

# Nghiên cứu nguy cơ mực nước dâng dị thường trong cảng biển bằng mô hình số trị

Đỗ Đình Chiến<sup>1</sup>, Nguyễn Bá Thủy<sup>2\*</sup>, Nguyễn Thọ Sáo<sup>3</sup>  
Vũ Hải Đăng<sup>4</sup>, Nguyễn Thanh Trang<sup>5</sup>

<sup>1</sup>*Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, 23/62 Nguyễn Chí Thanh, Hà Nội, Việt Nam*

<sup>2</sup>*Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương, 4 Đặng Thái Thân, Hoàn Kiếm, Hà Nội*

<sup>3</sup>*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam*

<sup>4</sup>*Viện Địa chất và Địa Vật lý Biển, Nhà A27 - Số 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội*

<sup>5</sup>*Trung tâm Hải văn, 62 Nguyễn Chí Thanh, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 01 tháng 4 năm 2013

Chấp nhận xuất bản ngày 29 tháng 4 năm 2013

**Tóm tắt.** Mô hình số trị dựa trên hệ phương trình sóng dài phí tuyến 2 chiều đã được sử dụng để nghiên cứu, tính toán dao động mực nước dị thường trong vùng biển nửa kín, cảng biển. Cảng biển Tuy Hòa, nơi từng nhiều lần quan sát thấy hiện tượng mực nước dâng dị thường đã được áp dụng tính toán thử nghiệm với các điều kiện khác nhau của chu kỳ và hướng truyền sóng. Kết quả tính toán và phân tích cho thấy hệ số khuếch đại dao động mực nước trong cảng phụ thuộc mạnh đồng thời với chu kỳ dao động và hướng truyền của các sóng dài ngoài khơi. Trong dải chu kỳ sóng tính toán có sự xuất hiện hai lần đỉnh của hệ số khuếch đại dao động mực nước và tại một số điểm trong cảng mực nước có thể cao gấp 16 lần so với mực nước ngoài cửa cảng.

*Từ khóa:* Mực nước dị thường, Tuy Hòa.

## 1. Mở đầu

Nghiên cứu tính toán dao động mực nước trong cảng biển để phát hiện những dao động nước lớn (hay thường gọi là dao động mực nước dị thường) đã được tiến hành từ rất lâu. Đã có nhiều lý thuyết và công thức giải tích được đưa ra để tính toán hệ số dao động mực nước cho các trường hợp cảng biển có hình dạng đơn giản như hình chữ  $T$ ,  $L$  (Mile và

Munk, 1961; Hwang. và Tuck, 1970; [1,2] Với hướng nghiên cứu bằng thực nghiệm trong máng sóng, Ippen, Goda, 1963[3], Horikawa và các cộng sự, 1969 [4] đã thực hiện các thí nghiệm kinh điển nghiên cứu dao động mực nước trong các cảng có dạng đơn giản như hình chữ  $T$ ,  $L$ . Trong các thí nghiệm đó, hệ số khuếch đại mực nước gây ra bởi các sóng dài có cùng độ cao nhưng khác chu kỳ được đo đạc và phân tích. Kết quả của các thí nghiệm này đã góp phần giải thích cơ chế cộng hưởng của các sóng dài trong cảng cũng như được dùng để so

\* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-975853471.  
E-mail: thuybanguyen@gmail.com

sánh và hiệu chỉnh với các kết quả tính toán bằng phương pháp giải tích và mô hình số trị. Trong những năm gần đây, mô hình số trị đã được phát triển và ứng dụng rộng rãi vào nghiên cứu dao của mực nước trong cảng biển như nghiên cứu của S. Hsiao và Hui M. F, 2005 [5]; Jong và nnk 2004[6]. Sau khi đã được kiểm chứng với số liệu thí nghiệm, các mô hình này đã được áp dụng để tính toán nguy cơ mực nước dâng di thường cho một số cảng biển trên thế giới, nơi mà ở đó hiện tượng mực nước dâng dị thường xuất hiện với tần suất cao.

Nguyên nhân gây mực nước dị thường trong cảng biển là do sự cộng hưởng của các sóng dài có chu kỳ trùng với chu kỳ dao động riêng của cảng biển. Các sóng dài ngoài khơi được tạo thành chủ yếu do một số nguyên nhân như sau gây nên: Các quá trình nhiễu động khí quyển (chênh lệch áp suất khí quyển, sự dịch chuyển của các front, các đợt gió mùa mạnh), sóng thần, các hoạt động địa chấn địa phương, các sóng nội. Trong đó, nhân tố khí tượng (khí áp) được xem là nguyên nhân chủ yếu và đang được nhiều nhà khoa học trên thế giới quan tâm. Hiện tượng mực nước dị thường đã thường xuyên được quan sát thấy tại các khu vực cảng biển miền Trung và Nam Bộ của nước ta. Khi mực nước dị thường xuất hiện trùng với thời điểm triều thiên văn cao (chúng ta hay gọi là triều cường) sẽ trở nên rất nguy hiểm như gây ngập lụt, xói lở vùng bờ và ảnh hưởng tới các hoạt động của tàu bè trong cảng do bởi những tác động không những theo phương thẳng đứng (mực nước dâng cao) mà còn theo phương ngang (hệ thống dòng chảy) cũng rất mạnh. Tại một số nước phát triển như Nhật, Hà Lan, hiện tượng mực nước dâng dị thường trong cảng biển đã được nghiên cứu sâu rộng và hệ thống cảnh báo, dự báo đã được thiết lập cho những cảng biển có nguy cơ cao [7].

Trong nghiên cứu này, trước hết cơ chế gây mực nước dị thường trong cảng biển do bởi tác nhân khí tượng sẽ được phân tích thông qua một trường hợp cụ thể là tại cảng biển ở Nagasaki-Nhật Bản. Tiếp theo, một số kết quả tính toán hệ số dao động mực nước trong cảng biển Tuy Hòa (ở đó thường xuyên có quan sát thấy hiện tượng mực nước dâng dị thường) bằng mô hình số trị cho các trường hợp khác nhau của chu kỳ và hướng truyền sóng được thực hiện để phát hiện những dao động mực nước lớn và chu kỳ gây dao động tương ứng. Ở đây, mô hình số trị mô phỏng dao động mực nước trong cảng biển đã được phát triển dựa trên hệ phương trình nước nông phi tuyến hai chiều

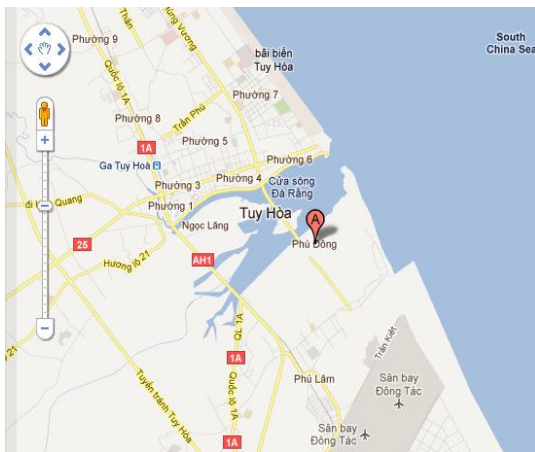
## **2. Hiện tượng dao động mực nước dị thường trong cảng biển và nguyên nhân hình thành**

Tại Việt Nam, hiện tượng mực nước dâng cao bất thường tại một số vùng ven biển chủ yếu xuất hiện tại thời điểm bão đổ bộ. Tuy nhiên, nước dâng trong bão sẽ không có sự khác biệt nhiều giữa các vị trí bên trong cảng và ngoài vùng biển thoáng do bởi nước dâng trong bão là sóng có chu kỳ với quy mô dài (khoảng 6 tiếng) nên không tạo ra sự cộng hưởng mực nước bên trong cảng biển. Khái niệm mực nước dâng dị thường trong cảng biển ở đây được ám chỉ không phải do bão gây nên mà do quá trình nhiễu động khí quyển với quy mô không phải bão. Hiện tượng này đã thường xuyên được quan sát thấy tại các vùng biển nửa kín, cảng biển và cửa sông nước ta cũng như một số nước trên thế giới.

Theo kết quả điều tra khảo sát và thu thập thông tin về mực nước dị thường được đề tài “Nghiên cứu hiện tượng mực nước biển dâng dị thường không phải do bão xảy ra tại các vùng

cửa sông ven biển Việt Nam“ do TS. Bùi Xuân Thông làm chủ nhiệm [8] và các thông tin được cập nhật gần đây nhất cho thấy dao động mực nước dị thường đã xảy ra ở hầu hết tại các khu vực ven biển từ Quảng Trị đến thành phố Hồ Chí Minh, mà ở đây triều cường tại thành phố Hồ Chí Minh (rất có thể có đóng góp của mực nước dị thường) thường xảy ra vào các tháng cuối và đầu năm được nhắc tới nhiều nhất. Các số liệu thu thập được cho thấy, mực nước dị thường có thể đạt tới 2m tại khu vực miền Trung, tuy nhiên những con số này chưa phải là cuối cùng do bởi những hạn chế về đo đạc và thu thập số liệu. Tác động của mực nước dị thường tại một số cảng biển là rất lớn do bởi

mực nước dâng cao kèm theo sóng lớn gây ngập lụt, sạt lở và phá hủy nhiều công trình. Theo thông tin gần đây nhất, vào ngày 12/12/2011, thời điểm này không có bão hoạt động, triều cường đã gây ngập lụt lấn vào trong bờ tới hơn 100m, với những con sóng cao đến 3m gây phá hủy nhà cửa tại Cảng cá phường 6, TP Tuy Hòa- Phú Yên, hàng chục người dân phải tháo chạy thoát thân (hình 1 (a)). Sóng biển kéo theo một lượng cát khổng lồ làm cho khoảng 50% mặt bằng cảng cá bị lấp cát hoàn toàn, phá sập hai cơ sở cung ứng dầu và khu nhà xưởng thu mua, sơ chế cá ngừ đại dương tại cảng (hình 1 (b)), (nguồn báo điện tử VNexpress).



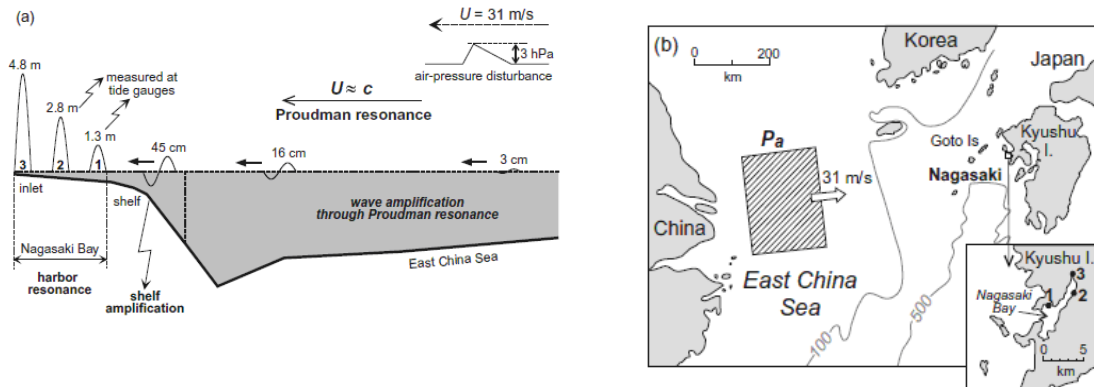
Hình 1. Ảnh tác động của triều cường tại cảng cá phường Phú An Đông, TP Tuy Hòa- Phú Yên ngày 12/12/2011. (a) Vị trí cảng cá trên bản đồ Google map, (b) bồi lấp cảng cá (nguồn báo điện tử VNexpress).

Dao động mực nước dị thường trong các vùng biển nửa kín và cảng biển được xem là do các sóng dài từ ngoài khơi truyền vào có chu kỳ dao động trùng với chu kỳ dao động riêng của khu vực tự nhiên. Do vậy, trước hết chúng ta cần tìm hiểu và phân tích những nguyên nhân phát sinh và cơ chế lan truyền của các sóng dài này. Theo nhiều kết quả điều tra khảo sát và nghiên cứu của các tác giả nước ngoài thì các sóng dài gây mực nước dị thường trong cảng

biển được sinh ra chủ yếu do quá trình nhiễu động khí quyển gây nên [7]. Hình 2 (a) và (b) minh họa cơ chế hình thành và lan truyền của sóng dài ngoài khơi tạo bởi quá trình nhiễu động khí quyển gây mực nước dị thường tại cảng Nagasaki- Nhật Bản mà người Nhật thường gọi theo một tên riêng (*Abiki waves*). Theo như hình 2 (a), do sự chênh lệch áp suất khí quyển trên biển Đông Bắc Trung Quốc đã tạo nên sự chênh lệch mực nước biển (tức là tạo

ra sóng dài với biên độ nhỏ, khoảng 3cm). Các sóng dài này có hướng lan truyền vào cảng. Nếu không có tác động nào khác và với độ cao sóng nhỏ như vậy sẽ không tác động nhiều đến vùng ven bờ (cảng biển). Tuy nhiên, trong quá trình di chuyển của sóng dài, thì khối không khí nhiều động cũng dịch chuyển cùng hướng (hình 2(b)). Trong trường hợp khi vận tốc của khối nhiều động khí quyển ( $U$ ) cùng cỡ với vận tốc lan truyền của sóng dài ( $C$ ) sẽ tạo nên sự cộng hưởng không mong muốn. Khi đây năng lượng gió sẽ làm tăng độ cao sóng dài. Khi vào gần đến bờ, do ảnh hưởng của hiệu ứng nước nông,

độ cao sóng dài được tăng thêm. Với một chu kỳ dao động phù hợp với chu kỳ dao động riêng của cảng biển, các sóng dài này khi vào trong cảng độ cao sẽ tăng lên rất nhiều do quá trình cộng hưởng. Theo như hình 2 (a) khi bắt đầu hình thành ngoài khơi, độ cao sóng chỉ 3cm. Tuy nhiên khi vào trong cảng đã lên tới 4.8m. Như vậy có thể thấy rằng, với một hình thể thời tiết phù hợp, dao động mực nước cục bộ trong cảng có thể lên rất cao, có thể hơn cả những thời điểm có bão hoạt động. Yếu tố bất thường và khó dự báo là nguyên nhân chính gây thiệt hại lớn của mực nước dị thường.



Hình 2. Minh họa cơ chế gây dao động mực nước lớn tại cảng Nagasaki-Nhật (*Abiki waves*) vào ngày 31 tháng 3 năm 1979 (Rabinovich, 2009 [7]).

### 3. Mô hình tính toán dao động mực nước trong cảng biển

Mô hình tính toán dao động mực nước trong cảng biển được phát triển dựa trên phương trình sóng dài phi tuyến hai chiều [9], hệ các phương trình được diễn tả dưới đây:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q_x Q_x}{d} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{Q_x Q_y}{d} \right) + gd \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\rho g n^2}{\rho d^{7/3}} Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} + Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} \\ - 2 \frac{\partial}{\partial x} \left( v_e \frac{\partial Q_x}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left( v_e \frac{\partial Q_x}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left( v_e \frac{\partial Q_y}{\partial x} \right) = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q_x Q_y}{d} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{Q_y^2}{d} \right) + gd \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{\rho g n^2}{\rho d^{7/3}} Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} + Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} \\ - 2 \frac{\partial}{\partial y} \left( v_e \frac{\partial Q_y}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left( v_e \frac{\partial Q_y}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left( v_e \frac{\partial Q_x}{\partial y} \right) = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Ở đây,  $Q_x$  ( $m^3/s$ ) và  $Q_y$  ( $m^3/s$ ) là lưu lượng nước theo phương  $x$  và  $y$ ,  $t$  (s) là thời gian,  $d$  (m) là tổng độ sâu ( $d=h+\zeta$ ),  $h$  là độ sâu ban đầu,  $\zeta$  (m) là dao động mực nước trên độ cao trung bình,  $g$  ( $m/s^2$ ) là gia tốc trọng trường,  $\rho$  là mật độ nước biển,  $n$  ( $m/s^{1/3}$ ) là hệ số nhám ( $n=0.025$  trong tính toán này) và  $v_c$  là hệ số rôi được tính từ mô hình rôi SDS của Nadaoka và Jagi (1998) [10]. Hệ phương trình trên được giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn. Tại biên truyền sóng ngoài khơi, các sóng hình Sin với độ cao và chu kỳ được xác định. Với các biên lỏng khác, điều kiện phát xạ được áp dụng, trong khi đó điều kiện biên di động được áp dụng tại các biên cứng. Chi tiết về sơ đồ số của mô hình, các điều kiện biên cũng như kết quả tính toán và kiểm chứng mô hình đã được trình bày chi tiết trong các công trình [9,11].

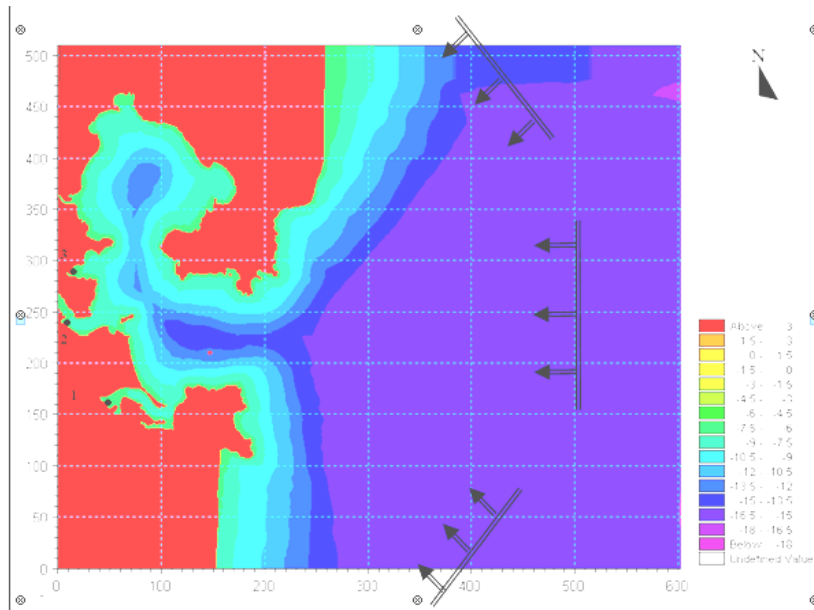
#### 4. Kết quả tính toán hệ số dao động mực nước trong cảng biển Tuy Hòa

Cảng biển Tuy Hòa là nơi được ghi nhận nhiều lần có hiện tượng mực nước dâng dị thường xuất hiện. Địa hình cảng với cửa cảng có hướng thẳng góc với hướng Đông, đây là hướng có gió thịnh hành vào mùa đông tại khu vực này. Gió hướng Đông kết hợp với hình thể thời tiết phù hợp tạo sẽ tạo ra các đợt sóng biển với chu kỳ dài lan truyền và gây mực nước dâng cao trong cảng có thể là nguyên nhân chính gây ra mực nước dị thường lớn tại đây. Hệ số khuếch đại mực nước tại cảng biển Tuy Hòa được tính toán cho nhiều vị trí, tuy nhiên trong báo cáo này, chỉ một số vị trí trong cảng, ở đó có hệ số khuếch đại mực nước lớn được phân tích và đánh giá. Trường độ sâu, vị trí các điểm tính (•) và kịch bản của hướng truyền sóng được biểu diễn trên hình 4. Trong đó, vị trí 1 là phường 6, thành phố Tuy Hòa-Phú Yên, tại

đó có cảng cá là nơi có mực nước dị thường xuất hiện vào ngày 12/12/2011 như đã tổng quan tại mục 1. Ba kịch bản thử nghiệm của hướng truyền sóng khác nhau tương ứng với hướng Đông Bắc, hướng Đông và hướng Đông Nam. Để nghiên cứu nguy cơ về mực nước dị thường có thể xảy ra tại cảng biển Tuy Hòa (thông qua tính toán phát hiện những chu kỳ sóng gây mực nước dị thường và hệ số khuếch đại tương ứng) thì các thông tin về điều kiện khí tượng (quá trình nhiễu động khí quyển với quy mô không phải bão) tạo nên các sóng biển có chu kỳ dài ngoài khơi là vô cùng quan trọng. Tuy nhiên, vấn đề này chưa được đặt ra trong khuôn khổ của bài báo này. Chính vì vậy mà trong các tính toán ở đây đều sử dụng chung một điều kiện về độ cao sóng ngoài khơi  $H_f=0.2m$  nhưng chu kỳ thay đổi (100-2400s) trên nền thủy triều lớn nhất tại khu vực (2.0m), bước lưới tính 10m được dùng cho tất cả các tính toán. Cần nhắc lại rằng, các tham số sóng lựa chọn ở đây là những giá trị thường ghi nhận được của các sóng dài do quá trình nhiễu động khí quyển gây nên [10].

Mối liên hệ giữa hệ số khuếch đại mực nước tại 3 vị trí phân tích với chu kỳ sóng cho 3 kịch bản của hướng truyền sóng được thể hiện trên hình 4 (a,b,c). Ở đó hệ số khuếch đại mực nước  $R_m$  là tỷ số giữa độ cao mực nước tại các điểm tính toán và tại ngoài cửa cảng (♦). Phân bố mực nước lớn nhất trong cảng trong trường hợp chu kỳ sóng  $T=1800s$  và sóng truyền theo kịch bản 1 được thể hiện trên hình 4(c). Từ các kết quả tính toán và phân tích có thể có một số nhận xét chính như sau:

Theo tất cả các kịch bản tính toán, 3 vị trí được lựa chọn luôn có dao động mực nước lớn nhất. Kết luận này đã được minh chứng trên các hình 4(c) về phân bố mực nước lớn nhất trong cảng biển Tuy Hòa.



Hình 3. Địa hình, vị trí các điểm phân tích và các kịch bản hướng truyền sóng tại cảng Tuy Hòa.

Trong dải chu kỳ tính toán luôn có sự xuất hiện 2 lần đỉnh của hệ số khuếch đại mực nước. Điều này đã giải thích được rằng không phải thời điểm nào hay tháng nào cũng có xuất hiện mực nước dâng dị thường, mà chỉ những thời điểm có hình thể khí tượng tạo ra các sóng dài phù hợp gây cộng hưởng trong cảnh.

Với các hướng truyền sóng khác nhau thì những nhóm chu kỳ sóng gây hệ số khuếch đại lớn cũng khác nhau. Cụ thể, với kịch bản 1, nhóm chu kỳ sóng gây hệ số khuếch đại mực nước lớn khoảng 800s (đỉnh thứ nhất của  $R_m$ ) và 1800s (đỉnh thứ hai của  $R_m$ ).

Hệ số khuếch đại mực nước tại từng điểm có sự khác biệt nhiều trong từng kịch bản và thay đổi khá lớn theo các kịch bản của hướng truyền sóng. Vị trí 2 luôn có hệ số khuếch đại mực nước lớn nhất so với 2 vị trí còn lại. Giá trị khuếch đại mực nước lớn nhất trong kịch bản 1 ứng với sóng truyền hướng Đông ( $R_m$  lớn hơn 16).

Kịch bản 1 có hệ số dao động mực nước lớn nhất, đây cũng chính là hướng có gió thịnh hành vào mùa Đông và mực nước dị thường thỉnh thoảng được quan sát thấy trong mùa này. Mặc dù kết quả tính toán hệ số dao động mực nước với hướng sóng Đông Nam khá lớn, tuy nhiên trên thực tế, gió Đông Nam lại ít khi tạo ra hình thể thời tiết phù hợp để gây hệ số dao động mực nước lớn trong cảng biển.

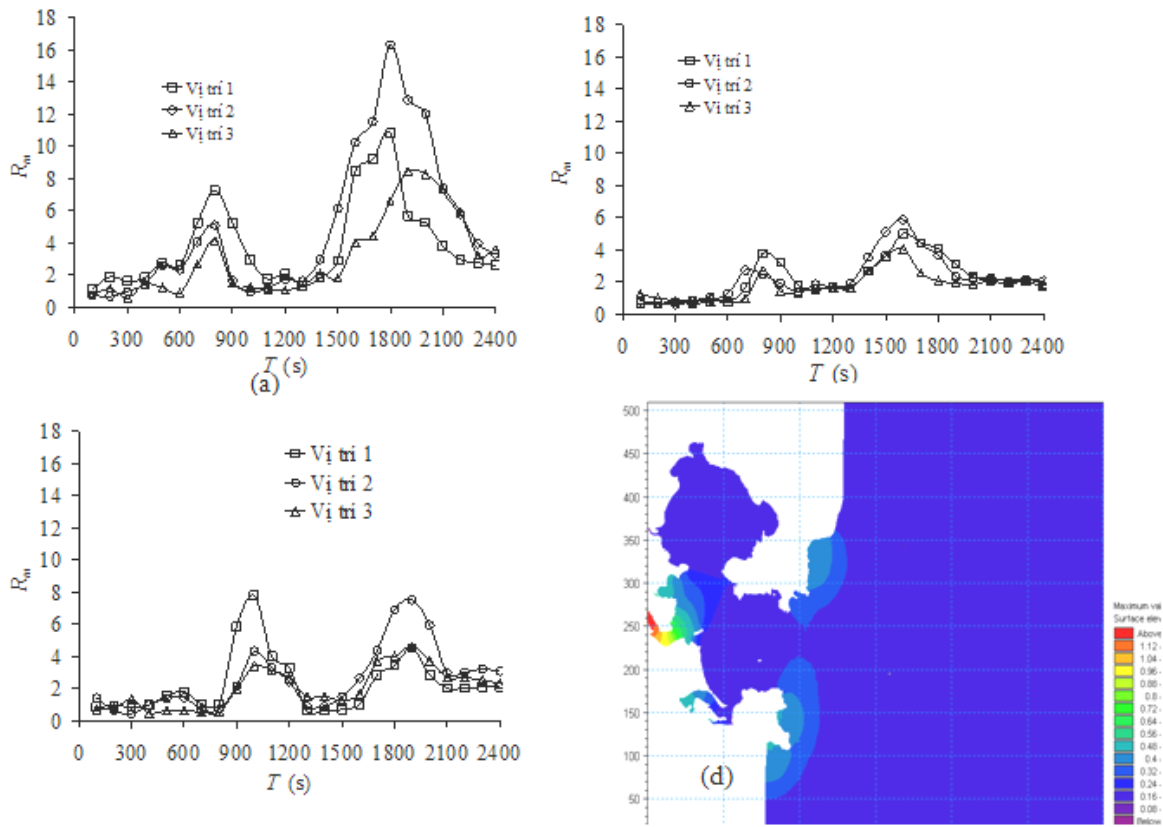
Trên đây là những kết quả ban đầu tính toán hệ số dao động mực nước tại một số vị trí trong cảng biển Tuy Hòa với điều kiện đơn giản của sóng dài tại biên (sóng dạng hình  $Sin$  với chu kỳ và độ cao xác định). Kết quả của nghiên cứu này sẽ góp phần vào công tác cảnh báo, dự báo mực nước dị thường-triều cường trong tương lai. Trong thực tế, hiện tượng mực nước dâng dị thường trong cảng biển được tạo bởi các sóng dài có dạng rất phức tạp. Việc xác định các tham số sóng ngoài khơi thông qua mối liên hệ với các hình thể khí tượng, cũng như tính toán thử nghiệm cho các cảng biển khác tại Việt

Nam cần được thực hiện trong các nghiên cứu tiếp theo một cách sâu rộng hơn.

### 5. Kết luận

Trong nghiên cứu này, nguyên nhân và cơ chế gây dao động mực nước dị thường trong cảng biển do bởi tác nhân khí tượng đã được phân tích trên một trường hợp cụ thể tại Cảng Nagasaki-Nhật Bản. Nguy cơ về mực nước

dâng dị thường trong cảng biển Tuy Hòa đã được tính toán cho các trường hợp khác nhau của chu kỳ sóng ngoài khơi và 3 kịch bản của hướng truyền sóng. Kết quả tính toán và phân tích cho thấy rằng hệ số dao động mực nước trong cảng biển phụ thuộc rất mạnh vào chu kỳ sóng tới cũng như hướng truyền sóng. Trong dải chu kỳ tính toán luôn có sự xuất hiện 2 lần đỉnh của hệ số khuếch đại mực nước. Mực nước tại một số điểm trong cảng Tuy Hòa có thể cao gấp 16 lần so với vị trí tại cửa cảng.



Hình 4. Hệ số khuếch đại mực nước tại các điểm trong cảng biển Tuy Hòa theo các chu kỳ sóng khác nhau với các kịch bản hướng truyền sóng: (a) kịch bản 1, (b) kịch bản 2 và (c) kịch bản 3. (d) Mực nước cực đại tại cảng Tuy Hòa theo kịch bản 1 ( $T=1800$ s).

**Tài liệu tham khảo**

- [1] Mile, J., and Munk, W., “Harbor Paradox,” *Journal of Waterway and Harbor Division*, ASCE, Vol. 87, No. WW3, 1961, pp. 111-139. ,
- [2] Hwang, L-S. and Tuck, E. O., 1970. On the oscillations of harbours of arbitrary shape. *J. Fluid Mech.*, 42: 447-464.
- [3] Ippen, A. T., and Goda, Y., 1963, “Wave-Induced Oscillations in Harbor: the Solution for a Rectangular Harbor Connected to Open-Sea,” Report No. 59, *Hydrodynamic Lab.*, M. I. T., MA, U.S.A.
- [4] Horikawa, K., Shuto, N., and Nishimura, H., 1969. Characteristic oscillation of water in an L-shaped bay. *Coastal Eng. in Japan*, 12: 47-56.
- [5] Hsiao, S., S. and Fang, H., M., 2005. A drbem model for harbor oscillation with the effect of energy dissipation. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, Vol. 28, No. 4, 2005. 639-646
- [6] Jong, M.P.C., Seiche characteristics of Rotterdam Harbour. *Coastal Engineering* 51, 2004, 373–386.
- [7] Rabinovich, A., B., *Seiches and Harbor Oscillations – Handbook of Coastal and Ocean Engineering* (edited by Y.C.Kim), World Scientific Publ., Singapore, 2009
- [8] Bùi Xuân Thông (2007). Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ “Nghiên cứu hiện tượng mực nước biển dâng dị thường không phải do bão xảy ra tại các vùng cửa sông, ven biển Việt Nam”.
- [9] Thuy, N., B., Tanimoto, K., Tanaka, N., Harada K., Iimura, K.. Effect of open gap in coastal forest on tsunami Run-up - Investigations by experiment and numerical simulation, *Ocean Engineering*, Elsevier, 36 (2009), 1258–1269.
- [10] Nadaoka, K., Yagi, H., Shallow - water turbulence modeling and horizontal larger-eddy computation of river flow. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 124(5), 1998, pp. 493-500.
- [11] Nguyễn Bá Thủy, Nguyễn Thanh Trang, Nguyễn Quốc Trinh, Bùi Mạnh Hà. Tính toán phân tích dao động mực nước trong một số cảng biển có hình dạng khác nhau bằng mô hình số trị. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, số 613 2012, trang 25-29.

## Study the risk of anomalous water level in harbor by numerical model

Do Dinh Chien<sup>1</sup>, Nguyen Ba Thuy<sup>2</sup>, Nguyen Tho Sao<sup>3</sup>  
Vu Hai Dang<sup>4</sup>, Nguyen Thanh Trang<sup>5</sup>

<sup>1</sup>*Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Environment 23/62 Nguyen Chi Thanh Hanoi*

<sup>2</sup>*National Center for Hydro-Meteorological Forecasting 4 Dang Thai Than, Hoan Kiem, Hanoi*

<sup>3</sup>*VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam*

<sup>4</sup>*Institute of Marine Geophysics and Geology 18 Hoang Quoc Viet, Cau Giay, Hanoi*

<sup>5</sup>*Center for Marine Hydrology , 62 Nguyen Chi Thanh Hanoi*

A numerical model based on the two-dimensional nonlinear long wave equations was applied to study the anomalous water level oscillation in the semi-enclosed seas, harbors. Test calculations with the different conditions of the period and the direction of wave propagation have been applied at Tuy Hoa harbor, where many times observed the phenomenon of anomalous high water level. Calculation results and analysis show that amplification factor of water level oscillation in harbor depends strongly on both the period and the direction of long wave propagation from offshore. In range of wave periods used in these calculations, there are always two peaks in variation of the amplification factors. At some points in harbor, water level can be 16 times higher than the water level at harbor mouth.

*Keywords:* anomalous water level, Tuy Hoa.