

XU THẾ BIẾN ĐỘNG MỨC NƯỚC BIỂN VÙNG BIỂN KHÁNH HÒA, DỰ BÁO SỰ GIA TĂNG MỨC NƯỚC BIỂN

Phạm Sỹ Hoàn^{1*}, Ki-Young Heo², Nguyễn Văn Tuấn¹, Nguyễn Đức Thịnh¹,
Lê Đình Mậu¹, Hồ Văn Thệ¹

¹ Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm KHCNVN

² Viện Khoa học và Công nghệ Đại dương Hàn Quốc
pshoan.vnio@gmail.com

Tóm tắt. Mức nước biển được các nhà khoa học cho là đang gia tăng dưới ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, đặc biệt trong thời gian gần đây. Đánh giá được xu thế (tăng/ giảm) và dự báo biến đổi của mực nước biển góp phần quan trọng trong quy hoạch phát triển kinh tế- xã hội, an ninh quốc phòng ở các vùng ven biển. Biến động mực nước ở vùng biển Khánh Hòa trong gần nửa thập kỉ qua (1975- 2021) được phân tích bằng phương pháp hồi quy tuyến tính, từ nguồn số liệu mực nước thực đo hàng giờ tại trạm Quan trắc Hải dương học và môi trường biển Cầu Đá do Viện Hải dương học quản lý. Mực nước biển trung bình có xu thế giảm trong thời gian từ năm 1975 đến khoảng năm 1998, sau đó tăng nhanh từ năm 1998 đến năm 2021, giai đoạn giảm mực nước biển cục bộ được ghi nhận từ 2016 đến 2021. Xét chung trong giai đoạn từ 1975 đến 2021, mực nước biển trung bình có xu thế tăng với mức tăng ước lượng là $2,58 \pm 0,38$ mm/ năm. Dự báo trong thời gian gần (10 năm tới), mực nước biển trung bình tăng thêm khoảng 2,521 cm (không tính tới kịch bản tăng hiệu ứng nhà kính do biến đổi khí hậu).

Từ khóa: Xu thế mực nước biển, hồi quy tuyến tính, Mann-Kendall, trạm Cầu Đá.

1. Giới thiệu

Gia tăng mực nước biển toàn cầu là một tín hiệu không tốt cho đời sống trên Trái Đất đã được cảnh báo từ gần một thế kỷ nay. Mức độ gia tăng ngày càng nghiêm trọng hơn cùng với biến đổi khí hậu nóng lên toàn cầu, băng trên các cực tan nhanh.

Từ số liệu đo tại các trạm đo trên khắp thế giới, xu thế gia tăng của mực nước biển được xác định. Douglas (1991) qua phân tích số liệu của 21 điểm với chuỗi dài trung bình 76 năm, tối thiểu 60 năm cho rằng xu thế mực nước tăng trung bình $1.8 - 1.9$ mm/ năm ± 0.1 cho chu kỳ 1880-1980. Vào thời kỳ đó, có nhiều tác giả cho rằng mực nước toàn cầu tăng trung bình chỉ khoảng 1 mm/ năm hoặc chưa tới trong vòng 100 năm từ 1880- 1980. Đến năm 1997, Douglas đã tổng quan lại nhiều nghiên cứu, cập nhật nhiều phân tích mới và kết luận về giá trị tăng của mực nước biển toàn cầu là gần 2 mm/ năm. Kết quả phân tích mới cập nhật của NOAA đến 2019, hầu như mực nước các trạm đều có xu thế tăng nhiều so với kết quả của Douglas (1997) (Bảng 1).

Church và White (2006) cho rằng, dao động mực nước biển toàn cầu từ trong thế kỷ 20 tăng trung bình hàng năm là $1,7 \pm 0,3$ mm/ năm; Holgate và Woodworth (2004), mực nước biển suốt 55 năm (1948- 2002) gia tăng khoảng $1,7 \pm 0,2$ mm/ năm, trong đó đáng chú ý là giai đoạn 1993- 2002 tăng cao hơn các thập kỷ trước đó; Giorgio Spada và Gaia Galassi (2012) gia tăng mực nước biển toàn cầu là $1,5 \pm 0,1$ mm/ năm trong giai đoạn 1888- 2010.

Bảng 1. Kết quả phân tích xu thế mực nước biển của Douglas (1997) và NOAA (2019).

Trạm/Quốc gia	Theo DOUGLAS (1997)		Theo NOAA (2019)	
	Xu thế (mm/năm)	Độ dài chuỗi	Xu thế (mm/năm)	Độ dài chuỗi
NEWLYN/Anh	1,7	1915- 1991	1,84	1915- 2018
BREST/Pháp	1,4	1880- 1991	1,01	1807- 2018
CASCAIS/Bồ Đào Nha	1,3	1882- 1988	1,32	1882- 1993
LAGOS/Bồ Đào Nha	1,5	1902- 1990	1,62	1908- 1999
TENERIFE/Tây Ban Nha	1,5	1927- 1991	1,67	1927- 2017
MARSEILLE/Pháp	1,2	1885- 1991	1,3	1885- 2018
GENOVA/Ý	1,2	1884- 1989	1,18	1884- 1997
TRIESTE/Ý	1,2	1905- 1991	1,31	1875- 2018
AUCKLAND/New Zealand	1,3	1904- 1989	1,29	1903- 2000
DUNEDIN/New Zealand	1,4	1900- 1989	-	-
LYTTELTON/New Zealand	2,3	1904- 1989	2,76	1924- 2018
WELLINGTON/New Zealand	1,7	1901- 1988	2,72	1944- 2018
HONOLULU/Mỹ	1,5	1905- 1991	1,51	1905- 2019
SAN FRANCISCO/Mỹ	1,5	1880- 1991	1,99	1897- 2019
SANTA MONICA/Mỹ	1,4	1933- 1991	1,55	1933- 2019
LA JOLLA/Mỹ	2,1	1925- 1991	2,13	1924- 2015
SAN DIEGO/Mỹ	2,1	1906- 1991	2,2	1906- 2019
BALBOA/Panama	1,6	1908- 1970	1,43	1908- 2018
CRISTOBAL/Panama	1	1909- 1970	-	-
QUEQUEN/Argentina	0,8	1918- 1983	-	-
BUENOS AIRES/Argentina	1,5	1905- 1988	-	-
PENSACOLA/Mỹ	2,2	1923- 1991	2,46	1923- 2019
KEY WEST/Mỹ	2,2	1913- 1991	2,47	1913- 2019
FERNANDINA/Mỹ	1,8	1897- 1991	2,15	1897- 2019
Trung bình	1,56		1,796	

Nhiều vấn đề được các tác giả đặt ra liên quan đến xu thế gia tăng mực nước biển toàn cầu ngoài nước biển dâng do giãn nở vì nhiệt, còn có băng tan, sự chuyển động thẳng đứng của vỏ Trái Đất, các nguồn nước khác làm tăng mực nước như mưa lũ, sóng thần, nước dâng,... Sự chuyển động thẳng đứng của vỏ Trái Đất về sau được từng bước giải quyết bằng cách đo đạc trọng lực tuyệt đối và GPS của sự chuyển động vỏ Trái Đất, hoặc ứng

dụng vệ tinh để đo đạc độ cao mặt biển. Đánh giá lượng nước ngọt bổ sung vào sự tăng mực nước biển toàn cầu, Chao (1991) và Gornitz và cộng sự (1997) tính toán rằng trong 40 năm, một lượng nước bổ sung tương đương 0,7- 0,9 mm/ năm mực nước biển dâng toàn cầu đã được lưu trữ trong các hồ chứa lớn và nhỏ và các bồn khác, do đó tỷ lệ gia tăng mực nước biển toàn cầu GSLR (Global Sea Level Rise) hiện thời cao hơn so với xu thế tăng mực nước ghi nhận tại các trạm triều. Trong báo cáo lần thứ 5 của IPCC (IPCC 5, 2013) cũng khẳng định, những quan trắc từ trước năm 1971 cho thấy sự gia tăng mực nước biển trung bình toàn cầu có sự đóng góp đến 75 % từ sự giãn nở nhiệt đại dương và sự tan băng chủ yếu ở Nam cực. Đến đầu những năm 1990, sự đóng góp này được tiếp tục tăng lên. Báo cáo này cũng cho rằng, sự tăng lên của mực nước biển trung bình toàn cầu giai đoạn 1993-2010 do sự đóng góp đến 90 % lượng nước từ sự giãn nở nhiệt đại dương và mất khối lượng của các sông băng. Dự báo của IPCC 5 với các kịch bản biến đổi khí hậu và tan băng khác nhau cho thấy mức tăng mực nước biển trung bình toàn cầu từ 0,26-0,55 m với kịch bản RCP2.6, từ 0,45-0,82 m với kịch bản RCP8.5 trong giai đoạn 2081- 2100 so với giai đoạn 1986- 2005. Oppenheimer và cộng sự (2019) đã gợi ý phương pháp thống kê mới và cho rằng, mực nước biển trung bình toàn cầu (GMSL) đã tăng trung bình 1,38 mm/năm trong giai đoạn 1901- 1990. Các cập nhật tiếp theo dựa trên đề xuất phương pháp thống kê mới là của Dangendorf và cộng sự (2019), Frederikse và cộng sự (2020) cho rằng, GMSL đã tăng trung bình 1,35 mm/năm trong giai đoạn 1901-1990; kết quả của Palmer và cộng sự (2021) là 1,3-1,4 mm/năm từ 1901-1990. Báo cáo của IPCC năm 2021 (IPCC 6) cập nhật tỷ lệ GSLR đã tăng nhanh hơn dự kiến trong một vài thập kỷ gần đây: 1,3 mm/năm (giai đoạn 1901-1971), 1,9 mm/năm (giai đoạn 1971-2006) và 3,7 mm/năm (giai đoạn 2006-2018), trung bình trong giai đoạn 1901-2018 mực nước biển tăng thêm 0,2 m (0,15- 0,25 m).

Xu thế biến động mực nước ở Biển Đông và lân cận được đánh giá qua phân tích của NOAA (<https://tidesandcurrents.noaa.gov/sltrends/mslGlobal-TrendsTable.html>). Trên đó, Trung Quốc có 10 trạm nghiệm triều được đánh giá, Malayxia có 6 trạm, Philippines có 5 trạm, Thái Lan có 4 trạm, Việt Nam có 4 trạm, Singapore có 3 trạm, Indonesia và Đài Loan đều có 1 trạm. Xu thế gia tăng mực nước biển có sự khác nhau nhất định, phần lớn đều có xu thế tăng, riêng chỉ có trạm Qinhuangdao (Trung Quốc) có xu thế giảm (-0,04 mm/năm); trạm Fort Phrachula Chomkloa (Thái Lan) và trạm Manila (Philippines) có xu thế tăng lớn nhất, lần lượt là 16,87 và 14,54 mm/ năm; phía Bắc Biển Đông có xu thế tăng trung bình nhỏ hơn ở phía nam, trung bình các trạm ở Trung Quốc và Đài Loan tăng 1,82 mm/năm, còn các trạm ở Malaysia, Thái Lan, Indonesia có giá trị trung bình tăng tới 4,02 mm/năm. Tại bờ biển Việt Nam, trạm Vũng Tàu gia tăng mực nước biển lớn nhất với $3,7 \pm 0,96$ mm/ năm, trạm Đà Nẵng đạt $3,17 \pm 0,73$ mm/ năm, trạm Hòn Dấu đạt $2,05 \pm 0,46$ mm/năm, trạm Quy Nhơn tăng $0,2 \pm 1,17$ mm/ năm. Như vậy, phần phía Nam Biển Đông có sự gia tăng mực nước biển cao hơn phía Bắc Biển Đông. Mặc dù đã có những kết quả định lượng cho mức độ gia tăng mực nước biển, nhưng với một số kết quả cao bất thường như ở Manila (Philippines) và ở Fort Phrachula Chomkloa (Thái Lan), cũng như sự chênh lệch khá lớn giữa các trạm vẫn chưa có lý giải hợp lý.

Mực nước giờ tại Trạm Quan trắc Hải dương học và môi trường Cầu Đá do Viện Hải dương học (VAST) thực hiện và lưu trữ số liệu khá đầy đủ từ 1975- nay (47 năm). Biến động của mực nước biển trung bình dùng số liệu 1975- 2008 tại trạm này đã được Nguyễn Kim Vinh (2010) mô tả, mực nước biển giảm trong giai đoạn 1975- 1992, tăng trong giai đoạn 1992- 2008. Kết quả với xu thế tăng mực nước biển trung bình trung giai đoạn 1992-2008 là khá phù hợp với nhiều nghiên cứu của các nhà khoa học khác trên thế giới (Holgate và Woodworth, 2004; Church và White, 2006; Giorgio và Gaia, 2012) cho rằng, mực nước tăng nhanh trong những năm từ 1993 - 2002. Vinh (2010) cũng cho rằng, có sự biến động với chu kỳ trung bình gần 6 năm của mực nước Cầu Đá. Trần Văn Chung và cộng sự (2018, 2019) đã phân tích biến động của các mực nước đặc trưng trung bình tháng, trung bình mùa, trung bình năm từ 1975-2016 nhận thấy các dao động mực nước cao trong lịch sử thường xảy ra trung với thời kỳ La Nina, và có liên quan đến các quá trình có chu kỳ mùa, liên mùa, năm, nhiều năm, và gia tăng mạnh từ 2006-2016.

Cập nhật số liệu đo đến hết tháng 12/2021, cùng với sử dụng kết hợp các phương pháp như phân tích hồi quy, phân tích xu thế Mann- Kendall, xác định điểm thay đổi Pettitt, bài viết chỉ ra xu thế biến đổi mực nước biển trung bình trong từng giai đoạn khác nhau và dự báo sự biến động mực nước biển trung bình trong thời gian tới (từ 2022-2031).

2. Tài liệu và phương pháp

2.1. Tài liệu

Số liệu mực nước giờ từ tháng 2/1975 đến tháng 12/2021 tại Trạm Quan trắc Hải dương học và môi trường biển Cầu Đá (Viện Hải dương học). Trong đó, có một số thời đoạn không có số liệu như:

- Năm 1989: Do sửa chữa, nâng cấp trạm nên không đo mực nước;
- Tháng 6/1975; 11/1975; 17/12/1984-31/12/1984; 11/1987; 8/1988; từ tháng 10/1988-12/1989; 2/1990; 3/1990; 5/1990; 1/3/2002- 11/3/2002; từ 8/9/2006- 10/11/2006;

Trạm cầu Đá tại ven bờ vịnh Nha Trang, tỉnh Khánh Hòa, Việt Nam do Viện Hải dương học (VAST) quản lý. Trạm có tọa độ là: 109°12.96' E; 12°12.46' N.

2.2. Phương pháp

Phân tích xu thế chuỗi mực nước biển từ 1975-2021 bằng mô hình hồi quy tuyến tính RegressIt (2020), được công bố năm 2014 và đã được phát triển đến nay. Đây là một mô hình được xây dựng chạy trên MS Excel, dễ sử dụng và miễn phí. Mô hình cung cấp các thông số thống kê trước khi phân tích hồi quy tuyến tính.

Trước khi sử dụng mô hình hồi quy, các đặc trưng trung bình tháng; trung bình năm cần được tính toán. Khi xác định các đặc trưng này, đôi với các tháng, năm có số liệu bị thiếu hoặc lỗi vượt quá 20 % sẽ được coi như không có số liệu.

RegressIt chạy được cho cả những chuỗi số liệu có những khoảng trống nhất định.

Phương pháp xác định xu thế tăng/giảm Mann-Kendall là một kiểm tra được thực hiện rộng rãi để quan sát xu hướng trong một chuỗi theo thời gian. Phép kiểm tra phi tham số này có một ưu điểm là dữ liệu không cần tuân theo bất kỳ phân phối xác định nào (Mann, 1945; Kendall, 1955, 1976), hay còn gọi là phép thử phi tham số. Hệ số tương quan phi tham số Kendall được tính theo công thức (1) như sau:

$$\tau = \frac{S}{n(n-1)/2} \quad (1)$$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n \text{sgn}(x_k - x_i) \quad (2)$$

$$\text{sgn}(\theta) = \begin{cases} +1, & \theta > 0 \\ 0, & \theta = 0 \\ -1, & \theta < 0 \end{cases}$$

x_i ($i = 1, 2, \dots, n-1$) và x_k ($k = i + 1, \dots, n$) là các chuỗi thời gian. Với S là thống kê kiểm tra; S thể hiện dương nếu biến tăng theo thời gian, hay các cặp so sánh phù hợp (number of concordant pairs) x_i và x_k . Ngược lại S là số âm nếu các cặp so sánh không phù hợp (number of discordant pairs) x_i và x_k .

Khi số lượng mẫu lớn hơn 10, S được thay thế bởi Z_c - một thống kê gần đúng bằng phân phối chuẩn theo công thức (3). Công thức này được hầu hết các phần mềm thống kê sử dụng.

$$Z_c = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Nếu gọi α là mức ý nghĩa thống kê (significance level), trị tương ứng với mức tin cậy của thống kê (confidence level), $Z_{\alpha/2}$ sẽ nhận giá trị tương ứng: $\alpha = 10\%$ ở mức độ tin cậy 90% với $Z_{0,05} = 1,65$; $\alpha = 5\%$ ở mức độ tin cậy 95% với $Z_{0,025} = 1,96$; $\alpha = 1\%$ với độ tin cậy 99% cấp với $Z_{0,005} = 2,58$.

Nếu $|Z_c| > Z_{\alpha/2}$, xu thế sẽ có nghĩa, tức là có xu thế rõ ràng.

Giá trị âm của τ xác định xu hướng giảm, trong khi giá trị dương của τ xác định xu hướng tăng, và không có xu hướng rõ ràng khi $\tau = 0$;

Phân tích xu thế Mann-Kendall có thể được thực hiện trên website do Wessa (2017) xây dựng.

Phương pháp xác định điểm thay đổi phi tham lần đầu tiên được đề xuất bởi Pettitt (1979) với mục đích phân biệt những thay đổi quan trọng trong giá trị trung bình của một chuỗi thời gian. Các phân tích điểm thay đổi được thực hiện bằng cách sử dụng phần mềm thống kê R (R Core Team, 2022). Giả thuyết của phân tích này là các biến tuân theo các phân phối có tham số vị trí tương tự và không có điểm thay đổi, trái với giả thuyết thay thế rằng tồn tại một điểm thay đổi, tạm gọi là giả thuyết vô hiệu (null hypothesis). Các công thức được sử dụng để phân tích điểm thay đổi:

$$K_T = \max|U_{t,T}|, t = 2 \dots T; \quad (4)$$

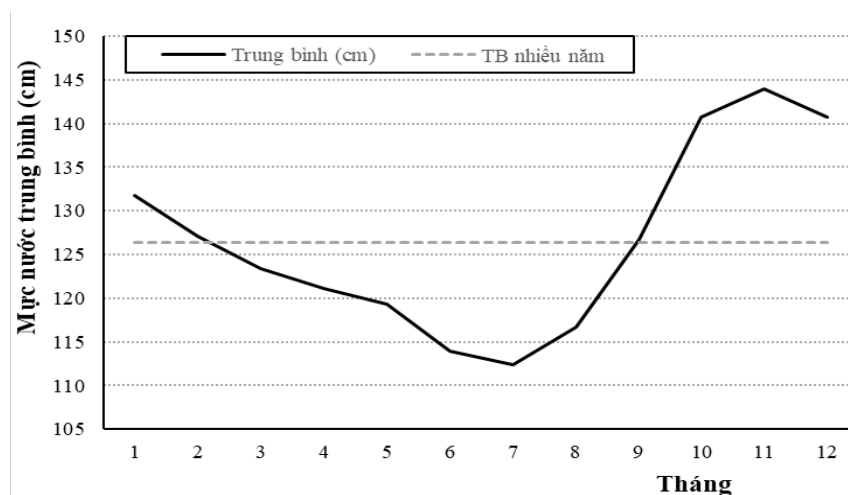
$$U_{t,T} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^T \text{sgn}(x_i - x_j) \quad (5)$$

Trong các công thức (4) và (5), K_T là giả thuyết vô hiệu, $U_{t,T}$ kiểm tra xem hai biến x_i (x_1, \dots, x_t) và x_j (x_{t+1}, \dots, x_T) có nằm trong cùng một tập hợp hay không. Xác suất liên kết (p) được sử dụng để tính mức ý nghĩa. Điểm thay đổi xảy ra khi (4) được thỏa mãn.

3. Kết quả và thảo luận

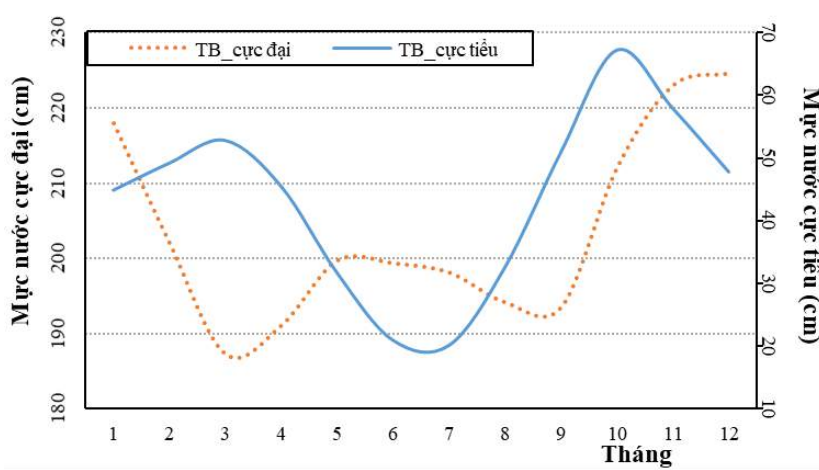
3.1. Biến động mùa mực nước biển Cầu Đá

Mực nước biển mùa tại Trạm Cầu Đá với dạng hình SIN, các tháng có mực nước cao trên giá trị trung bình nhiều năm từ tháng 10 đến tháng 1 năm sau (cao nhất tháng 11), các tháng có mực nước thấp hơn mực nước trung bình nhiều năm từ tháng 3 đến tháng 8, các tháng 2, 9 có mực nước xấp xỉ mực nước trung bình nhiều năm (Hình 1). Như vậy, các tháng có mực nước trung bình cao hàng năm trùng với thời kỳ có mưa, bão ở khu vực (Lê Đình Mậu và cs, 2020). Do đó, nếu đồng thời xảy ra mực nước cao và nước dâng do bão dễ gây ra các ảnh hưởng tiêu cực đến các hoạt động kinh tế biển như hàng hải, thủy sản, du lịch và nông nghiệp.



Hình 1. Biến động mùa của mực nước trung bình từ 1975- 2021, Trạm Cầu Đá-Nha Trang

Mực nước trung bình cực tiểu tại Trạm Cầu Đá có sự biến động với dạng hai hình SIN hàng năm (có hai đỉnh và hai chân); với đỉnh cao xảy ra vào tháng 10 (đạt 67,18 cm so với “0” trạm) và đỉnh thấp xảy ra vào tháng 3 (đạt 52,78 cm so với “0” trạm); chân thấp vào tháng 7 (đạt 20,11 cm so với “0” trạm) và chân cao vào tháng 1 (đạt 44,84 cm so với “0” trạm). Giá trị mực nước nhỏ nhất cực tiểu (cực tiểu tuyệt đối) cũng xảy ra vào tháng 7 (2 cm vào tháng 7/1979).



Hình 2. Biến động mùa của mực nước cực đại, cực tiểu từ 1975- 2021, Trạm Cầu Đá-Nha Trang

Mực nước trung bình cực đại (Hình 2) cho thấy các tháng từ 11-tháng 1 năm sau có giá trị cao (cao nhất tháng 12, đạt 224,64 cm); các tháng từ 2-10 đạt giá trị thấp hơn (thấp nhất tháng 3, đạt 187,24 cm). Các tháng đạt giá trị cao cũng là các tháng có gió mùa Đông Bắc mạnh và xảy ra nhiều bão (Lê Đình Mậu và cs, 2020).

3.2. Xu thế mực nước biển tại trạm Cầu Đá

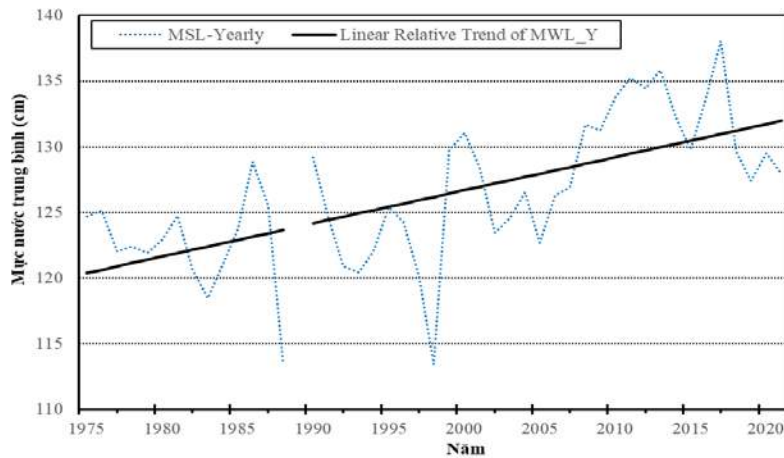
Diễn biến mực nước trung bình hàng năm tại Trạm Quan trắc Hải dương học và môi trường biển Cầu Đá (Cầu Đá) là khá phức tạp, với sự tăng/giảm đan xen giữa các năm. Tuy nhiên, nhìn chung lại cho thấy mực nước biển có xu thế tăng dần từ 1975- 2021 (Hình 3).

Dùng phương pháp phân tích xu thế Mann-Kendall và tìm điểm thay đổi trong xu thế bằng phương pháp Pettitt (1979) cho thấy, giai đoạn 1975- 2021 có xu thế tăng với hệ số τ đạt 0,45 và năm thay đổi là 1998 (Bảng 2). Như đã trình bày, τ nhận giá trị từ -1 đến +1, cho thấy, mực nước trong giai đoạn 1975- 2021 có xu thế tăng khá rõ ràng.

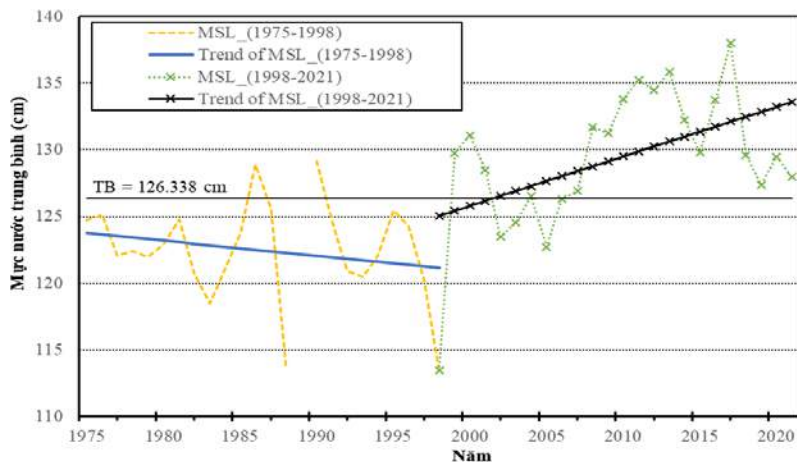
Tiếp tục xem xét trong giai đoạn 1975-1998 và từ 1998-2021 để thấy rõ xu thế tăng/giảm. Kết quả cho thấy, trong giai đoạn 1975-1998, mực nước biển có xu thế giảm không lớn với hệ số τ đạt -0,16. Trong giai đoạn 1998-2021, mực nước biển có xu thế tăng với hệ số τ đạt 0,30 (Hình 4). Xét chi tiết hơn nữa cho từng giai đoạn thấy từ 1975-1991, mực nước biển giảm, từ 1991-1998 mực nước gần như không đổi, từ năm 1998-2015 mực nước tăng khá mạnh với hệ số τ đạt 0,56, giai đoạn gần đây từ 2016-2021 mực nước giảm khá mạnh với hệ số τ đạt 0,50. Như vậy, trước giai đoạn 1998, mực nước ít có sự biến động hơn từ 1998-2021. Điều đặc biệt là từ 2016-2021, mực nước có xu thế giảm khá mạnh. Điều này khác biệt với xu thế mực nước biển trung bình toàn cầu mà các nhà khoa học cho rằng nó đang tăng nhanh (IPCC, 2021; Oppenheimer và cộng sự, 2019; Dangendorf và cộng sự, 2019; Palmer và cộng sự, 2021) và xu thế tăng của mực nước biển giai đoạn 2001- 2020 tại vùng biển Hòn Dấu-Việt Nam (Nguyen, H. M, 2022). Biến đổi mực nước biển giai đoạn 1975-1998 như phân tích ở đây phù hợp với kết quả mà Nguyễn Kim Vinh (2010) đã đưa ra.

Bảng 2. Kết quả phân tích xu thế Mann-Kendall và điểm thay đổi Pettitt theo từng giai đoạn

Giai đoạn 1975- 2021	Giai đoạn 1975- 1998	Giai đoạn 1998- 2021
Giá trị τ : 0,45	Giá trị τ : -0,16	Giá trị τ : 0,30
Năm thay đổi: 1998	-	-



Hình 3. Xu thế biến đổi của mực nước trung bình năm từ 1975- 2021, Trạm Cầu Đá-Nha Trang

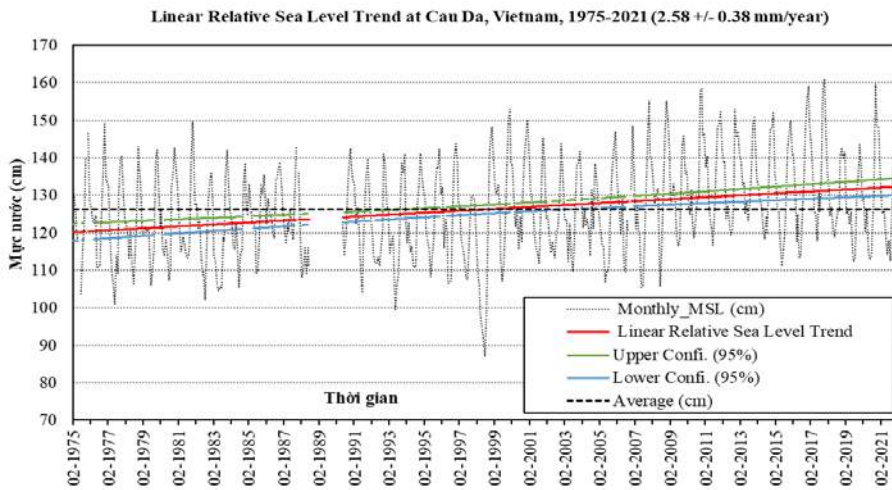


Hình 4. Xu thế biến đổi mực nước biển trung bình qua từng giai đoạn, Trạm Cầu Đá-Nha Trang

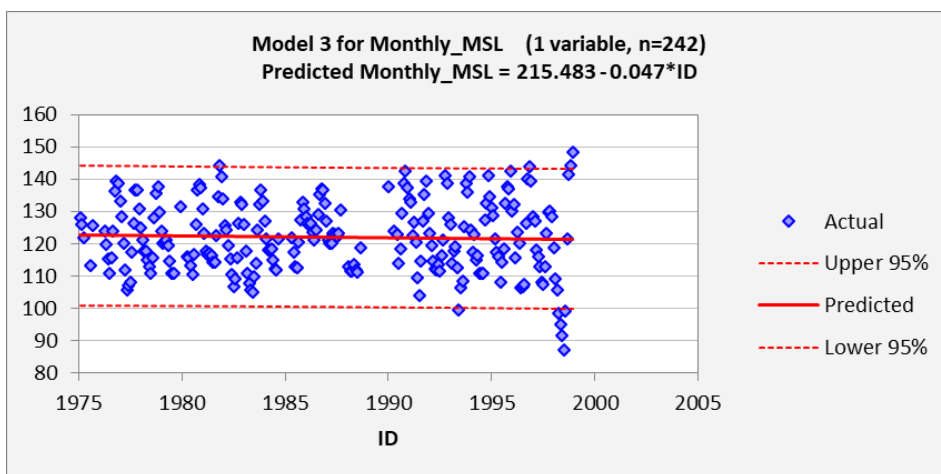
Phân tích xu thế mực nước biển giai đoạn 1975- 2021 bằng mô hình RegressIt cho thấy, xu thế mực biển trung bình tại Trạm Cầu Đá tăng khoảng $2,58 \pm 0,38$ mm/năm với độ tin cậy 95 % (Hình 5). Theo xu thế như đã phân tích, dự báo trong thời gian tới năm 2031, mực nước biển trung bình tăng thêm 2,521 cm so với năm 2021, đạt độ cao từ 125,322- 143,685 cm (so với “0” trạm) với điều kiện chưa tính tới sự gia tăng của hiệu ứng nhà kính, gia tăng tan băng ở các cực.

Xu thế mực biển cho từng giai đoạn tại Trạm Cầu Đá được cho trên các Hình 6 và Hình 7. Trong giai đoạn 1975-1998, mực nước tại đây giảm trung bình $-0,47$ mm/năm. Trong giai đoạn 1998- 2021, mực nước tại đây gia tăng trung bình $4,00$ mm/năm (tăng mạnh).

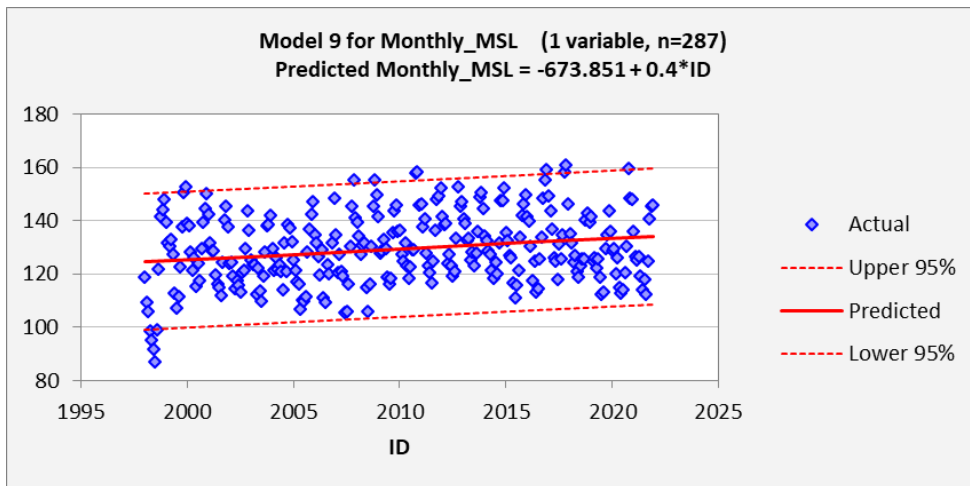
Xu thế tăng mực nước biển trung bình Trạm Cầu Đá từ 1975-2021 ở đây, cao hơn xu thế tăng mực biển toàn cầu do Douglas (1997) đưa ra (trung bình $1,56$ mm/năm) và cao hơn xu thế do NOAA phân tích năm 2019 (trung bình $1,796$ mm/năm) (Bảng 1), nhưng khá phù hợp với IPCC 6 đưa ra ($1,9$ mm/năm trong giai đoạn 1971-2006 và $3,7$ mm/năm trong giai đoạn 2006-2018). Kết quả phân tích của NOAA (2019) cho các trạm mực nước ở Biển Đông, trong đó Việt Nam có bốn trạm cho kết quả trung bình là $3,06$ mm/năm, cao hơn kết quả phân tích ở đây tại Trạm Cầu Đá.



Hình 5. Xu thế biến động mực nước biển trung bình tháng từ 1975- 2021 với độ tin cậy 95 %, Trạm Cầu Đá-Nha Trang.



Hình 6. Xu thế biến động mực nước biển trung bình từ 1975-1998, Trạm Cầu Đá-Nha Trang



Hình 7. Xu thế biến động mực nước biển trung bình từ 1998- 2021, Trạm Cầu Đá-Nha Trang

4. Thảo luận

Chúng tôi chưa đánh giá được mối liên hệ giữa sự biến động mực nước biển với các nhân tố và quá trình khí quyển-đại dương tác động như ứng suất gió bề mặt biển, nhiệt độ mặt biển, mật độ nước biển, đặc biệt là PDO chịu trách nhiệm về hầu hết SLR gia tăng đã được quan sát thấy ở vùng biển nhiệt đới phía Tây Thái Bình Dương kể từ những năm 1990 (Oppenheimer và cộng sự, 2019). Trong thời gian tiếp theo, cùng với việc cập nhật thêm số liệu mực nước và số liệu về các quá trình liên quan sẽ cho chúng ta hiểu rõ hơn về sự biến động mực nước biển khu vực Nha Trang-Khánh Hòa và mối liên hệ với các quá trình khí quyển-đại dương;

Kết quả này cũng chưa cho thấy, liệu rằng trong giai đoạn 1975-2021 có sự dịch chuyển địa chất làm thay đổi cao độ của mốc (của máy đo). Hy vọng sau khi so sánh với số liệu độ cao vệ tinh sẽ cho những kết quả tốt hơn;

Xu thế giảm mực nước biển trong những năm gần đây (2016-2021) liệu có phải là dao động của mực nước biển có chu kỳ khoảng 6 năm như Nguyễn Kim Vinh (2010) đã chỉ ra qua phân tích sự biến động mực nước biển từ 1975-2008 tại trạm Cầu Đá. Điều này cần tiếp tục cập nhật số liệu mới để khẳng định.

Kết luận

Phân tích xu thế mực nước biển tại các trạm triều nói chung, tại Trạm Cầu Đá nói riêng góp phần làm sáng tỏ thêm về bức tranh gia tăng mực nước biển toàn cầu, đặc biệt là sự gia tăng mạnh trong vài thập niên gần đây. Mực nước biển tại Trạm Cầu Đá đã tăng trung bình 2,58 mm/năm trong giai đoạn 1975-2021, sự gia tăng này bao hàm trong đó giai đoạn giảm nhẹ từ 1975-1998 (trung bình -0,47 mm/ năm) và giai đoạn tăng mạnh từ 1998-2021 (trung bình 4 mm/năm), năm 1998 là năm thay đổi xu thế.

Lời cảm ơn. Nghiên cứu này là một phần của dự án ODA mang tên “Nâng cao năng lực về hoạt động hải dương học ở Việt Nam” do Bộ Đại dương và Thủy sản Hàn Quốc hỗ trợ. Chúng tôi cũng rất cảm ơn Trạm Hải dương học Cầu Đá và Giám sát Môi trường biển (Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm KHCNVN) đã cung cấp số liệu cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- IOC-UNESCO, 2022. State of the Ocean Report, pilot edition. Paris, IOC-UNESCO. IOC Technical Series, 173.
- IPCC. Climate Change 2013: Sea Level Change. In: The physical science basis. Part of the working group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change; Church, J.A., Clark, P.U., Cazenave, A., Gregory, J.M., Jevrejeva, S., Levermann, A., Merrifield, M.A., Milne, G.A., Nerem, R.S., Nunn, P.D., Payne, A.J., Pfeffer, W.T., Stammer, D., and Unnikrishnan, A.S., 2013.
- IPCC. Climate Change 2021: The physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change; Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M.I., et al., Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK.
- R Core Team, 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- RegressIt. User Manual, 2020. Duke University.
- Chao, B.F., 1991. Man, water, and global sea level. EOS, Trans. Am. Geophys. Union 72(45), 492.
- Church, J., and White, N. J., 2006. A 20th century acceleration in global sea level rise, Geophys. Res. Lett., 33, L01602, doi:10.1029/2005GL024826.
- Dangendorf, Sönke; Hay, Carling; Calafat, Francisco M.; Marcos, Marta; Piecuch, Christopher G.; Berk, Kevin; Jensen, Jürgen (2019). Persistent acceleration in global sea-level rise since the 1960s. Nature Climate Change. doi:10.1038/s41558-019-0531-8.
- Douglas, B. C., 1991. Global sea level rise. Geophys. J.R., 96 (C4), 6981-6992.
- Douglas, B. C., 1997. Global Sea Rise: A redetermination. surveys in geophysics 18: 279-292, 1997. Kluwer Academic Publishers.
- Frederikse, Thomas; Landerer, Felix; Caron, Lambert; Adhikari, Surendra; Parkes, David; Humphrey, Vincent W.; Dangendorf, Sonke; Hogarth, Peter; Zanna, Laure; Cheng, Lijing; Wu, Yun-Hao (2020). The causes of sea-level rise since 1900. Nature, 584(7821), 393-397. doi:10.1038/s41586-020-2591-3.
- Giorgio, S. and Gaia, G., 2012. New estimates of secular sea level rise from tide gauge data and GIA modelling. Geophysical Journal International, 191, 1067-1094.

- Gökhan Arslan, Semih Kale, Adem Yavuz Sönmez, 2020. Trend analysis and forecasting of the Gökirmak River streamflow (Turkey). *Oceanological and Hydrobiological Studies* 49(3):230- 246. DOI: 10.1515/ohs-2020-0021.
- Gornitz, V., Rozenzweig, C., and Hillel, D., 1997. Effects of anthropogenic intervention in the land hydrologic cycle on global sea level rise. Elsevier Science B.V, *Global and Planetary Change* 14, 147-161.
- Holgate, S. J., and Woodworth, P. L., 2004. Evidence for enhanced coastal sea level rise during the 1990s, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L07305, doi:10.1029/2004GL019626.
- Kendall, M. G. 1955. Rank correlation methods. 2nd ed. London, UK: Griffin Publishing.
- Kendall, M.G. (1976). Rank Correlation Methods. 4th Ed. Griffin.
- Le Dinh Mau, Vlasova G. A., Demenok M. N., Pham Sy Hoan, Nguyen Van Tuan, Nguyen Duc Thinh, Pham Ba Trung, Tran Van Binh, Nguyen Thi Thuy Dung, 2020. Distribution features of meteorological parameters in Truong Sa archipelago area. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 20(4), 40-416.
- Luiza Chiarelli Conte, Débora Missio Bayer & Fábio Mariano Bayer, 2019. Bootstrap Pettitt test for detecting change points in hydroclimatological data: case study of Itaipu Hydroelectric Plant, Brazil, *Hydrological Sciences Journal*, 64:11, 1312-1326, DOI: 10.1080/02626667.2019.1632461.
- Mann, H. B. 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13: 245-259.
- Nguyễn Kim Vinh, 2010. Nghiên cứu đặc điểm biến động mực nước biển trong điều kiện biến đổi khí hậu hiện đại. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*. Số 2(10): 31- 43.
- Nguyen, H.M., Ouillon S., Vu V.D. 2022. Sea Level Variation and Trend Analysis by Comparing Mann-Kendall Test and Innovative Trend Analysis in Front of the Red River Delta, Vietnam (1961-2020). *Water* 2022, 14, 1709. DOI: 10.3390/w14111709.
- Oppenheimer, M., B.C. Glavovic, J. Hinkel, R. van de Wal, A.K. Magnan, A. Abd-Elgawad, R. Cai, M. Cifuentes-Jara, R.M. DeConto, T. Ghosh, J. Hay, F. Isla, B. Marzeion, B. Meyssignac, and Z. Sebesvari, 2019: Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 321-445. <https://doi.org/10.1017/9781009157964.006>.
- Palmer, M.D., C.M. Domingues, A.B.A. Slangen, and F. Boeira Dias, 2021: An ensemble approach to quantify global mean sea-level rise over the 20th century from tide gauge reconstructions. *Environmental Research Letters*, 16(4), 044043, doi:10.1088/1748-9326/abdaec.
- Pettitt, A. N., 1979. A non-parametric approach to the change-point problem. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)* 28(2), 126-135.

- Semih Kale, 2020. Trend analysis and future forecasting of marine capture fisheries production of Turkey. *Research in Marine Sciences*. 5(4): 773-794
- Trần Văn Chung, Bùi Hồng Long, Phạm Sỹ Hoàn, Nguyễn Văn Tuấn, 2019. Đặc điểm biến động mực nước trung bình tại vịnh Nha Trang. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển*, tập 19 (2): 215-220.
- Trần Văn Chung, Phạm Sỹ Hoàn, Nguyễn Văn Tuấn, 2018. Sự biến động bất thường mực nước tại vịnh Nha Trang. *Tạp chí Khoa học Công nghệ và Môi trường*; tập 17(3): 23- 26.
- Wessa, (2017), Kendall tau Rank Correlation (v1.0.13) in Free Statistics Software (v1.2.1), Office for Research Development and Education, URL https://www.wessa.net/rwasp_kendall.wasp/
- Trang thông tin điện tử của Cơ quan Quản lý khí quyển và đại dương quốc gia (Mỹ): <https://tidesandcurrents.noaa.gov>.

TREND OF SEA LEVEL IN KHANH HOA WATER AREA, ESTIMATION FOR SEA LEVEL RISE

Pham Sy Hoan^{1,*}, Ki-Young Heo², Nguyen Van Tuan¹, Nguyen Duc Thinh¹,
Le Dinh Mau¹, Ho Van The¹
¹Institute of Oceanography,
²Korea Institute of Ocean Science and Technology (KIOST),
*pshoan.vnio@gmail.com

Abstract. Scientists have been thinking that sea levels are rising under the impact of climate change, especially in recent times. Evaluating the trend (increase/decrease) and forecast changes of sea level make an important role to the planning and development of socio-economic, national security in coastal areas. The trend of sea level in Khanh Hoa waters in the almost half a decade (1975-2021) was analyzed by linear regression model, using hourly water level data measured at the Cau Da Observation Station of Oceanographic and Marine Environment belong to the Institute of Oceanography. The mean sea level trends to decrease very slowly during the period from 1975 to about 1998, then increases rapidly from 1998 to 2021, recording a local decreasing of sea level during from 2016 to 2021. In general, in the period from 1975 to 2021, the mean sea level trends to increase with an value about of 2.58 ± 0.38 mm/year. It is estimated that will increase by about 2.521 cm in the near future (next 10 years) assuming the increase in greenhouse effect due to climate change is not taken into account.

Keywords: Mean sea level trend, linear regression, Mann-Kendall, Cau Da Station.