

# PHÂN TÍCH HÀNG SỐ ĐIỀU HÒA THỦY TRIỀU 69 SÓNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP BÌNH PHƯƠNG TỐI THIỂU

KS . TRƯƠNG VĂN BỐN,  
KS . NGUYỄN TIẾN QUANG  
Trung tâm KTTV Biển

## I. MỞ ĐẦU

Việc phân tích thủy triều là một trong những vấn đề được đặt ra sớm nhất trong Hải dương học. Cho đến nay, cơ sở lý thuyết lẫn phương pháp tính toán của nó đều đã được hoàn thiện về nhiều mặt. Tuy nhiên, phân tích điều hòa thủy triều hiện vẫn là công việc hết sức phức tạp, đòi hỏi nhiều công sức và thời gian, đặc biệt khi tính toán thủ công. Trong những năm gần đây, hàng loạt các công trình được đưa ra [1,2,3,4] nhằm phân tích thủy triều và đã giải quyết một số vấn đề như: nâng cao số sóng phân tích điều hòa theo phương pháp kinh điển của Darwin [3], xây dựng một số phương pháp mới như: phân tích thủy triều bằng phương pháp đáp ứng [5], phương pháp bình phương tối thiểu [6], phương pháp không qua phân tích điều hòa [5] v.v.

Nhờ có sự phát triển mạnh của máy tính điện tử, việc nâng cao độ chính xác trong vấn đề phân tích thủy triều đã được nâng lên rất nhiều. Gần đây, tác giả Nguyễn Bích Hùng đã xây dựng chương trình phân tích thủy triều (phân tích được 30 sóng) đã áp dụng tính toán cho một số trạm ven biển Việt Nam như: Hòn Dấu, Quy Nhơn v.v. và tại vùng cửa sông thuộc đồng bằng sông Cửu Long. Trung tâm KTTV biển gần đây cũng đã triển khai để khai thác chương trình Galsy (do Viện Hải dương Nhà nước Matxcơva giúp), tuy nhiên kết quả chưa được khả quan.

Xuất phát từ những đòi hỏi cấp bách của nhu cầu phục vụ sản xuất, xây dựng các công trình biển và nghiên cứu cơ bản đối với Hải dương học nước ta, cần phải nâng cao chất lượng phân tích và nâng số sóng lên. Chúng tôi đã mạnh dạn thử nghiệm xây dựng bộ chương trình phân tích điều hòa thủy triều tới 69 sóng bằng phương pháp bình phương tối thiểu.

## II. NỘI DUNG PHƯƠNG PHÁP

Theo phương pháp phân tích điều hòa, độ cao thủy triều có thể mô tả như một hàm của thời gian:

$$H_t = A_0 + \sum_{n=1}^M H_n F_n \cos (V_n + U_n - G_n + q_n t) \quad (1)$$

trong đó:  $A_0$  - độ cao mực nước biển trung bình

$M$  - số sóng được xét

$H_n F_n$  - biên độ của sóng thứ  $n$

$V_n + U_n - G_n$  - pha của sóng thứ  $n$

$t$  - thời gian

$q_n$  - vận tốc góc sóng thành phần

Ở đây các đại lượng  $F_n$ ,  $U_n$ ,  $V_n$  phụ thuộc vào các điều kiện thiên văn và được tính theo quy luật chuyển động của các tinh tú.  $H_n$  và  $g_n$  được gọi là các hằng số điều hòa. Chúng phụ thuộc vào điều kiện địa lý địa phương nơi xem xét và được xác định từ các chuỗi số liệu quan trắc mực nước. Độ dài của chuỗi số liệu cần thiết cho việc phân tích phụ thuộc vào số sóng cần phân tích. Ngoài ra, khoảng thời gian giữa hai lần quan trắc kế tiếp phải đáp ứng được yêu cầu là:  $\Delta t$  phải đủ nhỏ để khi phân tích có thể xác định được chính xác các sóng có tốc độ góc lớn, đồng thời nó phải đủ lớn để khi phân tích chuỗi số liệu dài ngày không quá tốn kém về thời gian. Do vậy, cần phải tính đến độ dài cần thiết của chuỗi số liệu quan trắc.

Nếu đòi hỏi phân tích ra các sóng mà tốc độ góc của chúng chỉ khác nhau khoảng  $0,3^\circ/\text{ngày}$ , tức là khoảng 3 năm cho một chu trình  $360^\circ$ , thì cần phải có chuỗi số liệu mực nước từng giờ của ít nhất là 3 năm.

Để tiện tính toán, hệ thức (1) được viết dưới dạng sau:

$$h_t = \sum_{n=1}^M (A_n \cos q_n t + B_n \sin q_n t) \quad (2)$$

$$\text{với: } A_n = H_n F_n \cos (V_n + U_n - g_n)$$

$$B_n = H_n F_n \sin (V_n + U_n - g_n) \quad (3)$$

Nếu xác định được  $A_n$  và  $B_n$  thì dễ dàng xác định được các bộ HSDH ( $H, g$ ) cho từng sóng. Bằng số liệu thực đo mực nước từng giờ, sẽ xây dựng được một loạt các phương trình dạng (2), bao gồm  $2M$  ẩn số (tương ứng với  $M$  sóng). Bằng phương pháp bình phương tối thiểu, sẽ xây dựng được  $2M$  phương trình với  $2M$  ẩn số sao cho (2) được thỏa mãn nhiều nhất. Khi đó, tiêu chuẩn bình phương tối thiểu đòi hỏi đại lượng:

$$f(A_n, B_n) = \inf \left\{ \sum_t \left[ h_t - \sum_{n=1}^M (A_n \cos q_n t + B_n \sin q_n t) \right]^2 \right\} \quad (4)$$

Trên cơ sở này, sẽ thiết lập được hệ  $2M$  phương trình tuyến tính. Để phân tích 69 sóng thì phải giải hệ gồm 138 phương trình.

Có thể giải hệ trên theo nhiều cách: phương pháp khử Gauss, phương pháp Zay-đơn, phương pháp lập Gauss - Zay-đơn...

Ở đây, chúng tôi chọn phương pháp khử Gauss vì nó có ưu điểm là: tốc độ tính toán nhanh khi ma trận lớn và độ tin cậy cao.

Hệ các phương trình (2M pt, 2M ẩn số) rút ra từ (4) có thể viết dưới dạng:

$$AX = B \text{ với } A = E + C \quad (6)$$

Trong đó E - ma trận đơn vị. Khi đó, bằng phương pháp lặp Gauss - Zay đơn, ta có:

$$X^{(k+1)} = B - C \cdot X^{(k)} \quad (7)$$

Điều kiện cần và đủ cho sự hội tụ này phụ thuộc vào nhóm các giá trị riêng được xét từ các phương trình:

$$|C + \lambda E| = 0$$

Có thể dùng một tiêu chuẩn đơn giản hơn như sau: với ma trận  $C = A - E$  nếu có:

$$\text{Max} \sum_{j=1}^s |C_{ij}| < 1 \quad (i = \overline{1, s})$$

thì phương pháp là hội tụ.

Sự hội tụ sẽ bị phá vỡ khi trong số sóng đem phân tích có những sóng có tốc độ góc quá gần nhau. Khi đó, cần phải loại 1 trong 2 sóng để phân tích.

### III-CHƯƠNG TRÌNH PHÂN TÍCH VÀ MỘT SỐ KẾT QUẢ BAN ĐẦU

Bộ chương trình phân tích HSDH được xây dựng bằng ngôn ngữ FORTRAN 77 bao gồm 2 khối lớn:

Khối 1: +Tự động lựa chọn số sóng để đưa vào phân tích khi biết được các thông tin như: độ dài chuỗi số liệu quan trắc, khoảng thời gian 2 lần kế tiếp quan trắc.

+ Tính các hệ số ma trận  $C_{ij}$  và  $B_i$

Khối 2: +Tính các tham số thiên văn.

+ Giải hệ phương trình, xác định  $A_n$  và  $B_n$

+ Tính  $H_i$ ,  $g_i$  và in kết quả.

Do số sóng phân tích lớn nên cần thiết phải tối ưu hóa chương trình, vừa tiết kiệm bộ nhớ và giảm thời gian tính toán v.v.

Dùng chương trình trên, bước đầu chúng tôi đã thử phân tích các chuỗi số liệu mực nước từng giờ, liên tục 3 năm, để phân tích 69 sóng cho 2 trạm điển hình Hòn Dấu và Vũng Tàu. Kết quả thu được cho thấy chúng rất gần với các kết quả của các tác giả trước nhất là đối với HSDH của Monaco và Nguyễn Bích Hùng [6]. Bảng 1 và 2 ghi độ sai lệch về biên độ và về pha giữa kết quả tính được và các tác giả trên đối với 4 sóng chính của các trạm Hòn Dấu và Vũng Tàu.

Bảng 1. Sai lệch giữa các kết quả tính khác nhau đối với 4 sóng chính trạm Hòn Dấu

Sóng	$\Delta H$ (cm)		$\Delta g$ (độ)	
	So với Monaco	So với NBH	So với Monaco	So với NBH
M2	0,017	1,477	0,843	-7,297
S2	0,213	0,617	0,313	-0,197
K1	0,259	-1,471	3,029	3,631
O1	0,015	3,475	2,328	-1,588

Bảng 2. Sai lệch giữa các kết quả tính khác nhau đối với 4 sóng chính trạm Vũng Tàu

Sóng	$\Delta H$ (cm)		$\Delta g$ (độ)	
	So với Monaco	So với NBH	So với Monaco	So với NBH
M2	1,625		1,179	
S2	1,651		1,098	
K1	0,725		1,009	
O1	0,372		6,290	

Một ưu điểm quan trọng là khi phân tích chuỗi số liệu 3 năm trạm Hòn Dấu, chúng tôi đã phát hiện một số sóng khác như K1+Sa và M2-P1 có biên độ lớn hơn sóng J1 và MSf mà nếu dùng phương pháp khác, do hạn chế về số sóng và độ dài chuỗi số liệu, thì không thể phát hiện được. Bảng 3 ghi số sóng tính được theo các tác giả khác nhau.

Dùng kết quả thu được, chúng tôi đã tiến hành dự tính lại và tính sai số trung bình về thời gian và độ cao nước lớn, nước ròng đối với hai trạm trên. Kết quả được ghi trong bảng 4.

Qua kết quả nhận được khi áp dụng bộ chương trình trên để phân tích 2 chuỗi số liệu cho hai trạm, chúng tôi rút ra một số kết luận ban đầu như sau:

Các kết quả nhận được khẳng định: thuật toán cũng như chương trình đảm bảo chính xác.

**Bảng 3. Số sóng tính được theo các phương pháp và các tác giả khác nhau**

Trạm	Theo BHI Monaco	Theo N.B.Hùng	Theo các tác giả
Hòn Dấu	26	30	69
Vũng Tàu	16	30	69

**Bảng 4. Sai số trung bình về độ cao và thời gian nước lớn, nước ròng**

Trạm	Sai số TB	Nước lớn		Nước ròng	
	về độ cao (cm)	$\Delta h$ (cm)	$\Delta t$ (phút)	$\Delta h$ (cm)	$\Delta t$ (phút)
Hòn Dấu	7,8	10	15	11	17
Vũng Tàu	9,7	12	18	14	21

Bộ chương trình trên phân tích chuỗi số liệu dài ngày cho chúng ta bộ HSDH của nhiều sóng (69 sóng), do đó, có thể xác định được cho từng trạm số sóng đóng vai trò quan trọng tại đó.

Đối với các thời kỳ triều chuyển tiếp thì sai số còn lớn, do đó cần phải nghiên cứu tiếp để hoàn thiện thêm.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Darwin H. Scientific papers, Cambridge P. 1907 Vol I
2. Gabriel Godin. The analysis of tides. Univ. of Toronto, 1972
3. Các phương pháp số tính nước dâng do bão. Tuyển tập công trình - NXB KTTV Leningrat, 1964
4. Duvanin.A.I. Thủy triều ở biển. 1960
5. Nguyễn Ngọc Thụy. Ứng dụng phương pháp phân tích phổ vào dự tính thủy triều (tiếng Nga). Tạp chí Tin tức trường Đại học Matxcova, 1969
6. Nguyễn Bích Hùng. Phân tích điều hòa thủy triều vùng đồng bằng sông Cửu Long. Tập CT "Động lực triều vùng đồng bằng sông Cửu Long", Tổng cục KTTV xuất bản, 1983.