

## **Studies on the variability of upwelling system in the South Central Vietnam waters under the impact of ENSO events and its impact on hydrographic conditions of the Ninh Thuan-Binh Thuan waters**

**Tran Van Chung\* , Bui Hong Long**

*Institute of Oceanography, VAST, Vietnam*

\*Email: [tvanchung@gmail.com](mailto:tvanchung@gmail.com)

Received: 30 July 2019; Accepted: 6 October 2019

©2019 Vietnam Academy of Science and Technology (VAST)

### **Abstract**

In this paper, we have exploited and analyzed data from HYCOM + NCODA Global 1/12.5° Reanalysis database in the period of 20 years from 1993 to 2012 and from 2013–8/2016 for the data assimilation of the HYCOM + NCODA Global 1/12° Reanalysis - for 22 depth layers in the East Sea area. The research results show that there are changes in the upwelling phenomenon and hydrological structure in the Ninh Thuan - Binh Thuan waters under the influence of ENSO phenomenon as follows: La Niña can degrade and eliminate the upwelling phenomenon. In the waters of Ninh Thuan - Binh Thuan when upwelling phenomenon occurs, it often manifests itself in the rapid decline of seawater temperature and rapid increase in seawater salinity in the depth layer of 50–100 m. The research results also show that in the East Sea region in 2010, during the Southwest monsoon season (July 2010), the phenomenon of downwelling occurred quite strongly in the middle of the Hoang Sa archipelago and the west of the Philippines and expanded toward southeast part of Hainan island. The cause of this special dynamic phenomenon may be due to the influence of the wind regime (average wind stress in July 2010).

**Keywords:** NCEP - CFSR, ENSO, HYCOM, NCODA, hydrological characteristic, upwelling, South Central Vietnam waters, downwelling, East Sea.

## **Nghiên cứu sự biến đổi của hệ thống nước trời Nam Trung Bộ và cấu trúc thủy văn vùng biển Ninh Thuận-Bình Thuận dưới tác động của hiện tượng ENSO**

**Trần Văn Chung\***, **Bùi Hồng Long**

*Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Việt Nam*

\*Email: [tvanchung@gmail.com](mailto:tvanchung@gmail.com)

Nhận bài: 30-7-2019; Chấp nhận đăng: 6-10-2019

### **Tóm tắt**

Trong bài báo này chúng tôi đã khai thác và phân tích số liệu từ cơ sở dữ liệu HYCOM + NCODA Global 1/12,5° Reanalysis trong giai đoạn 20 năm từ 1993 đến 2012 và giai đoạn từ 2013–8/2016 cho số liệu đồng hóa “HYCOM + NCODA Global 1/12° Analysis” theo 22 lớp độ sâu cho khu vực Biển Đông. Các kết quả nghiên cứu cho thấy có sự thay đổi của hiện tượng nước trời mạnh và cấu trúc thủy văn khu vực Nam Trung Bộ (vùng biển Ninh Thuận - Bình Thuận) khi chịu ảnh hưởng của Hiện tượng ENSO, đó là: Khi xuất hiện hiện tượng La Niña thường làm suy giảm và có thể dẫn đến triệt tiêu hiện tượng nước trời. Trong vùng biển Ninh Thuận - Bình Thuận khi nước trời xuất hiện thường thể hiện ở sự suy giảm nhanh nhiệt độ và tăng nhanh độ mặn nước biển ở lớp độ sâu 50–100 m. Các kết quả nghiên cứu còn cho thấy trên khu vực Biển Đông vào năm 2010, trong mùa gió Tây Nam (7/2010) phát hiện hiện tượng nước chìm khá mạnh, xuất hiện tại khu vực giữa vùng biển quần đảo Hoàng Sa và phía tây Philippines và dịch chuyển về phía đông nam đảo Hải Nam. Về nguyên nhân của hiện tượng động lực khá đặc biệt này có thể là do ảnh hưởng của chế độ gió (xoáy ứng suất gió trung bình tháng 7/2010).

**Từ khóa:** NCEP - CFSR, ENSO, HYCOM, NCODA, đặc trưng thủy văn, nước trời, Nam Trung Bộ, nước chìm, Biển Đông.

### **MỞ ĐẦU**

El Niño - Southern Oscillation (ENSO) chỉ sự xuất hiện đồng thời của hai hiện tượng là El Niño, La Niña (EN) và dao động Nam (SO). Các hoàn lưu xoáy cỡ lớn (circulation gyres) và hiện tượng nước trời Nam Trung Bộ có sự suy giảm khi gió mùa yếu đi vào các thời kỳ El Niño [1, 2], ngoài ra chúng còn biến đổi theo từng mùa và thay đổi đáng kể của giữa các mùa. Các ảnh hưởng mạnh của El Niño lên dòng hải lưu Biển Đông cũng đã được mô tả trong công trình của Wang et al., [3]. Vào mùa hè (chịu ảnh hưởng chính của gió mùa Tây Nam) hệ thống hoàn lưu lưỡng cực có các thay

đổi cỡ thập niên [4] và thay đổi cỡ liên mùa [5]. Trong thời kỳ phát triển El Niño, phía tây Biển Đông xuất hiện hệ thống dòng lưỡng cực mùa hè [6], trong khi đó vào giai đoạn El Niño suy giảm, cấu trúc lưỡng cực gần như biến mất [2]. Sự thay đổi của trường nhiệt và hệ thống gió mùa đã ảnh hưởng đến các quá trình vật lý trong biển, mà cụ thể là các hệ thống dòng chảy lưỡng cực xuất hiện trong giai đoạn 1993–2005 có thể thể hiện qua yếu tố độ cao bề mặt biển mùa hè (trung bình từ tháng 7 đến tháng 9) (i) độ dị thường của nó qua giai đoạn El Niño phát triển (1994, 1997, 2002, 2004) và (ii) trong thời kỳ El Niño suy giảm (1995, 1998, 2003, 2005)

[7]. Với sự phát triển của công nghệ viễn thám, các nghiên cứu về hiện tượng nước trời đã có thêm nhiều cách tiếp cận mới. Hiện tượng nước trời Nam Trung Bộ đã được nghiên cứu khá tốt trong các nghiên cứu trước đó [8–10]. Sử dụng ảnh vệ tinh hồng ngoại nhiệt độ bề mặt của Cục Khí quyển và Đại dương Hoa Kỳ (NOAA) [8] đã quan sát thấy nước trời dọc ven biển phía nam Việt Nam và một dòng nước lạnh trải dài về phía đông khoảng  $12^{\circ}\text{N}$  từ bờ ra khơi. Trong công trình [2] đã chỉ ra rằng ảnh hưởng địa hình dưới tác động của chế độ gió Tây Nam đóng một vai trò quan trọng trong việc kích hoạt sự phát triển của dòng nước lạnh ngoài khơi, bằng cách gây ra nước trời ven biển và điều khiển chuyển động bình lưu về phía đông của dòng hải dương về phía xa bờ của khối nước lạnh. Một nghiên cứu gần đây của Xie et al., [10] tiếp tục chỉ ra tầm quan trọng của biến trình theo mùa của trường gió và đó là hệ quả của sự phát triển của dòng lạnh ngoài khơi. Kết quả đã chỉ ra rằng sự phát triển của chế độ gió và nước trời Nam Trung Bộ không phải là một quá trình mùa trung bình, ở nó bao gồm một số sự kiện trong mùa mỗi năm trong khoảng thời gian 45 ngày. Trong một sự kiện theo mùa điển hình, tốc độ của dòng gió tăng cường đến trên  $12\text{ m/s}$ . Sau khoảng một tuần, dòng nước lạnh sẽ chuyển động bởi một dòng về phía đông xa bờ của nam Việt Nam trên biên của một hệ thống dòng lưỡng cực trong khu vực. Các kết quả nghiên cứu về hiện tượng nước trời Nam Trung Bộ cho thấy vùng nước trời mạnh Nam Trung Bộ được hình thành và phát triển do: Các quá trình Ekman vận chuyển nước từ bờ ra khơi, quá trình phân ly của hệ thống dòng lưỡng cực và sự tồn tại các xoáy nghịch ngoài khơi Nam Trung Bộ. Các đặc điểm chung của nước trời Nam Trung Bộ đã được nghiên cứu tại [2, 8, 10]. Các công trình mới nhất [11] đã đề cập chi tiết về tác động của hiện tượng nước trời Nam Trung Bộ trên hệ thống gió mùa khu vực dựa trên mối tương tác tổng thể: Khí - biển - đất liền.

Ở Việt Nam, trong những năm gần đây (2013–2016), khu vực Biển Đông đang trong thời kỳ ENSO mạnh, các tác động của chúng đã và đang tác động rõ rệt đến Việt Nam như hạn hán khu vực Nam Trung Bộ, xâm nhập mặn ở đồng bằng Sông Cửu Long,... mà cụ thể trong

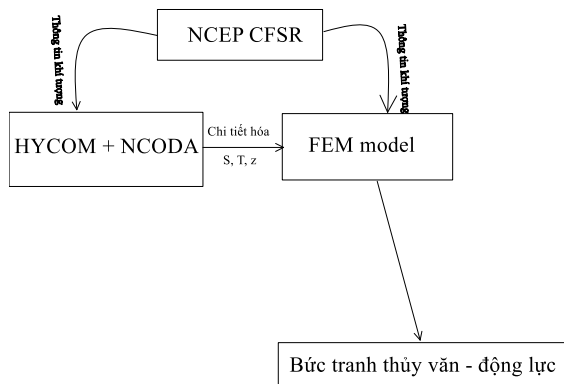
các nghiên cứu trong nhiệm vụ hợp tác quốc tế khoa học và công nghệ theo nghị định thư Việt Nam-Hoa Kỳ về “Những thay đổi theo chu kỳ mùa, chu kỳ năm, chu kỳ nhiều năm về các quá trình vật lý và sinh địa hóa của Biển Đông, Việt Nam, bao gồm cả những thay đổi từ thời kỳ khảo sát chương trình NAGA tới nay” (chủ nhiệm PGS. TS. Bùi Hồng Long) (2014–2016) đã có các nhận định về sự biến đổi bất thường của nhiệt độ nước biển [12], cơ chế nước trời [13] có liên quan đến đến những năm chịu ảnh hưởng của hiện tượng ENSO. Riêng tại Viện Hải dương học các công trình và đề tài liên quan đến vùng biển Ninh Thuận - Bình Thuận được tập trung nghiên cứu khá nhiều. Điển hình, trong giai đoạn 2003–2006 trong khuôn khổ đề tài nhiệm vụ nghị định thư hợp tác CHLB Đức-Việt Nam về triển khai đề tài: “Nghiên cứu hiện tượng nước trời và các quá trình liên quan trên khu vực thềm lục địa Nam - Việt Nam” (chủ nhiệm PGS. TS. Bùi Hồng Long). Trong giai đoạn 2006–2010, trong khuôn khổ đề tài KC.09.24/06–10, đã thực hiện điều tra, nghiên cứu về các thủy vực Nam Trung Bộ với “Luận chứng khoa học kỹ thuật phục vụ cho quản lý tổng hợp và phát triển bền vững dải ven bờ biển Nam Trung Bộ đáp ứng mục tiêu chiến lược phát triển kinh tế biển” (chủ nhiệm PGS. TS. Bùi Hồng Long) và đề tài KC.09.03/06–10: “Nghiên cứu quá trình phát sinh thủy triều đỏ và sinh thái phát triển của các loài tảo độc hại ở một số vùng ven bờ đặc trưng và ảnh hưởng của chúng tới nguồn lợi hải sản” (chủ nhiệm GS. TS. Nguyễn Ngọc Lâm). Các vấn đề nghiên cứu về hiện tượng nước trời Nam Trung Bộ đã được đề cập trong công trình nghiên cứu của [14–17]. Tuy nhiên, các công trình chỉ dừng lại ở nghiên cứu đặc trưng mùa gió chứ chưa giải quyết cho các giai đoạn bất thường của khí hậu. Gần đây nhất là chương trình khoa học và công nghệ độc lập cấp nhà nước về công nghệ vũ trụ (VT/UD-07/14–15) “Xây dựng cơ sở dữ liệu số các yếu tố hải dương từ nguồn ảnh VNREDSat-1 và các ảnh viễn thám khác cho khu vực ven biển Ninh Thuận - Bình Thuận phục vụ phát triển kinh tế biển bền vững” (chủ nhiệm TS. Nguyễn Hữu Huân). Nhằm kế thừa các kết quả nghiên cứu trước đây và để đánh giá ảnh hưởng của cấu trúc thủy văn - động lực của vùng biển Ninh

Thuận - Bình Thuận dưới tác động của hệ thống nước trời Nam Trung Bộ trong các năm chịu ảnh hưởng bởi sự kiện ENSO. Đây là bài toán chính được chúng tôi đặt ra nghiên cứu trong công trình nghiên cứu này.

## TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### Tài liệu sử dụng

Trích xuất và xử lý cấu trúc thủy văn - động lực cho vùng nghiên cứu với số liệu hồi cố lịch sử từ cơ sở dữ liệu HYCOM + NCODA Global 1/12,5° Reanalysis trong giai đoạn 20 năm từ 1993 đến 2012 và giai đoạn từ 2013–8/2016 cho số liệu đồng hóa “HYCOM + NCODA Global 1/12° Analysis” theo 22 lớp độ sâu (tầng mặt 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 125, 150 m). Khu vực được chọn phân tích và đồng hóa với kinh độ trải dài từ 107,95°E đến 109,55°E và vĩ độ trải dài từ 10,45°N đến 11,80°N, lớp độ sâu phân tích tối đa 200 m. Hình 1 thể hiện sơ đồ phân tích nguồn số liệu sử dụng.



Hình 1. Sơ đồ tính cấu trúc thủy động lực của mô hình

Giải thích các ý nghĩa các cụm từ:

**NCEP CFSR:** đây là nguồn số liệu về khí tượng sử dụng cho tính toán tương tác biển khí gồm vận tốc gió (có 2 thành phần: Hướng đông và hướng bắc) theo m/s tại độ cao 10 m trên bề mặt biển; áp suất không khí mực nước biển theo Pascal; nhiệt độ không khí theo Kelvin tại độ cao 2 m trên bề mặt biển; độ ẩm riêng theo g/kg tại độ cao 2 m trên bề mặt biển; tổng lượng mây che phủ theo %; lượng mưa theo kg/m<sup>2</sup>/s; thông

lượng bức xạ sóng ngắn (hướng lên, hướng xuống) theo W/m<sup>2</sup>; thông lượng bức xạ sóng dài (hướng lên, hướng xuống) W/m<sup>2</sup> được cập nhật từ cơ sở dữ liệu của mô hình khí hậu toàn cầu CFSR (Climate Forecast System Reanalysis) thuộc Trung tâm Quốc gia về dự báo môi trường Hoa Kỳ NCEP (National Centers for Environmental Prediction) (NCEP CFSR).

**HYCOM + NCODA:** Mô hình hải dương tọa độ hỗn hợp (HYCOM - Hybrid Coordinate Ocean Model) kết hợp với Dữ liệu đồng hóa hải dương song song của Hải quân Hoa Kỳ (NCODA - Navy Coupled Ocean Data Assimilation). Trích xuất và xử lý cấu trúc nhiệt độ - độ mặn, phân bố dòng chảy cho vùng nghiên cứu với số liệu hồi cố lịch sử từ cơ sở dữ liệu HYCOM + NCODA Global 1/12,5° Reanalysis trong giai đoạn 20 năm từ 1993 đến 2012 và (từ chuỗi số liệu “HYCOM + NCODA Global 1/12,5° Reanalysis”) và giai đoạn từ 2013–đến nay cho số liệu đồng hóa “HYCOM + NCODA Global 1/12° Analysis”. Chuỗi số liệu này đã được sử dụng trong công trình nghiên cứu [18]. Công trình [19] đã dùng các kết quả của mô hình HYCOM trong nghiên cứu biển Indonesia. Trong công trình [20] sử dụng số liệu của mô hình HYCOM làm điều kiện biên mở cho mô hình POM khi nghiên cứu vịnh Bắc Bộ. Với công trình [21] đã sử dụng kết quả của mô hình HYCOM để nghiên cứu quá trình trầm tích trong vùng cửa sông Mê Kông.

**FEM model:** (FEM - Finite Element Method) là mô hình thủy động lực 3 chiều theo phương pháp phần tử hữu hạn. Các công trình nghiên cứu FEM cho hiện tượng nước trời thể hiện qua các công trình [15–17]. Mô hình tiếp tục được phát triển và mở rộng đối tượng nghiên cứu trong công bố của nhóm tác giả [22] áp dụng nghiên cứu chế độ động lực - sinh địa hóa tại vùng ven biển Việt Nam và đã thực hiện so sánh kết quả nghiên cứu của mô hình FEM với mô hình Ecosmo và với thực tế đo đạc tại vùng nghiên cứu Bình Cang - Nha Trang [23] có so sánh với số liệu thực tế tại các trạm mực nước trong nghiên cứu chế độ dòng chảy cho vịnh Bắc Bộ [24].

### Phương pháp tính Curl ứng suất gió

Các lực tác động gió, song song với bề mặt nước biển, tác động lên bề mặt biển được gọi là ứng suất gió. Đó là vận chuyển theo phương

thẳng đứng của động lượng nằm ngang. Như vậy lực được chuyển từ khí quyển đến biển, do ứng suất gió. Ứng suất gió được tính bằng hệ công thức dựa trên các dữ liệu khí tượng chuẩn.

Ứng suất gió: Các lực ngang của gió trên mặt biển được gọi là ứng suất gió, biểu diễn bằng  $\vec{\tau}(\tau_x, \tau_y)$ . Công thức tính ứng suất gió được tính như sau:

$$\vec{\tau} = C_{ds} \rho_a \vec{W} |\vec{W}| \quad (1)$$

Trong đó: Vector vận tốc gió trên mặt biển;  $\rho_a$  - Mật độ không khí ( $\rho_a = 1,2 \text{ kg.m}^{-3}$ ).

Chúng tôi sử dụng hệ số cản phi tuyến (dựa trên công thức [25] được hiệu chỉnh đối với tốc độ gió thấp theo [26]):

$$C_{ds} = \begin{cases} 0,00218 & \text{cho: } |\vec{v}| \leq 1 \text{ m/s} \\ (0,62 + \frac{1,56}{|\vec{v}|}) \times 10^{-3} & \text{cho: } 1(\text{m/s}) < |\vec{v}| < 3 \text{ m/s} \\ 0,00114 & \text{cho: } 3 \text{ m/s} \leq |\vec{v}| < 10 \text{ m/s} \\ (0,49 + 0,065|\vec{v}|) \times 10^{-3} & \text{cho: } |\vec{v}| \geq 10 \text{ m/s} \end{cases} \quad (2)$$

Curl ứng suất gió (wind-stress curl): Curl là thước đo của sự quay của một trường vectơ. Curl ứng suất gió được tính toán bởi sử dụng mối quan hệ cơ bản sau đây [27]:

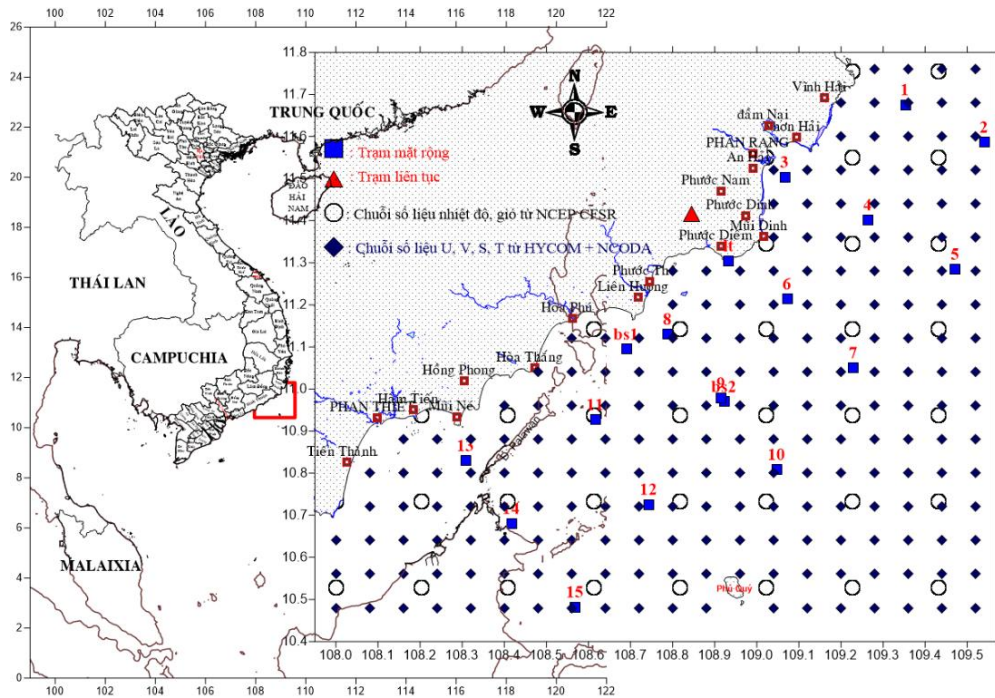
$$\text{Curl}(\tau) = \frac{\partial \tau_y}{\partial \tau_x} - \frac{\partial \tau_x}{\partial \tau_y} \quad (3)$$

Sự thay đổi không gian trong vận chuyển Ekman được gây ra bởi sự thay đổi không gian theo gió (Curl ứng suất gió) và dẫn đến sự trao đổi chất lỏng với bên trong đại dương (bơm Ekman); sự trao đổi khối lượng này gây ra chuyển động trong nội tại đại dương để bảo toàn động lượng góc. Ở các khu vực vận chuyển Ekman hội tụ, bảo toàn khối lượng đòi hỏi chất lỏng phải được bơm từ lớp Ekman bề mặt vào bên trong đại dương (nước chìm); ở các khu vực có sự phân kỳ vận chuyển Ekman, chất lỏng được bơm vào lớp Ekman từ bên dưới (nước trời). Chính nhờ vận tốc thẳng đứng hoặc bơm do đó được tạo ra ở đáy lớp Ekman mà tác động sau cùng của gió đến hoàn lưu bên trong đại dương. Bơm Ekman cũng vận chuyển vật liệu (chất dinh dưỡng, nhiệt,...) từ tầng nhảy vọt nhiệt độ phía trên về phía vùng ánh sáng và mặt biển. Do đó, hình thái của dòng chảy lớp Ekman hội tụ và phân kỳ tham gia đáng kể vào các hình thái năng suất sinh học cũng như độ lớn và hình dạng của các dòng chảy chính trong đại dương.

### Thông tin số liệu khảo sát cập nhật sử dụng hiệu chỉnh số liệu

Vùng nghiên cứu được thực hiện là khu vực Ninh Thuận - Bình Thuận (hình 2). Đề tài cơ sở phòng Vật lý biển, Viện Hải dương học đã thực hiện với 17 trạm mặt rộng (trong đó có 15 trạm chính thức và 2 trạm bổ sung trong thời gian tàu neo đậu) và 1 trạm liên tục 1 ngày đêm với các thông số đo đạc chính: Nhiệt độ không khí, chế độ gió, phân tầng nhiệt-muối với mục đích chuẩn hóa dữ liệu thu thập được từ cơ sở dữ liệu thế giới với số liệu thực đo mới nhất tại khu vực.

Số liệu được sử dụng trong phân tích đặc điểm thủy văn, động lực vùng biển Ninh Thuận - Bình Thuận được chúng tôi chọn từ chuỗi dữ liệu phân tích lại HYCOM + NCODA cho lưới tính theo phương ngang  $1/12,5^\circ = 0,08^\circ$ ; đây là cơ sở dữ liệu cung cấp khá đầy đủ và đồng thời chuỗi số liệu theo 40 lớp độ sâu với nhiệt độ nước biển, độ mặn nước biển (đây là chuỗi phân tích-đồng hóa từ giai đoạn ngày 2/10/1992). Trên bảng 1 thể hiện các kết quả tính của mô hình FEM từ số liệu đầu vào của HYCOM + NCODA với số liệu thực đo được tính trung bình trên vùng nghiên cứu. Các số liệu nhiệt-muối ở tầng dưới sâu  $> 50 \text{ m}$  không đủ thông tin để phân tích trung bình, do đó chúng tôi chỉ thực hiện phân tích và so sánh với tầng 50 lên bề mặt. Độ lệch của chuỗi số liệu với kết quả tính trung bình từ số liệu đo được thể hiện trên bảng 1.



Hình 2. Sơ đồ trạm vị dot khảo sát 7/2016 và các nguồn số liệu sử dụng

Bảng 1. So sánh giá trị từ số liệu HYCOM + NCODA với số liệu thực đo (7/2016)

Độ sâu (m)	Số liệu thực đo		Số liệu HYCOM + NCODA		Sai số tuyệt đối	
	Nhiệt độ (°C)	Độ mặn (‰)	Nhiệt độ (°C)	Độ mặn (‰)	$\Delta T$ (°C)	$\Delta S$ (‰)
0	29,785	32,747	28,866	32,183	0,919	0,564
2	29,785	32,747	28,808	32,192	0,977	0,555
4	29,798	32,767	28,800	32,194	0,998	0,573
6	29,805	32,803	28,786	32,202	1,019	0,601
8	29,803	32,828	28,749	32,222	1,054	0,606
10	29,802	32,836	28,732	32,236	1,07	0,600
12	29,794	32,842	28,714	32,294	1,08	0,548
15	29,777	32,879	28,687	32,393	1,09	0,486
20	29,751	32,932	28,625	32,565	1,126	0,367
25	29,391	33,157	28,516	32,78	0,875	0,377
30	29,084	33,308	28,323	32,942	0,761	0,366
35	28,46	33,316	28,035	33,062	0,425	0,254
40	27,273	33,756	27,738	33,223	0,465	0,533
45	26,566	34,200	27,567	33,279	1,001	0,921
50	25,744	34,279	27,267	33,403	1,523	0,876

## KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### Cơ sở số liệu thủy văn-động lực trên vùng nghiên cứu

Theo [28] thì nước trời Việt Nam được đặc trưng bởi 3 điểm riêng biệt: Gió mùa, biến đổi về cường độ do tác động của hiện tượng ENSO và biến động hoàn lưu của Biển Đông. Các kết quả nghiên cứu về hiện tượng nước trời Nam Trung Bộ cho thấy vùng nước trời mạnh Nam

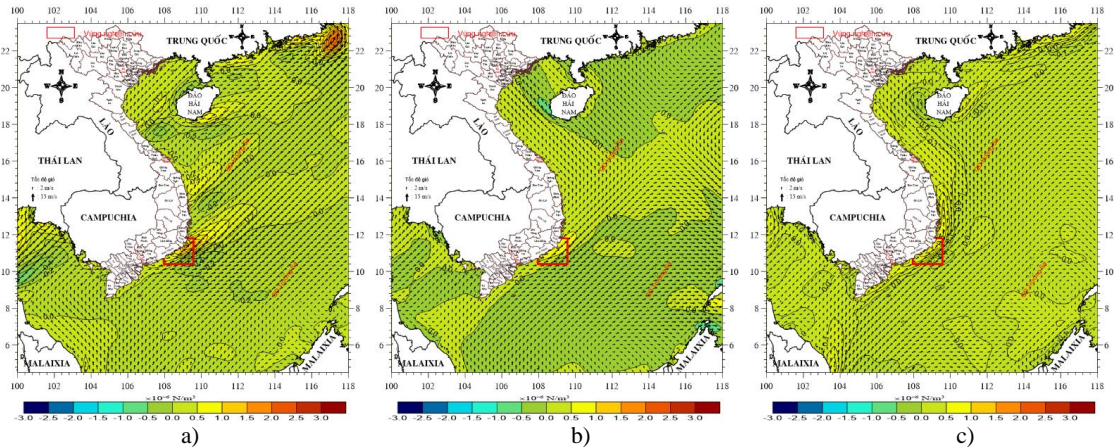
Trung Bộ được hình thành và phát triển do: Các quá trình Ekman vận chuyển nước từ bờ ra khơi, quá trình phân ly của hệ thống dòng lưỡng cực và sự tồn tại các xoáy nghịch ngoài khơi Nam Trung Bộ. Để cập nhật kết quả nghiên cứu mới nhất cho năm bình thường không chịu ảnh hưởng của ENSO từ thông tin hệ số ONI (Oceanic Niño Index) tại trang web: [http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis\\_mo](http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_mo)



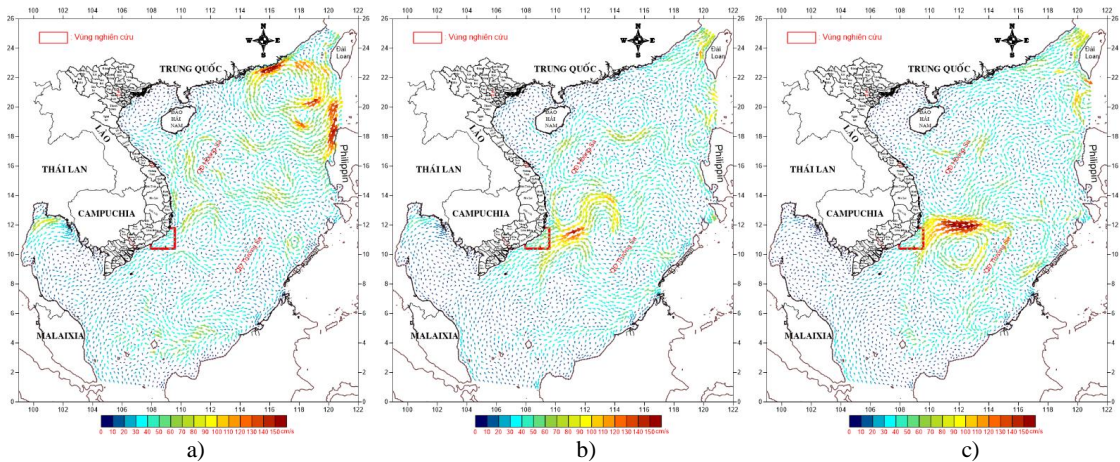
nitoring/ensostuff/ensoyears.shtml. Để đánh giá sự xuất hiện của nước trời chúng tôi đã phân tích Curl của ứng suất gió tác động lên bề mặt của biển và hệ thống dòng chảy tầng mặt căn cứ trên các xoáy xuất hiện trên Biển Đông. Từ các thông tin về curl ứng suất gió, dòng chảy

tầng mặt trên toàn Biển Đông, chúng tôi xác định mức độ ảnh hưởng của nước trời Nam Trung Bộ lên hệ thống phân tầng nhiệt-muối theo độ sâu tại khu vực ven bờ Ninh Thuận - Bình Thuận.

**Năm không chịu ảnh hưởng của ENSO**



Hình 3. Curl ứng suất gió (wind-stress curl) cho mùa gió Tây Nam vào năm 2014 trên Biển Đông (a) 6/2014; (b) 7/2014; (c) 8/2014



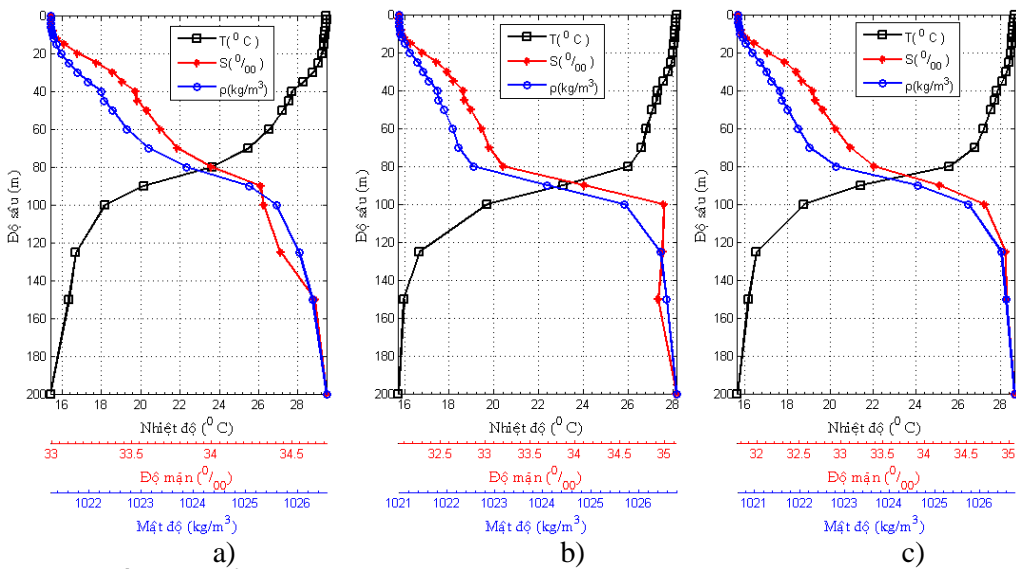
Hình 4. Phân bố dòng chảy tầng mặt cho gió mùa Tây Nam vào năm 2014 trên Biển Đông (a) 6/2014; (b) 7/2014; (c) 8/2014

Kết quả phân tích từ chuỗi số liệu của HYCOM + NCODA cho hệ thống dòng chảy trung bình mùa gió Tây Nam năm 2014 (năm không chịu tác động của ENSO với cường độ Oceanic Niño Index (ONI) gần như bằng 0 trong các tháng xảy ra gió mùa Tây Nam. Kết quả phân tích trên hình 4a-4c cho thấy, vào tháng 6/2014, xuất hiện sự hệ thống dòng lưỡng

cực từ Phú Yên đến Vũng Tàu. Phần xoáy nghịch nằm ở phía Nam thuộc khu vực phía nam Bình Thuận - Vũng Tàu. Vào tháng 7, dưới tác động mạnh của chế độ gió mùa Tây Nam tạo một hệ thống dòng chảy có tốc độ lớn hướng ra khơi theo hướng đông đông bắc với điểm xuất phát ngoài khơi Bình Thuận để phá vỡ hệ thống dòng lưỡng cực gia tăng xoáy

ngược ngoài khơi phía nam Bình Thuận. Vào tháng 8, theo kết quả phân tích Curl ứng suất gió (có giá trị âm) cùng với hệ thống dòng chảy tại tầng mặt, dễ nhận thấy có sự xuất hiện của nước trời tại khu vực ngoài khơi Ninh Thuận - Bình Thuận thể hiện qua xoáy nghịch với tâm xoáy có vị trí (112,2131°E; 10,2685°N) (hình 3). Phân tích cấu trúc nhiệt-muối theo phương thẳng đứng tại vùng nghiên cứu Ninh Thuận - Bình Thuận cho thấy trong 3 tháng xảy ra gió mùa Tây Nam thì sự khác biệt phân tầng nhiệt muối chỉ thể hiện từ tầng độ sâu 100 m trở xuống với sự xuất hiện khối đồng nhất độ mặn trong 2 tháng (7–8), căn cứ vào kết quả tính Curl ứng suất gió và cơ chế dòng chảy tầng mặt, đã thể hiện với tháng 7 là tháng tác động phân ly dòng lượng cực cho hiệu ứng hình thành nước trời và tháng 8 là tháng xảy ra hiện tượng nước trời tại khu vực Nam Trung Bộ có sự biến đổi tăng khá nhanh của độ mặn và giảm khá nhanh của nhiệt độ nước biển theo độ sâu từ tầng 80–100 m, trong khi độ mặn tương đối

đồng nhất từ tầng 100 m trở xuống thì nhiệt độ nước biển đồng nhất từ tầng 120 m (khá phù hợp với kết quả nghiên cứu của Võ Văn Lành và nnk., 2007) [29]. Các phân tầng nhiệt-muối trong khu vực nghiên cứu đã thể hiện rõ mức độ có ảnh hưởng của hiện tượng nước trời. Trong năm 2014, trong 3 tháng 6–8, thì nhiệt độ nước biển trung bình cao nhất là trong tháng 6 (25,89°C) và giảm nhiệt độ vào tháng 7 (25,60°C) và tăng nhiệt độ nước biển lại vào tháng 8 (25,78°C), tuy nhiên vẫn chưa đạt được mức nhiệt độ vào tháng 6. Có một điểm tạo nên sự khác biệt trong phân tầng nhiệt độ nước biển của tháng 7 và 8 so với tháng 6 trong khi nhiệt độ cao và độ mặn thấp nằm ở tầng mặt thì tháng 6 lại xảy ra ở tầng độ sâu 2 m. Còn độ mặn trung bình thì giảm dần mang tính quy luật từ tháng 6–8 với 33,56‰ (cho tháng 6) đến 32,97‰ (cho tháng 7) và 32,85‰ (cho tháng 8). Chi tiết về phân bố thẳng đứng thể hiện trên hình 5.



Hình 5. Cấu trúc thẳng đứng của nhiệt độ và độ mặn trung bình trong vùng nghiên cứu (a) 6/2014; (b) 7/2014; (c) 8/2014

### Năm chịu ảnh hưởng bất thường của ENSO

Căn cứ vào sự tăng giảm độ dị thường của nhiệt độ không khí, có 4 năm được xem xét mức độ ảnh hưởng nước trời. Theo kết quả nghiên cứu trường nhiệt độ vào mùa gió Tây Nam, có 2 năm dị thường nhiệt độ cao là các năm 1998 và 2010 và 3 năm dị thường nhiệt độ

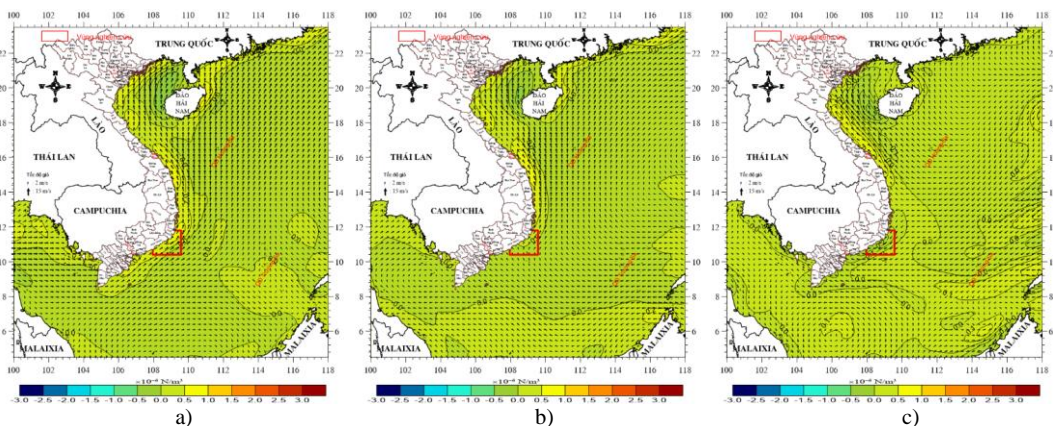
thấp là 1994, 1999 và 2012. Đầu tiên ta hãy xét về năm có dị thường nhiệt độ cao bất thường. Năm 1998 và năm 2010 là 2 năm có trường nhiệt độ không khí cao bất thường tại khu vực nghiên cứu, tuy nhiên trong các tháng trong mùa gió Tây Nam có khả năng chịu ảnh hưởng hiện tượng nước trời Nam Trung Bộ (6–8)



thường nằm trong sự tác động của hiện tượng La Nina. Các cơ chế nước trời trong các tháng này có các nét đặc trưng riêng. Cụ thể:

Vào tháng 6/1998 (kết thúc El Niño và bắt đầu thời kỳ La Niña), theo phân tích các tương tác ứng suất gió không thấy dấu hiệu rõ ràng trong hình thành xoáy nghịch trong cơ chế hình thành nước trời Nam Trung Bộ, tuy nhiên theo phân tích hệ thống dòng chảy tầng mặt, cho thấy có xuất hiện xoáy nghịch nhỏ không rõ ràng tại tầng mặt ngoài khơi khu vực Ninh Thuận - Bình Thuận với tâm xoáy nằm tại vị trí (111,4271°E, 11,3740°N) và xoáy này giảm dần vào trong tháng 7/1998 (La Niña cường độ yếu), khi mà vùng biển Ninh Thuận - Khánh Hòa xuất hiện hệ thống dòng chảy khá lớn về phía đông bắc làm suy giảm đáng kể xoáy nghịch ngoài khơi vùng biển Ninh Thuận (suy giảm hiện tượng nước trời) và hình thành một xoáy thuận nhỏ tại khu vực ven biển Bình Định - Phú Yên. Trong khi vào tháng 8/1998 (La Niña cường độ vừa) xoáy nghịch tại vùng biển Ninh Thuận - Bình Thuận hoàn toàn biến mất thì xoáy thuận (nước chìm) tại ven biển khu vực Bình Định được hình thành tuy nhiên mức độ không lớn. Về phân bố nhiệt-muối theo

độ sâu tại khu vực Ninh Thuận - Bình Thuận thì dạng phân bố nhiệt độ nước biển có nét tương đồng, có sự suy giảm khá nhanh từ tầng độ sâu 50–80 m. Tuy nhiên rất dễ nhận thấy vào tháng 6, có dấu hiệu ảnh hưởng của sự hình thành nước trời, tuy nó còn chưa rõ ràng thể hiện ở sự tăng đột ngột của độ mặn từ 50–80 m. Xét về cơ chế phân tầng nhiệt độ nước biển trong 3 tháng thì sự suy giảm nhiệt độ nước biển nhanh nhất là vào tháng 6 với lớp độ sâu từ 70–80 m với  $-4,45^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$  (cho tháng 7:  $-3,08^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$ ; tháng 8:  $-3,25^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$ ), trung bình suy giảm nhiệt độ từ tầng 50–80 m với khoảng suy giảm trung bình  $-2,81^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$  (cho tháng 7:  $-2,18^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$ ; tháng 8:  $-2,30^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$ ). Về độ mặn nước biển theo độ sâu, cơ chế phân tầng độ mặn trong tháng 7–8 không thấy có dấu hiệu bất thường, riêng trong tháng 6, độ mặn tăng nhanh ở tầng độ sâu 50–80 m; tăng nhanh nhất là tầng 70–80 m là  $+0,32\%$ . Nói chung, nước trời yếu ngoài khơi vùng biển Ninh Thuận - Bình Thuận vào tháng 6 có ảnh hưởng đến vùng nghiên cứu thể hiện ở sự suy giảm nhanh nhiệt độ nước biển và tăng nhanh độ mặn nước biển ở lớp độ sâu 50–80 m. Chi tiết thể hiện trên hình 6a–6c, hình 7a–7c và hình 8a–8c.



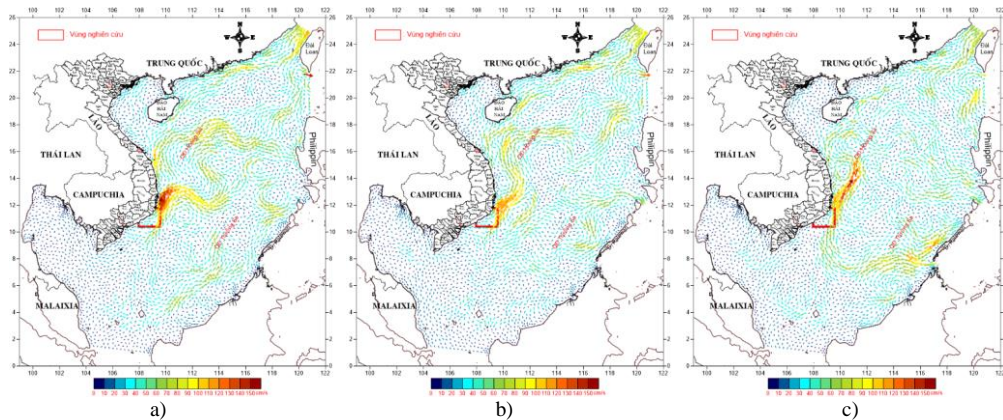
Hình 6. Curl ứng suất gió trong mùa gió Tây Nam vào năm 1998 trên vùng Biển Đông (a) 6/1998; (b) 7/1998; (c) 8/1998

Vào tháng 6/2010 (kết thúc El Niño và bắt đầu thời kỳ La Niña), xuất hiện xoáy nghịch nhỏ nằm ngoài khơi nơi giáp ranh giữa Phú Yên - Khánh Hòa với vị trí tâm xoáy (111,9318°E, 12,9405°N), trong thời kỳ này xuất hiện dòng chảy dọc bờ hướng lên phía bắc khá mạnh, đáng tiếc là khu vực nghiên cứu

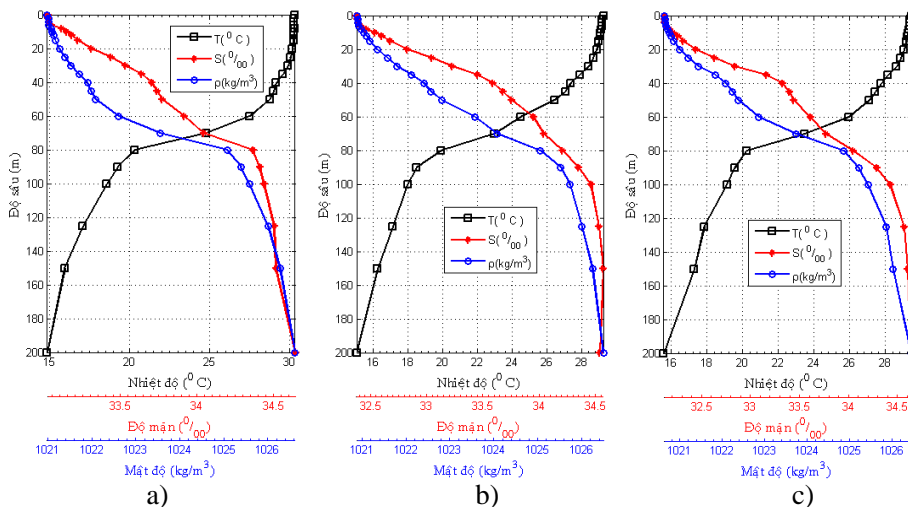
không phải là nơi xuất hiện tốc độ dòng mạnh. Vào tháng 7/2010 (đang xảy ra La Niña cường độ yếu) dòng chảy dọc bờ có sự suy giảm theo hướng bắc-bắc đông bắc từ phía bắc Ninh Thuận đến vùng biển Bình Định, hệ thống dòng chảy này đã làm triệt tiêu hoàn toàn xoáy nghịch ngoài khơi Ninh Thuận - Bình Thuận

(hiện tượng nước trôi triệt tiêu) (hình 10c). Tuy nhiên, xuất hiện một xoáy thuận khá mạnh phía ngoài khơi quần đảo Hoàng Sơn, đây có thể là “xoáy nước ngầm” (nước chìm) mà các nhà khoa học Trung Quốc đã phát hiện (do South China Morning Post ngày 10/12/2015 đưa tin)

trích từ <http://giaoduc.net.vn/Quoc-te/Cac-xoay-nuoc-ngam-gan-Hoang-Sa-co-the-nghien-nat-tau-ngam-Trung-Quoc-post164056.gd>. Sau đó tốc độ dòng yếu trong tháng 8 (đang xảy ra La Niña cường độ vừa), trong vùng nghiên cứu xuất hiện dòng yếu hướng ra khơi.



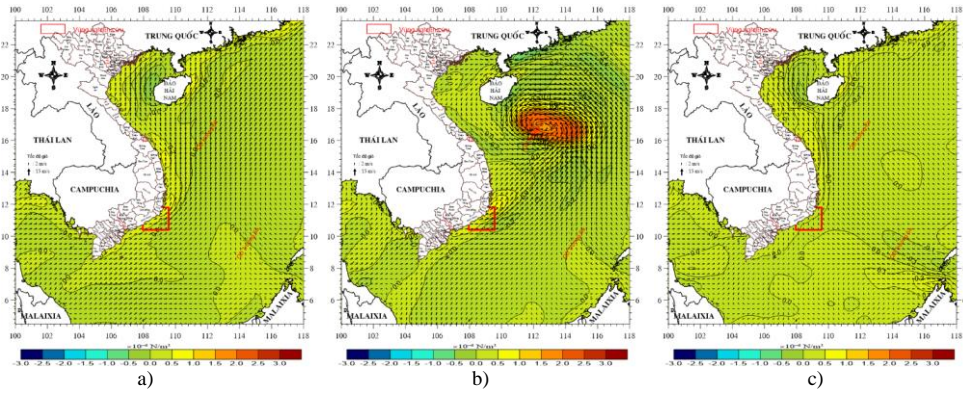
Hình 7. Phân bố dòng chảy tầng mặt mùa gió Tây Nam năm 1998 trên vùng biển Đông (a) 6/1998; (b) 7/1998; (c) 8/1998



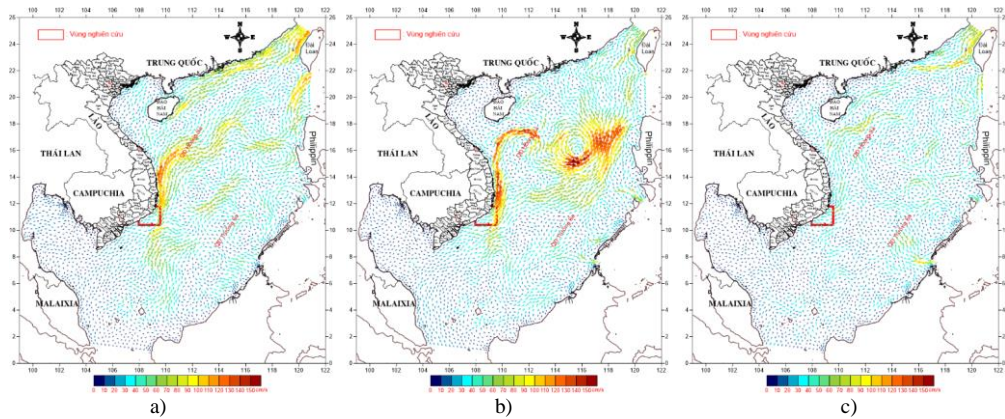
Hình 8. Cấu trúc thẳng đứng của nhiệt độ và độ mặn trung bình vùng nghiên cứu (a) 6/1998; (b) 7/1998; (c) 8/1998.

Tuy nhiên, nhìn chung các hệ thống dòng chảy này gần như không tác động đặc biệt đến vùng khu vực nghiên cứu Ninh Thuận - Bình Thuận, do vậy các cấu trúc nhiệt-muối trung bình trong vùng nghiên cứu theo phân tầng độ sâu không thể hiện sự khác biệt rõ rệt trong mùa gió Tây Nam năm 2010. Tuy nhiên, có vài đặc trưng ghi nhận như sau: Trong tháng này

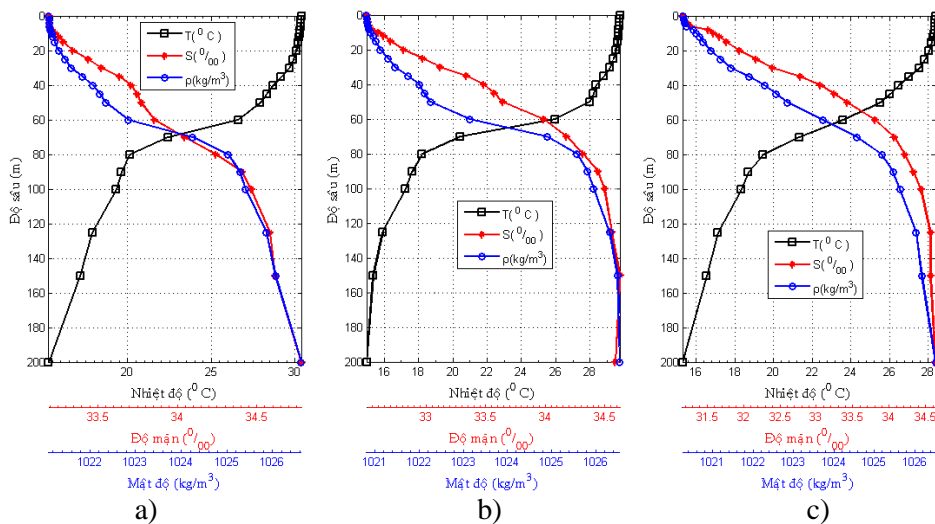
có sự suy giảm nhanh của nhiệt độ nước biển ở lớp độ sâu 50–80 m, trong đó trong tháng 7 lớp độ sâu tầng 60–70 m giảm khá nhanh  $-5,51^{\circ}\text{C}$ . Về phân bố độ mặn nước biển, trong tháng 6 so với 2 tháng 7 và 8, độ mặn tăng khá nhanh từ tầng 60–90 m (tăng  $+0,55\%$ ), nhanh nhất là lớp độ sâu 70–80 m tăng thêm  $0,20\%$ . Các kết thể hiện chi tiết trên hình 11a–11c.



Hình 9. Gió và Curl ứng suất gió cho mùa gió Tây Nam vào năm 2010 trên vùng biển Đông (a) 6/2010; (b) 7/2010; (c) 8/2010



Hình 10. Phân bố dòng chảy tầng mặt cho gió mùa Tây Nam vào năm 2010 trên vùng biển Đông (a) 6/2010; (b) 7/2010; (c) 8/2010



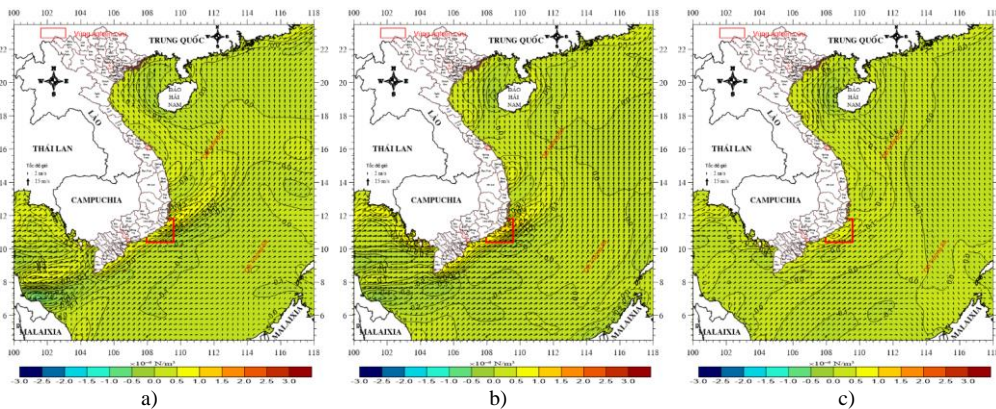
Hình 11. Cấu trúc thẳng đứng của nhiệt độ và độ mặn trung bình vùng nghiên cứu (a) /2010; (b) 7/2010; (c) 8/2010



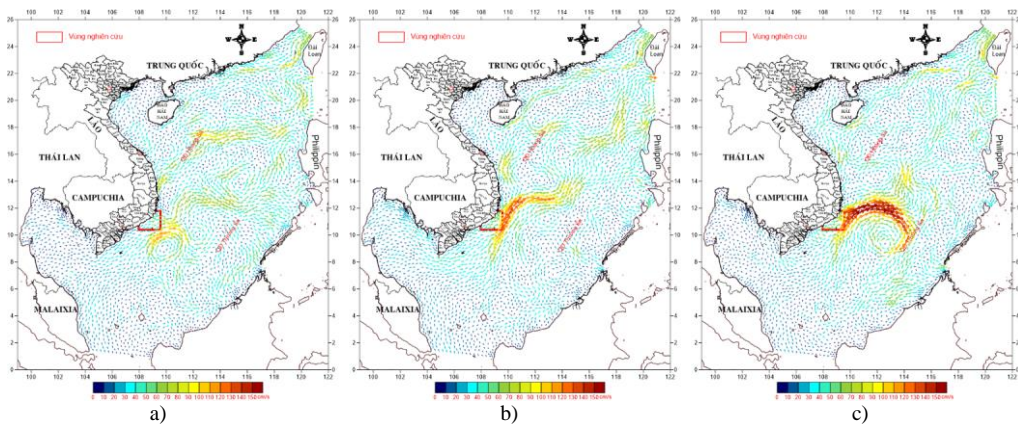
**Năm có dị thường nhiệt độ không khí thấp**

Theo chuỗi số liệu từ năm 1993 đến 8/2016 thì có 3 năm có nhiệt độ không khí dị thường thấp vào gió mùa Tây Nam là các năm 1994, 1999 và 2012. Tuy nhiên, trong mùa gió Tây Nam thì các tháng của năm 1994 và 2012 không chịu ảnh hưởng của ENSO, với năm 1994 thì El Niño sẽ bắt đầu vào tháng 10 và năm 2012 ảnh hưởng La Niña kết thúc vào tháng 2. Trong khi năm 1999, chịu ảnh hưởng hoàn toàn của hiện tượng La Niña, trong đó tháng 6–8 chịu ảnh hưởng của La Niña cường độ vừa. Do đó, chúng tôi đã chọn năm 1999

làm cơ sở để đánh ảnh hưởng của La Niña. Có sự xuất hiện khá sớm của xoáy nghịch, hiện tượng nước trời Nam Trung Bộ trong giai đoạn này có thể xảy ra sớm hơn so với các giai đoạn không chịu ảnh hưởng ENSO và sẽ bị biến mất tạm thời vào tháng 7 khi chịu tác động mạnh của gió mùa Tây Nam làm phân ly hệ thống dòng lưỡng cực để tạo cơ chế hình thành nước trời trong tháng 8. Với sự tác động liên tục và cường độ gia tăng, các xoáy nghịch mạnh hơn tháng 6 xuất hiện vào tháng 8. Đây là một ảnh hưởng tương đối đặc biệt trong giai đoạn này (hình 13a–13c).



Hình 12. Gió và Curl ứng suất gió cho mùa gió Tây Nam vào năm 1999 trên vùng biển Đông (a) 6/1999; (b) 7/1999; (c) 8/1999



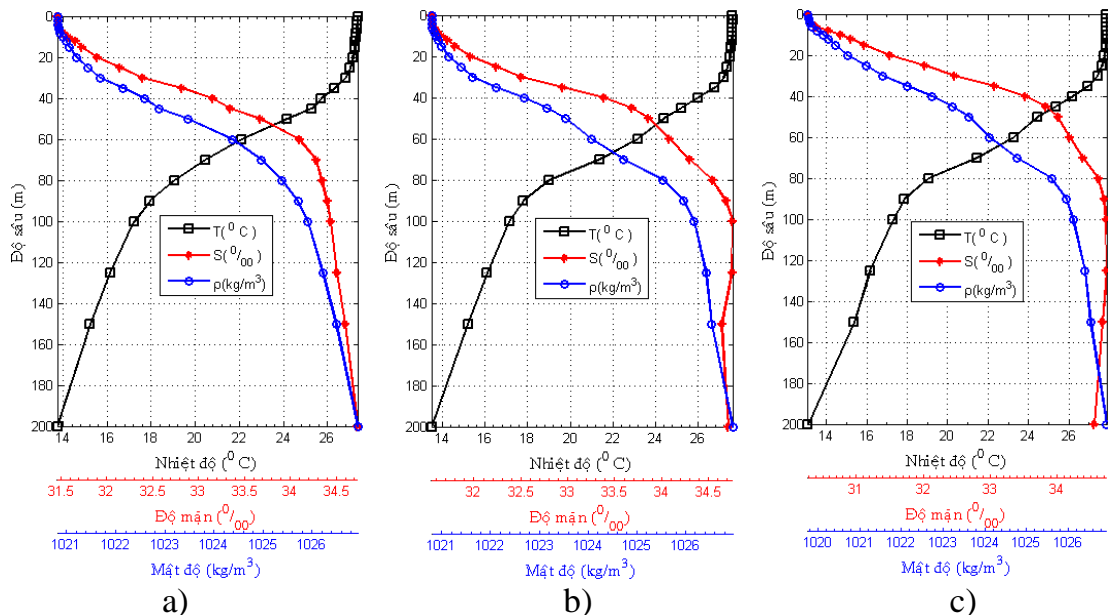
Hình 13. Phân bố dòng chảy tầng mặt vào mùa gió Tây Nam trong năm 1999 trên vùng Biển Đông (a) 6/1999; (b) 7/1999; (c) 8/1999

Về cấu trúc nhiệt-muối theo phân tầng độ sâu, trong thời điểm ảnh hưởng của gió mùa Tây Nam có nét tương đồng về biến đổi nhiệt độ, có sự suy giảm khá nhanh của nhiệt độ từ

50–80 m, với sự suy giảm khoảng 5°C. Về độ mặn, có khối đồng nhất độ mặn từ 80 m đến đáy, tuy nhiên so với tháng 6–7 thì tháng 8 độ mặn có giá trị thấp hơn và ít thay đổi từ tầng 80

m xuống đáy (hình 14), điều này có thể do ảnh hưởng của hiện tượng nước trời mạnh ở ngoài khơi đã tác động đáng kể tới vùng nghiên cứu. Phân tích chi tiết về phân bố nhiệt-muối theo thời gian thì nhiệt độ nước biển trung bình trong vùng nghiên cứu có xu thế tăng dần với 23,60°C (vào tháng 6); 23,85°C (vào tháng 7) và 24,00°C (vào tháng 8), giá trị nhiệt độ nước biển cao nhất là vào tháng 8 tại tầng độ sâu 10 m (27,87°C) trong khi đó tại tháng 6–7 thì nhiệt độ cao nằm ở tầng mặt, đây có phải là vấn đề của ảnh hưởng nước trời mạnh phía bên ngoài không cần phải có những phân tích thêm. Khác

với nhiệt độ nước biển, độ mặn nước biển trung bình cao nhất là vào tháng 7 (33,05‰) với độ mặn cao nhất ở tầng độ sâu 100 m (34,76‰) và tháng 8 đạt giá trị trung bình theo độ mặn nước biển thấp nhất so với 2 tháng 6 và 7 (32,68‰). Từ kết quả phân tích, dễ thấy rằng cơ chế hình thành nước trời mạnh trong tháng 8/1999 khi tốc độ gió suy giảm và quá trình phân ly hệ thống dòng lưỡng cực từ tháng 7, kết hợp với điều kiện nhiệt độ giảm đột ngột từ tầng 40–80 m và độ mặn tăng đột ngột từ tầng 20 m đến tầng độ sâu 45 m.



Hình 14. Cấu trúc thẳng đứng của nhiệt độ và độ mặn trung bình vùng nghiên cứu (a) 6/1999; (b) 7/1999; (c) 8/1999

### Cập nhật kết quả nghiên cứu ảnh hưởng nước trời trong năm 2016

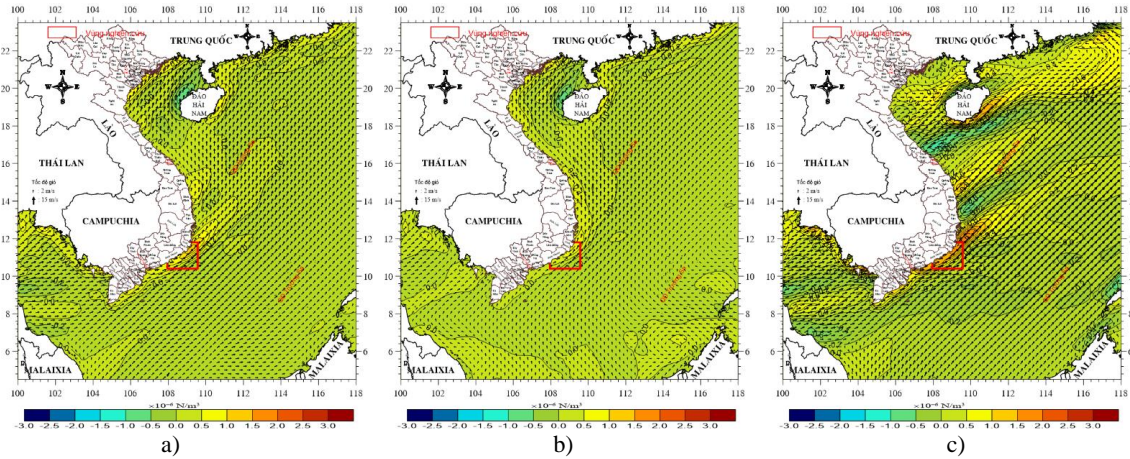
Đây là năm xảy ra đồng thời 2 giai đoạn kết thúc El Niño, chuẩn bị bước sang thời kỳ La Niña, theo các thông tin từ chỉ số ONI (Oceanic Niño Index) thì năm 2016 được đánh giá là gần giống hiện tượng vào năm 1998 và 2010, khả năng tẩy trắng san hô như năm 1998 và 2010 có nhiều khả năng xảy ra. Để đánh giá khả năng xảy ra các ảnh hưởng nước trời lên khu vực nghiên cứu, ngoài dựa trên thông tin số liệu thủy văn-dòng lực của HYCOM + NCODA được đánh giá và hiệu chỉnh lại từ các kết quả khảo sát của đề tài. Dựa vào kết quả phân tích

dòng chảy toàn Biển Đông, cho thấy vào tháng 6 (hình 16a) xuất hiện hệ thống dòng chảy có tốc độ khá cao ngoài khơi khu vực Ninh Thuận - Khánh Hòa tạo nên cơ chế phá vỡ hệ thống dòng lưỡng cực tại khu vực ngoài khơi Ninh Thuận - Bình Thuận, tạo tiền đề cho sự hình thành xoáy nghịch tại khu vực Ninh Thuận - Bình Thuận. Vào tháng 7 (hình 16b), hiện tượng nước trời xuất hiện khi mà có hình thành xoáy nghịch mạnh với tâm dịch chuyển gần bờ hơn so với các năm bình thường với vị trí tâm (111,1701°E, 10,6500°N), dòng mạnh chịu tác động mạnh của nước trời nằm ở khu vực ngoài khơi Ninh Thuận - Khánh Hòa. Vào tháng 8,

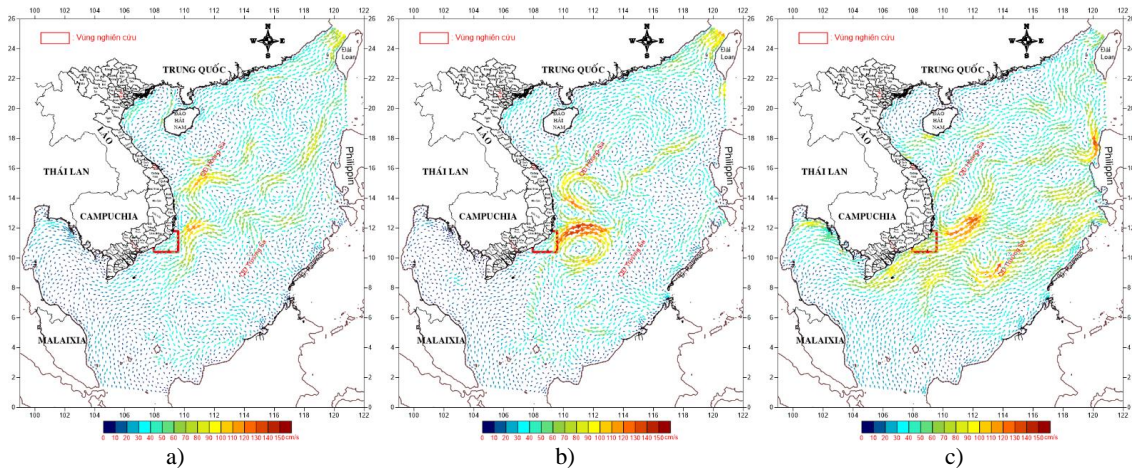


hiện tượng nước trời triệt tiêu do sự tác động mạnh và duy trì của hệ thống dòng về phía đông bắc. Sự phân tầng nhiệt-muối theo độ sâu trong vùng nghiên cứu có sự khác biệt khá lớn tháng 7 (xuất hiện xoáy nghịch mạnh) so với

tháng 6 và tháng 8. Vào tháng 7 tại tầng 150 m có sự suy giảm nhanh của độ mặn trong khi nhiệt độ cao vẫn được duy trì, đây cũng có thể là hệ quả của tác động hiện tượng nước trời.



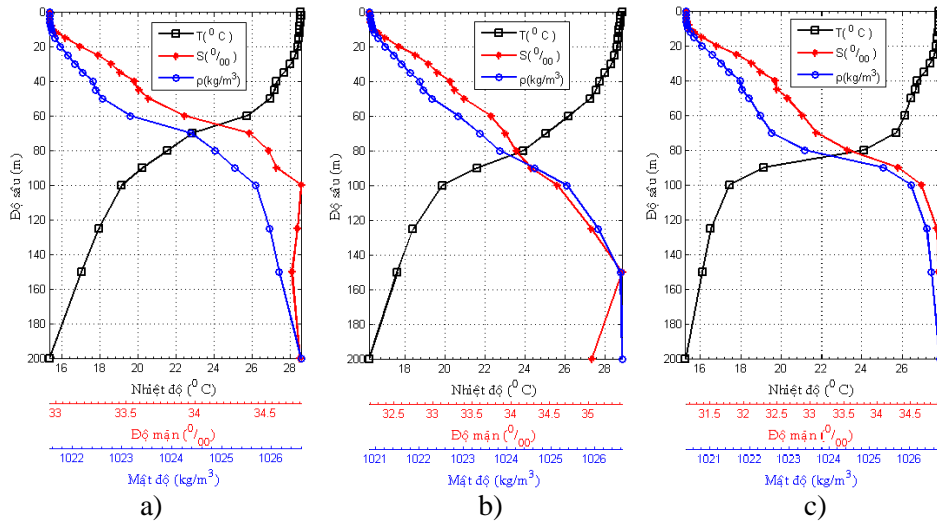
Hình 15. Gió và Curl ứng suất gió cho mùa gió Tây Nam vào năm 2016 trên vùng biển Đông (a) 6/2016; (b) 7/2016; (c) 8/2016



Hình 16. Phân bố dòng chảy tầng mặt cho gió mùa Tây Nam vào năm 2016 trên vùng biển Đông (a) Cho tháng 6/2016; (b) Cho tháng 7/2016; (c) Cho tháng 8/2016

Phân tích chi tiết về phân bố nhiệt-muối, thấy có sự khác biệt nhiệt độ nước biển trung bình trong tháng chịu ảnh hưởng gió mùa Tây Nam, cũng như khả năng chịu ảnh hưởng của khu vực nghiên cứu dưới tác động của nước trời. Vào tháng 7, nhiệt độ nước biển trung bình đạt cao nhất trong 3 tháng (25,87°C), tháng 6 (25,28°C) và tháng 8 (24,89°C). Có sự khác biệt giữa tháng 7 so với 2 tháng 6 và 8 là nhiệt

độ nước biển cao nhất là ở tầng mặt (28,87°C) trong khi tháng 6 (28,55°C), và 8 (27,85°C), là tại tầng độ sâu 2 m. Về độ mặn nước biển trung bình, cao nhất là tháng 6 (33,67‰) suy giảm dần đến tháng 7 (33,27‰) và tháng 8 (32,54‰). Tuy nhiên, độ mặn tại tầng mặt vào tháng 7 đạt giá trị cao nhất trong 3 tháng với (35,42‰) tại tầng độ sâu 150 m. Chi tiết xem hình 17a–17c.



Hình 17. Cấu trúc thẳng đứng của nhiệt độ và độ mặn trung bình vùng nghiên cứu: (a) Vào tháng 6/2016; (b) Vào tháng 7/2016; (c) Vào tháng 8/2016

**KẾT LUẬN**

Vùng biển Ninh Thuận - Bình Thuận khi chịu ảnh hưởng của nước trời Nam Trung Bộ thường thể hiện ở sự suy giảm nhanh nhiệt độ nước biển và tăng nhanh độ mặn nước biển ở lớp độ sâu 50–100 m. Trong đó, hiện tượng La Niña thường làm suy giảm đến triệt tiêu hiện tượng nước trời.

Mùa gió Tây Nam (7/2010) phát hiện hiện tượng nước chìm khá mạnh, giữa vùng quần đảo Hoàng Sa và phía tây Philippines chúng dịch chuyển về phía đông nam đảo Hải Nam rồi triệt tiêu. Các nghiên cứu Curl ứng suất gió trung bình tháng 7/2010 đã thể hiện khá rõ ảnh hưởng của chế độ gió đến hiện tượng này. Đây là hiện tượng khá đặc biệt xảy ra trong lịch sử nghiên cứu chế độ dòng chảy Biển Đông từ năm 1992 đến nay. Các ảnh hưởng của hiện tượng này sẽ được tiếp tục nghiên cứu trong các công trình sau, ở mức độ chi tiết hơn, trên cơ sở đánh giá cụ thể thời gian chính xác xảy ra, quy mô của xoáy chìm theo không gian và thời gian cũng như cơ chế hình thành, các thông số tác động chính đến hiện tượng này.

Cần phải mở rộng vùng nghiên cứu, ngoài hiện tượng nước trời cũng nên xem xét các ảnh hưởng điển hình như sự biến đổi cao bất thường của mực nước, hiệu ứng nước chìm, các ảnh hưởng và tác động liên thông mùa của chế độ gió,... Các vấn đề nghiên cứu cần chi tiết hơn như cấu trúc ảnh hưởng của nước trời theo

phân tầng dòng chảy, nhiệt muối, các quy luật và cơ chế làm mất hiện tượng nước trời Nam Trung Bộ.

**Lời cảm ơn:** Chúng tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành đến Ban chủ nhiệm Đề tài VAST.UDCN.01/14–15 “Nghiên cứu ứng dụng thử nghiệm máy bay không người lái (UAV) kết hợp với một số thiết bị khoa học chuyên dụng (máy ảnh chuyên dụng, phổ kế phản xạ) trong nghiên cứu thủy văn và môi trường vùng nước nông ven bờ (điểm triển khai khu vực Phú Yên - Bình Thuận)”; Đề tài cấp Quốc gia “Nghiên cứu một số quá trình tương tác Biển - Khí quyển - Lục địa và biến động môi trường ở Biển Đông với bối cảnh biến đổi khí hậu trong khuôn khổ Chương trình IOC-WESTPAC”, mã số ĐTĐL.CN-28/17” và các đồng nghiệp đã hỗ trợ giúp chúng tôi hoàn thành bài báo này.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] Fang, G., Chen, H., Wei, Z., Wang, Y., Wang, X., and Li, C., 2006. Trends and interannual variability of the South China Sea surface winds, surface height, and surface temperature in the recent decade. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 111(C11), C11S16.  
 [2] Xie, S. P., Xie, Q., Wang, D., and Liu, W. T., 2003. Summer upwelling in the South

- China Sea and its role in regional climate variations. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 108(C8), 3261
- [3] Wang, C., Wang, W., Wang, D., and Wang, Q., 2006. Interannual variability of the South China Sea associated with El Niño. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 111(C3), C03023.
- [4] Wang, G., Wang, C., and Huang, R. X., 2010. Interdecadal variability of the eastward current in the South China Sea associated with the summer Asian monsoon. *Journal of Climate*, 23(22), 6115–6123.
- [5] Chen, G., Hou, Y., Zhang, Q., and Chu, X., 2010. The eddy pair off eastern Vietnam: Interannual variability and impact on thermohaline structure. *Continental Shelf Research*, 30(7), 715–723.
- [6] Chang, C. W. J., Hsu, H. H., Wu, C. R., and Sheu, W. J., 2008. Interannual mode of sea level in the South China Sea and the roles of El Niño and El Niño Modoki. *Geophysical Research Letters*, 35(3), L03601
- [7] Fang, W., Qiu, F., and Guo, P., 2014. Summer circulation variability in the South China Sea during 2006–2010. *Journal of Marine Systems*, 137, 47–54.
- [8] Kuo, N. J., Zheng, Q., and Ho, C. R., 2000. Satellite observation of upwelling along the western coast of the South China Sea. *Remote sensing of environment*, 74(3), 463–470.
- [9] Ho, C. R., Kuo, N. J., Zheng, Q., and Soong, Y. S., 2000. Dynamically active areas in the South China Sea detected from TOPEX/POSEIDON satellite altimeter data. *Remote Sensing of Environment*, 71(3), 320–328.
- [10] Xie, S. P., Chang, C. H., Xie, Q., and Wang, D., 2007. Intraseasonal variability in the summer South China Sea: Wind jet, cold filament, and recirculations. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 112(C10), C10008
- [11] Zheng, Z. W., Zheng, Q., Kuo, Y. C., Gopalakrishnan, G., Lee, C. Y., Ho, C. R., Kuo, N. J., and Huang, S. J., 2016. Impacts of coastal upwelling off east Vietnam on the regional winds system: An air-sea-land interaction. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 76, 105–115.
- [12] Trần Văn Chung, Bùi Hồng Long, 2016. Ảnh hưởng của trường nhiệt độ và biên độ bất thường của mực nước trong Biển Đông liên quan đến biến đổi khí hậu. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 16(3), 255–266.
- [13] Bùi Hồng Long, Trần Văn Chung, 2017. Bước đầu nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu lên hiện tượng nước trời Nam Trung Bộ vào mùa hè. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 17(1), 1–11.
- [14] Võ Văn Lành (chủ biên), 1995. Các công trình nghiên cứu vùng nước trời mạnh Nam Trung Bộ. *Nxb. Khoa học và Kỹ thuật*, 203 tr.
- [15] Bùi Hồng Long, Trần Văn Chung, 2009. Tính toán dòng chảy trong khu vực nước trời Nam Trung Bộ bằng mô hình dòng chảy ba chiều (3D) phi tuyến. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 9(2), 1–25.
- [16] Long, B. H., and Van Chung, T., 2010. Some experimental calculations for 3D currents in the strong upwelling region of Southern Central Vietnam using finite element method. *Marine Biodiversity of East Asian Seas: Status, Challenges and Sustainable Development*, 165–177.
- [17] Bùi Hồng Long, Trần Văn Chung, 2013. Thử nghiệm tính toán hệ thống dòng chảy khu vực biển Nam Trung Bộ bằng mô hình ba chiều (3D) phi tuyến. *Kỷ yếu Hội nghị Quốc tế “Biển Đông 2012”*, Nha Trang, 12–14/9/2012. Tr. 17–28.
- [18] Yaremchuk, M., McCreary Jr, J., Yu, Z., and Furue, R., 2009. The South China Sea throughflow retrieved from climatological data. *Journal of Physical Oceanography*, 39(3), 753–767.
- [19] Metzger, E. J., Hurlburt, H. E., Xu, X., Shriver, J. F., Gordon, A. L., Sprintall, J., Susanto, R. D., and Van Aken, H. M., 2010. Simulated and observed circulation in the Indonesian Seas: 1/12° global HYCOM and the INSTANT observations. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 50(2), 275–300.

- [20] Gao, J., Xue, H., Chai, F., and Shi, M., 2013. Modeling the circulation in the gulf of Tonkin, South China Sea. *Ocean Dynamics*, 63(8), 979–993.
- [21] Xue, Z., Liu, J. P., DeMaster, D., Leithold, E. L., Wan, S., Ge, Q., Nguyen, V. L., and Ta, T. K. O., 2014. Sedimentary processes on the Mekong subaqueous delta: clay mineral and geochemical analysis. *Journal of Asian Earth Sciences*, 79, 520–528.
- [22] Tran Van Chung, Tong Phuoc Hoang Son, 2014. The numerical simulations on hydrodynamic and bio-geochemistry processes in Vietnam sea waters. In *Proceeding of International Mini Workshop on the Western Pacific Marine Biogeochemical Environment Variability. JAMSTEC, Tokyo 3–4 February 2014*. pp. 45–47.
- [23] Trần Văn Chung, Bùi Hồng Long, 2014. Đặc trưng thủy động lực vực nước Bình Cang - Nha Trang qua mô hình FEM và ECOSMO. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 14(4), 320–331.
- [24] Trần Văn Chung, Bùi Hồng Long, 2015. Một số kết quả tính toán dòng chảy trong vịnh Bắc Bộ bằng mô hình ba chiều phi tuyến. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 15(4), 320–333.
- [25] Large, W. G., and Pond, S., 1981. Open ocean momentum flux measurements in moderate to strong winds. *Journal of physical oceanography*, 11(3), 324–336.
- [26] Trenberth, K. E., Large, W. G., and Olson, J. G., 1990. The mean annual cycle in global ocean wind stress. *Journal of Physical Oceanography*, 20(11), 1742–1760.
- [27] Gill, A. E., 1982. Atmosphere-Ocean Dynamics (Vol. 30). *Academic Press*.
- [28] Dippner, J. W., Bùi Hồng Long, Nguyễn Kim Vinh, Pohlmann, J., 2007. Nước trời Việt Nam trong mối tương quan với quá trình biến đổi khí hậu toàn cầu. *Tuyển tập Báo cáo Hội nghị Quốc gia “Biển Đông-2007”, 12–14/9/2007, Nha Trang*. Tr. 571–588.
- [29] Võ Văn Lành, Tống Phước Hoàng Sơn, Nguyễn Văn Tuấn, 2007. Những vùng nước trời, nước chìm mạnh và ổn định trong lớp nước tầng mặt Biển Đông. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 7(2), 49–58.