

---

# TÍNH TOÁN ĐỘ AN TOÀN CỦA TÀU TRÊN LUỒNG KHI RA VÀO CẢNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP XÁC SUẤT VÀ ỨNG DỤNG TRONG ĐIỀU KIỆN VIỆT NAM CALCULATING BOTTOM TOUCH PROBABILITY OF DEEP-DRAFTED VESSELS ON APPROACHING HARBOUR AND ITS APPLICATION IN VIETNAM CONDITION

ThS. NGUYỄN SĨ NGUYỄN  
Khoa Công trình thủy, Trường ĐHHH

## **Tóm tắt**

*Bài báo trình bày tổng quan về chương trình tính toán khoảng cách an toàn dưới đáy tàu trong luồng và xác suất chạm đáy của tàu có trọng tải lớn và khả năng phát triển cũng như ứng dụng trong điều kiện luồng lạch cảng biển Việt Nam.*

## **Abstract**

*This paper presents an overview of the program calculating the under keel clearance in the access channel and bottom touch probability of deep-drafted vessels and the ability of developments and applications as well in the condition of Vietnamese harbour's access channels.*

## **1. Mở đầu**

Ngày nay, cùng với sự phát triển của ngành kinh tế nói chung, ngành kinh tế biển cũng đã khẳng định được vai trò to lớn của mình trong nền kinh tế quốc dân, đặc biệt là với các quốc gia có biển và có cảng biển. Sự phát triển đó cùng với những tiến bộ trong kỹ thuật đóng tàu đã cho ra đời các loại tàu có kích thước lớn và siêu lớn. Để có thể đáp ứng được cho các loại tàu đó, việc mở rộng cảng biển là vấn đề đặc biệt quan trọng. Bên cạnh đó, việc nâng cấp khả năng đón nhận tàu của các cảng hiện hữu cũng đang đặt ra nhiều vấn đề. Trong đó, việc nghiên cứu đưa ra những tính toán để có thể tối ưu hóa quá trình dẫn tàu và đảm bảo an toàn hàng hải cho tàu ra vào cảng, tận dụng tối đa các yếu tố tự nhiên (độ sâu, thời gian duy trì mực nước thủy triều...) để các cảng có luồng hạn chế có thể đón được các tàu lớn là vấn đề đã được nhiều nơi trên thế giới nghiên cứu và ứng dụng, đặc biệt là các nước có hệ thống cảng biển phát triển như Hà Lan, Bỉ, Mỹ...

Quá trình dẫn tàu ra vào cảng phụ thuộc chặt chẽ vào các đặc điểm lên xuống của thủy triều. Tàu biển, đặc biệt là các tàu có mớn nước lớn chỉ có thể ra vào cảng trong một điều kiện nhất định giới hạn trong một khoảng thời gian nhất định (cửa sổ triều). Những điều kiện đó bao gồm không chỉ là sự lên xuống của mực nước triều mà còn là các điều kiện thủy văn khác như gió, dòng chảy ngang, điều kiện địa chất đáy luồng. Những yếu tố đó giới hạn tốc độ di chuyển của tàu trong luồng, ảnh hưởng đến thời gian chạy tàu vốn bị giới hạn bởi thời gian duy trì mực nước, do đó nó cũng làm ảnh hưởng đến sự an toàn khi tàu ra vào cảng.

Hiện tại ở hầu hết các cảng trên thế giới, người ta thường áp dụng các tính toán tiền định để tìm ra thời điểm duy trì mực nước thích hợp để dẫn tàu ra-vào cảng, dựa trên mớn nước tàu, độ sâu mực nước triều (bảng thủy triều). Căn cứ vào đó có thể dẫn tàu ra-vào cảng một cách an toàn song với một tốc độ khá thấp và điều đó ảnh hưởng đến việc khai thác cảng.

Tuy nhiên, thực tế cho thấy, quá trình dẫn tàu ra-vào cảng an toàn còn phụ thuộc vào khá nhiều yếu tố chứ không chỉ có mực nước triều và mớn nước của tàu. Từ đó, việc áp dụng các tính toán xác suất vào việc xác định mức độ an toàn trong quá trình dẫn tàu đã được phát triển và trở thành một công cụ mới, có khả năng thay thế một cách đáng tin cậy cho cách tính truyền thống.

## **2. Giới thiệu về chương trình ProToel**

### **2.1. Nguyên lý cơ bản của chương trình**

Dựa trên điều kiện xác định của tuyến luồng và thời gian bắt đầu ra hoặc vào cảng, chương trình ProToel tính toán các yếu tố bao gồm khoảng cách an toàn dưới đáy tàu và xác suất va chạm của đáy tàu với đáy luồng cho tàu tính toán, với một tốc độ di chuyển cho trước trên luồng. Toàn bộ tuyến tàu chạy được chia nhỏ thành các khoảng nhất định, với một khoảng thời gian đủ nhỏ để

---

trên đó khoảng cách an toàn dưới đáy tàu được tính toán với các thông số về cao trình đáy luồng, độ sâu luồng tại điểm đang xét, độ cao thủy triều và dòng chảy tại thời điểm tính toán cũng như độ chìm của tàu do chuyển động tại thời điểm đó. Xác suất chạm đáy của tàu được xác định từ phổ hướng sóng tại thời điểm tính toán, vị trí và chuyển động của tàu ở thời điểm đó. Kết quả tính toán trên mỗi phân đoạn sẽ được thể hiện sau khi quá trình tính kết thúc. Kết quả ta sẽ có được số liệu về khoảng cách an toàn dưới đáy tàu, xác suất chạm đáy của tàu trong quá trình di chuyển trên luồng tính từ thời điểm xuất phát đến khi tới đích.

Để có thể tính được các giá trị về khoảng cách an toàn dưới đáy tàu và xác suất chạm đáy của tàu tại một thời điểm nhất định tính từ khi khởi hành ra (hoặc vào) bến, chương trình ProToel cần truy xuất các dữ liệu sau:

- Cơ sở dữ liệu (CSDL) về tàu: bao gồm các thông số về kích thước, chủng loại tàu, tốc độ hành trình của tàu trên luồng và mớn nước.
- Thông tin địa lý của tuyến hành trình (các điểm chuẩn trên tuyến, thông tin về tọa độ, độ sâu...), các điểm này có thể lấy theo thông tin của các phao luồng.
- CSDL thủy – hải văn của tuyến luồng: là các dữ liệu về mực nước, thủy triều, tốc độ và đo cần xử lý như các hàm phụ thuộc thời gian.

## 2.2. Cơ sở lý thuyết

Chương trình ProToel đã được ứng dụng tính toán cho tuyến luồng vào cảng Zee-Brugge (Bỉ) với CSDL đầy đủ của khu vực này.

Căn cứ vào CSDL đã được lập sẵn cho tuyến luồng và cảng (bao gồm các đặc tính của tàu, tốc độ di chuyển trên luồng, phổ hướng sóng, dữ liệu về cao độ đáy luồng, thủy triều, dòng chảy và thời gian dự kiến xuất phát), chương trình tính toán sẽ xác định xác suất chạm đáy của tàu trong quá trình di chuyển, từ đó có thể xác định được thời gian hợp lý để dẫn tàu ra, vào cảng đảm bảo cửa sổ triều. Các CSDL về khí tượng, thủy hải văn được thu thập và dự báo để đảm bảo tại bất kỳ thời điểm tính toán nào cũng có thể có những thông tin chính xác và cập nhật nhất. Dữ liệu về tàu chủ yếu là các thông số về chuyển động thẳng đứng của tàu bao gồm độ chìm thân tàu trung bình và độ chúi của tàu khi di chuyển, các đặc trưng động của tàu (cường độ chuyển động của tàu trong sóng phụ thuộc vào chu kỳ sóng và hướng sóng tới), các chuyển động nhấp nhô, lắc dọc, lắc ngang của tàu trong sóng. Các tham số này đã được tổng hợp thông qua các thực nghiệm trên mô hình vật lý trong bể thử với tất cả các cỡ tàu hiện có, đảm bảo CSDL đầy đủ cho bất kỳ loại tàu nào. Các thí nghiệm trên mô hình tàu đã được thực hiện trong bể thử của phòng thí nghiệm của ĐH Ghent (Bỉ) đặt tại Antwerp (FHR – Flanders Hydraulics Research).

Các bước tính toán có thể tóm tắt như sau:

- Căn cứ vào thời gian khởi hành và tốc độ chạy tàu dự kiến chương trình sẽ nội suy các dữ liệu về độ sâu, vận tốc và hướng dòng chảy tại các vị trí trên tuyến luồng dựa vào CSDL đã có, căn cứ vào các thông tin về cao trình đáy và thủy triều.
- Tuyến hành trình của tàu được chia thành các khoảng nhỏ ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) sao cho trên mỗi đoạn coi như độ sâu nước là không đổi.
- Độ ngập chúi của tàu ( $Z_i$ ) trên mỗi phân đoạn được xác định dựa vào tốc độ chạy tàu trên đoạn đó. Độ ngập của các điểm tính toán trên thân tàu cũng có thể tính được. Những điểm tính toán này đã được chọn trước trên thân tàu, là những vị trí có khả năng chạm đáy lớn nhất.
- Trên mỗi phân đoạn, dữ liệu về phổ mật độ sóng  $S_{\zeta}(\varpi)$ , góc lan truyền sóng trung bình, phân bố chuẩn của dữ liệu góc lan truyền sóng... được tính toán và chuyển thành dạng phổ  $S_{\zeta}(\varpi, \mu)$  là hàm của hướng sóng và biên độ.
- Dựa vào các thông số về mớn nước ( $T_k$ ), độ sâu ( $h_k$ ), vận tốc tàu ( $V_k$ ) và bảng tính toán hàm mật độ phổ  $S_{\zeta}(\varpi, \mu)$  để tính toán các đặc trưng dao động tàu trong sóng (biên độ dao động và pha dao động của chuyển động nhấp nhô, chúi và lắc ngang). Đồng thời từ đó tính được biên độ dao động thẳng đứng của các điểm tính toán trên thân tàu  $Y_{Z_i, \zeta}(\varpi, \mu)$  với  $i = 1, \dots, N$

- Hàm phổ mật độ của chuyển động thẳng đứng tại điểm  $l$  có thể xác định như sau:

$$S_{Z_l}(\omega, \mu) = S_{\zeta}(\omega, \mu) Y_{Z_l}^2(\omega, \mu) \quad (1)$$

Lại có:

$$m_{0,Z_l} = \int_0^{2\pi+\infty} \int_0 S_{Z_l}(\omega, \mu) d\omega d\mu = 16Z_{s,l}^2 \quad (2)$$

$$m_{2,Z_l} = \int_0^{2\pi+\infty} \int_0 S_{Z_l}(\omega, \mu) \omega^2 d\omega d\mu \quad (3)$$

Trong đó  $Z_{s,l}$  là giá trị có nghĩa của chuyển động thẳng đứng do sóng lấy với tương ứng chuyển động đối đỉnh của mỗi điểm tính toán  $l$  theo chiều cao sóng có ý nghĩa.

Khoảng cách an toàn dưới đáy tàu tại điểm  $l$  trên mỗi phân đoạn hành trình  $j$  ( $UKC_{j,l}$ ) được tính như sau:

$$UKC_{j,l} = h_j - T_l - \bar{Z}_l \quad (5)$$

Giả thiết các giá trị đối đỉnh của chuyển động thẳng đứng do sóng của điểm tính toán  $l$  phân phối theo quy luật Rayleigh ta có:

$$p_R(Z_l, Z_{s,l}) = \frac{16}{Z_{s,l}^2} Z_l e^{-8\left(\frac{Z_l}{Z_{s,l}}\right)^2} \quad (6)$$

Từ đó xác suất chạm đáy của điểm  $l$  trong một chu kỳ dao động tính theo công thức:

$$p_{j,l}^{(1)} = P[Z_l > UKC_{j,l}] = e^{-\frac{UKC_{j,l}^2}{2m_{0,Z_l}}} = e^{-8\left(\frac{UKC_{j,l}}{Z_{s,l}}\right)^2} \quad (7)$$

Xác suất chạm đáy của điểm  $l$  trong quá trình tàu hành trình trên phân đoạn  $j$  có chiều dài  $L_j$  với vận tốc  $V$  có thể xác định theo công thức:

$$P_{j,l} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m_{2,Z_l}}{m_{0,Z_l}}} \frac{L_j}{V} p_{j,l}^{(1)} \quad (8)$$

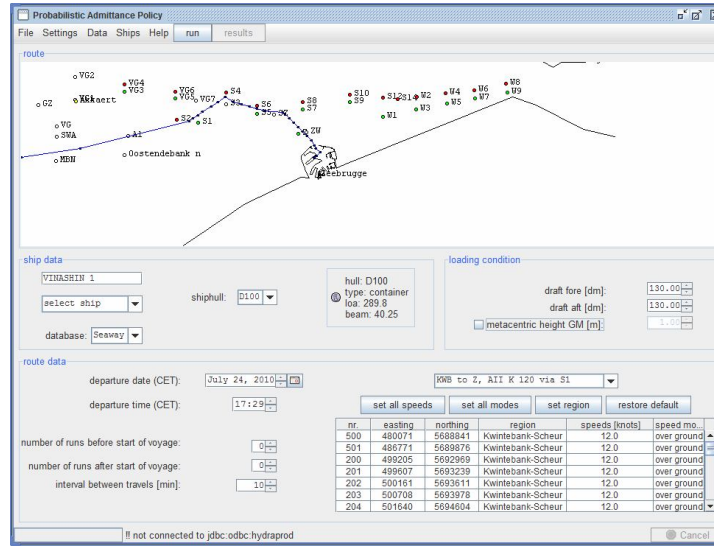
Giá trị  $P_j = \max(P_{j,l})$  có thể được coi là xác suất chạm đáy của tàu trên phân đoạn hành trình  $j$ . Xác suất chạm đáy của tàu trên toàn bộ hành trình sẽ là:

$$P = 1 - \prod_{j=1}^n (1 - P_j) \quad (9)$$

### 2.3. Giao diện và kết quả của ProToel

Được phát triển trên ngôn ngữ lập trình Java, ProToel có giao diện tương đối đơn giản dễ sử dụng, cho phép người dùng lựa chọn loại tàu tính toán trong CSDL (được thể hiện thông qua số hiệu tàu và kích thước cơ bản). Người dùng cũng xác định chế độ tải của tàu bằng mớn nước ở mũi và lái, đồng thời có thể lựa chọn chiều cao tâm nghiêng của tàu. Các thông tin về hành trình tàu cũng được xác định tại đây (bao gồm thời gian dự kiến xuất phát, tuyến hành trình. Ngoài ra ta có thể lựa chọn số chuyến trước và sau giờ xuất phát để tính toán cửa sổ triều dựa trên các tiêu chuẩn an toàn (có thể xác định trước hoặc dựa trên kết quả tính xác suất). CSDL có thể được truy xuất tại máy tính hoặc truy suất từ xa qua mạng nội bộ đến máy chủ CSDL (lưu trữ dữ liệu mực

nước triều, dòng chảy, sóng và cao trình đáy và các dữ liệu được dự báo). Giá trị squat của tàu có thể tính toán trực tiếp hoặc truy xuất trong CSDL tàu đã có.



Hình 1. Giao diện của chương trình ProToel.

The screenshot shows the 'ProToel Results' window. It displays a table with columns for 'location', 'time', and various parameters. The table is organized into sections for different locations: Kwintebank-Scheur, Scheur\_West, Paz\_van\_het\_Zand, Zeebrugge\_Havendammen, Zeebrugge, and Zeebrugge\_Kaai. Each section contains multiple rows of data for different points along the route, with columns for 'min gross LUK to nautical bottom (%)', 'min gross LUK to top mud (cm)', and 'min gross LUK to top mud (m)'. The data is presented in a grid format with alternating green and white rows.

Hình 2. Kết quả tính toán của số triều của chương trình thể hiện giá trị về giá trị UCK và dòng chảy ngang tại từng điểm trên tuyến ở thời điểm tàu có mặt tại vị trí đó.

Kết quả tính toán của chương trình được lưu trữ dạng file xml bao gồm các thông tin về khoảng cách an toàn dưới đáy tàu và dòng chảy ngang tại các vị trí xác định trên tuyến. Nếu ta lựa chọn tính toán xác suất, kết quả xác suất chạm đáy cho toàn tuyến cũng được tính toán. Kết quả tính cũng có thể xuất ra dạng file pdf.

### 3. Khả năng ứng dụng trong điều kiện Việt Nam

Việt Nam có hệ thống cảng khá nhiều và đa dạng. Sự phát triển của hệ thống cảng biển Việt Nam hiện nay đặt ra nhiều vấn đề, trong đó có vấn đề nâng cao khả năng đón tiếp các tàu có trọng tải lớn. Để đáp ứng được yêu cầu đó, ngoài các yếu tố hạ tầng cơ sở kỹ thuật của các cảng, vấn đề tính toán đảm bảo an toàn trong quá trình dẫn tàu trên luồng vào cảng cũng hết sức quan trọng. Nhằm khai thác tối đa các điều kiện sẵn có và đáp ứng các yêu cầu ra vào cảng của tàu có trọng tải lớn với hiệu quả cao nhất, tận dụng tối đa các yếu tố tự nhiên (thủy triều, dòng chảy...) thì việc ứng dụng một công cụ như ProToel trong tính toán an toàn dẫn tàu là điều cần thiết.

Tuy nhiên, việc phát triển và ứng dụng phương pháp xác suất để tính toán độ an toàn chạy tàu trong điều kiện Việt Nam cũng đòi hỏi một số vấn đề có liên quan và cần được nghiên cứu:

- 
- Cần có hệ thống CSDL tự nhiên phong phú và đầy đủ, các số liệu về thủy triều, dòng chảy, cao độ đáy luồng... cần được cập nhật và dự báo thường xuyên, chính xác nhằm tăng độ tin cậy trong tính toán xác suất.
  - Hệ thống CSDL về tàu cần được điều chỉnh phù hợp với các loại tàu phổ biến ra vào cảng biển Việt Nam.
  - Chương trình hiện tại mới được áp dụng cho một mẫu cảng đó là cảng Zee-Brugge (Bỉ), do đó để áp dụng cho một vị trí mới cần xây dựng lại hệ thống CSDL về địa hình và thông tin địa lý của tuyến luồng. Ngoài ra, đây là công trình nghiên cứu của phòng thí nghiệm Thủy lực Flanders (Bỉ) do vậy việc áp dụng chương trình này cần có sự hợp tác của các chuyên gia trong quá trình cung cấp bản quyền, khảo sát xây dựng CSDL và phát triển phần mềm tương thích với điều kiện vận hành và các quy định cảng vụ Việt Nam.
  - Việc tính toán xác suất chạm đáy của ProToel dựa trên các đáp ứng chuyển động của tàu dưới tác dụng của sóng và các đặc trưng của phổ sóng, do vậy việc áp dụng chương trình tính toán trong điều kiện các luồng tàu cảng sông, không chịu ảnh hưởng của sóng cần được nghiên cứu phát triển thêm.

Trong các vấn đề nêu trên, việc xây dựng hệ CSDL phục vụ tính toán là điều hoàn toàn có thể thực hiện được dựa trên hệ thống các dữ liệu đo đạc đã có của các khu vực cảng. Căn cứ vào các dữ liệu đó hoàn toàn có thể xây dựng chương trình tính cho các cảng biển Việt Nam.

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] K. Eloot, M. Vantorre & J. Richter, J. Verwilligen - Maritime Technology Division, Ghent University & Flanders Hydraulics Research, Antwerp - Belgium, *Development of decision supporting tools for determining tidal windows for deep-drafted vessels*, TransNav, 2009.
- [2] Marc Vantorre, Erik Laforce, Katrien Eloot, Jan Richter, J. Verwilligen, Evert Lataire - Maritime Technology Division, Ghent University & Flanders Hydraulics Research, Antwerp - Belgium, *Ship motion in shallow water as the base for a probabilistic approach policy*, OMAE 2008 - Estoril Portugal, 2008.

**Người phản biện: TS. Đào Văn Tuấn**

---