

KHẢ NĂNG DỰ BÁO HẠN MÙA NĂNG LƯỢNG BÃO TÍCH LŨY TRÊN BIỂN ĐÔNG DỰA TRÊN PHƯƠNG PHÁP KẾT HỢP THỐNG KÊ-ĐỘNG LỰC VÀ SẢN PHẨM CỦA CFSv2

Trịnh Hoàng Dương¹, Hoàng Đức Cường², Dương Văn Khảm¹, Kiều Quốc Chánh³

Tóm tắt: Bài báo xây dựng mô hình kết hợp thống kê-động lực (TK-ĐL) để dự báo năng lượng bão tích lũy (ACE) trong mùa bão (tháng 5 đến tháng 12) trên Biển Đông (BD). Mô hình thống kê dự báo ACE được sử dụng cả hai nguồn số liệu; số liệu tái phân tích (quan trắc) và từ dự báo mùa của Hệ thống Dự báo Khí hậu của Trung tâm Dự báo Môi trường (NCEP), phiên bản 2 (CFSv2). Nhân tố dự báo (NTDB) được lựa chọn để dự báo ACE dựa trên mối quan hệ giữa ACE với yếu tố môi trường quy mô lớn từ số liệu tái phân tích thời kỳ 1982-2018. Ba NTDB tiềm năng được lựa chọn; SST ở phía đông nam Nhật Bản (JSST), chênh lệch giữa JSST với SST vùng biển ấm Tây Thái Bình Dương (JSSTG) và gió vĩ hướng mực 200mb (U200) khu vực Đông Á. Tầm quan trọng tương đối của NTDB được đánh giá dựa trên phương pháp kiểm chứng chéo thời kỳ 1982-2010 để xác định định các mô hình dự báo ACE tốt nhất. Để dự báo ACE các NTDB sẽ được sử dụng từ dự báo thời gian thực của CFSv2, cụ thể: (1) Tại thời điểm dự báo ACE tháng 6, NTDB là JSSTG trung bình tháng 6-8 từ dự báo thời gian thực của CFSv2 với điều kiện dự báo ban đầu (ĐKDB) trong tháng 6, kết hợp với U200 quan trắc tháng 5; (2) Tại thời điểm dự báo ACE tháng 5, NTDB là JSST trung bình tháng 5-7 từ dự báo thời gian thực của CFSv2 với ĐKDB trong tháng 5, kết hợp với U200 quan trắc tháng 4; (3) Tại thời điểm dự báo ACE tháng 4-2, NTDB là JSST trung bình tháng 5-7 từ dự báo thời gian thực của CFSv2 với ĐKDB tháng 4-2. Thử nghiệm dự báo ACE dựa trên thời kỳ 2011-2018 cho thấy, có thể sử dụng mô hình kết hợp TK-ĐL để dự báo ACE trước mùa bão trên BD khoảng 2-3 tháng.

Từ khóa: Năng lượng bão tích lũy (ACE), Hệ thống Dự báo Khí hậu, Phiên bản 2 (CFSv2).

Ban Biên tập nhận bài: 8/04/2020 Ngày phản biện xong: 20/06/2020 Ngày đăng bài: 25/06/2020

1. Mở đầu

Dự báo xoáy thuận nhiệt đới (XTNĐ) trên BD dựa trên phương pháp thống kê truyền thống đã được tiến hành từ những năm 1995, như nghiên cứu của Chan và cs (1995, 1998, 2001) [1-3], Nguyễn Văn Thắng và cs (2005) [4], Nguyễn Văn Tuyên (2008) [5], các nhân tố dự báo thường được sử dụng như các thành phần chính (PC) thu được từ phân tích hàm trực giao

¹*Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu,*

²*Tổng Cục Khí tượng Thủy văn,*

³*Bộ phận Khoa học Khí quyển-Trái đất, Đại học Indiana, Bloomington, Indiana*

Email: hoangduongktnn@gmail.com

thực nghiệm (EOF) của SST và các yếu tố khí quyển, hay các chỉ số ENSO, chỉ số gió mùa và chỉ số hoàn lưu. Trong năm gần đây ứng dụng mô hình số trong dự báo hạn mùa về XTND cũng đã bước đầu được nghiên cứu, điển hình như tác giả Phan-Van Tan và cs (2015) [6].

Mặc dù tần số XTND là đặc trưng phổ biến, nhưng có nhiều đặc trưng khác cũng có thể cung cấp các khía cạnh khác nhau về hoạt động của XTND như ngày XTND, các chỉ số năng lượng bão,... ACE không giống như tần số XTND tập trung vào số lượng XTND, nó được mã hóa thông tin bổ sung về cường độ và/hoặc thời gian tồn tại của XTND. Trong mùa có một số cơn XTND rất mạnh, số ngày XTND hoạt động dài,

dẫn đến ACE cao hơn, hàm ý nguy cơ tác động lớn hơn so với trong năm có nhiều cơn XTNĐ yếu. Phương pháp tính không phụ thuộc vào bước thời gian. Nó là một đặc trưng tốt để so sánh các cơn bão với nhau và qua các mùa khác nhau. Ưu điểm của ACE là phù hợp cho tính toán tương quan và hồi quy với các biến khí hậu khác vì nó là biến liên tục, cũng như đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến hoạt động XTNĐ và phân tích chuyên sâu về XTNĐ [7-8].

Nhằm mục đích có được nhiều thông tin cho nhận định hoạt động của XTNĐ theo mùa, kể từ năm 2000, nhiều công trình nghiên cứu dự báo hạn mùa ACE và đã được sử dụng trong các bản tin cảnh báo hạn mùa XTNĐ của các cơ quan Khoa học Khí quyển và Đại dương Quốc gia Hoa Kỳ (NOAA); 2) Rủi ro Bão nhiệt đới, Trường đại học College, nước Anh (Storm Risk); 3) Trường đại học bang Colorado, Hoa Kỳ; 4) Trung tâm dự báo hạn vừa Châu Âu (ECMWF); 5) Cục Thời tiết Đài Loan, thử nghiệm dự báo ACE cho khu vực Đài Loan.

Với đường bờ biển dài hơn 3000km, Việt Nam dễ bị tổn thương về kinh tế và xã hội do hoạt động của XTNĐ cả trên biển và đất liền. Hiểu được hoạt động của XTNĐ trong khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương (TBTBD), đặc biệt là trên BĐ và vùng nước mở xung quanh, rất quan trọng đối với Việt Nam cả về mặt khoa học và xã hội. Tuy nhiên, những dự báo hạn mùa về XTNĐ cho BĐ hiện vẫn còn nhiều thách thức [6]. Do đó bài báo thử nghiệm dự báo hạn mùa ACE trên BĐ nhằm bổ sung thêm thông tin cho nhận định hoạt động của XTNĐ trên BĐ, đây cũng là xu hướng chung trong dự báo hạn mùa về hoạt động của XTNĐ của các cơ quan khí tượng ở trên thế giới đang tiến hành.

2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1 Thu thập số liệu

- Bài báo sử dụng số liệu XTNĐ được thu thập từ Cục Khí tượng Nhật Bản (JMA) và từ Trung tâm Kết nối Liên Hợp, Hoa Kỳ (JTWC), thời kỳ 1982-2018 để xác định số lượng bão và ACE trên BĐ.

- Số liệu được sử dụng để xác định mối quan hệ giữa ACE với yếu tố môi trường, bao gồm: (a) Số liệu nhiệt độ mặt nước biển (SST) mở rộng phiên bản 4 (ERSST.v4) thời kỳ 1982-2018, độ phân giải ngang $2^\circ \times 2^\circ$ của Cục Quản lý Khí quyển và Đại dương Quốc gia Hoa Kỳ (NOAA); (b). Số liệu về tốc độ gió vĩ hướng mực 200mb thời kỳ 1982-2018 từ số liệu tái phân tích (quan trắc) của Trung tâm Quốc gia Dự báo Môi trường Hoa Kỳ (NCEP).

- Kết quả đầu ra từ dự báo lại 9 tháng của CFSv2 được chạy cách nhau 5 ngày một với bốn điều kiện ban đầu (00^h00 , 06^h00 , 12^h00 và 18^h00 UTC), bắt đầu chạy từ ngày 01/01 mỗi năm cho đầy đủ 29 năm từ 1982-2010. Nhìn chung, mỗi tháng CFSv2 sẽ chạy 6 lần x với 4 điều kiện ban đầu sẽ là 24 dự báo thành phần/mỗi tháng x 11 tháng, trong đó sẽ có 1 tháng là 28 dự báo thành phần, như vậy sẽ có 292 dự báo thành phần cho mỗi năm (Saha và cs 2014 [9]). Ngoài ra, CFSv2 chạy dự báo thời gian thực 9 tháng hàng ngày tại thời gian 00^h00 ; 06^h00 ; 12^h00 và 18^h00 UTC từ năm 2011 đến hiện tại.

Bài báo sử dụng số liệu dự báo lại 9 tháng của CFSv2 để xây dựng và đánh giá mô hình thống kê-động lực dự báo ACE, bao gồm: (a) SST và gió vĩ hướng mực 200mb thời kỳ 1982-2010 của cả quan trắc và 24 dự báo thành phần từ sản phẩm dự báo lại của CFSv2 tại điều kiện dự báo ban đầu (ĐKDB) trong tháng 2 đến tháng 6; (b) Số liệu dự báo thời gian thực của CFSv2 trong thời kỳ 2011-2018 cũng được bài báo sử dụng cho đánh giá mô hình dự báo ACE mới được xây dựng và nguồn số liệu này cũng sẽ được áp dụng cho dự báo thời gian thực ACE.

2.2 Phương pháp nghiên cứu

a) Xác định chỉ số năng lượng bão tích lũy

Hiện nay, ACE đang được sử dụng phổ biến trong nghiệm vụ dự báo hạn mùa XTNĐ, chỉ số ACE được định nghĩa như sau [10-13]:

$$ACE = \sum_{i=1}^N \sum_{t_{oi}}^{t_{fi}} (v_{\max}^2) \quad (1)$$

Trong đó (v_{max}) là tốc độ gió cực đại tại bước thời gian 6 giờ (m/s) trong cả hai bộ số liệu của JMA và JTWC, N là số lượng cơn bão trong mỗi tháng, hoặc mùa hoặc năm, t_{oi} và t_{fi} là thời gian bắt đầu và kết thúc sự tồn tại của cơn bão thứ (i) trong BĐ. Đơn vị của ACE là (m^2/s^2) hay Joune/kg. Lưu ý rằng đối với số liệu số lượng bão không có sự phân biệt giữa các cơn bão được hình thành bên trong BĐ và bên ngoài nhưng di chuyển vào BĐ. ACE trong nghiên cứu này được xác định đối với cơn XTNĐ đạt cấp bão nhiệt đới và gọi là bão nhiệt đới (vượt 17.5 m/s theo cấp Beaufort).

Động năng tỷ lệ với bình phương vận tốc và bằng cách cộng động năng với nhau trong một số khoảng thời gian sẽ nhận được năng lượng tích lũy. Khi thời gian của một cơn bão tăng lên, nhiều giá trị được cộng lại và ACE cũng tăng, các cơn bão có thời gian tồn tại dài hơn có thể tích lũy một năng lượng lớn hơn so với các cơn bão mạnh nhưng thời gian tồn tại ít hơn. Chỉ số ACE của một mùa là tổng của ACE cho mỗi cơn bão và do đó tính đến số lượng, cường độ và thời gian tồn tại của tất cả các cơn bão nhiệt đới trong mùa bão [7-8, 10-13].

Nhìn chung, dự báo hạn dài ngày nay chỉ đưa ra dự báo xu thế biến đổi so với điều kiện thời tiết trung bình, theo tháng hoặc mùa tới [12]. Dự báo hạn mùa ACE cũng vậy, ACE thể hiện “hoạt động tổng thể” của mùa bão. Thuật ngữ “tổng thể” là chỉ cường độ và thời gian tồn tại chung của các cơn bão nhiệt đới xảy ra trong một mùa nhất định. ACE cao (thấp) của mùa bão hàng năm phản ánh xu thế chung về hoạt động tiềm năng của mùa bão, thường được so sánh với trung bình nhiều năm hoặc chuẩn khí hậu theo cấp phân vị; thấp, cận hoặc vượt chuẩn [7]. Điều này cho thấy, thông tin có được về số lượng bão hoặc thời gian tồn tại của bão sẽ rất quan trọng cho nhận định mùa bão dựa trên ACE như: So với trung bình nhiều năm, thời gian tồn tại của bão dài và số lượng bão cao, nếu ACE cao cho thấy hoạt động của bão trong mùa bão tới có thể sẽ mạnh mẽ hơn, hoặc số lượng bão thấp và thời gian tồn tại của bão ngắn, nếu ACE cao cho thấy có thể bão

có cường độ mạnh hơn trong mùa bão tới,...

b) Phương pháp thành lập và kiểm chứng mô hình dự báo ACE

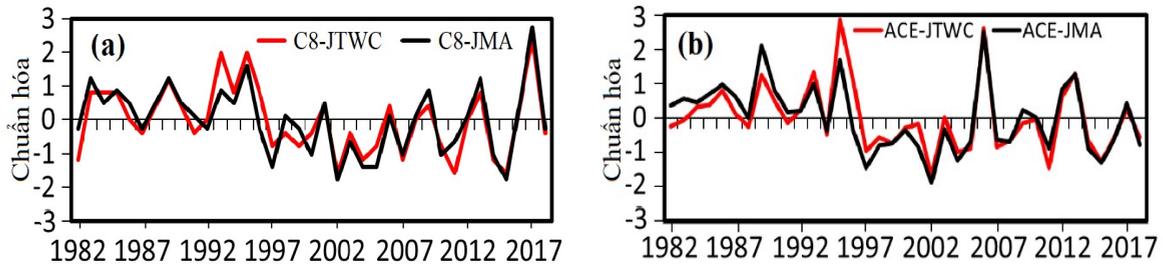
Mô hình thống kê dự báo ACE được xây dựng dựa trên phương pháp hồi quy tuyến tính đơn biến và hai biến. Tầm quan trọng tương đối của nhân tố dự báo (NTDB) cho xây dựng mô hình dự báo ACE được đánh giá dựa trên các chỉ tiêu đánh giá ACE giữa quan trắc và dự báo thu được từ phương pháp “kiểm chứng chéo” (Leave one out-cross validation). Kết quả kiểm chứng không phải cho một mô hình cụ thể mà cho một tập các mô hình, chuỗi dùng để kiểm chứng cũng bao gồm sử dụng để thành lập mô hình. Quá trình dự báo được lặp lại n lần, mỗi lần thực hiện với tập mẫu có kích thước là $n-1$; Giả sử tập mẫu có n năm, bỏ ra năm đầu tiên, dùng số liệu của $n-1$ năm còn lại để xây dựng mô hình, sau đó tính các chỉ tiêu đánh giá cho năm bỏ ra đó [14]. Thủ tục được lặp lại cho 29 năm, thời kỳ 1982-2010. Các chỉ tiêu đánh giá mô hình được sử dụng gồm: sai số tuyệt đối trung bình (MAE), sai số quân phương (RMSE), điểm kỹ năng bình phương trung bình (MSSS) và hệ số tương quan (r), cụ thể về chỉ tiêu được trình bày trong tài liệu của Phan Văn Tân và cs (2010) [15].

3. Kết quả và thảo luận

3.1 Nhân tố dự báo tiềm năng cho dự báo ACE trên Biển Đông

a) Nhân tố dự báo tiềm năng

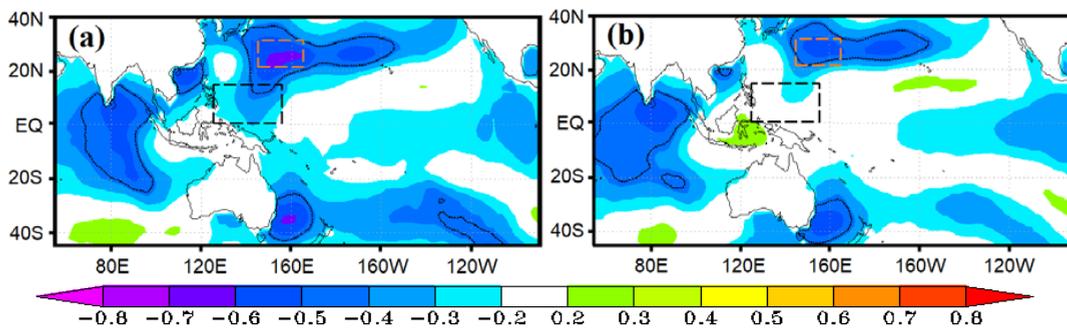
Một số công trình nghiên cứu có thể tiến hành các phân tích cho tổng số cơn bão hàng năm, tuy nhiên mùa bão chính trên BĐ sẽ được xác định từ tháng 5 đến tháng 12 [16], do đó tổng số lượng bão và ACE trong nghiên cứu này sẽ được tính từ tháng 5 đến 12. Nhìn chung, diễn biến nhiều năm của số lượng bão tương đồng với ACE trên BĐ. Mặc dù vậy, vẫn có sự khác biệt đáng kể trong từng năm giữa số lượng bão và ACE trong mùa bão, như năm 2017 số lượng bão cao hơn trung bình nhiều năm, nhưng chỉ số ACE tương ứng gần bằng trung bình nhiều năm hay số lượng bão trên BĐ tương đối thấp trong năm 2006, nhưng chỉ số ACE cao hơn đáng kể gần 3 độ lệch chuẩn (hình 1).



Hình 1. Biến trình hàng năm của (a) số lượng cơn bão (C8) và (b) ACE tháng 5-12 trên BĐ từ số liệu của JMA và JTWC, thời kỳ 1982-2018

Để xây dựng phương trình dự báo ACE trên BĐ, NTDB sẽ được lựa chọn dựa trên mối quan hệ giữa ACE với các yếu tố môi trường quy mô lớn từ số liệu tái phân tích. Bài báo khảo sát độ nhạy về mối quan hệ giữa ACE và SST trong mùa bão cao điểm trên BĐ cho thấy: Có sự tương đồng cao về phân bố tương quan không gian giữa ACE và SST từ hai bộ số liệu của JMA và JTWC. Mối quan hệ nghịch đạt mức độ ý nghĩa thống kê 95% giữa ACE với SST ở ba vùng, bao gồm vùng xích đạo Ấn Độ Dương, tây nam Thái Bình Dương và phía đông nam Nhật Bản trong mùa hoạt động chính của bão trên BĐ. Trong số ba vùng, SST ở phía đông nam Nhật Bản có hệ số tương quan cao nhất. Mối quan hệ này phù hợp với kết quả nghiên cứu như được chỉ ra bởi Zhan và cs (2011a,b) [17-18], Zhou và

cs (2011) [19], Wang và cs (2013) [20], và Zhan và cs (2013) [21], và Li và cs (2014) [22], cụ thể: Mối quan hệ nghịch giữa SST của hai vùng xích đạo Ấn Độ Dương và tây nam Thái Bình Dương với hoạt động của XTNĐ trên khu vực TBTBD và BĐ đã được nhóm các tác giả này chứng minh, trong năm SST của hai vùng này cao (thấp), điều kiện môi trường trên khu vực TBTBD thuận lợi (bất lợi) đối với hoạt động của XTNĐ trên khu vực TBTBD và BĐ. Từ mối tương quan nghịch đồng thời giữa ACE với SST của cả ba vùng cho thấy, SST ở vùng phía đông Nhật Bản có thể có mối quan hệ từ xa đối với điều kiện môi trường trên khu vực TBTBD và BĐ như SST của hai vùng còn lại đã được các nghiên cứu trước chứng minh là có liên quan đến hoạt động của XTNĐ ở khu vực TBTBD và BĐ.



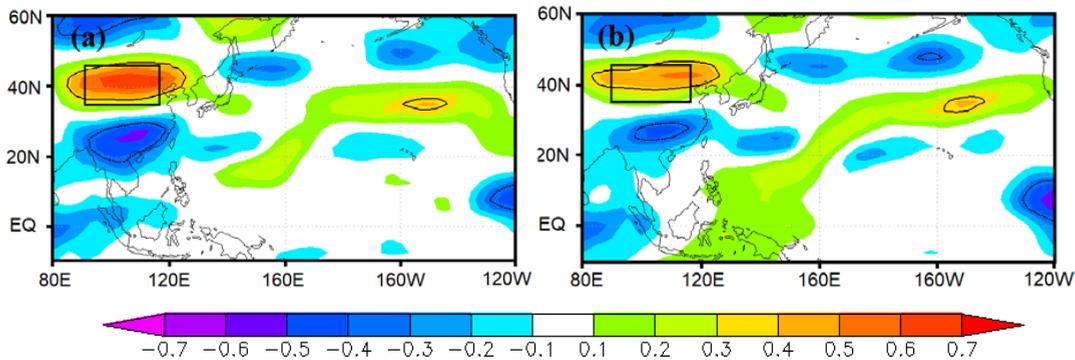
Hình 2. Phân bố không gian của hệ số tương quan giữa SST trung bình tháng 6-11 với ACE từ số liệu của JMA (a) và từ JTWC (b), thời kỳ 1982-2018. Vùng bên trong đường đồng mức của (r) màu đen thể hiện hệ số tương quan đạt mức ý nghĩa thống kê 95% ($|r| \geq 0,33$) và hình chữ nhật màu cam (đen) là vùng giới hạn để xác định NTDB

Khảo sát mối quan hệ giữa ACE với gió vĩ hướng mực 200mb trong mùa bão cho thấy tín hiệu có ý nghĩa thống kê đối với gió mùa hè (tháng 6-8) trên khu vực Đông Á được thể hiện trong hình 3. Mối tương quan thuận ở khoảng

40°N và từ 90 - 120°E, với hệ số tương quan khoảng 0,33 đến 0,7. Ngoài ra, tồn tại mối tương quan nghịch ở phía nam cao nguyên Tây Tạng, khoảng 20°N với hệ số tương quan khoảng 0,33 đến 0,5. Phân bố tương quan không gian khá

tương đồng trong cả hai tập số liệu của JMA và JTWC. Mỗi tương quan thuận giữa ACE với gió vĩ hướng trên khu vực Đông Á cho thấy, dòng xiết gió tây mực đối lưu trên khu vực cận nhiệt đới-Đông Á-tây Thái Bình Dương trong mùa hè, hay là dòng xiết cận nhiệt-Đông Á đã được nghiên cứu trước chỉ ra liên quan chặt chẽ đến

thời tiết và khí hậu ở Đông Á [22]. Nó được xem như là nhân tố quy mô lớn kết nối từ xa tới hoạt động của bão khu vực TBTBD và BĐ thông qua hoạt động sóng Rossby tầng đối lưu trên và liên quan đến kiểu kết nối Thái Bình Dương - Nhật Bản, điển hình là hoạt động đối lưu ở phía đông Philippines [23-24].



Hình 3. Phân bố không gian của hệ số tương quan giữa gió vĩ hướng mực 200mb trung bình tháng 6-8 với ACE từ số liệu của JMA (a) và từ JTWC (b), thời kỳ 1982-2018. Vùng bên trong đường đồng mức của (r) màu đen thể hiện hệ số tương quan đạt mức ý nghĩa thống kê 95% ($|r| \geq 0,33$) và hình chữ nhật màu đen là vùng giới hạn để xác định NTDB

Từ tháng 5 đến tháng 12 có thể xem là mùa bão trên BĐ, mặc dù vậy bão trên BĐ xuất hiện phổ biến từ tháng 6 đến tháng 11. Do đó, dự báo ACE trước mùa bão sẽ được định nghĩa lần lượt là 4, 3, 2, 1 và 0 tháng (hoặc thời điểm dự báo ACE tháng 2, 3, 4, 5, và 6) tương ứng ĐKDB ban đầu của CFSv2 là tháng 2, 3, 4, 5, 6. Một lưu ý rằng, chúng tôi chỉ sử dụng ACE được xác định từ số liệu của JMA cho những đánh giá tiếp theo sau đây. Trên cơ sở mối quan hệ giữa ACE với SST và gió vĩ hướng mực 200 mb quan trắc, chúng tôi giới hạn vùng xác định NTDB được thể hiện trong bảng 1, cụ thể:

- NTDB là SST vùng phía đông nam Nhật Bản (JSST), phạm vi kinh vĩ độ được giới hạn ($21^{\circ} - 31^{\circ}\text{N}$, $145^{\circ} - 165^{\circ}\text{E}$; hình chữ nhật màu cam trong hình 2); Hệ số tương quan đạt độ tin cậy trên 95% đối với JSST trung bình liên tiếp từ các tháng 2-4 đến tháng 7-9.

- Nhân tố dự báo JSSTG (chênh lệch giữa JSST và SST vùng bề ấm Tây Thái Bình Dương [$0-15^{\circ}\text{N}$, $125^{\circ}\text{E}-155^{\circ}\text{E}$]; hình chữ nhật màu cam và đen trong hình 2). Mặc dù về bản chất nhân tố dự báo JSSTG cũng tương tự như JSST, nhưng

chúng tôi sẽ khảo sát tiếp theo nhằm so sánh với JSST và lựa chọn NTDB có kỹ năng dự báo ACE hiệu quả hơn.

- Nhân tố dự báo là gió vĩ hướng mực 200mb trên khu vực cận nhiệt đới vùng Đông Á (U200), phạm vi kinh vĩ độ được giới hạn ($35^{\circ} - 45^{\circ}\text{N}$, $90^{\circ} - 115^{\circ}\text{E}$, hình chữ nhật màu đen trong hình 3). Mối tương quan cao giữa ACE với U200 từ số liệu tái phân tích, khoảng 0,37 đến 0,66 đối với U200 trung bình ba tháng liên tiếp từ các tháng 3-5 đến tháng 7-9 và đạt độ tin cậy trên 95% (Bảng 1).

b) Kỹ năng dự báo SST và U200 của CFSv2

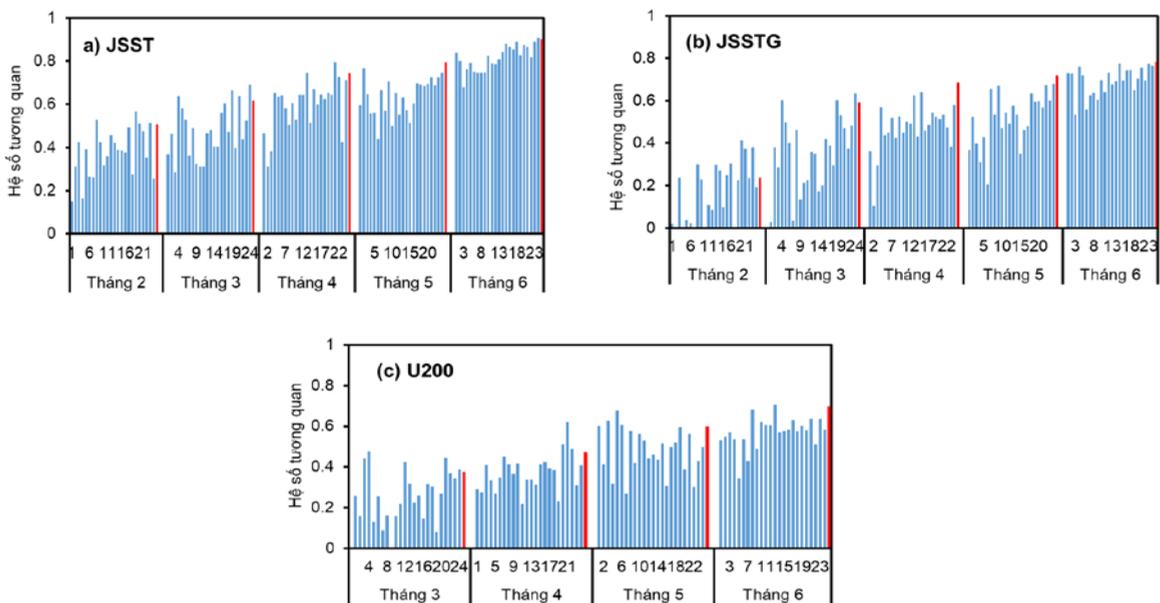
Hệ số tương quan đồng thời trung bình mùa hè (tháng 6-8) của ba NTDB giữa quan trắc với 24 dự báo thành phần của CFSv2 tại ĐKDB trong tháng 2-6 cho thấy, kỹ năng dự báo SST và U200 của CFSv2 khá phù hợp với quan trắc, cao hơn đáng kể khi ĐKDB của CFSv2 gần với mùa bão. Mối quan hệ của NTDB giữa quan trắc với 24 dự báo thành phần riêng biệt thấp hơn so với trung bình của 24 dự báo thành phần, do đó để dự báo ACE, trung bình 24 dự báo thành phần có thể hiệu quả hơn so với 24 dự báo thành phần

đơn lẻ. Vấn đề này cũng đã được thảo luận ở một số nghiên cứu dự báo hạn mùa như sử dụng trung bình có trọng số của các dự báo thành phần

[13], hoặc là trung bình số học của các dự báo thành phần [25].

Bảng 1. Giới hạn vùng lựa chọn NTDB tiềm năng và hệ số tương quan giữa ACE với các NTDB trung bình 3 tháng liên tiếp từ số liệu tái phân tích, thời kỳ 1982-2010. Hệ số tương quan đạt mức độ tin cậy 95% và 99%, tương đương với $|r| \geq 0,36$ và $0,46$

NTDB	Giới hạn vùng lựa chọn NTDB	Trung bình 3 tháng liên tiếp					
		2-4	3-5	4-6	5-7	6-8	7-9
JSST	21° - 31°N, 145° - 165°E	-0,47	-0,57	-0,64	-0,65	-0,61	-0,49
JSSTG	JSST - WTBTD	-0,33	-0,46	-0,57	-0,60	-0,59	-0,47
U200	35° - 45°N, 90 - 115°E	0,11	0,37	0,65	0,66	0,64	0,45



Hình 4. Hệ số tương quan của NTDB bao gồm JSST, JSSTG và U200 trung bình tháng 6-8 giữa quan trắc với 24 dự báo thành phần của CFSv2 tại các ĐKDB từ tháng 2-6, thời kỳ 1982-2010. Mức độ tin cậy đạt 95% (99%), tương đương với $|r| \geq 0,36$ ($0,46$). Cột màu đỏ là hệ số tương quan của trung bình của 24 dự báo thành phần và quan trắc

Mối quan hệ giữa ACE với các NTDB trung bình của 24 dự báo thành phần tại các ĐKDB trong tháng 2-6 của CFSv2 được thể hiện ở bảng 2 cho thấy, hệ số tương quan giữa ACE với JSST khá cao dao động từ 0,24 đến 0,62, phổ biến đạt độ tin cậy 95% đối với JSST trung bình 3 tháng liên tiếp từ các tháng 3-5 đến tháng 7-9. Tương tự như JSST, hệ số tương quan giữa ACE với

nhân tố dự báo JSSTG trong các tháng 7-9 và tháng 8-10 cao hơn chút ít so với các tháng còn lại. Kỹ năng dự báo của CFSv2 đối với nhân tố dự báo U200 thấp hơn so với JSST và JSSTG; chỉ có U200 trung bình tháng 6-8 tại ĐKDB của CFSv2 trong tháng 5 và tháng 6 là có quan hệ với ACE đạt tin cậy 95%.

Bảng 2. Hệ số tương quan giữa ACE với các NTDB trung bình của 24 dự báo thành phần tại ĐKDB ban đầu của CFSv2 tháng 2-6, thời kỳ 1982-2010. Hệ số tương quan đạt mức độ tin cậy 95% và 99%, tương đương với $|r| \geq 0,36$ và $0,46$

NTDB	ĐKDB của CFSv2 (tháng)	Trung bình ba tháng liên tiếp					
		3-5	4-6	5-7	6-8	7-9	8-10
JSST	2	-0,43	-0,45	-0,42	-0,41	-0,33	-0,30
	3	-0,45	-0,48	-0,52	-0,48	-0,38	-0,33
	4		-0,50	-0,58	-0,49	-0,40	-0,31
	5			-0,62	-0,57	-0,44	-0,32
	6				-0,57	-0,42	-0,24
	2	-0,23	-0,26	-0,33	-0,38	-0,36	-0,32
JSSTG	3	-0,36	-0,43	-0,51	-0,52	-0,45	-0,41
	4		-0,32	-0,46	-0,54	-0,54	-0,53
	5			-0,49	-0,54	-0,52	-0,52
	6				-0,60	-0,56	-0,51
U200	3	-0,22	-0,23	-0,11	-0,07	0,04	0,20
	4		0,15	0,12	0,30	0,27	0,29
	5			0,38	0,36	-0,22	-0,20
	6				0,45	0,27	0,21

3.2. Mô hình kết hợp thống kê-động lực (TK-ĐL) dự báo hạn mùa ACE

a) Thành lập mô hình TK-ĐL và đánh giá NTDB

Trong mục này, bài báo trình bày mô hình dự báo ACE trên BĐ dựa trên cả hai phương pháp hồi quy tuyến tính đơn và hai biến. Để chọn các nhân tố dự báo hiệu quả từ sản phẩm dự báo lại của CFSv2, các thử nghiệm độ nhạy đã được thực hiện từ ba NTDB riêng biệt từ CFSv2 hoặc kết hợp chúng hoặc kết hợp với NTDB nhưng từ số liệu tái phân tích trong thời kỳ 1982-2010. Mức độ hiệu quả của mô hình thống kê dự báo ACE được đánh giá dựa trên các chỉ tiêu về hệ số tương quan (r), RMSE, MAE và điểm MSSS thu được dựa trên phương pháp xác nhận chéo. Các chỉ số đánh giá là không có thứ nguyên, vì cả ACE và NTDB đều được chuẩn hóa để thuận lợi so sánh đánh giá.

Dựa trên hệ số tương quan cao giữa ACE với NTDB từ CFSv2 tại các ĐKDB khác nhau, chúng tôi chỉ đánh giá kỹ năng dự báo hạn mùa ACE dựa trên NTDB trung bình trong các tháng 5-7 và tháng 6-8 như được được tô đậm trong

bảng 2. Chỉ tiêu đánh giá mô hình dựa trên NTDB đơn từ CFSv2 tại ĐKDB trong tháng 2-6 được thể hiện trong bảng 3 cho thấy, thời điểm dự báo ACE tháng 2 (ĐKDB của CFSv2 tháng 2) đến tháng 5 (ĐKDB của CFSv2 tháng 5), NTDB JSST₅₋₇ (chỉ số dưới biểu thị trung bình từ tháng đến tháng) là có kỹ năng tốt nhất với hệ số tương quan dao động từ 0,29 đến 0,56, RMSE từ 0,82 đến 0,95, MAE từ 0,6 đến 0,72 và MSSS dao động từ 0,07 đến 0,30. Đối với thời điểm dự báo ACE tháng 6, NTDB JSSTG₆₋₈ là tốt nhất; với hệ số tương quan là 0,52, RMSE là 0,84, MAE là 0,67 và MSSS là 0,27; so sánh NTBB giữa JSSTG₆₋₈ và JSST₆₋₈ cho thấy JSST₆₋₈ kém hơn chút ít vì hệ số tương quan và MSSS thấp hơn và RMSE cao hơn, ngoại trừ MAE cao hơn. Trong tất cả thời điểm dự báo ACE, kỹ năng dự báo ACE dựa trên U200 thấp hơn nhiều so với JSST và JSSTG. CFSv2 không có kỹ năng dự báo U200 tại một số ĐKDB, ví dụ ĐKDB của CFSv2 trong tháng 4 và tháng 3 cho dự báo U200 lệch nhiều so với quan trắc, dẫn đến dự báo ACE có MSSS âm.

Bảng 3. Chỉ tiêu đánh giá mô hình tại các thời điểm (TĐDB) dự báo ACE trên BĐ sử dụng một NTDB được CFSv2 dự báo tại các ĐKDB khác nhau, thời kỳ 1982-2010

NTDB _i (i thể hiện trung bình từ tháng đến tháng)	ĐKDB của CFSv2 (tháng)	TĐDB ACE (tháng)	RMSE	r	MAE	MSSS
JSST ₆₋₈	6	6	0,85	0,50	0,59	0,25
	5	5	0,86	0,49	0,61	0,23
	4	4	0,96	0,26	0,70	0,05
	3	3	0,93	0,35	0,71	0,10
	2	2	0,98	0,22	0,72	0,01
JSST ₅₋₇	5*	5	0,82	0,56	0,60	0,30
	4*	4	0,85	0,51	0,63	0,25
	3*	3	0,90	0,42	0,70	0,16
	2*	2	0,95	0,29	0,72	0,07
	6*	6	0,84	0,52	0,67	0,27
JSSTG ₆₋₈	5	5	0,88	0,46	0,72	0,20
	4	4	0,85	0,50	0,64	0,25
	3	3	0,91	0,40	0,73	0,14
	2	2	0,97	0,21	0,74	0,03
U200 ₆₋₈	6	6	0,94	0,33	0,71	0,08
	5	5	0,97	0,21	0,77	0,03
	4	4	1,01	0,07	0,73	-0,06
	3	3	1,05	0,13	0,83	-0,14

Như trên đã thể hiện ba NTDB, nhưng thực chất chỉ có hai nhân tố dự báo có thông tin khác nhau và hi vọng chúng có thể góp phần cải thiện mức độ hiệu quả của mô hình, do đó chúng tôi đã kết hợp hai nhân tố dự báo trong cùng thời điểm và cả NTDB được quan trắc nhưng trước với thời điểm dự báo ACE. Sự kết hợp hai NTDB được thực hiện dựa trên NTDB đóng góp cho mô hình dự báo ACE đơn biết tốt nhất như được đánh dấu (*) và tô đậm trong bảng 3 với hệ số tương quan có ý nghĩa thống kê 95% giữa ACE với U200. Kết quả được đưa ra ở bảng 4 cho thấy:

1) Chỉ sử dụng NTDB từ CFSv2: Tại thời điểm dự báo ACE tháng 6-5, sự kết hợp của JSSTG₆₋₈ hoặc JSST₅₋₇ với U200₆₋₈ cho kết quả

tốt hơn chút ít so với chỉ sử dụng JSSTG₆₋₈ hoặc JSST₅₋₇ đơn lẻ.

2) Kết hợp sử dụng NTDB cả từ dự báo của CFSv2 và từ quan trắc: Mối quan hệ đạt mức độ tin cậy 95% giữa ACE với U200 quan trắc (QT) từ mùa xuân, nhưng nếu tính hệ số tương quan theo tháng, mối quan hệ đạt độ tin cậy 95% từ tháng 4-9, do đó chúng tôi chỉ thử nghiệm kết hợp hai nhân tố dự báo để dự báo ACE tại thời điểm dự báo trong tháng 6 và 5. Kết quả đánh giá cho thấy, mô hình kết hợp hai nhân tố giữa JSSTG₆₋₈ từ CFSv2 với U200_{QT5} quan trắc tháng 5 và JSST₅₋₇ từ CFSv2 với U200_{QT4} quan trắc tháng 4 cho các chỉ tiêu đánh giá mô hình tốt hơn cả (tô đậm trong bảng 4).

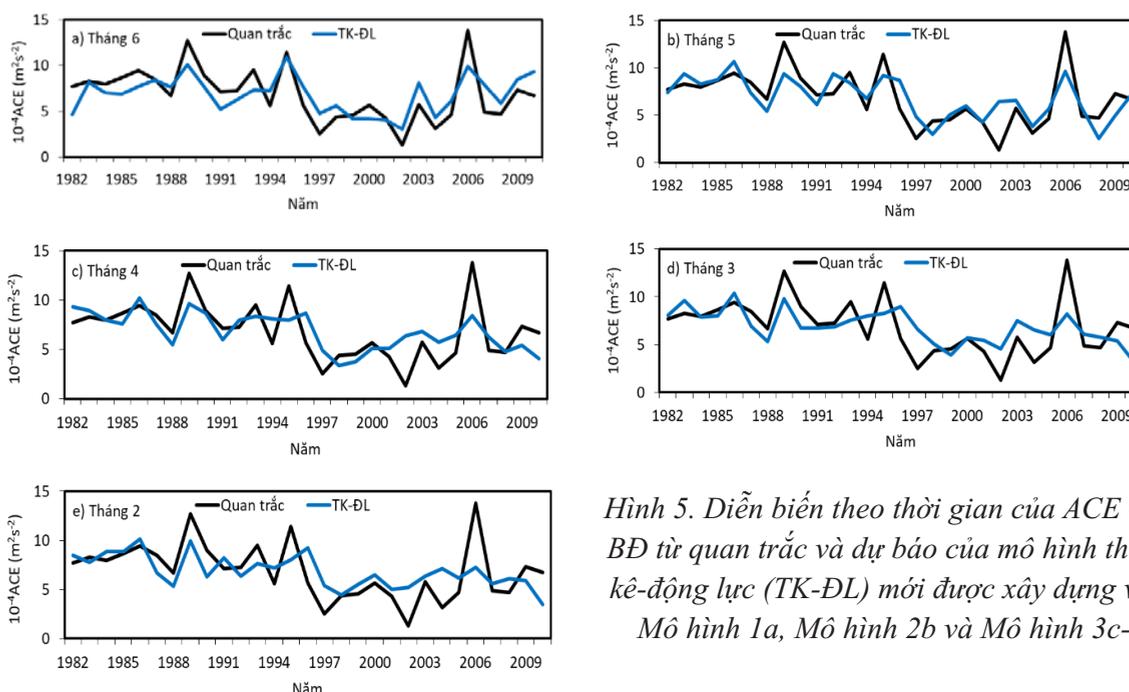
Bảng 4. Chỉ tiêu đánh giá mô hình tại các thời điểm (TĐDB) dự báo hạn mùa ACE trên sử dụng hai NTDB theo các ĐKDB khác nhau của CFSv2, thời kỳ 1982-2010

NTDB; (i thể hiện trung bình từ tháng đến tháng)	ĐKDB của CFSv2 (tháng)	TĐDB ACE (tháng)	RMSE	R	MAE	MSSS
JSSTG ₆₋₈ + U200 ₆₋₈	6	6	0,81	0,57	0,65	0,32
	5	5	0,83	0,58	0,59	0,34
JSST ₅₋₇ + U200 ₆₋₈	4	4	0,88	0,46	0,66	0,20
	3	3	0,93	0,37	0,72	0,10
JSSTG₆₋₈ + U200_{QT5}	6	6	0,77	0,65	0,64	0,39
JSST₅₋₇ + U200_{QT4}	5	5	0,80	0,61	0,63	0,35

Các chỉ tiêu đánh giá mô hình ở trên đã cho thấy, các mô hình tốt nhất cho dự báo ACE khi sử dụng NTDB là JSST, JSSTG và U200 và. Cụ thể: (1) Mô hình 1, thời điểm dự báo ACE tháng 6, NTDB dựa trên JSSTG₆₋₈ tháng 6-8 tại ĐKDB của CFSv2 tháng 6 kết hợp với U200_{QT5} tháng 5 từ quan trắc; (2) Mô hình 2, thời điểm dự báo ACE tháng 5, nhân tố dự báo dựa trên JSST₅₋₇ tháng 5-7 tại ĐKDB của CFSv2 trong tháng 5 kết hợp với U200_{QT4} tháng 4 quan trắc; (3) Mô hình 3, thời điểm dự báo ACE tháng 2-4 dựa trên JSST₅₋₇ trung bình tháng 5-7 của CFSv2 tại ĐKDB trong tháng 2-4.

Nhìn chung, mô hình dự báo hạn mùa ACE kết hợp thống kê - động lực nắm bắt được dao

động hàng năm với khi dự báo ACE trước mùa bão khoảng 0-3 tháng (thời điểm dự báo ACE từ tháng 3-6. Tại thời điểm dự báo ACE tháng 3, mô hình nắm bắt được dao động hàng năm với khoảng một nửa số năm ACE cao như năm 1983, 1989, 2006 hay giai đoạn ACE thấp từ năm 1997 đến 2004 (Hình 5d). Chất lượng mô hình cao hơn ở thời điểm dự báo ACE gần mùa bão; tại thời điểm thời điểm dự báo ACE tháng 6, mô hình gần như nắm bắt tất cả các dao động hàng năm của ACE. Nhìn chung, tất cả mô hình đều nắm bắt được giai đoạn ACE thấp từ 1997-2004. Mặc dù vậy, xu thế nắm bắt đỉnh dao động thấp hơn và sai số với quan trắc vẫn còn cao, điều này cần theo dõi để hiệu chỉnh mô hình.

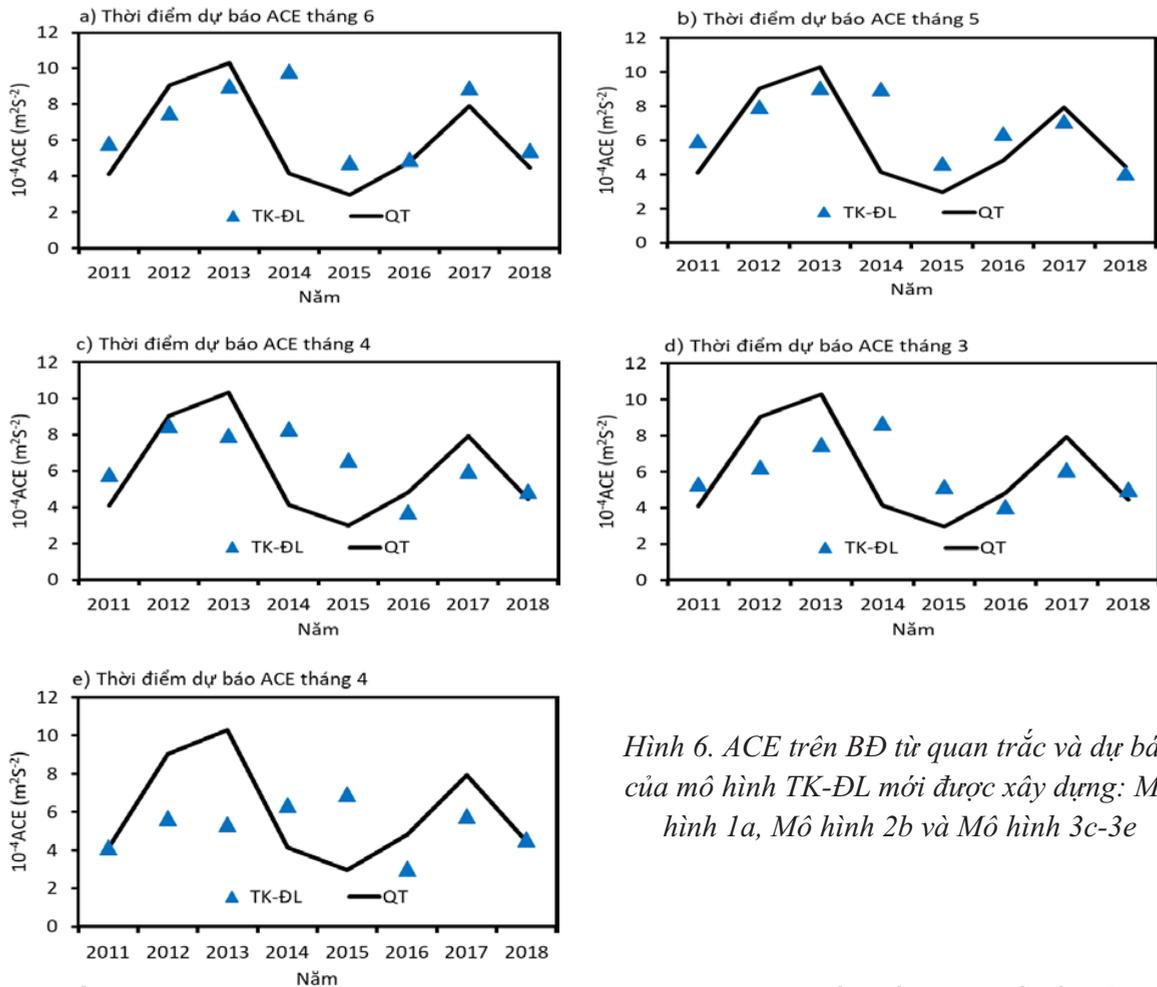


Hình 5. Diễn biến theo thời gian của ACE trên BĐ từ quan trắc và dự báo của mô hình thống kê-động lực (TK-ĐL) mới được xây dựng với: Mô hình 1a, Mô hình 2b và Mô hình 3c-e

b) Đánh giá mô hình TK-ĐL dựa trên số liệu dự báo thời gian thực của CFSv2

Mức độ hiệu quả của mô hình dự báo ACE được tiếp tục đánh giá dựa trên cơ sở số liệu thời gian thực của CFSv2 từ năm 2011-2018. Kết quả được thể hiện trong hình 6 cho thấy, độ chính xác của mô hình phụ thuộc vào khả năng dự báo JSST, JSSTG của CFSv2. Diễn biến ACE được dự báo dựa trên mô hình kết hợp thống kê-động lực phù hợp với quan trắc; dao động ACE tại thời điểm dự báo tháng 6-5 năm bắt khá tốt dao động

ACE cao (thấp) được quan trắc, sự dao động này thậm chí vẫn tồn tại đối với thời điểm dự báo ACE tháng 3 đến 4 năm bắt trên một nửa số năm, đặc biệt một số năm gần đây. Mặc dù vậy, nhưng vẫn có năm ACE được dự báo khác xa so với quan trắc, ví dụ như năm 2014, do JSST và JSSTG thấp hơn đáng kể cả quan trắc và dự báo của CFSv2 từ thời điểm dự báo ACE trước 3 tháng, điều này đã dẫn đến giá trị ACE khá cao, và sai số dự báo ACE cao.



Hình 6. ACE trên BĐ từ quan trắc và dự báo của mô hình TK-ĐL mới được xây dựng: Mô hình 1a, Mô hình 2b và Mô hình 3c-3e

4. Kết luận

Mối quan hệ giữa ACE và các yếu tố môi trường quy mô lớn đã được khảo sát làm cơ sở khoa học cho đánh giá khả năng dự báo hạn mùa ACE trong mùa bão trên BĐ bằng mô hình thống kê dựa cả hai nguồn số liệu; quan trắc và sản phẩm của CFSv2. Kết quả có thể rút ra nhận xét sau:

Mô hình thống kê dự báo ACE tại thời điểm

dự báo tháng 6-5 năm bắt tương đối tốt diễn biến của ACE quan trắc. Tại thời điểm dự báo ACE 3-4, mô hình thống kê-động lực dự báo ACE cũng nắm bắt được diễn biến của ACE quan trắc nhưng sai số dự báo cao hơn so với dự báo tháng 6 - 5. Nhìn chung, có thể sử dụng mô hình thống kê - động lực để dự báo ACE trước mùa bão trên BĐ khoảng 2-3 tháng cho nhận định xu thế bão trong mùa bão tới.

Tài liệu tham khảo

1. Chan, J.C.L. (1995), *Prediction of annual tropical cyclone activity over the western North Pacific and the South China Sea*. International Journal of Climatology, 15, 1011-1019.
2. Chan, J.C.L, Shi, J.E., Lam, C.M. (1998), *Seasonal Forecasting of Tropical Cyclone Activity over the Western North Pacific and the South China Sea*. Journal of Climate, 13, 997-1004.
3. Chan, J.C.L. (2000), *Tropical cyclone activity over the western North Pacific associated with El Nino and La Ni na events*. Journal of Climate, 13, 2960-2972.
4. Nguyễn Văn Thắng và cộng tác viên (2005), *Nghiên cứu xây dựng mô hình dự báo khí hậu cho Việt Nam dựa trên kết quả của mô hình động lực toàn cầu*. Báo cáo tổng kết đề tài, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường.
5. Nguyễn Văn Tuyên (2008), *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 (Phần II)*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 576, 9-21.
6. Phan-Van, T., Trinh-Tuan, L., Bui-Hoang, H., Kieu, C. (2015), *Seasonal forecasting of tropical cyclone activity in the coastal region of Vietnam using RegCM4.2*. Climate Research, 62, 115-129.
7. NOAA: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/outlooks/Background.html>
8. Camargo, S.J., Sobel, A.H. (2005), *Western North Pacific tropical cyclone intensity and ENSO*. Journal of Climate, 18, 2996-3006.
9. Saha, S., Moorthi, S., Wu, X., Wang, J., Nadiga, S., Tripp, P., ... Becker, E. (2014). *The NCEP Climate Forecast System Version 2*. Journal of Climate, 27(6), 2185-2208. Doi:10.1175/jcli-d-12-00823.1
10. Bell, G.D., Halpert, M.S., Schnell, R.C., Higgins, R.W., Lawrimore, J., Kousky, V.E., Tinker, R., Thiaw, W., Chelliah, M., Artusa, A. (2000), *Climate assessment for 1999*. Bulletin of the American Meteorological Society, 81, 1328-1328.
11. Camargo, S.J, Sobel, A.H. (2005), *Western North Pacific tropical cyclone intensity and ENSO*. Journal of Climate, 18, 2996-3006.
12. Kim, H.M, Lee, M.I., Webster, P.J., Kim, D., Yoo, J.H. (2013), *A Physical Basis for the Probabilistic Prediction of the Accumulated Tropical Cyclone Kinetic Energy in the Western North Pacific*. Journal of Climate, 26, 7981-7991.
13. Zhan, R., Wang, Y. (2015), *CFSv2-Based Statistical Prediction for Seasonal Accumulated Cyclone Energy (ACE) over the Western North Pacific*. Journal of Climate, 29, 525-541.
14. Hoàng Đức Cường, Trần Việt Liễn (2012), *Giáo trình Dự báo khí hậu*. Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.
15. Phan Văn Tân và cộng tác viên (2010), *Nghiên cứu tác động của BĐKH toàn cầu đến các yếu tố và hiện tượng khí hậu cực đoan ở Việt Nam, khả năng dự báo và giải pháp chiến lược ứng phó*. Báo cáo tổng kết đề tài Cấp Nhà Nước, Trường Đại học KHTN, Đại học Quốc Gia Hà Nội.
16. Nguyễn Đức Ngữ, Nguyễn Trọng Hiệu (2004), *Khí hậu và Tài nguyên Khí hậu Việt Nam*. Nhà xuất bản nông nghiệp, Hà Nội, 294 tr.
17. Zhan, R., Wang, Y., Lei, X.T. (2011a), *Contributions of ENSO and east Indian Ocean SSTA to the interannual variability of Northwest Pacific tropical cyclone frequency*. Journal of Climate, 24, 509-521.
18. Zhan, R., Wang, Y., Wu, C.C. (2011b), *Impact of SSTA in East Indian Ocean on the frequency of Northwest Pacific tropical cyclones: A regional atmospheric model study*. Journal of Climate, 24, 6227-6242.
19. Zhou, B.T., Cui, X. (2011), *Sea surface temperature east of Australia: A predictor of tropi-*

cal cyclone frequency over the western North Pacific?. Chinese Science Bulletin, 56, 196-201.

20. Wang, L., Huang, R., Wu, R. (2013), *Interdecadal variability of tropical cyclone frequency over the South China Sea and its association with the Indian Ocean sea surface temperature*. Geophysical Research Letters, 40, 768-771.

21. Li., R.C.Y., Zhou, W. (2014), *Interdecadal Change in South China Sea Tropical Cyclone Frequency in Association with Zonal Sea Surface Temperature Gradient*. Journal of Climate, 27 (14), 5468-5480.

22. Lin, Z., Riyu, L. (2004), *Interannual meridional displacement of the East Asian upper-tropospheric jet stream in summer*. Advances in Atmospheric Sciences, 22(2), 199-211.

23. Chen, X., Zhong, Z., Lu, W. (2017), *Association of the Poleward Shift of East Asian Subtropical Upper-Level Jet with Frequent Tropical Cyclone Activities over the Western North Pacific in Summer*. Journal of Climate, 30, 5597-5603.

24. Chen, X., Zhong, Z., Lu, W. (2018), *Mechanism Study of Tropical Cyclone Impact on East Asian Subtropical Upper-Level Jet: A Numerical Case Investigation*. Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences, 54, 575-585.

25. Li, X., Yang, S., Wang, H., Jia, X., Kumar, A. (2013), *A dynamical-statistical forecast model for the annual frequency of western Pacific tropical cyclones based on the NCEP Climate Forecast System version 2*. Journal of Geophysical Atmospheres, 118, 12061-12074.

THE POSSIBILITY OF DYNAMICAL-STATISTICAL PREDICTION FOR SEASONAL ACCUMULATED CYCLONE ENERGY IN THE EAST SEA BASED ON CFSV2

Duong Trinh Hoang¹, Cuong Hoang Duc², Kham Duong Van¹, Chanh K. Q³

¹Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change,

²Vietnam Meteorological and Hydrological Administration

³Department of Earth and Atmospheric Sciences, Indiana University, Bloomington, Indiana

Abstract: *This paper presents a hybrid dynamical-statistical model that it is built for predicting accumulated cyclone energy (ACE) in the storm season (May to December) based on both data sources is used: observations and seasonal forecasts of Climate Forecast System, version 2 (CFSv2). Predictors are selected based on the relationship between ACE and large scale environmental factors from the reanalysis data (observations) for the period 1982-2018. Three predictors are selected; SST in eastern Japan (JSST), the difference between JSST and SST in the the western Pacific warm pool (JSSTG) and zonal wind at 200 mb level (U200) over East Asia. The relative importance of predictors will be assessed based on leave one out-cross validation for the period 1982-2010. The results have identified the best of the hybrid dynamical-statistical model for ACE prediction. For predicting ACE, predictors will be used from real-time prediction of CFSv2, detail: (1) At the time of ACE prediction in June, predictors are JSSTG₆₋₈ from real time prediction of CFSv2 with initial prediction condition (ICs) in June, combined with U200 observation in May; (2) At the time of ACE prediction in May, predictors are JSST₅₋₇ from real time prediction of CFSv2 with ICs in May, combined with U200 observation in April; (3) At the time of the ACE prediction from April to February, predictor is JSST₅₋₇ from real time prediction of the CFSv2 with ICs from April to February. The prediction experiments for the period 2011-2018 shows that the possible to use hybrid dynamical-statistical model to predict ACE with lead time about 0-3 months.*

Keywords: *Accumulated cyclone energy, Climate Forecast System, Version 2 (CFSv2).*