

# ỨNG DỤNG TELEMACH2D NGHIÊN CỨU HIỆN TƯỢNG SÓNG THẦN DO ĐỘNG ĐẤT Ở BIỂN ĐÔNG GÂY RA CHO VÙNG VEN BỜ & TRONG SÔNG SÀI GÒN-ĐỒNG NAI

PGS.TS Nguyễn Thống, Hồ Long Phi  
 Châu Nguyễn Xuân Quang, Lư Xuân Lộc  
 Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

**Tóm tắt:** Nội dung bài báo giới thiệu kết quả bước đầu ứng dụng phần mềm thủy lực Telemac2D để nghiên cứu hiện tượng lan truyền của sóng thần vào vùng ven bờ biển và bên trong hệ thống sông Sài Gòn Đồng Nai do hiện tượng dịch chuyển đáy biển Đông với các tình huống giả định. Đặc biệt có xem xét đến sự lan truyền sóng vào sâu trong nội thành tại một số khu vực điển hình trong thành phố Hồ Chí Minh trên lưu vực của kênh Nhiêu Lộc-Thị Nghè. Kết quả tính cho thấy với trận động đất mạnh 8.35 độ Richter, cao trình mực nước tại một số điểm trong đường phố của lưu vực tính đạt đến trên 3m. Miền nghiên cứu 2 chiều theo phương nằm ngang (2D) mô tả bởi 1045000 phần tử tam giác phi cấu trúc. Thống kê thời gian mô phỏng hiện tượng cho thấy khả năng xử lý bài toán lớn của phần mềm Telemac2D rất tốt về tốc độ tính toán mô phỏng.

**Từ khoá:** Telemac2D; Sóng thần; Động đất; Sông Sài Gòn-Đồng Nai; Biển Đông

**Summary:** This paper presents the application of Telemac2D software to calculate the propagation and the effect of tsunami due to the earthquake in East Sea on the coastal and Sai Gon-Dong Nai river network. Especially, we consider this effect on certain particular zone in Ho Chi Minh City at Nhiu Loc-Thi Nghe sub basin for example. The result shows that which a earthquake of 8.35 Richter magnitude scale at the position about 240km from offshore of Vung Tau, the maximum water level will be above 3m in certain zone in city. The research domain 2D was described by 1045000 unstructured triangle elements. The statistics of simulation time of the phenomenon shows that the Telemac2D is a interesting software to simulate large numerical problems in the point of view of computational speed.

**Keywords:** Telemac2D; Tsunami; Earthquake; Sai Gon-Dong Nai River; East Sea

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Do cấu trúc địa tầng, khu vực Biển Đông là vùng địa chất có khả năng xảy ra động đất. Nghiên cứu đánh giá quy mô sóng thần có thể sinh ra và tác động đến vùng bờ biển phía Nam Việt Nam cũng như đánh giá đến sự dâng cao mực nước trong hệ thống sông và các khu vực thấp trong lưu vực sông Sài Gòn Đồng Nai là cần thiết. Kết quả nghiên cứu cho phép xác định một cách định lượng các đặc trưng của sóng thần theo không gian và thời gian. Với các kết quả tính toán dự báo có thể giúp cơ quan chức năng đưa ra các

cảnh báo sớm một cách có cơ sở khoa học nhằm giảm thiểu những tổn thất rất lớn gây ra đối với cộng đồng.

Đây là nghiên cứu bước đầu, do đó nội dung chỉ giới hạn trong giả thiết sóng thần sẽ xảy ra tại một vị trí giả định trong vùng biển Đông với các quy mô động đất có các cấp khác nhau. Miền tính toán được mở rộng đến khu vực nội thành thành phố Hồ Chí Minh với khu vực điển hình là lưu vực kênh Nhiêu Lộc-Thị Nghè. Với biên ngoài biển, do hạn chế về số liệu địa hình và để giảm ảnh hưởng điều kiện biên hở của miền tính ngoài biển lên lời giải bài toán, miền tính sẽ được lấy ra đủ rộng để giảm thiểu ảnh hưởng của hiện tượng phản xạ nếu có ở vùng biên hở này. Mô hình toán số Telemac2D

Người phản biện:  
 Ngày nhận bài:  
 Ngày thông qua phản biện:  
 Ngày duyệt đăng:

dùng để giải bài toán thủy lực 2 chiều theo phương nằm ngang theo lý thuyết bài toán nước nông mô tả bởi hệ phương trình Saint Venant được lựa chọn sử dụng vì những ưu điểm của nó về khả năng giải các bài toán lớn cũng như tốc độ tính vượt trội của mô hình.

**2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT**

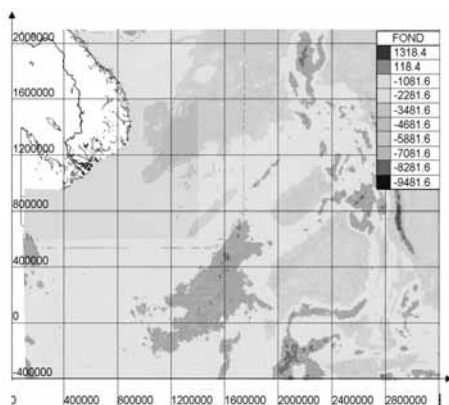
Telemac2D [1], [2] là một trong những phần mềm thủy lực được Tập đoàn Điện lực Pháp (EDF) chủ trì cùng với sự tham gia của nhiều tổ chức nghiên cứu trên thế giới dùng để mô phỏng thủy lực dòng chảy 2 chiều theo phương nằm ngang (trung bình theo phương thẳng đứng) được mô tả bởi hệ phương trình Saint Venant [(1), (2), (3)] như sau:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \text{div}(h\vec{U}) = q \tag{1}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial Z_s}{\partial x} + F_x + \frac{1}{h} \text{div}[h\nu_e \text{grad}(u)] \tag{2}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial Z_s}{\partial y} + F_y + \frac{1}{h} \text{div}[h\nu_e \text{grad}(v)] \tag{3}$$

Trong đó: h(m) – chiều sâu, u & v(m/s) – thành phần vận tốc theo phương ngang x & y



Hình 1a: Miền tính mô phỏng hiện tượng sóng thần

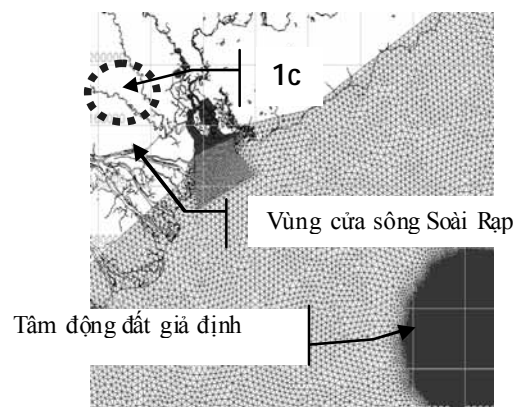
của vận tốc  $\vec{U}$ , q(m/s) – lưu lượng đơn vị của nguồn,  $Z_s$ (m) – cao độ mặt thoáng,  $F_{x,y}$ (m/s<sup>2</sup>) – các ngoại lực (không kể trọng lực, ví dụ lực Coriolis,...) tác dụng trên một đơn vị khối lượng chiếu theo phương ngang x & y,  $\nu_e$ (m<sup>2</sup>/s) hệ số khuếch tán vận tốc.

Mô hình Telemac2D được lập trình bằng ngôn ngữ fortran [4] trong đó có thể lựa chọn phương pháp phần tử hữu hạn hoặc thể tích hữu hạn. Đây là phần mềm được lập trình theo kỹ thuật song song cho phép tăng tốc độ tính toán nhiều lần khi chương trình chạy trên những trung tâm máy tính có nhiều nhân xử lý.

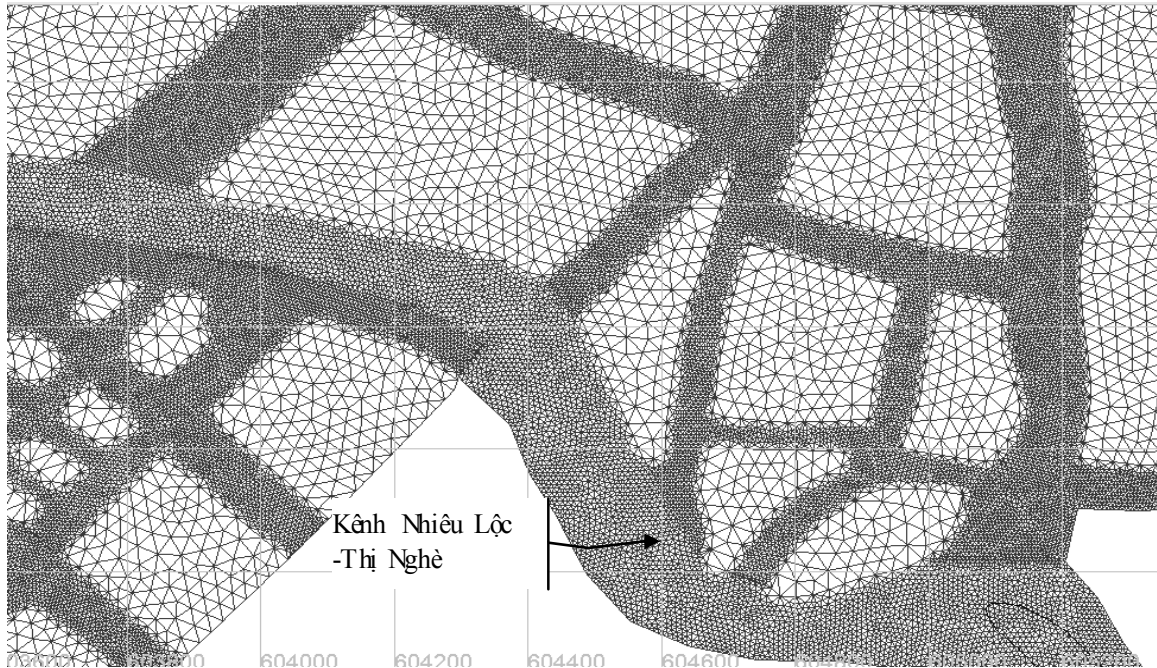
**3. ÁP DỤNG TELEMAC2D MÔ PHỎNG SỰ HÌNH THÀNH & LAN TRUYỀN SÓNG THẦN DO MỘT KHỐI ĐỊA TẢNG Ở BIÊN ĐÔNG DỊCH CHUYỂN GÂY RA**

**3.1 Miền tính**

Miền nghiên cứu trong hệ tọa độ VN2000 được giới hạn phía thượng lưu đến vị trí sau các hồ Trị An, Phước Hòa, Dầu Tiếng. Phía hạ lưu về vùng biển miền tính được lấy bao phủ ra vùng biển Đông có khoảng cách từ bờ khoảng 3000km. Khoảng cách cũng được lấy tương tự cho 2 biên phía Bắc và Nam miền tính (hình 1a). Toàn bộ miền tính được mô hình hoá bởi 1045000 phần tử tam giác với phần tử tam giác nhỏ nhất có cạnh khoảng 10m mô tả các đường phố trong lưu vực kênh Nhiêu Lộc-Thị Nghè và phần tử lớn nhất có cạnh từ 500m đến 4000m mô tả phần tử ngoài vùng biển của miền tính [3].



Hình 1b: Miền tính giới hạn từ vùng cửa sông Sài Ráp đến vị trí động đất



Hình 1c: Lưới tính để hình cho một khu trong lưu vực kênh Nhiêu Lộc-Thị Nghè

### 3.2 Điều kiện biên

Miền nghiên cứu được giới hạn với 2 biên ở thượng lưu và 1 biên ở hạ lưu cụ thể như sau:

- Biên  $Q(t)=880\text{m}^3/\text{s}$  sau hồ chứa Trị An (nhà máy chạy 4 tổ máy với công suất thiết kế)
- Biên  $Q(t)=0$  sau hồ chứa Dầu Tiếng
- Biên  $Z(t)$  ngoài biển Đông (các đoạn biên lòng giả thiết cao độ mực nước là không đổi 1.2m trong thời gian mô phỏng hiện tượng sóng thần xảy ra trong miền tính).

### 3.3 Điều kiện ban đầu

Mục đích nghiên cứu ở đây tập trung vào một thời đoạn xem xét tương đối ngắn xảy ra sự lan truyền của sóng thần từ ngoài khơi biển Đông vào khu vực nội thành thành phố Hồ Chí Minh. Vị trí tâm động đất được giả định ở ngoài khơi biển Đông cách Vũng Tàu khoảng 240km. Do đó thời gian mô phỏng ước tính khoảng 10h. Để đơn giản bài toán mà vẫn đảm bảo nghiên cứu được hiện tượng điều kiện ban đầu của bài toán được khởi động với cao độ mực nước là 1.2m cho miền tính.

### 3.4 Hiệu chỉnh mô hình

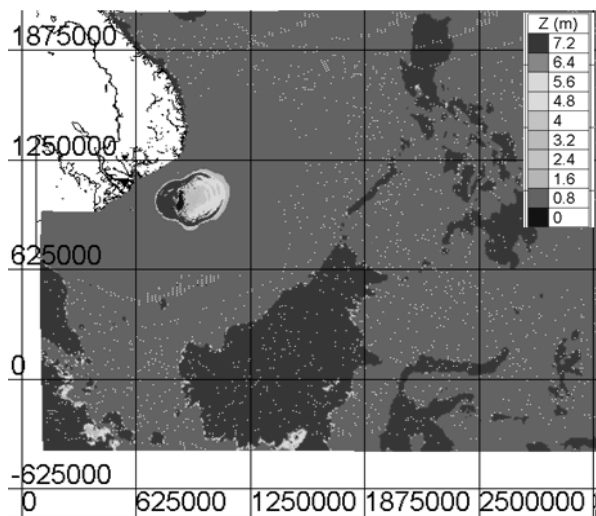
Do bài toán mang tính đặc thù riêng và chưa có số liệu thực đo nên một số tham số mô hình được hiệu chỉnh trên cơ sở tham khảo kết quả một số bài toán trong vùng [6]. Quy luật thủy lực ma sát đáy theo Chézy  $V = C\sqrt{RJ}$  với  $C = 4(0 \div 60)\text{m}^{0.5}/\text{s}$ . Giá trị nhỏ tương ứng với miền tính nằm sâu trong đất liền. Hệ số khuếch tán vận tốc ( $\nu_e = 10^{-4} \text{m}^2/\text{s}$ ). Miền tính khi hiệu chỉnh mô hình chỉ giới hạn trong phạm vi thu gọn gồm có hai sông chính Sài Gòn, Đồng Nai và vùng cửa Sông. Giá trị mực nước của các Trạm đo có trong khu vực trong cùng thời kỳ sẽ được sử dụng để hiệu chỉnh mô hình.

### 3.5 Kết quả [5]

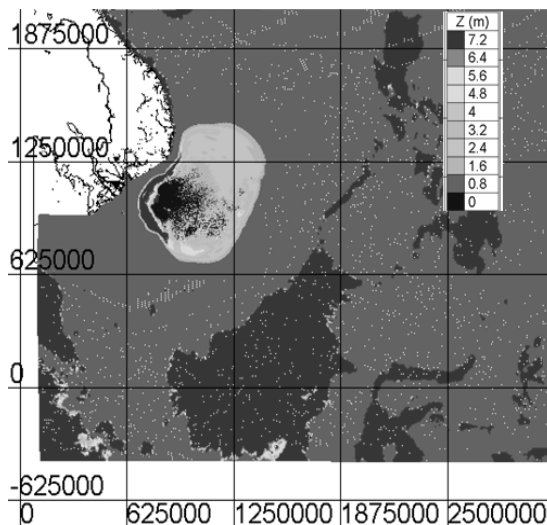
Nghiên cứu được thực hiện với các trường hợp có cường độ động đất thay đổi 7.6, 7.8, 8.0 & 8.35 độ Richter. Vị trí tâm động đất giả định nằm trong biển Đông cách Vũng Tàu về hướng Đông khoảng 240km. Hiện tượng động đất được mô phỏng bằng hiện tượng dịch chuyển đáy biển xảy ra trong 120s. Bán kính

vùng đáy biển dịch chuyển được lấy giá định là  $R=50\text{km}$ . Sự thay đổi (nâng cao) đáy biển được mô tả sao cho năng lượng thế năng khối

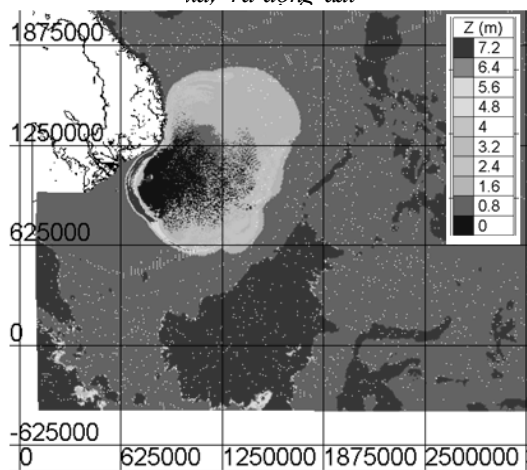
dịch chuyển sẽ bằng với năng lượng tương đương của các cường độ động đất nêu trên. Một số kết quả được trình bày như sau:



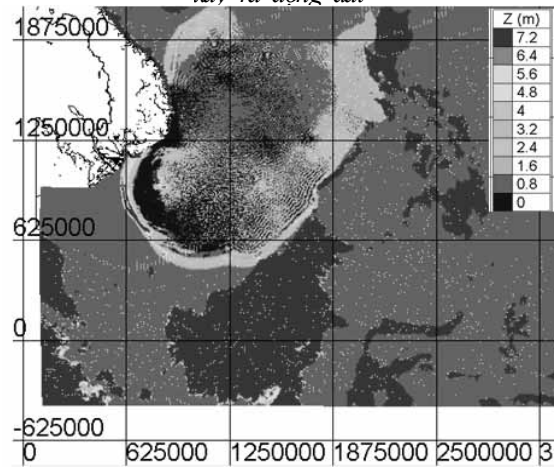
Hình 2a: Mức nước biển của sóng thần sau 30 phút xảy ra động đất



Hình 2b: Mức nước biển của sóng thần sau 1 giờ xảy ra động đất



Hình 2c: Mức nước biển của sóng thần sau 1 giờ 30 phút xảy ra động đất

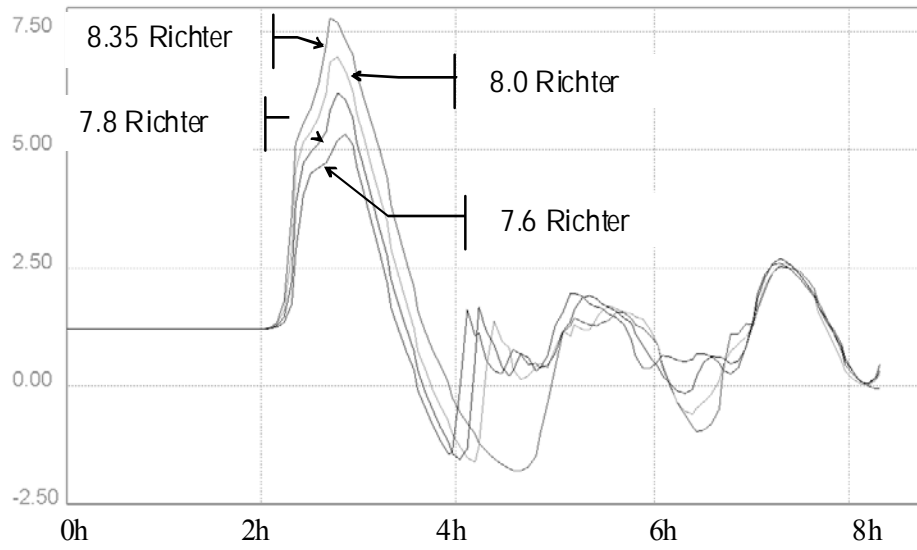


Hình 2d: Mức nước biển của sóng thần sau 2 giờ 30 phút xảy ra động đất

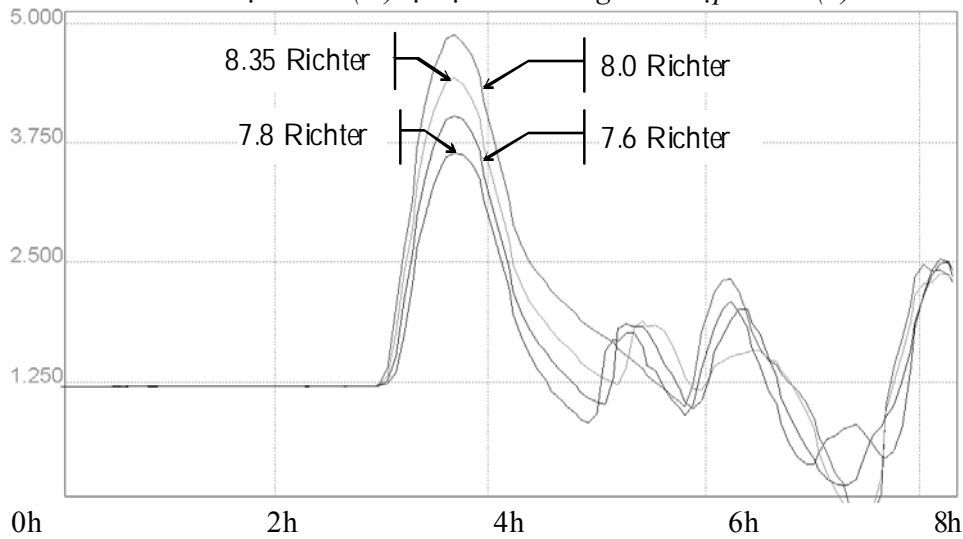
Các hình 2a,b,c,d trình bày tóm tắt sự lan truyền của sóng thần kể từ tâm động đất. Tốc độ lan truyền cho thấy sóng di chuyển về hướng bờ (phía Tây) vùng có chiều sâu nước giảm dần, là tương đối chậm hơn so với hướng ra khơi xa (hướng Đông, Nam, Bắc). Điều này hoàn toàn phù hợp với lý thuyết về tốc độ truyền sóng trong môi trường nước tỷ lệ thuận

theo quan hệ  $\sqrt{gh}$  (m/s) với h là chiều sâu nước. Tốc độ lan truyền trung bình của đỉnh sóng thần từ tâm động đất đến cửa sông Sài Rạp khoảng 20.5m/s.

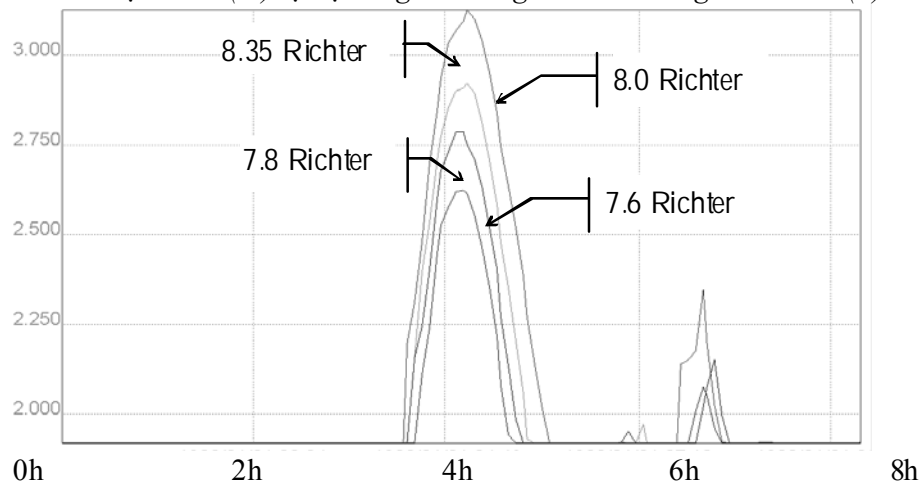
Các hình sau đây trình bày sự thay đổi mực nước theo thời gian tại một số vị trí điển hình trong miền tính.



Hình 3: Mức nước (m) tại vị trí cửa sông Soài Rạp theo t (h)



Hình 4: Mức nước (m) tại vị trí ngã ba sông Sài Gòn-Đồng Nai theo t (h)



Hình 5: Mức nước (m) tại vị trí trên đường Phan Đình Phùng theo t (h)

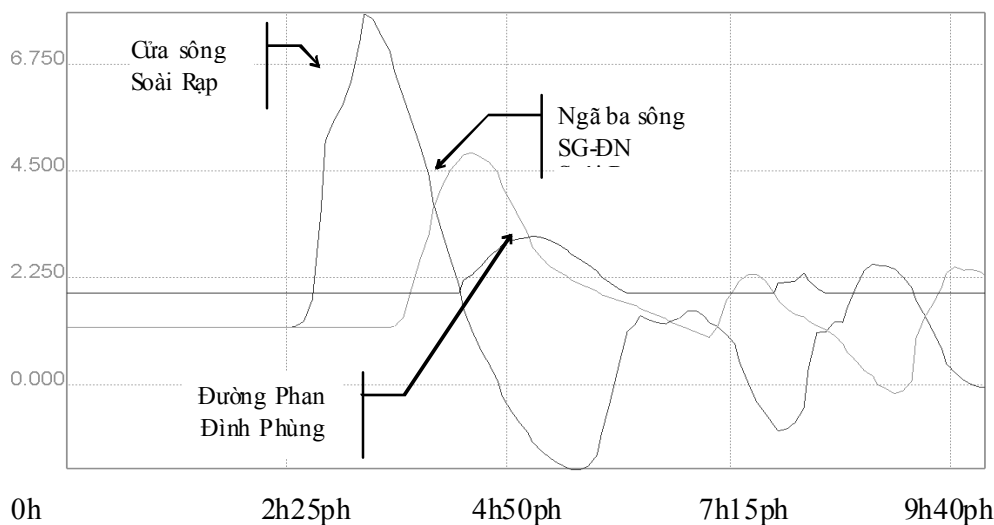
Kết quả trên hình 3 cho thấy tại vị trí ngoài biển Đông cách Vũng Tàu khoảng 240 km đỉnh sóng thần sẽ lan truyền đến cửa sông Sài Rạp sau khoảng 3h15 phút kể từ khi xảy ra động đất. Mức nước cao nhất tương ứng với cường độ động đất 8.35 độ Richter có thể đạt đến 8.13m (ở đây mức nước tĩnh trước khi động đất được giả định là 1.2m). Cao trình mực nước lớn nhất này sẽ giảm dần, tỷ lệ thuận theo cường độ động đất. Ví dụ: mực nước cao nhất khi cường độ động đất 7.6 độ Richter là 5.31m. Kết quả trên đồ thị cũng cho thấy thời điểm xảy ra mực nước cao nhất của sóng tại vị trí xét này là gần như không thay đổi theo cường độ động đất. Kết quả này là hoàn toàn phù hợp với lý thuyết truyền sóng trong đó tốc độ truyền sóng không phụ thuộc vào cường độ động đất mà chỉ phụ thuộc vào chiều sâu nước vùng sóng truyền qua. So sánh mực nước cao nhất trong các hình 4, hình 5 cho thấy mực nước cao nhất của sóng thần giảm khi đi sâu vào thượng nguồn sông Sài

Gòn Đồng Nai.

Cấp độ động đất (Richter)	7.6	7.8	8	8.35
Vị trí				
Cửa Soài Rạp	5.319	6.156	7.131	8.132
Ngã ba SG-ĐN	3.648	4.037	4.437	4.897
Đường Phan Đình Phùng	2.623	2.784	2.920	3.124

Bảng 1: Mực nước lớn nhất tại các vị trí điển hình tương ứng cường độ động đất khác nhau

Tại vị trí ngã ba sông Sài Gòn-Đồng Nai mực nước cao nhất tương ứng với cường độ động đất 8.35 độ Richter là 4.89m. Kết quả tính toán cũng cho thấy sóng thần lan vào sâu trong nội thành thành phố Hồ Chí Minh. Cụ thể hình 5 cho thấy mực nước tại một vị trí trên đường Phan Đình Phùng (cách cầu Kiều khoảng 100m về hướng quận Phú Nhuận). Mực nước cao nhất tương ứng với cường độ động đất 8.35 độ Richter là 3.12m (cao độ mặt đất khoảng 1,9m).



Hình 6: Mực nước (m) tại các vị trí khác nhau của trận động đất 8.35 độ Richter theo t (h)

Bảng 2: Thời gian đạt mực nước lớn nhất tại một số vị trí điển hình sau khi xảy ra động đất

Vị trí	Cửa Soài Rạp	Ngã ba SG-ĐN	Đường Phan Đình Phùng
Thời gian xuất hiện $Z_{max}$	3h15phút	4h25phút	5 h

Về thời gian truyền sóng vào sâu trong thượng nguồn hệ thống sông Sài Gòn-Đồng Nai được trình bày trên hình 6. Mực nước cao nhất xảy ra tại vị trí cửa sông Soài Rạp là khoảng 3h15 phút sau khi xảy ra động đất. Tại vị trí ngã ba sông Sài Gòn-Đồng Nai mực nước cao nhất xảy ra sau 4h25 phút, trễ hơn khoảng 1h10 phút so với cửa sông Soài Rạp. Với khoảng cách theo đường thẳng từ vị trí cửa Soài Rạp đến ngã ba sông Sài Gòn Đồng Nai khoảng 47km cho thấy tốc độ trung bình của sóng truyền đi trong tuyến đường đi này khoảng 11.2 m/s. Trong khi đó để đỉnh sóng truyền từ ngã ba sông Sài Gòn-Đồng Nai vào đến nội thành tại vị trí đường Phan Đình Phùng là 35 phút.

#### 4. KẾT LUẬN

Kết quả tính toán cho thấy: thành phố Hồ Chí Minh có khả năng chịu ảnh hưởng lớn do hiện tượng sóng thần khi động đất xảy ra tại vị trí

giả định xem xét trên biển Đông Với cấp động đất từ 7.6 độ Richter trở lên, khả năng nước dâng cao nguy hiểm (cao độ mực nước max trên 3m) sẽ xảy ra trong một số khu vực. Để có thể đưa ra các cảnh báo sớm cần phải mở rộng miền tính hơn cho tất cả các vùng khác trong nội thành và xem xét với nhiều kịch bản hơn về cường độ và vị trí xảy ra động đất.

Ngoài ra, việc ứng dụng mô hình Telemac2D cho thấy khả năng ứng dụng cao của phần mềm này. Với miền tính 2D có 1045000 phần tử tam giác phi cấu trúc kích thước cạnh của phần tử nhỏ nhất là 10m trong phạm vi đường phố và từ 500m đến 4000m cho các phần tử ngoài biển, thời gian mô phỏng hiện tượng trong khoảng thời gian 10h là cần 1h thực hiện trên máy chủ intel cluster chạy theo chế độ song song gồm có 16 nhân xử lý so với thời gian chạy máy khoảng 10h trên máy PC với cấu hình intel Core i7, Ram 8GB.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Jean Michel Hervouet (2007). *Hydrodynamics of Free Surface Flows modelling with the finite element method*. WILEY.
- [2]. Pierre LANG and all (2010). *Telem ac2d \_manuel \_utilisateur \_v6p0*. EDF
- [3]. NGUYỄN Thống (2008). *Bài giảng Phương pháp số ứng dụng*. Trường Đại Học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh.
- [4]. Loren P. MEISSNER (1995). *Fortran 90*. PWS Publishing Company
- [5]. Canadian Hydraulics Centre, National Research Council. *Blue Kenue Reference Manual 2010*.
- [6] Nguyễn Thống và nnk. *Ứng dụng Telemac2d xác định mức độ giảm độ mặn tại vị trí lấy nước cho nhà máy nước Tân Hiệp với các kịch bản lưu lượng xả từ hồ Dầu Tiếng*. Tạp chí NNPTNT số 16/2013

#### Lời cảm ơn:

- Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc Gia Thành phố Hồ Chí Minh (VNU-HCM) trong khuôn khổ đề tài mã số C2013-48-02.
- Các mô phỏng này đã được thực hiện tại Trung tâm tính toán hiệu năng cao (HPCC) Trường Đại học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh.