

## BƯỚC ĐẦU NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN HIỆN TƯỢNG NƯỚC TRỜI NAM TRUNG BỘ VÀO MÙA HÈ

**Bùi Hồng Long\*, Trần Văn Chung**

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

\*E-mail: [buihonglongion@gmail.com](mailto:buihonglongion@gmail.com)

Ngày nhận bài: 26-2-2016

**TÓM TẮT:** Các nghiên cứu gần đây của các tác giả nước ngoài cho thấy có sự thay đổi hoàn lưu mùa hè trên Biển Đông với khoảng thời gian cỡ chục năm (thập kỷ) trong ba giai đoạn tương ứng 1998, 2001 và 2010. Từ các kết quả phân tích mực nước 20 năm bước đầu xét rằng xu thế diễn biến của mực nước trong khoảng thời gian từ 3 - 7 năm. Xu thế tăng mực nước trong khu vực có thể tách thành các giai đoạn 1993-2001, 2007-2010, còn giai đoạn 2002-2005 mực nước khu vực hầu như không tăng. Đã ghi nhận được sự tăng bất thường độ cao mực nước trong 2001 và 2010 đều nằm trong thời kỳ hoạt động của pha La Niña. Rõ ràng, các thay đổi có liên quan đến biến đổi khí hậu này sẽ có ảnh hưởng đáng kể đến hiện tượng nước trời khu vực Nam Trung Bộ (Việt Nam). Để góp phần làm rõ vấn đề trên, chúng tôi đã tiến hành xử lý chuỗi số liệu HYCOM + NCODA với ô kích thước lưới  $1/12,5^\circ$ . Đây là chuỗi số liệu khá tin cậy nó cho phép đánh giá và xác định được quy mô, đặc trưng của các xoáy đại dương có cỡ bậc tới vài chục km có thể phân tích quy mô chuyên động và hình thành các xoáy, bao gồm cả quá trình chi phối các lớp xáo trộn bề mặt, các vị trí uốn khúc của dòng hải lưu và các front, cơ chế thành tạo và lan truyền của các trường sóng ven bờ.

**Từ khóa:** Biến đổi khí hậu, hoàn lưu, nước trời, HYCOM, NCODA.

### ĐẶT VẤN ĐỀ

Đối với các quá trình vật lý trong Biển Đông, các nghiên cứu trước đây [1-5] đã cho rằng hệ dòng chảy Biển Đông chịu ảnh hưởng và tác động chủ yếu do gió mùa và hoàn lưu phía bắc Biển Đông liên quan đến trao đổi nước qua eo biển Luzon và eo biển Đài Loan. Đặc điểm nổi bật mang tính chế độ của hệ dòng chảy trong khu vực là trong lớp nước phía trên tồn tại xoáy nghịch do ảnh hưởng của gió mùa Tây Nam vào mùa hè và xoáy thuận do gió mùa Đông Bắc vào mùa đông. Vào mùa hè, giữa Biển Đông về phía bờ tây, ngoài khơi miền Trung Việt Nam xuất hiện một cấu trúc dòng lưỡng cực (Dipole) là xoáy nghịch nằm ở phía nam và xoáy thuận ở phía bắc tại khu vực lân cận vĩ độ  $11^\circ\text{N}$  [6, 7]. Wang G., và nnk., (2006) [6] cho rằng chuyển động của vùng

xoáy nghịch phía nam và xoáy thuận phía bắc xuất hiện đồng thời và gọi chúng là một cấu trúc lưỡng cực, xuất hiện bắt đầu vào tháng sáu và đỉnh điểm vào tháng tám hoặc tháng chín. Trong khi xoáy nghịch ở phần phía nam Biển Đông được coi là ổn định và được công nhận bởi Bayer và Liu, (2008) [8] và Fang và nnk., (2002) [9], còn xoáy thuận ở phía bắc bị chi phối bởi lực tác động do gió có quy mô khu vực và địa phương [8, 10, 11].

Trên Biển Đông các hoàn lưu xoáy cỡ lớn (circulation gyres) và hiện tượng nước trời có sự suy giảm khi gió mùa yếu đi vào các thời kỳ El Niño [12, 13], ngoài ra chúng còn biến đổi theo từng mùa và thay đổi đáng kể giữa các mùa. Các ảnh hưởng mạnh của El Niño lên dòng hải lưu Biển Đông cũng đã được mô tả trong các công trình của Wang, C., và nnk.,

(2006) [14]. Vào mùa hè hệ thống hoàn lưu lưỡng cực có các thay đổi cỡ thập niên [15] và thay đổi cỡ liên mùa [16]. Trong thời kỳ phát triển El Niño, phía tây Biển Đông xuất hiện hệ thống dòng lưỡng cực mùa hè [17], trong khi đó vào giai đoạn El Niño suy giảm, cấu trúc lưỡng cực gần như biến mất [13]. Sự thay đổi của hệ thống dòng 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) [18].

Gần đây Yaremchuk và nnk., (2009) [19], Metzger và nnk., (2010) [20] đã dùng các kết quả của mô hình HYCOM trong nghiên cứu biển Indonesia. Gao, và nnk., (2013) [21] đã sử dụng số liệu của mô hình HYCOM làm điều kiện biên mở cho mô hình POM khi nghiên cứu vịnh Bắc Bộ. Xue và nnk., (2014) [22] đã sử dụng kết quả của mô hình HYCOM để nghiên cứu quá trình trầm tích trong vùng cửa sông Mê Kông.

Các vấn đề nghiên cứu cấu trúc dòng chảy cho vùng nước trời Nam Trung Bộ bằng mô hình đã được chúng tôi nghiên cứu trong công trình của mình [23, 24]. Tuy nhiên, các công trình chỉ dừng lại ở nghiên cứu đặc trưng mùa gió chứ chưa giải quyết bài toán cho các giai đoạn bất thường của khí hậu. Khó khăn chính do những hạn chế nguồn số liệu thực đo, thiếu các chuỗi số liệu nhiều năm để thực hiện các đồng hóa dữ liệu cho mô phỏng hiện tượng cũng như các đánh giá tính thích ứng của mô hình nghiên cứu. Do vậy, trong bài báo này, chúng tôi muốn tận dụng chuỗi số liệu đã được rút ra từ mô hình HYCOM + NCODA để phân tích lại với lưới phương ngang  $1/12,5^\circ$  cho 40 lớp độ sâu.

## TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Hệ thống được thiết lập cho đại dương toàn cầu với HYCOM 2.2 là mô hình động lực. Tính toán được thực hiện trên lưới GLab0.08 theo 32 lớp có thể cung cấp trên lưới đều GLBu0.08 (40 lớp) bằng phương pháp nội suy. Trường độ sâu có nguồn gốc từ bộ dữ liệu GEBCO 1/30. Lực tác động bề mặt có được từ Trung tâm Dự báo Môi trường Quốc gia Mỹ (NCEP), Hệ

thống Dự đoán Khí hậu Phân tích lại (CFSR) theo bước thời gian 1 giờ với độ phân giải ngang  $0,3125^\circ$  bao gồm ứng suất gió, tốc độ gió, thông lượng nhiệt và lượng mưa. Chu trình ngày được phân tích tích hợp bởi tần số theo thời gian của đầu vào lực tác động.

Sử dụng hệ thống các Đồng hóa Dữ liệu Hải dương kết hợp (NCODA) [25, 26] cho hệ thống dữ liệu đồng hóa. NCODA sử dụng các mô hình dự báo như một ước lượng đầu tiên theo sơ đồ biến phân 3D và đồng hóa các quan sát vệ tinh cao độ kê sẵn có (theo dõi thu được thông qua Trung tâm Dữ liệu Cao độ thuộc Văn phòng Hải dương học Hải quân Mỹ (NAVOCEANO)) quan sát vệ tinh và nhiệt độ bề mặt biển (SST) tại chỗ cũng như các mặt cắt thẳng đứng của nhiệt độ và độ mặn tại chỗ từ các thiết bị XBT, các trạm phao Argo và trạm phao neo cố định.

Hệ thống đồng hóa hải dương học mới biến phân ba chiều (3DVAR) đã được sử dụng trong Mô hình Hải dương Tọa độ Hỗn hợp (HYCOM).

Các biến phân tích 3DVAR cho hải dương học là nhiệt độ, độ mặn, địa thế vị (độ cao động lực), và thành phần vectơ vận tốc  $u, v$ . Tất cả các biến hải dương học được phân tích đồng thời trong không gian ba chiều. Các mối tương quan nằm ngang là đa biến theo địa thế và vận tốc, qua đó cho phép điều chỉnh các trường khối lượng có tương quan với điều chỉnh các trường dòng chảy. Những điều chỉnh tốc độ (hay các gia số) là cân bằng địa chuyển với gia số địa thế, được xác định từ phân bố của nhiệt độ và độ mặn [27].

Bài toán NCODA 3DVAR có công thức như sau:

$$x_a = x_b + P_b H^T (H P_b H^T + R)^{-1} [y - H(x_b)] \quad (1)$$

Trong đó:  $x_a$  là vectơ phân tích,  $x_b$  là vectơ nền,  $P_b$  là giá trị dương thể hiện sai số nền ma trận hiệp phương sai,  $H$  là toán tử tiến hóa,  $R$  là sai số ma trận hiệp phương sai quan sát, và  $y$  là vectơ quan sát. Tại thời điểm hiện tại, toán tử khai triển trong NCODA là nội suy không gian ba chiều bằng cách lấp một bề mặt cho một mục tiêu điểm lưới  $4 \times 4 \times 4$  và đánh giá bề mặt ở các vị trí quan sát.

Phương trình (1) là dạng quan sát không gian của các phương trình 3DVAR. Một hình thức kép của 3DVAR là thuật toán phân tích không gian, được định nghĩa bởi các vector mô hình trạng thái trên một số lưới đều. Courtier, (1997) [28] đã chỉ ra rằng hai công thức là tương đương cho các lời giải tương tự. Tuy nhiên, như đã trình bày bởi Daley và Barker, (2000, 2001) [28, 29], có lợi thế trong việc sử dụng một cách tiếp cận quan sát không gian trong các ứng dụng mô hình biển. Lời giải của các quan sát vấn đề không gian 3DVAR được thực hiện theo hai bước. Đầu tiên, các phương trình:

$$(HP_b H^T + R)z = [y - H(x_b)] \quad (2)$$

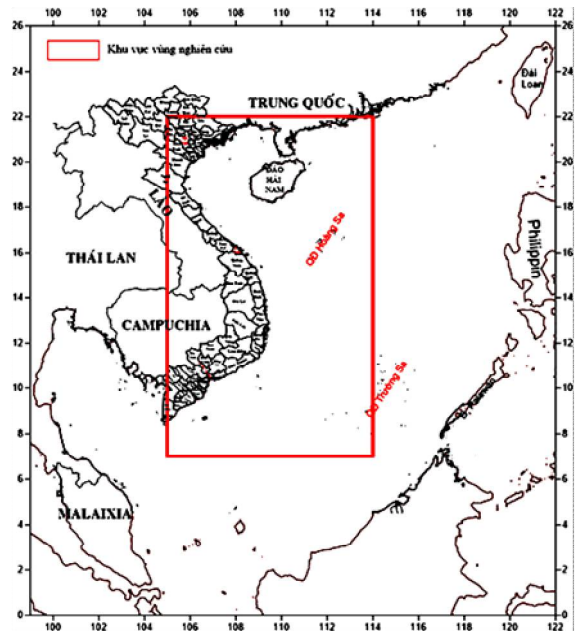
được giải quyết cho các vector  $z$ . Tiếp theo là phép nhân sử dụng  $z$ :

$$x_a - x_b = P_b H^T z \quad (3)$$

để thu được trường hiệu chỉnh trong không gian điểm lưới. Một điều kiện trước hết thuật toán suy giảm gradient liên hợp phức được dùng để giải (2) là sử dụng khối chéo các tiền xử lý. Các khối được xác định bằng cách tách các mạng lưới phân tích thành các phân vùng không chồng chéo của một vị trí mềm đều đặt trên các miền phân tích trong mô hình điểm lưới không gian  $(i, j)$ . Việc sử dụng của các khối  $i, j$  hơn là các khối vĩ độ - kinh độ cho phép phân tích để được hoàn toàn độc lập với lưới. Các quan sát được sắp xếp thành các khối và các ma trận các tiền xử lý được hình thành từ một sự phân tích Cholesky của các mối tương quan giữa các quan sát trong cùng một khối.

Theo ghi nhận của Daley và Barker, (2001) [27], việc hình thành NCODA 3DVAR được đảm bảo để bao gồm các mối tương quan giữa tất cả các quan sát trong tất cả các khối, từ đó đạt được một lời giải toàn cầu. Các trường hiệu chỉnh được bảo đảm để chứa các mối tương quan giữa tất cả các quan sát và tất cả các điểm lưới, từ đó tạo ra một phân tích liền mạch và liên tục. Phép song song của các thuật toán 3DVAR đạt được trong ba cách. Song song đầu tiên được thực hiện qua các khối quan sát được xác định trong các tiền xử lý. Song song thứ hai được thực hiện qua khối quan sát được xác

định theo các lời giải gradient liên hợp phức, và song song thứ ba được thực hiện qua các khối xác định điểm lưới theo bước sau phép nhân (lập bản đồ từ quan sát không gian tới không gian lưới). Lưu ý rằng việc sử dụng bộ nhớ cho lời giải gradient liên hợp phức trong 3DVAR được giảm khi số lượng các quá trình được tăng lên. Tính năng này cho phép các 3DVAR có quy mô phù hợp với các quá trình trên các hệ thống tính toán lớn và còn có thể chạy tốt trên các hệ thống nhỏ với bộ nhớ hạn chế. Phạm vi khu vực nghiên cứu được chúng tôi chọn để phân tích các tiến trình độ cao bề mặt biển có kinh độ từ 105°E đến 114°E và vĩ độ từ 7°N đến 22°N (hình 1, khung màu đỏ) có độ phân giải lưới theo phương ngang 1/12,5° ≈ 0,08° và phân tích từ chuỗi số liệu đã được chuẩn hóa và phân tích lại của HYCOM + NCODA trong giai đoạn 20 năm từ 1993-2012. Các phân bố dòng chảy trong mùa gió Tây Nam được chúng tôi trình bày trong toàn vùng Biển Đông có cái nhìn trực quan hơn về phân bố dòng.



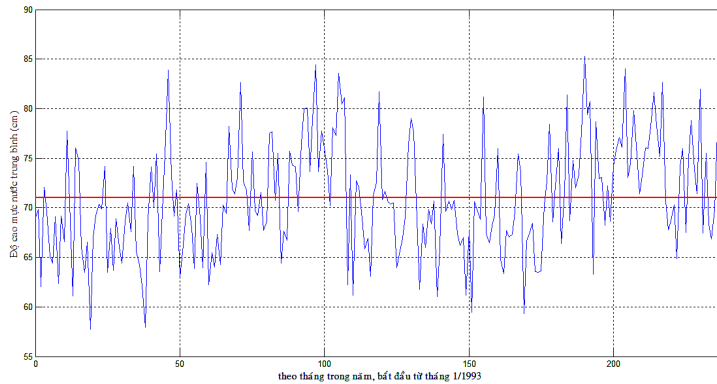
Hình 1. Khu vực nghiên cứu biến động độ cao mực nước biển theo giai đoạn 1993 - 2012

## KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

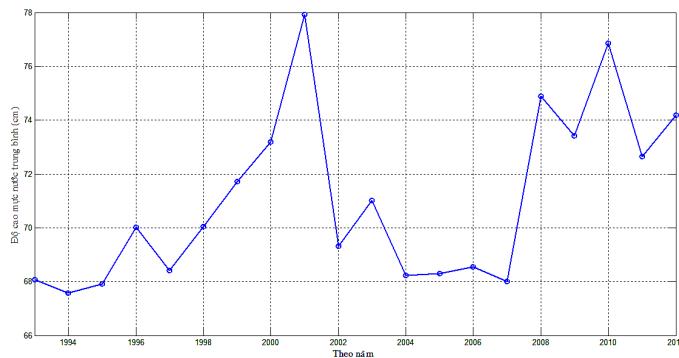
Kết quả phân tích chuỗi số liệu mực nước biển trung bình trong 20 năm từ 1993 đến 2012 (từ chuỗi số liệu HYCOM + NCODA Global

1/12,5° Reanalysis) trên phạm vi vùng nghiên cứu, khung hình màu đỏ (hình 1) cho thấy trên phương diện trung bình tháng trong 20 năm, vào tháng 11/2008 mực nước đạt giá cao nhất (85,31 cm) (năm có hiện tượng La Niña cường độ yếu giai đoạn suy giảm) và thấp nhất đạt 57,74 cm vào tháng 8/1994 (năm có hiện tượng El Niño cường độ trung bình ở giai đoạn đang phát triển). Vị trí tại đó (110,4000°E; 20,6400°N) giá trị mực nước biển đạt lớn nhất trong tiến trình 20 năm là 186,9 cm vào tháng 10/2000 (giai đoạn đang phát triển La Niña cường độ yếu) (hình 2). Trong tiến trình thời gian theo trung bình tháng trong 20 năm, phân tích trên đường xu thế biến đổi mực nước biển cho thấy có dấu hiệu tăng mực nước từ tháng 9/2007 (trên bản đồ hình 2 là số “176” trên trục hoành (trục thời gian)) có thể do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu. Vấn đề này sẽ tiếp tục nghiên cứu trong các giai đoạn tiếp theo để tìm được lời giải pháp chính xác hơn. Theo trung bình tháng, các giá trị mực nước tăng cao trong năm 2001 (77,93 cm) (giai đoạn La Niña cường độ

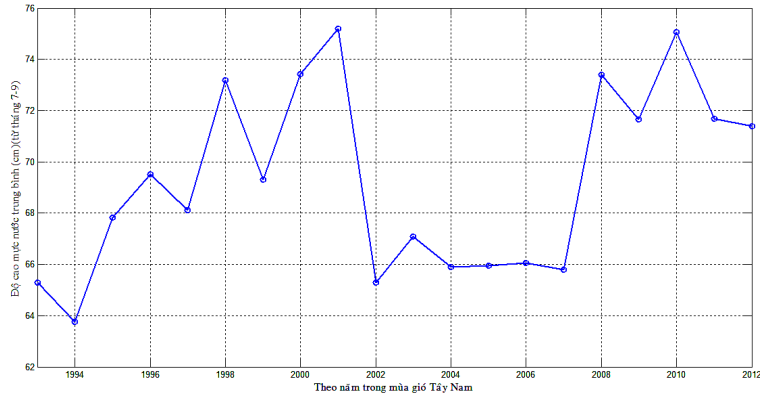
yếu đang suy giảm) và năm 2010 (76,86 cm) (giai đoạn La Niña cường độ mạnh đang phát triển) (hình 3). Nếu xét ảnh hưởng của mùa gió Tây Nam, lấy trung bình tháng 7 - 9 trong các năm, trong đường tiến trình mực nước xuất hiện thêm sự cao bất thường vào năm 1998 (giai đoạn El Niño có cường độ mạnh song đang ở thời kỳ suy giảm) (hình 4). Như vậy trong mùa gió Tây Nam, sự xuất hiện độ cao bất thường độ cao mực nước năm 1998 (73,2 cm) hoàn toàn khác với sự thay đổi mực nước trong giai đoạn 2001 (75,2 cm) và 2010 (75,07 cm). Để có được thông tin cụ thể hơn, chúng ta đi xét cơ chế dòng chảy cho các giai đoạn này vào mùa gió Tây Nam. Để đánh giá sự khác biệt của sự tăng đột biến mực nước có tác động đến hiện tượng nước trời Nam Trung Bộ hay không? Chúng tôi chọn so sánh đặc trưng dòng chảy trong các tháng có ảnh hưởng mùa gió Tây Nam (tháng 7 - 9) trong các năm 1998, 2001 và 2010 so với năm 2005 (năm mà theo biến trình độ cao điển hình, không có sự tăng bất thường của mực nước biển (hình 3)).



Hình 2. Biến trình độ cao mực nước trung bình tháng (cm) trong các năm 1993 - 2012



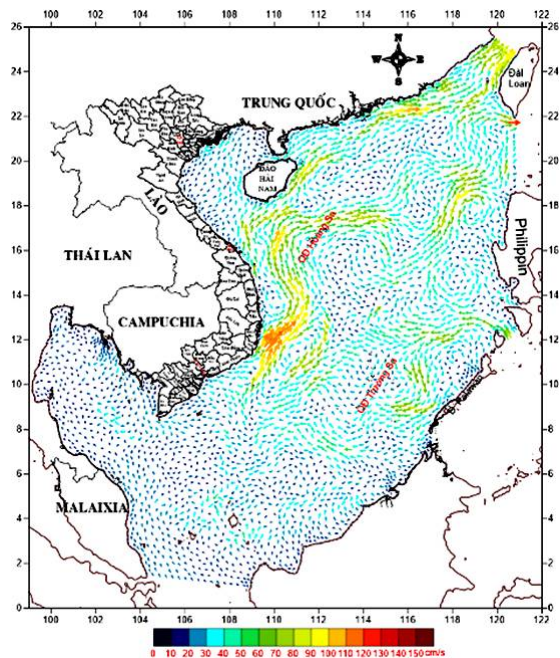
Hình 3. Biến trình độ cao mực nước trung bình năm (cm) trong các năm 1993 - 2012



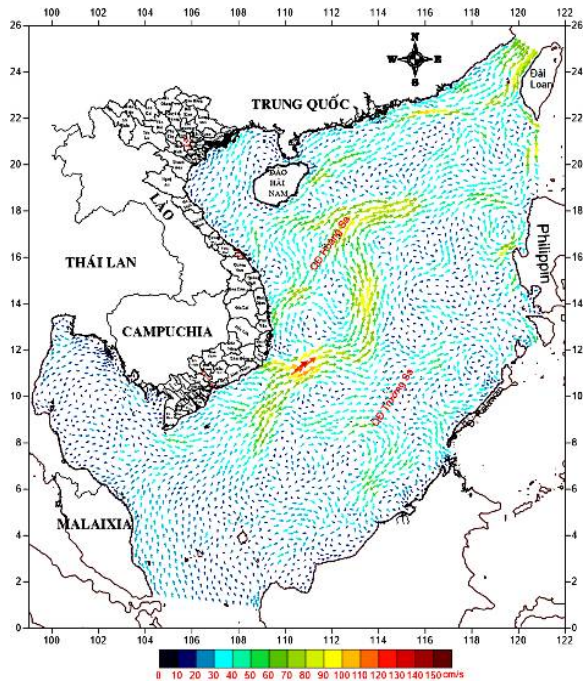
Hình 4. Biến trình độ cao mực nước trung bình năm cho mùa gió Tây Nam

Từ các kết quả nghiên cứu trước đây cho thấy vùng nước trôi 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 hai lõi và sự tồn tại và cường độ của xoáy nghịch ngoài khơi Nam Trung Bộ. Kết quả phân tích từ chuỗi số liệu của HYCOM + NCODA cho hệ thống dòng chảy, vào tháng 7/2005, xuất hiện 2 xoáy nghịch có ảnh hưởng đến vùng ven biển miền Trung - Nam Trung Bộ, Việt Nam. Một xoáy nghịch lớn ngoài khơi vùng biển Khánh Hòa - Bình Thuận, có ảnh hưởng đến chế độ động lực ven bờ từ phía bắc Bình Thuận đến phía nam Khánh Hòa (Hiện tượng nước trôi Nam Trung Bộ) với tâm nằm tại vị trí tiếp giáp ngoài khơi Ninh Thuận - Bình Thuận (111,9017°E; 11,3875°N). Xoáy nghịch thứ hai nhỏ hơn xuất hiện ngoài khơi vùng biển Quảng Nam - Quảng Ngãi có tâm nằm tại vị trí (110,8190°E; 15,5112°N), ảnh hưởng tới chế độ động lực ven bờ từ Bình Định đến Quảng Ngãi (hình 8a). Trong khi đó tại tháng 7/1998, 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 có tâm nằm ngoài khơi vùng biển Ninh Thuận với vị trí (111,0906°E; 11,5112°N) (suy giảm hiện tượng nước trôi). Tháng 7/2001 tại khu vực ngoài khơi tiếp giáp giữa Ninh Thuận - Bình Thuận xuất hiện hệ thống dòng chảy khá lớn hướng lên phía đông bắc làm suy yếu gần như hoàn toàn xoáy nghịch ở ngoài khơi vùng biển Bình Thuận (hình 5b). Vào tháng 7/2010 xuất hiện dòng chảy dọc bờ mạnh theo hướng bắc - bắc đông bắc từ phía bắc Ninh Thuận đến vùng

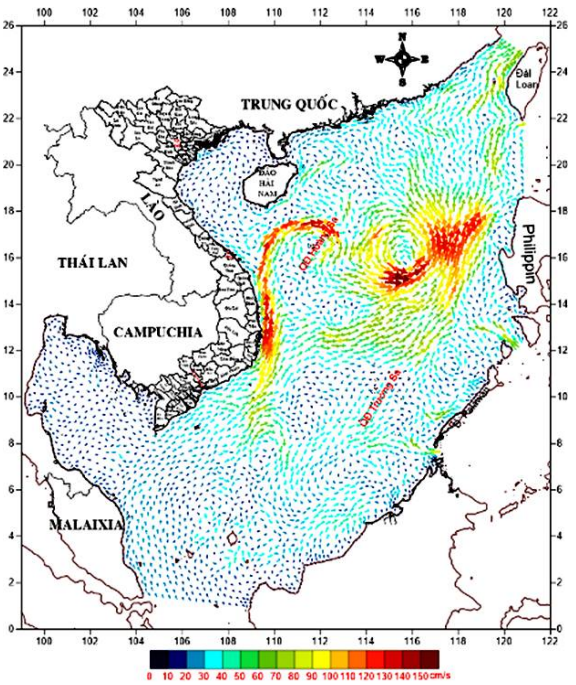
biển Bình Định, hệ thống dòng chảy này đã làm triệt tiêu hoàn toàn xoáy nghịch ngoài khơi Ninh Thuận - Bình Thuận (hiện tượng nước trôi triệt tiêu) (hình 5c). Phân bố dòng chảy trong các tháng tiếp theo trong mùa gió Tây Nam của năm 1998, 2001 và 2010 có thể được thấy trên hình bên dưới (tháng 8 (hình 6a, 6b, 6c), tháng 9 (hình 7a, 7b, 7c)) và phân bố dòng chảy trong mùa gió Tây Nam trong năm 2005 được trình bày trong hình 8a, 8b, 8c. Các phân tích sâu hơn sẽ được chúng tôi công bố trong các bài báo sau.



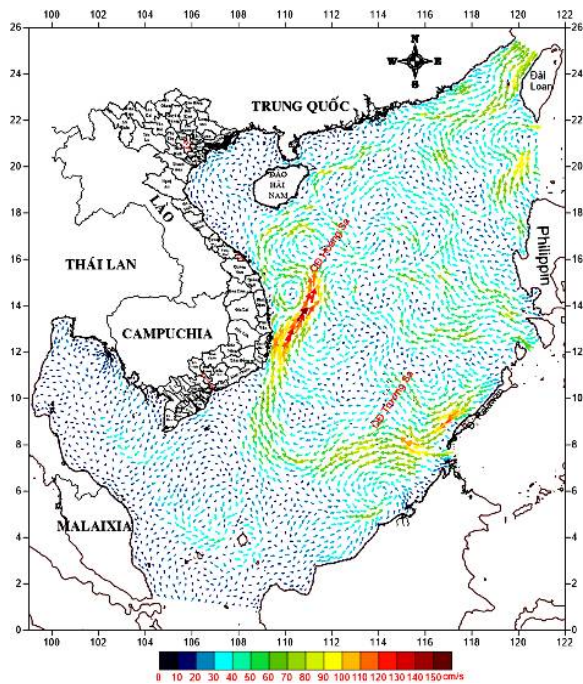
Hình 5a. Phân bố dòng chảy tầng mặt vào tháng 7/1998



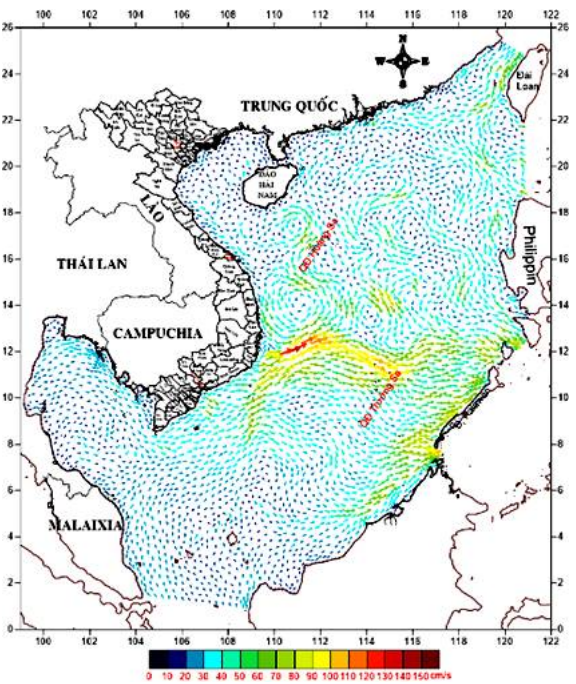
Hình 5b. Phân bố dòng chảy tầng mặt vào tháng 7/2001



Hình 5c. Phân bố dòng chảy tầng mặt vào tháng 7/2010

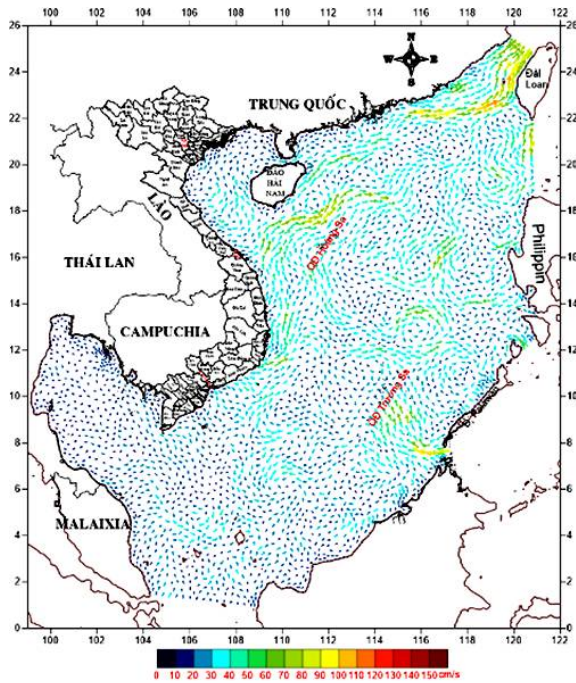


Hình 6a. Phân bố dòng chảy tầng mặt vào tháng 8/1998

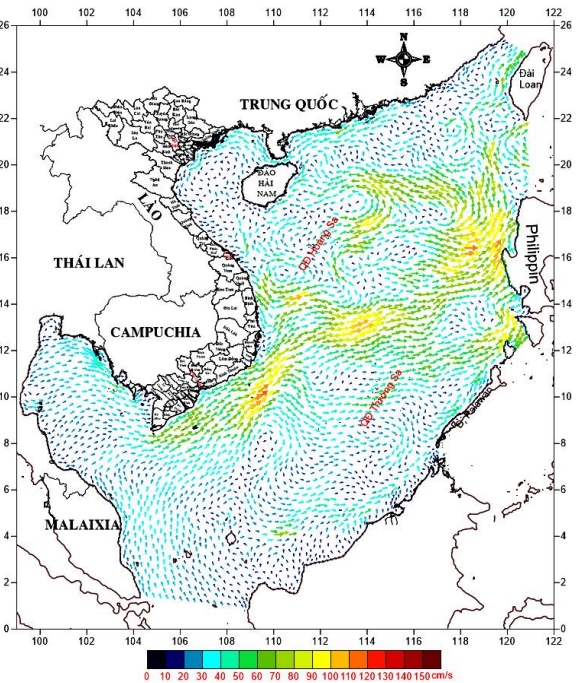


Hình 6b. Phân bố dòng chảy tầng mặt vào tháng 8/2001

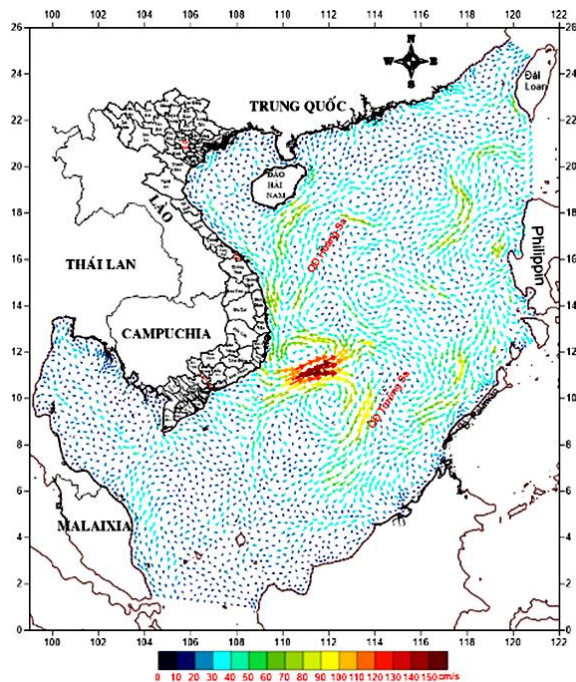
Bước đầu nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi...



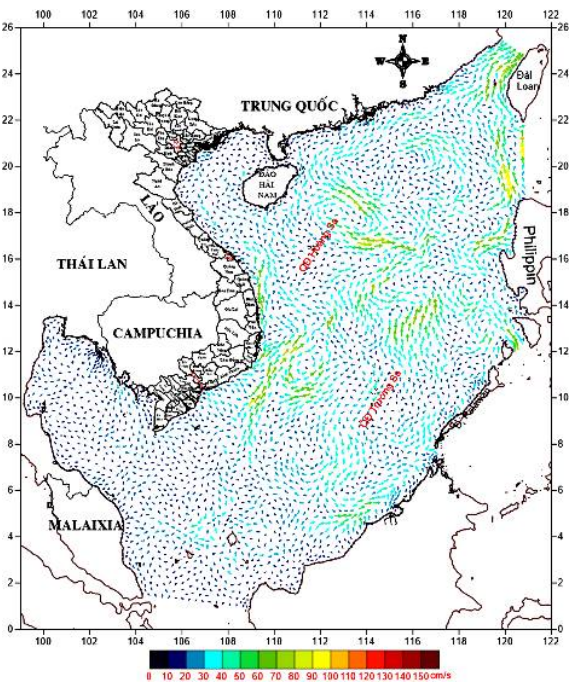
Hình 6c. Phân bố dòng chảy tầng mặt vào tháng 8/2010



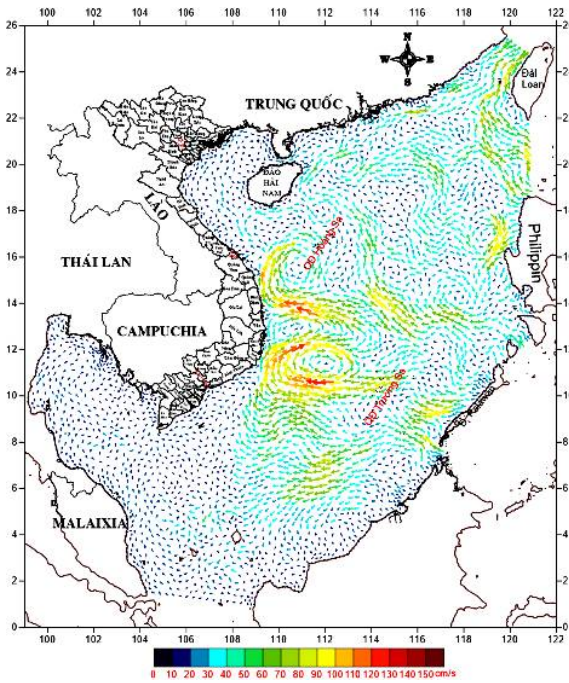
Hình 7a. Phân bố dòng chảy tầng mặt vào tháng 9/1998



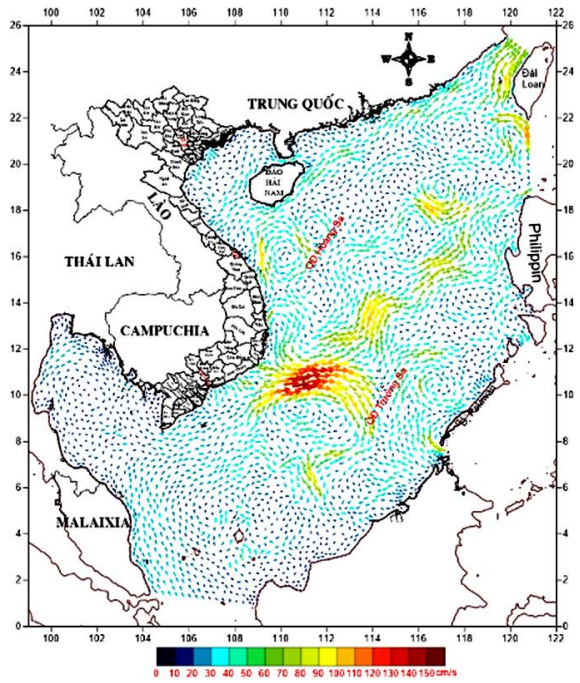
Hình 7b. Phân bố dòng chảy tầng mặt vào tháng 9/2001



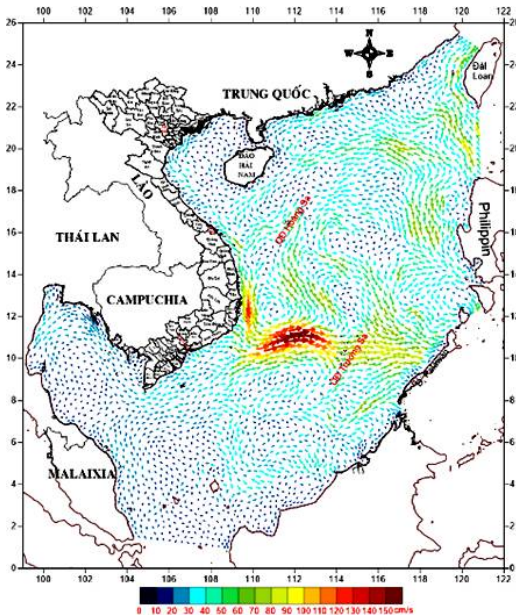
Hình 7c. Phân bố dòng chảy tầng mặt vào tháng 9/2010



Hình 8a. Phân bố dòng chảy tầng mặt vào tháng 7/2005



Hình 8b. Phân bố dòng chảy tầng mặt vào tháng 8/2005



Hình 8c. Phân bố dòng chảy tầng mặt vào tháng 9/2005

## NHẬN XÉT VÀ THẢO LUẬN

Các hiện tượng tăng đột biến của mực nước trong trường gió mùa Tây Nam trong năm

1998, 2001 và 2010 đã làm suy yếu hiện tượng nước trời tại khu vực Nam Trung Bộ.

Xu thế tăng độ cao mực nước biển trong khu vực có thể tách thành các giai đoạn 1993 - 2001, 2007 - 2010, còn giai đoạn 2002 - 2005 mực nước khu vực hầu như không tăng.

Các năm vào mùa gió Tây Nam có mực nước cao tương đối là 1993, 1996, 1998, 2001, 2008, 2010. Các năm vào mùa gió Tây Nam có mực nước thấp tương đối là: 1994, 1997, 1999, 2002, 2009, 2011 có liên quan đến hiện tượng El Niño và La Niña.

Từ các kết quả phân tích mực nước 20 năm bước đầu có thể nhận xét rằng xu thế diễn biến của mực nước trong khoảng thời gian từ tháng 3 - 7 năm.

Sự tăng bất thường mực nước trong 2001 và 2010 đều nằm trong thời kỳ hoạt động của La Niña. Vấn đề này cần nghiên cứu kỹ lưỡng hơn trong tương lai gần để có những đánh giá đúng về mức độ ảnh hưởng của giai đoạn La Niña đến vùng Biển Đông.

Theo phân tích biến trình thời gian của mực nước biển từ chuỗi số liệu 20 năm từ



1993 - 2012 của HYCOM + NCODA phân tích lại quy mô toàn cầu  $1/12,5^\circ$ , đã thấy xuất hiện sự gia tăng độ cao mực nước nhanh bắt đầu từ năm 2007, bước đầu có thể nói đã có ảnh hưởng đến sự biến đổi khí hậu trong khu vực Biển Đông. Từ kết quả nghiên cứu, có thể thấy rằng hiện tượng nước trôi khu vực Nam Trung Bộ thực sự mạnh vào tháng 7 (tháng bắt đầu chịu tác động hoàn toàn của trường gió mùa Tây Nam).

**Lời cảm ơn:** Chúng tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành đến Ban chủ nhiệm nhiệm vụ NVNĐT Hợp tác Quốc tế Việt Nam - Hoa Kỳ (2013 - 2015) và đề tài cấp nhà nước: “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, mã số: VT/UD-07/14-15” và các đồng nghiệp đã hỗ trợ cho giúp chúng tôi hoàn thành bài báo này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Wyrski, K., 1961. Physical oceanography of the Southeast Asian waters. *Scripps Institution of Oceanography*.
2. Xu, X. Z., Qiu, Z., and Chen, H. C., 1982. The general descriptions of the horizontal circulation in the South China Sea (Bien Dong Sea). In *Proceedings of the 1980 Symposium on Hydrometeorology of the Chinese Society of Oceanology and Limnology*, pp. 137-145.
3. Shaw, P. T., and Chao, S. Y., 1994. Surface circulation in the South China Sea (Bien Dong Sea). *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, **41**(11), 1663-1683.
4. Chu, P. C., Edmons, N. L., and Fan, C., 1999. Dynamical mechanisms for the South China Sea (Bien Dong Sea) seasonal circulation and thermohaline variabilities. *Journal of Physical Oceanography*, **29**(11), 2971-2989.
5. Hu, J., Kawamura, H., Hong, H., and Qi, Y., 2000. A review on the currents in the South China Sea (Bien Dong Sea): seasonal circulation, South China Sea (Bien Dong Sea) warm current and Kuroshio intrusion. *Journal of Oceanography*, **56**(6), 607-624.
6. Wang, G., Chen, D., and Su, J., 2006. Generation and life cycle of the dipole in the South China Sea (Bien Dong Sea) summer circulation. *Journal of Geophysical Research*, **111**, C06002.
7. Fang, W., Guo, J., Shi, P., and Mao, Q., 2006. Low frequency variability of South China Sea (Bien Dong Sea) surface circulation from 11 years of satellite altimeter data. *Geophysical research letters*, **33**(22).
8. Bayler, E. J., and Liu, Z., 2008. Basin-scale wind-forced dynamics of the seasonal southern South China Sea (Bien Dong Sea) gyre. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, **113**(C7).
9. Fang, W., Fang, G., Shi, P., Huang, Q., and Xie, Q., 2002. Seasonal structures of upper layer circulation in the southern South China Sea (Bien Dong Sea) from in situ observations. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, **107**(C11).
10. Xie, S. P., Chang, C. H., Xie, Q., and Wang, D., 2007. Intraseasonal variability in the summer South China Sea (Bien Dong Sea): Wind jet, cold filament, and recirculations. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, **112**(C10).
11. Zhuang, W., Xie, S. P., Wang, D., Taguchi, B., Aiki, H., and Sasaki, H., 2010. Intraseasonal variability in sea surface height over the South China Sea (Bien Dong Sea). *Journal of Geophysical Research: Oceans*, **115**(C4).
12. Fang, G., Chen, H., Wei, Z., Wang, Y., Wang, X., and Li, C., 2006. Trends and interannual variability of the South China Sea (Bien Dong Sea) surface winds, surface height, and surface temperature in the recent decade. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, **111**(C11).
13. Xie, S. P., Xie, Q., Wang, D., and Liu, W. T., 2003. Summer upwelling in the South China Sea (Bien Dong Sea) and its role in regional climate variations. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, **108**(C8).

14. Wang, C., Wang, W., Wang, D., and Wang, Q., 2006. Interannual variability of the South China Sea (Bien Dong Sea) associated with El Niño. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, **111**(C3).
15. Wang, G., Wang, C., and Huang, R. X., 2010. Interdecadal variability of the eastward current in the South China Sea (Bien Dong Sea) associated with the summer Asian monsoon. *Journal of Climate*, **23**(22), 6115-6123.
16. 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.
17. Chang, C. W., Hsu, H. H., Wu, C. R., and Sheu, W. J., 2008. Interannual mode of sea level in the South China Sea (Bien Dong Sea) and the roles of El Niño and El Niño Modoki. *Geophysical Research Letters*, **35**(3).
18. Fang, W., Qiu, F., and Guo, P., 2014. Summer circulation variability in the South China Sea (Bien Dong Sea) during 2006-2010. *Journal of Marine Systems*, **137**, 47-54.
19. Yaremchuk, M., McCreary Jr, J., Yu, Z., and Furue, R., 2009. The South China Sea (Bien Dong Sea) Throughflow Retrieved from Climatological Data\*. *Journal of Physical Oceanography*, **39**(3), 753-767.
20. 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.
21. Gao, J., Xue, H., Chai, F., and Shi, M., 2013. Modeling the circulation in the Gulf of Tonkin, South China Sea (Bien Dong Sea). *Ocean Dynamics*, **63**(8), 979-993.
22. Xue, Z., Liu, J. P., DeMaster, D., Leithold, E. L., Wan, S., Ge, Q., 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.
23. 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 (3-D) phi tuyến. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, **9**(2), 1-25.
24. Bui Hong Long, Tran Van Chung, 2010. Some experimental calculation for 3D currents in the strong upwelling region of southern central Vietnam using finite element method. *Proceedings of the International Conference Marine Biodiversity of East Asian Seas: Status, Challenges And Sustainable Development. Nha Trang, Vietnam*, 165-177.
25. Cummings, J. A., and Smedstad, O. M., 2013. Variational data assimilation for the global ocean. In *Data Assimilation for Atmospheric, Oceanic and Hydrologic Applications* (Vol. II) (pp. 303-343). Springer Berlin Heidelberg.
26. Cummings, J. A., 2005. Operational multivariate ocean data assimilation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **131**(613), 3583-3604.
27. Daley, R., and Barker, E., 2001. NAVDAS: Formulation and diagnostics. *Monthly Weather Review*, **129**(4), 869-883.
28. Courtier, P., 1997. Dual formulation of four-dimensional variational assimilation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **123**(544), 2449-2461.
29. Daley, R., and Barker, E., 2001. The NAVDAS source book (p. 163). *NRL/PJ/7530-01-441. Naval Research Laboratory, Monterey, California*.

## PRELIMINARY STUDIES ON THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE UPWELLING PHENOMENON IN SOUTH CENTRAL VIETNAM WATERS IN SUMMER

**Bui Hong Long, Tran Van Chung**

*Institute of Oceanography, VAST*

**ABSTRACT:** Recent international studies have demonstrated the decadal variability in the circulation patterns of East Vietnam Sea in the summer with three phases in 1998, 2001 and 2010 respectively. From the analytical results of the sea water level in 20 years, the variation of the water level in the period from 3 - 7 years was considered. Uptrend in regional water levels can be separated into phases 1993-2001, 2007-2010, and the sea water level in the 2002-2005 period remained almost unchanged. Noted that the abnormal increases in the water level in 2001 and 2010 were within the period of La Niña active phase. Obviously, these changes will significantly affect the upwelling of South Central Vietnam. To seek an answer, we have analyzed the data sequence HYCOM + NCODA with 1/12.5° Global Reanalysis. This sequence is quite reliable to assess the scale and the characteristics of ocean eddies with the size of a few tens of kilometers. With this data series, the movement and formation of the eddies can be analyzed, including processes that control the surface mixed layer, the meanders of ocean currents and fronts, the generation and propagation of coastal trapped waves.

**Keywords:** Climate Change, Circulation, Upwelling, HYCOM, NCODA.