

# ƯỚC LƯỢNG CÁC PHÂN BỐ ĐỘ CAO SÓNG CÓ NGHĨA CHO NGHIÊN CỨU CHẾ ĐỘ SÓNG PHÍA NGOÀI CỬA VỊNH VÂN PHONG

Trần Văn Chung, Ngô Mạnh Tiến, Nguyễn Hoàng Thái Khang  
Viện Hải Dương Học Nha Trang

## **Thông tin chung:**

Ngày nhận bài: 12/04/2023

Ngày phân biện: 19/04/2023

Ngày duyệt đăng: 30/04/2023

**Title:** Probabilistic models of significant wave height are used to study the wave regimes outside the mouth of Van Phong bay

**Từ khóa:** Độ cao sóng có nghĩa, phân bố xác suất, phân bố tích lũy, hoa sóng, các tiêu chí ước lượng.

**Keywords:** Significant wave height, Probability distribution, Cumulative distribution function, Wave rose, Evaluation criterias.

**ABSTRACT:** In this work, several models describing the wave height probability are tested and evaluated, in order to find the typical wave height distribution function the mouth of Van Phong Bay. The final wave height distribution was selected based on multiple criteria and the proposed distribution outperformed the other parametric models tested and optimally described. According to analysis results, normal distribution; Inverse Gaussian distribution and Rayleigh distribution often give bad analysis results, should not be used for wave mode distribution in the study area. Meanwhile, the Gamma distribution usually gives the best results in 03 months: January, August and December; Nakagami distribution gives the best results in 04 months: February, June, July, October; Best Logistic distribution for 03 months: April, May, September; the best BirnbaumSaunders distribution only for November and the best LogNormal distribution for March and for the whole year distribution.

**TÓM TẮT:** Trong công trình này, một số mô hình mô tả xác suất độ cao sóng được thử nghiệm và đánh giá, nhằm tìm ra hàm phân bố độ cao sóng điển hình cho phía ngoài cửa vịnh Vân Phong. Phân bố độ cao sóng được lựa chọn cuối cùng dựa trên nhiều tiêu chí và phân bố được đề xuất vượt trội hơn so với các mô hình tham số khác được thử nghiệm và mô tả một cách tối ưu. Theo kết quả phân tích, phân bố chuẩn (Normal); phân bố Gaussian nghịch đảo và phân bố Rayleigh thường cho kết quả phân tích không tốt, không nên sử dụng cho phân bố chế độ sóng khu vực nghiên cứu. Trong khi đó, phân bố Gamma thường cho kết quả tốt nhất trong 3 tháng: 1, 8 và tháng 12; phân bố Nakagami cho kết quả tốt nhất trong 04 tháng: tháng 2, 6, 7, 10; phân bố Logistic tốt nhất cho 03 tháng: 4, 5, 9; phân bố Birnbaum-Saunders tốt nhất chỉ cho tháng 11 và phân bố LogNormal tốt nhất cho tháng 3 và cho phân bố cả năm.

## **1. Mở đầu**

Độ cao sóng có nghĩa là một biến ngẫu nhiên thể hiện các thay đổi trong miền không gian và thời gian. Ngoài việc ước tính các tham số thống kê tiêu chuẩn của độ cao sóng, hàm mật độ xác suất tương ứng sẽ cung cấp cái nhìn sâu sắc hơn về các đặc tính chế độ sóng, do việc lựa chọn hàm mật độ xác suất thích hợp đã mô tả phân tích tần số liên quan đến tác động trạng thái biển (Soukissian, 2021). Hơn nữa, như cũng được đề cập bởi Lucas và Soares (2015),

có thể thuận tiện hơn nếu có các mô hình lý thuyết để kết hợp với các mô hình khác trong bất kỳ quy trình tính toán nào. Việc sử dụng mô hình xác suất tham số thay vì sử dụng trực tiếp dữ liệu rời rạc cũng được chứng minh bởi thực tế là mô hình lý thuyết có thể đại diện tốt hơn cho một số mức xác suất không có trong mẫu, do đó cho phép ngoại suy và lấp đầy dữ liệu. Theo giới thiệu của Soukissian (2021) thì thảo luận về độ không đảm bảo thống kê liên quan đến các thủ tục ước lượng của phân bố xác

suất tham số cho độ cao sóng có nghĩa có thể được tìm thấy trong (Guedes-Soares và Henriques, 1996).

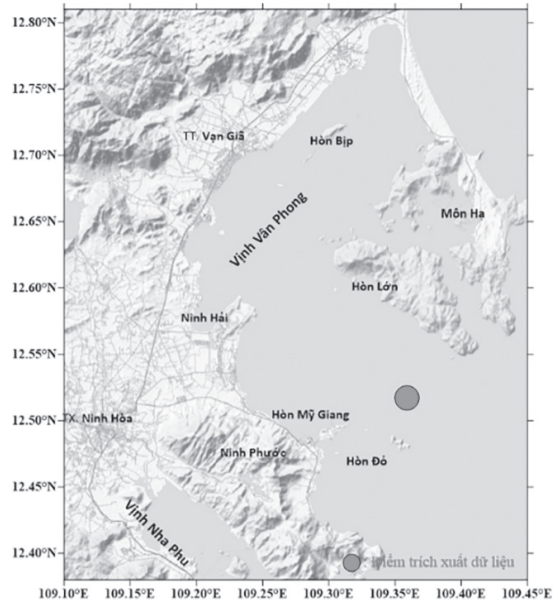
Vịnh Vân Phong nằm giữa hai huyện Vạn Ninh và Ninh Hòa thuộc tỉnh Khánh Hòa, cách trung tâm thành phố Nha Trang khoảng 80km về phía Bắc. Vịnh Vân Phong là một eo biển kín gió và rộng lớn gồm 28 đảo và các vịnh nhỏ (Hình 1). Nghiên cứu phân bố sóng ngoài cửa là khâu chuẩn bị khá quan trọng cho nghiên cứu các quá trình tương tác sóng dòng trong vịnh. Trên cơ sở có thông tin nghiên cứu quá trình thủy động lực trong vịnh trước đây (Trần Văn Chung và cs., 2021), kết hợp với mô hình SWAN trên cơ sở phải hiểu được cơ chế phân sóng ngoài vịnh là yếu tố tiên quyết tính mô hình tương tác bên trong Vịnh Vân Phong, là khâu chuẩn bị quan trọng trong mô hình cặp FEM – SWAN (Trần Văn Chung và cs., 2020). Hiểu biết được quy luật sóng của vùng là việc làm thiết thực, trong nghiên cứu quá trình tương tác sóng biển trong vịnh Vân Phong, phục vụ cho định hướng phát triển du lịch, cảnh báo các tác động do sóng đến vùng.

## 2. Phương pháp tính và thông tin nguồn số liệu sử dụng

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu cho ngoài cửa Vân Phong

Thông tin về đặc trưng sóng (độ cao, chu kỳ và hướng) được cập nhật từ: [http://oos.soest.hawaii.edu/erddap/grid-dap/NWW3\\_Global\\_Best.html](http://oos.soest.hawaii.edu/erddap/grid-dap/NWW3_Global_Best.html) với độ phân giải 0,5 độ theo từng giờ (số liệu tính thống kê được chọn phân tích từ ngày 01/01/ 2011 đến tháng 31/12/2022 theo tần suất 01 giờ/số liệu (tương ứng với 12 năm). Đây là bộ số liệu trong chương trình hợp tác với NOAA/NCEP và NWS Honolulu, Đại học Hawaii đã triển khai mô hình 7 ngày WaveWatch III (WW3) quy mô toàn cầu với dự báo 5 ngày theo giờ ở độ phân giải khoảng 50 km hoặc 0,5 độ. Mô hình toàn cầu chịu sự tác động của gió của Hệ thống Dự báo Toàn cầu

(GFS) của NOAA/NCEP. Mô hình này được thiết kế để thu nhận sóng biển quy mô lớn và cung cấp các điều kiện biên quang phổ cho Hawaii và các mô hình WW3 khu vực Thái Bình Dương khác. Bộ số liệu này đã được chúng tôi sử dụng cho đầu vào trong mô phỏng tương tác sóng-dòng vùng biển Nha Trang (Trần Văn Chung và cs., 2020).



Hình 1. Vị trí trích xuất dữ liệu sóng cho ngoài cửa Vân Phong

Trong vùng ngoài cửa Vân Phong, chúng tôi phân tích hàm phân bố sóng từ vị trí được chọn nội suy (109.3583°E; 12,5175°N) (Hình 1) từ nguồn số liệu tính sóng liên tục trong 12 năm theo tần suất 01 giờ/số liệu.

### 2.2. Phương pháp tiếp cận

Để tìm quy luật phân bố sóng tại ngoài cửa Vân Phong, chúng tôi đã sử dụng 11 hàm phân bố có 02 tham số điển hình với hình dạng phân bố độ cao sóng vùng nghiên cứu và dựa vào các tiêu chí thống kê để đánh giá độ chính xác nhằm tìm 01 hàm phân bố tối ưu có thể thỏa mãn quy luật phân bố sóng tại khu vực. Trên bảng 1 là trình bày tóm tắt về các loại hàm phân bố và ký hiệu của 2 tham số được trình bày trên bảng 2.

**Bảng 1:** Mô tả tóm tắt 11 loại hàm phân bố đặc trưng

Stt	Tên hàm	Hàm mật độ xác suất	Hàm phân bố tích lũy
1	Phân bố chuẩn (normal distribution)	$f(x \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	$F(x \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} dt$
2	Phân bố loga chuẩn (LogNormal distribution)	$f(x \mu, \sigma) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(\log x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right\}$	$F(x \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^x \frac{1}{t} \exp\left\{-\frac{(\log t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right\} dt$
3	Phân bố Gamma	$f(x a, b) = \frac{1}{b^a\Gamma(a)} x^{a-1} e^{-\frac{x}{b}}$	$F(x a, b) = \frac{1}{b^a\Gamma(a)} \int_0^x t^{a-1} e^{-\frac{t}{b}} dt$
4	Phân bố Weibull	$f(x a, b) = \frac{b}{a} \left(\frac{x}{a}\right)^{b-1} e^{-\left(\frac{x}{a}\right)^b}$	$F(x a, b) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{a}\right)^b}$
5	Phân bố Rayleigh	$f(x b) = \frac{x}{b^2} e^{-\frac{x^2}{2b^2}}$	$F(x b) = 1 - e^{-x^2/(2b^2)}$
6	Phân bố Birnbaum-Saunders	$f(x) = \frac{\left(\sqrt{\frac{x}{\beta}} + \sqrt{\frac{\beta}{x}}\right)}{2\gamma x} \phi\left(\frac{\left(\sqrt{\frac{x}{\beta}} - \sqrt{\frac{\beta}{x}}\right)}{\gamma}\right)$	$F(x) = \Phi\left(\frac{\sqrt{x} - \sqrt{\frac{1}{x}}}{\gamma}\right)$
7	Phân bố Gaussian nghịch đảo (Inverse Gaussian Distribution)	$f(x \mu, \lambda) = \sqrt{\frac{\lambda}{2\pi x^3}} \exp\left\{-\frac{\lambda}{2\mu^2 x} (x - \mu)^2\right\}$	$F(x \mu, \lambda) = \frac{1}{2} \left\{ 1 + \operatorname{erf}\left[\sqrt{\frac{\lambda}{2x}} \left(\frac{x}{\mu} - 1\right)\right] + \frac{1}{2} e^{2\lambda/\mu} \left\{ 1 - \operatorname{erf}\left[\sqrt{\frac{\lambda}{2x}} \left(\frac{x}{\mu} + 1\right)\right] \right\} \right\}$
8	Phân bố Logistic	$f(x \mu, \sigma) = \frac{\exp\left\{\frac{x-\mu}{\sigma}\right\}}{\sigma \left(1 + \exp\left\{\frac{x-\mu}{\sigma}\right\}\right)^2}$	$F(x \mu, \sigma) = \frac{1}{1 + \exp\left\{\frac{x-\mu}{\sigma}\right\}}$

9	Phân bố Log-Logistics	$f(x \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma} \frac{1}{x} \frac{e^{-z}}{(1+e^z)^2}; x \geq 0,$ trong đó: $z = \frac{\log(x)-\mu}{\sigma}$	$F(x \mu, \sigma) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{\sigma}\right)^{-\mu}}$
10	Phân bố "Rician"	$f(x s, \sigma) = I_0\left(\frac{xS}{\sigma^2}\right) \frac{x}{\sigma^2} e^{-\left(\frac{x^2+S^2}{2\sigma^2}\right)}$	$F(x s, \sigma) = 1 - Q_1\left(\frac{S}{\sigma}, \frac{x}{\sigma}\right)$
11	Phân bố Nakagami	$f(x \mu, \omega) = 2 \left(\frac{\mu}{\omega}\right)^\mu \frac{1}{\Gamma(\mu)} x^{(2\mu-1)} e^{-\frac{\mu}{\omega}x^2}$	$F(x \mu, \omega) = \frac{\gamma(\mu, \frac{\mu}{\omega}x^2)}{\Gamma(\mu)}$

**Ghi chú:** <sup>(1)</sup>A, B được ký hiệu là các tham số cho hàm phân bố, tương ứng là tham số 1 và 2 của hàm phân bố.

### 2.3. Ước lượng các tham số

Chúng tôi đã sử dụng cách thức thực hiện đã được giới thiệu bởi Dookie và cs. (2018) với một số kỹ thuật được đưa ra để ước lượng tham số (điển hình Carta và cs., 2009). Trong công trình này, các tham số cho các phân bố khác nhau này được ước tính bằng cách sử dụng phương pháp khả năng xảy ra tối đa, phương pháp này chọn

làm giá trị ước tính của nó là giá trị tham số tối đa hóa xác suất của dữ liệu quan sát (Leon-Garcia, 2008). Phương pháp này được sử dụng phổ biến vì các công cụ ước lượng kết quả thường không chệch và phù hợp về mặt tiệm cận. Phương pháp này cũng cung cấp lợi thế của sự đơn giản trong thực hiện. Trong bảng 2 trình bày các tham số của các loại phân bố.

**Bảng 2:** Các hàm phân bố có 02 tham số được mô tả

STT	Loại phân bố	Tham số 1 (A)	Tham số 2 (B)
1	Normal	Giá trị trung bình $\mu$	Độ lệch chuẩn $\sigma$
2	Lognormal	Giá trị trung bình của lôgarit $\mu$	Độ lệch chuẩn của các giá trị lôgarit $\sigma$
3	Gamma	Tham số hình dạng a	Tham số tỷ lệ b
4	Weibull	Tham số tỷ lệ a	Tham số hình dạng b
5	Rayleigh	Tham số tỷ lệ b	
6	Birnbaum-Saunders	Tham số tỷ lệ $\beta$	Tham số hình dạng $\gamma$
7	Inverse Gaussian	Tham số tỷ lệ $\mu$	Tham số hình dạng $\lambda$
8	Logistic	Giá trị trung bình $\mu$	Tham số tỷ lệ $\sigma$
9	Loglogistic	Giá trị trung bình của lôgarit $\mu$	Tham số tỷ lệ của giá trị lôgarit $\sigma$
10	Rician	Tham số không trung tâm s	Tham số tỷ lệ $\sigma$
11	Nakagami	tham số hình dạng $\mu$	tham số tỷ lệ $\omega$

### 2.4. Tiêu chí thống kê được sử dụng để đánh giá tính phù hợp

Để đánh giá mức độ phù hợp của các hàm phân bố nói trên trong việc mô tả xác suất độ cao sóng, một số thông số kiểm định được sử dụng và mô tả ngắn gọn như sau:

#### 2.4.1. Sai số độ lệch tuyệt đối trung bình (MABE)

MABE cung cấp đại lượng trung bình của tổng sai số độ lệch tuyệt đối giữa tần số ước tính và quan sát của độ cao sóng có nghĩa được đưa ra bởi:

$$MABE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |E_i - O_i|$$

2.4.2. Căn bậc hai của sai số bình phương trung bình (RMSE)

RMSE đại diện cho độ chính xác của phân bố bằng cách đo sự không phù hợp trung bình giữa các giá trị của tần suất ước tính và quan sát của độ cao sóng có nghĩa. Nó được đưa ra bởi:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}$$

Giá trị cao của RMSE cho biết phân bố ước tính có vấn đề và giá trị nhỏ cho thấy phân bố ước tính phù hợp với dữ liệu.

2.4.3. Hệ số tương quan (R2)

Hệ số xác định R2 xác định mối quan hệ tuyến tính giữa các giá trị tính toán từ các loại phân bố và các giá trị tính toán từ dữ liệu đo được. Giá trị hệ số tương quan (R2) cho thấy dữ liệu đủ gần để khớp với đường hồi quy. Mối tương quan có thể được viết là:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2 - \sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})(O_i - \bar{O})}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}$$

Giá trị của R2 tiến tới giá trị 1 (đạt đến

tương quan hoàn hảo), trong khi giá trị 0 cho thấy hai tập dữ liệu hoàn toàn khác nhau.

2.4.4. Kiểm định Chi-bình phương ( $\chi^2$ )

Kiểm định Chi-bình phương ( $\chi^2$ ) được sử dụng để xác định xem có tồn tại bất kỳ sự khác biệt nào giữa tần số mong đợi và tần số quan sát được hay không. Trong kiểm định giả thuyết thống kê này, phân bố là phân bố chi-bình phương khi giả thuyết rằng là đúng. Biểu thức chi-square như được hiển thị bên dưới trong phương trình:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(E_i - O_i)^2}{O_i} \right]$$

3. Kết quả nghiên cứu và bàn luận

Để phân tích bộ số liệu sóng, bài báo đã phân tích bộ dữ liệu sóng trung bình tại 2 vị trí thuộc trong phạm vi ngoài cửa Vân Phong với tần suất 01 giờ/số liệu bắt đầu từ ngày 01/01/2011 đến 31/12/2021. Toàn bộ sản phẩm phân tích về hướng và độ cao sóng được thể hiện khá chi tiết trên bảng 3 và dạng hoa sóng (hình 2).

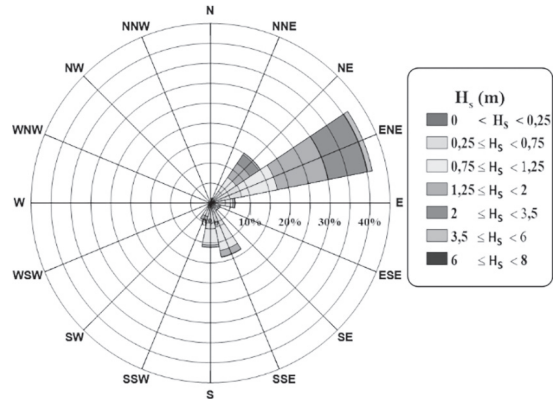
**Bảng 3:** Bảng phân cấp chi tiết độ cao sóng có nghĩa tại ngoài cửa Vân Phong

Hướng sóng	0 < Hs < 0.25	0.25 ≤ Hs < 0.75	0.75 ≤ Hs < 1.25	1.25 ≤ Hs < 2	2 ≤ Hs < 3.5	3.5 ≤ Hs < 6	6 ≤ Hs < 8	H <sub>tb</sub> (m)	Số liệu xử lý	Tỷ lệ (%)
N	17	47	66	63	23	0	0	1,1	216	0,2
NNE	28	302	294	416	206	18	0	1,4	1264	1,3
NE	478	2900	3954	3985	2579	492	0	1,4	14388	15,1
ENE	1005	6557	8701	12447	9610	1133	4	1,6	39457	41,3
E	308	3269	1775	464	144	8	0	0,8	5968	6,3
ESE	169	1844	331	48	32	22	0	0,6	2446	2,6
SE	38	1584	566	75	21	0	0	0,6	2284	2,4
SSE	84	5715	5730	1563	134	0	0	0,9	13226	13,9
S	166	6001	3824	607	63	0	0	0,7	10661	11,2
SSW	68	1040	2148	1021	111	2	0	1	4390	4,6
SW	46	166	418	133	11	2	0	1	776	0,8
WSW	17	72	87	15	0	0	0	0,8	191	0,2
W	12	23	22	4	0	0	0	0,7	61	0,1
WNW	3	0	2	1	0	0	0	0,7	6	0,0
NW	1	25	7	0	0	0	0	0,5	33	0,0
NNW	5	19	26	14	2	0	0	1	66	0,1
<b>Cấp sóng</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>		<b>95433</b>	<b>100,0</b>
<b>Số liệu xử lý</b>	2445	29564	27951	20856	12936	1677	4			
<b>Tỷ lệ (%)</b>	2,6	31,0	29,3	21,9	13,6	1,8	0,0	100,0		

\*) Ghi chú: Hs: độ cao sóng có nghĩa (m); H<sub>tb</sub>: độ cao sóng có nghĩa được tính trung bình.

Kết quả phân tích trên Bảng 3 và Hình 2, cho thấy, độ cao sóng theo cấp sóng có 4 cấp có tần xuất xuất hiện nhiều nhất (trên 13%), đó là cấp sóng cấp II ( $0,25 \leq H_s < 0,75$ )(m) với 29.564 số liệu được tìm thấy chiếm tới 31,0%; tiếp theo là độ cao sóng với cấp độ sóng III ( $0,75 \leq H_s < 1,25$ )(m) với 27.951 số liệu, chiếm 29,3%; độ cao sóng cấp độ IV ( $1,25 \leq H_s < 2$ )(m) với 20.856 số liệu, chiếm 21,9% và độ cao sóng cấp độ V ( $2 \leq H_s < 3,5$ )(m) với 22.936 số liệu, chiếm 13,6%. Về đặc trưng hướng sóng phổ biến, chế độ sóng ngoài cửa Vân Phong chịu ảnh hưởng tính khu vực thể hiện khá rõ qua các hướng sóng thường xuyên xuất hiện (Hình 2). Cụ thể, qua các hướng sóng điển hình cho mùa gió Đông Bắc với 02 hướng chính là Bắc Đông Bắc (41,3%) và Đông Bắc (15,1%), trong khi tác động của mùa gió Tây Nam với 2 hướng chính thể hiện qua 02 hướng sóng: Nam Đông Nam (13,9%) và Nam (11,2%) (Hình 2, Bảng 3). Theo kết quả phân tích thể hiện trên bảng 3, có 4 thời điểm đạt cấp độ sóng cấp VII ( $6 \leq H_s < 8$ ) (m), với hướng sóng Đông Đông Bắc. Để tham vấn việc xuất hiện số liệu độ cao sóng lớn và đặc biệt này, thông qua truy xuất dữ liệu cho thấy có 3 thời điểm cao này rơi vào ngày 19/12/2021, cụ thể độ cao sóng 6,51m (7h ngày 19/12/2021); 6,51m (8h ngày 19/12/2021) và 6,03m (9h 19/12/2021) (duy trì gió cấp VII trong 03 giờ liên tiếp); tra cứu lại lịch sử cho thấy đây là thời gian khu vực nghiên cứu chịu ảnh hưởng của

con bão số 9 (theo Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia, 2021). Thời điểm còn lại là 7h ngày 21/12/2017 (6,09 m) rơi vào thời điểm chịu ảnh hưởng của con bão số 15 (con bão Kai-Tak) (Đài Khí tượng Thủy văn tỉnh Bình Định, 2017).



Hình 2. Hoa sóng được phân tích tại ngoài cửa Vân Phong.

Theo kết quả phân tích trên bảng 3, phân bố Gamma thường cho kết quả tốt nhất trong 3 tháng: 1, 8 và tháng 12; phân bố Nakagami cho kết quả tốt nhất trong 04 tháng: tháng 2, 6, 7, 10 ; phân bố Logistic tốt nhất cho 3 tháng: tháng 4, 5, 9; và phân bố BirnbaumSaunders tốt nhất chỉ cho tháng 11 và phân bố LogNormal tốt nhất cho tháng 3 và cho phân bố cả năm. Trong khi đó, phân bố chuẩn (Normal) cho kết quả phân tích không tốt cho 04 tháng: 3, 4, 9, 11 và cho phân bố theo năm; phân bố Gaussian nghịch đảo cho kết quả không tốt cho 3 tháng: 2, 8 và 10 và phân bố Rayleigh thường cho kết quả phân tích không tốt cho 3 tháng: 1, 6, 12.

Bảng 4: Đánh giá tính phù hợp qua các hàm phân bố theo các tiêu chí thống kê

Tháng	Hàm phân bố	A	B	MABE	RMSE	R2	(c2)
1	<b>Gamma</b>	<b>3,396</b>	<b>5,695</b>	<b>0,003</b>	<b>0,038</b>	<b>0,904</b>	<b>0,002</b>
	<b>Rayleigh</b>	14,792	0,000	0,006	0,061	0,758	0,004
2	Gamma	4,340	3,661	0,004	0,031	0,927	<b>0,001</b>
	Weibull	2,131	17,946	0,004	0,029	0,936	<b>0,001</b>
	Rayleigh	12,529	0,000	0,004	0,033	0,917	<b>0,001</b>
	<b>InverseGaussian</b>	35,679	15,892	<b>0,008</b>	<b>0,065</b>	<b>0,679</b>	<b>0,005</b>
	Logistic	4,389	15,367	0,005	0,038	0,891	<b>0,001</b>
	Rician	10,431	9,815	0,004	0,032	0,925	<b>0,001</b>
	<b>Nakagami</b>	<b>313,947</b>	<b>1,131</b>	<b>0,003</b>	<b>0,028</b>	<b>0,942</b>	<b>0,001</b>

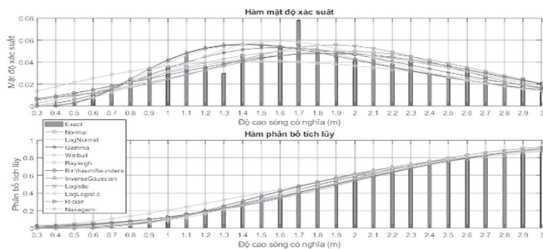
Tháng	Hàm phân bố	A	B	MABE	RMSE	R2	(c2)
3	<i>Normal</i>	6,694	11,097	<b><i>0,010</i></b>	<b><i>0,095</i></b>	<b><i>0,689</i></b>	<b><i>0,010</i></b>
	<b><u>LogNormal</u></b>	<b>0,603</b>	<b>2,234</b>	<b><u>0,004</u></b>	<b><u>0,035</u></b>	<b><u>0,959</u></b>	<b><u>0,001</u></b>
	BirnbaumSaunders	0,636	9,219	<b>0,004</b>	0,039	0,948	0,002
	InverseGaussian	24,936	11,097	<b>0,004</b>	0,039	0,947	0,002
	LogLogistic	0,342	2,244	<b>0,004</b>	0,039	0,947	0,002
4	<i>Normal</i>	5,787	8,582	<b><i>0,015</i></b>	<b><i>0,126</i></b>	<b><i>0,608</i></b>	<b><i>0,019</i></b>
	<b><u>LogLogistic</u></b>	<b>0,363</b>	<b>1,960</b>	<b><u>0,007</u></b>	<b><u>0,057</u></b>	<b><u>0,919</u></b>	<b><u>0,004</u></b>
5	<i>Normal</i>	3,404	6,709	<b><i>0,014</i></b>	<b><i>0,084</i></b>	<b><i>0,865</i></b>	<b><i>0,008</i></b>
	InverseGaussian	21,197	6,709	0,012	0,083	0,868	<b><i>0,008</i></b>
	<b><u>LogLogistic</u></b>	<b>0,282</b>	<b>1,807</b>	<b><u>0,006</u></b>	<b><u>0,043</u></b>	<b><u>0,963</u></b>	<b><u>0,002</u></b>
6	<i>Rayleigh</i>	5,876	0,000	<b><i>0,014</i></b>	<b><i>0,088</i></b>	<b><i>0,827</i></b>	<b><i>0,008</i></b>
	InverseGaussian	33,632	7,649	0,012	0,080	0,857	<b><i>0,008</i></b>
	Logistic	1,787	7,437	<b><u>0,007</u></b>	0,045	0,954	<b><u>0,001</u></b>
	<b><u>Nakagami</u></b>	<b>69,055</b>	<b>1,559</b>	<b><u>0,007</u></b>	<b><u>0,044</u></b>	<b><u>0,958</u></b>	0,002
7	Gamma	1,673	4,740	0,005	0,033	0,969	<b><u>0,001</u></b>
	Weibull	2,376	8,961	0,005	0,032	0,971	<b><u>0,001</u></b>
	BirnbaumSaunders	0,509	7,015	<b><i>0,010</i></b>	0,066	0,880	0,004
	<b><i>InverseGaussian</i></b>	<b>28,757</b>	<b>7,932</b>	<b><i>0,010</i></b>	<b><i>0,069</i></b>	<b><i>0,869</i></b>	<b><i>0,005</i></b>
	Rician	4,165	6,388	0,006	0,038	0,959	<b><u>0,001</u></b>
	<b><u>Nakagami</u></b>	<b>75,505</b>	<b>1,391</b>	<b><u>0,004</u></b>	<b><u>0,027</u></b>	<b><u>0,980</u></b>	<b><u>0,001</u></b>
8	<b><u>Gamma</u></b>	<b>2,035</b>	<b>4,261</b>	<b><u>0,005</u></b>	<b><u>0,037</u></b>	<b><u>0,958</u></b>	<b><u>0,002</u></b>
	Weibull	2,209	9,809	0,007	0,045	0,938	<b><u>0,002</u></b>
	BirnbaumSaunders	0,538	7,566	0,009	0,065	0,866	<b><i>0,005</i></b>
	<b><i>InverseGaussian</i></b>	<b>27,964</b>	<b>8,671</b>	<b><i>0,010</i></b>	<b><i>0,068</i></b>	<b><i>0,854</i></b>	<b><i>0,005</i></b>
	Logistic	2,289	8,339	0,008	0,048	0,928	<b><u>0,002</u></b>
	LogLogistic	0,289	2,067	0,006	0,046	0,934	<b><u>0,002</u></b>
	Nakagami	92,466	1,250	0,006	0,039	0,952	<b><u>0,002</u></b>
9	Normal	4,416	8,092	<b><i>0,012</i></b>	<b><i>0,082</i></b>	<b><i>0,817</i></b>	<b><i>0,007</i></b>
	Gamma	2,309	3,504	0,005	0,037	0,963	<b><u>0,001</u></b>
	<b><u>LogLogistic</u></b>	<b>0,319</b>	<b>1,966</b>	<b><u>0,005</u></b>	<b><u>0,041</u></b>	<b><u>0,954</u></b>	0,002
10	Gamma	3,325	3,967	0,005	0,036	0,926	<b><u>0,001</u></b>
	Weibull	2,191	14,910	0,004	0,034	0,935	<b><u>0,001</u></b>
	<b><i>InverseGaussian</i></b>	<b>36,857</b>	<b>13,190</b>	<b><i>0,008</i></b>	<b><i>0,066</i></b>	<b><i>0,749</i></b>	<b><i>0,005</i></b>
	Rician	8,156	9,024	0,005	0,036	0,923	<b><u>0,001</u></b>
	<b><u>Nakagami</u></b>	<b>214,488</b>	<b>1,199</b>	<b><u>0,004</u></b>	<b><u>0,032</u></b>	<b><u>0,942</u></b>	<b><u>0,001</u></b>
11	<i>Normal</i>	7,244	16,889	<b><i>0,009</i></b>	<b><i>0,081</i></b>	<b><i>0,686</i></b>	<b><i>0,007</i></b>
	LogNormal	0,427	2,738	<b><u>0,005</u></b>	0,046	0,899	<b><u>0,002</u></b>
	Rayleigh	12,994	0,000	0,008	0,078	0,707	<b><i>0,007</i></b>
	<b><u>BirnbaumSaunders</u></b>	<b>0,436</b>	<b>15,419</b>	<b><u>0,005</u></b>	<b><u>0,045</u></b>	<b><u>0,902</u></b>	<b><u>0,002</u></b>
	InverseGaussian	84,633	16,889	<b><u>0,005</u></b>	<b><u>0,045</u></b>	0,903	<b><u>0,002</u></b>
	Logistic	4,039	16,177	<b><i>0,009</i></b>	0,076	0,721	0,006

Tháng	Hàm phân bố	A	B	MABE	RMSE	R2	(c2)	
12	<b>Gamma</b>	<b>4,055</b>	<b>5,796</b>	<b>0,004</b>	<b>0,031</b>	<b>0,913</b>	<b>0,001</b>	
	Weibull	2,578	26,501	<b>0,004</b>	0,037	0,876	<b>0,001</b>	
	<b>Rayleigh</b>	17,978	0,000	<b>0,006</b>	<b>0,053</b>	<b>0,743</b>	<b>0,003</b>	
	BirnbaumSaunders	0,446	21,364	<b>0,004</b>	0,040	0,854	0,002	
	InverseGaussian	112,412	23,501	<b>0,004</b>	0,041	0,847	0,002	
	Logistic	5,424	22,818	<b>0,004</b>	0,037	0,877	<b>0,001</b>	
	LogLogistic	0,246	3,087	<b>0,004</b>	0,036	0,882	<b>0,001</b>	
	Rician	10,820	20,304	0,005	0,039	0,864	<b>0,001</b>	
	Nakagami	646,395	1,640	<b>0,004</b>	0,033	0,905	<b>0,001</b>	
	Năm	<b>Normal</b>	8,073	12,239	<b>0,010</b>	<b>0,090</b>	<b>0,631</b>	<b>0,009</b>
		<b>LogNormal</b>	<b>0,668</b>	<b>2,295</b>	<b>0,002</b>	<b>0,017</b>	<b>0,986</b>	<b>0,000</b>
BirnbaumSaunders		0,709	9,763	<b>0,002</b>	0,025	0,971	0,001	
LogLogistic		0,382	2,308	0,003	0,022	0,978	<b>0,000</b>	

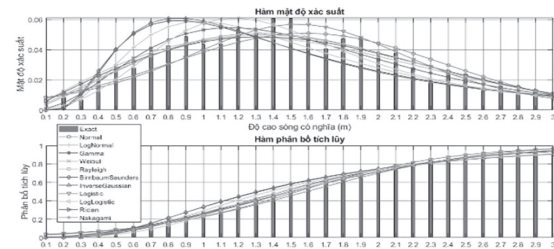
\*) **Ghi chú:** Chữ in đậm là thỏa mãn tốt nhất và chữ in nghiêng là ít thỏa mãn nhất. (1): giá trị A và B được ghi chú chi tiết trên Bảng 2.

Trên cơ sở 4 tiêu chí đánh giá gồm: Sai số độ lệch tuyệt đối trung bình (MABE) (lựa chọn phù hợp với giá trị nhỏ nhất trong 11 phương pháp số); căn bậc hai của sai số bình phương trung bình (RMSE) (chọn giá trị nhỏ nhất); hệ số tương quan

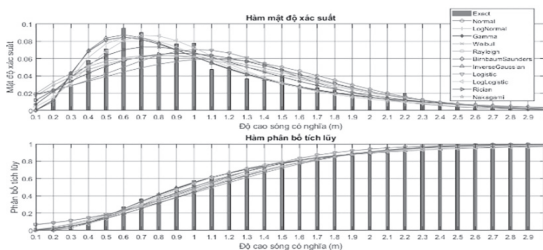
(R2) (lựa chọn giá trị gần với “1” nhất) và kiểm định Chi-bình phương ( $\chi^2$ ) (chọn giá trị nhỏ nhất). Kết quả đánh giá sai số đặc trưng được thể hiện khá chi tiết trên Bảng 4 và thể hiện trên dạng biểu đồ cho 11 phương pháp số được phân tích (Hình 3).



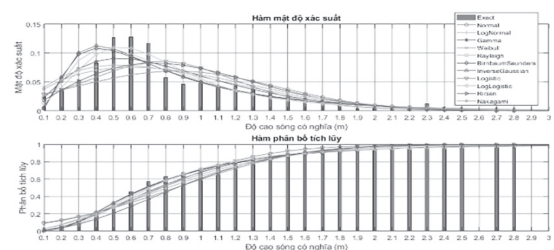
**Tháng 1**



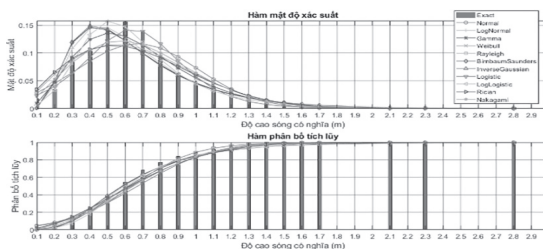
**Tháng 2**



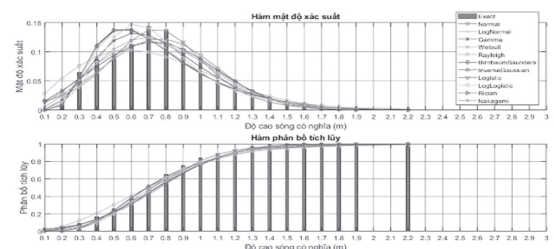
**Tháng 3**



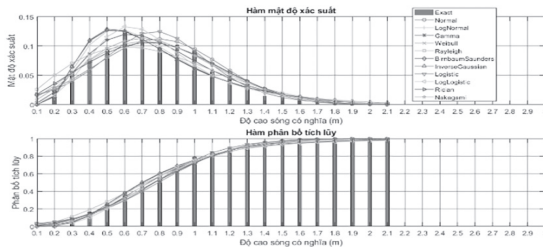
**Tháng 4**



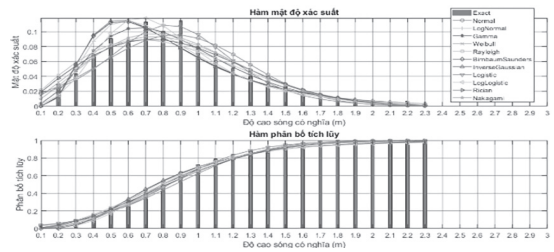
**Tháng 5**



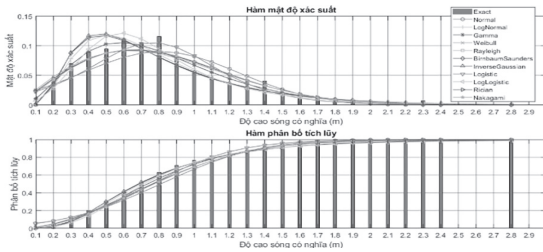
**Tháng 6**



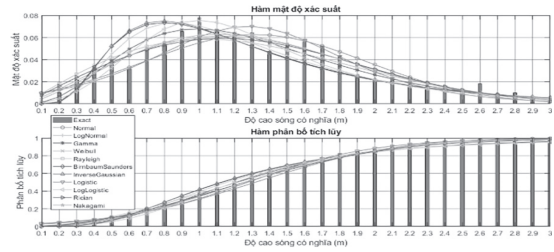
**Tháng 7**



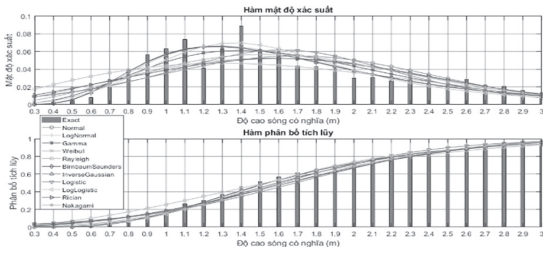
**Tháng 8**



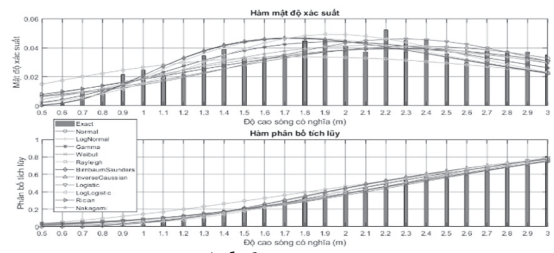
**Tháng 9**



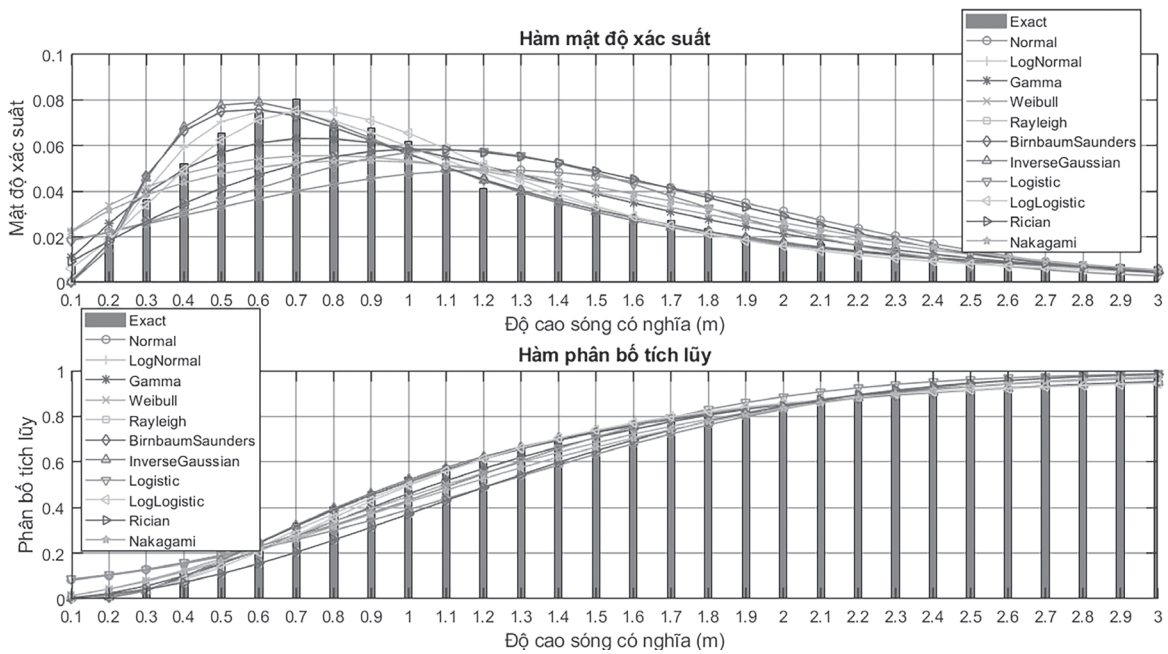
**Tháng 10**



**Tháng 11**



**Tháng 12**



**Theo năm**

**Hình 3.** Các dạng hàm phân bố của độ cao sóng cho ngoài cửa Vân Phong theo trung bình tháng và năm.

#### 4. Kết luận

Kết quả phân tích chế độ sóng cho ngoài cửa Vân Phong trong 12 năm gần nhất (2011 – 2022), thể hiện qua độ cao sóng điển hình trong ngoài cửa Vân Phong dưới 2 m chiếm tới 84,8% số liệu được phân tích. Độ cao sóng thể hiện sự ảnh hưởng khá rõ các đặc trưng tính địa phương qua chế độ gió mùa, với trường gió mùa Đông Bắc với 02 hướng sóng chính là Bắc Đông Bắc (41,3%) và Đông Bắc (15,1%), trong khi tác động của mùa gió Tây Nam với 2 hướng sóng chính: Nam Đông Nam (13,9%) và Nam (11,2%).

Bài báo đã cung cấp được bộ dữ liệu các tham số phục vụ cho dự báo chế độ sóng cho ngoài cửa Vân Phong theo 11 dạng phân bố hai tham số. Tùy vào mức độ ứng dụng có thể chọn lựa các hàm phân bố phù hợp cho dự báo. Tuy nhiên, ở góc độ chuyên môn và từ những phân tích ở trên, đối với phân bố sóng cho ngoài cửa Vân Phong không nên chọn hàm phân bố chuẩn, phân bố Gaussian nghịch đảo và phân bố Rayleigh để đánh giá phân bố độ cao sóng cho vùng ngoài cửa Vân Phong.

#### Tài liệu tham khảo

1. Carta, J.A., Ramirez, P., Velazquez, S. (2009), “A review of wind speed probability distributions used in wind energy analysis: Case studies in the Canary Islands”. *Sustain. Energy Rev.* 13(5), 933-966.
2. Đài Khí tượng Thủy văn tỉnh Bình Định (2017), “Tin cuối cùng về cơn bão số 15 (cơn bão Kai-Tak)”, <https://pcttbinhdinhh.gov.vn/du-bao-canhh-bao/tin-cuoi-cung-ve-con-bao-so-15-con-bao-kai-tak-1663.html> (cập nhật ngày 22/12/2017).
3. Dookie, I., Rocke, S., Singh, A., Ramlal, C. J. (2018), *Evaluating wind speed probability distribution models with a novel goodness of fit metric: a Trinidad and Tobago case study.* *International Journal of Energy and Environmental Engineering* 9(3): 323-339.
4. Guedes-Soares, C. and Henriques, A.C. (1996), “Statistical uncertainty in long-term distributions of significant wave height”. *J. Offshore Mech. Arct. Eng.*, 11, 284-291.
5. Leon-Garcia, A. (2008), “Probability, statistics and random processes for electrical engineering (Third Edition)”, *Pearson Prentice Hall*, ISBN-13:978-0-13-147122-1, 818pp.
6. Lucas, C., Guedes Soares, C. (2015), “Bivariate distributions of significant wave height and mean wave period of combined sea states”, *Ocean. Eng.* 106, 341-353.
7. Soukissian, T. H. (2021), *Probabilistic modelling of significant wave height using the extended generalized inverse Gaussian distribution*, *Ocean Engineering* 230: 109061.
8. Trần Văn Chung, Ngô Mạnh Tiến và Võ Văn Quang (2020), “Phát triển mô hình sóng-dòng qua cặp mô hình FEM và SWAN tại vịnh Nha Trang”, *Tạp chí Khoa học & Công nghệ Đại học Duy Tân*, ISSN 1859-4905, 06(43), 52-59.
9. Trần Văn Chung, Nguyễn Hữu Huân và Thái Ngọc Chiến (2021), “Trao đổi nước tại vịnh Vân Phong, Khánh Hòa từ kết quả mô hình số trị thủy động lực”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, ISSN 1859 – 3097, 21(2), 97-106.
10. Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia, 2021, *Tin thời sự “Bão số 9 giật gió cấp 17, dựng sóng 10m trên Biển Đông”*, <https://tuoitre.vn/bao-so-9-giat-gio-cap-17-dung-song-10m-tren-bien-dong-20211217172947653.htm> (cập nhật 17/12/2021).