

Biến động nhiệt độ bề mặt biển khu vực tỉnh Bến Tre dưới tác động của biến đổi khí hậu

Variation of sea surface temperature in Ben Tre province under climate change.

Trần Văn Chung*, Cao Văn Nguyên
Tran Van Chung*, Cao Van Nguyen

*Viện Hải dương học - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
Institute of Oceanography, Vietnam Academy of Science and Technology*

(Ngày nhận bài: 28/08/2023, ngày phản biện xong: 12/11/2023, ngày chấp nhận đăng: 28/11/2023)

Tóm tắt

Nhiệt độ bề mặt biển (SST) là cốt lõi của nhiều quá trình trong đại dương. Nhiều nền tảng viễn thám khác nhau đã được sử dụng để thu được các sản phẩm SST ở các quy mô khác nhau. Đây là biến trạng thái chính được chọn để nghiên cứu biến đổi khí hậu vùng biển Bến Tre. SST trung bình năm của vùng biển Bến Tre đã tăng lên, đường trung bình năm của SST trong khoảng giai đoạn từ (2003-2008) đến (2015-2022) đã tăng thêm 0,6°C. Tháng có SST cao nhất trong vùng nghiên cứu là tháng năm; trong đó năm 2016 được đánh giá là năm có SST cao nhất trong giai đoạn phân tích (2003-2022).

Từ khóa: Nhiệt độ bề mặt biển (SST); Đa cảm biến; Đa quy mô; Viễn thám; Biến đổi khí hậu.

Abstract

Sea surface temperature (SST) is at the core of many processes in the ocean. Various remote sensing platforms have been used to obtain SST products of different scales. This is a key state variable chosen for the study of climate change in the waters of Ben Tre. The annual mean SST of Ben Tre waters has increased. The annual mean of SST in the period from (2003-2008) to (2015-2022) has increased by 0.6°C. The month with the highest SST in the study area is May; in which 2016 is assessed as the year with the highest SST in the analysis period (2003-2022).

Keywords: Sea surface temperature (SST); Multi-sensor; Multi-scale; Remote Sensing; Climate Change.

1. Đặt vấn đề

Nhiệt độ bề mặt trung bình toàn cầu (GMST) của trái đất đang tăng lên. Nó đã tăng 1,09°C trong khoảng thời gian từ 1850-1900 và 2011-2020 (Gulev và cs. 2021) [1]. Thế kỷ 20 là thế kỷ nóng nhất trong hơn 1000 năm qua; tuy nhiên, mức tăng nhiệt độ cao nhất đã xảy ra kể từ năm 1970. Hai thập kỷ qua (2001-2020) ấm hơn so

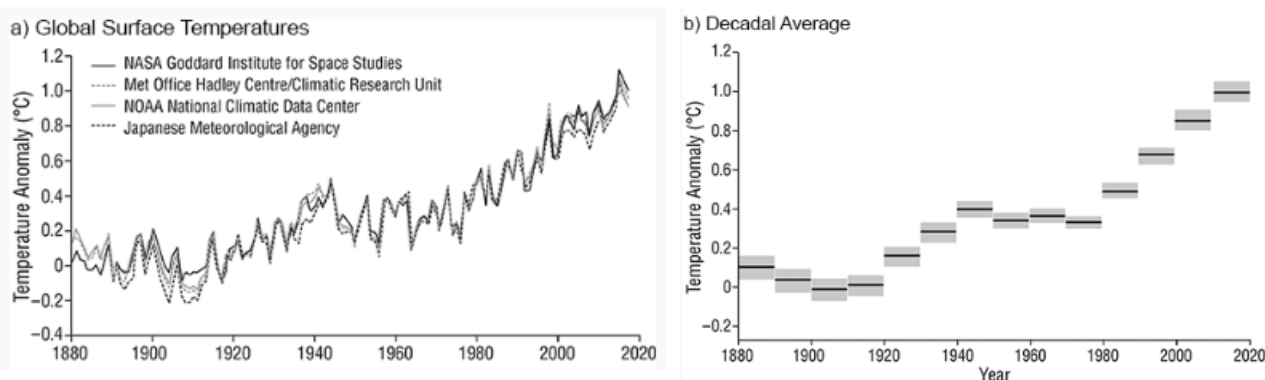
với thế kỷ trước, trong đó thập kỷ 2011-2020 là kỷ lục ấm nhất (IPCC 2021 [2]). Trong số những năm ấm nhất được NASA và NOAA ghi nhận (xét giai đoạn 2015 - 2020), năm 2016 và 2020 là nóng nhất, cao hơn 1,02°C so với mức trung bình cơ bản của giai đoạn 1951-1980 (Kennish và cs. 2023 [3]). Từ năm 1880 đến năm 2012, nhiệt độ bề mặt đại dương và đất liền trung bình toàn cầu tăng 0,85°C (0,65 đến 1,06°C) (Wong

*Tác giả liên hệ: Trần Văn Chung
Email: tvanchung@gmail.com

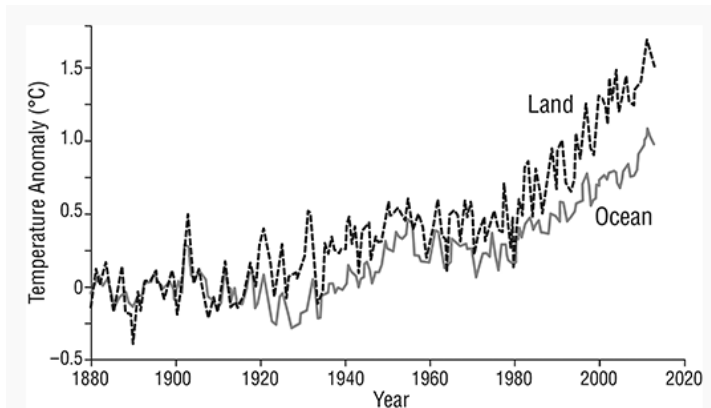
và cs. 2014 [4]). Nhiệt độ tổng hợp cao nhất được quan sát thấy sau năm 2000, trong đó năm 2010 trùng với năm 2005 khi nhiệt độ bề mặt đại dương và đất liền toàn cầu ấm nhất toàn cầu tăng hàng năm là $0,62 \pm 0,07^{\circ}\text{C}$ (IPCC 2014 [5]).

Nhiệt độ nước ở các cửa sông và đại dương trên thế giới cũng đang tăng lên (Kennish 2019 [6]; Bindoff và cs. 2019 [7]; Fox-Kemper và cs. 2021 [8]). Tuy nhiên, nhiệt độ tăng ít hơn đáng kể so với trên đất liền; ví dụ, trong giai đoạn từ 1850–1900 đến 2011–2020, GMST đã tăng $0,88^{\circ}\text{C}$ trên bề mặt đại dương so với $1,59^{\circ}\text{C}$ trên đất liền (Gulev và cs. 2021 [1]). Hầu hết sự nóng lên của các đại dương ($0,60^{\circ}\text{C}$) đã xảy ra kể từ năm 1980, với tốc độ ấm lên của đại dương tăng hơn gấp đôi kể từ năm 1993 (Pörtner và cs. 2019 [9]; Gulev và cs. 2021 [1]). Các đợt nắng nóng trên biển (tức là các giai đoạn nhiệt độ gần bề mặt cao bất thường kéo dài có thể dẫn đến những tác động nghiêm trọng và dai dẳng đối với các

hệ sinh thái biển) đang trở nên thường xuyên hơn, tăng gấp đôi về số lượng kể từ những năm 1980 (Fox-Kemper và cs. 2021 [8]). Nhiệt độ bề mặt đại dương được dự báo sẽ tăng hơn nữa trong thế kỷ 21 (trung bình $0,86^{\circ}\text{C}$ trong giai đoạn từ 1995-2014 đến 2081-2100 trong kịch bản phát thải SSP1-2.6 và $2,89^{\circ}\text{C}$ trong kịch bản phát thải SSP5-8.5) (Fox-Kemper và cs. 2021 [8]). Công trình Maslin (2021) [10] bằng cách thực hiện tất cả các hiệu chỉnh cần thiết, tạo ra một bản ghi liên tục về nhiệt độ bề mặt toàn cầu từ năm 1880 đến năm 2020, cho thấy sự nóng lên quan sát được trong khoảng từ $1,0^{\circ}\text{C}$ đến $1,3^{\circ}\text{C}$, với khả năng tăng cao nhất là $1,1^{\circ}\text{C}$ trong giai đoạn này (Hình 1). Những quan sát này được hỗ trợ bởi 60 năm dữ liệu khí cầu và vệ tinh. Các bản ghi nhiệt độ cũng cho chúng ta thấy rằng đất đang nóng lên nhanh hơn các đại dương. Kể từ năm 1850, đất liền đã ấm lên $1,44^{\circ}\text{C}$ và các đại dương tăng $0,89^{\circ}\text{C}$ (Hình 2).



Hình 1. Biến đổi nhiệt độ bề mặt trái đất trong 150 năm qua



Hình 2. Nhiệt độ đất liền và đại dương kể từ năm 1880.

IPCC (2012) [11] đã định nghĩa biến đổi khí hậu là những thay đổi khu vực hoặc toàn cầu về trạng thái khí hậu trung bình hoặc trong các kiểu biến đổi khí hậu trong nhiều thập kỷ đến hàng triệu năm thường được xác định bằng các phương pháp thống kê và đôi khi được gọi là những thay đổi trong điều kiện thời tiết dài hạn. Nhiệt độ mặt nước biển (SST) là một biến trạng thái quan trọng để nghiên cứu và dự đoán sự tương tác giữa đại dương và khí quyển (O'Carroll và cs., 2019 [12]) và là một chỉ số ghi nhận về biến đổi khí hậu toàn cầu (Ashfaq và cs., 2011 [13]); Emery và cs., 2001 [14]).

Hiện tại tỉnh Bến Tre đang chịu tác động khá mạnh của biến đổi khí hậu, vấn đề sạt lở bờ sông, bờ biển đáng báo động (Huỳnh Phúc Hậu (2023) [15]). Để đánh giá tác động của biến đổi khí hậu lên vùng biển Bến Tre, chuỗi số liệu SST được chúng tôi lựa chọn cho phân tích trên cơ sở độ tin cậy và phân bố đủ chi tiết theo không gian và đủ dài theo thời gian (Hình 3). Bến Tre là tỉnh thuộc vùng đồng bằng sông Cửu Long, có diện



Hình 3. Các vệ tinh chính đóng góp vào bộ dữ liệu SST (trích theo O'Carroll và cs. 2019 [12]).

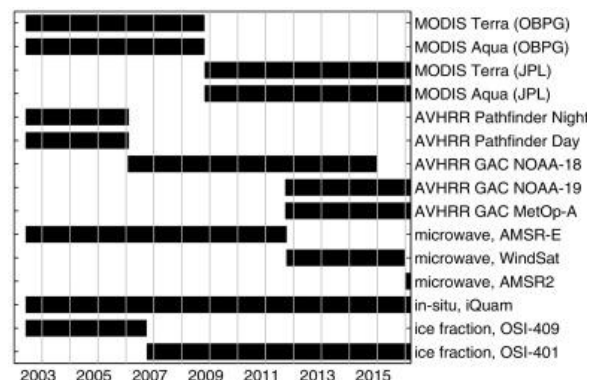
Trong nghiên cứu biến động SST cho vùng biển Bến Tre, chúng tôi đã sử dụng bộ dữ liệu SST nền tảng toàn cầu GHRSSST cấp 4 MUR. Phiên bản hiện tại của MUR (Phiên bản 4.1, <http://dx.doi.org/10.5067/GHGMR-4FJ04>, được truy cập vào ngày 1 tháng 6 năm 2022) kết hợp các lần truy xuất MODIS SST ở độ phân giải không gian cao khoảng 1 km, các lần truy xuất

tích tự nhiên là 2.360 km², được hợp thành bởi cù lao An Hóa, cù lao Bảo, cù lao Minh và do phù sa của 4 nhánh sông Cửu Long bồi tụ thành (sông Tiền, sông Ba Lai, sông Hàm Luông, sông Cổ Chiên). Để đáp ứng các nghiên cứu biến đổi trường nhiệt độ bề mặt biển khu vực nghiên cứu, sử dụng bộ số liệu SST độ phân giải siêu cao (MUR) đa quy mô (viết tắt là **MUR SST**) là phân tích toàn cầu hàng ngày được chia thành lưới ở độ phân giải ngang 0,01° × 0,01°. Phân tích MUR nhập các truy xuất MODIS và tìm cách nắm bắt các cấu trúc SST quy mô nhỏ bất cứ khi nào có sẵn bộ sản phẩm SST Độ phân giải siêu cao (MUR) đa tỷ lệ của NASA thuộc Nhóm SST có độ phân giải cao (GHRSSST) kết hợp dữ liệu từ các nguồn khác nhau (Hình 4).

2. Vật liệu và phương pháp

2.1. Dữ liệu SST

Có khá nhiều thiết bị vệ tinh để xác định nhiệt độ bề mặt biển (hình 4), tùy vào tính chất nghiên cứu để chọn lựa chuỗi số liệu phù hợp cho nghiên cứu.



Hình 4. Các bộ dữ liệu đầu vào được sử dụng bởi Phiên bản 4.1 của phân tích MUR SST (theo Chin và cs. 2017 [16]).

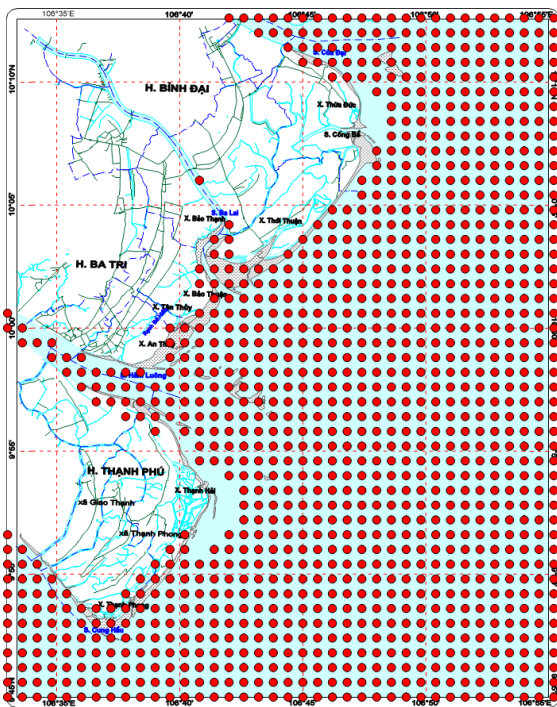
SST hồng ngoại có độ phân giải rất cao (AVHRR) ở độ phân giải trung bình từ 4 đến 8,8 km và các lần truy xuất SST microwave ở một không gian thô hơn độ phân giải 25 km. Sự kết hợp này nhằm mục đích lấp đầy khoảng trống dữ liệu ở những khu vực chỉ có dữ liệu hồng ngoại hoặc microwave (Chin và cs., 1998 [16]). Cách tiếp cận được sử dụng trong dữ liệu MUR tối đa

hóa việc sử dụng dữ liệu hồng ngoại, nếu có, từ MODIS (sản phẩm cấp 2) và AVHRR. MUR được chia lưới toàn cầu ở độ phân giải 1 km và có sẵn trong các bản đồ hàng ngày bằng cách sử dụng kỹ thuật nội suy dựa trên sự phân rã wavelet [Chin và cs., 2017 [17]]. Các quan sát SST tại chỗ từ dự án iQuam của NOAA (Xu and Ignatov, 2014 [18]), được sử dụng để hiệu chỉnh sai lệch (Hình 4). Phiên bản hiện tại (Phiên bản 4.1) của phân tích MUR SST có phạm vi thời gian từ ngày 1 tháng 6 năm 2002 đến nay (31/07/2023). Các tính năng SST có độ phân giải cao của nó đã tìm thấy các ứng dụng khoa học trong: Các hiện tượng và tương tác giữa biển và không khí ven biển (Nidzieko và Largier, 2013 [19], Turrent và Zaitsev, 2014 [20], Wiafe và Nyadjro, 2015 [21], Chen và cs., 2015 [22], Gentemann và cs., 2017 [23]); mô hình kết hợp khí quyển-đại dương (Iwasaki và cs., 2014 [24]); pha trộn thủy triều (Ray và Susanto, 2016); xác định/theo dõi cấu trúc bề mặt (Bashmachnikov và cs., 2013 [25], Vazquez-Cuervo và cs., 2013 [26], Liu và cs., 2015 [27], Mill và cs., 2015

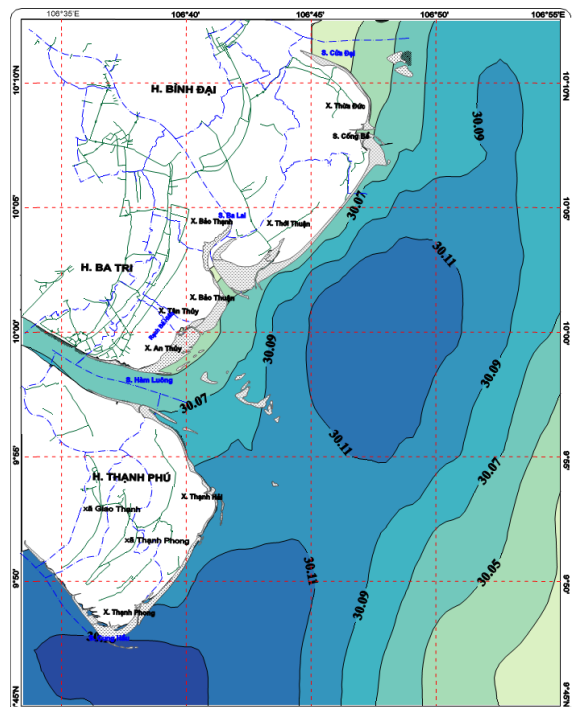
[28]), và xác định các chỉ số vật lý cho năng suất sinh học (Goela và cs., 2014 [29], Baylis và cs., 2015 [30], Scales và cs., 2015 [31]) (Theo công bố của Chin và cs., 2017 [17]). Khả năng trích xuất SST chính xác và các gradient của nó là điều cần thiết để nghiên cứu các quá trình ven biển (Vazquez-Cuervo và cs., 2023 [32]) và để hiểu rõ hơn về động lực học ven biển quy mô vừa (mesoscale) và quy mô cận vừa (sub-mesoscale) (Gruber và cs., 2011 [33]).

2.2. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu vùng nước thuộc tỉnh Bến Tre, có kinh độ từ 106,549107°E-106,923929°E; vĩ độ từ 9,742801°N-10,216434°N. Vị trí điểm phân bố SST trong vùng nghiên cứu thể hiện trên Hình 5. Bộ số liệu được trích xuất trong vùng nghiên cứu với tổng số 1177 điểm phân bố, sử dụng nguồn số liệu từ ngày 1/6/2002 đến 31/07/2023; khoảng 21 năm (với 254 tháng được phân tích); bộ dữ liệu được xử lý tương ứng 9.099.387 điểm số liệu cho 7731 tập tin trung bình ngày được truy xuất cho phân tích.



Hình 5. Vị trí phân bố điểm MUR SST được trích xuất cho khu vực Bến Tre



Hình 6. Phân bố trường SST trung bình trong tháng 5 (tính trung bình từ 5/2003 - 5/2023)

Phạm vi vùng nghiên cứu này, cũng đã được nhóm tác giả Trần Văn Chung và cs. (2023) [34] nghiên cứu chế độ gió nhiều năm và cũng đã có những phát hiện dấu hiệu bất thường của chế độ gió dưới tác động của biến đổi khí hậu.

2.3. Phương pháp tiếp cận

- Sử dụng phương pháp tính toán thống kê truyền thống, tính toán các biến động trung bình của SST theo tháng, mùa, năm và nhiều năm.

- Từ chuỗi số liệu MUR SST nhiều năm, truy xuất các cực trị và thời điểm xảy ra cực trị, giá trị trung bình của chuỗi số liệu, các thời điểm xảy ra cao hoặc thấp bất thường của SST.

- Sử dụng phương pháp phân tích tổ hợp: các đối tượng có cùng thuộc tính như trung bình SST cho các tháng, theo mùa, theo năm, theo giai đoạn năm. Tìm xu thế biến đổi theo quy luật năm nhằm tìm ra sự thay đổi của SST dưới tác động của biến đổi khí hậu.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. SST trung bình tháng

Như đã trình bày ở phần phương pháp các giá trị SST tại các điểm trong vùng tính được tính trung bình trên toàn vùng theo các biến trình

trung bình tháng, trung bình mùa và trung bình năm từ các giá trị SST theo trung bình ngày với độ phân giải lưới theo phương ngang $\approx 0,01^0$. Các giá trị SST trung bình tháng trong nhiều năm (biến trình dao động trên Hình 7) và các cực trị SST trong ngày đã xảy ra thể hiện trên Bảng 1; theo ghi nhận trong 21 năm nghiên cứu gần đây, giá trị SST cao nhất trong vùng nghiên cứu có thể đạt $33,5^{\circ}\text{C}$ (ghi nhận vào ngày 30/05/2018) và thấp nhất có thể là $22,3^{\circ}\text{C}$ (ghi nhận vào ngày 23/01/2012). Kết quả trên Bảng 1 cho thấy giá trị SST lớn nhất trong ngày theo tháng nằm trong giai đoạn (2011-2019); trong đó, tập trung trong năm 2017 với 3 tháng (2, 10, 11) (năm Bến Tre hứng chịu nhiều vụ sạt lở nghiêm trọng theo Báo TN&MT (2017) [35]); và 2014 với 03 tháng (8, 9, 12) đây là năm toàn tỉnh Bến Tre có hơn 4,5 ha đất ven biển bị mất do sạt lở [36]. Trong khi đó, SST thấp nhất được ghi nhận chiếm phần lớn trong giai đoạn 2 năm (2011-2012), đây là những năm gần như chịu ảnh hưởng chính của hiện tượng La Niña (Bảng 3); với năm 2011 có 2 tháng (4, 11) và năm 2012 cho 6 tháng (1, 5, 6, 7, 10, 12) (dẫn đến biến động giá trị SST trung bình năm khá lớn, điều này được thấy rõ trên Hình 8).

Bảng 1. SST ($^{\circ}\text{C}$) thống kê theo trung bình và cực trị tháng trong vùng nghiên cứu

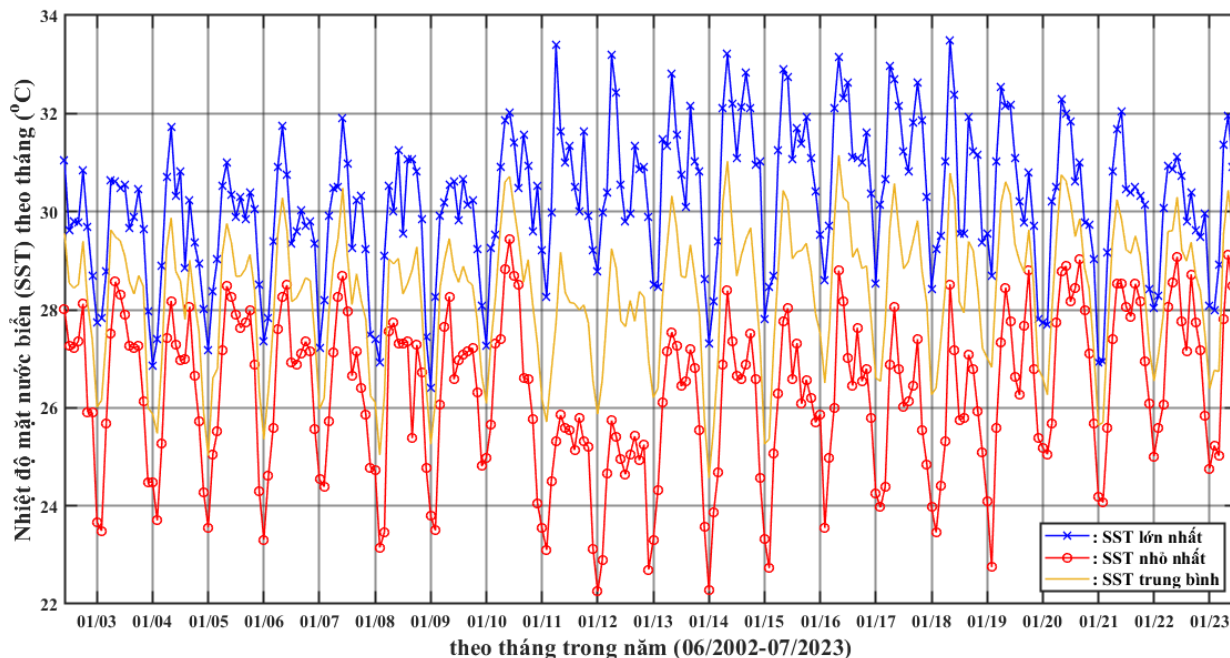
Đặc trưng	Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Trung bình	SST	26,0	26,2	27,6	29,3	30,1	29,7	28,9	28,7	28,9	28,9	28,3	27,0
Lớn nhất	SST	29,6	30,2	31,5	33,4	33,5	32,7	32,6	32,1	32,8	32,6	31,9	31,0
	Ngày	14	12	28	18	30	4	23	21	29	1	18	9
	Năm	2019	2017	2013	2011	2018	2015	2016	2014	2014	2017	2017	2014
Nhỏ nhất	SST	22,3	22,7	23,5	25,3	25,4	25,0	24,6	25,1	25,4	24,9	25,2	22,7
	Ngày	23	20	1	12	30	9	10	22	17	18	20	31
	Năm	2012	2015	2008	2011	2012	2012	2012	2012	2012	2008	2012	2011

Theo kết quả phân tích SST trung bình tháng trên toàn vùng nghiên cứu tỉnh Bến Tre, các giá trị SST đạt cao thường tập trung vào tháng 5; xét 10 giá trị SST cao nhất theo tính trung bình vùng

xét trên tháng trung bình thì tháng 5 chiếm 7/10; tháng 6 chiếm 3/10. Kết quả phân tích chi tiết trên Bảng 2 (theo thứ hạng SST cao nhất trở xuống).

Bảng 2. 10 giá trị SST trung bình tháng cao nhất trong nghiên cứu (06/2002-07/2023)

Thứ hạng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SST	31.1	31.0	30.8	30.7	30.7	30.6	30.6	30.6	30.6	30.5
Tháng	5	5	5	5	6	6	5	5	5	6
Năm	2016	2014	2018	2020	2010	2020	2019	2010	2017	2007



Hình 7. Biến trình nhiệt độ bề mặt biển (°C) theo trung bình tháng trong nhiều năm

3.2. SST theo trung bình năm

Các kết quả phân tích nhiệt độ trung bình năm, xét trên giai đoạn từ 6/2002 - 7/2023 thì hiện tượng nhiệt độ trung bình năm đạt giá trị cao nhất là năm 2016 (đây cũng là năm có nhiệt độ nóng toàn cầu được ghi nhận trên thế giới (Kennish và cs. 2023 [3]). Nhưng xét giai đoạn từ 2003 đến 2022 thì SST tại khu vực Bến Tre có 03 giai đoạn biến động chính: (1) Giai đoạn SST ít biến động (2003-2008) với đường trung bình 28,0°C; (2) Giai đoạn biến động phức tạp (2009-2014) và (3) Giai đoạn SST ít biến động hiện nay với đường trung bình 28,6°C (Hình 8).

Để đánh giá khả năng ảnh hưởng ENSO truy cập từ trang thông tin chỉ số ONI được cập nhật từ:

https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php (thời

điểm cập nhật thông tin 25/08/2023). Trên Bảng 3, cho thấy năm 2016 có cơ chế khá giống như năm 2010 (giai đoạn chuyển tiếp El Niño vừa sang La Niña vừa); hiện tượng này cũng được ghi nhận trong nghiên cứu các biến động nhiệt độ và gió ảnh hưởng đến hiện tượng tẩy trắng san hô khu vực Ninh Thuận - Bình Thuận (Trần Văn Chung và cs., 2020 [37]). Tuy nhiên, theo kết quả phân tích trực tiếp trên khu vực Bến Tre thực ra theo cơ chế không tương đồng nhau, thể hiện biến trình SST theo năm (Hình 8) và trường phân bố SST cho tháng 5 (Hình 9) so với phân bố trung bình trong nhiều năm (Hình 6). Giá trị SST năm 2016 cao do chịu ảnh hưởng chính đến giai đoạn ổn định mới của sự tác động biến đổi khí hậu hơn là biến động bất thường thời tiết năm 2010; năm được đánh giá khá đặc biệt đã được nhắc đến trong nghiên cứu của Fang và cs.

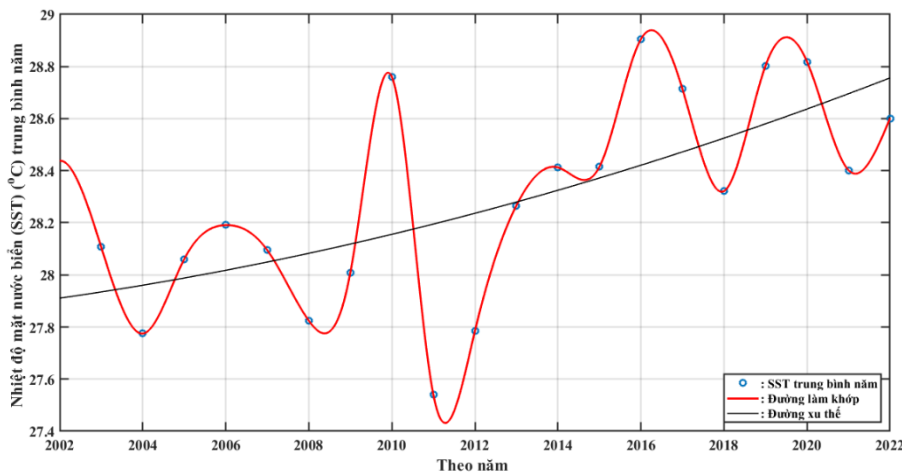
(2014) [38] và cũng tương đồng với phát hiện tích bất thường trường nhiệt độ ở vùng Biển của Trần Văn Chung và cs., (2016) [39] khi phân Đông.

Bảng 3. Cường độ ENSO trong các năm điển hình thể hiện qua chỉ số ONI (Oceanic Niño Index) trung bình 3 tháng.

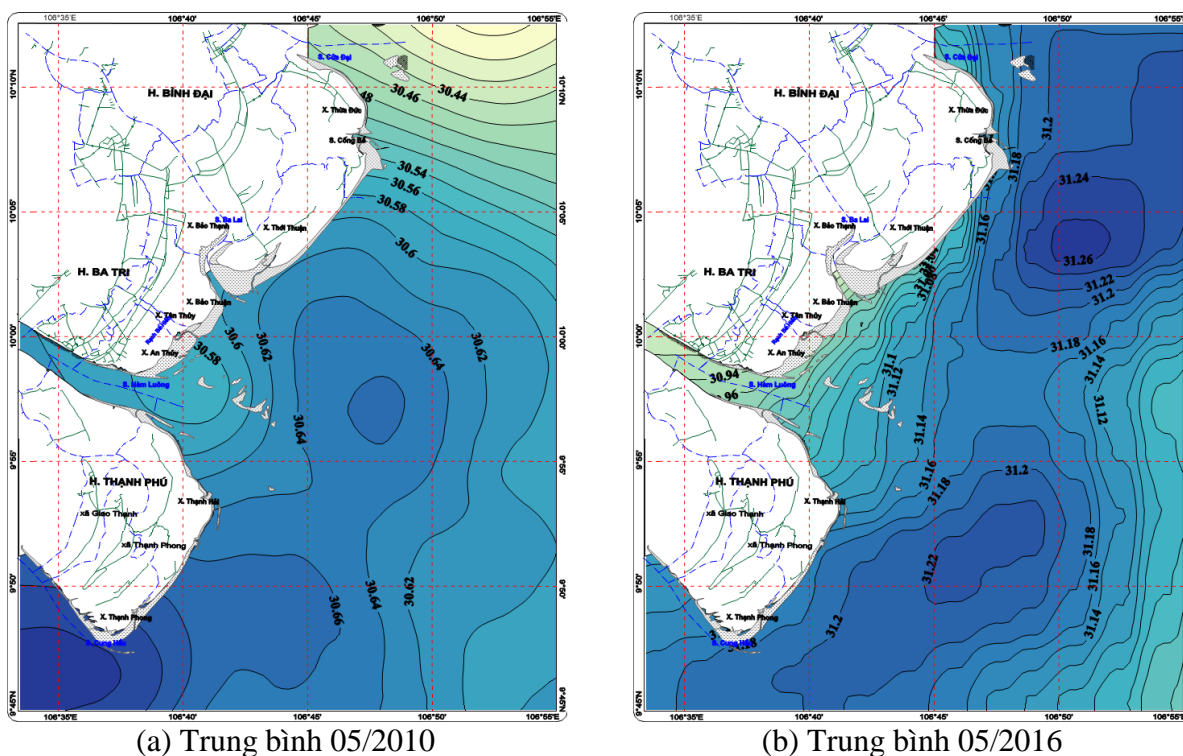
Năm	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
	12-1-2	1-2-3	2-3-4	3-4-5	4-5-6	5-6-7	6-7-8	7-8-9	8-9-10	9-10-11	10-11-12	11-12-1
2009	-0.8	-0.8	-0.6	-0.3	0.0	0.3	0.5	0.6	0.7	1.0	1.4	1.6
2010	1.5	1.2	0.8	0.4	-0.2	-0.7	-1.0	-1.3	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.0	-1.1	-1.0
2012	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7
2015	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.9	2.2	2.4	2.6	2.6
2016	2.5	2.1	1.6	0.9	0.4	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	-0.1	-0.4	-0.7	-0.8	-1.0
2022	-1.0	-0.9	-1.0	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-0.9	-1.0	-1.0	-0.9	-0.8
2023	-0.7	-0.4	-0.1	0.2	0.5	0.8						

Ghi chú: *) El Niño: WE= El Niño yếu ($0,5 \leq ONI < 1,0$), ME= El Niño vừa ($1,0 \leq ONI < 1,5$), SE = El Niño mạnh ($1,5 \leq ONI < 2,0$), VSE= El Niño rất mạnh ($ONI \geq 2,0$).

*) La Niña: chỉ số ONI thể hiện qua dấu âm “-“, với cường độ được tính tương tự như El Niño. Với ký hiệu WL= La Niña yếu, ML= La Niña vừa, SL= La Niña mạnh.



Hình 8. Biến trình SST trung bình năm tại vùng biển Bến Tre



Hình 9. Phân bố SST (°C) cho thời điểm SST trung bình tháng nóng nhất được ghi nhận

Căn cứ vào kết quả phân tích thực tế tính trung bình năm SST trong vùng nghiên cứu 21 năm (Hình 8), đường xu thế của biến đổi SST theo trung bình năm có thể theo phương trình đa thức sau:

$$y = 0.0009706 * x^2 - 3.863 * x + 3872$$

Trong đó: y là giá trị xu thế SST trung bình năm (°C); x: năm cần tính (hàm phân tích hợp lý cho giai đoạn 2002 – 2023).

4. Thảo luận

Kết quả phân tích trường SST trong giai đoạn 06/2002 đến 07/2023 thì SST có ba giai đoạn chính khi phân tích nhiệt độ trung bình năm trên toàn vùng nghiên cứu. Giai đoạn ít biến động (2003-2008) với đường trung bình 28,0°C; (2) Giai đoạn biến động phức tạp (2009-2014), xuất hiện bất thường nhiệt độ cho 2 năm liên tiếp (2010-2011) (cao nhất-thấp nhất) và giai đoạn ít biến động cho thời kỳ mới (giai đoạn hiện nay) với mức đường trung bình cơ sở 28,6°C.

Xét về hiện tượng ENSO, xuất hiện 02 năm có sự biến động SST cao đáng chú ý là năm 2010 và 2016. Đây là 02 năm có cơ chế ENSO tương đồng, năm chịu tác động đồng thời 2 giai đoạn đang suy tàn El Niño và phát triển La Niña, giá trị nhiệt độ trung bình năm cao bất thường, khác biệt rõ rệt so với các năm còn lại. Phân tích chi tiết về biến trình SST và trường phân bố SST chi tiết cho vực nước tỉnh Bến Tre cho thấy rằng: năm 2016, giá trị SST cao một phần ảnh hưởng chính của trạng thái nền SST trung bình đã tăng (do biến đổi khí hậu) trong khi năm 2010 là năm khá đặc biệt, chịu sự tác động rõ của khí hậu bất thường.

Các nghiên cứu SST cho thấy các giai đoạn của SST; do vậy khi đặt vấn đề nghiên cứu theo các giá trị thống kê cần phải chú ý đến sự thay đổi trạng thái cân bằng trong giai đoạn mới do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, vì vậy các giá trị thống kê theo trung bình nhiều năm cần phải cân nhắc, xem xét ở thời điểm lấy trung bình và mức độ tin cậy của giá trị này so với thời điểm hiện tại và cần thiết phải mở rộng phạm vi

nghiên cứu cho nhiều yếu tố tác động khác với cách tiếp cận mới, khoa học và toàn diện hơn trên quan điểm ảnh hưởng của biến đổi khí hậu.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin cảm ơn đề tài: "Nghiên cứu thử nghiệm quy trình nuôi vỗ béo nghêu (*Meretrix lyrata*) và hào (*Malgallana belcheri*) và sản xuất thu giống hào trong ao nuôi vỗ tại tỉnh Bến Tre" (2023 - 2024) đã cung cấp một phần kinh phí cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Gulev, S. K., Thorne, P. W., Ahn, J., Dentener, F. J., Domingues, C. M., Gerland, S., et al. (2021). Changing state of the climate system. In: V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, et al. (Eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- [2] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. In: V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, et al. (Eds.), Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press
- [3] Kennish, M.J., Paerl, H.W., Crosswell, J.R. (Eds.) (2023). *Climate Change and Estuaries (1st ed.)*. CRC Press, ISBN: 9781003126096, 684pp.
- [4] Wong, P. P., Losada, I. J., Gattuso, J.-P., Hinkel, J., Khattabi, A., McInnes, K. L., et al. (2014). "Coastal systems and low-lying areas". *Clim. Change* 2104: 361–407.
- [5] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014). *Climate Change: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- [6] Kennish, M. J. (2019). *Practical Handbook of Marine Science* (4th ed.). London: CRC Press, Taylor and Francis.
- [7] Bindoff, N. L., Cheung, W. W. L., Kairo, J. G., Arístegui, J., Guinder, V. A., Hallberg, R., et al. (2019). *Changing ocean, marine ecosystems, and dependent communities*. Pp. 447–587. In: H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, et al. (Eds.), *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [8] Fox-Kemper, B., Hewitt, H. T., Xiao, C., G., Aðalgeirsdóttir, S. Drijfhout, S., Edwards, T. L., et al. (2021). Ocean, cryosphere and sea level change. In: V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, et al. (Eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- [9] Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Tignor, M., Poloczanska, E. (Eds.) (2019). *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [10] Maslin, M. (2021). *Climate Change: A Very Short Introduction* (4th edn). Oxford University Press, ISBN: 9780198867869, 160 pp.
- [11] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2012). Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. pp. 339–329. In: C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, E. L. Ebi, M. D. Mastrandrea et al. (Eds.), *A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [12] O'Carroll, A.G., Armstrong, E.M., Beggs, H.M., Bouali, M., Casey, K.S., Corlett, G.K., Dash, P., Donlon, C.J., Gentemann, C.L., Høyer, J.L., et al. (2019). "Observational Needs of Sea Surface Temperature". *Frontiers in Marine Science*, 6, 420.
- [13] Ashfaq, M., Skinner, C.B., Diffenbaugh, N.S. (2011). "Influence of SST biases on future climate change projections". *Climate Dynamics*, 36, 1303–1319.
- [14] Emery, W.J., Baldwin, D.J., Schlüssel, P., Reynolds, R.W. (2001). "Accuracy of in situ sea surface temperatures used to calibrate infrared satellite measurements". *J. Geophys. Res. Ocean*. 2001, 106, 2387–2405.
- [15] Huỳnh Phúc Hậu, 2023. Bến Tre khẩn trương khắc phục sự cố sạt lở bờ sông, bờ biển. <https://dangcongsan.vn/xay-dung-xa-hoi-an-toan-truoc-thien-tai/ben-tre-khan-truong-khac-phuc-su-co-sat-lo-bo-song-bo-bien-644930.html> (đăng ngày 24/08/2023)
- [16] Chin, T.M., Milliff, R.F., Large, W.G. (1998). "Basin-Scale High-Wavenumber Sea Surface Wind Fields from a Multiresolution Analysis of Scatterometer Data". *J. Atmos. Ocean. Technol.* 1998, 15, 741–763.
- [17] Chin, T.M., Vazquez-Cuervo, J., Armstrong, E.M. (2017). "A multi-scale high-resolution analysis of global sea surface temperature". *Remote sensing of environment*, 200, 154–169.
- [18] Xu, F., & Ignatov, A. (2014). "In situ SST Quality Monitor (iQuam)". *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 31(1), 164–180.
- [19] Nidzieko, N., & Largier, J. (2013). "Inner shelf intrusions of offshore water in an upwelling system

- affect coastal connectivity”. *Geophysical Research Letters*, 40(20), 5423-5428.
- [20] Turrent, C., & Zaitsev, O. (2014). “Seasonal cycle of the near-surface diurnal wind field over the bay of La Paz, Mexico”. *Boundary-layer meteorology* 151, 353-371.
- [21] Wiafe, G., & Nyadjro, E. S. (2015). “Satellite observations of upwelling in the Gulf of Guinea”. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 12(5), 1066-1070.
- [22] Chen, K., Gawarkiewicz, G., Kwon, Y.O., Zhang, W.G. (2015). “The role of atmospheric forcing versus ocean advection during the extreme warming of the Northeast US continental shelf in 2012”. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 120(6), 4324-4339.
- [23] Gentemann, C.L., Fewings, M.R., García-Reyes, M. (2017). “Satellite sea surface temperatures along the West Coast of the United States during the 2014–2016 northeast Pacific marine heat wave”. *Geophysical Research Letters*, 44(1), 312-319.
- [24] Iwasaki, S., Isobe, A., Kako, S. (2014). “Atmosphere–ocean coupled process along coastal areas of the Yellow and East China Seas in winter”. *Journal of Climate*, 27(1), 155-167.
- [25] Bashmachnikov, I., Boutov D., Dias, J. (2013). “Manifestation of two meddies in altimetry and sea-surface temperature”. *Ocean Science*, 9(2), 249-259.
- [26] Vazquez-Cuervo, J., Dewitte, B., Chin, T.M., Armstrong, E.M., Purca, S., Alburqueque, E. (2013). “An analysis of SST gradients off the Peruvian Coast: The impact of going to higher resolution”. *Remote Sensing of Environment*, 131, 76-84.
- [27] Liu L., Lozano C., Iredell D. (2015). “Time–Space SST Variability in the Atlantic during 2013: Seasonal Cycle”. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 32(9), 1689-1705.
- [28] Mill, G.N., da Costa, V.S., Lima, N.D., Gabioux, M., Guerra, L.A.A., Paiva, A.M. (2015). “Northward migration of Cape São Tomé rings, Brazil”. *Continental Shelf Research*, 106, 27-37.
- [29] Goela, P.C., Danchenko, S., Icely, J.D., Lubian, L.M., Cristina, S., Newton, A. (2014). “Using CHEMTAX to evaluate seasonal and interannual dynamics of the phytoplankton community off the South-west coast of Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 151, 112-123.
- [30] Baylis, A., Orben, R., Pistorius, P., Brickle, P., Staniland, I., Ratcliffe, N. (2015). Winter foraging site fidelity of king penguins breeding at the Falkland Islands. *Marine biology* 162: 99-110.
- [31] Scales, K.L., Miller, P.I., Varo-Cruz, N., Hodgson, D.J., Hawkes, L.A., Godley, B.J. (2015). “Oceanic loggerhead turtles *Caretta caretta* associate with thermal fronts: evidence from the Canary Current Large Marine Ecosystem”. *Marine Ecology Progress Series*, 519, 195-207.
- [32] Vazquez-Cuervo, J., García-Reyes, M., Gómez-Valdés, J. (2023). “Identification of Sea Surface Temperature and Sea Surface Salinity Fronts along the California Coast: Application Using Saildrone and Satellite Derived Products”. *Remote Sensing*, 15(2), 484.
- [33] Gruber, N., Lachkar, Z., Frenzel, H., Marchesiello, P., Münnich, M.; McWilliams, J.C., Nagai, T., Plattner, G.-K. (2011). “Eddy-induced reduction of biological production in eastern boundary upwelling systems”. *Nature geoscience*, 4(11), 787-792.
- [34] Trần Văn Chung, Cao Văn Nguyễn, Lâm Văn Tân. (2023). “So sánh hiệu quả của mười một phương pháp số trong phân bố tốc độ gió trên cơ sở đánh giá mức độ phù hợp cho nghiên cứu chế độ gió khu vực tỉnh Bến Tre”. *Tạp chí Khoa học & Công nghệ Đại học Duy Tân*, 03(58), ISSN 1859-4905, 82-91.
- [35] Báo TN&MT. (2017). Năm 2017, Bến Tre hứng chịu nhiều vụ sạt lở nghiêm trọng. <http://vnmha.gov.vn/tin-tuc-bdkh-112/nam-2017-ben-tre-hung-chiu-nhieu-vu-sat-lo-nghiem-trong-2106.html> (đăng ngày 17/12/2017).
- [36] Nguyễn Xuân Dự. (2018). Thích ứng với biến đổi khí hậu ở các tỉnh Nam Bộ (Bài 2). <https://dantocmiennui.vn/thich-ung-voi-bien-doi-khi-hau-o-cac-tinh-nam-bo-bai-2/171243.html> (đăng ngày 27/02/1018).
- [37] Trần Văn Chung, Ngô Mạnh Tiến và Cao Văn Nguyễn. (2020). Biến thiên trường nhiệt độ và gió ở vùng biển Ninh Thuận – Bình Thuận và quan hệ có thể với hiện tượng tẩy trắng san hô. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 20(4A), ISSN 1859 – 3097, 1-10.
- [38] Fang, W., Qiu, F., Guo, P., 2014. “Summer circulation variability in the South China Sea during 2006-2010”. *Journal of Marine Systems* 137, 47-54.
- [39] Trần Văn Chung, Bùi Hồng Long. (2016). Ảnh hưởng của trường nhiệt độ và biến đổi 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), ISSN 1859 – 3097, 255 – 266.