

## SƠ ĐỒ CHI TIẾT PHÂN TÍCH ĐIỀU HÒA THỦY TRIỀU

Phạm Văn Huấn<sup>\*</sup>, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên  
Hoàng Trung Thành, Trung tâm Hải văn, Bộ Tài nguyên và Môi trường

**Tóm tắt:** Trình bày tóm tắt cơ sở lý thuyết của một sơ đồ chi tiết phân tích điều hòa thủy triều bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất. Sơ đồ này khác biệt ở chỗ tính đến bản chất điều biến của các dao động triều trong biển. Khi chuẩn bị hệ các phương trình độ cao thủy triều để giải bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất, những hệ số suy biến biên độ và phân pha thiên văn của mỗi phân triều được tính tỉ mỉ ứng với từng thời điểm đo độ cao thủy triều, không bị lấy trung bình như các phương pháp phân tích thủy triều truyền thống. Chương trình máy tính phân tích điều hòa thủy triều dựa trên sơ đồ này có những ưu điểm nổi trội như độ chính xác phân tích cao, xử lý được những chuỗi mực nước dài nhiều năm để cho những bộ hằng số điều hòa chính xác và đầy đủ, tới 114 phân triều, tận dụng được các chuỗi quan trắc mực nước hoặc dòng chảy ngắn này, không liên tục về thời gian để thu được các phân triều chính đủ tin cậy. Thông báo kết quả tính các hằng số điều hòa thủy triều mới cho những trạm chính có quan trắc nhiều năm thuộc vùng biển Việt Nam.

### Mở đầu

Đến nay ở nước ta có nhiều khả năng thu thập những chuỗi quan trắc mực nước biển có độ dài nhiều chục năm tại những trạm khí tượng hải văn ven bờ và hải đảo. Từ những chuỗi mực nước đó có thể phân tích để thu được bộ các hằng số điều hòa thủy triều với nhiều phân triều hơn, đồng thời tăng độ chính xác của các hằng số điều hòa để phục vụ dự tính thủy triều tốt hơn và nhiều bài toán nghiên cứu và tính toán ứng dụng khác về mực nước và dòng chảy trong biển. Ngược lại, thực tế điều tra khảo sát tìm kiếm tại các điểm ngoài khơi và ven bờ thường cho những chuỗi quan trắc mực nước và dòng chảy ngắn một số ngày do điều kiện quan trắc khó khăn và tốn kém hoặc những gián đoạn bất thường trong công việc khảo sát trên biển. Được biết, những phương pháp phân tích truyền thống và phổ biến hiện nay thường kèm theo những quy định khắt khe về độ dài chuỗi, tính liên tục của chuỗi và độ phân giải về thời gian của quan trắc, đôi khi làm cho số liệu quan trắc trở thành vô dụng. Chúng tôi thử nghiệm xây dựng một chương trình máy tính phân tích điều hòa bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất với một sơ đồ phân tích chi tiết, mềm dẻo, phân tích được những chuỗi quan trắc liên tục dài cỡ nhiều chục năm với mục đích thu được nhiều phân triều chính xác, tin cậy, đồng thời phân tích được những chuỗi ngắn, không liên tục về thời gian quan trắc, độ phân giải (bước gián đoạn thời gian) khác nhau. Trong mục 1 sẽ tóm tắt về bản chất lý thuyết của phương pháp, phân tích các chi tiết chứng tỏ những ưu việt của sơ đồ phân tích của chương trình. Mục 2 giới thiệu về chương trình máy tính xây dựng trên sơ đồ này và kết quả thử nghiệm phân tích để chứng minh tính hiệu quả của chương trình thông qua so sánh kết quả phân tích các chuỗi dòng chảy độ dài khác nhau, thông báo về bộ hằng số điều hòa thủy triều phân tích được cho các cảng chính của Việt Nam với chuỗi số liệu đầy đủ nhất.

### 1. Giới thiệu phương pháp

Phân tích điều hòa thủy triều dựa trên những phương pháp truyền thống do các nhà hải dương học kinh điển thế giới đề xuất có tính đến đặc điểm về chu kỳ của các dao động thủy triều và tập quán quan trắc mực nước liên tục từng giờ một trong ngày tại các cảng biển (xem [1]). Các phần mềm phân tích thủy triều hiện đại trên thế giới, kể cả những phần mềm chính thức dùng tại các trung tâm mực nước đại dương quốc tế (xem tổng quan trong [2]) hiện nay đều dựa trên phương pháp bình phương

<sup>\*</sup> Phạm Văn Huấn, Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, 334, Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội; Điện thoại: 0912 116661; eMail: huanpv@fpt.vn.

nhỏ nhất, cho phép phân tích ra bộ hằng số điều hòa đến nhiều chục phân triều tùy thuộc vào độ dài chuỗi mực nước quan trắc liên tục từng giờ trong thời kỳ một hoặc hai năm. Bài báo [3] có thể xem là một trong những thông báo sớm nhất về áp dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất vào phân tích điều hòa thủy triều ở Việt Nam. Tuy nhiên, sơ đồ tính toán nằm trong cơ sở của tất cả các chương trình phân tích nói trên không có gì đổi mới về nguyên tắc so với các phương pháp phân tích truyền thống.

Độ cao mực nước thủy triều  $z$  tại thời điểm bất kỳ  $t$  là tổng của các dao động triều thành phần (gọi là các phân triều hay các sóng triều):

$$z_t = A_0 + \sum_{i=1}^r f_i H_i \cos[q_i t + (V_0 + u)_i - g_i], \quad (1)$$

trong đó:  $A_0$  – độ cao mực nước trung bình,  $f_i$  – hệ số suy biến biên độ của phân triều  $i$ ,  $H_i$  – hằng số điều hòa biên độ của phân triều  $i$ ,  $q_i$  – tốc độ góc không đổi của phân triều  $i$ ,  $(V_0 + u)_i$  – những phân pha thiên văn của phân triều  $i$  biểu diễn các góc giờ của những tinh tú giả định tại thời điểm  $t$ ,  $g_i$  – hằng số điều hòa về pha của phân triều  $i$ ,  $r$  – số lượng các phân triều.  $f_i$  và  $(V_0 + u)_i$  phụ thuộc thời gian  $t$ . Khi có  $n$  độ cao mực nước quan trắc  $z_t$ , nhiệm vụ của phân tích thủy triều là xác định bộ gồm  $r$  cặp hằng số điều hòa không đổi  $H$  và  $g$  cho từng phân triều của trạm nghiên cứu.

Để thuận tiện áp dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất, người ta thường biến đổi phương trình (1) thành

$$z_t = A_0 + \sum_{i=1}^r (A_i \cos q_i t + B_i \sin q_i t), \quad (2)$$

trong đó

$$A_i = f_i H_i \cos[g_i - (V_0 + u)_i], \quad B_i = f_i H_i \sin[g_i - (V_0 + u)_i]. \quad (3)$$

Biết mực nước tại  $n$  giờ, người ta có  $n$  phương trình đại số dạng (2) đối với các ẩn số  $A_i$  và  $B_i$  để giải bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất. Từ mỗi cặp ẩn  $A_i$  và  $B_i$  tìm được sẽ tính ra

$$H_i = \frac{\sqrt{A_i^2 + B_i^2}}{f_i}, \quad g_i = \arctg \frac{B_i}{A_i} + (V_0 + u)_i. \quad (4)$$

Chuỗi quan trắc càng dài, số phương trình dạng (2) càng nhiều, thì  $A_0$  và số cặp hằng số điều hòa  $H$  và  $g$  nhận được càng nhiều, càng chính xác. Với một năm quan trắc có thể xác định được khoảng 60-68 cặp hằng số điều hòa  $H$  và  $g$  của điểm quan trắc.

Nhược điểm cơ bản của các phương trình dạng (2) là những đại lượng thiên văn biến thiên với thời gian  $f$  và  $(V_0 + u)$  của mỗi dao động thành phần  $i$  đã bị xem là không đổi trong thời gian quan trắc và bị đưa vào trong các ẩn số của các phương trình, do đó từng phương trình ở dạng (2) trở thành không chính xác, bởi vì trong thực tế mỗi dao động phân triều ở công thức (1) là một dao động điều biến biên độ,  $f$  biến đổi với thời gian và phần phụ pha  $(V_0 + u)$  cũng biến đổi với thời gian một cách đáng kể. Khi tính  $H_i$  và  $g_i$  theo các công thức (4) người ta phải dùng giá trị trung bình của  $f_i$  tại thời điểm giữa thời kỳ quan trắc và giá trị của  $(V_0 + u)_i$  tại thời điểm đầu thời kỳ quan trắc. Điều này lại gây nên những mâu thuẫn kỹ thuật như: chuỗi quan trắc càng dài thì sai số càng tăng, chuỗi không liên tục (ví dụ 2 năm quan trắc không kế tiếp, mà cách xa nhau) thì không thể có thời điểm giữa quan trắc...

Các chương trình phân tích điều hòa thủy triều bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất hiện nay xuất phát từ công thức (2) và mang những nhược điểm cơ bản như vậy.

Trong sơ đồ phân tích của chương trình do chúng tôi xây dựng phương trình độ cao mực nước triều (1) đã được biến đổi theo một kiểu khác, do Peresipkin [4] đề xuất, cho phép tính tới sự biến đổi của các đại lượng thiên văn  $f$  và  $(V_0 + u)$  với thời gian. Nếu nhóm riêng biệt các đại lượng biến thiên với thời gian và không biến thiên với thời gian bằng các ký hiệu:

$$\begin{aligned} a_i &= f_i \cos[q_i t + (V_0 + u)_i], & b_i &= f_i \sin[q_i t + (V_0 + u)_i], \\ X_i &= H_i \cos g_i, & Y_i &= H_i \sin g_i, \end{aligned} \quad (5)$$

phương trình độ cao mực nước (1) trở thành:

$$z_t = A_0 + \sum_{i=1}^r [(a_i)_t X_i + (b_i)_t Y_i]. \quad (6)$$

Thấy rằng những đại lượng không phụ thuộc thời gian bây giờ nằm trong các ẩn số  $X$  và  $Y$ . Còn những đại lượng phụ thuộc thời gian nằm trong các hệ số  $a_i$  và  $b_i$  của mỗi phương trình, do đó chúng được tính đến đầy đủ khi lập ra hệ  $n$  phương trình ứng với  $n$  độ cao mực nước quan trắc tại những thời điểm khác nhau. Vì vậy gọi là sơ đồ chi tiết. Giải những phương trình này bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất, tìm được các ẩn số  $A_0, X_i, Y_i$ , từ đó tính các cặp hằng số điều hòa:

$$H_i = \sqrt{X_i^2 + Y_i^2}, \quad g_i = \arctg \frac{Y_i}{X_i}. \quad (7)$$

Phương pháp bình phương nhỏ nhất cho phép xác định các ẩn số của những phương trình (6) sao cho

$$\sum_{t=t_1}^{t_n} \left\{ z_t - A_0 - \sum_{i=1}^r [(a_i)_t X_i + (b_i)_t Y_i] \right\}^2 \rightarrow \min.$$

Điều kiện cực tiểu này sẽ cho một hệ gồm  $2r+1$  phương trình đại số tuyến tính (hệ phương trình chính tắc), trong đó  $r$  – số các phân triều được phân tích (từ phân triều  $M_2$  đến phân triều cuối cùng được quy ước ký hiệu là  $W$ ):

$$\begin{bmatrix} n & [a_{M_2}] & [b_{M_2}] & [a_{S_2}] & \dots & [b_W] \\ [a_{M_2}] & [a_{M_2} a_{M_2}] & [a_{M_2} b_{M_2}] & [a_{M_2} a_{S_2}] & \dots & [a_{M_2} b_W] \\ [b_{M_2}] & [a_{M_2} b_{M_2}] & [b_{M_2} b_{M_2}] & [b_{M_2} a_{S_2}] & \dots & [b_{M_2} b_W] \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ [b_W] & [a_{M_2} b_W] & [b_{M_2} b_W] & [a_{S_2} b_W] & \dots & [b_W b_W] \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_0 \\ X_{M_2} \\ Y_{M_2} \\ \dots \\ Y_W \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [z] \\ [a_{M_2} z] \\ [b_{M_2} z] \\ \dots \\ [b_W z] \end{bmatrix}$$

ở đây ký hiệu [ ] dùng để chỉ phép lấy tổng theo thời gian từ  $t_1$  đến  $t_n$ .

Rõ ràng sơ đồ chi tiết khắc phục được những nhược điểm của các phương pháp phân tích truyền thống. Thực tế các đại lượng  $f$  và  $(V_0 + u)$ , do đó các hệ số  $a$  và  $b$ , trong sơ đồ này có thể tính chi tiết, tỉ mỉ ứng với từng thời điểm quan trắc độ cao mực nước  $z$ . Độ cao mực nước  $z_t$  có thể lấy tại thời điểm bất kỳ. Ta có thể ghép các độ cao mực nước quan trắc lẻ tẻ ở các năm tháng khác nhau thành một chuỗi để phân tích, do đó làm tăng số phương trình dạng (6), tăng độ chính xác phân tích. Ưu điểm này đặc biệt quan trọng đối với quan trắc dòng chảy; dòng chảy thường khó quan trắc dài ngày, nhưng được ghi với bước thời gian khác nhau, thường bé hơn một giờ, một điểm trên biển có thể có vài lần quan trắc dòng chảy vào các năm khác nhau, nếu ghép tất cả các số đo lại với nhau ta được nhiều phương trình dạng (6), tức tận dụng được thông tin.

Khi tính các hằng số điều hòa đối với những chuỗi quá ngắn, không đủ để tách những phân triều chính, thì một số phân triều có thể được xác định gần đúng dựa trên cơ sở các mối quan hệ lý thuyết giữa các phân triều có tần số (hay chu kỳ) gần bằng nhau.

Trong mỗi cặp các phân triều với tần số dao động gần nhau ( $K_2 - S_2, P_1 - K_1, Q_1 - O_1, N_2 - M_2$ ) mà để tách được chúng đáng lẽ cần phải có chuỗi quan trắc đủ dài, ta có thể biểu diễn một phân triều (ít quan trọng hơn) theo các yếu tố của phân triều kia xuất phát từ những mối quan hệ lý thuyết giữa chúng. Như vậy, tùy thuộc vào độ dài quan trắc có thể biểu diễn được từ một đến bốn phân triều và kết quả là số ẩn trong hệ các phương trình (6) sẽ giảm đi 2, 4, 6 hoặc 8 ẩn. Khi thay thế tất cả bốn phân

triều (gọi là “phương án 1”) độ dài chuỗi quan trắc theo điều kiện tách phân triều  $n \geq \frac{360^\circ}{q_i - q_j}$  phải không ít hơn 15 ngày, khi thay thế các phân triều trong hai cặp  $K_2 - S_2$  và  $P_1 - K_1$  (“phương án 2”) - độ dài chuỗi không ít hơn 30. Trong trường hợp đầu có thể phân tích các hằng số điều hòa của 10 phân triều cơ bản ( $M_2, S_2, K_2, N_2, K_1, O_1, P_1, Q_1, M_4, M_6$ ), trong trường hợp thứ hai – 11 phân triều (tính thêm được phân triều  $MS_4$ ). Trên thực tế với những chuỗi quan trắc ngắn hơn nữa vẫn nhận được những kết quả đủ thỏa mãn [4].

Những quan hệ lý thuyết giữa các hằng số điều hòa của các phân triều với tần số gần nhau dựa trên những lập luận sau [4]: Tỉ số của các biên độ trung bình của các phân triều được chấp nhận bằng tỉ số của các hệ số trung bình của các phân triều đó trong khai triển chuỗi hàm thế vị lực tạo triều. Các hằng số điều hòa về pha của các phân triều tần số gần nhau chấp nhận là bằng nhau:

$$\begin{aligned} H_{K_2} &= \frac{1}{3,67} H_{S_2}, \quad g_{K_2} = g_{S_2}, \quad H_{P_1} = \frac{1}{3} H_{K_1}, \quad g_{P_1} = g_{K_1}, \\ H_{Q_1} &= \frac{1}{5} H_{O_1}, \quad g_{Q_1} = g_{O_1}, \quad H_{N_2} = \frac{1}{5} H_{M_2}, \quad g_{N_2} = g_{M_2}. \end{aligned} \quad (8)$$

Với những quan hệ này, phương trình độ cao thủy triều dạng (6) gồm 11 phân triều có thể viết lại cụ thể như sau:

$$\begin{aligned} z_t &= A_0 + (a_{M_2N_2})_t X_{M_2} + (b_{M_2N_2})_t Y_{M_2} + (a_{S_2K_2})_t X_{S_2} + (b_{S_2K_2})_t Y_{S_2} \\ &+ (a_{K_1P_1})_t X_{K_1} + (b_{K_1P_1})_t Y_{K_1} + (a_{O_1Q_1})_t X_{O_1} + (b_{O_1Q_1})_t Y_{O_1} \\ &+ (a_{M_4})_t X_{M_4} + (b_{M_4})_t Y_{M_4} + (a_{M_6})_t X_{M_6} + (b_{M_6})_t Y_{M_6} \\ &+ (a_{MS_4})_t X_{MS_4} + (b_{MS_4})_t Y_{MS_4} \end{aligned} \quad (9)$$

với các ký hiệu

$$\begin{aligned} a_{M_2N_2} &= f_{M_2} \cos[q_{M_2}t + (V_0 + u)_{M_2}] + \frac{1}{5} f_{N_2} \cos[q_{N_2}t + (V_0 + u)_{N_2}]; & b_{M_2N_2} &= f_{M_2} \sin[q_{M_2}t + (V_0 + u)_{M_2}] + \frac{1}{5} f_{N_2} \sin[q_{N_2}t + (V_0 + u)_{N_2}]; \\ a_{S_2K_2} &= f_{S_2} \cos[q_{S_2}t + (V_0 + u)_{S_2}] + \frac{1}{3,67} f_{K_2} \cos[q_{K_2}t + (V_0 + u)_{K_2}]; & b_{S_2K_2} &= f_{S_2} \sin[q_{S_2}t + (V_0 + u)_{S_2}] + \frac{1}{3,67} f_{K_2} \sin[q_{K_2}t + (V_0 + u)_{K_2}]; \\ a_{K_1P_1} &= f_{K_1} \cos[q_{K_1}t + (V_0 + u)_{K_1}] + \frac{1}{3} f_{P_1} \cos[q_{P_1}t + (V_0 + u)_{P_1}]; & b_{K_1P_1} &= f_{K_1} \sin[q_{K_1}t + (V_0 + u)_{K_1}] + \frac{1}{3} f_{P_1} \sin[q_{P_1}t + (V_0 + u)_{P_1}]; \\ a_{O_1Q_1} &= f_{O_1} \cos[q_{O_1}t + (V_0 + u)_{O_1}] + \frac{1}{5} f_{Q_1} \cos[q_{Q_1}t + (V_0 + u)_{Q_1}]; & b_{O_1Q_1} &= f_{O_1} \sin[q_{O_1}t + (V_0 + u)_{O_1}] + \frac{1}{5} f_{Q_1} \sin[q_{Q_1}t + (V_0 + u)_{Q_1}]. \end{aligned}$$

Việc giải hệ các phương trình (9) được thực hiện theo phương pháp bình phương nhỏ nhất. Những hằng số điều hòa của các phân triều  $K_2, P_1, Q_1$  và  $N_2$  được tính theo các công thức (8). Khi thay thế các hằng số điều hòa ít hơn bốn cặp phân triều (ví dụ khi xử lý theo phương án 2), những hệ số  $a_i$  và  $b_i$  của các phân triều nào không sử dụng các quan hệ (8) thì vẫn được tính bình thường theo các công thức (5). Các hệ số của các phân triều nước nông ( $a_{M_4}, b_{M_4}, \dots, b_{M_6}$ ) cũng được tính bằng cách như vậy.

Đối với các hằng số điều hòa về pha, thay vì các công thức trong (8) còn có thể sử dụng những quan hệ kinh nghiệm sau đây:

$$g_{K_2} = g_{S_2} + 0,081(g_{S_2} - g_{M_2}), \quad g_{P_1} = g_{K_1} - 0,075(g_{K_1} - g_{O_1}),$$

$$g_{N_2} = g_{S_2} - 1,536(g_{S_2} - g_{M_2}), \quad g_{Q_1} = g_{K_1} - 1,496(g_{K_1} - g_{O_1}). \quad (10)$$

Những quan hệ này dựa trên những giả thiết xuất phát từ kinh nghiệm quan trắc thực tiễn rằng tỉ số giữa các hiệu các góc vị của những phân triều gần nhau về tần số xấp xỉ tương ứng với tỉ số các hiệu vận tốc góc của chúng (xem thêm [1]).

Ta biến đổi công thức (10) cho các phân triều  $N_2$  và  $Q_1$ :

$$g_{N_2} = g_{M_2} - 0,536(g_{S_2} - g_{M_2}), \quad g_{Q_1} = g_{O_1} - 0,496(g_{K_1} - g_{O_1}) \quad (11)$$

và viết lại biểu thức độ cao thủy triều tại thời điểm  $t$  có tính tới những quan hệ biên độ (8) và góc vị (10), (11):

$$\begin{aligned} z_t = & A_0 + (a'_{M_2N_2})_t X_{M_2} + (b'_{M_2N_2})_t Y_{M_2} + (a'_{S_2K_2})_t X_{S_2} + (b'_{S_2K_2})_t Y_{S_2} \\ & + (a'_{K_1P_1})_t X_{K_1} + (b'_{K_1P_1})_t Y_{K_1} + (a'_{O_1Q_1})_t X_{O_1} + (b'_{O_1Q_1})_t Y_{O_1} \\ & + (a_{M_4})_t X_{M_4} + (b_{M_4})_t Y_{M_4} + (a_{M_6})_t X_{M_6} + (b_{M_6})_t Y_{M_6} + (a_{MS_4})_t X_{MS_4} + (b_{MS_4})_t Y_{MS_4}, \end{aligned} \quad (12)$$

trong đó

$$\begin{aligned} a'_{M_2N_2} &= f_{M_2} \cos[q_{M_2}t + (V_0 + u)_{M_2}] + \frac{1}{5} f_{N_2} \cos[q_{N_2}t + (V_0 + u)_{N_2} + 0,536\alpha_1], \\ b'_{M_2N_2} &= f_{M_2} \sin[q_{M_2}t + (V_0 + u)_{M_2}] + \frac{1}{5} f_{N_2} \sin[q_{N_2}t + (V_0 + u)_{N_2} + 0,536\alpha_1], \\ a'_{S_2K_2} &= f_{S_2} \cos[q_{S_2}t + (V_0 + u)_{S_2}] + \frac{1}{3,67} f_{K_2} \cos[q_{K_2}t + (V_0 + u)_{K_2} + 0,081\alpha_1], \\ b'_{S_2K_2} &= f_{S_2} \sin[q_{S_2}t + (V_0 + u)_{S_2}] + \frac{1}{3,67} f_{K_2} \sin[q_{K_2}t + (V_0 + u)_{K_2} + 0,081\alpha_1], \\ a'_{K_1P_1} &= f_{K_1} \cos[q_{K_1}t + (V_0 + u)_{K_1}] + \frac{1}{3} f_{P_1} \cos[q_{P_1}t + (V_0 + u)_{P_1} + 0,075\alpha_2], \\ b'_{K_1P_1} &= f_{K_1} \sin[q_{K_1}t + (V_0 + u)_{K_1}] + \frac{1}{3} f_{P_1} \sin[q_{P_1}t + (V_0 + u)_{P_1} + 0,075\alpha_2], \\ a'_{O_1Q_1} &= f_{O_1} \cos[q_{O_1}t + (V_0 + u)_{O_1}] + \frac{1}{5} f_{Q_1} \cos[q_{Q_1}t + (V_0 + u)_{Q_1} + 0,496\alpha_2], \\ b'_{O_1Q_1} &= f_{O_1} \sin[q_{O_1}t + (V_0 + u)_{O_1}] + \frac{1}{5} f_{Q_1} \sin[q_{Q_1}t + (V_0 + u)_{Q_1} + 0,496\alpha_2], \\ \alpha_1 &= g_{S_2} - g_{M_2}, \quad \alpha_2 = g_{K_1} - g_{O_1}. \end{aligned}$$

Việc giải hệ phương trình (12) được thực hiện theo phương pháp bình phương nhỏ nhất bằng những bước xấp xỉ liên tiếp. Trong bước xấp xỉ thứ nhất các hiệu những góc vị  $\alpha$  có thể chấp nhận bằng không hoặc bằng trị số trung bình của chúng ( $\alpha_1 = 43^\circ$ ,  $\alpha_2 = 20^\circ$ ). Trong mỗi bước xấp xỉ tiếp theo chúng được biểu diễn qua các góc vị  $g_{M_2}$ ,  $g_{S_2}$ ,  $g_{K_1}$  và  $g_{O_1}$  nhận được từ phép xấp xỉ trước đó. Thông thường có thể chỉ cần giới hạn ở lần xấp xỉ thứ hai. Những biên độ của các phân triều  $K_2$ ,  $N_2$ ,  $P_1$  và  $Q_1$  được tính theo các công thức (8), những góc vị – theo các công thức (10) và (11).

Khi sự thay thế các hằng số điều hòa thực hiện với ít hơn bốn cặp phân triều, những hệ số  $a_i$  và  $b_i$  của những phân triều nào không cần sử dụng các quan hệ (8) và (10) sẽ được tính như những hệ số của các phân triều nước nông bình thường theo các công thức (5).

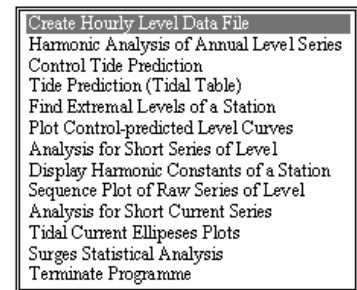
## 2. Chương trình phân tích và một số kết quả thử nghiệm

Chương trình lập theo sơ đồ đã trình bày có thể thực hiện hai chức năng phân tích chính: tính ra bộ hằng số điều hòa thủy triều từ 30 phân triều đến 114 phân triều áp dụng cho những trạm mực nước quan trắc từng giờ liên tục từ một năm tới nhiều chục năm; tính ra bộ hằng số điều hòa thủy triều hoặc dòng triều gồm 11 sóng áp dụng đối với các chuỗi quan trắc mực nước hoặc dòng chảy ngắn hạn.

Ngoài ra, chương trình còn có những mô đun tiện ích khác như trợ giúp nhập lưu số liệu thành định dạng quy ước, kiểm tra dữ liệu, chuyển dữ liệu mực nước sang định dạng của các trung tâm mực nước quốc tế, phân tích kiểm tra, dự tính mực nước, lập bảng thủy triều, tính toán các độ cao thủy triều cực trị, quản lý các bộ hằng số điều hòa của hệ thống trạm mực nước Việt Nam, phân tích thống kê nước dâng rút trên cơ sở số liệu mực nước quan trắc (xem các mục chọn của chương trình ở hình 1).

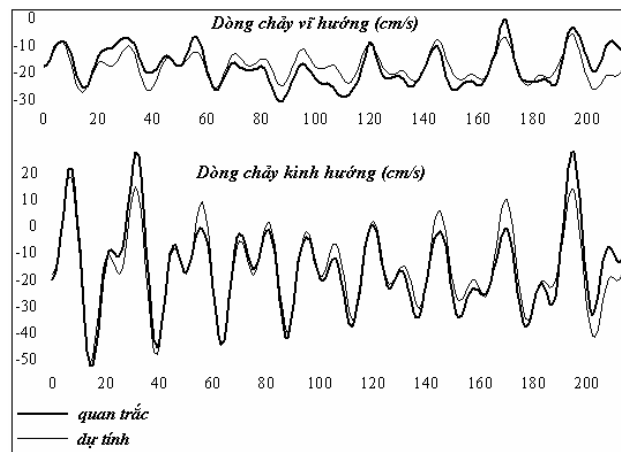
Bảng 1 liệt kê kết quả phân tích hằng số điều hòa thủy triều cho một số trạm quan trọng có độ dài chuỗi quan trắc mực nước khác nhau. Số phân triều tối đa đối với trạm một năm bằng 68, đối với trạm nhiều năm bằng 114. Sai số bình phương trung bình thực nghiệm của dự tính thủy triều chỉ còn khoảng 10 cm, nhỏ hơn đáng kể so với dự tính theo chương trình SLPRC của Trung tâm nghiên cứu mực nước Hawaii [5]. Kiểm tra cho thấy dự tính theo các bộ hằng số điều hòa nhận được bằng sơ đồ phân tích chi tiết luôn rất trùng hợp về pha dao động. Hơn nữa, xem xét tỉ mỉ những chênh lệch độ cao mực nước dự tính và mực nước thực đo cho thấy sai số rất nhỏ đó chỉ là do các nguyên nhân phi triều như dâng rút mực nước do gió trong những đợt gió mùa mạnh và ổn định, không phải do sai số của bộ hằng số điều hòa đã tính được.

Thí nghiệm đối với những chuỗi mực nước hoặc dòng chảy ngắn cho thấy bất kể điều kiện tách phân triều về mặt lý thuyết, chương trình có thể phân tích ra những bộ hằng số điều hòa của 11 phân triều chính trong điều kiện độ dài quan trắc dưới 10 ngày. Có những chuỗi dòng chảy khoảng 5 ngày vẫn có thể cho bộ hằng số điều hòa khả dĩ tin cậy được. Trên hình 2 so sánh dòng chảy quan



Hình 1: Các mục chọn của chương trình

trắc và dự tính theo bộ hằng số điều hòa 11 sóng triều nhận được từ chuỗi quan trắc từng giờ liên tục tại Bạch Hổ các ngày 1-9/1/1990.



Hình 2: So sánh dòng chảy quan trắc và dự tính

## Kết luận

Chương trình phân tích điều hòa theo sơ đồ chi tiết mở rộng khả năng phân tích đối với nhiều loại chuỗi quan trắc, khắc phục được những nhược điểm cơ bản của các sơ đồ truyền thống. Việc tính đến sự biến thiên của các tham số thiên văn ứng với từng thời điểm ghi độ cao mực nước hay dòng chảy làm tăng độ chính xác của phân tích và tận dụng thông tin quan trắc. Trong thực tế có thể tận dụng các chuỗi quan trắc mực nước, dòng chảy với độ dài dưới mười ngày để nhận được những bộ

hàng số điều hòa thủy triều hoặc dòng triều rút gọn với độ tin cậy và độ chính xác đáp ứng thực tiễn khảo sát tìm kiếm. Những bộ hàng số điều hòa thủy triều đầy đủ nhận được từ những chuỗi mực nước nhiều năm có thể dùng tham khảo trong nghiên cứu khoa học và nhiều tính toán thực tiễn quan trọng.

**Lời cảm ơn:** Các tác giả cảm ơn đề tài QG-08-11 đã hỗ trợ kinh phí để hoàn thành nghiên cứu này.

**Bảng 1:** Kết quả phân tích hàng số điều hòa thủy triều cho một số chuỗi mực nước năm và nhiều năm

Tên trạm		Hòn Dấu		Hòn Ngư		Phú Quốc		Quy Nhơn		Sơn Trà		Vũng Tàu		Bạch Hồ		DK17	
Kinh độ		106°48'E		105°46'N		103°58'N		109°15'N		108°13'N		107°04'E		107°00'E		110°37'N	
Vĩ độ		20°40'N		18°48'E		10°13'E		13°20'E		16°06'E		10°20'N		10°00'N		8°01'E	
Số liệu		1989-2007		1962-1971		2006-2007		1993-2007		1989-2007		1992-2002		1986		1993	
$A_0$ (cm)		191,6		188,5		88,9		151,9		95,1		266,5		372,0		175,3	
TT	Tên phân triều	H	g°	H	g°	H	g°	H	g°	H	g°	H	g°	H	g°	H	g°
1	M <sub>2</sub>	6,3	45,0	18,5	281,4	6,9	19,5	17,4	293,2	16,6	304,8	76,6	40,4	30,3	20,1	15,5	306,0
2	S <sub>2</sub>	4,5	102,7	6,4	113,8	2,8	44,6	6,9	332,0	5,5	340,5	29,5	80,8	12,8	55,7	6,8	338,2
3	N <sub>2</sub>	0,8	62,4	3,6	152,2	2,0	10,7	3,5	276,3	3,5	280,6	15,2	18,1	7,9	358,8	3,4	293,3
4	K <sub>2</sub>	2,0	82,4	2,8	242,8	1,4	333,7	2,1	348,1	1,8	4,8	9,2	112,6	4,2	61,4	2,3	354,7
5	K <sub>1</sub>	68,9	94,6	35,8	106,4	17,4	99,7	32,6	311,1	18,1	290,2	59,3	322,0	45,7	311,4	34,7	303,1
6	O <sub>1</sub>	77,5	25,7	45,2	306,5	13,1	72,1	27,1	238,2	11,4	240,9	44,1	253,1	36,3	264,4	29,4	254,0
7	P <sub>1</sub>	21,7	85,0	11,8	119,9	5,1	102,2	9,8	296,0	5,4	285,8	18,6	309,2	16,0	310,0	12,7	292,5
8	Q <sub>1</sub>	15,9	353,8	9,4	147,6	2,9	52,9	5,4	217,0	2,0	234,3	8,1	234,3	8,0	243,2	5,8	238,8
9	M <sub>4</sub>	0,7	243,3	0,9	236,4	0,4	148,8	0,2	191,6	0,6	230,9	1,4	280,1	0,2	185,1	0,2	78,1
10	MS <sub>4</sub>	0,5	300,8	0,6	23,0	0,3	190,4	0,1	235,1	0,4	277,9	1,1	326,2	0,2	251,8	0,2	190,0
11	M <sub>6</sub>	0,5	212,0	0,3	248,8	0,2	56,7	0,3	193,0	0,2	284,0	0,4	178,0	0,2	72,7	0,1	251,7
12	Sa	10,2	195,5	11,1	292,8	15,8	267,9	14,3	246,1	17,4	238,2	18,8	272,7	15,8	271,2	5,2	134,8
13	SSa	5,0	72,4	10,8	197,9	3,1	124,5	6,3	81,2	7,0	78,3	6,4	82,2	4,0	63,2	3,3	11,9
14	J <sub>1</sub>	1,4	108,9	1,8	185,4	1,3	150,5	1,2	338,7	0,8	330,7	2,0	8,6	2,7	320,8	1,6	265,9
15	S <sub>1</sub>	1,1	261,1	2,8	132,3	0,3	84,7	0,4	247,7	0,2	348,8	0,5	249,0	2,0	285,2	0,2	199,8
16	Nuy <sub>2</sub>	0,1	56,3	1,0	272,0	0,5	19,0	0,6	274,5	0,7	285,7	2,9	38,1	1,1	186,4	1,5	289,4
17	Muy <sub>2</sub>	0,6	33,0	0,9	119,8	0,9	338,7	0,7	258,2	0,5	235,2	2,2	352,4	0,6	267,1	1,0	301,2
18	L <sub>2</sub>	0,4	16,9	0,4	338,9	0,6	300,3	0,5	306,6	0,4	347,8	2,6	65,0	1,7	55,4	1,0	7,0
19	T <sub>2</sub>	0,3	103,6	1,6	107,1	0,3	231,7	0,4	318,6	0,4	329,1	1,5	64,8	1,1	293,8	1,0	340,0
20	2N <sub>2</sub>	0,1	40,5	0,2	63,8	0,3	351,4	0,5	259,1	0,5	250,4	2,1	352,0	0,6	327,6	0,1	263,5
21	2SM <sub>2</sub>	0,1	238,0	0,4	199,3	0,1	27,3	0,0	282,5	0,0	299,0	0,7	307,8	0,6	278,9	0,2	333,5
22	MO <sub>3</sub>	2,2	284,2	2,6	196,2	0,3	203,2	0,2	43,1	1,0	120,3	2,1	131,1	1,2	134,5	0,3	101,3
23	MK <sub>3</sub>	2,2	353,8	1,4	346,9	0,5	216,9	0,1	135,5	1,2	186,5	3,1	210,4	0,8	189,6	0,3	189,6
24	S <sub>4</sub>	0,1	345,9	0,3	189,9	0,1	224,5	0,0	296,5	0,1	318,2	0,3	32,3	0,1	54,1	0,1	273,9
25	MN <sub>4</sub>	0,2	196,7	0,8	89,9	0,2	117,4	0,1	164,7	0,2	200,8	0,6	260,3	0,3	212,4	0,1	165,8
26	2MS <sub>6</sub>	0,4	278,5	0,3	79,7	0,2	122,7	0,2	237,8	0,2	341,0	0,4	219,0	0,2	142,1	0,1	352,0
27	2MN <sub>6</sub>	0,2	172,3	0,3	40,4	0,2	18,9	0,1	163,7	0,1	255,8	0,2	149,0	0,2	136,9	0,0	57,0
28	Mm	0,6	6,4	3,4	87,0	3,7	27,2	0,3	4,5	0,8	40,8	0,9	188,8	17,1	336,1	4,6	273,3
29	MSf	1,0	92,8	3,3	140,1	2,5	160,8	0,9	148,5	1,3	92,1	0,8	200,6	7,9	249,2	3,5	316,3
30	Mf	0,4	134,8	1,8	162,8	0,6	29,7	0,7	71,2	0,6	79,2	1,5	155,8	6,0	73,4	2,5	177,6
31	2Q <sub>1</sub>	2,5	330,9	4,1	346,2	0,4	36,5	0,6	193,9	0,2	231,2	0,9	228,8	1,4	220,5	0,3	232,4
32	Sigma <sub>1</sub>	1,1	355,7	1,1	119,4	0,3	31,4	0,6	210,8	0,4	234,2	1,2	264,5	0,7	266,2	0,8	233,4
33	Rho <sub>1</sub>	3,5	352,5	2,7	277,9	0,7	42,5	1,1	212,9	0,4	234,6	1,7	236,3	0,7	236,9	2,5	230,2
34	MP <sub>1</sub>	3,6	214,1	4,3	137,4	0,4	90,2	0,4	44,8	0,6	6,0	1,6	4,9	2,5	41,8	1,5	46,8
35	M <sub>1</sub>	0,7	134,5	1,9	313,5	0,7	55,6	0,3	171,9	0,1	310,9	0,7	240,2	1,6	254,9	1,7	289,5
36	Chi <sub>1</sub>	1,3	55,8	1,0	55,0	0,3	138,8	0,4	272,3	0,2	245,5	0,6	304,2	0,8	319,0	2,7	250,8
37	Phi <sub>1</sub>	1,3	51,3	2,6	144,3	0,4	98,1	0,4	208,4	0,4	286,0	1,2	303,0	0,8	135,9	1,0	262,3
38	Psi <sub>1</sub>	2,1	14,9	5,0	322,9	0,2	170,7	0,8	46,9	0,4	180,6	0,8	150,2	1,9	295,7	1,0	115,7
39	Phi <sub>1</sub>	1,3	100,9	1,7	292,7	0,5	82,8	0,6	217,9	0,3	318,2	1,1	324,8	2,0	277,3	2,1	313,5
40	Theta <sub>1</sub>	0,7	146,6	1,2	182,2	0,2	105,7	0,3	350,3	0,2	340,4	0,6	2,6	2,5	242,3	1,9	9,7
41	SO <sub>1</sub>	1,6	7,6	2,2	165,9	0,3	235,1	0,2	201,4	0,3	97,2	1,1	161,4	1,5	262,1	0,6	234,1
42	OO <sub>1</sub>	3,0	182,2	1,0	112,1	0,6	114,4	0,6	53,7	0,4	308,2	1,4	64,6	1,9	29,6	0,7	54,3
43	OQ <sub>2</sub>	0,4	330,7	1,2	51,0	0,1	148,4	0,0	170,9	0,4	52,1	0,6	146,4	0,4	232,9	0,3	113,1
44	MNS <sub>2</sub>	0,2	351,1	0,3	218,1	0,3	326,3	0,2	241,9	0,1	187,7	0,1	353,1	0,9	234,8	0,3	242,3
45	OP <sub>2</sub>	0,4	142,4	1,5	60,3	0,6	40,0	0,2	132,1	0,6	140,2	2,5	245,1	0,9	293,4	1,6	264,1
46	MKS <sub>2</sub>	0,3	331,1	1,1	132,5	0,3	46,0	0,2	288,3	0,3	2,6	1,4	130,7	1,2	346,3	1,4	1,3
47	Lamda <sub>2</sub>	0,2	346,1	0,7	34,8	0,2	264,6	0,1	272,6	0,2	333,0	1,5	51,8	2,0	103,4	0,5	171,0
48	R <sub>2</sub>	0,3	127,2	2,3	321,8	0,1	264,2	0,1	8,6	0,1	47,1	0,2	125,5	1,3	248,5	0,5	338,6
49	MSN <sub>2</sub>	0,1	261,1	0,3	232,9	0,2	176,4	0,0	132,5	0,1	239,4	0,3	234,4	0,9	284,3	0,4	257,4
50	KJ <sub>2</sub>	0,1	294,9	0,1	31,0	0,1	224,5	0,1	208,3	0,1	208,2	0,7	338,7	0,5	246,4	0,1	189,1
51	M <sub>3</sub>	0,8	145,9	0,8	219,6	0,1	240,4	0,2	325,8	0,4	330,4	0,5	121,8	0,5	60,2	0,2	16,9
52	SO <sub>3</sub>	1,2	10,3	1,6	9,9	0,3	255,5	0,1	120,8	0,6	178,3	1,8	182,8	0,7	176,5	0,2	172,5
53	SK <sub>3</sub>	0,6	79,5	0,7	139,2	0,3	289,3	0,0	158,5	0,3	239,5	1,2	286,8	0,2	258,0	0,2	169,7
54	SN <sub>4</sub>	0,1	237,1	0,4	235,6	0,1	202,2	0,0	18,1	0,1	255,5	0,3	322,1	0,1	46,1	0,0	297,0
55	MK <sub>4</sub>	0,4	224,6	0,3	96,5	0,2	109,1	0,1	318,8	0,1	221,1	0,3	357,4	0,1	33,6	0,1	56,9
56	SK <sub>4</sub>	0,1	337,2	0,0	338,6	0,1	179,4	0,1	349,9	0,1	252,4	0,2	9,3	0,1	153,3	0,0	147,8
57	MSN <sub>6</sub>	0,1	216,1	0,1	138,9	0,1	51,0	0,1	197,6	0,0	310,3	0,1	179,5	0,1	215,2	0,0	214,9
58	2MK <sub>6</sub>	0,1	273,7	0,1	323,0	0,0	123,1	0,1	263,3	0,1	304,2	0,1	214,2	0,1	19,7	0,1	267,7
59	2SM <sub>6</sub>	0,1	334,2	0,1	319,2	0,1	145,3	0,1	276,8	0,0	71,3	0,2	252,6	0,1	254,5	0,1	195,9
60	MSK <sub>6</sub>	0,1	9,3	0,1	89,7	0,0	221,5	0,1	291,9	0,0	332,3	0,1	299,0	0,2	88,6	0,1	347,0
61	2(MN) <sub>8</sub>	0,0	155,4	0,1	126,1	0,0	160,8	0,0	93,7	0,0	280,6	0,0	350,7	0,1	36,5	0,1	340,9
62	2(MS) <sub>8</sub>	0,0	22,1	0,0	160,3	0,1	266,0	0,0	189,7	0,0	331,7	0,0	52,9	0,1	152,9	0,1	37,6

63	2MK <sub>2</sub>	1,4	194,9	4,0	214,9	0,2	50,1	0,2	160,4	1,2	265,0	1,8	5,5	0,4	315,1	0,5	300,8
64	2MNS <sub>6</sub>	0,0	247,6	0,1	86,4	0,0	255,3	0,0	308,2	0,0	327,6	0,0	280,9	0,3	109,3	0,1	338,3
65	2MN2S <sub>2</sub>	0,0	17,6	0,4	275,4	0,1	36,8	0,1	358,8	0,0	296,9	0,2	348,9	0,4	99,2	0,2	44,4
66	2MNS <sub>4</sub>	0,0	42,3	0,2	117,0	0,0	300,2	0,0	233,2	0,0	204,5	0,1	241,9	0,4	125,6	0,1	38,1
67	2MP <sub>3</sub>	0,2	176,9	0,7	38,6	0,1	33,7	0,0	331,0	0,0	266,9	0,1	292,3	0,4	95,4	0,1	122,0
68	2MQ <sub>3</sub>	0,1	234,6	0,4	80,6	0,0	266,9	0,0	42,6	0,0	129,8	0,1	284,7	0,3	247,6	0,2	134,2
69	2MS2N <sub>2</sub>	0,0	324,9	0,3	254,3	0,1	83,4	0,0	229,7	0,0	76,5	0,1	229,1	-	-	-	-
70	2MSK <sub>4</sub>	0,4	99,1	0,7	283,2	0,2	33,0	0,1	218,7	0,1	95,9	0,2	193,0	-	-	-	-
71	2MSK <sub>8</sub>	0,0	66,3	0,0	341,5	0,0	220,2	0,0	252,3	0,0	200,0	0,0	223,4	-	-	-	-
72	2MSN <sub>4</sub>	0,1	6,1	0,3	95,8	0,0	19,3	0,0	226,1	0,0	52,3	0,1	239,1	-	-	-	-
73	2MSN <sub>8</sub>	0,0	305,1	0,1	88,7	0,0	196,9	0,0	113,8	0,0	211,8	0,0	8,0	-	-	-	-
74	2MSNK <sub>6</sub>	0,0	128,9	0,3	356,0	0,0	139,9	0,0	159,9	0,0	116,9	0,0	91,8	-	-	-	-
75	2MV <sub>6</sub>	0,1	187,9	0,1	169,6	0,1	34,0	0,0	159,6	0,0	281,4	0,1	172,5	-	-	-	-
76	2SK <sub>2</sub>	0,1	171,7	0,3	164,4	0,1	333,2	0,1	63,2	0,1	316,6	0,8	165,0	-	-	-	-
77	3MSK <sub>2</sub>	0,3	282,1	0,2	267,9	0,1	21,8	0,0	357,6	0,1	336,4	0,2	59,5	-	-	-	-
78	3M2S <sub>10</sub>	0,0	269,9	0,0	80,8	0,0	302,7	0,0	151,1	0,0	203,0	0,0	341,8	-	-	-	-
79	3M2S <sub>2</sub>	0,0	39,8	0,4	110,1	0,2	36,5	0,1	359,2	0,1	336,9	0,2	68,7	-	-	-	-
80	3MK <sub>4</sub>	0,3	34,7	0,9	113,8	0,2	337,0	0,1	145,5	0,1	62,2	0,1	134,4	-	-	-	-
81	3MK <sub>5</sub>	0,1	53,6	0,6	120,9	0,1	10,0	0,1	54,5	0,1	289,3	0,3	47,5	-	-	-	-
82	3MK <sub>8</sub>	0,0	89,0	0,0	169,6	0,0	197,0	0,0	248,7	0,0	26,3	0,1	194,1	-	-	-	-
83	3MN <sub>4</sub>	0,1	140,1	0,5	299,4	0,0	27,2	0,0	53,5	0,0	313,4	0,1	22,0	-	-	-	-
84	3MN <sub>8</sub>	0,1	232,8	0,1	305,6	0,1	99,2	0,0	93,0	0,0	157,8	0,1	349,6	-	-	-	-
85	3MNS <sub>6</sub>	0,1	289,5	0,1	13,9	0,0	242,1	0,0	314,6	0,0	21,3	0,0	291,2	-	-	-	-
86	3MO <sub>5</sub>	0,2	108,9	0,3	319,4	0,2	80,6	0,1	129,7	0,2	6,2	0,3	112,8	-	-	-	-
87	3MS <sub>4</sub>	0,1	37,3	0,5	307,9	0,1	53,8	0,0	265,5	0,1	232,4	0,2	263,1	-	-	-	-
88	3MS <sub>8</sub>	0,0	335,0	0,0	57,2	0,0	217,2	0,0	196,5	0,0	230,0	0,0	65,7	-	-	-	-
89	3MSK <sub>4</sub>	0,0	16,2	0,3	172,9	0,0	231,7	0,0	198,1	0,0	165,5	0,0	136,3	-	-	-	-
90	3MSN <sub>6</sub>	0,1	154,4	0,2	9,1	0,0	341,9	0,0	112,4	0,0	178,2	0,1	58,5	-	-	-	-
91	4M2S <sub>12</sub>	0,0	292,6	0,0	191,9	0,0	289,8	0,0	279,3	0,0	112,8	0,0	6,1	-	-	-	-
92	4MK <sub>6</sub>	0,0	141,2	0,2	339,6	0,0	296,9	0,0	112,6	0,0	75,9	0,0	240,2	-	-	-	-
93	4MN <sub>6</sub>	0,1	86,1	0,3	210,3	0,1	39,2	0,0	63,4	0,0	127,7	0,0	42,0	-	-	-	-
94	4MS <sub>10</sub>	0,0	172,7	0,0	128,2	0,0	181,0	0,0	37,8	0,0	155,8	0,1	295,6	-	-	-	-
95	4MS <sub>6</sub>	0,1	333,8	0,2	188,1	0,1	270,8	0,0	333,5	0,0	69,7	0,1	337,4	-	-	-	-
96	4MSN <sub>12</sub>	0,0	318,1	0,0	190,0	0,0	241,4	0,0	257,6	0,0	329,2	0,0	200,0	-	-	-	-
97	5MS <sub>12</sub>	0,0	222,7	0,0	275,6	0,0	292,7	0,0	55,9	0,0	342,3	0,0	179,2	-	-	-	-
98	M <sub>5</sub>	0,0	249,9	0,5	153,4	0,1	131,6	0,0	236,5	0,0	231,9	0,0	308,0	-	-	-	-
99	M <sub>8</sub>	0,1	250,6	0,1	196,4	0,0	147,9	0,0	101,7	0,0	192,9	0,0	1,7	-	-	-	-
100	MA <sub>2</sub>	0,3	307,9	4,5	305,9	0,8	60,5	0,4	211,9	0,2	222,0	2,5	295,5	-	-	-	-
101	MB <sub>2</sub>	0,8	126,8	3,5	125,1	0,4	326,8	0,3	1,7	0,6	136,6	1,7	146,7	-	-	-	-
102	MKL <sub>6</sub>	0,0	174,8	0,1	60,7	0,0	28,0	0,0	317,8	0,0	286,8	0,0	341,9	-	-	-	-
103	MNK <sub>2S<sub>2</sub></sub>	0,0	276,0	0,1	122,3	0,1	59,6	0,0	304,2	0,0	338,1	0,1	40,4	-	-	-	-
104	MQ <sub>3</sub>	0,6	243,9	1,4	45,9	0,1	144,7	0,0	355,7	0,3	87,2	0,6	103,2	-	-	-	-
105	MSK <sub>5</sub>	0,1	102,8	0,1	67,0	0,2	22,5	0,1	49,7	0,1	336,6	0,1	101,0	-	-	-	-
106	MSN <sub>8</sub>	0,0	187,6	0,1	233,0	0,0	334,8	0,0	301,6	0,0	188,2	0,0	1,4	-	-	-	-
107	MSO <sub>5</sub>	0,2	184,0	0,4	301,2	0,2	145,6	0,1	165,5	0,2	68,5	0,4	190,9	-	-	-	-
108	MSV <sub>2</sub>	0,0	244,7	0,4	221,8	0,2	205,4	0,0	159,3	0,0	93,2	0,0	126,6	-	-	-	-
109	MV <sub>4</sub>	0,1	189,6	0,3	241,5	0,1	96,4	0,0	108,5	0,0	193,5	0,1	284,7	-	-	-	-
110	MVS <sub>2</sub>	0,0	214,9	0,4	169,0	0,1	296,4	0,1	221,9	0,0	214,6	0,2	227,7	-	-	-	-
111	NA <sub>2</sub>	0,0	353,0	0,8	167,5	0,1	328,4	0,1	113,2	0,1	128,0	0,7	213,4	-	-	-	-
112	NB <sub>2</sub>	0,1	130,6	0,5	230,0	0,3	350,2	0,1	353,9	0,1	204,3	0,1	205,7	-	-	-	-
113	SKM <sub>2</sub>	0,1	109,5	0,2	161,9	0,1	43,3	0,1	323,4	0,1	25,1	0,3	234,5	-	-	-	-
114	SNK <sub>2</sub>	0,1	334,3	0,2	121,2	0,2	218,8	0,1	70,8	0,1	240,7	0,4	100,1	-	-	-	-

## Tài liệu tham khảo

- [1] Phạm Văn Huân, *Động lực học biển: Phần 3 - Thủy triều*, NXB ĐHQGHN, Hà Nội, 2002.
- [2] Nguyễn Ngọc Thụy, Phạm Văn Huân, Bùi Đình Khước, Thử nghiệm tính hằng số điều hoà thủy triều 68 sóng cho vùng biển Việt Nam theo bộ chương trình của TSLC (Mỹ). *Tạp chí Khí tượng thủy văn*, Tổng cục KTTV, 6 (426) (1996), 13.
- [3] Trương Văn Bốn, Nguyễn Tiến Quang, Phân tích hằng số điều hòa thủy triều 69 sóng bằng phương pháp bình phương tối thiểu. *Tạp san KHKT "Khí tượng thủy văn"*, Tổng cục KTTV, 1 (385), (1993), 16.
- [4] Пересыпкин В.И., *Аналитические методы расчета колебаний уровня моря*. Гидрометеоздат., 1961.
- [5] Phạm Văn Huân, Nguyễn Tài Hợi, Nguyễn Minh Huân, Ứng dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất vào phân tích thủy triều và dòng triều. *Khí tượng thủy văn biển Đông*. Tổng cục KTTV, Trung tâm KTTV biển, NXB Thống kê, Hà Nội, 2000, 196.

## A DETAILED SCHEME FOR TIDAL ANALYSIS

Pham Van Huan, College of Science, VNUH



**Hoang Trung Thanh, *Centre for Oceanography***

The theoretical basis of a detailed scheme for harmonic analysis of tide and tidal current observations is explained. The distinction of this scheme is that the modulation feature of oscillations of tidal constituents is accounted for. The amplitude-reducing coefficients and astronomical parts of phase of each tidal constituent are computed in details respectively to the moment of each tidal record while the equations of tidal heights being prepared before solving them by the least squares method. The computer program for tidal analysis built up on this scheme has many advantages such as improved analysis accuracy and flexible access with observation series of different length: long observed series analysis derived the full set of accurate harmonic constants, up to 114 constituents, with short series analysis – the limited set (11 constituents) of reliable harmonic constants. The new set of tidal harmonic constants for principal places of Vietnamese waters with many year long observations is published.