

**BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG
VIỆN KHOA HỌC
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN VÀ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU**

TRỊNH HOÀNG DƯƠNG

**NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ DIỄN BIẾN
NĂNG LƯỢNG BÃO TRÊN BIỂN ĐÔNG VÀ
KHẢ NĂNG DỰ BÁO**

Ngành: Khí tượng và khí hậu học

Mã số: 9440222

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ
KHÍ TƯỢNG VÀ KHÍ HẬU HỌC**

Hà Nội, 2022

Công trình hoàn thành tại:

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

Người hướng dẫn khoa học:

1. TS. Hoàng Đức Cường

2. PGS.TS. Dương Văn Khảm

Phản biện 1: PGS.TS. Phạm Thị Thanh Nga

Phản biện 2: PGS.TS. Vũ Thanh Hằng

Phản biện 3: PGS.TS. Nguyễn Bá Thủy

Luận án đã được bảo vệ trước hội đồng chấm luận án cấp Viện,
họp tại: Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Vào hồi giờ , ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện quốc gia Việt Nam.

- Thư viện Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Chỉ số năng lượng bão của mùa bão hàng năm phản ánh xu thế chung về hoạt động tiềm tàng của mùa bão và là thông tin bổ sung về số lượng bão và NCB trong nhận định xu thế mùa bão. Chúng đang được sử dụng khá phổ biến trong nghiệp vụ dự báo bão như ở Hoa Kỳ, Anh,... Thuật ngữ này còn được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực bảo hiểm, chứng khoán, đầu tư tài chính liên quan đến rủi ro thiên tai. Thông tin về năng lượng bão tích lũy thời gian thực kết hợp với thông tin dự báo bão (bao gồm năng lượng bão tích lũy, số lượng bão và thời gian tồn tại) được sử dụng để đưa ra nhận định kinh doanh hay kế hoạch chuẩn bị nguồn lực cho quản lý rủi ro do bão gây ra.

Nghiên cứu bão trên khu vực Biển Đông đã và đang được các nhà khoa học trong và ngoài nước quan tâm, tuy nhiên chưa có công trình nghiên cứu sâu về đặc điểm diễn biến năng lượng bão, cũng như dự báo chúng cho Biển Đông được công bố. Chính vì vậy, luận án nghiên cứu đánh giá đặc điểm diễn biến và dự báo hạn mùa về năng lượng bão nhằm bổ sung thêm thông tin cho nhận định hoạt động của chúng trên Biển Đông là rất cần thiết.

2. Mục tiêu của luận án

- Làm rõ được đặc điểm diễn biến của năng lượng bão trên Biển Đông và mối quan hệ giữa năng lượng bão trên Biển Đông với nhiệt độ mặt nước biển, với dòng xiết cận nhiệt đới;

- Xây dựng được mô hình thống kê dự báo năng lượng bão trên Biển Đông dựa trên thông tin nhiệt độ mặt nước biển và dòng xiết cận nhiệt đới.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

a) Đối tượng nghiên cứu

+ Bão và chỉ số đánh giá năng lượng bão: Chỉ số năng lượng bão tích lũy (hay động năng bão tích lũy hay còn gọi là chỉ số năng lượng gió bão);

+ Các đặc trưng thống kê về bão, bão mạnh, ngày có bão: tổng cộng, trung bình, cao nhất, thấp nhất và các đặc trưng thống kê khác.

b) Phạm vi nghiên cứu: Chỉ số năng lượng bão tích lũy và đặc trưng của bão được xem xét trên Biển Đông ($0-23^{\circ}\text{N}$, $100-120^{\circ}\text{E}$);

c) Giới hạn nghiên cứu

+ Nghiên cứu chưa có điều kiện phân tích hoạt động của bão dựa trên tất cả các chỉ số năng lượng bão, chủ yếu chỉ sử dụng chỉ số năng lượng bão tích lũy trên Biển Đông (ACE) và không phân biệt bão hình thành trên Biển Đông cũng như bão di chuyển từ ngoài vào. Đồng thời chỉ phân tích tương quan trong các năm giữa năng lượng bão tích lũy trên Biển Đông với nhiệt độ mặt nước biển, với dòng xiết cận nhiệt đới, nhưng chưa có điều kiện phân tích mối quan hệ với các đặc trưng khác như cấu trúc bão, địa hình trên biển hay gió mùa, dòng xiết nhiệt đới,....

+ Phương trình thử nghiệm dự báo năng lượng bão tích lũy trên Biển Đông chỉ được xây dựng dựa trên sản phẩm dự báo toàn cầu CFSv2 từ cơ sở khoa học về mối tương quan giữa năng lượng bão tích lũy trên Biển Đông với nhiệt độ mặt nước biển, với dòng xiết cận nhiệt đới và chưa có điều kiện xét những nhân tố dự báo khác.

4. Các luận điểm bảo vệ

1) Có sự tương đồng và khác biệt của năng lượng bão trên Biển Đông với Tây Bắc Thái Bình Dương và tồn tại quan hệ thống kê chặt chẽ giữa năng lượng bão tích lũy trên Biển Đông với nhiệt độ bề mặt biển ở vùng biển phía Đông Nam Nhật Bản và với cường độ dòng xiết cận nhiệt đới.

2) Trên cơ sở đã đánh giá được mối quan hệ thống kê giữa năng lượng bão tích lũy trên Biển Đông với nhiệt độ bề mặt nước biển ở vùng biển phía Đông Nam Nhật Bản và với cường độ dòng xiết cận nhiệt đới thì có thể sử dụng chúng làm nhân tố dự báo đối với năng lượng bão tích lũy trên Biển Đông.

5. Phương pháp nghiên cứu

1) Phương pháp phân tích địa lý và các phương pháp phân tích tương quan, xu thế diễn biến, hàm trục giao thực nghiệm, kiểm nghiệm thống kê

nhằm đánh giá đặc điểm diễn biến của năng lượng bão tích lũy trên Biển Đông và xác định mối quan hệ giữa chúng với các yếu tố khí hậu khác.

2) Phương pháp phân tích hồi quy tuyến tính đơn, đa biến, kiểm nghiệm thống kê, đánh giá sai số dự báo, đánh giá tính hiệu quả và tính tin cậy của phương trình dự báo hạn mùa về chỉ số năng lượng bão trên Biển Đông

6. Những đóng góp mới của luận án

- Đã xác định được năng lượng bão trên Biển Đông có sự tương đồng với khu vực Tây bắc Thái Bình Dương từ tháng 7 đến tháng 11. Thời gian tập trung cao điểm của năng lượng bão trên Biển Đông muộn hơn khoảng 1 tháng, diễn biến giảm trong thời kỳ 1982-2018 và tăng trong hai thập kỷ gần đây 1999-2018.

- Đã xác định và lý giải được phần nào cơ chế vật lý về mối quan hệ giữa chỉ số năng lượng bão trên Biển Đông với nhiệt độ mặt nước biển ở vùng phía Đông Nam Nhật Bản và cường độ dòng xiết cận nhiệt đới làm cơ sở khoa học để dự báo hạn mùa về chỉ số năng lượng bão tích lũy trước 1-2 tháng dựa trên sản phẩm của mô hình toàn cầu CFSv2.

7. Ý nghĩa Khoa học và thực tiễn của luận án

1) Ý nghĩa khoa học

- Kết quả nghiên cứu góp phần cung cấp cơ sở khoa học về diễn biến năng lượng bão trên Biển Đông và mối quan hệ với nhiệt độ mặt nước biển ở biển phía Đông Nam Nhật Bản và cường độ dòng xiết cận nhiệt đới;

- Kết quả nghiên cứu có thể làm tài liệu tham khảo cho các công trình nghiên cứu bão trên Biển Đông.

2) Ý nghĩa thực tiễn

- Góp phần đúc kết bài học kinh nghiệm trong nhận định hoạt động của bão trên Biển Đông dựa trên xu thế biến động của nhiệt độ mặt nước biển ở phía Đông Nam Nhật Bản và cường độ dòng xiết cận nhiệt đới;

- Kết quả dự báo ACE góp phần phản ánh xu thế chung về hoạt động tiềm tàng của mùa bão và là thông tin bổ sung về số lượng và thời gian hoạt

động của bão trong nhận định xu thế mùa bão.

8. Cấu trúc của luận án

Nội dung chính của luận án được trình bày trong 4 chương:

Chương 1: Tổng quan các công trình nghiên cứu năng lượng bão;
 Chương 2: Số liệu, phương pháp nghiên cứu diễn biến và dự báo ACE;
 Chương 3: Diễn biến năng lượng bão và mối quan hệ với nhiệt độ mặt nước biển, độ dòng xiết cận nhiệt đới; Chương 4. Khả năng ứng dụng SST ở vùng biển phía Đông Nam Nhật Bản và cường độ dòng xiết cận nhiệt đới để dự báo ACE trên Biển Đông.

Chương 1: TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU VỀ NĂNG LƯỢNG BÃO

1.1 Năng lượng bão

Mục tiêu của luận án là nghiên cứu ứng dụng chỉ số năng lượng cho Biển Đông, do đó luận án chủ yếu tổng quan các công trình nghiên cứu liên quan đến chỉ số năng lượng bão. Khái niệm chỉ số "năng lượng bão tích lũy" (ACE) được đề xuất đầu tiên bởi Bell và ctv (2000) [38], hay còn gọi là "động năng bão tích lũy" như Kim và ctv (2013) [86]; Lu và ctv (2018) [105] hay "năng lượng gió bão" (NOAA). 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 động năng tích lũy. Điều này cho thấy bão có cường độ gió mạnh, thời gian kéo dài dẫn đến ACE cao hơn. Cùng mục đích như ACE nhưng tăng thêm trọng số cho bão cường độ mạnh, tác giả Emanuel (2005) [62] đã đề xuất chỉ số PDI biểu diễn là hàm bậc ba của vận tốc gió. Yu và ctv (2009, 2012) [145], [146] cho rằng ACE và PDI có trọng số cao cho bão cường độ mạnh, do đó đã đề xuất hiệu chỉnh ACE, PDI giảm bớt trọng số cho những cơn bão mạnh và bổ sung thêm bán kính bão gọi là chỉ số RACE và RPDI, nhưng cho đến nay chưa có công trình nào ứng dụng hai chỉ số này cho đánh giá năng lượng bão. Nhằm hỗ trợ thêm thông tin cho phân cấp gió Saffir-Simpson, Kantha và ctv (2006) [82], Powell và ctv (2007) [109] đã đề xuất Chỉ số "động năng tích hợp" (IKE), nhưng nguồn số liệu để tính IKE là không

sẵn có cho Tây Bắc Thái Bình Dương (TBTBD).

Nhìn chung về các chỉ số năng lượng bão:

- Các chỉ số năng lượng bão chỉ tính toán đối với những xoáy thuận nhiệt đới đạt cường độ bão. Phương pháp tính không phụ thuộc vào bước thời gian, hữu ích trong tính toán tương quan và hồi quy vì là biến liên tục và thích hợp cho đánh giá ảnh hưởng của biến khí hậu đến cường độ bão;

- Các chỉ số năng lượng bão phản ánh cả về cường độ và thời gian tồn tại của bão. Trong mùa bão có một số cơn rất mạnh, số ngày hoạt động dài, dẫn đến chỉ số năng lượng cao hơn, vì vậy nguy cơ tác động lớn hơn so với mùa có nhiều cơn bão yếu, hoạt động ngắn ngày hơn.

- Dựa trên định nghĩa của các chỉ số năng lượng bão có thể nhận thấy phương pháp tính RACE, RPDI, HSI và TIKE phức tạp hơn so với ACE, PDI vì ngoài xem xét tốc độ gió mạnh cần thêm cả bán kính của bão.

1.2 Diễn biến năng lượng bão trên các vùng biển và bão trên Biển Đông

1.2.1 Đặc điểm diễn biến năng lượng bão trên các vùng biển

Các chỉ số năng lượng bão không những được ứng dụng để đánh giá diễn biến của bão trên Đại Dương lớn mà còn cho các tiểu vùng biển như Đài Loan, vịnh Bengal,... hoặc bão đổ bộ. Thực tế chỉ số năng lượng bão được ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực bảo hiểm, chứng khoán, đầu tư tài chính liên quan đến rủi ro do thiên tai. Thông tin về năng lượng bão tích lũy thời gian thực kết hợp với thông tin dự báo bão được sử dụng để xây dựng kế hoạch chuẩn bị nguồn lực cho quản lý rủi ro do bão gây ra. Chỉ số năng lượng bão phản ánh “tổng thể” về hoạt động của mùa bão; Trong mùa bão có một số cơn rất mạnh, số ngày hoạt động dài, dẫn đến chỉ số năng lượng cao hơn, vì vậy nguy cơ tác động lớn hơn so với mùa có nhiều cơn bão yếu, hoạt động ngắn ngày hơn. Như vậy chỉ số năng lượng bão là rất quan trọng trong việc khái quát cả về số lượng, cường độ và thời gian hoạt động của bão là cơ sở khoa học phục vụ đánh giá, giám sát và dự báo bão trên Biển Đông.

1.2.2 Đặc điểm diễn biến của bão trên Biển Đông

Nhiều công trình quan tâm nghiên cứu đánh giá đặc điểm diễn biến bão trên Biển Đông, tuy nhiên chủ yếu dựa trên đặc trưng số lượng bão. Năng lượng bão cũng đã được quan tâm nghiên cứu kể từ những năm 1991 với mục đích phân tích cấu trúc, xác định chỉ tiêu về sự tiến triển của bão, ít có công trình sử dụng chỉ số năng lượng để đánh giá bão trên Biển Đông.

1.3 Quan hệ giữa SST, dòng xiết cận nhiệt đới với bão ở TBTBD và bão trên Biển Đông

Các nghiên cứu trước đây cho thấy ảnh hưởng của ENSO đối với sự hình thành bão trên khu vực TBTBD liên quan đến SST, rãnh gió mùa trong mùa hè,... Đồng thời nhiều nghiên cứu cho thấy SST không chỉ ảnh hưởng trực tiếp mà còn ảnh hưởng gián tiếp đến bão ở TBTBD và Biển Đông thông qua hoàn lưu khí quyển quy mô lớn. Trong một số hệ thống quy mô lớn khác nhau trên khu vực TBTBD, các nghiên cứu cũng đã cho thấy dòng xiết cận nhiệt đới quan hệ chặt chẽ với thời tiết-khí hậu ở Đông Á, SST và bão trên khu vực TBTBD cũng như Biển Đông. Ngoài ra, “truyền sóng” (wave train) trong mùa hè hay sự khác nhau (dipole) về hoạt động của đối lưu trên biển Philippines và biển Nhật Bản được gọi là Kiểu P-J có thể ảnh hưởng đáng kể đến biến động của bão ở TBTBD. Kiểu P-J đã được nhiều công trình cho thấy liên quan đến “ống dẫn sóng” (waveguide/duct) hướng tây-tây nam tầng thấp được thiết lập bởi gió mùa mùa hè hay là “cầu nối” của gió tây nam ảnh hưởng đến thời tiết, khí hậu ở Đông Á và hoạt động của bão ở TBTBD.

1.4 Dự báo hạn mùa đối với bão và năng lượng bão

Nhiều Cơ quan nghiệp vụ dự báo hạn mùa về số lượng bão và ACE ở trên thế giới như NOAA, TSR, CSU, IRI,... Cả phương pháp dự báo thống kê và mô hình số đã được áp dụng cho dự báo số lượng bão và ACE. Ở Việt Nam, ứng dụng những kết quả nghiên cứu để dự báo đã đạt được những kết quả nhất định như nhận định 3 tháng tới về số lượng bão và áp thấp nhiệt đới trên Biển Đông trong “Thông báo khí hậu” của Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu. Nhận định số lượng bão và áp thấp nhiệt đới

hàng năm của Trung tâm dự báo Khí tượng Thủy văn Quốc gia. Tuy nhiên, chưa có công trình nghiên cứu dự báo ACE cho Biển Đông được công bố.

1.5 Tiểu kết về chương 1

Các chỉ số năng lượng bão sẽ bổ sung thông tin về cường độ và thời gian tồn tại của bão và có thể được sử dụng để đánh giá nguy cơ tác động tiềm tàng của bão theo mùa. Thực tế cho thấy giám sát thời gian thực và dự báo hạn mùa về năng lượng bão là thông tin bổ sung cho phân tích nhận định bão trong nghiệp vụ như ở Hoa Kỳ, Anh, Nhật Bản,... Thuật ngữ này còn được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực bảo hiểm, chứng khoán, đầu tư tài chính liên quan đến rủi ro thiên tai. Chỉ số năng lượng bão đã được ứng dụng phổ biến trên các vùng biển. Tuy nhiên, hiện nay chưa có nhiều công trình nghiên cứu sâu về diễn biến và dự báo về năng lượng bão trên Biển Đông. Điều này đặt ra câu hỏi diễn biến năng lượng bão trên Biển Đông như thế nào. Chúng có sự tương đồng hoặc khác biệt gì so với khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương.

Các nghiên cứu trong và ngoài nước đã cho thấy ảnh hưởng của SST và hoàn lưu quy mô lớn áp cao cận nhiệt đới Bắc Thái Bình Dương (ACTBD), hay dòng xiết cận nhiệt đới (APSJ) đến hoạt động của bão trên khu vực TBTBD và Biển Đông. Tuy nhiên SST trong vùng biển nào và hoàn lưu quy mô lớn nào có quan hệ chặt chẽ với năng lượng bão trên Biển Đông vẫn chưa được xác định. Sự tương đồng hoặc khác biệt của năng lượng bão trên Biển Đông và TBTBD liệu có tồn tại mối quan hệ với SST và SST vùng biển nào có quan hệ chặt chẽ với năng lượng bão. Có phải APSJ đóng vai trò là hoàn lưu quy mô lớn liên quan đến mối quan hệ này. Nếu xác định được mối quan hệ chặt chẽ với năng lượng bão trên Biển Đông thì có thể ứng dụng làm nhân tố dự báo chúng được hay không.

Chương 2. SỐ LIỆU, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU DIỄN BIẾN VÀ DỰ BÁO NĂNG LƯỢNG BÃO

2.1 Số liệu

2.1.1 Số liệu quan trắc bão

Tất cả các số liệu thống kê bão trong nghiên cứu này dựa trên số liệu quan trắc bão của Cục Khí tượng Nhật Bản (JMA) và số liệu quan trắc của Trung tâm Kết nối Liên Hợp (JTWC). Các chỉ số năng lượng bão nhằm mục tiêu bổ sung thêm thông tin cho hệ thống bão, bão mạnh, do đó luận án chỉ xem xét những cơn đạt cấp bão nhiệt đới (vượt 17 m/s theo cấp Beaufort). Để so sánh giữa bão và bão mạnh gồm tất cả các cơn bão có tốc độ gió mạnh nhất vượt quá 32,5 m/s (cấp 12 trở lên) cũng sẽ được xem xét.

2.1.2 Nhiệt độ mặt nước biển và số liệu tái phân tích

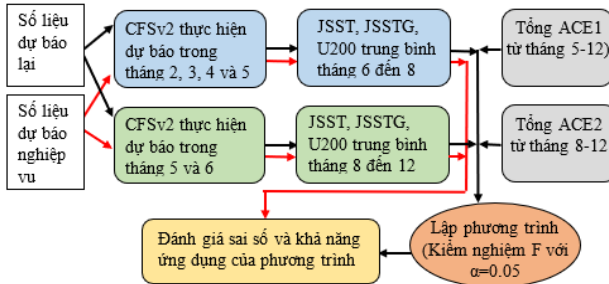
1) Số liệu SST độ phân giải ngang 2×2^0 (ERSST.v4) của NOAA được sử dụng cho phân tích ảnh hưởng đến hoạt động bão.

2) Sử dụng số liệu khí quyển từ NCEP/NCAR Reanalysis 1 và NOAA cho phân tích ảnh hưởng của điều kiện môi trường đến hoạt động bão.

2.1.3 Số liệu của hệ thống dự báo khí hậu phiên bản 2 (CFSv2)

1) Số liệu dự báo lại thời kỳ 1982-2010 được sử dụng làm số liệu phụ thuộc để thiết lập phương trình dự báo tổng ACE từ tháng 5-12 và 8-12.

2) Số liệu nghiệp vụ của CFSv2, thời kỳ 2013-2018 được sử dụng làm số liệu độc lập cho đánh giá sai số và khả năng ứng dụng của phương trình



Hình 2. 1. Sơ đồ mô tả thu thập số liệu phục vụ xây dựng phương trình dự báo ACE trên Biển Đông

2.1.4 Số liệu về dự báo bão hạn mùa của một số Cơ quan nghiệp vụ

Nhằm so sánh đánh giá tính khả thi của các phương trình dự báo ACE trên Biển Đông, luận án thu thập số liệu tại các thời điểm phát hành tin dự

báo nghiệp vụ trên thế giới về ACE, cụ thể về số liệu:

1) Số liệu về ACE được dự báo và quan trắc thời kỳ 2003-2018 trên khu vực Đại Tây Dương của CSU, CPC và TSR được NOAA tổng hợp

2) Số liệu tổng kết dự báo về ACE khu vực TBTBD từ các thời điểm phát tin tháng 3, 5, 7 và 8 thời kỳ 2003-2010, 2013, 2014 của TSR

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1 Phương pháp tính toán các chỉ số năng lượng bão tích lũy

Phạm vi nghiên cứu: Khu vực Biển Đông (0-23°N; 100-120°E).

1) Luận án đã tính toán các chỉ số năng lượng bao gồm ACE, PDI, RACE và chỉ số RPD, ngày có bão (NCB). ACE và PDI sử dụng tốc độ gió mạnh nhất xung quanh tâm bão. RACE và RPD cần thêm bán kính bão và thiết lập mối quan hệ để xác định hệ số (α), nghiên cứu đã sử dụng hệ số $\alpha=0,51$ trên khu vực TBTBD theo Yu và ctv (2009, 2012) [145], [146].

2) Các chỉ số năng lượng bão sẽ bổ sung thông tin về cường độ và thời gian tồn tại của bão. Trong mùa bão có một số cơn rất mạnh, số ngày hoạt động dài, dẫn đến các chỉ số năng lượng cao hơn, hàm ý nguy cơ tác động tiềm tàng lớn hơn so với mùa có nhiều cơn bão yếu, hoạt động ngắn ngày.

2.2.2 Phương pháp phân tích xu thế bão

Xu thế tuyến tính được sử dụng để khảo sát xu thế biến đổi của các đặc trưng bão trên Biển Đông, hệ số (b_1) của phương trình hồi quy tuyến tính đơn biến theo thời gian cho biết tính chất của xu thế biến đổi tăng hay giảm, trị số tuyệt đối của b_1 cho thấy mức độ biến đổi. Đánh giá mức độ tin cậy của xu thế dựa trên kiểm nghiệm Student đối với (r) [25], [26], [21].

2.2.3 Phương pháp phân tích tương quan và so sánh hai kỳ vọng

- Hệ số tương quan (r_{ij}) được sử dụng để đo mối quan hệ tuyến tính tuyến tính giữa hai biến (biến y) và x là trường giá trị của các yếu tố môi trường (biến x) được xác định trên từng điểm lưới (i, j) với i và j là theo kinh và vĩ tuyến. Tập hợp các điểm lưới có r_{ij} và phân tích sẽ cho thấy mối quan hệ giữa các biến môi trường quy mô lớn đối với các đặc trưng của bão.

- Nghiên cứu sử dụng kiểm nghiệm Student đối với độ lớn của r_{ij} để đánh giá mức độ tin cậy thống kê của mối quan hệ giữa các yếu tố môi trường với các đặc trưng của bão [5], [21].

- Nghiên cứu sử dụng phương pháp so sánh hai kỳ vọng để xem xét sự khác nhau trung bình với phương sai không bằng nhau của hai chuỗi số liệu x_{1ij} (yếu tố môi trường trung bình năm ACE cao) và x_{2ij} (yếu tố môi trường trung bình năm ACE thấp) trên từng điểm lưới (i, j) . Đồng thời sử dụng kiểm nghiệm Student để đánh giá mức độ tin cậy thống kê về sự khác nhau này (Vũ Văn Thắng, 2016 [27]; Wilks và ctv, 2006 [135]).

2.2.4 Phương pháp phân tích thành phần chính (PCA)

Đối với phân tích thành phần chính được xác định trên miền kinh độ/vĩ độ (25-60°N, 80-150°E), với tối đa 37 eigenvector (EOF_x) và các thành phần chính có thể chiếm hơn 99% tổng phương sai. PCA được áp dụng cho thành phần gió vĩ hướng mực 200mb để tìm kiếm các cấu trúc hàm thực nghiệm tới biến động chủ đạo cho định nghĩa sự dịch chuyển và cường độ của APSJ.

2.2.5 Phương pháp dự báo hạn mùa về năng lượng bão

a) Cơ sở toán học của hồi tuyến tính

Phương pháp toán học của hồi tuyến tính cả đơn biến và đa biến chi tiết được trình bày trong giáo trình của các tác giả Phan Văn Tân (2007) [20], tác giả Hoàng Đức Cường và Nguyễn Trọng Hiệu (2012) [4].

b) Đánh giá chất lượng của phương trình hồi quy

Để đánh giá chất lượng của mô hình hồi quy luận án sử dụng phương pháp kiểm nghiệm Fisher với mức ý nghĩa $\alpha=0.05$ (Phan Văn Tân, 2007 [20], Hoàng Đức Cường và Nguyễn Trọng Hiệu, 2012 [4]).

c) Các chỉ tiêu đánh giá phương trình dự báo

Phương trình dự báo được đánh giá chất lượng bằng các chỉ tiêu sai số trung bình, sai số tuyệt đối trung bình, sai số quân phương và điểm kỹ năng bình phương trung bình và đánh giá dự báo theo hai pha (Nguyễn Văn Thắng và ctv, 2010 [24]; Hoàng Đức Cường và ctv, 2013 [5]; Phan Văn Tân và ctv,

2010 [21]; Trần Quang Đức và ctv, 2020 [8]).

Chương 3. DIỄN BIẾN NĂNG LƯỢNG BÃO VÀ MỐI QUAN HỆ VỚI NHIỆT ĐỘ MẶT NƯỚC BIỂN, DÒNG XIẾT CẬN NHIỆT ĐỐI

3.1 Đặc điểm diễn biến của bão dựa trên chỉ số năng lượng bão

3.1.1 Biến trình năm và diễn biến hàng năm của chỉ số năng lượng bão

a) Biến trình năm

Mùa hoạt động mạnh với số cơn bão phổ biến trên Biển Đông dường như bắt đầu sớm hơn vào tháng 6-11, trong khi mùa hoạt động mạnh nhất trên toàn bộ khu vực TBTBD là từ tháng 7-10. Thời gian tập trung cao điểm của năng lượng bão trên khu vực TBTBD khoảng tháng 8-9, trong khi đó trên Biển Đông khoảng tháng 9-10, muộn hơn khoảng 1 tháng. Phân bố số cơn bão cũng có sự khác nhau với các chỉ số năng lượng bão trên Biển Đông; phân bố của số cơn bão đồng đều từ tháng 7-10 với đỉnh cao trong tháng 8-9, trong khi đỉnh cao của chỉ số năng lượng bão muộn hơn (tháng 9-10). Nhìn chung, biến trình năm của các chỉ số năng lượng bão ít có sự khác biệt và khá tương đồng với bão cường độ mạnh cũng như thời gian tồn tại của bão.

b) Diễn biến hàng năm của các đặc trưng của bão

Biến động hàng năm giữa các đặc trưng bão trên Biển Đông và TBTBD cũng có sự khác nhau đáng kể. Diễn biến hàng năm của các chỉ số năng lượng bão ít có sự khác biệt và khá tương đồng về dao động.

Chỉ số ACE và PDI được quan tâm nhiều hơn vì trọng số cao hơn cho bão cường độ mạnh với hàm ý quan tâm nhiều đến nguy cơ tác động của chúng. Phương pháp tính chỉ số RACE, RPDI phức tạp hơn ACE, PDI và chưa được ứng dụng rộng rãi. Đồng thời diễn biến năm, hàng năm cho thấy RACE, RPDI ít có sự khác biệt với ACE và PDI. Thực tế ACE đang được ứng dụng rộng rãi trong nghiên cứu cũng như dự báo nghiệp vụ. Thêm nữa chúng đang được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực bảo hiểm, chứng khoán, đầu tư tài chính liên quan đến rủi ro do thiên tai. Để tập trung phân tích sâu hơn, do đó nghiên cứu sử dụng ACE cho những phân tích tiếp theo sau đây.

3.1.2 Đặc điểm diễn biến của ACE trên Biển Đông

a) Đặc trưng của ACE trên Biển Đông

Trung bình số cơn bão mỗi năm khoảng 9-10 cơn (năm cao khoảng 14-16 cơn). Độ lệch tiêu chuẩn của số cơn bão hàng năm khoảng 2,9-3,0 cơn và biến suất khoảng 31-32%. NCB trung bình nhiều năm khoảng 34-38 ngày (năm cao khoảng 62-67 ngày, năm thấp khoảng 13-17 ngày). Trị số ACE trung bình nhiều năm khoảng $76-80 \times 10^3 \text{m}^2 \text{s}^{-2}$ (năm cao khoảng 140-160 $\times 10^3 \text{m}^2 \text{s}^{-2}$, năm thấp 15-20 $\times 10^3 \text{m}^2 \text{s}^{-2}$). Độ lệch tiêu chuẩn của ACE hàng năm khoảng $32-35 \times 10^3 \text{m}^2 \text{s}^{-2}$ và biến suất khoảng 42-45%.

Phân tích một số năm ACE cao điển hình cho thấy mỗi năm ACE cao có sự khác biệt đáng kể và không tìm thấy một quy luật nhất quán nào trong phân bố biến trình tháng. Đồng thời cho thấy rõ về vai trò trọng số cao của bão cường độ mạnh trong độ lớn của ACE. Mặc dù mối quan hệ giữa ACE với số cơn bão cấp 8-11 không cao nhưng với số cơn bão và NCB hàng năm là khá cao (hệ số tương quan từ 0,56-0,77). Điều này cho thấy có thể xây dựng phương trình để ước tính số cơn bão và NCB dựa trên tổng ACE.

b) Xu thế biến đổi tuyến tính của bão

Xu thế tuyến của bão và ACE nhìn chung giảm trong giai đoạn từ 1982-2018 và tăng trong hai thập kỷ gần đây từ 1999-2018 khá nhất quán trên số liệu của JMA và JTWC, nhưng không đạt độ tin cậy thống kê 95%.

c) Phân bố không gian của bão trên Biển Đông

Trên ô lưới 2,5 độ kinh vĩ, ở khu vực bờ biển Trung Bộ từ khoảng vĩ tuyến 16⁰N đến 18⁰N và khu vực bờ biển Bắc Bộ từ khoảng 20⁰N trở lên phía Bắc có số lượng bão và ACE cao nhất trong dải ven biển nước ta.

3.2 Quan hệ của SST ở phía Đông Nam Nhật Bản, cường độ dòng xiết cận nhiệt với ACE trên Biển Đông

3.2.1 Mối quan hệ giữa SST với ACE trên Biển Đông

a) Ảnh hưởng trực tiếp của SST

Các nghiên cứu trước cho thấy SST ảnh hưởng trực tiếp đến cả sự hình

thành và cường độ của bão (Camargo và ctv, 2005 [43]; Richard và Zhou 2014 [111]), do đó nghiên cứu kiểm tra ảnh hưởng trực tiếp của SST đến hoạt động của bão trên Biển Đông. Khảo sát độ nhạy cho thấy việc tập trung vào giai đoạn từ tháng 6-11 giúp tối đa hóa tín hiệu thống kê trên Biển Đông và sẽ trình bày trong các phân tích sau đây. Hoạt động của bão ở TBTBD có thể góp phần làm sáng tỏ bão trên Biển Đông, để có bức tranh tổng quát về bão, do đó trong mục này đã xem xét cả bão ở TBTBD. Kết quả cho thấy:

1) Đối với đặc trưng bão trên khu vực TBTBD (gồm số lượng bão (C8), bão có cường độ trên cấp 12 (C12), ACE và NCB): Tương quan dương giữa SST ở trung tâm Thái Bình Dương với đặc trưng bão ở TBTBD. Điều này cho thấy SST ở trung tâm Thái Bình Dương cao hơn sẽ tương ứng với đặc trưng bão cao hơn ở TBTBD. Ngược lại, tương quan âm đáng kể giữa đặc trưng bão với SST ở Ấn Độ Dương và Tây Nam Thái Bình Dương cho thấy SST ở vùng này cao hơn sẽ tương ứng với đặc trưng bão ở TBTBD thấp hơn. Mỗi tương quan âm này có khả năng liên quan đến đến độ đứt gió thẳng đứng tăng cường trong mùa hè như được thể hiện bởi Zhan và Wang (2015) [155].

2) Đối với đặc trưng bão trên Biển Đông (C8, C12, ACE, NCB): Trái ngược với TBTBD, mỗi tương quan âm giữa các đặc trưng bão với SST ở trung tâm Thái Bình Dương. Điều này cho thấy SST cao hơn ở trung tâm Thái Bình Dương tương ứng với bão ít hơn trên Biển Đông. Điều này có thể được giải thích rằng bão trên Biển Đông chủ yếu phụ thuộc vào dòng dẫn đường quy mô lớn liên quan đến ACTBD. Vì vậy, có thể có nhiều bão hơn trong TBTBD, nhưng có thể ít bão hơn vào Biển Đông. Điều này cũng là một trong những nguyên nhân tương quan âm trên Biển Đông. Thêm nữa, những năm SST cao ở khu vực trung tâm Thái Bình Dương, một xoáy nghịch bao trùm Tây Thái Bình Dương và Biển Đông cùng với điều kiện môi trường bất lợi đã hạn chế cho bão hoạt động trên Biển Đông như đã chỉ ra chỉ ra bởi các nghiên cứu trước (các hình hình 1.11 đến 1.14 và 1.16 chương 1).

b) Ảnh hưởng gián tiếp của SST

Ảnh hưởng trực tiếp của SST đến cường độ bão khu vực TBTBD như được thiết lập trước đó từ cả nghiên cứu lý thuyết và mô hình số (Sun và ctv, 2013 [119]; Ferrara và ctv, 2017 [67]). Ảnh hưởng gián tiếp của SST đến bão trên khu vực TBTBD cũng đã được chứng minh như đã chỉ ra bởi các tác giả Richard và Zhou (2014) [110]; Li và ctv (2017) [98]. Điều này là do SST liên quan đến phản ứng đầu tiên của trong hoàn lưu khí quyển quy mô lớn ở khu vực TBTBD, có thể ảnh hưởng gián tiếp đến bão trên TBTBD.

ACE trên Biển Đông có mối tương quan nghịch đáng kể với SST ở ba vùng chính, bao gồm Ấn Độ Dương ($5^{\circ}\text{S}-10^{\circ}\text{N} \times 70^{\circ}\text{E}-88^{\circ}\text{E}$), Tây Nam Thái Bình Dương ($41-27^{\circ}\text{N} \times 155-170^{\circ}\text{E}$), và biển phía Đông Nam Nhật Bản ($25^{\circ}\text{N}-35^{\circ}\text{N} \times 139^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{E}$), ký hiệu SST lần lượt là ISST, SSST và JSST. Trong số ba vùng, JSST có hệ số tương quan cao nhất. Dựa trên năm JSSTG cao (thấp) (chênh lệch giữa JSST với SST vùng bề âm trung tâm TBTBD) cho thấy khi JSSTG cao hơn, ít bão ở Biển Đông. Phân tích tiếp theo cho thấy trong năm ACE cao, áp cao Tây Tạng lệch về phía cực và lấn sang phía đông; ACTBD dịch chuyển nhiều hơn về phía tây; độ cao địa thế vị mực 500mb và 850mb có xu hướng cao ở phía đông biển Đài Loan và thấp ở biển phía đông Nhật Bản. Điều này đã cho thấy một kiểu Thái Bình Dương-Nhật Bản (P-J) như chỉ ra bởi các nghiên cứu trước. Mối quan hệ của JSSTG đối với bão trên Biển Đông sẽ được phân tích sâu hơn ở các mục sau.

3.2.2 Mối quan hệ giữa dòng xiết cận nhiệt đới với năng lượng bão tích lũy trên Biển Đông

Ảnh hưởng của SST biển phía Đông Nam Nhật Bản đến ACE trên Biển Đông gợi ý rằng yếu tố tiềm tàng giải thích sự biến động của bão trên Biển Đông. Trong số một số hệ thống quy mô lớn trong khu vực TBTBD như gió mùa, ACTBD, các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng APSJ liên quan chặt chẽ với thời tiết, khí hậu ở Đông Á và SST.

Phân tích gió ở mực 850 mb và 200mb trong các năm ACE trên Biển Đông cao và thấp cho thấy năm ACE thấp (JSSTG cao), xoáy thuận tầng cao

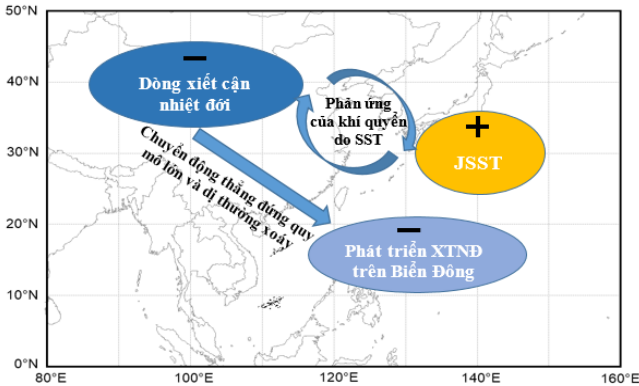
(mức 200mb) và xoáy nghịch ở tầng thấp (mức 850mb), đối lưu phát triển yếu, ít xoáy tương đối tầng thấp và sự phân kỳ tầng trên yếu ở khu vực Biển Đông và phía Đông Philippines, bất lợi cho hoạt động của bão ở khu vực này, do đó ACE giảm trên Biển Đông. Quá trình ngược lại cho năm ACE cao (JSSTG âm). Có thể nhận thấy rằng những kết quả phân tích chuẩn sai gió này mô tả giống như kiểu phân bố trái ngược nhau (dipole) của SST giữa Ấn Độ Dương, trung tâm-đông xích đạo Thái Bình Dương so với bề ảm trung tâm TBTBD hay kiểu P-J liên quan đến đối lưu hạn chế (phát triển) ở biển phía Đông Philippines. Vấn đề này các công trình nghiên cứu trước đã cho thấy SST ở vùng bề ảm trung tâm TBTBD là nhân tố quan trọng liên quan đến sự thay đổi năng lượng, động lượng giữa đại dương-khí quyển, hay sự tương tác biển-khí. Những thay đổi này liên quan đến thay đổi hoàn lưu khí quyển quy mô lớn, dẫn đến sự thay đổi điều kiện môi trường bất lợi/thuận lợi đối với hoạt động của bão (Hình 1.11-1.14 và 1.16 chương 1).

Bởi vì sự phân bố của véc tơ riêng gần tương tự như phân bố thực của gió vĩ hướng mức 200mb, do đó PC1 và PC2 được coi là thước đo cho vị trí và cường độ của APSJ. PC1 dương (âm) chỉ ra APSJ thay đổi vị trí về phía nam (phía bắc). PC2 dương cho thấy tốc độ gió liên quan đến APSJ sẽ tăng lên và chỉ thị cho cường độ cao hơn của APSJ (Lin và ctv, 2005, 2010) [100], [101]. Do đó, PC1 và PC2 được sử dụng cho đánh giá tiếp theo. Vị trí, cường độ của APSJ cũng được xác định theo phương pháp khác (Yan và ctv, 2019 [143]; Huang và ctv 2014 [75]) nhằm minh chứng về vai trò của PC1 và PC2.

Kết quả cho thấy tương quan khá thấp giữa các đặc trưng của bão với PC1 nhưng với PC2 đạt độ tin cậy thống kê 95%. Điều này cho thấy sự thay đổi vị trí của APSJ đóng góp rất ít vào biến động hàng năm của bão trên Biển Đông, trong khi cường độ của APSJ có vai trò lớn hơn nhiều. Đồng thời cường độ APSJ có xu hướng kết nối mạnh hơn tới JSSTG so với vị trí APSJ.

Với những thay đổi trong hoàn lưu mực thấp trên Biển Đông và biển Philippines liên quan đến biến động của PC2, dẫn đến các điều kiện quy mô

lớn khác cũng phải phản ứng với những thay đổi trong hoàn lưu quy mô lớn thông qua kiểu P-J (Nitta, 1987 [108]; Kubota và ctv, 2016 [91]). Kiểu P-J này được thiết lập kết nối với hoạt động đối lưu ở biển phía Đông Philippines và với các hoàn lưu quy mô lớn TBTBD-Đông Á. Do đó, bất kỳ sự biến động của APSJ được liên kết với JSSTG như mối tương quan giữa PC2 với JSSTG cũng có tác động tới hoạt động bão trên Biển Đông. Vấn đề này cho thấy trong năm JSSTG cao, chuẩn sai gió hướng đông tầng cao khu vực Đông Á được liên kết với APSJ yếu hơn, phản hồi sau đó của hoàn khí quyển quy mô lớn dẫn đến chuyển động thẳng đứng yếu, ít xoáy tương đối trên Biển Đông và phía đông biển Philippines, bất lợi cho bão hoạt động ở khu vực này.



Hình 3.24. Sơ đồ minh họa sự mối tương quan giữa SST ở phía phía Đông Nam Nhật Bản và bão trên Biển Đông. Cường độ APSJ phản ứng với những thay đổi của JSST thông qua động lực quy mô lớn, do đó ảnh hưởng đến bão trên Biển Đông bằng cách tăng cường hoặc ngăn chặn chuyển động thẳng đứng quy mô lớn và xoáy trên Biển Đông. Các dấu (-) biểu thị sự phát triển chuẩn sai âm tương ứng với chuẩn sai (+) của JSST.

Kết quả thu được từ các phân tích trên đưa ra lời giải thích cho ảnh hưởng của JSST với bão trên Biển Đông như một phần của kiểu P-J được tóm tắt trong sơ đồ khái quát xem xét trường hợp JSST dương ở hình 3.24. Giả sử SST ấm hơn được phát triển ở biển phía Đông Nam Nhật Bản. Phản

hồi sau đó của hoàn khí quyển quy mô lớn dẫn đến sự thay đổi JSSTG, dẫn đến chuẩn sai gió tây âm ở Đông Á (gió tây ít được tăng cường), dẫn đến sự phát triển của xoáy nghịch ở mực thấp trên biển Philippines. Cùng theo đó hạn chế đối lưu trên Biển Đông và biển Philippines, điều kiện môi trường ít thuận lợi hơn cho bão hoạt động, do đó ít bão vào Biển Đông và giảm ACE. Quá trình là ngược lại trong năm JSSTG dưới mức trung bình và giải thích mối tương quan nghịch giữa JSSTG và ACE trên Biển Đông. Khó có thể quy cho bất kỳ tương tác nhân quả nào giữa SST và APSJ hay cung cấp về cơ chế vật lý nào làm cơ sở cho sự phát triển của xoáy như trong hình 3.14. Tuy nhiên, tương quan chặt chẽ giữa JSSTG, APSJ với ACE đề xuất rằng JSST có thể ảnh hưởng gián tiếp đến hoạt động của bão trên Biển Đông.

3.3 Tiểu kết về chương 3

Mặc dù biến trình năm và hàng năm của ACE là tương đồng nhất định với số cơn bão, nhưng vẫn có sự khác nhau. Trên ô lưới $2,5^0$ kinh vĩ, ở khu vực bờ biển từ khoảng 20^0N trở lên phía Bắc có số lượng bão và ACE cao nhất trong dải ven biển nước ta. Xu thế tuyến của bão và ACE giảm trong giai đoạn 1982-2012 và tăng trong hai thập kỷ gần đây từ 1999-2018.

Trong năm JSST âm và APSJ mạnh hơn, chuẩn sai gió phát triển xoáy thuận mực thấp, xoáy nghịch mực cao, chuyển động thẳng đứng mạnh hơn và xoáy tương đối nhiều hơn, thuận lợi cho bão hoạt động ở Biển Đông và biển Philippines, do đó tăng ACE trên Biển Đông. Điều này, APSJ được xem là cầu nối của JSST với bão trên Biển Đông liên quan đến kiểu P-J đã được chứng minh. Quá trình ngược lại đối với JSST dương và APSJ yếu hơn.

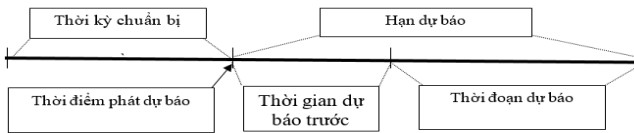
Chương 4. KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG SST Ở VÙNG BIỂN PHÍA PHÍA ĐÔNG NAM NHẬT BẢN VÀ CƯỜNG ĐỘ DÒNG XIẾT CẬN NHIỆT ĐỐI ĐỂ DỰ BÁO NĂNG LƯỢNG BÃO TÍCH LŨY TRÊN BIỂN ĐÔNG

4.1 Đặt bài toán

Phương trình thống kê dự báo ACE sẽ được xây dựng dựa trên NTDB

là các sản phẩm dự báo lại của mô hình động lực toàn cầu CFSv2 thực hiện trong các tháng 2-6 cho các yếu tố khí hậu từ tháng 5-12 hàng năm. Trong dự báo nghiệp vụ sẽ sử dụng các sản phẩm dự báo thực tế của CFSv2 cùng các thời kỳ như sản phẩm dự báo lại.

Trong dự báo khí hậu mối quan hệ giữa thời đoạn dự báo, dự báo trước và thời kỳ chuẩn bị số liệu dự báo liên quan theo sơ đồ được thể hiện trong hình 4.1: (1) Thời đoạn dự báo là thời kỳ dự báo có hiệu lực; (2) Thời trễ dự báo (dự báo trước) là khoảng thời gian từ thời điểm phát tin dự báo tới thời điểm dự báo bắt đầu có hiệu lực. Dự báo hạn dài dựa trên tất cả nguồn số liệu tính đến thời điểm bắt đầu thời đoạn dự báo, thời trễ bằng 0; (3) Hạn dự báo là tổng thời đoạn dự báo và thời trễ dự báo.



(Nguồn Hoàng Đức Cường và ctv, 2013) [5]

Hình 4. 1. Biểu đồ về thời gian trong bài toán dự báo hạn mùa

Trên cơ sở các công trình nghiên cứu dự báo bão hạn mùa, luận án đặt bài toán cho thử nghiệm dự báo ACE như sau:

Về đối tượng dự báo: Từ tháng 5 đến 12 có thể xem là mùa bão trên Biển Đông và ACE có xu hướng cao về cuối mùa bão trên Biển Đông nên sẽ xây dựng phương trình dự báo cho các ĐTDB là tổng ACE từ tháng 5-12 (ACE1) và cập nhật dự báo tổng ACE từ tháng 8-12 (ACE2).

Về nhân tố dự báo: Như đã trình bày ở chương 3, mối tương quan cao giữa ACE với SST vùng phía Đông Nam Nhật Bản và cường độ APSJ. Do vậy, luận án sẽ ứng dụng hai đặc điểm này từ sản phẩm của CFSv2 thực hiện trong tháng 2-6, thời kỳ 1982-2010 để làm đầu vào cho việc xây dựng phương trình dự báo ACE1 và ACE2, cụ thể về NTDB:

- Nhân tố dự báo là 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 4.5);

- Nhân tố dự báo là JSSTG: Chênh lệch giữa JSST và SST vùng bề mặt trung tâm TBTBD (0-15°N, 125°E-155°E) (chênh lệch giữa SST trung bình trong hình chữ nhật màu cam và đen dẫn ra ở hình 4.5);

- NTDB 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° - 45°N, 90 - 115°E) (hình chữ nhật màu đen trong hình 4.7).

Bởi vì ACE có mối tương quan cao với NTDB dự báo trong mùa hè như đã dẫn ra trong chương 3. Do đó NTDB trung bình tháng 6-8 được sử dụng cho dự báo ACE1 và trung bình tháng 8-12 cho dự báo ACE2.

Trên cơ sở số liệu của CFSv2 và một số khái niệm dự báo khí hậu được dẫn ra trong hình 4.1, các khái niệm liên quan đến dự báo hạn mùa về ACE1 và ACE2 được mô tả chi tiết và dẫn ra trong hình 4.2 và 4.3.

a) Đối với dự báo ACE1 (Hình 4.2) (NTDB là JSST, JSSTG và U200mb được CFSv2 dự báo trong tháng 6 đến 8)

Khi CFSv2 thực hiện dự báo trong tháng 2: (1) Thời kỳ chuẩn bị dự báo ACE1 khoảng một tháng rưỡi (gọi là 1 tháng) bao gồm 1 tháng để CFSv2 thực hiện dự báo tháng 2, cộng với thời gian khoảng 10-15 ngày để xử lý số liệu; (2) Thời điểm dự kiến phát hành tin (TĐPT) dự báo ACE1 vào khoảng từ ngày 10-15 tháng 3; (3) Đối tượng dự báo ACE1 từ tháng 5 đến 12, do đó dự báo ACE1 sẽ có hiệu lực từ đầu tháng 5 và kết thúc cuối tháng 12 (thời đoạn dự báo sẽ là 8 tháng); (4) Từ TĐPT dự báo trong giữa tháng 3 đến thời điểm dự báo bắt đầu có hiệu lực (đầu tháng 5) khoảng một tháng rưỡi hay thời gian dự báo trước khoảng 2 tháng; và (5) Thời đoạn dự báo 8 tháng và dự báo trước khoảng 2 tháng, do đó hạn dự báo khoảng 10 tháng.

Tương tự, khi CFSv2 thực hiện trong tháng 3: Thời kỳ chuẩn bị khoảng 1 tháng; TĐPT vào khoảng ngày 10-15 tháng 4; thời đoạn dự báo là 8 tháng; thời trễ dự báo là 1 tháng; hạn dự báo khoảng 9 tháng. Khi CFSv2 thực hiện trong tháng 4: Thời kỳ chuẩn bị khoảng 1 tháng; TĐPT vào khoảng từ ngày 10-15 tháng 5; thời đoạn dự báo là 8 tháng; thời trễ dự báo bằng không; hạn

dự báo là 8 tháng. Cuối cùng, khi CFSv2 thực hiện trong tháng 5: Thời kỳ chuẩn bị 1 tháng; TĐPT vào ngày 10-15 tháng 6; thời đoạn dự báo là 8 tháng; thời trễ dự báo bằng không; hạn dự báo khoảng 8 tháng.

a) Đối với dự báo ACE2 (Hình 4.3) (NTDB là JSST, JSSTG và U200mb được CFSv2 dự báo trong tháng 8 đến 12)

Khi CFSv2 thực hiện dự báo nghiệp vụ trong tháng 5: (1) Thời kỳ chuẩn bị dự báo ACE2 khoảng một tháng rưỡi (gọi là 1 tháng) bao gồm 1 tháng để CFSv2 thực hiện dự báo, cộng với khoảng 10-15 ngày để xử lý số liệu; (2) Do đó, TĐPT dự báo vào khoảng từ ngày 10-15 tháng 6; (3) Đối tượng dự báo ACE2 từ tháng 8-12 do đó dự báo ACE2 sẽ có hiệu lực từ đầu tháng 8 và kết thúc cuối tháng 12 (thời đoạn dự báo là 5 tháng); (4) Từ TĐPT dự báo ACE2 trong giữa tháng 5 đến khi dự báo bắt đầu có hiệu lực (đầu tháng 8) khoảng một tháng rưỡi (dự báo trước khoảng 2 tháng); (5) Thời đoạn dự báo khoảng 5 tháng và thời gian dự báo trước khoảng 2 tháng, do đó hạn dự báo ACE2 khoảng 7 tháng. Tương tự, khi CFSv2 thực hiện trong tháng 6: Thời kỳ chuẩn bị dự báo khoảng 1 tháng; TĐPT dự báo ACE2 vào khoảng từ ngày 10 đến 15 tháng 7; thời đoạn dự báo là 5 tháng; thời gian dự báo trước khoảng 1 tháng; hạn dự báo ACE2 khoảng 6 tháng.

4.2. Quan hệ giữa SST, U200mb được CFSv2 dự báo với quan trắc, ACE

4.1.1 Quan hệ giữa SST được CFSv2 dự báo với quan trắc và ACE

Kỹ năng dự báo SST của CFSv2 khá cao ở vùng phía Đông Nam Nhật Bản và bề ảm trung tâm TBTBD (vùng xác định NTDB) với hệ số tương quan khoảng 0.4-0.6 tại thời điểm CFSv2 thực hiện dự báo tháng 3 và cao hơn khoảng 0.7-0.8 trong tháng 6. Nhìn chung, kỹ năng dự báo SST cao hơn khi của CFSv2 thực hiện dự báo gần với mùa bão trên Biển Đông. Mỗi tương quan âm giữa ACE trên Biển Đông với SST của CFSv2 dự báo trên cả ba vùng ISST, SSST và JSST nhưng JSST thể hiện tương quan cao hơn. Đồng thời, tương quan dương tại vùng bề ảm trung tâm TBTBD.

4.1.2 Quan hệ giữa U200mb được CFSv2 dự báo với quan trắc và ACE

Tại thời điểm gần với mùa bão trên Biển Đông, dự báo gió vĩ hướng mực 200mb của CFSv2 trên khu vực Đông Á có kỹ năng cao hơn. Trị số của JSST được CFSv2 dự báo thấp hơn so với quan trắc khoảng từ 1-2⁰C, trong khi đó U200 cao hơn phổ biến từ 2-4m/s. Tại các thời điểm CFSv2 thực hiện dự báo càng gần mùa bão, mức độ sai số của NTDB so với quan trắc càng nhỏ. Mỗi tương quan đồng thời của NTDB trung bình trong mùa hè giữa quan trắc với 24 dự báo riêng biệt thấp hơn so với trung bình của 24 dự báo. Điều này cho thấy để dự báo ACE, trung bình 24 dự báo có thể hiệu quả hơn so với 24 dự báo đơn lẻ như đã thể hiện của một số tác giả.

4.3. Thiết lập phương trình dự báo ACE trên Biển Đông

Phương trình dự báo ACE1 và ACE2 trên Biển Đông được xây dựng dựa trên cả hai hồi quy tuyến tính đơn và đa biến từ số liệu dự báo lại thời kỳ 1982-2010 (số liệu phụ thuộc) và đánh giá chất lượng của phương trình dựa trên kiểm nghiệm Fisher với $\alpha=5\%$. NTDB được sử dụng để xây dựng phương trình dự báo ACE1, ACE2 là JSST, JSSTG và U200 trung bình 24 dự báo thành phần của CFSv2 trong tháng 6-8 và tháng 8-12. Các phương trình đạt kiểm nghiệm Fisher với $\alpha=5\%$ sẽ được chọn để đánh giá sai bằng số liệu độc lập thời kỳ 2013-2018 và chỉ tiêu AE, MAE, RMSE, MSSS.

4.3.1 Thiết lập phương trình dự báo ACE1

Dựa trên NTDB là JSST, JSSTG và U200 từ số liệu phụ thuộc thời kỳ 1982-2010, luận án đã thiết lập 12 phương trình với một NTDB, 12 phương trình hai NTDB và 4 phương trình ba NTDB để dự báo ACE1 tại TĐPT trong tháng 3, 4, 5 và 6. Tuy nhiên, trong tổng số 28 phương trình chỉ có 20 phương trình đạt tiêu chuẩn kiểm nghiệm Fisher. Cụ thể, hai phương trình tại TĐPT dự báo ACE1 trong tháng 3, năm phương trình trong tháng 4, sáu phương trình trong tháng 5 và bảy phương trình trong tháng 6.

4.3.2 Thiết lập phương trình dự báo ACE2

Dựa trên NTDB là JSST, JSSTG và U200 từ số liệu phụ thuộc thời kỳ 1982-2010, nghiên cứu đã thiết lập 6 phương trình với một NTDB, 6 phương

trình hai NTDB và 2 phương trình ba NTDB để dự báo ACE1 tại các thời điểm phát tin trong tháng 5 và 6. Tuy nhiên, trong tổng số 14 phương trình chỉ có 6 phương trình đạt tiêu chuẩn kiểm nghiệm Fisher.

4.4 Sai số dự báo ACE trên Biển Đông

4.4.1 Sai số dự báo ACE1

Kết quả đánh giá cho thấy xu thế diễn biến của hầu hết các phương trình dự báo ACE1 là khá tương tự nhau có dao động cao (thấp) tương đối đồng pha với quan trắc và sai số của các phương trình lệch nhau không nhiều.

4.4.2 Sai số dự báo ACE2

Kết quả đánh giá cho thấy xu thế diễn biến của hầu hết các phương trình dự báo ACE2 cũng khá tương tự nhau có dao động cao (thấp) tương đối đồng pha với quan trắc và sai số của các phương trình lệch nhau không nhiều.

4.5 Khả năng áp dụng nghiệp vụ dự báo ACE trên Biển Đông

Để đánh giá tính khả thi áp dụng các phương trình dự báo, đặc trưng RMSE (mục 4.4) và tỉ lệ dự báo đúng ACE trên Biển Đông được sử dụng để so sánh với dự báo nghiệp vụ thực tế về ACE trên khu vực Đại Tây Dương, TBTBD của một số Cơ quan trên thế giới (TSR, CSU, NOAA). (1) Kết quả cho thấy sai số RMSE về dự báo ACE trên khu vực TBTBD khoảng 30-35% (% so với trị số trung bình), trên khu vực Đại Tây Dương cao hơn khoảng 60-65%. Sai số RMSE trong sáu năm độc lập của dự báo ACE1 trên Biển Đông phổ biến khoảng 28-33% và ACE2 khoảng 35-38%. (2) Kết quả dự báo đúng ACE trên khu vực Đại Tây Dương khoảng 61-80% và TBTBD khoảng 61-82%. Tỉ lệ dự báo đúng dao động phổ biến từ 67-83% cho dự báo ACE1 và 50-83% cho ACE2. Như vậy, sai số RMSE và kết quả dự báo đúng theo hai pha của ACE1 và ACE2 trên Biển Đông ít có sự khác biệt so với TSR, CSU, NOAA. Đồng thời, diễn biến ACE1 và ACE2 cũng khá tương đồng giữa dự báo và quan trắc. Điều này cho thấy, các phương trình dự báo ACE1 và ACE2 có thể thử nghiệm áp dụng trong nghiệp vụ.

4.6 Tiểu kết về chương 4

Các phương trình đạt tiêu chuẩn kiểm nghiệm Fisher được đánh giá sai số dựa trên số liệu độc lập thời kỳ 2013-2018. Kết quả đánh giá cho thấy xu thế diễn biến của hầu hết các phương trình dự báo ACE1 và ACE2 là khá tương tự nhau có dao động tương đối đồng pha với quan trắc và sai số của các phương trình lệch nhau không nhiều. Nhìn chung, có thể sử dụng các phương trình này để dự báo ACE1, ACE2 trên Biển Đông trước 1-2 tháng

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

1) Đặc điểm diễn biến của năng lượng bão

- Thời gian tập trung năng lượng bão trên Biển Đông có sự tương đồng so với khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương vào tháng 7 đến tháng 11 nhưng thời gian tập trung cao điểm muộn hơn khoảng 1 tháng.

- Trị số ACE trung bình nhiều năm khoảng $76.9 \times 10^3 \text{m}^2\text{s}^{-2}$, năm cao khoảng $140-160 \times 10^3 \text{m}^2\text{s}^{-2}$, năm thấp khoảng $15-20 \times 10^3 \text{m}^2\text{s}^{-2}$, độ lệch tiêu chuẩn và biến suất là $32 \times 10^3 \text{m}^2\text{s}^{-2}$ và 42%. Từ khoảng 16°N trở ra phía Bắc có ACE khá cao khoảng $0,02$ đến $0,07 \times 10^3 \text{m}^2\text{s}^{-2}$ nhưng từ vĩ tuyến 16°N vào Nam ACE thấp hơn khoảng $0,01 \times 10^3 \text{m}^2\text{s}^{-2}$.

- Xu thế tuyến tính của ACE nhìn chung giảm trong giai đoạn từ 1982-2018 và tăng trong hai thập kỷ gần đây từ 1999-2018 nhưng không đạt mức độ tin cậy thống kê 95% theo kiểm nghiệm Student.

- Sự biến động của bão Biển Đông giai đoạn 1982-2018 có mối tương quan với SST ở Ấn Độ Dương, ở Tây Nam Thái Bình Dương và phía Đông Nam Nhật Bản, trong đó với SST ở biển phía Đông Nam Nhật Bản là mối tương quan nghịch chặt chẽ. Cụ thể khi SST ở biển phía Đông Nam Nhật Bản ấm hơn tương ứng với ACE ở Biển Đông thấp hơn và ngược lại.

- Kết quả phân tích thành phần chính cho thấy tồn tại mối quan hệ thống kê chặt chẽ giữa ACE với PC2 đặc trưng cho cường độ APSJ; Cường độ APSJ cao hơn tương ứng với JSST lạnh hơn sẽ tăng cường chuyển động thẳng đứng trên quy mô lớn và xoáy thuận mực thấp trên Biển Đông và phía

đông biển Philippines, điều này thuận lợi cho sự bão hình thành và di chuyển vào Biển Đông dẫn đến sự gia tăng tổng thể ACE.

2) Ứng dụng JSSTG, JSST và U200mb dự báo ACE trên Biển Đông

- Kết quả khảo sát mối quan hệ tương quan giữa SST ở biển phía Đông Nam Nhật Bản và gió vĩ hướng mực 200 mb khu vực cận nhiệt Đông Á (liên quan đến APSJ) dựa trên số liệu dự báo lại của CFSv2 cho thấy khả năng ứng dụng cho xây dựng phương trình thử nghiệm dự báo ACE.

- Đã xây dựng được 26 phương trình dự báo ACE1 và ACE2 trên Biển Đông đạt tiêu chuẩn kiểm nghiệm Fisher. Cụ thể, đối với dự báo ACE1 là hai phương trình tại thời điểm phát tin trong tháng 3, năm phương trình trong tháng 4, sáu phương trình trong tháng 5 và bảy phương trình trong tháng 6. Đối với dự báo ACE 2 là ba phương trình tại thời điểm phát tin dự báo ACE2 trong tháng 6 và ba phương trình trong tháng 7. Trên cơ sở so sánh sai số dự báo ACE1 và ACE2 từ số liệu độc lập với dự báo nghiệp vụ thực tế cho thấy có thể sử dụng 26 phương trình này để dự báo trước 1-2 tháng.

3) Khả năng sử dụng ACE

Có thể dựa trên thông tin chuẩn sai nhiệt độ mặt nước biển ở phía Đông Nam Nhật Bản và APSJ để nhận định xu thế bão trong mùa bão thời gian tới. Cụ thể, ACE thể hiện “hoạt động tổng thể” cho mùa bão và thường chỉ thị mùa bão với nhiều cơn bão có cường độ cao, hoặc thời gian kéo dài. Do đó kết quả dự báo ACE của mùa bão hàng năm phản ánh xu thế chung về hoạt động tiềm tàng của mùa bão và là thông tin bổ sung về số lượng bão và NCB trong nhận định xu thế mùa bão.

2. Kiến nghị

Nghiên cứu ACE ở Việt Nam là vấn đề hoàn toàn mới, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn ứng dụng. Vì vậy, vấn đề này cần được đầu tư nghiên cứu tổng thể hơn, sâu rộng hơn nhằm nâng cao hiểu biết về năng lượng bão và ứng dụng trong thực tiễn dự báo mùa bão.

**CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ
CÓ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN**

- 1) Duong Hoang Trinh, Hoang Duc Cuong, Duong Van Kham, Kieu Chanh (2020), "Remote Control of Sea Surface Temperature on the Variability of Tropical Cyclone Activity Affecting Vietnam's Coastline", *Journal of Applied Meteorology and Climatology (JAMC)*, *American Meteorology Society (AMS)*. Volume 60: Issue 3. Page(s): 323–339.
- 2) Trịnh Hoàng Dương, Hoàng Đức Cường, Dương Văn Khảm, Kieu Quoc Chanh (2020), "Khả năng dự báo hạn mùa chỉ số năng lượng bão tích lũy trên Biển Đông dựa trên phương pháp kết hợp thống kê-động lực và sản phẩm dự báo của CFSv2". *Tạp chí KTTV*, Số 714, tr 50-61.
- 3) Trịnh Hoàng Dương, Hoàng Đức Cường, Dương Văn Khảm (2018), "Phương pháp đánh giá năng lượng bão dựa trên các chỉ số năng lượng", *Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu*, Số 6, tr 9-16.
- 4) Trịnh Hoàng Dương, Hoàng Đức Cường, Dương Văn Khảm (2020), "Đặc điểm của bão và chỉ số năng lượng bão trên Biển Đông", *Hội thảo khoa học quốc gia lần thứ XXII*, Viện Khoa học KTTV và BDKH.
- 5) Trịnh Hoàng Dương, Hoàng Đức Cường, Dương Văn Khảm, (2015), "Phương pháp đánh giá năng lượng mùa bão dựa trên chỉ số động năng", *Tuyển tập Báo cáo Hội thảo khoa học Quốc gia về KTTV, MT và BDKH lần thứ XVIII*, NXBTNMT, Tập 1, ISBN: 978-604-904-467-7, tr 86-92