

## PHÂN TÍCH VÀ DỰ BÁO DAO ĐỘNG MỰC NƯỚC

**Đặng Văn Tổ**

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM

### 1. GIỚI THIỆU

Mực nước ven bờ có một ý nghĩa quan trọng trong công tác xây dựng, thiết kế, giao thông đường thủy, cấp thoát nước và phòng chống thiên tai. Cao trình đê biển sẽ được thiết kế phù hợp với thực tế nếu dao động mực nước được xác định chính xác. Tàu thuyền vận chuyển hàng hoá hay ngư dân vào cảng sẽ thuận lợi khi triều dâng, ngược lại, hàng hoá xuất cảng hoặc tàu bè ra khơi sẽ khó khăn khi gặp triều rút. Triều cường ven bờ thường gây trở ngại cho việc thoát nước đô thị do mực nước ven bờ cao hơn mực nước trong sông đổ ra. Nước dâng cộng với triều cường đưa sóng biển tiến sâu vào đất liền, dẫn đến nguy cơ xói lở bờ biển cao hơn, xâm nhập mặn nhiều hơn. Việc nắm bắt qui luật và hiểu biết đầy đủ về dao động mực nước và triều lưu là một nhu cầu rất có ý nghĩa trong thực tiễn cuộc sống.

Mặc dù rất nhiều mô hình số trị đã được phát triển để phân tích, tính toán và dự báo dao động mực nước, triều lưu cho một khu vực rộng lớn và thời gian dài ở vịnh, biển, đới ven bờ và cửa sông (0,[2],[3]), hầu hết các mô hình số trị này đều dựa vào hệ phương trình nước nông. Điều này có nghĩa là ảnh hưởng phức tạp của đáy biển lên dao động mực nước đã được trung bình hoá theo phương thẳng đứng. Nói cách khác, áp suất phân bố theo phương thẳng đứng tuân thủ qui luật thủy tĩnh. Thực tế cho thấy, tại các vùng ven bờ và gần cửa sông, các giả thuyết về áp suất thủy tĩnh đã bị vi phạm, việc phân tích và dự báo các số liệu thực đo từ các trạm trắc nhiều năm vẫn được xem là một trong những phương pháp đáng tin cậy và được ưa chuộng cho các nhu cầu thực tiễn của cuộc sống.

Dao động mực nước thực đo thường là sự chồng chập của mực nước dao động điều hòa do sự tương tác của mặt trăng, mặt trời và các hành tinh, cùng với mực nước không điều hòa do các nguyên nhân khí tượng như gió, bão. Thủy triều là hiện tượng mực nước dao động điều hoà được nghiên cứu từ lâu [4]. Nó được dự báo khá chính xác ở biển khơi nhờ vào kỹ thuật phân tích phổ. Các tần số thành phần trong thủy triều được xem như các vạch phổ riêng lẻ. Tuy vậy, do ảnh hưởng của nước nông, thủy triều ven bờ thường khác nhiều so với thủy triều biển khơi. Các vạch phổ riêng lẻ thường không rõ nét, thay vào đó, một vùng tần số có bề rộng, hẹp khác nhau được hình thành.

Trong bài báo này, việc phân tích và dự báo dao động mực nước ở Vũng Tàu, TP Hồ Chí Minh, nhờ vào phương pháp bình phương tối thiểu sẽ được trình bày. Dựa trên số liệu mực nước thực đo từng giờ năm 2000, các hằng số điều hoà sẽ được xác định. Thay cho ngôn ngữ Fortran truyền thống, chương trình phân tích dao động mực nước (T\_TIDE) với giao diện thuật tiện cho người sử dụng (GUI) viết bằng ngôn ngữ Matlab sẽ được giới thiệu. Ngoài ra, để ước lượng pha và biên độ, các khoảng tin cậy 95% của các hằng số điều hoà cũng được thảo luận.

### 2. PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH DAO ĐỘNG MỰC NƯỚC

Mực nước thực đo thường được xem như một chuỗi thời gian và việc phân tích chúng có thể tiến hành bằng nhiều phương pháp. Tùy vào độ dài của chuỗi số liệu (ví dụ: 7 ngày, 15 ngày, 1 tháng, 3 tháng, 1 năm hay 18,6 năm), các phương pháp sử dụng có thể là phương pháp Franco, phương pháp hàng hải, phương pháp wavelet, phương pháp mạng neutron, phương

pháp bình phương tối thiểu (0, [3], [4], [5]). Trong số các phương pháp trên, phương pháp phân tích điều hòa thủy triều bằng phương pháp bình phương tối thiểu được ưa chuộng hơn cả vì nó cho phép phân giải đầy đủ số tần số thủy triều lên đến 146 sóng thành phần. Trong đó 45 thành phần chính có nguồn gốc từ thiên văn và 101 thành phần phụ do các sóng nước nông.

Biểu thức xác định độ cao thủy triều ( $y_i$ ) bằng phương pháp phân tích điều hòa được viết dưới dạng sau đây:

$$y_i = C_0 + \sum_{j=1}^M A_j \cos[2p(s_j t_i - q_j)] = C_0 + \sum_{j=1}^M C_j \cos(2ps_j t_i) + \sum_{j=1}^M S_j \sin(2ps_j t_i) \quad (1)$$

trong đó,  $C_0$  là mực nước trung bình,  $A_j = (C_j + S_j)^{1/2}$  là biên độ triều,  $s_j$  là tần số góc của sóng,  $q_j = (1/2\pi) \cdot \arctg(S_j/C_j)$  là pha sóng,  $t_i$  là thời gian,  $M$  là số sóng cần phân tích,  $C_j = A_j \cos(2pq_j)$  và  $S_j = A_j \sin(2pq_j)$ .

Tổng sai số bình phương ( $e$ ) của mực nước quan trắc và mực nước phân tích được biết như sau, trong đó  $N$  số mực nước từng giờ:

$$e = \sum_{i=1}^N \left[ y_i - C_0 - \sum_{j=1}^M C_j \cos(2ps_j t_i) - \sum_{j=1}^M S_j \sin(2ps_j t_i) \right]^2 \quad (2)$$

Đạo hàm phương trình (2) theo  $C_0, C_j, S_j$  và cho

$$\frac{\partial e}{\partial C_0} = 0, \quad \frac{\partial e}{\partial C_j} = 0, \quad \frac{\partial e}{\partial S_j} = 0 \quad (3)$$

khi đó hệ phương trình đại số sau đây sẽ thu được

$$\begin{bmatrix} N & C_1 & C_1 & \mathbf{K} & C_1 & C_1 & C_1 & \mathbf{K} & C_1 \\ C_1 & C_1 C_2 & C_1 C_2 & \mathbf{K} & C_1 C_M & C_1 S_1 & C_1 S_2 & \mathbf{K} & C_1 S_M \\ C_2 & C_2 C_1 & C_2 C_2 & \mathbf{K} & C_2 C_M & C_2 S_1 & C_2 S_2 & \mathbf{K} & C_2 S_M \\ \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{K} & \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{K} & \mathbf{M} \\ C_M & C_M C_1 & C_M C_2 & \mathbf{K} & C_M C_M & C_M S_1 & C_M S_2 & \mathbf{K} & C_M S_M \\ S_1 & S_1 C_1 & S_1 C_2 & \mathbf{K} & S_1 C_M & S_1 S_1 & S_1 S_2 & \mathbf{K} & S_1 S_M \\ \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{K} & \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{K} & \mathbf{M} \\ S_M & S_M C_1 & S_M C_2 & \mathbf{K} & S_M C_M & S_M S_1 & S_M S_2 & \mathbf{K} & S_M S_M \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} C_0 \\ C_1 \\ C_2 \\ \mathbf{M} \\ C_M \\ S_1 \\ \mathbf{M} \\ S_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^N y_i \\ \sum_{i=1}^N y_i \cos 2ps_1 t_i \\ \sum_{i=1}^N y_i \cos 2ps_2 t_i \\ \mathbf{M} \\ \sum_{i=1}^N y_i \cos 2ps_M t_i \\ \sum_{i=1}^N y_i \sin 2ps_1 t_i \\ \mathbf{M} \\ \sum_{i=1}^N y_i \sin 2ps_M t_i \end{bmatrix} \quad (4)$$

Giải phương trình (4), các nghiệm  $C_0, C_j, S_j$  với  $j=1$  tới  $M$  sẽ cho xác định các hằng số điều hòa ( $A_j, q_j$ ) cần phân tích. Chi tiết về phương pháp phân tích điều hòa bằng phương pháp bình phương tối thiểu cùng với tiêu chuẩn chọn lựa các thành phần điều hòa cần phân tích có thể được tham khảo trong tài liệu liên quan [6].

### 3. CHƯƠNG TRÌNH T\_TIDE

Chương trình T\_Tide là một chương trình phân tích và dự báo dao động mực nước được Pawlowicz (2002) viết bằng ngôn ngữ Matlab thay vì ngôn ngữ Fortran tuyến thống của

Foreman (2004) [6]. Khác với Foreman, Pawlowicz triển khai phân tích điều hòa mực nước bằng hàm phức thay vì hàm thực cos-sin. Ngoài ra, T\_Tide còn tính các đối số thiên văn, thể triều, phổ năng lượng và ước lượng độ tin cậy của biên độ và pha của các hằng số điều hòa trong chuỗi mức số liệu mực nước [7]. Có thể nói, T\_Tide là một chương trình phân tích dao động mực nước bằng phương pháp bình phương tối thiểu được cải tiến dựa trên chương trình Fortran của Foreman.



**Hình 1.** Giao diện phân tích và dự báo mực nước

Chương trình T\_Tide bao gồm các modules sau: *t\_getconsts*, *t\_equilib*, *t\_vuf*, *t\_synth*, *t\_errors*, *t\_xstat*, *t\_tide*, *t\_predict*. Nhóm module *t\_getconsts*, *t\_equilib* và *t\_vuf* dùng để tính toán các hằng số thiên văn, thể triều thủy tĩnh và hằng số tính giảm biên độ và pha. Nhóm *t\_synth*, *t\_errors* và *t\_xstat* dùng để tính toán thống kê chuỗi số liệu nhằm đánh giá độ tin cậy và ước lượng sai số tính toán. Nhóm *t\_tide* và *t\_predict* dùng để phân tích, tính toán các hằng số điều hòa và dự báo dao động mực nước. Chi tiết về các module này và cơ sở lý thuyết có thể được tham khảo thêm từ [6], [7].

Nhằm tiện ích cho người sử dụng, tác giả bài báo này đã thiết kế và trình bày giao diện nhập số liệu và kích hoạt chương trình T\_Tide để phân tích và dự báo dao động mực nước (Hình 1). Với số liệu mực nước quan trắc được chuẩn bị, ấn nút “PhanTich” sẽ cho ta kết quả phân tích các hằng số điều hòa của chuỗi số liệu quan trắc. Ấn phím “DuBao”, kết quả dự báo dao động mực nước sẽ được hiển thị.

#### 4. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

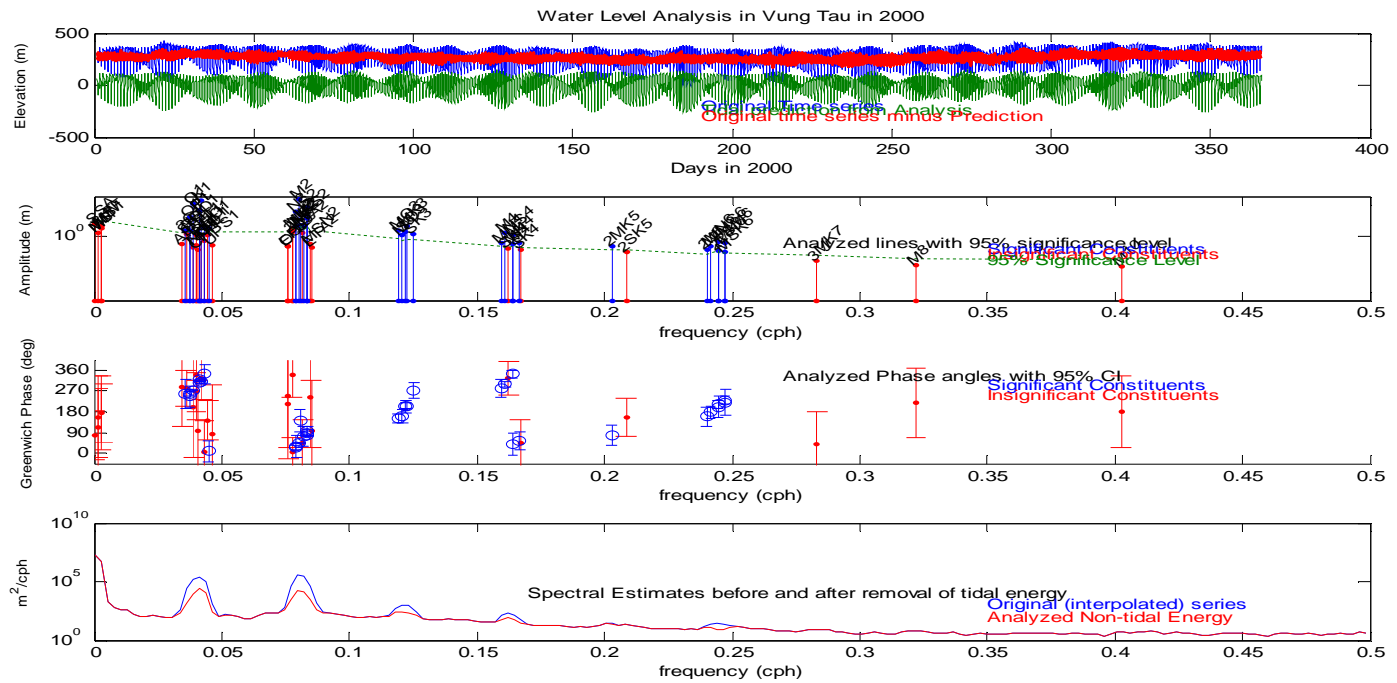
Số liệu quan trắc mực nước có lẽ đầy đủ nhất tại Bắc bộ là Hòn Dấu (Hải Phòng), tại Trung bộ là Đà Nẵng và tại Nam bộ là Vũng Tàu. Mực nước trên thềm lục địa Nam bộ nói chung và Vũng Tàu nói riêng được so với mực nước “số 0” của hải đồ. Mực nước trên thềm lục địa Nam bộ so với “số 0” của hải đồ trung bình năm là 243cm, cao nhất vào tháng XI

(267cm) và thấp nhất vào tháng VI, VII và VIII (277cm)[8]. Vì vậy, số liệu mực nước quan trắc từng giờ (8760 số liệu) trong cả năm 2000 được sử dụng để tính toán các hằng số điều hoà và phân tích, dự báo dao động mực nước cũng dựa trên “số O” này.

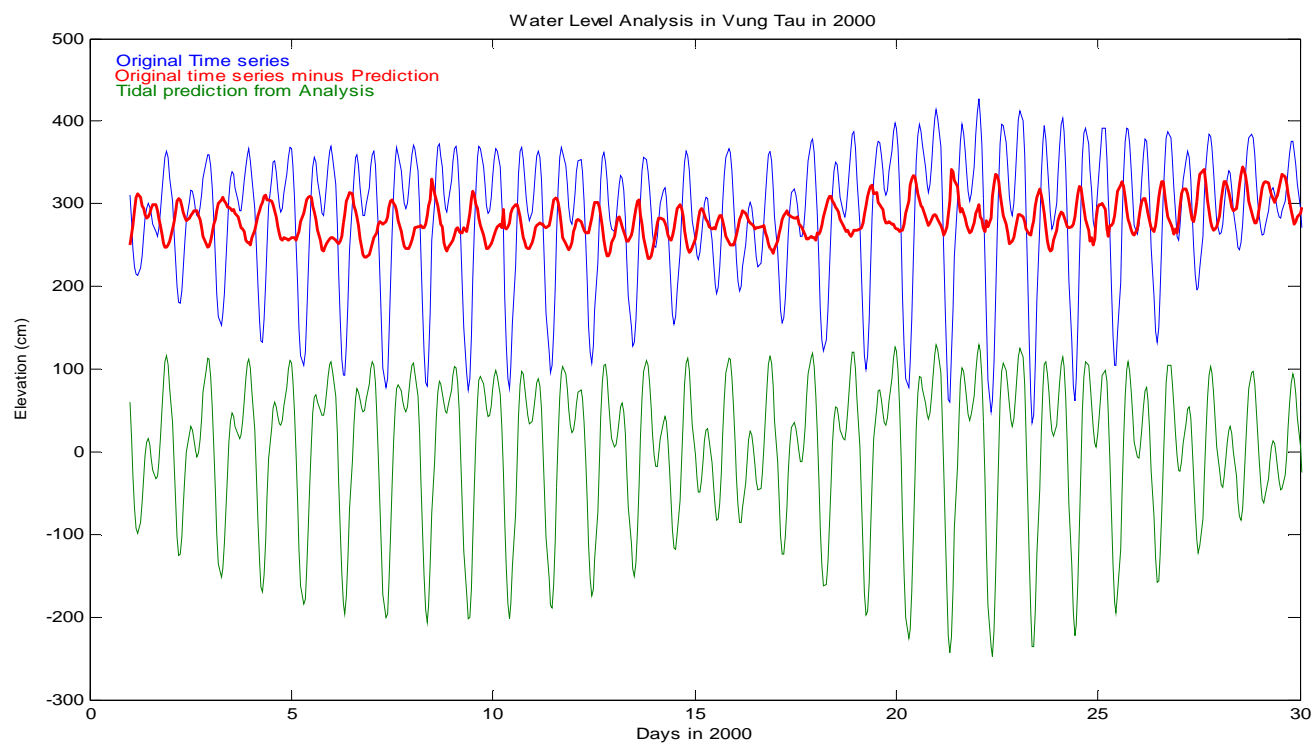
Kết quả tính toán hằng số điều hoà của pha và biên độ được trình bày trong Bảng 1 và Hình 2. Trong Bảng 1 chỉ có 20 trong số 62 sóng thành phần có tần số, biên độ, sai số biên độ, sai số pha, pha và tỉ số tín hiệu-nhiều (signal-noise ratio) được trình bày để làm ví dụ. Các hằng số điều hoà với ký hiệu “\*” trong Bảng 1 là các sóng nhật triều có chu kỳ một ngày (O1, P1...) và bán nhật triều có chu kỳ nửa ngày (S2, M2...), ngoài ra các sóng nước nông (SO1, SIG1...) cũng được trình bày. Thông thường chỉ có 11 sóng thành phần được phân tích và dùng để dự báo dao động mực nước tại Vũng Tàu [8]. Tuy vậy, kết quả T\_Tide cho thấy các thành phần sóng điều hoà có thể được phân tích nhiều hơn 11 sóng thành phần như đã phân tích trước đây. Chi tiết về giá trị của 62 thành phần sóng điều hoà không được trình bày ở đây do giới hạn không gian của bài báo.

**Bảng 1.** Hằng số điều hoà tại Vũng Tàu năm 2000

tide	Freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
*2Q1	0.035706	1.8419	1.6430	257.55	64.98	1.30
SIG1	0.035909	1.2325	1.4390	281.60	77.78	0.73
*Q1	0.037219	8.6707	1.8070	258.13	11.30	23.00
*RHO1	0.037421	1.9484	1.4180	245.36	43.75	1.90
*O1	0.038731	43.4945	1.5540	272.60	2.27	780.00
*P1	0.041553	18.5833	1.4610	307.69	4.55	160.00
*P1	0.041553	19.6714	1.4730	318.13	4.59	180.00
*K1	0.041781	59.4426	1.6140	311.06	1.63	1400.00
*J1	0.043293	2.6720	1.9980	343.15	41.77	1.80
SO1	0.044603	1.1173	1.3690	142.61	85.52	0.67
*OO1	0.044831	2.5169	2.2320	9.59	46.46	1.30
*N2	0.078999	16.1038	2.9720	25.38	8.69	29.00
*NU2	0.079202	3.0104	2.2600	30.92	49.05	1.80
*M2	0.080511	75.0654	2.5210	44.56	2.03	890.00
*MKS2	0.080740	3.6562	2.9010	140.07	48.29	1.60
LDA2	0.081821	1.3771	2.2210	42.28	102.94	0.38
*L2	0.082024	3.0509	2.1650	73.58	41.79	2.00
*S2	0.083333	29.8101	2.5480	76.92	5.77	140.00
*K2	0.083562	10.2885	2.9130	86.08	14.81	12.00
*K2	0.083562	8.1128	3.0210	99.32	19.61	7.20



Hình 2. Phân tích dao động mực nước và phổ năng lượng

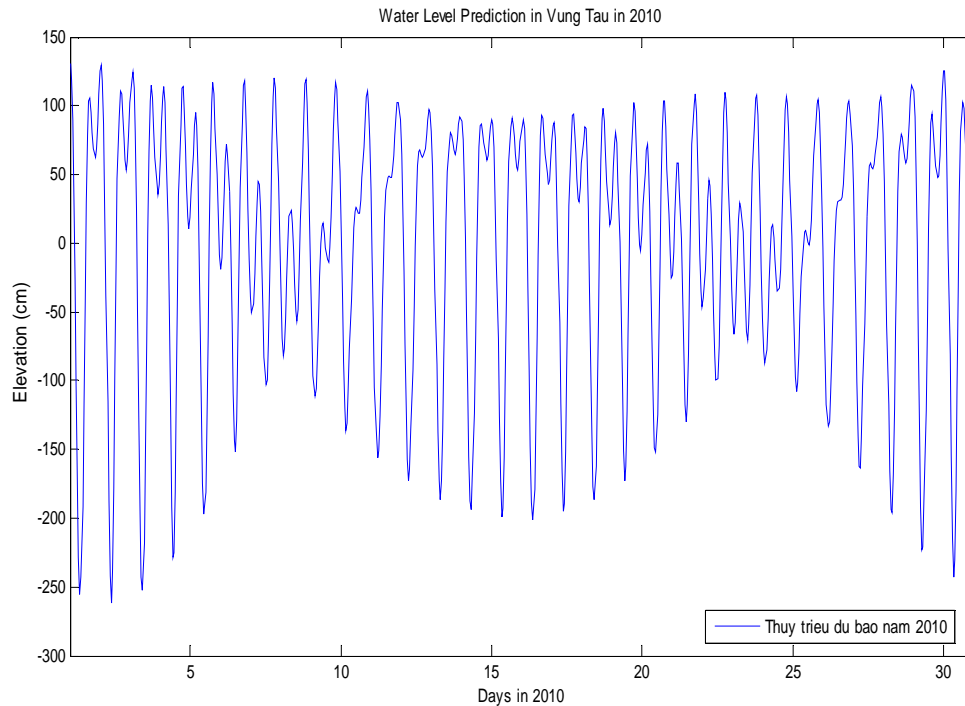


Hình 3. Dao động mực nước trong 30 ngày đầu năm 2000



Hình 2 trình bày kết quả tính toán một năm cho dao động mực nước, hằng số điều hoà của pha, biên độ và phổ năng lượng triều. Trong Hình 2a, dao động mực nước thực đo (ở trên cùng và có màu xanh dương) có khoảng dao động từ 50-400cm, dao động điều hoà (ở dưới cùng và có màu xanh lá) có khoảng dao động từ -250 - +100cm, dao động mực nước dư (ở chính giữa và có màu đỏ) do các yếu tố khí tượng tạo ra có khoảng dao động từ 250 - 350cm. Do Hình 2a không dễ thấy, Hình 3 là hình phóng to của Hình 2a ở 30 ngày đầu tiên của năm 2000. Rõ ràng thủy triều tại Vũng Tàu là bán nhật triều không đều. Như vậy, ngoài phần thủy triều, phần dao động mực nước không phải do thủy triều cũng góp phần đáng kể (khoảng 100cm) trong dao động mực nước quan trắc tại Vũng Tàu.

Hình 2b và 2c trình bày phổ vạch và pha của các thành phần thủy triều có độ tin cậy 95%. Trước đây 11 sóng chính của thủy triều hay được phân tích và sử dụng để dự báo. Tuy nhiên, không có các khảo sát định lượng đầy đủ về mặt thống kê và ước lượng độ tin cậy 95% của các thành phần thủy triều được tính toán. Hình 2b và 2c, các thành phần có ý nghĩa với độ tin cậy 95% (nằm phía trên đường chấm chấm) có thành phần nhiều hơn 11 sóng. Các thành phần này chủ yếu tập trung ở các tần số (cycle per hour=cpm): 0.04, 0.06, 0.08, 0.12, 0.16. Hay nói cách khác, ngoài các thành phần có chu kỳ nhật triều, bán nhật triều, các thành phần có chu kỳ nửa tháng và nước nông cũng đóng góp quan trọng.



**Hình 3.** Dự báo dao động mực nước điều hòa năm 2010

Hình 2d trình bày phổ năng lượng của mực nước triều dư (nằm ở phía dưới và có màu đỏ) và mực nước thực đo (nằm ở trên và có màu xanh dương). Trong hình này, đối với mực nước triều dư và mực nước thực đo đỉnh phổ ứng với tần số một ngày và nửa ngày là cao nhất. Trong khi đỉnh phổ mực nước thực đo có tần số 0.12 và 0.16cp/h có thể nhận thấy được, đỉnh phổ của mực nước triều dư ở các tần số đó lại không rõ nét lắm. Vì vậy, năng lượng triều dư không đáng kể so với năng lượng thủy triều đóng góp trong tổng năng lượng của dao động mực nước thực đo.

Hình 4 là dự báo dao động mực nước do các thành phần điều hòa gây ra tại Vũng Tàu vào tháng 1 năm 2010. Trong Hình 4, thành phần dao động không điều hòa do các yếu tố khí tượng

thủy văn không được đưa vào. Dao động mực nước trong Hình 4 chủ yếu được tính từ các hằng số điều hòa trong Bảng 1. Đến năm 2010, thủy triều tại Vũng Tàu trong tháng 1 chủ yếu vẫn là bán nhật triều không điều có biên độ thay đổi từ -250cm đến +130cm. Bằng kinh nghiệm thực tế, các dao động không điều hòa được ước tính bằng công thức bán thực nghiệm. Với phần mực nước điều hòa và không điều hòa, mực nước dự báo thực tế là tổng của hai thành phần này (điều hòa và không điều hòa) sẽ được dự báo đầy đủ.

## 5.KẾT LUẬN

Thông qua việc tìm hiểu chương trình T\_Tide để phân tích và dự báo dao động mực nước, một số nhận xét được rút ra như sau:

T\_Tide là một chương trình phân tích và dự báo dao động mực nước bằng phương pháp bình phương tối thiểu.

T\_Tide có thể sử dụng như một phần mềm ứng dụng hay một bài tập thực tập cho sinh viên trong phần thí nghiệm mô phỏng số của ngành Hải dương học.

T\_Tide được thực hiện dễ dàng hơn nhờ giao diện (GUI) được thiết kế và phát triển trong nghiên cứu này.

Với số liệu mực nước thực đo tại Vũng Tàu năm 2000, 62 thành phần của hằng số điều hòa được phân tích, trong đó 34 thành phần có ý nghĩa và 28 thành phần kém ý nghĩa với độ tin cậy 95%.

Vũng Tàu có chế độ bán nhật triều không đều.

Các hằng số điều hòa có ý nghĩa với độ tin cậy 95% nhiều hơn 11 sóng. Các thành phần này chủ yếu tập trung ở các tần số 0.04, 0.06, 0.08, 0.12, 0.16.

Phổ năng lượng của triều dư và thực đo đều có đỉnh phổ ứng với tần số một ngày và nửa ngày là cao nhất.

Năng lượng triều dư không đáng kể so với năng lượng thủy triều đóng góp trong tổng năng lượng của dao động mực nước thực đo.

Dự báo dao động mực nước điều hòa đã được thực hiện cho tháng 1 năm 2010.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Godin G., *Tides*, Anadyomene Edition, Canada, (1988).
- [2]. Vũ Như Hoán, *Mức độ biến động mực nước ven bờ Việt Nam*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, (1999).
- [3]. Tổng Cục Khí tượng Thủy văn, *Khí tượng thủy văn vùng biển Việt Nam*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, (1988).
- [4]. Egorop N.I., *Hải dương học Vật lý*, NXB Đại học và Trung học Chuyên nghiệp, (1981).
- [5]. Emery W.J. and R.E. Thomson, *Data analysis methods in physical oceanography*, Pergamon Publ., (1998).
- [6]. Foreman M.G.G., *Manual for tidal heights analysis and prediction*, Inst. of Ocean Sciences, Patricia Bay Sidney, B.C, Canada, (2004).
- [7]. Pawlowicz R., B. Beardsley and S. Lentz, *Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T\_TIDE*, Computers and Geosciences, 28, 929-937, (2002).
- [8]. Bảo Thanh và Nguyễn Minh Giám. *Trao đổi cá nhân*, (2006).