

NGHIÊN CỨU VỀ SỬ DỤNG PHƯƠNG TRÌNH ẢNH HƯỞNG ĐỂ ĐÁNH GIÁ HỆ SỐ ĐÂM VÀ GIỮA CÁC TÀU

A STUDY ON USING INFLUENCE FUNCTION TO ASSESS COLLISION RISK INDEX BETWEEN SHIPS

LƯƠNG TÚ NAM*, MAI XUÂN HƯƠNG

Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: luongtunam@vamaru.edu.vn

Tóm tắt

Ngày nay, mặc dù được sự hỗ trợ của các hệ thống công nghệ hiện đại, tai nạn đâm va tàu biển vẫn tiếp tục xảy ra. Vì vậy, việc hạn chế nguy cơ đâm va là rất cấp thiết. Hệ số nguy cơ đâm va giữ vai trò quan trọng trong việc đánh giá nguy cơ đâm va của tàu biển và nó cũng là một trong những chủ đề nghiên cứu tránh va phổ biến. Từ giá trị của hệ số nguy cơ đâm va thu được từ thông số của tàu và tình huống cụ thể, sĩ quan hàng hải có thể ra quyết định điều động tránh va chính xác. Trong bài báo này, hệ số nguy cơ đâm va mới, gọi là Hệ số nguy cơ tiềm ẩn, dựa trên phương trình ảnh hưởng được xây dựng. Chiều dài tàu, vận tốc tàu cũng được xem xét đến. Hệ số mới này có khả năng biểu thị mức độ nguy hiểm của tình huống, đánh giá được nguy cơ đâm va theo thời gian thực. Do đó, hệ số này rất có triển vọng trong việc đảm bảo an toàn hàng hải.

Từ khóa: Hệ số nguy cơ tiềm ẩn, tránh va, hệ số nguy cơ đâm va, phương trình ảnh hưởng, mức độ nguy hiểm.

Abstract

Nowadays, despite all advantageous technological support systems in marine traffic, ship collision accidents continue to occur. Thus, it is essential to minimize collision risk. Collision risk index plays an important role in assessing ship collision risk and is one of the attractive issues in the research field of ship collision avoidance. With accurate collision risk index obtained through ship characteristics, movement parameters and encounter situation, the navigator can make correct decisions of avoidance action. In this article, a new approach of collision risk index model, named Potential Risk Index, based on influence function is proposed. The length and speed of the ship have been fully considered. This index can express the degree of risk level of

situation and show the ability to evaluate collision risk in real time. Therefore, the index proposed in this paper has promising application in the field of safe marine navigation.

Keywords: Potential Risk Index, collision avoidance, collision risk index, influence function, risk level.

1. Mở đầu

Trong những nghiên cứu về đảm bảo an toàn hàng hải, sớm xác định sự tồn tại nguy cơ đâm va để có hành động tránh va hợp lý là một vấn đề quan trọng cần giải quyết. Điều 7 Công ước về các qui định quốc tế về phòng ngừa đâm va trên biển (COLREGs) quy định rằng, mỗi tàu thuyền phải áp dụng tất cả các biện pháp hiệu quả sẵn có thích hợp với hoàn cảnh và điều kiện thực tế để phán đoán có tồn tại nguy cơ đâm va hay không [1].

Một trong những chỉ số cơ bản để đánh giá nguy cơ đâm va này là hệ số nguy cơ đâm va (Collision Risk Index - CRI). Trên thực tế, hệ số này bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố, chẳng hạn như điểm tiếp cận gần nhất (CPA), phương vị tới tàu mục tiêu, vận tốc tương đối giữa hai tàu cũng như tầm nhìn xa. Do đó, cách tính hệ số nguy cơ đâm va theo chuyển động của tàu và vị trí tương quan giữa các tàu là một nhiệm vụ đầy thử thách.

Hệ số nguy cơ đâm va là một giá trị phản ánh nguy cơ đâm va của tàu chủ với tàu mục tiêu. Thông thường, khi giá trị này càng lớn, nguy cơ xảy ra tai nạn đâm va càng cao.

Hệ số nguy cơ đâm va đã được nghiên cứu dựa theo COLREGs từ năm 1972, bao gồm một số phương pháp chủ yếu như sau: đánh giá dựa trên khoảng cách tiếp cận gần nhất (DCPA) và thời gian tiếp cận gần nhất (TCPA) của mục tiêu; đánh giá dựa trên các thuật toán Logic Mờ (Fuzzy Logic); đánh giá dùng Mạng Nơron nhân tạo (Artificial Neural Network- ANN).

Dựa trên tính toán DCPA và TCPA kết hợp với các tham số, Kearon đã giới thiệu một phương pháp

tính hệ số nguy cơ đâm va theo kinh nghiệm thực tế về tránh va trên biển [2]. Cũng dựa trên DCPA và TCPA, Kim đã tính toán thêm một số yếu tố như khoảng cách tới tàu mục tiêu, vị trí, vận tốc tương đối để xây dựng thuật toán tính hệ số nguy cơ đâm va bằng Logic Mờ. Tuy nhiên, các yếu tố như thông số tàu, khu vực hàng hải vẫn chưa được đề cập đến [3]. Bảng dữ liệu Radar từ trạm VTS, Bukhari thể hiện mức độ nguy hiểm giữa hai tàu trong khoảng giá trị từ -1,0 đến 1,0 [4]. Simsir dùng ANN để cho ra kết quả nguy cơ đâm va có tồn tại hay không [5]. Một phương pháp khác nghiên cứu về hệ số nguy cơ đâm va đó là bằng khảo sát với các sỹ quan hàng hải, chuyên gia. Dựa vào kinh nghiệm thực tế của họ trên những trường hợp cụ thể, hệ số nguy cơ đâm va đã được xây dựng [6]. Các phương pháp trên đã có thể đánh giá được tình huống. Tuy nhiên, các hệ thống đó chưa tối ưu về mặt hiệu quả trong thời gian thực cũng như chưa tính đến kích thước của tàu. Trong nghiên cứu này hai vấn đề được giải quyết:

- Hệ số nguy cơ đâm va mới, được gọi là Hệ số nguy cơ tiềm ẩn, được xây dựng bằng phương trình ảnh hưởng dựa trên chiều dài và vận tốc của tàu;

- Hệ số nguy cơ tiềm ẩn đưa ra đánh giá cảnh báo trong thời gian thực. Khi hai tàu điều động tránh va, hệ số nguy hiểm thay đổi theo tình trạng tương ứng.

Hệ số nguy cơ đâm va có thể đánh giá nguy hiểm trên thời gian thực bằng giá trị thực từ 0 đến 1. Giá trị của hệ số này được chia ra các khoảng để thể hiện mức độ nguy hiểm của tình huống, qua đó ưu việt hơn so với các phương pháp hiện tại, giúp sỹ quan hàng hải có thể đưa ra quyết định nhanh chóng và chính xác hơn khi điều động tránh va.

2. Phương trình ảnh hưởng

Trong một tập hợp điểm, bất kỳ một điểm nào đó sẽ chịu ảnh hưởng bởi các điểm khác bao quanh nó. Sự ảnh hưởng này có thể được tính toán dựa trên một hàm toán học, được gọi là phương trình ảnh hưởng [7]. Phương trình ảnh hưởng mô tả tác động của một điểm lên khu vực xung quanh nó và tất cả các điểm khác trong vùng này đều sẽ bị ảnh hưởng.

Giả sử có 2 điểm x và y thuộc không gian F . Sự ảnh hưởng của điểm x lên điểm y được thể hiện theo biểu thức:

$$f_B^y(x) = f_B(x, y) \quad (1)$$

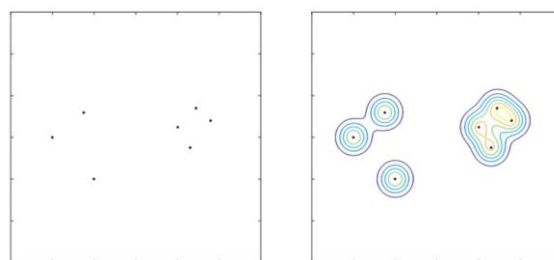
Tùy theo khoảng cách mà sự ảnh hưởng giữa các điểm này cũng khác nhau. Gọi khoảng cách từ điểm x_1 đến y là $d(x_1, y)$ và khoảng cách từ điểm x_2 đến y là $d(x_2, y)$. Nếu $d(x_1, y) \leq d(x_2, y)$ thì:

$$f_B^y(x_1) \geq f_B^y(x_2) \quad (2)$$

Phương trình ảnh hưởng Gauss được tính như sau:

$$f_{Gauss}(x, y) = e^{-\frac{d(x,y)^2}{2\delta^2}} \quad (3)$$

Hình 1 mô tả sự ảnh hưởng giữa các điểm với nhau dựa trên phương trình ảnh hưởng Gauss. Giá trị của sự ảnh hưởng biến thiên trong khoảng $[0,1]$. Các điểm càng gần nhau thì sự tác động qua lại giữa chúng càng lớn. Tính chất này phù hợp với yêu cầu xây dựng hệ số nguy cơ đâm va giữa các tàu (càng gần nhau thì mức độ nguy hiểm càng lớn).



Hình 1. Ví dụ về áp dụng phương trình ảnh hưởng Gauss lên tập hợp điểm

3. Xây dựng hệ số nguy cơ tiềm ẩn (PRI)

Khi tàu hành trình, nó sẽ tác động lên tất cả các điểm xung quanh. Coi mỗi điểm lân cận quanh tàu chủ này là một tàu ảo tính. Tàu ảo sẽ chịu ảnh hưởng do tàu chủ tác động lên nó. Sự ảnh hưởng này càng lớn khi tàu ảo này càng gần tàu chủ và nhỏ dần khi xa tàu chủ. Mỗi tàu ảo sẽ nhận giá trị ảnh hưởng từ tàu chủ khác nhau, được gọi là hệ số nguy cơ tiềm ẩn.

Giả sử vị trí của tàu chủ là $S(x_s, y_s)$, tàu ảo là $P(x_p, y_p)$. Tàu chủ có chiều dài L , vận tốc v và hướng đi φ . Khoảng cách từ tàu chủ đến tàu ảo P là D_φ . Từ điểm P kẻ đường vuông góc với hướng đi của tàu tại điểm A . Khi tàu chủ đi đến điểm A , AP chính là khoảng cách gần nhất giữa tàu chủ và tàu ảo P (Hình 2).

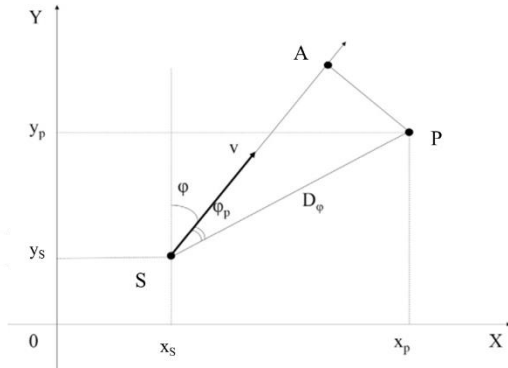
Để có thể áp dụng phương trình ảnh hưởng Gauss vào việc xây dựng hệ số nguy cơ tiềm ẩn, trước tiên phải có được hàm khoảng cách R . Gọi khoảng cách đến điểm tiếp cận gần nhất giữa tàu chủ và tàu ảo P là DCP và thời gian để tàu chủ hành trình đến điểm tiếp cận gần nhất là TCP. Ta có đại lượng không thứ nguyên của DCP và TCP được tính như sau:

$$\begin{aligned} DCP &= (D_\varphi \times \sin \varphi_p) / L \\ &= (\sqrt{(x_p - x_s)^2 + (y_p - y_s)^2} \times \sin \varphi_p) / L \end{aligned} \quad (4)$$

$$TCP = \frac{D_\varphi \times \sin \varphi_p}{Lv} = \frac{\sqrt{(x_p - x_s)^2 + (y_p - y_s)^2} \times \sin \varphi_p}{Lv} \quad (5)$$

Trong đó φ_p là góc mạn giữa tàu chủ và tàu ảo P.

$$\varphi_p = \arctan \frac{x_p - x_s}{y_p - y_s} - \varphi \quad (6)$$



Hình 2. Vị trí tương quan giữa tàu chủ và tàu ảo

Hàm khoảng cách R giữa tàu chủ và tàu ảo có thể được tính toán bằng DCP và TCP dựa trên phương pháp của Kearon theo công thức (7). Có thể thấy rằng, DCP là đại lượng không có thứ nguyên, tuy nhiên TCP vẫn còn thứ nguyên. Vì vậy, trọng số λ được thêm vào trước TCP để khử thứ nguyên, phù hợp cho việc tính toán.

$$R = \sqrt{\lambda TCP^2 + DCP^2} \quad (7)$$

Áp dụng hàm nguy cơ vào phương trình ảnh hưởng Gauss, ta có hệ số nguy cơ tiềm ẩn (PRI) giữa tàu chủ và tàu ảo P bất kỳ.

$$PRI = e^{-\frac{R^2}{2\delta^2}} \quad (8)$$

Giá trị của PRI được dùng để thể hiện nguy cơ đâm va tiềm ẩn giữa tàu chủ và tàu ảo, có giá trị từ 0 đến 1. Trên Hình 3, giá trị của PRI được biểu hiện bằng những đường đồng mức từ 0,1 (ngoài cùng) đến 0,9 (trong cùng). Tàu ảo trên cùng một đường đồng mức sẽ nhận giá trị PRI từ tàu chủ như nhau. Khi tàu ảo càng gần với tàu chủ, giá trị PRI tăng dần.

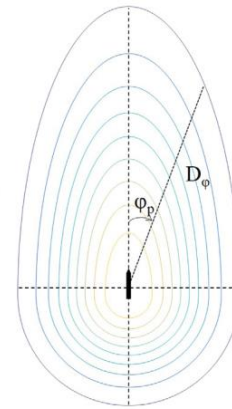
Hệ số PRI được tính toán dựa trên TCP và DCP trong thời gian thực, nghĩa là PRI sẽ được tính toán liên tục với khoảng thời gian giãn cách rất nhỏ.

Giả sử tàu ảo là tàu mục tiêu P di chuyển, tại 1 thời điểm nhất định rất nhanh, có thể coi tàu mục tiêu này chính là một điểm. Khi tàu mục tiêu di chuyển thì vị trí sẽ thay đổi, khi đó PRI từ tàu chủ S

đến tàu mục tiêu P sẽ lại tiếp tục tính toán dựa trên sự thay đổi này. Như vậy có thể coi sự thay đổi vị trí này bao hàm cả sự dịch chuyển của tàu mục tiêu P.

Mặt khác, khi đó cũng có thể coi tàu mục tiêu P là 1 tàu chủ với vận tốc, chiều dài và hướng đi đã biết, quan sát tới tàu mục tiêu (là tàu chủ S), hệ số PRI từ tàu P đến tàu S cũng sẽ được tính toán tương tự.

Hệ số nguy cơ tiềm ẩn PRI phụ thuộc vào chiều dài và vận tốc của tàu. Với cùng một giá trị của PRI, Giả sử hai tàu có chiều dài và vận tốc của tàu khác nhau, khoảng cách từ tàu đến đường đồng mức của cùng một giá trị PRI cũng khác nhau, cụ thể chiều dài hoặc vận tốc càng lớn, tầm ảnh hưởng của tàu ra môi trường xung quanh cũng càng rộng nên khoảng cách này cũng càng lớn (Hình 4).



Hình 3. Giá trị PRI xung quanh tàu chủ



Hình 4. Cùng giá trị PRI với 2 tàu có vận tốc khác nhau

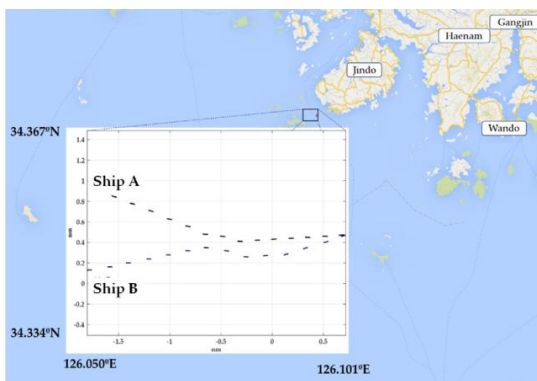
Khi thay tàu ảo bằng tàu mục tiêu thật, PRI thể hiện mức độ của nguy cơ đâm va, PRI càng lớn, khả năng xảy ra đâm va càng cao. PRI đạt giá trị lớn nhất bằng 1 khi vị trí tàu mục tiêu trùng với vị trí của tàu chủ (tai nạn đâm va và xảy ra) và tiến dần đến 0 khi càng ra xa tàu chủ (an toàn).

4. Mô phỏng và đánh giá kết quả

Để xác thực hiệu quả của hệ số nguy cơ tiềm ẩn mới trong điều động tránh va, một mô phỏng số của một tai nạn đâm va tại vùng biển Hàn Quốc được thực hiện trên phần mềm MATLAB. Vị trí của tai

Bảng 1. Thông số của hai tàu trong tai nạn đâm va

t (s)	Khoảng cách (nm)	Tàu A		Tàu B	
		Vận tốc (kn)	Hướng đi	Vận tốc (kn)	Hướng đi
0	0,76	12,8	105,6	12,5	88,6
60	0,66	12,7	104,2	12,3	87,7
120	0,56	12,9	102,7	12,6	89,5
180	0,44	12,8	101,5	12,6	89,7
240	0,34	12,8	98,1	12,4	90,4
300	0,23	12,7	93,1	12,5	92,6
360	0,19	12,5	95,2	12,7	94,6
420	0,16	12,3	92,3	12,5	97,5
480	0,19	12,2	89,2	12,2	95,0
540	0,18	12,6	86,1	12,1	85,1
600	0,17	12,2	88,4	12,0	75,4
660	0,11	11,6	94,3	11,9	75,8
720	0,06	11,5	91,5	11,8	75,7
780	0	10,3	85,1	11,7	74,7

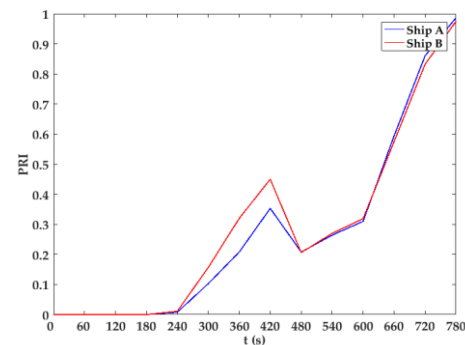


Hình 5. Tai nạn đâm va tại vùng biển Hàn Quốc

nạn 34,35°N, 126,09°E, được đánh dấu bằng chấm đỏ trên Hình 5. Vết di chuyển của 2 tàu cũng được thể hiện lại dựa trên dữ liệu AIS thu được từ 2 tàu.

Đây là khu vực có mật độ tàu thuyền qua lại cao và rất nhiều đảo nhỏ, khoảng cách giữa các tàu cũng nhỏ hơn so với ngoài đại dương. Vì vậy, phương pháp đề giải tránh và truyền thống ARPA dựa trên DCPA và TCPA không hiệu quả. Các thông số về vận tốc và hướng đi của 2 tàu, khoảng cách giữa 2 tàu tại mỗi thời điểm trong tai nạn đâm va được nêu ra trong Bảng 1. Chọn mốc thời gian bắt đầu quan sát là 0. PRI quan sát được từ 2 tàu được thể hiện trên Hình 6, với đường màu xanh là PRI của tàu A quan sát được từ tàu B, đường màu đỏ là PRI của tàu B quan sát được từ tàu A.

Trong khoảng thời gian từ 0 đến 240, chỉ số PRI của 2 tàu vẫn chưa thay đổi. Khi khoảng cách giữa hai tàu từ thời điểm 240s đến thời điểm 420s, chỉ số PRI



Hình 6. PRI của hai tàu trong hành trình

của 2 tàu tăng nhanh, thể hiện nguy cơ đâm va tăng lên (PRI của tàu A tăng từ 0 lên 0,35 còn tàu B tăng từ 0 lên 0,45). Có sự chênh lệch này là do chỉ số PRI phụ thuộc vào kích thước và vận tốc của từng tàu nên PRI của mỗi tàu khi quan sát từ tàu kia cũng khác nhau.

Trong trường hợp này, tàu B là tàu được nhường đường. Theo Điều 17 COLREGs 72, vì một lý do nào đó, khi tàu thuyền có trách nhiệm giữ nguyên hướng đi và tốc độ nhận thấy đang ở rất gần tàu thuyền kia và không thể tránh khỏi nguy cơ đâm va nếu chỉ dựa vào sự điều động của tàu thuyền kia, thì tàu thuyền được nhường đường cũng phải có biện pháp tốt nhất để điều động tàu mình tránh sự đâm va. Nhận thấy tàu A không có hành động tránh và hợp lý, tàu B đã chuyển hướng sang phải, khoảng cách giữa 2 tàu tăng lên. Cùng với đó, chỉ số PRI của hai tàu cũng giảm xuống 0,2, nguy cơ đâm va cũng giảm. Tuy nhiên, như đã đề cập ở trên, tại khu vực này có một số đảo nhỏ nên tàu B không thể tiếp tục duy trì

hướng đi này và đổi hướng sang trái. Từ thời điểm 480s đến 600s, PRI của hai tàu tăng lên 0,3, nguy cơ xảy ra tai nạn đâm va cũng tăng lên. Từ thời điểm 600s, khi khoảng cách của hai tàu giảm rõ rệt từ 0,17 đến 0,06nm, hai tàu cũng không có hành động tránh va thích hợp thì PRI của hai tàu tăng lên một cách đáng kể từ 0,3 đến 0,9. Lúc này, nguy cơ đâm va đã rất rõ rệt. Khi PRI của hai tàu lên đến 1, tai nạn đâm va đã xảy ra.

Qua mô phỏng trên, ta có thể thấy sự hiệu quả của chỉ số PRI trong việc thể hiện mức độ nguy hiểm hay nguy cơ đâm va tiềm ẩn trong hàng hải. Chỉ số này tính toán dựa trên cả chiều dài và vận tốc tàu, hướng đi. Do đó nó có thể thay đổi theo thời gian thực, từ đó đưa ra được hành động tránh va nhanh chóng. Điều động tránh va là hành động nên được thực hiện bởi cả hai tàu để hai tàu không tiến đến cùng một vị trí [8]. Từ chỉ số PRI, sỹ quan hàng hải cũng có thể biết được tàu mình có gây ra nguy hiểm cho tàu mục tiêu hay không và ngược lại. Qua đó có thể có phối hợp hành động hợp lý giữa hai tàu.

5. Kết luận

Bài báo đã tìm hiểu ảnh hưởng của tàu đến khu vực xung quanh tàu khi hành trình, từ đó áp dụng chiều dài và vận tốc của tàu vào phương trình ảnh hưởng để xây dựng hệ số nguy hiểm mới, có khả năng đánh giá nguy hiểm giữa hai tàu. Hệ số nguy cơ tiềm ẩn được phát triển để cảnh báo nguy hiểm giữa các tàu trong thời gian thực dựa trên chiều dài và vận tốc của các tàu và đưa ra đánh giá cảnh báo, thể hiện sự ảnh hưởng của tàu chủ đến các tàu trong khu vực lân cận. Đồ giải tránh va ARPA dựa trên DCPA và TCPA là phương pháp truyền thống và phổ biến để xác định nguy cơ đâm va. Tuy nhiên tại một số vùng nước hẹp hoặc luồng hàng hải có mật độ tàu thuyền qua lại cao, phương pháp này có thể không áp dụng được. Hệ số nguy cơ đâm va có thể đánh giá nguy hiểm trên thời gian thực bằng giá trị thực từ 0 đến 1, qua đó ưu việt hơn so với các phương pháp hiện tại, giúp sỹ quan hàng hải có thể đưa ra quyết định nhanh chóng. Tính khả dụng của hệ số này được kiểm chứng bằng tình huống cụ thể mô phỏng bằng MATLAB. Trong tương lai, các mô phỏng trên các loại tàu có chiều dài khác nhau bằng MATLAB cũng như trên phòng thực hành để chứng minh hệ số nguy cơ tiềm ẩn có thể áp dụng cho các loại tàu phổ biến hiện nay. Sau khi được kiểm chứng, phần mềm hệ số nguy hiểm có thể được xây dựng, kết nối với hệ thống AIS, lấy dữ liệu giữa các tàu, đưa ra kết quả đánh giá trong thời gian thực.

DANH MỤC KÝ HIỆU

x_s, y_s	Vị trí tàu chủ
x_p, y_p	Vị trí điểm P (tàu ảo)
L	Chiều dài tàu chủ
v	Vận tốc tàu chủ
φ	Hướng đi tàu chủ
φ_p	Góc mạn giữa tàu chủ và tàu ảo
R	Hàm khoảng cách
DCP	Khoảng cách đến điểm tiếp cận gần nhất giữa tàu chủ và tàu ảo P
TCP	Thời gian để tàu chủ hành trình đến điểm tiếp cận gần nhất
PRI	Hệ số nguy cơ tiềm ẩn
λ	Trọng số khử thứ nguyên TCP

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số DT20-21.08.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] International Maritime Organization, *Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea*, 1972.
- [2] Kearon J., *Computer programs for collision avoidance and traffic keeping*, Conference on mathematical aspects on marine traffic, London: Academic Press, 1977.
- [3] Kim S.G., Kim Y.G., *An autonomous navigation system for unmanned underwater vehicle*, Inzartsev AV (ed.) Underwater vehicle, pp.279-294, 2009.
- [4] Bukhari A.C., Tusseyeva I., Lee B.-G., Kim, Y.-G., *An intelligent real-time multivessel collision risk assessment system from VTS view point based on fuzzy inference system*, Expert Syst. Appl. 40, pp.1220-1230, 2013.
- [5] Simsir U., Amasyali M.F., Bal M., Çelebi U.B., Ertugrul S., *Decision support system for collision avoidance of vessels*, Appl. Soft Comp. Vol.25, pp.369-378, 2014.
- [6] Lopez-Santander, A., Lawry J., *An ordinal model of risk based on Mariner's judgement*, J. Navig. Vol.70 (2), pp.309-324, 2017.
- [7] Hinneburg A., Keim D., 1998, *An efficient approach to clustering in large multimedia databases with noise*, Proceedings of The Fourth International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 1998.

- [8] Liu Y., Xiao Y., *Model and application of risk degree for vessel-bridge collision based on theory of ship collision avoidance*, Int. J. Sci.: Basic Appl. Res. 14, pp.574-585, 2014.

Ngày nhận bài:	16/3/2021
Ngày nhận bản sửa:	24/3/2021
Ngày duyệt đăng:	29/3/2021