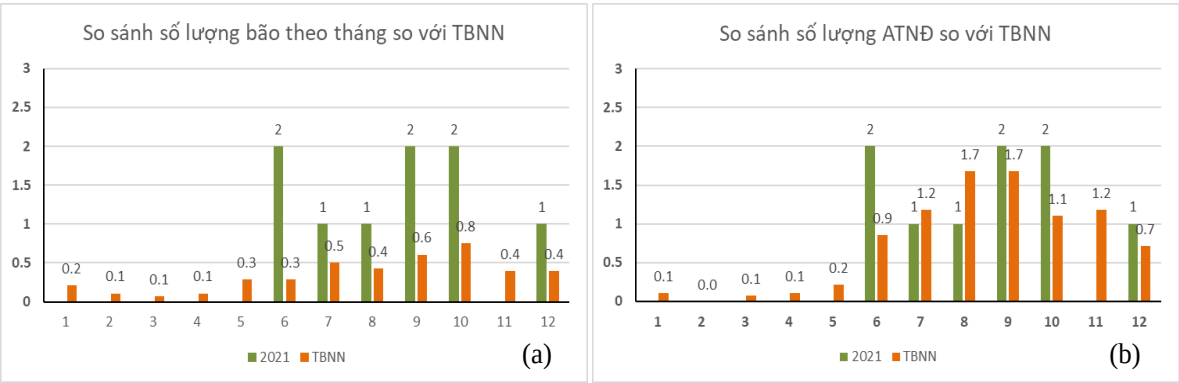
Trong năm 2021, tại khu vực TBTBD đã xuất hiện 25 cơn bão và ATNĐ trong đó có 5 siêu bão. Năng lượng bão ACE trên khu vực TBTBD năm 2021 đạt 196, ở mức thấp hơn TBNN (ACE TBNN = 300.115).

Tại khu vực Biển Đông: Theo hình 4a, tại khu vực Biển Đông bão hoạt động từ tháng 6–12, riêng tháng 11 không có cơn bão/ATNĐ, tần suất bão cao nhất vào tháng 7 và tháng 10 với tần suất 3 cơn/tháng.Theo hình 4b, tại khu vực Biển Đông số lượng ATNĐ và bão rất mạnh đều thấp hơn TBNN từ 1,1–1,2 cơn, riêng bão–bão mạnh cao hơn TBNN 1,3 cơn. Tính tổng số bão và ATNĐ hoạt động trên Biển Đông là 12 cơn thấp hơn TBNN 1 cơn.



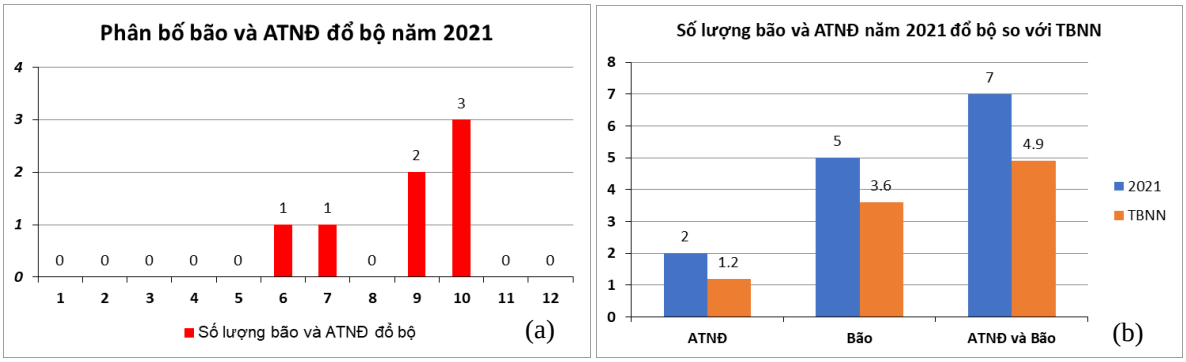
Hình 4. (a) Phân bố số lượng bão và ATNĐ trên Biển Đông năm 2021; (b) So sánh số lượng bão và ATNĐ năm 2021 tại Biển Đông so với TBNN.

Theo hình 4a, tại Biển Đông năm 2021 bão hoạt động từ tháng 6 đến tháng 10 và tháng 12, hầu hết đều cao hơn TBNN từ 0,6–1,7 cơn, những tháng khác không xuất hiện bão, thấp hơn so với TBNN từ 0,1–0,5 cơn. Theo hình 4b, vào tháng 6, tháng 9, tháng 10 và tháng 12 ATNĐ hoạt động nhiều hơn TBNN từ 0,3–1,1 cơn, tháng 7, tháng 8, ATNĐ ít hơn TBNN từ 0,2–0,7 cơn, nhữngtháng khác không xuất hiện ATNĐ, thấp hơn từ 0,2–1,2 cơn so với TBNN.



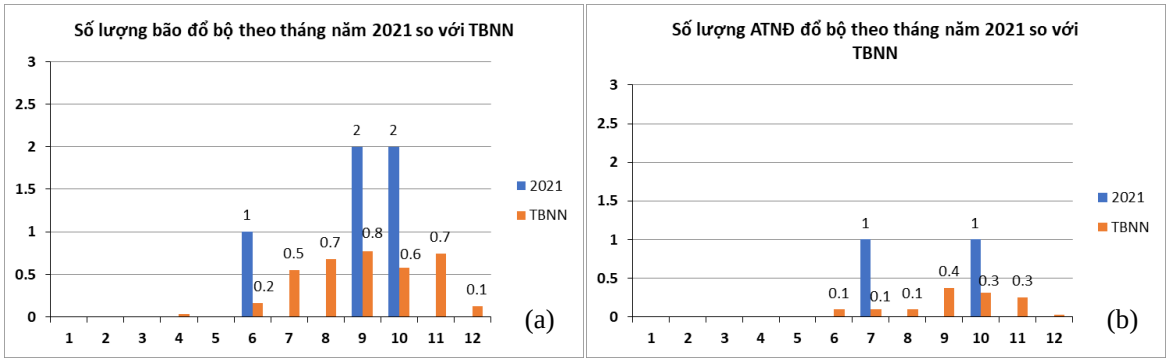
Hình 5. So sánh số lượng bão: (a) ATNĐ; (b) theo tháng so với TBNN tại Biển Đông.

Bão đổ bộ trực tiếp: Trong năm 2021 có 5 cơn bão và 2 ATNĐ đổ bộ trực tiếp đến Việt Nam phân bố theo tháng như hình 7. Bão và ATNĐ đổ bộ trực tiếp trong các tháng 6,7 và tháng 9, 10 với số lượng dao động từ 1 cơn trong tháng 6–7, 2 cơn trong tháng 9 và 3 cơn trong tháng 10 (Hình 5a–5b).



Hình 6. (a) Số lượng bão và ATNĐ theo tháng đổ bộ năm 2021; (b) So sánh số lượng bão và ATNĐ đổ bộ so với TBNN.

Theo hình 7a, bão dổ bộ trực tiếp trong tháng 6: 1 cơn, tháng 9 và tháng 10 tần suất 2 cơn/ tháng đều ở mức cao hơn TBNN từ 0,8–1,4 cơn. Những tháng khác không có bão đổ bộ thấp hơn TBNN từ 0,1–0,7 cơn. Theo hình 7b, ATNĐ đổ bộ trong tháng 7 và tháng 10 với tần suất 1 cơn/tháng cao hơn TBNN từ 0,7–0,9 cơn, những tháng khác không có ATNĐ đổ bộ thấp hơn từ 0,1–0,4 cơn.

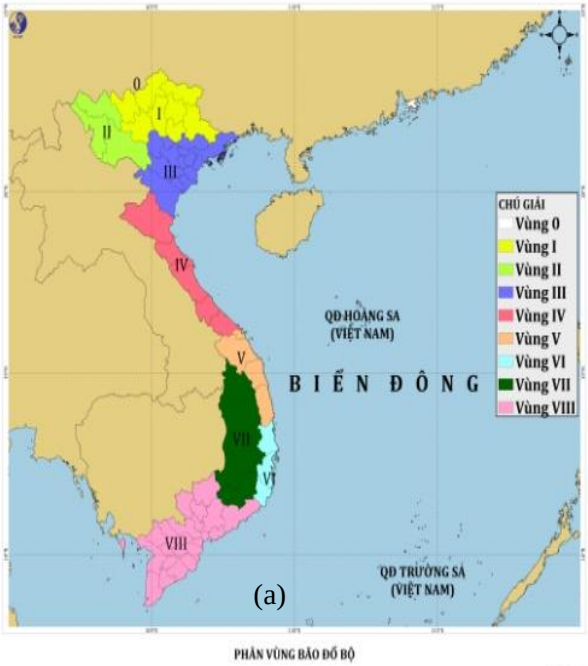


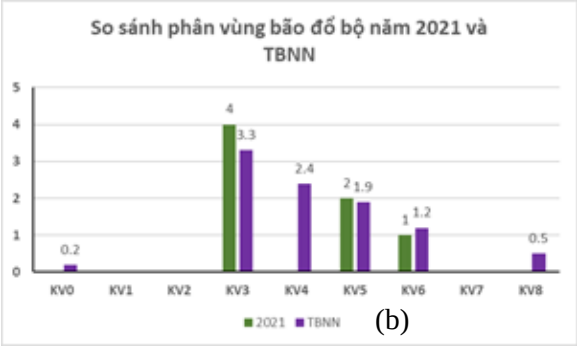
Hình 7. So sánh số lượng bão (a) và ATNĐ (b) đổ bộ trực tiếp theo tháng so với TBNN.

Về vị trí đổ bộ bão năm 2021: Khu vực phân bố bão đổ bộ phân bố như hình 8a. Trong năm 2021, khu vực 3: khu vực các tỉnh từ Quảng Ninh đến Thanh Hóa và đồng bằng trung du Bắc Bộ có 4 cơn đổ bộ nhiều hơn TBNN 1,1 cơn, khu vực 5 (các tỉnh từ Đà Nẵng đến Bình Định) có 2 cơn đổ bộ xấp xỉ TBNN, khu vực 6 (các tỉnh từ Phú Yên đến Ninh Thuận) có 1 cơn đổ bộ thấp hơn TBNN 0,2 cơn. Những khu vực còn lại không có bão đổ bộ : khu vực 0 khu vực giáp biên giới Việt Trung, khu vực 4 các tỉnh từ Nghệ An đến Thừa Thiên Huế, khu vực 8: khu vực Nam Bộ và các tỉnh từ Cà Mau đến Kiên Giang, tức số lượng bão đổ độ ở ba khu vực trên thấp hơn từ 0,2–2,4 so với TBNN (Hình 8b).

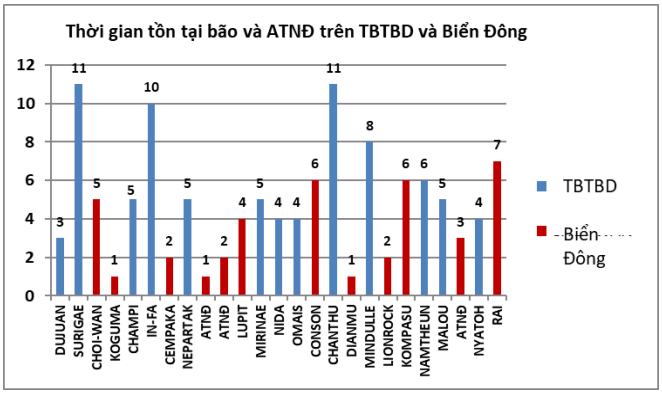
Hầu hết các cơn bão và ATNĐ đổ bộ đều gây mưa lớn diện rộng. Trong đó cơn bão số 5 gây mưa lớn nhất. Từ đêm 10/9 đến đêm 13/9, do ảnh hưởng của bão số 5 nên khu vực từ Quảng Bình đến phía Bắc Bình Định, Kon Tum và phía Bắc Gia Lai có mưa to đến rất to. Tổng lượng mưa phổ biến ở các tỉnh Quảng Bình, phía Bắc Bình Định, Kon Tum và phía Bắc Gia Lai 100–250 mm; khu vực Quảng Trị 200–300 mm; Từ Thừa Thiên Huế đến Quảng Ngãi 300–500 mm, có nơi trên 600mm, tuy nhiên chưa gây lượng mưa lớn vượt giá trị lịch sử.

Về thời gian tồn tại bão và ATNĐ trên TBTBD: phổ biến từ 4–8 ngày. Cơn bão duy trì lâu nhất là bão Surigae và bão Chanthu kéo dài 11 ngày; trong khí đó bão Koguma và bão Dianmu kéo dài 1 ngày. Trên Biển Đông, thời gian tồn tại của bão và ANTĐ, trung bình khoảng 2–4 ngày. Riêng bão số 9 (Rai) kéo dài 7 ngày; cơn bão duy trì ngắn nhất là bão số 2 (Koguma) và bão số 6 (Dianmu) cùng kéo dài 1 ngày (Hình 9).





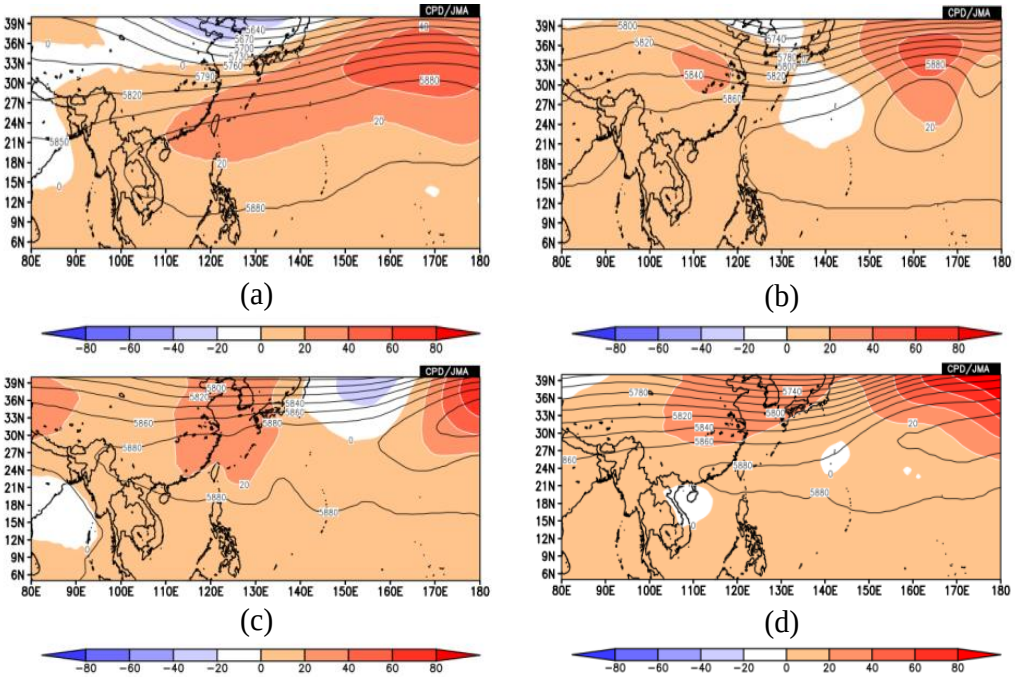
Hình 8. (a) Phân bố vùng khu vực bão và ATNĐ đổ bộ; (b) So sánh số lượng bão và ATNĐ đổ bộ theo khu vực so với TBNN.



Hình 9. Thời gian tồn tại bão và ATNĐ trên Tây Bắc Thái Bình Dương và Biển Đông.

Thời gian duy trì tốc độ gió trên 65knots (> 32,7 m/s) ở ngưỡng siêu bão đối với bão Surigae, bão Chanthu, bão Mindulle: 7 ngày và bão số 9 Rai: 5 ngày, bão Nyatoh (3 ngày). Chỉ riêng bão số 9 (bão RAI) đi vào Biển Đông nên tại trạm khí tượng tại đảo Song Tử Tây đã quan trắc được gió bão mạnh cấp 14, giật cấp 17. Đây là trị số gió đo được trực tiếp lớn nhất trong vòng khoảng 40 năm qua trên hệ thống quan trắc của Việt Nam. Ngoài ra, nghiên cứu cũng đánh giá thêm về hình thế tác động đến bão đổ bộ năm 2021 thông qua bản đồ trung bình độ cao địa thế vị 5000 m.

Theo hình 10a, áp cao cận nhiệt đới hoạt động mạnh lấn sâu đến kinh tuyến 100 độ Đông, bao phủ khu vực đồng bằng Bắc Bộ và các tỉnh Trung Bộ, trong tháng 5 không xuất hiện bão trên Biển Đông. Sang tháng 6 (hình 9b) khi áp cao cận nhiệt đới rút ra thì trên Biển Đông bắt đầu xuất hiện cơn bão số 1. Theo hình 10 c,d, vào tháng 9 và tháng 10 áp cao cận nhiệt đới nâng trục lên phía bắc nên đã có liên tiếp hai cơn bão đổ bộ vào Trung Bộ trong tháng 9 có 2 cơn bão đổ bộ vào đồng bằng Bắc Bộ và Thanh Hóavà 1 ATNĐ đổ bộ vào khu vực Nam Trung Bộ vào tháng 10. Hoạt động của áp cao cận nhiệt đới theo qui luật nên hầu hết quĩ đạo bão năm 2021 đều di chuyển theo hướng đi thẳng và parabol, riêng cơn bão số 3 có quĩ đạo phức tạp khi đổi hướng 3 lần và di chuyển ra phía biển sau khi đổ bộ vào Trung Quốc. Bên cạnh đó cơn bão số 9 hoạt động vào cuối mùa bão tháng 12 tuy nhiên lại có quĩ đạo parabol, quĩ đạo thường hay gặp vào đầu mùa bão.



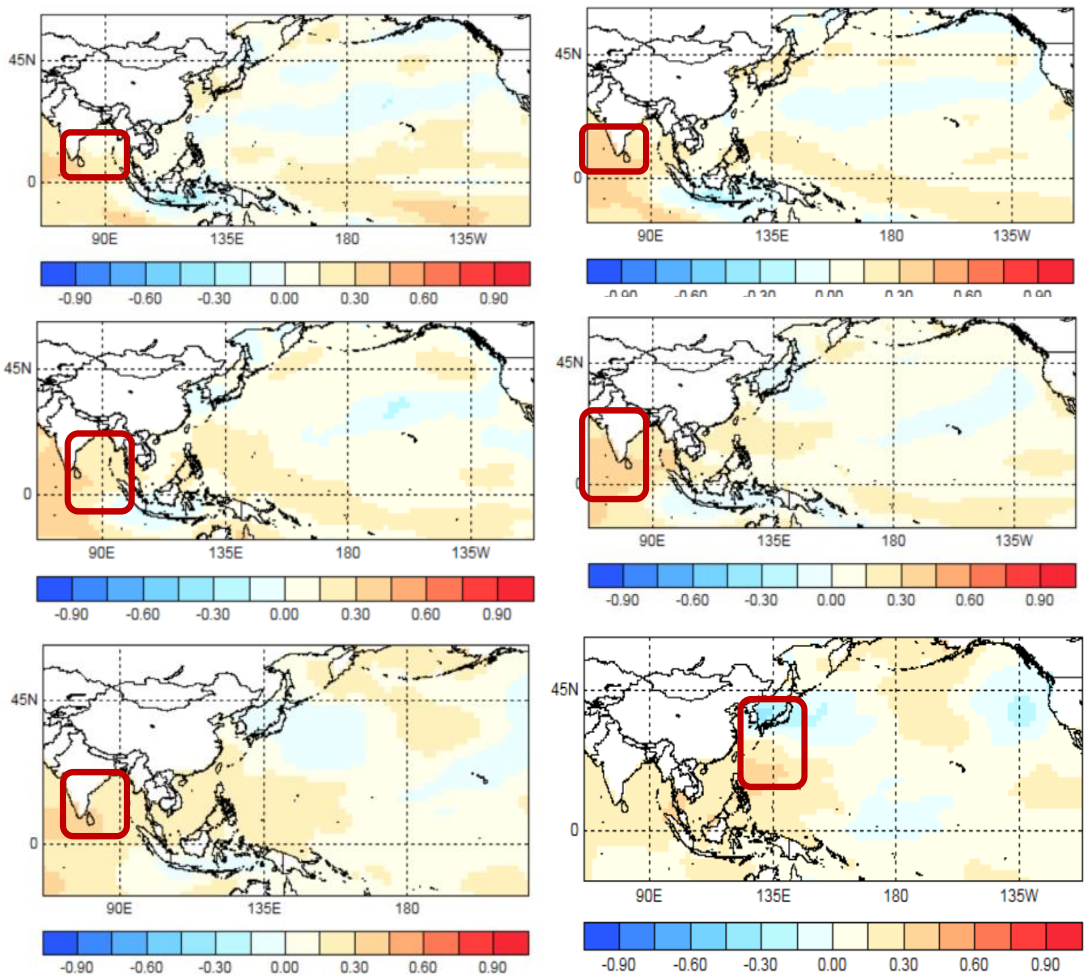
Hình 10. Bản đồ trung bình độ cao địa thế vị mực 500mb tháng: (a) tháng 5; (b) tháng 6; (c) tháng 9; (d) tháng 10.

3.2. Thử nghiệm dự báo bão trên Biển Đông bằng phương pháp phân tích thành phần chính PCR

3.2.1. Nhân tố dự báo nhiệt độ trung bình tháng bề mặt nước biển ERSST5

Thông qua bản đồ tương quan Pearson giữa số lượng bão trên Biển Đông năm và nhiệt độ trung bình tháng bề mặt nước biển ERSST5 nhóm tác giả sẽ lựa chọn vùng biển tương ứng có hệ số tương quan cao (Vùng khoanh đỏ).Theo hình 11, số lượng bão hàng năm trên Biển Đông có tương quan khoảng 0,3–0,45 với nhiệt độ trung bình tháng ở vùng biển Ấn Độ Dương từ tháng 6–11. Trên thực tế bão hình thành do nhiều yếu tố kết hợp. Trong khuôn khổ bài báo chỉ xét nhân tố dự báo SST vì vậy hệ số tương quan chỉ dưới 0,5. Nhiệt độ mặt nước biển ấm ở khu vực vịnh Belgal và Ấn Độ Dương có thể coi như tác động từ xa đến lượng bão ở vùng Biển Đông, khi vùng biển này ấm thì sẽ khả năng cao hình thành XTNĐ đồng thời gió mùa tây nam sẽ có xu hướng hoạt động mạnh hơn, dải hội tụ nhiệt đới qua khu vực Biển Đông có điều kiện hình thành tốt hơn.

Theo bảng 1, trong trường hợp sử dụng nhân tố dự báo ERSST5 tháng 6, chỉ số goodness có giá trị âm thì nhân tố trên không dự báo tốt, còn tất cả các trường hợp khác có thể sử dụng dự báo tuy nhiên chỉ số goodness chỉ đạt từ 0,05 đến 0,15. Với nhân tố ERSST5 tháng 1 và tháng 2 dự báo bão trên Biển Đông xấp xỉ TBNN, nhân tố ERSST5 tháng 10 dự báo bão thấp hơn TBNN còn những tháng khác dự báo bão cao hơn TBNN. Về đánh giá phương pháp dự báo thông qua biểu đồ kỹ năng ROC, ngoại trừ tháng 6 có tỷ lệ dự báo đúng dưới 50%, những trường hợp khác đều trên 50%. Với nhân tố dự báo ERSST5 vào tháng 4–5, 7–9, 11–12 dự báo bão cao hơn TBNN thì tỷ lệ dự báo đúng của phương pháp này với trường hợp bão Biển Đông cao hơn TBNN là từ 53–65%.



Hình 11. Bản đồ tương quan giữa số liệu ERSST5 trung bình từ tháng 6 đến tháng 11 và số lượng bão theo năm trên Biển Đông.

Bảng 1. Xác suất dự báo và chỉ số goodness của nhân tố dự báo ERSST5.

Nhân tố dự báo ERSST5	Bão BĐ TBNN: 9,4 cơn (ĐLC: 3,1 cơn)	Xác suất			Chỉ số Goodness	Đánh giá ROC	
	Số lượng bão dự báo	Thấp hơn	Trung bình	Cao hơn		Cao hơn	Thấp hơn
1/2021	9,6	31	**36**	33	**0,14**	56%	65%
2/2021	9,5	32	**36**	32	**0,04**	53%	53%
3/2021	9,1	**37**	34	29	**0,1**	60%	60%
4/2021	9,9	28	35	**37**	**0,05**	53%	57%
5/2021	10,3	24	34	**42**	**0,1**	55%	65%
6/2021	10	29	33	**38**	**-0,07**	40%	45%
7/2021	10,1	28	32	**40**	**0,18**	60%	72%
8/2021	10	29	31	**40**	**0,13**	58%	65%
9/2021	10,7	22	31	**47**	**0,14**	65%	61%
10/2021	9,1	**36**	35	29	**0,1**	64%	59%
11/2021	11,7	15	27	**58**	**0,14**	64%	58%
12/2021	10,5	23	33	**44**	**0,1**	53%	59%

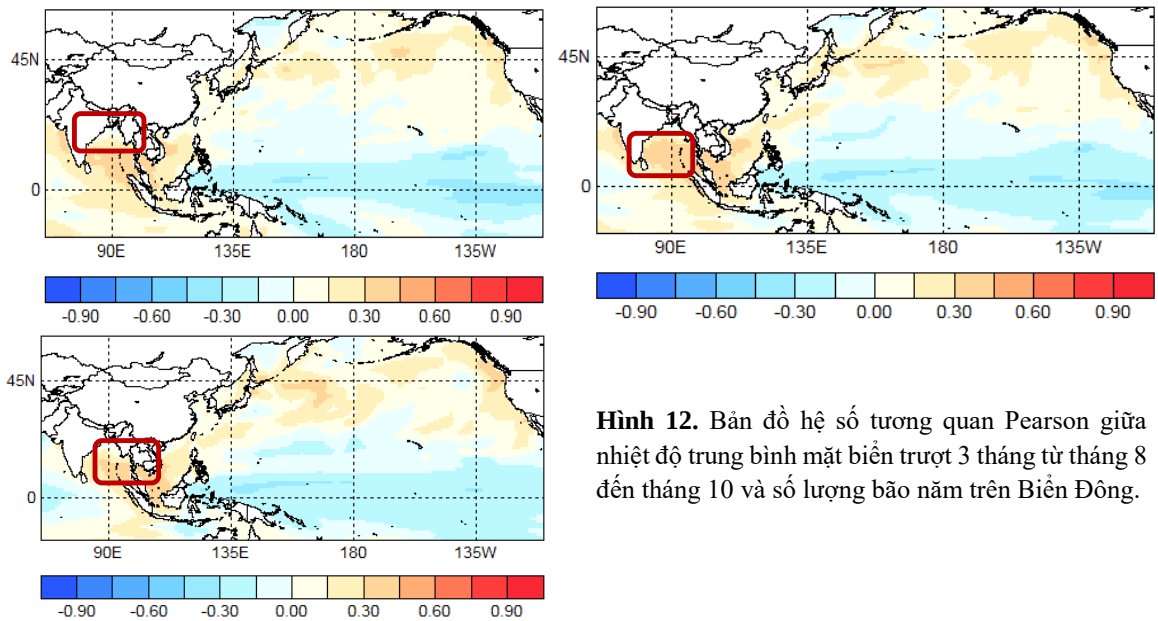
3.2.2. Nhân tố dự báo SST trung bình trượt 3 tháng từ mô hình CanCM4i, CanSIPv2 và GFDL–CM2p1–aer04

Với nhân tố dự báo trung bình SST trượt 3 tháng từ mô hình CanCM4i và CanSipv2 đều có chỉ số goodness âm theo bảng 2 vì vậy hai nhân tố trên không đưa vào được dự báo.

Bảng 2. Chỉ số goodness của nhân tố dự báo SST trượt 3 tháng của mô hình CanCM4i và CanSipv2 với yếu tố dự báo bão đổ bộ trên Biển Đông.

Chỉ số Goodness	123	234	345	456	567	678	789	8910	91011	101112
CanCM4i	–0,12	–0,2	–0,3	–0,2	–0,29	–0,1	–0,3	–0,25	–0,19	–0,1
CanSipv2	–0,11	–0,29	–0,35	–0,28	–0,4	–0,49	–0,3	–0,24	–0,19	–0,23

Đối với nhân tố dự báo từ mô hình GFDL–CM2p1–aer04, cũng tương tự xét bản đồ tương quan giữa nhiệt độ trung bình nhiệt độ mặt biển trượt 3 tháng và số lượng bão trên Biển Đông. Theo hình 12, số lượng bão năm trên Biển Đông có tương quan từ 0,3–0,45 với nhiệt độ trung bình trượt 3 tháng từ tháng 8–12 tại khu vực vịnh Bengal.



Hình 12. Bản đồ hệ số tương quan Pearson giữa nhiệt độ trung bình mặt biển trượt 3 tháng từ tháng 8 đến tháng 10 và số lượng bão năm trên Biển Đông.

Từ bản đồ tương quan trên lựa chọn vùng có chỉ số SST tương quan cao hơn so với các khu vực khác đưa vào tính toán và kết quả bảng 3.

Bảng 3. Xác suất dự báo và chỉ số goodness của nhân tố dự báo SST dự báo trượt 3 tháng từ mô hình GFDL–CM2p1–aer04 với yếu tố dự báo bão Biển Đông.

Nhân tố dự báo ERSST5	Bão BĐ TBNN: 9,4 cơn (ĐLC: 3,1 cơn)	Xác suất			Chỉ số Goodness	Đánh giá ROC	
	Số lượng bão dự báo	Thấp hơn	Trung bình	Cao hơn		Cao hơn	Thấp hơn
1–2–3/2021	9,8	35	22	42	0,01	42%	52%
2–3–4/2021	9,8	35	22	43	0,08	50%	60%
3–4–5/2021	9,8	35	22	43	–0,04	52%	55%
4–5–6/2021	9,7	37	20	43	–0,05	42%	46%
5–6–7/2021	9,7	38	19	43	–0,1	38%	41%
6–7–8/2021	10,5	28	22	50	–0,05	45%	41%

Nhân tố dự báo ERSST5	Bão BĐ TBNN: 9,4 cơn (ĐLC: 3,1 cơn)	Xác suất			Chỉ số Goodness	Đánh giá ROC	
	Số lượng bão dự báo	Thấp hơn	Trung bình	Cao hơn		Cao hơn	Thấp hơn
7–8–9/2021	10,4	29	23	48	0,036	52%	55%
8–9–10/2021	10,5	28	23	49	0,07	53%	55%
9–10–11/2021	10,8	22	24	54	0,08	55%	51%
10–11–12/2021	11	19	23	58	0,1	57%	57%

Theo bảng 3, với nhân tố dự báo nhiệt độ trung bình trượt 3 tháng của mô hình GFDL–CM2p1–aer04, vào mùa trượt 3 tháng từ tháng 3 đến tháng 8 có chỉ số goodness âm tức nhân tố này không sử đụng để dự báo, còn các tháng khác có chỉ số goodness dương, tức có thể dự báo được tuy nhiên giá trị không cao chỉ từ 0,01 đến 0,1. Trong tất cả các trường hợp dự báo được, đều dự báo bão trên Biển Đông cao hơn TBNN với xác suất từ 42–58%, và tỷ lệ dự báo đúng ở những trường hợp bão cao hơn TBNN dao động từ 50–60%.

3.3. Thử nghiệm dự báo bão đổ bộ bằng phương pháp phân tích thành phần chính PCR

Tương tự áp dụng phương pháp phân tích thành phần chính để dự báo số lượng bão đổ bộ, lựa chọn vùng nhiệt độ mặt nước biển có tương quan cao với số lượng bão đổ bộ.

3.3.1. Nhân tố dự báo ERSST5

Theo bản đồ phân bố tương quan Pearson giữa nhân tố dự báo ERSST5 trung bình trượt từ tháng 7–12 tại vùng biển Ấn Độ Dương, phía tây nam của vịnh Bengal có tương quan khoảng 0,2–0,3 với số lượng bão đổ bộ năm.

Bảng 4. Xác suất dự báo và chỉ số goodness của nhân tố dự báo ERSST5 với yếu tố dự báo bão đổ bộ.

Nhân tố dự báo ERSST5	Bão đổ bộ TBNN: 3,5 cơn(ĐLC: 1,9 cơn)	Xác suất			Chỉ số Goodness	Đánh giá ROC	
	Số lượng bão dự báo	Thấp hơn	Trung bình	Cao hơn		Cao hơn	Thấp hơn
1/2021	5,4	16	12	**72**	–0,027	53%	55%
2/2021	3,5	**43**	16	41	0,043	57%	57%
3/2021	4,3	33	13	**54**	0,126	58%	61%
4/2021	3,9	34	17	**49**	0,148	59%	62%
5/2021	3,8	37	13	**49**	–0,066	42%	46%
6/2021	2,8	**53**	16	31	0,1	51%	53%
7/2021	3,6	41	16	**43**	0,05	56%	51%
8/2021	5	22	13	**65**	–0,033	56%	45%
9/2021	4,2	33	14	**53**	–0,094	48%	44%
10/2021	4,2	33	14	**53**	–0,23	32%	38%
11/2021	4,2	32	15	**53**	0,042	52%	55%
12/2021	4,5	27	14	**59**	0,006	52%	48%

Theo bảng 4, trong trường hợp sử dụng nhân tố dự báo ERSST5 tháng 1, tháng 5 tháng 8–10 chỉ số goodness có giá trị âm thì nhân tố trên không dự báo được bão đổ bộ, còn tất cả các trường hợp khác có thể sử dụng dự báo tuy nhiên chỉ số goodness chỉ đạt từ 0,01 đến 0,15. Với nhân tố ERSST5 tháng 2 và tháng 6 dự báo bão đổ bộ vào Việt Nam thấp hơn TBNN còn

những tháng khác dự báo bão cao hơn TBNN. Về đánh giá phương pháp dự báo thông qua biểu đồ kỹ năng ROC, với nhân tố dự báo ERSST5 tháng 2–4/2021 và tháng 6–7/2021, tháng 11/2021 đều có tỷ lệ dự báo đúng trên 50%. Với nhân tố dự báo trung bình SST trượt 3 tháng từ mô hình CanCM4i và CanSipv2 đều có chỉ số goodness âm theo bảng 5 vì vậy hai nhân tố trên không đưa vào được dự báo.

Bảng 5. Chỉ số goodness của nhân tố dự báo SST trượt 3 tháng của mô hình CanCM4i và CanSipv2 với yếu tố dự báo bão đổ bộ.

Chỉ số Goodness	123	234	345	456	567	678	789	8910	91011	101112
CanCM4i	–0,12	–0,2	–0,3	–0,2	–0,29	–0,1	–0,3	–0,25	–0,19	–0,1
CanSipv2	–0,18	–0,12	–0,35	–0,29	–0,4	–0,49	–0,3	–0,24	–0,19	–0,23

3.3.2. Nhân tố dự báo từ mô hình GFDL–CM2p1–aer04

Theo bản đồ phân bố tương quan Pearson giữa nhân tố dự báo GFDL–CM2p1–aer04 từ tháng 8 đến tháng 11 tại vùng biển Giữa và Nam Biển Đông và phía nam của vịnh Belgan có tương quan khoảng 0,2–0,3 với số lượng bão đổ bộ năm.

Bảng 6. Xác suất dự báo và chỉ số goodness của nhân tố dự báo GFDL–CM2p1–aer04 với yếu tố dự báo số lượng bão đổ bộ.

Nhân tố dự báo ERSST5	Bão đổ bộ TBNN: 3,5 cơn (ĐLC: 1,9 cơn)	Xác suất			Chỉ số Goodness	Đánh giá ROC	
	Số lượng bão dự báo	Thấp hơn	Trung bình	Cao hơn		Cao hơn	Thấp hơn
1–2–3/2021	2,6	55	24	21	–0,01	50%	40%
2–3–4/2021	1,9	64	20	16	–0,15	42%	40%
3–4–5/2021	1,5	69	18	13	–0,1	40%	42%
4–5–6/2021	4,3	19	15	**56**	**0,02**	55%	52%
5–6–7/2021	5,3	19	12	**69**	**0,08**	57%	53%
6–7–8/2021	4,0	37	12	**51**	**0,12**	59%	51%
7–8–9/2021	3,2	**46**	17	37	**0,1**	59%	55%
8–9–10/2021	5,3	19	26	**55**	**0,16**	59%	58%
9–10–11/2021	3,1	**44**	31	23	**0,2**	64%	61%
10–11–12/2021	5,5	13	12	**75**	**0,23**	78%	67&
1–2–3/2021	2,6	55	24	21	–0,01	50%	40%

Theo bảng 6, với nhân tố dự báo nhiệt độ SST trung bình trượt 3 tháng từ tháng 1 đến tháng 5/2021 có chỉ số goodness đạt giá trị âm, như vậy các nhân tố trên không thể sử dụng để dự báo. Bên cạnh đó các nhân tố dự báo nhiệt độ SST trung bình trượt 3 tháng từ tháng 4–12 có chỉ số goodness đạt giá trị dương từ 0,02–0,2 các nhân tố dự báo trên có thể sử dụng được để dự báo. Trong 7 trường hợp tiến hành dự báo chỉ có hai trường hợp nhân tố dự báo SST từ tháng 7–9 và tháng 9–11 dự báo bão đổ bộ thấp hơn TBNN, còn các trường hợp khác đều dự báo bão đổ bộ cao hơn TBNN với tỷ lệ dự báo đúng bão cao hơn TBNN dao động từ 55–78%.

4. Kết luận

Mùa bão năm 2021 trên khu vực TBTBD bắt đầu sớm vào khoảng tháng 2 tuy nhiên cũng không phải là thời gian sớm nhất, mùa bão trên khu vực Biển Đông bắt đầu muộn vào tháng 6 tuy nhiên mùa bão bắt đầu vào tháng này chiếm tần suất cao nhất so với các tháng còn lại. Mùa bão trên TBTBD và Biển Đông kết thúc muộn vào tháng 12 nhưng điều này khá thường xuyên xảy ra. Bão và ATNĐ trên TBTBD và Biển Đông tập trung nhiều từ tháng 6 đến tháng 10 và có số lượng thấp đến xấp xỉ so với TBNNNăng lượng bão tích lũy ACE năm 2021 thấp hơn so với TBNN. Số lượng bão đổ bộ trực tiếp cao hơn TBNN và phổ biến đổ bộ vào khu vực phía Bắc. Về thời gian tồn tại bão, cơn bão Surigae và cơn bão Chanthu tồn tại lâu nhất 11 ngày, 5 cơn siêu bão duy trì cấp độ siêu bão phổ biến từ 3–7 ngày.

Sau khi thử nghiệm dự báo số lượng bão trên Biển Đông và bão đổ bộ Việt Nam bằng phương pháp phân tích thành phần chính nhóm tác giả đưa ra một số kết luận như sau:

Với yếu tố dự báo số lượng bão trên Biển Đông:

Với nhân tố dự báo ERSST5: Có 7/11 trường hợp dự báo bão cao hơn TBNN với số cơn bão trung bình năm dự báo từ 9,5–11,7 cơn (TBNN: 9,4 cơn), tỷ lệ dự báo đúng bão cao hơn TBNN của phương pháp này là 53–65%.

Với nhân tố dự báo là SST trung bình trượt 3 tháng của 3 mô hình số trị, duy nhất sản phẩm của mô hình GFDL–CM2p1–aer04 có thể tiến hành dự báo. Có 7/10 trường hợp có thể tiến hành dự báo đều dự báo bão cao hơn TBNN với số cơn bão dự báo trung bình năm từ 9,8–11 cơn (TBNN: 9,4 cơn), tỷ lệ dự báo đúng của phương pháp này là 51–59%.

Với yếu tố dự báo số lượng bão đổ bộ trực tiếp:

Với nhân tố dự báo ERSST5: Có 5/7 trường hợp có thể tiến hành dự báo đều dự báo bão cao hơn TBNN với số lượng cơn bão dự báo đổ bộ từ 3,6–4,5 cơn (TBNN: 3,1 cơn), tỷ lệ dự báo đúng bão cao hơn TBNN của phương pháp này là 51–58%.

Với nhân tố dự báo là SST trung bình trượt 3 tháng của 3 mô hình số trị, duy nhất sản phẩm của mô hình GFDL–CM2p1–aer04 có thể tiến hành dự báo. Có 5/7 trường hợp có thể tiến hành dự báo đều dự báo bão cao hơn TBNN với số lượng cơn bão dự báo đổ bộ từ 3,8–4,5 cơn (TBNN: 3,1 cơn), tỷ lệ dự báo đúng của phương pháp này là 55–78%.

Như vậy cả hai nhân tố dự báo trung bình tháng ERSST5 và nhân tố dự báo SST trung bình trượt 3 tháng của mô hình GFDL– CM2p1–aer04 đều dự báo xu hướng bão hoạt động trên Biển Đông và đổ bộ trực tiếp Việt Nam cao hơn TBNN. Do bão chịu tác động của nhiều yếu tố mà trong khuôn khổ bài báo mới chỉ xét đến nhiệt độ trung bình mặt biển nên chỉ số đánh giá cho phương pháp này chưa cao chỉ dưới 0,2 nhưng cũng là một trong những nguồn tham khảo cho bài toán dự báo số lượng bão hạn năm.

Bài toán dự báo, thống kê số lượng cơn bão đổ bộ, ảnh hưởng đến đất liền vẫn luôn là một bài toán mang tính thách thức, tuy nhiên có ý nghĩa to lớn, có tính thực tiễn, ứng dụng cao giúp có thể đưa ra cảnh báo sớm, giảm thiểu rủi ro về người, tài sản do loại hình thiên tai nguy hiểm bậc nhất này gây ra.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: M.V.K., H.P.L., N.V.H., T.N.V., H.T.M.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: M.V.K., H.P.L., N.V.H., T.N.V.; Xử lý số liệu: H.T.M., N.T.H., T.T.N., T.Q.Đ.; Phân tích mẫu: T.N.V., H.T.M., N.T.H., T.T.N., T.Q.Đ.; Lấy mẫu: T.N.V., H.T.M., N.T.H., T.T.N., N.Q.Đ.; Viết bản thảo bài báo: N.V.H., T.N.V., H.T.M., N.T.H., T.T.N.; Chỉnh sửa bài báo: N.V.H., T.N.V., H.T.M., N.T.H., T.T.N., T.Q.Đ.

Lời cảm ơn:Tập thể tác giả trân trọng cảm ơn Lãnh đạo Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn quốc gia đã chỉ đạo và hỗ trợ nhóm tác giả hoàn thiện bài báo này.

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. Osuri, K.K.; Mohanti, U.C.; Mohapatra, M.; Niyogi, D. Real–Time Track Prediction of Tropical Cyclones over the North Indian Ocean Using the ARW Model, Journal of Applied Meteorology and Climatology. *Am. Soc. Agency* **2000**, *52(11)*, 2476–2492. https://doi.org/10.1175/JAMC-D-12-0313.1.
2. Bender1, M.A.; Ginis, I. Real–Case Simulations of Hurricane–Ocean Interaction Using A High–Resolution Coupled Model: Effects on Hurricane Intensity, Monthly Weather Review. *Am. Meteorol. Soc. J.* **2000**, *128(4)*, 917–946.
3. Kim, S.H.; Moon, I.J.; Chu, P.S. Statistical–Dynamical Typhoon Intensity Predictions in the Western North Pacific Using Track Pattern Clustering and Ocean Coupling Predictors, Weather and Forecasting. *Am. Meteorol. Soc. J.* **2018**, *33(1)*, 347–365. https://doi.org/10.1175/WAF–D–17–0082.1
4. Bryan, G.H.; Rotunno, R. The Maximum Intensity of Tropical Cyclones in Axisymmetric Numerical Model Simulations, Monthly Weather Review. *Am. Meteorol. Soc. J.* **2009**, *137(6)*, 1770–1789. https://doi.org/10.1175/2008MWR2709.1.
5. Ramsay, H.A. The Effects of Imposed Stratospheric Cooling on the Maximum Intensity of Tropical Cyclones in Axisymmetric Radiative–Convective Equilibrium. *Meteorol. Soc. J.* **2013**, *26(24)*, 9977–9985. https://doi.org/10.1175/JCLI–D–13–00195.1
6. Stowasser, M.; Wang, Y.; Hamiton, K. Tropical Cyclone Changes in the Western North Pacific in a Global Warming Scenario. *Meteorol. Soc. J.* **2007**, *20(11)*, 2378–2396. https://doi.org/10.1175/JCLI4126.1.
7. Jae–Kyung, H.; Schemm, E.; Kumar, A.; Wang, W.; Long, L.; Chelliah, M.; Bell, G.D.; Peng, P. A statisticcal Forecast Model for Atlantic Seasonal Hurricane Activity Based on the NCEP Dynamical Seasonal Forecast. *J. Clim.* **2009**, *22(17)*, 4481–4500.
8. http://kttvdb.net/917/du–bao–so–con–bao–do–bo–trong–nam–vao–viet–nam–va–khu–vuc–dong–bac–tren–co–so–cac–thong–tin–enso.htm#.Yed0cvlBzIW.
9. Đặc điểm khí tượng thủy văn năm 1991 đến 2020. Nhà xuất bản tài nguyên và môi trường Việt Nam.
10. Evans, J.L. Sensitivity of Tropical Cyclone Intensity to Sea Surface Temperature. *J. Clim.* **1993**, *6(6)*, 1133–1140.
11. Yun, K.S.; Chan, J.C.L.; Ha, K.Y.J. Effects of SST magnitude and gradient on typhoon tracks around East Asia: Acase study for Typhoon Maemi. *Atmos. Res. J.* **2003**, *109–110*, 36–51.
12. Baik, J.J.; Paek, J.S. A Climatology of Sea Surface Temperature and the Maximum Intensity of Western North Pacific Tropical Cyclones. *J. Meteorolog. Soc. Jpn.* **1998**, *76(1)*, 129–137. https://doi.org/10.2151/jmsj1965.76.1_129.
13. Kotal, S.D.; Kundu, P.K.; Roy Bhowmik, S.K.; Kotal, S.D.; Kundu, P.K.; roy Bhowmik, S.K. An analysis of sea surface temperature and maximum potential

intensity of tropical cyclones over the Bay of Bengal between 1981 and 2000. *Meteorol. Appications* **2009**, *16(2)*, 169–177. https://doi.org/10.1002/met.96.

14. Webster, P.J. Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment. *Science* **2006**, *311(5768)*, 1713c-1713c. https://doi.org/10.1126/science.1121564.
15. Boyin, H.; Thorne, P.W.; Banzon, V.F.; Tim, B.; Gennady, C.; Lawrimore, J.H.; Menne, M.J.; Smith, T.M.; Vose, R.S.; Zhang, H.M. Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 5 (ERSSTv5): Upgrades, Validations, and Intercomparisons. *J. Clim.* **2017**, JCLI-D-16-0836.1–. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0836.1.
16. Maćkiewicz, A.; Ratajczak, W. Principal components analysis (PCA). Principal *Components Analysis* **1993**, *19(3)*, 303–342. https://doi.org/10.1016/0098-3004(93)90090-R.
17. Karamizadeh, S.; Abdullah, S.M.; Manaf, A.A.; Zamani, M.; Hooman, A. An Overview of Principal Component Analysis. *J. Signal Inf. Process.* **2013**, *4(3B)*, 173–175. https://doi.org/10.4236/jsip.2013.43B031.
18. Mason, S.J.; Mimmack, G.M. Comparison of some statistical methods of probabilistic forecasting of ENSO. *J. Clim.* **2002**, *5(1)*, 8–29.
19. Đặc điểm khí tượng thủy văn từ năm 1991–2021. Nhà xuất bản tài nguyên môi trường và bản đồ Việt Nam.
20. Dương, T.H.; Cường, H.Đ.; Khảm, D.V. Phương pháp đánh giá bão dựa trên các chí số năng lượng. *Tạp chí khoa học và biến đổi khí hậu* **2018**, *6*, 9–15.

The activity of typhoon season 2021, the prediction of typhoons season 2022 in Viet Nam

Nguyen Van Huong[1*], Mai Van Khiem[1], Hoang Phuc Lam[1], Tran Ngoc Van[1], Hoang Thi Mai[1], Nguyen Thanh Hoa[1], Trinh Thuy Nguyen[1], Tran Quang Diep[1]

[1] Nation Centre Hydro-Meteorological Forecasting, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration; nvhuonghanngan@gmail.com; maivankhiem77@gmail.com; lamhpvn@gmail.com; nvhuonghanngan@gmail.com; tranngocvan281285@gmail.com; ms.hoa2510@gmail.com; hoangmaik52dubao@gmail.com; nguyentt607@gmail.com; diep.quanghn@gmail.com

Abstract: The article consists of 2 parts: the first part gives an overview of the typhoon season showing that the number of tropical cyclones (TCs) operating in the Northwest Pacific Ocean and the Bien Dong Sea (East Sea of Vietnam) was at a below normal to normal. The period of activity of TCs in the Northwest Pacific Ocean started early, but later in the Bien Dong Sea. The ending time of TCs was late, in December, but quite common. In the 2021 typhoon season, there were 05 storms and 02 tropical storms that directly affect our country, more than normal. Typhoon No. 9 had the strongest intensity in recent 40 years. The second part gives an experimental forecast of the TCs seasonal in Vietnam including TCs operating in the Bien Dong Sea (East Sea of Vietnam) and making landfall in Vietnam by principal component regression (PCR) method in CPT (Climate Prediction Tool). The experimental results show that the trends of tropical cyclone activity in Vietnam is above

than normal with the monthly average temperature predictor: ERSST5 and the SST predictor (Sea surface temperature) of GFDL–CM2p1–aer04 model.

Keywords: Tropical depression; Tropical cyclone; East Sea; Landfall in Vietnam; Predicting typhoon season.