# TÍNH TOÁN SÓNG CỰC TRỊ TỪ CÁC CHUỖI DỮ LIỆU ĐO ĐẠC PHỤC VỤ THIẾT KẾ CÁC CÔNG TRÌNH VEN BIỂN

**CN. Trịnh Tuấn Đạt**
Trung Tâm Khí Tượng Thủy Văn Biển

*Bài báo này đề cập đến phương pháp ứng dụng tính toán thử nghiệm sóng cực trị với các chu kỳ lặp khác nhau. Ứng dụng tính sóng cực trị hướng NE, chu kỳ lặp 25 năm từ chuỗi dữ liệu gió tại trạm Lý Sơn - tỉnh Quảng Ngãi.*

## 1. Các khái niệm cơ bản

** Sóng có ý nghĩa*

Độ cao sóng có ý nghĩa $H_s$ là giá trị độ cao sóng được xác định bằng trung bình của 1/3 các độ cao sóng lớn nhất trong chuỗi sóng đã ghi hoặc dự báo.

$$H_s = H_{1/3} = \frac{1}{N/3}\sum_{j=1}^{N/3} H_j \qquad (1)$$

Trong đó j không theo thứ tự thời gian mà là số thứ tự sắp xếp của sóng dựa trên độ cao sóng từ giá trị lớn nhất đến giá trị bé nhất trong chuỗi sóng.

Chu kỳ sóng có ý nghĩa được xác định bằng giá trị trung bình của các chu kỳ của 1/3 các sóng cao nhất.

$$T_s = T_{1/3} = \frac{1}{N/3}\sum_{j=1}^{N/3} T_j \qquad (2)$$

Tương tự trong biểu thức xác định $H_s$, j ở đây không theo thứ tự thời gian mà là số thứ tự sắp xếp dựa trên độ cao sóng

**** Bước sóng đơn trong biển sâu và biển nông***

Biểu thức tán xạ tần số của sóng đơn trong biển được biểu diễn như sau:

$$\omega^2 = gk\tanh(kh) \qquad (3)$$

Trong đó, h - độ sâu biển, k - số sóng ( k=2π/L, L là bước sóng), g – gia tốc trọng trường. Như vậy, ta có thể viết lại biểu thức tán xạ tần số như sau:

$$L = \frac{gT^2}{2\pi}\tanh(\frac{2\pi}{L}h) \qquad (4)$$

Nếu trong biển sâu, h rất lớn, thì $\tanh(\frac{2\pi}{L}h) \approx 1$, ta có bước sóng trong biển sâu tính theo công thức:

$$L_o = \frac{gT^2}{2\pi} \qquad (5)$$

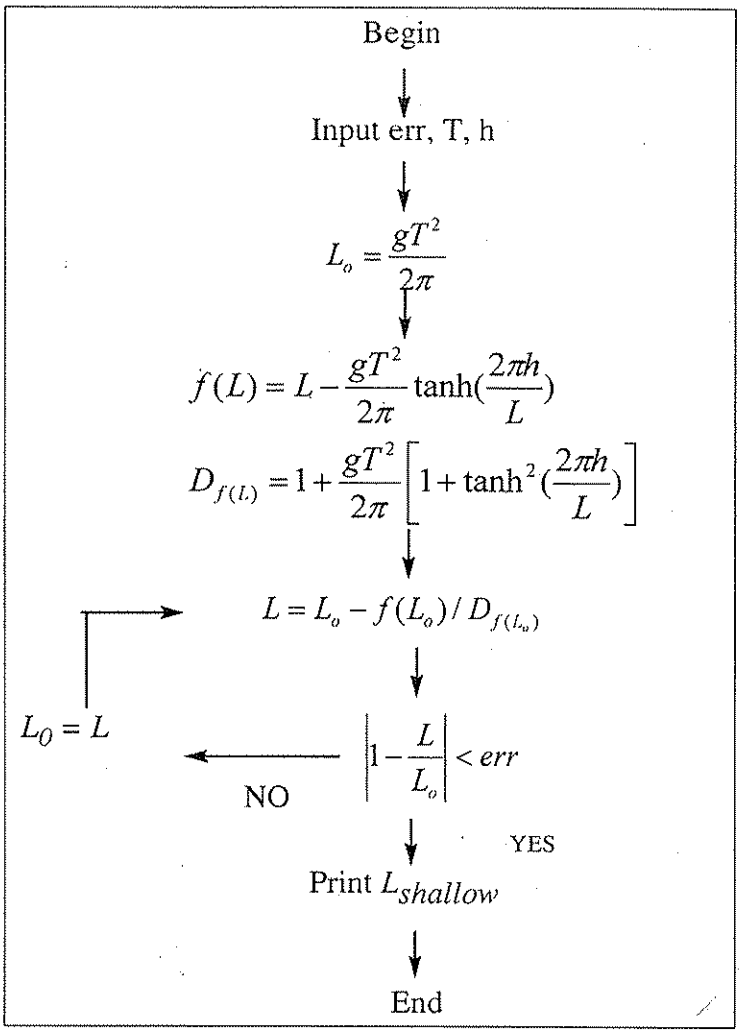
## 2. Phương pháp phân tích xác suất thống kê tính toán sóng cực trị

***a. Chuyển tham số sóng nước sâu vào vùng nước nông***

Từ (4) ta dùng phương pháp lặp Newton để tính ra bước sóng trong vùng nước nông

Người phản biện: TS. **Nguyễn Doãn Toàn**

$L_{shallow}$. Dùng phương pháp lặp Newton cho kết quả hội tụ khá nhanh. Hình 1 thể hiện sơ đồ thuật toán lặp Newton tính bước sóng trong vùng biển nông.




***Hình 1. Sơ đồ thuật toán lặp Newton để tính bước sóng trong vùng biển nông***

### *b. Phương pháp phân tích xác xuất thống kê tính toán cực trị*

Các độ cao sóng được xem như là các biến ngẫu nhiên. Theo phân bố Rayleigh, xác suất lũy tích của một giá trị độ cao sóng $H_i$ như sau [3].

$$P(>H_i) = e^{-\left(\frac{H_i}{H_{rms}}\right)^2} \quad (6)$$

Trong đo $H_{rms}$ là giá trị trung bình căn phương của các độ cao sóng. Tính toán $H_{rms}$ từ một chuỗi các độ cao sóng đã đo hoặc dự báo được mô tả như dưới đây:

$$H_{rms} = \sqrt{\left\{\frac{\sum_{i=1}^{N} H_i^2}{N-1}\right\}} \quad (7)$$

Mối liên hệ giữa độ cao sóng trung bình căn phương $H_{rms}$ và độ cao sóng có ý nghĩa $H_s$ được diễn tả như sau:

$$H_{rms} = H_s/\sqrt{2} \quad (8)$$

Sử dụng (8) có thể viết lại phương trình (6) như dưới đây:

$$P(>H_i) = e^{-2\left(\frac{H_i}{H_s}\right)^2} \quad (9)$$

Độ cao sóng lớn nhất có thể được đánh giá từ một bản ghi chứa N sóng và được đặc trưng

bởi độ cao sóng có ý nghĩa được tìm ra bằng sử dụng phương trình (9) là:

$$H_{\max} = \frac{1}{\sqrt{2}} H_s \sqrt{\ln(N)} \qquad (10)$$

Mặt khác, phân bố Rayleigh đối với biến ngẫu nhiên $T^2$ là:

$$P(>T_i^2) = e^{-2\left(\frac{T_i}{T_0}\right)^2} \qquad (11)$$

Từ (11) cho thấy rõ rằng miền của các giá trị $T_i$ là hẹp hơn miền của $H_i$. Chính vì điều này mà người ta gọi là "giả định quá trình dải hẹp".

Phân tích phân bố xác suất đối với các giá trị $H_s$ hoặc $H_{max}$ tương ứng với các bản ghi sóng đã tìm ra như là một dạng đặc biệt của phân bố Weibull, được viết như sau:

$$P(>H_s) = e^{-\left[\frac{H_s+c}{a}\right]^b} \qquad (12)$$

Với các giá trị đặc biệt b = 1, c = 0, ta được:

$$\ln P(>H_s) = -\frac{H_s}{a} \qquad (13)$$

Các phương trình (6) và (13) là các công cụ để giải quyết các vấn đề thường nảy sinh trong thiết kế các công trình ven biển. Ví dụ, đê chắn sóng được thiết kế để chịu đựng một độ cao sóng với chu kỳ lặp 50 năm hoặc 100 năm.

## 3. Các bước tính sóng cực trị

### *a. Tính toán tham số*

Tham số độ dốc phân bố đường thẳng a trong (13) được xác định bằng phương pháp bình phương tối thiểu từ chuỗi giá trị độ cao sóng có ý nghĩa.

Phương pháp bình phương tối thiểu là một phương pháp phổ biến thường được ứng dụng đối với các dữ liệu điểm, được biểu diễn trên giấy xác suất bằng các trục tọa độ (x,y) và tính toán đường thẳng ngoại suy dạng y=ax+b; với a là độ dốc, b là chắn của đường thẳng. Khi sử dụng phương pháp này xác suất phải được tính theo chuỗi dữ liệu đã được sắp xếp tăng dần, tức là: x1 < x2 <...< xn.

*Tóm tắt phương pháp như sau:*

đặt $u = x - \bar{x} \quad (\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i)$

Khi đó, phương trình y=ax+b chuyển sang dạng:

$$Q(u) = a_1 u + b_1 \qquad (14)$$

Các hệ số $a_1$, $b_1$ trong phương trình (14) sẽ được tính như sau:

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} u_i y_i}{\sum_{i=1}^{n} u_i^2}, \quad b_1 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i \qquad (15)$$

Áp dụng phương pháp này chúng ta tìm ra được hệ số a trong (13) như sau:

$$a = \frac{\sum H_{s_i} (\ln P(>H_{s_i}))}{\sum (\ln P(>H_{s_i}))^2} \qquad (16)$$

### *b. Các bước tính $H_s$, $H_{max}$, T*

- Các độ cao sóng có ý nghĩa được tính từ các tốc độ gió và đà sóng khác nhau hoặc đo đạc. Từ những độ cao sóng này tính toán được các đặc trưng bởi tần suất xuất hiện và tần suất lũy tích.

- Tính độ dốc của đường thẳng liên hệ giữa độ cao sóng có ý nghĩa $H_{s_i}$ với giá trị $\ln P(>H_{s_i})$ của chúng bằng phương pháp bình phương tối thiểu.

- Giá trị độ cao sóng ứng với một chu kỳ lặp R (ví dụ, R=100 năm) được tính từ giá trị lnP tương ứng. Khoảng thời gian $t_D$ giữa hai lần đo đã biết ( giả sử các đo đạc thực hiện 6 giờ một lần, tức là $t_D$=6 giờ). Như vậy, số khoảng $t_D$ trong một năm sẽ bằng 365,25 x 24/$t_D$. Giá trị độ cao sóng có ý nghĩa $H_s$ ứng với chu kỳ lặp R năm sẽ có xác suất lũy tích bằng.

$$P(>H_s) = \frac{1}{R(365{,}25 x 24 / t_D)} \qquad (17)$$

- Từ giá trị độ cao sóng có ý nghĩa $H_s$ tính

được, giá trị độ cao sóng cực đại với chu kỳ lặp R năm được tính thông qua phương trình (10). Số sóng N trong (10) được tính từ $t_D$ và chu kỳ T. Giá trị chu kỳ này có thể là giá trị lớn nhất của $T_s$ dự báo lại hoặc được tìm bằng cách sử dụng công thức thực nghiệm:

$$\overline{T} = 4 + 2H_s^{0,7} \qquad (18)$$

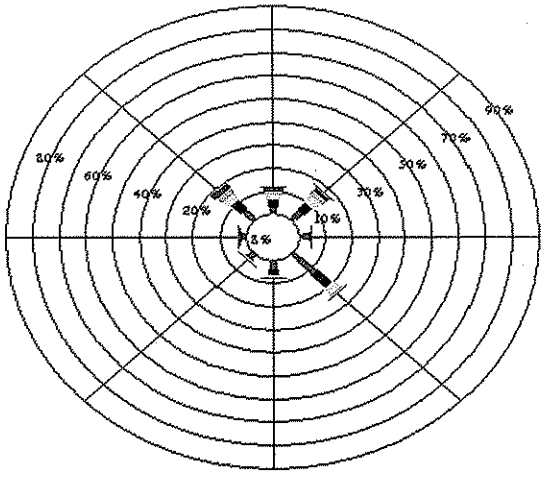
Như vậy, N trong (10) được tính như sau:

$$N = 3600\frac{t_D}{T} \qquad (19)$$

## 4. Thử nghiệm tính toán

Từ phương pháp ở trên đã lập thành bộ chương trình tính toán trên máy tính PC bằng ngôn ngữ Fortran. Hiện nay, dọc vùng ven bờ biển Việt Nam, các chuỗi dữ liệu đo đạc sóng nhiều năm là rất ít. Trong bài báo này tác giả sử dụng chuỗi dữ liệu gió nhiều năm để tính toán sóng gió, sau đó từ sóng tính được mới tính sóng cực trị. Chuỗi dữ liệu được sử dụng cho tính toán lấy từ chuỗi gió quan trắc 4obs trong một ngày từ năm 1985 đến 2004 tại trạm Lý Sơn thuộc tỉnh Quảng Ngãi, trạm có vị trí địa lý là 15°23' vĩ độ bắc, 109°09' kinh độ đông.

Hình 2 là hoa gió tổng hợp tính từ chuỗi dữ liệu gió nêu trên.




***Hình 2. Hoa gió tổng hợp, trạm Lý Sơn (từ năm 1985 đến năm 2004)***

| Tốc độ gió (m/s) | f (%) tần xuất xuất hiện |
|---|---|
| 1,7 | 1,5 |
| 3,3 | 3,6 |
| 5,2 | 4,2 |
| 7,4 | 3,7 |
| 9,8 | 2,4 |
| 12,4 | 1,7 |
| 15,2 | 01 |
| 21 | 0,0034 |

***Bảng 1. Tốc độ và tần suất xuất hiện của gió Đông Bắc***

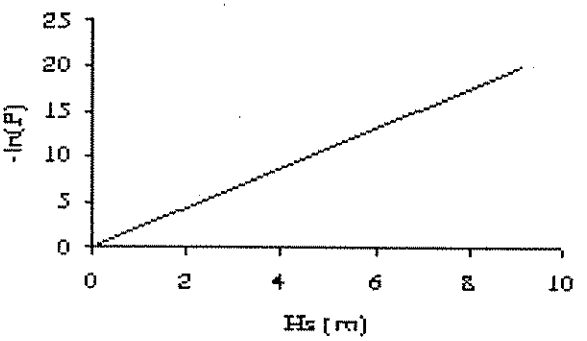
| $H_s$ (m) | $T_s$ (s) | f (%) tần xuất xuất hiện |
|---|---|---|
| 0,06 | 1,3 | 1,5 |
| 0,29 | 2,9 | 3,6 |
| 0,86 | 4,7 | 4,2 |
| 1,67 | 6,2 | 3,7 |
| 2,33 | 7,5 | 24 |
| 2,85 | 8,5 | 1,7 |
| 3,31 | 9,3 | 0,1 |
| 4,10 | 10,6 | 0,0034 |

***Bảng 2. Tốc độ và tần suất xuất hiện của gió Đông Bắc***

Từ dữ liệu gió có thể dùng biểu đồ Darbyshire-Draper tính lại sóng. Tuy nhiên, trong bài báo này đã sử dụng công thức tính sóng gió của Hurdle và Stive (1989) đề xuất để tính toán sóng có ý nghĩa $H_s$ và $T_s$ tại vùng nước nông có độ sâu 17m. Kết quả tính sóng từ gió được trình bày trong bảng 2.

Chúng ta sẽ tính sóng cực trị với chu kỳ lặp 25 năm, đầu vào cho tính sóng cực trị là sóng có ý nghĩa trong bảng 2) và $t_D$=6giờ trong trường hợp tính toán này. Kết quả tính toán sóng cực trị được trình bày trong bảng 3), tham số độ dốc của đường thẳng ngoại suy được tìm bằng phương pháp bình phương tối thiểu trong trường hợp này là a = -0,4595.

Hsđược tính dựa vào đường thẳng ngoại suy của phân bố Weibull với chu kỳ lặp R=25 năm, (hình 3).




***Hình 3. Đường phân bố Weibull để tính $H_s$ với chu kỳ lặp 25 năm***

***Bảng 3. Kết quả tính toán sóng cực trị hướng NE, chu kỳ lặp 25 năm***

| Chu kỳ lặp R (năm) | Hướng sóng | $H_s$ (m) | $H_{max}$ (m) | T (s) | Bước sóng L (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 25 | NE | 4.83 | 9.45 | 10.02 | 114.66 |

Giá trị $H_{max}$ được kiểm tra để xác định xem thực tế trong vùng biển đó không. Áp dụng các xấp xỉ của chỉ số sóng đổ $(H/L)_{max}$ = 1/7 và $(H/h)_{max}$= 0,7 với độ sâu h = 17m và bước sóng L = 114, 66m, kết quả các giá trị tương ứng là $H_{max}$ = 11,9m và $H_{max}$ = 16,38m. Như vậy, giá trị $H_{max}$ tính được trong bảng 3 cho thấy vùng biển Quảng Ngãi tại độ sâu h = 17m ứng với sóng NE và chu kỳ lặp R = 25 năm là có thể.

**5. kết luận**

Từ các chuỗi dữ liệu quan trắc sóng hoặc gió nhiều năm trong một vùng biển để phục vụ thiết kế các công trình ven bờ biể, có thể sử dụng phương pháp nêu trên để tính toán sóng cực trị với các chu kỳ lặp khác nhau.

## Tài liệu tham khảo


1. *Phạm Kỳ Anh. Giải Tích số. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà nội, 146 – 149. 2005.*
2. *Phan Văn Hạp, Nguyễn Quý Hỷ, Hồ Thuần, Nguyễn Công Thúy. Cơ sở phương pháp tính. Tập II. Nhà xuất bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp. 180 – 230, 1 970.*
3. *Masel, S.R. Ocean surface waves: Their physics and prediction. World scientific 11, 369 - 394, 330 - 335, 1996.*
4. *Sawaragi, T. Coastal engineering-waves, beaches, wave-structure interactions. Elsevier 78, 57-60, 1995.*
5. *Koutitas, C.G. Mathematical models in coastal engineering. Pentech Press, London, 39-48, 1988.*
6. *Capitao, R. & Burrows, R.. Wave predictions based on scatter diagram data. Advances in engineering software 23, 37 – 47.*