

QUAN HỆ BIÊN ĐỘ VÀ GÓC PHA GIỮA MỘT SỐ THÀNH PHẦN ĐIỀU HÒA THỦY TRIỀU

Nghiêm Tiến Lam¹

Tóm tắt: Số lượng các thành phần sóng điều hòa thủy triều có ảnh hưởng đến kết quả tính toán dự báo thủy triều nhưng lại bị giới hạn bởi độ dài chuỗi số liệu quan trắc dùng để phân tích điều hòa thủy triều. Để tăng số lượng thành phần sóng điều hòa thủy triều có khả năng phân tách được từ các chuỗi số liệu ngắn có thể sử dụng một kỹ thuật gián tiếp thông qua các quan hệ về biên độ và góc pha của giữa các thành phần sóng điều hòa thủy triều cùng loại nhật triều hay bán nhật triều. Một số quan hệ dạng này đã được thiết lập từ lý thuyết thủy triều cân bằng. Tuy nhiên các điều kiện thực tế có thể làm thay đổi các mối quan hệ này tùy điều kiện tự nhiên của từng khu vực.

Bài báo trình bày về các mối quan hệ biên độ và góc pha của giữa các thành phần sóng điều hòa thủy triều cùng loại được xây dựng từ số liệu của Việt Nam và so sánh với các quan hệ đã có. Các quan hệ này có thể được sử dụng để tăng số lượng số lượng thành phần sóng điều hòa thủy triều khi phân tích điều hòa thủy triều cho các chuỗi số liệu quan trắc trong thời gian ngắn.

Từ khoá: Phân tích thủy triều, dự báo thủy triều, hằng số điều hòa thủy triều.

1. MỞ ĐẦU

Các kết quả tính toán dự báo thủy triều có vai trò quan trọng trong các lĩnh vực giao thông thủy, tưới, tiêu, nuôi trồng thủy sản và nhiều hoạt động sản xuất và giải trí khác ở các vùng ven biển. Các kết quả dự báo thủy triều này được tính toán dựa trên việc sử dụng các bộ hằng số điều hòa thủy triều cho các khu vực nên có độ chính xác phụ thuộc vào số lượng các thành phần sóng điều hòa thủy triều và độ chính xác của của chúng. Số lượng các thành phần sóng điều hòa thủy triều không thể được lấy tùy ý mà phụ thuộc vào độ dài chuỗi số liệu quan trắc dùng để phân tách ra các hằng số điều hòa thủy triều.

Ở các vùng biển Việt Nam, chỉ có tại một số trạm hải văn và thủy văn là có các chuỗi số liệu quan trắc lâu dài. Còn lại các chuỗi số liệu quan trắc khác đều là ngắn nên sẽ hạn chế số lượng các thành phần sóng điều hòa thủy triều có thể được phân tách trực tiếp từ các chuỗi số liệu này.

Tuy nhiên, vẫn có một cách có thể làm tăng số lượng các thành phần sóng điều hòa thủy

triều có thể phân tách được từ các chuỗi số liệu ngắn thông qua một kỹ thuật gián tiếp đó là sử dụng các mối quan hệ về biên độ và góc pha giữa các thành phần sóng điều hòa thủy triều cùng loại. Chi tiết về kỹ thuật này có thể xem trong Schureman (1958). Bài báo này sẽ trình bày về các mối quan hệ về biên độ và góc pha giữa các thành phần sóng điều hòa thủy triều được xây dựng dựa trên các số liệu hằng số điều hòa của các vùng biển Việt Nam.

2. PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH ĐIỀU HÒA THỦY TRIỀU

2.1. Cơ sở phương pháp phân tích và tính toán thủy triều

Phương pháp phân tích và dự báo thủy triều sử dụng các hằng số điều hòa dựa trên phương trình điều hòa (Schureman, 1958; Dronkers, 1964).

$$Z(t) = Z_0 + \sum_{k=1}^n f_k H_k \cos(\omega_k t + V_k + u_k - G_k) \quad (1)$$

Trong đó, $Z(t)$ là mực nước thủy triều tại thời điểm t ; Z_0 là mực nước trung bình; n là số lượng thành phần sóng triều (phân triều) được sử dụng; k là chỉ số của phân triều thứ k ; H_k là biên độ của phân triều thứ k ; G_k là góc pha của phân triều thứ

¹ Khoa Kỹ thuật Biển, Trường Đại học Thủy lợi.

k ; ω_k là vận tốc góc của phân triều thứ k ; V_k là đối số thiên văn của phân triều thứ k ; u_k là hiệu chỉnh của đối số thiên văn V_k ; f_k là hệ số giao điểm Mặt Trăng, thay đổi theo chu kỳ 18,6 năm.

Chế độ bán nhật triều chủ yếu do các phân triều M_2 , S_2 và N_2 tạo ra và chế độ nhật triều chủ yếu do các phân triều K_1 , O_1 và P_1 tạo ra. Hai thành phần sóng bán nhật triều cơ bản gây ra bởi Mặt Trăng và Mặt Trời là M_2 và S_2 với các chu kỳ tương ứng là 12,42 giờ và 12 giờ. Các thành phần này được xác định với giả thiết là các thiên thể này chuyển động biểu kiến có ma sát trong mặt phẳng xích đạo của Trái Đất.

Thành phần bán nhật triều M_2 gây ra bởi chuyển động có tính đến ma sát của mặt trăng theo quỹ đạo hình tròn trong mặt phẳng xích đạo. Các phân triều N_2 và L_2 là các sóng điều chế của M_2 , chuyển từ quỹ đạo hình tròn sang quỹ đạo hình e-líp trong mặt phẳng xích đạo. Các sóng v_2 , μ_2 , λ_2 và S_2 điều chế M_2 cho phép tính đến quỹ đạo thực tế của mặt trăng không phải là hình e-líp mà là hình quả lê do lực hấp dẫn Mặt Trăng - Mặt Trời lớn hơn vào ngày sóc (không trăng đầu tháng âm lịch) so với ngày vọng (trăng tròn giữa tháng). Tương tự với Mặt Trời, sóng S_2 là thành phần cơ bản của Mặt Trời có chu kỳ 12 giờ. Sóng T_2 là sóng điều chế của S_2 biến quỹ đạo chuyển động biểu kiến của Mặt Trời từ hình tròn sang hình e-líp. Sóng K_2 xét đến góc nghiêng của Mặt Trăng trên mặt phẳng hoàng đạo nên được gọi là thành phần bán nhật triều do góc nghiêng Mặt Trăng-Mặt Trời.

Các thành phần nhật triều K_1 , O_1 tính đến chuyển động biểu kiến có ma sát của Mặt Trăng trên quỹ đạo có định hình tròn trong mặt phẳng trung bình của Mặt Trăng thực tế. Các phân triều J_1 , M_1 , Q_1 điều chế các phân triều K_1 , O_1 để điều chỉnh quỹ đạo biểu kiến của Mặt Trăng từ hình tròn sang hình e-líp. Độ nghiêng của Mặt Trăng so với mặt phẳng hoàng đạo được điều chỉnh bởi sóng P_1 cho thành phần nhật triều. Thành phần triều P_1 đạt giá trị cực đại khi nó đồng pha với K_1 và O_1 ở Bắc chí tuyến hay Nam chí tuyến và đạt giá trị cực tiểu khi nó ngược pha với K_1 và O_1 nên được gọi là triều chí tuyến.

Tương tự như các diễn giải ở trên, do chuyển động thực tế của các thiên thể không phải là các chuyển động theo các quỹ đạo tròn hoàn hảo nên số lượng các thành phần sóng thủy triều được sử dụng ở công thức (1) càng nhiều thì kết quả tính toán thủy triều càng chính xác.

2.2. Yêu cầu về độ dài chuỗi số liệu quan trắc

Tuy nhiên, sự phân tách của các phân triều từ chuỗi số liệu thực đo phụ thuộc vào độ dài của chuỗi quan trắc. Thời gian quan trắc cần thiết để phân tách hai phân triều có vận tốc góc ω_1 và ω_2 là (Roos, 1997)

$$T = \frac{2\pi}{\Delta\omega} = \frac{2\pi}{|\omega_2 - \omega_1|} \quad (2)$$

Dựa trên điều kiện (2) thời gian cần thiết để phân tách hai thành phần của một số sóng nhật triều cũng như một số sóng bán nhật triều có thể tính toán được như Bảng 1 và Bảng 2.

Bảng 1. Thời gian cần thiết (ngày) để phân tách hai thành phần nhật triều

TT	Phân triều	Vận tốc góc ω (°/giờ)	Thời gian cần thiết (ngày) để phân tách với phân triều							
			$2Q_1$	Q_1	ρ_1	O_1	P_1	K_1	J_1	OO_1
1	$2Q_1$	12,8542862	—	27,6	24,3	13,8	7,1	6,9	5,5	4,6
2	Q_1	13,3986609	27,6	—	205,9	27,6	9,6	9,1	6,9	5,5
3	ρ_1	13,4715145	24,3	205,9	—	31,8	10,1	9,6	7,1	5,6
4	O_1	13,9430356	13,8	27,6	31,8	—	14,8	13,7	9,1	6,8
5	P_1	14,9589314	7,1	9,6	10,1	14,8	—	182,6	23,9	12,7
6	K_1	15,0410686	6,9	9,1	9,6	13,7	182,6	—	27,6	13,7
7	J_1	15,5854433	5,5	6,9	7,1	9,1	23,9	27,6	—	27,1
8	OO_1	16,1391017	4,6	5,5	5,6	6,8	12,7	13,7	27,1	—

Bảng 2. Thời gian cần thiết (ngày) để phân tách hai thành phần bán nhật triều

TT	Phân triều	Vận tốc góc ω (°/giờ)	Thời gian cần thiết (ngày) để phân tách với phân triều								
			2N ₂	μ_2	N ₂	v ₂	M ₂	L ₂	T ₂	S ₂	K ₂
1	2N ₂	27,8953548	—	205,9	27,6	24,3	13,8	9,2	7,3	7,1	6,9
2	μ_2	27,9682084	205,9	—	31,8	27,6	14,8	9,6	7,5	7,4	7,1
3	N ₂	28,4397295	27,6	31,8	—	205,9	27,6	13,8	9,9	9,6	9,1
4	v ₂	28,5125831	24,3	27,6	205,9	—	31,8	14,8	10,4	10,1	9,6
5	M ₂	28,9841042	13,8	14,8	27,6	31,8	—	27,6	15,4	14,8	13,7
6	L ₂	29,5284789	9,2	9,6	13,8	14,8	27,6	—	34,8	31,8	27,1
7	T ₂	29,9589333	7,3	7,5	9,9	10,4	15,4	34,8	—	365,3	121,7
8	S ₂	30,0000000	7,1	7,4	9,6	10,1	14,8	31,8	365,3	—	182,6
9	K ₂	30,0821373	6,9	7,1	9,1	9,6	13,7	27,1	121,7	182,6	—

Từ Bảng 1 và Bảng 2 có thể thấy rằng việc phân tách hai thành phần điều hòa thủy triều có chu kỳ hoặc vận tốc góc càng gần nhau thì đòi hỏi thời gian càng dài. Ví dụ, thời gian quan trắc cần thiết để phân tách hai phân triều P₁ và K₁ là 182,6 ngày, tương đương với nửa năm. Sự phân tách giữa K₂ và S₂ cũng đòi hỏi khoảng thời gian như vậy. Phân tách giữa hai phân triều v₂ và M₂ cần số liệu đo đạc trong 205,9 ngày và sự phân tách giữa hai phân triều T₂ và S₂ cần chuỗi số liệu đo đạc trong 365,3 ngày.

3. QUAN HỆ GIỮA CÁC THÀNH PHẦN ĐIỀU HÒA THỦY TRIỀU

3.1. Các quan hệ theo lý thuyết cân bằng và trên thế giới

Biên độ các sóng triều thành phần có thể xác định được theo lý thuyết thủy triều cân bằng. Do vậy dựa trên biên độ các sóng triều theo lý thuyết thủy triều cân bằng, có thể xác định được quan hệ của biên độ các sóng triều so với các sóng chính. Ví dụ quan hệ biên độ giữa các sóng nhật triều so với sóng O₁ và K₁ có dạng

$$\begin{aligned} H(X) &= \alpha_O H(O_1) \\ H(X) &= \alpha_K H(K_1) \end{aligned} \quad (3)$$

Trong đó H(X) là biên độ của sóng nhật triều X bất kỳ, H(O₁) và H(K₁) là biên độ của sóng O₁ và sóng K₁, α_O và α_K là các hệ số tỷ lệ. Các hệ số α_O và α_K được trình bày trong cột 2 của Bảng 3. Tương tự, biên độ của một sóng bán nhật triều Y có thể có quan hệ với biên độ của các sóng chính H(M₂), H(N₂) và H(S₂) với các hệ số tỷ lệ α_M , α_N và α_S dưới dạng

$$\begin{aligned} H(Y) &= \alpha_M H(M_2) \\ H(Y) &= \alpha_N H(N_2) \\ H(Y) &= \alpha_S H(S_2) \end{aligned} \quad (4)$$

Các hệ số này cũng được trình bày trong Bảng 3. Tuy nhiên do các điều kiện thực tế có thể khác xa với các giả thiết của lý thuyết cân bằng nên thường biên độ thực tế của các sóng triều cũng khác với các giá trị lý thuyết. Schureman (1958) dựa trên số liệu thực đo của 60 trạm quan trắc trên thế giới với các loại thủy triều khác nhau đã xác nhận một số thành phần sóng triều cùng loại (nhật triều, bán nhật triều) có thể liên hệ với nhau khá chặt chẽ với hệ số tỷ lệ của biên độ khá gần với các giá trị lý thuyết (cột 3, Bảng 3).

Bảng 3. Quan hệ về biên độ giữa một số thành phần thủy triều cùng loại

Phân triều	Theo lý thuyết cân bằng	Theo Schureman (1958)	Ven biển Việt Nam	Sai khác (4)-(3) (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>Hệ số quan hệ biên độ α_O so với O₁</i>				
Q ₁	0,191	0,194	0,198	2,1
J ₁	0,079	0,079	0,076	-3,8

Phân triều	Theo lý thuyết cân bằng	Theo Schureman (1958)	Ven biển Việt Nam	Sai khác (4)-(3) (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
M ₁	0,082	0,071	0,071	0,0
ρ ₁	0,036	0,038	0,038	0,0
2Q ₁	0,025	0,026	0,026	0,0
OO ₁	0,051	0,043	0,043	0,0
<i>Hệ số quan hệ biên độ α_K so với K₁</i>				
P ₁	0,328	0,331	0,335	1,2
<i>Hệ số quan hệ biên độ α_M so với M₂</i>				
N ₂	0,191	0,194	0,204	5,2
L ₂	0,029	0,028	0,028	0,0
λ ₂	0,005	0,007	0,007	0,0
μ ₂	0,031	0,024	0,028	16,7
2N ₂	—	0,026	0,030	15,4
v ₂	—	0,038	0,038	0,0
<i>Hệ số quan hệ biên độ α_N so với N₂</i>				
L ₂	—	0,143	0,140	-2,1
2N ₂	0,132	0,133	0,153	15,0
v ₂	0,194	0,194	0,192	-1,0
<i>Hệ số quan hệ biên độ α_S so với S₂</i>				
K ₂	0,284	0,272	0,281	3,3
T ₂	0,059	0,059	0,061	3,4
R ₂	0,009	0,008	0,007	-12,5

Tương tự như biên độ, tồn tại các mối quan hệ về góc pha giữa các thành phần sóng triều cùng loại. Một số dạng quan hệ góc pha như sau

$$\begin{aligned}
 G(X) &= G(K_1) + \phi_1 [G(K_1) - G(O_1)] \\
 G(Y) &= G(S_2) + \phi_2 [G(S_2) - G(M_2)] \\
 G(Y) &= G(M_2) + \psi_2 [G(M_2) - G(N_2)]
 \end{aligned}
 \quad (5)$$

Trong đó G(X) và G(Y) là góc pha của thành phần nhật triều X và thành phần bán nhật triều Y; G(O₁), G(K₁), G(M₂), G(N₂), G(S₂) là góc pha của các thành phần thủy triều O₁, K₁, M₂, N₂, S₂; φ₁, φ₂, ψ₂ là các hệ số của các quan hệ.

Từ các số liệu đo đạc, Schureman (1958) cũng xác định được hệ số của các mối quan hệ về góc pha giữa các thành phần cùng loại (cột 2, Bảng 4) và đánh giá là các giá trị này gần như được bảo toàn so với lý thuyết.

Bảng 4. Quan hệ về góc pha giữa một số thành phần thủy triều cùng loại

Phân triều	Theo Schureman (1958)	Ven biển Việt Nam	Sai khác (3) - (2) (%)
(1)	(2)	(3)	(4)
<i>I. Hệ số quan hệ góc pha φ₁ sóng nhật triều</i>			
Q ₁	-1,496	-1,054	-29,5
J ₁	+0,496	+0,394	-20,6
M ₁	-0,500	-0,500	0,0
ρ ₁	-1,429	-1,423	-0,4
2Q ₁	-1,992	-1,992	0,0
OO ₁	+1,000	+1,000	0,0
P ₁	-0,075	+0,981	-1408,0
<i>II. Hệ số quan hệ góc pha φ₂ sóng bán nhật triều</i>			
N ₂	-1,536	-0,790	-48,6
L ₂	-0,464	-0,730	57,3
λ ₂	-0,536	-0,536	0,0
μ ₂	-2,000	-2,025	1,3
2N ₂	-2,072	-0,140	-93,2
v ₂	-1,464	-0,441	-69,9

K_2	+0,081	+0,082	1,2
T_2	-0,040	-0,727	1717,5
R_2	+0,040	+0,040	0,0

Dựa trên các quan hệ về biên độ và góc pha giữa các phân triều ở Bảng 3 và Bảng 4, các phân triều có tần số gần nhau vẫn có thể phân tách được từ các chuỗi số liệu ngắn hơn so với yêu cầu trong Bảng 1 và Bảng 2.

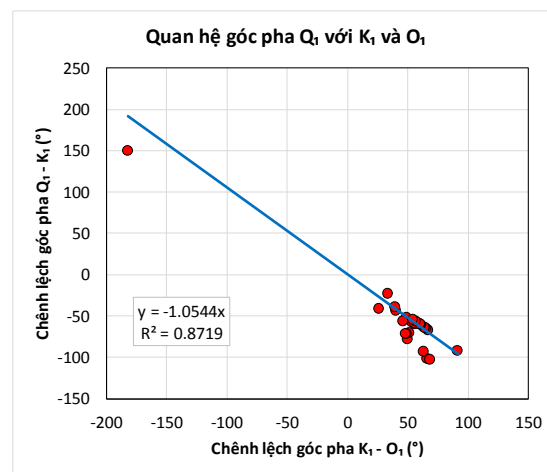
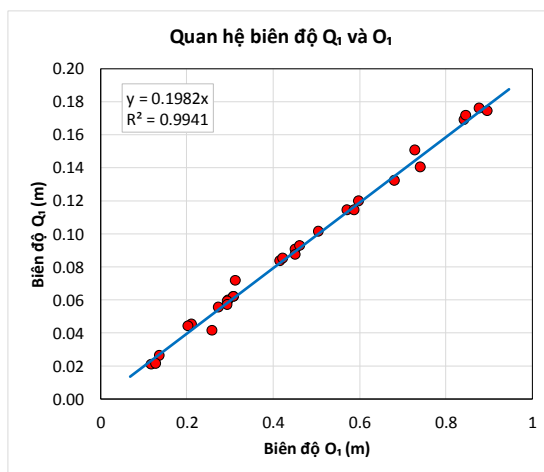
3.2. Các quan hệ cho vùng biển Việt Nam

Để phân tích quan hệ giữa các thành phần thủy triều, bộ số liệu các hằng số điều hòa thủy triều của 40 vị trí thuộc các vùng biển nước ta được thu thập từ nhiều nguồn khác nhau như Trung tâm Hải văn (thuộc Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam), kết quả các đề tài, dự án và các nguồn tài liệu ở nước ngoài. Bộ số liệu này khá đa dạng do được phân tích từ các chuỗi số liệu đo đạc có độ dài khác nhau nên có số lượng các sóng triều thành phần không giống nhau. Từ bộ số liệu, các hằng số điều hòa của cùng sóng triều thành phần sẽ được nhật ra để xây dựng các quan hệ tương quan. Một số ví dụ cho các quan hệ tương quan về biên độ và góc pha được trình bày trong Hình 1 và Hình 2. Kết quả các hệ số của các quan hệ biên độ được trình bày trong cột 4 của Bảng 3 và các hệ số của các quan hệ góc pha được trình bày trong cột 3 của Bảng 4.

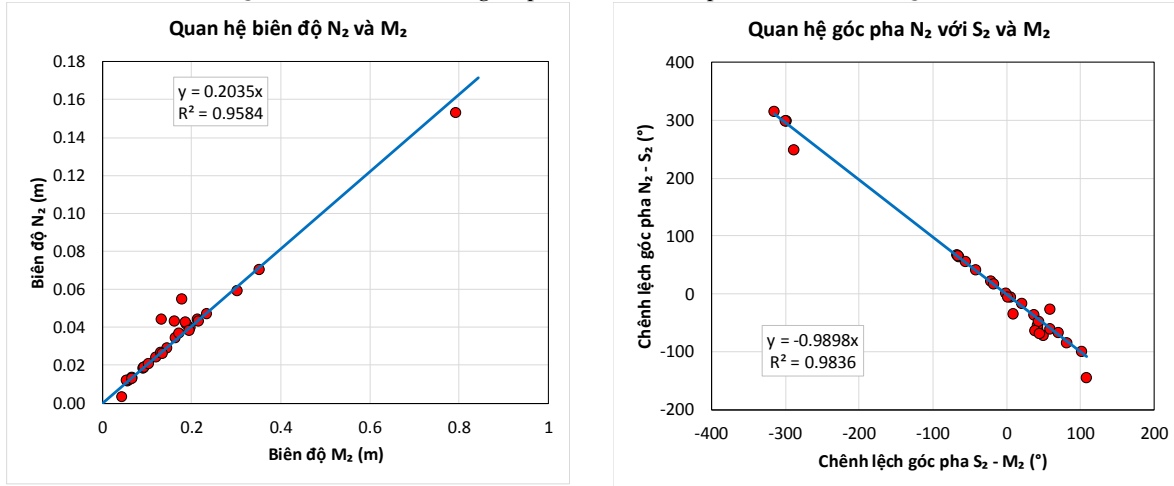
Từ Bảng 3 cho thấy rằng, Hệ số quan hệ

biên độ của các thành phần thủy triều M_1 , ρ_1 , $2Q_1$, OO_1 , L_2 , λ_2 , v_2 của Việt Nam hoàn toàn trùng với các giá trị của Schureman (1958) cho toàn thế giới. Hệ số quan hệ biên độ của các thành phần thủy triều Q_1 , J_1 , P_1 , N_2 , K_2 , T_2 của Việt Nam có sai khác nhỏ so với các giá trị của Schureman (1958). Sai số tương đối (cột 5, Bảng 3) nhỏ hơn hoặc bằng 5%. Riêng hệ số quan hệ biên độ các thành phần thủy triều μ_2 , $2N_2$ và R_2 có sai khác đáng kể so với các giá trị của Schureman (1958) với sai số tương đối từ 12 - 17%.

Theo Bảng 4, hệ số quan hệ về góc pha của các thành phần thủy triều M_1 , $2Q_1$, OO_1 , ρ_1 , λ_2 , μ_2 , K_2 , và R_2 của Việt Nam không sai khác hoặc sai khác rất nhỏ so với các giá trị của Schureman (1958). Sai số tương đối của các thành phần này nhỏ hơn 2% (Cột 4, Bảng 4). Tuy nhiên hệ số quan hệ về góc pha của các thành phần thủy triều khác ở các vùng biển của Việt Nam sai khác khá nhiều so với các giá trị của Schureman (1958). Sai số tương đối của các thành phần nhật triều Q_1 , J_1 từ 20% đến 30%. Sai số tương đối của các thành phần bán nhật triều N_2 , L_2 , $2N_2$, v_2 từ 45% đến 95%. Đặc biệt thành phần nhật triều P_1 và thành phần bán nhật triều T_2 rất khác biệt so với các giá trị của Schureman (1958).



Hình 1. Quan hệ biên độ và góc pha của thành phần nhật triều Q_1 với O_1 và K_1



Hình 2. Quan hệ biên độ và góc pha của thành phần bán nhật triều N_2 với M_2 và S_2

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày kết quả các mối quan hệ về biên độ và góc pha giữa một số thành phần điều hòa thủy triều với các sóng điều hòa thủy triều chính cùng loại như O_1 , K_1 và M_2 , S_2 . Các mối quan hệ về biên độ có hệ số đồng nhất hoặc khá gần với các giá trị được xác định bởi Schureman (1958). Với các quan hệ về góc pha, hệ số của các quan hệ góc pha cho các thành phần sóng nhật triều (trừ P_1) có giá trị gần với các kết quả của Schureman (1958) nhưng phần lớn hệ số của các quan hệ góc pha cho các thành phần sóng bán nhật triều có sai khác đáng kể so

với kết quả của Schureman (1958).

Việc sử dụng các quan hệ về biên độ và góc pha giữa các thành phần điều hòa thủy triều cùng loại sẽ cho phép tăng thêm số lượng thành phần điều hòa thủy triều có thể phân tác được trong quá trình phân tích điều hòa thủy triều các chuỗi số liệu quan trắc, nhất là các chuỗi số liệu có độ dài quan trắc không đủ dài để phân tách giữa các thành phần điều hòa theo tiêu chuẩn ở công thức (2). Việc tăng thêm số lượng thành phần điều hòa thủy triều cũng cho phép các kết quả tính toán các dao động thủy triều sử dụng các hằng số điều hòa được chính xác hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Dronkers, J. J. (1964), *Tidal Computations in Rivers and Coastal Waters*. North-Holland, Amsterdam. 518 pp.
- Doodson, A.T. and Warburg (1941), *Admiralty Manual of Tides* (NP 120). H.M. Stationery Office, London.
- Johns, B. (1983), *Physical Oceanography of Coastal and Shelf Seas*, Elsevier.
- Roos, A. (1997), *Tides and Tidal Currents*. Lecture Notes HH061/97/1. IHE. Delft.
- Schureman, P. (1958), *Manual of Harmonic Analysis and Prediction of Tides*. Special Publication. US Coast and Geodetic Survey, 98. US Department of Commerce. Coast and Geodetic Survey.

Washington DC.

Abstract:
**AMPLITUDE AND PHASE RELATIONSHIPS FOR INFERENCE
OF TIDAL HARMONICS**

The number of harmonic constituents has influences on tidal prediction, but they are limited by the duration of the observed record which has been used for tidal analysis. It is possible to increase the number of harmonic constituents analyzed from a short data record by using an inference method based on relationships for amplitude and phase of tidal constituents having the same type. Several relationships have been found based on the tidal equilibrium theory. However, these relationships may be altered from the theory by the actual conditions of an area.

This paper presents the relationships for amplitude and phase of tidal constituents derived from observations in Vietnam. These relationships can be used to separate certain constituents when the series of observations is short.

Keywords: Tidal analysis, tidal prediction, harmonic constants.

Ngày nhận bài: 12/6/2018

Ngày chấp nhận đăng: 12/8/2018