

NGHIÊN CỨU, XÂY DỰNG MÔ HÌNH TÍNH TOÁN GIÁ TRỊ GIỚI HẠN AN TOÀN XTL CÀI ĐẶT TRONG HẢI ĐỒ ĐIỆN TỬ

RESEARCH AND DEVELOP OF A COMPUTATIONAL MODEL FOR DETERMINING CROSS TRACK LIMIT XTL SET IN ELECTRONIC NAUTICAL CHARTS

LÊ TUẤN SƠN*, BÙI THANH HUÂN, LÊ QUANG VINH

Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email liên hệ: sonlt.hh@vimaru.eu.vn

Tóm tắt

Theo yêu cầu của Công ước Quốc tế về An toàn Sinh mạng trên biển (SOLAS-74), các tàu phải được trang bị Hệ thống hiển thị hải đồ điện tử (ECDIS). Thiết bị này được thiết kế nhằm nâng cao an toàn của hoạt động hàng hải và chắc chắn có một số ưu điểm không thể chối cãi so với việc sử dụng hải đồ giấy. Đồng thời, việc sử dụng ECDIS đòi hỏi người dẫn tàu phải có trình độ đủ chuyên môn đủ cao để vận hành một cách chuyên nghiệp. Việc thiết lập các thông số an toàn không đầy đủ cũng như việc hiểu thông tin từ màn hình không chính xác có thể dẫn đến tai nạn. Nghiên cứu xem xét việc xác định giá trị chiều rộng của hành lang dạt ngang (XTL) là một trong những thông số an toàn của tuyến đường trong ECDIS.

Mục tiêu của công việc này là dựa vào các yêu cầu của công ty đối với độ sâu tối thiểu chân hoa tiêu UKC kết hợp thông tin về kích thước của tàu, kích thước của tuyến đường thủy, để xây dựng mô hình tính toán được giá trị XTL an toàn để nhập vào trong ECDIS.

Từ khóa: Hệ thống hiển thị hải đồ điện tử (ECDIS), giá trị giới hạn dạt ngang (XTL), môn nước, chân hoa tiêu UKC, mô hình.

Abstract

According to the International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS-74), ships must be equipped with Electronic Chart Display and Information System (ECDIS). This equipment is designed to improve the safety of maritime operations and certainly has some undeniable advantages over the use of paper charts. At the same time, the use of ECDIS requires navigators to have a sufficiently high level of expertise to operate professionally. Inadequate setting of safety parameters as well as incorrect interpretation of information from the display can lead to accidents. The study considers the

determination of the diagonal (cross track) limit value (cross track) XTL as one of the route safety parameters in ECDIS.

The objective of this work is based on the requirements of the work for the minimum depth of the UKC standard combining information on the size of the ship, the size of the waterway, to build a calculation model that calculates the entire XTL value for input into ECDIS.

Keywords: Electronic Chart Display and Information System (ECDIS), cross track limit (XTL), (Under keel clearance) UKC, Model.

1. Đặt vấn đề

Theo yêu cầu của Công ước quốc tế về an toàn sinh mạng con người trên biển (SOLAS-74, Chương V điều 19.2.10), việc trang bị thiết bị ECDIS cho các tàu là bắt buộc. Sự chuyển đổi từ hải đồ giấy sang hải đồ điện tử là sự khởi đầu của giai đoạn dẫn đường hiện đại. Việc phổ biến ECDIS nhằm mục đích tạo điều kiện nâng cao an toàn hàng hải: giảm tải công việc hằng ngày bằng cách tự động hóa và kết hợp thông tin dẫn đường chính trên màn hình cho phép sĩ quan trực ca thực hiện quá trình quan sát gần như liên tục và hơn thế nữa hiệu quả, làm tăng mức độ thành thạo, nhận thức tình huống khẩn cấp [1], [2]. Thiết bị này có chức năng đa dạng. Những ưu điểm vượt trội của ECDIS so với hải đồ giấy bao gồm: hiển thị liên tục vị trí tàu, khả năng thiết lập các tham số an toàn và hệ thống cảnh báo, các lớp xếp chồng của Radar và AIS có thể được hiển thị cùng 1 lúc, tiết kiệm thời gian đáng kể trong việc xây dựng lộ trình và cập nhật bản đồ,... [3].

Tuy nhiên, cần lưu ý rằng do sự phức tạp và đa chức năng của thiết bị, việc vận hành ECDIS một cách chuyên nghiệp đòi hỏi người sử dụng phải được đào tạo ở trình độ cao (đây là một trong những nhược điểm chính khi làm việc với hệ thống này). Ngoài ra, không thể khẳng định rằng hiện nay các sĩ quan hay thuyền trưởng sử dụng các chức năng ECDIS thường xuyên và hiệu quả như nhau - có sự

phụ thuộc vào số lượng chức năng được sử dụng vào năng lực (vị trí) của các sĩ quan, kinh nghiệm, cũng như vào nhà sản xuất (các mẫu thiết bị có thể khác nhau về chức năng) [4]. Nhiều nhà hàng hải không tin tưởng vào ECDIS và bản đồ điện tử nói chung, vẫn thích làm việc với hải đồ giấy hơn, coi chúng là không thể thay thế, nhưng theo thời gian quan điểm của họ đang thay đổi theo hướng tích cực [5].

Thiếu sự thành thạo trong việc sử dụng ECDIS có thể dẫn đến các tình huống nguy hiểm tiềm ẩn và các tai nạn hàng hải. Điều này được khẳng định bằng việc xác định trong số liệu thống kê tai nạn quốc tế của nhóm sự cố “tai nạn liên quan đến ECDIS” liên quan đến việc sử dụng ECDIS không đúng cách. Các lỗi của người điều khiển tàu khi làm việc với bản đồ điện tử bao gồm cài đặt không chính xác các tham số quan trọng để kiểm tra và đảm bảo an toàn cho tuyến đường, bao gồm: Độ sâu an toàn (Safety Depth), Đường đồng mức an toàn (Safety Contour), giới hạn dạt ngang an toàn (XTL) và Bán kính vòng quay (Turn Radius). Hơn nữa, một phần tai nạn xảy ra do quá tin tưởng vào thiết bị, bỏ qua hoặc hiểu chưa đầy đủ về các hạn chế trong thiết kế của ECDIS [6] - [8].

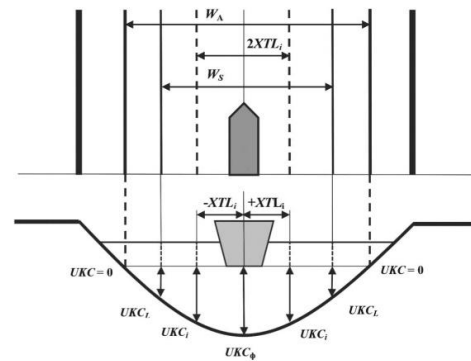
Nghiên cứu này xem xét vấn đề lựa chọn chiều rộng của “hành lang XTL như một trong những tham số chủ chốt được thiết lập khi xây dựng tuyến đường. Trong quá trình nghiên cứu, các yêu cầu đối với XTL trình bày trong các hệ thống quản lý an toàn của một số công ty vận tải biển hiện đại được khảo sát, đồng thời xem xét các nghiên cứu khác trong lĩnh vực xác định giá trị XTL. Cụ thể, nghiên cứu [9] chỉ ra rằng trong hệ thống quản lý an toàn của các công ty hiện đại không có cách tiếp cận thống nhất để xác định giá trị XTL, thay vào đó các công ty chỉ đưa ra các giá trị tối thiểu hoặc tối đa, khiến người dẫn tàu phải lựa chọn và do đó có khả năng sai sót. Các tác giả của nghiên cứu này đề xuất một phương pháp tính toán xác định chiều rộng hành lang XTL, có thể sử dụng một cách hiệu quả để xác định giá trị tối thiểu của chiều rộng hành lang dịch chuyển ngang. Tuy nhiên, để đánh giá mức độ an toàn của tàu trong hành lang có chiều rộng đã được thiết lập, không chỉ cần xem xét đến kích thước và đặc điểm của tàu mà còn phải tính đến chiều sâu dưới ki tàu cho các phương án dịch chuyển khác nhau, điều đó có nghĩa là cần có thông tin về sự phân bố độ sâu dọc theo đoạn tuyến được nghiên cứu.

Vì vậy, nghiên cứu này đề xuất một mô hình cho phép chọn giá trị XTL tối ưu dựa trên kích thước của tàu và địa hình của đoạn đường thủy và có thể được sử dụng cả trên tàu khi lập kế hoạch thay đổi hành

trình, cũng như bởi các công ty trong việc xây dựng và phát triển các khuyến nghị về giá trị XTL cho các tàu cụ thể và các khu vực hàng hải nhất định

2. Đề xuất mô hình

Mối quan hệ giữa chiều rộng của hành lang dạt ngang (giới hạn đường chéo) XTL và chân hoa tiêu (UKC) được thể hiện trong Hình 1.



Hình 1. Tàu trong luồng hẹp: nhìn từ trên xuống và theo hình dạng của luồng (để cập cụ thể tới lượng mớn nước tối đa của tàu thuyền)

Trong đó:

Chân hoa tiêu (UKC), chiều rộng của giới hạn dạt ngang XTL; W_A (Actual Width) - chiều rộng tối thiểu của vùng nước mà một tàu có độ mớn nước nhất định có độ sâu tối thiểu dưới ki tàu ($UKC > 0$); UKC_L (Limit) - chân hoa tiêu tối thiểu có thể có trong một khu vực nhất định, theo yêu cầu của Công ty; W_S (Safe Width) - chiều rộng an toàn của vùng nước, trong đó tàu có mớn nước nhất định có độ sâu tối thiểu dưới ki tàu, theo yêu cầu của Công ty ($UKC_i \geq UKC_L$); UKC_i - giá trị tùy ý của dự trữ độ sâu bên dưới ki tàu trong phạm vi $[0; UKC_\phi]$ đối với tàu có độ mớn nước nhất định khi tàu dịch chuyển $\pm XTL_i$ so với trục đường đi; UKC_ϕ - giá trị lớn nhất của khoảng cách dưới ki tàu đối với một tàu có độ mớn nước nhất định (thường ở giữa kênh/trong luồng); $2XTL_i$ - giá trị tùy ý của chiều rộng hành lang dạt ngang.

Trước đây, khi mô tả khái niệm XTL, người ta đã lưu ý rằng chiều rộng của hành lang dạt ngang bên phải được chọn sao cho trên toàn bộ hành lang luôn đảm bảo an toàn khi di chuyển. Trong trường hợp này, tiêu chí đó có thể là tính khả dụng của đủ dự trữ lượng nước dưới ki tàu, tức là XTL_i có thể tăng lên cho đến khi điều kiện $UKC_i \geq UKC_L$ được đáp ứng trên toàn bộ chiều rộng của hành lang (đặc biệt là tại các ranh giới của nó) đối với tàu có mớn nước nhất định.

Việc không tuân thủ các yêu cầu về chân hoa tiêu

UKC của công ty có thể gây ra tình huống tiềm ẩn nguy hiểm và có thể dẫn đến mắc cạn. Việc xây dựng và sử dụng hành lang mà tại đó các yêu cầu của UKC bị vi phạm, sẽ tạo ra cái nhìn sai lầm cho các sĩ quan về nhận thức, sai lệch trong việc dẫn tàu và cũng có thể được coi là một tình huống tiềm ẩn nguy hiểm. Ví dụ, trong Bảng 1 cho thấy các yêu cầu của một trong những công ty hiện đại trong lĩnh vực lưu trữ độ sâu an toàn tối thiểu của UKC.

Bảng 1. Yêu cầu của công ty vận tải biển về UKC

Điều kiện hành trình	UKC
Biển khơi/ đại dương	100% mớn nước tối đa cho phép
Hành trình ven biển	15% mớn nước tối đa cho phép
Vùng cảng, kênh đào	10% mớn nước tối đa cho phép

Tính toán độ mớn nước hàng hải tối đa d_{hh} .

Việc điều hướng được thực hiện bằng cách sử dụng mớn nước tĩnh và tính toán các hiệu chỉnh cho tỉ trọng nước, góc lắc (và góc nghiêng trong quá trình lưu thông) và độ lún của tàu. Như vậy, về nguyên tắc, giá trị cho phép của độ dạt ngang có thể được tính bằng công thức trong nghiên cứu số [9]:

$$XTL = d_{ZOC} + d_B + d_{pos} + d_{na} + d_{so} \quad (1)$$

Tuy nhiên, để đánh giá khả năng vượt qua một khu vực cụ thể, cũng như để lựa chọn giá trị hiệu chỉnh d_{na} tối ưu, cần phải tính đến đặc điểm của tuyến đường thủy và kích thước của tàu.

Để thực hiện phân tích như vậy, có thể xây dựng mô hình như Hình 3 bao gồm các khối "Dữ liệu ban đầu", "Tính toán trung gian", "Khối so sánh và tìm kiếm giải pháp". Thành phần của mỗi khối được thảo luận dưới đây.

Khối "Dữ liệu ban đầu"

Khối dữ liệu nguồn trong mô hình đang được xem xét bao gồm các tham số sau: Chiều dài tàu L , chiều rộng tàu B , lực hút tĩnh trong nước muối d_{ct}^{muoi} , tỉ trọng nước ρ , hệ số béo thể tích C_b (đối với một mớn nước nhất định); Góc nghiêng dự kiến θ , bao gồm nghiêng khi trong quá trình lưu thông. Biên độ động mũi tàu được mong đợi ψ , Tốc độ tàu V , góc dạt mũi α . Sai số trong việc xác định vị trí tàu của máy thu GNSS d_{pos} ; vùng tin cậy dữ liệu CATZOC Δ_{zoc} và độ chính xác độ sâu tương ứng (độ chính xác vị trí độ sâu) d_{zoc} ; khu vực hành trình (hàng hải ven biển, hàng hải trong vùng nước hẹp) - đặc điểm này ảnh hưởng đến việc lựa chọn công thức được áp

dụng và không phải là một đại lượng độc lập, do đó không cần phải kí hiệu. Điều chỉnh khu vực hoạt động an toàn d_{na} , độ sâu trên hải đồ (mốc "0" độ sâu) H_k , tùy thuộc vào độ dịch chuyển của tàu so với trục tuyến đường (XTL), có thể được mô tả bằng hàm $H_k = f(XTL)$.

Khối "Tính toán trung gian"

Các phép tính trung gian sau đây được thực hiện trong khối này:

1. Chiều rộng tối thiểu của hành lang dạt ngang XTL_{min} được tính bằng công thức (1) (đối với phép tính này, phép hiệu chỉnh cho vùng điều hướng d_{na} được coi là số 0);

2. Tính toán độ sâu hàng hải tối đa d_{hh} sẽ được thực hiện theo công thức sau:

$$d_{hh} = d_{ct}^{muoi} + \Delta_\rho + \Delta_\theta + \Delta_v \quad (2)$$

Trong đó: Δ_ρ - hiệu chỉnh tỉ trọng nước (mm),

$$\Delta_\rho = \frac{FWA(1,025 - \rho)}{1,025 - 1000} \cdot \frac{1}{1000};$$

$d_{ct}^{muoi} + \Delta_\rho = d_{ct}^\rho$ - Độ chìm tĩnh của tàu theo mật độ ρ ;

$$\Delta_\theta = \left(\frac{B}{2} \sin \theta + d_{ct}^\rho \cos \theta\right) - d_{ct}^\rho;$$

$$\Delta_v - \text{điều chỉnh độ chìm của tàu; } \Delta_v = \frac{2v^2 C_b}{2};$$

3. Theo yêu cầu của công ty, độ sâu cho phép tối thiểu được xác định theo UKC_{min} . Như các yêu cầu có liên quan được đưa ra trong Bảng 1, mà $UKC_{lim} = 0,15 d_{hh}$ cho điều hướng ven biển và $UKC_{lim} = 0,1 d_{hh}$ cho điều hướng ở vùng nước hẹp và vùng nước cảng.

4. Việc tính toán độ sâu tối thiểu H_{min} được thực hiện trên một đoạn tuyến đường trong hành lang giới hạn bởi $[-XTL_{min}; XTL_{min}]$:

$$H_{min} = H_K + \Delta_n - \Delta_\phi - \Delta_\theta - \Delta_\psi - \Delta_{zoc} \quad (3)$$

Trong đó:

H_K - độ sâu từ bản đồ; giá trị của hàm $H_K = f(XTL)$

tại các điểm $\pm XTL$ XTL_{min} ;

Δ_n - Hiệu chỉnh độ cao của thủy triều ở một khu vực nhất định;

Δ_ϕ - Hiệu chỉnh các yếu tố môi trường khác nhau (điều kiện thời tiết, sự thay đổi độ sâu do chuyển động của các hạt đất, chẳng hạn như "sóng cát");

$$\Delta_\psi - \text{Hiệu chỉnh độ cao, } \Delta_\psi = \frac{\psi}{2};$$

Δ_θ - Hiệu chỉnh cho độ nghiêng động (lắc lư của tàu), $\Delta_\theta = \left(\frac{B}{2} \sin \theta + d_{hh} \cos \theta\right) - d_{hh}$;

Δ_{zoc} - Hiệu chỉnh độ chính xác của dữ liệu (theo vùng tin cậy CATZOC).

Khoảng cách tối thiểu theo UKC_{min} được tính toán trên một đoạn tuyến đường trong hành lang bị giới hạn bởi $[-XTL_{min}; XTL_{min}]$:

$$UKC_{min} = H_{min} - d_{hh} \quad (4)$$

Khối này tính toán độ sâu cho phép tối thiểu trong phạm vi chiều rộng tối thiểu được tính toán của hành lang XTL, có tính đến tất cả dữ liệu ban đầu và các điều chỉnh được xác định trong khối trước đó. Khi giá trị của các tham số đầu vào thay đổi, các phép tính trung gian được trình bày sẽ được thực hiện lại.

Khối "So sánh và tìm kiếm giải pháp"

Trong khối này, việc so sánh các giá trị được tính toán ở giai đoạn trước được thực hiện, đánh giá mức độ an toàn của tuyến đường với giá trị XTL đã chọn được đưa ra và các giá trị kiểm soát của XTL và UKC được xác định.

Trong trường hợp, nếu trên một đoạn tuyến đường trong khoảng $[-XTL_{min}; XTL_{min}]$ mà $UKC_{min} < UKC_{lim}$; điều này có nghĩa là các yêu cầu của công ty về khoảng cách tối thiểu của chân hoa tiêu không được đáp ứng tại ranh giới (hoặc trên toàn bộ chiều rộng) của hành lang tuyến đường - xét theo dữ liệu ban đầu hiện tại, tuyến đường đi qua khu vực đang nghiên cứu ban đầu là nguy hiểm. Do giá trị XTL_{mini} xác định chiều rộng tối thiểu cho phép của hành lang an toàn (theo công thức (1) và điều kiện $d_{na} = 0$) nên không thể giảm XTL và cần phải tiến hành nghiên cứu bổ sung, kết quả là phải xác định được những điều sau:

- Có thể thay đổi bất kỳ yếu tố nào để tăng UKC hay không;
- Liệu có sự giảm sút UKC tại ranh giới hành lang khi chiều rộng XTL của nó tăng lên không;
- Liệu tàu có tiếp tục di chuyển được không với mức độ vi phạm các yêu cầu của công ty như vậy?

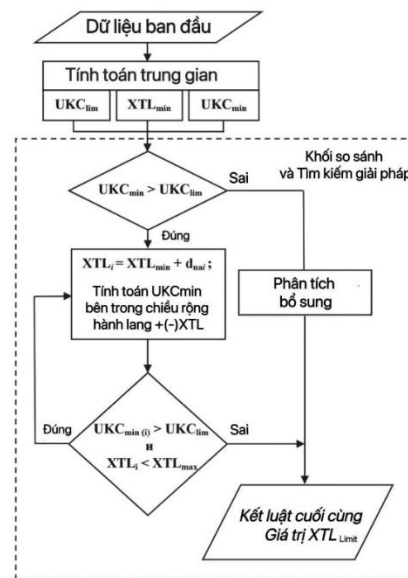
Để đưa ra quyết định cuối cùng về việc di chuyển trong trường hợp vi phạm các yêu cầu của công ty, cần phải tiến hành quy trình đánh giá rủi ro đầy đủ việc điều khiển một con tàu có mớn nước dự trữ ban đầu không đủ theo mớn nước dưới ki có nhiều khả năng bị mắc cạn khi tiếp xúc với các yếu tố bổ sung (ví dụ, thời tiết).

Trong trường hợp, nếu trên một đoạn tuyến đường trong khoảng cách theo chiều rộng $[-XTL_{min}; XTL_{min}]$ các yêu cầu của công ty theo tiêu chuẩn UKC được đáp ứng ($UKC_{min} \geq UKC_{li}$), việc mở rộng thêm hành lang theo giá trị d_{na} đang được xem xét và tính theo các bước 1-5 trong trong khối "Tính toán trung gian" được thực hiện lại với giá trị mới $XTL_i =$

$XTL_{mi} + d_{na}$. Sự gia tăng giá trị XTL nên được dừng lại, ngay khi độ sâu dự trữ dưới ki tại ranh giới hành lang đạt đến giá trị tối thiểu cho phép hoặc giá trị XTL_i vượt quá giá trị tối đa do công ty đặt ra.

Cần lưu ý rằng việc dẫn tàu thuyền ở vùng nước nông hoặc hẹp về nguyên tắc là hoạt động có rủi ro cao và trong mọi trường hợp, cần phải đánh giá rủi ro định tính trước khi thực hiện chuyển đổi như vậy.

Cấu trúc và nguyên lý hoạt động của mô hình được trình bày dưới dạng sơ đồ khối trong Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ khối thuật toán tính XTL

3. Thảo luận

Chúng ta sẽ tính toán XTL bằng công thức (1) cho các điều kiện sau (lấy từ tài liệu tham khảo số [9], [13]):

- Công ty B, khu vực hàng hải: Luồng hàng hải; vùng tin cậy dữ liệu A2;

- Tàu loại VLGC (Very Large Gas Carrier) (dài 225m, rộng 37m); mớn nước của tàu $T_{max}=10m$; góc đặt mũi $\alpha=20^\circ$.

Để ước tính giá trị mục tiêu tối thiểu của XTL , chúng ta sẽ lấy giá trị hiệu chỉnh cho vùng điều hướng $d_{na} = 0$. Ta có:

$$XTL = d_{ZOC} + d_B + d_{pos} + d_{na} + d_{so} = 20 + 18,5 + 10 + \frac{225 \sin 20^\circ}{2} \approx 87m$$

Có nghĩa là, theo yêu cầu của công ty B, giá trị của $XTL(m)$ phải nằm trong giới hạn sau:

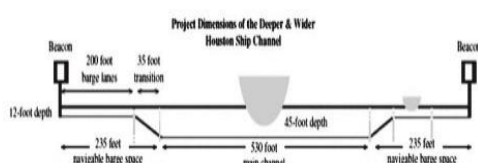
$$XTL = [XTL_{min} + d_{na}; 0,1.hải lý] = [87 + d_{na}; 185]$$

Dữ liệu từ phép tính thực hiện cho thấy việc áp

dụng công thức (1) không phải là giải pháp cuối cùng cho bài toán xác định giá trị XTL, vì khi giới hạn giá trị XTL cực đại sẽ phát sinh sự không chắc chắn, được sĩ quan trực ca hoặc thuyền trưởng giải quyết dựa trên kinh nghiệm của họ khi xây dựng hành lang tuyến đường. Do đó, bài toán xác định giá trị XTL chưa được giải quyết triệt để bằng phương pháp mà tác giả đề xuất trong nghiên cứu [9].

Ưu điểm chính của mô hình đề xuất so với giải pháp được trình bày trong nghiên cứu [9] là việc mô tả toán học về sự phân bố độ sâu trong cấu hình hẹp, giúp có thể ước tính "hình học" khả năng đi qua một tuyến đường thủy cụ thể bằng các tàu có kích cỡ khác nhau.

Thông tin về địa hình điển hình được đưa vào mô hình thông qua hàm $H_k = f(XTL)$. Trong Hình 3 các đặc điểm thiết kế của kênh đào Houston Ship Channel (Hoa kỳ) được đưa ra, như có trong hướng dẫn vận chuyển qua tuyến đường thủy này [12].



Hình 3. Đặc điểm thiết kế của tuyến đường thủy kênh

Dựa trên độ sâu và khoảng cách được thể hiện trong Hình 3: (200 foot barge lanes (độ rộng để sà lan đi qua), 35 foot transition (độ sâu thay đổi liên quan đến sự thay đổi thủy triều, 45 foot depth (độ sâu của kênh), 235 feet navigable space (chiều dài của kênh để tàu di chuyển, 530 foot main channel (luồng chính) có thể xây dựng hàm phân bố độ sâu sau $H_k = f(XTL)$ phụ thuộc vào độ dịch chuyển ngang của tàu (nếu cần thiết, có thể chuyển đổi feet sang mét):

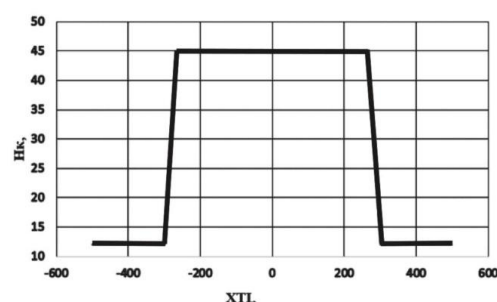
$$H_k(XTL) =$$

$$\begin{cases} 12 \text{ feet tại } XTL \in [-500; 300] \cup [300; 500] \\ 45 \text{ feet tại } XTL \in [-265; 265] \\ \frac{33}{55} XTL + \frac{2064}{7} \text{ feet tại } XTL \in [-300; -265] \\ \frac{-33}{55} XTL + \frac{2064}{7} \text{ feet tại } XTL \in [265; 300] \end{cases}$$

Hàm H_k được xây dựng dựa trên các giả định sau:

Điểm bắt đầu của trục lệch (XTL) được đặt trên trục trung tâm của luồng hàng hải, trong khi trục của tuyến đường được đề xuất cũng trùng với trục trung tâm; hồ sơ địa hình trong kênh là đối xứng so với trục trung tâm; độ sâu lớn nhất nằm ở trung tâm của kênh (lối đi tàu), trục của tuyến đường song song với đường bờ biển

Trong Hình 3, các đặc điểm thiết kế của dự án được đưa ra phải được duy trì trong quá trình bảo trì kênh, nhưng điều này không có nghĩa là địa hình chính xác như vậy sẽ đúng ở mọi đoạn của kênh, ví dụ như ở sông hay hồ. Trong trường hợp này, việc xây dựng hàm phân phối độ sâu sẽ khó khăn do thiếu các đặc điểm "tham chiếu" thiết kế. Ngoài ra, các bản đồ điện tử hiện đại không chứa thông tin chi tiết về địa hình (ví dụ, sự phân bố độ sâu trong kênh trên ECDIS được thể hiện bằng các sọc chỉ ra giá trị độ sâu tối thiểu và người lái tàu chỉ có thể ước tính chiều rộng của vùng nước an toàn.



Hình 4. Đồ thị hàm số H_k

Mô hình được đề xuất trong bài báo có thể được sử dụng trên tàu và trong các công ty để đánh giá chung về mức độ an toàn của việc băng qua một tuyến đường thủy cụ thể đối với tàu có kích thước khác nhau. Điều này có thể tạo cơ sở cho việc phát triển các khuyến nghị riêng liên quan đến giá trị XTL để vượt qua các eo biển cụ thể đối với từng loại tàu, cũng như để xây dựng một tuyến đường hoàn chỉnh qua tuyến đường thủy này và cố định tuyến đường này ở mức SMS.

Ngoài ra, mô hình có thể được sử dụng để phân tích khả năng cơ động của tàu qua các đoạn đường thủy "đặc biệt" (ví dụ: Đoạn hẹp hơn hoặc nông hơn). Để có thông tin về địa hình và xây dựng tiếp theo các chức năng của hàm H_k , người ta nên tham khảo bản đồ đo đạc thủy văn mới - có thể yêu cầu các tài liệu loại này từ đại lý hoặc cơ quan quản lý cảng/ kênh đào. Nếu khả năng đi qua những đoạn này được đảm bảo thì có thể đi qua những đoạn đường thủy rộng hơn và sâu hơn một cách an toàn.

Việc phát triển mô hình tiếp theo dự kiến sẽ bao gồm việc tổng hợp các đánh giá, kinh nghiệm của chuyên gia (đại phó, thuyền trưởng) để giá trị cuối cùng của XTL có thể đạt được thông qua việc sửa đổi d_{na} . Ngoài ra, kinh nghiệm của các chuyên gia có thể hữu ích khi xem xét các tình huống "ranh giới" (ví dụ, trong trường hợp có khả năng vi phạm các

yêu cầu của công ty về chân hoa tiêu UKC) góp phần nâng cao an toàn hàng hải.

4. Kết luận

Mô hình tính toán được đề xuất trong nghiên cứu này có thể được sử dụng không chỉ để đánh giá tổng thể về khả năng đi qua của một tuyến đường thủy cụ thể đối với các tàu có kích thước khác nhau, mà còn để phân tích các đoạn đường "có vấn đề" - trong trường hợp này, nên sử dụng bản đồ khảo sát thủy văn để xây dựng hàm phân bố độ sâu đáng tin cậy hơn. Công việc tiếp theo về mô hình có thể bao gồm việc đưa vào các đánh giá của chuyên gia - việc sử dụng kinh nghiệm của các chuyên gia sẽ đặc biệt hữu ích để giải quyết các tình huống "ranh giới" khi sự an toàn của việc vượt qua một khu vực đang còn nghi ngờ. Hơn nữa, việc lắng nghe ý kiến của các chuyên gia sẽ nâng cao hiệu quả của các quy trình đánh giá rủi ro, bao gồm cả việc xây dựng các biện pháp quản lý rủi ro, góp phần nâng cao tính an toàn của hoạt động hàng hải nói chung.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: **DT24-25.13**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Čolak, Marko, Ivan Toman, and Toni Bielić (2017). *Current Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS) in Use*. Proceedings of the 7th International Maritime Science Conference. Split, Croatia: Faculty of maritime studies split, pp.474-480.
- [2] Asyali, Ender (2012). *The role of ECDIS in improving situation awareness*. 13th Annual General Assembly of the International Association of Maritime Universities - Expanding Frontiers: Challenges and Opportunities in Maritime Education and Training. AGA-IAMU, pp.123-136.
- [3] Dorokhin, A. I., and A. A. Volkov (2021). *The use of ECDIS - as one of the measures to improve the safety of navigation, prospects for mixed navigation vessels*. Transport: problemy, tseli, perspektivy (TRANSPORT 2021): Materialy II Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii mezhdunarodnym mezhdunarodnym uchastiem. Perm': Permskii filial FGBOU VO «VGUVT», pp.370-376.
- [4] Kum, Serdar, Bartu Alperen BAŞAR, and Yunus Emre ŞENOL (2022). *A case study for using operational ECDIS functions*. Marine reports (MAREP) 1.1 (2022): pp.13-25.
DOI: 10.5281/zenodo.6594091.
- [5] Car, Maro, David Brčić, Srđan Žuškin, and Boris Svilicic (2020). *The navigator's aspect of PNC before and after ECDIS implementation: Facts and potential implications towards navigation safety improvement*. Journal of Marine Science and Engineering, Vol.8(11), 842.
DOI: 10.3390/jmse8110842.
- [6] Pipchenko, O., O. Burenkov, M. Tsymbal, and V. Pernykoza (2021). *Identification of weak links in the ECDISoperator system based on simulator training*. TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol.15(1), pp.83-88.
DOI: 10.12716/1001.15.01.07.
- [7] Lušić, Zvonimir, Mario Bakota, and Zoran Mikić (2017). *Human errors in ECDIS related accidents*. Proceedings of the 7th International Maritime Science Conference. Split, Croatia: Faculty of maritime studies split, pp.230-242.
- [8] Turna, İdris, and Orkun Burak Öztürk (2020). *A causative analysis on ECDIS-related grounding accidents*. Ships and Offshore Structures, Vol.15(8), pp.792-803.
DOI:10.1080/17445302.2019.16829
- [9] Kristić, Miho, Srđan Žuškin, David Brčić, and Sanjin Valčić (2020). *Zone of confidence impact on cross track limit determination in ECDIS passage planning*. Journal of Marine Science and Engineering 8.8 (2020): 566.
DOI: 10.3390/jmse8080566.
- [10] IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data. Publication S-57. Supplementary Information for the Encoding of S-57 Edition 3.1 ENC Data (S-57 Supplement No.3). Monaco:International Hydrographic Bureau, 2014.
- [11] Resolution A.1046(27). *Worldwide Radionavigation System*. IMO, 2011. Web. 15 June 2022.
<[https://www.cdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.1046\(27\).pdf](https://www.cdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.1046(27).pdf)>.

- [12] *Navigating the Houston Ship Channel: a reference for commercial users*. Houston-Galveston Navigation Safety Advisory Committee, 2011.
- [13] Rutkowski, G. ECDIS Limitations (2018), *Data Reliability, Alarm Management and Safety Settings Recommended for Passage Planning and Route Monitoring on VLCC Tankers*. TransNav Int. J. Mar. Navig. Saf. Sea Transp. 2018, 12, pp.483-490.

Ngày nhận bài:	20/02/2025
Ngày nhận bản sửa lần 01:	04/03/2025
Ngày nhận bản sửa lần 02:	12/03/2025
Ngày duyệt đăng:	14/03/2025