

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

---

**NGUYỄN THỊ THANH**

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ MẶT NƯỚC BIỂN  
ĐẾN QUỸ ĐẠO, CƯỜNG ĐỘ BÃO TRÊN BIỂN ĐÔNG**

Ngành: Khí tượng và khí hậu học

Mã số: 9440222

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

**Hà Nội, 2020**

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. **TS. Kiều Quốc Chánh**

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án sẽ 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 và Biến đổi khí hậu

**DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ  
LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN**

1. Nguyen Thi Thanh, Hoang Duc Cuong, Nguyen Xuan Hien, Chanh Kieu (2019), *Relationship between Sea Surface Temperature and the Maximum Intensity of Tropical Cyclones Affecting Vietnam's Coastline*. International Journal of Climatology, DOI:10.1002/joc.6348.
2. Nguyen Thi Thanh, Nguyen Xuan Hien Hoang Duc Cuong (2019), *Impact of satellite observed sst on intensity and track simulation of tropical cyclone over Vietnam east sea: a case study of typhoon nalgae (2011)*. Journal of Climate Change Science, Viet Nam Institute of Meteorology Hydrology and Climate Change, No. 9, p.90-97.
3. Nguyễn Thị Thanh, Nguyễn Xuân Hiền, Hoàng Đức Cường, Dư Đức Tiến (2017), *Nghiên cứu cập nhật nhiệt độ mặt nước biển từ số liệu vệ tinh trong mô phỏng cường độ và quỹ đạo bão trên khu vực Biển Đông bằng mô hình WRF*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, số 676, tr.47-55.

## MỞ ĐẦU

### 1. Đặt vấn đề

Bão là thiên tai gây thiệt hại nặng nề về kinh tế, môi trường và con người cho bất kỳ quốc gia nào bị ảnh hưởng. Ở nước ta, hàng năm trung bình có khoảng 10 -12 cơn bão và áp thấp nhiệt đới (ATNĐ) hoạt động trên khu vực Biển Đông, trong đó, khoảng 5 - 6 cơn bão và áp thấp nhiệt đới đổ bộ vào đất liền. Hoạt động và tiến triển của bão ở Biển Đông thường tuân theo các quy luật nhất định, tuy nhiên, một số cơn bão có quỹ đạo và cường độ tương đối phức tạp do tác động của nhiều nhân tố nhiệt lực và động lực khác nhau. Hiểu biết về các nhân tố ảnh hưởng đến cường độ, quỹ đạo bão sẽ góp phần nâng cao nhận thức cơ chế và quy luật hoạt động của bão, từ đó góp phần nâng cao chất lượng dự báo bão và quản lý rủi ro thiên tai do bão gây ra.

Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ mặt nước biển (SST) đến cường độ và quỹ đạo bão trên khu vực Biển Đông sẽ cho phép đánh giá được mối quan hệ khí hậu giữa SST và cường độ bão cực đại cũng như xem xét được cụ thể hơn vai trò của SST trong các bài toán mô phỏng, dự báo cường độ và quỹ đạo bão.

### 2. Mục tiêu nghiên cứu

- Đánh giá được mối quan hệ khí hậu giữa SST và cường độ bão cực đại trên khu vực Biển Đông.

- Đánh giá được ảnh hưởng của SST đến cường độ và quỹ đạo bão trên khu vực biển Đông bằng mô hình số trị.

### 3. Đối tượng, phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu

- Mối quan hệ thống kê khí hậu giữa SST và cường độ bão cực đại trên khu vực Biển Đông.

- Ảnh hưởng của SST đến mô phỏng cường độ và quỹ đạo bão trên khu vực Biển Đông bằng mô hình số trị.

Phạm vi nghiên cứu

- Cường độ bão và SST trên khu vực Biển Đông giới hạn bởi kinh, vĩ độ 105°E - 120°E và 5°N - 23°N.

- SST, cường độ, quỹ đạo bão và một số yếu tố khí tượng phản ánh hoàn lưu bão trên khu vực Biển Đông giới hạn bởi kinh, vĩ độ 100°E - 120°E và 5°N - 25°N.

#### **4. Câu hỏi nghiên cứu và luận điểm bảo vệ của luận án**

##### 4.1. Câu hỏi nghiên cứu

(1) Có tồn tại mối quan hệ giữa SST và cường độ bão cực đại khí hậu trên khu vực Biển Đông không? Mối quan hệ này biểu hiện như thế nào và có gì khác biệt khi so sánh với các vùng biển khác trên thế giới? Định lượng mối quan hệ đó như thế nào?

(2) Làm thế nào để biểu diễn được thay đổi trường SST trong bão bằng mô hình số trị? Sự thay đổi trường SST đó ảnh hưởng như thế nào đến kết quả mô phỏng cường độ và quỹ đạo bão?

##### 4.2. Giới hạn nghiên cứu

1) Nghiên cứu về mối quan hệ giữa SST và cường độ bão cực đại khí hậu trên khu vực Biển Đông chỉ xét đến mối quan hệ phụ thuộc của cường độ bão cực đại khí hậu vào SST, không xem xét mối quan hệ theo hướng ngược lại. Đồng thời, nghiên cứu này không xét đến đóng góp của các yếu tố khác.

(2) Trường SST trong mỗi trường hợp mô phỏng bão bằng mô hình số trị được giả thuyết là trường SST tốt nhất, sai số mô phỏng SST không tính đến trong nghiên cứu này. Do đó, sự khác biệt giữa SST ban đầu và SST mô phỏng là nguyên nhân dẫn đến sự khác biệt về cường độ, quỹ đạo bão. Do các điều kiện về khí quyển trong các trường hợp mô phỏng được giữ không đổi, ngoại trừ số liệu SST ở điều kiện biên dưới của khí quyển nên sự khác biệt trong mô phỏng cường độ và quỹ đạo bão được giả thuyết là bắt nguồn từ sự khác biệt của SST.

#### 4.3. Luận điểm bảo vệ của luận án

Luận điểm 1: SST là một trong những nhân tố quan trọng ảnh hưởng cường độ tối đa mà một cơn bão có thể đạt được trong điều kiện môi trường cụ thể. Mối quan hệ giữa SST và cường độ bão cực đại trên các khu vực biển là tương đối khác nhau.

Luận điểm 2: Tương tác đại dương và bão làm giảm SST ở vùng tâm bão. SST giảm ở vùng tâm bão ảnh hưởng đến thông lượng nhiệt, ẩm, do đó, ảnh hưởng đến cường độ và quỹ đạo bão. Mô phỏng được thay đổi trường SST trong tương tác đại dương - bão sẽ tăng khả năng mô phỏng bão, đặc biệt là cường độ bão.

### 5. Phương pháp nghiên cứu

Để trả lời các câu hỏi nghiên cứu, Luận án sử dụng các phương pháp nghiên cứu sau:

1) Phương pháp phân tích tương quan dựa trên hàm phân bố thực nghiệm có phân nhóm trị số đại lượng được sử dụng để nghiên cứu định lượng mối quan hệ giữa SST và cường độ bão cực đại trên khu vực Biển Đông.

2) Phương pháp số trị được sử dụng để nghiên cứu ảnh hưởng của SST đến mô phỏng cường độ và quỹ đạo bão, cụ thể, luận án sử dụng mô hình Dự báo và Nghiên cứu thời tiết (WRF) để mô phỏng các cơn bão trong quá khứ với các trường hợp khác nhau: (1) Mô phỏng bão bằng mô hình WRF; (2) Mô phỏng bão bằng mô hình WRF kết hợp với mô hình lớp xáo trộn đại dương (OML); (3) Mô phỏng bão bằng mô hình WRF kết hợp với mô hình đại dương 3 chiều Price - Weller – Pinkel (3DPWP); (4) mô phỏng bão bằng mô hình WRF có cập nhật trường SST từ số liệu vệ tinh vào điều kiện ban đầu và điều kiện biên.

### 6. Đóng góp mới của Luận án

- Luận án đã xây dựng thành công hàm biểu diễn mối quan hệ khí hậu giữa SST và cường độ bão cực đại cho khu vực Biển Đông.

- Luận án đã đánh giá được mức độ ảnh hưởng của SST đến cường độ và quỹ đạo bão trên khu vực Biển Đông được mô phỏng bởi mô hình số trị.

## **7. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn**

### **7.1. Ý nghĩa khoa học**

Kết quả nghiên cứu của luận án cung cấp luận cứ, cơ sở khoa học về mối liên hệ chặt chẽ giữa SST và cường độ bão cực đại trên khu vực Biển Đông; về mức độ ảnh hưởng của SST đến mô phỏng cường độ và quỹ đạo bão ở khu vực Biển Đông.

### **7.2. Ý nghĩa thực tiễn**

Hàm biểu diễn mối quan hệ giữa SST và cường độ bão cực đại giúp nhận định tốt hơn giới hạn về cường độ bão tối đa mà các cơn bão có thể đạt được trên khu vực Biển Đông khi biết SST, góp phần nâng cao khả năng dự báo cường độ bão trên khu vực Biển Đông.

Nghiên cứu cung cấp thêm cách tiếp cận mới trong mô phỏng quá trình tương tác đại dương – bão, phục vụ công tác dự báo bão ở nước ta.

## **8. Bố cục của Luận án**

Ngoài phần mở đầu, kết luận và kiến nghị, nội dung của Luận án gồm bốn chương sau:

**Chương 1:** Tổng quan các nghiên cứu về ảnh hưởng của nhiệt độ mặt nước biển đến cường độ và quỹ đạo bão.

**Chương 2:** Số liệu và phương pháp nghiên cứu.

**Chương 3:** Kết quả nghiên cứu mối quan hệ giữa nhiệt độ mặt nước biển và cường độ bão cực đại trên khu vực Biển Đông.

**Chương 4:** Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ mặt nước biển đến mô phỏng cường độ và quỹ đạo bão trên khu vực Biển Đông bằng mô hình số trị.

# CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU VỀ ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ MẶT NƯỚC BIỂN ĐẾN CƯỜNG ĐỘ VÀ QUỸ ĐẠO BÃO

## 1.1. Mối quan hệ giữa nhiệt độ mặt nước biển và cường độ bão cực đại

Những nghiên cứu về lý thuyết và những tính toán thống kê khí hậu đã khẳng định SST là một trong những nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến cường độ bão, đặc biệt là cường độ tối đa mà một cơn bão có thể đạt được trong điều kiện môi trường cụ thể. Tuy nhiên, các tính toán trên các tập số liệu thống kê giữa bão và SST trên các khu vực biển cho thấy mối quan hệ giữa cường độ bão cực đại ( $V_{\max}$ ) và SST ở mỗi vùng biển cụ thể tương đối khác nhau (DeMaria và Kaplan, 1994; Whitney và Hobgood, 1997; Zeng và ctv, 2007). Mặc dù SST không phải là nhân tố duy nhất ảnh hưởng đến  $V_{\max}$  nhưng mức độ ảnh hưởng của SST đến  $V_{\max}$  là tương đối mạnh mẽ. Do đó, việc biểu diễn đúng sự phụ thuộc của cường độ bão cực đại vào SST đòi hỏi có những nghiên cứu cụ thể cho từng khu vực.

## 1.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ mặt nước biển đến mô phỏng cường độ và quỹ đạo bão bằng mô hình số trị

Những nghiên cứu về mô hình số trị mô phỏng bão cho thấy sự thay đổi SST ảnh hưởng đáng kể đến cường độ bão (Ooyama, 1969; Chang, 1979; Zhu và Zhang, 2006; Ren và Perrie, 2006; Chang và Madala, 1980). Đặc biệt, quá trình tương tác đại dương - khí quyển làm giảm SST ở vùng tâm bão quanh thông qua cơ chế xáo trộn và nước trời. SST giảm ở vùng tâm bão làm giảm đáng kể cường độ bão do giảm dòng thông lượng nhiệt, ẩm đi lên khí quyển (Srinivas và ctv, 2016; Wu và ctv, 2015). Mô phỏng bão bằng kết hợp song song giữa mô hình lớp xáo trộn đại dương và mô hình khí quyển hoặc giữa mô hình hải dương đầy đủ và mô hình khí quyển có tác động tích cực đến mô phỏng cường độ bão do mô phỏng được quá trình hồi tiếp âm của đại dương lên bão. Các nghiên cứu cập nhật trường SST để có được trường ban đầu và điều kiện biên chính xác hơn đã cải thiện đáng kể mô phỏng cường

độ bão, tuy nhiên không cải thiện đáng kể mô phỏng quỹ đạo bão (Vishal và ctv, 2006, 2011; Seroka và ctv, 2016; Rai và ctv, 2018). Chưa có nhiều những nghiên cứu về ảnh hưởng của SST đến cường độ và quỹ đạo bão bằng mô hình số trị trên khu vực Biển Đông.

### **1.3. Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ mặt nước biển đến cường độ và quỹ đạo bão trên khu vực Biển Đông**

Bão hoạt động trên khu vực Biển Đông có những đặc điểm tương đối khác so với bão hoạt động trên toàn bộ khu vực Tây Thái Bình Dương. Đặc biệt, cường độ bão trên khu vực Biển Đông thường yếu hơn so với bão trên khu vực Tây Thái Bình Dương do trên 60% bão hoạt động trên khu vực này có nguồn gốc từ ngoài khơi Tây Bắc Thái Bình Dương, khi đi qua quần đảo Philippin, đã bị suy yếu một phần.

Mặc dù có nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước về hoạt động của bão trên khu vực Biển Đông, tuy nhiên, các nghiên cứu về mối quan hệ giữa SST và bão trên khu vực Biển Đông mới chỉ được nghiên cứu trên tập số liệu thám sát, không đủ dài (Lê Đình Quang, 1987, 1997, 2000; Trần Duy Bình, 1991, 1993) hoặc nghiên cứu thông qua mối quan hệ giữa ENSO và bão (Đình Văn Ưu và ctv, 2006; Nguyễn Đức Ngữ, 2002; Vũ Thanh Hằng và ctv, 2010; Đình Bá Duy và ctv, 2016b). Một số nghiên cứu kết nối mô hình hải dương và khí quyển để mô phỏng bão trên khu vực Biển Đông đã được thực hiện (Trần Tân Tiến, 2010; Hoàng Đức Cường, 2014), tuy nhiên, nghiên cứu về ảnh hưởng của SST đến cường độ và quỹ đạo bão chưa được quan tâm đúng mức.

#### **Tiểu kết Chương 1**

Tổng quan các nghiên cứu trong và ngoài nước đã cho thấy mối quan hệ mạnh mẽ giữa SST và cường độ bão cực đại và sự thay đổi SST ảnh hưởng đáng kể đến cường độ bão được mô phỏng bởi mô hình số trị. Nghiên cứu mối quan hệ giữa SST và  $V_{max}$  trên khu vực Biển Đông và ảnh hưởng của SST giảm do bão đến mô phỏng cường độ và quỹ đạo bão hoạt động trên

Biển Đông là cần thiết nhằm nâng cao hiểu biết về quy luật hoạt động của bão trên khu vực Biển Đông.

## **CHƯƠNG 2: SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **2.1. Phương pháp nghiên cứu**

#### ***2.1.1. Phương pháp nghiên cứu mối quan hệ của nhiệt độ mặt nước biển và cường độ cực đại của bão hoạt động trên khu vực Biển Đông***

Để nghiên cứu mối quan hệ giữa SST và  $V_{\max}$  trên khu vực Biển Đông, Luận án sử dụng phương pháp phân tích tương quan tương tự với DeMaria và Kaplan (1994) và Whitney và Hobgood (1997) dựa trên hàm phân bố thực nghiệm có phân nhóm trị số đại lượng. Các bước tiến hành phân tích mối liên hệ giữa SST và  $V_{\max}$  như sau:

Bước 1: Tính toán SST trung bình theo khu vực tương ứng tại mỗi vị trí tâm bão.

Ứng với mỗi vị trí tâm bão cách nhau khoảng thời gian 6 giờ trong miền giới hạn giới hạn bởi kinh, vĩ độ  $[105^{\circ}-120^{\circ}\text{E}]\times[5-23^{\circ}\text{N}]$  trong giai đoạn 1982 -2016, xác định một hình vuông có kích thước  $10^{\circ} \times 10^{\circ}$  kinh, vĩ với tâm là vị trí tâm bão để tính trung bình SST.

Bước 2: Phân nhóm SST và xác định  $V_{\max}$  tương ứng với mỗi nhóm SST

Lập bảng thống kê hai chuỗi số liệu SST và tốc độ gió cực đại khu vực gần tâm bão từ năm 1982 đến 2016. Xác định dải giá trị SST tương ứng với mức độ tập trung của bão, từ đó, phân nhóm SST và xây dựng đường phân bố  $V_{\max}$ , các đường phân vị 99<sup>th</sup>, 95<sup>th</sup>, 90<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup> theo các nhóm SST.

Bước 3: Xây dựng hàm thực nghiệm phù hợp thể hiện mối quan hệ giữa SST và  $V_{\max}$ .

Xác định giá trị giới hạn của SST để xây dựng hàm thực nghiệm giữa SST và  $V_{\max}$ . Xây dựng hàm tương quan thực nghiệm biểu diễn sự phụ thuộc của  $V_{\max}$  vào SST. Kiểm nghiệm hàm tương quan thực nghiệm đã xây dựng.

Bước 4: Tính toán xu thế biến thiên của SST và cường độ bão cực đại theo từng năm ( $V_{\max y}$ )

Tính toán xu thế biến thiên của SST, xu thế biến thiên của  $V_{\max y}$  và xác định mối liên hệ giữa chúng.

### ***2.1.2. Phương pháp nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ mặt nước biển đến cường độ và quỹ đạo bão trên khu vực Biển Đông bằng mô hình số trị***

Nghiên cứu ảnh hưởng của SST đến cường độ và quỹ đạo bão trên Biển Đông được thực hiện với 4 trường hợp thử nghiệm: 1) Mô phỏng bão bằng mô hình WRF với trường SST được lấy từ số liệu phân tích GFS-ANL có độ phân giải không gian  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$  kinh vĩ và được giữ không đổi trong suốt 72 h mô phỏng (CONTROL); 2) Mô phỏng bão bằng mô hình WRF kết hợp với mô hình xáo trộn một chiều OML (1DOCEAN); 3) Mô phỏng bão bằng mô hình WRF kết hợp với mô hình đại dương đầy đủ ba chiều 3DPWP (3DOCEAN); 4) Mô phỏng bão bằng mô hình WRF với trường SST cập nhật 6h một lần nội suy từ số liệu vệ tinh trung bình ngày RSS SST có độ phân giải không gian  $9 \times 9$  km (UPDATESST). Tất cả các tham số khí quyển, điều kiện ban đầu và điều kiện biên khác được thiết lập như nhau cho cả bốn trường hợp mô phỏng.

## **2.2. Số liệu được sử dụng nghiên cứu**

### ***2.2.1. Các số liệu được sử dụng trong nghiên cứu mối quan hệ của nhiệt độ mặt nước biển và cường độ cực đại của bão hoạt động trên khu vực Biển Đông***

#### **2.2.1.1. Số liệu về bão**

Số liệu về bão bao gồm kinh vĩ độ tại tâm bão, vận tốc gió cực đại tại khu vực gần tâm bão được khai thác từ nguồn dữ liệu quỹ đạo bão chuẩn (Best Track) của Trung tâm Cảnh báo Bão Mỹ (JTWC).

#### **2.2.1.2. Số liệu nhiệt độ mặt nước biển tái phân tích**

Số liệu SST được sử dụng trong nghiên cứu mối quan hệ giữa SST và cường độ bão cực đại trên khu vực Biển Đông là số liệu SST nội suy tối ưu (OISST) trung bình tuần với độ phân giải không gian là  $1^\circ \times 1^\circ$  kinh, vĩ (Phiên bản 2, Reynolds và ctv, 2002) được cung cấp bởi Phòng nghiên cứu vật lý thuộc NOAA, Mỹ.

Ngoài ra, bộ số liệu tái phân tích NCEP/NCAR SST của Trung tâm Quốc gia về dự báo môi trường của (NCEP)/Trung tâm Quốc gia về nghiên cứu khí quyển (NCAR) với độ phân giải không gian  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$  kinh vĩ, tần suất thời gian 6 h được sử dụng để bổ sung và kiểm chứng với các phân tích từ bộ số liệu OISST.

### ***2.2.2. Các số liệu được sử dụng trong nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ mặt nước biển đến mô phỏng cường độ và quỹ đạo bão trên khu vực Biển Đông bằng mô hình số trị***

#### **2.2.2.1. Nguồn số liệu GFS**

Các trường ban đầu và điều kiện biên cho mô hình WRF là số liệu phân tích của mô hình GFS (GFS-ANL) do NCEP cung cấp. Số liệu GFS-ANL có độ phân giải ngang  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$  kinh vĩ, các số liệu cách nhau 6 h.

#### **2.2.2.2. Số liệu nhiệt độ mặt nước biển từ vệ tinh**

Số liệu SST trong nghiên cứu cập nhật SST trong mô hình WRF mô phỏng cường độ và quỹ đạo bão là số liệu vệ tinh được cung cấp bởi Hệ thống viễn thám RSS (Remote Sensing Systems) của Tổ chức nghiên cứu khoa học về vệ tinh viễn thám ở Bắc California, Mỹ. SST RSS là số liệu trung bình ngày gần thời gian thực được nội suy tối ưu dữ liệu vệ tinh từ sensor vi sóng (TMI, AMSR-E, AMSR2, WindSat) và sensor hồng ngoại (MODIS) với độ phân giải không gian tương đối cao là  $9 \text{ km} \times 9 \text{ km}$ . Số liệu SST RSS đã được đánh giá kiểm chứng là đáng tin cậy và có thể được sử dụng để cập nhật SST trong mô hình WRF.

### 2.3. Phương pháp đánh giá, kiểm nghiệm kết quả

Để kiểm nghiệm phương trình hồi quy phi tuyến (hàm logarit cơ số tự nhiên), trước hết, cần chuyển đổi hàm đó về hàm tuyến tính và áp dụng phương pháp kiểm nghiệm khả năng dùng được của phương trình hồi quy tuyến tính một biến dựa theo phân bố Fisher.

Sai số vị trí trung bình (MPE) được lựa chọn để đánh giá sai số mô phỏng quỹ đạo bão bằng mô hình WRF. MPE đặc trưng cho mức độ sai lệch trung bình về mặt không gian giữa vị trí tâm bão mô phỏng và vị trí tâm bão quan trắc. Để đánh giá sai số cường độ bão mô phỏng, luận án sử dụng sai số trung bình tuyệt đối (MAE). MAE xác định độ lớn trung bình mức độ chênh lệch của tốc độ gió cực đại vùng gần tâm bão theo mô phỏng và theo giá trị thực tế.

#### Tiểu kết Chương 2

Để nghiên cứu ảnh hưởng của SST đến cường độ, quỹ đạo của bão trên Biển Đông, luận án đã lựa chọn hai cách tiếp cận như sau:

1) Sử dụng phương pháp phân tích tương quan dựa trên hàm phân bố thực nghiệm có phân nhóm trị số đại lượng tương tự như DeMaria và Kaplan (1994) và Whitney và Hobgood (1997) để nghiên cứu mối quan hệ phụ thuộc của cường độ bão cực đại vào SST trên khu vực Biển Đông trong giai đoạn từ 1981 -2016.

2) Sử dụng mô hình WRF mô phỏng lại 17 cơn bão hoạt động trên khu vực Biển Đông trong giai đoạn 2011 – 2018 với bốn các trường hợp: CONTROL, 1DOCEAN, 3DOCEAN và UPDATESST.

Nhằm phục vụ đánh giá ảnh hưởng của SST đến cường độ, quỹ đạo bão trên Biển Đông, nghiên cứu đã lựa chọn và sử dụng các loại số liệu: (1) Số liệu SST sử dụng từ ba nguồn số liệu khác nhau (SST RSS, OISST và NCEP/NCAR SST); (2) Dữ liệu về bão được khai thác từ JTWC, Mỹ; (3) Các trường ban đầu và điều kiện biên cho mô hình WRF được sử dụng là số liệu phân tích GFS-ANL của mô hình GFS.

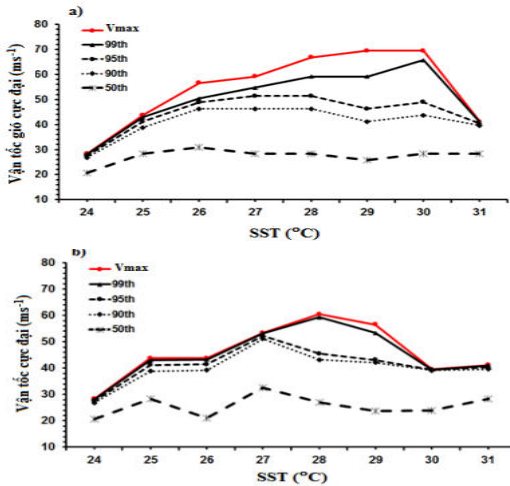
## CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU MỐI QUAN HỆ GIỮA NHIỆT ĐỘ MẶT NƯỚC BIỂN VÀ CƯỜNG ĐỘ BÃO CỰC ĐẠI TRÊN KHU VỰC BIỂN ĐÔNG

### 3.1. Cường độ bão cực đại khí hậu trên khu vực Biển Đông

Dựa vào đặc điểm phân bố vận tốc cực đại vùng gần tâm bão trên khu vực Biển Đông theo SST, số liệu SST được chia thành 8 nhóm với mỗi nhóm cách nhau  $1^{\circ}\text{C}$  để tính  $V_{\max}$  và các phân vị theo mỗi nhóm SST từ  $24$  đến  $31^{\circ}\text{C}$ . Theo hình 3.2 cho thấy  $V_{\max}$  tăng khi SST tăng, phù hợp với sự phụ thuộc của MPI vào SST. Mối quan hệ này còn đúng với các phân vị thứ  $99^{\text{th}}$ ,  $95^{\text{th}}$ ,  $90^{\text{th}}$  và  $50^{\text{th}}$  khi SST trong khoảng  $24-27^{\circ}\text{C}$  đối với cả trường hợp bao gồm hay không bao gồm tốc độ dịch chuyển của bão. Không giống như cường độ bão cực đại khí hậu ở khu vực Bắc Đại Tây Dương có giá trị tương đối lớn từ  $45-75 \text{ ms}^{-1}$  đối với SST trong khoảng  $24-28^{\circ}\text{C}$  (DeMaria và Kaplan, 1994),  $V_{\max}$  trong khu vực Biển Đông có giá trị nhỏ hơn từ  $29-68 \text{ ms}^{-1}$  đối với cùng khoảng giá trị SST. So sánh thống kê ở khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương, khoảng giá trị  $V_{\max}$  trong khu vực Biển Đông cũng thấp hơn nhiều so với khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương (Zeng và ctv, 2007). Điều này là do phần lớn các cơn bão hình thành ở ngoài khơi Tây Bắc Thái Bình Dương yếu đi khi vượt qua quần đảo Philippin vào khu vực Biển Đông và có thể chúng không lấy lại được hoàn toàn sức mạnh khi hoạt động trên khu vực Biển Đông.

Đối với  $\text{SST} > 28^{\circ}\text{C}$ , đường cong  $V_{\max}$  và phân vị thứ  $99^{\text{th}}$  tăng tương đối chậm, trong khi các đường cong phân vị khác điều thể hiện giảm khi SST tăng. Đây là điều khác biệt giữa  $V_{\max}$  và MPI vì theo lý thuyết MPI luôn tăng với SST tăng. Đặc biệt,  $V_{\max}$  có dấu hiệu giảm khi SST tăng với  $\text{SST} > 30^{\circ}\text{C}$ , tương tự như ở khu vực Bắc Đại Tây Dương (DeMaria và Kaplan, 1994) và ở khu vực Tây Thái Bình Dương (Zeng và ctv, 2007). Việc giảm  $V_{\max}$  theo SST ở giới hạn âm nhất của SST có thể do tính chất không biểu thị được của

dữ liệu bão đối với các giá trị SST > 30°C do ít điểm dữ liệu hoặc cũng có thể do thời gian bão lưu lại ngắn.



Hình 3.2. (a) Phân bố cường độ bão cực đại ( $\text{ms}^{-1}$ ) và các phân vị thứ 99<sup>th</sup>, 95<sup>th</sup>, 90<sup>th</sup> và 50<sup>th</sup> theo các nhóm SST với mỗi nhóm cách nhau 1°C; (b) tương tự như (a) nhưng cường độ bão được đi trừ tốc độ dịch chuyển của bão.

### 3.2. Ngưỡng nhiệt độ mặt nước biển cực tiểu để bão phát triển trên khu vực Biển Đông

Từ góc độ lý thuyết, bão được kỳ vọng là có thể phát triển ở bất kỳ giá trị SST nào miễn là SST có giá trị lớn hơn nhiệt độ lớp không khí dòng thổi ra tại tầng đối lưu trên, do đó, khoảng SST từ 15-30°C nên được sử dụng để có thể so sánh tốt hơn với các nghiên cứu của DeMaria và Kaplan (1994), Zeng và ctv (2007). Tuy nhiên, theo số liệu thực tế trên khu vực Biển Đông, các điểm dữ liệu bão phân bố trong khoảng SST từ 24-30°C. Mặt khác, theo kết quả kiểm chứng sự tồn tại của giá trị SST cực tiểu cho bão phát triển bằng việc sử dụng mô hình mây CM1 cho thấy SST bằng 25°C là giá trị tối thiểu

nên được sử dụng cho các mối liên hệ giữa SST và  $V_{\max}$  trên vùng biển nhiệt đới (Kieu và Zhang, 2018).

Đối với các giá trị SST trên  $30^{\circ}\text{C}$  trên khu vực Biển Đông, do ít điểm dữ liệu nên luận án không xem xét mối quan hệ SST -  $V_{\max}$  trong khoảng giá trị này, tương tự như các nghiên cứu của Baik và Paek (1998) và Zeng và ctv (2007) trên khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương. Như vậy, tất cả các phân tích mối quan hệ giữa SST và  $V_{\max}$  trong phần tiếp theo sẽ được giới hạn trong phạm vi SST từ  $24\text{-}30^{\circ}\text{C}$ .

### **3.3. Xây dựng hàm thực nghiệm liên hệ giữa nhiệt độ mặt nước biển và cường độ bão cực đại trên khu vực Biển Đông**

Phân tích trên chuỗi số liệu SST và  $V_{\max}$  cho thấy hàm thực nghiệm liên hệ giữa SST và  $V_{\max}$  trên khu vực Biển Đông được đề xuất như sau:

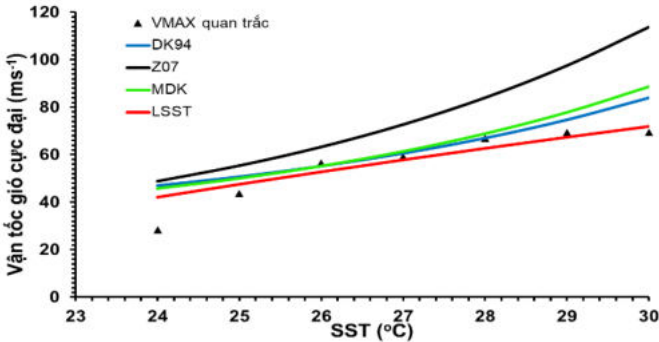
$$V_{\max} = A + B \ln(\text{SST} + T_r) \quad (3.1)$$

Trong đó, A và B là các hệ số được xác định từ phân bố SST và bão thực tế và lần lượt có giá trị  $-426,8$  và  $148,2$ ;  $T_r$  là nhiệt độ tham chiếu. Do nghiên cứu này chỉ tập trung vào nhân tố SST và được tính theo đơn vị độ C nên  $T_r$  đơn giản được chọn là bằng 0. Việc lựa chọn nhiệt độ tham chiếu này không làm thay đổi tính chất của phương trình (3.1), ngoại trừ việc tạo ra các đường cong có độ dốc khác nhau.

Kết quả kiểm nghiệm sự phù hợp của phương trình (3.1) bằng kiểm nghiệm Fisher (F) cho thấy hàm thực nghiệm liên hệ giữa  $V_{\max}$  và SST được cho bởi phương trình (3.1) với độ tin cậy 95% là phù hợp.

Để so sánh mối quan hệ giữa SST và  $V_{\max}$  được cho bởi phương trình (3.1) đối với khu vực Biển Đông với mối quan hệ SST và  $V_{\max}$  từ các nghiên cứu trước đây, bốn đường cong hồi quy được xây dựng cụ thể như sau: (1) Đường cong theo phương trình của DeMaria và Kaplan (1994) (ký hiệu: DK94); (2) Đường cong theo phương trình của Zeng và ctv (2007) (ký hiệu: Z07); (3) Đường cong dựa trên phương trình của DeMaria và Kaplan (1994) nhưng với các hệ số của phương trình (2.1) thay đổi phù hợp với mối liên hệ

SST và bão khu vực Biển Đông:  $A=24,8$ ;  $B=63,9$  và  $C=0,18$  (ký hiệu MDK); và (4) Đường cong biểu diễn phương trình logarit tự nhiên như phương trình (3.1) (ký hiệu LSST). Theo hình 3.5, đường cong logarit tự nhiên như phương trình (3.1) thể hiện tốt hơn mối quan hệ giữa SST và  $V_{\max}$  so với các đường còn lại.



Hình 3.5. So sánh các đường cong hàm thực nghiệm logarit tự nhiên liên hệ giữa SST và  $V_{\max}$  trên khu vực Biển Đông trong thời kỳ 1982 – 2016 với các đường cong khác (DK94; Z07; MDK) và  $V_{\max}$  quan trắc

### 3.3. Xu hướng biến thiên của cường độ bão cực đại trên khu vực Biển Đông

Kết quả phân tích xu thế biến thiên của cường độ bão cực đại năm ( $V_{\max y}$ ) và SST tương ứng với  $V_{\max y}$  trên khu vực Biển Đông cho thấy cả  $V_{\max y}$  và SST đều có xu thế tăng trong giai đoạn 1982 -2016, trong đó, xu thế tăng của  $V_{\max y}$  rõ ràng hơn so với xu thế tăng của SST. Mặc dù xu thế tăng của  $V_{\max y}$  và SST đều không có ý nghĩa thống kê, xu thế tăng của cường độ bão cực đại năm cho thấy sự phù hợp với xu thế tăng của cường độ bão mạnh do biến đổi khí hậu.

#### Tiểu kết chương 3

Nghiên cứu mối liên hệ SST và  $V_{\max}$  trên khu vực Biển Đông đã được thực hiện dựa trên các tập số liệu 35 năm (1981 -2016) về bão và SST. Kết

qua nghiên cứu cho thấy phân bố SST liên quan đến hoạt động bão trên khu vực Biển Đông biến thiên hẹp hơn (24-30°C) hơn khi so sánh khoảng biến thiên (15 -30°C) với các khu vực Bắc Đại Tây Dương (DeMaria và Kaplan 1994), hoặc lưu vực Tây Bắc Thái Bình Dương (Zeng và ctv, 2007). Sự phụ thuộc của  $V_{max}$  vào SST là một logarit tự nhiên trong khoảng nhiệt độ 24-30°C. Sự phụ thuộc của  $V_{max}$  vào SST trên khu vực Biển Đông được tìm thấy là rõ rệt và không phụ thuộc vào độ phân giải thời gian của các nguồn số liệu SST. Kết quả này cho thấy giới hạn trên của cường độ bão trên khu vực Biển Đông có các đặc điểm khác so với ở Bắc Đại Tây Dương hoặc ở toàn bộ khu vực Tây Thái Bình Dương.

Nghiên cứu xu thế biến đổi của cường độ bão và SST trong giai đoạn 1982 -2016 cho thấy xu hướng tăng đối với cả SST và cường độ bão cực đại năm trong khu vực Biển Đông. Xu thế tăng của cường độ bão cực đại năm phù hợp với xu thế tăng của bão mạnh do biến đổi khí hậu.

#### **CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ MẶT NƯỚC BIỂN ĐẾN MÔ PHỎNG CƯỜNG ĐỘ VÀ QUỸ ĐẠO BÃO TRÊN KHU VỰC BIỂN ĐÔNG BẰNG MÔ HÌNH SỐ TRỊ**

Kết quả phân tích ở chương 3 cho thấy cường độ bão cực đại trên khu vực Biển Đông phụ thuộc vào SST. Do đó, dự báo tốt được SST, giúp ta nhận định được tốt hơn giới hạn về cường độ bão tối đa mà các cơn bão có thể đạt được trên khu vực Biển Đông. Mô phỏng sự thay đổi của trường SST do tương tác đại dương - bão là cần thiết nhằm dự báo trường SST tốt hơn. Ngoài ra, một khía cạnh cần được nghiên cứu kỹ là sự thay đổi của trường SST do tương tác đại dương - khí quyển ảnh hưởng như thế nào đến mô phỏng cường độ, quỹ đạo bão. Để nghiên cứu, đánh giá thay đổi trường SST do bão và ảnh hưởng của thay đổi đó đến cường độ và quỹ đạo bão trên khu vực Biển Đông, Luận án chia 17 cơn bão thử nghiệm thành 2 nhóm dựa trên cường độ bão cực đại của từng cơn bão đạt được trong suốt thời gian bão

hoạt động trên khu vực Biển Đông, cụ thể: nhóm 1 bao gồm các cơn bão có cường độ bão cực đại trên khu vực Biển Đông nhỏ hơn hoặc bằng  $41,4 \text{ ms}^{-1}$  tương đương bão có gió từ cấp 8 đến cấp 13; nhóm 2 bao gồm các cơn bão có cường độ bão cực đại trên khu vực Biển Đông lớn hơn  $41,4 \text{ ms}^{-1}$  tương đương bão có gió trên cấp 13.

#### **4.1. Trường nhiệt độ mặt nước biển**

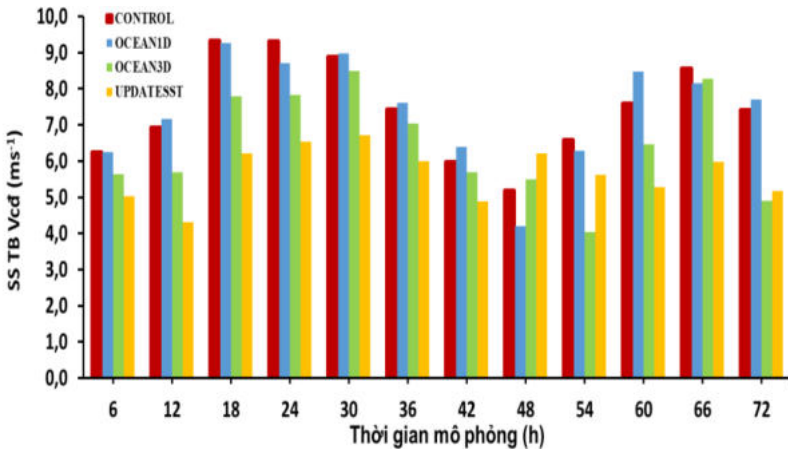
Kết quả mô phỏng trường SST cho 4 trường hợp thử nghiệm của 17 cơn bão cho thấy việc kết hợp giữa WRF - OML, WRF - 3DPWP và cập nhật trường SST RSS biểu diễn được quá trình SST giảm do bão. Quy mô và biên độ giảm của SST trong trường hợp 1DOCEAN nhỏ hơn so với 3DOCEAN cho thấy SST giảm do quá trình xáo trộn trong bão nhỏ hơn so với quá trình nước trời do bão. Nhận định này là tương đối phù hợp với kết quả nghiên cứu của Wu và ctv (2015) khi mô phỏng cơn bão Megi (2010) trên khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương.

#### **4.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ mặt nước biển đến mô phỏng cường độ và quỹ đạo bão nhóm 1**

##### **4.2.1 Cơn bão Bebinca (2018)**

Kết quả mô phỏng cơn bão Bebinca (2018) cho thấy vận tốc gió cực đại vùng gần tâm bão (Vcđ) ở trường hợp 1DOCEAN không có nhiều sự khác biệt so với CONTROL. Mô phỏng Vcđ giữa 3DOCEAN, UPDATESST có xu thế thấp hơn đáng kể khi so sánh với CONTROL. Đặc biệt, chênh lệch trung bình giữa UPDATESST và CONTROL có thể đến  $-12 \text{ ms}^{-1}$ . Kết quả mô phỏng cho thấy dường như có sự tương ứng giữa mức độ giảm Vcđ và mức độ giảm SST ở vùng tâm bão ở các trường hợp 1DOCEAN, 3DOCEAN và UPDATESST khi so sánh với CONTROL.

Theo hình 4.11, không có sự khác biệt đáng kể về sai số trung bình tuyệt đối của  $V_{cd}$  giữa trường hợp 1DOCEAN và CONTROL. Cả 2 trường hợp này đều cho sai số trung bình tuyệt đối của  $V_{cd}$  tương đối lớn, dao động từ 6-9  $\text{ms}^{-1}$  (đối với CONTROL) và 4-9  $\text{ms}^{-1}$  (đối với 1DOCEAN). Hai trường hợp 3DOCEAN và UPDATESST cho sai số trung bình tuyệt đối của  $V_{cd}$  nhỏ hơn so với trường hợp CONTROL, đặc biệt, trường hợp UPDATESST sai số trung bình giảm còn 4-7  $\text{ms}^{-1}$ .



Hình 4.11 Sai số trung bình tuyệt đối của  $V_{cd}$  trong bão Bebinca so với JTWC trong bốn trường hợp mô phỏng

Mô phỏng thông lượng ẩn nhiệt và hiển nhiệt cho thấy trường hợp 3DOCEAN và UPDATESST đều giảm đáng kể so với CONTROL ở khu vực phía trái quỹ đạo bão. Giảm dòng thông lượng ẩn nhiệt và hiển nhiệt, dẫn đến giảm quy mô phát triển của bão và cường độ bão ở các trường hợp 3DOCEAN và UPDATESST khi so sánh với trường hợp CONTROL.

Mô phỏng đường đi của bão Bebinca trong cả 4 trường hợp đều lệch phải so với đường đi thực tế của bão theo JTWC, ngoại trừ trường hợp 3DOCEAN cho đường đi của bão lệch trái khi tiến sát vào bờ. Sai số trung bình khoảng cách trong trường hợp 3DOCEAN, UPDATESST lớn hơn đáng

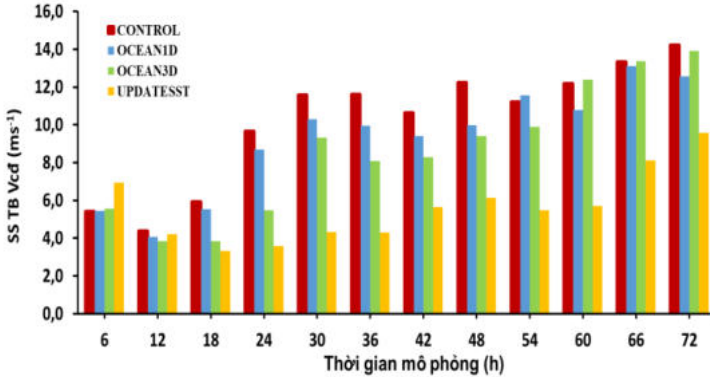
kê so với CONTROL. Đặc biệt, UPDATESST cho sai số trung bình khoảng cách lớn nhất trong 4 trường hợp, với sai số có thể lên đến 214,9 km. Sai số trung bình khoảng cách của cả 4 trường hợp đều tương đối lớn ở các hạn từ 24 đến 42 giờ, tương ứng với các thời điểm bão được mô phỏng đi vào đất liền Trung Quốc, trước khi vòng ra vịnh Bắc Bộ.

#### **4.2.2. Con bão Sarika (2016)**

Tương tự như cơn bão Bebinca, mô phỏng cường độ bão Sarika được trong trường hợp 1DOCEAN không có sự khác biệt đáng kể so với CONTROL. Trong khi đó, cường độ bão ở 3DOCEAN và UPDATESST có xu thế nhỏ hơn nhiều so với CONTROL.

Kết quả mô phỏng cơn bão Sarika (2016) cho thấy cả 3 trường hợp 1DOCEAN, 3DOCEAN, UPDATESST đều cho sai số trung bình tuyệt đối của vận tốc gió cực đại nhỏ hơn so với trường hợp CONTROL sau 12 giờ mô phỏng, đặc biệt sai số trung bình tuyệt đối của V<sub>ed</sub> ở UPDATESST giảm đáng kể so với CONTROL (hình 4.21). Điều này cho thấy cập nhật trường SST có độ phân giải cao nhằm cung cấp điều kiện biên dưới chính xác hơn cho mô hình WRF làm giảm đáng kể sai số mô phỏng cường độ bão bằng mô hình số trị so với trường hợp không cập nhật SST. Nhận định này tương đối phù hợp với kết quả nghiên cứu của Rai và ctv (2018).

Mô phỏng quỹ đạo bão của cơn bão Sarika cho thấy sai số trung bình khoảng cách trong trường hợp 1DOCEAN không có sự khác biệt đáng kể so với CONTROL, giá trị sai số tương đối nhỏ, cao nhất chỉ khoảng 60 km. Sai số trung bình khoảng cách trong trường hợp UPDATESST tương đối nhỏ ở những hạn dự báo trước 42 giờ, tuy nhiên, sau 42 giờ mô phỏng, sai số trung bình khoảng cách trong trường hợp UPDATESST tương đối cao, giá trị sai số lớn nhất đạt 160 km ở hạn dự báo 72 giờ.



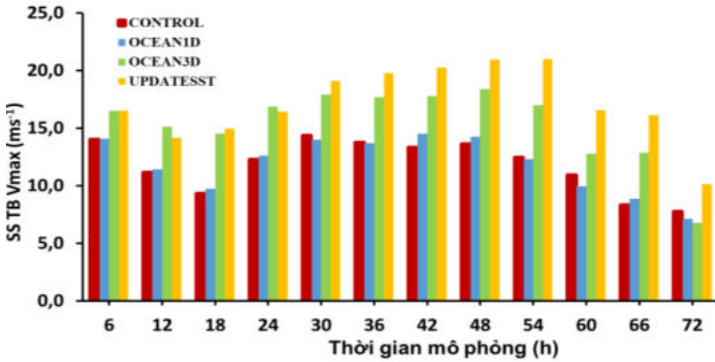
Hình 4.21. Sai số trung bình tuyệt đối của Vcd trong bão Sarika so với JTWC trong bốn trường hợp mô phỏng

### 4.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ mặt nước biển đến mô phỏng cường độ và quỹ đạo bão nhóm 2

Khác với hai cơn bão Bebinca và Sakira, mô phỏng cường độ của bão Rammasun (2014) trong cả bốn trường hợp đều có xu hướng thấp hơn so với thực tế. Trong đó, mô phỏng Vcd trong trường hợp 3DOCEAN và UPDATESST tương đối thấp thấp so với CONTROL, chênh lệch có thể lên đến  $-11 \text{ ms}^{-1}$  (đối với 3DOCEAN) và  $-17 \text{ ms}^{-1}$  (đối với UPDATESST).

Sai số mô phỏng Vcd ở trường hợp 1DOCEAN và CONTROL tương tự nhau. Cả 2 trường hợp này đều cho sai số trung bình tuyệt đối của Vcd tương đối lớn, xấp xỉ  $13 \text{ ms}^{-1}$ . Hai trường hợp 3DOCEAN và UPDATESST cho sai số mô phỏng Vcd lớn hơn nhiều so với trường hợp CONTROL (hình 4.31). Theo các nghiên cứu trước đây (Du và ctv, 2013; Osuri và ctv), mô phỏng Vcd bằng mô hình WRF có xu hướng thấp hơn so với thực tế đối với những cơn bão có cường độ rất mạnh như cơn bão Rammasun. Do đó, việc thêm ảnh hưởng tương tác đại dương – khí quyển vào mô hình WRF làm SST giảm tại vùng tâm bão, dẫn đến giảm cường độ bão hay nói cách khác làm gia tăng sai số cường độ bão khi so sánh với trường hợp CONTROL.

Nhận định tương tự được tìm thấy trong nghiên cứu bão trên khu vực Tây Thái Bình Dương của Feng và ctv (2019).

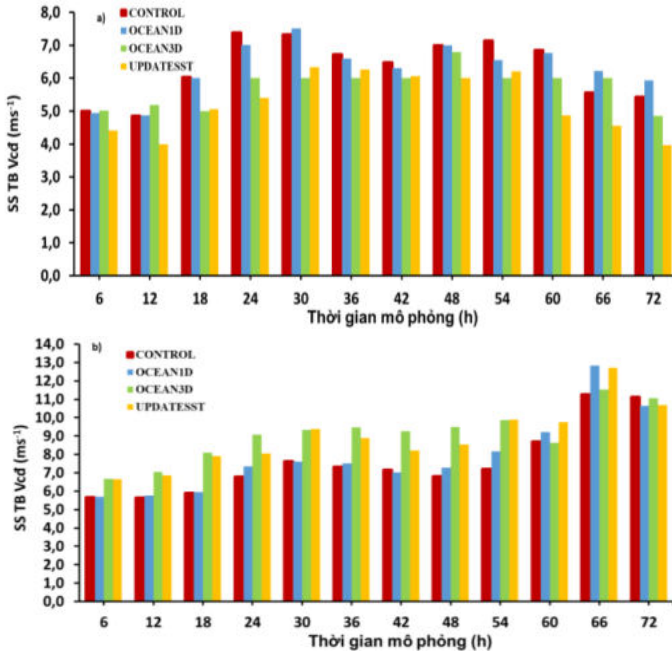


Hình 4.31. Sai số trung bình tuyệt đối Vcd trong bão Rammasun so với JTWC trong bốn trường hợp

#### 4.4. Đánh giá ảnh hưởng của SST đến cường độ và quỹ đạo bão đối với 17 cơn bão hoạt động trên khu vực Biển Đông giai đoạn 2011 – 2018

Đánh giá ảnh hưởng của trường SST đến cường độ bão đối với 2 nhóm bão cho thấy sai số trung bình tuyệt đối của Vcd trong 4 trường hợp đối với bão nhóm 1 là nhỏ hơn so với nhóm bão 2. Trong cả hai nhóm bão, sai số trung bình tuyệt đối của Vcd trong trường hợp 1DOCEAN không có sự khác biệt nhiều so với CONTROL. Đối với 3DOCEAN và UPDATESST, sai số trung bình tuyệt đối của Vcd ở nhóm 1 giảm so với CONTROL. Đặc biệt, trường hợp UPDATESST cho cải thiện tốt nhất sai số trung bình tuyệt đối của Vcd. Đối với bão nhóm 2, sai số trung bình tuyệt đối của Vcd ở 3DOCEAN và UPDATESST có xu thế lớn hơn so với trường hợp CONTROL (hình 4.38). Như vậy, việc thêm hiệu ứng tương tác đại dương - khí quyển vào mô hình WRF làm SST giảm ở vùng tâm bão, dẫn đến giảm cường độ bão, kết quả dẫn đến giảm sai số trung bình tuyệt đối của Vcd ở nhóm 1 nhưng gia tăng sai số trung bình tuyệt đối của Vcd ở nhóm 2 khi so sánh với CONTROL. Mặc dù, với kết quả thử nghiệm của một vài cơn bão

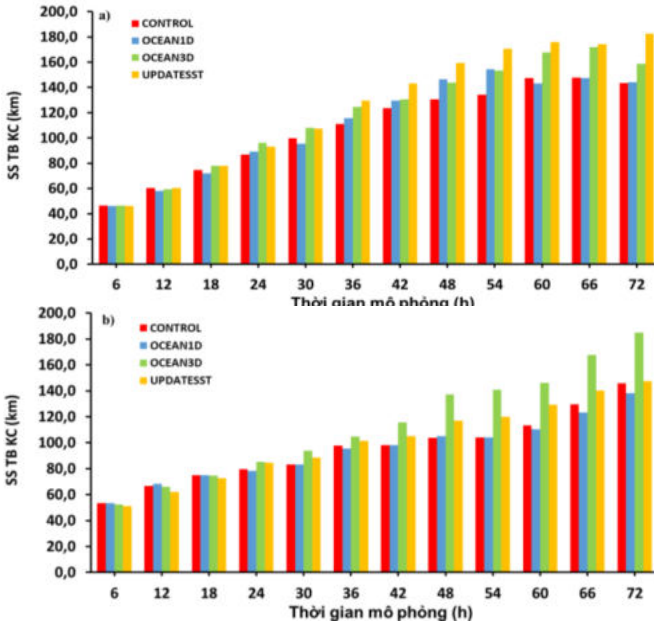
chưa đủ để đánh giá tác động của trường SST đến cường độ bão, tuy nhiên nhận định trên đưa đến lưu ý trong xem xét tính hiệu quả của kết nối mô hình đại dương - khí quyển và cập nhật trường SST để dự báo cường độ ở những cơn bão có cường độ rất mạnh và siêu bão (bão có gió đạt trên cấp 13).



Hình 4.38. Sai số trung bình tuyệt đối của Vcd so với JTWC trong bốn trường hợp mô phỏng đối với a) nhóm bão 1; b) nhóm bão 2

Hình 4.39 cho thấy sai số khoảng cách trung bình ở cả hai nhóm bão trong trường hợp 1DOCEAN tương tự như CONTROL. Sai số khoảng cách trung bình ở 3DOCEAN và UPDATESST tương đối lớn so với CONTROL, đặc biệt ở hạn dự báo từ 42 h trở đi. Sai số khoảng cách lớn nhất có thể lên đến 180 km ở hạn dự báo 72 giờ đối với trường hợp UPDATESST (với bão nhóm 1) và 3DOCEAN (với bão nhóm 2). Mặc dù, sai số khoảng cách ở hai trường hợp này là tương đối lớn khi so sánh với CONTROL, tuy nhiên, theo đánh giá của Dur Đức Tiến và ctv (2016), sai số này vẫn ở trong giới hạn cho

phép mô hình WRF (sai số khoảng cách của mô hình WRF là 280km ở hạn dự báo 72 giờ).



Hình 4.39. Sai số khoảng cách trung bình so với JTWC trong bốn trường hợp mô phỏng đối với a) nhóm bão 1; b) nhóm bão 2

#### Tiểu kết Chương 4

Nghiên cứu đã thực hiện 151 mô phỏng cho 17 cơn bão hoạt động trên khu vực Biển Đông trong giai đoạn 2011 -2018 với 4 trường hợp thử nghiệm. Kết quả nghiên cứu cho thấy sử dụng mô hình xáo trộn 1 chiều OML kết hợp với mô hình WRF mô phỏng được quá trình giảm SST ở vùng tâm bão, tuy nhiên, biên độ giảm SST là khá nhỏ, do đó, không tạo được sự khác biệt đáng kể về cường độ và quỹ đạo bão so với trường hợp không sử dụng mô hình OML. Sử dụng kết hợp mô hình WRF – 3DPWP hoặc cập nhật trường SST vào điều kiện ban đầu và điều kiện biên của mô hình WRF làm giảm đáng kể trường SST ở vùng tâm bão, dẫn đến giảm cường độ của bão mô phỏng so với trường hợp ban đầu. Khi tính đến hiệu ứng giảm SST ở tâm bão, sai

số dự báo cường độ bão có xu thế giảm đối với những cơn bão có gió cấp 8 đến cấp 13 và gia tăng đối với những cơn bão có gió trên cấp 13 khi so sánh với trường hợp không tính đến hiệu ứng giảm SST ở tâm bão. Điều này đưa đến một lưu ý trong xem xét tính hiệu quả của việc kết nối mô hình đại dương - khí quyển và cập nhật trường SST nhằm dự báo cường độ của những cơn bão rất mạnh và siêu bão. Đưa hiệu ứng tương tác đại dương - khí quyển vào mô hình WRF có tác động nhất định đến dự báo quỹ đạo bão, có thể làm lệch hướng của quỹ đạo hoặc làm bão di chuyển chậm hơn, dẫn đến tăng sai số khoảng cách khi so sánh với trường hợp ban đầu. Tuy nhiên, sai số này vẫn ở trong giới hạn cho phép mô hình WRF.

## **KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ**

### **1. Kết luận**

1) Kết quả nghiên cứu trên tập số liệu 35 năm (1981 -2016) về bão và SST cho thấy:

Phân bố SST liên quan đến hoạt động bão trên khu vực Biển Đông biến thiên hẹp hơn ( $24 -30^{\circ}\text{C}$ ) khi so sánh khoảng biến thiên ( $15 -30^{\circ}\text{C}$ ) tại các khu vực Bắc Đại Tây Dương và khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương. Sự phụ thuộc của cường độ bão cực đại vào SST là một logarit tự nhiên trong khoảng nhiệt độ  $24 -30^{\circ}\text{C}$ . Sự phụ thuộc của cường độ bão cực đại vào SST trên khu vực Biển Đông được chỉ ra là rõ rệt và không phụ thuộc vào độ phân giải thời gian của nguồn số liệu SST. Kết quả nghiên cứu cho thấy giới hạn trên của cường độ bão trên khu vực Biển Đông có các đặc điểm khác so với trên khu vực Bắc Đại Tây Dương hoặc trên toàn bộ khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương. Xây dựng hàm biểu diễn tương quan giữa SST và cường độ bão cực đại giúp nhận định tốt hơn giới hạn về cường độ bão tối đa mà các cơn bão có thể đạt được trên khu vực Biển Đông khi biết SST. Kết quả này góp phần nâng cao khả năng đánh giá về tính chất của cường độ bão trên khu vực Biển Đông trong các quá trình dự báo trong nghiệp vụ thực tế tại Việt Nam.

2) Kết quả mô phỏng 17 cơn bão hoạt động trên khu vực Biển Đông trong giai đoạn 2011 -2018 với 4 trường hợp thử nghiệm CONTROL, 1DOCEAN, 3DOCEAN và UPDATESST cho thấy:

Sử dụng mô hình xáo trộn 1 chiều OML kết hợp với mô hình WRF mô phỏng được quá trình giảm SST ở vùng tâm bão, tuy nhiên, biên độ giảm SST là khá nhỏ, do đó, không tạo được sự khác biệt đáng kể về cường độ và quỹ đạo bão so với trường hợp không sử dụng mô hình OML. Sử dụng kết hợp mô hình WRF – 3DPWP hoặc cập nhật trường SST vào điều kiện ban đầu và điều kiện biên của mô hình WRF làm giảm đáng kể trường SST ở vùng tâm bão, dẫn đến giảm cường độ của bão mô phỏng so với trường hợp ban đầu.

Khi tính đến hiệu ứng giảm SST ở tâm bão, sai số dự báo cường độ bão có xu thế giảm đối với những cơn bão có gió cấp 8 đến cấp 13 và gia tăng đối với những cơn bão có gió trên cấp 13 khi so sánh với trường hợp không tính đến hiệu ứng giảm SST ở tâm bão.

Đưa hiệu ứng tương tác đại dương - khí quyển vào mô hình WRF có tác động nhất định đến dự báo quỹ đạo bão, có thể làm lệch hướng của quỹ đạo hoặc làm bão di chuyển chậm hơn, dẫn đến tăng sai số khoảng cách khi so sánh với trường hợp ban đầu. Tuy nhiên, sai số này vẫn ở trong giới hạn cho phép mô hình WRF.

## **2. Kiến nghị**

Việc sử dụng điều kiện ban đầu của mô hình OML/3DPWP dựa trên số liệu trung bình khí hậu có thể dẫn đến sai số trong quá trình mô phỏng bão. Do đó, cần có những nghiên cứu tiếp theo nhằm sử dụng số liệu hải dương ba chiều phân tích/tái phân tích làm điều kiện ban đầu cho mô hình OML/3DPWP phục vụ mô phỏng bão.

Từ nhận định mô phỏng cường độ bão bằng mô hình WRF có xu thế yếu hơn so với thực tế ở những cơn bão có cường độ mạnh đưa đến định hướng nghiên cứu ban đầu hóa xoáy trong mô hình WRF - 3DPWP để mô phỏng bão có cường độ rất mạnh và cần được thực hiện trên tập dữ liệu bão dài hơn.