TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Phân bố không gian của các sóng triều chính khu vực quần đảo Trường Sa, Việt Nam

Đoàn Quang Trí[1], Phạm Văn Hùng[2]*

[1] Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn;
doanquangtrikttv@gmail.com
[2] Đoàn Đo đạc biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển - Bộ Tham mưu Hải quân;
phamvanhungh2t@gmail.com

*Tác giả liên hệ: phamvanhungh2t@gmail.com; Tel.: +84–988579358

Ban Biên tập nhận bài: 5/4/2023; Ngày phản biện xong: 19/6/2023; Ngày đăng bài: 25/6/2023

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả phân bố theo không gian của 08 sóng triều chính (M2, S2, N2, K2, K1, O1, Q1, P1), đặc tính thủy triều tại một số đảo, bãi đá thuộc quần đảo Trường Sa với phương pháp bình phương nhỏ nhất theo chuẩn Institute of Ocean Sciences (IOS). Kết quả cho thấy, khi số lượng sóng triều tăng, giá trị cực trị thủy triều thiên văn (*Highest Astronomical Tide-HAT, Lowest Astronomical Tide-LAT*), *Mean Sea Level (MSL)*, mực nước thủy triều dự tính từng giờ hàng năm đạt độ chính xác cao hơn so với các phương pháp truyền thống dùng từ 8 đến 11 hằng số điều hòa (HSĐH). Tính chất thủy triều tại các đảo, bãi đá khu vực quần đảo Trường Sa không hoàn toàn là nhật triều không đều. Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học giải thích các hiện tượng xảy ra trong thực tế: thủy triều thực đo trên số "0 hải đồ" nhỏ hơn "0", thời điểm xuất hiện mực nước lớn, nước ròng muộn hơn; hiện tượng ngập lụt khi thủy triều đạt cực đại, đồng thời kết quả nghiên cứu đưa ra phương thức phân tích bộ HSĐH tối ưu để thiết lập các mô hình dự tính cơ sở dữ liệu biên mực nước cho các bài toán mô phỏng động lực học biển (ven bờ, ngoài khơi) đáp ứng các kịch bản nước biển dâng do biến đổi khí hậu toàn cầu.

Từ khóa: Sóng triều; Phân bố không gian; Hằng số điều hòa; Trường Sa, Việt Nam.

1. Giới thiệu

Hiện tượng thủy triều được nhiều nhà khoa học trên thế giới nghiên cứu, đề cập đến, nghiên cứu đầy đủ và gần đây nhất là của Cartwright [1], mực nước biển cần được phân tích một cách tổng thể thay vì chỉ có dữ liệu thủy triều cao và thấp. Dữ liệu thủy triều ven bờ chính xác hiện rất cần thiết để đáp ứng các nhu cầu đo độ cao, trắc địa không gian và lập mô hình thủy triều bờ biển [2]. Các nghiên cứu quốc tế [3–11], đã đưa ra số lượng các sóng triều điều hòa có thể phân tích được bằng phương pháp bình phương tối thiểu từ chuỗi số liệu quan trắc mực nước thực đo với 15 ngày (15 sóng triều), 30 ngày (26 sóng triều), 6 tháng (54 sóng triều), 12 tháng (62 đến 102 sóng triều), 4,5 năm (114 sóng triều) và 18,613 năm (409 sóng triều) [12–17].

Trong những năm gần đây ở Việt Nam, việc phân tích hằng số điều hòa (HSĐH) thủy triều từ chuỗi số liệu thực đo đã được đề cập nhiều trong các nghiên cứu [18–21]. Tuy nhiên, sự biến thiên theo không gian và thời gian của các sóng triều điều hòa chính, số lượng các phân triều điều hòa tối ưu, hiện tượng số liệu thủy triều thực đo trên số "0 hải đồ" nhỏ hơn "0", ngập lụt khi thủy triều lên, thời gian xuất hiện mực nước lớn, nước ròng

muộn hơn so với thời gian dự tính trong bảng thủy triều ở một số đảo, bãi đá thuộc khu vực quần đảo Trường Sa, Việt Nam chưa được quan tâm, đúng mức. Đối với khu vực quần đảo Trường Sa, việc xây dựng và biên tập các bản đồ chuyên đề về sự biến đổi theo không gian và thời gian của các sóng triều chính, xây dựng bộ cơ sở dữ liệu HSĐH thủy triều tối ưu phục vụ cho các điều kiện biên mực nước trong các mô hình mô phỏng động lực học biển (ven đảo, bãi đá) là vấn đề chưa được nghiên cứu.

Dữ liệu về HSĐH thủy triều biến thiên theo thời gian và không gian với độ phân giải cao là thông tin cần thiết và quan trong phục vụ cho nhu cầu tính toán, biên tập và xuất bản các bảng dự tính thủy triều. Các mô hình số mô phỏng truyền triều, đánh giá tác động của quá trình dâng cao mực nước biển do biến đổi khí hậu toàn cầu là cần thiết phải có những tính toán khoa học và chi tiết cho các HSĐH thủy triều với độ chính xác cao tại thời điểm hiện nay và dự tính cho những năm tiếp theo. Để cung cấp thông tin về xây dựng cơ sở dữ liệu HSĐH phân bố theo không gian và thời gian của các sóng triều chính bằng mô hình MIKE_21 ở chế độ nghiệp vụ, nghiên cứu này trình bày kết quả xây dựng bộ cơ sở dữ liệu HSĐH thủy triều biến thiên theo không gian và thời gian, sơ đồ tính toán số "0 hải đồ", đặc tính thủy triều khu vực quần đảo Trường Sa, Việt Nam.

Cho đến nay, các đảo, bãi đá thuộc quần đảo Trường Sa chưa xây dựng được bộ HSĐH với số lượng sóng triều tối ưu biến thiên theo không gian và thời gian đúng chu kỳ thiên văn. Đối với các trạm quan mực nước biển ngắn hạn (ít hơn 31 ngày) [9, 11, 12–17, 21], số lượng sóng triều theo các phương pháp phân tích truyền thống thường "*bỏ sót*" nhiều sóng triều ý nghĩa như: MSF, J1, OO1, 2N2, NU2, NO1, L2, 2Q1, MO3, MK3… [18–21]. Do đó, việc bổ sung thêm các sóng triều điều hòa vào quá trình dự tính thủy triều là cần thiết để tăng độ chính xác mực nước dự tính từng giờ, xác định cực trị thủy triều thiên văn (HAT, LAT) và MSL.

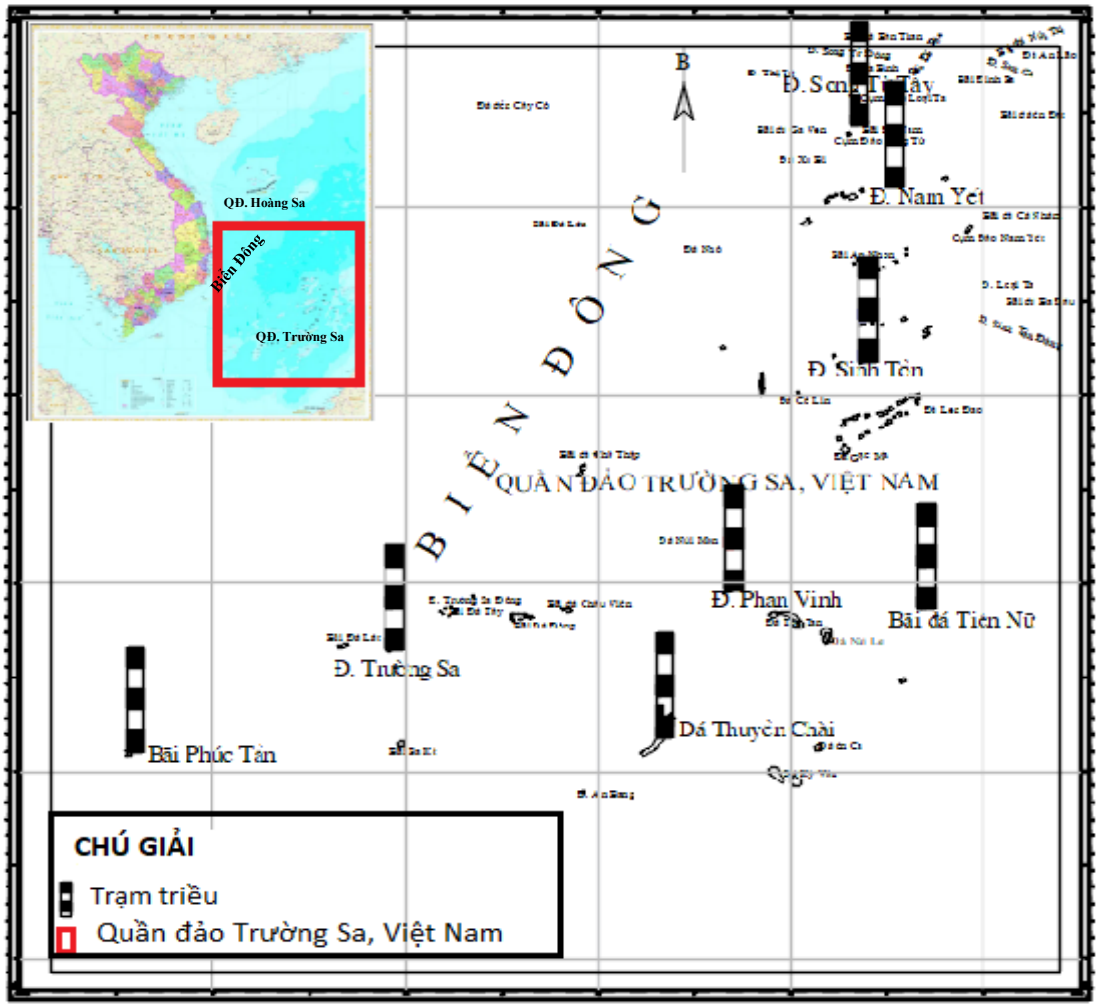
Mục đích của nghiên cứu là: Xác định phân bố theo không gian, thời gian của các sóng triều chính, phân tích bộ HSĐH thủy triều tối ưu từ chuỗi số liệu thực đo, xác định đúng và chính xác đặc tính thủy triều tại các đảo, bãi đá; Dự tính thủy triều đúng chu kỳ thiên văn để có được các cơ sở khoa học đáp ứng nhu cầu cấp thiết hiện nay là: (1) Số liệu thủy triều thực đo trên số "0 hải đồ" nhỏ hơn "0"; (2) Hiện tượng ngập lụt khi thủy triều đạt cực đại; (3) Thời gian xuất hiện mực nước lớn, nước ròng muộn hơn so với thời gian dự tính trong bảng thủy triều; (4) Thiết lập cơ sở dữ liệu HSĐH các biên mực nước cho các mô hình mô phỏng động lực học biển (ven đảo, bãi đá) có liên quan đến an toàn hàng hải và các hoạt động khác.

2. Số liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Số liệu sử dụng và khu vực nghiên cứu

Số liệu sử dụng trong nghiên cứu là số liệu mực nước quan trắc tại 08 trạm: Song Tử Tây (01/4/2021 - 08/4/2021), Nam Yết (30/9/2020 - 21/10/2020), Sinh Tồn (08/5/2020 - 25/5/2020), Trường Sa (17/6/2021 - 24/6/2021), Phan Vinh (16/6/2022 - 30/7/2022), Tiên Nữ (15/8/2021 - 26/9/2021), Thuyền Chài (17/5/2021 - 30/5/2021), Phúc Tần (23/4/2016 - 08/11/2016) tại các đảo, bãi đá thuộc quần đảo Trường Sa, Việt Nam (Hình 1). Số liệu phân tích từ bộ cơ sở dữ liệu HSĐH toàn cầu với độ phân giải $0{,}125^o \times 0{,}125^o$ kinh-vĩ tuyến trong mô hình MIKE 21 dùng để phân tích sóng triều điều hòa, dự tính mực nước thủy triều, so sánh tương quan giữa chuỗi số liệu thủy triều thực đo và dự tính khi sử dụng sơ đồ chi tiết phân tích HSĐH thủy triều (Hình 2).

Số liệu mô hình: Số liệu thủy triều dự tính, HSĐH phân tích từ MIKE 21 cho số liệu quan trắc mực nước biển (thực đo) tại các đảo, bãi đá thuộc quần đảo Trường Sa, Việt Nam được sử dụng đánh giá so sánh các kỹ năng nghiệp vụ dự tính thủy triều và xây dựng bộ cơ sở dữ liệu HSĐH tối ưu.



Hình 1. Vị trí các trạm quan trắc mực nước biển khu vực quần đảo Trường Sa.

Khu vực nghiên cứu: Quần đảo Trường Sa có vai trò quan trọng trong chiến lược bảo vệ an ninh quốc phòng và phát triển kinh tế xã hội, khu vực này có trên 100 đảo, bãi đá, bãi cạn, bãi ngầm, gốc san hô nằm rải rác trong khu vực có diện tích khoảng 160000 km^2 [24–25]. Các khối núi ngầm có độ cao (so với đáy biển) trung bình khoảng 2000 m, bề mặt đỉnh của chúng tạo nên các đảo và các bãi ngầm ở nhiều độ sâu khác nhau [25]. Đối với những đảo, bãi đá có độ sâu nhỏ, thủy triều chịu tác động đáng kể qua các cơ chế: (1) Tăng tốc độ truyền sóng triều; (2) Thay đổi hướng sóng triều [9].

Chế độ thủy chiều: Tính chất thủy triều là nhật triều không đều, dạng đường cong dao động mực nước tương tự cảng Quy Nhơn. Thời gian dâng lớn hơn thời gian rút rất nhiều, trung bình kỳ nước cường thời gian dâng khoảng 15 giờ 35 phút, thời gian rút khoảng 09 giờ 15 phút. Sự biến thiên về độ lớn triều tuân theo quy luật của vùng nhật triều, trong các tháng triều mạnh 01, 6, 7 và 12 mực nước lên khá cao và xuống khá thấp. Trong các tháng triều yếu 3, 4, 9 và 10 tính chất nhật triều suy giảm, mực nước lên xuống yếu. Tại quần đảo Trường Sa, độ lớn triều tăng dần từ giữa đến hai đầu Bắc và Nam của quần đảo. Thủy triều mạnh nhất trong các tháng 01, 6, 7 và 12. Trong các tháng triều mạnh số ngày có một lần nước lớn, nước ròng chiếm khoảng 22-25 ngày. Trong các tháng triều yếu số ngày có một lần nước lớn, nước ròng chiếm từ 12-14 ngày [26–27].

Theo kịch bản biến đổi khí hậu cho Việt Nam năm 2020 [28], tính trung bình, mực nước tại các trạm hải văn của Việt Nam có xu hướng tăng rõ rệt, với mức tăng khoảng 2,45 mm/năm. Đối với quần đảo Trường Sa, hiện tượng ngập lụt xảy ra khi triều đạt cực đại tại một số đảo đã được ghi nhận.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp bình phương nhỏ nhất theo chuẩn IOS

Phương pháp bình phương tối thiểu được Viện Khoa học biển Đan Mạch (*Danmark of Institute of Ocean Sciences*) sử dụng trong phần mềm MIKE 21 từ đầu những năm 90 của thế kỷ 20. Sự biến thiên của thủy triều được mô tả bởi các thành phần điều hòa, ngoại trừ biến thể 19 năm của thủy triều gây ra bởi những thay đổi định kỳ về độ nghiêng quỹ đạo Mặt trăng. Các biến thể được mô tả bằng các hiệu chỉnh về biên độ và pha đối với các thành phần thủy triều. Phương pháp IOS mô tả chi tiết nhất về thủy triều tại một địa điểm cụ thể và thường được sử dụng cho các địa điểm có thủy triều được quan trắc liên tục trong nhiều năm [8]. Để tính toán các biên độ, tần số và các đối số thiên văn, phương pháp IOS dựa trên sự phát sinh và thành tạo thủy triều của Doodson, đồng thời sử dụng gốc thời gian tham chiếu của ngày 01 tháng 01 năm 1976 để tính toán các chu kỳ thiên văn [8].

Biểu diễn chung của một chuỗi số liệu thủy triều được thể hiện như sau:

$$\chi(t) = \sum_{j=1}^{N} f_j(t)\, a_j \cos\left(V_j(t) + u_j(t) - g_j\right) \quad (1)$$

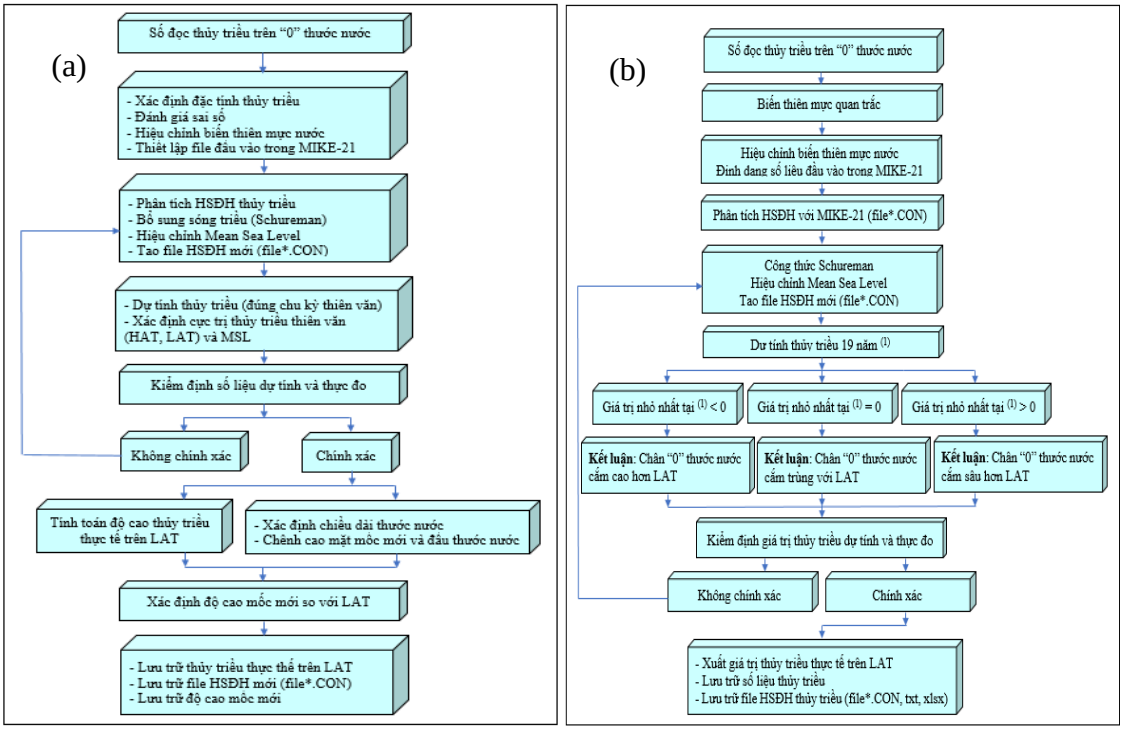
Trong đó a_j, g_j là biên độ và độ trễ pha Greenwich; $f_j(t)$, $u_j(t)$ là biên độ điều chế nút và hệ số hiệu chỉnh pha; $V_j(t)$ là đối số thiên văn cho thành phần j.

Đối số thiên văn Vj(t) được tính là:

$$V_j(t) = V_j(t_0) + (t - t_0)\omega_j \quad (2)$$

Với t_0 là gốc thời gian tham chiếu.

Sử dụng phương pháp IOS phân tích sóng triều điều hòa theo sơ đồ Hình 2a cho các chuỗi số liệu, kết hợp bổ sung các sóng triều để khắc phục tình trạng "bỏ sót" một số sóng triều ý nghĩa như: MSF, J1, OO1, 2N2, NU2, NO1, L2, 2Q1, MO3, MK3 … khi đưa bộ HSĐH mới vào dự tính thủy triều cho các năm tiếp theo trong cùng một chu kỳ thiên văn.



Hình 2. Sơ đồ phân tích HSĐH (a) và tính độ cao mốc thủy chuẩn (b) từ chuỗi số liệu thực đo.

2.2.2. Phương pháp đánh giá sai số

Sai số dự báo (*forecast error*) là sự chênh lệch giá trị thực (dữ liệu) và giá trị dự báo nhằm đánh giá chất lượng hay sự phù hợp của mô hình dự báo tại cùng một thời điểm. Sai số dự báo giúp điều chỉnh các thông số của mô hình dự báo [27].

Công thức: $\varepsilon_t = Y_t - \hat{Y}_t$ (3)

Trong đó Y_t là giá trị thực tế tại thời điểm t; $\hat{Y}_t$ là giá trị dự báo thời điểm t; ε_t là sai số dự báo thời điểm t.

Một mô hình dự báo được đánh giá tốt khi sai số dự báo nhỏ. Ngoài ra, tính ngẫu nhiên của sai số cũng là một tham số quan trọng để đánh giá độ chính xác của dự báo.

Tiêu chí đánh giá sai số thường được sử dụng trong thực tế dự báo như sau:

+ Sai số tuyệt đối trung bình MAE (*Mean Absolute Error*)

$$\text{MAE} = \frac{\sum_{t=1}^{n}|\varepsilon_t|}{n} = \frac{\sum_{t=1}^{n}|Y_t - \hat{Y}_t|}{n} \quad (4)$$

+ Sai số bình phương trung bình MSE (*Mean Squared Error*)

$$\text{MSE} = \frac{\sum_{t=1}^{n}\varepsilon_t^2}{n} = \frac{\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n} \quad (5)$$

+ Sai số tương đối trung bình MAPE (*Mean Absolute Percent Error*)

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{t=1}^{n}\frac{|\varepsilon_t|}{Y_t}}{n} = \frac{\sum_{t=1}^{n}\frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t}}{n} \quad (6)$$

+ Căn của sai số bình phương trung bình RMSE (*Root Mean Squared Error*)

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n}\varepsilon_t^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n}} \quad (7)$$

Độ chính xác của dự tính thủy triều được đặc trưng bởi độ lệch bình phương trung bình giữa mực nước từng giờ dự tính và mực nước quan trắc [27].

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá kết quả phân tích các sóng triều chính

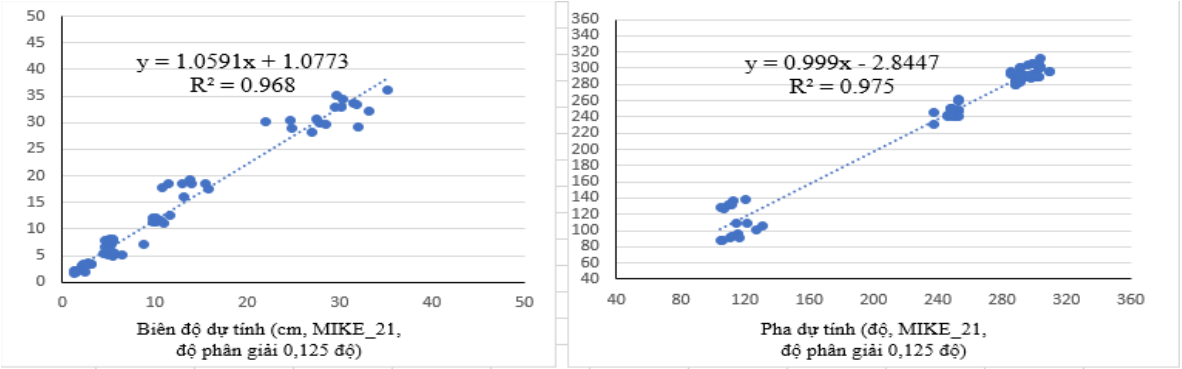
Kết quả phân tích và xây dựng các bộ cơ sở dữ liệu HSĐH từ số liệu thực đo bằng phương pháp IOS kết hợp bổ sung các công thức tính toán sóng triều của Schureman trong nghiên cứu sử dụng các chỉ số thống kê MAE, MSE, MAPE, RMSE.

a) Đánh giá các sai số

Đánh giá kết quả phân tích thực hiện bằng cách so sánh mực nước dự tính và thực đo, những biên độ của các sóng triều tính được theo phương pháp bình phương tối thiểu có độ chính xác như nhau, độ chính xác của các pha sóng triều phụ thuộc vào biên độ của các sóng triều, đối với sóng triều có biên độ lớn thì pha tính được sẽ chính xác hơn [27, 29]. Tại khu vực quần đảo Trường Sa, Việt Nam, các sai số thống kê cho thấy: Sai số tuyệt đối trung bình MAE có giá trị từ 0,034-0,075 m; sai số tương đối trung bình MAPE có giá trị từ 0,025-0,054 m; chỉ số RMSE có giá trị từ 0,043-0,098 m, các giá trị MAE, MAPE, RMSE (nhỏ nhất và lớn nhất) đều ở Phan Vinh và Phúc Tần. Các chỉ số thống kê sai số và các hình 5, 6 cho thấy rằng thủy triều dự tính ở Nam Yết, Phan Vinh có độ chính xác và sát với thủy triều thực đo hơn so với các vị trí khác còn lại.

b) Đánh giá số liệu thủy triều thực đo và dự tính từ MIKE 21

Các HSĐH được phân tích từ chuỗi số liệu thực đo bằng phương pháp IOS có toạ độ trùng với vị trí của các trạm quan trắc mực nước biển. Số liệu so sánh đối chứng được thể



Hình 3. Hệ số tương quan giữa biên độ, pha của 8 sóng triều chính phân tích từ số liệu thực đo và dự tính từ MIKE 21 (độ phân giải 0,125 độ).

hiện tại bảng 1. Kết quả cho thấy: sai số trung bình của biên độ của 8 sóng triều chính là 1,80 cm với hệ số tương quan R^2 = 0,968 và đối với giá trị pha lần lượt là 2,90 độ và R^2 = 0,975 (Hình 3).

Bảng 1. Kết quả so sánh, đối chứng số liệu các HSĐH của 8 sóng chính khu vực quần đảo Trường Sa (Vĩ độ Bắc và Kinh độ Đông được thể hiện ở dạng độ, phút, giây).

Tên trạm	Vĩ độ	Kinh độ	Biên độ (cm)		Pha (độ)		Biên độ (cm)		Pha (độ)	
			Thực đo	Tính toán	Thực đo	Tính toán	Thực đo	Tính toán	Thực đo	Tính toán
	Sóng triều K1 và O1									
Song Tử Tây	11 25 05	114 18 30	33,1	32,2	298,0	291,0	27,1	28,3	252,9	261,1
Nam Yết	10 10 59	114 21 00	29,4	32,9	302,6	305,1	24,8	29,0	246,2	241,6
Sinh Tồn	09 53 16	114 19 45	30,2	33,0	299,1	305,2	32,0	29,3	252,9	260,0
Trường Sa	08 37 59	111 55 00	29,6	35,0	298,7	292,5	22,1	30,3	237,2	245,0
Phan Vinh	08 58 00	113 41 30	31,5	33,8	295,7	289,0	27,9	29,9	250,7	243,0
Tiên Nữ	08 50 57	114 38 22	31,9	33,4	304,1	301,0	28,5	29,7	253,3	241,3
Thuyền Chài	08 09 57	113 17 59	30,4	34,3	302,8	290,0	24,7	30,5	248,2	250,5
Phúc Tần	08 09 25	110 30 12	35,1	36,2	300,5	288,7	27,5	30,6	248,6	241,4
	Sóng triều P1 và Q1									
Song Tử Tây	11 25 05	114 18 30	11,0	11,0	298,0	287,0	5,4	5,0	252,9	248,3
Nam Yết	10 10 59	114 21 00	9,8	11,3	302,6	298,7	5,0	5,2	246,2	240,0
Sinh Tồn	09 53 16	114 19 45	10,1	11,3	299,1	306,2	6,4	5,3	252,9	246,7
Trường Sa	08 37 59	111 55 00	9,9	12,1	298,7	289,2	4,4	5,4	237,2	230,1
Phan Vinh	08 58 00	113 41 30	10,5	11,7	295,7	304,0	5,6	5,3	250,7	241,0
Tiên Nữ	08 50 57	114 38 22	10,6	11,6	304,1	311,4	5,7	5,4	253,3	260,2
Thuyền Chài	08 09 57	113 17 59	10,1	12,0	302,8	289,9	4,9	5,4	248,2	250,1
Phúc Tần	08 09 25	110 30 12	11,7	12,6	300,5	288,7	5,5	5,5	248,6	250,2
	Sóng triều M2 và S2									
Song Tử Tây	11 25 05	114 18 30	10,8	17,7	288,3	283,3	5,2	7,0	105,0	128,2
Nam Yết	10 10 59	114 21 00	12,9	18,4	291,3	301,3	5,5	7,6	106,2	87,8
Sinh Tồn	09 53 16	114 19 45	15,5	18,6	288,0	282,5	5,2	7,8	107,1	126,9
Trường Sa	08 37 59	111 55 00	15,8	17,7	288,5	282,3	8,9	7,2	120,4	138,3
Phan Vinh	08 58 00	113 41 30	14,0	18,5	295,5	289,8	4,6	8,0	112,3	135,9
Tiên Nữ	08 50 57	114 38 22	13,8	19,2	291,3	283,0	5,5	8,1	109,5	131,1
Thuyền Chài	08 09 57	113 17 59	11,4	18,6	285,8	296,2	5,1	8,1	115,8	95,3
Phúc Tần	08 09 25	110 30 12	13,1	16,1	309,2	295,4	4,6	6,6	130,5	106,4
	Sóng triều N2 và K2									
Song Tử Tây	11 25 05	114 18 30	2,2	3,2	288,3	208,3	1,4	1,8	105,4	87,8
Nam Yết	10 10 59	114 21 00	2,6	3,4	291,3	294,4	1,5	2,0	110,7	91,0
Sinh Tồn	09 53 16	114 19 45	3,1	3,5	288,0	286,4	1,4	2,0	111,6	93,1
Trường Sa	08 37 59	111 55 00	3,2	3,3	288,5	279,3	2,4	1,9	121,1	109,0
Phan Vinh	08 58 00	113 41 30	2,8	3,5	295,5	291,0	1,2	2,1	114,5	108,8
Tiên Nữ	08 50 57	114 38 22	2,8	3,6	291,3	300,5	1,5	2,2	111,9	132,5
Thuyền Chài	08 09 57	113 17 59	2,3	3,4	285,8	292,1	1,4	2,1	116,4	90,5
Phúc Tần	08 09 25	110 30 12	2,6	3,2	309,2	296,6	1,3	1,8	126,6	101,4

Từ các giá trị phân tích HSĐH, tính chất thủy triều được xác định theo công thức [27].

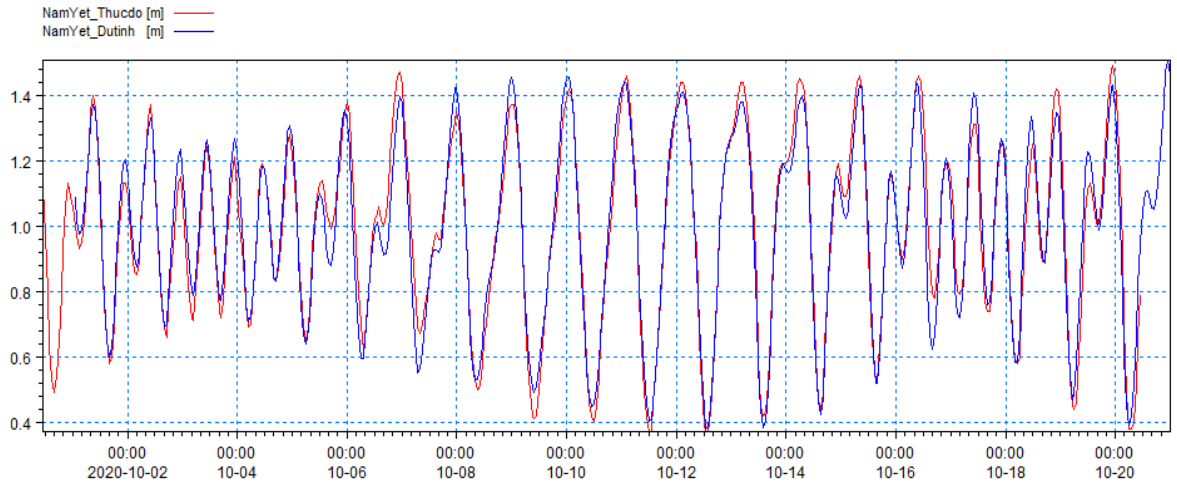
$$F = \frac{H_{K_1} + H_{O_1}}{H_{M_2}} \quad (8)$$

Trong đó bán nhật triều đều: F = 0,0÷0,5; Nhật triều không đều: F = 2,0÷4,0; Bán nhật triều không đều: F = 0,5÷2,0; Nhật triều đều: F > 4,0.

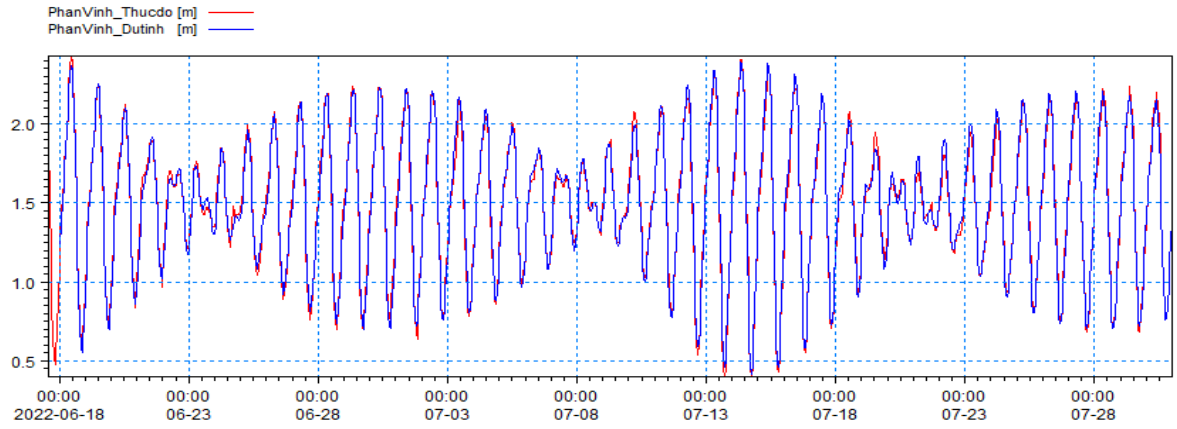
Bảng 2. Tính chất thủy triều tại một số đảo, bãi đá thuộc quần đảo Trường Sa.

Tên trạm	Vĩ độ	Kinh độ	Biên độ (cm)			Chỉ số Đuvanhin	Tính chất thủy triều
			Thực đo	Thực đo	Thực đo		
			K1	O1	M2		
Song Tử Tây	11 25 05	114 18 30	33,1	27,1	10,8	5,57	Nhật triều đều
Nam Yết	10 10 59	114 21 00	29,4	24,8	12,9	4,20	Nhật triều đều
Sinh Tồn	09 53 16	114 19 45	30,2	32,0	15,5	4,01	Nhật triều đều
Trường Sa	08 37 59	111 55 00	29,6	22,1	15,8	3,27	Nhật triều không đều
Phan Vinh	08 58 00	113 41 30	31,5	27,9	14,0	4,24	Nhật triều đều
Tiên Nữ	08 50 57	114 38 22	31,9	28,5	13,8	4,38	Nhật triều đều
Thuyền Chài	08 09 57	113 17 59	30,4	24,7	11,4	4,83	Nhật triều đều
Phúc Tần	08 09 25	110 30 12	35,1	27,5	13,1	4,78	Nhật triều đều

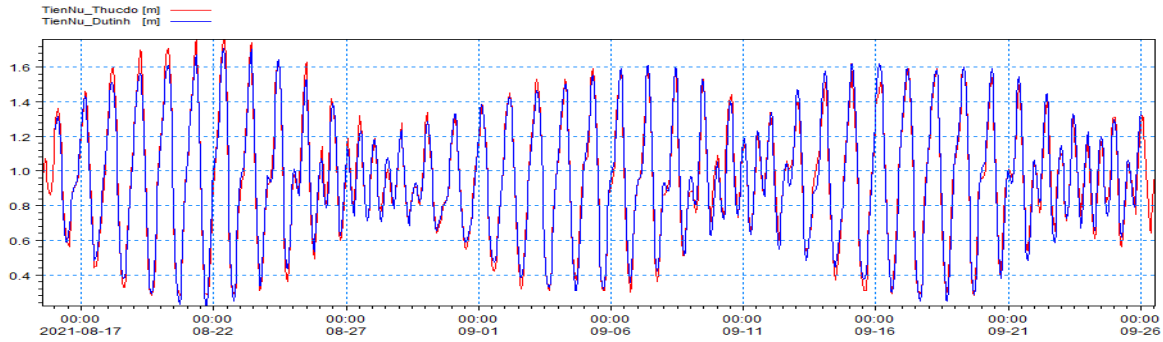
Kết quả phân tích tính chất thủy triều và so sánh đánh giá biên độ triều thực đo và tính toán cho thấy: Tính chất thủy triều ở các đảo, bãi đá như: Song Tử Tây, Nam Yết, Sinh Tồn, Phan Vinh, Tiên Nữ và Phúc Tần là nhật triều đều; đảo Trường Sa là nhật triều không đều (Bảng 2). Do đó, việc xác định đúng, chính xác tính chất thủy triều có ý nghĩa, vai trò quan trọng cho các hoạt động an toàn hàng hải, xây dựng các công trình, xác định mốc độ cao và các hoạt động khác. Phương pháp IOS dự tính thủy triều cho độ chính xác cao hơn và sát với hiện trạng thủy triều thực tế tại từng vị trí quan trắc mực nước biển. Tuy nhiên, để có được những phân tích, đánh giá chi tiết và cụ thể cho bộ cơ sở dữ liệu HSĐH thủy triều tại một vị trí, cần có chuỗi số liệu quan trắc mực nước biển liên tục dài ngày (không ít hơn 31 ngày) tại một vị trí từ 02 lần trở lên. Hình 4-7 là kết quả so sánh chất lượng dự tính thủy triều từ MIKE_21 (về biên độ và pha) với số liệu thực đo.



Hình 4. Thủy triều Nam Yết (thực đo-đỏ, dự tính-xanh) từ ngày 01/10/2020 - 20/10/2020.



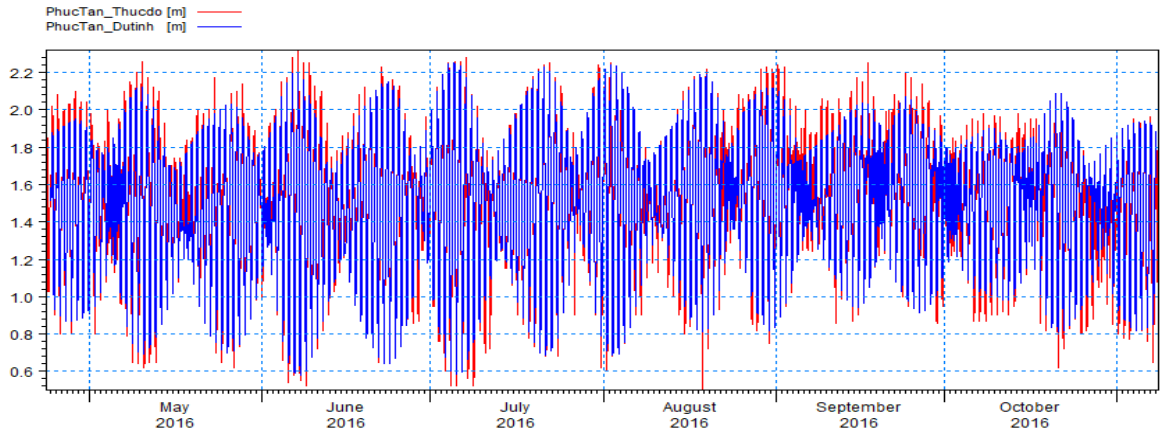
Hình 5. Thủy triều Phan Vinh (thực đo-đỏ, dự tính-xanh) từ ngày 18/06/2022 - 30/07/2022.



Hình 6. Thủy triều Tiên Nữ (thực đo-đỏ, dự tính-xanh) từ ngày 16/08/2021 - 25/09/2021.

Bảng 3. Dữ liệu HSĐH phân tích theo phương pháp IOS tại 08 trạm thuộc quần đảo Trường Sa.

Tên trạm		**Song Tử Tây**		**Nam Yết**		**Sinh Tồn**		**Trường Sa**		**Phan Vinh**		**Tiên Nữ**		**Thuyền Chài**		**Phúc Tần**	
Vĩ độ		11 25 05		10 10 59		09 53 16		08 37 59		08 58 00		08 50 57		08 09 57		08 09 25	
Kinh độ		114 18 30		114 21 00		114 19 45		111 55 00		113 41 30		114 38 22		113 17 59		110 30 12	
Số liệu (ngày)		08		22		18		08		45		43		14		200	
Số sóng triều		21		29		33		19		42		42		24		54	
Chu kỳ tính		CK3		CK3		CK3		CK3		CK3		CK3		CK3		CK3	
HAT (cm)		190		199		203		208		213		208		213		207	
A_0 (MSL, cm)		98		102		103		108		105		105		108		110	
LAT (cm)		0		0		0		0		0		0		0		0	
TT	**Tên phân triều**	**H (cm)**	**g (độ)**	**H (cm)**	**g (độ)**	**H (cm)**	**g (độ)**	**H (cm)**	**g (độ)**	**H (cm)**	**g (độ)**	**H (cm)**	**g (độ)**	**H (cm)**	**g (độ)**	**H (cm)**	**g (độ)**
1	M2	10,80	288,3	12,90	291,3	15,50	288,0	15,80	288,5	14,00	295,4	13,80	291,7	11,40	285,8	13,10	309,2
2	S2	5,20	104,9	5,50	106,2	5,20	107,1	8,90	120,4	4,40	112,3	8,13	109,5	5,14	115,8	4,60	130,5
3	N2	2,20	288,3	2,60	291,3	3,10	288,0	3,20	288,5	3,80	273,3	2,46	276,1	2,29	285,8	2,60	309,2
4	K2	1,40	105,4	1,50	110,7	1,40	111,6	2,40	121,1	1,20	114,5	2,21	111,9	1,40	116,4	1,30	126,6
5	K1	33,10	298,0	29,40	302,6	30,20	299,1	29,60	298,7	31,50	301,5	31,90	317,3	30,40	302,8	35,10	300,5
6	O1	27,10	252,9	24,80	246,0	32,00	252,9	22,10	237,2	27,90	251,4	28,50	255,1	24,70	248,2	27,50	248,6
7	P1	11,00	298,0	9,80	302,6	10,10	299,1	9,90	298,7	14,10	297,8	8,87	312,7	10,13	302,8	11,70	300,5
8	Q1	5,40	252,9	5,00	246,0	6,40	252,9	4,40	237,2	6,20	219,1	4,92	246,5	4,93	248,2	5,50	248,6
9	M4	0,10	167,9	0,10	89,0	0,20	27,6	0,70	122,6	0,32	170,8	0,53	281,4	0,21	194,2	0,70	102,5
10	MS4	0,30	261,2	0,10	4,0	0,10	33,0	0,60	190,3	0,11	70,6	0,49	253,8	0,36	277,1	0,60	174,7
11	M6	0,20	114,5	0,10	203,2	0,00	153,9	0,20	234,9	0,18	268,0	0,26	146,9	0,05	248,2	0,20	253,1
12	Ssa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,10	326,8
13	J1	2,14	320,4	1,96	330,7	2,53	322,0	1,75	329,2	1,07	296,7	0,99	358,7	1,95	329,9	2,50	1,0
14	Phi1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,80	256,9
15	Nu2	0,41	317,7	0,63	275,4	0,59	317,2			0,65	272,8	0,67	268,5	0,43	314,0	0,50	348,3
16	Mu2	0,26	351,6	0,40	260,5	0,37	351,0			0,52	278,1	0,71	238,1	0,27	346,6	0,90	304,2
17	L2	0,30	254,4	0,36	255,8	0,43	254,2			1,07	264,9	1,05	289,6	0,32	227,8	0,60	260,4
18	T2	0,31	227,5	0,32	227,7	0,31	227,5			0,26	342,3	0,48	339,7	0,30	227,4	0,30	228,4
19	2N2	0,28	356,2	0,34	2,4	0,40	355,5			0,44	243,1	0,46	238,1	0,30	351,0	0,30	39,5
20	MO3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,44	61,9	0,74	168,1	-	-	0,60	25,2
21	MK3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,44	349,9	1,03	278,4	-	-	1,30	47,1
22	S4	-	-	0,14	186,87	0,67	216,1	-	-	0,11	208,6	0,55	204,2	-	-	0,10	24,9
23	MN4	-	-	-	-	-	-	-	-	0,29	199,7	0,37	249,8	-	-	0,10	102,6
24	M3	-	-	-	-	0,47	74,3	-	-	0,16	331,6	0,17	127,8	1,56	36,29	0,10	235,9
25	SK3	-	-	0,43	90,78	0,45	304,7	-	-	0,10	226,8	0,27	270,3	-	-	0,10	252,4
26	Mm	-	-	-	-	-	-	-	-	0,92	285,4	2,39	34,1	-	-	3,10	8,4
27	MSf	-	-	2,86	351,7	2,21	252,4	-	-	1,19	230,8	2,02	63,7	-	-	0,90	12,6
28	Mf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,40	143,5
29	ALP1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,51	181,2	0,55	151,0	-	-	0,20	152,5
30	2Q1	0,70	208,2	0,69	198,0	0,83	207,1	0,57	206,7	1,20	207,7	0,41	147,8	0,64	194,0	0,60	210,0
31	Rho1	1,03	233,6	0,94	221,7	1,22	233,1	0,84	210,8	1,07	230,0	1,14	228,4	0,94	224,8	1,00	226,3
32	Tau1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,20	351,0
33	Bet1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,80	232,7
34	NO1	-	-	-	-	-	-	-	-	1,40	298,8	1,14	208,8	-	-	0,80	303,0
35	SO1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,60	66,6
36	OO1	1,17	252,9	1,07	246,0	1,38	252,9	0,95	237,2	0,90	32,2	0,79	50,0	1,06	357,4	2,50	329,5
37	MSN2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30	61,1
38	EPS2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,61	193,0	0,40	99,3	-	-	0,30	258,3
39	MKS2	-	-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	1,10	44,3
40	ETA2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	215,8	0,73	59,5	-	-	1,40	35,0
41	M3	-	-	-	-	0,47	74,3	0,84	267,1	0,55	257,6	0,17	127,8	-	-	0,60	141,0
42	SO3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,70	205,2
43	SN4	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	209,5	0,13	252,3	-	-	0,30	234,2
44	MK4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,80	89,2
45	SK4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10	269,6
46	2MK5	0,90	243,5	0,11	8,1	0,03	85,5	0,49	161,4	0,14	236,0	0,38	62,0	0,36	125,16	0,30	226,5
47	2SK5	-	-	0,23	224,1	0,09	27,6	-	-	0,11	34,2	0,31	8,8	-	-	0,20	28,3
48	2MK6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	275,5
49	2SM6	-	-	0,10	229,3	0,21	254,6	-	-	0,11	81,0	0,37	64,6	-	-	0,10	297,1
50	2MS6	-	-	0,13	118,1	0,03	233,4	-	-	0,16	331,6	0,16	326,8	-	-	0,10	235,9
51	2MN6	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10	226,8	0,19	163,8	-	-	0,10	252,4
52	SK3	-	-	-	-	0,45	304,7	-	-	0,41	4,3	0,27	270,3	-	-	0,50	10,8
53	3MK7	0,33	176,7	0,05	198,8	0,32	87,1	0,26	358,0	0,11	268,0	0,16	214,3	0,38	263,85	0,10	83,4
54	M8	0,34	86,0	0,15	145,0	0,12	293,2	0,35	131,1	0,04	230,0	0,21	263,7	0,35	339,37	0,10	51,5

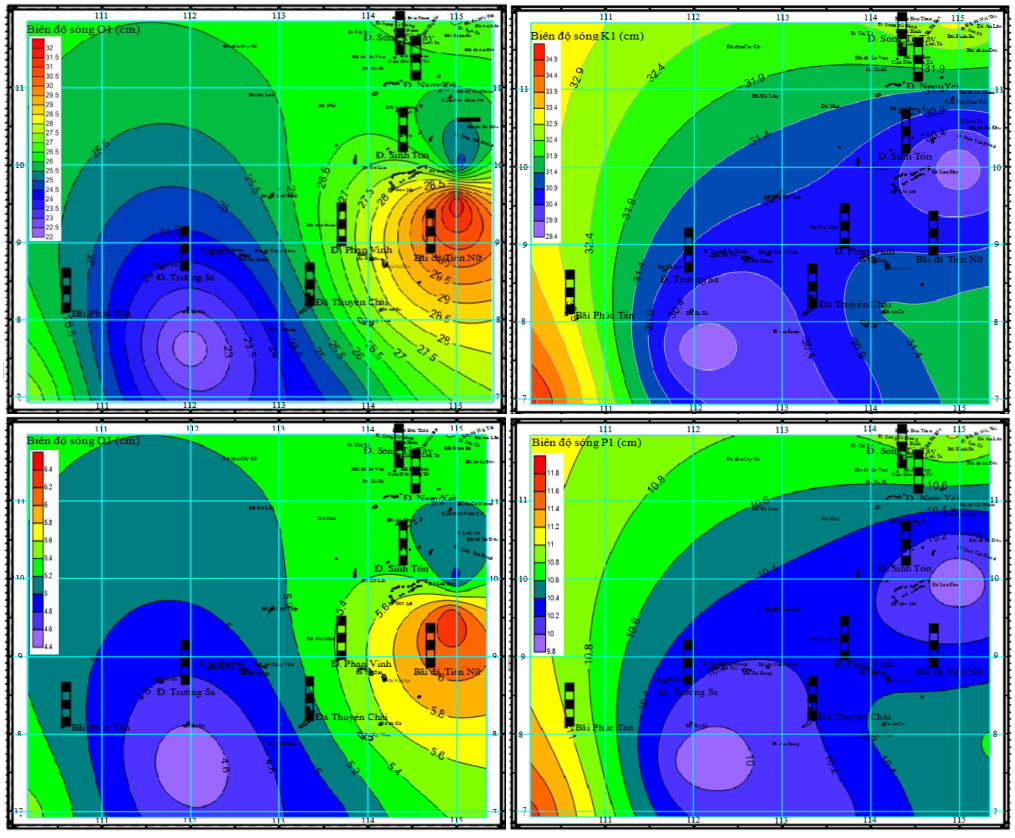


Hình 7. Thủy triều Phúc Tần (thực đo-đỏ, dự tính-xanh) từ ngày 24/04/2016 - 07/11/2016.

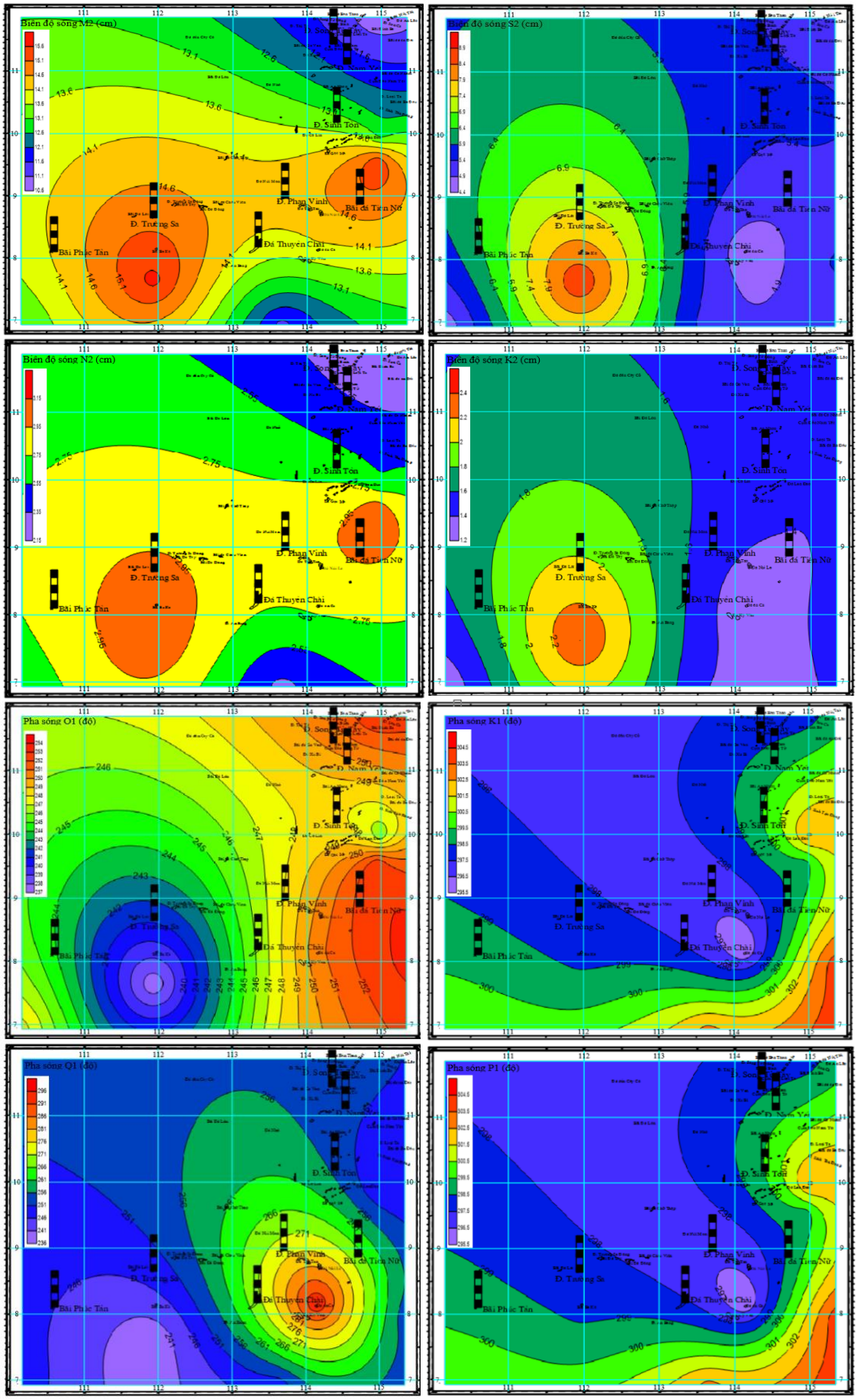
Sử dụng phương pháp IOS phân tích sóng triều điều hòa cho các chuỗi số liệu quan chắc mực nước biên liên tục từ hơn một tháng trở lên, kết hợp với việc bổ sung các sóng triều theo công thức Schureman để khắc phục tình trạng "bỏ sót" một số sóng triều ý nghĩa như: MSF, J1, OO1, 2N2, NU2, NO1, L2, 2Q1, MO3, MK3... khi đưa bộ HSĐH mới vào các chương trình dự tính thủy triều cho các năm tiếp theo trong cùng một chu kỳ thiên văn. Việc xây dựng bộ cơ sở dữ liệu HSĐH tối ưu biến thiên theo không gian và thời gian liên quan đến mực nước biển dâng do biến đổi khí hậu toàn cầu làm cơ sở đầu vào cho các mô hình mô phỏng động lực học ven biển, ngoài khơi và biên tập, tính toán các bảng dự tính thủy triều hàng năm là rất cần thiết và hữu dụng trong thời gian tới.

3.2. Phân bố không gian của các sóng triều chính

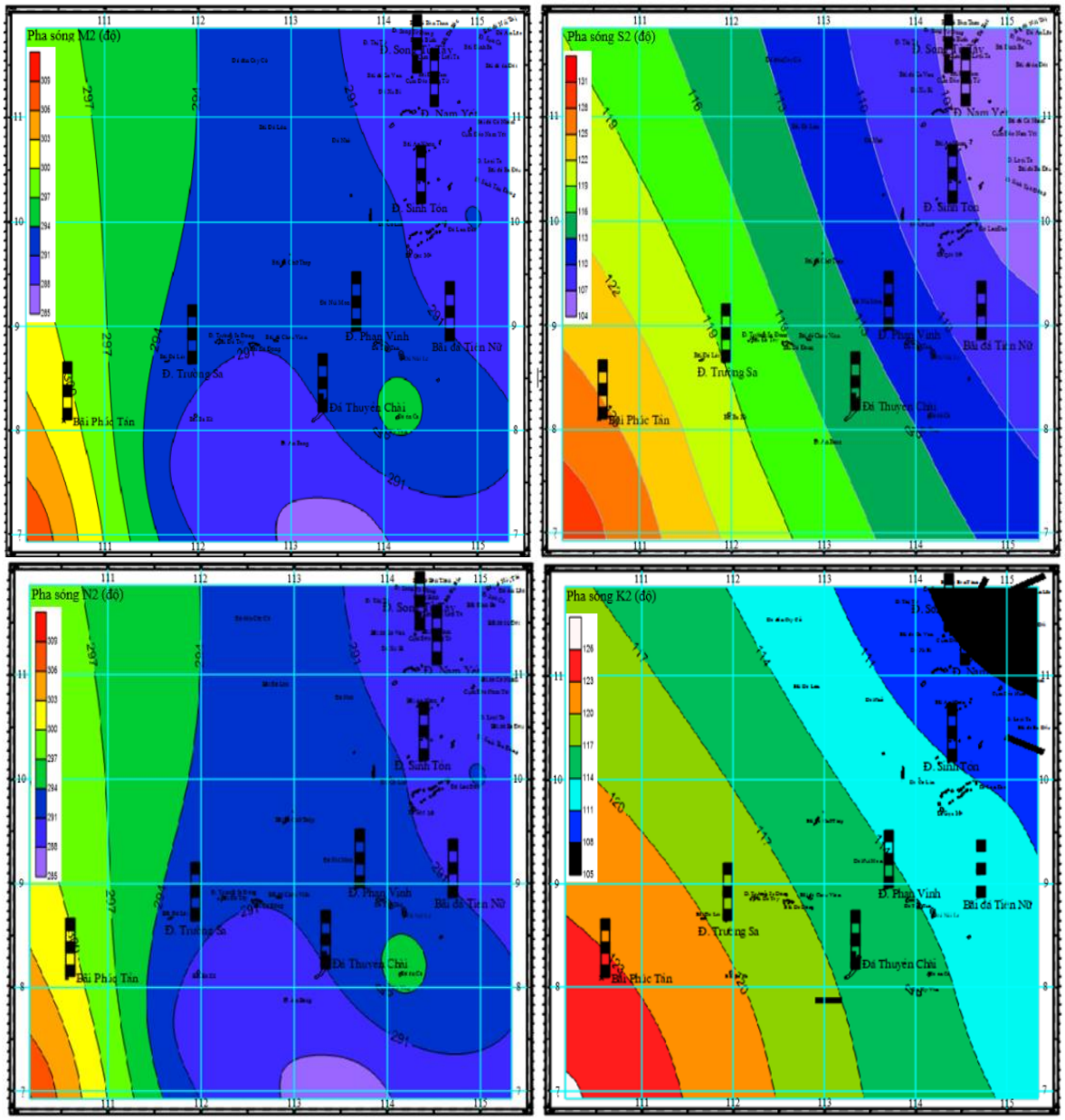
Sử dụng phương pháp IOS phân tích HSĐH từ chuỗi số liệu mực nước thực đo tại 08 vị trí, các kết quả được thể hiện trên bản đồ đẳng biên độ và đẳng pha của 08 sóng triều (M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, Q1) cho khu vực quần đảo Trường Sa được thể hiện trên các hình 8-10.



Hình 8. Phân bố không gian của biên độ sóng triều O1, K1, Q1 và P1 khu vực quần đảo Trường Sa.



Hình 9. Phân bố không gian của biên độ sóng triều M2, S2, N2, K2, O1, K1, Q1 và P1 khu vực quần đảo Trường Sa.



Hình 10. Phân bố không gian của pha sóng triều M2, S2, N2 và K2 khu vực quần đảo Trường Sa.

Các kết quả phân tích, tính toán cho thấy: Đặc tính thủy triều khu vực quần đảo Trường Sa không hoàn toàn là nhật triều không đều, các sóng triều O1 có biên độ đạt tới giá trị 32,0 cm (thực đo) tại Sinh Tồn và sóng triều K1 có biên độ đạt tới 35,1 cm (thục đo) tại Phúc Tần. Tại vị trí trạm Trường Sa và trạm Phúc Tần, biên độ sóng triều O1 tăng dần trong không gian, tại trạm Tiên Nữ biên độ sóng triều O1 giảm dần trong không gian; đối với sóng triều K1, biên độ tăng nhanh trong không gian về phía bờ Tây (phần đất liền lãnh thổ Việt Nam).

Bên cạnh những kết quả được thể hiện trên các bản đồ phân bố không gian, số liệu các HSĐH còn được phân tích, trích xuất tại các toạ độ tương ứng với các vị trí quan trắc mực nước biển (08 trạm) để đánh giá, kiểm định sự chính xác các kết quả tính toán. Số liệu so sánh biên độ và pha của 08 sóng triều chính giữa số liệu thực đo và dự tính từ MIKE 21 tại 08 vị trí được thể hiện trên các bảng 1, 2. Kết quả so sánh đối chứng chỉ ra mối tương quan chặt giữa thủy triều thực đo và dự tính từ bộ HSĐH phân tích theo chuẩn IOS, sai số trung bình của biên độ của 08 sóng triều chính là 1,80 cm với hệ số tương quan R^2 = 0,968; đối với giá trị pha, sai số trung bình của pha là 2,90 độ với hệ số tương quan R^2 = 0,975.

4. Kết luận

Các kết quả tính toán, phân tích phân bố không gian của 08 sóng triều điều hòa chính (M2, S2, N2, K2, K1, O1, Q1, P1) tại 08 vị trí quan trắc mực nước biển cho thấy:

- Tính chất thủy triều không hoàn toàn là "*nhật triều không đều*" tại khu vực quần đảo Trường Sa như đã và đang được công nhận từ trước đến nay về tính chất thủy triều.

- Kết quả phân tích, so sánh tương quan cho thấy: mối tương quan chặt giữa thủy triều thực đo và dự tính từ bộ HSĐH phân tích theo chuẩn IOS, sai số trung bình của biên độ của 08 sóng triều chính là 1,80 cm với hệ số tương quan (thực đo và dự tính) là R^2 = 0,968; đối với giá trị pha, sai số trung bình của pha là 2,90 độ với hệ số tương quan R^2 = 0,975.

- Số lượng và chất lượng các sóng triều điều hòa phân tích theo chuẩn IOS áp dụng cho các chuỗi quan trắc mực nước biển liên tục từ 31 ngày trở lên cho ra bộ cơ sở dữ liệu HSĐH đầy đủ nhất, khắc phục được việc "*bỏ sót*" nhiều sóng triều có ý nghĩa, thậm chí "*bỏ sót*" các sóng triều có biên độ lớn mà lâu nay thường xem là không quan trọng như: MSF, J1, OO1, 2N2, NU2, NO1, L2, 2Q1, MO3, MK3 … Sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu phân tích HSĐH theo phương pháp IOS để thống nhất số lượng, phương pháp phân tích sóng triều, xác định cực trị thủy triều thiên văn (HAT, LAT) và MSL, quan trắc mực nước biển song song tại nhiều trạm cho từng dạng độ dài chuỗi số liệu quan trắc mực nước biển liên tục khác nhau (từ 01-03 tháng, dưới 01 năm, nhiều năm và cả chu kỳ thiên văn).

- Xây dựng bộ cơ sở dữ liệu HSĐH mới, tối ưu và đúng chu kỳ thiên văn cho các trạm có số liệu quan trắc mực nước biển từ 31 ngày trở lên biến thiên theo không gian và thời gian, có tính đến mực nước biển dâng do biến đổi khí hậu toàn cầu làm cơ sở đầu vào cho các mô hình mô phỏng động lực học ven biển, ngoài khơi và biên tập, tính toán các bảng dự tính thủy triều hàng năm.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: P.V.H.; Đ.Q.T.; Xử lý số liệu: P.V.H.; Viết bản thảo bài báo: P.V.H.; Đ.Q.T.; Chỉnh sửa bài báo: Đ.Q.T.

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả của: Hội nghị Khoa học Quốc tế Biển Đông 2022 "Thế kỷ Khoa học Công nghệ biển vì tương lai của đại dương".

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Cartwright, D. Tides: A Scientific History. Cambridge University Press, Cambridge, 1999.
2. International Hydrographic Organization (IHO). Coastal Tides. 2013, pp. 411. ISBN: 978-2-903581-83-1.
3. Foreman, M.G.G.; Neufeld, E.T. Harmonic analysis of long time series. *Int. Hydrographic Rev.* **1991**, *68(1)*, 85–108.
4. Schureman, P. Manual of harmonic analysis and prediction of tides. U. S. Department of Commerce. Special Publication No. 98, 2001, pp. 336.
5. The United Kingdom Hydrographic Office. Admiralty Tide Tables - Indian Ocean and South China Sea. 2002, pp. 3.
6. UK National Oceanography Centre. Tidal Analysis Software Kit (TASK). 2014.
7. International Hydrographic Organization (IHO). Harmonic Constituents with Nodal Corrections, 2006.
8. Doodson, A.T. The analysis and prediction of tides in shallow water. *Int. Hydrographic Rev.* **1957**, *34*, 85–111.
9. Danish Hydraulic Institute. Tidal Analysis and Prediction Module. MIKE 21 Scientific Documentation. User's Guide and Reference Manual, 2011, 2017.

10. National Oceanic and Atmospheric Administration. Tidal current analysis procedures and associated computer programs. U. S. Department of Commerce, NOS, CO-OPS 0021, 1999, pp. 101.
11. National Oceanic and Atmospheric Administration. Tidal Analysis and Prediction. NOAA Special Publication NOS CO-OPS. 2007, pp. 3.
12. Arjun, S.; Sheela, N.L.; Shamji, V.R.; Kurian, N.P. Tidal constituents in the shallow waters of the Southeast Indian coast. *Marine Geodesy* **2010**, *33(2)*, 206–217.
13. Bingley, R.M.; Teferle, F.N.; Orliac, E.J.; Doodson, A.H.; Williams, S.D.P.; Baker, T.F. Absolute fixing of tide gauge benchmarks and land levels. Department for Environment Food and Rural Affairs, PB No. 12643, 2007.
14. Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping. Australian tides manual. Special publication No. 9, 2014, 5, pp. 83.
15. Intergovernmental Oceanographic Commission. Manual on sea level measurements and interpretation. 2002, 1,2,3.
16. Intergovernmental Oceanographic Commission. Global sea level observing system (GLOSS) implementation plan. Intergovernmental Oceanographic Commission Technical series, 1997, pp. 50.
17. Yanguang, F.; Xinghua, Z.; Dongxu, Z.; Weikang, S.; Chuanling, J. Sea level trend and variability in the South China Sea. ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, The Netherland, 2019, IV-2/W5.
18. Thụy, N.N.; Huấn, P.V.; Khước, B.Đ. Thử nghiệm tính hằng số điều hòa thủy triều 68 sóng cho vùng biển Việt Nam theo bộ chương trình TSLC (Mỹ). *Tạp chí Khí tượng thủy văn* **1996**, *426*, 13–15.
19. Huấn, P.V.; Hợi, N.T.; Huấn, N.M. Ứng dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất vào phân tích thủy triều và dòng triều. Khí tượng thủy văn Biển Đông. Nhà xuất bản Thống kê, Hà Nội, 2000.
20. Huấn, P.V.; Thành, H.T. Sơ đồ chi tiết phân tích điều hòa thủy triều. *Tạp chí khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội* **2009**, *25(1S)*, 66–75.
21. Thức, P.T.; Hùng, P.V.; Vinh, T.Đ. Xây dựng sơ đồ chi tiết để xác định số "0 hải đồ" và biên tập bảng dự tính thủy triều bằng phương pháp bình phương tối thiểu. Kỷ yếu Hội nghị Khoa học Quốc tế "Biển Đông 2022", Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 2022, 690, pp. 16. ISBN: 978-604-357-067-0.
22. Bách, N.V.; Hải, N.T. Các đảo nổi vùng biển Trường Sa. *Tạp chí Dầu khí* **1998**.
23. Thục, P.V. và cs. Tuyển tập các công trình nghiên cứu về điều kiện tự nhiên và tài nguyên thiên nhiên vùng quần đảo Trường Sa, 1998.
24. Phách, P.V.; Minh, N.Q. Những nét cơ bản của cấu trúc kiến tạo khu vực quần đảo Trường Sa và Tư Chính-Vũng Mây. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển* 1998.
25. Hiệp, N.; Giao, N.; Quân, H.Q. Đặc điểm địa chất và tiềm năng DK vùng quần đảo Trường Sa. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Nhà nước, 1993.
26. Vinh, T.Đ.; Hùng, P.V.; Tuấn, P.V.; Chiến, T.V. Bảng thủy triều năm 2023 (Quần đảo Hoàng Sa, Trường Sa và DK). Tập III. Bộ Tư lệnh Hải quân, 2023.
27. Huấn, P.V. Động lực học biển: Phần 3 – Thủy triều. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội, 2002.
28. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Kịch bản Biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam, 2020.
29. Huấn, P.V. và cs. Xây dựng cơ sở dữ liệu không gian của các hằng số điều hòa thủy triều cho vùng biển vịnh Bắc Bộ. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Nhà nước QG-08-11, 2010.

Spatial distribution of main tidal waves in the Truong Sa archipelago, Vietnam

Doan Quang Tri[1], Pham Van Hung[2*]

[1] Journal of Hydro-Meteorological, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration; doanquangtrikttv@gmail.com
[2] Vietnam's Naval Hydrographic and Oceanographic Department, Naval Staff Department; phamvanhungh2t@gmail.com

Abstract: The article presents the spatial distribution results of 08 main tidal constituents (M2, S2, N2, K2, K1, O1, Q1, P1) and the characteristics of tides at several islands and reefs belonging to the Truong Sa archipelago using the least squares method according to the Institute of Ocean Sciences (IOS) standard. The results show that as the number of tidal waves increases, the values of the Highest Astronomical Tide (HAT), Lowest Astronomical Tide (LAT), Mean Sea Level (MSL), and predicted hourly tidal water levels throughout the year achieve higher accuracy than traditional methods using 8 to 11 harmonic constants. The tidal characteristics of the islands and reefs in the Truong Sa archipelago are not entirely uniform. The research results provide a scientific basis for explaining phenomena occurring in reality: the measured tides on the "nautical chart" are lower than zero, the occurrence of high water later, and delayed ebb tide. Additionally, the research results propose an optimized method for analyzing the set of harmonic constants to establish boundary water level databases for dynamic coastal and offshore hydrodynamic modeling scenarios, in response to global climate change-induced sea level rise.

Keywords: Tidal waves; Spatial distribution; Harmonic constant; Truong Sa archipelago - Vietnam.