



Original Article

The Updated Change Trend of Sea Wave on Vietnam East Sea

Tran Van My*, Nguyen Xuan Hien, Le Quoc Huy

*Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change,
23/62 Nguyen Chi Thanh, Lang Thuong, Dong Da, Hanoi, Vietnam*

Received 15 September 2020

Revised 26 January 2021; Accepted 12 February 2021

Abstract: The annual mean SWH trend of the East Sea in Vietnam is studied and evaluated based on data observed from the oceanographic stations and altimetry data from AVISO's satellite. Oceanographic observed data analysis results show that the annual mean sea wave height decreases about 12,79 mm/year. Altimetry data (2009 – 2019) indicates that the annual mean sea wave height over the East Sea decreases about 6,2 mm/year. The annual mean sea wave height along the Viet Nam coast has a decreasing trend of about 13 mm/year. The North Central Coastal region of Viet Nam has the strongest downward trend with being about 17 mm/year while the South Central coastal and Southern area shows a decrease at about 3,0 mm/year.

Keywords: Sea wave, the East Sea of Viet Nam.*

* Corresponding author.

E-mail address: tranvanmy88@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4688>

Cập nhật xu thế thay đổi của sóng bề mặt biển khu vực biển Việt Nam

Trần Văn Mỹ*, Nguyễn Xuân Hiền, Lê Quốc Huy

*Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi Khí hậu,
23/62 Nguyễn Chí Thanh, Láng Thượng, Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 15 tháng 9 năm 2020

Chỉnh sửa ngày 26 tháng 01 năm 2021; Chấp nhận đăng ngày 12 tháng 02 năm 2021

Tóm tắt: Xu thế biến đổi của độ cao sóng bề mặt biển (SWH) trung bình năm khu vực biển Việt Nam được nghiên cứu và đánh giá dựa trên các số liệu thực đo tại các trạm quan trắc hải văn và số liệu vệ tinh. Kết quả nghiên cứu cho thấy, SWH trung bình năm từ các trạm quan trắc trong giai đoạn (1975-2019) giảm khoảng 12,79 mm/năm. Theo số liệu vệ tinh (2009-2019), SWH trung bình năm trên khu vực biển Việt Nam có xu thế giảm khoảng 6,2 mm/năm; tại khu vực ven biển Việt Nam, SWH trung bình năm có xu thế giảm khoảng 13 mm/năm. Khu vực Bắc Trung Bộ có xu thế giảm mạnh nhất với tốc độ giảm khoảng 17 mm/năm, khu vực Nam Trung Bộ và Nam Bộ có xu thế giảm ít hơn với tốc độ giảm khoảng 3,0 mm/năm.

Từ khóa: Độ cao sóng bề mặt biển trung bình, biển Việt Nam.

1. Mở đầu

Trong những năm gần đây, biến đổi khí hậu làm trái đất nóng lên dẫn đến thay đổi các yếu tố khí tượng, hải văn trong đó có độ cao sóng bề mặt biển. Theo Lingli Wu và cộng sự (2014) dựa trên việc phân tích và mô hình hồi quy nhiều nguồn số liệu khác nhau như số liệu tái phân tích ERA40 và ERA và số liệu mô phỏng lại sóng biển trong quá khứ từ năm 1911 đến 2010 đã chỉ ra rằng xu thế thay đổi độ cao sóng ở khu vực Biển Đông, Việt Nam giảm khoảng 15-20 cm, nhưng độ cao sóng lớn nhất theo mùa dường như tăng vào mùa hè và mùa xuân [1]. Zhifeng Wang và cộng sự (2018) dựa vào phân tích số liệu vệ tinh, trạm phao và dữ liệu độ cao sóng mô phỏng theo mô hình sóng WAVEWATCH-III trong giai đoạn 1976-2014, đã chỉ ra rằng hiện tượng El Nino và biến đổi khí hậu có thể ảnh hưởng

đáng kể đến sự biến đổi mạnh của sóng khí hậu ở Biển Đông [2]. Jian Shi và cộng sự (2019) dựa vào phân tích và so sánh số liệu vệ tinh, dữ liệu trạm phao, kết quả mô phỏng lại sóng trong quá khứ từ năm 1979-2017 và kết quả dự tính sóng khí hậu trong 100 năm tiếp theo cho vực phía bắc Biển Đông và phía đông biển Trung Quốc, đã chỉ ra rằng độ cao sóng lớn nhất vào mùa hè và mùa thu lớn hơn so với các mùa khác, trong khi giá trị độ cao sóng trung bình theo mùa trong mùa thu và mùa đông lớn hơn. Đối với các xu hướng dài hạn, độ cao sóng với phân vị thứ 99 tăng ở hầu hết các vùng biển phía bắc Biển Đông và phía đông biển Trung Quốc khoảng 0,5-3 cm/năm. Những thay đổi về thời gian và thời lượng trong 39 năm qua là không rõ ràng, nhưng mức độ tăng độ cao sóng xấp xỉ 6 cm/năm trong các cơn bão [3].

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: tranvanmy88@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4688>

Tại Việt Nam, đã có rất nhiều các công trình nghiên cứu về trường sóng, dòng chảy, mực nước ở biển Đông: theo tác giả Phạm Văn Huân (2016) dựa vào số liệu mực nước các trạm hải văn ven bờ Việt Nam cập nhật tới năm 2015 để phân tích và đánh giá xu thế dâng mực nước biển dọc bờ Việt Nam là ổn định trong vài chục năm gần đây và bằng khoảng 2-3 mm/năm [4]. Theo tác giả Đinh Văn Ưu và cộng sự (2015) dựa vào những kết quả thu thập, phân tích, mô hình hóa và kiểm chứng các đặc trưng biến động phân bố các trường khí tượng hải văn cơ bản bao gồm gió, nhiệt độ nước và hoàn lưu (dòng chảy) tại những thủy vực ven bờ Nam Trung Bộ [5]. Tuy nhiên, công trình nghiên cứu về xu thế biến đổi của SWH lại có rất ít. Tại các trạm hải văn, SWH chủ yếu được quan sát bằng mắt và ống nhòm IVANOP/H10 hoặc ống nhòm IVANOP/H40 tại các trạm dọc ven biển và hải đảo [6]. Số lượng 17 trạm hải văn hiện có là khá ít đối với nhu cầu phân tích, đánh giá sự biến đổi của SWH [7].

Nhằm cung cấp thêm những luận cứ khoa học về xu thế biến đổi SWH, phục vụ việc cập nhật kịch bản nước biển dâng cho Việt Nam, bộ số liệu thực đo của các trạm hải văn đến năm 2019, số liệu vệ tinh đến 2019 đã được thu thập, phân tích và đánh giá xu thế biến đổi của SWH tại khu vực biển Việt Nam.

2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Số liệu tại các trạm quan trắc

Độ cao sóng bề mặt biển bắt đầu đo đạc ở Việt Nam tại trạm hải văn Hòn Dấu từ đầu năm 1960 đến hết năm 1969 sau đó bị gián đoạn. Đến tháng 1 năm 1975, trạm hải văn Hòn Dấu bắt đầu đo đạc SWH trở lại chế độ 3obs/ngày từ năm 1975. Tuy nhiên, từ năm 1986 đến năm 1992 cũng bị gián đoạn không có số liệu. Và số liệu có đầy đủ từ năm 1993 đến nay. Tại miền Bắc, một số trạm hải văn bắt đầu đo SWH như Cô Tô (1975), Bạch Long Vĩ (1960), Cửa Ông (1963), Bãi Cháy (2003), Hòn Ngư (1975) và Cồn Cỏ (1975). Tại miền Nam, sau năm 1975, nhiều trạm hải văn lần lượt được xây dựng để bổ sung vào hệ thống các trạm quan trắc SWH như Vũng Tàu (1986), Sơn Trà (1982), Phú Quý (1979), Côn Đảo (1984), Phú Quốc (1979), DK17 (1992), Thổ Chu (2002), Trường Sa (2008). Sau khi phân tích và đánh giá chất lượng chuỗi số liệu như thời gian quan trắc, sự liên tục của chuỗi số liệu, số liệu của 16 trạm hải văn được sử dụng để tính toán xu thế biến đổi SWH trung bình năm (Bảng 1). Tốc độ biến thiên SWH trung bình năm tại các trạm thực đo được xác định theo phương pháp phân tích xu thế tuyến tính.

Bảng 1. Danh sách các trạm quan trắc sóng bề mặt biển

Thứ tự	Tên trạm	Tọa độ		Thời gian quan trắc
		Kinh độ	Vĩ độ	
1	Cửa Ông	107,37	21,03	1963-2019
2	Cô Tô	107,77	20,97	1975-2019
3	Bãi Cháy	107,70	20,87	2003-2019
4	Bạch Long Vĩ	107,72	20,13	1960-2019
5	Hòn Dấu	106,82	20,67	1960-2019
6	Sầm Sơn	105,90	19,75	2003-2019
7	Hòn Ngư	105,77	18,80	1975-2019
8	Cồn Cỏ	107,22	17,10	1975-2019
9	Sơn Trà	108,20	16,12	1982-2019
10	Phú Quý	108,56	10,31	1979-2019
11	Trường Sa	111,92	8,65	2008-2019
12	Vũng Tàu	107,07	10,33	1986-2019
13	Côn Đảo	106,60	8,68	1984-2019
14	DKI7	110,50	8,17	1992-2019
15	Thổ Chu	108,56	10,31	2002-2019
16	Phú Quốc	103,97	10,22	1979-2019

2.2. Số liệu vệ tinh

Số liệu quan trắc độ cao sóng bề mặt biển bằng vệ tinh là nguồn số liệu hợp nhất dị thường SWH toàn cầu từ nhiều vệ tinh được chia theo lưới của AVISO (Archiving, Validation and Interpretation of the Satellite Oceanographic). Bộ số liệu được tổ hợp từ các vệ tinh ERS-1/2, Topex/Poseidon (T/P), ENVISAT and Jason-1/2 trong giai đoạn 2009-2019. Số liệu có độ phân giải thời gian là 7 ngày và không gian là 1/4 độ kinh vĩ. Các sai số của phép đo đã được hiệu chỉnh như sự trễ tín hiệu ở tầng đối lưu, tầng điện ly, thủy triều đại dương, áp suất nghịch đảo và sai số thiết bị. Tốc độ biến thiên SWH trung bình năm từ số liệu vệ tinh được xác định theo phương pháp phân tích xu thế tuyến tính cho tất cả các điểm lưới trên khu vực Biển Đông, Việt Nam [8].

2.3. Phương pháp đánh giá độ tin cậy của số liệu quan trắc hải văn

Thu thập số liệu quan trắc độ cao sóng bề mặt biển nhiều năm theo 3 obs/ngày của 16 trạm hải văn, xử lý số liệu về chuẩn format và tiến hành tính trung bình năm theo trung bình tất cả các obs quan trắc tại trạm trong 1 năm đó đối với từng năm.

Sử dụng phương pháp hồi quy tuyến tính phân tích xu thế biến đổi SWH theo thời gian và kiểm nghiệm thống kê T-test để đánh giá độ tin cậy của xu thế biến đổi theo từng trạm. Xu thế

của chuỗi số liệu SWH được kiểm nghiệm thông qua độ tin cậy của hệ số tương quan r_{xt} giữa chuỗi số liệu và thời gian quan trắc số liệu.

Độ tin cậy của r_{xt} được kiểm nghiệm bằng giả thiết H_0 :

$$H_0: r = 0 \quad (*)$$

Tiêu chuẩn kiểm nghiệm ban đầu (*) là:

$$\begin{cases} r - 0 \geq d\alpha & r \text{ được chấp nhận} \\ r - 0 < d & r \text{ không được chấp nhận} \end{cases}$$

$d\alpha$ phải bảo đảm sao cho khi H_0 đúng $P\{|r - 0| \geq d\alpha\} = \epsilon$

Theo lý thuyết xác suất thống kê, biến t với

$$t = \frac{r}{\frac{\sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n-2}}}$$

Có phân bố Student nên tiêu chuẩn (*) được thay thế bằng (**) sau đây:

$$\begin{cases} |t| \geq t\alpha & r \text{ được chấp nhận} \\ |t| < t\alpha & r \text{ không được chấp nhận} \end{cases}$$

Với điều kiện khi H_0 đúng

$$P\{|t| \geq t\alpha\} = \alpha$$

Theo phương pháp nói trên, hệ số tương quan với dung lượng mẫu n coi là đáng kể khi thỏa mãn tiêu chuẩn tương ứng với $\alpha = 0,05$ (95%) và $0,01$ (99%) được thể hiện trong bảng 2 [9]. Số liệu có độ tin cậy là các chuỗi số liệu có tính liên tục nhiều năm và thỏa mãn các tiêu chuẩn kiểm nghiệm T-test.

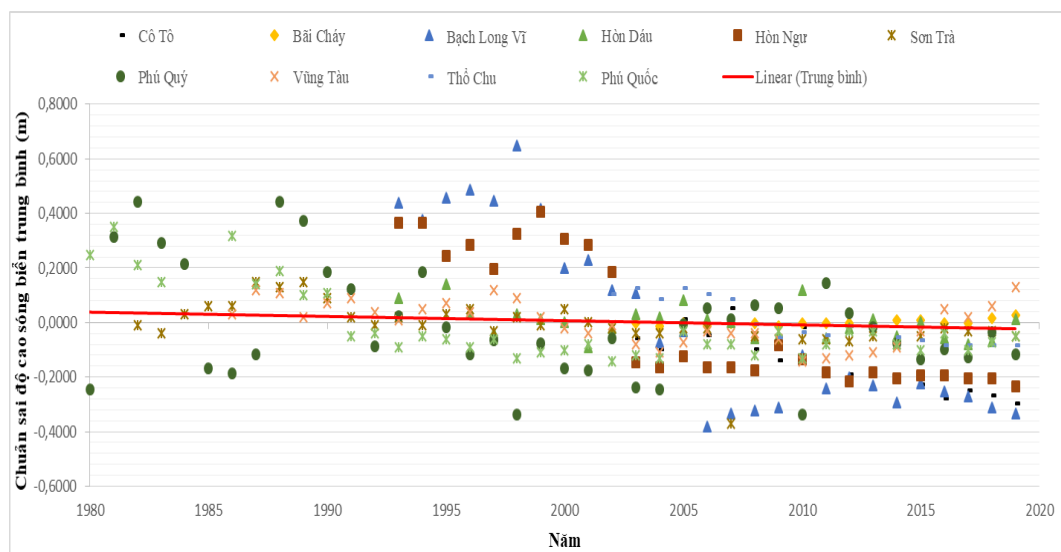
Bảng 2. Tiêu chuẩn tin cậy của r

n-2	10	20	30	40	50	60
$\alpha = 0,05$	0,576	0,423	0,349	0,304	0,273	0,250
$\alpha = 0,01$	0,708	0,537	0,449	0,393	0,362	0,325

Bảng 3. Xu thế biến đổi độ cao sóng bề mặt biển trung bình năm tại các trạm hải văn

Thứ tự	Tên trạm	Thời gian quan trắc	Xu thế biến đổi (mm/năm)	Chỉ số kiểm nghiệm r	Đánh giá
1	Cửa Ông	1963-2019	1	0,47	Không rõ xu thế
2	Cô Tô	1975-2019	-25,5	0,93	Giảm
3	Bãi Cháy	2003-2019	1,4	0,71	Tăng
4	Bạch Long Vĩ	1960-2019	-36,4	0,86	Giảm
5	Hòn Dấu	1960-2019	-3,6	0,46	Giảm
6	Sầm Sơn	2003-2019	0,7	0,19	Không rõ xu thế

Thứ tự	Tên trạm	Thời gian quan trắc	Xu thế biến đổi (mm/năm)	Chỉ số kiểm nghiệm r	Đánh giá
7	Hòn Ngur	1975-2019	-26,2	0,87	Giảm
8	Côn Cỏ	1975-2019	-4,1	0,34	Không rõ xu thế
9	Sơn Trà	1982-2019	-3,6	0,68	Giảm
10	Phú Quý	1979-2019	-7	0,42	Giảm
11	Trường Sa	2008-2019	-22	0,56	Không rõ xu thế
12	Vũng Tàu	1986-2019	-3,7	0,46	Giảm
13	Côn Đảo	1984-2019	1	0,29	Không rõ xu thế
14	DKI7	2008-2019	-0,7	0,02	Không rõ xu thế
15	Thỏ Chu	2002-2019	-13,8	0,91	Giảm
16	Phú Quốc	1979-2019	-9,5	0,73	Giảm
	Trung bình		-12,79		



Hình 1. Xu thế giảm độ cao sóng bề mặt biển trung bình năm tại các trạm hải văn.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá xu thế biến động độ cao sóng bề mặt biển từ số liệu các trạm hải văn

Kết quả tính toán xu thế biến đổi từ số liệu thực đo trong suốt thời kỳ quan trắc cho thấy, xu thế biến động SWH trung bình năm tại các trạm ven biển Việt Nam là không đều nhau. Hầu hết SWH trung bình năm tại các trạm có xu thế giảm, trong đó, giảm mạnh nhất là tại trạm Bạch Long Vĩ với tốc độ giảm khoảng 36,4 mm/năm. Riêng trạm Bãi Cháy có xu hướng tăng nhẹ (1,4 mm/năm). Sáu trạm Cửa Ông, Sầm Sơn, đảo Côn Cỏ, Trường Sa, Côn Đảo và DKI7, do chỉ số kiểm nghiệm r không thỏa mãn tiêu chuẩn kiểm

NGHIỆM xu thế nên sáu trạm này có xu thế không rõ ràng và không được đưa vào phân tích, đánh giá. Tính trung bình cho tất cả các trạm cho thấy, SWH trung bình năm tại các trạm quan trắc có xu thế giảm khoảng 12,79 mm/năm. Các trạm đảo xa bờ đều có xu thế giảm chủ yếu (Bảng 3, Hình 1). Như vậy, có thể thấy rằng, độ cao sóng bề mặt biển trung bình ở vùng ven bờ và ngoài khơi Việt Nam đều có xu thế giảm.

3.2. Phân tích, đánh giá, so sánh xu thế biến đổi độ cao sóng bề mặt biển từ hai nguồn số liệu

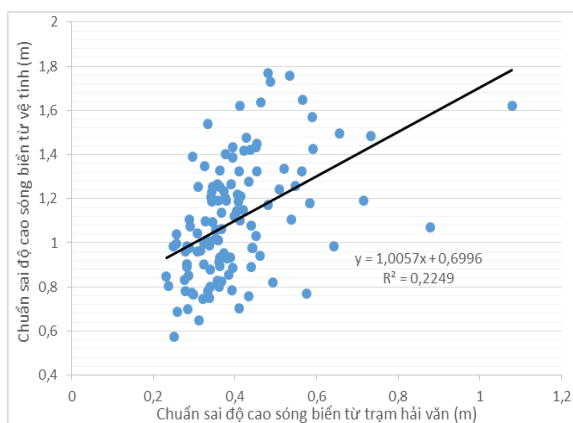
Kết quả phân tích sự phù hợp giữa hai nguồn số liệu về chuẩn sai độ cao sóng bề mặt biển trung bình năm tại các trạm cho thấy, có sự tương

đồng cao về xu thế biến đổi độ cao sóng bề mặt biển trung bình cũng như mối tương quan giữa 2 chuỗi số liệu đối với các trạm: Hòn Ngu, Sơn Trà, Thổ Chu. Tuy nhiên, cũng có một số trạm như Phú Quốc, Phú Quý, Hòn Dấu, Cô Tô, Bãi Cháy, Bạch Long Vĩ, Vũng Tàu không cho thấy sự tương đồng cao giữa số liệu thực đo và số liệu từ vệ tinh. Thậm chí tại trạm Bãi Cháy, Sơn Trà, Vũng Tàu, số liệu thực đo giai đoạn 2009-2019 cho thấy xu thế tăng trong khi số liệu vệ tinh cho

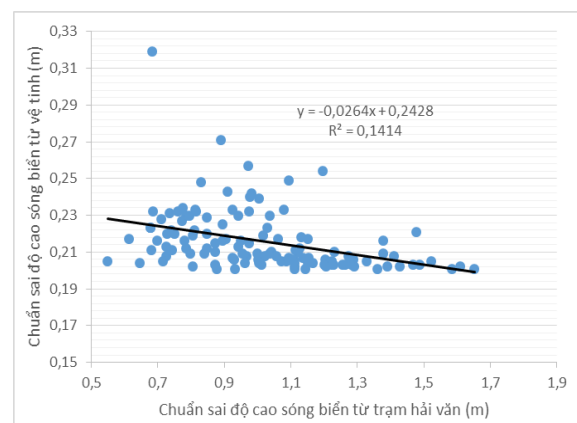
thấy xu thế giảm, trong khi đó tại trạm Thổ Chu, Phú Quốc số liệu thực đo giai đoạn 2009-2019 cho thấy xu thế giảm trong khi số liệu vệ tinh cho thấy xu thế tăng (Bảng 4, Hình 2). Tuy nhiên, nếu tính trung bình cho tất cả các trạm thì không có sự khác biệt đáng kể về tốc độ biến đổi độ cao sóng bề mặt biển trung bình năm theo số liệu thực đo (giảm 2,84 mm/năm) và theo số liệu vệ tinh (giảm 12,05 mm/năm).

Bảng 4. Xu thế biến đổi và tương quan giữa số liệu vệ tinh và thực đo (2009-2019)

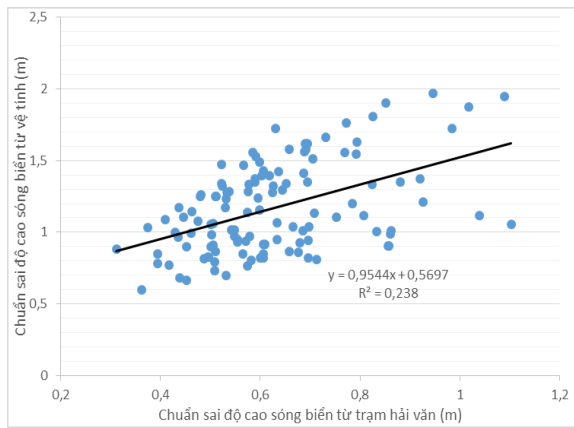
Thứ tự	Trạm	Tỷ lệ giảm độ cao sóng bề mặt biển trung bình năm (mm/năm)		Hệ số tương quan giữa hai số liệu (R)
		Số liệu trạm	Số liệu vệ tinh	
1	Cô Tô	-19,8	-14,6	0,47
2	Bãi Cháy	2,6	-15,8	0,38
3	Bạch Long Vĩ	-9,5	-16,3	0,48
4	Hòn Dấu	-5,5	-15,8	0,18
5	Hòn Ngu	-9,6	-18,4	0,62
6	Sơn Trà	3,3	-21,6	0,56
7	Phú Quý	-7,6	-12,7	0,1
8	Vũng Tàu	23,8	-9	0,11
9	Thổ Chu	-6	2,4	0,55
10	Phú Quốc	-0,09	1,3	0,07
	Trung bình	-2,84	-12,05	



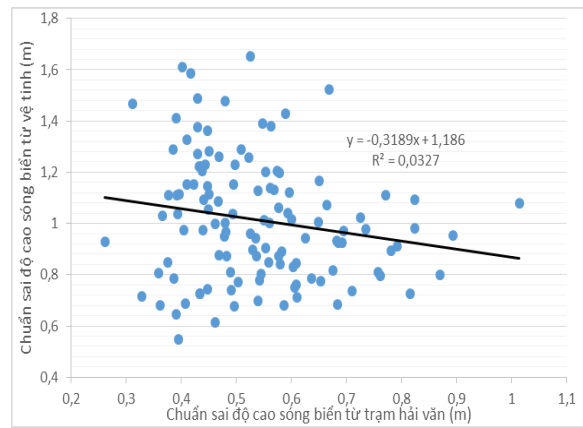
Cô Tô



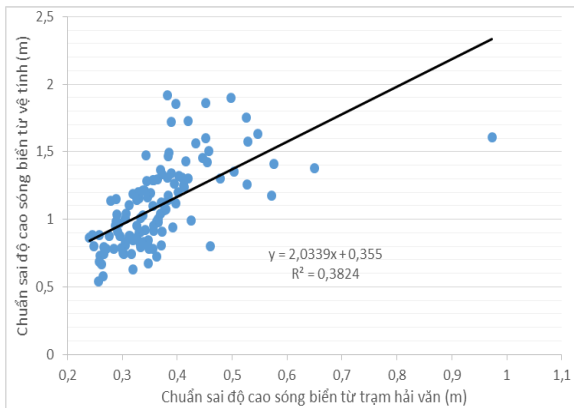
Bãi Cháy



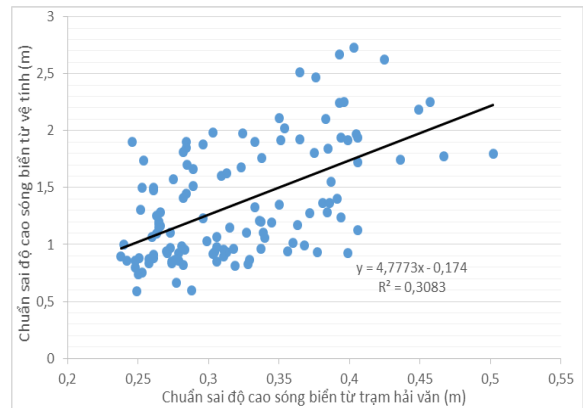
Bạch Long Vĩ



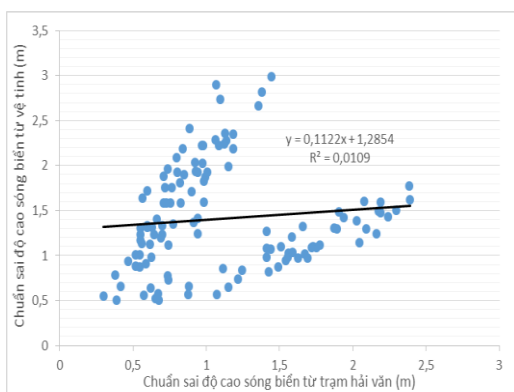
Hòn Dấu



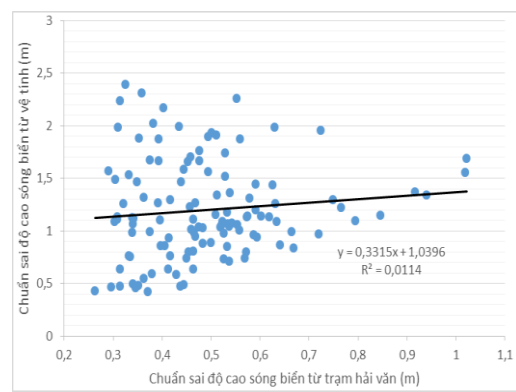
Hòn Ngự



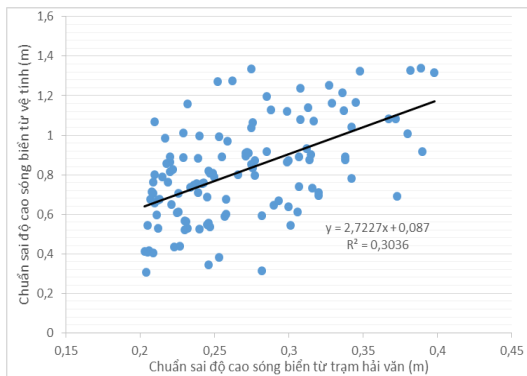
Sơn Trà



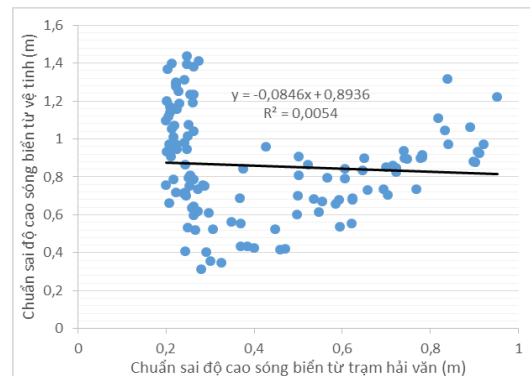
Phú Quý



Vũng Tàu

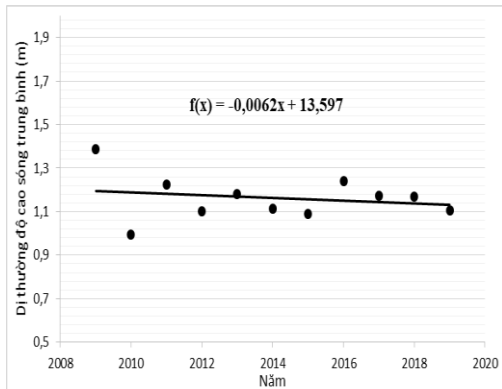


Thỏ Chu

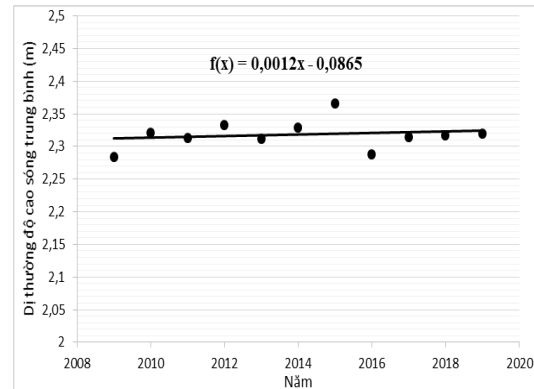


Phú Quốc

Hình 2. Tương quan giữa độ cao sóng bề mặt biển trung bình tại các trạm hải văn và vệ tinh giai đoạn 2009- 2019.



a)



b)

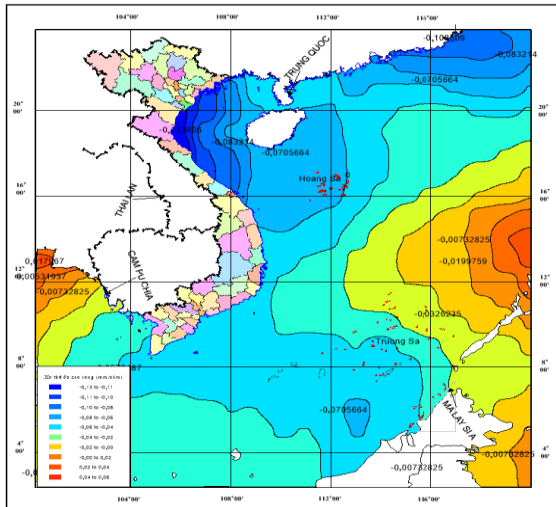
Hình 3. Xu thế biến đổi độ cao sóng bề mặt biển trung bình năm Biển Đông (a) và toàn cầu (b) từ vệ tinh (2009-2019).

3.3. Phân tích, đánh giá xu thế biến đổi độ cao sóng bề mặt biển từ số liệu vệ tinh

Xu thế biến đổi độ cao sóng bề mặt biển quan trắc bằng vệ tinh được tính toán từ chuỗi số liệu dị thường độ cao bề mặt biển từ năm 2009 đến 2019, kết quả tính toán cho thấy SWH trung bình năm toàn biển Đông biến đổi với tốc độ giảm khoảng 6,2 mm/năm. Như vậy, so với đánh giá của Lingli Wu và cộng sự (2014) [1], xu thế độ cao sóng bề mặt biển trung bình ở Biển Đông vẫn tiếp tục có xu thế giảm. Trong khi đó xu thế tăng độ cao sóng bề mặt biển trung bình năm toàn cầu

theo số liệu vệ tinh trong giai đoạn 2009-2019 là 1,2 mm/năm (Hình 3).

Phân bố theo không gian của giá trị xu thế biến đổi động SWH trung bình năm trên Biển Đông chủ yếu là giảm. Khu vực vịnh Bắc Bộ và eo biển Đài Loan có xu thế SWH trung bình năm giảm mạnh nhất, trong đó vùng biển ngoài khơi miền Trung của Việt Nam, SWH trung bình năm có xu thế giảm lớn nhất (khoảng 10,0-17,0 mm/năm). Khu vực có tốc độ giảm thấp hơn là khu vực phía nam biển Đông (1,0-4,0 mm/năm). Khu vực vịnh Thái Lan và vùng biển gần đảo Manila, Philippines lại có xu thế SWH trung bình năm tăng (0,5-2 mm/năm).



Hình 4. Xu thế thay đổi độ cao sóng bề mặt biển từ số liệu vệ tinh trên toàn Biển Đông.

Đánh giá xu thế thay đổi SWH trung bình năm cho khu vực ven biển Việt Nam, khu vực ven biển Trung Bộ và Bắc Bộ giảm mạnh nhất với tốc độ giảm khoảng trên 14,0 mm/năm, lớn nhất tại khu vực ven biển Bắc Trung bộ với tốc độ giảm trên 17,0 mm/năm. Khu vực ven biển Nam Bộ giảm thấp nhất với mức độ khoảng 3,0 mm/năm (Hình 4).

4. Kết luận

Số liệu độ cao sóng bề mặt biển thực đo tại các trạm hải văn và vệ tinh đã được sử dụng trong phân tích và đánh giá xu thế biến đổi SWH vùng Biển Đông và ven bờ Việt Nam. Kết quả phân tích số liệu SWH quan trắc trong suốt thời kỳ đo đạc tại các trạm hải văn ven biển Việt Nam cho thấy, hầu hết SWH trung bình năm tại các trạm đều có xu hướng giảm nhưng có trạm lại có xu hướng tăng nhẹ hoặc không rõ ràng như Bãi Cháy, Cửa Ông, Sầm Sơn, Côn Cỏ, Trường Sa, DK17 và Côn Đảo. Tính trung bình năm, SWH tại một số trạm quan trắc có xu thế giảm khoảng 12,79 mm/năm.

Kết quả phân tích số liệu từ vệ tinh cho thấy, SWH trung bình năm trên toàn Biển Đông có xu thế giảm khoảng 6,2 mm/năm. Khu vực Bắc Trung Bộ có xu thế giảm mạnh nhất với tốc độ

giảm khoảng 17 mm/năm, khu vực Nam Trung Bộ và Nam Bộ có xu thế giảm ít hơn với tốc độ giảm khoảng 3,0 mm/năm. Khu vực vịnh Thái Lan và vùng biển gần đảo Manila, Philippines lại có xu thế SWH trung bình năm tăng (0,5-2 mm/năm).

So sánh xu thế biến đổi độ cao sóng bề mặt biển trong giai đoạn 2009-2019 giữa số liệu thực đo và số liệu vệ tinh cho thấy, có sự tương đồng cao tại đa số các trạm về xu thế biến đổi và tương quan chuẩn sai độ cao sóng bề mặt biển trung bình năm giữa hai loại số liệu. Vẫn còn tồn tại sự khác biệt về xu thế tại một vài trạm. Tính từ năm 2009 đến 2019, xu thế giảm độ cao sóng bề mặt biển trung bình năm tại các trạm hải văn ít hơn so với trích xuất từ số liệu vệ tinh (2,84 mm/năm so với 12,05 mm/năm). Nguyên nhân của sự khác biệt này có thể do số liệu sóng thực đo của các trạm hải văn quan trắc bằng mắt và ông nhóm nên không thể quan trắc obs đêm và độ chính xác chưa được cao.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện và hoàn thành dưới sự hỗ trợ về số liệu của Đề tài độc lập 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 Đề tài cấp bộ “Nghiên cứu ảnh hưởng của ENSO tới các yếu tố khí tượng thủy văn và môi trường biển trên khu vực Biển Đông phục vụ công tác dự báo và quản lý môi trường biển”, mã số TNMT.2018.06.12.

Tài liệu tham khảo

- [1] L. Wu, X. L. Wang, Y. Feng, Historical Wave Height Trends in The South and East China Seas, 1911-2010, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, Vol. 119, No. 7, 2014, pp. 4399-4409, <https://doi.org/10.1002/2014JC010087>.
- [2] Z. Wang, S. Li, S. Dong, K. Wu, H. Yu, L. Wang, W. Li, Extreme Wave Climate Variability in South China Sea, *International Journal of Applied Earth*

- Observation Geoinformation, Vol. 73, 2018, pp. 586-594, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.04.009>.
- [3] J. Shi, J. Zheng, C. Zhang, A. Joly, W. Zhang, P. Xu, T. Sui, T. Chen, A 39-year High Resolution Wave Hindcast for The Chinese Coast: Model Validation and Wave Climate Analysis, Ocean Engineering, Vol. 183, 2019, pp. 224-235, <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.04.084>.
- [4] P. V. Huan, Flow Charts for Harmonic Analysis by The Least Squares Method with a Time-discrete Sea Level Series, VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences, Vol. 32, No. 3S, 2016, pp. 83-88 (in Vietnamese).
- [5] D. V. Uu, N. K. Cuong, H. T. Huong, T. V. My, N. N. Minh, The Variability of Principal Hydro-meteorological Characteristics in The Basins Along The North Central Coastal zone from Danang to Nhatrang, VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences, Vol. 31, No. 1S, 2015, pp. 127-136 (in Vietnamese).
- [6] H. T. Thanh, Study on Sea-level Variability in Coastal Vietnam, Doctoral Dissertation, Hanoi, 2011 (in Vietnamese).
- [7] T. Thuc, N. V. Thang, H. T. L. Huong, M. V. Khiem, N. X. Hien, D. H. Phong, Climate Change and Sea Level Rise Scenarios for Viet Nam, Viet Nam Publishing House of Natural Resources, Environment and Cartography, Ministry of Natural Resources and Environment, Ha Noi, 2016 (in Vietnamese).
- [8] The AVISO LAS LAS Product Server <https://las.aviso.altimetry.fr>, 2020 (accessed on: March 15th, 2020)
- [9] N. V. Thang, N. T. Hieu, T. Thuc, P. T. T. Huong, N. T. Lan, V. V. Thang, Climate Change and Impacts in Vietnam, Science and Technics Publishing House, Ha Noi, 2011, pp. 238-241 (in Vietnamese).